



# **Universidad Nacional Autónoma de México**

## **Facultad de Ingeniería**

### **Construcción de Casas de Madera**

**TESIS PROFESIONAL**

**Para obtener el título de**

**INGENIERO CIVIL**

**Área**

**Construcción.**

**PRESENTA:**

**YAMBIER DEL REAL AVENDAÑO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. en I. Luis Candelas Ramírez**

**México, Febrero 2012**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DIRECTOR Y SINODALES DE TESIS:**

### **Director de Tesis:**

M.I. Candelas Ramírez Luis.

### **Sinodales de Tesis, Por Orden Alfabético.**

M.I. Deméneghi Colina Agustín.

M.I. Kuri Abdala José Antonio.

Ing. Ponce Serrano Alejandro

M.I. Sanginés García Héctor.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al M.I. Luis Candelas Ramírez por su asesoría, amistad y apoyo que me dio para realizar y culminar mi tesis, que será un gran logro y ejemplo para mi vida académica.*

*Al igual, a los profesores que me dieron la oportunidad de ser mis Sinodales en la presentación de mi tesis.*

*A todos los profesores, que tuve la oportunidad de cursar alguna asignatura y dejarme las enseñanzas necesarias para poder realizar esta tesis y para mi vida profesional.*

*También a toda mi familia, a mis padre Javier Del Real y Zenaida Avendaño, a mis hermanos Vladimir y Violeta, a mi esposa Beatriz Velázquez, a mi cuñado Raymundo Velázquez, a mis suegros y a todos los que me brindaron el apoyo necesario para poder laborar esta tesis.*

## **PENSAMIENTOS**

*Al entrar a la Universidad, no solo es ir a estudiar, es un cambio de vida en la cual entregas una parte de esta, por que pasas mas tiempo en los salones, bibliotecas y hasta en las cafeterías, que en el hogar, conociendo y aprendiendo cosas nuevas que te ayudaran a desarrollarte en la vida profesional, amigos y compañeros que serán parte de la formación académica, por el hecho de que trabajaremos en equipo para poder realizar los proyectos que se necesiten entregar para poder aprobar las materias satisfactoriamente, pero como todo lleva un proceso el cual es ir aprendiendo lo básico para tener los conocimientos como si fueran fuertes cimientos que ayudaran después a sostener la carga de las asignaturas mas complejas de una carrera profesional. Todo lo antes mencionado lleva tiempo y esfuerzo que en lo personal hubiera preferido acabar mi carrera profesional en un menor tiempo, pero como “alguien me dijo alguna vez” TODO PASA POR ALGO... pienso que tuvo razón ya que gracias a Dios, a mi Director de tesis, Profesores, Padres, Hermanos, amigos y todos los que me ayudaron se realiza mi sueño de poder ser un Profesionista en la carrera que me gusto y poder entrar a la Facultad de Ingeniería a estudiar y ser un Ingeniero Civil.*

# INDICE:

	PAG.
<b>DIRECTOR Y SINODALES DE TESIS</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>iii</b>
<b>PENSAMIENTOS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE</b>	<b>v</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>I. LA MADERA</b>	<b>2</b>
I.1 Tipos de Madera.	
I.2 Características Físicas.	
<b>II. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS VISUALES.</b>	<b>4</b>
II.1 Madera Rolliza.	
II.2 Madera Labrada.	
II.3 Madera Aserrada.	
<b>III. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA POR SUS PROPIEDADES.</b>	<b>11</b>
III.1 Por Aspecto.	
III.2 Por Despiece.	
III.3 Por Resistencia.	
<b>IV. NORMATIVIDAD PARA CONTRUIR CON MADERA.</b>	<b>14</b>
IV.1 Normas Para la Conservación de la Madera.	
IV.2 Resumen de las Principales Normas Vigentes Relacionadas a Construir con Madera.	
<b>V. CONECTORES METÁLICOS ESTRUCTURALES.</b>	<b>22</b>
V. 1 Conectores Tipo "H".	
V.2 Clavado y Tipología de las perforaciones.	
<b>VI. PISOS DE MADERA.</b>	<b>32</b>
VI.1 Diseño de Pisos de Madera.	
VI.2 Detalles constructivos de Pisos de Madera.	
<b>VII. MUROS DE MADERA.</b>	<b>45</b>
VII.1 Diseño de Muros de Madera.	
VII.2 Detalles constructivos de Muros de Madera.	
<b>VIII. TECHOS DE MADERA.</b>	<b>70</b>
VIII.1 Diseño de Muros de Madera.	
VIII.2 Detalles constructivos de Muros de Madera.	
<b>IX. CONCLUSIONES.</b>	<b>85</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>92</b>

## INTRODUCCIÓN.

En esta tesis se muestran : Los procesos constructivos hechos con madera, todo lo necesario para poder entender con detalles constructivos de una casa habitación hecha con piezas de madera y las uniones con conectores metálicos, tornillos con tuercas, clavos, etc. Ya existen una gran variedad de marcas y tipos de estos conectores que logran hacer que los elementos estructurales de madera queden perfectamente unidos, logrando la máxima seguridad para que sea esta una estructura permanente, siguiendo las normas correspondientes y necesarias de forma general para cumplir principalmente con la seguridad de tener una estructura confiable y permanente.

Estas estructuras permanentes deben resistir, tanto el clima como los fenómenos naturales, que hacen que la madera sufra un desgaste que sin un mantenimiento adecuado, no duraría. Se dan las recomendaciones generales, de forma clara para entender que este proceso da una facilidad de construir y de aprovechar la madera, por que se logra un ahorro considerable de tiempo, porque la estructura de madera tiene la función adicional de servir de base para recibir recubrimientos colocables modulados que a la vez encapsulan la estructura, protegiéndola de la humedad, los insectos y el fuego. Para constructores, el ahorro de tiempo es importante y puede darles a ganar el mismo dinero en la tercera parte del tiempo.

Como se describen en los capítulos siguientes, la madera tendrá varias clasificaciones de las cuales son las de sus características visuales y de sus propiedades, ya que simplemente son las mas fáciles y comunes de detectar si la madera (de Pino) es apta para usarse de forma estructural, además de que tienen que cumplir con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y la Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera, de las cuales se describen las mas importantes en forma general, por ello los procesos constructivos de Pisos, Muros y Techos también se describirán de forma general para poder entender los procesos mas usuales y comunes que satisfacen las normas requeridas, como la de diseño, costos, tiempo, etc.

Ésta investigación fue hecha a base de madera de Pino común para generalizar detalles constructivos y demostrar su eficaz resistencia al igual que su abundante cantidad que se localiza en nuestro país. Las Tablas de Datos, se hicieron con estudios realizados, según el ejemplo, esto es para generalizar y ayudar a comparar con situaciones semejantes, con el fin de proporcionar valores muy apegados a cada situación que se necesite y poder dar soluciones sin tener que hacer muchos cálculos para el diseño, al igual que las ilustraciones de los detalles constructivos nos ayudaran a comprender que hay varios procesos similares y que pueden ser sencillos de hacerse, como también de hacer el mantenimiento preventivo y correctivo de las estructuras de madera sin tener que hacer un gasto mayor en comparación a otros materiales de construcción.

# Capítulo I

## **LA MADERA.**

Primero definiremos a la madera, podemos definirla como un conjunto de células, huecas, alargadas y cementadas longitudinalmente entre sí. En el árbol vivo las fibras por medio de sus paredes celulares, funcionan como sostén y como conductores de soluciones alimenticias y de desecho, ya que sus porciones huecas están interconectadas lateralmente, formando un sistema continuo a lo largo del tronco.

Los tres componentes básicos de las paredes de las fibras son, la celulosa (40-50%) que se puede considerar como el almacén; hemicelulosas varias (20-35%) que actúan como matriz y la lignina (15-35%) que es el cementante de los componentes; desde el punto de vista de resistencia mecánica, estos son los elementos importantes. Además pueden existir en cantidades y tipos variables, extractivos que son sustancias orgánicas depositadas en los espacios libres de la madera y le imparten características como olor, color y sabor e influyen sobre su permeabilidad.

A causa de su estructura, la madera es un material anisotrópico, es decir, que todas sus propiedades varían de acuerdo con sus ejes estructurales, los cuales desde un punto de vista teórico forman ángulos rectos entre sí. El eje longitudinal o axial (L) puede definirse como aquel que corre paralelamente a lo largo del tronco o de las fibras; el radial (R) es perpendicular al longitudinal, paralelo a los rayos (los rayos son conjuntos de fibras que corren paralelos a una línea recta de la médula o centro del árbol a la corteza del tronco); y tangencia (T) perpendicular al axial y al radial y tangente a los anillos de crecimiento o circunferencia del tronco.

### **Tipos de Madera.**

La madera proviene de dos grandes grupos de árboles:

a) Maderas de angiospermas, latifoliadas, hojosas o de hoja caduca. Ejemplo de este grupo son: caoba, encino chicozapote, cedro rojo, etc.

b) Maderas de gimnospermas o coníferas. La madera de pino, ciprés, enebro, oyamel, etc. son ejemplos de este grupo.

En México la madera de pino es la más abundante en el mercado y la más comúnmente usada en la construcción. También en el mercado nacional la madera no se clasifica con base a sus posibles usos estructurales, sino únicamente desde el punto de vista del uso que se le puede dar, en la manufactura de muebles, cancelas, etc.

Al observar una pieza de madera en su plano transversal por lo regular se distinguen una serie de bandas contiguas que corresponden a los anillos de crecimiento de árbol. Cada banda consiste de una porción color claro en donde las fibras tienen paredes delgadas (madera temprana) y otra porción más oscura con las fibras de paredes gruesas (madera tardía). La proporción de madera temprana en una pieza, es importante desde el punto de vista de resistencia cuando ésta tiene el valor muy alto, significando que la pieza está compuesta en gran parte por fibras de paredes

delgadas indicando que probablemente la pieza tiene una capacidad de carga muy por abajo de lo esperado. Las Normas utilizadas para clasificar madera desde el punto de vista estructural toman en cuenta este hecho para desechar piezas de baja resistencia.

Otra característica importante de la madera es la que se observa también en el plano transversal de los troncos de los árboles. Con frecuencia la porción central es de color más oscuro que la periferia. La madera que se asierra del área central se dice que es madera de duramen y la que proviene de la periferia madera de albura. Desde el punto de vista de resistencia mecánica no existe ninguna diferencia significativa entre la madera de duramen y albura, una no es más dura que la otra ni más o menos deseable para fines estructurales.

El duramen sin embargo, debido precisamente a la presencia de extractivos que son los que le dan el color, olor y sabor, es por lo regular más resistente al ataque destructor de organismos y también es un poco más difícil de secar o impregnar con soluciones de sustancias preservadoras ya que es menos permeable que la albura.

### **Características Físicas.**

El peso total de una pieza de madera está dado por la suma del peso del agua que contiene el peso de la madera en sí. La cantidad de agua en la madera puede contribuir significativamente al peso total de la pieza, llegando para las especies de pino a más de 200 %. La madera de pino que comúnmente se usa en la construcción y con un contenido de humedad de 15 % tiene pesos que van de 390 a 710 kg/m<sup>3</sup>.

Contenido de humedad % = (peso de agua X 100) / (peso de la madera anhidra)

La madera de pino recién aserrada puede tener un contenido de humedad hasta de más de 200 %. Esta misma madera después de secada al aire libre o en estufa se puede adquirir en las madererías con contenidos de humedad de 7 a 50 % aproximadamente.

La humedad dentro de la madera se localiza principalmente en dos zonas: en los huecos o luces de las fibras como agua «libre» y en las paredes celulares como agua «fija». Al someter madera húmeda a algún proceso de secado, el agua libre en los huecos de la fibra es la primera y mas fácil de extraerse, siguiéndole el agua fija. A el contenido de humedad de la madera correspondiente a la humedad que queda saturando las paredes celulares (toda el agua libre en los huecos de las fibras ha sido extraída quedando únicamente el agua fija en las paredes celulares) se le llama punto de saturación de la fibra (PSF), siendo el intervalo de valores para la madera de pino del país de 25 a 30 %. Es muy importante señalar que todas las características de la madera, en especial su resistencia mecánica, cambian notablemente dependiendo de su contenido de humedad.

Según información de la FAO el consumo mundial de madera tiende a aumentar. El aumento en términos absolutos, se atribuye fundamentalmente al incremento de la población. Sin embargo, el consumo per cápita tiende a disminuir por la mayor eficiencia en la utilización de la madera. La madera en rollo y la leña son los únicos productos forestales cuyo uso tiende a disminuir a nivel mundial; el consumo de madera aserrada aumenta a un ritmo relativamente lento mientras que la utilización de la madera laminada y de los tableros de diversos tipos se incrementa de manera acelerada.

## Capítulo II

### **CLASIFICACIÓN DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS VISUALES**

#### **Madera Rolliza**

También llamada madera sin elaborar, es de uso bastante frecuente en México en construcciones rurales y tradicionales. En varias regiones todavía se emplea en andamios, cimbras y obras falsas de diversos tipos. Un empleo bastante exitoso de este producto es en el caso de líneas de transmisión de energía eléctrica y de teléfono. En algunos puentes de caballete todavía se emplea como elementos verticales de carga. Un uso algo difundido en otras regiones del mundo es la construcción de viviendas en construcciones industriales y rurales como elementos soportantes de la cubierta, como los muros y, en ocasiones hasta los pisos. Un uso tradicional que tiende a desaparecer es la construcción de cabañas con troncos.

#### **Madera Labrada**

Se obtiene dándole la forma requerida con hacha o azuela. Las piezas de madera labrada son todavía de uso común en las construcciones rústicas, aunque es de esperarse que esta manera de elaborar la madera sea sustituida por la aserrada, puesto que la elaboración de la madera labrada implica desperdicios importantes. Los miembros de madera labrada generalmente son piezas relativamente robustas utilizadas como vigas, postes, pilotes cabezales de caballetes para puentes. Para cabezales y usos semejantes son comunes las piezas cuadradas de 30 a 35 cm. de lado y longitudes de unos cuatro a seis metros. Para postes de diversos tipos normalmente se utilizan secciones menores. Las dimensiones aproximadas más usuales para las secciones de vigas son de 10 X 20 cm y 20 X 40 cm. Las longitudes no suelen pasar de unos 8.5 m. Una aplicación típica de las vigas labradas está en los techos denominados de bóveda catalana.

#### **Madera Aserrada**

El volumen de madera aserrada utilizado en la construcción excede con mucho al de los demás productos forestales con algún grado de elaboración en todas partes del mundo. En México aproximadamente el 8% procede de las especies coníferas. Algunas otras especies de las que se obtiene madera aserrada son la caoba, el cedro, el ayacahuite, el encino y el nogal. En nuestro país, a diferencia de lo que ocurre en otras naciones, la mayor parte de la madera aserrada se destina a obras provisionales de diversos tipos (cimbras y obras falsas). En México son poco frecuentes las estructuras permanentes a base de madera. Desde nuestro punto de vista, son dos los principales problemas que contribuyen a crear situación desfavorable para el uso de la madera en la construcción, que son el escaso control sobre las dimensiones reales de la madera aserrada y la inoperancia de las reglas de calificación y clasificación para fines estructurales que existen en México.

El problema de las dimensiones es por que comercialmente la madera de dimensiones grandes ya por costumbre es darle las medidas en unidades inglesas: pulgadas para anchos y espesores, pies para longitudes. Todavía es usual estimar las columnas en pies-tablón aunque existe una

tendencia a usar el metro cúbico como unidad. Las dimensiones utilizadas para identificar las piezas de madera son nominales y suelen corresponder a las dimensiones de la pieza en estado verde.

## CARACTERÍSTICAS VISUALES

### Sección transversal y Área total ( $A_t$ )

Es el área resultante de un corte real o imaginario perpendicular al eje longitudinal de una pieza de madera. El área total es la superficie de una sección transversal (Fig. 2.1).

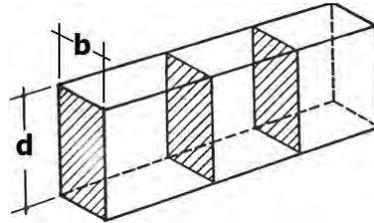


Fig.2.1 Sección transversal de una pieza, zona sombreada.  $A_t = b \times d$

### Zonas adyacentes a los cantos

Son las zonas adyacentes a la dimensión menor, con una dimensión de un octavo ( $1/8$ ) de la dimensión mayor. En secciones cuadradas se consideran indistintamente las zonas adyacentes a los cantos, como se ve en la Fig. 2.2

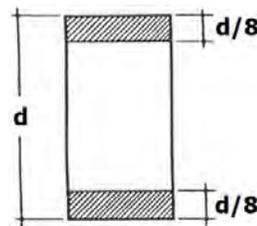


Fig. 2.2 Zonas adyacentes a los cantos. ( $d/8$ )

### Área de nudo

Para fines de clasificación se utilizan dos conceptos: uno es el de “área de nudo” ( $A_n$ ), y otro es el “área del nudo en la zona adyacente al canto ( $A_{nc}$ ). El área del nudo ( $A_n$ ) es el área total del nudo o nudos que estén en un tramo de 15 cm proyectados en la sección transversal de la pieza de madera. El área del nudo en la zona adyacente al canto ( $A_{nc}$ ) es la porción del nudo que se localiza en la zona del canto como se define en el inciso b) (ver la Fig. 2.3).

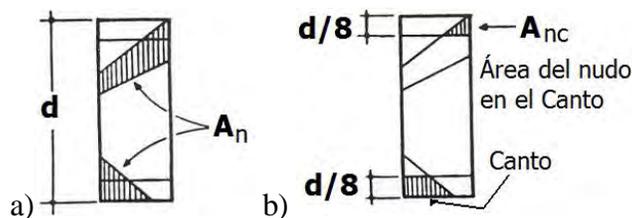


Fig. 2.3 a) Área de nudos ( $A_n$ ) y b) área de nudos en el canto ( $A_{nc}$ ).

### Desviación del hilo

Es la desviación de las fibras de la madera con respecto al eje longitudinal de la pieza de madera. Se mide como la relación entre la desviación de una unidad de longitud, AB y la distancia longitudinal donde se da la separación, AC de la Fig. 2.4

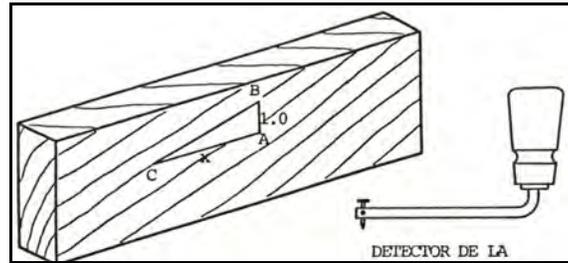


Figura 2.4 Medición de la desviación del hilo.

### Gema (arista faltante)

Es la madera faltante en una arista de la pieza aserrada. Se mide como la proporción que abarca sobre la(s) dimensión(es) de la pieza, como se ve en la Fig. 2.5

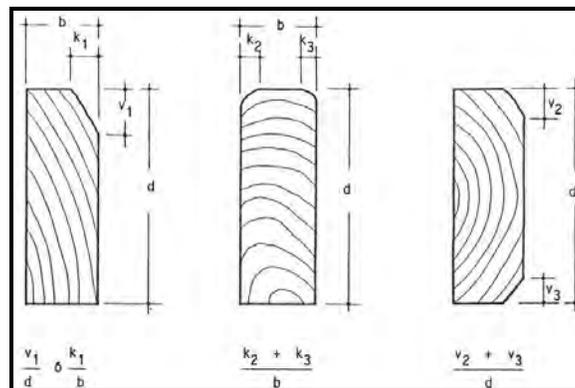


Fig. 2.5 Forma de medir la arista faltante o gema.

### Ataque de insectos y galerías de larvas

El primero se refiere a las perforaciones ocasionadas por insectos xilófagos, las cuales generalmente no rebasan 1 mm de diámetro. Los agujeros de larva son perforaciones más grandes y a veces se presentan como galerías en los que se encuentran restos de aserrín (Fig. 2.6).

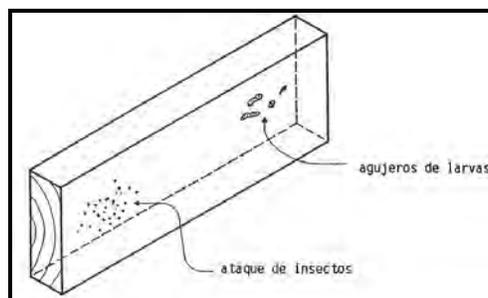


Figura 2.6 Ejemplos de ataque de insectos y agujeros de larvas.

### Bolsas de resina

Son depósitos de resina entre los anillos de crecimiento y se tomarán como nudos para fines de clasificación. El efecto en la resistencia de la madera de las bolsas de resina es insignificante cuando son pequeñas, sin embargo, cuando la resina ocupa todo el grueso se tomarán como rajaduras para fines de clasificación (ver Fig. 2.7).



Fig. 2.7 Bolsa de resina.

### Distorsión localizada del hilo

Es la desviación de las fibras ocasionada por la cercanía de un nudo que está o estuvo en una tabla cortada en una sección adyacente a la tabla clasificada (ver Fig. 2.8).

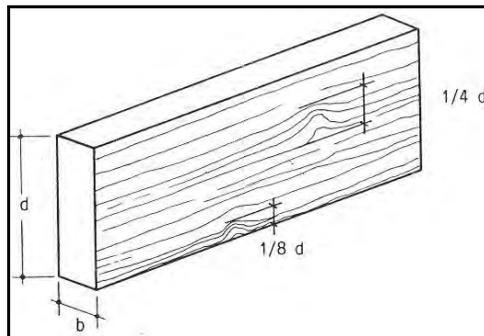


Fig. 2.8 Desviación localizada del hilo.

### Rajadura

Es la separación entre las fibras de la madera que abarca todo el grosor de la pieza, ocasionada por efectos de secado intenso (Fig. 2.9).

Las grietas y rajaduras se miden como la penetración promedio de una rajadura desde el extremo de la pieza en sentido paralelo a los cantos de la misma. Solamente se consideran las grietas y rajaduras dentro de la porción central ( $h/2$ )

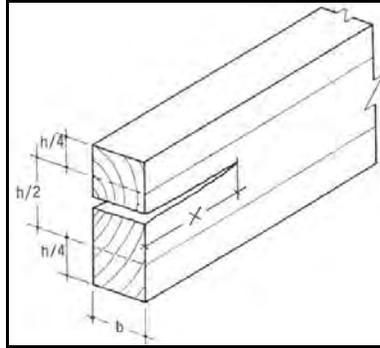


Fig. 2.9 Medición de las rajaduras y su ubicación.

Limitaciones de grietas y rajaduras para todas las clases:

Regla general; Regla polines y vigas; Regla 38cm:  $X < \text{anchura (h)}$

Regla industrial:  $X < \frac{1}{2} \text{anchura (h)}$

### Madera de compresión

Es la madera de reacción que se forma en el lado inferior de árboles inclinados. Generalmente es más dura, más quebradiza, más rojiza y menos resistente que la madera “normal”.



Fig. 2.10 Madera de compresión.

### Mancha

Cambios en el color de la madera que no afectan la estructura leñosa y se producen por la acción de hongos cromógenos.



Fig. 2.11 Manchas fungosas en madera de pino.

### Pudrición

Descomposición gradual de la sustancia leñosa por la acción de hongos xilófagos.



Fig. 2.12 Pudrición “parda” en una pieza de madera.

### Madera muy ligera

Es aquella que tiene una densidad normal no mayor a  $0.40 \text{ g/cm}^3$  al 12% de contenido de humedad (aplicable a madera de coníferas exclusivamente).

### Alabeo (deformación)

Deformación de una pieza de madera en sus planos longitudinal o transversal o en ambos. Dichas deformaciones son ocasionadas por la diferencia en la magnitud de las contracciones cuando se seca la madera sin restricciones o sobrepesos, distinguiéndose principalmente cuatro tipos de deformaciones Fig. 2.13, 2.14, 2.15 y 2.16:

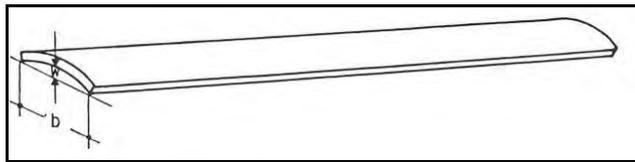


Fig. 2.13 Acanaladura. Deformación de la madera en su sentido transversal.

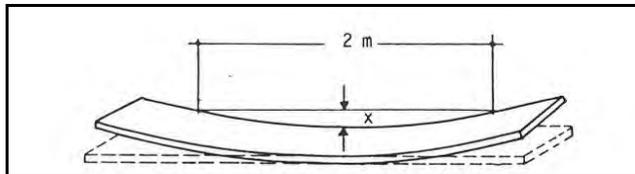


Fig. 2.14 Arqueadura. Deformación longitudinal cuya flecha de deformación se manifiesta en la “cara” de la pieza.

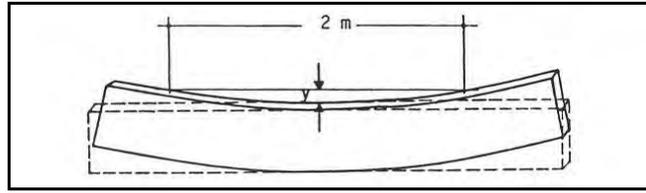


Fig. 2.15 Encorvadura. Deformación longitudinal cuya flecha de deformación se manifiesta en el “canto” de la pieza.

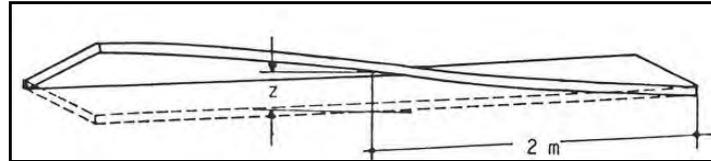


Fig. 2.16 Torcedura. Deformación simultanea en dirección longitudinal tanto en la cara como en el canto, tomando la pieza una forma de hélice.

