

# **LINEAMIENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDAS DE ENTRAMADO LIGERO CONSTRUÍDAS CON MADERAS DE PINO Y EUCALIPTO DE URUGUAY**

Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales  
y en el criterio del Eurocódigo 5

Trabajo realizado por la Comisión Honoraria de la Madera y el IICA en su Representación  
de Uruguay con financiamiento de FONPLATA durante el Proyecto «Documentos base para  
la estandarización de edificaciones y construcciones en madera»



2023



**LINEAMIENTOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA VIVIENDAS  
DE ENTAMADO LIGERO CONSTRUIDAS CON MADERAS  
DE PINO Y EUCALIPTO DE URUGUAY**

Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales  
y en el criterio del Eurocódigo 5

Ing. Quím. Silvia Böthig  
Arq. Juan José Fontana  
Arq. Jorge Franco  
Arq. Daniel Godoy  
Arq. Laura Moya

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2023



Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay. Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales y en el criterio del Eurocódigo 5

por IICA se encuentra publicado bajo

Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir

igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)

(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)

Creado a partir de la obra en [www.iica.int](http://www.iica.int)

El Instituto promueve el uso justo de este documento, así como el tratamiento de los datos personales, de acuerdo con la normativa del IICA vigente. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda y que se garantice el derecho de toda persona a la protección de sus datos personales, según la normativa del IICA.

Esta publicación está disponible en formato electrónico (PDF)

en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Director General Forestal. Ing. Agr. Carlos Faroppa

FINANCIAMIENTO Y COOPERACIÓN TÉCNICA: Fonplata e IICA

AUTORES: Silvia Bóthig, Juan José Fontana, Jorge Franco, Daniel Godoy, Laura Moya

COLABORADORES: Stephany Arrejuría, Valentina Penadés, Mariana Saura, Virginia Vila

COLABORADORES DEL PROYECTO: Sebastián Bianchi, Mariana Boscana, Gastón Martínez y Carolina Pérez Gomar

CONSULTORES: Juan Carlos Piter, María Rocío Ramos

CORRECCIÓN DE ESTILO: Inés Trabal

DISEÑO Y ARMADO: José de los Santos

Imagen de portada: Freepik

Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay. Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales y en el criterio del Eurocódigo 5 / Silvia Bóthig; Juan José Fontana; Jorge Franco; Daniel Godoy; Laura Moya - Montevideo, Uruguay: IICA, 2023  
176 p ; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9273-057-4

1. Madera de construcción 2. Sistema de entramado ligero 3. Diseño estructural  
5. Especies de rápido crecimiento 6. Eucalyptus grandis 7. Pinus taeda  
8. Pinus elliottii 9. Uruguay  
I. IICA II. Título

AGRIS DEWEY  
N10 690

Las ideas, las formas de expresión y los planteamientos de este documento son propios del autor (o autores), por lo que no necesariamente representan la opinión del IICA ni juicio alguno de su parte sobre las situaciones o condiciones planteadas. Los autores no se responsabilizan por daños, accidentes y lesiones que podrían devenir a partir de la utilización de esta publicación.

Montevideo, Uruguay  
2023

DESARROLLO



Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo  
UDELAR



FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
UDELAR



FINANCIACIÓN



PROYECTO OCT/NR-URU-56/22

GESTIÓN



Ministerio  
de Ganadería,  
Agricultura y Pesca

Dirección General  
Forestal

Este Proyecto fue ejecutado en el marco de la Comisión Honoraria de la Madera integrada por Dirección General Forestal del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, Ministerio de Ambiente, Ministerio de Industria, Energía y Minería, Congreso de Intendentes, Universidad de la República, Consejo de Rectores de las Universidades Privadas del Uruguay y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay; siendo la Presidencia de la Comisión ejercida en este periodo por la Dirección General Forestal.



## PREFACIO

La aprobación y la consiguiente implementación de la Ley Forestal de 1987 tuvieron como resultado directo la disponibilidad, en el año 2020, de aproximadamente un millón de hectáreas forestadas con especies de rápido crecimiento, evidenciando así el éxito en la consecución de una política de Estado que lleva más de tres décadas. En ese contexto y atendiendo la expansión de la masa forestal, los sucesivos gobiernos han generado estrategias para el desarrollo de la cadena industrial forestal-maderera, planteando metas y ejecutando acciones acordes a su grado de madurez.

La masificación de la utilización de la madera en la construcción puede contribuir a aumentar la oferta de vivienda social por parte del sistema público uruguayo, al tiempo que aporta al cumplimiento de los compromisos nacionales frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas mediante la captura de carbono y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero cuando se lo compara con sistemas tradicionales de mampostería<sup>1</sup>. Para materializar esta idea es necesario contar con materiales estructurales, así como documentos técnicos y normativas que establezcan estándares de diseño y construcción específicos para edificaciones en madera.

En 2020 se creó la Comisión Honoraria de la Madera (Art. 282 de la Ley de Presupuesto), destacando entre sus cometidos “Elaborar, coordinar y monitorear la ejecución de un plan para la promoción y el desarrollo, tendientes a incrementar la incorporación de madera de origen nacional en la construcción de viviendas y edificios, y promover la madera de bosques manejados que garanticen el cumplimiento de las normas nacionales de calidad“. Con estos fines, esta Comisión se propuso generar instrumentos para facilitar la incorporación en forma intensiva de la madera como material constructivo. En este contexto, surgió el apoyo de FONPLATA a través del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) para la ejecución del proyecto *Documentos base para la estandarización de estructuras y construcciones de madera*, con el objetivo de colaborar en el desarrollo y la promoción de la construcción con madera. Fue presentado por la Dirección General Forestal del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (DGF), y ejecutado por profesionales, docentes e investigadores de Latitud Fundación LATU, Universidad de la República (Udelar), Universidad ORT Uruguay (ORT), DGF y Dirección Nacional de Industrias del Ministerio de Industria Energía y Minería (DNI).

En dicho proyecto se enmarca el documento *Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay. Soluciones estandarizadas basadas en normas nacionales y en el criterio del Eurocódigo 5*. Para su desarrollo se contó con la participación y el asesoramiento del Dr. Ing. Juan Carlos Piter y de la Ing. María Rocío Ramos, del Grupo de Estudio de Maderas de la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional (FRCU UTN).

1 Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, Banco Interamericano de Desarrollo. 2022. Hoja de Ruta Para la Construcción de Vivienda Social en Madera en Uruguay.



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>LINEAMIENTOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>15</b>
2.1	<b>Criterios de diseño adoptados</b>	<b>17</b>
2.1.1	CLASES DE SERVICIO	17
2.2	<b>Materiales estructurales</b>	<b>18</b>
2.2.1	MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL	18
2.2.2	MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL	19
2.2.3	TABLEROS CONTRACHAPADOS	20
2.2.4	ELEMENTOS METÁLICOS DE UNIÓN	20
2.3	<b>Cargas permanentes y variables</b>	<b>21</b>
2.4	<b>Durabilidad de la estructura</b>	<b>23</b>
2.4.1	CLASES DE USO	23
2.4.2	DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN FRENTE AL BIODETERIORO	27
2.4.3	PREVENCIÓN CONTRA TERMITAS	29
2.4.4	DISEÑO EN SITUACIÓN DE INCENDIO	30
2.4.5	PROTECCIÓN DE UNIONES METÁLICAS	31
<b>3</b>	<b>SOLUCIONES PARA VIVIENDAS DE UNA PLANTA</b>	<b>33</b>
3.1	<b>Solución estructural para el proyecto de una planta tomado como modelo</b>	<b>35</b>
3.1.1	METODOLOGÍA	35
3.1.2	DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO	36
3.2	<b>Soluciones estructurales estandarizadas para viviendas de una planta</b>	<b>61</b>
3.2.1	COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA	63
	Correas	63
	Vigas de techo	63
	Cerchas de techo	66
	Diafragmas de cubierta	75

3.2.2	COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES .....	79
	Muros portantes .....	79
	Dinteles portantes .....	87
<b>4</b>	<b>SOLUCIONES PARA VIVIENDAS DE DOS PLANTAS .....</b>	<b>91</b>
4.1	<b>Solución estructural para el proyecto de dos plantas tomado como modelo .....</b>	<b>93</b>
4.1.1	METODOLOGÍA .....	93
4.1.2	DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO .....	94
4.2	<b>Soluciones estructurales estandarizadas para viviendas de dos plantas .....</b>	<b>123</b>
4.2.1	COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA .....	125
	Correas .....	125
	Vigas de techo .....	125
	Cerchas de techo .....	128
	Diafragmas de cubierta .....	137
4.2.2	COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DEL ENTREPISO .....	141
	Vigas de entrepiso .....	141
	Entrepiso macizo autoportante .....	145
	Diafragmas de entrepiso .....	145
4.2.3	COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES .....	148
	Muros portantes .....	148
	Dinteles portantes .....	157
<b>5</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>161</b>

# INTRODUCCIÓN





# 1.1

## Introducción

El propósito de estos *Lineamientos de diseño estructural para viviendas de entramado ligero construidas con maderas de pino y eucalipto de Uruguay* (Guía) es brindar soluciones simples para la resolución estructural y constructiva de casos relativamente estandarizados. Explica una metodología de cálculo estructural y ofrece ejemplos resueltos que facilitan la comprensión metodológica y que pueden ser directamente aplicados por los profesionales de la construcción. Las recomendaciones de esta Guía se centran en garantizar la integridad estructural para resistir cargas gravitatorias y de viento, y son consistentes con la normativa nacional y los criterios establecidos en el Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1 y Parte 1-2 (2016).

Con el objetivo de evitar complejidades para la aplicación de este documento, su elaboración estuvo guiada por el equilibrio entre sencillez, precisión y economía, considerando además los materiales disponibles en el mercado y las prácticas constructivas comúnmente empleadas en el país.

La Guía se focaliza en proyectos de viviendas unifamiliares de una y dos plantas con estructura de madera bajo el sistema de entramado ligero, apoyadas en el suelo cuyos tamaños y formas se indican en los Capítulos 3 y 4. La zona geográfica de aplicación del contenido de la Guía abarca a todo el país.

Este documento se enfoca en proporcionar soluciones estructurales de acuerdo al Eurocódigo 5, sin contemplar aspectos relacionados con acondicionamiento higrotérmico, acústico, eléctrico y sanitario. Expone criterios generales para la protección contra degradación por agentes bióticos y abióticos, sin profundizar detalles vinculados a las medidas de protección ante estos agentes. El cumplimiento de las normativas particulares (Departamentales, DNB, MVOT) serán responsabilidad del técnico actuante.

La Guía se estructura en cuatro capítulos, complementados con información adicional en los anexos. El Capítulo 1 es introductorio y define el campo de aplicación y las limitaciones. El Capítulo 2 establece los lineamientos del diseño estructural, describe los materiales considerados, las normas utilizadas en los cálculos, las condiciones de servicio y durabilidad supuestas en los proyectos de viviendas aquí desarrollados, así como criterios y recomendaciones relativas a la protección frente al biodeterioro. Los Capítulos 3 y 4 abordan el diseño estructural de los modelos de vivienda de una y dos plantas respectivamente, y están redactados de forma tal que puedan ser leídos en forma independiente uno del otro. Cada uno se divide en dos partes: en la primera se resuelve la estructura de un proyecto de vivienda tomado como modelo, y en la segunda se provee algunas alternativas para los componentes y sistemas estructurales (constructivas, dimensiones y especies)

que pueden ser empleadas en viviendas que se encuentren dentro del campo de aplicación especificado.

En el desarrollo del documento para presentar los detalles de vinculación a estructura, se consideró como ejemplo de cimentación una platea de hormigón armado. El cálculo estructural de la platea, al igual que el de otros dispositivos de cimentación, no se incluye en este documento y deberá ser provisto por el profesional responsable.

Se pretende que este documento que entrega soluciones estandarizadas sirva además como

herramienta para abordar diseños alternativos, siempre que cumplan con las reglas de alcance definidas en el presente documento.

En el caso de las potenciales variantes que no pueden ser abarcadas en su totalidad por esta Guía, siempre resulta imprescindible la participación de un profesional responsable del proyecto.

Esta primera edición de la Guía está sujeta a la evaluación de su facilidad de interpretación y aplicación, y será revisada luego de una etapa piloto de implementación y de recepción de sugerencias por parte de los usuarios.

LINEAMIENTOS  
DEL DISEÑO  
ESTRUCTURAL





# 2.1

## Criterios de diseño adoptados

El diseño estructural se llevó a cabo siguiendo los lineamientos del Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1 y Parte 1-2 (2016) y en forma congruente con la línea de trabajo del Comité UNIT de Madera estructural siguiendo el formato del cuerpo normativo europeo, y considerando las características de la madera de las especies cultivadas en Uruguay.

### 2.1.1

#### CLASES DE SERVICIO

La Norma EN 1995-1-1 define tres Clases de servicio a tener en cuenta por el calculista para asignar valores de resistencia y calcular las deformaciones de los elementos de madera que se aplicarán en la construcción. Estas Clases de servicio (explicadas y ejemplificadas en el **ANEXO 2**) son asignadas por el contenido de humedad de la madera, que se corresponde con la humedad y la temperatura ambiente previstas en servicio. Si bien el contenido de humedad de la madera es también un factor importante respecto a los agentes biológicos, el sistema de Clases de servicio es aplicado únicamente a los efectos de considerar el efecto del contenido de humedad en las propiedades de resistencia de las maderas.

Las condiciones ambientales de diseño de los proyectos elaborados en esta Guía corresponden a la Clase de servicio 2 definida en el Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera (2016), con una temperatura de 20°C y una humedad relativa que supere los 85% en unas pocas semanas.

Queda fuera del alcance de esta Guía los proyectos en la Clase de servicio 3.

# 2.2

## Materiales estructurales

### 2.2.1

#### MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

La madera aserrada considerada en los proyectos de viviendas descritos en la Guía proviene de las especies *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis*, nacionales. Todas las piezas de madera deben cumplir con una serie de exigencias respecto a humedad, clasificación por resistencia, dimensiones y tolerancias.

#### Humedad

La madera al momento de ser usada en obra debe estar en 'estado seco', esto es presentar contenidos de humedad promedio que no superen el 16% y que ninguna pieza individual exceda el 19%.

#### Clasificación por resistencia

Las piezas de madera aserrada de *P. Elliottii* o *P. taeda* deben cumplir con los requisitos de las calidades visuales EC1 y EC0. La norma UNIT 1261 (2018) presenta valores característicos de sus propiedades fundamentales, y las restantes pueden obtenerse a partir de las ecuaciones de la norma EN 384 (2016) para especies coníferas.

Las piezas de madera de *E. grandis* deben cumplir con los requisitos de la calidad visual EF1 cuyas propiedades fundamentales están

establecidas en la norma UNIT 1262 (2018), y las restantes pueden obtenerse a partir de las ecuaciones de la norma EN 384 (2016) para especies frondosas.

En el **ANEXO 1** se presentan las propiedades de la madera aserrada de producción nacional informadas en las normas UNIT 1261 (2018) y UNIT 1262 (2018).

#### Tolerancias dimensionales para la madera aserrada

Las desviaciones admisibles, comúnmente denominadas 'tolerancias', respecto a las medidas nominales de la sección transversal de una pieza de madera aserrada están establecidas en la norma UNIT 1263 (2018). En el **ANEXO 1** se presentan las tolerancias dimensionales de la madera aserrada.

#### Madera aserrada preservada

La madera preservada debe ser adecuada a la clase de uso correspondiente a su ubicación en la vivienda. Para la Clase de Uso 2 (ver 2.5.1) puede ser impregnada con CCA-C (óxidos de cobre, cromo y arsénico tipo C) con una retención de  $4,0 \text{ kg/m}^3$ <sup>(2)</sup> o con otro preservante con profundidad y retención adecuados a esta Clase de Uso y especie de madera. La adecuación de la retención deberá ser avalada por el

fabricante a través de ensayos de efectividad del producto. La penetración del producto deberá cumplir los requisitos correspondientes a la Clase de uso correspondiente.

La retención de CCA-C debería ser analizada de acuerdo a las normas de ensayo AWPA A9-18, *Standard Method for the Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by X-Ray Spectroscopy* o AWPA A21-16 *Standard Method for the Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy*. Asimismo, debe determinarse el peso específico aparente de la madera para el cálculo de la retención. En el caso de la madera preservada con azoles de cobre micronizado (MCA), la retención de cobre y de azoles deberá ser constatada en forma independiente, debiendo cumplir, en el caso de madera de pino, un valor mínimo de retención total de 1,0 kg/m<sup>3</sup> (1) o el valor que establezca el proveedor como adecuado para el producto utilizado en las maderas nacionales y condiciones locales. La retención de cobre debe ser evaluada de acuerdo a los mismos métodos especificados para CCA-C, mientras que la retención de azoles se determina por A31-15 *Standard*

*Methods for the Analysis of Solutions and Wood for Azoles by Gas Chromatography (GC)* o por A28-14 *Standard Method for Determination of Propiconazole and Tebuconazole in Waterborne Formulations and in Treating Solutions*. Se debe constatar la proporción entre sus componentes establecida en la norma AWPA P 61-16: 96,1% de cobre como Cu y 3,9% de azoles como tebuconazole.

La madera aserrada preservada estructural deberá cumplir con los criterios de la madera aserrada estructural descritos en 2.2.1.

### 2.2.2

#### MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Los componentes de madera laminada encolada estructural considerados en los proyectos descritos en esta Guía, deben cumplir con los requisitos de fabricación de la norma UNIT 1264 (2019) y los requisitos de producto especificados en la norma UNIT 1265 (2020). En particular, se consideraron los valores de las propiedades de la madera laminada encolada correspondientes a las clases resistentes GL 20 h, GL 22 h y GL 24 h. En el **ANEXO 1** se presentan, a efectos orientativos, las propiedades mecánicas, elásticas y densidad de la madera laminada encolada establecidas en la norma UNIT 1265 (2020).

1 Esta recomendación surge de AWPA P 61-16. Los autores no tienen conocimiento de que esta especificación haya sido verificada para maderas nacionales y termitas Reticulitermes flavipes nacionales.

### 2.2.3

#### TABLEROS CONTRACHAPADOS

Los tableros contrachapados o *plywood* considerados en esta Guía son de origen nacional, fabricados con chapas de *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliottii* o *Pinus taeda*, combinando ambas especies o con una sola, y adhesivos para uso en interior y exterior. Sus dimensiones son de 1,22 m x 2,44 m y los espesores se indican en cada caso. Los valores de las propiedades mecánicas, elásticas y densidad están indicados en la Declaración de Desempeño del Producto de la empresa fabricante. En el **ANEXO 1** se presentan, a modo de ejemplo, Tablas con las propiedades fundamentales de los tableros contrachapados de producción nacional.

### 2.2.4

#### ELEMENTOS METÁLICOS DE UNIÓN

Los elementos de acero que conforman las uniones mecánicas se especifican indicando las dimensiones que condicionan su comportamiento mecánico. En el caso particular de los tirafondos se indica el diámetro de la caña, el del núcleo y la longitud total y roscada, y para los clavos se especifica el tipo, diámetro y longitud. En las arandelas que desempeñan un rol resistente se indica el diámetro externo y el espesor, mientras que, para las placas auxiliares y las varillas roscadas, ambas conformadas de acero del tipo ST37, se especifica el espesor y el diámetro nominal respectivamente.

# 2.3

## Cargas permanentes y variables

Las cargas actuantes sobre los proyectos de viviendas desarrollados en la Guía se determinaron de acuerdo a las siguientes normas:

**UNIT 33-91- Norma para cargas a utilizar en proyectos de edificios** que prescribe las acciones gravitatorias correspondientes a cargas permanentes, cargas variables en edificios y cargas variables en techos.

**UNIT 50-84 - Norma para acción del viento sobre construcciones** que establece una serie de parámetros, entre los cuales interesa destacar en los apartados:

i) valores de velocidad característica de acuerdo al lugar donde se ubique la construcción:

**Zona costera:**  $V_k = 43,9$  m/s (158 km/h) para todos los lugares ubicados a una distancia menor o igual a 25 km de cualquier punto de las márgenes del Río Uruguay y del Río de la Plata o de la costa atlántica

**Zona interior:**  $V_k = 37,5$  m/s (135 km/h) para todos los lugares ubicados en el resto del territorio nacional

y ii) tipos de rugosidad del terreno:

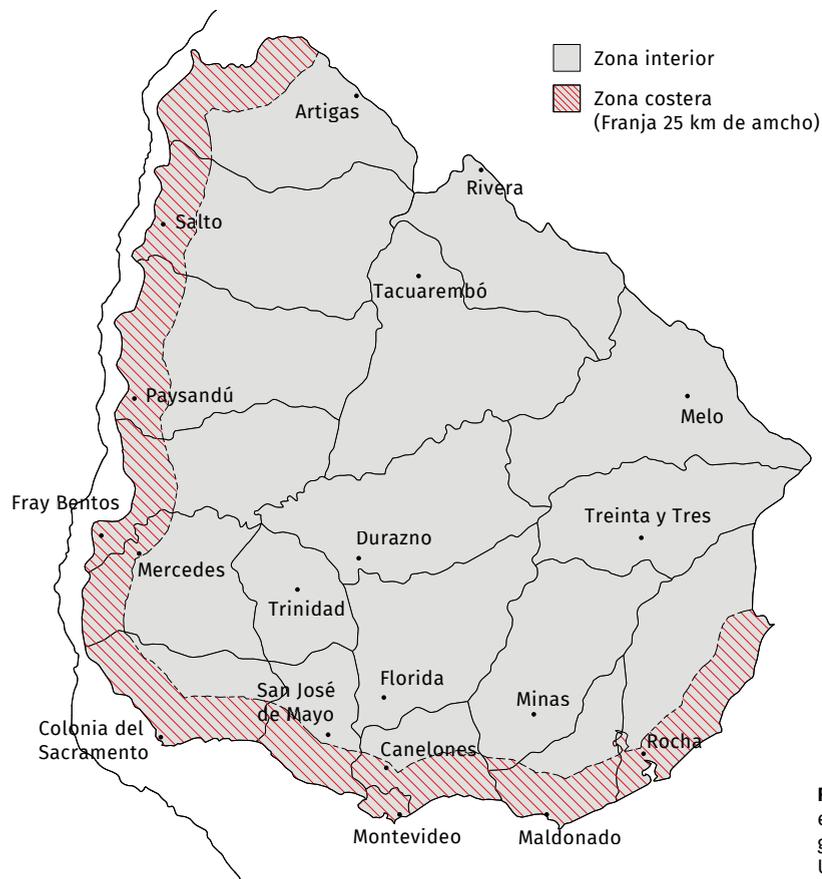
**R1:** Terreno abierto y a nivel, sin obstrucciones. Superficies de agua y faja costera en un ancho de 1 km. Aeropuertos, granjas extensas sin cercos.

**R2:** Terreno plano o poco ondulado con obstrucciones bajas como setos o muros, árboles y edificaciones eventuales (altura media alrededor de 2 m).

**R3:** Zonas cubiertas por numerosas construcciones medianas, parques y bosques con muchos árboles. Ciudades pequeñas o suburbios de grandes ciudades (altura media alrededor de 10 m).

**R4:** Zonas cubiertas por grandes construcciones, centros de grandes ciudades (altura media mayor que 25 m).

En la determinación de las acciones de viento, en relación a las características topográficas del lugar, en todas las situaciones analizadas en esta Guía el factor topográfico considerado corresponde al tipo NORMAL, quedando excluidos los tipos EXPUESTO (cima de acantilados o de cerros muy expuestos, valles estrechos donde el viento se encajona, islas o penínsulas



**FIGURA 2.1.** Delimitación esquemática de las zonas geográficas definidas en UNIT 50-84

angostas, montañas aisladas y ciertas abras) y PROTEGIDO (valles o cunetas profundas y abruptas, protegidas de todos los vientos en todo su perímetro).

La Figura 2.1 muestra esquemáticamente las zonas geográficas definidas por las dos velocidades del viento.

El análisis de las cargas de viento se realizó considerando todas las combinaciones posibles entre las dos zonas geográficas y las cuatro rugosidades. En todos los casos se supusieron construcciones de tipo “cerrada” con una permeabilidad menor o igual a 5% en todos los cerramientos.

# 2.4

## Durabilidad de la estructura

La madera es un material de origen biológico y como tal, es susceptible al biodeterioro, cuya magnitud depende del material considerado, el grado de protección otorgado, los agentes actuantes y las condiciones del entorno como humedad y temperatura. Dentro de los agentes actuantes en una construcción con madera pueden encontrarse los mohos, que no causan daño estructural, los hongos descomponedores e insectos xilófagos. En este último grupo destacan los taladros y los escarabajos, encontrándose también en nuestro país termitas subterráneas. Estas últimas tienen alto poder destructivo, requiriendo una estrategia especial de manejo. Para facilitar la comprensión este tema se desarrolla en mayor profundidad en el **ANEXO 3**.

Esta Guía se focaliza en aspectos de cálculo estructural, sin profundizar en aspectos de durabilidad frente a agentes de deterioro. En este sentido solo se explicarán requisitos mínimos y algunas recomendaciones generales.

Uruguay no cuenta con normas nacionales de durabilidad y de protección de la madera, por tanto, a los efectos de esta Guía se aplica normativa europea especificada en la norma EN 1995-1-1 (2016). Adicionalmente, se sugieren normas AWP (American Wood Protection

Association) para el análisis y control de la calidad de los productos protectores. Siguiendo los lineamientos de EN 1990 (2019) se recomienda seleccionar los materiales y diseñar la construcción para una vida útil de 50 años.

### 2.4.1.

#### CLASES DE USO

Una pieza de madera, de acuerdo a la función que cumpla y a su ubicación en la construcción, va a estar expuesta a diferentes condiciones ambientales (temperatura, humedad y aireación) que condicionan la generación y el desarrollo de organismos o microorganismos que pueden comprometer la integridad del material.

### 2.5.1.1

#### REQUERIMIENTOS DE DURABILIDAD NATURAL Y DURABILIDAD ADQUIRIDA PARA LAS CLASES DE USO 1, 2 Y 3 SEGÚN LA NORMATIVA EUROPEA

Los elementos de madera tienen requisitos de durabilidad acordes a la Clase de uso que condicionan la selección y protección de la madera. Sin embargo, aunque diferentes componentes pueden caer en una misma clase, el riesgo de falla o la consecuencia de la falla pueden ser bastante diferentes.

En resumen, se debe tener en cuenta tres factores:

- importancia estructural
- acceso al elemento para vigilar y posibilidad de reemplazo
- coste del tratamiento

La penetración y la retención deberán aumentar proporcionalmente según aumente la relevancia estructural y la dificultad para reemplazar o reparar un elemento. Estas consideraciones son muy importantes al decidir qué tipo de producto y clasificación de durabilidad es adecuado. Asimismo, es posible, por ejemplo, asignar una Clase de uso superior si se prevé que las condiciones de servicio pueden provocar una humectación imprevista de la madera, que puede derivar de defectos de diseño, mala calidad o falta de mantenimiento. A modo de ejemplo, pequeñas filtraciones de cañerías pueden ser una causa de aumento de humedad de la madera que permanece inadvertida hasta llegar a producir un deterioro.

Mientras que en el **ANEXO 3** se presenta una tabla con las definiciones y ejemplos de las Clases de uso establecidas por la norma EN 335 (2014), a continuación, se explican las Clases de uso pertinentes en viviendas de entramado ligero, los materiales sugeridos y tipo de protección de la madera recomendado, En el **ANEXO 3** se explican también los tipos de productos protectores y las formas de aplicación.

De acuerdo al sistema normativo europeo los requisitos de durabilidad natural surgen de la norma EN 460 (1995), siendo esta evaluada según indicaciones de EN 350. En cambio, la selección del tratamiento protector para las diferentes Clases de uso debe basarse en la norma EN 599-1 (2013), que define las especificaciones para las Clases de uso y la EN 351-1 (2008) que clasifica las penetraciones requeridas. Las retenciones necesarias las debe proporcionar el fabricante del protector basándose en datos

de eficacia del producto determinadas mediante ensayos de evaluación de efectividad.

Debe tenerse en consideración que todos los criterios abajo expuestos surgen de la normativa europea y las interpretaciones de los países que la integran, pudiendo entrar en discrepancia con otra literatura.

#### a. Clase de uso 1

**CONDICIONES:** Interior y seco con un contenido de humedad generalmente entre 8 y 12 % y siempre menor a 20%. No está expuesto a la humidificación.

**EJEMPLO:** vigas y viguetas de cubierta de una vivienda, tablas de suelo, dinteles, carpintería interior, maderas en plantas superiores no integradas en paredes exteriores macizas

**REQUISITOS:** De acuerdo a la norma EN 460 (1994), en esta clase se admite cualquier madera independientemente de su durabilidad frente a hongos xilófagos. Sin embargo, para elementos como vigas y viguetas de la cubierta se recomienda la aplicación de una protección superficial (con efecto fungicida e insecticida) aplicado por pincelado, pulverización o inmersión breve, sin especificación de profundidad de penetración (WPA, 2012 y WPA, 2023).

Cuando existe riesgo frente a termitas la norma EN 460:1994 establece la utilización de maderas resistentes o en su defecto, la norma EN 351-1 (2008) establece la utilización de un tratamiento protector frente a estos agentes, que puede ser superficial con aplicación por pincelado, pulverización o inmersión breve, sin especificación de profundidad de penetración. Si bien ese tratamiento es el mínimo especificado en la norma, cualquier tratamiento de mayor exigencia sería adecuado. En particular, el tratamiento preservante en profundidad puede ser también una opción conservadora aceptada.

Cuando la madera es tratada con preservantes oleosolubles, se recomienda la protección posterior con dos manos de resina uretánica, látex, epoxi o barniz (IBC (2018) citado por Wood Works (2019)). En caso de utilizar madera tratada con CCA la madera expuesta deberá estar siempre protegida con barniz u otra resina.

Madera de *P. taeda*, *P. elliotii* y *E. grandis* pueden ser utilizadas con la protección arriba explicada.

### b. Clase de uso 2

**CONDICIONES:** Interior, o bajo cubierta no expuesta a la intemperie: en general, en esta situación de uso, las maderas tienen una humedad de equilibrio media de entre el 12 y el 20%. Posibilidad de humidificación ocasional o accidental: la madera se seca muy rápidamente cuando se humedece. Elementos estructurales que se espera que tengan condiciones de humedad correspondientes a Clase de uso 1 pero que son difíciles de renovar o sustituir o y cuando se espera una larga vida en servicio: pueden tratarse como una Clase de uso 2.

**EJEMPLO:** Listones de tejado; entramados de madera; madera en cubiertas inclinadas con alto riesgo de condensación; maderas en techos planos; viguetas de planta baja; soleras (sobre sello impermeable a la humedad)<sup>1</sup>; viguetas de madera en plantas superiores integradas en muros exteriores, madera expuesta en baño o cocina, madera de interior en zonas frías donde puede haber condensaciones o fugas de agua inadvertidas, madera en aleros cubiertos al exterior o vigas protegidos de cualquier lluvia horizontal. Esta última clasificación dependerá de la frecuencia en que la madera supere el 20% de humedad.

1 En este caso aunque las soleras correspondan a clase de uso 2, WPA (2023) recomienda impregnarla según clase de uso 3

**REQUISITOS:** Se admiten maderas con durabilidad natural Clases 1 a 3. Madera de Clases 4 a 5 deberían llevar una protección que puede ser superficial con penetración mínima de 3 mm lograda por pincelado, pulverización o inmersión breve ( $\leq 3$  min) o según la severidad de la exposición se recomienda penetración media ( $> 6$  mm en caras laterales) lograda por inmersión prolongada (Peraza Sánchez, 2001). Si bien este tratamiento es el mínimo especificado en sistemas europeos, otro tratamiento de mayor exigencia sería adecuado. En particular, el tratamiento preservante en profundidad también puede ser una opción conservadora aceptada. En caso de utilizar madera preservada con CCA, una retención de 4,0 kg/m<sup>3</sup> es adecuada. Si la madera tratada con CCA permanece expuesta deberá estar siempre protegida con barniz u otra resina.

De acuerdo con el International Building Code (IBC, 2018, citado por Wood Works, 2019), cuando la madera es tratada con preservantes oleosolubles, se recomienda la protección posterior con dos manos de resina poliuretánica, látex, epoxi o barniz..

Los clavadores del revestimiento exterior deberán ser de pino tratado a retenciones de acuerdo a Clase de uso 2, mientras que las soleras inferiores deben ser de pino impregnado con una retención correspondiente a una Clase de uso 3 debido al impacto de un posible deterioro. Deberán ser tratadas con CCA (4,0 kg/m<sup>3</sup>), MCA CA-B, u otro preservante con efectividad probada, para proteger contra el deterioro y las termitas (*Wood Protection Association*, 2023) (Durán, 2004).

Las maderas de *P. taeda* y *P. elliotii* pueden ser utilizadas en todos los casos arriba descritos con la protección correspondiente a esta Clase de uso.

Al *E. grandis* no se le puede aplicar la protección con profundidad, debido a que la madera

no es impregnable. Esto significa que se deberá aplicar protección superficial, sin descuidar todas las otras medidas de protección frente a termitas mencionadas más adelante en 2.5.3.

Adicionalmente a lo ya mencionado, toda la envolvente de la construcción protegida por la fachada, deberá ofrecer un plano resistente al agua (*Think Wood*, 2020). Esto se puede lograr con la aplicación de lasures.

### c. Clase de uso 3.1

**CONDICIONES:** Exterior, sin contacto con el suelo, expuesto a condiciones de humedad a la intemperie durante cortos períodos de tiempo y donde se debe asegurar que el agua no se acumule sobre la madera. La humedad de la madera es frecuentemente mayor a 20%.

**EJEMPLO:** Carpintería exterior (con recubrimiento), revestimiento exterior (recubierto), vigas de un *deck* o porche al exterior donde los elementos de madera están bajo cubierta o están protegidos por diseño de forma que el agua drene sin acumular (tablas protectoras fácilmente reemplazables, recubrimiento con otros materiales, etc.).

**REQUISITOS:** Se requiere utilizar maderas con durabilidad natural de Clases 1 o 2, o maderas de menor durabilidad con tratamiento protector con penetración media (> 6 mm en caras laterales) para la Clase 3.1. La penetración media se logra con inmersión prolongada (> 3 min). También puede utilizarse madera impregnada en autoclave, que proporcionará mayor profundidad en la penetración del químico protector. En el caso de utilizar madera de pino preservada con CCA-C, una retención de 4,0 kg/m<sup>3</sup> es adecuada para este fin. Para otros preservantes se definirán las retenciones acordes a esta

clase de riesgo, y el proveedor del producto deberá aportar evidencia de afectividad.

Para el revestimiento exterior puede también utilizarse madera de pino termotratada, placas de cemento-madera, WPC (compuesto de plástico-madera) con durabilidad testada para esta clase.

### d. Clase de uso 3.2

**CONDICIONES:** Exterior, sin contacto con el suelo, y expuesto a condiciones de humedad a la intemperie durante períodos largos. La humedad de la madera es frecuentemente mayor a 20% y el agua se acumula. Es posible el ataque por insectos xilófagos, incluyendo las termitas, aunque la frecuencia y la importancia del riesgo dependen de la ubicación geográfica

**EJEMPLO:** Toda la carpintería y revestimientos exteriores sin recubrimiento o protección techada; vigas de un alero al exterior y sin cubierta protectora y sin ninguna medida de protección por diseño.

**REQUISITOS:** Para esta clase y una expectativa de vida mayor a 30 años, la madera debe ser tratada en autoclave con penetración total y retención acorde a la clase. En el caso de utilizar madera de pino preservada con CCA-C una retención de 4,0 kg/m<sup>3</sup> es adecuada para este fin, para otros casos se definirán las retenciones para esta clase de riesgo, siendo que el proveedor del producto deberá aportar evidencia de efectividad.

Para el revestimiento exterior puede también utilizarse madera de pino termotratada, placas de cemento-madera, WPC (compuesto de plástico-madera) con durabilidad testada para esta clase.

### 2.4.2. DISEÑO PARA LA PROTECCIÓN FRENTE AL BIODETERIORO

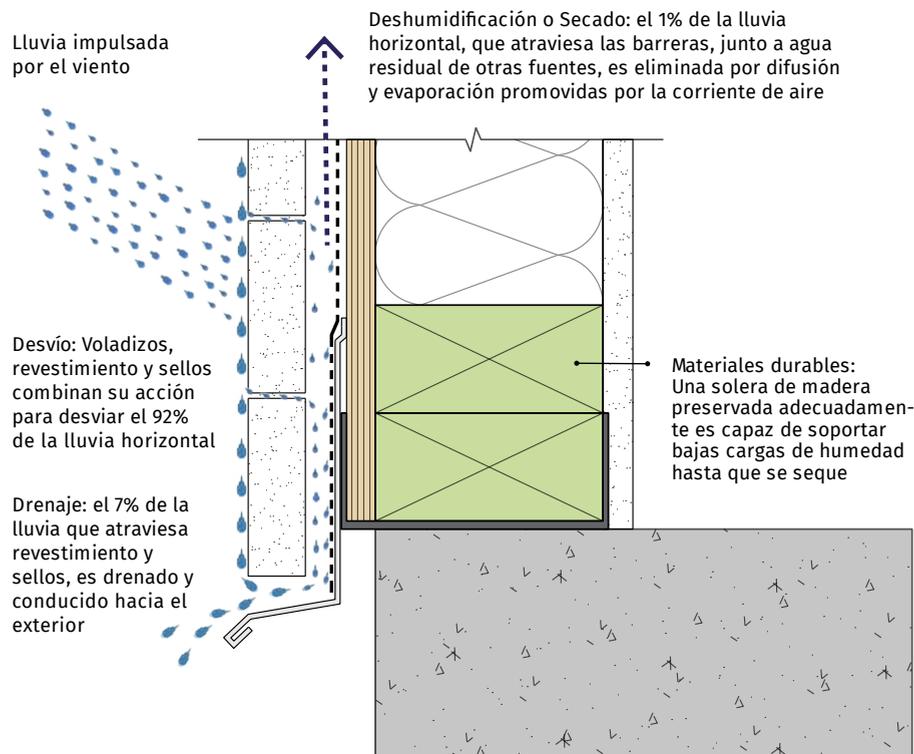
Al diseñar un edificio, para disminuir la probabilidad de biodeterioro de la madera, debe tenerse en consideración todos los aspectos mencionados en 2.5, los descritos en el **ANEXO 3**, así como el comportamiento higrotérmico de la construcción.

El proyecto arquitectónico en su totalidad y los detalles constructivos deben minimizar las posibilidades de que la madera se humedezca y permanezca húmeda, así como el ingreso de termitas. El control de humedad es un principio fundamental para la salud de la construcción y se deberá mantener menor o igual a 19% para impedir el desarrollo de hongos. Esto se

puede lograr aplicando las estrategias de las "4D": DESVÍO del agua, DRENAJE, DESHUMIDIFICACIÓN (secado) y DURABILIDAD (Figura 2.2).

El DESVÍO es el primer principio de la gestión del agua. Desviar el agua de la lluvia es fundamental para evitar que el agua alcance a la envolvente del edificio, ya sea a través de la fachada, la cubierta, o aberturas como puertas y ventanas. Algunas estrategias para reducir la cantidad de agua de lluvia en las paredes exteriores incluyen las siguientes:

- Fachada exterior protegiendo la envolvente
- Techos inclinados
- Voladizos de techo considerables
- Sistemas de recolección de agua en los perímetros de cubierta.



**FIGURA 2.2.** Ejemplo de aplicación de las estrategias de DESVÍO, DRENAJE, DESHUMIDIFICACIÓN Y MATERIALES DURABLES (adaptado de Think Wood, 2023)

- Tapajuntas, babetas, encintado y calafateo para desviar el agua de lluvia del edificio
- Sistema de drenaje alrededor del perímetro de los cimientos para aceptar la escorrentía del agua del techo.
- Barrera contra la intemperie permeable al vapor dentro de la pared y sobre el cielo raso.
- Los elementos de madera deben estar separados de las fuentes de humedad, incluidos el suelo y el hormigón, utilizando membranas impermeables.

**DRENAJE:** Cualquier potencial filtración de agua deberá contar con una ruta de drenaje. La cavidad de drenaje dentro de las paredes de protección contra la lluvia y otros ensamblajes para drenaje de la envolvente del edificio permitirán que fluya el agua, descienda por un plano resistente al agua y salga de la envolvente.

**SECADO:** Es el mecanismo mediante el cual los ensamblajes de la envolvente del edificio eliminan la humedad acumulada mediante la ventilación y la difusión del vapor. La permeabilidad del revestimiento, la barrera contra la humedad, la barrera contra el vapor, el aislamiento exterior y los materiales de acabado interior afectarán en gran medida el potencial de secado de la pared. Si se ventilan adecuadamente, las cavidades de la fachada también pueden secar la pared y el revestimiento. Sin embargo, la capacidad de secado de los sistemas de paredes nunca es suficiente para compensar fallas graves en otros mecanismos de control de la humedad. La mayor parte de la protección contra la humedad en la pared proviene de la deflexión y el drenaje.

**DURABILIDAD - Materiales Duraderos:** En los lugares donde no se puede asegurar una efectiva protección frente a la humedad mediante diseño o en regiones donde es

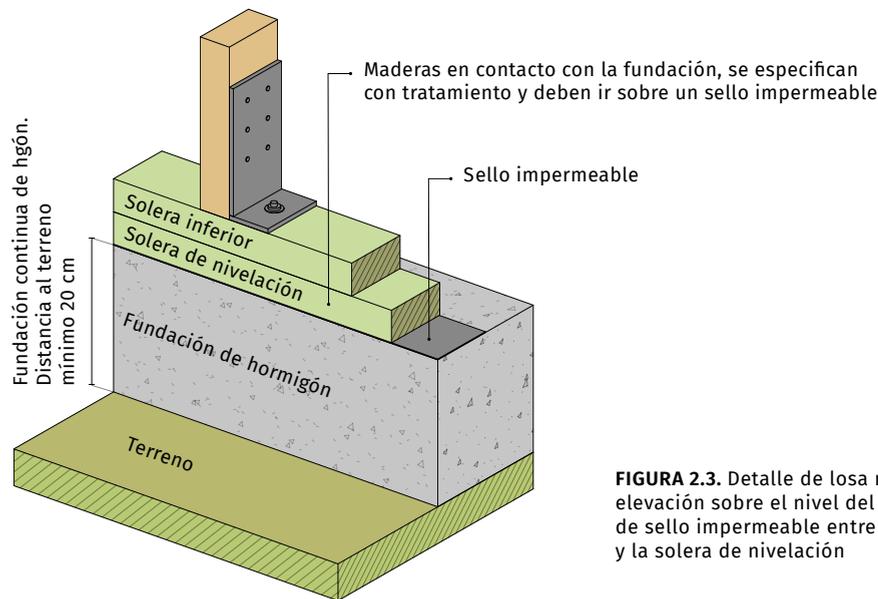
probable la infestación de termitas, se recomienda usar materiales durables que resistan la humedad, sin presentar corrosión, pudrición, madera naturalmente durable o madera preservada. Por lo general, se recomienda utilizar madera naturalmente durable o tratada y cuando las condiciones climáticas o del sitio no permitan el control de la pudrición o las termitas solo con prácticas de construcción.

#### **Algunos criterios de diseño que se aplican a este sistema constructivo**

Diseñar la plataforma de forma con una altura mínima de 200 mm sobre el nivel del terreno, sobre el que se apoye la estructura (Figura 2.3). Esto aleja a la madera de las fuentes de humedad y es muy importante para permitir inspeccionar y detectar túneles de barro protectores, también llamados tubos refugio, que construyen las termitas para entrar en la edificación (Duran A.F., 2004). El *International Building Code* citado por *Wood Works* (2019) establece en el punto 2304.12.1.2, que en caso de que la construcción no pueda separarse del suelo a esta distancia o una mayor, toda la madera de la estructura deberá estar preservada en profundidad.

Las soleras de nivelación deberán estar separadas del hormigón por un sello impermeable y elástico (por ejemplo, de neopreno) que cumple la doble función de aislarla de la humedad y proporcionar estanqueidad (Figura 2.2). Algunos autores recomiendan un retorno del sello de 3 cm por ambos costados de la solera (Figura 2.2).

Las soleras inferior y de arriostramiento deberán ser tratadas con CCA (4,0 kg/m<sup>3</sup>), MCA, CA-B, ACQ, u otro preservante con efectividad comprobada para proteger contra el deterioro y las termitas (Durán, 2004). La retención y profundidad deberá ser adecuada a la Clase de Uso 3 (ver ítem 2.5.1.b)



**FIGURA 2.3.** Detalle de losa mostrando elevación sobre el nivel del suelo y ubicación de sello impermeable entre la fundación y la solera de nivelación

### 2.4.3

#### PREVENCIÓN CONTRA TERMITAS

Como está explicado en el **ANEXO 3**, en Uruguay existen termitas subterráneas cuya extensión no ha sido determinada. En el caso de sospecha de la existencia de termitas en la región, se deberá preparar una estrategia para su manejo, que debe ser diseñada antes de la construcción y en conjunto con un especialista en control de estas plagas, el arquitecto y el propietario. Este plan debe abarcar todo el ciclo de vida del edificio y debe involucrar la combinación de diferentes medidas preventivas y de control, tanto en la vivienda como en el terreno circundante:

- diseño
- manejo del sitio de construcción previo y durante la obra
- fabricación y remanufactura
- cuidado de los materiales durante transporte y en obra
- colocación de elementos de prevención
- cuidados durante la ocupación

- mantenimiento preventivo
- vigilancia continua y monitoreo con cebos.

La estrategia debe involucrar varias medidas complementarias entre sí:

- Se recomienda realizar un pretratamiento químico de barrera en el suelo, o la aplicación de una membrana impermeable a prueba de termitas en el suelo bajo la platea, que impida el acceso de las termitas a la platea
- Barreras de partículas. Consisten en partículas de arena o roca, suficientemente juntas como para que las termitas no las atraviesen, y demasiado grandes para que las aparten del camino. Las partículas deben adaptarse a las especies que se encuentran donde se usa la barrera. Se pueden usar en el perímetro expuesto de los edificios donde el suelo se encuentra con el concreto vertical, y alrededor de otras penetraciones de tuberías.

- Como se explicó anteriormente, la platea deberá elevarse 20 cm con respecto al nivel del suelo de forma de separar la madera del suelo y mantenerse despejada para permitir inspecciones periódicas en todo el perímetro
- Mallas metálicas perforadas de acero inoxidable grado marino pueden ser colocadas debajo de los cimientos, en la base de los sistemas de paredes, alrededor de las juntas de expansión y las tuberías, en las uniones de las paredes perimetrales, en las rejillas de ventilación de los sótanos y en cualquier lugar donde pueda haber aberturas que permitan que las termitas pasen del suelo a la estructura. La malla se puede incrustar en el hormigón, fijarse a la losa de hormigón o fijarse a las tuberías
- Un sistema muy sencillo de implementación es el de las pantallas inclinadas (de acero inoxidable u otro metal inoxidable) que se colocan en superficies verticales impidiendo el pasaje de las termitas.
- Barrera en la estructura: una vez que se haya cerrado el edificio y antes de la instalación de los paneles de yeso, se puede aplicar un tratamiento de borato como protección adicional. Debe tener en cuenta que los boratos deben limitarse al uso en aplicaciones que no estén en contacto con el suelo y que estén continuamente protegidos del agua.

Para la selección de la estrategia, se deberá consultar literatura específica, ya que está fuera del alcance de esta Guía.

#### 2.4.4

### DISEÑO EN SITUACIÓN DE INCENDIO

La seguridad frente al fuego en los proyectos de esta Guía se provee mediante diferentes soluciones dependiendo de si los componentes estructurales quedan expuestos o encapsulados frente a la acción del fuego. En el primer caso se incluyen las vigas que conforman la estructura de la cubierta superior, vigas de entrepiso, losa de tablas clavadas (*Nail Laminated Timber*) de entrepiso, dinteles, vigas y pilares exentos en zonas de aleros; y en el segundo, muros, correas, cerchas, vigas de entrepiso y vigas de la cubierta superior, revestidos con placas de yeso RF.

#### 2.5.4.1

### COMPONENTES ESTRUCTURALES EXPUESTOS A LA ACCIÓN DEL FUEGO

En la Guía se presentan dos soluciones que dejan a 'la vista' (y expuesta al fuego), la estructura de la cubierta superior y del entrepiso:

- Vigas y pilares de madera laminada encolada, losas de tablas clavadas. El dimensionado en situación de incendio se basó en el 'método de la sección reducida' definido en el Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2 (2016). La sección transversal de las vigas de madera laminada encolada se reduce eliminando de la sección inicial la profundidad eficaz de carbonización, en las caras expuestas, alcanzada durante 30 minutos.
- Vigas de madera aserrada. La protección frente al fuego se podrá proveer mediante pintura ignífuga o intumescente siguiendo las instrucciones del fabricante, que permita garantizar la resistencia a una exposición de 30 minutos.

#### 2.5.4.2 COMPONENTES ESTRUCTURALES ENCAPSULADOS FRENTE A LA ACCIÓN DEL FUEGO

Los componentes que conforman los bastidores de los entramados de muros (montantes, soleras y dinteles), techos (vigas y correas) y entrepisos (vigas), son de secciones pequeñas y por tanto el dimensionado por el método de la sección reducida pierde efectividad. La protección en estos casos se resuelve colocando placas de yeso RF de 15 mm de espesor como revestimiento al menos en una de las caras del entramado, que proveen un valor de 28 minutos de resistencia frente a la acción del fuego calculado de acuerdo al Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2 (2016).

#### 2.4.5 PROTECCIÓN DE UNIONES METÁLICAS

La protección frente al fuego de los conectores metálicos que quedan expuestas deberá asegurarse con un recubrimiento de pintura intumescente siguiendo las instrucciones del fabricante; o de madera con espesores mínimos de 20 mm. para garantizar la resistencia a una exposición de 30 minutos.

La protección frente a la corrosión de los conectores metálicos deberá proveerse dependiendo de la exposición ambiental a la que la pieza esté expuesta.

### BIBLIOGRAFÍA

- American Wood Protection Association. 2014. Standard method for determination of propiconazole and tebuconazole in waterborne formulations and in treating solutions by HPLC. A28-14. In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama
- American Wood Protection Association. 2015. Standard Methods for the Analysis of Solutions and Wood for Azoles by Gas Chromatography (GC). A31-15. In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama.
- American Wood Protection Association. 2016. Standard for Micronized Copper Azole (MCA). AWPA P 61-16. In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama.
- American Wood Protection Association. 2016. Standard Method for the Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy. AWPA A21-16. In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama.
- American Wood Protection Association. 2018. Standard Method for the Analysis of Treated Wood and Treating Solutions by X-Ray Spectroscopy. AWPA A9-18. In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama.
- American Wood Protection Association. 2019. Use Category System: Use specification for treated wood. Standard U1. Commodity specification In: AWPA Book of Standards, AWPA, Birmingham, Alabama
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2016. Durabilidad de Madera y productos derivados de madera. Ensayos y clasificación de la resistencia a los agentes biológicos de la madera y de los productos derivados de la madera. UNE EN 350:2016
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 1995. Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Guía de especificaciones de durabilidad natural de la madera para su utilización según las clases de riesgo. EN 460: 1995
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2008. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores. EN 351-1:2008

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2019. Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras. UNE EN 1990: 2019.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2014. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera Clases de uso: definiciones, aplicación a la madera maciza y a los productos derivados de la madera. UNE EN 335:2014
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2014. Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Eficacia de los protectores de la madera determinada mediante ensayos biológicos. Parte 1: Especificaciones para las distintas clases de uso. UNE-EN 599-1:2010+A1:2014
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2016. Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación. UNE EN 1995-1-1: 2016.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). 2016. Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2. Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego. UNE EN 1995-1-2: 2016.
- Böthig, S. Sánchez, Doldán, J Villamarín, B Rava, B. A Durabilidad natural y adquirida de madera de *E. grandis* proveniente de plantaciones de rápido crecimiento en Uruguay. V Congreso de la Red Iberoamericana de Protección de la Madera (RIPMA) 4-7 de diciembre de 2016, Colonia de Sacramento, Uruguay.
- DINAVI. 2011. Estándares de desempeño y requisitos para la vivienda de interés social de la Dirección Nacional de Vivienda. DINAVI, MVOTMA.
- Duran, A. F.2004. La Construcción con Madera. Manual. Centro de Transferencia Tecnológica. CORMA. En: <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Autor/Centro-de-Transferencia-Tecnologica-de-la-Madera-de-CORMA/>
- Lorenzo D.; Troya M.T., Piter J.C.; Sánchez M.; Baso, C.. 2009. Study of the natural durability of *Eucalyptus grandis* wood from Argentina. IRG/WP 09-10689.
- Peraza Sánchez F, 2001 Protección Preventiva de la Madera - Fernando Peraza Sánchez AITIM, 2001
- Peraza Sánchez F. 2009. Actualización de la normativa respecto a la preservación de la madera. En: Boletín de Información técnica nº 259
- Oi, F. 2022. A Review of the Evolution of Termite Control: A Continuum of Alternatives to Termiticides in the United States with Emphasis on Efficacy Testing Requirements for Product Registration. *Insects*, 13, 50. En: <https://doi.org/10.3390/insects13010050>
- Think Wood. 2023. Designing for durability. Strategies for achieving maximum durability with wood-frame construction. En: <https://www.thinkwood.com/continuing-education/designing-for-durability>
- UNIT. 1984. Acción del viento sobre construcciones. UNIT 50:84
- UNIT. 1991. Cargas a utilizar en el proyecto de edificios. UNIT 33:91
- UNIT. 2018. Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de pino taeda y pino ellioti (*Pinus taeda* y *Pinus elliotii*). UNIT 1261:2018
- UNIT. 2018. Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). UNIT 1262:2018.
- UNIT. 2018. Madera aserrada de uso estructural - Madera aserrada de uso estructural - Método para la determinación de las dimensiones y tolerancias. UNIT 1263:2018.
- UNIT. 2020. Estructuras de madera – Madera laminada encolada – Requisitos. UNIT 1265:2020
- Wood Protection Association, 2012. Wood Selection Guide. A guide to selecting suitable wood and wood-based construction products Note: WPA10/12 1st edition October 2012
- Wood Protection Association, 2023. Code of Practice Industrial Wood Preservation. 3rd Edition: May 2023
- WoodWorks. 2019. Effective Termite Protection for Multi-Family & Commercial Wood Buildings Techniques for Keeping Wood-Frame Buildings Pest-Free. Wood Products Council. WW-WSP 16 .

SOLUCIONES  
PARA VIVIENDAS  
DE UNA PLANTA



Este capítulo consta de dos partes. El Apartado 3.1 presenta un proyecto de vivienda de una planta tomado como modelo al cual se le diseña la estructura siguiendo los lineamientos adoptados por este documento, mientras que el Apartado 3.2 provee variantes (tipologías, dimensiones, especies, calidades) para los componentes y sistemas estructurales que pueden ser aplicados en viviendas de una planta siempre que se encuentren dentro del campo de aplicación especificado.

# 3.1

## Solución estructural para el proyecto de una planta tomado como modelo

### 3.1.1

#### METODOLOGÍA

La presentación de la solución estructural del proyecto adoptado como modelo tiene por objetivo facilitar la interpretación y aplicación de la información contenida en el Apartado

3.2. A continuación, en la Figura 3.1 se indica el diagrama de flujo aplicado a este modelo para la resolución de la estructura a partir de los datos aportados en dicho apartado.

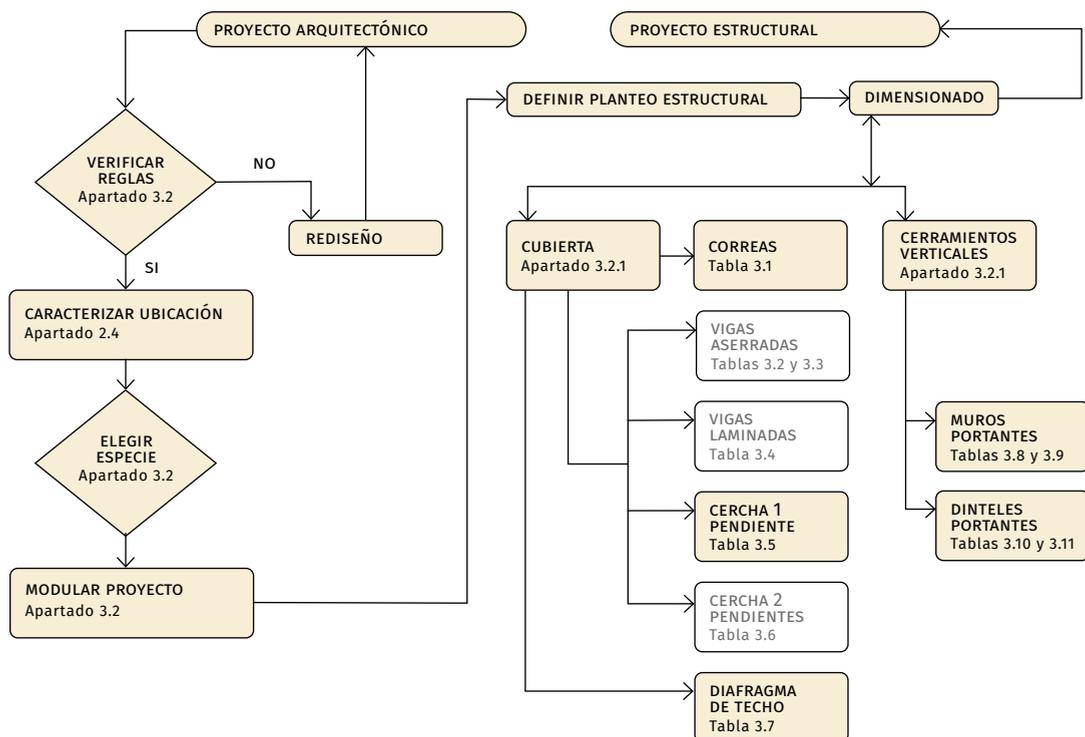


FIGURA 3.1. Diagrama de flujo del procedimiento adoptado para resolución del modelo

## 3.1.2

**DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO**

El modelo de una planta en estudio es una vivienda unifamiliar con un área de 75,6 m<sup>2</sup>, ubicada en el Departamento de Rocha, cuyo anteproyecto es mostrado en la Figura 3.2.



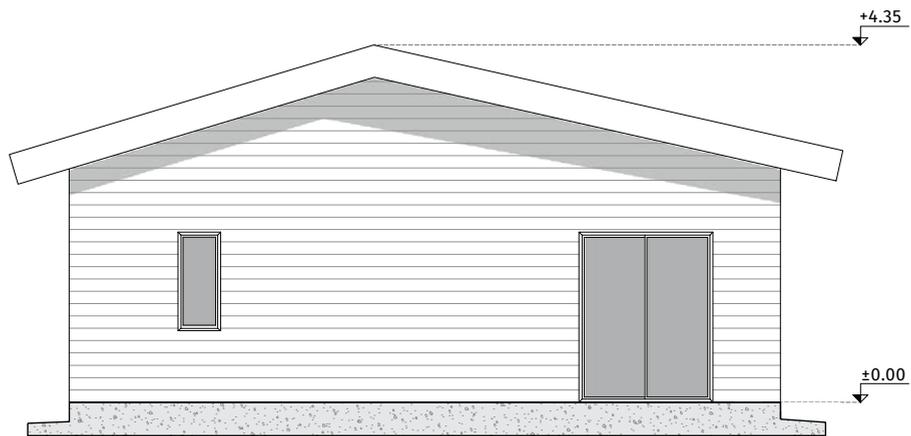
**FIGURA 3.2 A.** Imagen exterior del modelo



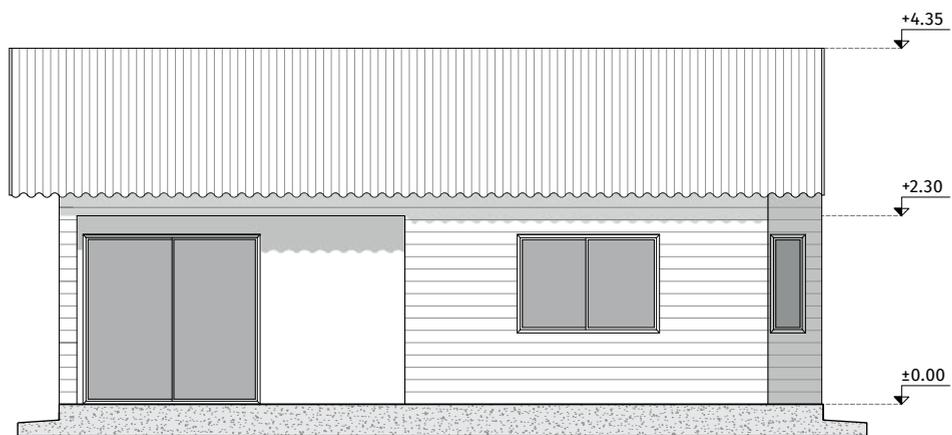
FIGURA 3.2 B. Planta



FACHADA FRONTAL

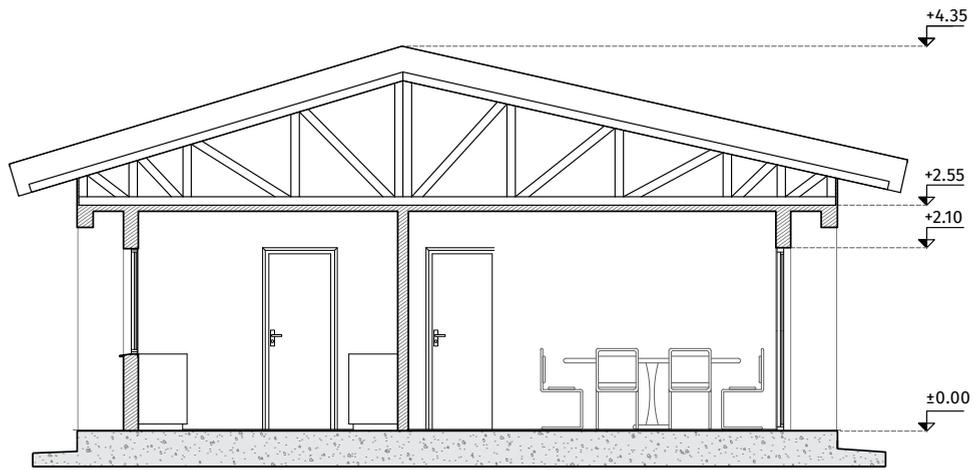


FACHADA LATERAL DERECHO

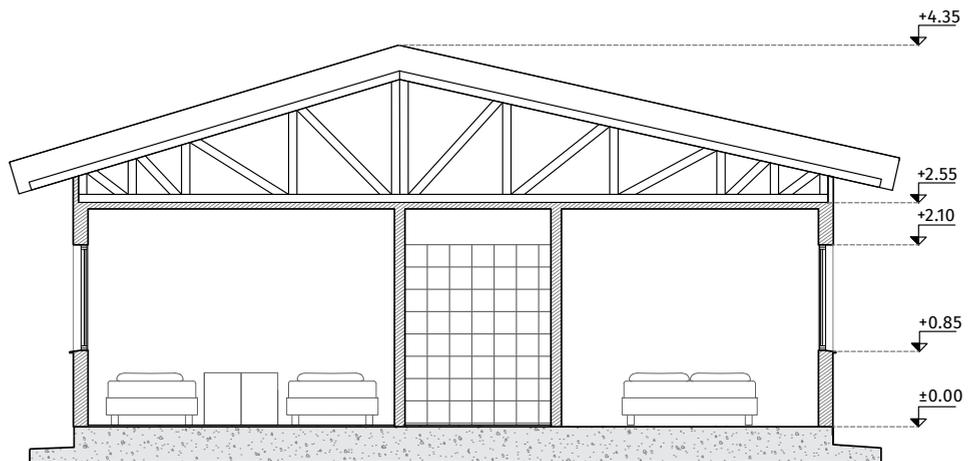


FACHADA POSTERIOR

FIGURA 3.2 C. Alzados



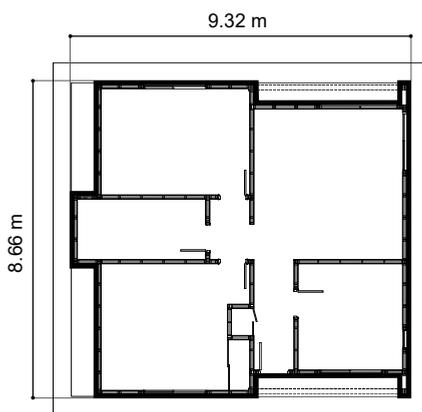
CORTE A-A



CORTE B-B

FIGURA 3.2 D. Cortes

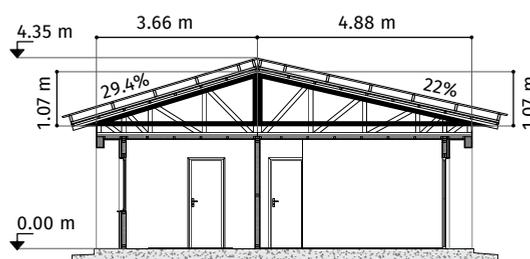
A continuación, se desarrollan las etapas del proceso de acuerdo con lo indicado en el diagrama de flujo, a los efectos de la resolución del modelo.



### 1. VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS REGLAS QUE PERMITEN APLICAR LAS SOLUCIONES BRINDADAS POR ESTA GUÍA

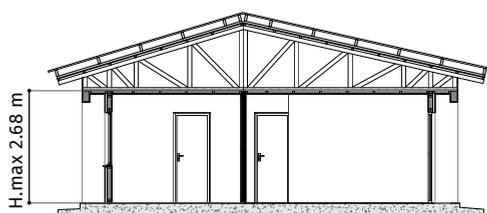
#### I. Relación de lados de la vivienda

Los lados de la vivienda miden 9,32 m x 8,66 m, ambos valores menores a los 16 m lineales máximos admitidos. La relación de lados  $a/b$  de la vivienda (siendo  $a \geq b$ ) es de  $1,08 < 2$ , tendiendo a una forma cuadrada.



#### II. Pendiente máxima de cubierta y altura máxima

La cubierta de la vivienda tiene dos aguas con diferente pendiente, una de 29,4% y otra de 22%. Ambos valores se encuentran comprendidos en el rango admitido (entre 15% y 30%). La altura máxima de la vivienda es de  $4,35 \text{ m} < 5,0 \text{ m}$  (máximo admitido).



#### III. Altura máxima de muros

Los muros tienen una altura máxima de 2,68 m, siendo esta menor que la altura máxima admitida para los muros portantes de viviendas cuya cubierta está sustentada por cerchas (2,80 m).

## 2. CARACTERIZAR LA UBICACIÓN

La vivienda se ubica a una distancia igual a 1 km de la costa, por lo tanto, de acuerdo con la Figura 2.1 corresponde considerar que se ubica en Zona Costera. Se considera un caso en que el terreno no presenta obstrucciones, por lo que corresponde utilizar una situación de Rugosidad I.

## 3. SELECCIONAR LA ESPECIE Y CALIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

De acuerdo con la información sobre especies y secciones disponibles en el país, se decidió realizar la estructura resistente de la vivienda con madera aserrada de Pino (*Pinus elliotii/taeda*). La calidad estructural seleccionada co-

rresponde a las clases visuales estipuladas en la norma UNIT 1261:2018.

Considerando que todos los sistemas y componentes estructurales se seleccionan de acuerdo con las alternativas ofrecidas en el Apartado 3.2, se cumple con los requisitos particulares de los mismos.

## 4. MODULAR EL ENTRAMADO ESTRUCTURAL

De acuerdo con lo expresado en las reglas generales, las soluciones de esta guía llevan implícito el concepto de modulación. Esta se realiza considerando un módulo de 0,61 m entre ejes de los montantes de la planta. Para ello es necesario establecer un origen de la modulación, tal como se indica en la Figura 3.3.

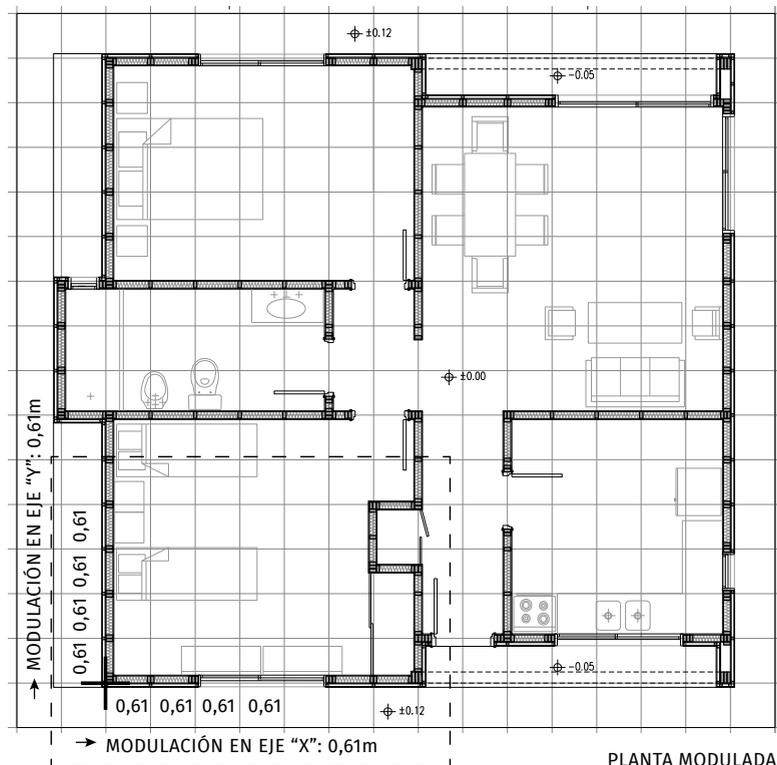


FIGURA 3.3. A. Modulación de entramado estructural

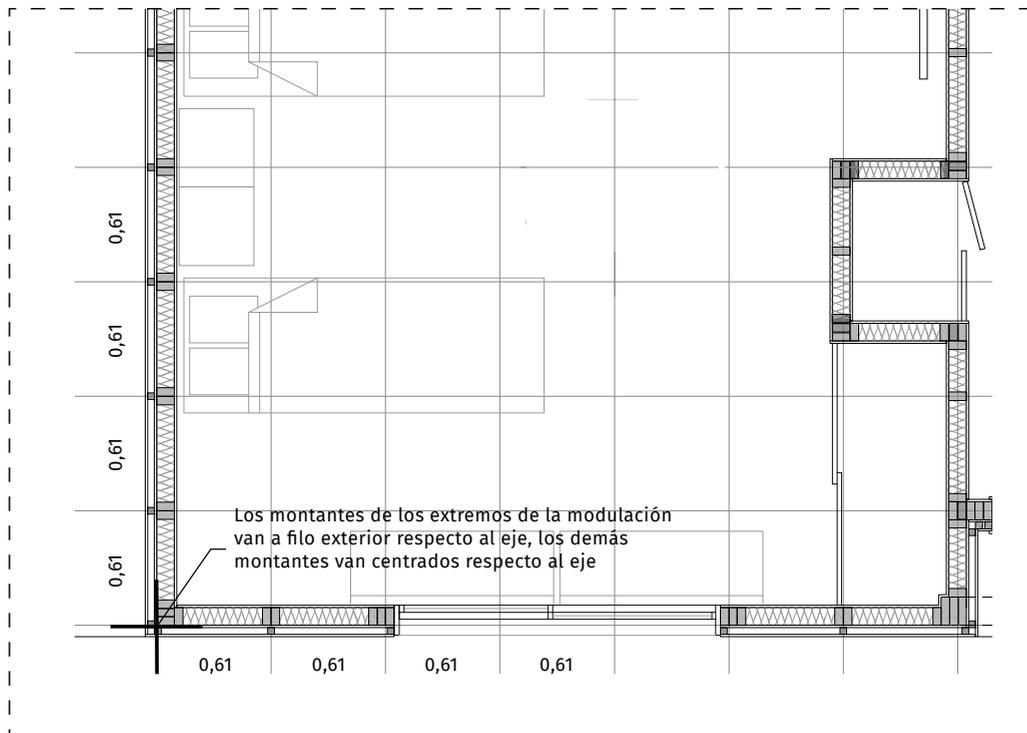


FIGURA 3.3. B. Modulación de entramado estructural

## 5. DEFINIR EL PLANTEO ESTRUCTURAL

A partir del proyecto arquitectónico modulado, se verifican y definen las características generales de los elementos y sistemas que conforman la estructura de la vivienda.

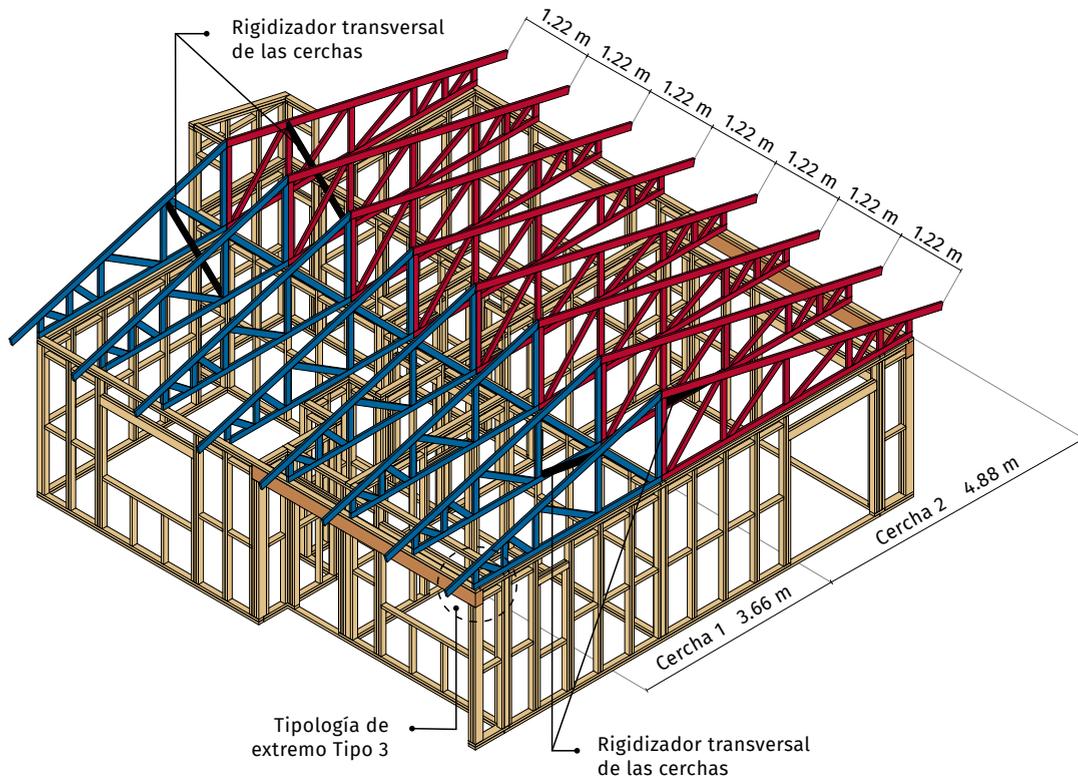
### I. Tipo de estructura de la cubierta

Para el modelo se decide utilizar una estructura de cubierta con cerchas a un agua. La luz entre apoyos de las cerchas es de 3,66 m y 4,88 m, valor por debajo de la luz de apoyo máxima admitida (6,10 m) para este caso (Tabla 3.5). La distancia entre ejes de cerchas es de 1,22 m, como se muestra en la Figura 3.4.

### II. Ubicación y tipo de diafragma de cubierta

De acuerdo con lo expresado en el Apartado 3.2, el diafragma se ubica de forma horizontal por debajo del cordón inferior de las cerchas, como se muestra en la Figura 3.5.

Conforme a la Tabla 3.7, y dado que la relación de lados  $a/b$  de la vivienda es de  $1,08 < 1,5$ , es posible utilizar un diafragma único. No obstante, el profesional responsable de la obra puede elegir diafragmas parciales para transmitir mejor los esfuerzos mediante la utilización de una mayor longitud de muros de corte. Considerando que en el modelo existe un muro central en el cual apoyan las cerchas y que los muros exteriores en esa dirección presentan un alto porcentaje de aberturas, sobre todo en



**FIGURA 3.4.** Estructura de la estructura de la cubierta

la fachada frontal, se opta por conformar diafragmas parciales para tomar los esfuerzos del viento en la dirección X. La Figura 3.5 ilustra acerca de la conformación de los diafragmas proyectados para tomar los esfuerzos horizontales en las dos direcciones principales de la planta de la vivienda.

### III. Identificación de los muros portantes

En la Figura 3.6 se identifican los muros con función portante y los que no tienen función estructural y por lo tanto podrían ser modificables si hubiera cambios en el proyecto o en futuras reformas. Todos los muros perimetrales son portantes pues deben resistir la acción directa del viento, y tanto los muros de las fachadas frontal y posterior como el muro interior paralelo a éstas reciben el apoyo de

las cerchas y por lo tanto las cargas verticales introducidas por la cubierta.

Una vez identificados los muros portantes se comprueba si la longitud disponible de muros de corte permite trasladar a las fundaciones los esfuerzos horizontales (debidos al viento) conforme a los lineamientos del Apartado 3.2.2 y la Tabla 3.9. Ingresando a esta tabla con las dos superficies expuestas de la vivienda (Figura 3.7) e interpolando linealmente entre los valores dados para la Zona Costera con Rugosidad I, se obtiene un requerimiento mínimo de 13,1 m lineales de muro de corte en la dirección X y 11 m lineales en la dirección Y.

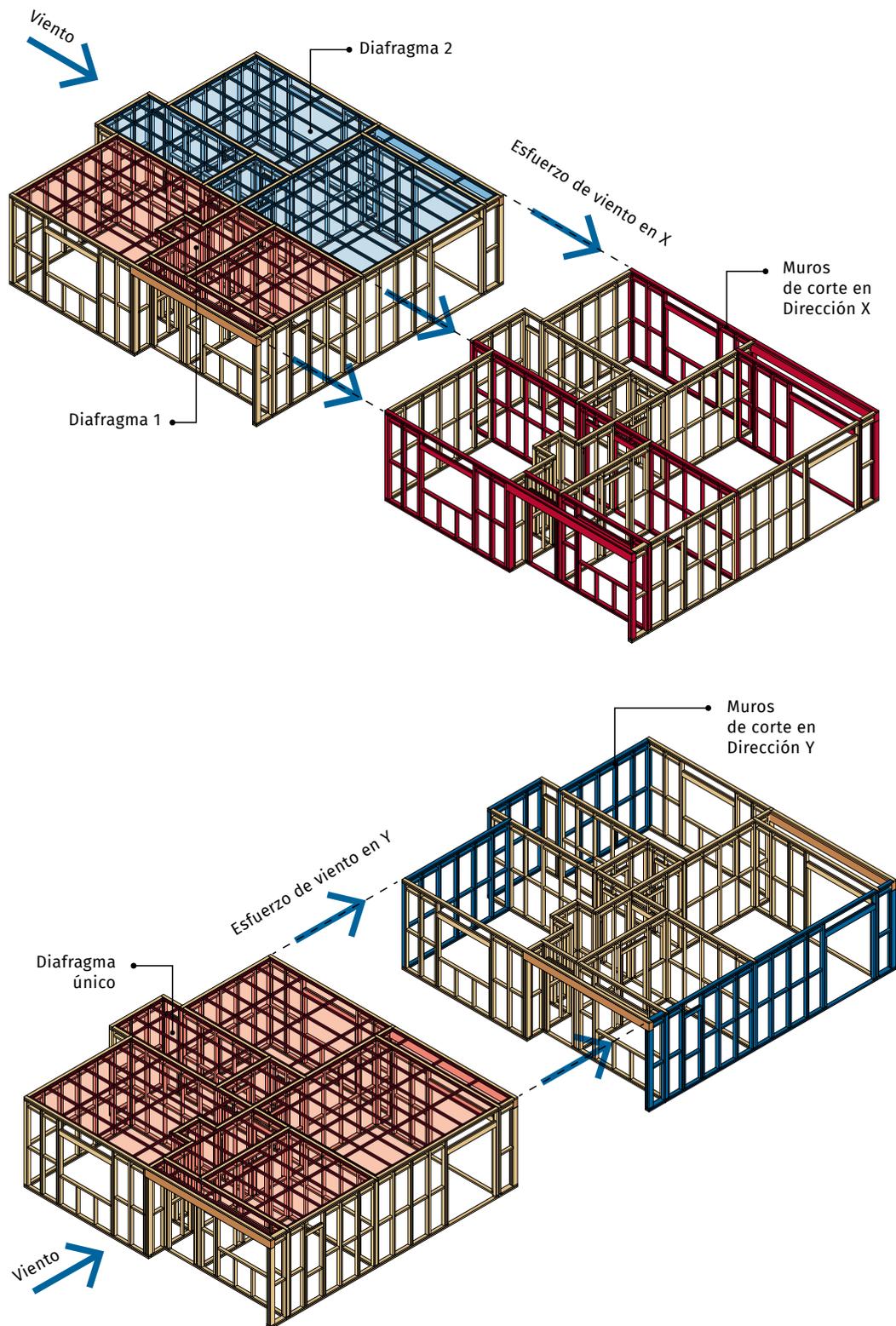


FIGURA 3.5. Características generales del diafragma horizontal

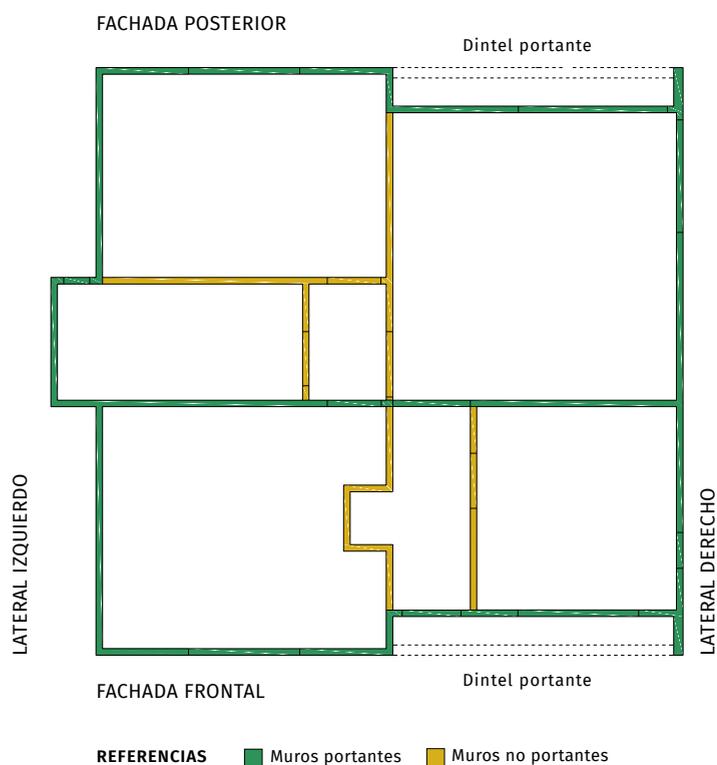


FIGURA 3.6. Identificación de la función estructural de los muros

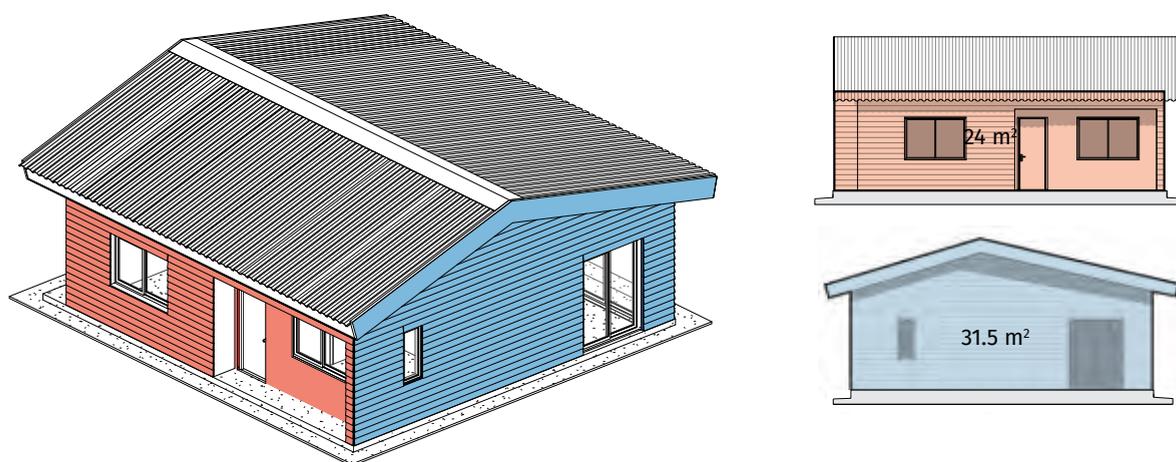
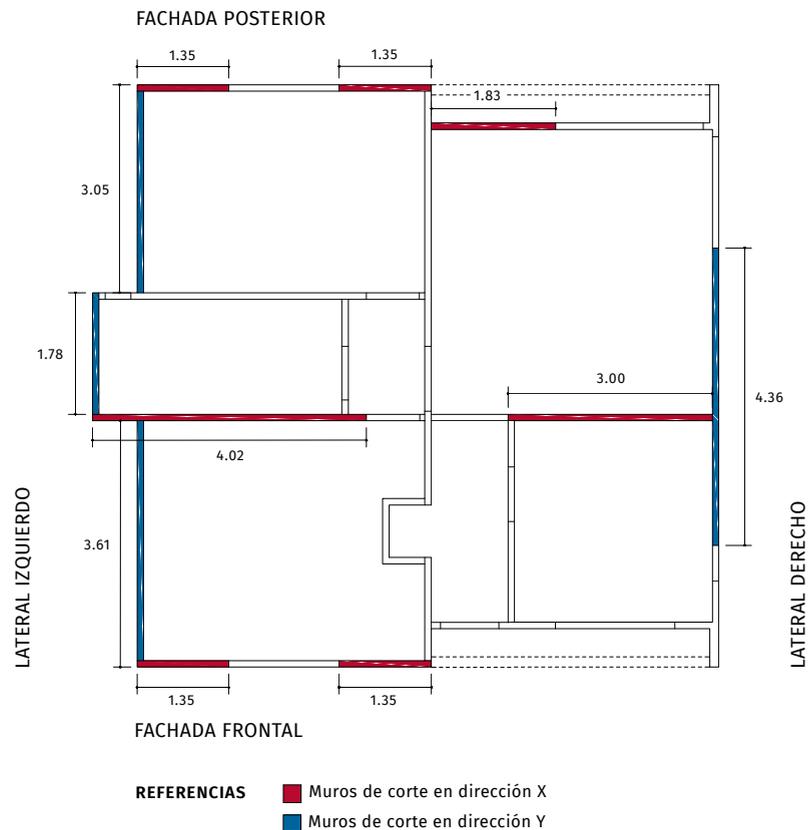


FIGURA 3.7. Cuantificación de la superficie expuesta al viento de la vivienda según las 2 direcciones principales



**FIGURA 3.8.** Longitud de los muros de corte

Dado que en la longitud de muro requerida se pueden computar, sumando las fracciones con un largo igual o mayor a la mitad de su altura y sin huecos originados por la presencia de aberturas, el planteo graficado en la Figura 3.8 resulta satisfactorio pues contempla 14,25 m en la dirección X y 12,8 m en la dirección Y. A su vez, en ambos casos la distribución de la longitud de muro tiene en cuenta razonablemente la condición de simetría respecto del eje de la vivienda.

Para completar la definición general del planteo estructural se verifica si la longitud de los dinteles portantes contemplados en el modelo se encuentra dentro del rango contemplado en la Tabla 3.10 para dinteles de madera aserrada que forman parte de un muro y en la

Tabla 3.11 para dinteles de madera laminada que no forman parte de un muro. De la observación de las Figuras 3.2 b) y 3.3 surge que no existen dinteles portantes de madera aserrada con longitud mayor a 2,44 m (máximo en la Tabla 3.10) ni de madera laminada con largo superior a 4,88 m (máximo en la Tabla 3.11).

## 6. DIMENSIONAR LOS COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA

En la Figura 3.9 se presenta esquemáticamente la distribución de los componentes de la cubierta, donde los indicados dentro de un recuadro son los elementos a diseñar según

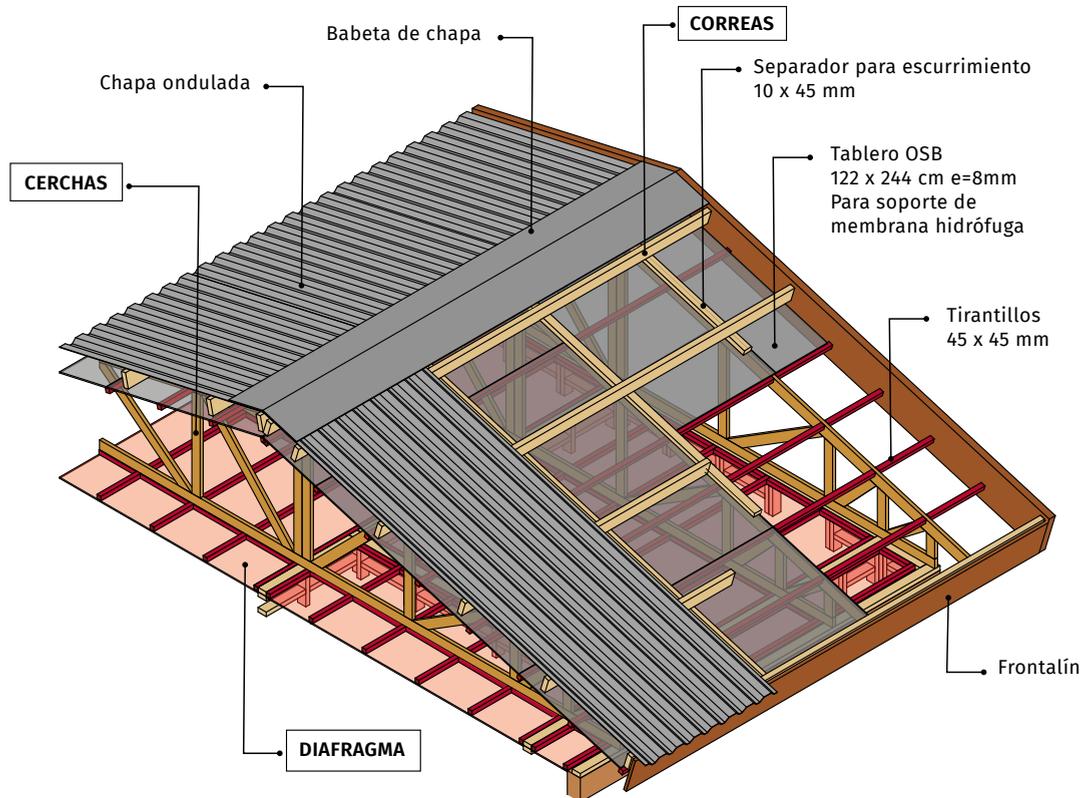


FIGURA 3.9. Disposición general de los componentes de la cubierta

los criterios de esta guía. A continuación se describe el proceso de selección y se proveen detalles, utilizando la información del Apartado 3.2.1.

### I. Correas

Según la separación entre apoyos de las correas (cerchas separadas 1,22 m entre ejes), y la decisión de emplear madera aserrada de Pino clasificada visualmente como ECO sin cepillar, conforme a la Tabla 3.1 se debe adoptar una sección transversal mínima de 50 mm x

150 mm para las correas, y sus prolongaciones laterales para formar el alero de la cubierta no deben exceder 0,61 m.

La Figura 3.10 exhibe un detalle de la colocación de las correas y el modelo de unión adoptado entre éstas y las cerchas. El responsable de la obra puede optar por utilizar soluciones alternativas para estas uniones, las que deben tener una capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que se indica debajo en la Tabla 3.1.

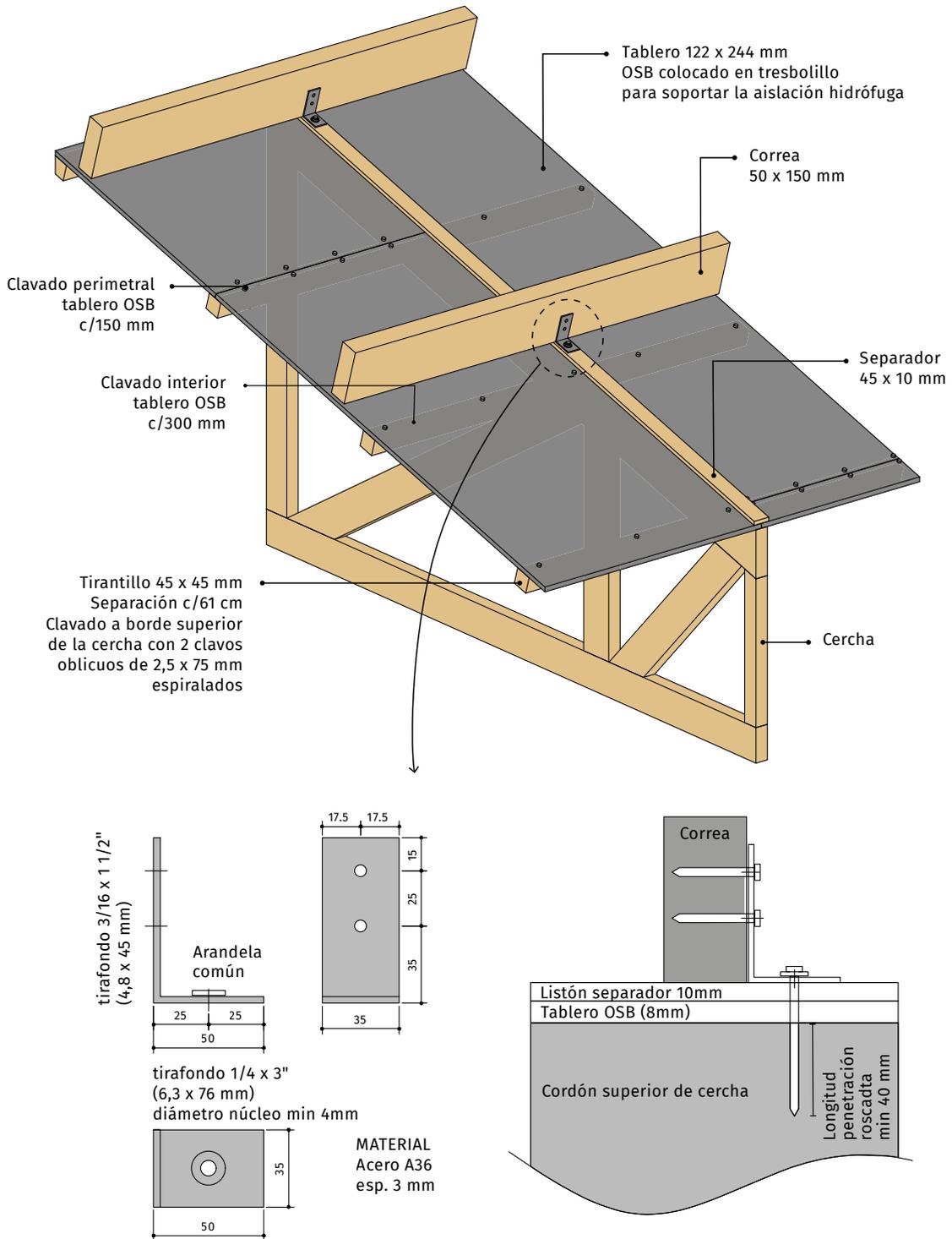


FIGURA 3.10. Detalle de la colocación de las correas y su unión al cordón superior de las cerchas

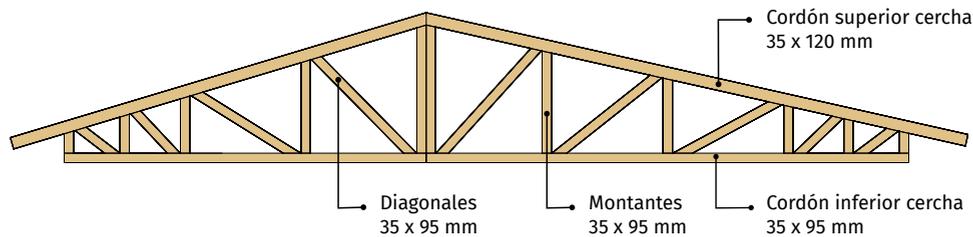


FIGURA 3.11. Características generales de las cerchas adoptadas

## II. Cerchas de techo

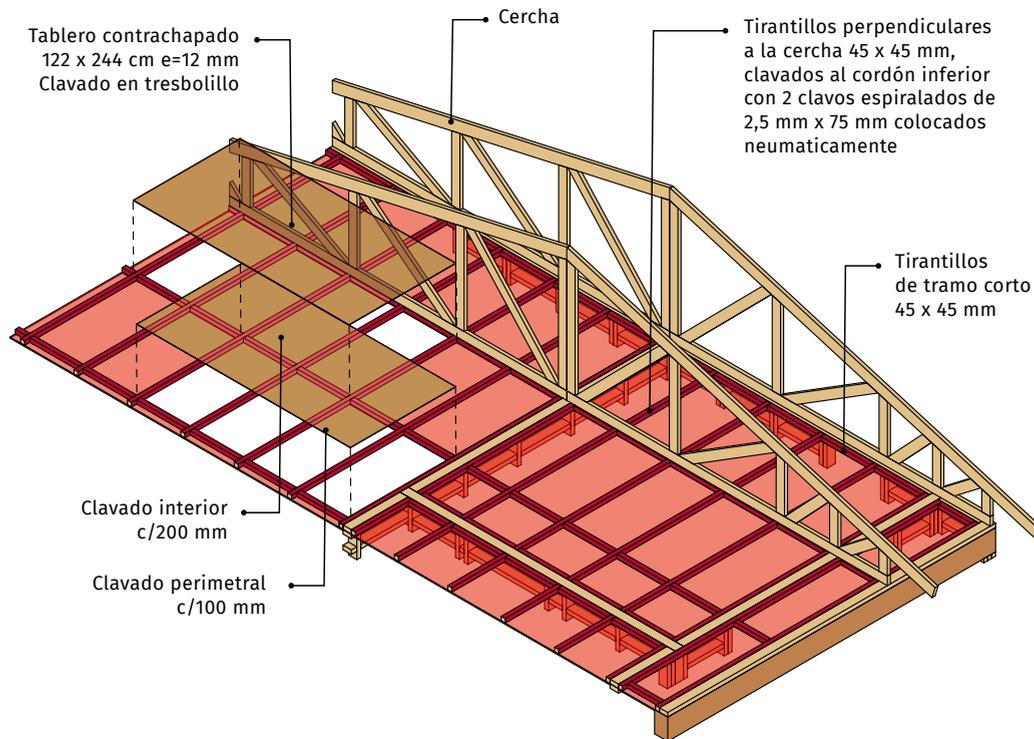
El proyecto presenta una cubierta con cerchas a un agua con dos longitudes diferentes, como se ilustra en la Figura 3.4. Las proyectadas con un largo de 3,66 m exhiben una pendiente de 29,4% y las de 4,88 m una pendiente de 22%. En ambos casos son colocadas con una separación a eje de 1,22 m.

La solución está disponible en la Tabla 3.5, que incluye cerchas con las longitudes mencionadas y pendiente comprendida en el rango 15%-30%, proveyendo también las correspondientes dimensiones de la sección transversal para las barras que las componen. Para el Pino EC1, las dimensiones mínimas son iguales a 35 mm x 95 mm para diagonales, montantes y cordón inferior y de 35 mm x 120 mm para el cordón superior debido a que la solución adoptada para el extremo corresponde al Tipo 3, como se advierte en la Figura 3.11 (ver también la Figura 3.26).

Las uniones en los nodos y los detalles constructivos se resuelven conforme a lo indicado en el Apartado 3.2.1 (Componentes y sistemas estructurales de la cubierta, C. Cerchas de te-

cho) y en particular en las Figuras 3.24, 3.27, 3.28, 3.29 y 3.30.

En la Figura 3.17 se exhibe el detalle del modelo de unión entre cerchas y soleras del muro y entre estas y el montante ubicado debajo, el cual fue adoptado para ambas fachadas dado que en ellas apoya una sola cercha. Por su parte, en las Figuras 3.18 y 3.19 se presentan detalles de las uniones adoptadas para transferir los esfuerzos de los extremos de las cerchas al resto de la estructura en las zonas donde se encuentran dinteles de madera aserrada y de madera laminada encolada, respectivamente, de ambas fachadas. A su vez, la Figura 3.20 detalla el modelo de unión entre cerchas y soleras, y entre estas y el montante ubicado debajo, elegido para el muro portante interior que recibe el apoyo de dos cerchas concurrentes. Todos estos modelos son aptos para cerchas con una pendiente y longitud igual o menor a 6,10 m, pero el profesional responsable de la obra puede emplear otras soluciones con la capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que para cada longitud de cercha se indican en la Tabla 3.5.



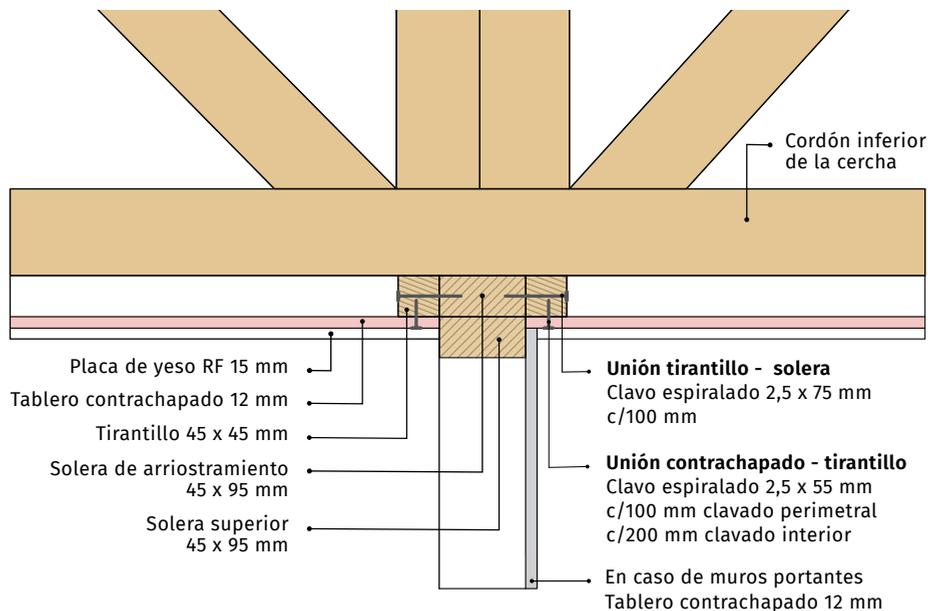
**FIGURA 3.12.** Detalles de la conformación del diafragma de la cubierta

### III. Diafragma de cubierta

Conforme a los lineamientos indicados en el Apartado 3.2.1 (Diafragmas de cubierta), el plano rígido del diafragma se conforma con tableros clavados a tirantillos de 45 mm x 45 mm (Pino EC1). Éstos se colocan perpendicularmente a las cerchas debajo de su cordón inferior con una separación entre ejes de 0,61 m y se clavan en cada encuentro con los cordones empleando dos clavos espiralados de 2,5 mm de diámetro por 75 mm de largo. Para permitir el clavado perimetral completo de los tableros, el plano de fijación se completa con trozos de tirantillos ubicados debajo del cordón inferior de las cerchas, fijados con clavos espiralados de 2,5 mm x 75 mm separados 100 mm, que es la separación indicada para el clavado perime-

tral en una vivienda ubicada en la Zona Costera con Rugosidad I (Tabla 3.7). En las Figuras 3.12 y 3.13 se muestran detalles de la conformación del diafragma y de la resolución adoptada para su continuidad cuando es interceptado por un muro interior.

Como piezas de borde (cordones) del diafragma se adoptan las soleras de arriostamiento de los muros, que en este caso requieren una sección de 45 x 95 mm (Pino EC1) por la localización de la vivienda (Zona costera, Rugosidad 1) y la disposición de montantes de muro con altura menor o igual a 2,8m (ver también la Tabla 3.8). Los detalles constructivos y los empalmes de estos cordones se llevan a cabo conforme a los lineamientos del Apartado 3.2.1 (ver también la Figura 3.31).



**FIGURA 3.13.** Continuidad del diafragma a través de muros interiores

## COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES

### I. Muros portantes

Los muros exteriores, dado que se ubican bajo una cubierta con cerchas de la vivienda ubicada en Zona Costera con Rugosidad 1, se materializan con doble montante de 45 mm x 95 mm (Pino EC1) conforme a la Tabla 3.8. En cambio, los muros interiores se construyen con montantes simples de sección 45 mm x 95 mm. Las características generales de la decisión adoptada se ilustran en la Figura 3.14 para la fachada frontal y en la Figura 3.15 para el muro portante interior.

Siguiendo los lineamientos del Apartado 3.2.2 (Componentes y sistemas estructurales de los cerramientos verticales, Muros portantes), las soleras se materializan con la misma sección que la utilizada en los montantes, es decir 45 mm x 95 mm. Para el caso de la solera de nivelación y solera inferior se debe utilizar madera preservada para proteger la estructura de los ataques biológicos, de acuerdo a lo descrito

en el Capítulo 2 de la presente guía. Las características de los tableros y del clavado de éstos al bastidor responden a los lineamientos antes citados.

Se decide unir los muros a las fundaciones mediante los dos modelos de anclaje que se indican las Figuras 3.21 y 3.22 siguiendo el siguiente criterio: 1) con el modelo detallado en la Figura 3.21 se anclan los montantes extremos de todas las fracciones de muros de corte (Figura 3.8); 2) el modelo exhibido en la Figura 3.22 se utiliza para anclar todos los montantes que reciben el apoyo de una o dos cerchas y/o los montantes adicionales que soportan dinteles pero no están ubicados en los extremos de las fracciones de muros de corte y, 3) este último modelo de anclaje se coloca finalmente para asegurar que en ningún muro portante exista una separación mayor a 1,22m entre dos anclajes consecutivos. Si el profesional responsable de la obra decide utilizar otro tipo de anclajes, los mismos deberían tener una capacidad mecánica equivalente a los descritos para transmitir a las fundaciones el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento.

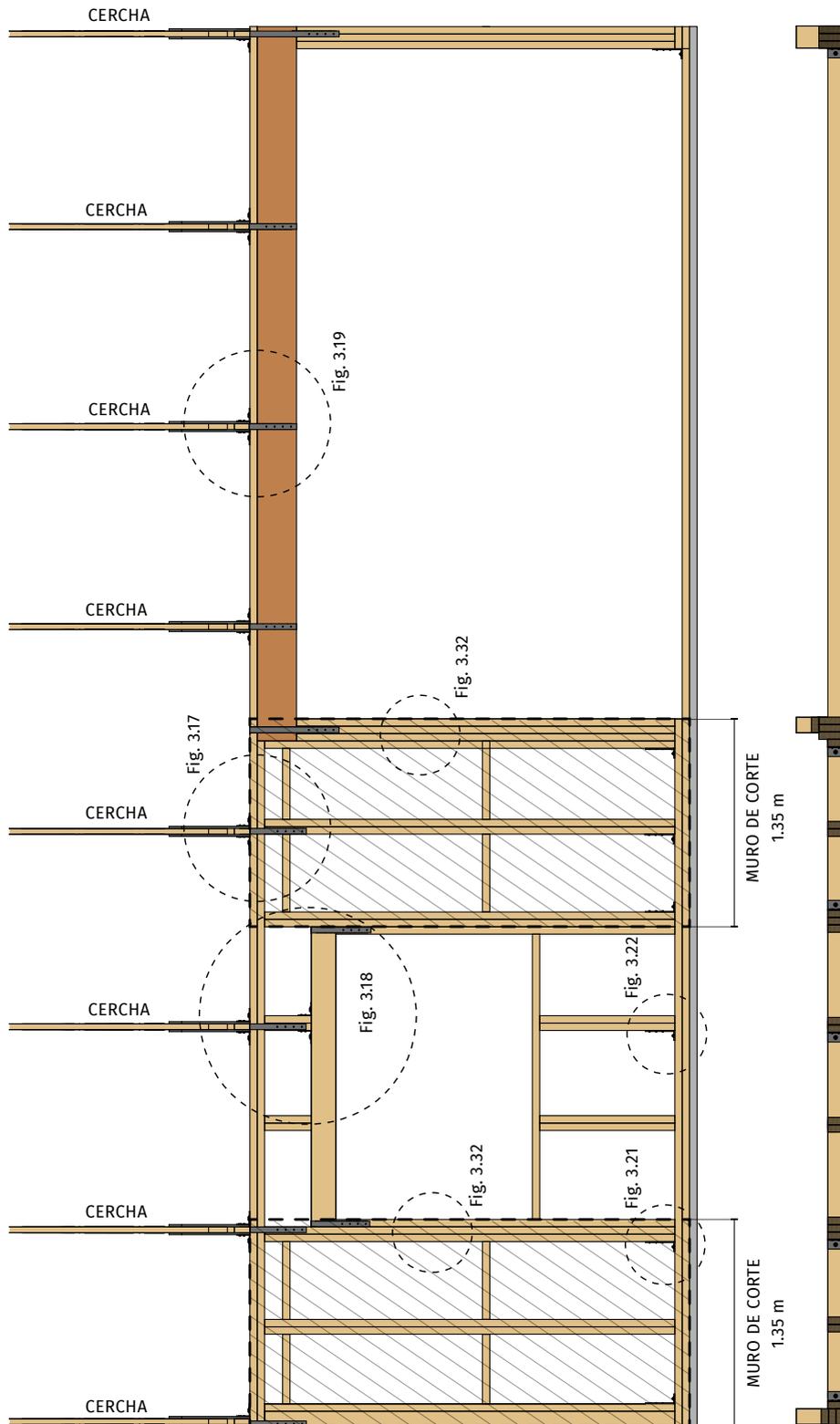


FIGURA 3.14. Conformación del muro de la fachada frontal

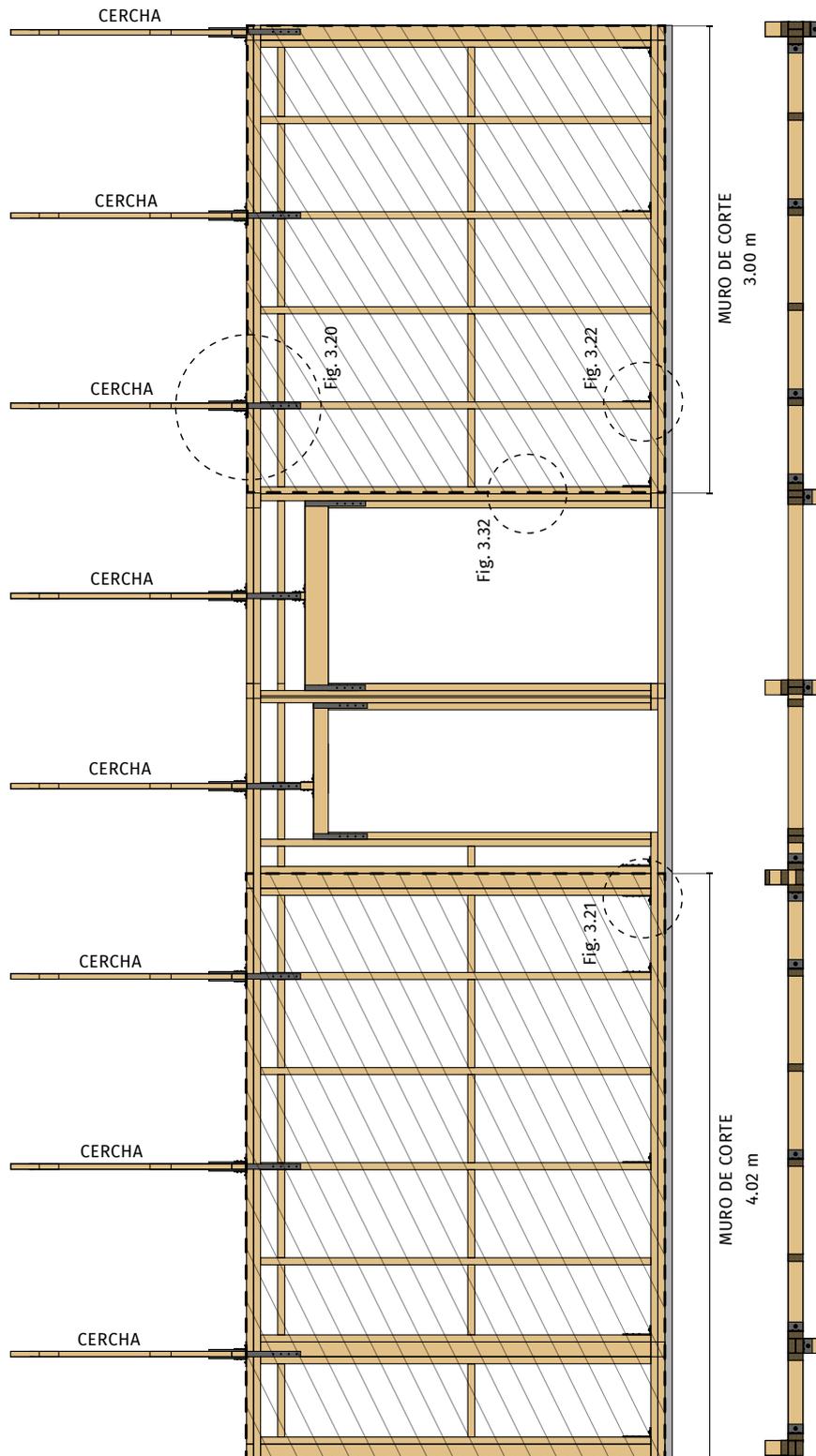


FIGURA 3.15. Conformación del muro portante interior donde apoya la cubierta

## II. Dinteles portantes

El proyecto presenta cuatro dinteles portantes de madera aserrada ubicados dentro de los muros y dos dinteles portantes de madera laminada encolada ubicados fuera de los muros (Figura 3.16), para cuya solución se emplean las Tablas 3.10 y 3.11. Por su parte, los dinteles no portantes (no soportan la cubierta) se resuelven constructivamente.

Ingresando en la Tabla 3.10 con la longitud de los dinteles portantes de madera aserrada y la longitud total de las cerchas que apoyan sobre ellos, se resuelven los ubicados sobre las ventanas de ambas fachadas con dos piezas de 45 mm x 145 mm (Pino EC1) ya que el largo de los dinteles es menor a 1,83 m y sobre ellos apoya una cercha de longitud menor a 6,10 m.

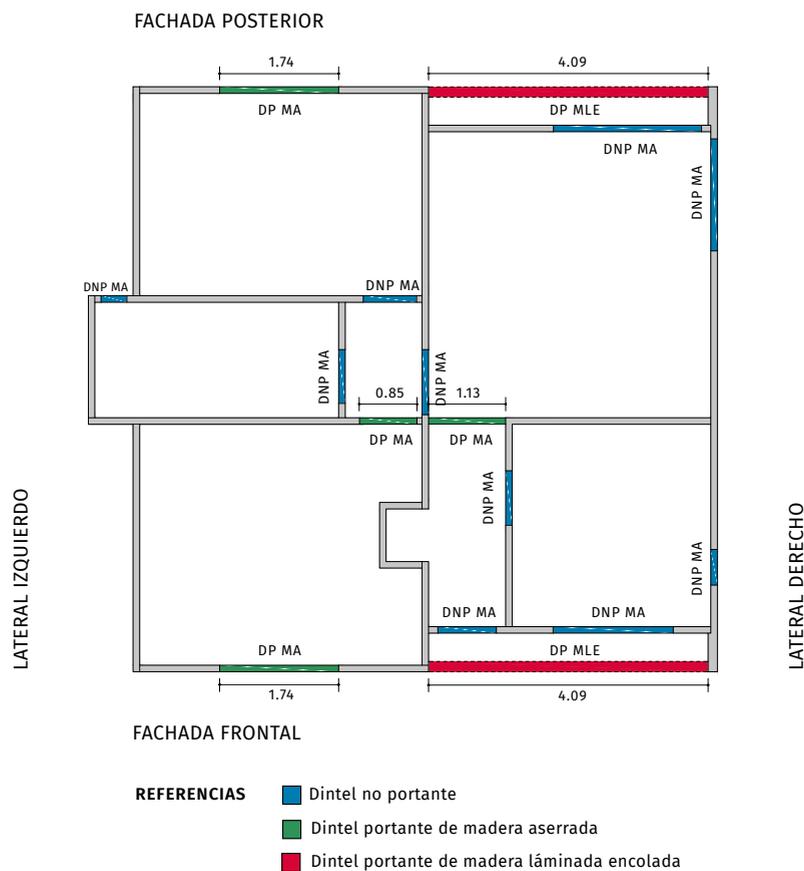


FIGURA 3.16. Identificación de dinteles

De acuerdo a la información brindada por la misma tabla se coloca un montante adicional para apoyar cada extremo de estos dinteles. También se resuelven con dos piezas de 45 mm x 145 mm (Pino EC1) los dinteles ubicados en el muro portante interior, pues su longitud es menor a 1,22 m y la longitud total de las cerchas que apoyan sobre ellos está comprendida entre 6,10 m y 12,20 m. Bajo cada extremo de estos dinteles se coloca también como apoyo un montante adicional (Tabla 3.10).

Los dos dinteles de madera laminada encolada que exhiben una longitud menor a 4,27 m y reciben cargas de una longitud total de cerchas menor a 6,10 m se solucionan de acuerdo con la Tabla 3.11. Para cada dintel se selecciona una pieza de calidad GL 20h con una sección transversal de 150 mm x 240 mm. De acuerdo con lo prescrito en la mencionada tabla, se decide sustituir cada pilar de apoyo bajo los extremos de los dinteles por tres montantes adicionales unidos (ver Figura 3.32) con iguales dimensiones y conexiones al bastidor y al tablero que las que conforman el muro.

El apoyo y la unión a los dinteles de los tramos de montante ubicados entre ellos y las soleras que soportan las cerchas sobre las ventanas ubicadas en los muros de ambas fachadas se resuelven como se detalla en la Figura 3.18. En la misma figura se describe la unión entre los extremos de los dinteles y los montantes adicionales que les sirven de soporte, la que resulta apta para todos los dinteles contemplados en las tablas 3.10 y 3.11

El anclaje a las fundaciones de los montantes adicionales se realiza con las mismas características descritas en la Figura 3.22, que describe el anclaje de montantes que reciben el apoyo de cerchas, y que también resulta apto para todos los dinteles contemplados en este documento. No obstante, el profesional responsable de la obra puede emplear otras soluciones, siempre que tengan la capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que para cada longitud de dintel se indica en las tablas 3.10 y 3.11.

#### UNIONES Y ANCLAJES DE LOS COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

A continuación, se presentan los modelos de uniones y anclajes adoptados para asegurar una correcta transmisión de los esfuerzos entre las distintas partes de la estructura. Se exceptúa la unión de las correas a las cerchas, que ya fue descrita en la Figura 3.10.