Acebolladura

Es la separación de la madera entre dos anillos de crecimiento contiguos. (Fig. 2.17)

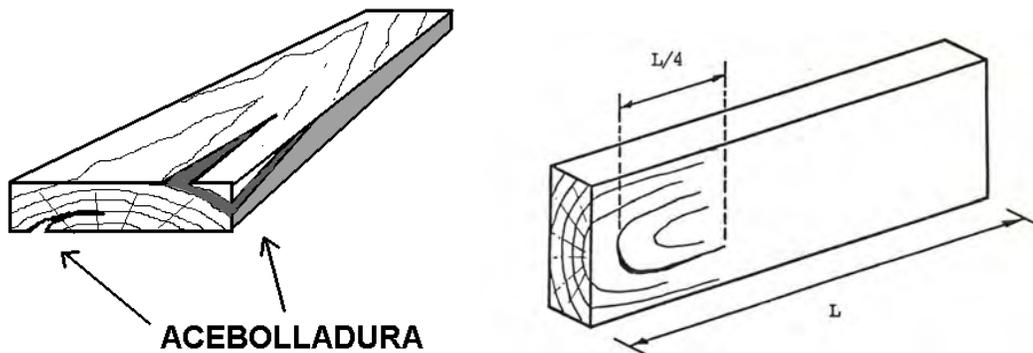


Fig.2.17 Medición de la “acebolladura”.

## Capítulo III

### **CLASIFICACIÓN DE LA MADERA POR SUS PROPIEDADES.**

Esta clasificación se hace para poder tener un mejor control sobre la resistencia natural de la madera para someterla a una carga que no exceda a esta, también hay grupos de maderas con propiedades similares y se pueden aplicar a un mismo uso, se puede limitar los defectos de la madera aserrada e indicar los defectos y dimensiones de la madera.

- Por Aspecto.
- Por Despiece.
- Por Resistencia:
  - Mecánica.
  - Visual.

#### **Clasificación por Aspecto:**

En este sistema de clasificación se basa en la apreciación visual de los defectos que presenta la pieza, para cada clase se definen los defectos permisibles, así como su número y magnitud. El sistema en sí es sencillo pero está sujeto a la subjetividad de los clasificadores y principalmente a la NMX-C-18-1986. Industria de la construcción – Tablas y tablonos de pino-Clasificación.

#### **Clasificación por Despiece:**

Este sistema se basa en la proporción aprovechable de madera libre de defectos y no toma en cuenta el tipo de defectos presentes. Especifica las dimensiones mínimas y el número de cortes admisibles para el aprovechamiento ya que se aplica especialmente para maderas duras o latifoliadas para la industria del mueble y además toda la madera aserrada se inspecciona y clasifica según las reglas de la National Hardwood Lumber Association (sistema NHLA). Dicho sistema está publicado en su Rule Book (Libro de Reglas) y resumido con ejemplos visuales en la publicación de (AHEC) American Hardwood Export Council "Guía ilustrada de las calidades de las maderas de frondosas".

#### **Clasificación por Resistencia:**

En esta clasificación se debe de tomar en cuenta lo interior como lo exterior por lo cual se subdivide en Mecánica y Visual.

#### **Resistencia Mecánica:**

En este sistema se realiza en piezas de tamaño real mediante pruebas no destructivas por que se basa en la relación que presenta el MOE (siglas en ingles Module Of Elasticity) Modulo de Elasticidad y el MOR (siglas en ingles Module Of Rupture) Modulo de Ruptura con la resistencia de flexión, compresión y tracción y también involucra el uso de una máquina especial para probar a flexión estática la madera, de manera continua.

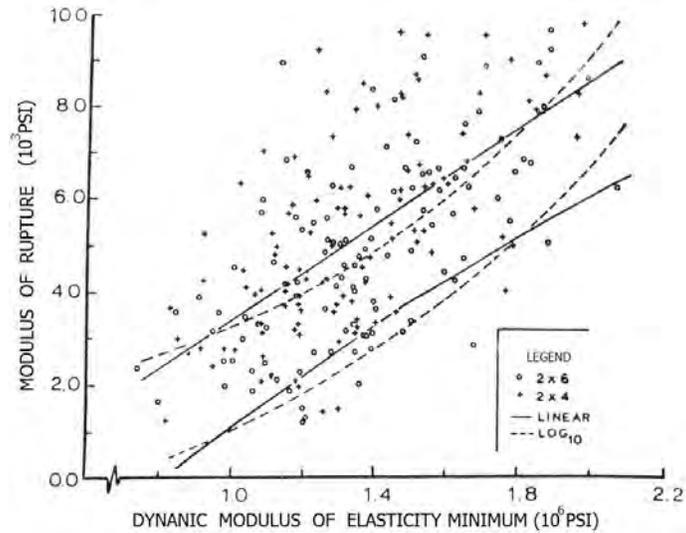


Fig. 3.1 Relación de MOE contra MOR, Modulo de Elasticidad contra Modulo de Ruptura.

### Resistencia Visual:

En este sistema hay un registro visual de la presencia de defectos o irregularidades en cada pieza de madera, cuya influencia sobre la capacidad resistente o rigidez ha sido reconocida y los niveles de clasificación se derivaron de los resultados de cientos de ensayos hechos previamente en madera de pino además, cada pieza debe cumplir con ciertas restricciones visuales antes de ser asignada a una clase estructural. En la Fig. 3.2 como se observa las grietas y rajaduras que pueden existir en la madera.

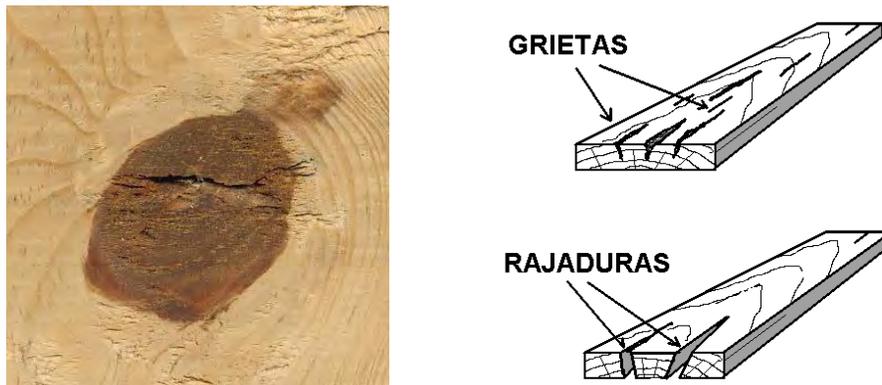


Fig. 3.2 Madera con Grietas y Rajaduras.

La Norma establece tres tipos de reglas de clasificación:

- ❖ Regla “General”
- ❖ Regla “Especial”
- ❖ Regla “Industrial”

Las diferencias son las dimensiones permisibles de los defectos, su ubicación y agrupan a la madera en tres diferentes calidades estructurales, que se nombran en la Regla General.

## Regla “General”

Estas son aplicables a madera de cualquier dimensión establecida en la NMX –C-224-ONNCCE-1983 y se asignan valores de resistencia relativamente bajos (conservadores), al igual que se aplica donde no se requieren valores de resistencia altos ni controles de calidad estrictos y se agrupa a la madera en 3 calidades estructurales:

- “A” Clase Alta resistencia
- “B” Clase Mediana resistencia
- “G” Clase Baja resistencia (No Estructural).

## Regla “Especial”

Son más estrictas en cuanto a las dimensiones de los nudos en el canto, reflejándose a su vez en valores de resistencia más altos que con la regla general. Para esta regla de clasificación, la madera se separa en las siguientes dimensiones:

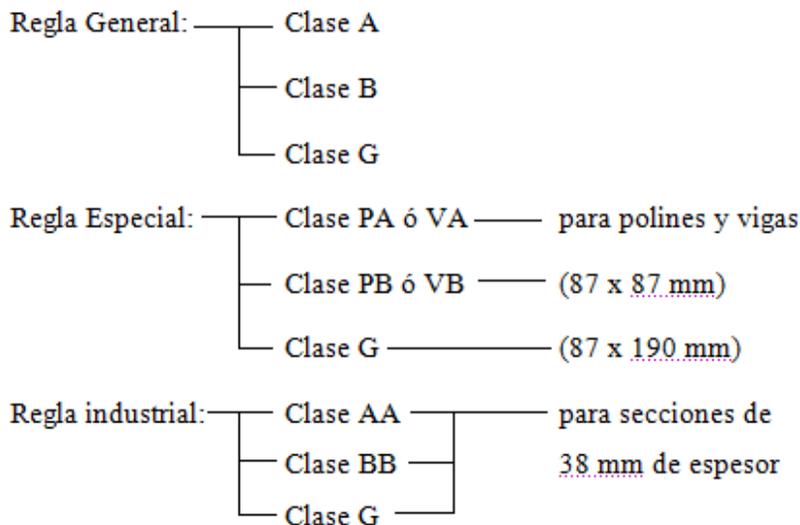
- Polines y vigas: 87x87mm y 87x190mm
- Tablones angostos: 38mm x hasta 140mm de ancho
- Tablones anchos: 38mm x >140mm de ancho

## Regla “Industrial”

Esta regla solo se aplica a madera de grandes dimensiones, aunque se indica para grosores de 38 mm y cualquier ancho hasta 240 mm. Clasifica la madera con de resistencia mayores que los aplicables a la regla general y especial, reduciendo el tamaño máximo permisible de los defectos.

### **Cuadro Sinóptico de las Reglas de Clasificación.**

Por lo cual las reglas de clasificación quedarían de la siguiente manera, para una identificación más rápida de la madera:



## Capítulo IV

### NORMATIVIDAD PARA CONSTRUIR CON MADERA.

#### Normas Para la Conservación de la Madera.

Madera exenta de infestación como hongos e insectos, se permite cierto grado de ataque por insectos, no se administra madera con pudrición, ningún estado de avance, madera de coníferas clases A o B o de calidad estructural.

Una de las Normas principales es la NMX-C-239-1985-Calificación y clasificación visual para madera de pino de uso estructural, esta Norma establece las reglas para evaluar las dimensiones permisibles de los defectos y su ubicación, en la Fig. 4.1 se observan la localización de los nudos existentes como lo describe la Norma anterior, ya que las reglas son aplicables a la madera de pino de todo el país (excepto *Pinus ayacahuite*) y también son aplicables a madera de cualquier dimensión especificada en NMX-C-224-ONNCCE-1983-Dimensiones de la madera aserrada para su uso en la construcción.

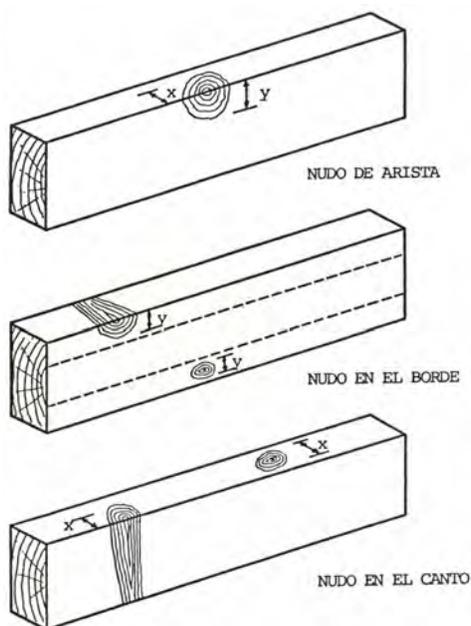


Fig. 4.1 Localización de Nudos en la Madera.

Contenido de humedad en equilibrio, si el contenido de humedad de la madera seca excede el 18%, podrá usarse si el riesgo de pudrición es eliminado, almacenada y protegida contra cambios, humedad y daño mecánico de manera que cumpla la clase estructural. En la Fig. 4.2 se ve el tipo de apilado de la madera.

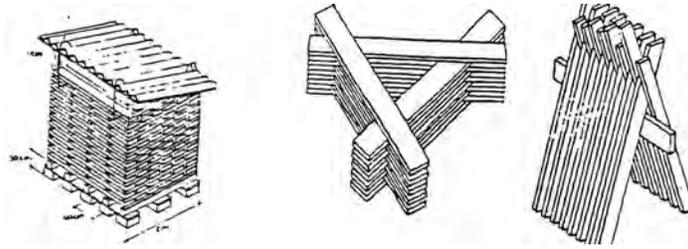


Fig. 4.2 Diferentes tipos de apilado, secado al aire libre.

Las Normas NMX-C-239, “clasificación de madera de coníferas” y NMX-C-409-ONNCCE, “clasificación visual de maderas latifoliadas”, son de las más importantes, en la Fig. 4.3 se describe las secciones de la madera.

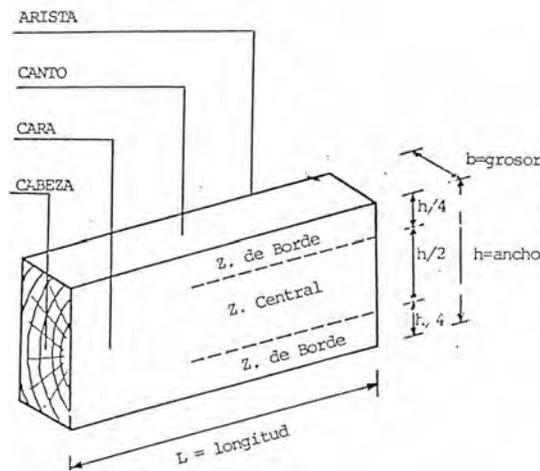


Fig. 4.3 Descripción de las secciones de una pieza de madera.

Las Normas de protección que se deben de cumplir son NMX-C-178-ONNCCE, “Clasificación de Preservadores” y NMX-C-322, “Prevención de Ataque por Termitas.” En las Fig. 4.12 a) y b) se ve el detalle de colocación de la lamina contra termitas.

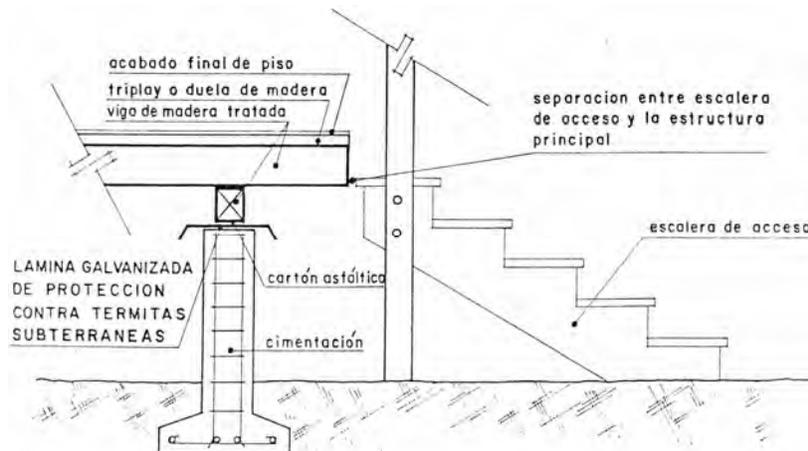


Fig. 4.4 a). Detalle de Lamina Galvanizada contra el ataque de Termitas en acceso principal.

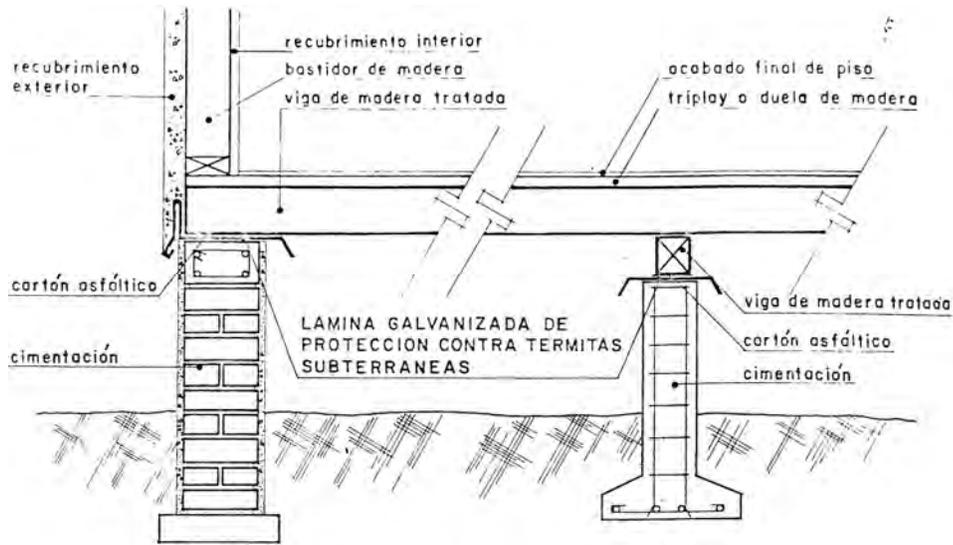


Fig. 4.4 b). Detalle de Colocación de Lamina galvanizada para el ataque de Termitas.

Para la protección contra el fuego es necesaria cumplir con la Norma NMX-C-145, “Agrupamiento y distancias mínimas en relación a protección contra el fuego en viviendas de madera”. (Fig. 4.5).

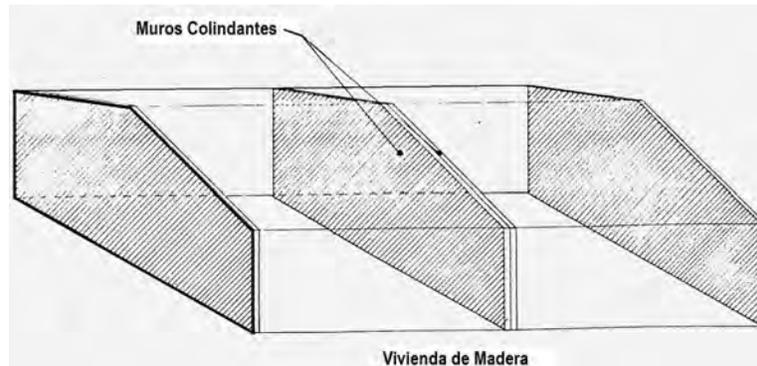


Fig. 4.5 Resistencia al fuego de muros colindantes será de 1 1/2 hrs.

Para la determinación de la resistencia al fuego de los elementos constructivos se debe de cumplir la Norma NMX-C-307 “Resistencia al fuego determinación”.

En las Separaciones y Protecciones de las viviendas de Madera es necesario una distancia  $D > 90$  cm Entre vivienda y colindancia se pueden tener puertas con resistencia al fuego de 30 min. Para terrenos o patios de uso común, la separación mínima será de 1.80 m, si la distancia es menor o igual a 90 cm no se permiten aberturas en los muros exteriores y la techumbre debe estar protegida exteriormente con material retardante al fuego como la teja de barro, teja asfáltica con gravilla y los interiormente con falso plafón de yeso o asbesto, de no existir falso plafón, se protegerá con material retardante al fuego con duración de 30 min. (Fig. 4.6).

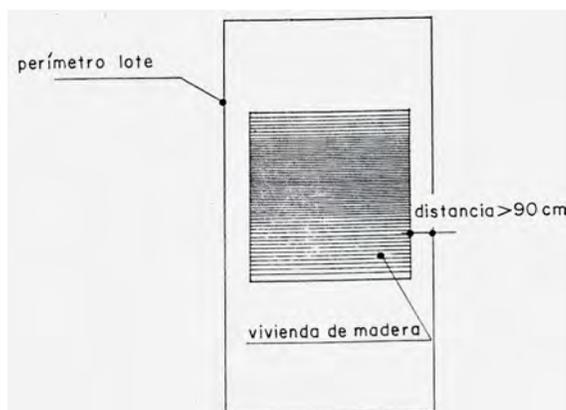


Fig. 4.6 Detalle de separación y protección de viviendas de madera.

Para proteger una vivienda contra el fuego, deben considerarse tres factores:

- La separación que debe existir con respecto a la colindante.
- El diseño del sistema constructivo.
- Y por último, la posibilidad de usar retardantes contra el fuego.

Las Normas con que se Otorga Aprobación Técnica debe tener protección contra insectos, fuego, pudrición como las siguientes normas:

- NMX C-178, “Clasificación de preservadores”
- NMX C-322, “Madera preservada a presión-clasificación y requisitos”
- NMX C-222-1983. “Industria de la Construcción Vivienda de Madera Prevención de Ataque por Termitas y Especificaciones”

Los acabados en azoteas deben tener:

- Impermeabilizante: Emulsión asfáltica, fibra de vidrio y capa de fieltro.
- Revestimiento: Teja de barro o teja de loseta de cartón asfáltico.
- Si se requiere plafón debe tener: Panel de yeso o malla metálica con aplanado de yeso, cemento arena.

En muros corta-fuego de mampostería deben tener:

- De  $h=1.00$  m sobre nivel de azotea.

Se debe garantizar el sello de la junta de construcción y garantizar que la red de agua potable cuente con una reserva que permita el combate de incendios. El diseño estructural conforme al reglamento y las N.T.C. se considera la presión del viento máximo de la localidad. (Fig. 4.7 y Fig. 4.8).

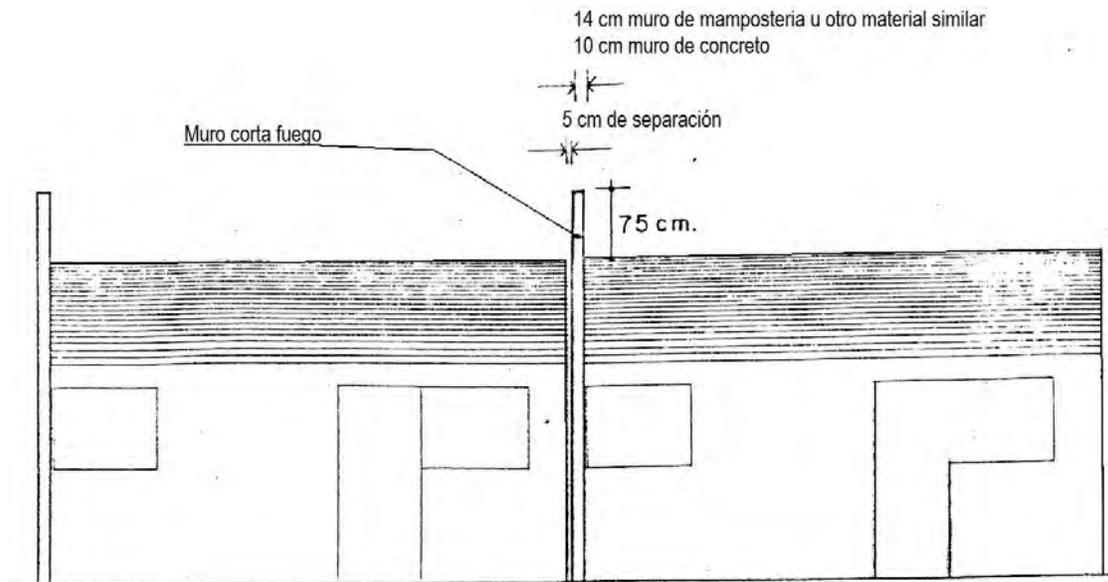


Fig. 4.7 Dimensiones del muro corta fuego, vista Lateral.

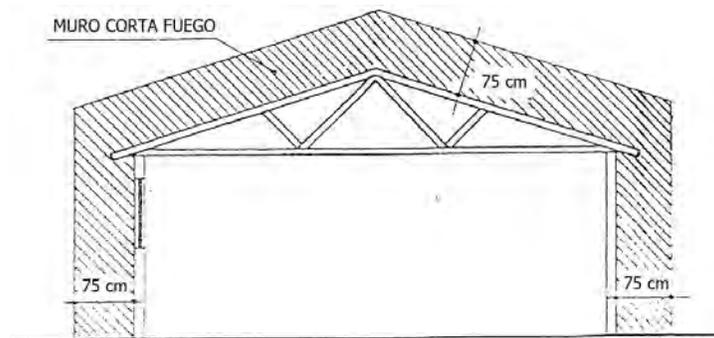


Fig. 4.8 Dimensiones del muro corta fuego, vista frontal.

Las Normas en la ejecución de la una obra son necesarias como la superficie de los techos una pendiente mínima del 3 % y deberán revisarse periódicamente. (Fig. 4.9).



Fig. 4.9 Pendiente mínima de los techos.

Las tolerancias en las dimensiones de la sección transversal deberán respetar la NMX-C-244-ONNCE, “Dimensiones de la madera aserrada para uso en la construcción.

Cuando se utilicen miembros de dimensiones distintas a las especificadas en la norma, las dimensiones de la sección transversal de un miembro no serán menores que las de proyecto en más de 3%. (Fig. 4.10).



Fig. 4.10 Tolerancia de las Dimensiones de la madera para que no exceda en las colindancias.

El ensamble de estructuras:

- Que no se produzcan esfuerzos excesivos en la madera no considerados en el diseño.
- Los miembros torcidos o rajados deberán ser reemplazados.
- Los miembros que no ajusten correctamente en las juntas, deberán ser reemplazados.
- Los miembros dañados o aplastados localmente no deberán ser usados en la construcción.
- Deberá evitarse sobrecargar o someter a acciones no consideradas en el diseño a los miembros estructurales, durante almacenamiento, transporte y montaje. (Fig.4.11).



Fig. 4.11 Transporte y montaje.

Si se usa triplay en la techumbre debe cumplir con las Normas:

- NMX –C-438-ONNCCE-2006 “Industria de la construcción – tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas- clasificación y especificaciones”.
- NMX-C-440-ONNCCE-2006. “Propiedades mecánicas y métodos de ensayo”.
- NMX-C-439-ONNCCE-2006. “Propiedades físicas y métodos de ensayo”.

Ductos y cableados de instalaciones eléctricas de dos tipos:

- Tubería metálica pared delgada y conductores normales.
- Tubería de Polyducto y conductores anti flama.

### **Resumen de las Principales Normas Vigentes Relacionadas a Construir con Madera.**

#### **NORMAS SOBRE DISEÑO.**

- Norma Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el D. F. “Diseño y Construcción de Estructuras de Madera”. Octubre 2004.