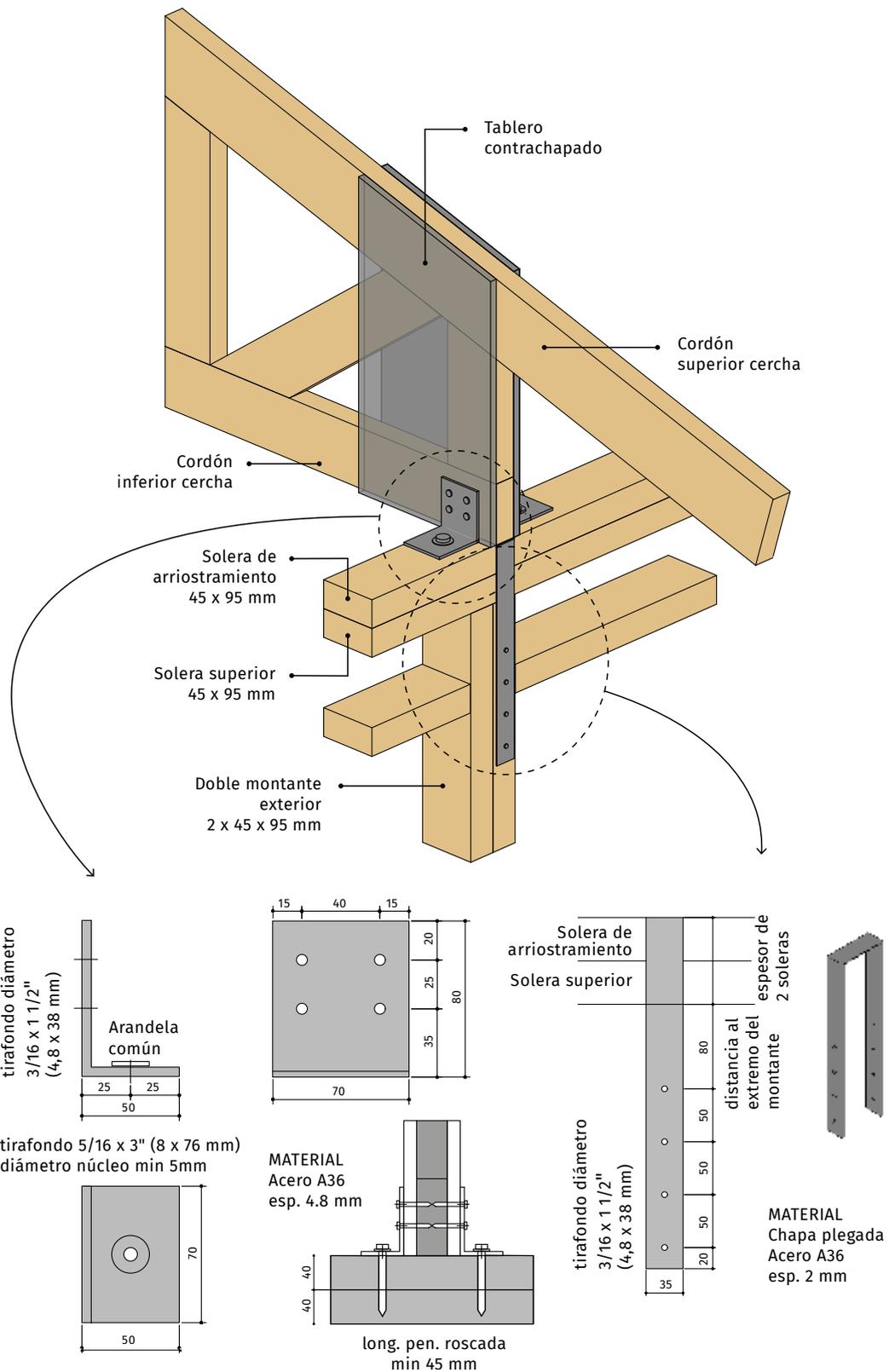


FIGURA 3.17. Detalle de la unión cercha-solera y solera-montante sobre los muros de ambas fachadas

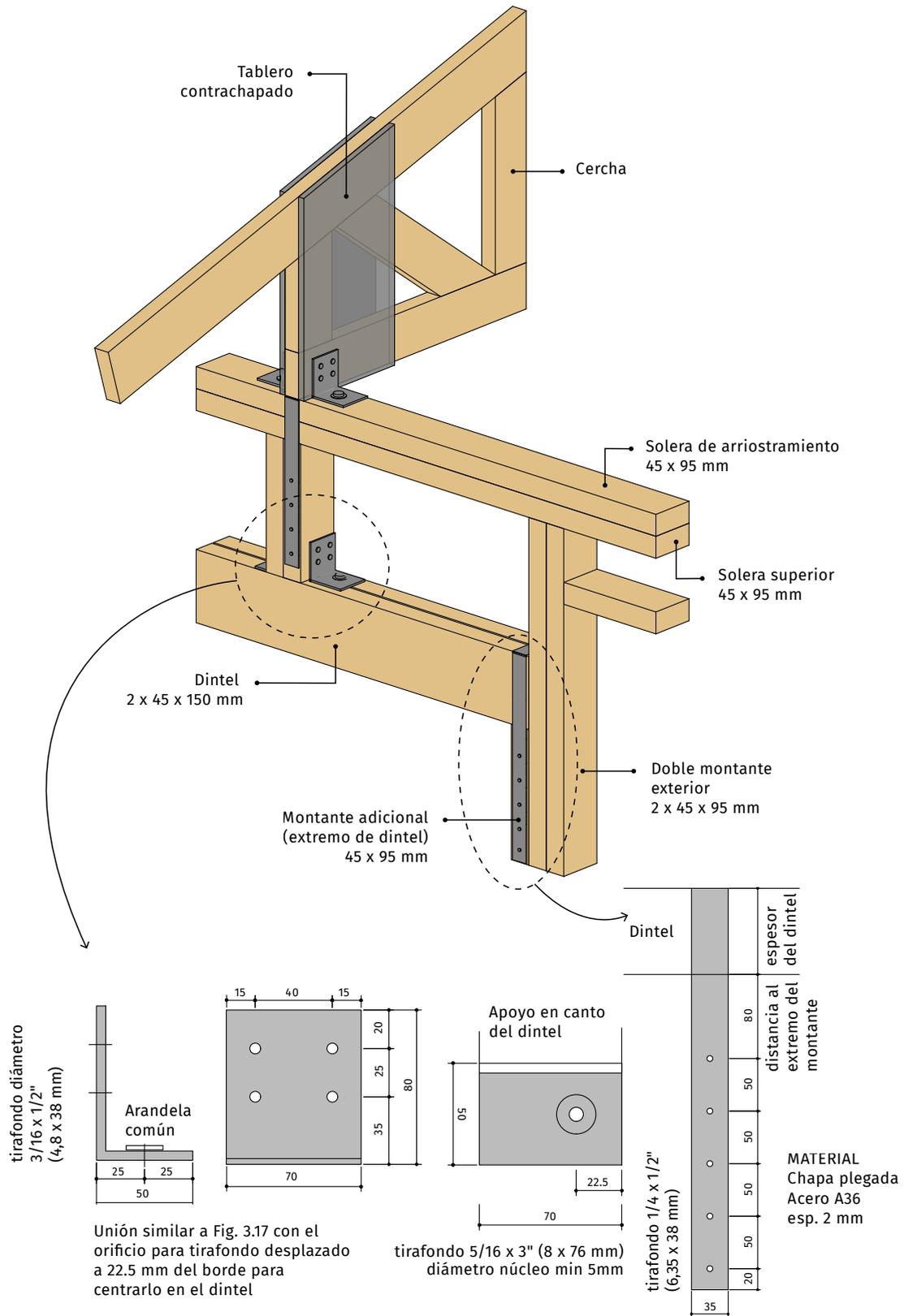


FIGURA 3.18. Detalle de apoyo de cercha sobre dintel

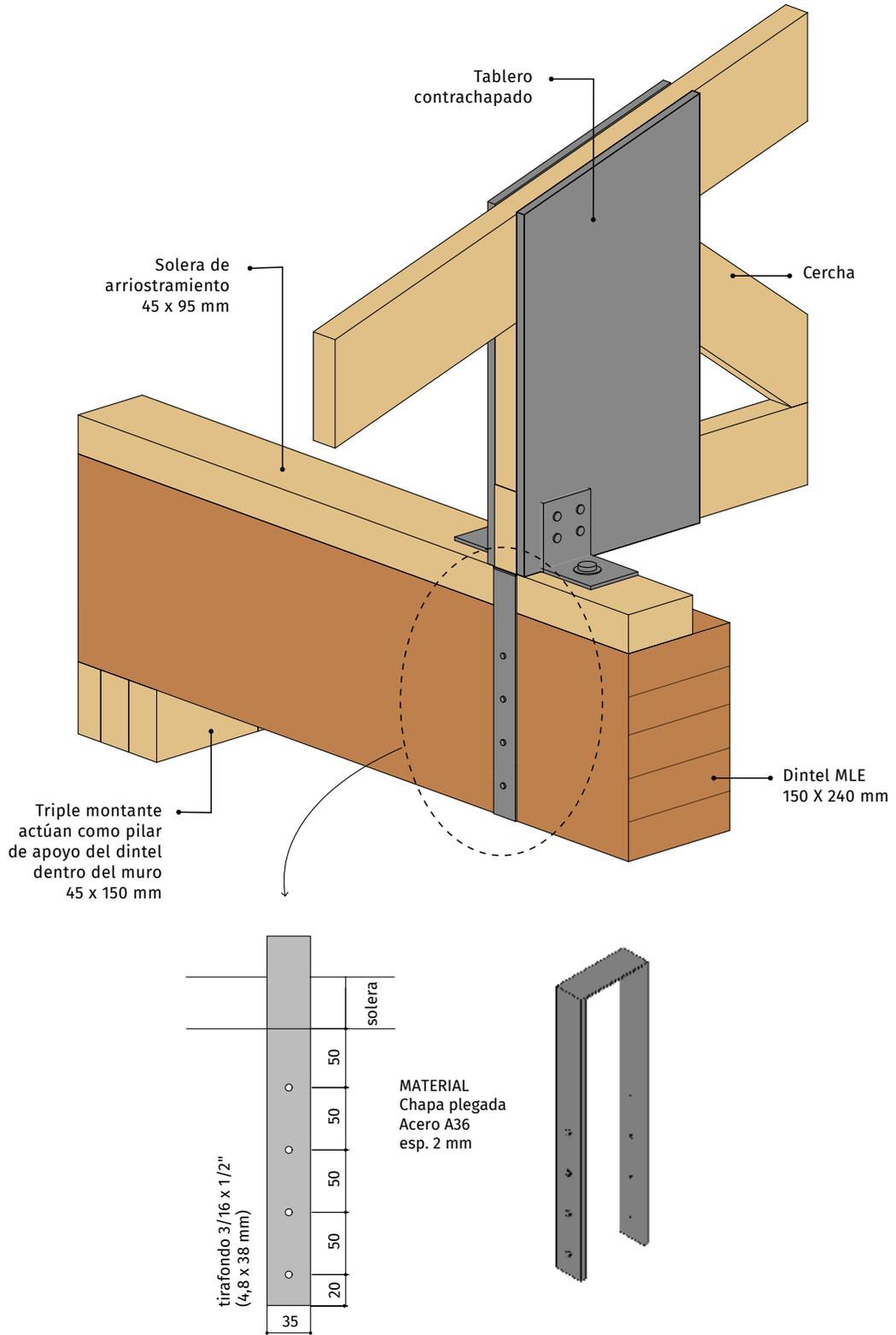


FIGURA 3.19. Detalle de apoyo de cercha sobre dintel de madera laminada

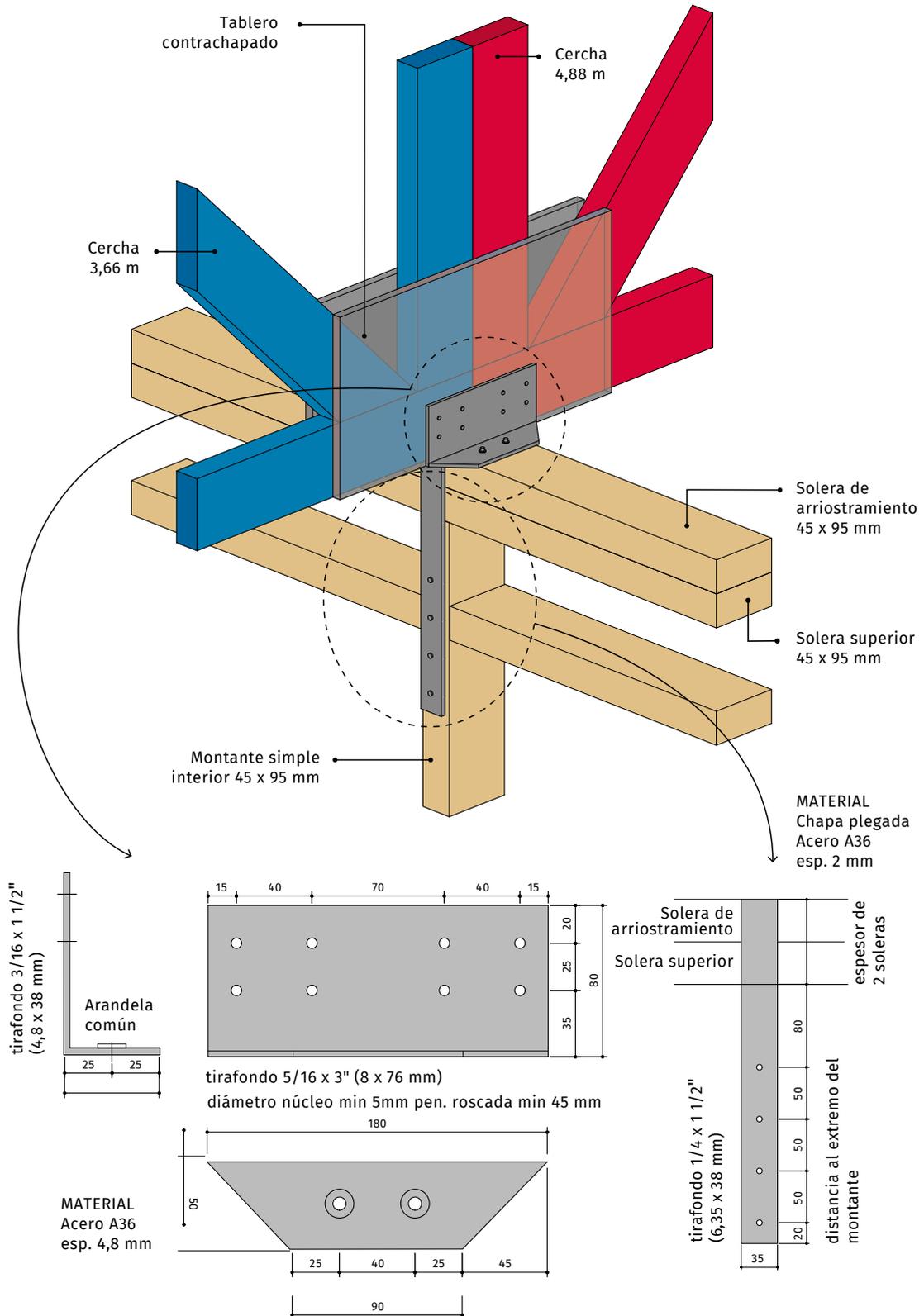


FIGURA 3.20. Detalle de unión de 2 cerchas concurrentes sobre el muro portante interior

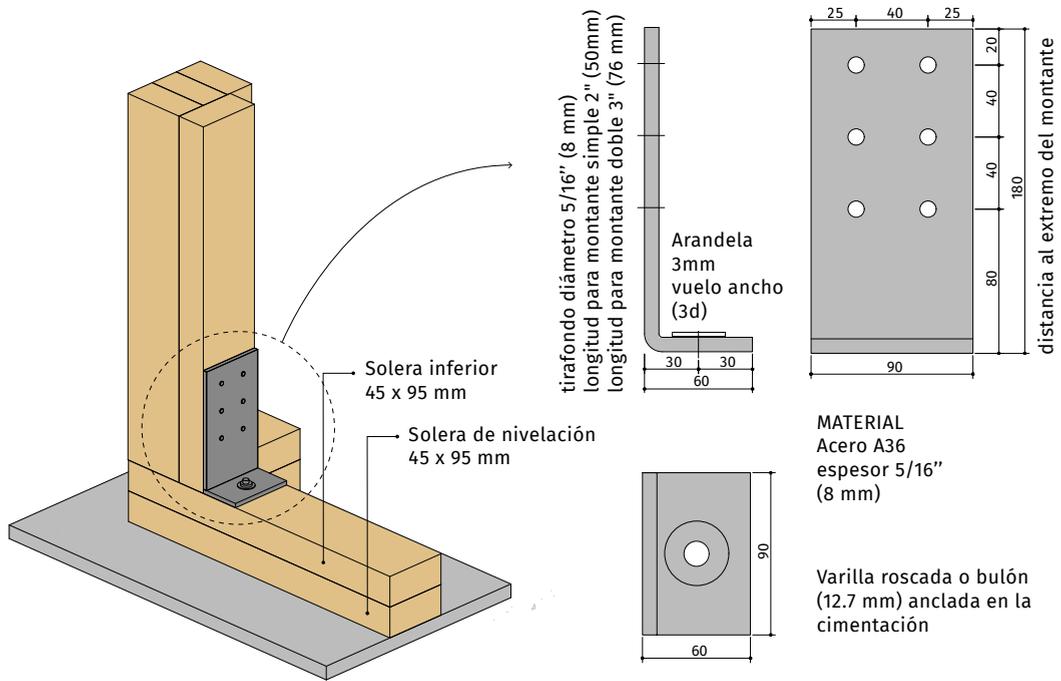


FIGURA 3.21. Anclaje de montantes extremos en los muros de corte

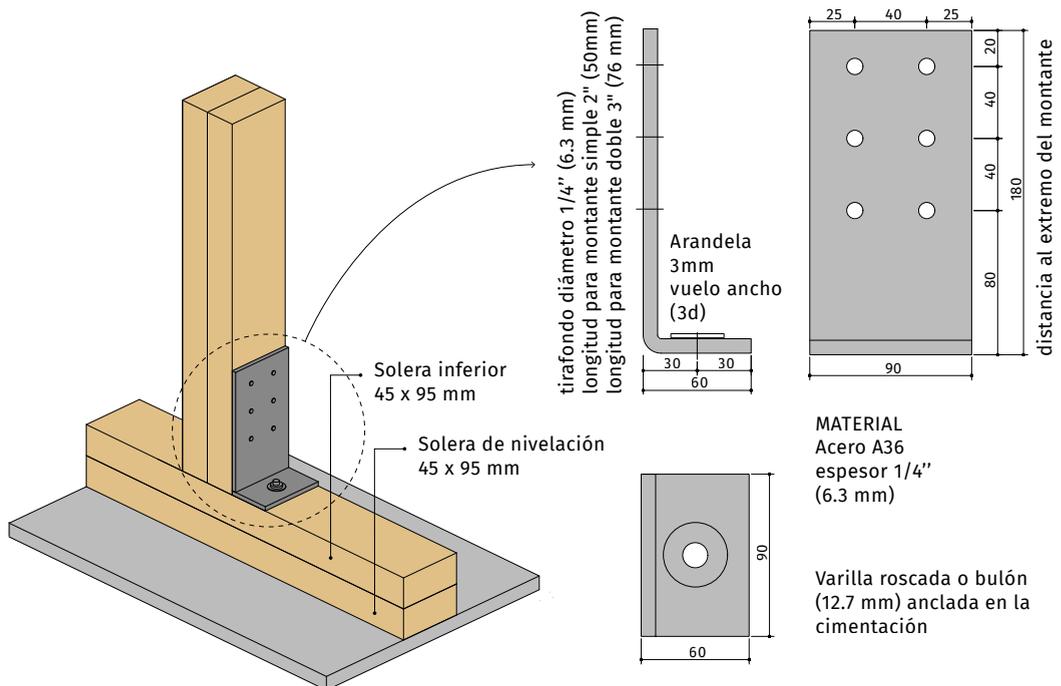


FIGURA 3.22. Anclaje de montantes que no están ubicados en los extremos de los muros de corte

# 3.2

## Solución estructurales estandarizadas para viviendas de 1 planta

### REGLAS GENERALES

En este Apartado se presentan distintas soluciones (tipologías, dimensiones, especies y calidades) para los componentes y sistemas estructurales típicos de las construcciones de entramado ligero en viviendas de una planta.

Las soluciones exhibidas a continuación pueden ser aplicadas a los casos que, además de estar enmarcados en las condiciones indicadas en los Capítulos 1 y 2 y en las condiciones particulares expresadas más adelante, satisfacen los siguientes requisitos:

- La forma de la planta de la vivienda es preponderantemente cuadrada o rectangular. Toda dimensión horizontal según sus direcciones principales es igual o menor a 16 m y la relación entre esas dimensiones (a/b, siendo a mayor que b) es igual o menor a 2.
- La cubierta es de chapas onduladas o similares con una pendiente comprendida entre 15% y 30% y la altura máxima de la vivienda (H) es igual o menor a 5 m.
- La altura de los montantes en los muros portantes es constante e igual o menor a 2,80 m en las viviendas cuya cubierta está sustentada por cerchas. En las viviendas

con cubierta soportada por vigas la altura mínima de los montantes no debe superar los 2,80 m, pudiendo luego crecer acompañando la pendiente de las vigas hasta un máximo de 3,70 m.

- Las dimensiones y el espaciamiento de los sistemas y componentes estructurales se encuentran comprendidos en el rango adoptado para cada caso y cumplen las condiciones particulares especificadas.
- Este sistema constructivo lleva implícito el concepto de modulación, el cual se manifiesta a través de la separación entre montantes, que pueden estar constituidos por una o dos piezas. Salvo aclaración en contrario, todos los resultados presentados en este Capítulo son válidos para una separación entre ejes de montantes igual a 0,61 m.
- La calidad de los materiales se corresponde con lo especificado en el Capítulo 2 de este documento. En particular, la madera aserrada de Pino EC1 y EC0 satisface los requerimientos de la norma UNIT 1261 (2018), la madera aserrada de *E. grandis* EF1 cumple lo especificado en la norma UNIT 1262 (2018) y la madera laminada encolada estructural GL 20h, GL 22h, GL 24h responde

a los requisitos de las normas UNIT 1264 (2019) y UNIT 1265 (2020). Los adhesivos utilizados en la fabricación de la madera laminada encolada y tableros estructurales son aptos para desempeñarse en la Clase de servicio 2, donde una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 85% se superan durante pocas semanas al año. A su vez, la integridad del encolado de la madera laminada encolada debe mantenerse durante el período de resistencia al fuego asignado a las viviendas (30 minutos).

- La sobrecarga concentrada de la cubierta inaccesible (1,5kN) es la prescrita en la norma UNIT 33 (1991), y la acción del viento responde a los lineamientos de la norma UNIT 50 (1984).

Las soluciones que se presentan sin ofrecer alternativas para las distintas zonas (Costera o Interior) y/o tipos de Rugosidad (I, II, III y IV), son utilizables en todas las ubicaciones disponibles dentro del territorio nacional.

Considerando que no resulta posible prever en este documento todos los detalles constructivos de cada proyecto, el profesional responsable de la obra puede efectuar adaptaciones a cada situación teniendo en cuenta sus particularidades y el destino de la construcción.

A continuación, en la Figura 3.23, se indica un diagrama de flujo con las opciones que se le presentan al proyectista para la resolución de la estructura de una vivienda de una planta con las soluciones brindadas por esta guía.

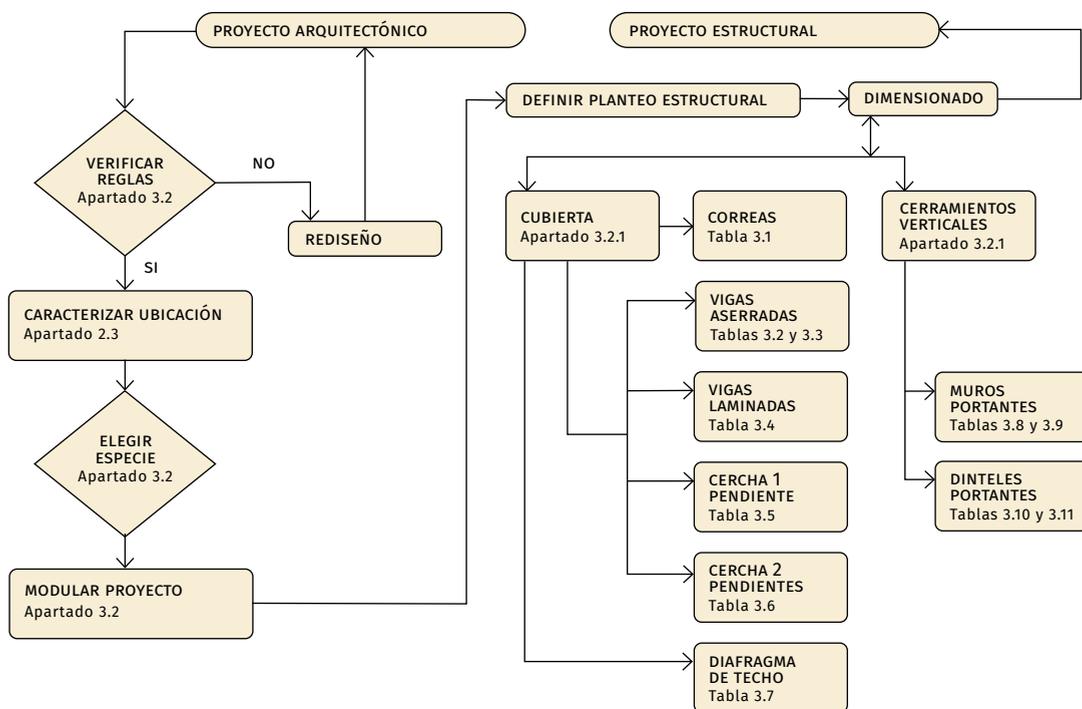


FIGURA 3.23. Diagrama de flujo del procedimiento general para resolución de la estructura

## 3.2.1

**COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA****I. Correas**

La Tabla 3.1 presenta las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud, para correas de madera aserrada.

**TABLA 3.1.** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para correas de madera aserrada.

Separación entre centros de apoyo de la correa (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
0,61	36 x 89	35 x 95 (38 x 100)	45 x 95 (50 x 100)
1,22	45 x 100	45 x 120 (50 x 125)	45 x 145 (50 x 150)

Entre paréntesis se indican dimensiones sin cepillar.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 3.1 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

La carga permanente se integra con el peso propio de la correa sumado al de una cubierta de chapa con un peso aproximado de 60 N/m<sup>2</sup>.

Las correas se colocan con una distancia entre ejes igual o menor a 1 m. Las prolongaciones laterales en voladizo de las correas para construir elementos decorativos no exceden de 0,61 m.

En cada apoyo, la unión de la correa con la estructura que la soporta (vigas de techo o cerchas) satisface los siguientes requisitos:

La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la correa.

Si el apoyo es directo, se dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la correa) igual o mayor a 35 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.

La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1800 N cuando la correa está apoyada sobre cerchas separadas 1,22 m y de 900 N cuando está apoyada sobre vigas separadas 0,61 m.

**II. Vigas de techo**

A continuación se presentan soluciones con vigas de techo considerando 2 alternativas respecto de la exposición al fuego: 1) revestimiento de yeso o protección superficial (barnices o pinturas) y, 2) sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

**VIGAS DE TECHO DE MADERA ASERRADA**

La Tabla 3.2 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de madera aserrada protegidas respecto de la acción del fuego.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 3.2 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, tablero contrachapado de 12 mm de espesor) y una placa de yeso RF de 15 mm de espesor colocadas debajo de la viga.

**TABLA 3.2.** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera aserrada protegidas con revestimiento inferior de yeso<sup>1</sup>

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
<=2,6	45 x 100	70 x 120 (75 x 125 ó 50 x 150) <sup>(2)</sup>	70 x 145 (75 x 150 ó 50 x 200) <sup>(2)</sup>
2,8	45 x 100	70 x 145 (75 x 125 ó 50 x 150) <sup>(2)</sup>	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>
3,0	45 x 100	70 x 145 (75 x 150) <sup>(2)</sup>	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>
3,2	45 x 100	70 x 145 (75 x 150) <sup>(2)</sup>	(50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,4	45 x 100	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>	(50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,6	-	45 x 195 (50 x 200) <sup>(2)</sup>	-
3,8	-	45 x 195 (50 x 200) <sup>(2)</sup>	-
4,0	-	(50 x 200) <sup>(2)</sup>	-

(1) El profesional responsable de la obra y el propietario pueden decidir el reemplazo del revestimiento de yeso por protección superficial frente al fuego (barnices o pinturas); (2) Entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar.

- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio de los tableros y las correas que se vinculan por su parte superior.
  - En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
    - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
    - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1900 N.
- La Tabla 3.3 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de madera aserrada sin protección respecto de la acción del fuego.
- La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 3.3 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:
- La conexión entre las dos piezas que constituyen cada viga no debe estar expuesta a la acción directa del fuego.

**TABLA 3.3.** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera aserrada sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
<=2,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>
2,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>
3,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,2	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,4	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>
4,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>

(1) Viga constituida por dos piezas conectadas, con las dimensiones que se indica en cada caso;

(2) Entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar.

- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, machihembrado de 19 mm de espesor).
- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio del machihembrado y las correas que se vinculan por su parte superior.
- En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1900 N.

## VIGAS DE TECHO DE MADERA LAMINADA ENCOLADA

La Tabla 3.4 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de techo de madera laminada encolada sin protección respecto de la acción del fuego.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 3.4 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, machihembrado de 19 mm de espesor).
- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio del machihembrado y las correas que se vinculan por su parte superior.

**TABLA 3.4.** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera laminada encolada sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	GL 20h	GL 22h	GL 24h
<=3,0	90 x 125	90 x 125	90 x 125
3,5	90 x 150	90 x 125	90 x 125
4,0	90 x 150	90 x 150	90 x 150
4,5	90 x 180	90 x 180	90 x 180
5,0	125 x 200	90 x 200	90 x 180
5,5	125 x 200	125 x 200	125 x 200
6,0	150 x 200	125 x 200	125 x 200

- En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 2600 N.

### III. Cerchas de techo

A continuación, se presentan soluciones de cubierta con cerchas de estructura reticulada con una y con dos pendientes, para distintas longitudes entre apoyos. En el apartado de detalles constructivos se incluyen los lineamientos para el ajuste a otras longitudes de proyecto.

En todos los casos, las dimensiones indicadas en las tablas corresponden a secciones cepilladas, pero pueden utilizarse secciones sin cepillar iguales o superiores siempre que se asegure un buen contacto entre las piezas en las uniones.

La utilización de las Tablas 3.5 y 3.6 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente se integra con el peso propio de la cercha sumado a una carga de 400 N/m<sup>2</sup>, correspondiente a los elementos de cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, tirantillos, tablero OSB de 8 mm de espesor) y elementos del diafragma y cielorraso (tirantillos, tablero contrachapado de 12 mm de espesor y placa de yeso RF de 15 mm de espesor).

- Las cerchas se disponen con una distancia entre ejes igual o menor a 1,22 m en coincidencia con la presencia de montantes en el muro portante.
- El cordón superior de las cerchas se encuentra arriostrado cada 1 m por la presencia de las correas de la cubierta. El cordón inferior se encuentra arriostrado cada 0,61 m por el tirantillo continuo con sección de 45 mm x 45 mm que forma parte del diafragma y se ubica perpendicularmente a las cerchas.
- Las primeras dos cerchas desde cada extremo se rigidizan vinculándolas entre sí como se indica en la Figura 3.28.
- Toda la estructura de la cubierta se encuentra protegida del fuego con una placa inferior de yeso RF de 15 mm de espesor.
- Las uniones se materializan utilizando placas fenólicas de ambos lados y clavos con las características que se indican en cada caso (ver las Figuras 3.29 y 3.30).
- En cada apoyo, la unión de las cerchas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la cercha.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la cercha) igual o mayor a 45 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) indicado en la última columna de las Tablas 3.5 y 3.6.

#### CERCHAS CON UNA PENDIENTE

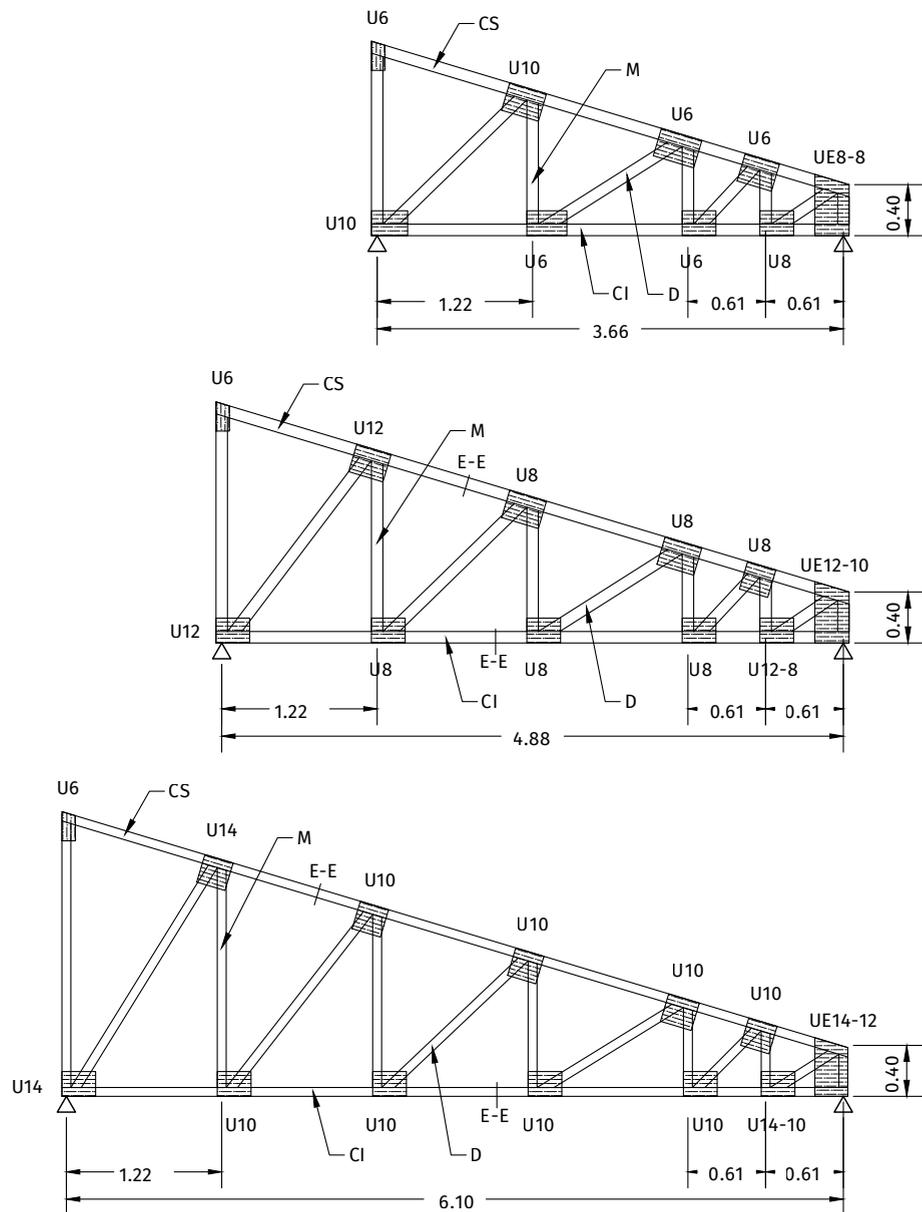
La Tabla 3.5 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal de las piezas componentes de las cerchas con una pendiente comprendida entre el 15% y el 30% (Figura 3.24).

**TABLA 3.5** Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) de las piezas componentes de las cerchas con una pendiente.

Longitud entre apoyos (m)	<i>E. grandis</i> - EF1				<i>Pino</i> - EC1				E.L. <sup>(1)</sup>
	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	(N)
3,66	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	3750
4,88	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	4350
6,10	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 100	45 x 70	45 x 70	45 x 95 <sup>(6)</sup>	45 x 120	5200

D: Diagonales; M: Montantes; CI: Cordón inferior; CS: Cordón superior; (1) Esfuerzo de Levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar); (2) Para extremo Tipo 1 o 2; (3) Para extremo Tipo 3 (ver Figura 3.26); (4) Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm; (5) Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm o 45 mm x 150 mm; (6) En Zona Interior con cualquier Rugosidad y en Zona Costera con Rugosidades 2,3 y 4 se puede reducir esta sección a 45 mm x 70 mm.

- D**  
Diagonales;
- M**  
Montantes;
- CI**  
Cordón inferior;
- CS**  
Cordón superior;
- E-E**  
Posibles  
localizaciones  
de un empalme  
del cordón (ver  
la Figura 3.27);
- U**  
Uniones típicas  
en los nodos  
(ver la Figura 3.29).



**FIGURA 3.24.** Descripción general de las cerchas con una pendiente

### CERCHAS CON DOS PENDIENTES

La Tabla 3.6 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, de las piezas componentes de cerchas con dos pendientes de 30% (Figura 3.25).

D  
Diagonales;

M  
Montantes;

CI  
Cordón inferior;

CS  
Cordón superior;

E-E  
Posibles  
localizaciones  
de un empalme  
del cordón (ver  
la Figura 3.27);

U  
Uniones típicas  
en los nodos  
(ver la Figura 3.29).

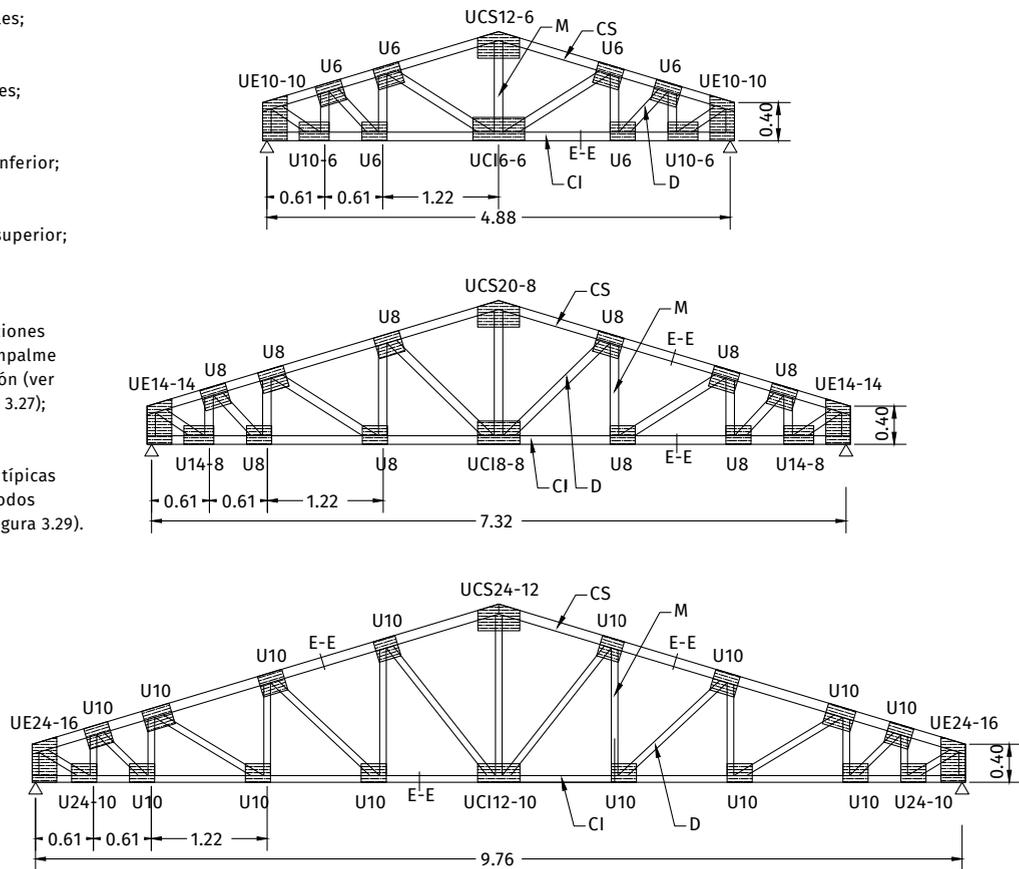


FIGURA 3.25. Descripción general de las cerchas con dos pendientes

TABLA 3.6. Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) de las piezas componentes de las cerchas de dos pendientes.

Longitud entre apoyos (m)	<i>E. grandis</i> - EF1				<i>Pino</i> - EC1				E.L. <sup>(1)</sup> (N)
	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	
4,88	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	4700
7,32	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 120 <sup>(5)</sup>	35 x 120	6700
9,76	45 x 70 <sup>(6)</sup>	45 x 70 <sup>(6)</sup>	45 x 100	45 x 100	45 x 70	45 x 70	45 x 95	45 x 120	8800

D: Diagonales; M: Montantes; CI: Cordón inferior; CS: Cordón superior; (1) Esfuerzo de Levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar); (2) Para extremo Tipo 1 o 2; (3) Para extremo Tipo 3 (ver Figura 3.26); (4) Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45mmx100mm; (5) En Zona Interior con cualquier Rugosidad y en Zona Costera con Rugosidades 2,3 y 4 se puede reducir esta sección a 35 mm x 95 mm; (6) Dimensiones obtenidas a partir de sección de 45 mm x 100 mm o 45 mm x 150 mm.

## DETALLES CONSTRUCTIVOS

A continuación se ofrecen 6 detalles constructivos que se relacionan a los siguientes aspectos de cerchas con una y dos pendientes: tipologías de los extremos, ajuste de la longitud, empalme de los cordones, rigidización transversal, uniones en los nodos y características de las placas de conexión.

Se pueden adoptar tres Tipologías de extremos, las que se muestran en la Figura 3.26. En el extremo Tipo 3 se diferencia la sección transversal del cordón superior (CS), como se especifica en la Tablas 3.5 y 3.6.

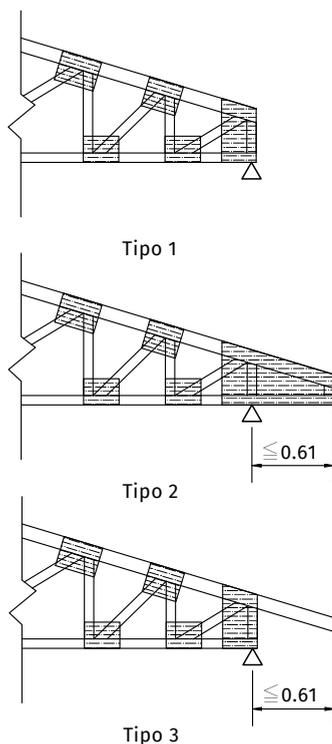


FIGURA 3.26. Tipologías de extremos

El ajuste de la longitud de cercha al requerimiento de proyecto se realiza respetando las siguientes consideraciones:

- Se adoptan las secciones y dimensiones generales de la cercha de longitud inmediatamente superior a la requerida.
- Se mantiene la altura de 0,40 m en la zona de apoyo de la cercha.
- Se mantiene la pendiente en el rango indicado, según sea para una pendiente (entre 15% y 30%) o dos pendientes (30%).
- Se mantienen los dos tramos de 0,61 m en el (los) extremo(s) bajo(s) de la cercha adyacentes al apoyo hacia el interior.
- Se reducen uniformemente los restantes espacios entre montantes para alcanzar la longitud entre apoyos requerida.

El empalme del cordón (superior o inferior) puede disponerse según la conveniencia de cada proyecto, pero debe evitarse ejecutarlo en la proximidad de los apoyos (ver las Figuras 3.24 y 3.25). Las configuraciones de empalme para cada tipo de cercha se presentan en la Figura 3.27. Tanto las características de los clavos como el espesor de las placas auxiliares (laterales) se corresponden con lo indicado en la Figura 3.30.

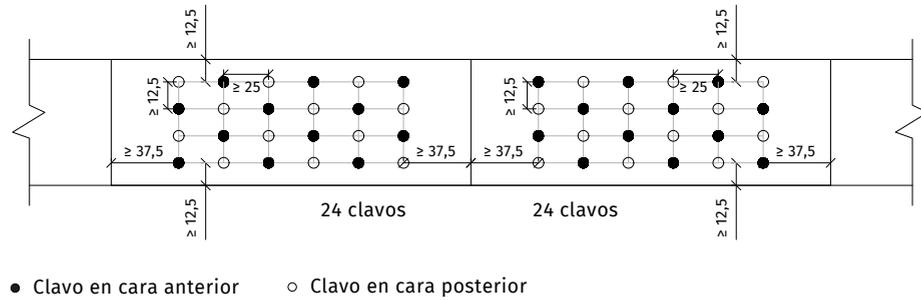
La rigidización transversal de las primeras dos cerchas desde cada extremo de la cubierta (en forma simétrica) debe realizarse en todos los casos como se indica en la Figura 3.28. La sección transversal mínima de la diagonal de rigidización es 35 mm x 95 mm en Pino EC1 o 36 mm x 89 mm en *E. grandis* EF1. La diagonal se vincula al extremo superior del montante de la primera cercha (cercha 1) y al extremo inferior del montante de la segunda cercha (cercha 2), en las posiciones que se indican en la Figura 3.28 para cerchas de una y dos pendientes. En cada unión se colocan neumáticamente ocho clavos espiralados de 2,5 mm de diámetro y 75 mm de longitud separados entre sí como mínimo 12,5 mm.

**Unión E-E # - #**

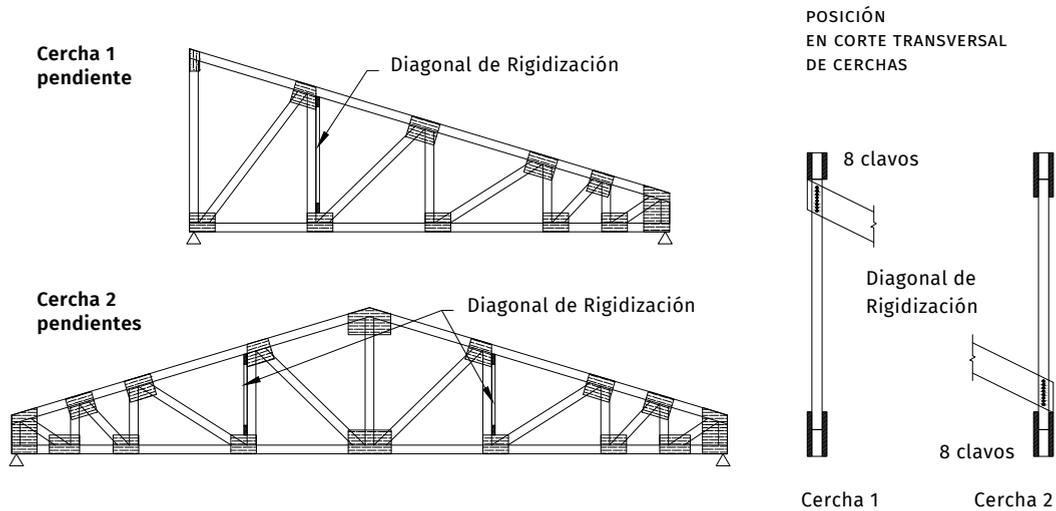
# es la cantidad de clavos en cada extremo del cordón interrumpido

	Longitud entre apoyos (m)	Empalme
Cerchas de 1 pendiente	3,66	E-E 10-10
	4,88	E-E 14-14
	6,10	E-E 24-24
Cerchas de 2 pendientes	4,88	E-E 14-14
	7,32	E-E 21-21
	9,76	E-E 32-32

**Ejemplo E-E 24-24**



**FIGURA 3.27.** Detalles del empalme del cordón



**FIGURA 3.28.** Rigidización transversal de las cerchas

Las uniones típicas en los nodos se muestran en la Figura 3.29 indicando en cada caso las distancias entre elementos de conexión que deben respetarse. Tanto las características de los clavos como el espesor de las placas

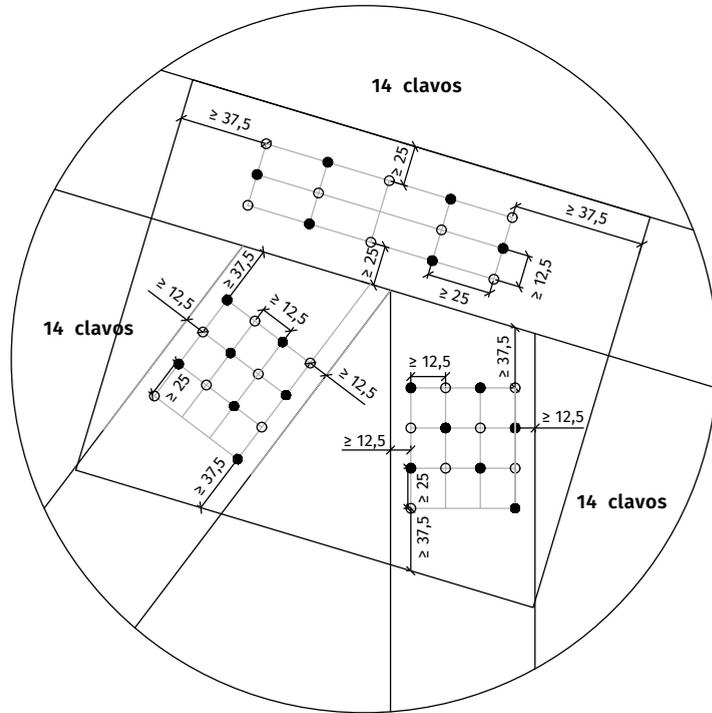
se corresponden con lo indicado en la Figura 3.30. Todos los ejemplos presentados a continuación se elaboraron considerando uniones con clavos que penetran las tres piezas (dos secciones de corte).

**Unión U #**

# es la cantidad de clavos en cada elemento que concurre a la conexión

**Ejemplo U14**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión U # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en la diagonal y el cordón inferior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante.

**Ejemplo U 14-10**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior

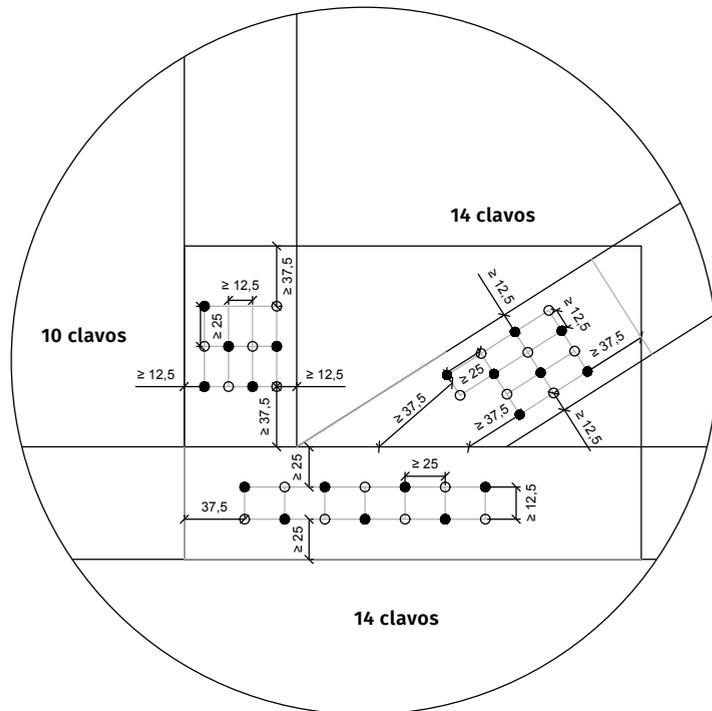


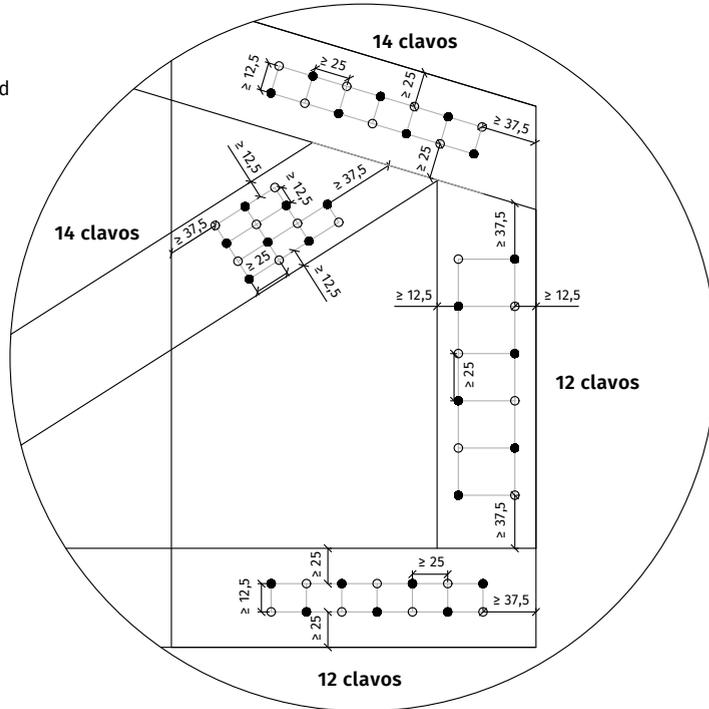
FIGURA 3.29 A. Uniones típicas en los nodos

**Unión de Extremo UE # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en la diagonal y el cordón superior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante y el cordón inferior.

**Ejemplo UE 14-12**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión Central Superior UCS # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en cada extremo del cordón superior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante

**Ejemplo UCS 24-12**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior

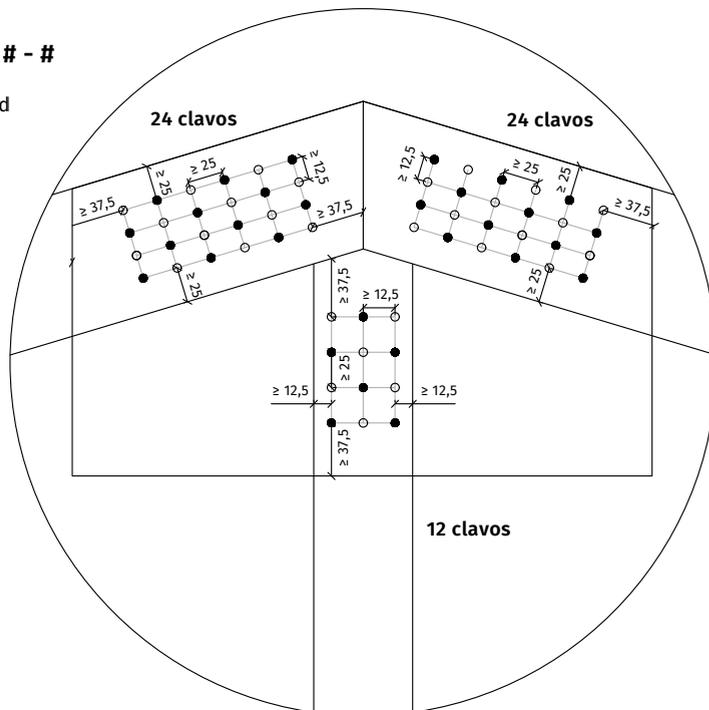


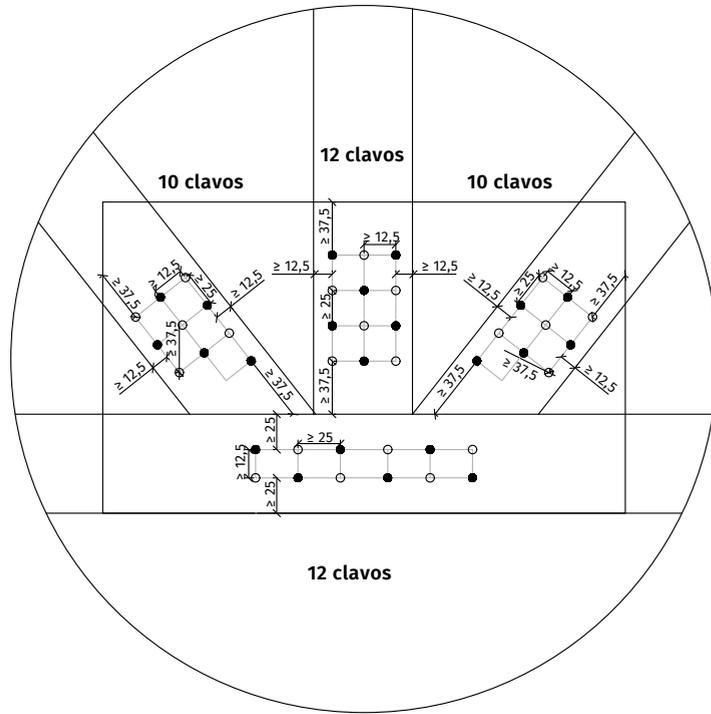
FIGURA 3.29 B. Uniones típicas en los nodos

**Unión Central Inferior UCI # - #**

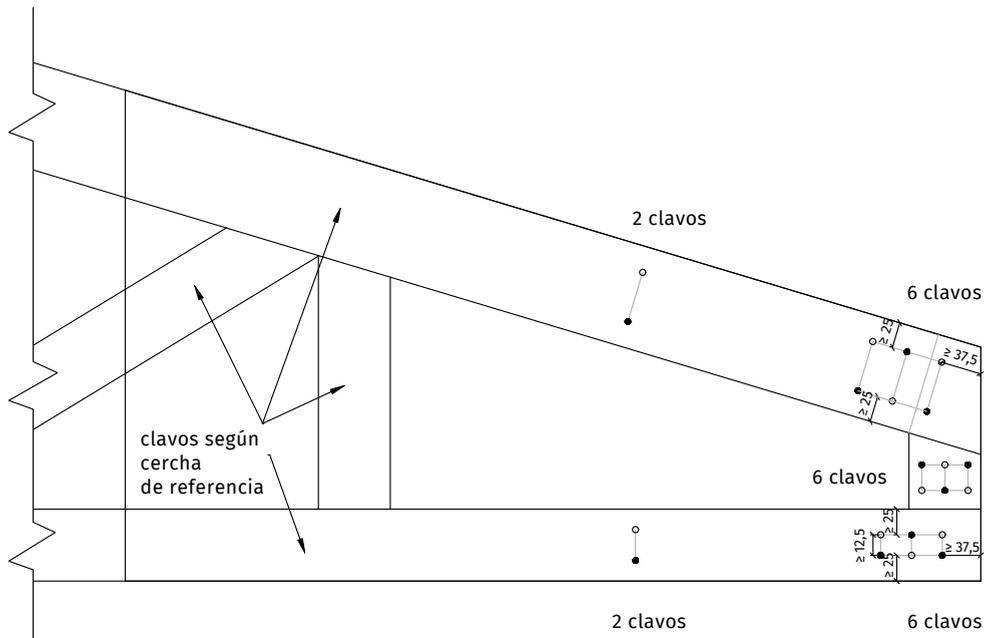
# el primer número es la cantidad de clavos en el montante y en el cordón inferior, el segundo número es la cantidad de clavos en cada diagonal.

**Ejemplo UCI 12-10**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión en Extremo Tipo 2**



**FIGURA 3.29 C.** Uniones típicas en los nodos

Las características de las placas de conexión varían en función del espesor de las piezas que componen la cercha. Cuando se construye con piezas de 35 mm o 36 mm de espesor se pueden emplear placas fenólicas de 15 mm de espesor y clavos espiralados colocados neumáticamente de 2,5 mm de diámetro por 65 mm de largo, constituyendo conexiones de dos secciones de corte, como se muestra en la Figura 3.30 izquierda. Se coloca la mitad de la cantidad indicada de clavos a cada lado de la cercha.

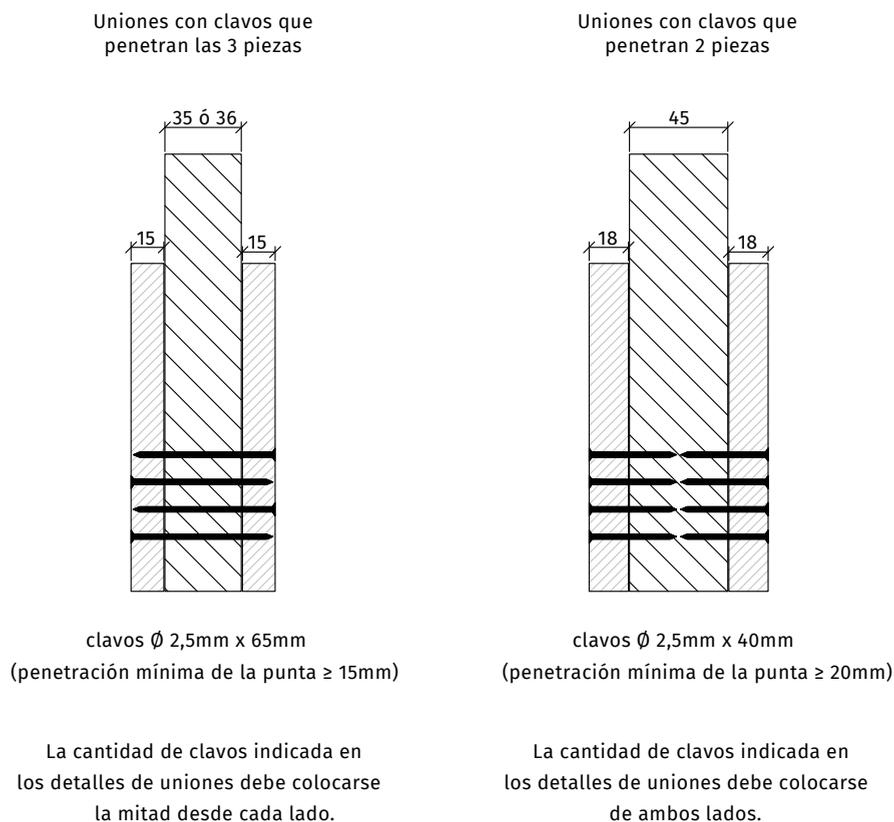
Cuando la cercha se construye con piezas de 45 mm de espesor, se puede utilizar placas fenólicas de 18 mm de espesor y clavos espiralados colocados neumáticamente de 2,5 mm de diámetro por 40 mm de largo, constituyendo

conexiones de una sección de corte, como se muestra en la Figura 3.30 derecha. Se coloca la totalidad de la cantidad indicada de clavos a cada lado de la cercha.