#### **NORMAS SOBRE MADERA Y PRODUCTOS MADERABLES.**

- Norma Mexicana NMX-C-224-ONNCCE-2001. “Industria de la Construcción Vivienda y Equipamiento Urbano. Dimensiones de la Madera Aserrada para Uso en la Construcción”.
- Norma Mexicana NMX-C-239-1985. “Calificación y Clasificación de Madera de Pino para Uso Estructural”.
- Norma Mexicana NMX-C-438-ONNCCE-2006. “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Clasificación y Especificaciones”.
- Norma Mexicana NMX-C-439-ONNCCE-2006. “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Propiedades Físicas – Métodos de Ensayo”.
- Norma Mexicana NMX-C-440-ONNCCE-2006. “Industria de la Construcción – Tableros Contrachapados de Madera de Pino y otras Coníferas – Propiedades Mecánicas – Métodos de Ensayo”.
- Norma Mexicana NMX-C-409-ONNCCE-1999. “Industria de la Construcción – Elementos de Madera – Clasificación Visual para Maderas Latifoliadas de Usos Estructural”.
- Norma Mexicana NMX-C-411-ONNCCE-1999. “Industria de la Construcción – Vivienda de Madera – Especificaciones de Comportamiento para Tableros a Base de Madera de Uso Estructural”.

- Norma Mexicana NMX-C-443-ONNCCE-2006. “Industria de la Construcción – Madera – Contenido de Humedad de la Madera – Métodos de Ensayo”.
- Norma Mexicana NMX-C-446-ONNCCE-2006. “Industria de la Construcción – Viviendas de Madera y equipamiento Urbano – Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Mecánicas de la Madera de Tamaño Estructural”.

### **NORMAS SOBRE EL TRATAMIENTO DE LA MADERA.**

- Norma Mexicana NMX-C-419-ONNCCE-2001. “Industria de la Construcción – Preservación de Maderas – Terminología”.
- Norma Mexicana NMX-C-222-1983. “Industria de la Construcción – Vivienda de Madera Prevención de Ataque por Termitas – Especificaciones”.
- Norma Mexicana NMX-C-322-ONNCCE-2001 “Industria de la Construcción – Madera Preservada a Presión – Clasificación y Requisitos”.
- Norma Mexicana NMX-C-178-ONNCCE-2001. “Industria de la Construcción – Preservadores para Madera. Clasificación y Requisitos”.
- Norma Mexicana NMX-C-410-ONNCCE-1999. “Industria de la Construcción – Vivienda de Madera – Retención y Penetración de Sustancias Preservadoras de Madera – Métodos de Prueba”.

### **NORMAS SOBRE FUEGO.**

- Norma Mexicana NMX-C-294-1980. “Determinación de las Características del Quemado Superficial de los Materiales de Construcción”.
- Norma Mexicana NMX-C-307-1981. “Industria de la Construcción – Edificaciones Componentes Resistencia al Fuego Determinación”.
- Norma Mexicana NMX-C-145-1982. “Industria de la Construcción Vivienda de Madera Agrupamiento y Distancias Mínimas en relación a Protección contra el Fuego – Especificaciones”.

## Capítulo V

### CONECTORES METÁLICOS ESTRUCTURALES

La idea del uso de los conectores es para resistir y transferir las cargas que puedan afectar la casa a construir, principalmente las cargas que produce el Techo, Muros, entre pisos, para que se transmiten finalmente por la base, por lo que hay una gran variedad de marcas que ofrecen seguridad y calidad del material para hacer estas uniones y lograr hacer que las estructuras permanezcan fijas y juntas como si fueran una sola.



Fig. 5.1 Detalles de Conectores con Tornillos y Clavos comunes.

Los Factores Ambientales que Afectan la Corrosión de los Conectores:

- Distancia del Mar.
- El Lugar del Conector en la Estructura.
- El Tipo de Madera.
- Expuestos a Materiales Químicos Corrosivos.

Determinación de la Resistencia de las Cargas en los Conectores:

- Se Prueba con Tres Muestras
  - La Mínima Carga Admisible se Divide por Tres.
- Método de Calculo Matemático
  - Las Cargas de Las Fijaciones y Las Cargas Del Acero.

## CONECTORES TIPO “H”

En relación a los conectores, las empresas que los fabrican, tienen la característica de nombrar a estos conectores con letras y/o números que difieren de una empresa a otra, en este documento las Figuras mostradas son de la empresa “Simpson Strong-Tie” y para poder identificarlos fue necesario crear los catálogos con todas sus propiedades de cada conector, claro que el conector realizara la función a la que fue diseñado pero esta el inconveniente del nombre que no es generalizado, por lo que se tiene que planear muy bien la construcción de la casa de madera (en este caso), ya que los conectores son quienes tendrán la labor de hacer la unión para formar una estructura y resistir las distribución de las cargas.

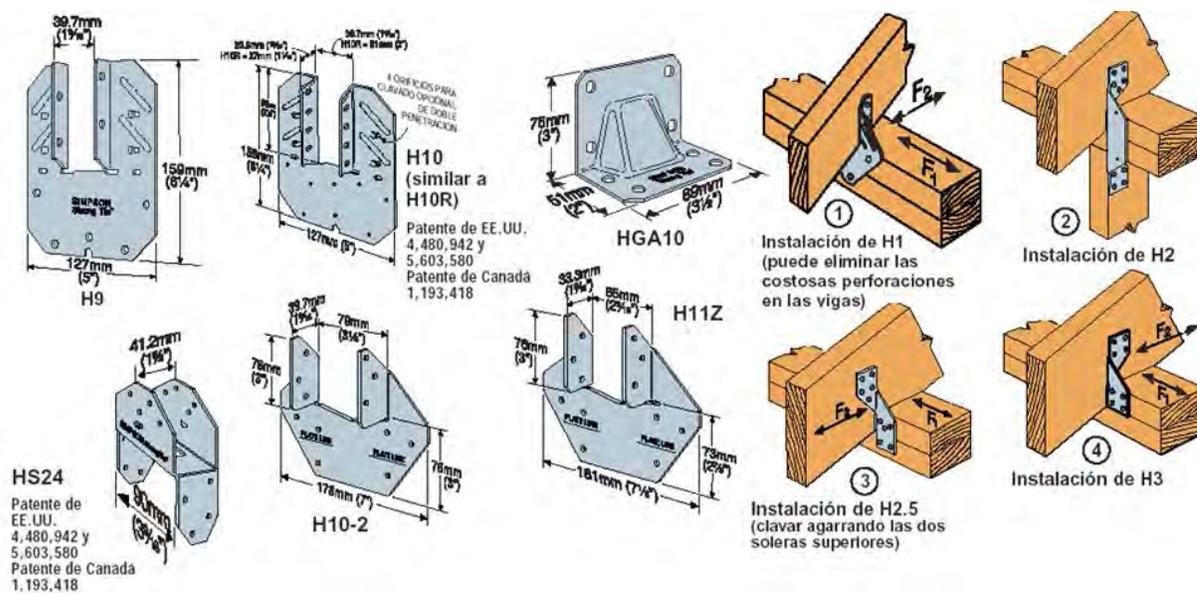


Fig. 5.2 Detalles de Conectores tipo “H”

Generalmente los conectores más usadas son los de tipo “H” para Sismos y Huracanes, usados en las uniones de vigas, poste y/o solera, por que tienen una forma ya estandarizadas y cumplen con las normas necesarias para la instalación, son fáciles de colocar y hacen que la estructura tenga rigidez como si fuera una estructura de una pieza completa, se pueden utilizar un conector para detalles diferentes siempre y cuando se hagan los dobleces correctos en el conector, incluso por cuestiones de estética, los conectores pueden ser alterados (cortados y/o doblados) drásticamente, pero no deben de perder su funcionabilidad, por Normas de Seguridad, por ejemplo en la Fig. 5.3 el detalle 9 con conector tipo H6, puede utilizarse en el detalle 8 con un dobles para sujetar la solera y por lo que esta no pierde su función de transmitir la carga, para poder ser distribuida.

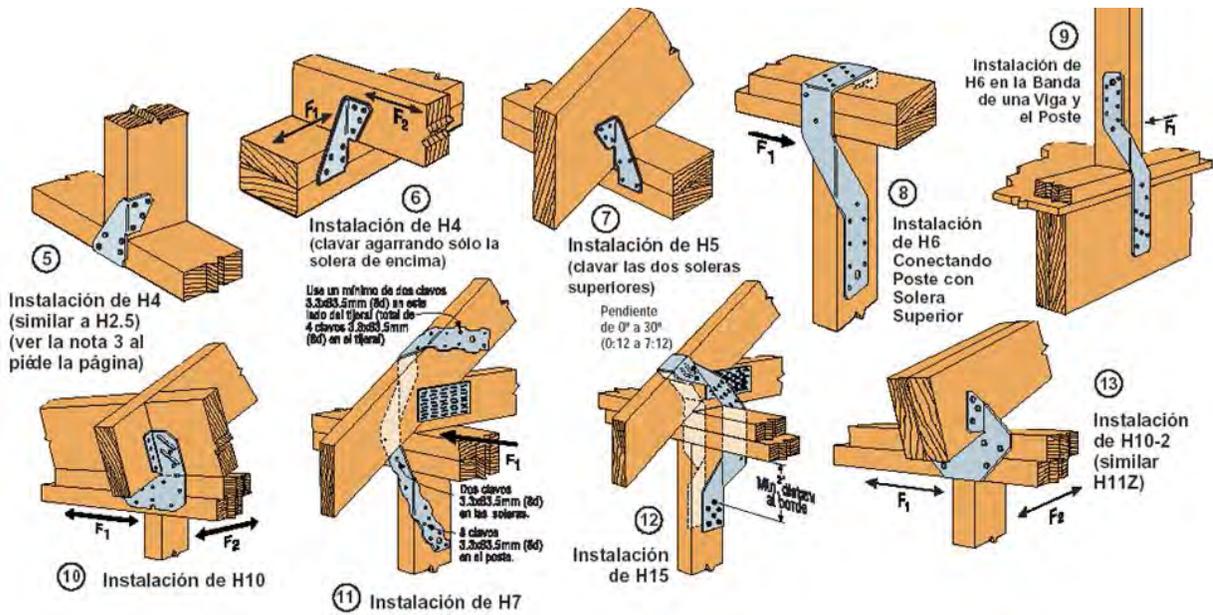


Fig. 5.3 Detalles de Conectores tipo “H” haciéndole un dobles para otro tipo de instalación.

### Conectores para Postes y Columnas en Concreto

Hay conectores para base, los cuales tendrán la función de unir a la cimentación con columnas y postes, estos conectores deben de ser colados o anclados en el concreto, con un criterio de 3 días de secado del concreto para obtener una resistencia mínima o dependerá si el concreto tenga aditivos para acelerar su resistencia con ciertas especificaciones de separación mínima, ubicación y dimensiones que se requiera en el proyecto, por lo que cada conector debe de ser colocado correctamente para que las cargas sean transmitidas por el poste o columna y no se dañen, como se muestra en ala Fig. 5.4

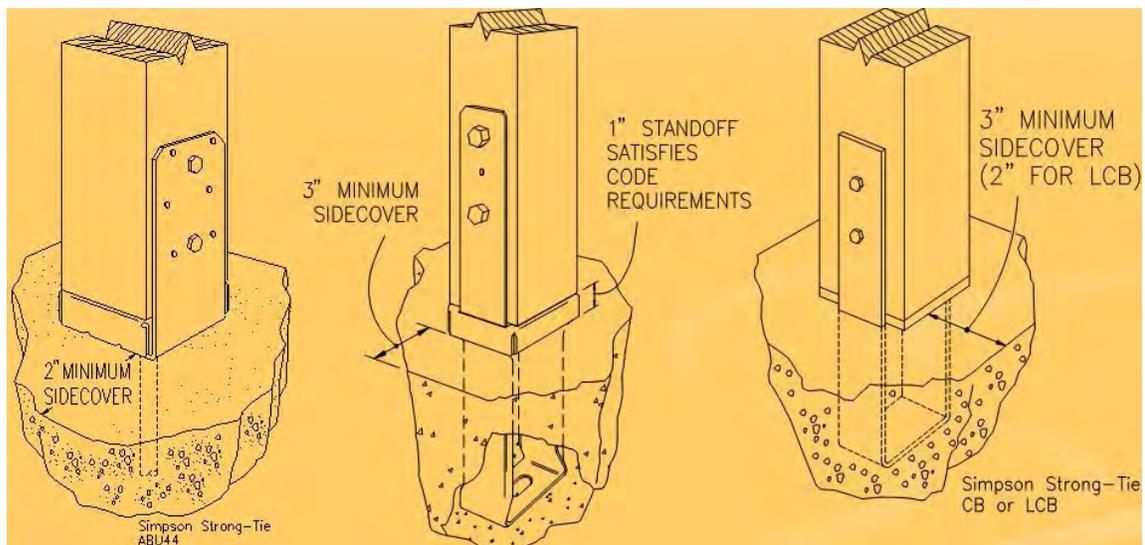


Fig. 5.4 Conectores Base coladas en Concreto

## Conectores para Postes, Columnas y Vigas

En el caso de la unión de Postes, Columnas y Vigas, deben de tener dimensiones que corresponda a un lado de la cara para tener mejor unión ya sea con clavos, tornillos con tuerca, etc., y deben de colocarse en los orificios de los conectores para que no exista movilidad entre ellos y se logre la unión con una rigidez que pueda distribuir las cargas que será sometida sin problemas de volteo o fractura de la madera.

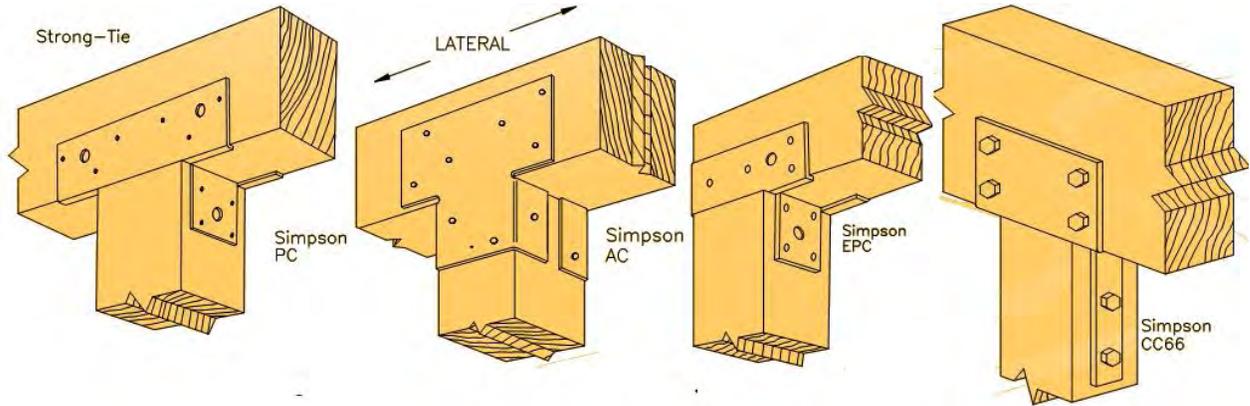


Fig. 5.5 Conectores Unión Poste-Viga o Columna-Viga.

## Conectores para Entre Pisos

Para el caso de Entre Pisos, los conectores hacen la unión de Pies Derechos (Postes o Columnas) a la base que se llama Solera, la cual a su vez puede estar apoyada a otros Pies Derechos o a un Muro de tabique en el cual se cuelan los tornillos especiales para fijarlos y poder unirlos con conectores a la Solera y los tablonces que se utilizan de Entre Piso.

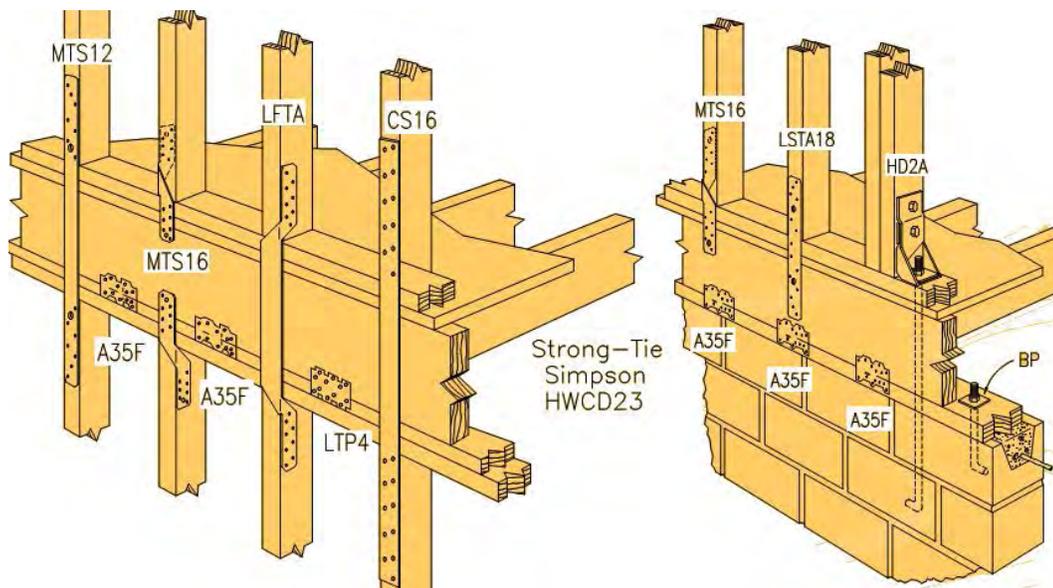


Fig. 5.6 Conectores Unión Pie Derecho-Pie Derecho o Solera-Pie Derecho.

### Conectores para Armaduras Coladas y Fijadas al Concreto

Generalmente las casas construidas con madera, son hechas con Techos con dos caídas de agua de 45 grados, por lo que la madera que conforma esta armadura puede llevar distintos conectores dependiendo la pendiente que se dese darle al Techo. En este caso que se muestra en la Fig. 5.7 hay conectores que se pueden colar previamente junto con la cadena de concreto, por que los conectores cuenta con un gancho inferior que sirve como ancla y los otros conectores pueden ser unidos, haciendo las perforaciones en la cadena de concreto.

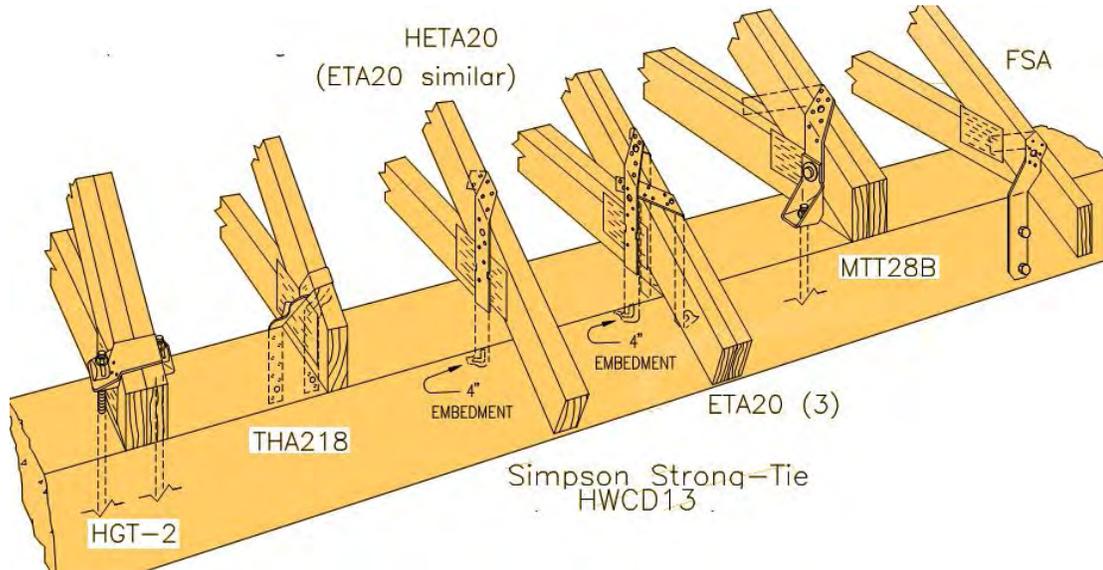


Fig. 5.7 Conectores para Armaduras Coladas y Fijadas al Concreto

En un caso similar Fig. 5.8, cuando hay Muro de tabique, pueden colocarse los conectores previo al colado de concreto, pero también se pueden unir al hacer las perforaciones correspondientes en los tabiques ya que se cuentan con varios tipos de conectores que pueden dar varias soluciones.

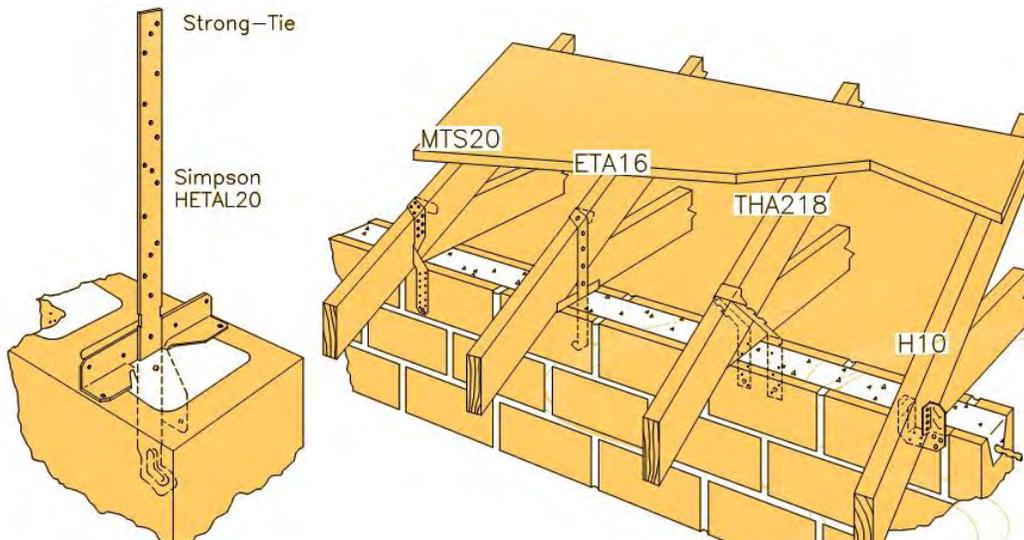
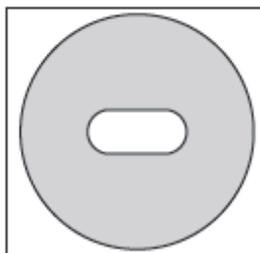


Fig. 5.8 Conectores para Armaduras Coladas y Fijadas al Concreto con Muro de Tabique.

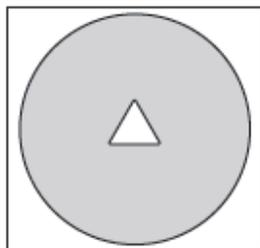
## CLAVADO Y TIPOLOGÍA DE LAS PERFORACIONES.



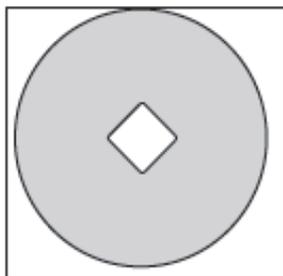
**HOYO REDONDO:** El conjunto de los agujeros redondos debe recibir un clavo.



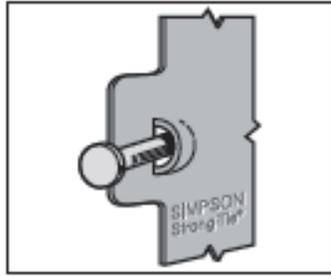
**HOYO OBLONGO:** Facilita el clavado en espacios difíciles de acceso.



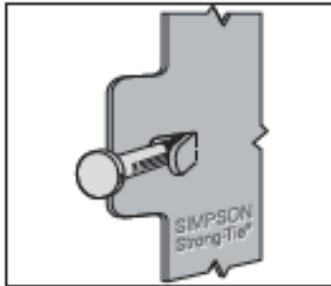
**HOYO TRIÁNGULO:** Completa el clavado de algunos productos estándares a fin de aumentar la carga admisible del estribo. El conjunto de los agujeros triángulos debe ser completado para llegar a la carga máxima.



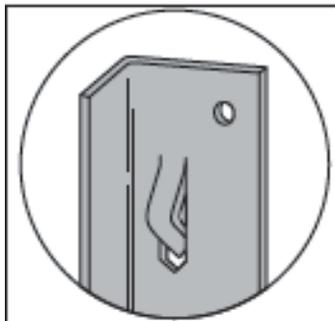
**HOYO DIAMANTE:** Hoyo opcional para fijar el estribo sobre el elemento durante la instalación.



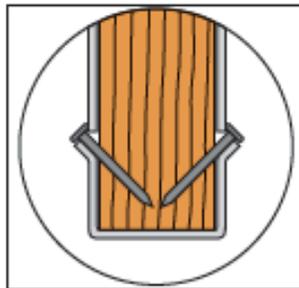
**DOMO:** Este accesorio dirige el clavo en la viga y la solera con un ángulo de 45°.



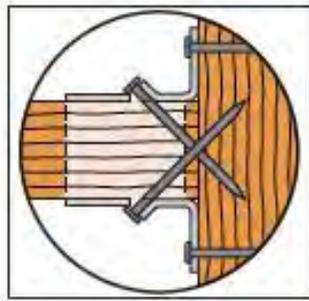
**LENGÜETA:** Este accesorio tiene la misma función que el domo.



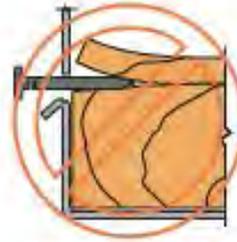
**SPEED-FIX:** Permite el posicionamiento del estribo o de la escuadra antes el clavado para facilitar su instalación.



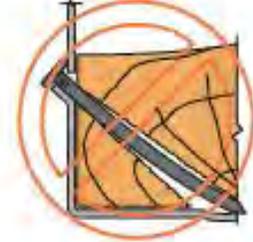
**PERFORACIONES ÁNGULO POSITIVO:** Muy útil cuando madera puede partirse y para facilitar la instalación.



Clavado correcto



Ángulo de clavado prohibido



Clavado demasiado largo

**DOBLE CIZALLADURA:** Los clavos atraviesan la viga y la vigueta, para repartir la carga en 2 planos de cizalladura. Esto para aumentar la carga admisible del estribo.

### LAS FIJACIONES SE HACEN CON LOS SIGUIENTES TIPOS DE TORNILLOS:

#### CNA - Puntas anilladas electrozincadas:

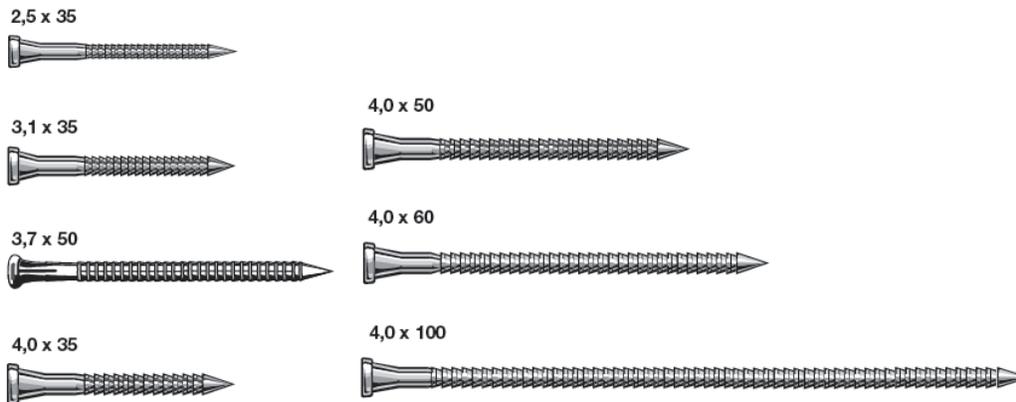


Fig. 5.9 Dimensiones de los Tornillos de Puntas anilladas electrozincadas.

Las aplicaciones son la fijación de estribos, escuadras, flejes, el Tipo de elemento principal y secundario es la madera maciza, madera compuesta, madera laminada. La ventaja es que tiene la Cabeza llana cónica reforzada (hace contacto de toda la punta con el agujero).

#### N3.75x30 - Puntas entorchadas galvanizadas en caliente:



Fig. 5.10 Dimensión del Tornillo de Puntas entorchadas galvanizadas en caliente.

Es utilizada para la fijación de estribos específicos a vigas en I de madera compuesta. La utilización de estas puntas es desaconsejada para un conector de espesor superior a 2 mm.

### CNAS - Puntas anilladas inoxidables

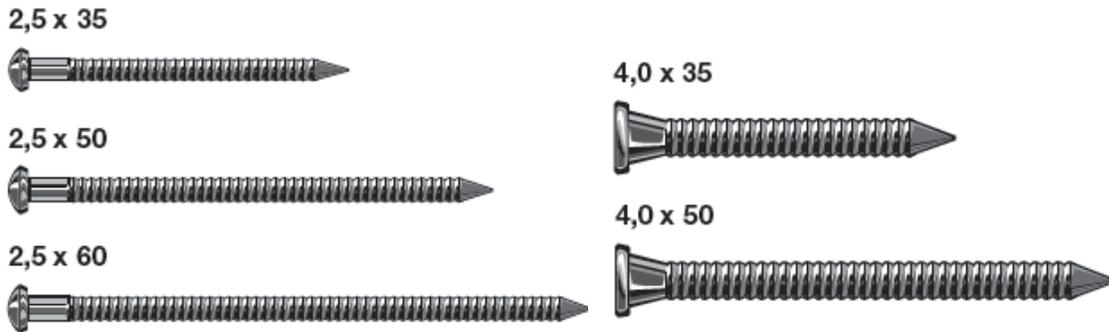


Fig. 5.11 Dimensiones de los Tornillos de Puntas anilladas inoxidables.

Las aplicaciones son para la fijación de estribos, escuadras, flejes y su Tipo de elemento principal y secundario es la madera maciza, madera compuesta, madera laminada. Las puntas  $\varnothing$  2,5 mm son principalmente utilizadas para la fijación de arrastre con rodillos y palancas de madera fuera. La ventaja es que la forma cónica situada debajo de la cabeza de las puntas  $\varnothing$  4 mm permite un contacto de toda la punta con el agujero.

### CSA - Tornillos para conectores cabeza Torx

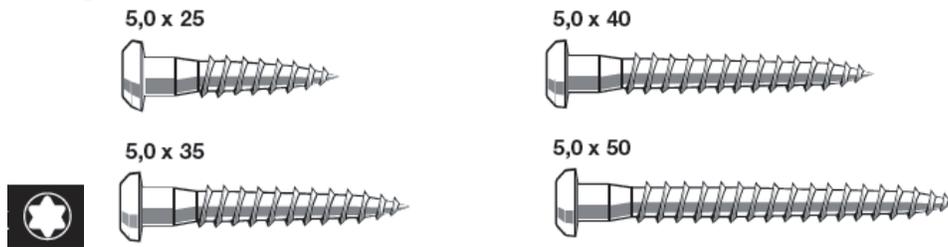


Fig. 5.12 Dimensiones de los Tornillos para conectores cabeza Torx.

Las aplicaciones son para la fijación de estribos, escuadras, flejes y su Tipo de elemento principal y secundario es la madera maciza, madera compuesta, madera laminada. La ventaja es que la Rosca permite una penetración fácil y rápida en la madera.

### SCRB - Tornillos para conectores Spax

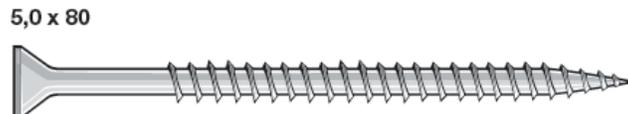


Fig. 5.13 Dimensiones de los Tornillos para conectores Spax.

Las aplicaciones son para la fijación de estribos, escuadras, flejes y su Tipo de elemento principal y secundario es la madera maciza, madera compuesta, madera laminada. La ventaja es la cabeza Torx permite mantener el tornillo sobre la máquina para facilitar la puesta en obra.

## SD8 - Tornillos autotaladrantes



Fig. 5.14 Dimensiones de los Tornillos autotaladrantes.

Las aplicaciones son para la fijación de estribos, escuadras, flejes y su Tipo de elemento principal y secundario es la madera maciza, madera compuesta, madera laminada. Se utiliza para pequeñas uniones no estructurales, la ventaja es por su punta biselada permite el posicionamiento y el comienzo de atornillado.

## BSH – Tuercas y Tornillos con cabeza cuadrada

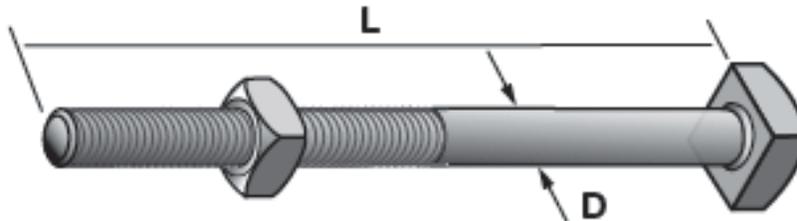


Fig. 5.15 Dimensiones de los Tuercas y Tornillos con cabeza cuadrada.

Utilizados para ensambladuras, la resistencia de estos productos puede ser calculada, incluso puede aumentar gracias a la utilización de ensambladores mecánicos tipo Bulldog o anillos, se utiliza para la fijación de estribos, escuadras mixtas reforzada, la ventaja es la duración de vida del revestimiento es multiplicada por 5 con respecto a un acabado electrozincado (correlación establecida según la norma NF ISO 92-93 de junio 2002 para una clase de corrosividad n°4).

## LL – Arandelas para Tornillos con cabeza cuadrada de armazón

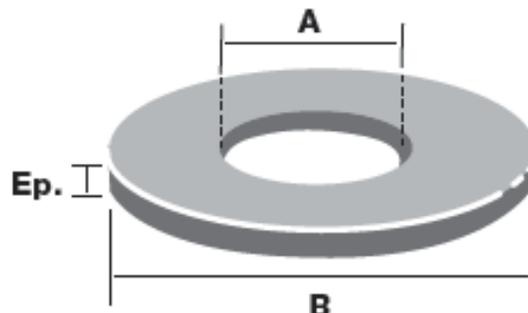


Fig. 5.16 Dimensión de la Arandelas para Tornillos con cabeza cuadrada de armazón.

Las ventajas son: la duración de vida del revestimiento es multiplicada por 5 con respecto a un acabado electrozincado (correlación establecida según la norma NF ISO 92-93 de junio 2002 para una clase de corrosividad n°4) y la Arandela conforme a las exigencias para los ensamblajes sobre madera.

## Capítulo VI

### DETALLE CONSTRUCTIVO DE PISOS DE MADERA

Empezando en este capítulo conoceremos las TABLAS DE CONSULTA, para poder entender ejemplos generales y similares, que abarcan gran parte de los procedimientos de construir casas de madera y escoger la madera necesaria para la construcción sin tener que hacer cálculos tediosos.

Utilizando los criterios de estados límite para la determinación de los claros permisibles, se considero que las cargas que actúan en los pisos corresponden a la condición de carga normal (combinación de carga muerta mas carga viva, aplicando un factor de carga de 1.4), se asume que se utiliza madera seca, también se tomaron en cuenta los factores de ajuste por tamaño y por compartición de los valores modificados de diseño.

Se han realizado los estudios correspondientes para poder hacer tablas que nos den la información necesaria en cuanto a sus dimensiones, resistencia en flexión, modulo de elasticidad, todo esto es para poder escoger mejor la madera para el diseño de los pisos con mayor facilidad. Las secciones que se han utilizado en la elaboración de estas tablas que se presentan en este documento, son piezas con espesor de 38mm. Secciones del grupo clasificado según su uso como las viguetas y tablonés.

**TABLA 6.1 SECCIONES REALES DE LA MADERA DE CONIFERAS (Seca y Cepillada)**

<b>Sección nominal<sup>1</sup> plg</b>	<b>Sección real cm</b>	<b>Area cm<sup>2</sup></b>	<b>Peso kg/m</b>	<b>Pies Tabla por pie de longitud<sup>2</sup></b>
2 x 4	3.8 x 8.9	33.80	2.03	0.667
2 x 6	3.8 x 14.0	53.20	3.20	1.000
2 x 8	3.8 x 18.4	69.90	4.19	1.330
2 x 10	3.8 x 23.5	89.30	5.36	1.667
2 x 12	3.8 x 28.6	108.68	6.52	2.000

Para obtener los valores para un sistema de “piso para vivienda” es asumiendo una carga muerta de 60 Kg/m<sup>2</sup> y una carga viva de 170Kg/m<sup>2</sup>. El acabado de los pisos deberá ser de loseta vinilica, alfombra u otro de peso similar para que sean validas las cargas utilizadas en el diseño, se incluye en la carga muerta un plafón de 15kg/m<sup>2</sup>.

Y en el caso de “pisos para oficinas” se asume una carga muerta de 60 Kg/m<sup>2</sup> y una carga viva de 250Kg/m<sup>2</sup> y los acabados de los pisos deberá ser de loseta vinilica, alfombra u otro de peso similar para que sean validas las cargas utilizadas en el diseño, se incluye en la carga muerta un plafón de 15kg/m<sup>2</sup>.

**TABLA 6.2 VALORES ESPECIFICADOS DE RESISTENCIA EN FLEXION Y MODULO DE ELASTICIDAD PARAMADERA DE CONIFERAS (en condición seca  $CH \leq 18\%$ )**

SECCION cm	CLASE ESTRUCTURAL	Propiedad (kg/cm <sup>2</sup> )	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem Fir	Spruce-Pine Fir (South)
3.8 x 8.9 (2x4)	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	265	200	195	180
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	112 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	170	140	130	120
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	140	120	120	105
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
No. 3	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	80	70	70	60	
	Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500	
3.8 x 14.0 (2x6)	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	235	175	170	150
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	150	120	115	100
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	115	105	100	90
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
No. 3	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	70	60	60	50	
	Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500	
3.8 x 18.4 (2x8)	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	210	160	155	145
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	140	110	105	95
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	110	95	95	85
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
No. 3	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	65	55	55	45	
	Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500	
3.8 x 23.5 (2x10)	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	190	150	140	130
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	120	100	100	90
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	100	90	85	75
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
No. 3	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	55	50	50	45	
	Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500	
3.8 x 28.6 (2x12)	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	175	135	140	120
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	112 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	115	90	100	80
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	90	80	85	70
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
No. 3	Esfuerzo en Flexión, $F_b$	50	45	50	40	
	Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500	

Para el cálculo de los claros máximos por resistencia a la flexión y por deformación de las viguetas (limitando esta a  $l/240$ , incluyendo deformaciones a largo plazo). Para facilitar el manejo de estas tablas, solo se presenta el valor que rige el diseño, es decir el menor de los obtenidos por resistencia y deformación en flexión, los valores presentados son validos, siempre y cuando se utilice seca y protegida de humedecimiento intermitente, o permanente.

**TABLA 6.3 CLAROS PERMISIBLES EN CM PARA PISOS DE VIVIENDAS CON MADERA DE CONIFERAS, Cargas Muertas: 60kg/m<sup>2</sup> Cargas Vivas: 170 kg/m<sup>2</sup>**

SECCION cm	CLASE	Separación entre viguetas: 40.7 cm				Separación entre viguetas: 61 cm				Separación entre viguetas: 81.3 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce- Pine-Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce- Pine-Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	205	200	195	185	180	170	170	160	160	155	155	145
	No. 1	200	200	190	180	175	160	155	150	155	140	135	130
	No. 2	195	185	180	170	160	150	150	140	140	130	130	120
	No. 3	150	140	140	130	120	115	115	105	105	100	100	90
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural SS	320	330	310	290	280	285	270	250	255	245	240	230
	No. 1	315	290	280	265	265	235	230	220	230	205	200	190
	No. 2	285	270	265	250	230	220	220	205	200	190	190	175
	No. 3	220	205	205	190	180	165	165	155	155	145	145	135
<b>3.8 x 18.4</b> <b>(2x8)</b>	Selecta estructural SS	425	430	405	380	370	360	355	330	335	310	305	295
	No. 1	410	365	355	335	335	300	290	275	290	260	250	240
	No. 2	365	340	335	315	300	280	275	260	260	240	240	225
	No. 3	280	260	260	240	230	210	210	195	195	185	185	170
<b>3.8 x 23.5</b> <b>(2x10)</b>	Selecta estructural SS	540	540	520	485	470	440	430	415	430	380	375	360
	No. 1	485	445	435	410	395	365	355	335	345	315	310	290
	No. 2	435	420	410	385	355	340	335	315	310	295	290	275
	No. 3	330	315	315	290	270	260	260	240	235	225	225	205
<b>3.8 x 28.6</b> <b>(2x12)</b>	Selecta estructural SS	655	625	615	590	575	510	500	485	505	440	435	420
	No. 1	580	520	505	480	475	425	415	390	410	365	355	340
	No. 2	510	485	480	450	420	395	390	365	360	345	340	320
	No. 3	395	365	365	340	320	300	300	275	280	260	260	240

**TABLA 6.4 CLAROS PERMISIBLES EN CM PARA PISOS DE OFICINA, CON MADERA DE CONIFERAS**  
**Cargas Muertas: 60kg/m<sup>2</sup> Cargas Vivas: 250kg/m<sup>2</sup>**

SECCION cm	CLASE	Separación entre viguetas: 40.7 cm				Separación entre viguetas: 61 cm				Separación entre viguetas: 81.3 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce- Pine-Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce- Pine-Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce- Pine-Fir (South)
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	185	180	180	170	165	165	155	145	150	145	145	135
	No. 1	185	170	165	155	155	140	135	130	135	120	115	110
	No. 2	170	160	155	145	140	130	130	120	120	115	110	105
	No. 3	130	120	120	110	105	100	100	90	90	85	85	80
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural, SS	295	300	285	265	260	245	240	230	235	210	210	200
	No. 1	280	250	245	230	230	205	200	190	200	175	170	165
	No. 2	245	235	230	215	200	190	190	175	175	165	165	155
	No. 3	190	175	175	165	155	145	145	135	135	125	125	115
<b>3.8 x 18.4</b> <b>(2x8)</b>	Selecta estructural SS	385	380	370	345	340	310	305	295	310	270	265	255
	No. 1	350	315	305	290	290	255	250	235	250	225	215	205
	No. 2	315	295	290	275	255	240	235	225	225	210	205	195
	No. 3	240	225	225	205	195	180	180	170	170	155	155	145
<b>3.8 x 23.5</b> <b>(2x10)</b>	Selecta estructural SS	495	465	455	440	430	380	370	360	370	330	320	310
	No. 1	420	385	375	355	340	315	305	290	295	270	265	250
	No. 2	375	360	355	335	305	295	290	270	265	255	250	235
	No. 3	285	270	270	250	230	220	220	205	200	195	195	180
<b>3.8 x 28.6</b> <b>(2x12)</b>	Selecta estructural SS	600	540	530	510	500	440	430	415	435	380	375	360
	No. 1	500	445	435	410	410	365	355	335	355	315	310	290
	No. 2	440	420	410	385	360	340	335	315	310	295	290	275
	No. 3	340	315	315	290	275	260	260	240	240	225	225	205

### Tipos y espesores de Forros.

El Forro es un elemento estructural que le confiere a los sistemas de pisos rigidez y resistencia en su plano y que gracias a este efecto transfiere las fuerzas generadas en su plano por las acciones accidentales (sismo, viento, etc.) a los elementos verticales como muros, columnas, etc.

En las Tablas 5 y 6 se representa información sobre los materiales que se utilizan mas en México para Forro estructural, como duelas, machihembradas y los contrachapados, separación de viguetas para su colocación y patrones de clavado para cada caso.

**TABLA 6.5 SEPARACION MAXIMA ENTRE VIGUETAS PARA LA COLOCACION DE DUELA MACHINBRADA Y TABLERO CONTRACHAPADO (Triplay).**

Forro	Ancho cm	Espesor cm	Separación <sup>(1)</sup> cm
Duela	8.9	1.9	61
machihembrada	14.0		61
Contrachapado ("triplay")	122.0	1.2	N.A.
		1.5	40.7
		1.9	61

**TABLA 6.6 TIPOS Y ESPESORES DE FORROS PARA USO EN PISOS Y RECOMENDACIONES PARA SU CLAVADO**

Tipo de forro	Espesor real cm	Patrón de clavado
Duela machihembrada de 140 cm (6 plg) de ancho o menor	1.9	Dos clavos de 2.5 plg en el cruce con cada vigueta.
Contrachapado ("triplay")	1.2	Clavos de 2 plg para espesores de 1.2 cm. Clavar a cada 15 cm en los bordes y a cada 30 en el interior del tablero
	1.5	
	1.9	

## DETALLES CONSTRUCTIVO DE PISOS DE MADERA

En estos detalles podemos observar que se pueden hacer muchas formas de apoyar las viguetas sobre el muro de mampostería y una de ellas es importante mencionarla, la conexión de la vigueta con una placa que en general es metálica y puede ser sujeta con clavos y/o tuercas y tornillos y un bloqueo de madera sólida para dar rigidez y una mejor separación, otra es haciendo un apoyo con una pieza de madera por ejemplo de 5x5 cm unida al muro (puede ser sujeta con clavos y/o tuercas y tornillos) este sistema es para resistir cargas pequeñas o claros de 2.40m y el detalle que más se recomendaría hacer para piso de madera es el de apoyo con anclaje metálico en vigueta corrida, por la unión que se hace con la viga cabecera a la cadena de concreto con pernos que los atraviesan de un lado hacia el otro, y los conectores que van clavados entre la viga cabecera y las viguetas.

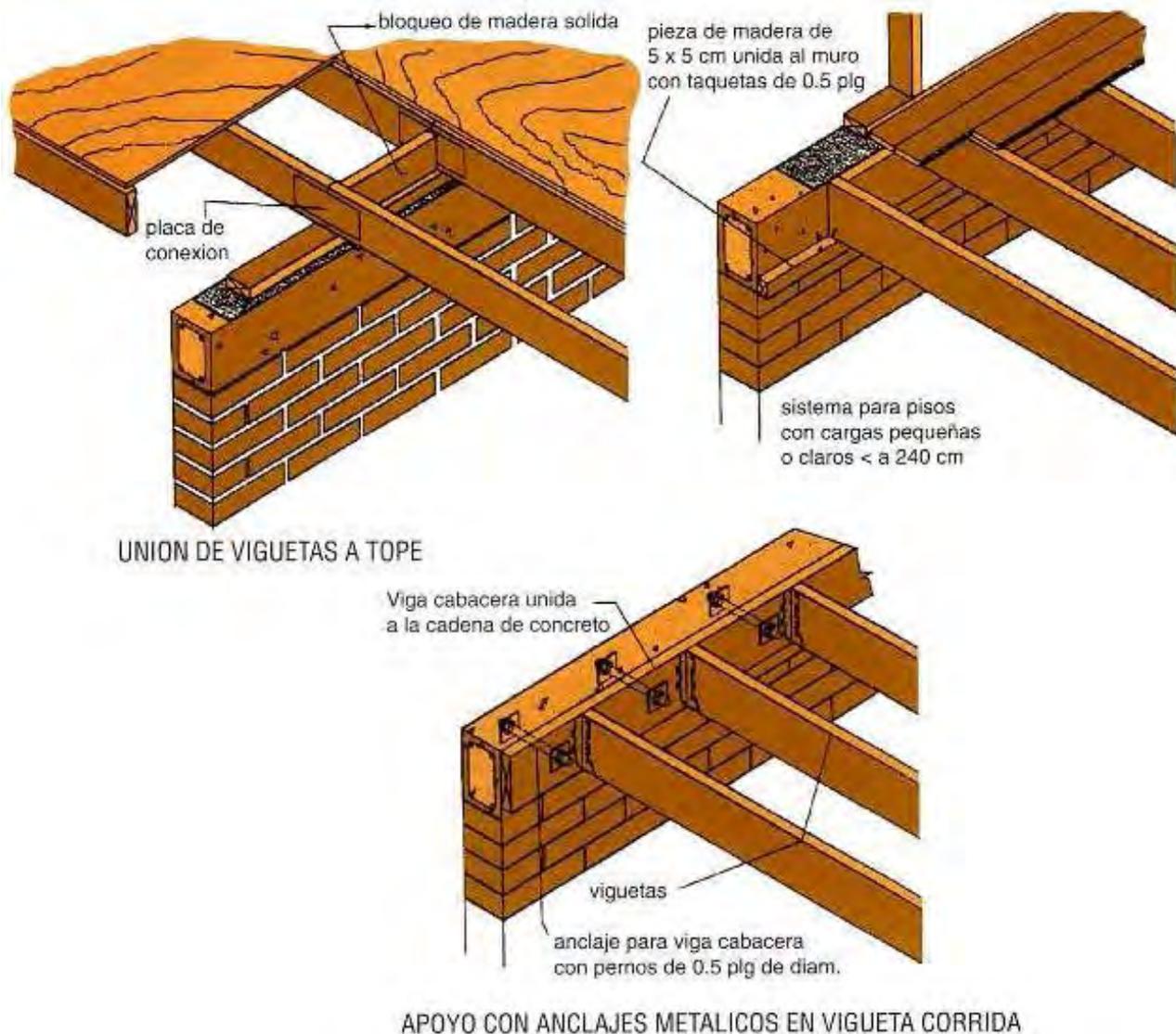


Fig. 6.1 Apoyo de Viguetas sobre Muros de Mampostería

Como podemos observar en la Fig. 6.2, que los apoyos de las Vigas de Entre Piso pueden ser sobre una cadena de concreto o apoyándola en una ménsula de concreto, teniendo un bloqueo entre Viguetas para poder separarlas y prevenir la humedad con un impermeabilizante, previniendo que esta sea colocada uniforme y perfectamente, ya que llevara en la parte superior de la cadena de concreto una o varias Soleras para fijar Postes y Columnas.

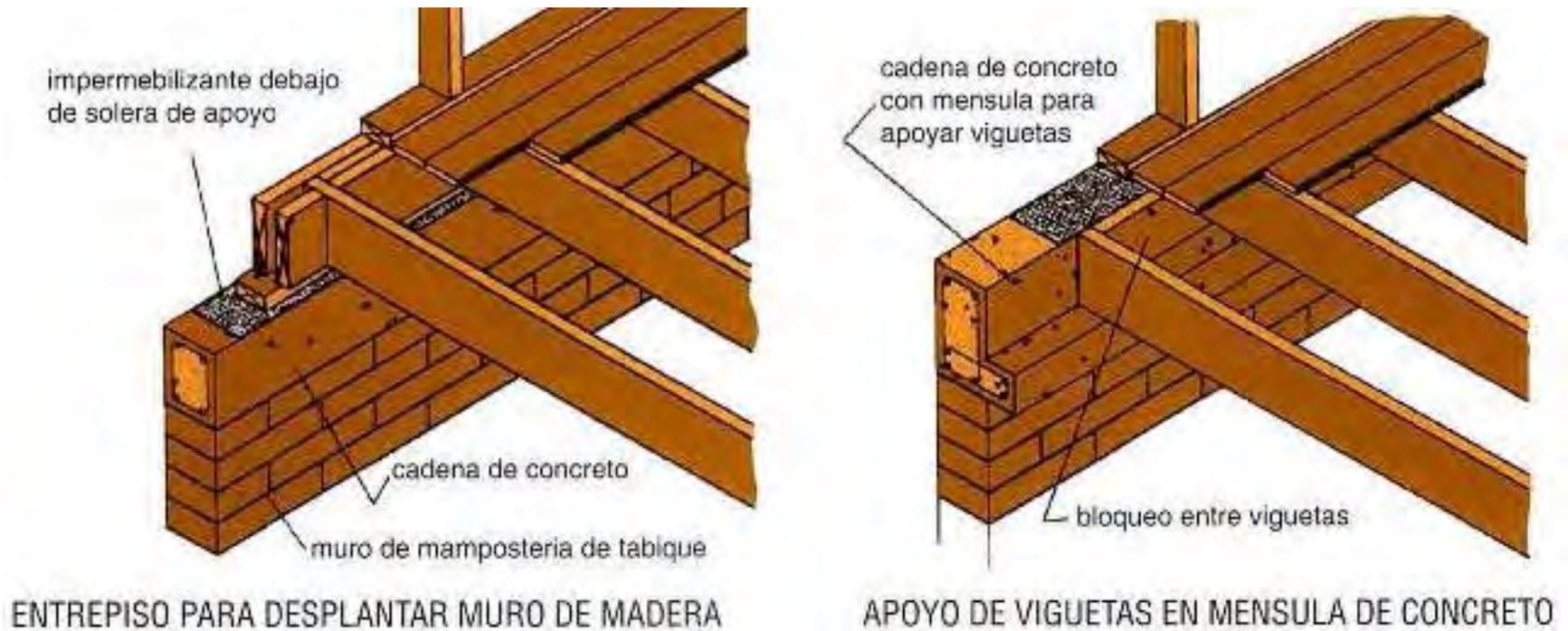


Fig. 6.2 Apoyo de Viguetas sobre Muros de Mampostería.