En ambos casos, si alguno de los espesores de las piezas de madera o de la placa varía (aumenta), por ejemplo, por la utilización de madera sin cepillar, debe verificarse la penetración mínima de la punta del clavo en la última pieza o bien modificar (incrementar) la longitud del mismo.

#### IV. Diafragmas de cubierta

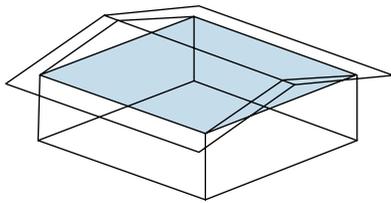
Los diafragmas forman parte del sistema estructural que absorbe y traslada a las fundaciones los esfuerzos horizontales debidos a la



**FIGURA 3.30.** Características de las conexiones

acción del viento. Cada diafragma recibe esos esfuerzos de parte de los muros expuestos al viento según la dirección considerada (paredes perpendiculares a la dirección de éste), y los traslada al extremo superior de los muros de corte destinados a ese fin. A través de éstos, en general ubicados en el perímetro exterior de la vivienda y a veces en su interior, y cuyo eje es paralelo a la dirección del viento, los esfuerzos horizontales son finalmente transportados a las fundaciones.

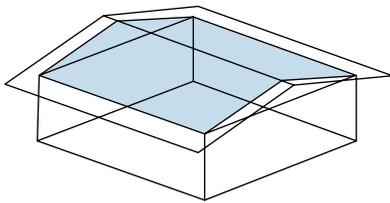
### Cubierta con cerchas



Diafragma construido en el plano horizontal ubicado debajo del cordón inferior de las cerchas.

Longitud máxima de los montantes de los muros: 2,80m

### Cubierta con vigas



Diafragma construido en plano inclinado ubicado sobre el borde superior de las vigas de techo.

Longitud máxima de los montantes de los muros: 2,80m en el punto bajo y 3,70m en el punto alto (cumbre).

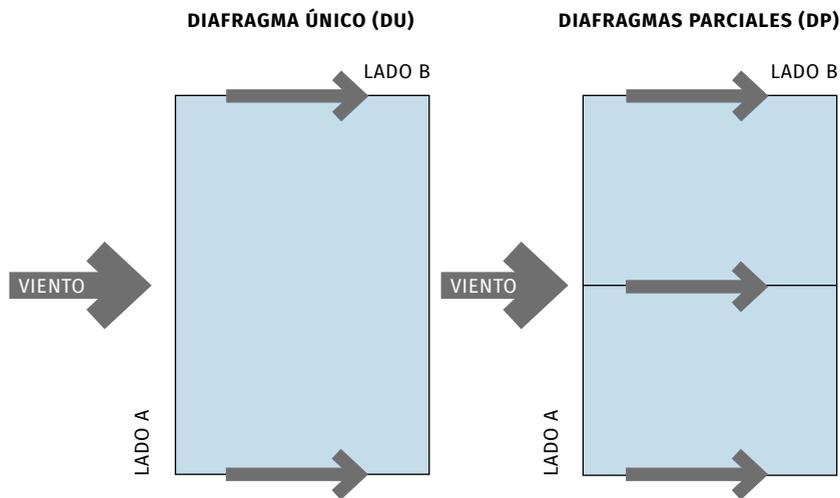
Los diafragmas que se presentan en este capítulo son de forma cuadrada o rectangular, y una vivienda puede proyectarse con un diafragma único (DU) abarcando toda su superficie y conectado solo a los muros portantes exteriores, o con diafragmas parciales (DP) que también se conectan a muros portantes interiores. La construcción de diafragmas parciales puede responder a los siguientes motivos:

1. La decisión del profesional responsable de la obra, debido a las características del proyecto o con el propósito de conectar los diafragmas parciales a muros portantes interiores, incrementando de esa forma la longitud de transferencia de esfuerzos.
2. El cumplimiento del requerimiento expresado en la Tabla 3.7 en viviendas con relación de lados  $a/b > 1,5$  y localizadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 y 2 o en la Zona Interior con Rugosidad 1. En estos casos se requiere la incorporación de muros portantes interiores (que se suman a los exteriores) para completar el sistema de transferencia de esfuerzos.

En la Figura 3.5 puede apreciarse el criterio adoptado para conformar un diafragma único y uno parcial en la solución estructural del proyecto de una planta tomado como modelo.

Cada diafragma está conformado por los siguientes elementos:

1. Un plano rígido constituido por un conjunto de tableros colocados en tresbolillo o un entablonado machihembrado, en ambos casos estructurales.
2. Las piezas de borde (cordones) vinculadas al perímetro del conjunto de tableros (o entablonado) y a su vez conectadas a los muros de corte.



El plano rígido del diafragma de cubierta puede adoptar dos conformaciones cuyas diferencias se expresan a continuación en estilo *cursivo (itálico)*:

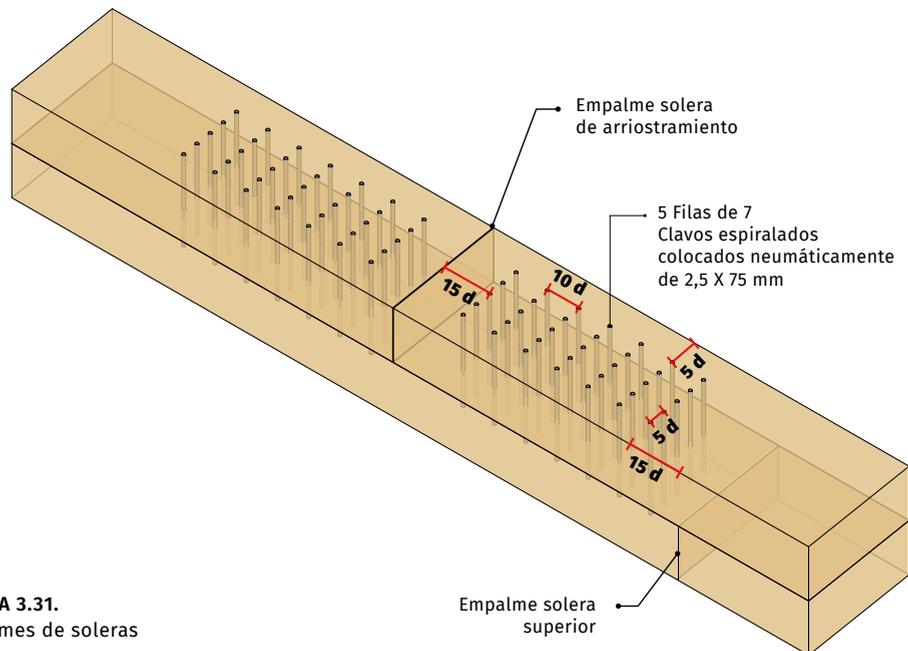
*En viviendas cuya cubierta está sustentada por vigas se desarrolla un plano rígido inclinado sobre el borde superior de las vigas de techo.*

*En viviendas cuya cubierta está sustentada por cerchas se desarrolla un plano rígido horizontal debajo del cordón inferior de las cerchas de techo.*

Si en el plano rígido se emplean tableros, resultan aptos los contrachapados (*plywood*) con cuatro o más capas y espesor de 12 mm pero a su vez mayor a 1/100 de la separación libre entre apoyos. La densidad característica debe ser igual o mayor a 430 kg/m<sup>3</sup> y se admite solo un defecto de borde por tablero con una extensión menor a 100 mm. Los tableros se colocan en tresbolillo con su mayor longitud en dirección perpendicular a los elementos que los sustentan (borde superior de las vigas de techo en diafragmas inclinados o tirantillos perpendiculares al cordón inferior de las cerchas en diafragmas horizontales). Si se utilizan entablados machihembrados colocados transversalmente sobre el borde superior de las vigas,

tienen un espesor nominal de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1. El clavado de los tableros tiene un paso (s) igual o menor a 150 mm en todo el perímetro y a 300 mm en el interior. Se emplean clavos espiralados colocados neumáticamente con un diámetro mínimo de 2,5 mm y una longitud de 55 mm. En las viviendas ubicadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 en particular, se reduce el paso del clavado perimetral a un máximo de 100 mm y en su interior a 200 mm. El clavado de los tirantillos (de 45 mm x 45 mm que soportan los tableros) al cordón inferior de las cerchas y a las piezas de borde tiene el paso (s) perimetral antes señalado, pero con clavos espiralados de 2,5 mm de diámetro y 75 mm de largo. El profesional responsable de la obra puede adoptar otros medios de fijación de capacidad equivalente y aplicar un criterio similar al expresado para conectar los machihembrados a las vigas de techo que los soportan.

Las piezas de borde (cordones) son continuas en cada lado del diafragma y disponen de una resistencia adecuada para trasladar los esfuerzos a los muros de corte a través de conexiones de la misma capacidad mecánica que la descrita para el perímetro del plano rígido. En diafragmas inclinados ubicados sobre las vigas de techo es posible utilizar para este fin



**FIGURA 3.31.**  
Empalmes de soleras

componentes de la estructura de la cubierta (correas, vigas) o las soleras de arriostramiento que vinculan los muros portantes. Dado que estas últimas son también las más adecuadas para ser utilizadas como cordones en diafragmas horizontales ubicados debajo de las cerchas, se las toma como referencia que satisface los requisitos exigibles cuando están conformada con una sección transversal mínima de 36 mm x 89 mm

para el *E. grandis* EF1 y de 45 mm x 95 mm para el Pino EC1. La Figura 3.31 provee un modelo de conexión para empalmar una pieza de borde. La Tabla 3.7 presenta los lineamientos generales que debe satisfacer la conformación del diafragma de cubierta de una vivienda en función de la relación de sus lados en planta y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

**TABLA 3.7** Características de los diafragmas de cubierta en función de la relación de los lados de la vivienda y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

Relación de lados de la vivienda a/b	Superficie expuesta (m <sup>2</sup> )	Tipo de diafragma de cubierta							
		Zona y Rugosidad (R) según norma UNIT 50 (1984)							
		Zona Costera				Zona Interior			
		R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>	R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>
a/b ≤ 1,5	≤ 50	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>
1,5 < a/b ≤ 2		DP <sup>(4)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>

(1) El clavado del diafragma y de sus elementos componentes se realiza en el perímetro con un espaciamiento máximo de 100 mm y en el interior de 200 mm; (2) El clavado del diafragma y de sus elementos componentes se realiza en el perímetro con un espaciamiento máximo de 150 mm y en el interior de 300 mm; (3) Es posible construir un Diafragma Único (DU), involucrando la superficie total de la cubierta y transfiriendo los esfuerzos a los muros portantes exteriores; (4) Se requiere construir Diafragmas Parciales (DP), conectados tanto a muros portantes exteriores como interiores para incrementar la longitud de transferencia de los esfuerzos.

## 3.2.2

### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES

#### I. Muros portantes

En todos los casos los muros portantes están protegidos de la acción del fuego con una placa de yeso RF de 15 mm de espesor colocada en su(s) superficie(s) interior(es). Los muros portantes constan de un bastidor al que se unen los tableros. En este Capítulo se consideran dos tipos de muros donde los montantes satisfacen los requisitos indicados en la Tabla 3.8 y cuyos bastidores exhiben las diferencias que se expresan a continuación en estilo *cursivo* (*itálico*):

1. Los muros ubicados en viviendas con una cubierta sustentada por vigas, sobre las cuales se ubica un diafragma inclinado.  
*En muros ubicados en viviendas cuya cubierta está sustentada por vigas sobre las que se desarrolla un diafragma inclinado, el bastidor está compuesto de montantes verticales con una altura que puede ser constante o variable acompañando la pendiente de la cubierta. Las soleras superiores pueden o no ser horizontales.*
2. Muros ubicados en viviendas con una cubierta soportada por cerchas, debajo de cuyo cordón inferior se ubica un diafragma horizontal.

**TABLA 3.8** Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal de los montantes en muros portantes.

Ubicación del muro en la vivienda	Altura de los montantes ( $h_m$ ) (m)	Zona y Rugosidad (R)				
		Zona Costera		Zona Interior		
		R1=R2	R3=R4	R1	R2=R3=R4	
Bajo cubierta con vigas	Exterior	$h_m \leq 2,8$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 36 x 89 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 36 x 89 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95
		$2,8 < h_m \leq 3,7$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	EF1: 45 x 150 EC1: 45 x 195	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	EF1: 45 x 150 EC1: 45 x 195
	Interior	$h_m \leq 2,8$	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95
		$2,8 < h_m \leq 3,7$	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120
Bajo cubierta con cerchas	Ext.	$\leq 2,8$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 36 x 89 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 36 x 89 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95
	Int.	$\leq 2,8$	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95	EF1: 36 x 89 EC1: 45 x 95

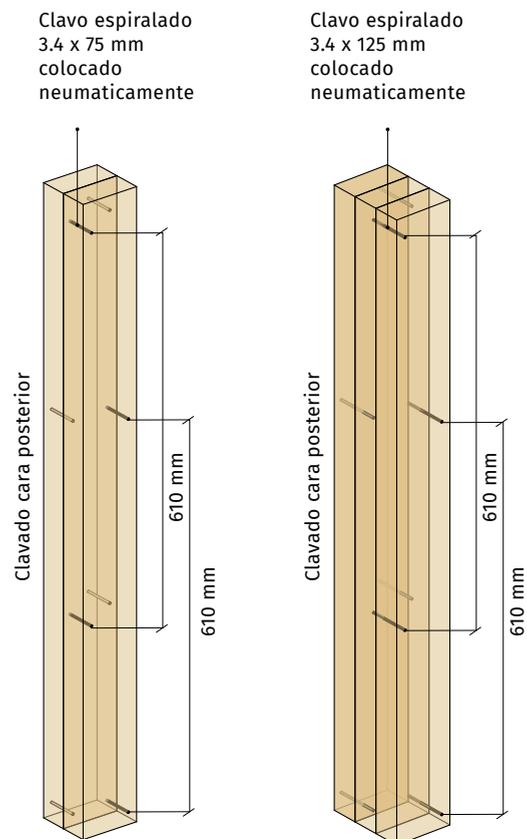
EF1 y EC1: Madera aserrada de *E. grandis* y Pino, respectivamente, según las normas UNIT 1261 (2018) y UNIT 1262 (2018); (1) En la Zona Costera, Rugosidades 1 y 2, y en la Zona Interior, Rugosidad 1, todos los muros exteriores (expuestos al viento) deben construirse colocando 2 montantes juntos, con las dimensiones indicadas, cada 0,61 m. En este caso el paso de clavado de los tableros (s) se realiza en tresbolillo involucrando alternativamente los 2 montantes.

*En viviendas donde la cubierta está soportada por cerchas debajo de cuyo cordón inferior se ubica el diafragma, el bastidor de los muros está compuesto de montantes verticales con altura constante y soleras superiores horizontales.*

En el caso de que requieran montantes dobles para resistir los esfuerzos en muros portantes, o cuando se decida sustituir los pilares de los extremos de los dinteles de madera laminada encolada por la unión de tres montantes, el patrón de clavado debe respetar las indicaciones de la Figura 3.32.

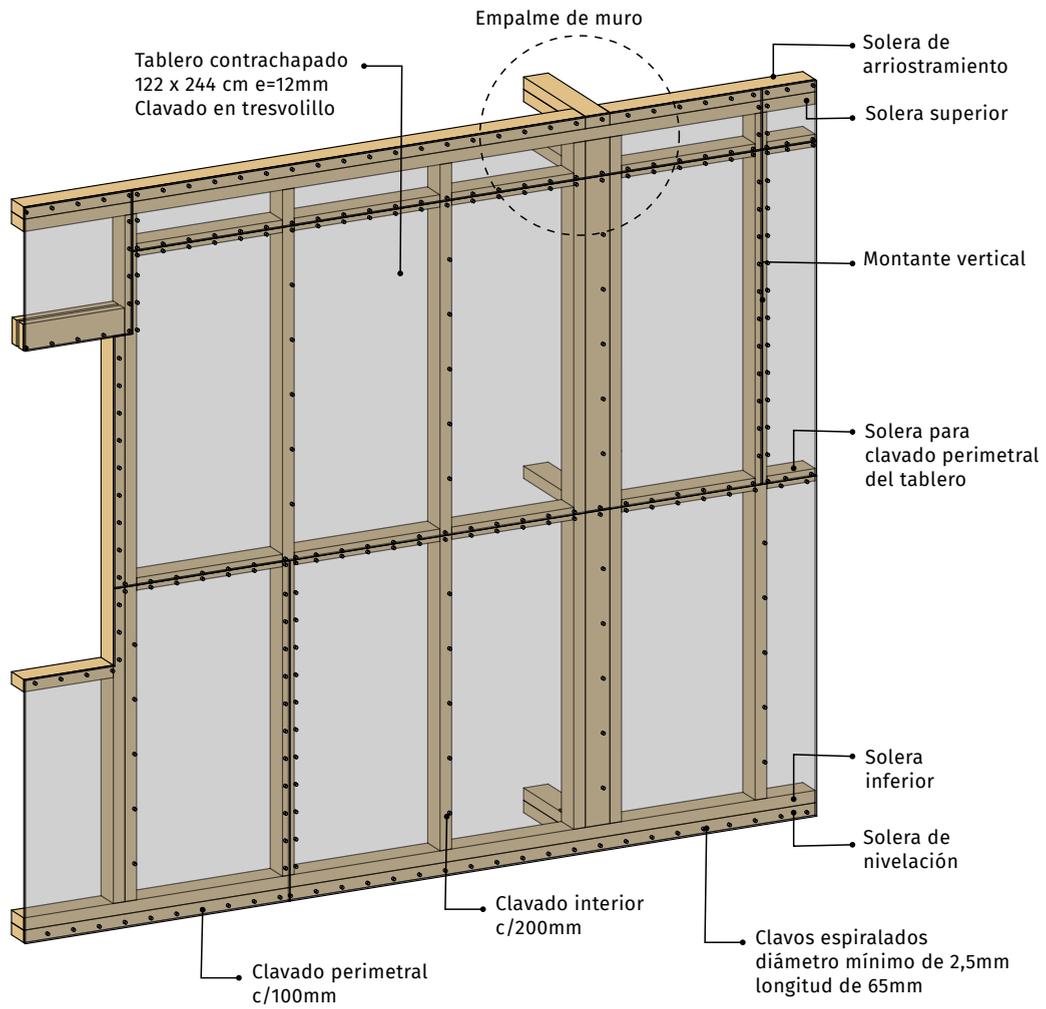
Debajo del bastidor se ubica una solera de nivelación y sobre el mismo una de arriostramiento, la cual tiene asegurada su continuidad con empalmes como el ilustrado en la Figura 3.31. En todos los casos la sección transversal de las soleras es igual a la indicada para los montantes.

Respecto de los tableros, de igual manera que en el diafragma de cubierta, resultan aptos los contrachapados (*plywood*) con cuatro o más capas y espesor de 12 mm. La densidad característica debe ser igual o mayor a 430 kg/m<sup>3</sup> y se admite solo un defecto de borde con una extensión menor a 100 mm. Si bien en los muros los tableros pueden colocarse tanto en posición vertical como horizontal, se recomienda que en las viviendas ubicadas en Zona Costera con Rugosidades 1 y 2 y en la Zona Interior con Rugosidad 1, los mismos estén dispuestos con su mayor longitud en dirección horizontal, es decir perpendicular a los montantes que le sirven de apoyo. El clavado de los tableros al bastidor tiene un paso



**FIGURA 3.32.** Unión de montantes constituidos por más de una pieza

(s) igual a 100 mm en su perímetro y a 200 mm en su interior, como se muestra en la Figura 3.33. Se emplean clavos espiralados colocados neumáticamente con un diámetro mínimo de 2,5 mm y una longitud de 65 mm. En la Figura 3.34 se ilustran distintas soluciones posibles para el encuentro de muros y para unir las soleras superiores a los montantes, así como la solera de arriostramiento a la solera superior.



**FIGURA 3.33.** Clavado de los tableros a las soleras y montantes

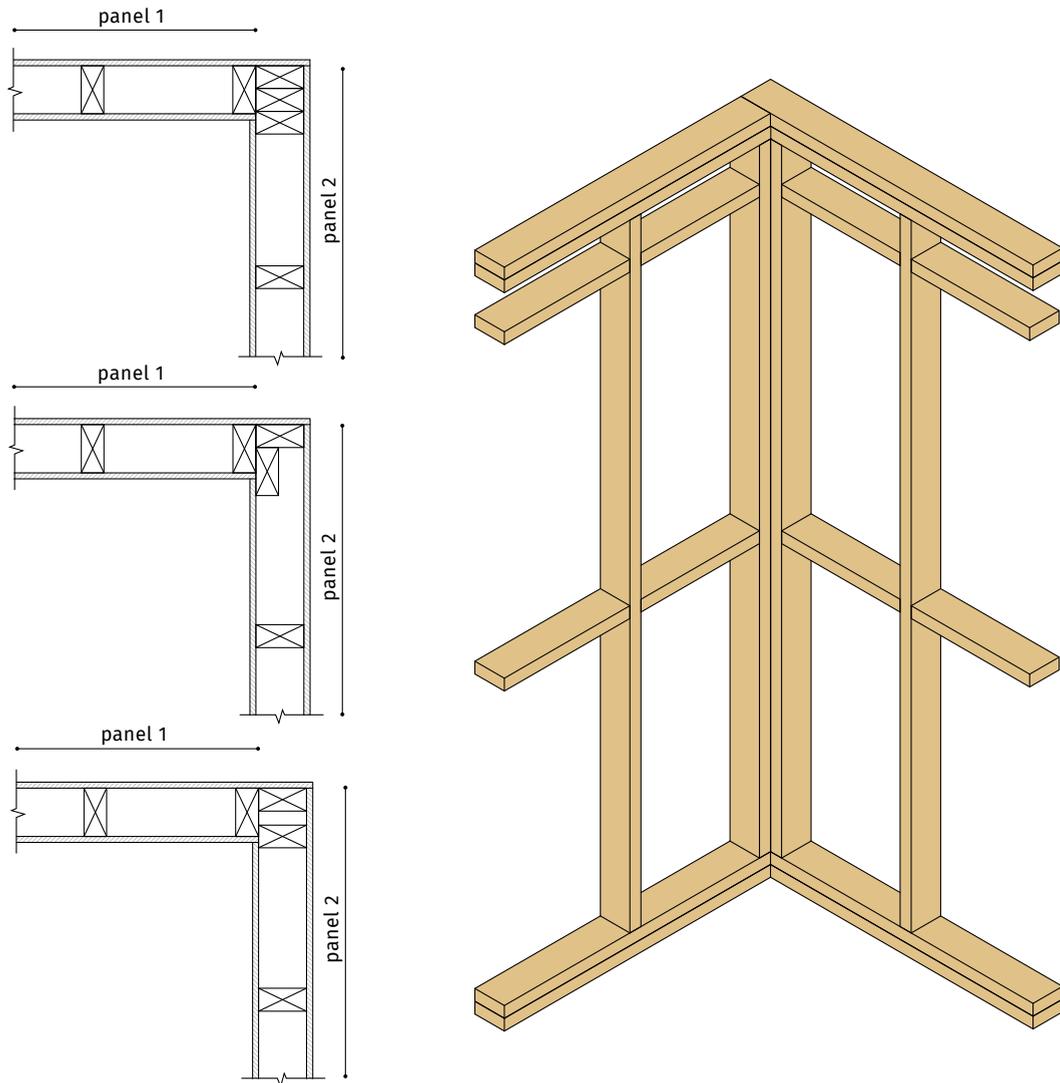


FIGURA 3.34 A1. Posibles soluciones de encuentro entre muros

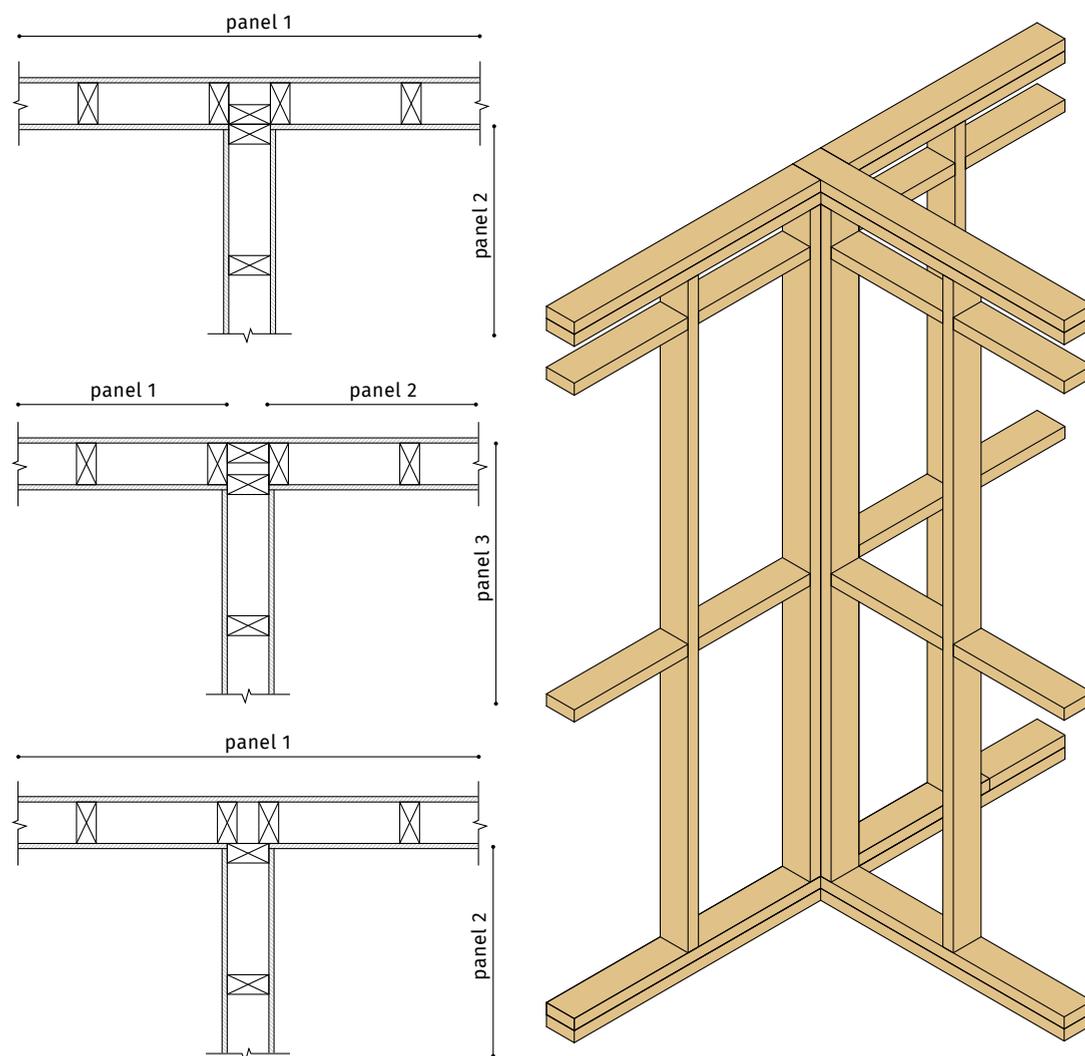


FIGURA 3.34 A2. Posibles soluciones de encuentro entre muros

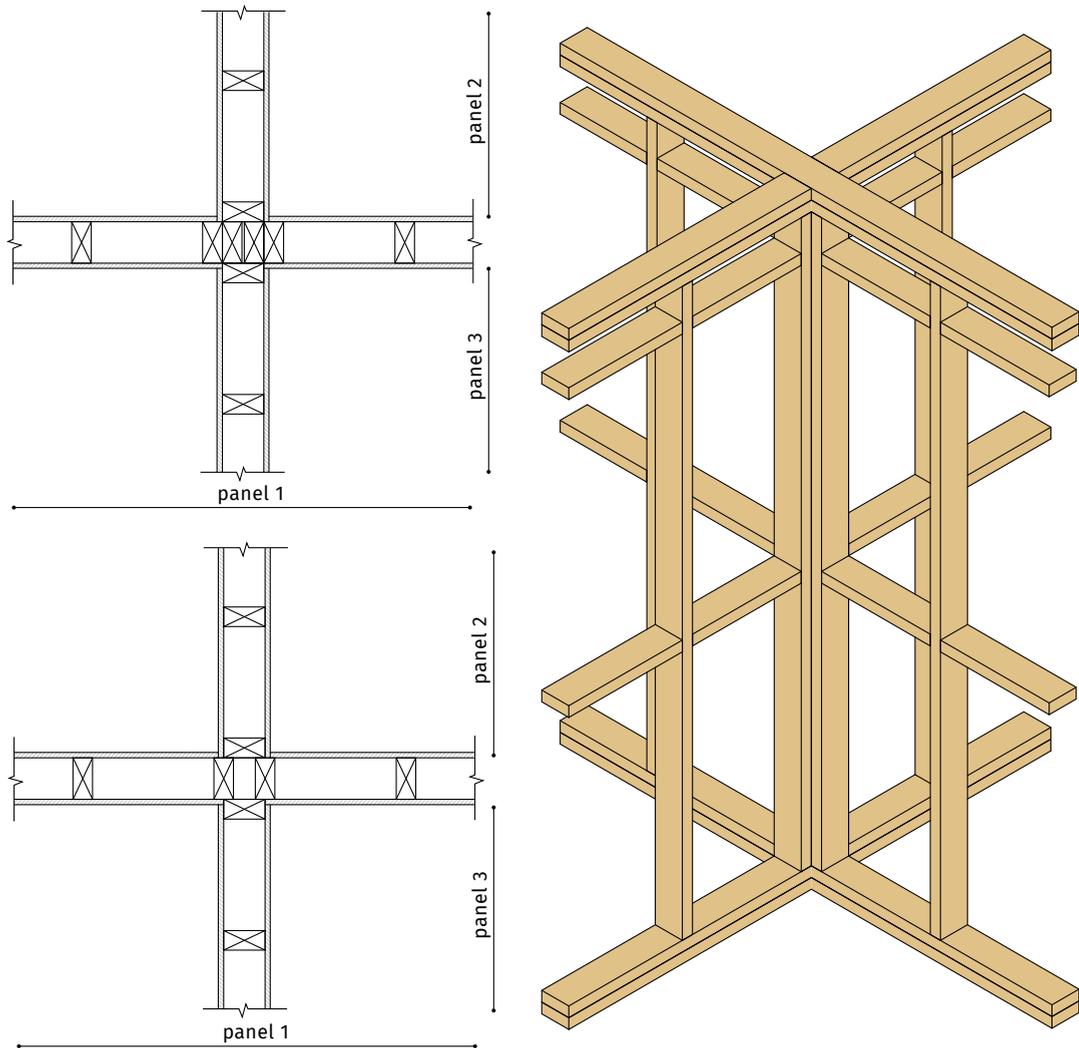


FIGURA 3.34 A3. Posibles soluciones de encuentro entre muros

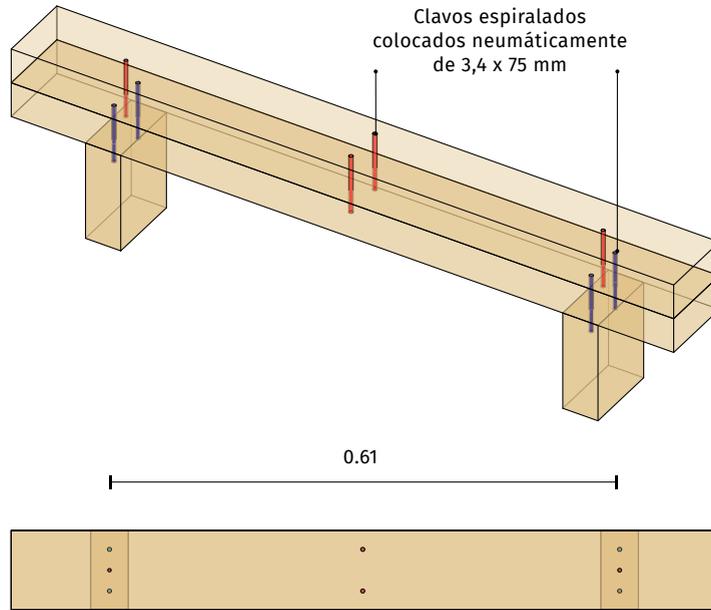


FIGURA 3.34 B. Unión entre la solera superior y los montantes y entre ambas soleras

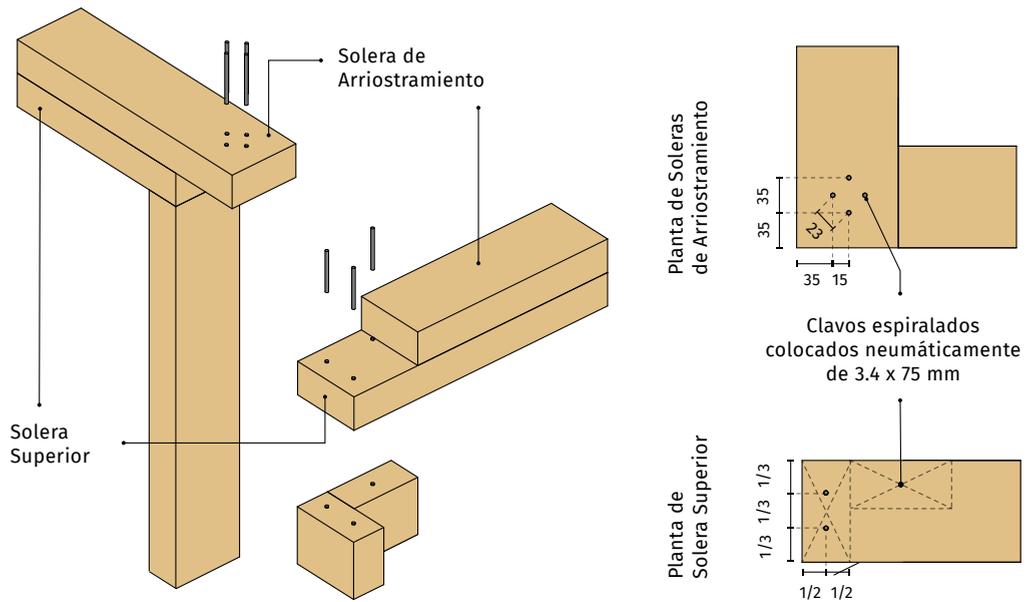


FIGURA 3.34 C. Clavadura de solera a montantes y entre soleras en esquina

Los muros portantes reciben esfuerzos verticales y horizontales que deben ser transmitidos a la estructura de fundación:

1. Los esfuerzos verticales son introducidos a los muros a través de las vigas o cerchas de techo y pueden actuar en sentido gravitatorio (peso propio, sobrecarga de uso) o en el inverso (succión del viento). Tanto las vigas como las cerchas apoyan sobre la solera superior en coincidencia con los montantes, a los cuales se unen en forma directa para asegurar la transmisión de las acciones a través de anclajes adecuados.

Los esfuerzos horizontales se manifiestan en los siguientes casos:

2. Por acción directa del viento perpendicular al muro.
3. Por acción paralela al muro y transmitida por el(los) diafragma(s) de cubierta a través de la solera superior, o sea actuando como muro de corte. En este caso, los montantes ubicados en los extremos de cada muro (o fracción de muro) deben estar anclados adecuadamente a las fundaciones.

Los requerimientos relacionados al equilibrio de los esfuerzos verticales, y de los esfuerzos horizontales provocados por acción directa del viento perpendicular al muro (casos 1 y 2 antes expuestos), quedan satisfechos construyendo el bastidor empleando montantes y soleras con las dimensiones indicadas en la Tabla 3.8 y siguiendo los lineamientos antes descritos. Respecto del anclaje a las fundaciones de los montantes de los muros que cumplen estas funciones, una solución adecuada se ofrece en el modelo desarrollado en el Apartado 3.1.2 (Figura 3.22).

Los requerimientos relacionados al equilibrio de los esfuerzos horizontales actuantes en dirección paralela al muro y transmitidos por los diafragmas de cubierta (Caso 3 anterior), además de cumplir con lo estipulado en la Tabla 3.8 y con los lineamientos constructivos ya descritos, es necesario colocar una longitud adecuada de muro. Para ese fin, en la Tabla 3.9 se presenta la longitud mínima necesaria de muro en función de la condición de exposición al viento de la vivienda (Zona y Rugosidad) y de su superficie expuesta.

La información de la Tabla 3.9 se refiere a muros con un tablero clavado a un lado del bastidor con el paso (s) indicado y sin huecos (muro simple). El profesional responsable de la obra puede decidir, en el caso de ser necesario, duplicar la clavatura ( $s = 50$  mm) o colocar dos tableros con la clavatura perimetral normal ( $s = 100$  mm), uno de cada lado del bastidor. En ese caso la longitud necesaria se reduce a la mitad de la exhibida en la Tabla 3.9 pues estas conformaciones duplican la capacidad de absorber esfuerzos horizontales (muro doble). En los extremos de cada muro doble que forma parte de la longitud requerida, se colocan dos montantes juntos con las dimensiones indicadas en la Tabla 3.8 y el paso del clavado (s) se realiza en tresbolillo involucrando alternativamente los 2 montantes. La utilización de muros dobles puede ser necesaria en un muro interior que recibe los esfuerzos de dos diafragmas adyacentes y/o en aquellos casos donde la vivienda tiene una importante exposición al viento y no se dispone de espacio suficiente para ubicar la longitud requerida de muro debido a la presencia de puertas, ventanas u otros elementos similares.

**TABLA 3.9** Longitud mínima de muro de corte (m) necesaria para equilibrar los esfuerzos horizontales originados por el viento.

Superficie expuesta (SE) <sup>(1)</sup> de la vivienda (m <sup>2</sup> )	Zona y Rugosidad (R) donde se ubica la vivienda							
	Zona Costera				Zona Interior			
	R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3	R4	R1 <sup>(2)</sup>	R2	R3	R4
SE ≤ 26	11	8	5	3	8	6	4	3
26 < SE ≤ 39	16	11	7	5	12	8	6	4
39 < SE ≤ 50	21	15	10	6	16	11	7	5

(1) El profesional responsable de la obra puede efectuar una interpolación lineal, dentro de cada Zona y Rugosidad, para determinar la longitud mínima necesaria cuando la superficie expuesta esté comprendido entre 26 m<sup>2</sup> y 39 m<sup>2</sup> o entre 39 m<sup>2</sup> y 50 m<sup>2</sup>; (2) Cuando se requiere la conformación de diafragmas parciales (Tabla 3.7), los muros colocados en dirección paralela a la menor dimensión de la vivienda se pueden distribuir (aproximadamente) siguiendo el siguiente criterio que lleva implícito el concepto de simetría: el 25% de la longitud requerida se ubica en cada uno de los cerramientos externos y el 50% restante en cerramientos interiores (o el 25% si se decide colocar muros dobles) ubicados lo más cerca posible del centro de la vivienda.

La utilización de la Tabla 3.9 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- Las acciones horizontales debidas al viento se analizan según las dos direcciones principales en planta de la vivienda.
- En la longitud de muro requerida se computan, sumándolas, fracciones con un largo igual o mayor a la mitad de su altura y sin huecos originados por la presencia de aberturas.
- En la distribución de la longitud requerida de muro está implícita la consideración de la simetría respecto del eje de la vivienda correspondiente a la dirección considerada.
- Los montantes extremos de cada muro (o fracción) están conectados a las fundaciones con anclajes adecuados para transferir los esfuerzos actuantes. En el modelo desarrollado en el Apartado 3.1.2 se ofrece una solución apta para este tipo de anclajes (Figura 3.21).

## II. Dinteles portantes

A continuación se proveen soluciones para dos tipos de dinteles portantes:

- Dinteles portantes de madera aserrada que forman parte de un muro y se apoyan en montantes ubicados en su interior.
- Dinteles portantes de madera laminada encolada estructural que no forman parte de un muro y se apoyan en pilares.

Los dinteles reciben esfuerzos verticales a través de la estructura de la cubierta, que pueden actuar en sentido gravitatorio (peso propio, sobrecarga de uso) o en el inverso (succión del viento). Esos esfuerzos, que son luego transmitidos a montantes o a pilares, están relacionados a la longitud del dintel y a la longitud total de los componentes de la estructura de la cubierta (vigas o cerchas) que apoyan sobre él. En consecuencia, las soluciones que se ofrecen están relacionadas a esas variables, que son propias de cada proyecto, y el lector puede ingresar con su valor a las tablas correspondientes y seleccionar el dintel adecuado.

Los dinteles que no soportan la estructura de la cubierta, y por lo tanto reciben solamente cargas gravitatorias de la parte superior del muro en que están ubicados (dinteles no portantes), pueden ser resueltos por el profesional responsable de la obra atendiendo a las características constructivas del sistema de entramado ligero y considerando la carga de muro que apoya sobre el dintel.

#### DINTELES DE MADERA ASERRADA

La Tabla 3.10 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal para dinteles de madera aserrada sobre los cuales apoyan vigas con una separación de 0,61 m o cerchas con una separación de 1,22 m.

El ancho de los dinteles que se presentan en la tabla mencionada no supera el ancho de los bastidores de los muros. Por lo tanto, se ubican en el interior de estos apoyando sobre montantes adicionales colocados bajo sus extremos. La selección del dintel adecuado, y de los montantes adicionales en que se apoya, puede hacerse ingresando en la tabla siguiente

con su longitud y con la longitud total de las vigas o cerchas de techo que apoyan sobre él.

La utilización de la Tabla 3.10 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- Los componentes estructurales de la cubierta que apoyan sobre el dintel, y las cargas actuantes sobre ellos, responden a las características descritas en este capítulo.
- Las dos piezas que componen cada dintel están unidas entre sí y a los tableros que forman parte del muro, en este caso con el mismo tipo de clavadura perimetral empleada en el muro. En los apoyos y en las secciones que reciben cargas concentradas está impedido el giro y el desplazamiento lateral.
- Los montantes adicionales que se colocan para dar apoyo al dintel están unidos al bastidor y a los tableros del muro donde se ubican, en este caso con el mismo tipo de clavadura perimetral empleada en el muro.

**TABLA 3.10** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para dinteles portantes de madera aserrada y cantidad de montantes adicionales que les sirven de apoyo en cada extremo.

Longitud del dintel (m)	Longitud total de las vigas o cerchas ( $L_{v/c}$ ) que apoyan sobre el dintel (m)	Sección transversal del dintel (mm)		Montantes adicionales de apoyo bajo cada extremo
		<i>E. grandis</i> EF1	Pino EC1	
<= 1,22	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 44 <sup>(2)</sup> x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	1 <sup>(3)</sup> [5200 N] <sup>(4)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 12,2$	2 <sup>(1)</sup> x 44 <sup>(2)</sup> x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	1 <sup>(3)</sup> [10400 N] <sup>(4)</sup>
1,83	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 44 <sup>(2)</sup> x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	1 <sup>(3)</sup> [6900 N] <sup>(4)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 12,2$	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(3)</sup> [13800 N] <sup>(4)</sup>
2,44	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 44 <sup>(2)</sup> x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(3)</sup> [7800 N] <sup>(4)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 8,54$	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(3)</sup> [11000 N] <sup>(4)</sup>

(1) Dintel constituido por 2 piezas de las dimensiones que se indica en cada caso; (2) Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm y 45 mm x 150 mm, reducidas a 44 mm para lograr un buen ajuste cuando el bastidor de *E. grandis* tiene el ancho mínimo (89 mm); (3) Cantidad de montantes adicionales con las mismas características que los que conforman el bastidor del muro; (4) Esfuerzo de levantamiento en cada extremo del dintel debido a la succión del viento [entre corchetes].

- El apoyo del dintel sobre los montantes adicionales involucra toda la sección transversal de éstos. Las conexiones del extremo del dintel a los montantes y de éstos a las fundaciones tienen capacidad para absorber los esfuerzos de levantamiento (debidos a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) que en cada caso se indica en la última columna de la Tabla 3.10.

La utilización de la Tabla 3.11 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

Los componentes estructurales de la cubierta que apoyan sobre el dintel, y las cargas actuantes sobre ellos, responden a las características descritas en este capítulo. En los apoyos y en las secciones que reciben cargas concentradas, el dintel tiene impedido el giro y el desplazamiento lateral.

### DINTELES DE MADERA LAMINADA ENCOLADA

La Tabla 3.11 exhibe las dimensiones de la sección transversal para dinteles de madera laminada encolada estructural sobre los cuales apoyan vigas con una separación de 0,61 m o cerchas con una separación de 1,22 m.

La selección del dintel adecuado, y de los pilares en que se apoya, puede hacerse ingresando en la tabla con su longitud y con la longitud total de las vigas o cerchas de techo que apoyan sobre él.

El apoyo del dintel sobre los pilares involucra toda la sección transversal e éstos. Las conexiones del extremo del dintel al pilar y de este a las fundaciones tienen capacidad para absorber los esfuerzos de levantamiento (debidos a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) que en cada caso se indica en la última columna de la Tabla 3.11.

**TABLA 3.11** Dimensiones (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para dinteles portantes de madera laminada encolada estructural y para los pilares que les sirven de apoyo en cada extremo, en ambos casos sin protección frente al fuego y con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud del dintel (m)	Longitud total de las vigas o cerchas ( $L_{V/C}$ ) que apoyan sobre el dintel (m)	Sección transversal del dintel (mm)			Sección transversal del pilar ubicado bajo cada extremo del dintel (mm) <sup>(1)</sup>
		GL 20h	GL 22h	GL24h	GL 20h = 22 h = 24h
<= 2,44	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [7800 N] <sup>(2)</sup>
	$6,1 < L_{V/C} \leq 9,76$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [12600 N] <sup>(2)</sup>
3,05	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [9300 N] <sup>(2)</sup>
	$6,1 < L_{V/C} \leq 9,76$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [15100 N] <sup>(2)</sup>
3,66	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 240	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [10300 N] <sup>(2)</sup>
4,27	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 240	150 x 240	150 x 240	150 x 150 [11800 N] <sup>(2)</sup>
4,88	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 280	150 x 240	150 x 240	150 x 150 [12900 N] <sup>(2)</sup>

(1) Si el profesional responsable de la obra decide apoyar el dintel en montantes ubicados dentro del muro, bajo cada extremo del dintel debe disponer tres montantes adicionales juntos con iguales dimensiones y conexiones al bastidor y al tablero que los conforman el muro; (2) Esfuerzo de levantamiento en cada extremo del dintel debido a la succión del viento [entre corchetes].



SOLUCIONES  
PARA VIVIENDAS  
DE DOS PLANTAS



Este capítulo consta de dos partes. El Apartado 4.1 presenta un proyecto de vivienda de dos plantas tomado como modelo al cual se le resuelve la estructura siguiendo los lineamientos adoptados por este documento, mientras que el Apartado 4.2 provee variantes (tipologías, dimensiones, especies, calidades) para los componentes y sistemas estructurales que pueden ser aplicados en viviendas de dos plantas siempre que se encuentren dentro del campo de aplicación especificado.

## 4.1

## Solución estructural para el proyecto de dos plantas tomado como modelo

## 4.1.1

### METODOLOGÍA

La presentación de la solución estructural del proyecto adoptado como modelo tiene por objetivo facilitar la interpretación y aplicación de la información contenida en el Apartado

4.2. A continuación, en la Figura 4.1 se indica el diagrama de flujo aplicado a este modelo para la resolución de la estructura a partir de los datos aportados en dicho apartado.

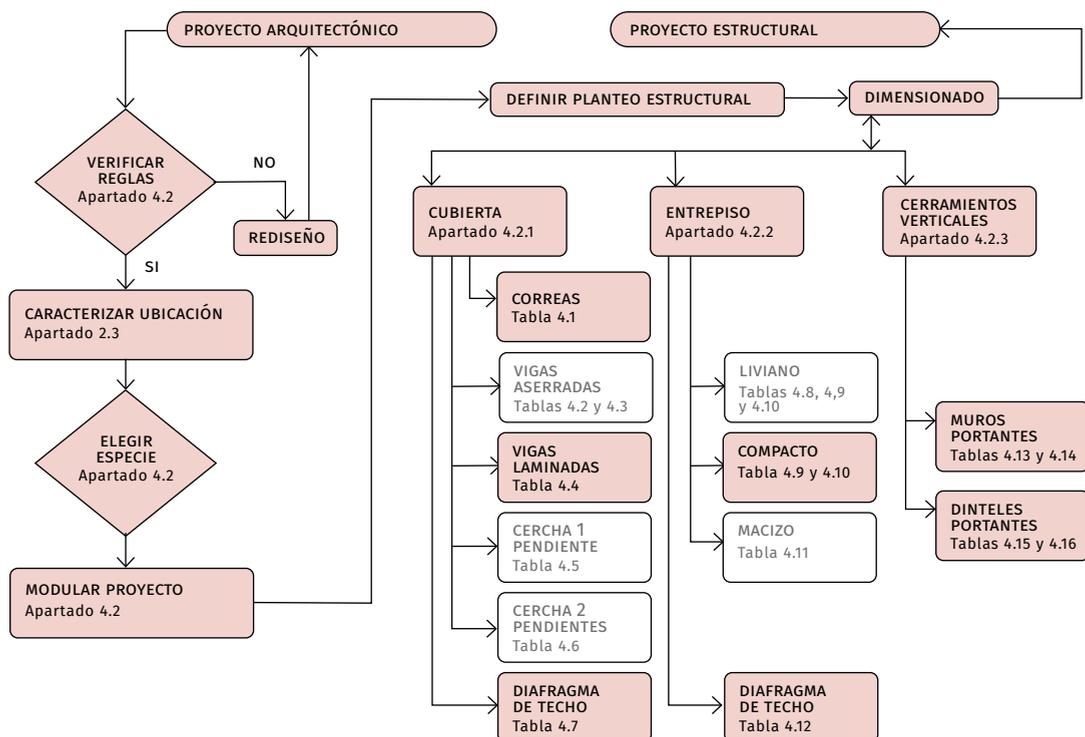


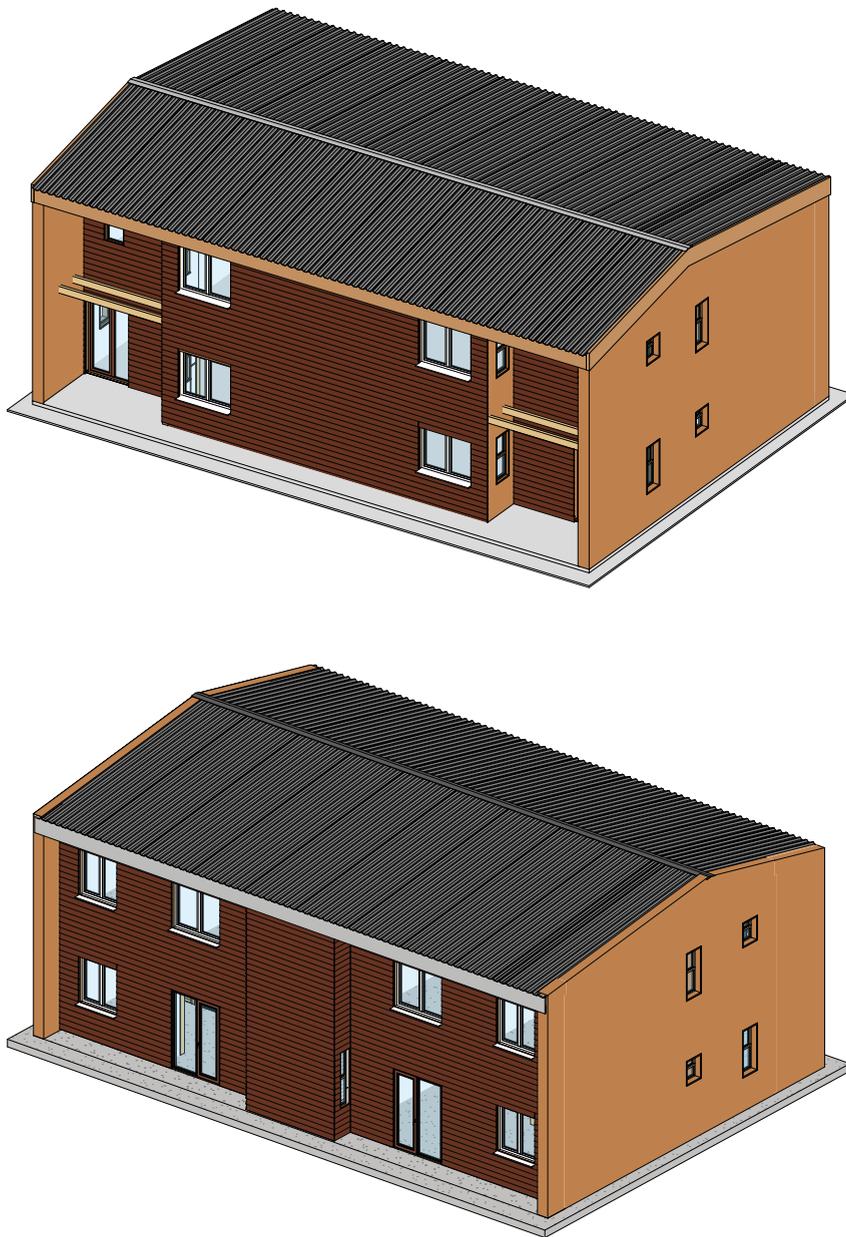
FIGURA 4.1 Diagrama de flujo del procedimiento adoptado para resolución del modelo

## 4.1.2

**DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO**

El modelo de dos plantas en estudio consiste en dos viviendas unifamiliares apareadas, con un área por cada nivel de 83,5 m<sup>2</sup> cada una y un área total de 166,9 m<sup>2</sup> entre Planta Baja y Planta Alta

para cada unidad. En total el bloque de ambas viviendas tiene un área de 333,8 m<sup>2</sup>. Las mismas se ubican en el Departamento de Tacuarembó. En la Figura 4.2 se muestra su anteproyecto.



**FIGURA 4.2 A** Imagen exterior del modelo

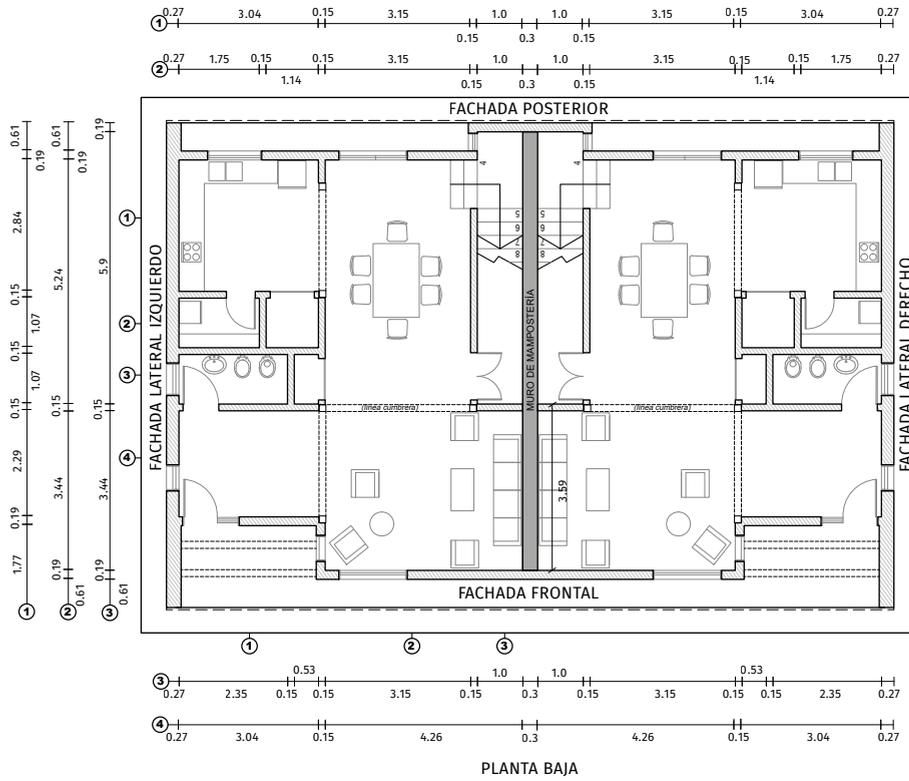


FIGURA 4.2 B Planta Baja

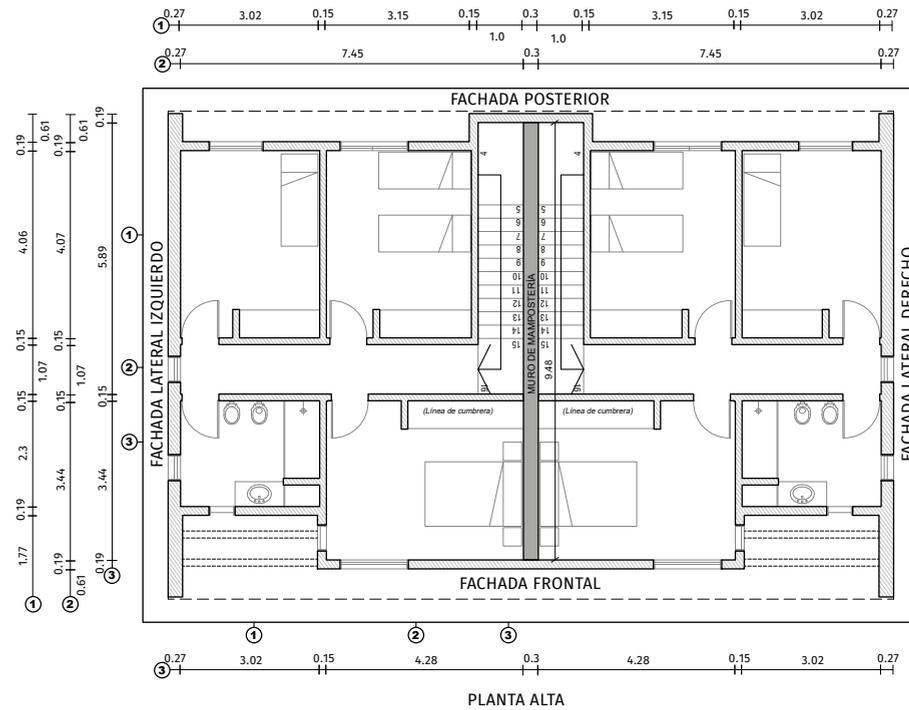


FIGURA 4.2 C Planta Alta

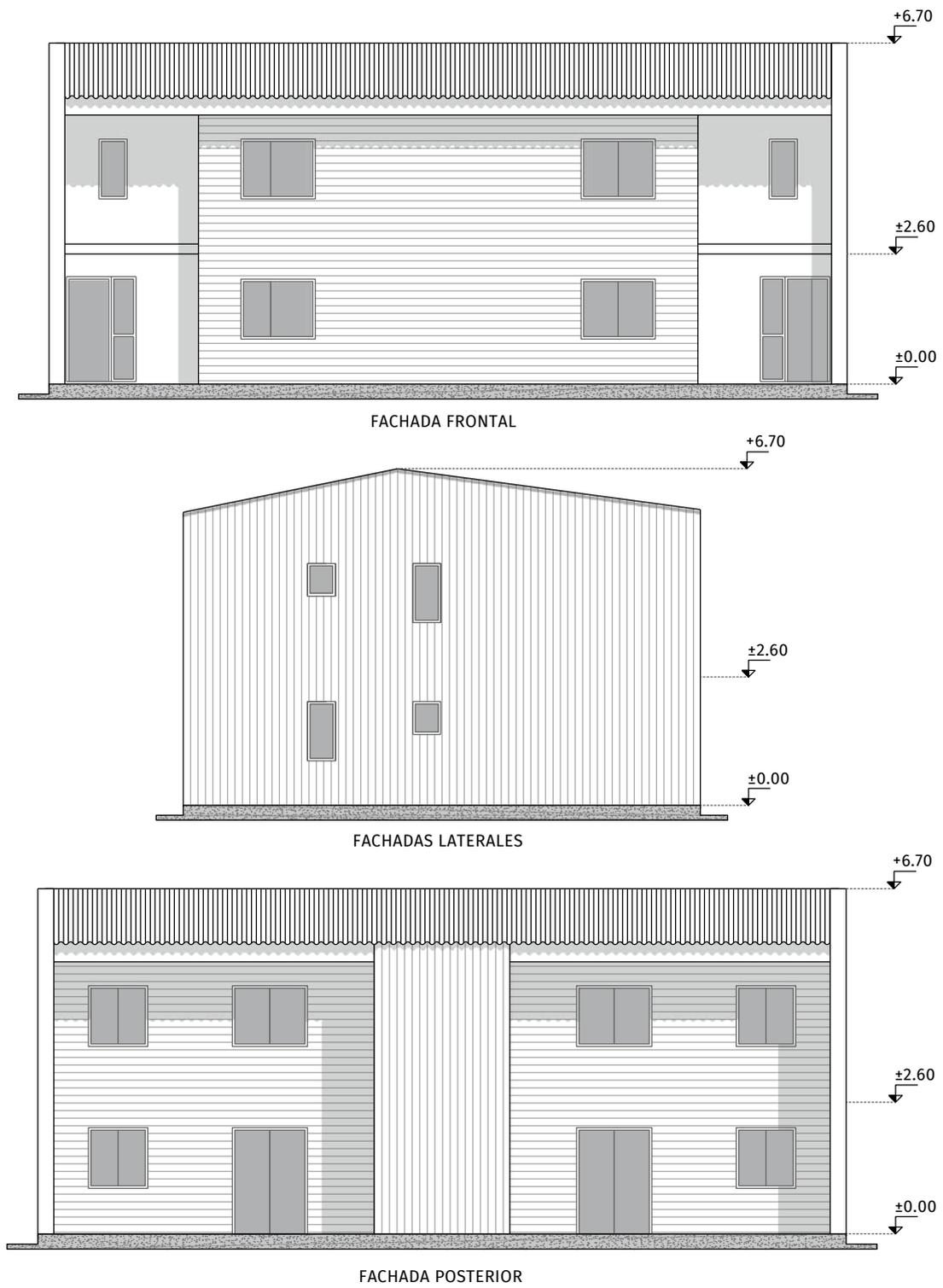


FIGURA 4.2 D Alzados

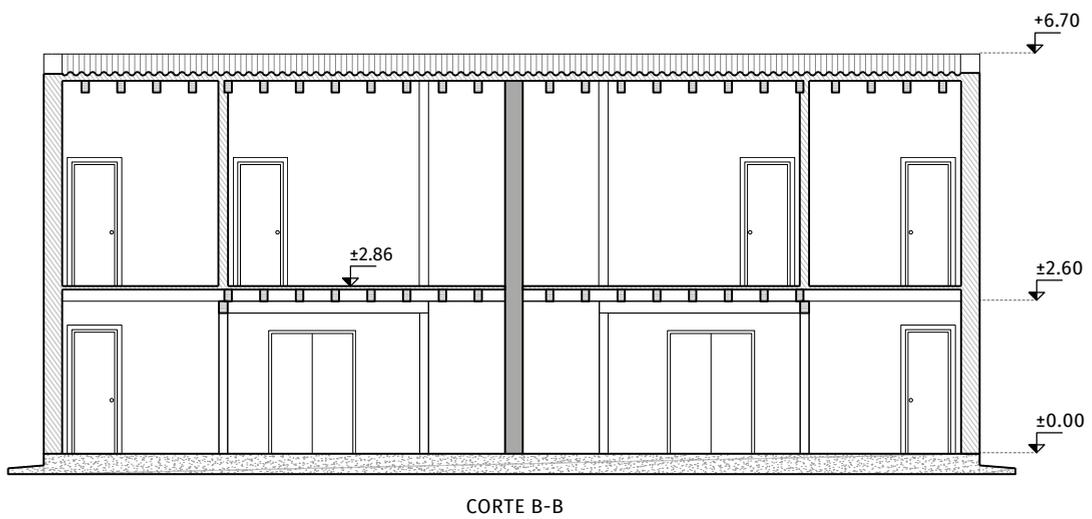
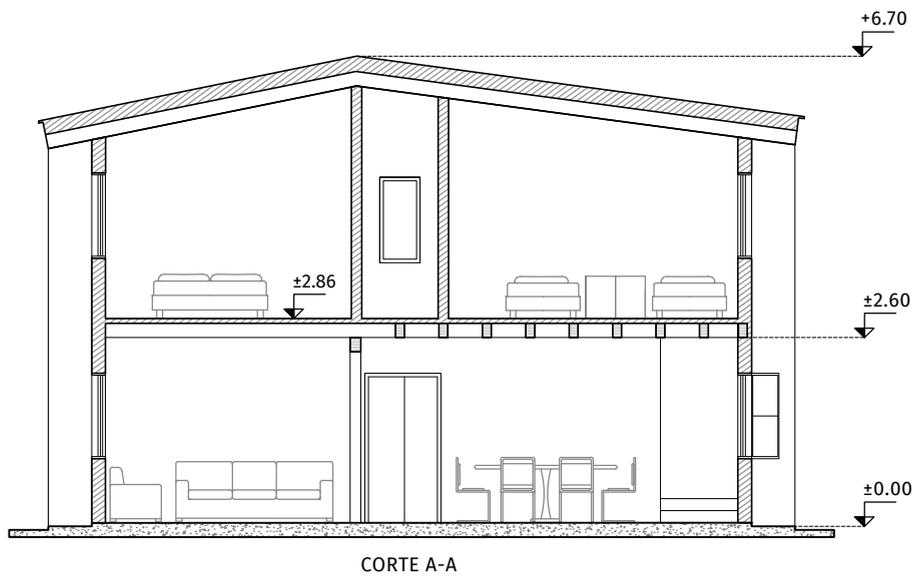
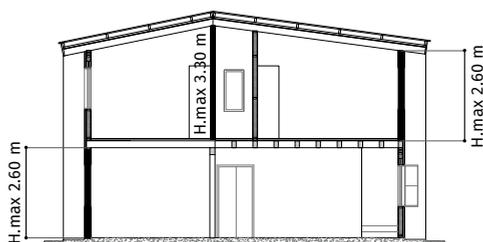
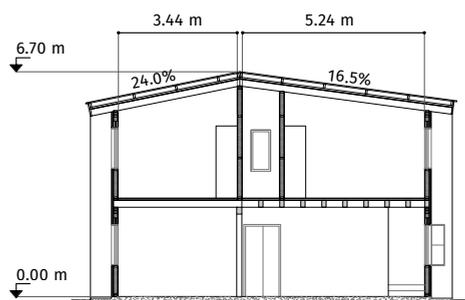
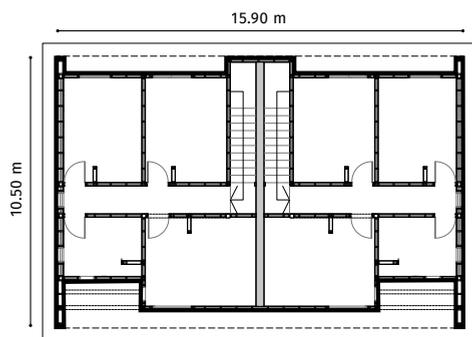


FIGURA 4.2 E Cortes

A continuación, se desarrollan las etapas del proceso de acuerdo con lo indicado en el diagrama de flujo, a los efectos de la resolución del modelo.