Estos son diferentes tipos de colocar las Vigas Madrinas, en apoyos de Viguetas por el material, por dimensiones, diseño, etc., pero lo importante es que se fijen a los conectores y queden con una buena distribución para no hacer gastos excesivos:

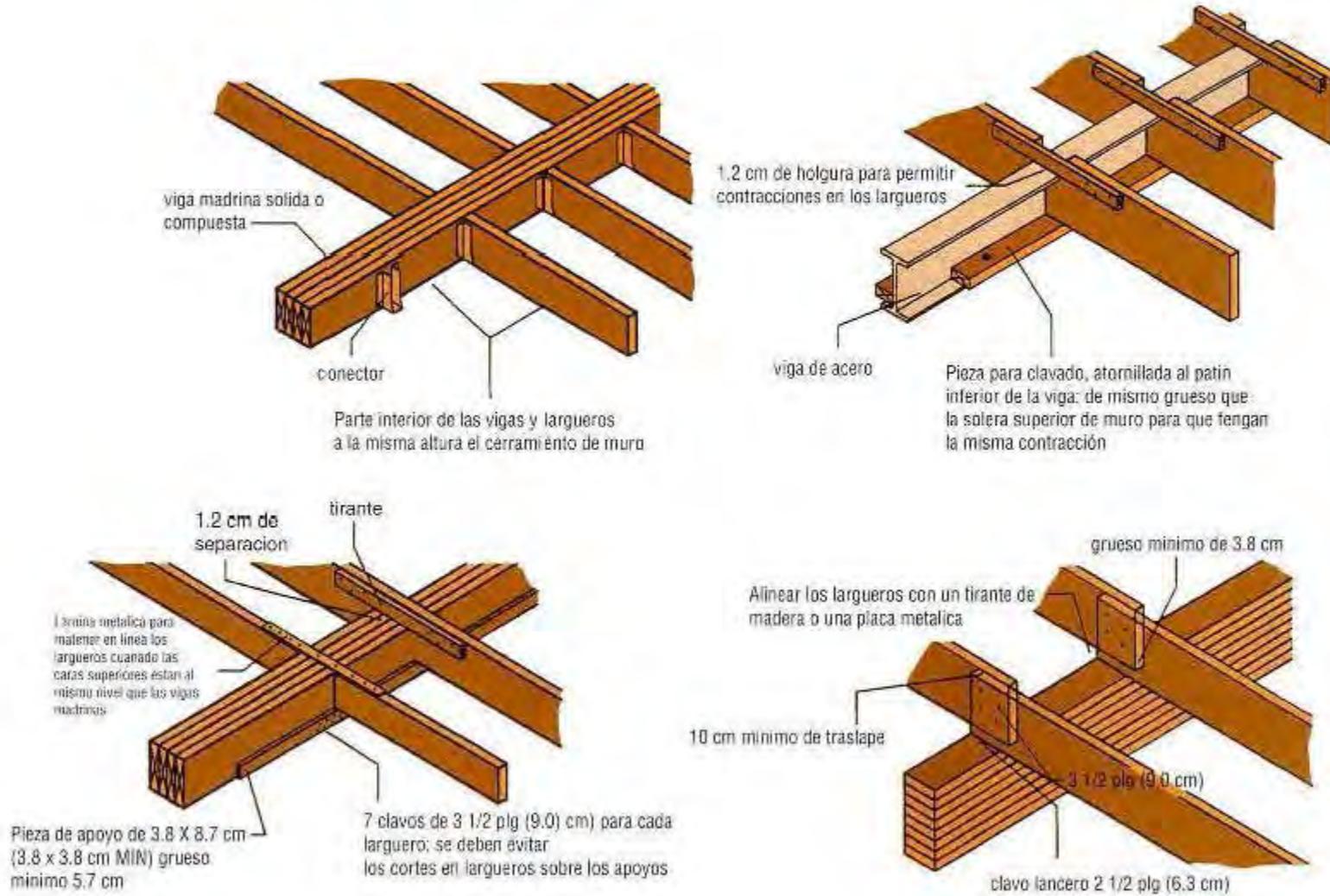


Fig. 6.3 Apoyo de Viguetas en diferentes Tipos de Vigas Madrinas

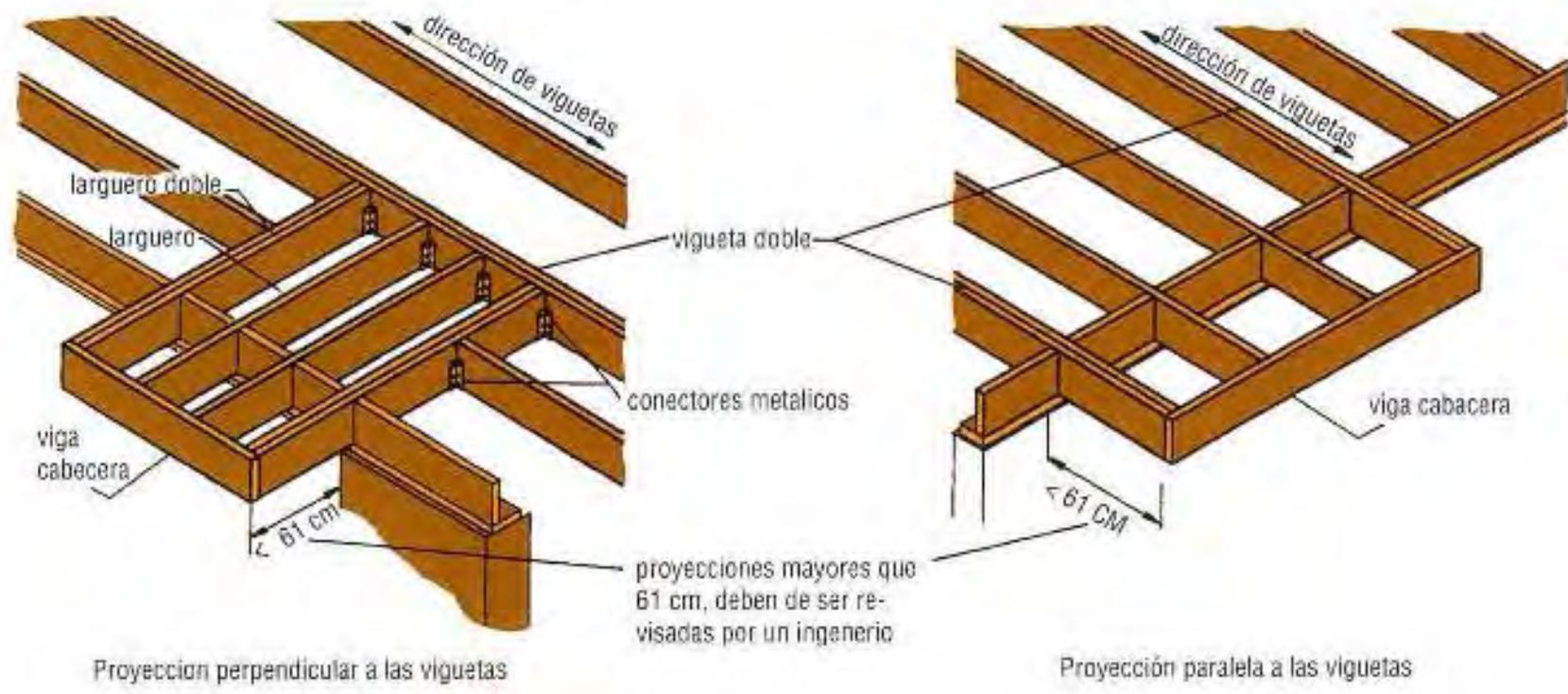


Fig. 6.4 Aberturas en Entrepiso

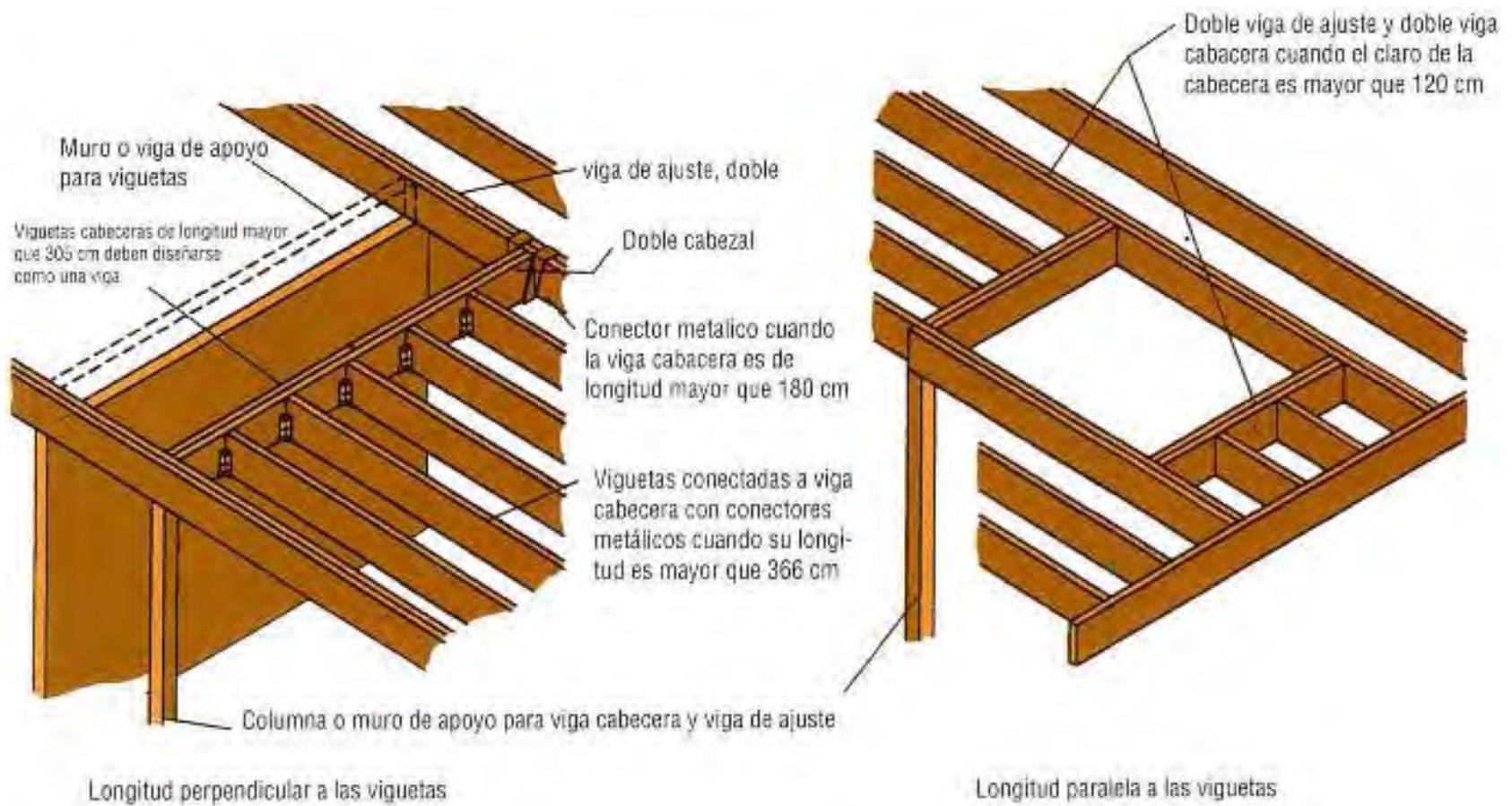


Fig. 6.5 Aberturas en Entrepiso

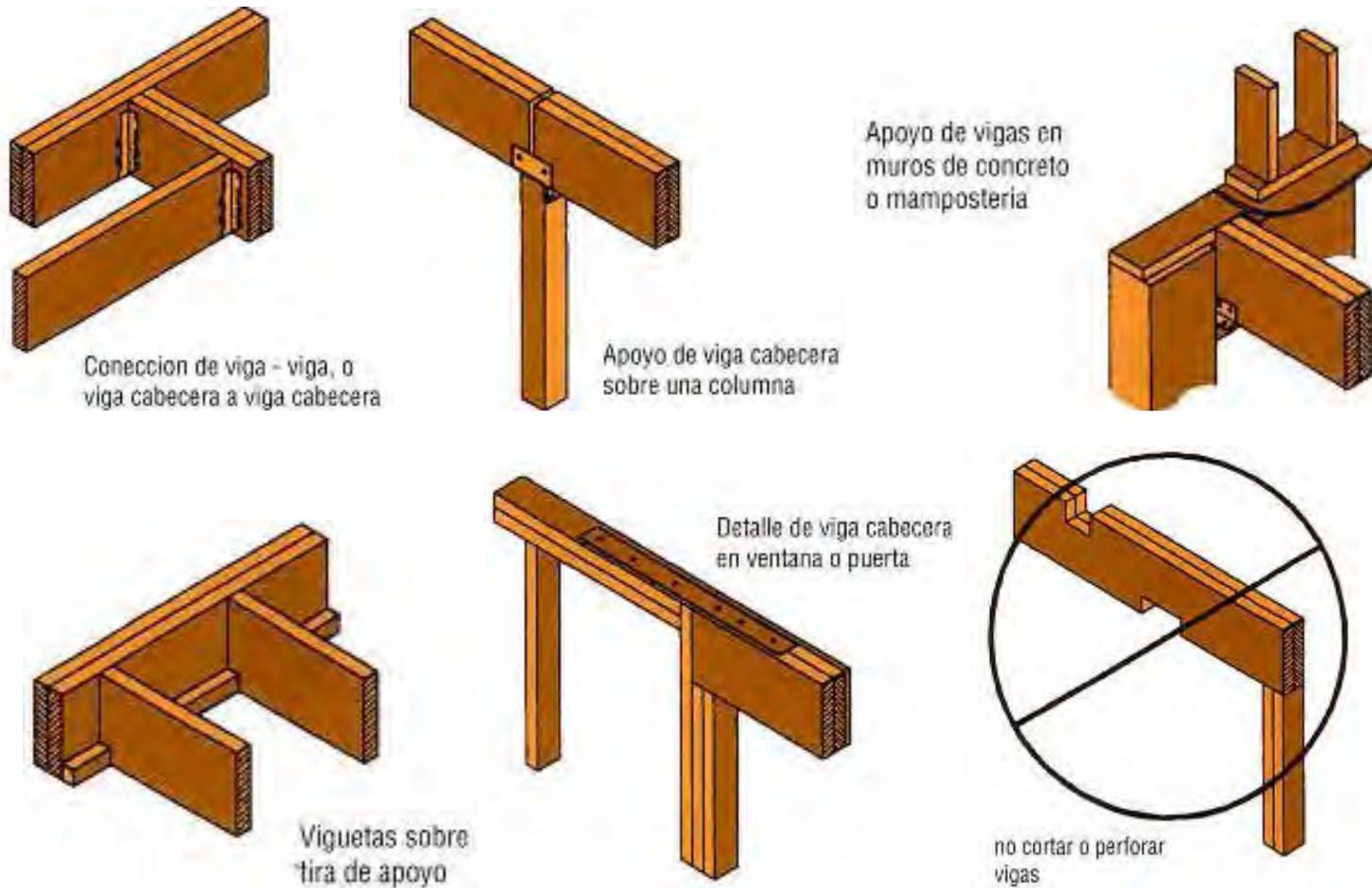
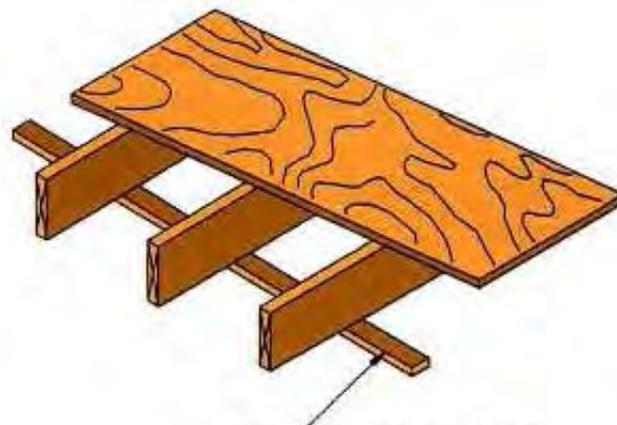
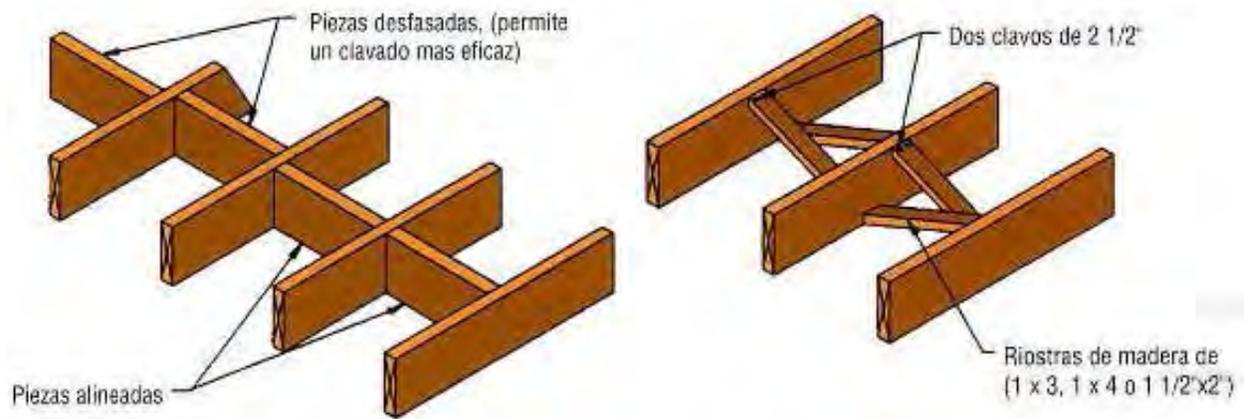


Fig. 6.6 Conexiones en Vigas Cabecera



Liston de madera de 1"x3" o 1"x4"  
(o fleje metalico de 3x25mm), clavado a las viguetas con clavos de 2 1/4 plg

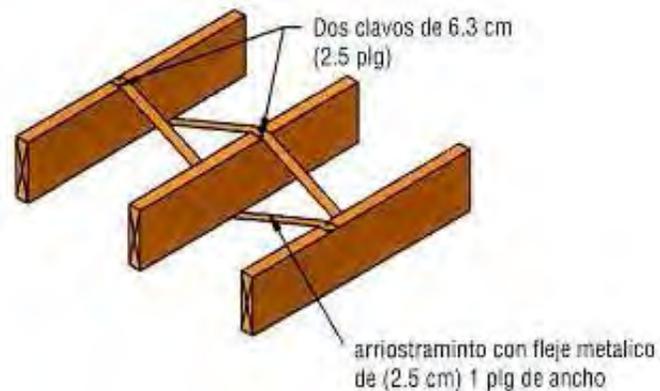


Fig. 6.7 Tipos de Arriostramientos de Viguetas

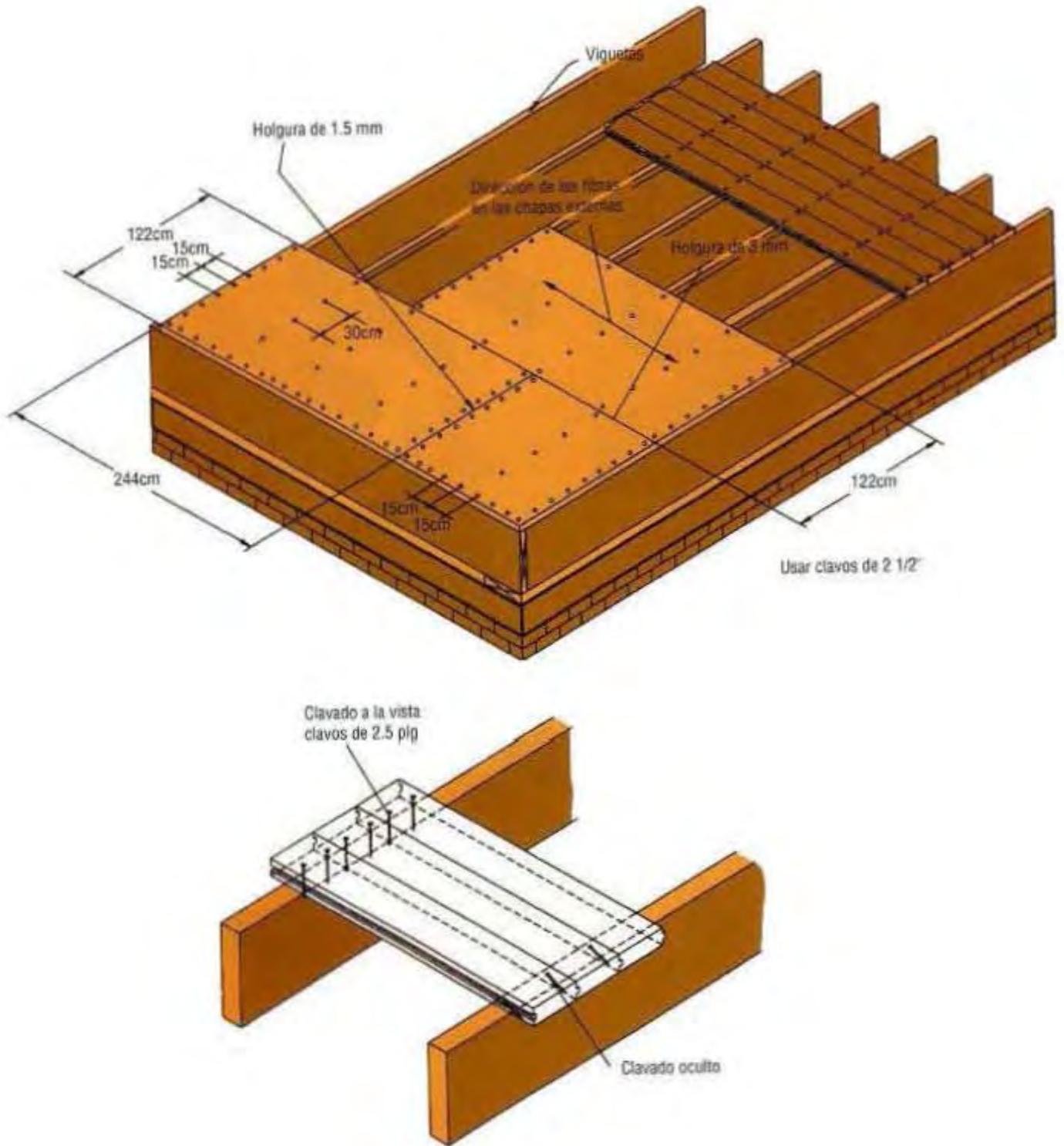


Fig. 6.8 Colocación de Duela Machihembrada y Triplay en Pisos

## Capítulo VII

### **DETALLE CONSTRUCTIVO DE MUROS DE MADERA**

Las TABLAS DE CONSULTA, tiene el objetivo de que ya no se realicen cálculos tediosos y que escojamos la madera de las dimensiones que necesitamos y en el caso que no existiera, tendremos que escoger las mas aproximadas, ya que como se nombro en un principio la madera es un material anisotrópico, es decir, que todas sus propiedades varían de acuerdo con sus ejes estructurales, los cuales desde un punto de vista teórico forman ángulos rectos entre sí y tiene una resistencia diferente en cada parte que se conforma la pieza de madera.

Utilizando también los criterios de diseño de muros de carga usando el sistema de bastidores, con secciones propuestas ya con estudios necesarios previos de 3.8 x 8.9 cm y 3.8 x 14 cm, utilizando madera de conífera. Se presentan las Tablas de capacidad de carga para las dos secciones mencionadas con sus valores definidos considerando que estos solo estarán sujetos a cargas de compresión y una mínima componente de flexión debida a la excentricidad de las cargas y la posible encorvadura de los pies derechos. También se presenta la Tabla de capacidad de carga en compresión de muros sujetos a empujes del viento que en forma conservadora se puede aplicar en prácticamente toda la costa del país, para la determinación de esta Tabla se aplico pruebas con una velocidad del viento de 150 km/hr.

Las secciones que se han utilizado en las Tablas siguientes se hicieron con estudios realizados con madera de espesor de 38 mm. Secciones de “Viguetas, Tablones y Pies derechos”.

**TABLA 7.1 SECCIONES REALES DE LA MADERA DE CONIFERAS (Seca y Cepillada)**

Sección nominal <sup>1</sup> plg	Sección real cm	Area cm <sup>2</sup>	Peso kg/m	Pies Tabla por pie de longitud <sup>2</sup>
2 x 4	3.8 x 8.9	33.80	2.03	0.667
2 x 6	3.8 x 14.0	53.20	3.20	1.000

Para calcularlos valores de capacidad de carga de los muros de las Tablas que se presentan, se siguieron los lineamientos establecidos en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y la norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera.

Utilizando los criterios de estado limite para la determinación de la capacidad de carga en compresión de las diferentes secciones y clases estructurales de la madera. Los valores de carga utilizados en los cálculos corresponden a la condición de carga normal (carga muerta más carga viva, afectada por un factor de carga de 1.4, cuando se revisa por viento el factor de carga es de 1.1) y se asume que se utilizara madera seca, también se tomaron en cuenta los factores de ajuste por tamaño y por comportamiento de carga para la determinación de los valores modificados de diseño.

**TABLA 7.2 VALORES ESPECIFICADOS DE RESISTENCIA PARA MADERA DE CONIFERAS (en condición seca CH≤18%)**

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Propiedad (kg/cm <sup>2</sup> )	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2 x 4)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	265 175 126 500	200 165 112 500	195 145 112 500	180 115 91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	170 155 119 500	140 140 119 500	130 125 105 500	120 100 84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	140 140 112 500	120 125 112 500	120 120 91 500	105 95 77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	80 80 98 500	70 70 98 500	70 70 84 500	60 55 70 500
	Pie derecho	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	81 81 98 500	69 73 98 500	69 70 84 500	59 55 70 500
<b>3.8 x 14 (2 x 6)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	235 165 126 500	175 155 133 500	170 140 112 500	150 110 91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	150 145 119 500	120 135 119 500	115 120 105 500	100 95 84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	115 125 112 500	105 120 112 500	100 115 91 500	90 90 77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	70 75 98 500	60 70 98 500	60 65 84 500	50 50 70 500
	Pie derecho	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub> Compresión paralela al grano, F <sub>c</sub> Módulo de Elasticidad, MOE	72 75 98 500	62 70 98 500	62 65 84 500	53 50 70 500

**TABLA 7.3 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES Y FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=244cm)**

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2x4)</b>	Selecta estructural SS	3495	2990	2870	2420	2330	1995	1915	1615
	No. 1	2865	2585	2355	1970	1915	1725	1570	1315
	No. 2	2520	2335	2120	1785	1680	1555	1415	1190
	No. 3	1650	1500	1430	1165	1100	1000	955	775
	Pie derecho	1670	1500	1430	1165	1115	1000	955	775
<b>3.8 x 14.0 (2x6)</b>	Selecta estructural SS	7940	6970	6310	5310	5300	4650	4210	3545
	No. 1	6330	5520	5055	4235	4225	3685	3370	2825
	No. 2	5400	4935	4660	3860	3605	3290	3110	2575
	No. 3	3305	2940	2860	2280	2205	1960	1910	1520
	Pie derecho	3345	2980	2900	2295	2235	1985	1935	1530

**TABLA 7.4 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES Y FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=305cm)**

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2x4)</b>	Selecta estructural SS	2720	2345	2285	1920	1815	1565	1525	1280
	No. 1	2310	2135	1930	1600	1540	1425	1290	1070
	No. 2	2065	1945	1720	1455	1375	1300	1145	970
	No. 3	1435	1330	1245	1020	960	885	830	680
	Pie derecho	1450	1330	1245	1020	970	885	830	680
<b>3.8 x 14.0 (2x6)</b>	Selecta estructural SS	7005	6190	5590	4725	4670	4130	3730	3155
	No. 1	5595	4905	4490	3765	3735	3270	2995	2515
	No. 2	4775	4395	4105	3420	3185	2930	2735	2285
	No. 3	3000	2680	2590	2085	2000	1785	1730	1390
	Pie derecho	3040	2715	2630	2115	2030	1810	1755	1410

**TABLA 7.5 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES SIN FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=244cm)**

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2x4)</b>	Selecta estructural SS	3050	2615	2530	2135	2035	1745	1690	1250
	No. 1	2535	2305	2095	1750	1690	1540	1400	1165
	No. 2	2240	2090	1875	1585	1495	1395	1250	1055
	No. 3	1505	1375	1305	1065	1005	920	870	710
	Pie derecho	1525	1375	1305	1065	1015	920	870	710
<b>3.8 x 14.0 (2x6)</b>	Selecta estructural SS	4825	4430	3945	3335	3220	2955	2630	2225
	No. 1	3970	3560	3240	2710	2650	2375	2165	1810
	No. 2	3425	3220	2905	2460	2285	2150	1940	1640
	No. 3	2315	2100	1995	1635	1545	1400	1335	1090
	Pie derecho	2345	2130	2025	1655	1565	1420	1350	1105

TABLA 7.6 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES SIN FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=305cm)

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	2220	1915	1875	1570	1485	1275	1250	1050
	No. 1	1895	1755	1590	1315	1265	1170	1060	880
	No. 2	1695	1605	1405	1195	1130	1070	940	795
	No. 3	1200	1115	1040	860	800	745	695	575
	Pie derecho	1215	1115	1040	860	810	745	695	575
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural SS	3550	3355	2955	2485	2370	2240	1975	1660
	No. 1	3000	2740	2485	2065	2000	1830	1660	1380
	No. 2	2620	2500	2205	1875	1750	1665	1470	1250
	No. 3	1860	1715	1605	1325	1240	1145	1070	885
	Pie derecho	1885	1735	1625	1345	1260	1160	1085	895

TABLA 7.7 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES Y FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=244cm) SUJETOS A CARGAS DE VIENTO (Vel. de viento =150 km/hr)

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	3495	2990	2870	2420	2260	1675	1545	1160
	No. 1	2865	2585	2355	1970	1450	1040	845	535
	No. 2	2520	2185	1850	1325	1000	740	600	330
	No. 3	900	610	560	220	—	—	—	—
	Pie derecho	957	610	560	220	—	—	—	—
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural SS	7940	6970	6310	5310	5300	4650	4210	3545
	No. 1	6330	5520	5055	4235	4225	3685	3370	2825
	No. 2	5400	4935	4660	3860	3605	3290	3110	2575
	No. 3	3305	2940	2860	2280	2200	1730	1645	1025
	Pie derecho	4513	3805	3640	2540	2260	1790	1705	1075

**TABLA 7.8 VALORES DE CAPACIDAD DE CARGA EN COMPRESION (kg/m) PARA MUROS CONSTRUIDOS CON BASTIDORES Y FORRO ESTRUCTURAL POR UNA CARA (Altura=305cm) SUJETOS A CARGAS DE VIENTO (Vel. de viento =150 km/hr)**

SECCION cm (plg)	CLASE ESTRUCTURAL	Separación entre pies derechos: 40.7 cm				Separación entre pies derechos: 61 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2x4)</b>	Selecta estructural SS	2455	1825	1720	1295	1225	780	710	495
	No. 1	1615	1185	960	605	575	240	135	—
	No. 2	1130	850	675	375	230	—	—	—
	No. 3	—	—	—	—	—	—	—	—
	Pie derecho	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>3.8 x 14.0 (2x6)</b>	Selecta estructural SS	7005	6190	5590	4725	4670	4130	3730	3155
	No. 1	5595	4905	4490	3765	3735	3270	2995	2275
	No. 2	4775	4395	4105	3420	3185	2930	2620	1850
	No. 3	3000	2390	2250	1400	1215	790	740	290
	Pie derecho	3120	2480	2335	1475	1295	870	815	355

### Muros de Cortante

Los muros de carga tienen como función transmitir las cargas gravitacionales que actúan en los techos y sistemas de pisos a la cimentación. Y muchas veces también deberán resistir las acciones horizontales que actúan en su plano debidas a la ocurrencia de cargas accidentales como son los empujes de vientos y movimientos sísmicos.

Cuando los muros se diseñan para resistir las cargas horizontales además de las verticales se denominan MUROS DE CORTANTE. Estos muros se pueden resolver de diferentes maneras como se observan en los detalles de la Fig. 6.8, usando diagonales en tensión y/o compresión con elementos metálicos o de madera, también se pueden usar forros de madera contrachapada (triplay) o tableros de tiras orientadas. Estas soluciones le confieren al bastidor básico de los muros una gran resistencia y rigidez en su plano. La distribución de los muros de cortante en una construcción es recomendable que sea similar a la mostrada en la Fig. 6.8.

La solución de estructuras con muro de cortante para resistir las cargas horizontales, requieren de la participación de un ingeniero estructurista en el desarrollo del proyecto. Sin embargo, con el fin de presentar al menos una alternativa simple que los usuarios puedan utilizar, se presenta en la tabla 9 un conjunto de valores de longitud total mínima de muros de cortante para resolver de manera conservadora, aun que burdamente, las construcciones hasta de dos niveles y de 150m<sup>2</sup>. Por lo pronto solo se recomienda utilizar como forro estructural de los muros a los tableros de madera contrachapada (triplay) de 9 y 12 mm.

**TABLA 7.9 LONGITUD MINIMA DE MUROS DE CORTANTE PARA VIVIENDAS UBICADAS EN ZONAS COSTERAS CON VELOCIDADES DE VIENTOS DE 150 km/hr Ó EN ZONAS SISMICAS**

Clavos de 6.3 cm (2.5 plg) a cada 15 cm en los bordes del tablero

Area de la vivienda	Niveles	Triplay de 9 mm	Triplay de 12 mm
150 m <sup>2</sup>	2	5.0 (planta alta) 14.0 (planta baja)	5.0 (planta alta) 14.0 (planta baja)
	1	5.0	5.0
80 m <sup>2</sup>	2	3.0 (planta alta) 8.0 (planta baja)	3.0 (planta alta) 7.0 (planta baja)
		3.0	3.0
150 m <sup>2</sup>	2	3.5 (planta alta) 9.0 (planta baja)	3.0 (planta alta) 8.0 (planta baja)
	1	3.5	3.5
80 m <sup>2</sup>	2	3.0 (planta alta) 6.0 (planta baja)	2.5 (planta alta) 5.0 (planta baja)
	1	3.0	2.5

1.- Estos valores son aplicables a construcciones en zonas sísmicas siempre y cuando las cubiertas no excedan un peso de 170kg/m<sup>2</sup> (combinación de cargas muertas + cargas vivas).

2.- El clavado y anclaje de los muros de cortante deberán cumplir con las especificaciones de las Fig. 6.2, Fig. 6.7, Fig. 6.9 y Fig. 6.11.

3.- La distribución y requisitos que deben cumplir estos muros se pueden consultar en la Fig. 6.8.

DETALLES CONSTRUCTIVO DE MUROS DE MADERA

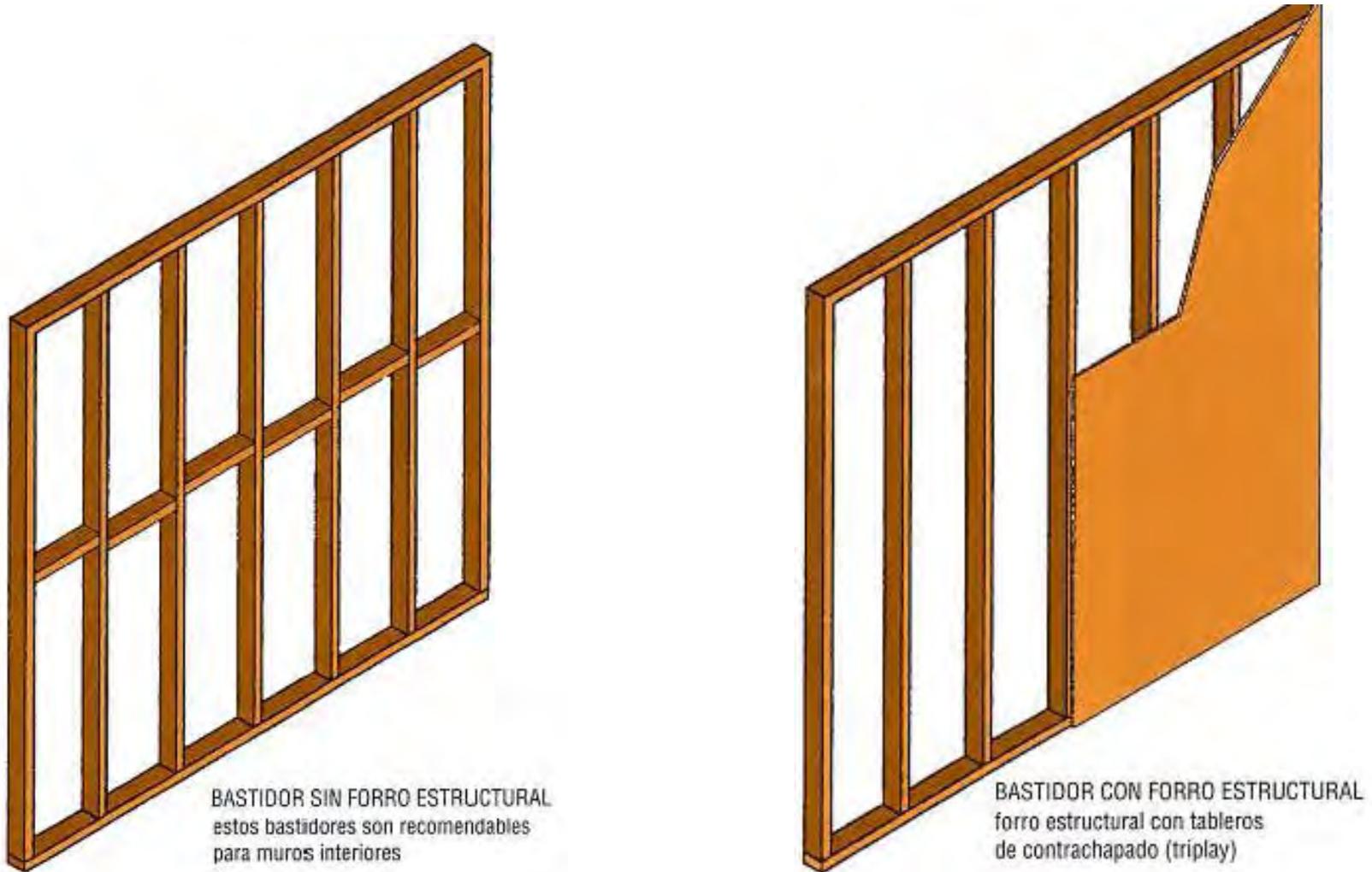


Fig. 7.1 a) Tipo de Bastidor para Muros de Carga.

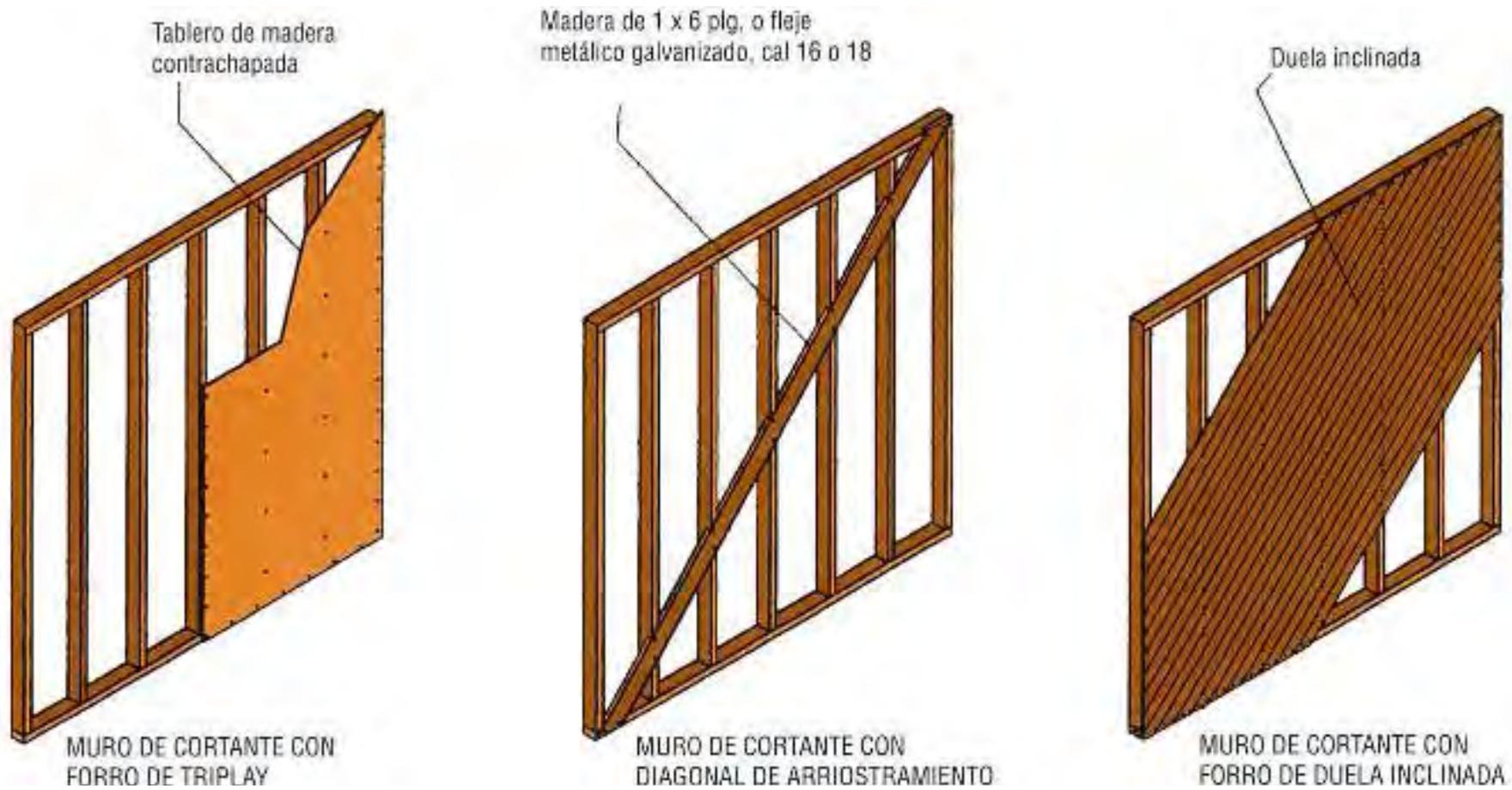
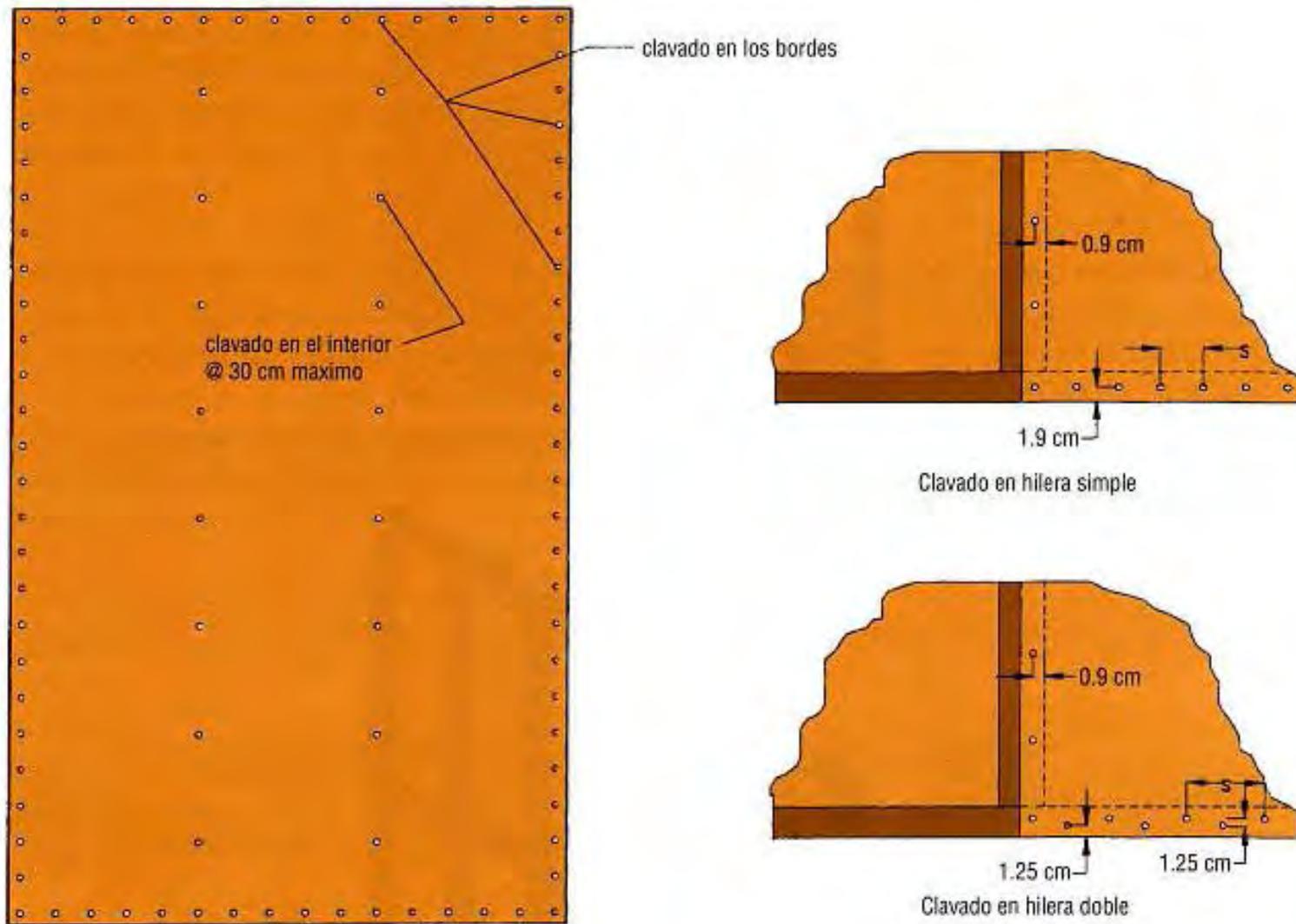


Fig. 7.1 b) Tipos de Muros de Cortante y su Distribución.



El tamaño del clavo debe cumplir con los requisitos de la Tabla 7.9.

Fig. 7.2 Clavado del Forro Estructural en Muros de Carga.

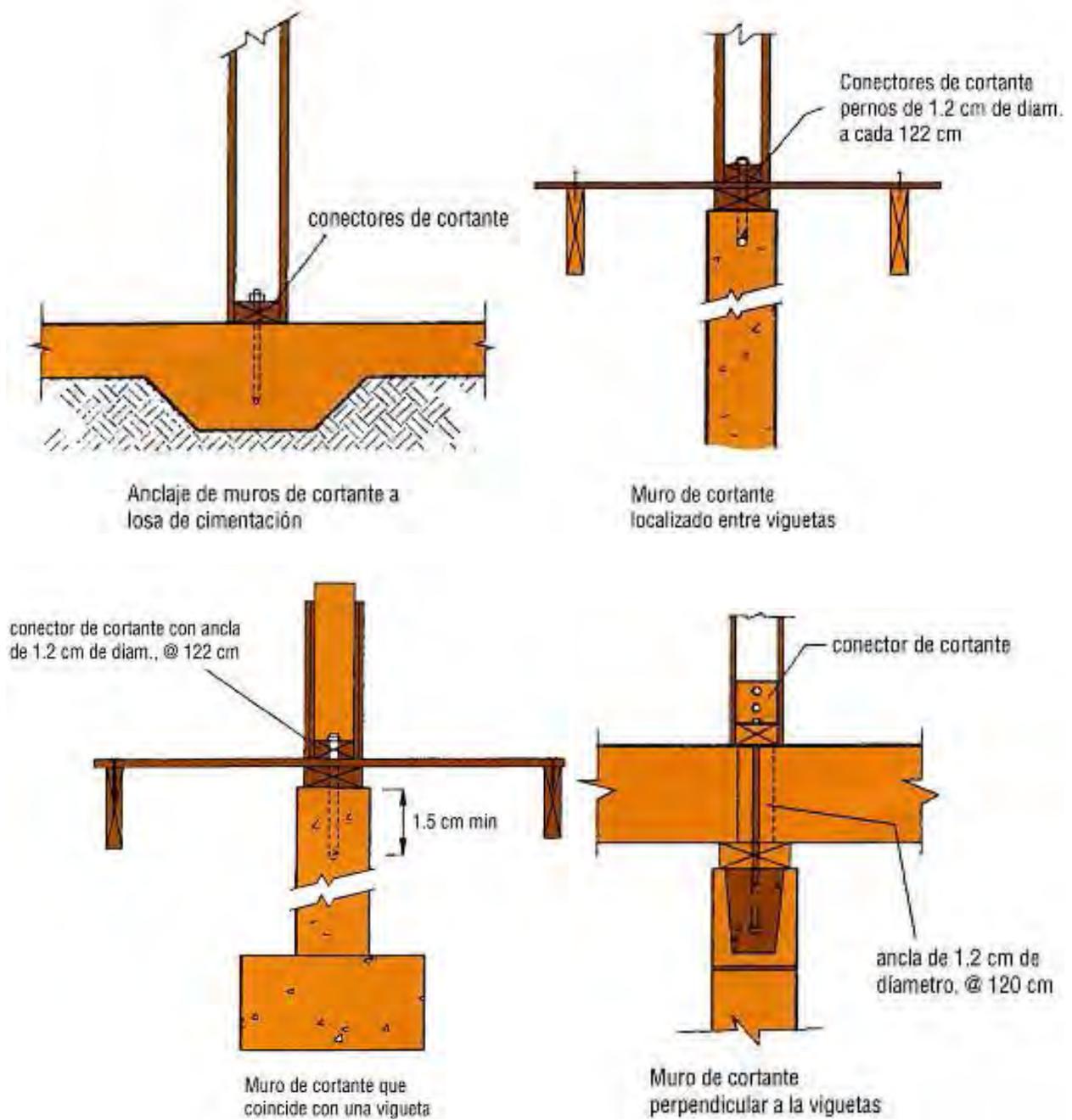


Fig. 7.3 Conexión de Muros de Cortante a Cimientos Corridos.

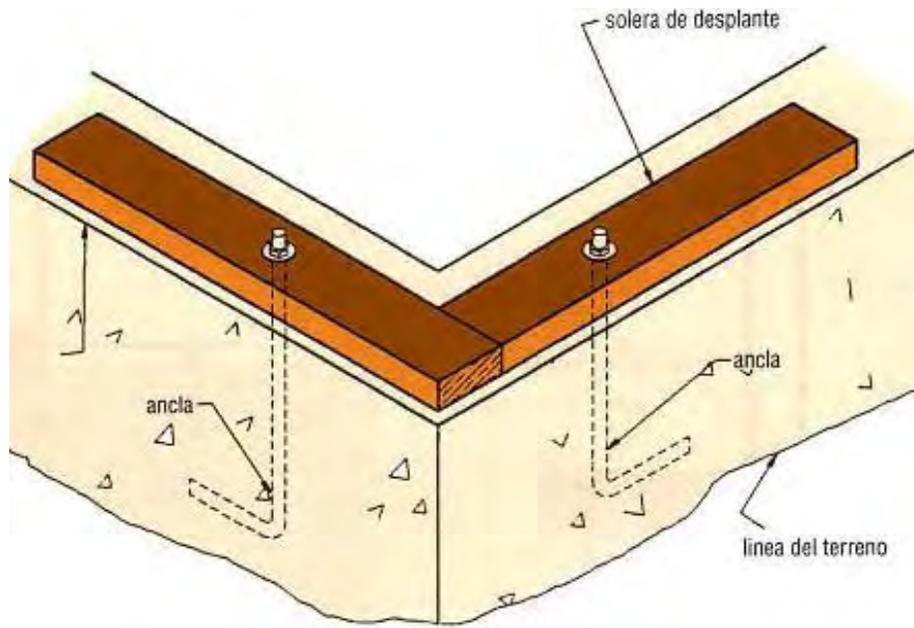


Fig. 7.4 a) Anclaje de Soleras a la Cimentación.