## 1. VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS REGLAS QUE PERMITEN APLICAR LAS SOLUCIONES BRINDADAS POR ESTA GUÍA

### I. Relación de lados de la vivienda

Los lados de la vivienda miden 10,50 m x 15,90 m, ambos valores menores a los 16,00 m lineales máximos admitidos. La relación de lados a/b de la vivienda (siendo  $a \geq b$ ) es de  $1,51 < 2$ .

### II. Pendiente máxima de cubierta y altura máxima

La cubierta de la vivienda tiene dos aguas con diferente pendiente, una de 24% y otra de 16,5%. Ambos valores se encuentran comprendidos en el rango admitido (15% - 30%).

La altura máxima de la vivienda es de  $6,70 \text{ m} < 8,00 \text{ m}$  (máximo admitido).

### III. Altura máxima de muros

Los muros en Planta Baja tienen una altura máxima de  $2,60 \text{ m} < 2,80 \text{ m}$  (máxima admitida).

Los muros en Planta Alta tienen una altura mínima de  $2,60 \text{ m} < 2,80 \text{ m}$  (máximo admitido), y crecen con la pendiente de la cubierta hasta  $3,30 \text{ m} < 3,70 \text{ m}$  (máximo admitido para viviendas cuya cubierta está sustentada por vigas).

#### IV. Alineación vertical de elementos portantes

Los muros, aberturas y dinteles de la Planta Alta que cumplen una función portante están alineados verticalmente con los muros, aberturas y dinteles portantes de la Planta Baja.

#### V. Dimensión mínima de los locales de la Planta Alta

La dimensión mínima de los locales de la Planta Alta es menor a 5,0 m en todos los casos y por lo tanto en los entresijos es de aplicación la sobrecarga de uso prescrita por la norma UNIT 33 (1991) y adoptada en este documento (1,5 kN/m<sup>2</sup>).

#### 2. CARACTERIZAR LA UBICACIÓN

La vivienda se ubica a una distancia superior a 25 km de la costa, por lo tanto, de acuerdo con la Figura 2.1, corresponde considerar que se ubica en Zona Interior. Se considera un caso en que el terreno tiene obstrucciones bajas y pocas construcciones de altura media igual a 2,0 m, por lo que corresponde utilizar una situación de Rugosidad II.

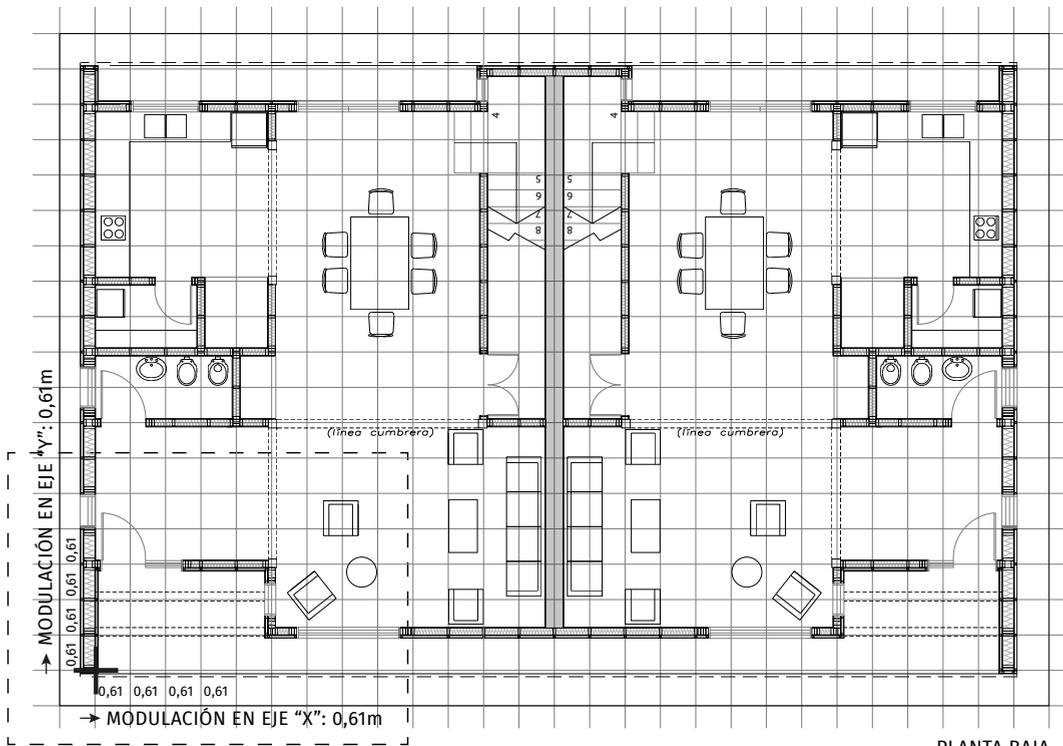
#### 3. SELECCIONAR LA ESPECIE Y CALIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

De acuerdo con la información sobre especies y secciones disponibles en el país, se decidió realizar la estructura resistente de la vivienda con madera aserrada de pino (*Pinus elliottii/taeda*). La calidad estructural seleccionada corresponde a las clases visuales estipuladas de acuerdo en la norma UNIT 1261:2018.

Considerando que todos los sistemas y componentes estructurales se seleccionan de acuerdo con las alternativas ofrecidas en el Apartado 4.2, se cumple con los requisitos particulares de los mismos.

#### 4. MODULAR EL ENTRAMADO ESTRUCTURAL

De acuerdo con lo expresado en las reglas generales, las soluciones de esta guía llevan implícito el concepto de modulación. Esta se realiza considerando un módulo de 0,61 m entre los ejes de los montantes. Para ello es necesario establecer un origen de la modulación, tal como se indica en la Figura 4.3. (ver pág. 98)



PLANTA BAJA

DETALLE: Distribución de montantes de acuerdo a la modulación

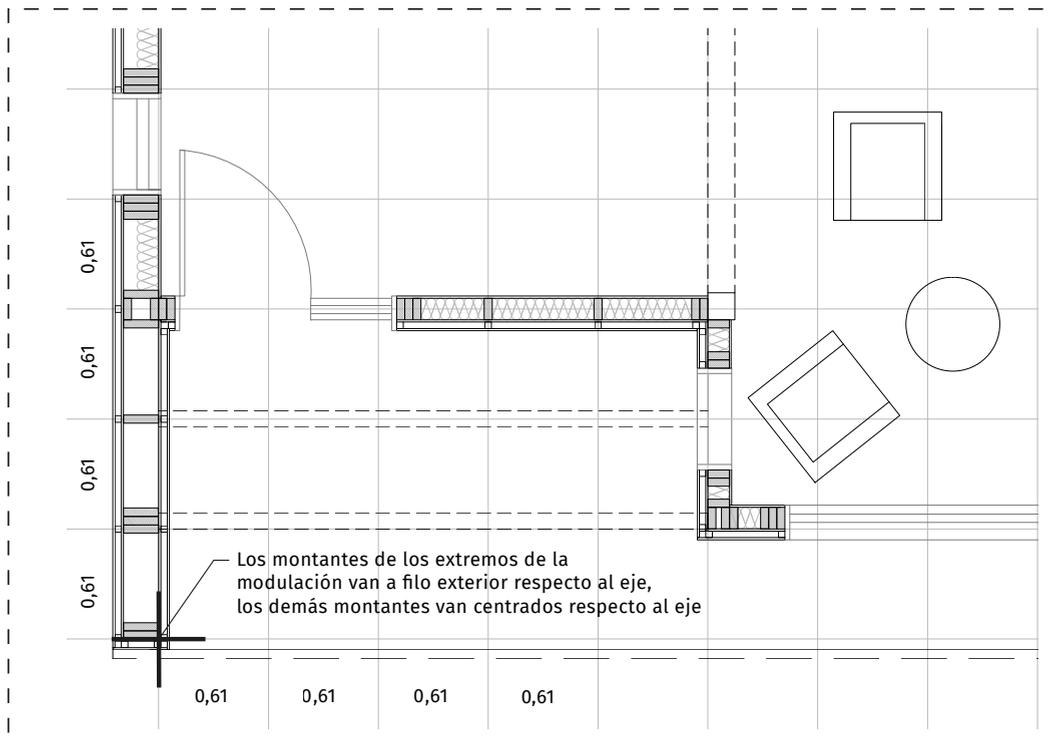


FIGURA 4.3 Modulación del entramado estructural

## 5. DEFINIR EL PLANTEO ESTRUCTURAL

A partir del proyecto arquitectónico modulado, se verifican y definen las características generales de los elementos y sistemas que conforman la estructura de las viviendas.

### I. Tipo de estructura de la cubierta

Para el modelo se decide utilizar una estructura soportada por vigas de madera laminada encolada con una distancia entre ejes de vigas de 0,61 m, como se muestra en la Figura 4.4. La luz libre proyectada en planta de las vigas necesarias es menor a la máxima admitida (6,0 m), por lo cual la utilización de la información brindada en la Tabla 4.4 permite resolver este caso.

### II. Ubicación y tipo de diafragma de cubierta

De acuerdo con lo expresado en el Apartado 4.2.1, el diafragma de cubierta se ubica de forma inclinada por encima de las vigas que conforman la estructura del techo.

Conforme a la Tabla 4.7, al estar ubicada la vivienda en Zona Interior con Rugosidad II es posible utilizar un diafragma único. No obstante, el profesional responsable de la obra puede elegir diafragmas parciales para transmitir mejor los esfuerzos horizontales mediante la utilización de una mayor longitud de muros de corte. Considerando que en el modelo existe un muro portante de mampostería que divide

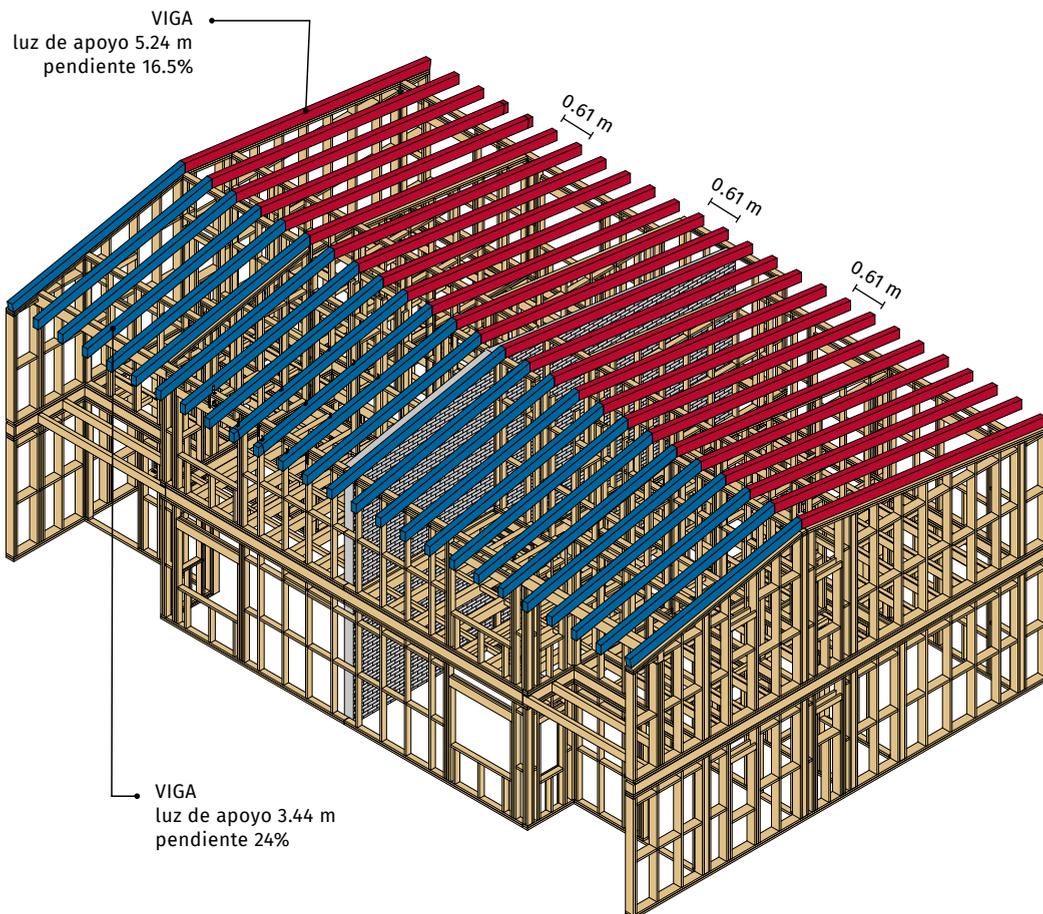


FIGURA 4.4 Esquema general de la estructura de la cubierta

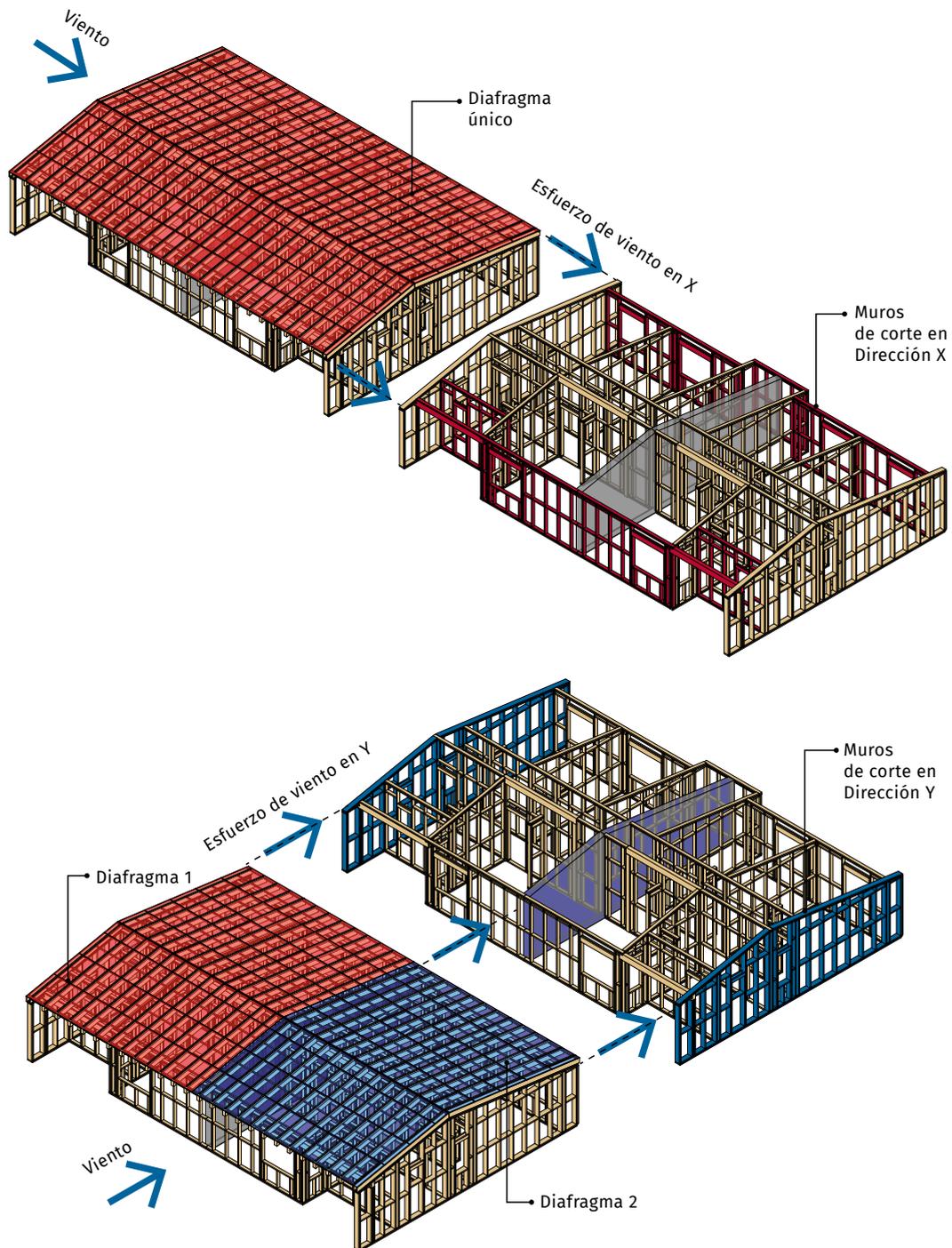


FIGURA 4.5 Características generales del diafragma de cubierta

las dos unidades de vivienda, resulta simple conformar diafragmas parciales para tomar los esfuerzos del viento en la dirección Y. La Figura 4.5 ilustra acerca de la conformación de los

diafragmas de cubierta proyectados para tomar los esfuerzos horizontales en las dos direcciones principales de la vivienda.

### III. Tipo de estructura del entrepiso

Dado que se desea disponer de un nivel de confort relativamente elevado, se decide realizar un piso compacto sobre vigas de entrepiso de madera laminada encolada estructural, cuya solución está contemplada en el Apartado 4.2.2. Las dimensiones de la sección transversal de las vigas están provistas en la Tabla 4.10 junto a las longitudes disponibles. Estas cubren todos los largos necesarios, ya que en ningún caso se excede una luz libre entre apoyos de 4,0 m (ver también la Figura 4.2 b). La Figura 4.6 exhibe la disposición de las vigas de entrepiso y la ubicación de los muros portantes que les sirven de apoyo.

### IV. Ubicación y tipo de diafragma de entrepiso

Este diafragma, de igual manera que el de cubierta, puede constituirse como diafragma único (Apartado 4.2.2, Tabla 4.12) debido a la ubicación de la vivienda (Zona Interior con Rugosidad II). Sin embargo, considerando la presencia del muro central de mampostería, es sencillo proyectar diafragmas parciales para absorber los esfuerzos del viento en la dirección Y para lo cual el profesional responsable de la obra tiene atribuciones. La Figura 4.7 ilustra acerca de la conformación de los diafragmas de entrepiso que deben tomar los esfuerzos horizontales en las dos direcciones principales en planta de la vivienda.

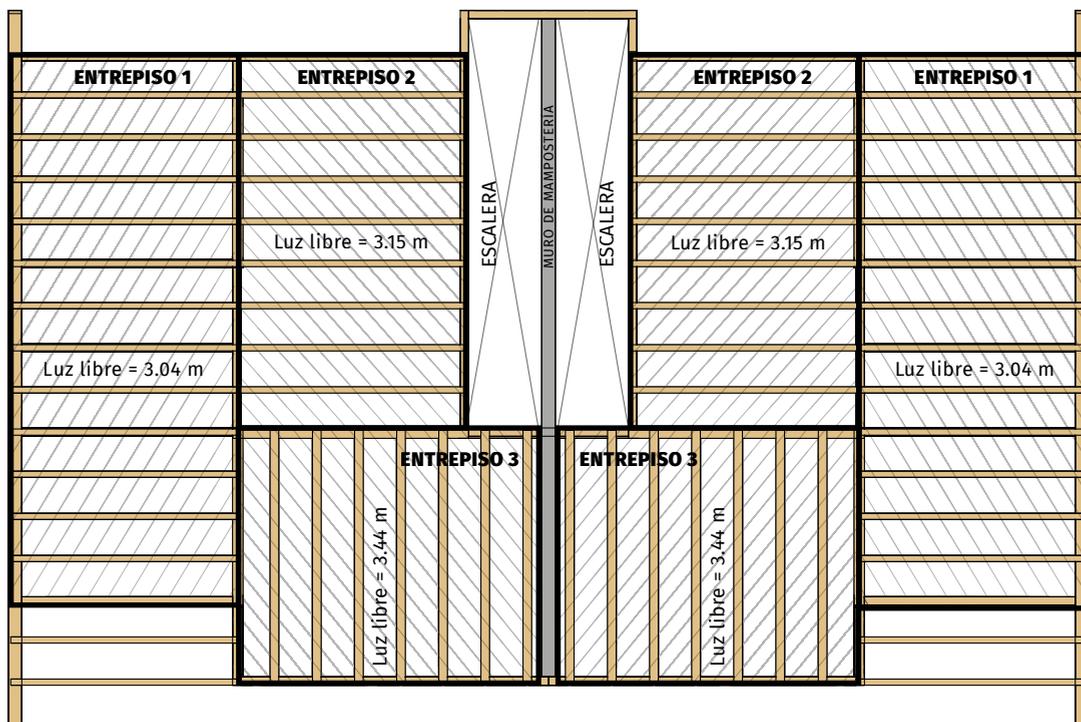


FIGURA 4.6 Esquema general de la estructura del entrepiso

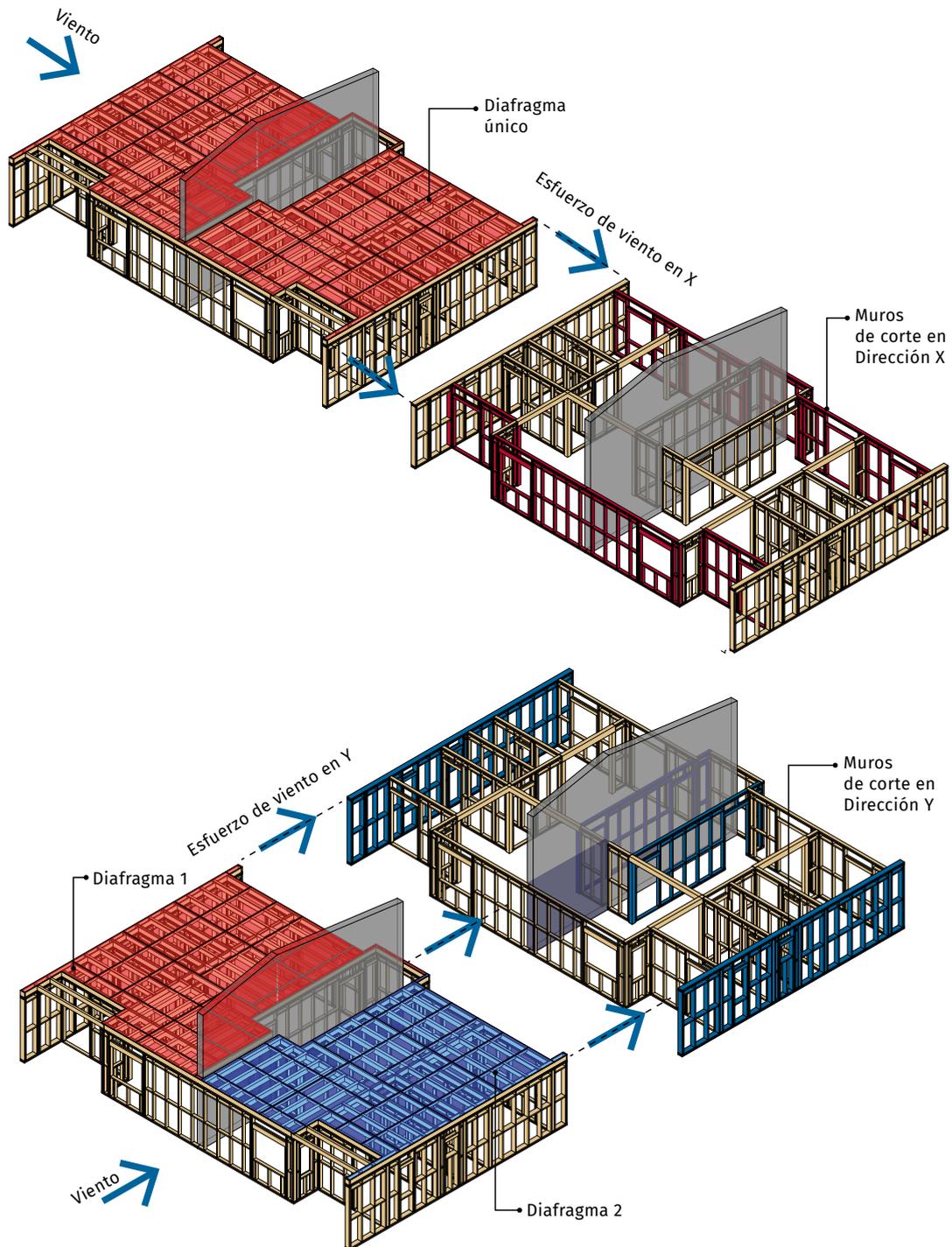


FIGURA 4.7 Características generales del diafragma de entrepiso

#### V. Identificación de los muros portantes

En la Figura 4.8 se identifican los muros con función portante y los que no la tienen y por lo

tanto podrían ser modificados si hubiera cambios en el proyecto o futuras reformas. Todos los muros perimetrales son portantes pues deben resistir la acción directa del viento. En la

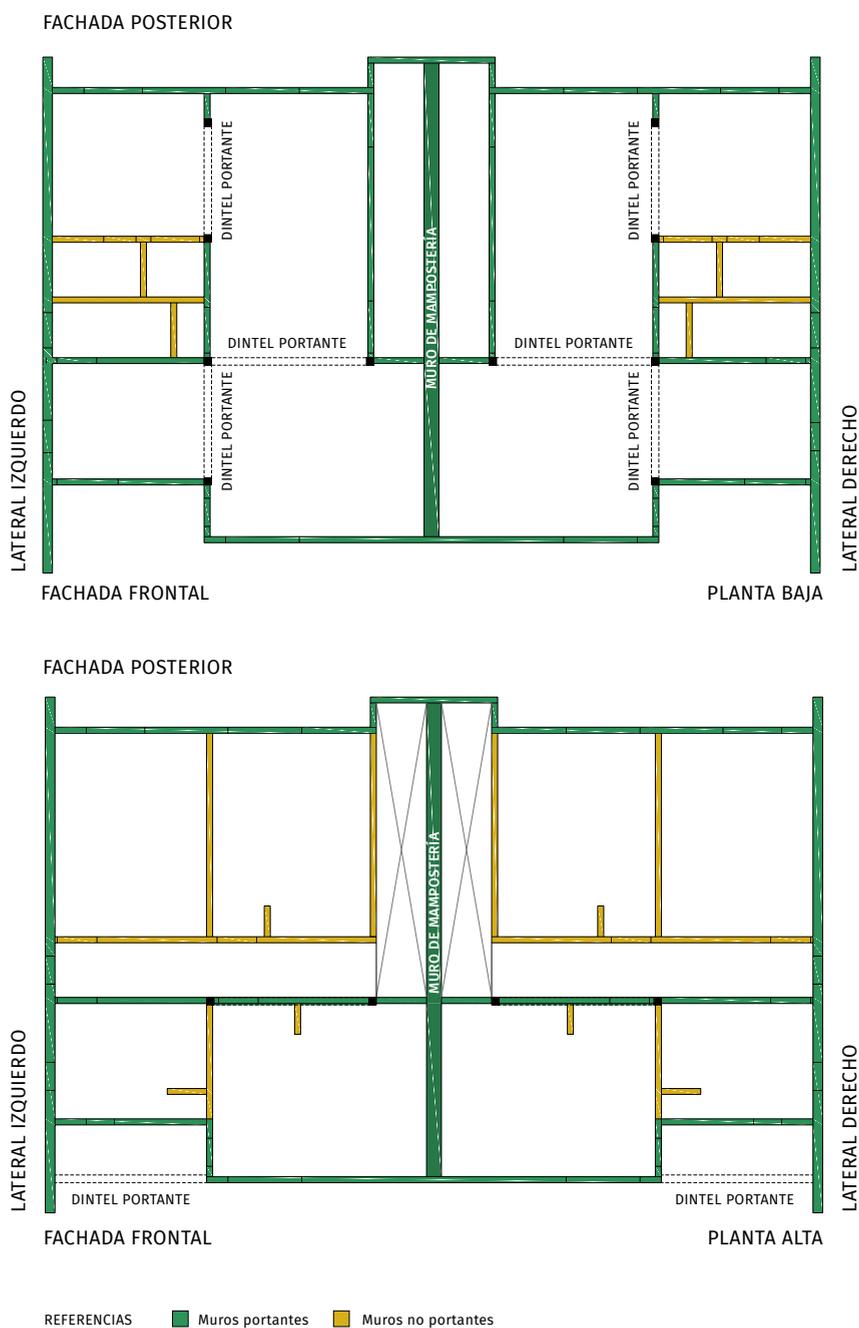
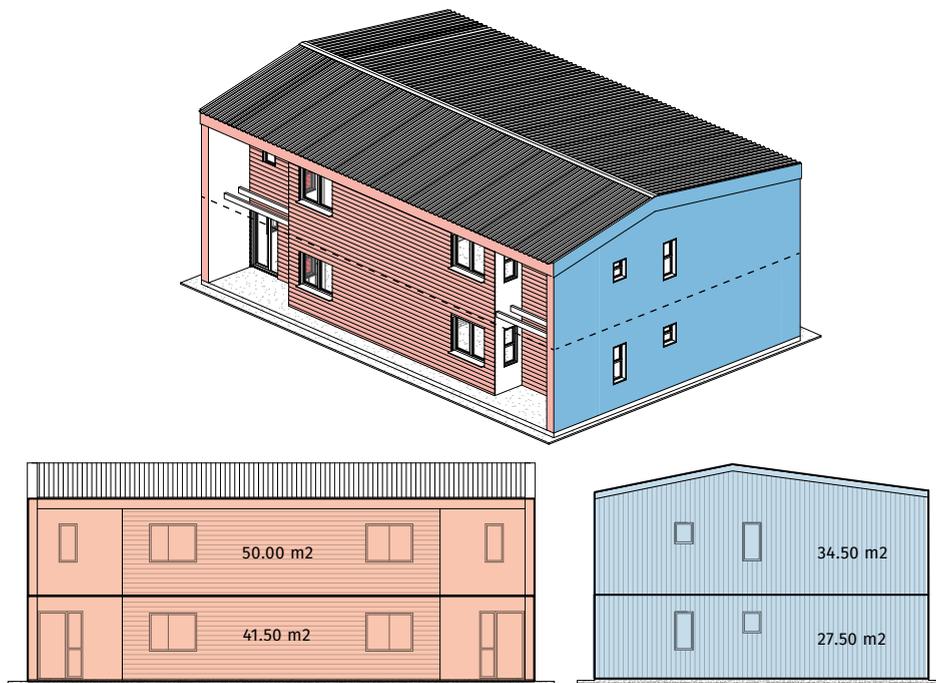


FIGURA 4.8 Identificación de la función estructural de los muros

Planta Alta, se identifica también como portante, además de las fachadas frontal y posterior, el muro interior paralelo a estas donde apoyan las vigas de techo, y por lo tanto recibe las

cargas verticales introducidas por la cubierta (Figura 4.4). En la Planta Baja, también cumplen un rol portante los muros en los cuales se apoya la estructura del entrepiso (Figura 4.6).



**FIGURA 4.9** Cuantificación de la superficie expuesta al viento de la vivienda según las dos direcciones principales

Una vez identificados los muros portantes se comprueba si la longitud disponible de muros de corte permite trasladar a las fundaciones los esfuerzos horizontales (debidos al viento) conforme a los lineamientos del Apartado 4.2.3 y la Tabla 4.14. Ingresando a esta tabla con las superficies expuestas de la vivienda (Figura 4.9) e interpolando linealmente entre los valores dados para la Zona Interior con Rugosidad II, se obtiene un requerimiento mínimo para la Planta Alta de 7,0 m lineales de muro de corte en la dirección X y 11,0 m lineales en la dirección Y; mientras que para la Planta Baja se obtiene un mínimo de 17,0 m lineales de muro de corte en la dirección X y 25,0 m lineales en la dirección Y.

Dado que en la longitud de muro requerida se pueden computar, sumándolas, fracciones con un largo igual o mayor a la mitad de su altura y sin huecos originados por la presencia de aberturas, el planteo graficado en la Figura 4.10 resulta satisfactorio. Para la Planta Alta contempla un total de  $2 \times 1,67 \text{ m} + 2 \times 1,5 \text{ m} + 5,32$

$\text{m} \approx 12,0 \text{ m}$  ( $> 7,0 \text{ m}$  requeridos) en la dirección X y  $2 \times 5,21 \text{ m} + 2 \times 1,57 \text{ m} + 2 \times 2,46 \text{ m} + 9,48 \text{ m} \approx 28,0 \text{ m}$  ( $> 11,0 \text{ m}$  requeridos) en la dirección Y. Para la Planta Baja, por su parte, construyendo los tramos de muro de 1,5 m con doble clavatura (muros dobles) según los lineamientos del Apartado 4.2.3 y la Tabla 4.14, se alcanza un total de  $2 \times 1,67 \text{ m} + 4 \times 1,5 \text{ m} + 2 \times 1,73 \text{ m} + 5,32 \text{ m} \approx 18,0 \text{ m}$  ( $> 17,0 \text{ m}$  requeridos) en la dirección X y  $2 \times 5,21 \text{ m} + 2 \times 1,57 \text{ m} + 2 \times 2,46 \text{ m} + 2 \times 3,09 \text{ m} + 3,59 \text{ m} \approx 28,0 \text{ m}$  ( $> 25,0 \text{ m}$  requeridos) en la dirección Y. A su vez, en ambos casos la distribución de la longitud de muro tiene en cuenta, razonablemente, la condición de simetría respecto de los ejes principales en planta de las viviendas.

Para completar la definición general del planteo estructural se verifica si la longitud de los dinteles portantes contemplados en el modelo se encuentra dentro del rango contemplado en la Tabla 4.15 para dinteles de madera aserrada que forman parte de un muro, y en la Tabla 4.16 para dinteles de madera laminada encolada que no

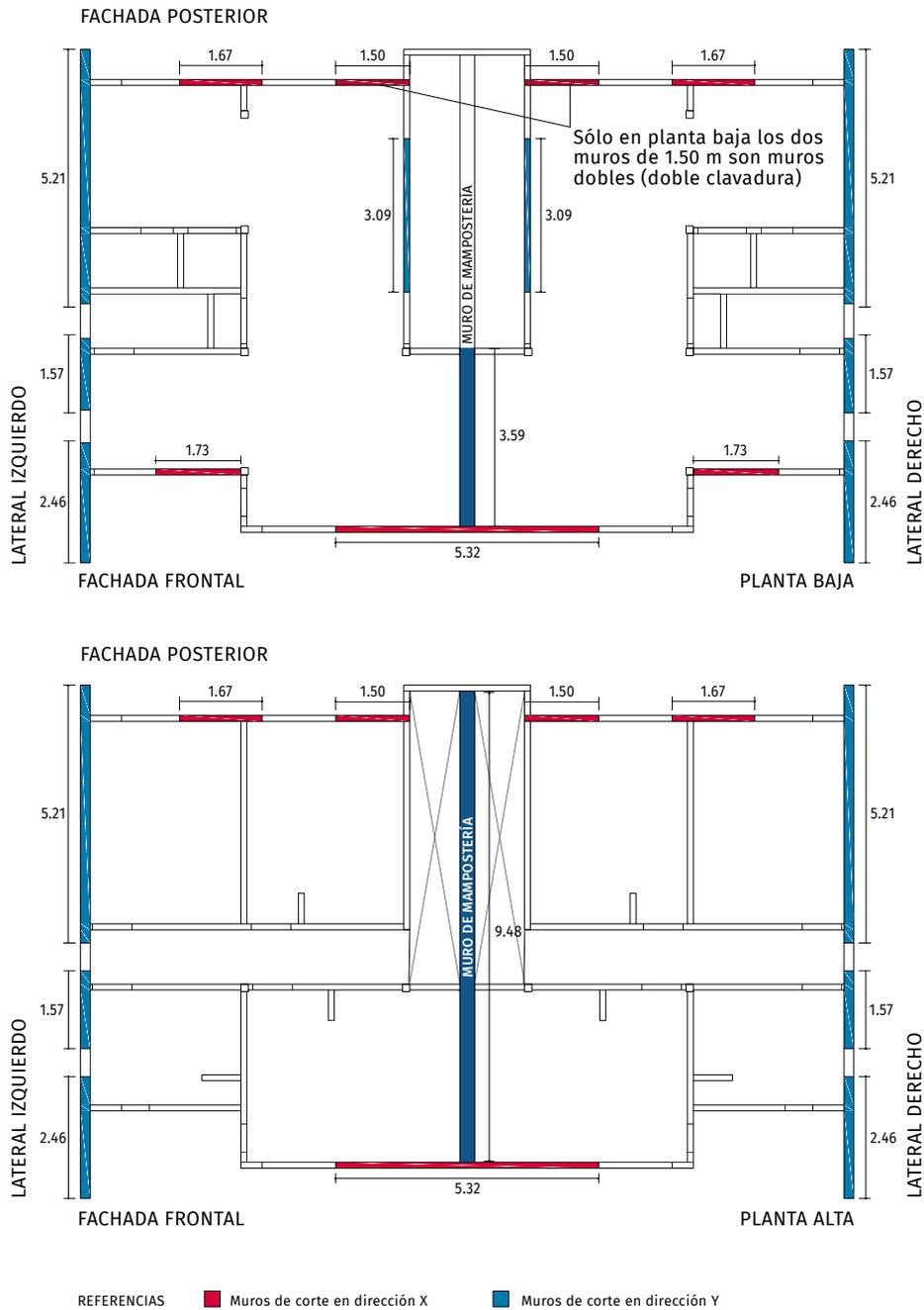
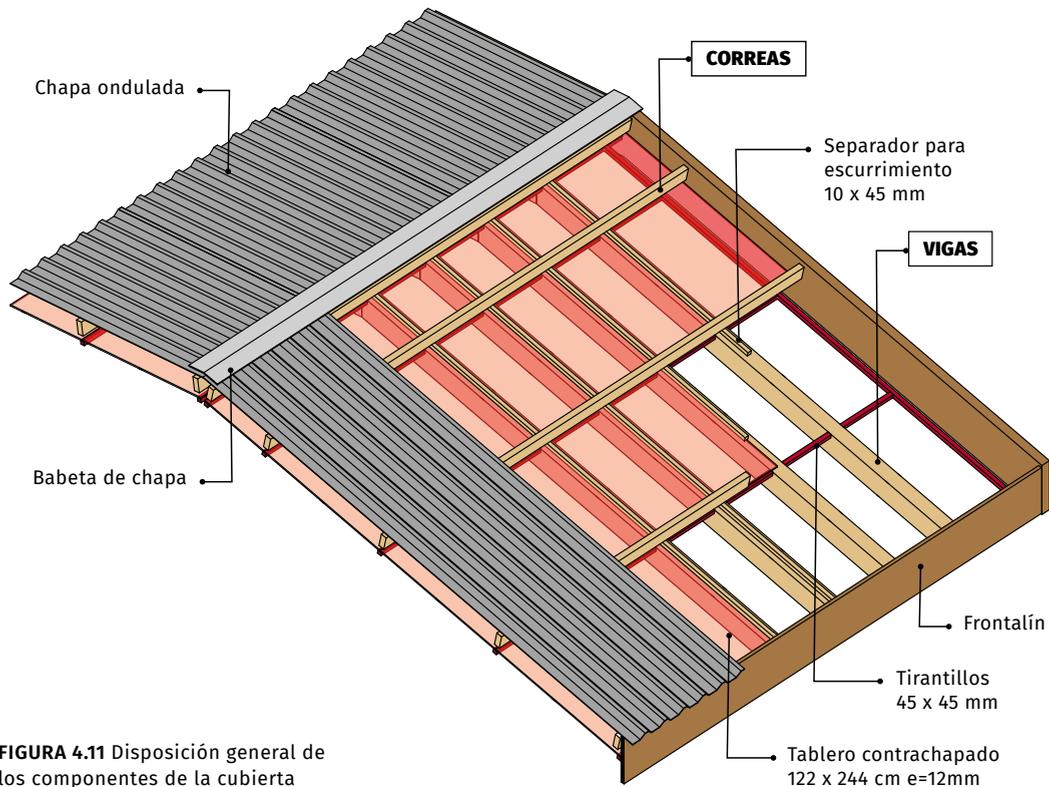


FIGURA 4.10 Longitud de muros de corte

forman parte de un muro. De la observación de la Figura 4.2 surge que no existen (en ninguna de las dos plantas) dinteles portantes de madera aserrada con longitud mayor a 2,44 m (máximo

en la Tabla 4.15) ni de madera laminada con largo superior a 4,88 m (máximo en la Tabla 4.16), por lo cual todos los casos se pueden resolver con la información brindada por estas tablas.



**FIGURA 4.11** Disposición general de los componentes de la cubierta

## 6. DIMENSIONAR LOS COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA

En la Figura 4.11 se presenta esquemáticamente la distribución de los componentes de la cubierta, donde los indicados dentro de un recuadro son los elementos a diseñar según los criterios de esta guía. A continuación, se describe el proceso de selección y se proveen detalles, utilizando la información del Apartado 4.2.1.

#### I. Correas

Según la separación entre apoyos de las correas (vigas de madera laminada encolada separadas 0,61 m entre ejes), y la decisión de emplear madera aserrada de Pino clasificada visualmente como ECO sin cepillar, conforme a la Tabla 4.1, se debe adoptar una sección transversal mínima de 50 mm x 100 mm para las correas, y sus prolongaciones laterales para formar el alero de la cubierta no deben exceder 0,61m.

La Figura 4.12 exhibe un detalle de la colocación de las correas y el modelo de unión adoptado entre las correas y las vigas. El responsable de la obra puede optar por utilizar soluciones alternativas con la capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que se indica debajo de la Tabla 4.1.

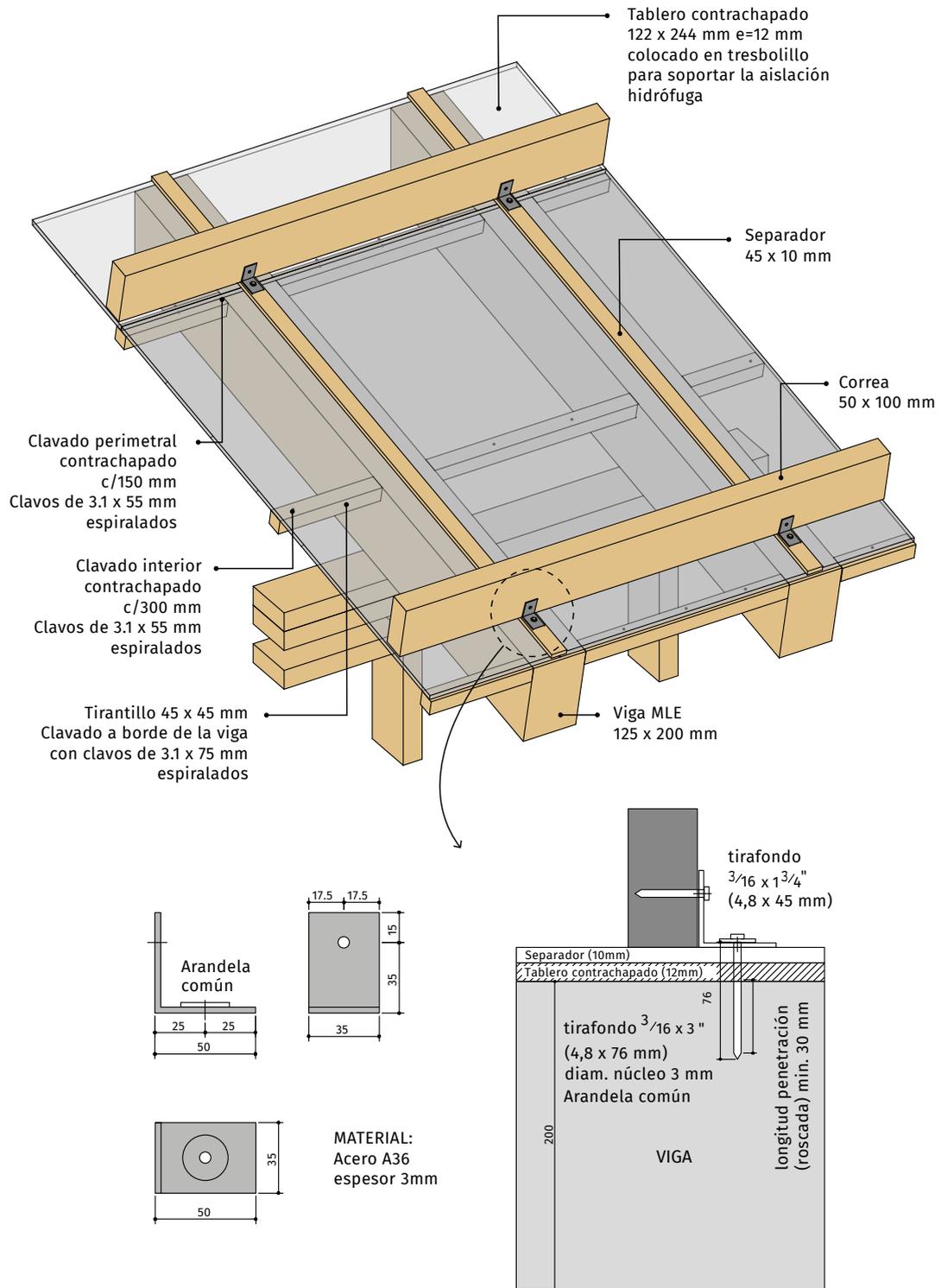


FIGURA 4.12 Detalle de la colocación de las correas y su unión a las vigas de cubierta

## II. Vigas de techo

El proyecto presenta una cubierta con vigas de madera laminada encolada, como se ilustra en la Figura 4.4. Las vigas proyectadas con un largo libre entre apoyos de 3,44 m exhiben una pendiente de 24% y las de 5,24 m una pendiente de 16,5%. En ambos casos son colocadas con una separación a eje de 0,61 m.

La solución está disponible en la Tabla 4.4, que incluye vigas de madera laminada encolada con las longitudes mencionadas y que pueden utilizarse sin protección contra el fuego pues fueron diseñadas considerando el método de la sección reducida (Eurocódigo 5). Para vigas de madera laminada encolada calidad GL20 h, las dimensiones mínimas de la sección transversal son 90 mm x 150 mm para las vigas con 3,44 m de longitud libre proyectada y 125 mm x 200 mm para las vigas con una proyección libre de 5,24 m. Es posible utilizar las dimensiones mínimas mencionadas o adoptar la sección mayor para las dos longitudes. La Tabla 4.4 ofrece también otras alternativas para las calidades GL22 h y GL24 h que permiten elegir distintas soluciones, todas apropiadas para el caso.

En la Figura 4.18 se exhibe un modelo de unión entre las vigas de techo y las soleras del muro, y entre estas y el montante ubicado debajo, que resulta apto para ambas fachadas dado que reciben el apoyo extremo de una sola viga. La Figura 4.19, por su parte, muestra detalles de una unión apropiada para transferir los esfuerzos de las vigas de techo a las soleras, de estas al dintel de madera aserrada y de este al montante adicional de apoyo, que puede emplearse sobre las ventanas ubicadas en la fachada frontal. Un tipo de unión de dos vigas concurrentes (al muro portante interior) con las soleras y el montante ubicado debajo se exhibe en la Figura 4.20. Todos estos modelos de unión son aptos para vigas con una longitud igual o menor a 6,0 m, pero el profesional responsable de la obra puede emplear

otras soluciones con la capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que se indica debajo de la Tabla 4.4.

## III. Diafragma de cubierta

Conforme a los lineamientos indicados en el Apartado 4.2.1 y la información suministrada en la Tabla 4.7, el plano rígido del diafragma de cubierta se puede conformar con tableros contrachapados clavados sobre el borde superior de las vigas. Para posibilitar el clavado perimetral total de los tableros, entre las vigas se colocan (perpendicularmente a estas) trozos de tirantillos de 45 mm x 45 mm (Pino EC1) separados 1,22 m, con su borde superior al mismo nivel que el de las vigas y clavados a estas en cada encuentro con dos clavos espiralados de 3,1 mm de diámetro por 75 mm de largo colocados neumáticamente en forma oblicua. Dado que la vivienda está ubicada en la Zona Interior con Rugosidad II, el clavado de los tableros se realiza con un paso igual a 150 mm en todo el perímetro y a 300 mm en el interior, empleando clavos espiralados colocados neumáticamente con un diámetro de 3,1 mm y una longitud de 55 mm. El clavado perimetral del plano rígido a las piezas de borde tiene el paso (s) perimetral antes señalado (150 mm) pero utilizando clavos espiralados de 3,1 mm de diámetro y 75 mm de largo. En la Figura 4.13 se muestran detalles de la conformación del diafragma de cubierta.

Como piezas de borde (cordones) del diafragma de cubierta se adoptan las soleras de arriostamiento de los muros de Planta Alta, que en este caso tienen una sección de 45 mm x 195 mm (EC1) para los muros laterales exteriores, y de 45 mm x 120 mm (EC1) para el resto de los muros, dada la localización ya mencionada de la vivienda y la altura de los montantes de los muros (Tabla 4.13). Los detalles constructivos y los empalmes de estos cordones se llevan a cabo conforme a los lineamientos del Apartado 4.2.1 (ver también la Figura 4.32).

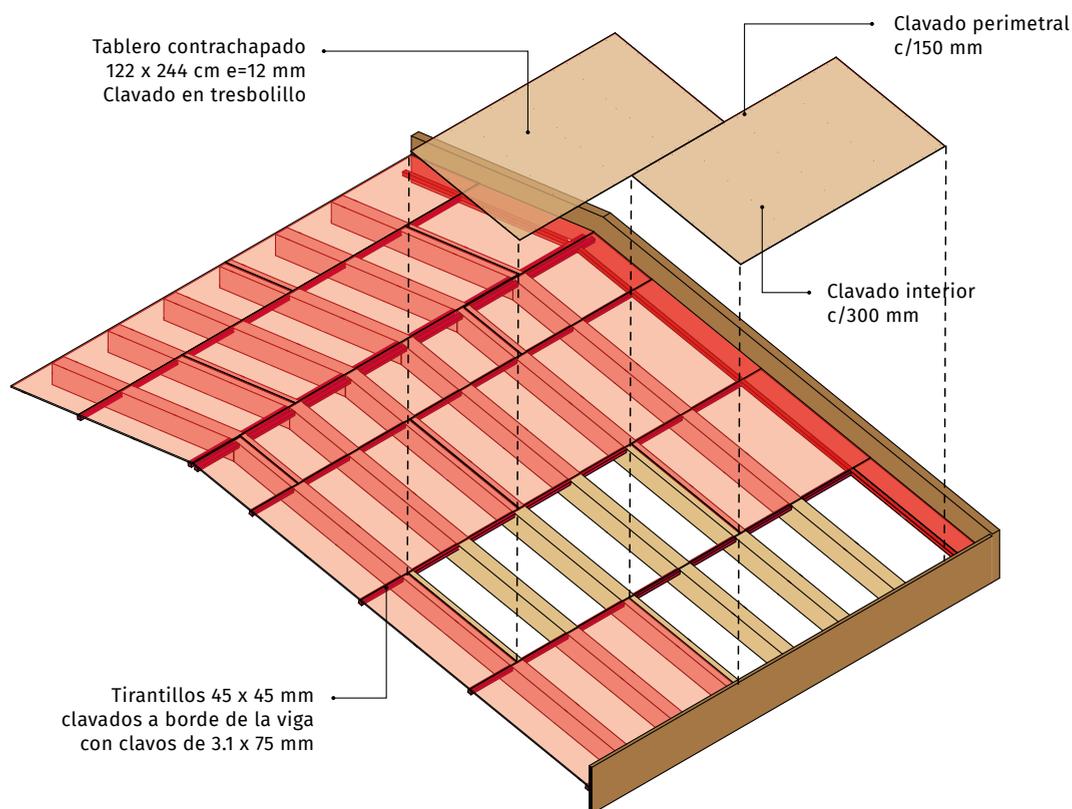


FIGURA 4.13 Detalle de la conformación del diafragma de la cubierta

## COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ENTREPISO

### I. Vigas de entrepiso

Para resolver la estructura del entrepiso, se siguen los lineamientos del Apartado 4.2.2 empleando, a su vez, la información provista en las tablas correspondientes. Dada la decisión de construir un piso compacto soportado por vigas de madera laminada encolada estructural, la solución se puede obtener de la Tabla 4.10, que incluye vigas del material mencionado que pueden utilizarse sin protección contra el fuego pues fueron diseñadas considerando el método de la sección reducida (Eurocódigo 5). Utilizando las lon-

gitudes libres de cada entrepiso que se detallan en la Figura 4.6, y seleccionando una calidad GL20 h, las secciones transversales necesarias son 90 mm x 180 mm, 90 mm x 180 mm y 125 mm x 200 mm para las vigas de los entrepisos 1, 2 y 3 respectivamente. La tabla mencionada ofrece también, en este caso, otras soluciones basadas en una mejor calidad de las vigas (GL22 h y GL24 h). No obstante, una decisión que debe tomar el profesional responsable de la obra junto al propietario es la referida a utilizar las dimensiones indicadas, o resolver los tres entrepisos con las vigas de mayor dimensión (altura) para evitar ajustes constructivos orientados a alcanzar un único nivel de la superficie del piso de la Planta Alta.