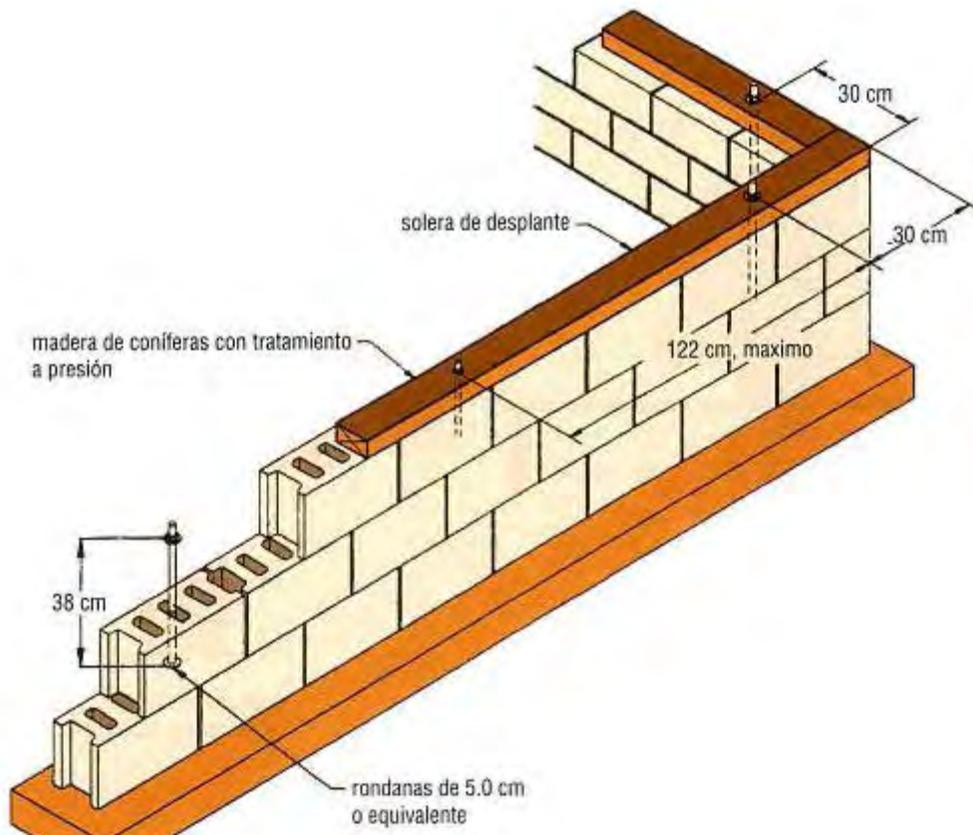


Fig. 7.4 b) Ubicación de anclas en cimentación con bloques de concreto.

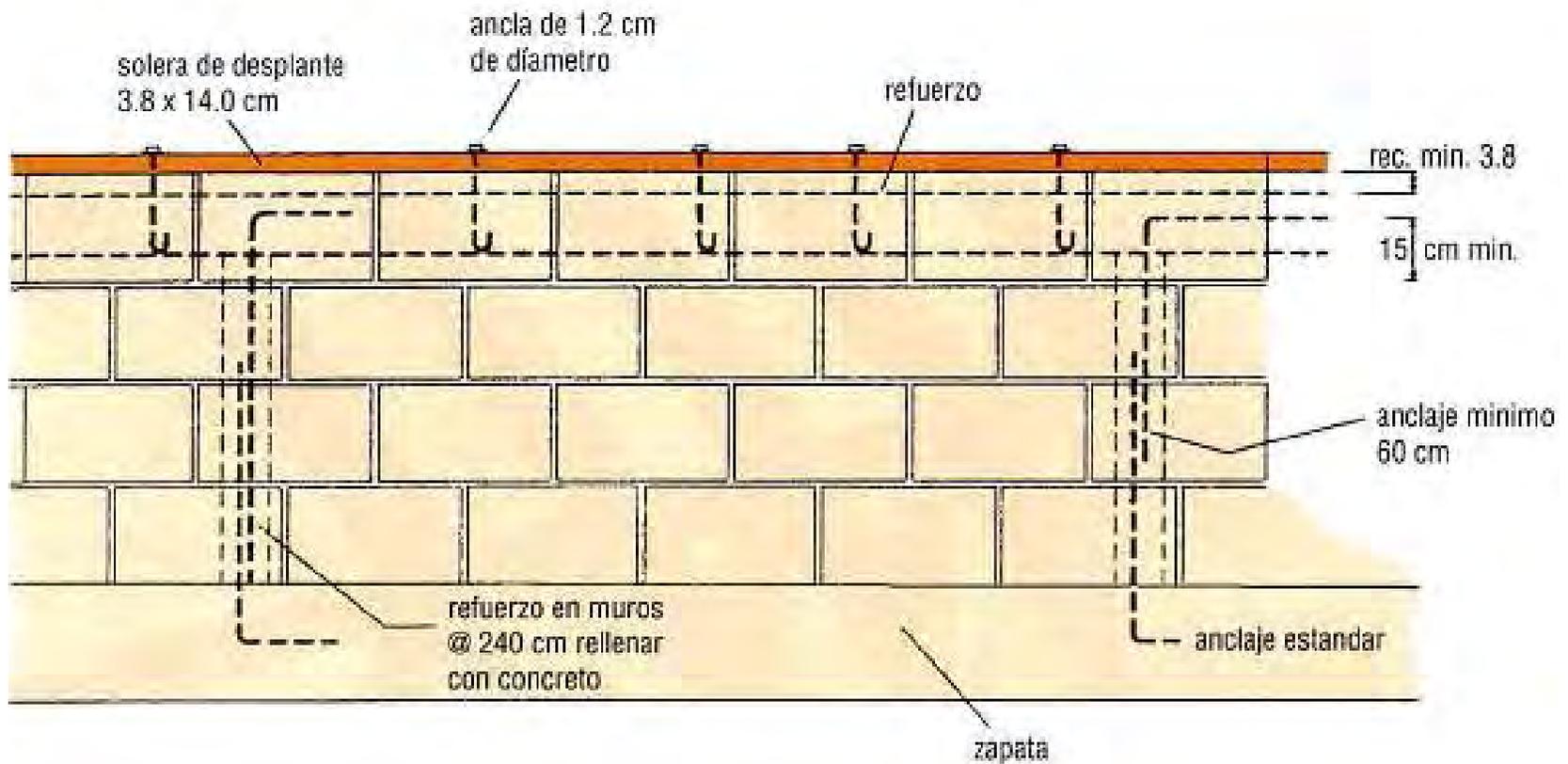


Fig. 7.5 Solera de Desplante Anclada a Cadena de Concreto.

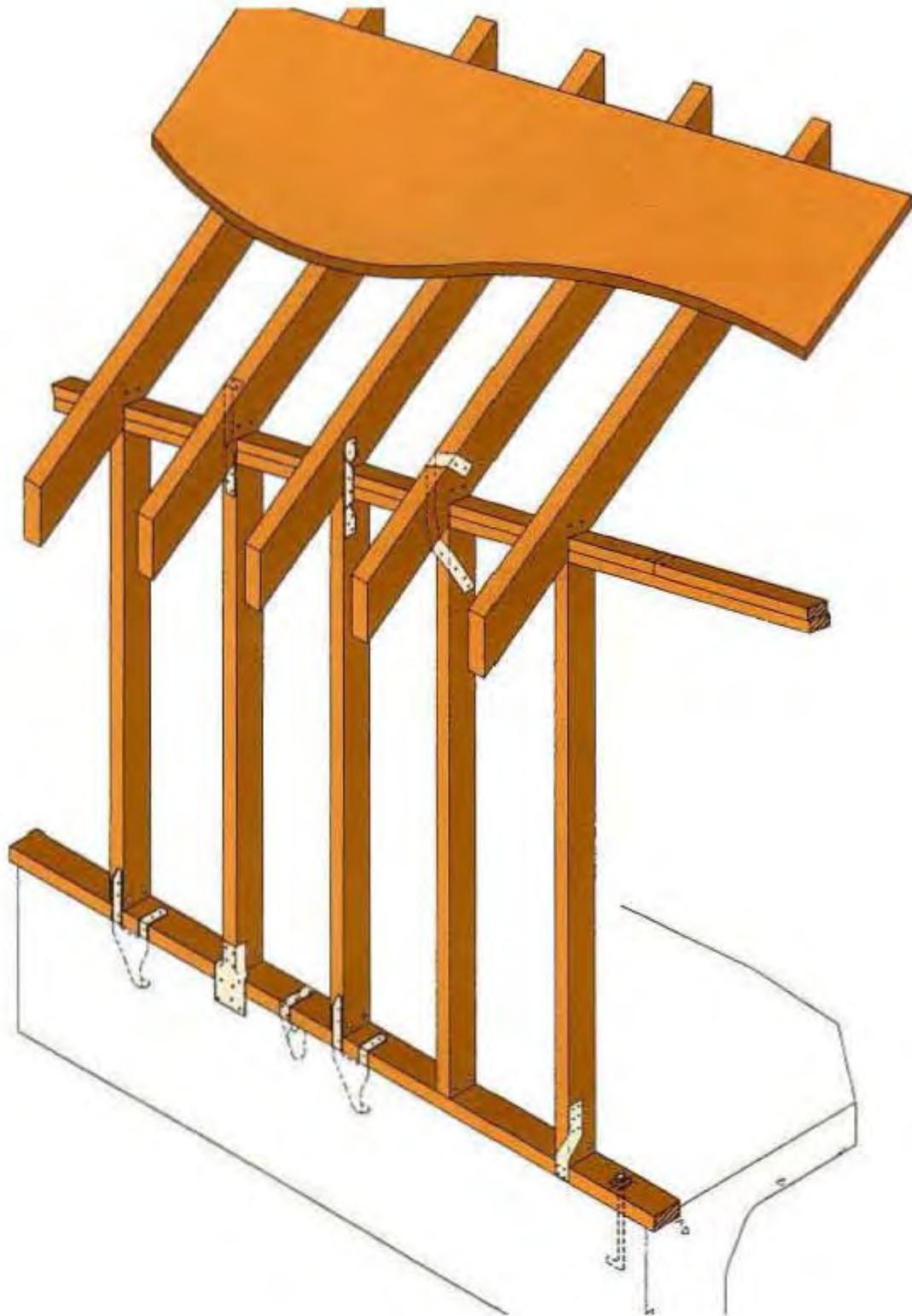
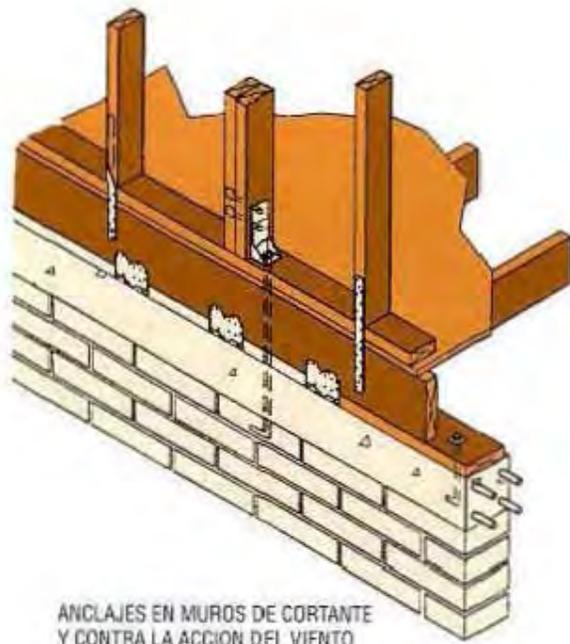
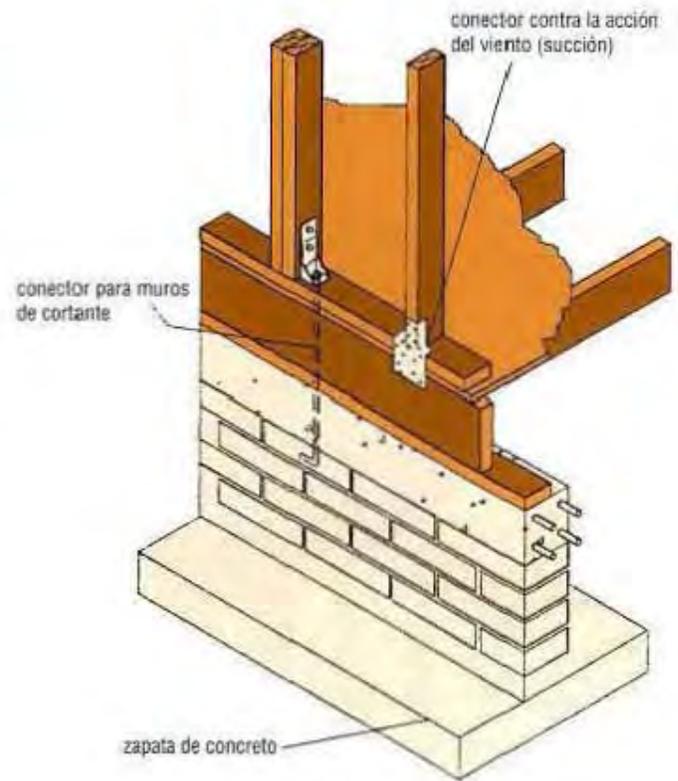


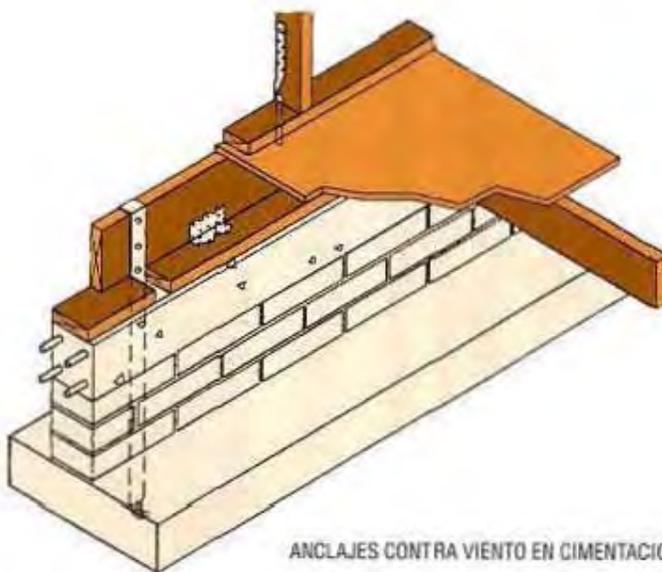
Fig. 7.6 Conectores para Muro con espaciamento entre Pies Derechos igual al de las Armaduras o Viguetas.



ANCLAJES EN MUROS DE CORTANTE Y CONTRA LA ACCION DEL VIENTO

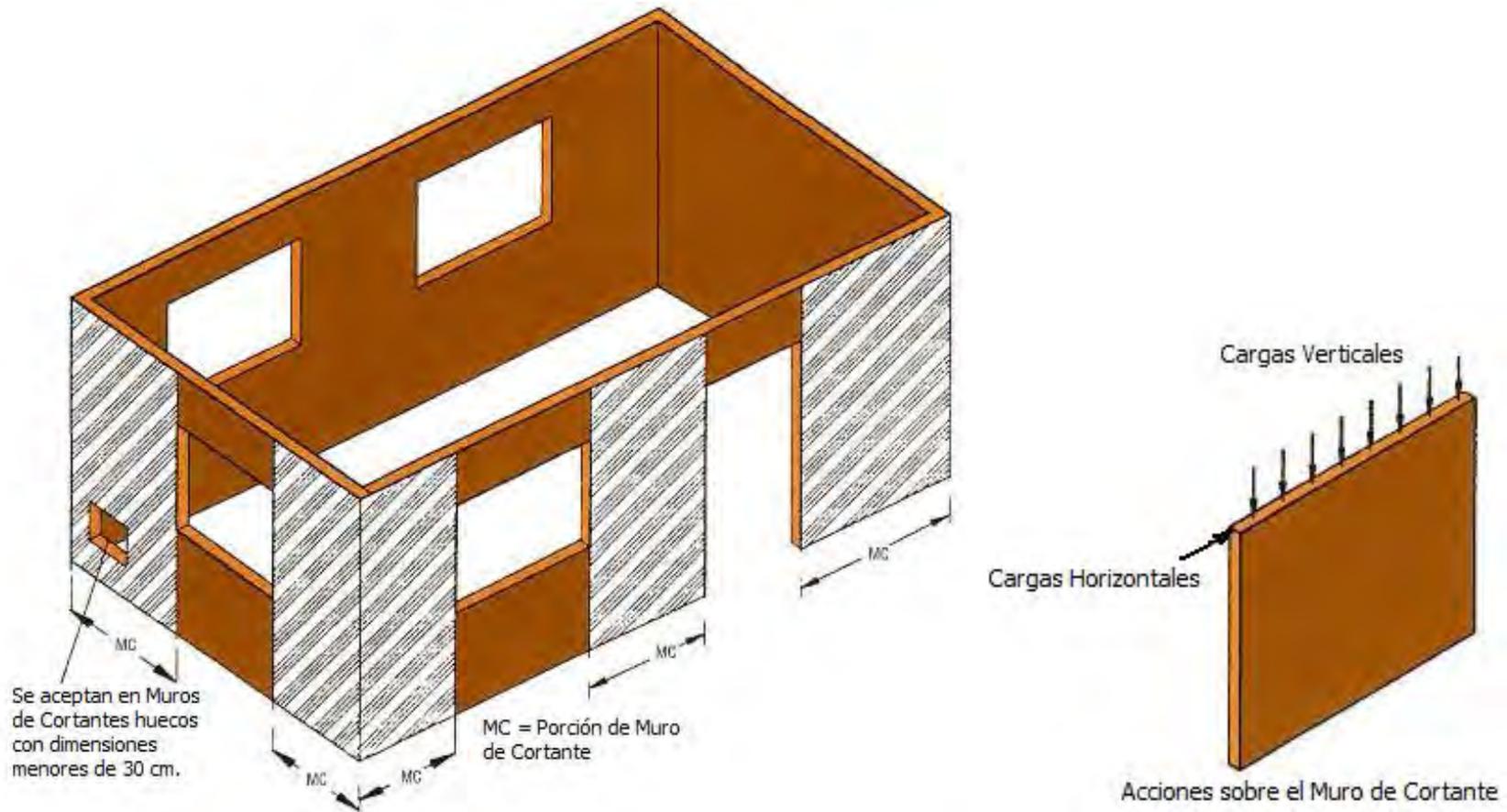


ANCLAJE DE MUROS A CIMENTACION



ANCLAJES CONTRA VIENTO EN CIMENTACION TIPICA

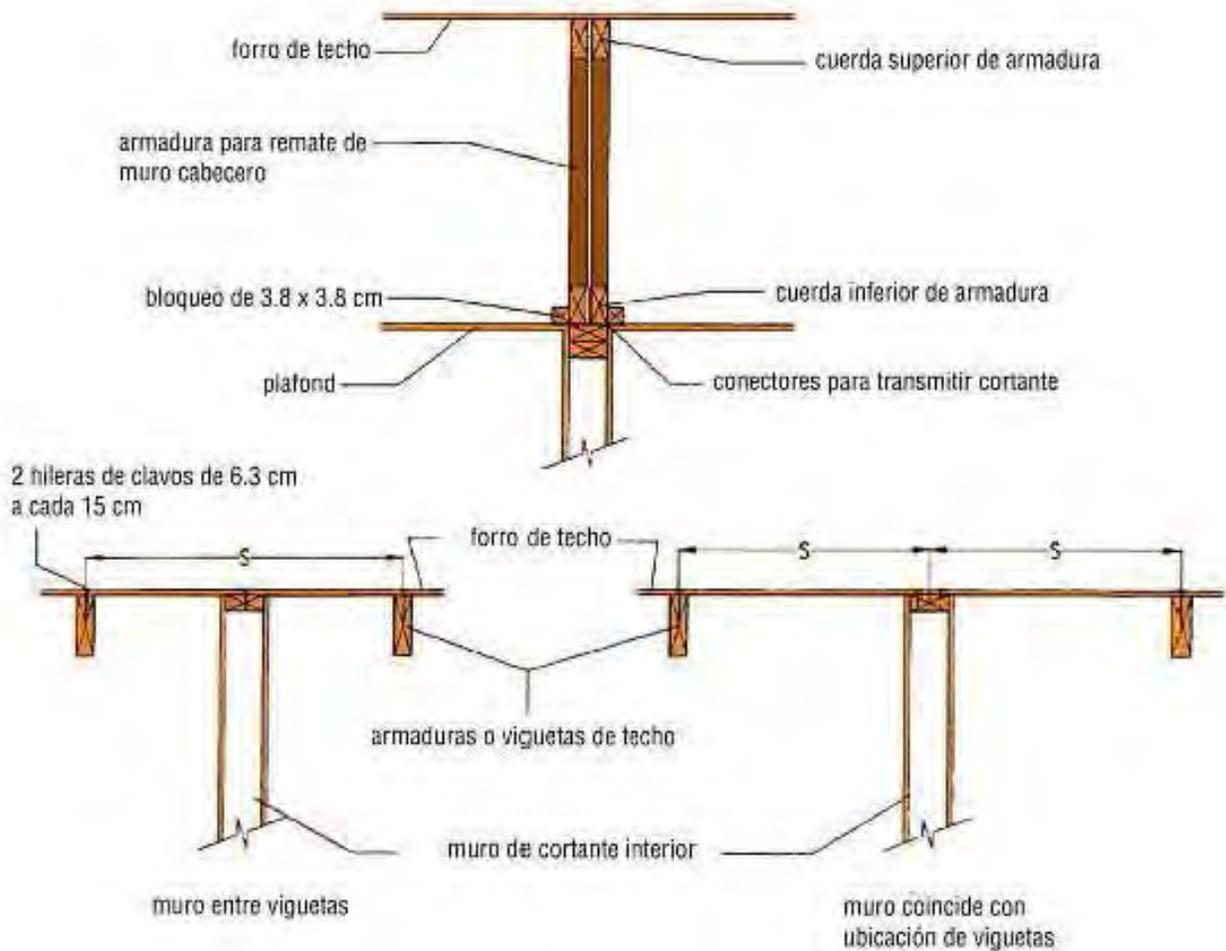
Fig. 7.7 Tipos de anclajes de Muro a la Cimentación.



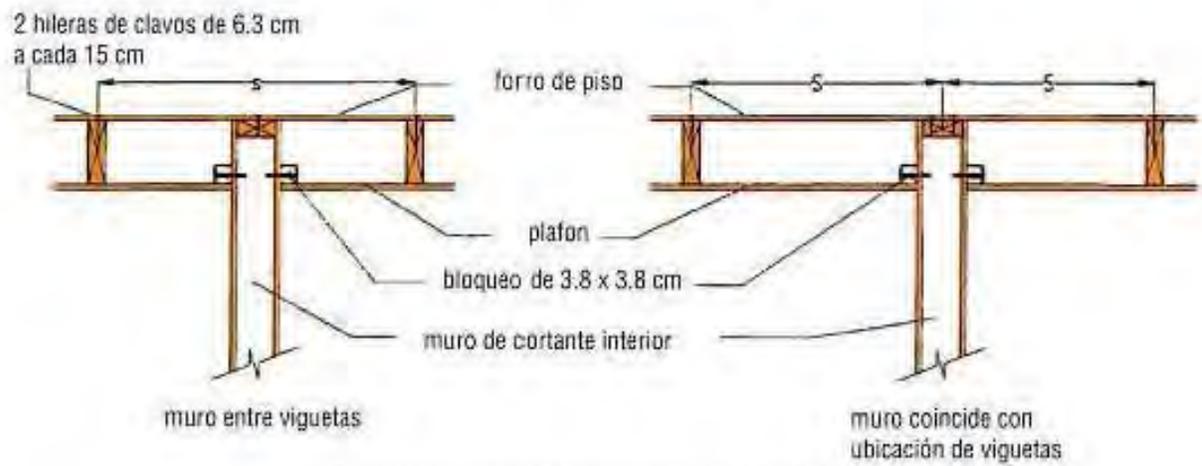
Debe de tener las siguientes características:

- A) Longitud mínima de un segmento de Muro de Cortante = 90 cm.
- B) Colocar doble Pie Derecho en cada extremo de Muro de Cortante.
- C) La suma de todos los segmentos de Muro de Cortante en una dirección deberá cumplir con los requisitos de la Tabla 7.9.
- D) Se recomienda que los Muro de Cortante se distribuyan en forma simétrica, de ser posible.

Fig. 7.8 Tipos de Muros de Cortante y su Distribución.