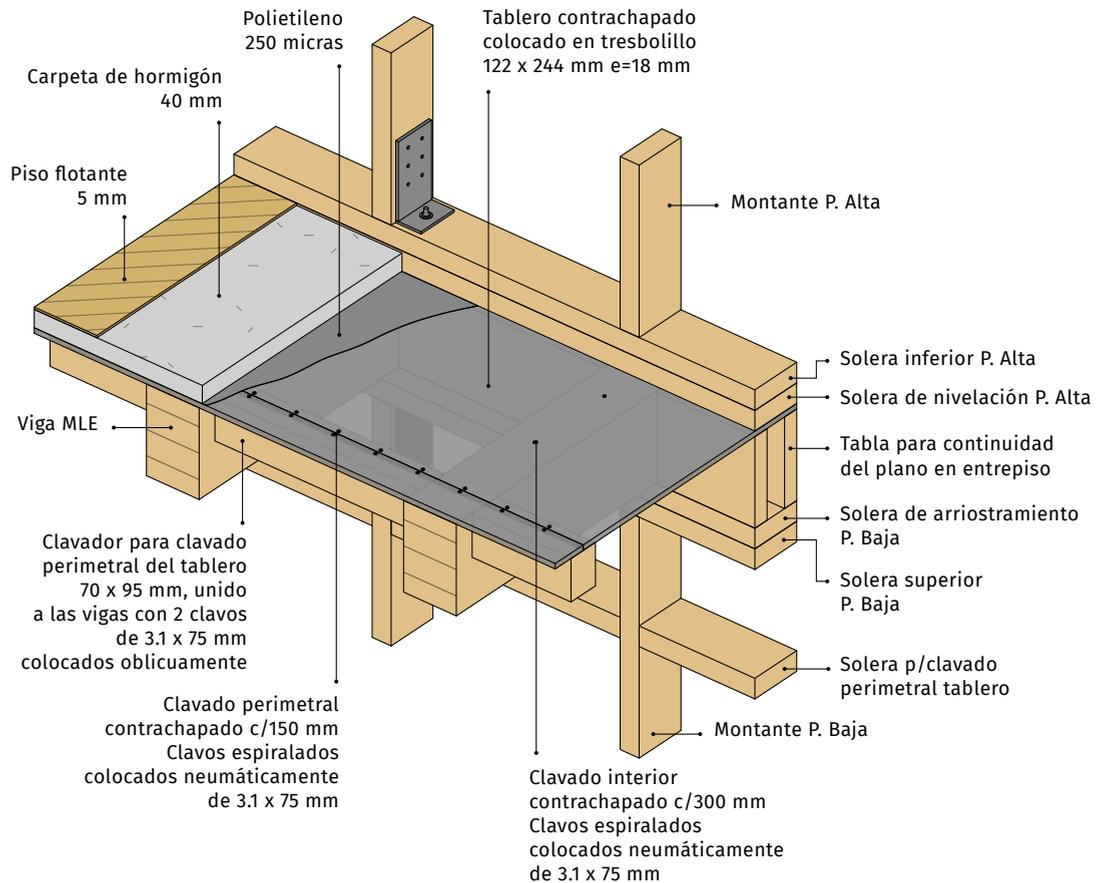


FIGURA 4.14 Detalle de la conformación del diafragma de entrepiso

## II. Diafragma de entrepiso

Conforme a los lineamientos indicados en el Apartado 4.2.2 (Componentes y sistemas estructurales del entrepiso, Diafragmas de entrepiso), y la información suministrada en la Tabla 4.12, el plano rígido del diafragma de cubierta se puede conformar con tableros contrachapados clavados sobre el borde superior de las vigas de entrepiso. Para posibilitar el clavado perimetral total de los tableros, y considerando aspectos estéticos de la superficie inferior del entrepiso, entre las vigas se colocan (perpendicularmente a estas) piezas de 70 mm x 95 mm (Pino EC1) separadas 1,22 m, con su borde superior al mismo nivel que el de las vigas y clavadas a estas en cada encuentro con dos

clavos espiralados de 3,1 mm de diámetro por 75 mm de largo colocados neumáticamente en forma oblicua. Dado que en este caso la relación entre el lado perpendicular y el paralelo a la dirección del viento del diafragma es menor a 1,5 para las dos direcciones principales y que la vivienda está ubicada en la Zona Interior con Rugosidad II, el clavado de los tableros se realiza con un paso igual a 150 mm en todo el perímetro y a 300 mm en el interior, empleando clavos espiralados colocados neumáticamente con un diámetro de 3,1 mm y una longitud de 75 mm. El clavado perimetral del plano rígido a las piezas de borde se realiza con un paso de 150 mm utilizando los clavos mencionados. En la Figura 4.14 se muestran detalles de la conformación del diafragma de entrepiso.

Conforme a la localización ya mencionada de la vivienda y a la altura de los montantes de los muros en Planta Baja (Tabla 4.13), como piezas de borde (cordones) se adoptan las soleras de arriostramiento, que en este caso tienen una sección de 45 mm x 195 mm (EC1) en los muros laterales (para uniformar con la Planta Alta) y 45 mm x 120 mm (EC1) en los restantes. Los detalles constructivos y los empalmes de estos cordones se llevan a cabo conforme a los lineamientos del Apartado 4.2.2 (ver también la Figura 4.32).

#### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES

##### I. Muros portantes

Las características principales de la conformación de los muros se resuelven siguiendo los lineamientos del Apartado 4.2.3 (Componentes

y sistemas estructurales de los cerramientos verticales, Muros portantes) y utilizando la información provista en la Tabla 4.13. Dado que la vivienda está ubicada en Zona Interior con Rugosidad 2, y que los muros portantes de la Planta Alta se ubican bajo una cubierta con vigas de madera laminada encolada, considerando su altura se obtienen de la tabla mencionada las siguientes dimensiones para la estructura: montantes simples de 45 mm x 195 mm (EC1) para los muros externos de ambos laterales y de 45 mm x 120 mm (EC1) para los de ambas fachadas y el interior. Respecto de la Planta Baja, tanto para muros exteriores como interiores corresponden montantes simples de 45 mm x 120 mm (EC1). No obstante, en los muros laterales de esta planta se decide colocar la misma sección que la mencionada para la Planta Alta (45 mm x 195 mm). Las características generales de la decisión adoptada se ilustran en la Figura 4.15 para la fachada frontal

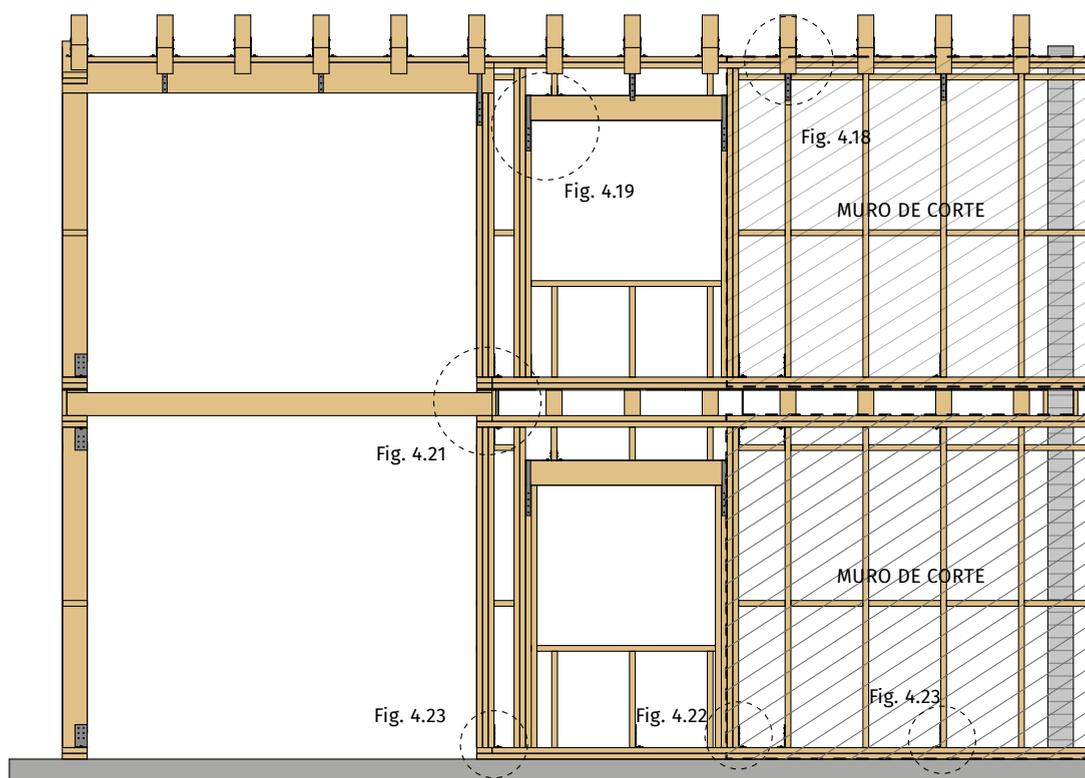
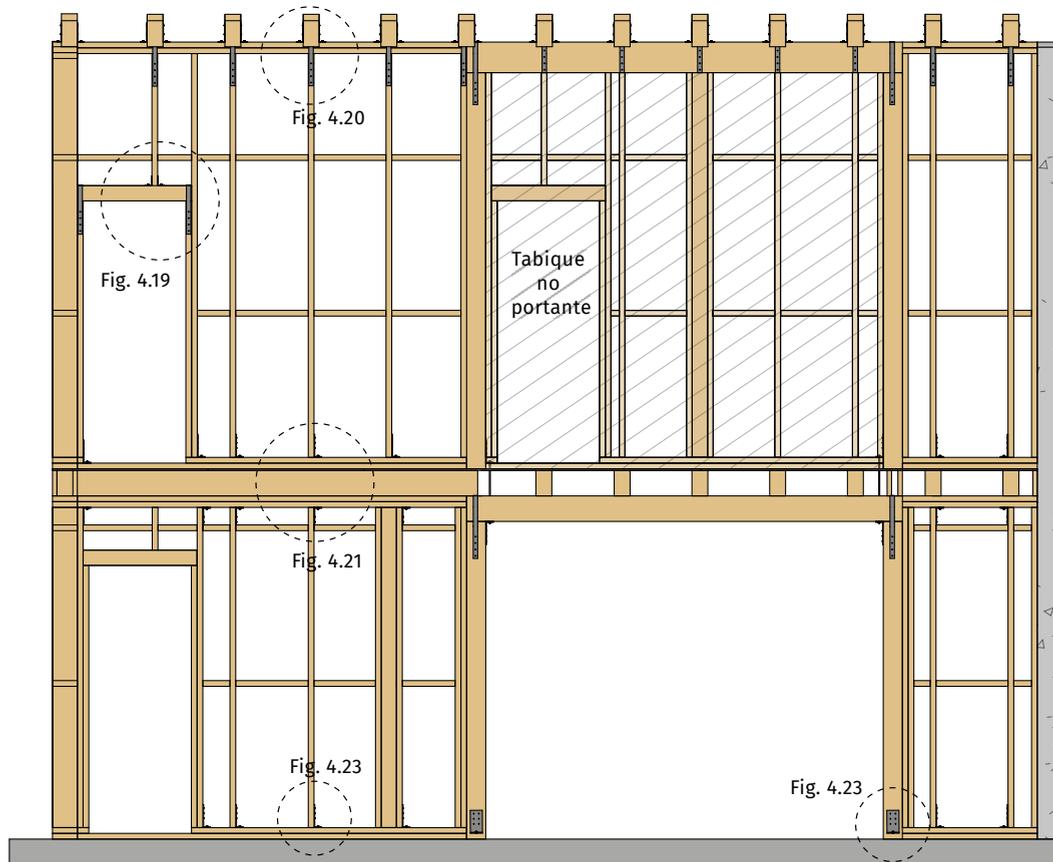


FIGURA 4.15 Conformación del muro de la fachada frontal



**FIGURA 4.16** Conformación del muro interior de apoyo de la cubierta

y en la Figura 4.16 para el muro interior donde apoya la estructura de la cubierta. Conforme a los lineamientos del Apartado 4.2.3, por tratarse de una vivienda de 2 plantas, en todos los extremos de los muros de corte ubicados en Planta Baja se colocan 2 montantes juntos y el paso del clavado (s) se realiza en tresbolillo involucrando alternativamente los 2 montantes.

Siguiendo los lineamientos del Apartado 4.2.3, las soleras se materializan con las mismas secciones que las utilizadas en los montantes, es decir 45 mm x 195 mm y 45 mm x 120 mm. En el caso de la solera de nivelación y la solera inferior se debe utilizar madera preservada para proteger la estructura de los ataques biológicos, de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 2 de la presente guía. Las características generales de los tableros y los bastidores, así como

del clavado tablero-bastidor, responden a los lineamientos antes citados.

Las conexiones necesarias para trasladar a las fundaciones los esfuerzos verticales de levantamiento que origina el viento se resuelven de la siguiente forma: 1) la parte inferior de los montantes extremos en las fracciones de muros de corte de Planta Alta (Figura 4.10) se unen a la parte superior de los montantes correspondientes en Planta Baja con el esquema de la Figura 4.21 materializado con las dimensiones exhibidas en la Figura 4.22. La parte inferior de estos últimos se une a las fundaciones con el anclaje descrito en la Figura 4.22. Con este último modelo también se anclan a las fundaciones los montantes extremos de muros de corte ubicados solamente en Planta Baja; 2) la parte inferior de los montantes

vinculados a las soleras superiores alternativamente (viga por medio, Figura 4.18) o bajo todos los apoyos de vigas (Figura 4.20), más los montantes adicionales que soportan dinteles (Figura 4.19), se unen a la parte superior de los montantes correspondientes en Planta Baja con el esquema de la Figura 4.21 materializado con las dimensiones exhibidas en la Figura 4.23. La parte inferior de estos últimos se une a las fundaciones con el anclaje descrito en la Figura 4.23; 3). Estos últimos modelos (Figura 4.21 y Figura 4.23) se colocan finalmente para asegurar que en ningún muro portante exista una separación mayor a 1,22 m entre 2 anclajes consecutivos. Si el profesional responsable de la obra decide utilizar otro tipo de anclajes, los mismos deberían tener una capacidad mecánica equivalente a los descritos.

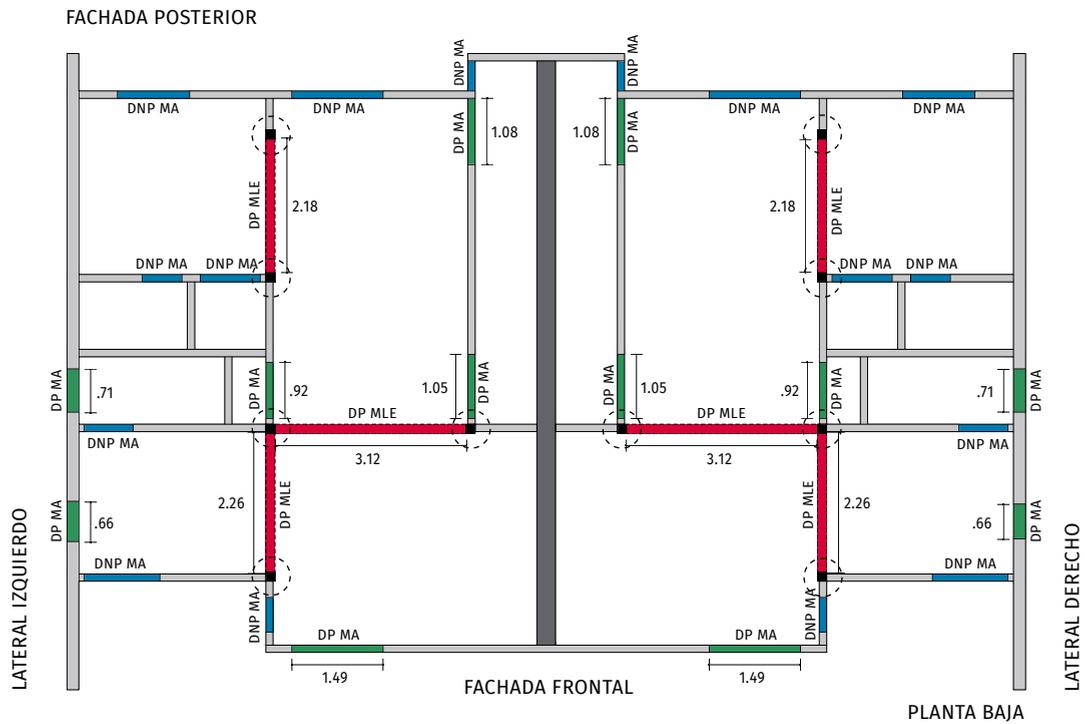
## II. Dinteles portantes

En Planta Alta el proyecto presenta 12 dinteles portantes, ocho de madera aserrada ubicados dentro de los muros y cuatro de madera laminada localizados fuera de los mismos, mientras que en Planta Baja se contabiliza un total de 18 dinteles portantes, 12 de madera aserrada y seis de madera laminada encolada cuya ubicación y largo se pueden apreciar en la Figura 4.17. La solución se encuentra en los lineamientos del Apartado 4.2.3 (Componentes y sistemas estructurales de los cerramientos verticales, Dinteles portantes) y en particular en las Tablas 4.15 y 4.16. Por su parte, los dinteles no portantes (no proveen sustento a la cubierta ni al entrepiso) se pueden resolver constructivamente.

Utilizando el criterio descrito en el párrafo anterior para analizar los dinteles de la Planta Alta, a los de madera aserrada le corresponden las conformaciones que se describen a continuación (Tabla 4.15). Dinteles de 1,49 m ubicados en ambas fachadas que soportan vigas de techo con una longitud total (3,44 m o 5,24 m) menor a 6,1 m: dos piezas de 45 mm x 145 mm (EC1) apoyadas en cada extremo so-

bre un montante adicional; dinteles de 1,18 m ubicados en la fachada posterior que soportan vigas de techo con una longitud total (5,24 m) menor a 6,1 m: dos piezas de 45 mm x 120 mm (EC1) apoyadas en cada extremo sobre un montante adicional; dinteles de 0,85 m de las puertas ubicados en el muro interior donde apoyan vigas de techo con una longitud total (3,44 m + 5,24 m = 8,68 m) comprendida entre 6,1 m y 12,2 m: dos piezas de 45 mm x 145 mm (EC1) apoyadas en cada extremo sobre un montante adicional. Por su parte, para los dinteles de madera laminada encolada las conformaciones se obtienen de la Tabla 4.16. Dinteles de 3,05 m ubicados en la fachada frontal que soportan vigas de techo con una longitud total (3,44 m) menor a 6,1 m: una pieza de 150 mm x 200 mm (GL20 h); dinteles de 3,12 m ubicados en muro interior donde apoyan vigas de techo con una longitud total (3,44 m + 5,24 m = 8,68 m) comprendida entre 6,1 m y 9,76 m: una pieza de 150 mm x 200 mm (GL20 h). Esta última solución, si bien parece ser contraria a la seguridad al compararla con la información de la Tabla 4.16, se puede respaldar en que el exceso de 0,07 m en la longitud del dintel (3,12 m) respecto de la que corresponde a la sección tomada (3,05 m) se puede compensar razonablemente por la reducción de 1,08 m en la longitud total de vigas de techo que apoyan sobre el dintel (8,68 m) respecto del rango considerado en la tabla (hasta 9,76 m). En todos los casos los dinteles de madera laminada apoyan en cada extremo sobre un pilar de 150 mm x 150 mm, aunque cada uno de estos pilares puede ser sustituido por tres montantes adicionales colocados dentro del muro (Tabla 4.16).

Aplicando el mismo criterio a los dinteles de la Planta Baja, para los de madera aserrada resultan las dimensiones que se presentan a continuación. Dinteles de 1,08 m, 1,05 m, 0,71 m y 0,66 m que soportan vigas de entrepiso con una longitud total (3,15 m o 3,04 m) menor a 4,0 m: dos piezas de 45 mm x 120 mm (EC1) apoyadas en cada extremo sobre un montante adicional; dinteles de 0,92 m que soportan



REFERENCIAS

- Dintel no portante
- Dintel portante de madera aserrada
- Dintel portante de madera laminada encolada
- Pilar

FIGURA 4.17 Identificación de dinteles

vigas de entrepiso con una longitud total (3,15 m + 3,04 m = 6,19) comprendida entre 4,0 m y 8 m: dos piezas de 45 mm x 145 mm (EC1) apoyadas en cada extremo sobre dos montantes adicionales; dinteles de 1,49 m ubicados en la fachada frontal que soportan vigas de entrepiso con una longitud total (3,44 m) menor a 4,0 m: dos piezas de 45 mm x 195 mm apoyadas en cada extremo sobre dos montantes adicionales. Por su parte, las conformaciones para los dinteles de madera laminada encolada se obtienen de la Tabla 4.16. Dinteles de 2,18 m que soportan vigas de entrepiso con una longitud total (3,15 m + 3,04 m = 6,19) comprendida entre 4,0 m y 8 m: una pieza de 150 mm x 240 mm (GL20 h); dinteles de 3,12 m que soportan vigas de entrepiso con una longitud total (3,44 m) menor a 4,0 m: una pieza de 150 mm x 200 mm (GL20 h); dinteles de 2,26 m que soportan vigas de entrepiso con una longitud total (3,04 m) menor a 4,0 m: una pieza de 150 mm x 200 mm (GL20 h). En todos los casos los dinteles de madera laminada apoyan en cada extremo sobre un pilar de 150 mm x 150 mm, aunque cada uno de estos pilares puede ser sustituido por tres montantes adicionales colocados dentro del muro (Tabla 4.16).

El apoyo y la unión a los dinteles de los tramos de montante ubicados entre ellos y las soleras que soportan las vigas de techo sobre las ventanas de la fachada frontal se resuelven como se detalla en la Figura 4.19. En la misma figura se describe la unión entre los extremos de los dinteles y los montantes adicionales que les sirven de soporte, la que resulta apta para todos los dinteles contemplados en las Tablas 4.15 y 4.16.

Los montantes adicionales que soportan dinteles en Planta Alta (Figura 4.19) se unen a la parte superior de los montantes correspondientes en Planta Baja con el esquema de la Figura 4.21 materializado con las dimensiones exhibidas en la Figura 4.23. La parte inferior de estos últimos se une a las fundaciones con el anclaje descrito en la Figura 4.23. No obstante, el profesional responsable de la obra puede emplear otras soluciones, siempre que tengan la capacidad mecánica suficiente para resistir el esfuerzo de levantamiento debido a la acción del viento que para cada longitud de dintel se indica en las Tablas 4.15 y 4.16.

#### UNIONES Y ANCLAJES DE LOS COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES

A continuación, se presentan los modelos de uniones y anclajes adoptados para asegurar una correcta transmisión de los esfuerzos entre las distintas partes de la estructura. Se exceptúa la unión de las correas a las vigas de madera laminada encolada del techo, que ya fue descrita en la Figura 4.12.

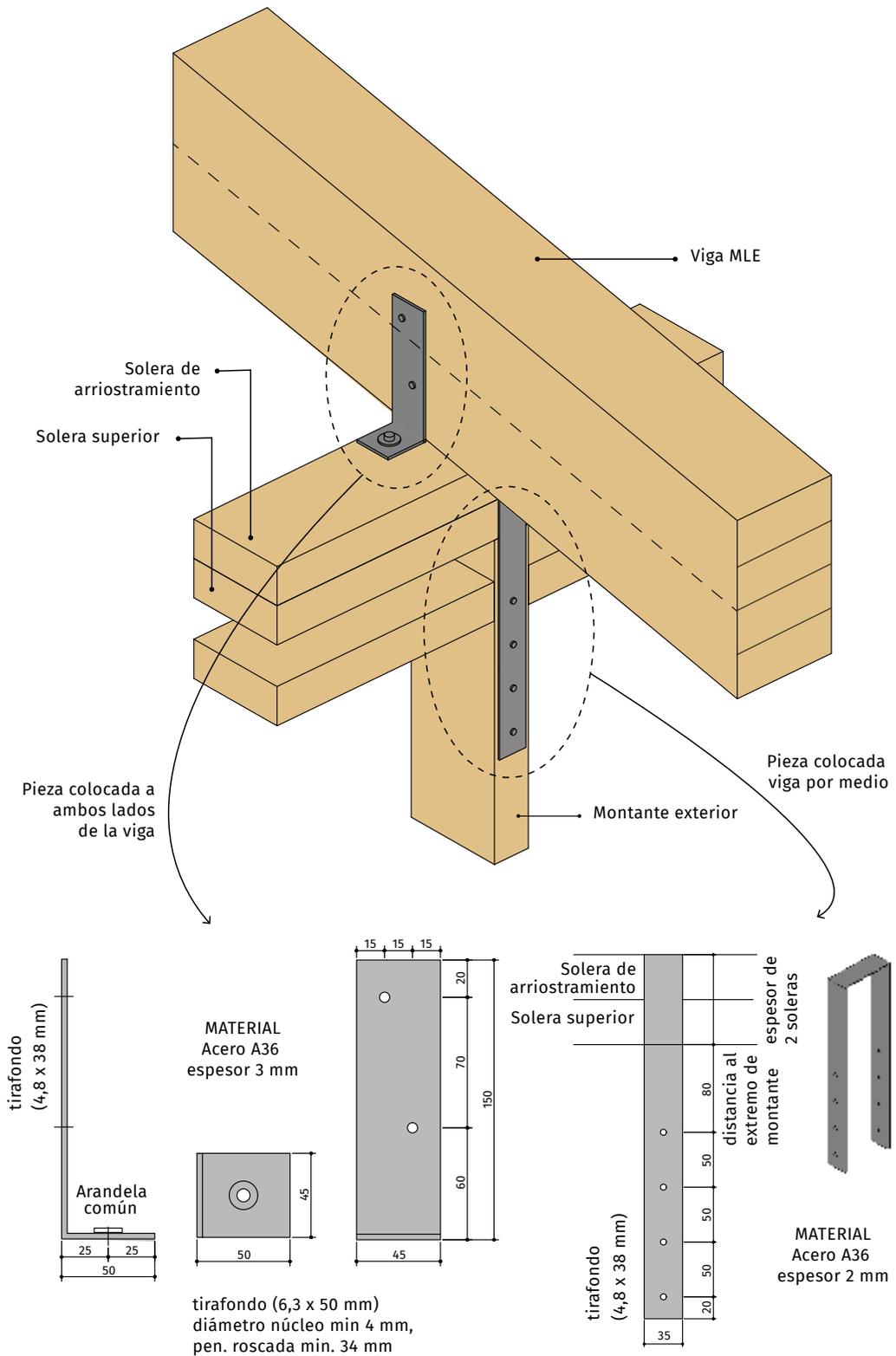
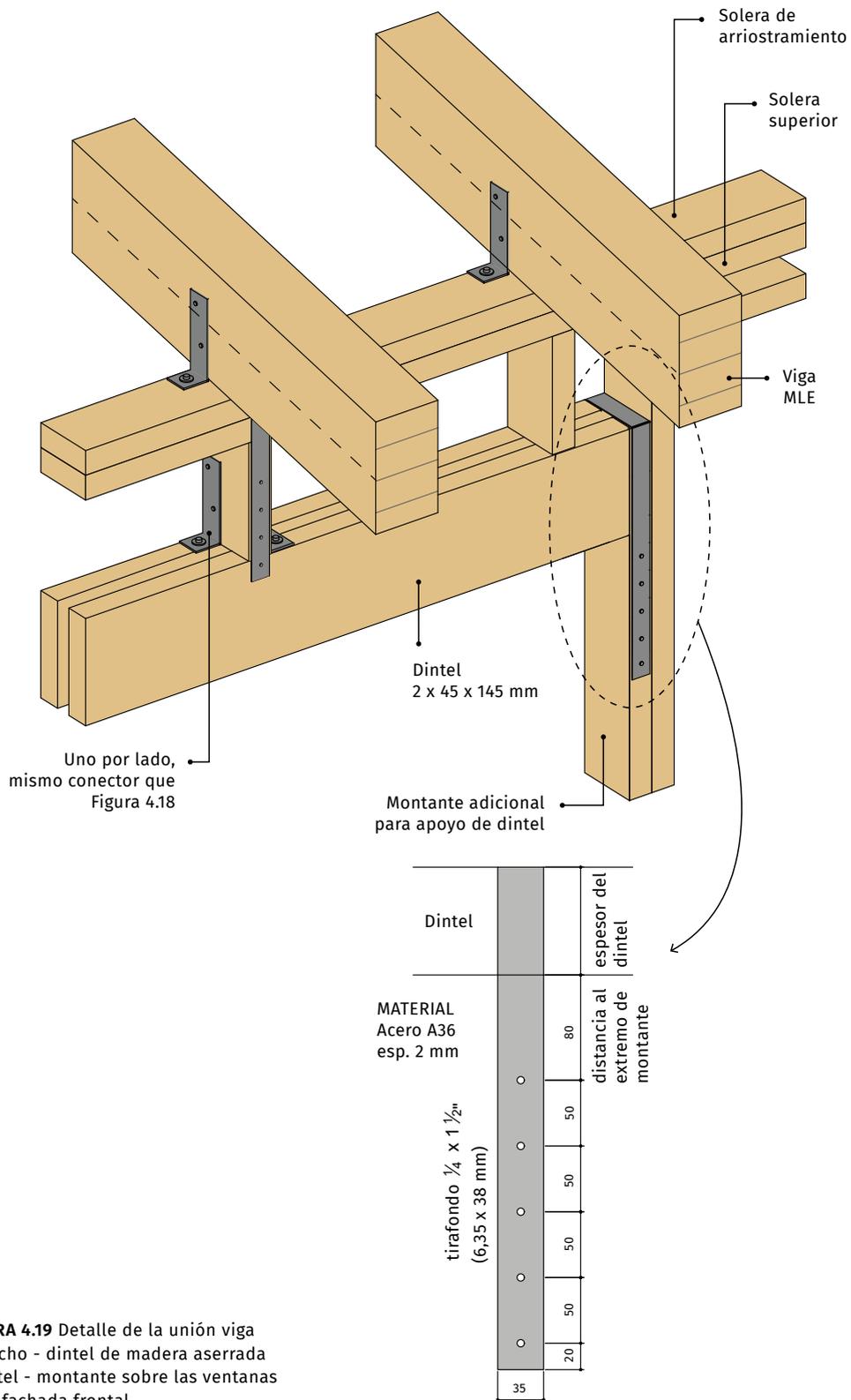


FIGURA 4.18 Detalle de la unión viga de techo - solera y solera - montante sobre los muros de ambas fachadas



**FIGURA 4.19** Detalle de la unión viga de techo - dintel de madera aserrada y dintel - montante sobre las ventanas de la fachada frontal

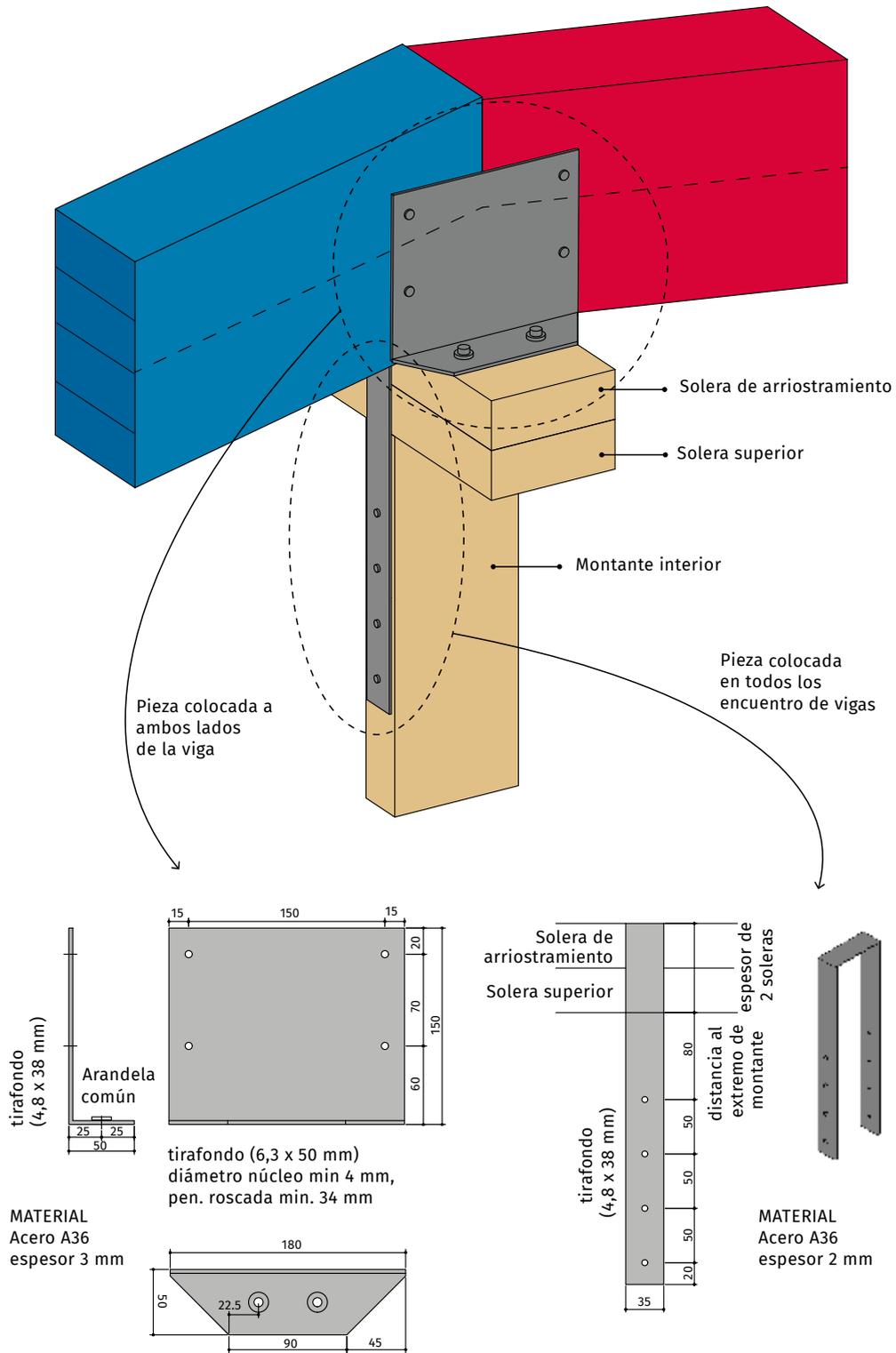
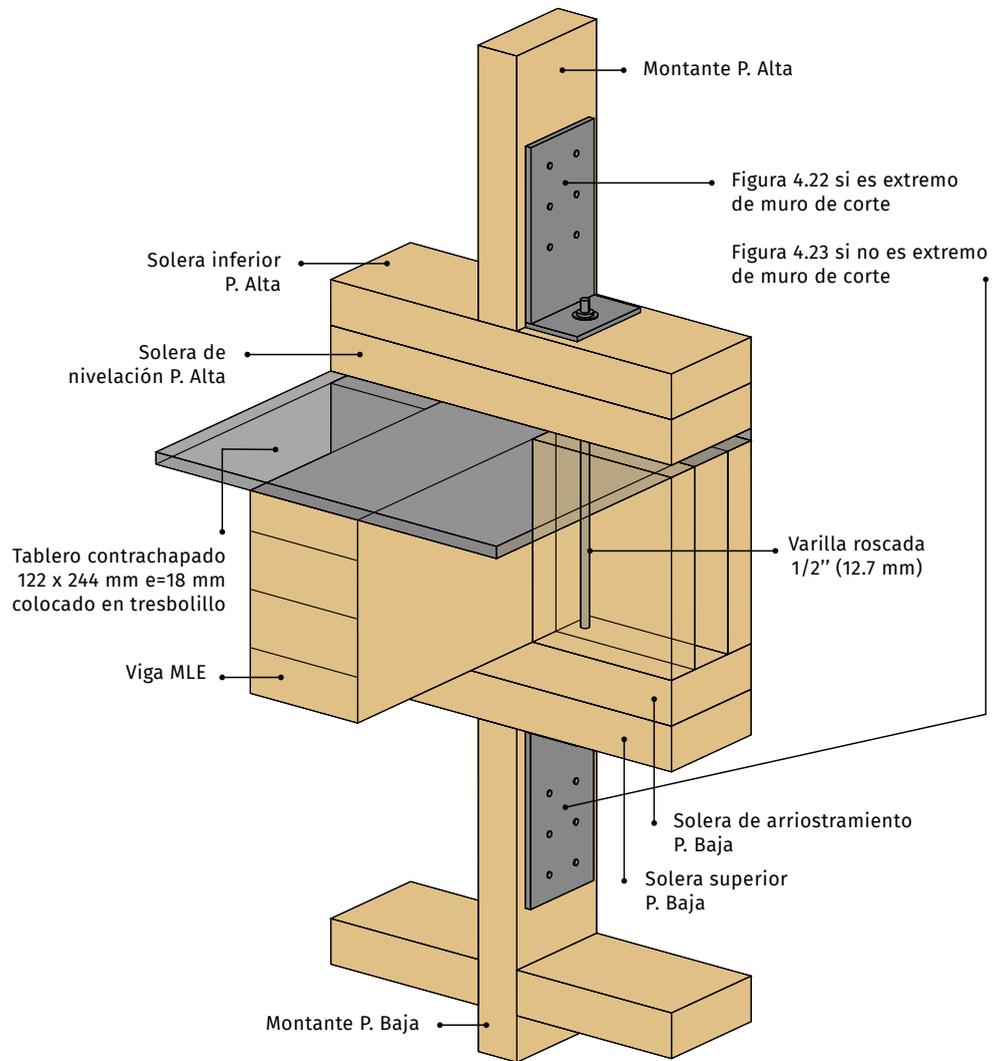


FIGURA 4.20 Detalle de unión de dos vigas concurrentes sobre el muro portante interior



**FIGURA 4.21** Detalle de conexión entre montantes de Planta Alta y Planta Baja para transmitir los esfuerzos de levantamiento originados por el viento

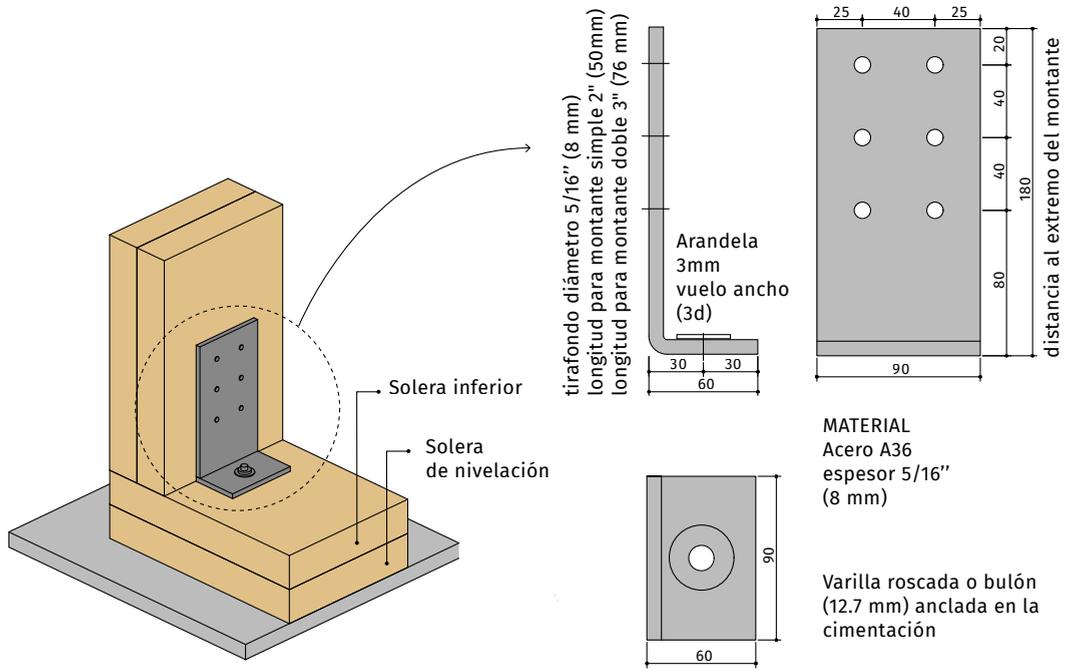


FIGURA 4.22 Anclaje de montantes extremos en los muros de corte

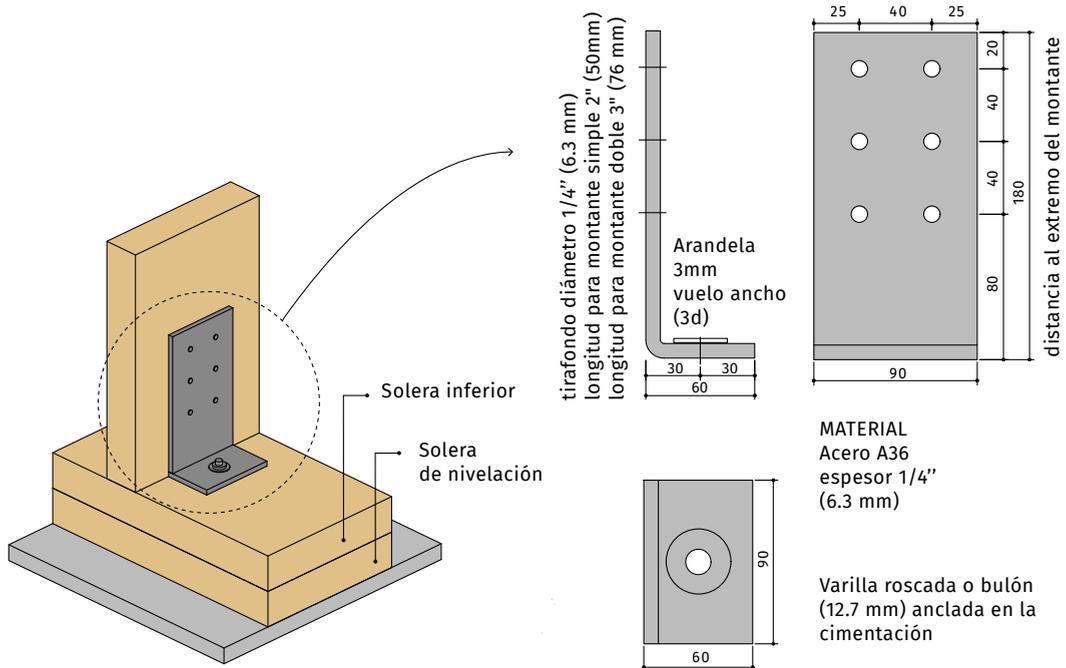


FIGURA 4.23 Anclaje de montantes que no están ubicados en los extremos de muros de corte

# 4.2

## Soluciones estructurales estandarizadas para viviendas de dos plantas

### REGLAS GENERALES

En este Apartado se presentan distintas soluciones (tipologías, dimensiones, especies y calidades) para los componentes y sistemas estructurales típicos de las construcciones de entramado ligero en viviendas de dos plantas.

Las soluciones exhibidas a continuación pueden ser aplicadas a los casos que, además de estar enmarcados en las condiciones indicadas en los Capítulos 1 y 2 así como en las condiciones particulares expresadas más adelante, satisfacen los siguientes requisitos:

- La forma de la planta de la vivienda es preponderantemente cuadrada o rectangular. Toda dimensión horizontal según sus direcciones principales es igual o menor a 16 m, y la relación entre esas dimensiones (a/b, siendo a mayor que b) es igual o menor a 2. La dimensión mínima de todos los locales ubicados en la Planta Alta es igual o menor a 5 m.
- La cubierta es de chapas onduladas o similares, con una pendiente comprendida entre 15% y 30%. La altura máxima de la vivienda (H) es igual o menor a 8 m.
- La altura de los montantes de los muros portantes es constante e igual o menor a 2,80 m en la Planta Baja y en la Planta Alta de las viviendas cuya cubierta está sustentada por cerchas. En las viviendas con cubierta soportada por vigas, la altura mínima de los montantes de la Planta Alta no debe superar 2,80 m, pudiendo luego crecer acompañando la pendiente de las vigas hasta un máximo de 3,70 m.
- Los muros portantes, aberturas y dinteles portantes de la Planta Alta están alineados verticalmente con muros portantes, aberturas y dinteles portantes de la Planta Baja.
- Las dimensiones y el espaciamiento de los sistemas y componentes estructurales se encuentran comprendidos en el rango adoptado para cada caso y cumplen las condiciones particulares especificadas.
- Este sistema constructivo lleva implícito el concepto de modulación, el cual se manifiesta a través de la separación entre montantes, que pueden estar constituidos por una o por dos piezas. Salvo aclaración en contrario, todos los resultados presentados en este capítulo son válidos para una separación entre ejes de montantes igual a 0,61 m.
- La calidad de los materiales se corresponde con lo especificado en el Capítulo 2 de este documento. En particular, la madera aserrada de Pino EC1 y EC0 satisface los re-

querimientos de la norma UNIT 1261 (2018), la madera aserrada de *E. grandis* EF1 cumple lo especificado en la norma UNIT 1262 (2018) y la madera laminada encolada estructural GL20 h, GL22 h, GL24 h responde a los requisitos de las normas UNIT 1264 (2019) y UNIT 1265 (2020). Los adhesivos utilizados en la fabricación de la madera laminada encolada y tableros estructurales son aptos para desempeñarse en la Clase de servicio 2, donde una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 85% se superan durante pocas semanas al año. A su vez, la integridad del encolado de la madera laminada encolada debe mantenerse durante el período de resistencia al fuego asignado a las viviendas (30 minutos).

corresponde con los valores adoptados por la norma UNIT 33 (1991) para locales de viviendas con dimensión mínima igual o menor a 5 m (dormitorios, comedores y lugares de estar, cocinas y baños), ya que el presente documento no provee soluciones para la estructura de otros espacios con una sobrecarga de uso mayor que la mencionada (balcones, escaleras). La acción del viento responde a los lineamientos de la norma UNIT 50 (1984).

Las soluciones que se presentan sin ofrecer alternativas para las distintas zonas (Costera o Interior) y/o tipos de Rugosidad (I, II, III y IV), son utilizables en todas las ubicaciones disponibles dentro del territorio nacional (Ver Capítulo 2).

- La sobrecarga concentrada de la cubierta inaccesible (1,5 kN) es la prescrita en la norma UNIT 33 (1991) y la sobrecarga de uso en todos los entresijos (1,5 kN/m<sup>2</sup>) se

Considerando que no resulta posible prever en este documento todos los detalles constructivos de cada proyecto, el profesional responsable de la obra puede efectuar adaptaciones

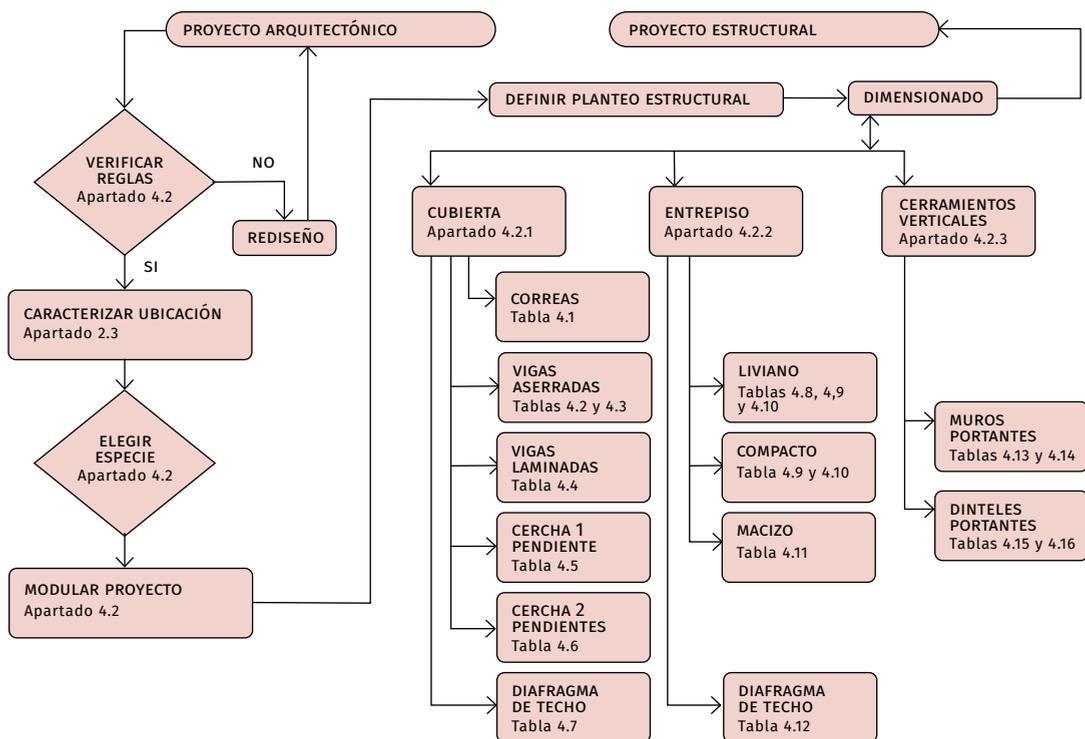


FIGURA 4.24 Diagrama de flujo del procedimiento general para resolución de la estructura

a cada situación teniendo en cuenta sus particularidades y el destino de la construcción.

En la Figura 4.24, se indica un diagrama de flujo con las opciones que se le presentan al proyectista para la resolución de la estructura de dos viviendas apareadas de dos niveles con las soluciones brindadas por esta guía.

#### 4.2.1

### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA

#### I. Correas

La Tabla 4.1 presenta las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud, para correas de madera aserrada.

**TABLA 3.1.** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para correas de madera aserrada.

Separación entre centros de apoyo de la correa (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
0,61	36 x 89	35 x 95 (38 x 100)	45 x 95 (50 x 100)
1,22	45 x 100	45 x 120 (50 x 125)	45 x 145 (50 x 150)

Entre paréntesis se indican dimensiones sin cepillar.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 4.1 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente se integra con el peso propio de la correa sumado al de una cubierta de chapa con un peso aproximado de 60 N/m<sup>2</sup>.
- Las correas se colocan con una distancia entre ejes igual o menor a 1 m. Las prolongaciones laterales en voladizo de las correas para construir elementos decora-

tivos no exceden de 0,61 m.

- En cada apoyo, la unión de la correa con la estructura que la soporta (vigas de techo o cerchas) satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la correa.
  - Si el apoyo es directo, se dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la correa) igual o mayor a 35 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1800 N cuando la correa está apoyada sobre cerchas separadas 1,22 m y de 900 N cuando está apoyada sobre vigas separadas 0,61 m.

#### II. Vigas de techo

A continuación, se presentan soluciones con vigas de techo considerando dos alternativas respecto de la exposición al fuego: 1) revestimiento de yeso o protección superficial (barnices o pinturas) y, 2) sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

#### VIGAS DE TECHO DE MADERA ASERRADA

La Tabla 4.2 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de madera aserrada protegidas respecto de la acción del fuego.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 4.2 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

**TABLA 4.2** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera aserrada protegidas con revestimiento inferior de yeso(1).

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
<=2,6	45 x 100	70 x 120 (75 x 125 ó 50 x 150) <sup>(2)</sup>	70 x 145 (75 x 150 ó 50 x 200) <sup>(2)</sup>
2,8	45 x 100	70 x 145 (75 x 125 ó 50 x 150) <sup>(2)</sup>	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>
3,0	45 x 100	70 x 145 (75 x 150) <sup>(2)</sup>	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>
3,2	45 x 100	70 x 145 (75 x 150) <sup>(2)</sup>	(50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,4	45 x 100	45 x 195 (50 x 200 ó 75 x 150) <sup>(2)</sup>	(50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,6	-	45 x 195 (50 x 200) <sup>(2)</sup>	-
3,8	-	45 x 195 (50 x 200) <sup>(2)</sup>	-
4,0	-	(50 x 200) <sup>(2)</sup>	-

(1) El profesional responsable de la obra y el propietario pueden decidir el reemplazo del revestimiento de yeso por protección superficial frente al fuego (barnices o pinturas); (2): Entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar.

- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, tablero contrachapado de 12 mm de espesor) y una placa de yeso RF de 15 mm de espesor colocadas debajo de la viga.
- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio del tablero contrachapado y las correas que se vinculan por su parte superior.
- En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1900 N.

La Tabla 4.3 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de madera aserrada sin protección respecto de la acción del fuego.

**TABLA 4.3** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera aserrada sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO
<=2,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>
2,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>
3,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,2	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,4	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>
3,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>
3,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150) <sup>(2)</sup>	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>
4,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195 (2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200) <sup>(2)</sup>

(1): Viga constituida por dos piezas conectadas, con las dimensiones que se indica en cada caso; (2): Entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 4.3 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La conexión entre las dos piezas que constituyen cada viga no debe estar expuesta a la acción directa del fuego.
- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, machihembrado de 19 mm de espesor).
- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio del machihembrado y las correas que se vinculan por su parte superior.
- En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 1900 N.

### VIGAS DE TECHO DE MADERA LAMINADA ENCOLADA

La Tabla 4.4 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre proyectada en planta, para vigas de techo de madera laminada encolada sin protección respecto de la acción del fuego.

La utilización de las soluciones provistas en la Tabla 4.4 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio de la viga sumado al de la cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, machihembrado de 19 mm de espesor).
- Las vigas se colocan apoyadas en los extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual a 0,61 m. El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio del machihembrado y las correas que se vinculan por su parte superior.
- En cada apoyo, la unión de las vigas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:

- La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la viga.
- Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) igual o mayor a 40 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
- La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con un valor nominal (sin mayorar) de 2600 N.

### II. Cerchas de techo

A continuación, se presentan soluciones de cubierta con cerchas de estructura reticulada con una pendiente y con dos pendientes, para distintas longitudes entre apoyos. En el apartado de detalles constructivos se incluyen los lineamientos para el ajuste a otras longitudes de proyecto.

En todos los casos, las dimensiones indicadas en las tablas corresponden a secciones cepilladas, pero pueden utilizarse secciones sin cepillar iguales o superiores siempre que se asegure un buen contacto entre las piezas en las uniones.

**TABLA 4.4** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de techo de madera laminada encolada sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	GL 20h	GL 22h	GL 24h
<=3,0	90 x 125	90 x 125	90 x 125
3,5	90 x 150	90 x 125	90 x 125
4,0	90 x 150	90 x 150	90 x 150
4,5	90 x 180	90 x 180	90 x 180
5,0	125 x 200	90 x 200	90 x 180
5,5	125 x 200	125 x 200	125 x 200
6,0	150 x 200	125 x 200	125 x 200

La utilización de las Tablas 4.5 y 4.6 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente se integra con el peso propio de la cercha sumado a una carga de 400 N/m<sup>2</sup>, correspondiente a los elementos de cubierta (chapa ondulada, correas, aislación térmica e hidrófuga, tirantillos, tablero OSB de 8 mm de espesor) y elementos del diafragma y cielorraso (tirantillos, tablero contrachapado de 12 mm de espesor y placa de yeso RF de 15 mm de espesor).
- Las cerchas se disponen con una distancia entre ejes igual o menor a 1,22 m en coincidencia con la presencia de montantes en el muro portante.
- El cordón superior de las cerchas se encuentra arriostrado cada 1 m por la presencia de las correas de la cubierta. El cordón inferior se encuentra arriostrado cada 0,61 m por el tirantillo continuo con sección de 45 mm x 45 mm que forma parte del diafragma y se ubica perpendicularmente a las cerchas.
- Las primeras dos cerchas desde cada extremo se rigidizan vinculándolas entre sí como se indica en la Figura 4.29.
- Toda la estructura de la cubierta se encuentra protegida del fuego con una placa inferior de yeso RF de 15 mm de espesor.
- Las uniones se materializan utilizando placas fenólicas de ambos lados y clavos con las características que se indican en cada caso (ver las Figuras 4.30 y 4.31).
- En cada apoyo, la unión de las cerchas con la estructura que la soporta satisface los siguientes requisitos:
  - La unión impide el desplazamiento lateral y el giro de la sección transversal de la cercha.
  - Si el apoyo es directo, dispone de una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la cercha) igual o mayor a 45 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.
  - La conexión equilibra un esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) indicado en la última columna de las Tablas 4.5 y 4.6.

**TABLA 4.5** Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) de las piezas componentes de las cerchas con una pendiente.

Longitud entre apoyos (m)	<i>E. grandis</i> - EF1				<i>Pino</i> - EC1				E.L. <sup>(1)</sup>
	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	(N)
3,66	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	3750
4,88	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	4350
6,10	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 70 <sup>(5)</sup>	45 x 100	45 x 70	45 x 70	45 x 95 <sup>(6)</sup>	45 x 120	5200

D: diagonales; M: Montantes; CI: Cordón inferior; CS: Cordón superior; (1): Esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar); (2): Para extremo Tipo 1 o 2; (3): Para extremo Tipo 3 (ver Figura 4.27); (4): Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm; (5): Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm o 45 mm x 150 mm; (6): En Zona Interior con cualquier Rugosidad y en Zona Costera con Rugosidades 2,3 y 4 se puede reducir esta sección a 45 mm x 70 mm.

## CERCHAS CON UNA PENDIENTE

La Tabla 4.5 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal de las piezas componentes de las cerchas con una pendiente comprendida entre el 15% y el 30% (Figura 4.25).

## CERCHAS CON DOS PENDIENTES

La Tabla 4.6 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, de las piezas componentes de cerchas con dos pendientes de 30% (Figura 4.26).

- D**  
Diagonales
- M**  
Montantes
- CI**  
Cordón inferior
- CS**  
Cordón superior
- E-E**  
Posibles localizaciones de un empalme del cordón (ver la Figura 4.28)
- U**  
Uniones típicas en los nodos (ver la Figura 4.30)

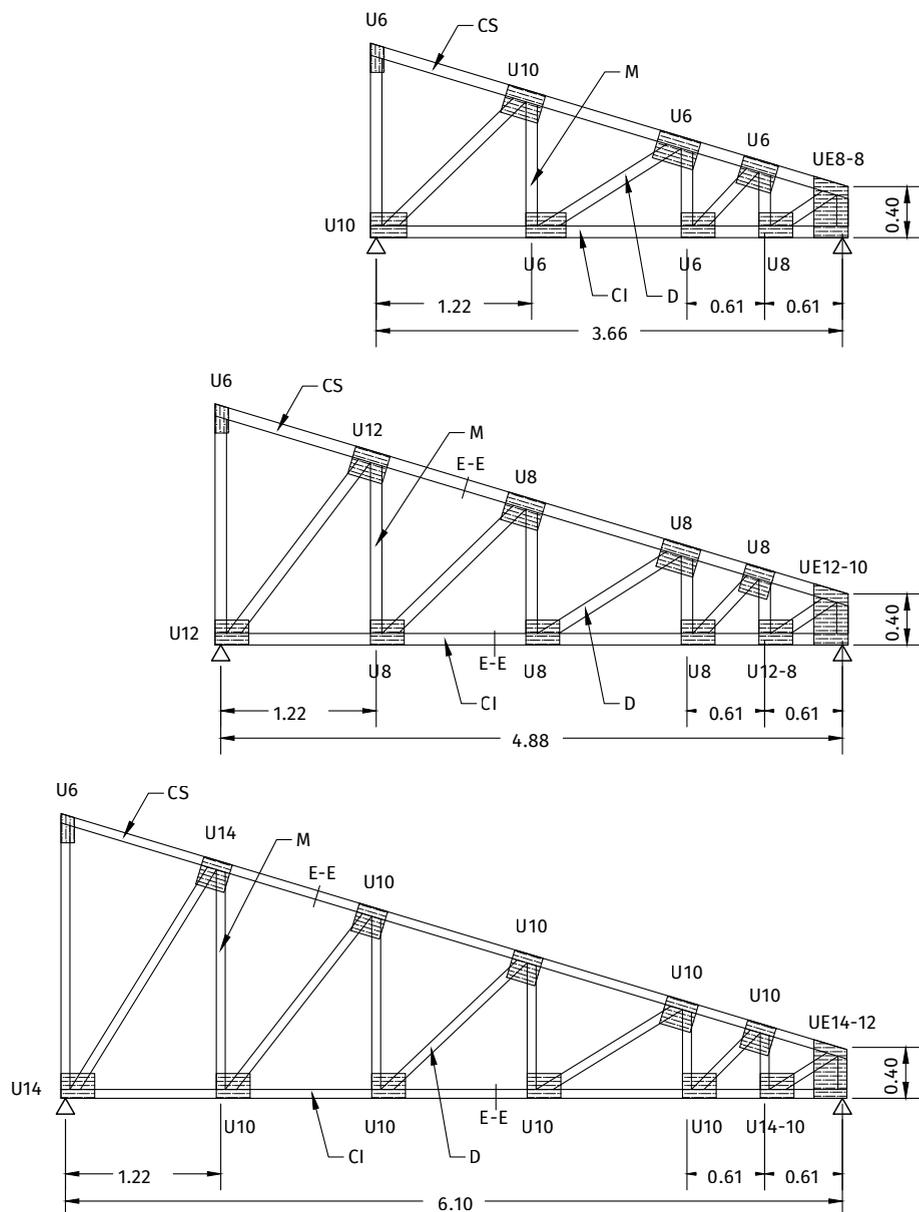


FIGURA 4.25 Descripción general de las cerchas con una pendiente

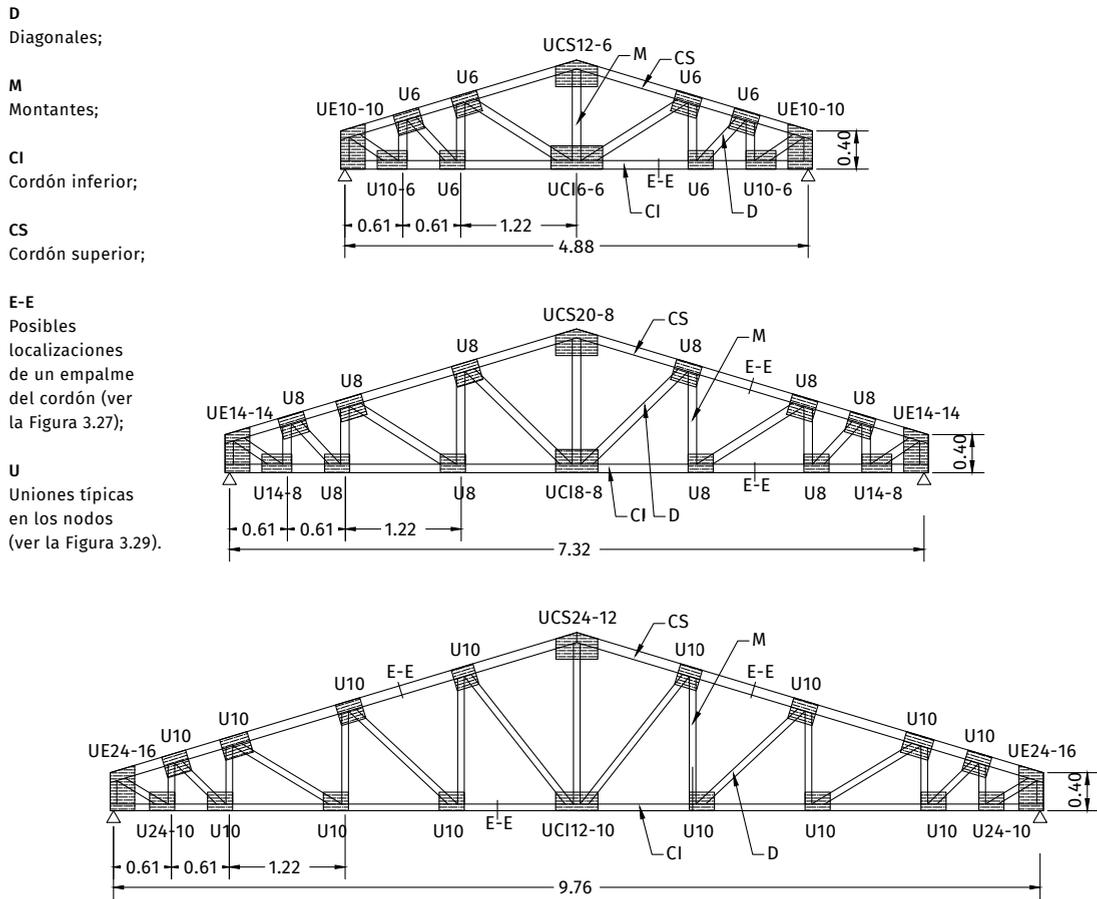


FIGURA 3.25 Descripción general de las cerchas con dos pendientes

TABLA 4.6 Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) de las piezas componentes de las cerchas de dos pendientes.

Longitud entre apoyos (m)	<i>E. grandis</i> - EF1				Pino - EC1				E.L. <sup>(1)</sup> (N)
	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	D - M	CI	CS <sup>(2)</sup>	CS <sup>(3)</sup>	
4,88	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 95	35 x 120	4700
7,32	36 x 89	36 x 89	36 x 89	36 x 100 <sup>(4)</sup>	35 x 95	35 x 95	35 x 120 <sup>(5)</sup>	35 x 120	6700
9,76	45 x 70 <sup>(6)</sup>	45 x 70 <sup>(6)</sup>	45 x 100	45 x 100	45 x 70	45 x 70	45 x 95	45 x 120	8800

D: Diagonales; M: Montantes; CI: Cordón inferior; CS: Cordón superior; (1): Esfuerzo de levantamiento (debido a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar); (2): Para extremo Tipo 1 o 2; (3): Para extremo Tipo 3 (ver Figura 4.27); (4): Dimensiones obtenidas a partir de secciones de 45 mm x 100 mm; (5): En Zona Interior con cualquier Rugosidad y en Zona Costera con Rugosidades 2, 3 y 4 se puede reducir esta sección a 35 mm x 95 mm; (6): Dimensiones obtenidas a partir de sección de 45 mm x 100 mm o 45 mm x 150 mm.

## DETALLES CONSTRUCTIVOS

A continuación se ofrecen seis detalles constructivos que se relacionan a los siguientes aspectos de cerchas con una y dos pendientes: tipologías de los extremos, ajuste de la longitud, empalme de los cordones, rigidización transversal, uniones en los nodos y características de las placas de conexión.

Se pueden adoptar tres Tipologías de extremos, las que se muestran en la Figura 4.27. En el extremo Tipo 3 se diferencia la sección transversal del cordón superior (CS), como se especifica en la Tablas 4.5 y 4.6.

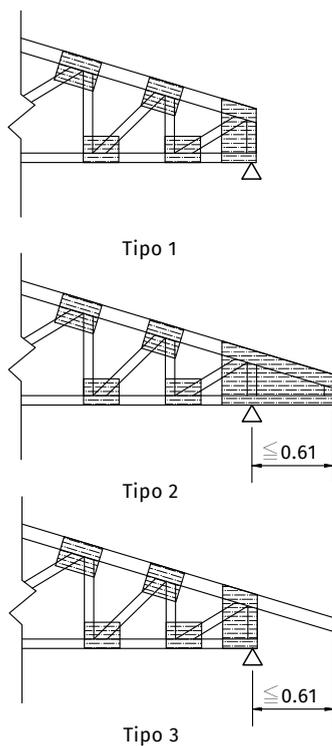


FIGURA 4.27 Tipologías de extremos

El ajuste de la longitud de cercha al requerimiento de proyecto se realiza respetando las siguientes consideraciones:

- Se adoptan las secciones y dimensiones generales de la cercha de longitud inmediatamente superior a la requerida.
- Se mantiene la altura de 0,40 m en la zona de apoyo de la cercha.
- Se mantiene la pendiente en el rango indicado, según sea para una pendiente (entre 15% y 30%) o dos pendientes (30%).
- Se mantienen los dos tramos de 0,61 m en el (los) extremo(s) bajo(s) de la cercha adyacentes al apoyo hacia el interior.
- Se reducen uniformemente los restantes espacios entre montantes, para alcanzar la longitud entre apoyos requerida.

El empalme del cordón (superior o inferior) puede disponerse según la conveniencia de cada proyecto, pero debe evitarse ejecutarlos en la proximidad de los apoyos (ver las Figuras 4.25 y 4.26). Las configuraciones de empalme para cada tipo de cercha se presentan en la Figura 4.28. Tanto las características de los clavos como el espesor de las placas auxiliares (laterales) se corresponden con lo indicado en la Figura 4.31.

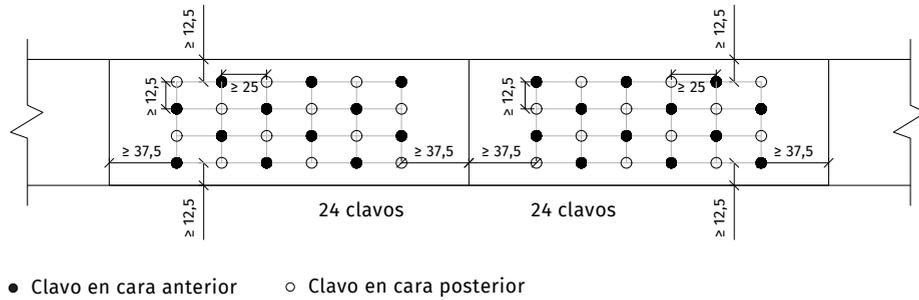
La rigidización transversal de las primeras dos cerchas desde cada extremo de la cubierta (en forma simétrica) debe realizarse en todos los casos como se indica en la Figura 4.29. La sección transversal mínima de la diagonal de rigidización es 35 mm x 95 mm en Pino EC1 o 36 mm x 89 mm en *E. grandis* EF1. La diagonal se vincula al extremo superior del montante de la primera cercha (cercha 1) y al extremo inferior del montante de la segunda cercha (cercha 2), en las posiciones que se indican en la Figura 4.29 para cerchas de una y dos pendientes. En cada unión se colocan neumáticamente ocho clavos espiralados de 2,5 mm de diámetro y 75 mm de longitud separados entre sí como mínimo 12,5 mm.

**Unión E-E # - #**

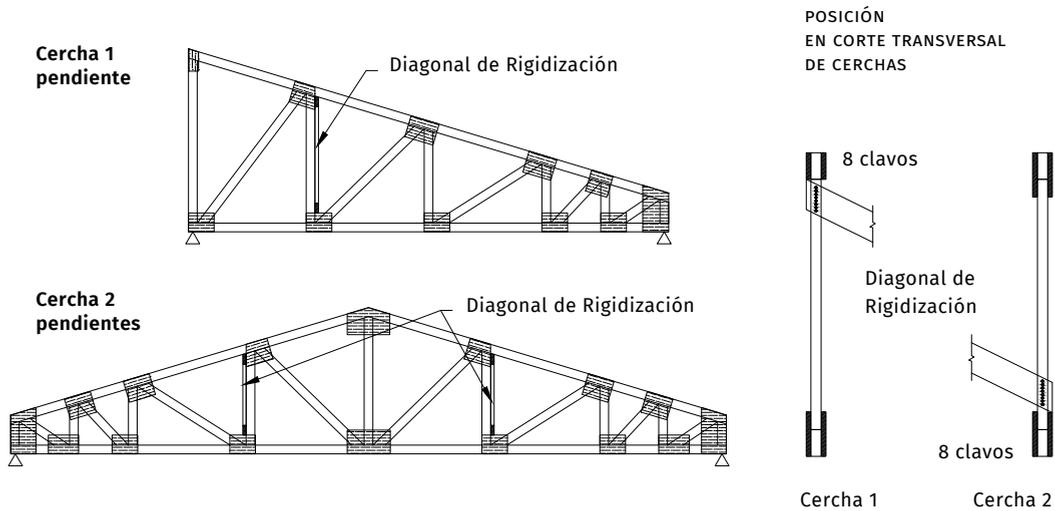
# es la cantidad de clavos en cada extremo del cordón interrumpido

	Longitud entre apoyos (m)	Empalme
Cerchas de 1 pendiente	3,66	E-E 10-10
	4,88	E-E 14-14
	6,10	E-E 24-24
Cerchas de 2 pendientes	4,88	E-E 14-14
	7,32	E-E 21-21
	9,76	E-E 32-32

**Ejemplo E-E 24-24**



**FIGURA 4.28** Detalles del empalme del cordón



**FIGURA 4.29** Rigidización transversal de las cerchas

Las uniones típicas en los nodos se muestran en la Figura 4.30, indicando en cada caso las distancias entre elementos de conexión que deben respetarse. Tanto las características de los clavos como el espesor de las placas

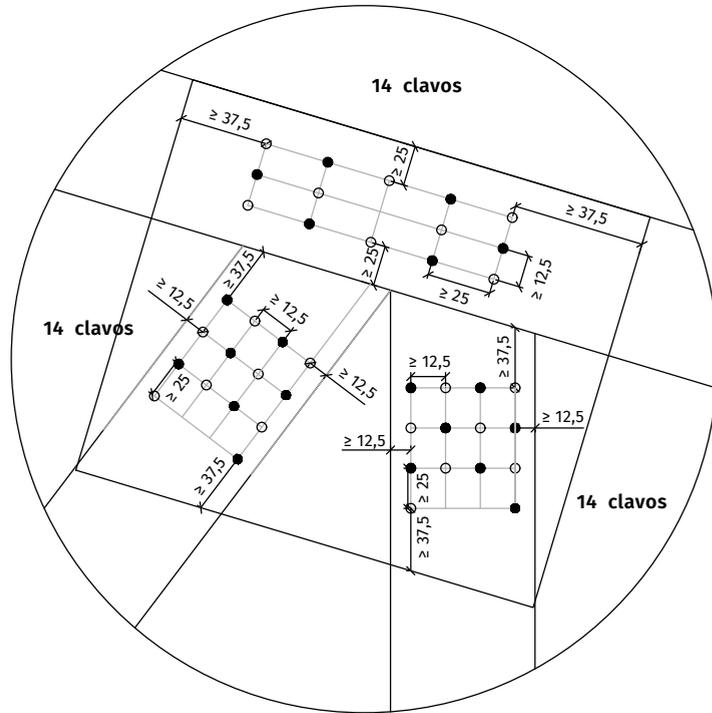
se corresponden con lo indicado en la Figura 4.31. Todos los ejemplos presentados a continuación se elaboraron considerando uniones con clavos que penetran las tres piezas (dos secciones de corte).

**Unión U #**

# es la cantidad de clavos en cada elemento que concurre a la conexión

**Ejemplo U14**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión U # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en la diagonal y el cordón inferior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante.

**Ejemplo U 14-10**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior

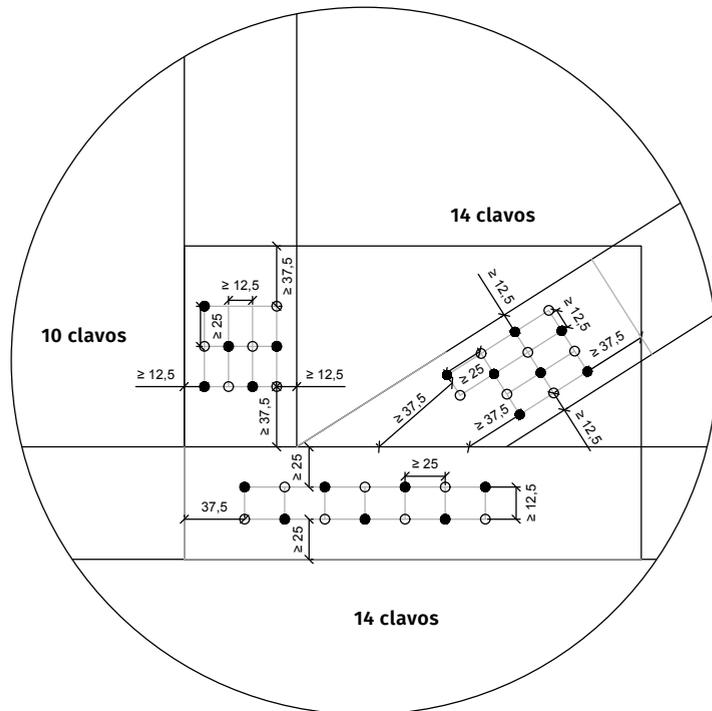


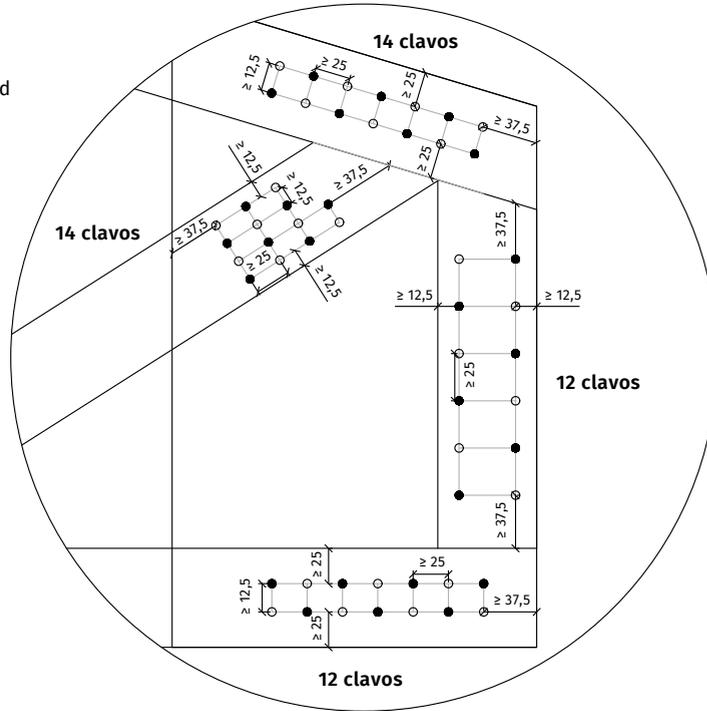
FIGURA 4.30 A Uniones típicas en los nodos

**Unión de Extremo UE # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en la diagonal y el cordón superior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante y el cordón inferior.

**Ejemplo UE 14-12**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión Central Superior UCS # - #**

# el primer número es la cantidad de clavos en cada extremo del cordón superior, el segundo número es la cantidad de clavos en el montante

**Ejemplo UCS 24-12**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior

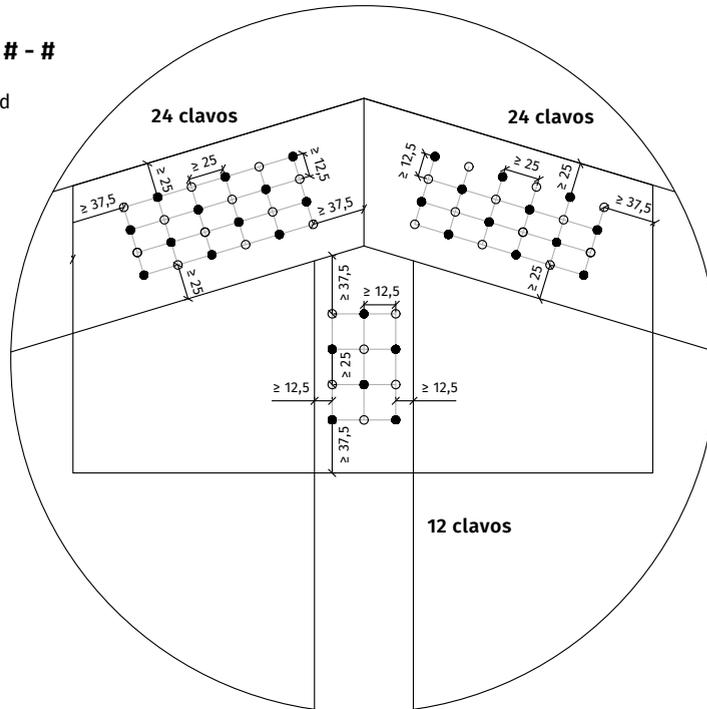


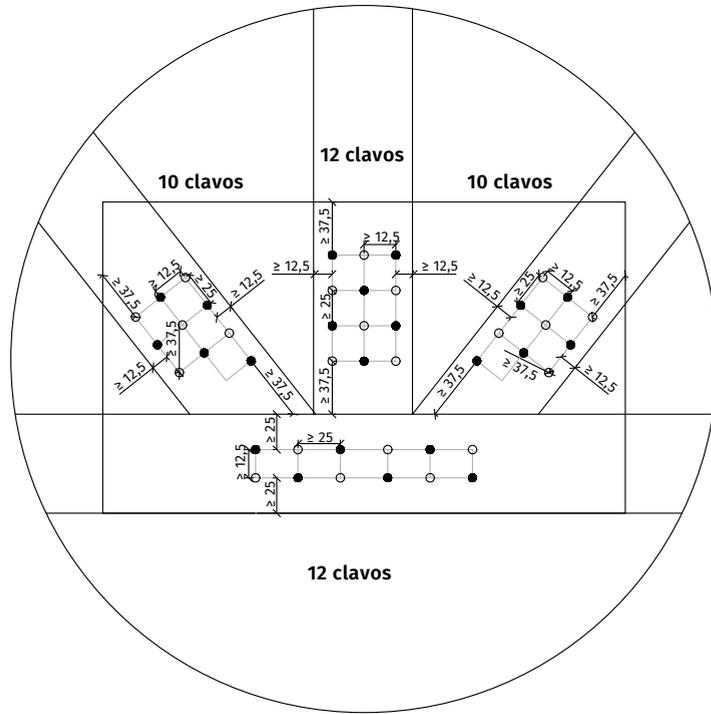
FIGURA 4.30 B Uniones típicas en los nodos

**Unión Central Inferior UCI # - #**

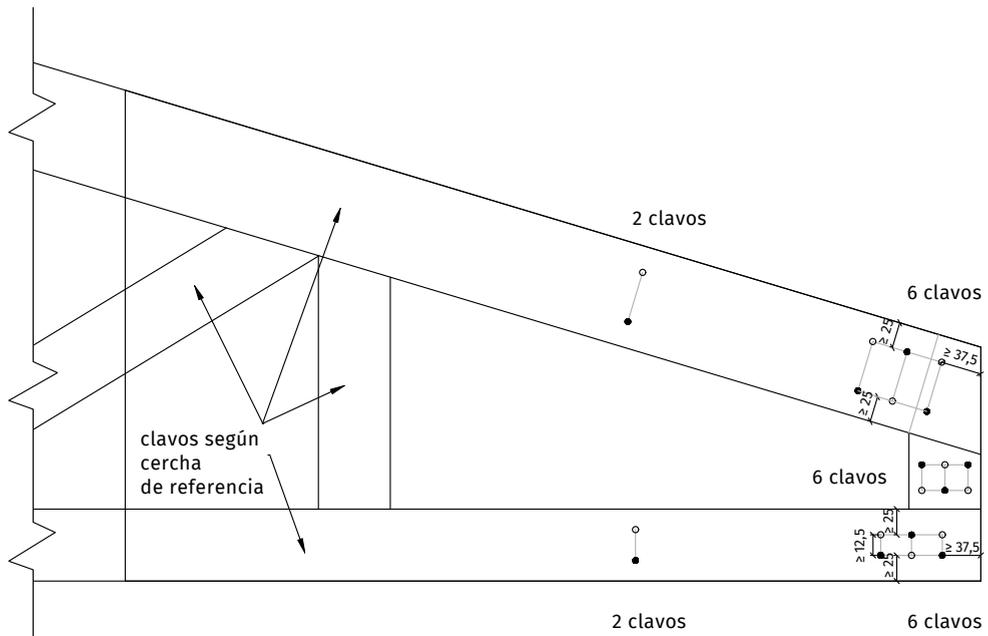
# el primer número es la cantidad de clavos en el montante y en el cordón inferior, el segundo número es la cantidad de clavos en cada diagonal.

**Ejemplo UCI 12-10**

- Clavo en cara anterior
- Clavo en cara posterior



**Unión en Extremo Tipo 2**



**FIGURA 4.30 C** Uniones típicas en los nodos

Las características de las placas de conexión varían en función del espesor de las piezas que componen la cercha. Cuando se construye con piezas de 35 mm o 36 mm de espesor se pueden emplear placas fenólicas de 15 mm de espesor y clavos espiralados colocados neumáticamente de 2,5 mm de diámetro por 65 mm de largo, constituyendo conexiones de dos secciones de corte, como se muestra en la Figura 4.31 izquierda. Se coloca la mitad de la cantidad indicada de clavos a cada lado de la cercha.

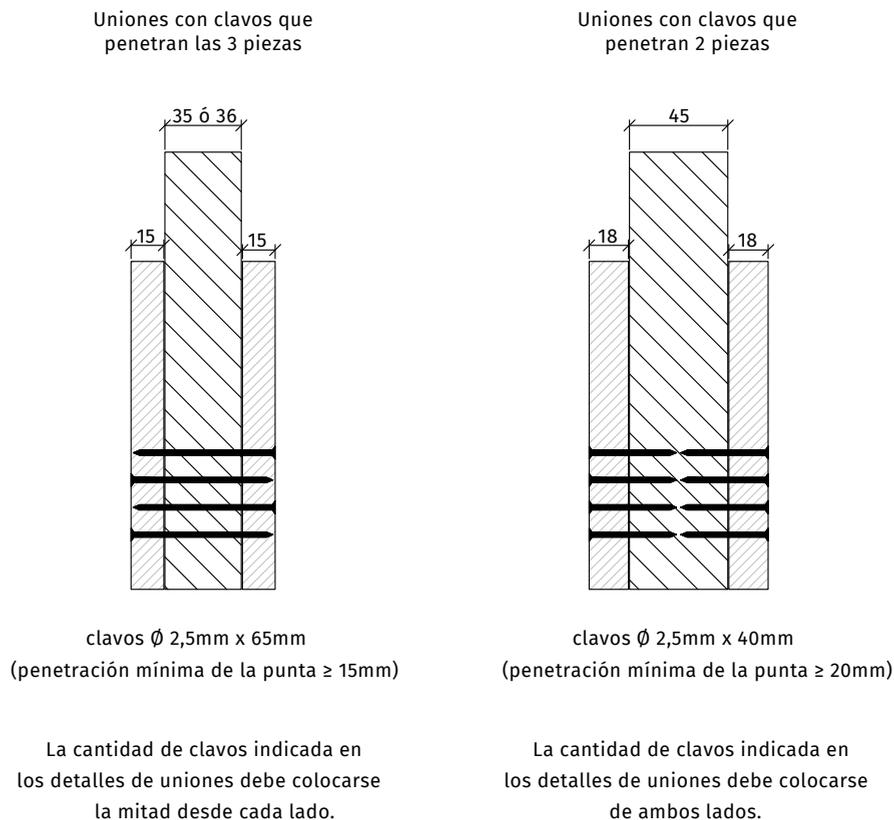
Cuando la cercha se construye con piezas de 45 mm de espesor, se puede utilizar placas fenólicas de 18 mm de espesor y clavos espiralados colocados neumáticamente de 2,5 mm de diámetro por 40 mm de largo, constituyendo conexiones de una sección de corte, como se

muestra en la Figura 4.31 derecha. Se coloca la totalidad de la cantidad indicada de clavos a cada lado de la cercha.

En ambos casos, si algunos de los espesores de las piezas de madera o de la placa varía (aumenta), por ejemplo, por la utilización de madera sin cepillar, debe verificarse la penetración mínima de la punta del clavo en la última pieza o bien modificar (incrementar) la longitud del mismo.

## II. Diafragmas de cubierta

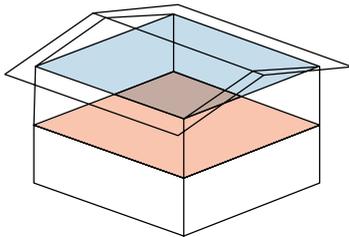
Los diafragmas ubicados en la cubierta de la Planta Alta forman parte del sistema estructural que absorbe y traslada los esfuerzos horizontales generados por la acción del viento. Cada diafragma recibe esos esfuerzos de parte



**FIGURA 4.31** Características de las conexiones

de los muros expuestos al viento según la dirección considerada (paredes perpendiculares a la dirección de este), y los traslada al extremo superior de los muros de corte destinados a ese fin en la Planta Alta. A través de estos, en general ubicados en el perímetro exterior de la vivienda y a veces en su interior, y cuyo eje es paralelo a la dirección del viento, los esfuerzos horizontales son transportados hasta el nivel del entrepiso, y luego, por medio de los muros de corte ubicados en la Planta Baja, hasta las fundaciones.

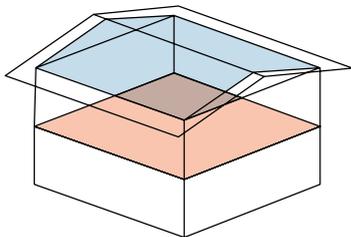
### Cubierta con cerchas



Diafragma construido en el plano horizontal ubicado debajo del cordón inferior de las cerchas.

Longitud máxima de los montantes de los muros: 2,80 m.

### Cubierta con vigas



Diafragma construido en plano inclinado ubicado sobre el borde superior de las vigas de techo.

Longitud máxima de los montantes de los muros: 2,80 m en el punto bajo y 3,70 m en el punto alto (cumbre).

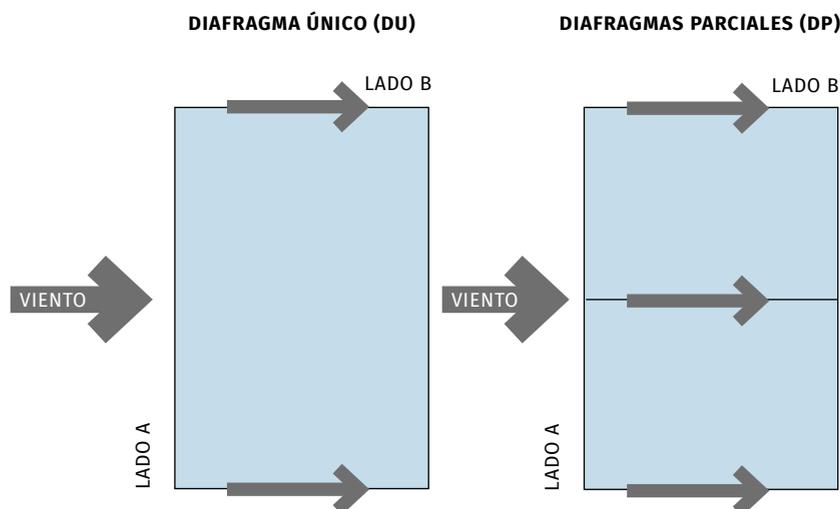
Los diafragmas de cubierta que se presentan en este capítulo son de forma cuadrada o rectangular y una vivienda puede proyectarse con un diafragma único (DU), abarcando toda su superficie y conectado solo a los muros portantes exteriores, o con diafragmas parciales (DP) que también se conectan a muros portantes interiores. La construcción de diafragmas parciales puede responder a los siguientes motivos:

1. La decisión del profesional responsable de la obra, debido a las características del proyecto o con el propósito de conectar los diafragmas parciales a muros portantes interiores, incrementando de esa forma la longitud de transferencia de esfuerzos.
2. Es necesario el cumplimiento del requerimiento expresado en la Tabla 4.7 en viviendas con relación de lados  $a/b > 1,5$  y localizadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 y 2 o en la Zona Interior con Rugosidad 1 y 2. En estos casos se requiere la incorporación de muros portantes interiores (que se suman a los exteriores) para completar el sistema de transferencia de esfuerzos.

Cada diafragma está conformado por los siguientes elementos:

1. Un plano rígido constituido por un conjunto de tableros colocados en tresbolillo o un entablonado machihembrado, en ambos casos estructurales.
2. Las piezas de borde (cordones) vinculadas al perímetro del conjunto de tableros (o entablonado) y a su vez conectadas a los muros de corte.

El plano rígido del diafragma de cubierta puede adoptar dos conformaciones cuyas diferencias se expresan a continuación en estilo *cursivo (itálico)*:



*En viviendas cuya cubierta de la Planta Alta está sustentada por vigas se desarrolla un plano rígido inclinado sobre el borde superior de las vigas de techo.*

*En viviendas cuya cubierta de la Planta Alta está sustentada por cerchas se desarrolla un plano rígido horizontal debajo del cordón inferior de las cerchas de techo.*

Si en el plano rígido se emplean tableros, resultan aptos los contrachapados (*plywood*) con 4 o más capas y espesor de 12 mm pero a su vez mayor a 1/100 de la separación libre entre apoyos. La densidad característica debe ser igual o mayor a 430 kg/m<sup>3</sup> y se admite solo un defecto de borde por tablero con una extensión menor a 100 mm. Los tableros se colocan en tresbolillo con su mayor longitud en dirección perpendicular a los elementos que los sustentan (borde superior de las vigas de techo en diafragmas inclinados o tirantillos perpendiculares al cordón inferior de las cerchas en diafragmas horizontales). Si se utilizan entablonados machihembrados colocados transversalmente sobre el borde superior de las vigas, tienen un espesor nominal de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1. El clavado de los tableros tiene un paso (s) igual o menor a 150 mm en todo el perímetro y a 300 mm en

el interior. Se emplean clavos espiralados colocados neumáticamente con un diámetro mínimo de 3,1 mm y una longitud de 55 mm. En particular, en las viviendas ubicadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 se reduce el paso del clavado perimetral a un máximo de 100 mm y en su interior a 200 mm. El clavado de los tirantillos (de 45 mm x 45 mm que soportan los tableros) al cordón inferior de las cerchas y a las piezas de borde tiene el paso (s) perimetral antes señalado, pero con clavos espiralados de 3,1 mm de diámetro y 75 mm de largo. El profesional responsable de la obra puede adoptar otros medios de fijación de capacidad equivalente y aplicar un criterio similar al expresado para conectar los machihembrados a las vigas de techo que los soportan.

Las piezas de borde (cordones) son continuas en cada lado del diafragma y disponen de una resistencia adecuada para trasladar los esfuerzos a los muros de corte a través de conexiones de la misma capacidad mecánica que la descrita para el perímetro del plano rígido. En diafragmas inclinados ubicados sobre las vigas de techo, es posible utilizar para este fin componentes de la estructura de la cubierta (correas, vigas) o las soleras de arriostamiento que vinculan los muros portantes de la Planta Alta. Dado que estas últimas son también las más adecuadas para utilizarlas como cordones

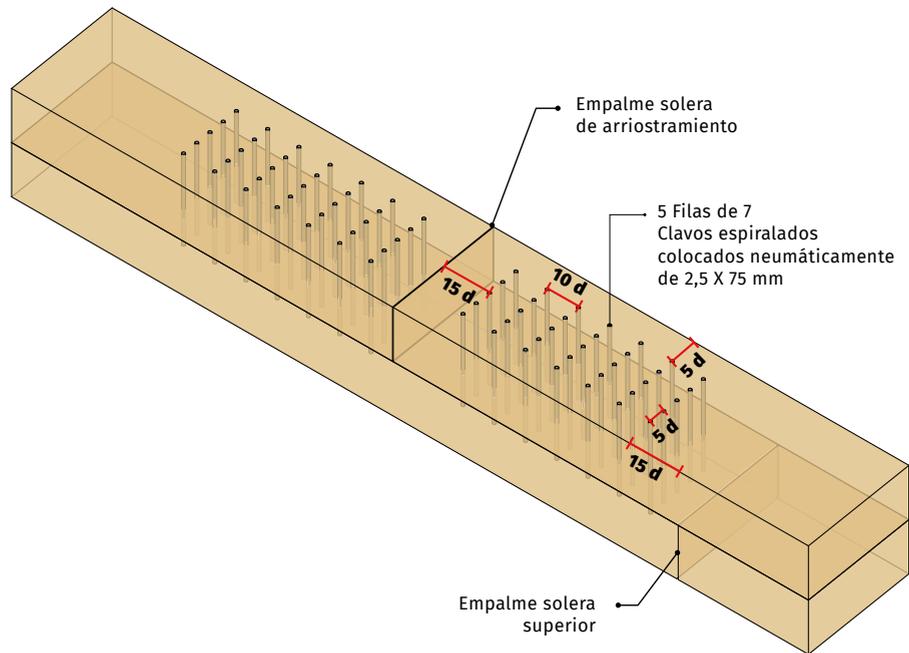


FIGURA 4.32. Empalme de una pieza de borde

en diafragmas horizontales ubicados debajo de las cerchas, se las toma como referencia que satisface los requisitos exigibles cuando está conformada con una sección transversal mínima de 45 mm x 100 mm para el *E. grandis* EF1 y de 45 mm x 120 mm para el Pino EC1. La Figura 4.32 provee un modelo de conexión para empalmar una pieza de borde.

La Tabla 4.7 presenta los lineamientos generales que debe satisfacer la conformación del diafragma de cubierta sobre la Planta Alta de una vivienda en función de la relación de sus lados en planta y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

TABLA 4.7 Características de los diafragmas de cubierta sobre la Planta Alta en función de la relación de los lados de la vivienda y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

Relación de lados de la vivienda a/b	Superficie expuesta de la planta alta (m <sup>2</sup> )	Tipo de diafragma de cubierta sobre la Planta Alta							
		Zona y Rugosidad (R) según norma UNIT 50 (1984)							
		Zona Costera				Zona Interior			
		R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>	R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>
a/b ≤ 1,5	≤ 50	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>
1,5 < a/b ≤ 2		DP <sup>(4)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>

(1) El clavado del diafragma y de sus elementos componentes se realiza en el perímetro con un espaciamiento máximo de 100 mm y en el interior de 200 mm; (2) El clavado del diafragma y de sus elementos componentes se realiza en el perímetro con un espaciamiento máximo de 150 mm y en el interior de 300 mm; (3) Es posible construir un Diafragma Único (DU), involucrando la superficie total de la cubierta y transfiriendo los esfuerzos a los muros portantes exteriores; (4) Se requiere construir Diafragmas Parciales (DP) conectados tanto a muros portantes exteriores como interiores para incrementar la longitud de transferencia de los esfuerzos.

## 4.2.2

**COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DEL ENTREPISO**

Desde el punto de vista estructural, las principales funciones que desempeña un entrepiso ubicado en una vivienda de dos plantas construida con el sistema de entramado ligero son:

1. Brindar un sustento seguro y confortable al piso de la Planta Alta.
2. Integrar el sistema que absorbe y traslada a las fundaciones los esfuerzos horizontales de la acción del viento, funcionando como un diafragma horizontal rígido (diafragma de entrepiso).

Para satisfacer la primera de las funciones señaladas, la estructura del entrepiso debe proveer adecuada resistencia y rigidez para equilibrar cargas perpendiculares a su plano. La segunda función requiere capacidad para trasladar cargas paralelas a su plano (horizontal) a los muros de corte de la Planta Baja que conducen finalmente esos esfuerzos a las fundaciones.

A continuación, se ofrecen tres tipos de soluciones estructurales estandarizadas que cumplen con la primera de las funciones antes mencionadas y proveen pisos con las siguientes características generales:

1. Liviano sobre vigas de entrepiso
2. Compacto sobre vigas de entrepiso
3. Macizo autoportante

En las soluciones 1) y 2), las vigas que soportan el piso se ubican uniformemente distribuidas, con una separación entre ejes igual a 0,61 m, y se apoyan sobre las soleras de los muros portantes de la Planta Baja en coincidencia con los montantes. El piso liviano es recomendable cuando no es necesario alcanzar un eleva-

do nivel de aislación acústica, mientras que el compacto es conveniente cuando se requiere un relativamente elevado nivel de confort o el entrepiso divide dos propiedades.

La solución 3) consiste en una losa conformada por tablas clavadas (*Nailed Laminated Timber*) cuyos extremos apoyan en forma continua sobre las soleras de los muros portantes de la Planta Baja. Provee un adecuado nivel de confort y es posible resaltar sus cualidades funcionales y estéticas de formas diversas y accesibles. La superficie inferior (cielorraso) puede en todos los casos llevar un acabado con barnices o pinturas, mientras que el acondicionado de la superficie superior (piso) depende de la especie de madera utilizada. Si la madera es *E. grandis* EF1, cuyo nivel de dureza es adecuado para el tránsito normal de una vivienda, la terminación puede lograrse con un pulido y posterior aplicación de lacas, aunque también es usual la utilización de alfombras o pisos flotantes. Estas últimas dos alternativas son las recomendables cuando se utiliza madera de Pino EC1, ya que su dureza puede considerarse insuficiente para recibir un tránsito directo.

**I. Vigas de entrepiso**

Las soluciones provistas a continuación tienen en consideración el adecuado control de las vibraciones inducidas por el tránsito humano, aspecto ligado al confort que en la mayoría de los casos condiciona el diseño y pone en evidencia dos particularidades del comportamiento mecánico de los entrepisos. Una se relaciona a la conveniencia de que el proyecto contemple minimizar lo posible la longitud de las vigas, dado que con su incremento crecen las dificultades de controlar las vibraciones mencionadas. La otra particularidad se advierte al observar iguales secciones transversales para pisos livianos y compactos, lo cual confirma que el diseño no está condicionado por la magnitud de las cargas sino por el aspecto ligado al confort antes mencionado.

### VIGAS DE MADERA ASERRADA BAJO PISO LIVIANO

La Tabla 4.8 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre, para vigas de madera aserrada bajo piso liviano sin protección respecto de la acción del fuego.

La utilización de la Tabla 4.8 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La conexión entre las dos piezas que constituyen cada viga no debe estar expuesta a la acción directa del fuego.
- La carga permanente corresponde al peso propio de las vigas más una carga que no excede 400 N/m<sup>2</sup> originada por un piso desarrollado sobre tableros contrachapados (*plywood*) o un entablonado machihembrado. Si se emplean tableros, los mismos tienen un espesor mínimo de 18 mm, cinco capas, densidad característica
- Las vigas se colocan apoyadas en sus extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual o menor a 0,61 m. En los apoyos tienen impedido el giro y el desplazamiento lateral.
- El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio de los tableros estructurales (o del entablonado machihembrado) que sustentan el piso y que se vinculan a las vigas por su parte superior.
- El apoyo de las vigas sobre las soleras tiene una longitud de contacto (según el eje

igual o superior a 430 kg/m<sup>3</sup> y están colocados con su dimensión mayor en dirección perpendicular al eje longitudinal de las vigas. Si se emplea un entablonado, su espesor nominal mínimo es de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1.

**TABLA 4.8** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de entepiso de madera aserrada bajo piso liviano sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	
<=1,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125)
1,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 125)
2,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150)
2,2	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150)
2,4	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 150)
2,6	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200)
2,8	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200)
3,0	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200)
3,2	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	(2 <sup>(1)</sup> x 50 x 200)

(1): Viga constituida por dos piezas conectadas, con las dimensiones que se indica en cada caso; entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar.

longitudinal de la viga) mínimo de 50 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.

#### VIGAS DE MADERA ASERRADA BAJO PISO LIVIANO O COMPACTO

La Tabla 4.9 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre, para vigas de madera aserrada bajo piso liviano o compacto protegidas respecto de la acción del fuego.

La utilización de la Tabla 4.9 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio de las vigas más una carga comprendida entre 400 N/m<sup>2</sup> y 1200 N/m<sup>2</sup>, originada por una placa de yeso RF de 15 mm de espesor debajo de las vigas y sobre estas un piso desarrollado sobre tableros contrachapados (*plywood*) o un entablado machihembrado (y una carpeta de hormigón/concreto de aproximadamente 40 mm de espesor en el caso del piso compacto). Si se emplean tableros, los mismos tienen un espesor mínimo de 18 mm, cinco capas, densidad característica igual o superior a 430 kg/m<sup>3</sup> y están colocados con su dimensión mayor en dirección perpendicular al eje longitudinal de las vigas. Si se emplea un entablado, su espesor nominal mínimo es de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1.
- Las vigas se colocan apoyadas en sus extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual o menor a 0,61 m. En los apoyos tienen impedido el giro y el desplazamiento lateral.
- El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio de los tableros estructurales (o del entablado machihembrado) que sustentan el

**TABLA 4.9** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de entepiso de madera aserrada bajo piso liviano o compacto protegidas con revestimiento inferior de yeso<sup>(1)</sup>.

Longitud libre de la viga (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>
	EF1	EC1
<=1,6	45 x 100	45 x 120 (50 x 125)
1,8	45 x 150	45 x 145 (50 x 155)
2,0	45 x 150	45 x 195 (50 x 200)
2,2	45 x 150	45 x 195 (50 x 200)
2,4	45 x 150	45 x 195 (50 x 200)
2,6	-	45 x 195 (50 x 200)
2,8	-	-
3,0	-	-
3,2	-	-

(1) El profesional responsable de la obra y el propietario pueden decidir el reemplazo del revestimiento de yeso por protección superficial frente al fuego (barnices o pinturas); entre paréntesis se indican las dimensiones sin cepillar.

piso y que se vinculan a las vigas por su parte superior.

- El apoyo de las vigas sobre las soleras tiene una longitud de contacto (según el eje longitudinal de la viga) mínimo de 50 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.

#### VIGAS DE MADERA LAMINADA ENCOLADA BAJO PISO LIVIANO O COMPACTO

La Tabla 4.10 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal, en relación a la longitud libre, para vigas de madera laminada encolada estructural bajo piso liviano o compacto y sin protección respecto de la acción del fuego.

La utilización de la Tabla 4.10 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio de las vigas más una carga comprendida entre 400 N/m<sup>2</sup> y 1200 N/m<sup>2</sup> originada por un piso desarrollado sobre tableros contrachapados (*plywood*) o un entablado machihembrado (y una carpeta de

hormigón/concreto de aproximadamente 40 mm de espesor en el caso del piso compacto). Si se emplean tableros, los mismos tienen un espesor mínimo de 18 mm, cinco capas, densidad característica igual o superior a 430 kg/m<sup>3</sup> y están colocados con su dimensión mayor en dirección perpendicular al eje longitudinal de las vigas. Si se emplea un entablado, su espesor nominal mínimo es de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1.

- Las vigas se colocan apoyadas en sus extremos y uniformemente distribuidas con una separación entre ejes igual o menor a 0,61 m. En los apoyos tienen impedido el giro y el desplazamiento lateral.
- El borde superior de cada viga tiene impedido el desplazamiento lateral por medio de los tableros estructurales (o del entablado machihembrado) que sustentan el piso y que se vinculan a las vigas por su parte superior.
- El apoyo de las vigas sobre las soleras tiene una longitud de contacto (según el eje

**TABLA 4.10** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para vigas de entrepiso de madera laminada encolada sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre proyectada en planta de la viga (m)	GL 20h	GL 22h	GL 24h
<= 2,6	90 x 150	90 x 150	90 x 150
2,8	90 x 150	90 x 150	90 x 150
3,0	90 x 180	90 x 150	90 x 150
3,2	90 x 180	90 x 180	90 x 180
3,4	90 x 200	90 x 180	90 x 180
3,6	125 x 200	125 x 200	125 x 200
3,8	125 x 200	125 x 200	125 x 200
4,0	125 x 240	125 x 200	125 x 200

longitudinal de la viga) mínimo de 50 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.

eje longitudinal de la viga) mínimo de 50 mm para controlar el nivel de las tensiones perpendiculares a las fibras.

## II. Entrepisos macizos autoportantes

La Tabla 4.11 exhibe el espesor (ancho de las tablas colocadas de canto) neto mínimo de los entrepisos macizos autoportantes en relación a su longitud libre, contruidos con piezas de madera aserrada y cepillada y sin protección respecto de la acción del fuego.

La utilización de la Tabla 4.11 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- La carga permanente corresponde al peso propio del entrepiso, sumado a una carga igual o menor a 200 N/m<sup>2</sup> originada por la eventual colocación de una placa en la superficie inferior (cielorraso) y una alfombra o piso flotante en la superficie superior (piso).
- El apoyo del entrepiso sobre las soleras tiene una longitud de contacto (según el

## III. Diafragmas de entrepiso

Los diafragmas ubicados en el entrepiso de la vivienda forman parte del sistema estructural que absorbe y traslada los esfuerzos horizontales debidos a la acción del viento. Cada diafragma recibe esos esfuerzos de parte de los muros expuestos al viento según la dirección considerada (paredes perpendiculares a la dirección de este) y los traslada a los muros destinados a ese fin en la Planta Baja. A través de estos, en general ubicados en el perímetro exterior de la vivienda y a veces en su interior, y cuyo eje es paralelo a la dirección del viento, los esfuerzos horizontales son finalmente transportados hasta las fundaciones.

Los diafragmas de entrepiso que se presentan en este capítulo son de forma cuadrada o rectangular y una vivienda puede proyectarse con un diafragma único (DU), abarcando toda su superficie y conectado solo a los

**TABLA 4.11** Espesor neto mínimo (mm) de los entrepisos macizos autoportantes sin protección, con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud libre del entrepiso (m)	<i>E. grandis</i>	<i>Pino</i>	
	EF1	EC1	ECO <sup>(1)</sup>
<= 2,0	85 <sup>(2)</sup>	90 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>
3,0	95 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>
3,2	95 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>
3,4	95 <sup>(3)</sup>	115 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>
3,6	145 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>
3,8	145 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>
4,0	145 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(3)</sup>

(1): Para lograr un clavado eficiente entre tablas, se recomienda prestar atención al importante tamaño de nudo que se admite en esta calidad de madera; (2) y (3): se restaron 4 mm y 5 mm, respectivamente, del ancho de la pieza cepillada ofrecida en el mercado para contemplar la pérdida que origina el trabajo de carpintería destinado a lograr un ancho uniforme en todas las piezas

muros portantes exteriores, o con diafragmas parciales (DP) que también se conectan a muros portantes interiores. La construcción de diafragmas parciales puede responder a los siguientes motivos:

1. La decisión del profesional responsable de la obra, debido a las características del proyecto o con el propósito conectar los diafragmas parciales a muros portantes interiores, incrementando de esa forma la longitud de transferencia de esfuerzos.
2. El cumplimiento del requerimiento expresado en la Tabla 4.12 en viviendas con relación de lados  $a/b > 1,5$  y localizadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 y 2 o en la Zona Interior con Rugosidad 1. En estos casos se requiere la incorporación de muros portantes interiores (que se suman a los exteriores) para completar el sistema de transferencia de esfuerzos.

El plano rígido del diafragma de entrepiso puede adoptar dos conformaciones cuyas diferencias se expresan a continuación en estilo *cursivo (itálico)*:

*En los entrepisos livianos y compactos sobre vigas, el plano rígido está constituido por un conjunto de tableros (o un entablado machihembrado) atornillados al borde superior de las vigas.*

*En los entrepisos macizos autoportantes, el plano rígido está constituido por la propia losa conformada por tablas clavadas.*

Si en los entrepisos livianos y compactos sobre vigas el plano rígido está constituido por un conjunto de tableros, resultan aptos los contrachapados (*plywood*) con un mínimo de cinco capas y un espesor mínimo de 18 mm. La densidad característica debe ser igual o mayor a  $430 \text{ kg/m}^3$  y se admite solo un defecto de borde con una extensión menor a 100 mm.

Los tableros se colocan en tresbolillo con su mayor longitud en dirección perpendicular a las vigas que les sirven de apoyo. Si se colocan entablados machihembrados, tienen un espesor nominal de 19 mm (espesor neto mayor o igual a 15 mm) y están conformados por madera de *E. grandis* EF1 o Pino EC1. La fijación de los tableros se efectúa con un paso (s) igual o menor a 150 mm en su perímetro y a 300 mm en su interior. En particular, en las viviendas ubicadas en la Zona Costera con Rugosidad 1 se reduce el paso perimetral a un máximo de 100 mm y el interior a 200 mm. Como elementos de fijación se emplean tornillos con un diámetro de 3,4 mm/3,65 mm (núcleo/vástago) y 75 mm de largo, pero en diafragmas con una relación entre el lado perpendicular y el paralelo a la dirección del viento (que deben absorber) igual o menor a 1,5 y ubicados en Zona Costera con Rugosidades 3 o 4, así como en Zona Interior con Rugosidades 2, 3 o 4, se pueden reemplazar los tornillos por clavos espiralados de 3,1 mm (diámetro) por 75 mm (longitud) colocados neumáticamente. Los diafragmas de entrepiso adoptados en el modelo desarrollado en el Apartado 4.1.2 constituyen un ejemplo representativo de estos casos. No obstante, el profesional responsable de la obra puede adoptar otros medios de fijación de capacidad equivalente y aplicar un criterio similar al expresado para conectar los machihembrados a las vigas que los soportan.

En todos los casos, las piezas de borde (cordones) son continuas en cada lado del diafragma y disponen de una resistencia adecuada para trasladar los esfuerzos a los muros de corte. Para cumplir esa función se utiliza la solera de arriostamiento de los muros de la Planta Baja, que satisface los requisitos exigibles cuando está conformada con una sección transversal mínima de 45 mm x 100 mm para el *E. grandis* EF1 y de 45 mm x 120 mm para el Pino EC1. El modelo de conexión exhibido en la Figura 4.32 puede utilizarse para empalmar una pieza de borde, adaptando la geometría al diámetro de los tornillos o clavos del tipo descrito en el pá-

**TABLA 4.12** Características de los diafragmas de entrepiso en función de la relación de los lados de la vivienda y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

Relación de lados de la vivienda a/b	Superficie expuesta de la vivienda en cada planta (m <sup>2</sup> )	Tipo de diafragma de cubierta							
		Zona y Rugosidad (R) según norma UNIT 50 (1984)							
		Zona Costera				Zona Interior			
		R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>	R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3 <sup>(2)</sup>	R4 <sup>(2)</sup>
a/b ≤ 1,5	≤ 50	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>
1,5 < a/b ≤ 2		DP <sup>(4)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DP <sup>(4)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>	DU <sup>(3)</sup>

(1) La fijación perimetral se realiza con un espaciamiento máximo de 100 mm; (2) La fijación perimetral se realiza con un espaciamiento máximo de 150 mm; (3) Es posible construir un Diafragma Único (DU), involucrando la superficie total de la cubierta y transfiriendo los esfuerzos a los muros portantes exteriores; (4) Se requiere construir Diafragmas Parciales (DP), conectados tanto a muros portantes exteriores como interiores para incrementar la longitud de transferencia de los esfuerzos.

rrafo anterior, según corresponda. La fijación perimetral del plano rígido, tanto en los diafragmas de entrepisos livianos y compactos como en los autoportantes, se efectúa con el mismo paso (s) perimetral y tipo de elementos de fijación indicados anteriormente. Si es necesario colocar tornillos o clavos inclinados, se adopta un ángulo de 45° y una penetración en la solera superior igual a la mitad del largo. El profesio-

nal responsable de la obra puede adoptar otros medios de fijación de capacidad equivalente.

La Tabla 4.12 presenta los lineamientos generales que debe satisfacer la conformación del diafragma de entrepiso de una vivienda en función de la relación de sus lados en planta y su condición de exposición al viento (Zona y Rugosidad).

## 4.2.3

### COMPONENTES Y SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LOS CERRAMIENTOS VERTICALES

#### I. Muros portantes

En todos los casos los muros portantes están protegidos de la acción del fuego con una (o más) placa(s) de yeso RF de 15 mm de espesor colocada(s) en su(s) superficie(s) interior(es). Los muros portantes constan de un bastidor al que se unen los tableros. En este capítulo se consideran dos tipos de muros cuyos bastidores exhiben las diferencias que se expresan a continuación en estilo *cursivo* (*itálico*) y los montantes satisfacen los requisitos indicados en la Tabla 4.13:

1. Los muros ubicados en la Planta Alta de viviendas con una cubierta sustentada por vigas sobre las cuales se ubica un diafragma inclinado.

*En muros ubicados en la Planta Alta de viviendas cuya cubierta está sustentada por vigas sobre las que se desarrolla un diafragma inclinado, el bastidor está compuesto de montantes verticales con una altura que puede ser constante o variable acompañando la pendiente de la cubierta. Las soleras superiores pueden, o no, ser horizontales.*

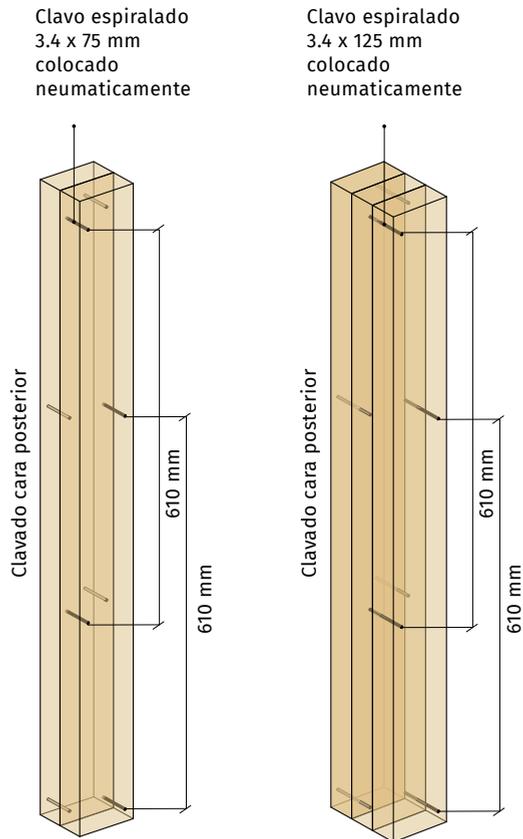
2. Los muros ubicados en Planta Baja y en la Planta Alta de viviendas con una cubierta soportada por cerchas, debajo de cuyo cordón inferior se ubica un diafragma horizontal.

*En muros ubicados en Planta Baja, así como en la Planta Alta de viviendas cuya cubierta está soportada por cerchas, el bastidor está compuesto de montantes verticales con altura constante y soleras horizontales.*

**TABLA 4.13** Características y dimensiones mínimas (mm) de la sección transversal de los montantes en muros portantes para viviendas de dos plantas.

Ubicación del muro en la vivienda	Altura de los montantes ( $h_m$ ) (m)	Zona y Rugosidad (R) según norma UNIT 50 (1984)				
		Zona Costera		Zona Interior		
		R1=R2	R3=R4	R1	R2=R3=R4	
Planta Alta Bajo cubierta con vigas	Exterior	$h_m \leq 2,8$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120
		$2,8 < h_m \leq 3,7$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	EF1: 45 x 150 EC1: 45 x 195	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	EF1: 45 x 150 EC1: 45 x 195
	Int.	$h_m \leq 2,8$	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 46 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120
Planta Alta Bajo cubierta con cerchas y Planta Baja	Ext.	$h_m \leq 2,8$	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100 EC1: 2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120
	Interior	$h_m \leq 2,8$	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120	EF1: 45 x 100 EC1: 45 x 120

EF1 y EC1: Madera aserrada de *E. grandis* y Pino, respectivamente, según las normas UNIT 1261 (2018) y UNIT 1262 (2018); (1): En la Zona Costera, Rugosidades 1 y 2, y en la Zona Interior, Rugosidad 1, todos los muros exteriores (expuestos al viento) deben construirse colocando dos montantes juntos, con las dimensiones indicadas, cada 0,61 m. . En este caso el paso del clavado (s) se realiza en tresbolillo involucrando alternativamente los 2 montantes.



**FIGURA 4.33** Unión de montantes constituidos por más de una pieza

En el caso de que requieran montantes dobles para resistir los esfuerzos en muros portantes, o cuando se decida sustituir los pilares de los extremos de los dinteles de madera laminada encolada por la unión de tres montantes, el patrón de clavado debe respetar las indicaciones de la Figura 4.33.

Debajo del bastidor se ubica una solera de nivelación y sobre el mismo una de arriostramiento. En todos los casos la sección transversal de las soleras es igual a la indicada para los montantes.

Respecto de los tableros, resultan aptos los contrachapados (*plywood*) con cuatro o más capas y espesor de 12 mm. La densidad característica debe ser igual o mayor a 430 kg/m<sup>3</sup> y se admite solo un defecto de borde con una extensión menor a 100 mm. Si bien en los muros los tableros pueden colocarse tanto en posición vertical como horizontal, se recomienda que en las viviendas ubicadas en Zona Costera con Rugosidades 1 y 2 y en la Zona Interior con Rugosidad 1, los mismos estén dispuestos con su mayor longitud en dirección horizontal, es decir perpendicular a los montantes que le sirven de apoyo. El clavado de los tableros al bastidor se efectúa con un paso (s) igual a 100mm en su perímetro y a 200 mm en su interior, como se muestra en la Figura 4.34. Se emplean clavos espiralados con un diámetro mínimo de 3,1 mm y una longitud de 65 mm, colocados neumáticamente. En la Figura 4.35 se ilustran distintas soluciones posibles para el encuentro de muros y para unir las soleras superiores a los montantes, así como la solera de arriostramiento a la solera superior.

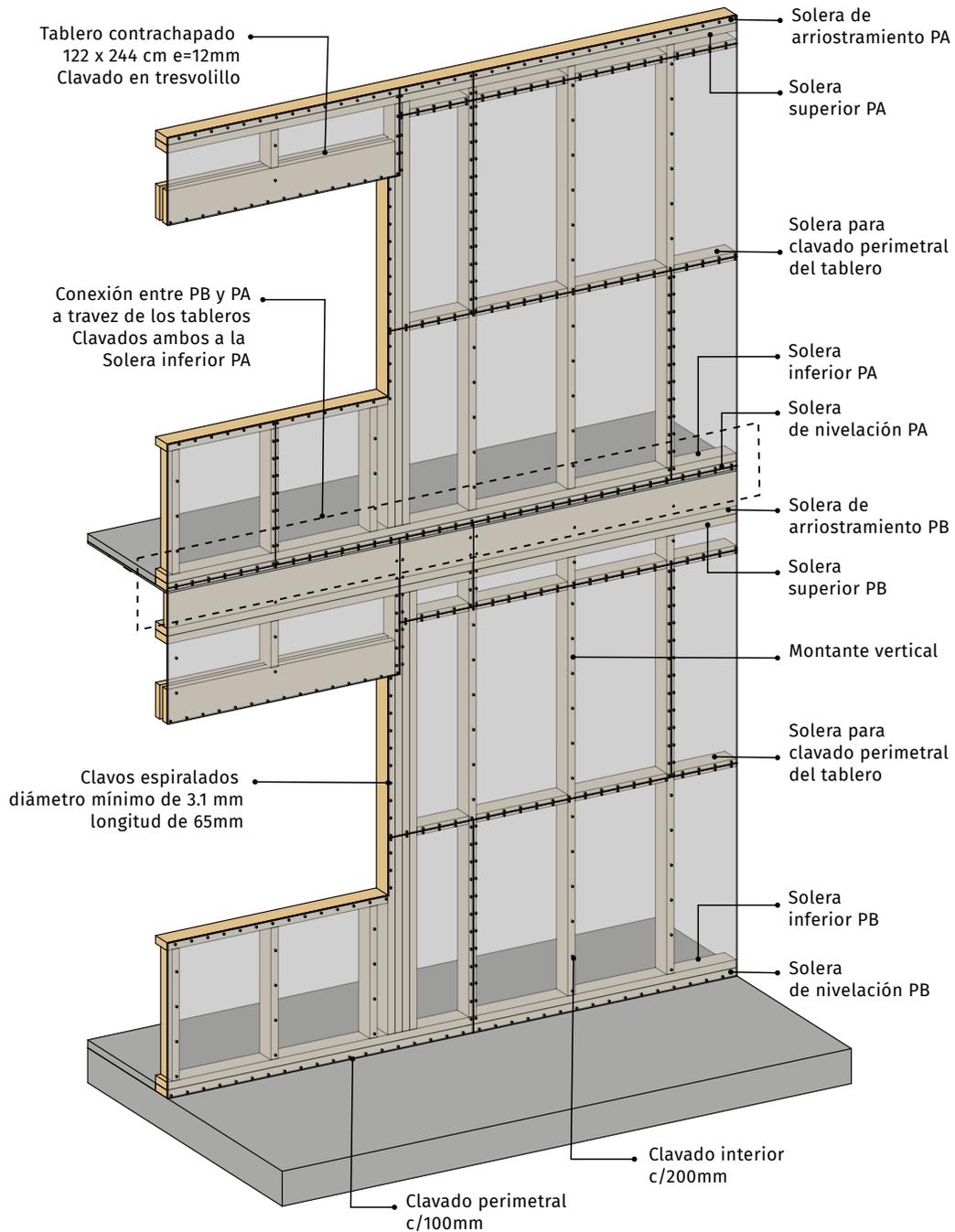


FIGURA 4.34 Clavado de los tableros a las soleras y montantes

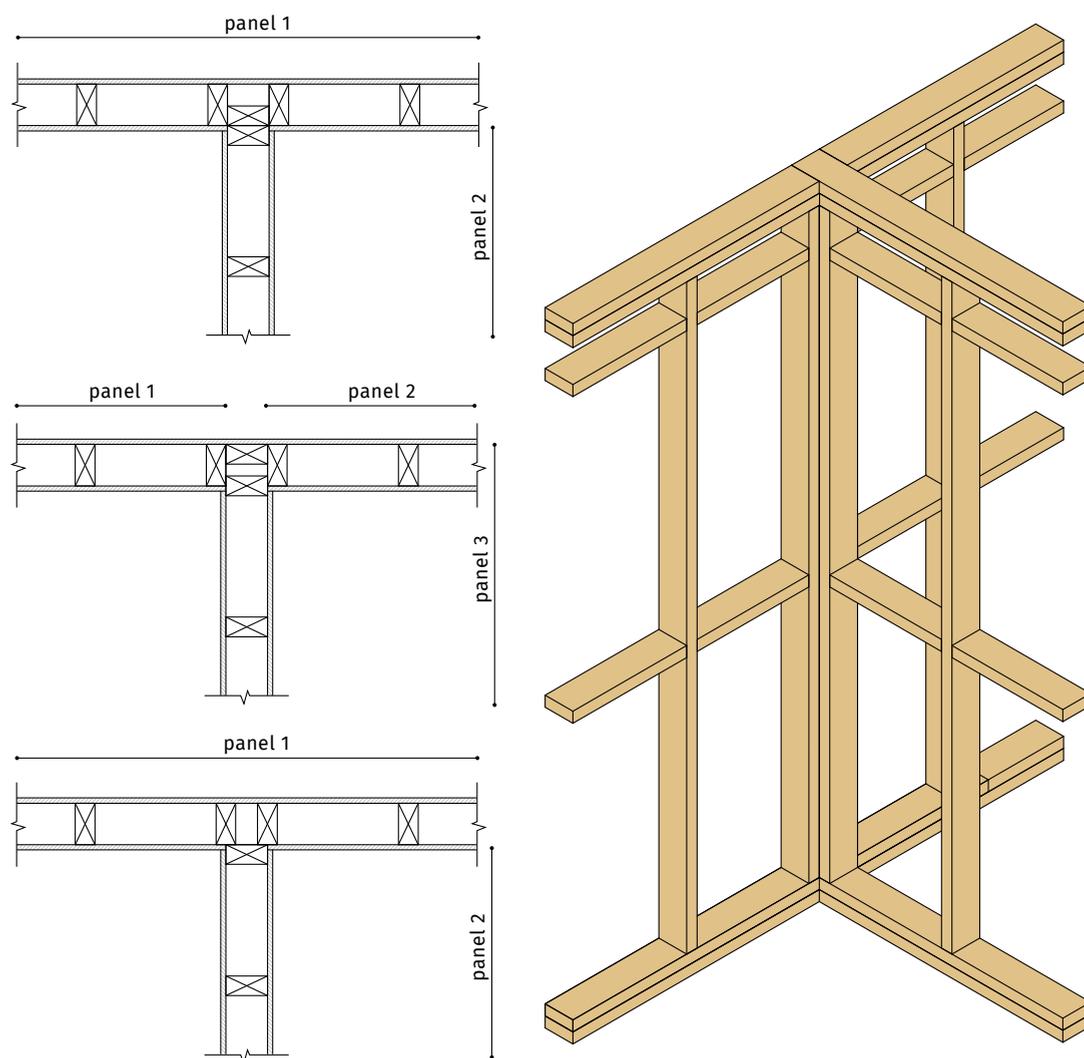


FIGURA 4.35 A1 Posibles soluciones de encuentros entre muros

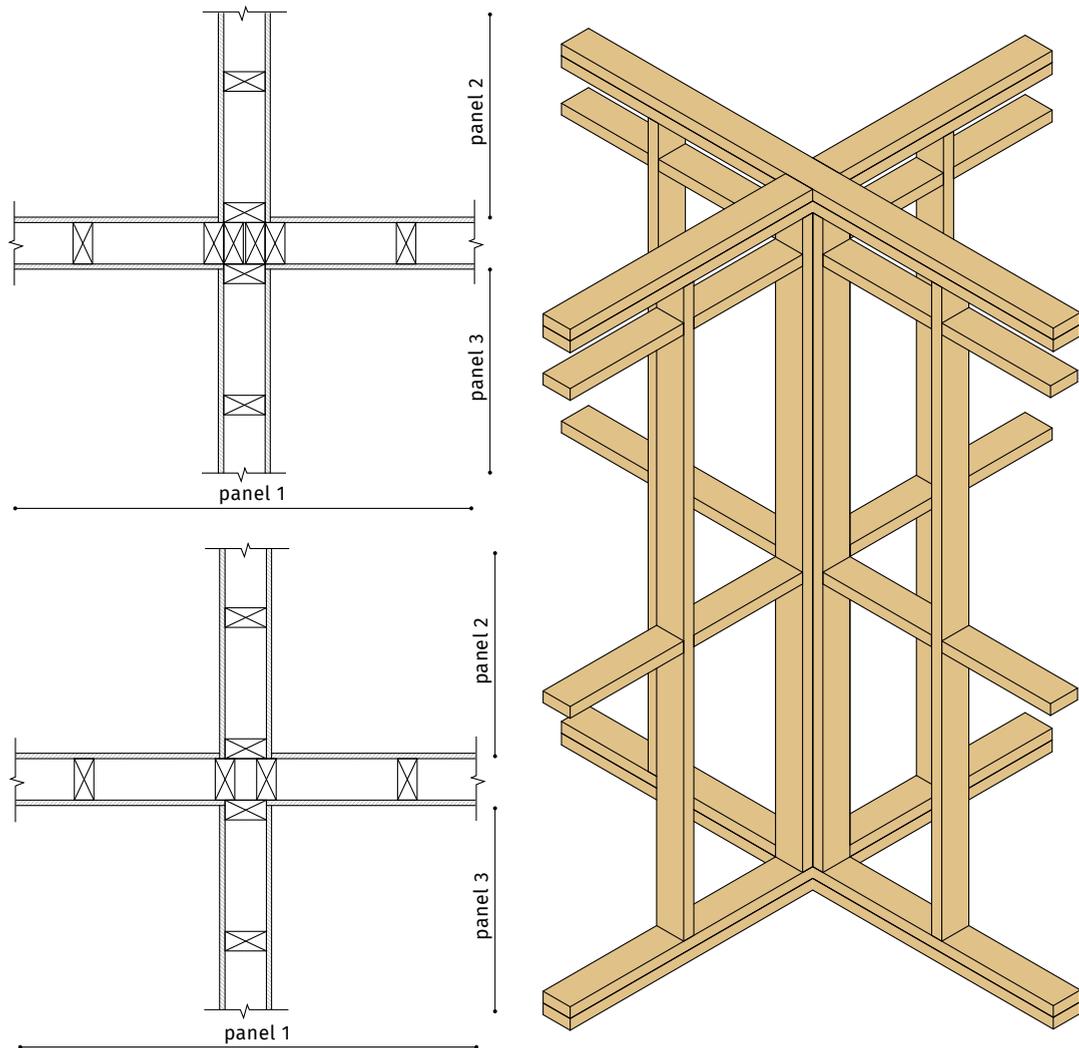


FIGURA 4.35 A2 Posibles soluciones de encuentros entre muros

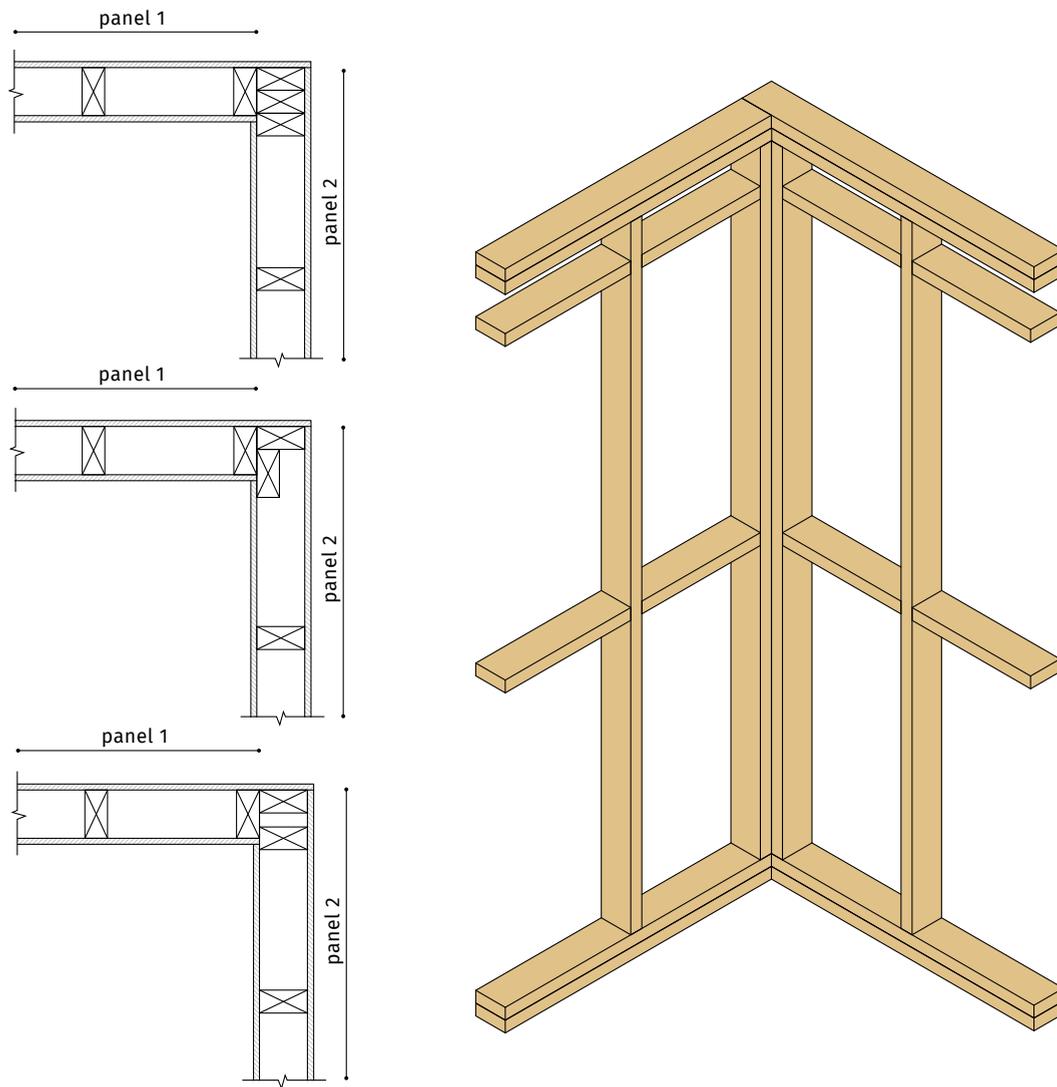


FIGURA 4.35 A3 Posibles soluciones de encuentros entre muros

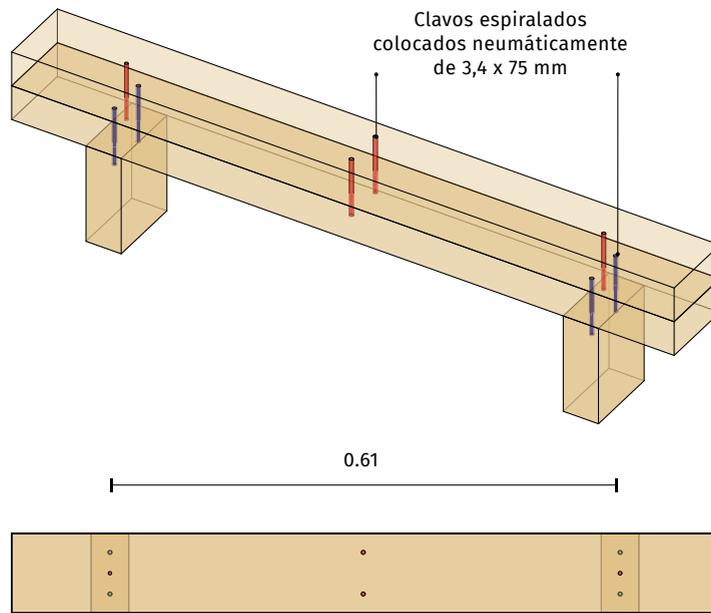


FIGURA 4.35 B. Unión entre la solera superior y los montantes y entre ambas soleras

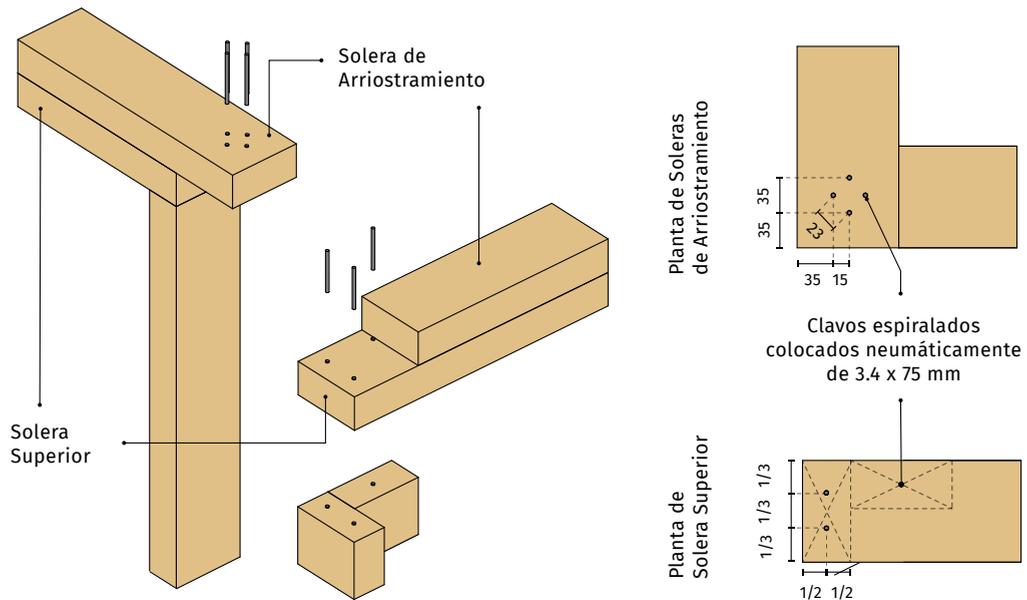


FIGURA 4.35 C. Clavadura de solera a montantes y entre soleras en esquina

Los muros portantes reciben esfuerzos verticales y horizontales que deben ser transmitidos hasta la estructura de fundación:

1. En los muros de la Planta Alta los esfuerzos verticales son introducidos a través de la estructura de la cubierta (vigas de techo o cerchas), pueden actuar en sentido gravitatorio (peso propio, sobrecarga de uso) o en el inverso (succión del viento). Tanto las vigas como las cerchas apoyan sobre la solera superior en coincidencia con los montantes, a los cuales se unen en forma directa para asegurar la transmisión de las acciones a través de uniones adecuadas. En la Planta Baja los esfuerzos verticales son introducidos a los muros a través de la estructura del entrepiso (cargas gravitatorias) y a través de los montantes de los muros de la Planta Alta (cargas gravitatorias y originadas por la acción del viento).

Los esfuerzos horizontales se manifiestan en los siguientes casos:

2. Por acción directa del viento perpendicular al muro, tanto en la Planta Alta como en la Planta Baja.
3. Por acción paralela al muro y transmitida por el(los) diafragma(s) de cubierta a través de la solera superior en Planta Alta, y por el(los) diafragma(s) de entrepiso a través de la solera superior en Planta Baja, o sea actuando como muro de corte. En estos casos, los montantes ubicados en los extremos de cada muro (o fracción de muro) deben estar anclados adecuadamente a las fundaciones.

Los requerimientos relacionados al equilibrio de los esfuerzos verticales introducidos a través de la estructura de la cubierta y del entrepiso, así como al de los esfuerzos horizontales provocados por acción directa del viento perpendicular al muro (casos 1 y 2 antes expues-

tos) quedan satisfechos construyendo el bastidor como se indica en la Tabla 4.13 y siguiendo los lineamientos antes descritos. En el modelo desarrollado en el Apartado 4.1.2 se ofrece una solución adecuada para unir entre sí los extremos de los montantes de muros que cumplen estas funciones en Planta Alta y en Planta Baja, así como para anclar estos a las fundaciones.

En el caso de los requerimientos relacionados al equilibrio de los esfuerzos horizontales actuantes en dirección paralela al muro y transmitidos por los diafragmas (caso 3 anterior), además de cumplir con lo estipulado en la Tabla 4.13 y los lineamientos constructivos ya descritos, es necesario colocar una longitud adecuada de muro. Para ese fin, en la Tabla 4.14 se presenta la longitud mínima requerida de muro en cada planta en función de la condición de exposición al viento de la vivienda (Zona y Rugosidad) y la superficie expuesta correspondiente. En particular para la Planta Baja, en los extremos de cada muro (o fracción de muro) que forma parte de la longitud requerida, siempre se colocan dos montantes juntos con las dimensiones indicadas en la Tabla 4.13 y el paso del clavado (s) se realiza en tresbolillo involucrando alternativamente los 2 montantes.

La información de la Tabla 4.14 se refiere a muros con un tablero clavado a un lado del bastidor con el paso (s) indicado (s) y sin huecos (muro simple). En Planta Baja, el profesional responsable de la obra puede decidir, en el caso de ser necesario, duplicar la clavadura ( $s = 50$  mm) o colocar dos tableros con la clavadura perimetral normal ( $s = 100$  mm), uno de cada lado del bastidor. En ese caso la longitud necesaria se reduce a la mitad de la exhibida para la Planta Baja en la Tabla 4.14 pues estas conformaciones duplican la capacidad de absorber esfuerzos horizontales (muro doble). La utilización de muros dobles puede ser necesaria en un muro interior que recibe los esfuerzos de dos diafragmas adyacentes y/o en aquellos casos donde la vivienda tiene una importante exposición al viento y no se dispone

de espacio suficiente para ubicar la longitud requerida de muro debido a la presencia de puertas, ventanas u otros elementos similares.

La utilización de la Tabla 4.14 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- Las acciones horizontales debidas al viento se analizan según las dos direcciones principales en planta de la vivienda.
- En la longitud de muro requerida se computan, sumándolas, fracciones con un largo igual o mayor a la mitad de su altura y sin huecos originados por la presencia de aberturas.
- En la distribución de la longitud requerida de muro está implícita la consideración de la simetría respecto del eje de la vivienda correspondiente a la dirección considerada.
- Cada montante extremo de muro (o fracción) ubicado en la Planta Alta está conectado al montante de la Planta Baja alineado verticalmente con él para transferirle los esfuerzos. En el modelo desarrollado en el Apartado 4.1.2 se describe una solución apta para este tipo de uniones.
- En los extremos de cada muro (o fracción) que en la Planta Baja integra la longitud requerida conforme a la Tabla 4.14 se colocan dos montantes juntos con las dimensiones indicadas en la Tabla 4.13 y anclados a las fundaciones. En el modelo desarrollado en el Apartado 4.1.2 se ofrece una solución adecuada para este tipo de anclajes.

**TABLA 4.14** Longitud mínima de muro de corte en Planta Alta y en Planta Baja para equilibrar los esfuerzos horizontales originados por el viento.

Superficie expuesta (SE) <sup>(1)</sup> en Planta Alta (SEPA) y Planta Baja (SEPB) (m <sup>2</sup> )	Zona de Rugosidad (R) donde se ubica la vivienda							
	Costera				Interior			
	R1 <sup>(1)</sup>	R2 <sup>(2)</sup>	R3	R4	R1 <sup>(2)</sup>	R2	R3	R4
Longitud mínima de muro de corte en Planta Alta <sup>(3)</sup> (m)								
SEPA ≤ 26	10	8	5	3	7	6	4	3
26 < SEPA ≤ 39	15	11	8	5	11	8	6	4
39 < SEPA ≤ 50	19	15	10	6	14	11	7	5
Longitud mínima de muro de corte en Planta Baja <sup>(4)</sup> (m)								
SEPB ≤ 26	29	21	14	9	21	16	11	7
26 < SEPB ≤ 39	43	31	21	13	32	23	16	10
39 < SEPB ≤ 50	57	42	28	18	42	31	21	13

(1): El profesional responsable de la obra puede efectuar una interpolación lineal, dentro de cada planta, Zona y Rugosidad, para determinar la longitud mínima necesaria cuando la superficie expuesta esté comprendido entre 26 m<sup>2</sup> y 39 m<sup>2</sup> o entre 39 m<sup>2</sup> y 50 m<sup>2</sup>; (2): cuando se requiere la conformación de diafragmas parciales (ver las Tablas 4.7 y 4.12), los muros colocados en dirección paralela a la menor dimensión de la vivienda se pueden distribuir (aproximadamente) según el siguiente criterio que lleva implícito el concepto de simetría: el 25% de la longitud requerida se ubica en cada uno de los cerramientos externos y el 50% restante en cerramientos interiores (o el 25% si se decide colocar muros dobles en Planta Baja) ubicados lo más cerca posible del centro de la vivienda; (3): Los muros ubicados en Planta Alta se alinean verticalmente con muros de Planta Baja; (4): En los extremos de cada muro (o fracción), que forma parte de la longitud requerida en Planta Baja, se colocan dos montantes juntos con las dimensiones indicadas en la Tabla 4.2.3-1.

## II. Dinteles portantes

A continuación, se proveen soluciones para dos tipos de dinteles portantes:

1. Dinteles de madera aserrada que forman parte de un muro y se apoyan en montantes ubicados en su interior.
2. Dinteles de madera laminada encolada estructural que no forman parte de un muro y se apoyan en pilares.

En la Planta Alta, los dinteles portantes reciben esfuerzos verticales, que pueden actuar en sentido gravitatorio (peso propio, sobrecarga de uso) o en el inverso (succión del viento), a través de la estructura de la cubierta que apoya en ellos, los. Esos esfuerzos, que son luego transmitidos a montantes o a pilares, están relacionados a la longitud del dintel y a la longitud total de los componentes de la estructura de la cubierta (vigas o cerchas) que apoyan sobre él. En consecuencia, las soluciones que se ofrecen están relacionadas a esas variables, que son propias de cada proyecto, y el lector puede ingresar con su valor a las tablas correspondientes y seleccionar el dintel adecuado.

En la Planta Baja, los dinteles portantes reciben esfuerzos verticales, que actúan en sentido gravitatorio (peso propio, sobrecarga de uso), a través de la estructura del entrepiso que apoya en ellos. De manera similar a los dinteles de Planta Alta, esos esfuerzos, que luego son transmitidos a montantes o a pilares, están relacionados a la longitud del dintel y a la longitud total de entrepiso que apoya sobre él. En consecuencia, las soluciones que se ofrecen están relacionadas a esas variables, que son propias de cada proyecto, y el lector puede ingresar con su valor a las tablas correspondientes y seleccionar el dintel adecuado.

Tanto en Planta Alta como en Planta Baja se presentan habitualmente dinteles que no soportan cargas como las descritas en los pá-

rrafos anteriores, y por lo tanto reciben solamente cargas gravitatorias de la parte superior del muro en que están ubicados (dinteles no portantes). Estos casos pueden ser resueltos por el profesional responsable de la obra atendiendo las características constructivas del sistema de entramado ligero y considerando la carga de muro que apoya sobre el dintel.

### DINTELES DE MADERA ASERRADA

La Tabla 4.15 exhibe las dimensiones netas mínimas de la sección transversal para dinteles de madera aserrada.

El ancho de los dinteles que se presentan en la tabla mencionada no supera el ancho de los bastidores de los muros. Por lo tanto se ubican en el interior de estos apoyando sobre montantes adicionales colocados bajo sus extremos.

La selección del dintel adecuado para la Planta Alta se efectúa ingresando a la tabla con su longitud y la longitud total de las vigas o cerchas que apoyan sobre él. La selección del dintel adecuado para la Planta Baja se realiza ingresando a la tabla con su longitud y la longitud total de entrepiso que apoya sobre él.

La utilización de la Tabla 4.15 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- Los componentes estructurales que apoyan sobre el dintel, y las cargas actuantes sobre ellos, responden a las características descritas en este capítulo.
- Las dos piezas que componen cada dintel están unidas entre sí y a los tableros que forman parte del muro, en este caso con el mismo tipo de clavadura perimetral empleada en el muro. En los apoyos y en las secciones que reciben cargas concentradas está impedido el giro y el desplazamiento lateral.
- Los montantes adicionales que se colocan para dar apoyo al dintel están unidos al

**TABLA 4.15** Dimensiones netas mínimas (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para dinteles portantes de madera aserrada y cantidad de montantes adicionales que les sirven de apoyo en cada extremo.

Longitud del dintel (m)	Longitud total de las vigas o cerchas ( $L_{v/c}$ ) en Planta Alta o de entrepiso ( $L_e$ ) en Planta Baja que apoyan sobre el dintel (m)	Sección transversal del dintel (mm)		Montantes adicionales de apoyo bajo cada extremo
		<i>E. grandis</i> EF1	Pino EC1	
Dinteles en Planta Alta				
<= 1,22	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	1 <sup>(2)</sup> [5200 N] <sup>(3)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 12,2$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	1 <sup>(2)</sup> [10400 N] <sup>(3)</sup>
1,83	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	1 <sup>(2)</sup> [6900 N] <sup>(3)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 12,2$	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(2)</sup> [13800 N] <sup>(3)</sup>
2,44	$L_{v/c} \leq 6,1$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(2)</sup> [7800 N] <sup>(3)</sup>
	$6,1 < L_{v/c} \leq 8,54$	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(2)</sup> [11000 N] <sup>(3)</sup>
Dinteles en Planta Baja				
<= 1,22	$L_e \leq 4,0$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 100	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 120	1 <sup>(2)</sup>
	$4,0 < L_e \leq 8,0$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 145	2 <sup>(2)</sup>
1,83	$L_e \leq 4,0$	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 150	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(2)</sup>
2,44	$L_e \leq 4,0$	-	2 <sup>(1)</sup> x 45 x 195	2 <sup>(2)</sup>

(1): Dintel constituido por dos piezas de las dimensiones que se indica en cada caso; (2): Cantidad de montantes adicionales con las mismas características que los que conforman el bastidor del muro; (3): Esfuerzo de levantamiento en cada extremo del dintel debido a la succión del viento [entre corchetes].

bastidor y al(los) tablero(s) del muro donde se ubican, en este caso con el mismo tipo de clavadura perimetral empleada en el muro.

- El apoyo del dintel sobre los montantes adicionales involucra toda la sección transversal de estos. Las conexiones del extremo de un dintel de Planta Alta a los montantes, de estos a los montantes ubicados debajo de ellos en Planta Baja, y finalmente a las fundaciones, tienen capacidad para absorber los esfuerzos de levantamiento (debidos a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) que en cada caso se indica en la última columna de la Tabla 4.15.

#### DINTELES DE MADERA LAMINADA ENCOLADA

La Tabla 4.16 exhibe las dimensiones de la sección transversal para dinteles de madera laminada encolada estructural.

La selección del dintel adecuado para la Planta Alta se efectúa ingresando a la tabla con su longitud y la longitud total de las vigas o cerchas que apoyan sobre él. La selección del dintel adecuado para la Planta Baja se realiza ingresando a la tabla con su longitud y la longitud total de entrepiso que apoya sobre él.

La utilización de la Tabla 4.16 requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- Los componentes estructurales que apoyan sobre el dintel, y las cargas actuantes

**TABLA 4.16** Dimensiones (mm) de la sección transversal (ancho por alto) para dinteles portantes de madera laminada encolada estructural y para los pilares que les sirven de apoyo en cada extremo, en ambos casos sin protección frente al fuego y con verificación de la seguridad por el método de la sección reducida.

Longitud del dintel (m)	Longitud total de las vigas o cerchas ( $L_{V/C}$ ) en Planta Alta o de entrepiso ( $L_e$ ) en Planta Baja que apoyan sobre el dintel (m)	Sección transversal del dintel (mm)			Sección transversal del pilar ubicado bajo cada extremo del dintel (mm) <sup>(1)</sup>
		GL 20h	GL 22h	GL24h	GL 20h = 22 h = 24h

## Dinteles en Planta Alta

<= 2,44	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [7800 N] <sup>(2)</sup>
	$6,1 < L_{V/C} \leq 9,76$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [12600 N] <sup>(2)</sup>
3,05	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [9300 N] <sup>(2)</sup>
	$6,1 < L_{V/C} \leq 9,76$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [15100 N] <sup>(2)</sup>
3,66	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 240	150 x 200	150 x 200	150 x 150 [10300 N] <sup>(2)</sup>
4,27	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 240	150 x 240	150 x 240	150 x 150 [11800 N] <sup>(2)</sup>
4,88	$L_{V/C} \leq 6,1$	150 x 280	150 x 240	150 x 240	150 x 150 [12900 N] <sup>(2)</sup>

## Dinteles en Planta Baja

<= 1,83	$L_e \leq 4,0$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150
	$4,0 < L_e \leq 8,0$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150
2,44	$L_e \leq 4,0$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150
	$4,0 < L_e \leq 8,0$	150 x 240	150 x 200	150 x 200	150 x 150
3,05	$L_e \leq 4,0$	150 x 200	150 x 200	150 x 200	150 x 150
	$4,0 < L_e \leq 8,0$	150 x 280	150 x 240	150 x 240	150 x 150
3,66	$L_e \leq 4,0$	150 x 240	150 x 240	150 x 240	150 x 150
4,27	$L_e \leq 4,0$	150 x 280	150 x 280	150 x 280	150 x 150
4,88	$L_e \leq 4,0$	150 x 320	150 x 300	150 x 300	150 x 150

(1) Si el profesional responsable de la obra decide apoyar el dintel en montantes ubicados dentro del muro, bajo cada extremo del dintel debe disponer tres montantes adicionales juntos con iguales dimensiones y conexiones al bastidor y al tablero que los conforman el muro; (2): Esfuerzo de levantamiento en cada extremo del dintel debido a la succión del viento [entre corchetes].

sobre ellos, responden a las características descritas en este capítulo. En los apoyos y en las secciones que reciben cargas concentradas, el dintel tiene impedido el giro y el desplazamiento lateral.

- El apoyo del dintel sobre los pilares involucra toda la sección transversal de estos.

Las conexiones del extremo de un dintel de Planta Alta al pilar, de este al pilar ubicado debajo de él en Planta Baja, y finalmente a las fundaciones, tienen capacidad para absorber los esfuerzos de levantamiento (debidos a la succión del viento) con el valor nominal (sin mayorar) que en cada caso se indica en la última columna de la Tabla 4.16.



ANEXOS

5



## ANEXO 1. MATERIALES

## MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

**TABLA A.1.** Valores característicos de las propiedades de la madera estructural de *Pinus elliottii/taeda* clasificada visualmente como EC0, EC1 de acuerdo a UNIT 1261 (2018), y de *Eucalyptus grandis* EF1 de acuerdo a UNIT 1262 (2018)

Propiedad	Símbolo	Pino		<i>E. grandis</i>
		EC0	EC1	EF1
Resistencia característica de flexión [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{m,k}$	11,01	15,52	21,4
Resistencia característica de tracción paralela a la fibra [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{t,0k}$	4,97	8,26	12,84
Resistencia característica de tracción perpendicular a la fibra* [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{t,90k}$	0,4	0,4	0,6
Resistencia característica de compresión paralela a la fibra* [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{c,0k}$	14,27	16,94	19,89
Resistencia característica de compresión perpendicular a la fibra* [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{c,90k}$	2,32	2,56	3,86
Resistencia característica de corte* [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{v,k}$	2,70	3,15	3,64
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{0,m}$	5.327	7.139	11.960
Módulo de elasticidad característico paralelo a la fibra* [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{0,k}$	3.569	4.783	10.046
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra* [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{90,m}$	178	238	797
Módulo de elasticidad medio transversal* [N/mm <sup>2</sup> ]	$G_m$	333	446	748
Densidad media [kg/m <sup>3</sup> ]	$\tilde{n}_k$	392	365	386
Densidad característica [kg/m <sup>3</sup> ]	$\tilde{n}_m$	332	421	519

Nota: Los valores indicados con asterisco (\*) se obtuvieron a partir de las ecuaciones de EN 384 (2016)

**TOLERANCIAS DIMENSIONALES PARA LA MADERA ASERRADA****TABLA A.2.** Tolerancias sobre las medidas de la sección transversal

Separación entre centros de apoyo de la correa (m)	Clase de tolerancia	
	Un elemento visto	Dos elementos revestidos
Para espesores y anchos $\leq 100$ mm	(-1 + 3) mm	(-1 + 1) mm
Para espesores y anchos $> 100$ mm y $\leq 300$ mm	(-1 + 4) mm	(-1,5 + 1,5) mm
Para espesores y anchos $> 300$ mm	(-3 + 5) mm	(-2,0 + 2,0) mm

## MADERA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

**TABLA A.3.** Propiedades características de resistencia y rigidez en N/mm<sup>2</sup> y densidad en kg/m<sup>3</sup> de la madera laminada encolada (extraído de UNIT 1265, 2020)

Propiedad	Símbolo	Clase resistente de madera laminada encolada						
		GL 20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Resistencia característica de flexión	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia característica de tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
Resistencia característica de tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Resistencia característica de compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia característica de compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Resistencia característica a esfuerzo cortante (cortante y torsión)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Resistencia característica a esfuerzo cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,2						
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,g,m}$	8.400	10.500	11.500	12.100	12.600	13.600	14.200
Módulo de elasticidad característico paralelo a la fibra	$E_{0,g,0,5}$	7.000	8.800	9.600	10.100	10.500	11.300	11.800
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,g,m}$	300						
Módulo de elasticidad característico perpendicular a la fibra	$E_{90,g,0,5}$	250						
Módulo de elasticidad medio transversal	$G_{,g,m}$	650						
Módulo de elasticidad característico transversal	$G_{,g,0,5}$	540						
Módulo de cortante medio de rodadura	$G_{,r,g,m}$	65						
Módulo de cortante característico de rodadura	$G_{,r,g,0,5}$	54						
Densidad media	$\tilde{n}_{g,m}$	370	410	420	445	460	480	490
Densidad característica	$\tilde{n}_{g,0,5}$	340	370	385	405	425	430	440

## ANEXO 2. CLASES DE SERVICIO

### CLASES DE SERVICIO

Las propiedades mecánicas de la madera varían en función del contenido de humedad. Cuando el contenido de humedad de la madera en servicio es diferente al 12% se realiza una corrección de sus propiedades mecánicas. Las Clases de servicio definidas

en el Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera (2016), indicadas en la Tabla A.4, fueron definidas para asignar los valores de resistencias y el cálculo de las deformaciones bajo determinadas condiciones ambientales.

**TABLA A.4.** Clases de servicio de la madera (EN 1995, 2016)

Clases de servicio	Definición
1	Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2$ °C y una humedad relativa del aire que sólo supere el 65% durante unas pocas semanas al año. Estas condiciones corresponden a elementos de madera ubicados en el interior de una edificación en lugares secos, con una humedad de equilibrio higroscópico de la madera menor o igual a 12%.
2	Se caracteriza por un contenido de humedad en la madera correspondiente a una temperatura de $20 \pm 2$ °C y una humedad relativa del aire que solo supere el 85% durante unas pocas semanas al año. Estas condiciones corresponden a elementos de madera ubicados en el interior de una edificación en lugares húmedos como baños y elementos ubicados en el exterior, pero protegidos de la intemperie (aleros, porches), con una humedad de equilibrio higroscópico de la madera menor o igual a 20%.
3	Condiciones ambientales que conducen a contenidos de humedad de la madera mayores a los definidos en la Clase de servicio 2. Estas condiciones corresponden a elementos de madera ubicados al exterior expuestos a la intemperie, sin cubierta protectora, en contacto con el suelo o con agua.

## ANEXO 3. DURABILIDAD Y PROTECCIÓN

### 1. BIODETERIORO DE LA MADERA

La madera es un material de origen biológico y, como tal, es susceptible al biodeterioro, es decir que su apariencia o propiedades de resistencia pueden ser afectadas por agentes biológicos. Estos pueden ser: mohos u hongos de mancha, hongos xilófagos, insectos (coleópteros xilófagos o termitas), y organismos marinos (crustáceos o moluscos). También es degradado por agentes abióticos (agua, radiación UV, radiación calor, viento y fuego) y por sus diferentes combinaciones.

La magnitud de la biodegradación depende del material considerado, del grado de protección otorgado, de los agentes actuantes y de las condiciones del entorno como humedad y temperatura.

Los hongos xilófagos se alimentan de la madera produciendo importante daño estructural. Comprenden los hongos basidiomicetos descomponedores de la madera y hongos de pudrición blanda.

Los hongos basidiomicetos se clasifican según el tipo de ataque como hongos de pudrición parda o cúbica y pudrición blanca o fibrosa que para su desarrollo requieren un contenido de humedad de la madera que supere el 20%. Estos hongos se pueden desarrollar en madera exterior, pero también en madera interior protegida cuando existen zonas con condensaciones, goteras o filtraciones. Una pieza estructural con esta afectación deberá ser expuesta a tratamiento curativo cuando es posible o sustituida, debido a que estos afectan la capacidad resistente de la madera.

Los agentes causales de la pudrición blanda son hongos ascomicetos y bacterias que requieren normalmente alto contenido de hu-

medad por largos periodos de tiempo, lo que los excluye como factor en un problema de interés para las construcciones que no tienen contacto de la madera con el suelo. Sin embargo, son relevantes en el caso de una estructura soportada por pilotes de madera.

Los mohos y hongos de mancha colonizan la madera sin producir daño estructural significativo, pero en cambio la afectan en su apariencia y producen esporas que provocan alergias y otras afecciones respiratorias.

Los insectos que producen daños más relevantes en la madera industrializada son los coleópteros, llamados comúnmente escarabajos o carcoma, y las termitas.

Los coleópteros oviponen en la madera y al eclosionar sus larvas, se alimentan de la misma, generando galerías y emergiendo el adulto que luego puede reinfestar la madera. La duración del ciclo depende de la especie y de las condiciones climáticas (*Hylotrupes bajulus*, *Anobium punctatum* y *Lyctus brunneus*).

*H.bajulus* conocido como “bicho taladro” ataca la madera de coníferas (pino en nuestro país) con contenidos de humedad entre 15% y 50%. La madera secada en horno manipulada adecuadamente no debería estar contaminada. Una vez en la construcción no es probable que se infeste si la madera se mantiene revestida o protegida con un acabado continuo, sin fisuras o si está protegida químicamente.

*Anobium* sp., denominado carcoma común, ataca tanto coníferas (pino) como latifoliadas (eucalipto, álamo) con un contenido de humedad entre 10% y 50%.

*Lyctus* sp, llamado polilla de la madera o escarabajo de polvo de madera, prefiere albura de madera de latifoliadas seca, tolerando con un contenido de humedad entre 6% y 30%.

Las termitas son insectos con un importante rol ecológico como descomponedores de los materiales lignocelulósicos. Se pueden agrupar en tres tipos de acuerdo con su hábitat para anidar: termitas de madera seca, termitas de madera húmeda, subterráneas y arborícolas. Solo 79 especies han sido reportadas como plagas. Se estima que el impacto económico global de las termitas es de 40 mil millones de USD al año, siendo las termitas subterráneas responsables de aproximadamente el 80 % del impacto económico total (Oi, 2021).

Hasta el momento en Uruguay se ha detectado una especie que afecta la madera en servicio, se trata de *Reticulitermes flavipes*, que pertenece al grupo de termitas subterráneas. Se la ha encontrado en zonas cercanas a la costa, pero no hay evidencia de que estén ausentes en el resto del país. Es relevante la realización de un mapeo de su distribución (mapa de riesgo) que permita intensificar los esfuerzos de prevención en las construcciones ubicadas en zonas de mayor riesgo y minimizar las medidas de prevención en el resto del país.

Son insectos sociales que se organizan en castas diferenciadas que viven en nidos subterráneos. Ingresan a la vivienda construyendo galerías dentro de la madera o túneles construidos con materiales del suelo, saliva y excremento que las protegen de la luz y de la desecación. Si bien necesitan humedad para alimentarse y para sobrevivir, la pueden transportar al trasladarse. Se las detecta normalmente por estos túneles o por los vuelos nupciales de los reproductores. Muchas veces al detectarlas ya se propagaron por la estructura. Difícilmente se ve daño en la madera hasta que el deterioro es importante. Por su organización social y la distribución de sus nidos, son difíciles de eliminar una vez que entraron a una vivienda.

## 1.1

### **DURABILIDAD DE LAS MADERAS CONSIDERADAS EN ESTA GUÍA**

La durabilidad frente al biodeterioro de la madera o sus derivados es la resistencia del material a la destrucción por parte de los organismos que degradan la madera.

La durabilidad natural es una característica que está asociada a las propiedades físicas, químicas y anatómicas de la madera y depende de diferentes factores como la especie, edad (madera juvenil o adulta), genética, origen de la plantación.

La madera de *P. taeda* que se comercializa en Uruguay corresponde a albura, que es considerada como no durable frente a hongos descomponedores y termitas (EN 350:2016), esta información ha sido confirmado a través de ensayos de laboratorio en el LATU.

La madera de *E.grandis* es clasificada como no durable frente a termitas, y como medianamente durable a poco durable (categorías 3-4) frente a hongos descomponedores de acuerdo a ensayos de laboratorio y campo en el LATU sobre madera de plantaciones de 16 años de Uruguay (Böthig et al., 2016). Dicha clasificación coincide con reporte en EN 350:2016 Anexo B correspondiente a madera cultivada en Argentina. Esta fuente reporta también un desempeño como durable frente a *Anobium* sp. Ensayos sobre madera de *E.grandis* de Argentina (Lorenzo et al., 2009 ).

## 1.2

### **CLASES DE USO**

De acuerdo a su función y ubicación en la edificación, un elemento de madera va a estar expuesto a diferentes condiciones ambientales (temperatura, humedad y aireación), que condicionan los organismos o microorganismos que pueden desarrollarse y cuánto pueden comprometer la integridad del material.

Sobre esta base, la norma EN 335 (2016) define categorías de exposición denominadas Clases de uso (Tabla A.4.), para las cuales se estable-

cen requerimientos específicos de protección de la madera.

**TABLA A.4.** Clases de uso de la madera (EN 335, 2016)

Clases de uso	Definición
1	<p>Interior y seco; en general el contenido de humedad se encuentra entre 8 y 12 % y siempre es menor a 20%). No está expuesto a la humidificación.</p> <p>El ataque por hongos cromógenos o por hongos xilófagos es despreciable y siempre accidental. No es considerado para la selección de los materiales. Es posible el ataque por insectos xilófagos incluyendo las termitas, aunque la frecuencia y la importancia del riesgo dependen de la ubicación geográfica.</p> <p><i>Ejemplos: vigas y viguetas de cubierta de una vivienda, tablas de suelo, dinteles, carpintería interior; maderas en plantas superiores no integradas en paredes exteriores macizas.</i></p>
2	<p>Interior, o bajo cubierta no expuesta a la intemperie, Posibilidad de humidificación ocasional o accidental. La madera se seca muy rápidamente cuando se humedece. En general, en esta situación de uso, las maderas tienen una humedad de equilibrio media de entre el 12 y el 20%. En caso de uso interior en condiciones de alta humedad puede ser necesario asignar una Clase de uso superior.</p> <p>Se puede producir ataque por hongos cromógenos y por hongos xilófagos. Es posible el ataque por insectos xilófagos incluyendo las termitas.</p> <p><i>Ejemplo: listones de tejado; entramados de madera en casas de entramado de madera<sup>1</sup>; madera en cubiertas inclinadas con alto riesgo de condensación; maderas en techos planos; viguetas de planta baja; soleras (sobre sello impermeabilizante); viguetas de madera en plantas superiores integradas en muros exteriores, madera expuesta, en baño o cocina, madera de interior en zonas frías donde puede haber condensaciones o fugas de agua inadvertidas, porches cubiertos al exterior o vigas, protegidos de lluvia traída por el viento<sup>2</sup>.</i></p> <p>1 de acuerdo a Wood Protection Association (2021) la estructura del sistema de entramado ligero se asigna a Clase de uso 2 debido a la importancia estructural 2 Esta clasificación dependerá de la frecuencia en que la madera supere el 20% de humedad.</p>
3.1	<p>Exterior, sin contacto con el suelo, expuesto a condiciones de humedad a la intemperie durante cortos períodos de tiempo y donde se debe asegurar que el agua no se acumule sobre la madera. La humedad de la madera es frecuentemente mayor a 20%. Esto puede ser posible con una cubierta exterior, mediante la aplicación de productos de acabado adecuados y mantenidos, mediante un diseño adecuado o una orientación de los elementos que permita la evacuación del agua y el secado rápido.</p> <p>Es posible el ataque por insectos xilófagos incluyendo las termitas, aunque la frecuencia y la importancia del riesgo dependen de la ubicación geográfica.</p> <p><i>Ejemplos: carpintería exterior (revestida) y revestimiento (revestido), viguetas de cubierta de una piscina climatizada, vigas de un deck o porche al exterior con cubierta protectora o donde los elementos de madera están protegidos por diseño (tablas protectoras fácilmente reemplazables, recubrimiento con otros materiales, etc.).</i></p>
3.2	<p>Exterior, sin contacto con el suelo, y expuesto a condiciones de humedad a la intemperie durante períodos largos. La humedad de la madera es frecuentemente mayor a 20% y el agua se acumula.</p> <p>Es posible el ataque por insectos xilófagos incluyendo las termitas, aunque la frecuencia y la importancia del riesgo dependen de la ubicación geográfica.</p> <p><i>Ejemplos: vigas de un alero al exterior y sin cubierta protectora y sin ninguna medida de protección por diseño, vigas de un deck.</i></p>

Clases de uso	Definición
4	<p>Exterior, en contacto con el suelo o con agua dulce.</p> <p>Se puede producir ataque por hongos cromógenos y por hongos xilófagos. Es posible el ataque por insectos xilófagos incluyendo las termitas, aunque la frecuencia y la importancia del riesgo dependen de la ubicación geográfica, Puede haber ataque por bacterias cuando la madera sumergida o periodos largos saturada de agua.</p> <p><i>Ejemplo: pilares o postes enterrados en el suelo o pilares de embarcadero en un río o lago.</i></p>
5	<p>Permanente o regularmente sumergido en agua salada.</p> <p>El ataque por invertebrados marinos es el problema principal. Pueden también producirse ataques por hongos xilófagos o desarrollarse mohos superficiales y hongos cromógenos de azulado en la parte aérea de los elementos.</p> <p><i>Ejemplo: pilares de un embarcadero en agua de mar.</i></p>

## 2. PROTECCIÓN DE LA MADERA

Diferentes estrategias deben combinarse para la protección de la madera:

### 2.1

#### SECADO

El secado por debajo de 20% de CH es un aspecto fundamental ya que el agua es un requerimiento de los seres vivos para su desarrollo. Sin embargo, no es una condición suficiente ya que algunos organismos y microorganismo pueden adaptarse a bajos contenidos de humedad y por otra parte la madera es higroscópica, es decir absorbe humedad del ambiente.

### 2.2

#### PROTECCIÓN POR DISEÑO

Es la aplicación en el diseño constructivo de estrategias orientadas a proteger la madera de los diferentes agentes de deterioro. En el caso del biodeterioro la clave es protegerla de todas las fuentes posibles de humedad (filtraciones, condensaciones, fugas de cañerías) y a facilitar la evaporación cuando la humectación se produce.

### 2.3

#### DURABILIDAD ADQUIRIDA POR PRODUCTOS QUÍMICOS

Cuando la durabilidad natural de la madera no es suficiente para una cierta prestación puede realizarse tratamientos para mejorarla (durabilidad adquirida). La protección química consiste en introducir un producto químico protector con la cantidad necesaria según las degradaciones o riesgos a que pueda estar sometida (Clases de uso).

#### 2.3.1.

##### Tratamientos protectores

Los tratamientos protectores pueden ser superficiales, medios o profundos.

Los requisitos de protección en cuanto a su profundidad y retención varían según la clase de uso. La Tabla A.5. presenta una interpretación de los requerimientos de penetración y retención de la normativa europea, mientras que la Tabla A.6. explica la clasificación de los tipos de profundidad requeridos.

**TABLA A.5.** Interpretación de EN 599-1 sobre requisitos de penetración (P) y categorías de retención (R) de los protectores para las Clases de uso, extraído de Peraza Sánchez (2009).

Clase de uso	Exposición a la intemperie	Requisitos según las aplicaciones				Contenido de humedad de la madera
		Carpintería		Estructuras		
		Prof.	Ret.	Prof.	Ret.	
1	Interior bajo cubierta	NP1	R1	NP2	R2	Inferior a 20%
2	Interior bajo cubierta	NP1	R2	NP2	R2	En alguna ocasión > 20%
3,1	Exterior, por encima del suelo, protegido	NP2	R3.1	NP3	R3.2	En alguna ocasión > 20%
3,2	Exterior, por encima del suelo, no protegido	NP3	R3.2	NP3	R3.2	Frecuentemente > 20%
4,1	Exterior, en contacto con el suelo o agua dulce	NP5	R4.1	NP5	R4.1	Permanentemente > 20%
4,2	Exterior, en contacto con el suelo (intenso) y/o agua dulce	NP6	R4.2	NP6	R4.2	Permanentemente > 20%
5	Contacto con agua salada	NP6	R5	NP6	R5	Permanentemente > 20%

**TABLA A.6.** Descripción de requisitos de penetración de EN 599-1, extraído de WPA (2021)

	Requisito de penetración (mm)	Zona analítica (mm)	Penetración típica (Nota 4)
NP1	Sin ningún requisito (Nota 1)	3 mm desde las caras laterales	
NP2	Un mínimo de 3 mm en las caras laterales en la madera de albura	3 mm desde las caras laterales en la albura	 (Nota 1)
NP3	Un mínimo de 6 mm en las caras laterales en la madera de albura	6 mm desde las caras laterales en la albura	 (N. 1)
NP4 (Nota 2)	Un mínimo de 25 mm en las caras laterales en la madera de albura	25 mm desde las caras laterales en la albura	
NP5	Toda la albura	Toda la albura	
NP6 (Nota 3)	Toda la albura y mínimo 6 mm en la madera de duramen expuesta	Toda la albura y mínimo 6 mm en la madera de duramen expuesta	

**NOTAS:**

1. Si no es posible distinguir entre duramen y albura, toda la muestra debe considerarse como albura.
2. NP4 solo se aplica a la madera rolliza de especies resistentes.
3. Cuando se especifica la clase de penetración NP6 para algunas maderas en Clase de uso 4, se requiere una penetración total en la albura. La penetración del duramen debe ser visible a 6 mm y en el 75 % de la sección transversal de la zona analítica del duramen a lo largo de cualquier cara en la que esté presente el duramen. Debe haber una profundidad mínima de penetración de 6 mm en la madera además del requisito de clase de penetración, independientemente de si la madera incluye albura o duramen. Esto incluye áreas donde el maquinado ha resultado en una banda muy estrecha de albura (menos de 6 mm) en la superficie.
4. Los diagramas en la última columna, que muestran la penetración del conservante, son solo para fines ilustrativos; la penetración real variará según la especie y las proporciones de duramen/albura dentro de cada componente tratado.

## 2.3.1.1

*Aplicación superficial por inmersión breve, pulverización, pincelado o aspersión*

Los productos utilizados pueden ser orgánicos, en fase solvente o en fase acuosa.

La aplicación en baños cortos, en túnel de aspersión y la pulverización involucran principalmente a profesionales o procesos industriales, mientras que la brocha o rodillo es de más vasta aplicación. Esta distinción es útil porque las regulaciones pueden conducir a restricciones en el uso de ciertos productos por parte del público.

En un tratamiento por inmersión, las piezas de madera se sumergen apiladas en una cubeta que contiene el producto protector, que penetra en la madera por capilaridad a una profundidad y con una retención que depende de la impregnabilidad de la especie, del estado superficial de las piezas (bruta o cepillada por ejemplo) y de la duración del remojo.

La pulverización es un proceso de tratamiento superficial que se aplica *in situ*.

La aspersión o *flow coat* es un proceso controlado que se realiza en fábrica, en línea o en cabina.

La pintura con pincel o brocha es el principal proceso accesible al público en general, pero sigue siendo muy utilizado por los profesionales: tratamiento de cortes en obra, tratamiento de madera laminada encolada de gran formato *in situ*, tratamiento de pequeñas series de carpintería.

La penetración mínima alcanzada por el protector es de 3 mm en las caras laterales de la madera de albura. La eficacia preventiva de los tratamientos superficiales se limita a ciertas condiciones de uso (1, 2 y 3,1 no estructural).

Con estos tratamientos, si hay movimientos de madera por grandes variaciones de humedad puede ocurrir agrietado de la madera dejando material expuesto sin protección.

## 2.3.1.2.

*Aplicaciones de profundidad media*

Penetración mínima de 6 mm en las caras laterales en la madera de albura, que son logradas generalmente por inmersión durante periodos mayores a 3 minutos en especies impregnables.

## 2.3.1.3.

*Aplicación en profundidad o impregnación de la madera*

Toda la albura o toda la albura y un mínimo de 6 mm en la madera de duramen cuando se presenta duramen expuesto. La impregnación en profundidad con productos preservantes es necesariamente un proceso industrial. A través de este proceso el producto protector penetra y reacciona químicamente, quedando fijado en la madera independientemente de que sufra humedecimiento o secado. Son excepción algunos productos como los basados en boratos, que no reaccionan químicamente y son fácilmente lixiviados con el agua.

El proceso de impregnación más difundido y realizado en nuestro país es conocido como proceso de Bethel, y se realiza en una autoclave industrial para impregnación. Consiste en un ciclo que comienza con un vacío inicial, seguido de un periodo de presión y luego un vacío final. Estos procesos permiten la incorporación de los preservantes en profundidad, requisito para ciertas clases de uso. La retención es la cantidad de preservante absorbidos por unidad volumétrica de la madera y es expresada en kg/m<sup>3</sup>. Para diferentes Clases de uso se especifica la retención

y profundidad del preservante (Tabla A.6). El requisito de retención depende del producto y puede variar con la especie de madera.

La madera de *E. grandis* es solo impregnable en la albura, lo que significa que la madera aserrada no puede ser preservada. Esto limita su utilización a aplicaciones donde su durabilidad natural lo permite o donde las consecuencias de su deterioro no tengan alto impacto y la pieza pueda ser sustituida fácilmente.

### 2.3.2.

#### **Protectores o preservantes de la madera de acuerdo a su objetivo**

**Insecticidas:** protegen frente a la acción de los insectos xilófagos, destacan el tipo Piretroides (permetrina, cipermetrina) o Clorpirifos. Se aplican en diferentes modalidades: en profundidad, penetración media o superficial.

**Biocidas de amplio espectro:** Protegen frente a la acción de hongos xilófagos e insectos.

#### **Productos de aplicación industrial en impregnación con autoclave:**

- **CCA-C.** Es una mezcla de óxidos de cromo, cobre y arsénico. Por su alta efectividad y buena fijación, sigue siendo el producto más utilizado en Uruguay, aunque por consideraciones ambientales y de seguridad, se está retirando del mercado en muchos países, especialmente para usos donde se prevé contacto con el ser humano. Otros productos lo están sustituyendo para diferentes aplicaciones.
- **Productos a base de cobre.** Azoles orgánicos de cobre (CA); azoles orgánicos de cobre, que pueden incluir boro (CAB); cobre y amonios cuaternarios (ACQ), Copper bis-(N-cyclo-hexyldiazaniumdiox) (Cu-HDO) con o sin boro.

- **Productos a base de boro.** Diferentes formas de boro orgánico o inorgánico
- **Productos orgánicos.** Diferentes combinaciones de azoles y permetrina o cipermetrina, amonios cuaternarios e IPBC (3-Iodo-2-propinil butilcarbamato).
- **Sistemas de partículas micronizadas:** Azoles de cobre micronizado MCA que puede incluir o no algún insecticida específico; Amonios cuaternarios con cobre micronizado.

#### **Protectores de aplicación superficial:**

- **Acuoso:** Boro inorgánico, amonios cuaternarios, combinaciones de diferentes principios activos como: permetrina, IPBC, propiconazol y tebuconazol, permetrina, propiconazol y TMAC (cloruro de trimetil alquil amonio).
- **Solvente orgánico liviano:** Amonios cuaternarios, DCOI, IPBC, tebuconazol y propiconazol, azoles, permetrinas (con efecto insecticida únicamente), permetrina + azoles.

Opciones que pueden ser utilizados en uso residencial:

- Para prevenir la mancha azul, algunos productos muy utilizados son el tribromofenol, quinolatos de cobre y carben-dazimas.
- Protectores frente a la humedad:
  - Pinturas y barnices sellan la veta de la madera impidiendo la absorción de humedad; sin embargo, al descascararse pueden generar trampas de agua perjudiciales para del desarrollo de hongos. Sus pigmentos protegen la madera de la radiación UV.

- Lasures, *stains* o protectores superficiales contienen resinas hidrorrepelentes y otros principios activos como ser fungicidas, insecticidas, filtro UV. No forma film y permite respirar a la madera.
- Algunos preservantes pueden contener hidrorrepelentes que protegen la madera de la humedad sin necesidad de aplicación de revestimientos superficiales.

La protección proporcionada por el revestimiento de acabado (tinturas, barnices, pinturas) no reemplaza un tratamiento de preservación, pero puede permitir prolongar la vida útil de la obra, en particular sobre los elementos de bajos espesores. Su función principal es asegurar la durabilidad del aspecto de la madera frente a la intemperie, retrasando el envejecimiento generado por la exposición a los rayos UV y limitando la absorción de agua en la madera durante los episodios de lluvia.

La duración del acabado depende de la naturaleza e intensidad de la exposición a la lluvia, los rayos ultravioletas, las variaciones de temperatura, así como las variaciones dimensionales y el estado de la superficie del medio utilizado, entre otros. Finalmente, depende también del propio tratamiento y de la frecuencia de mantenimiento.

El acabado superficial es esencial para garantizar la eficacia a largo plazo de los productos protectores aplicados mediante tratamiento superficial. La adición de un acabado no puede ser tomada en cuenta para modificar una Clase de uso.

**Protección frente al fuego:** no se trata en este Anexo.

## 2.4

### Modificación química o térmica

Tratamientos térmicos o químicos modifican la estructura de la madera pudiendo afectar algunas propiedades como la estabilidad dimensional, higroscopicidad, rigidez, dureza y/o durabilidad. Un tratamiento térmico, por ejemplo, puede mejorar la dureza y durabilidad de madera de pino mejorando su desempeño en aplicaciones como ser revestimientos exteriores, pisos, decks. Sin embargo, en *E. grandis* puede generar fragilidad y agrietado perjudiciales para el producto final.