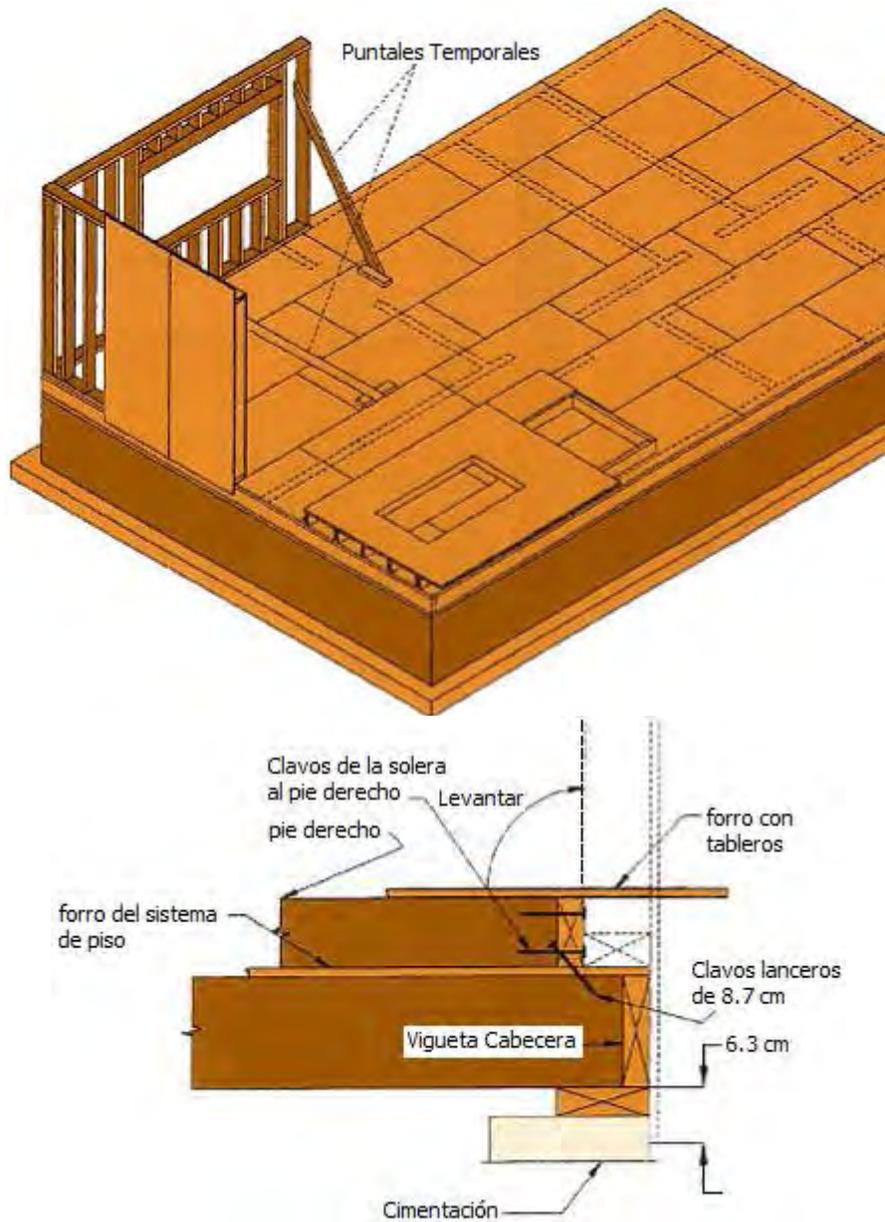


UNION ENTRE MURO DE CORTANTE Y TECHO



UNION ENTRE MURO DE CORTANTE Y ENTREPISO

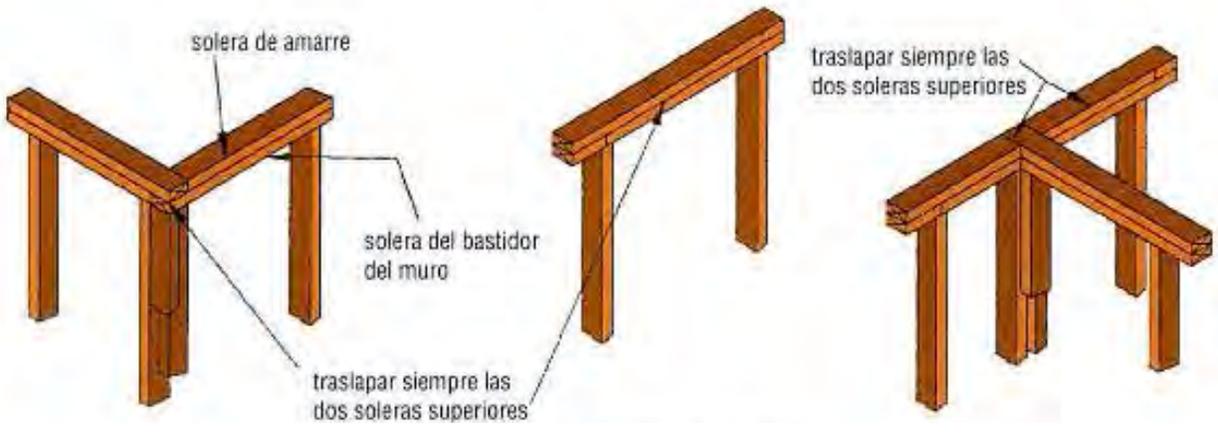
Fig. 7.9 Unión entre Muro de Cortante, Entrepiso y Techo.



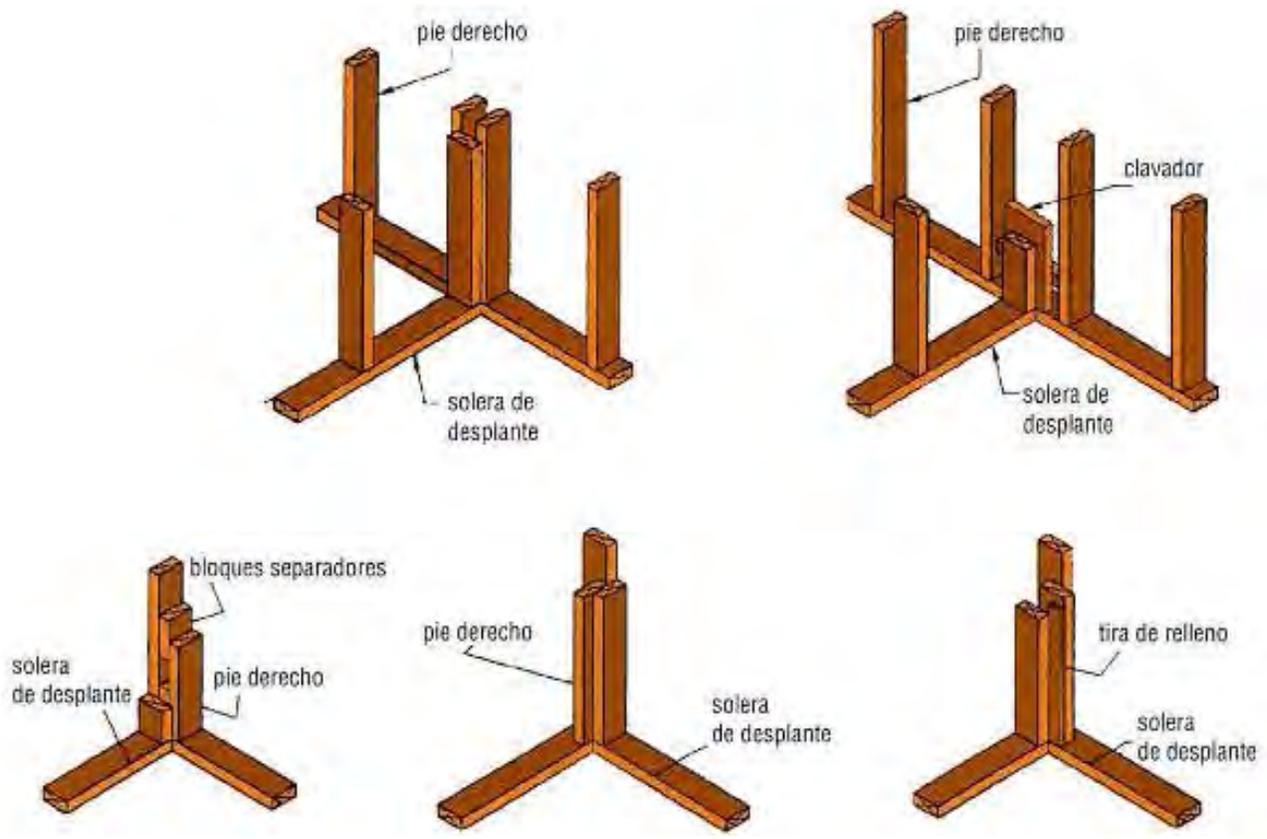
Para levantar Muros:

- A) Colocar los Muros Exteriores con su forro estructural de la cara exterior para fijarlos a la cimentación.
- B) Colocar después los Muros Interiores sin forro estructural, apuntalar mientras se fijan entre sí con las soleras de amarre.

Fig. 7.10 Procedimiento para levantar Muros.



**Traslapes de Soleras.**



**Estructuración de Muros en Esquina.**

Fig. 7.11 Traslape de Soleras y Soluciones de Esquina e Intersección de Muros.

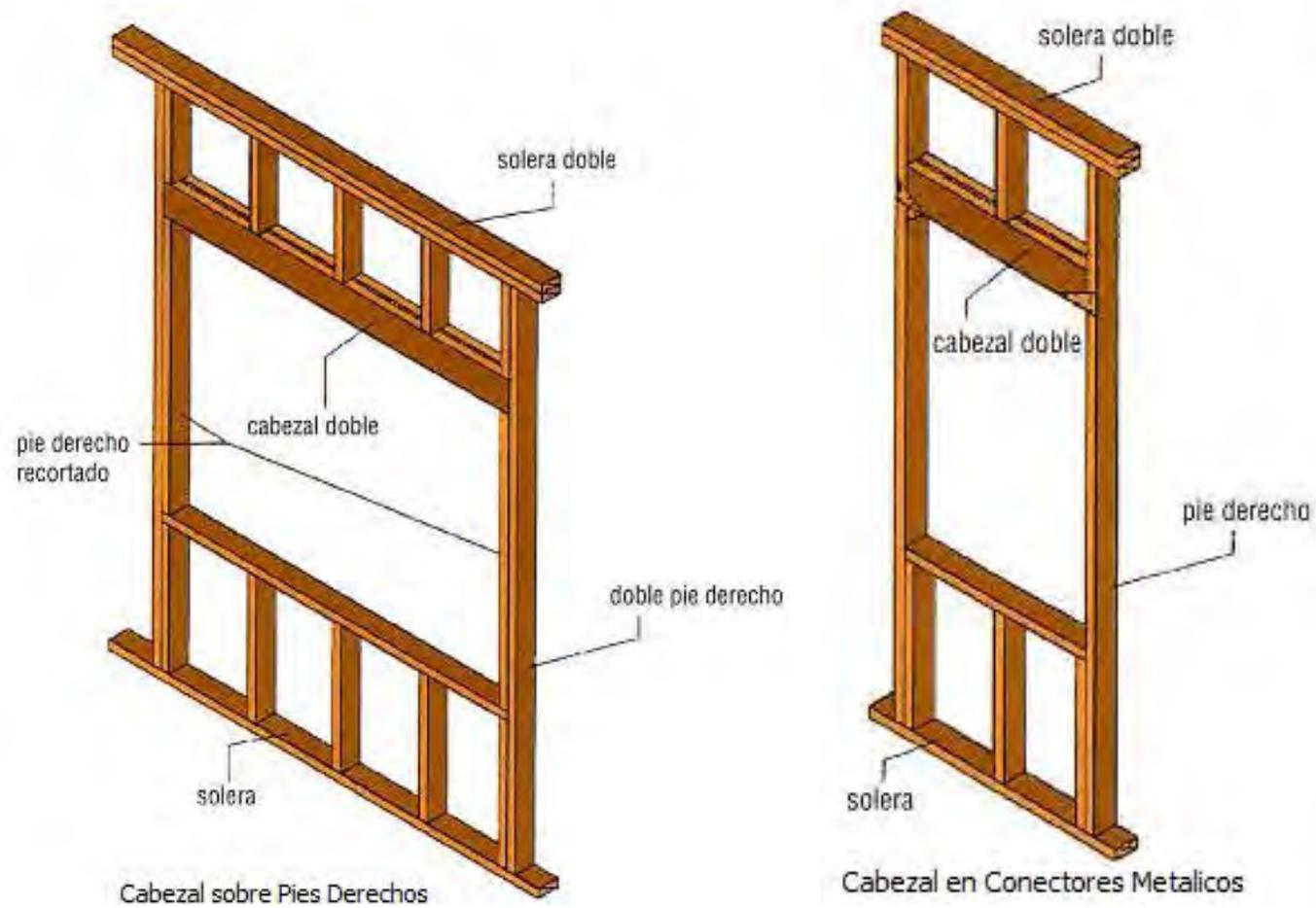
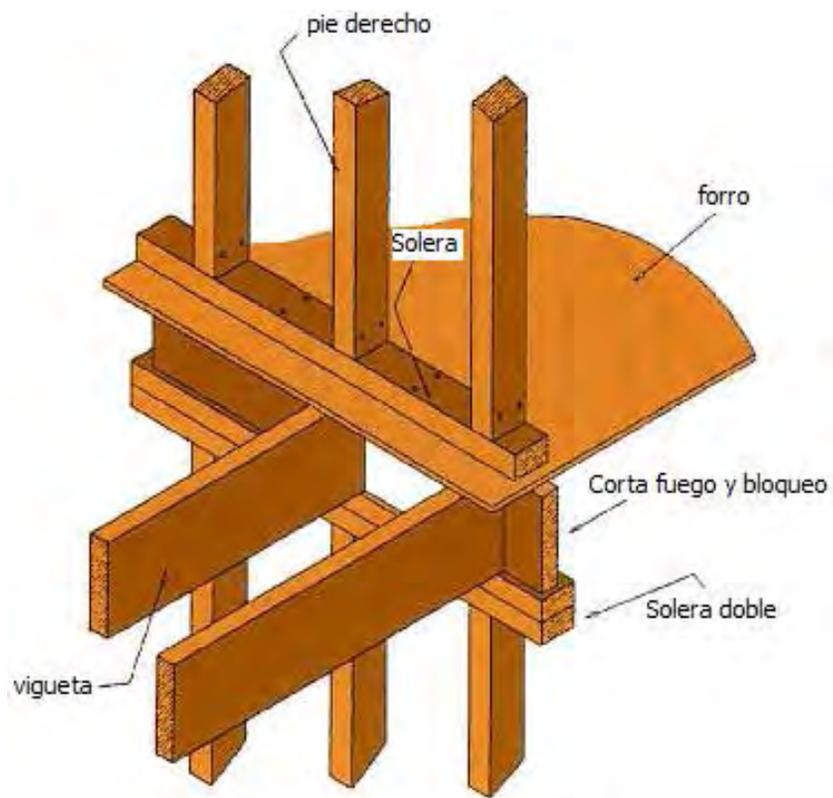
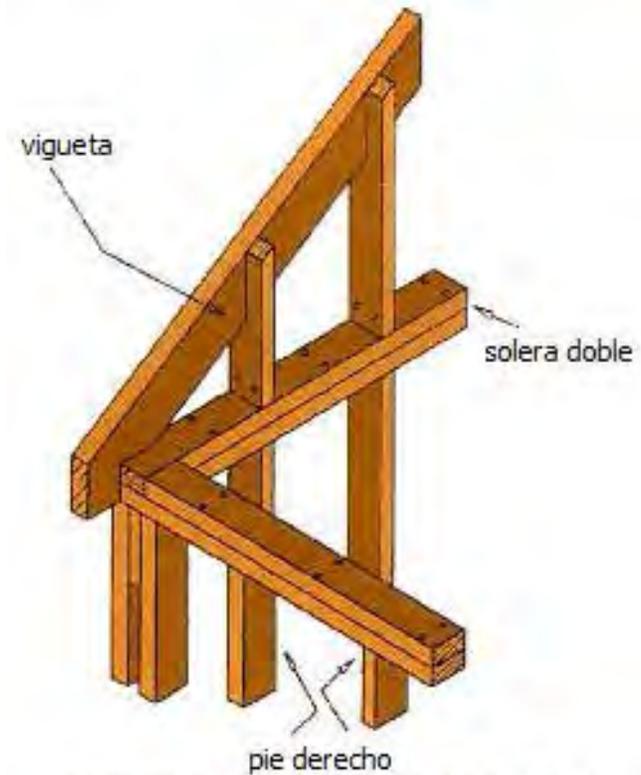


Fig. 7.12 Recomendaciones en Aberturas de Ventanas.



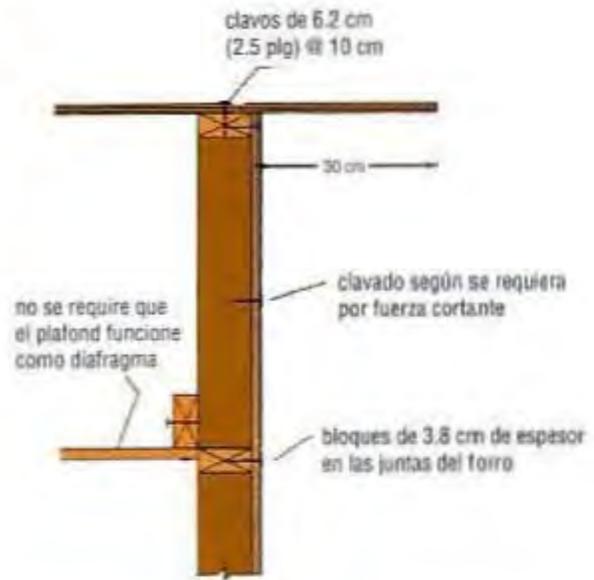


Estructuración sobre Muros de Carga.

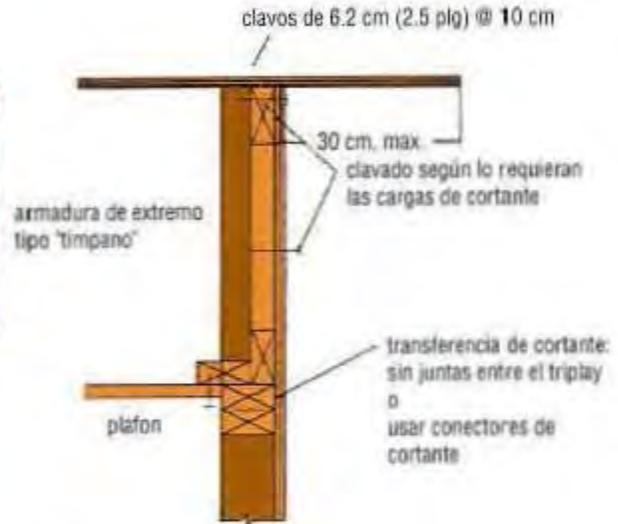


Armazon de Muros Cabeceros (Muro Piñon).

Fig. 7.14 Estructuración en Muros de Carga y Muros Cabeceros.

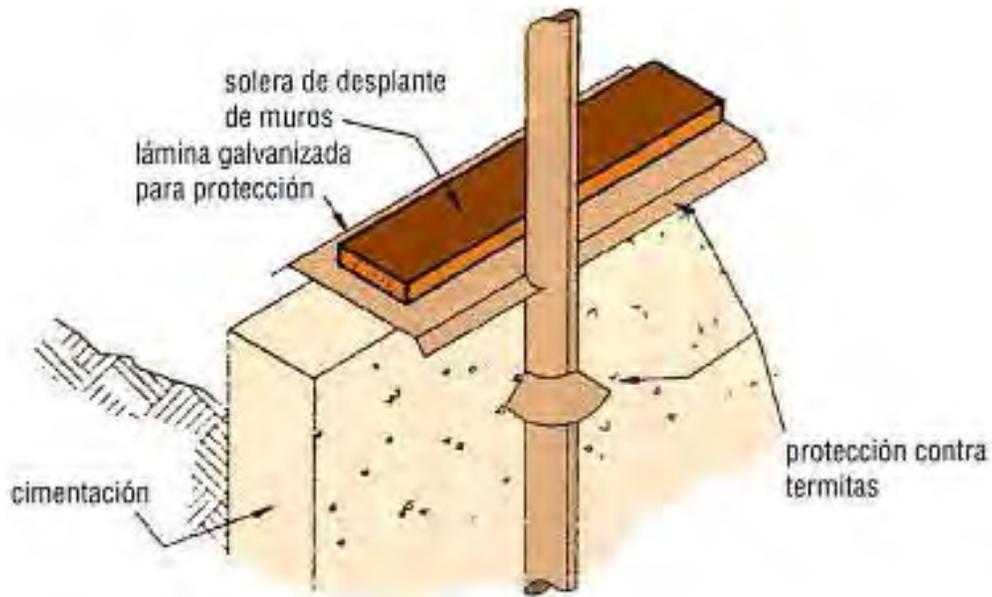


DETALLE DE MURO DE TIMPANO, SOLUCION PREFERIBLE

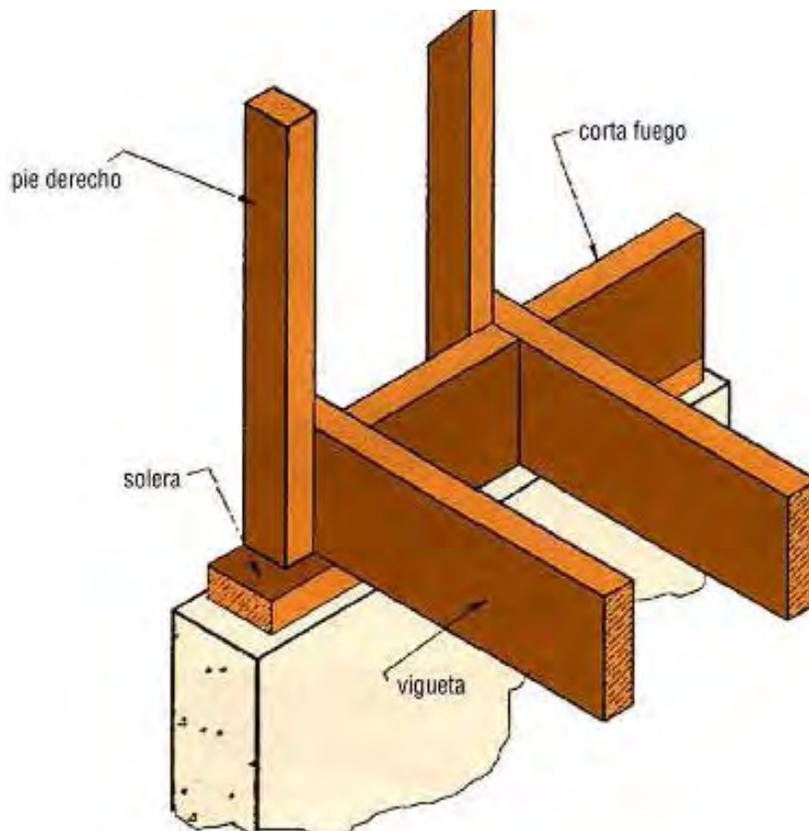


ALTERNATIVA DE SOLUCION EN MURO TIMPANO

Fig. 7.15 Solución de Muros Cabeceros Tipo "Tímpano".



**Protección contra Termitas.**



**Apoyo de Vigüeta entre Bastidor de Muro.**

**Fig. 7.16 Protección contra Termitas y Apoyo de Pisos.**

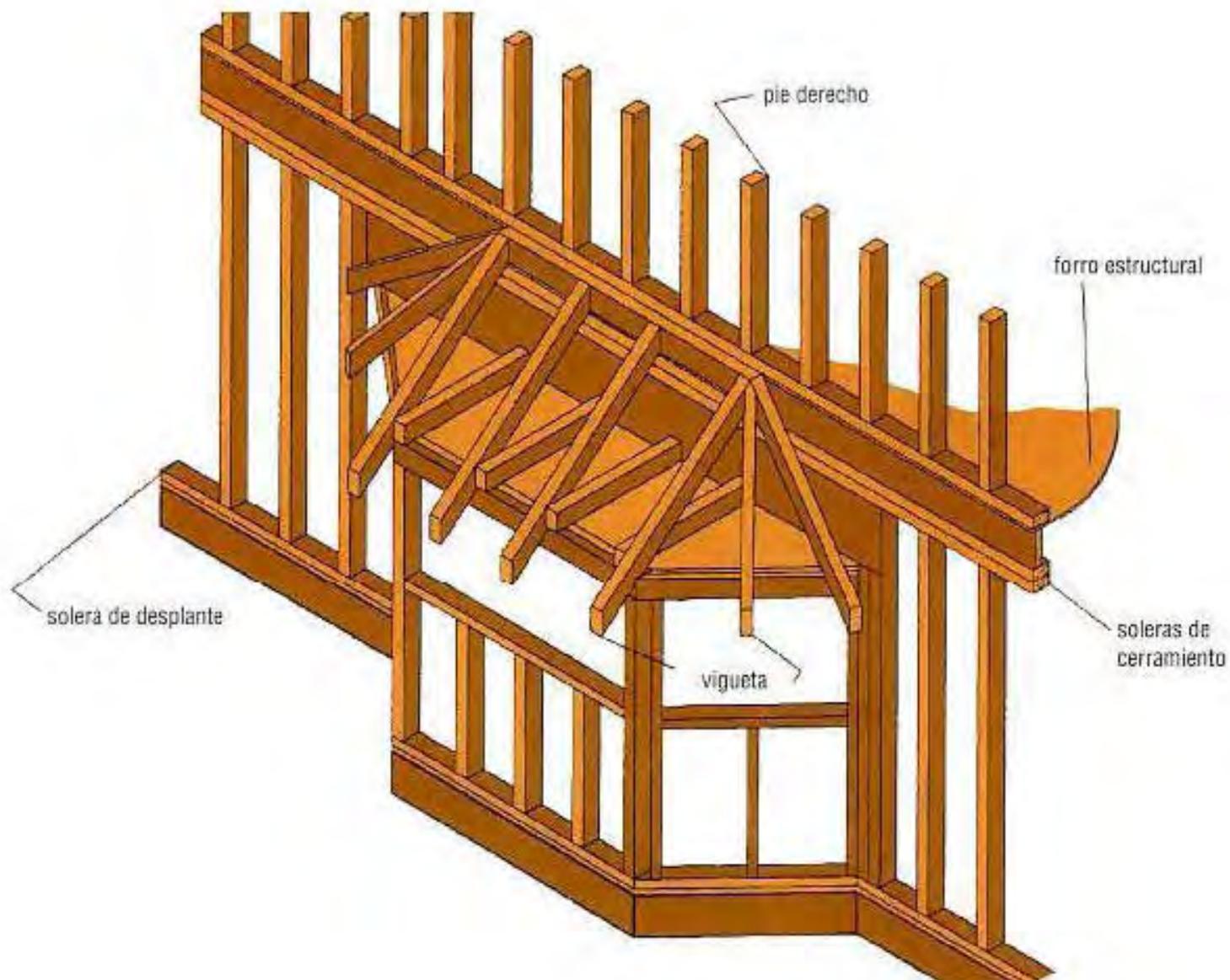


Fig. 7.17 Estructuración de ventanas que sobresalen del Muro.

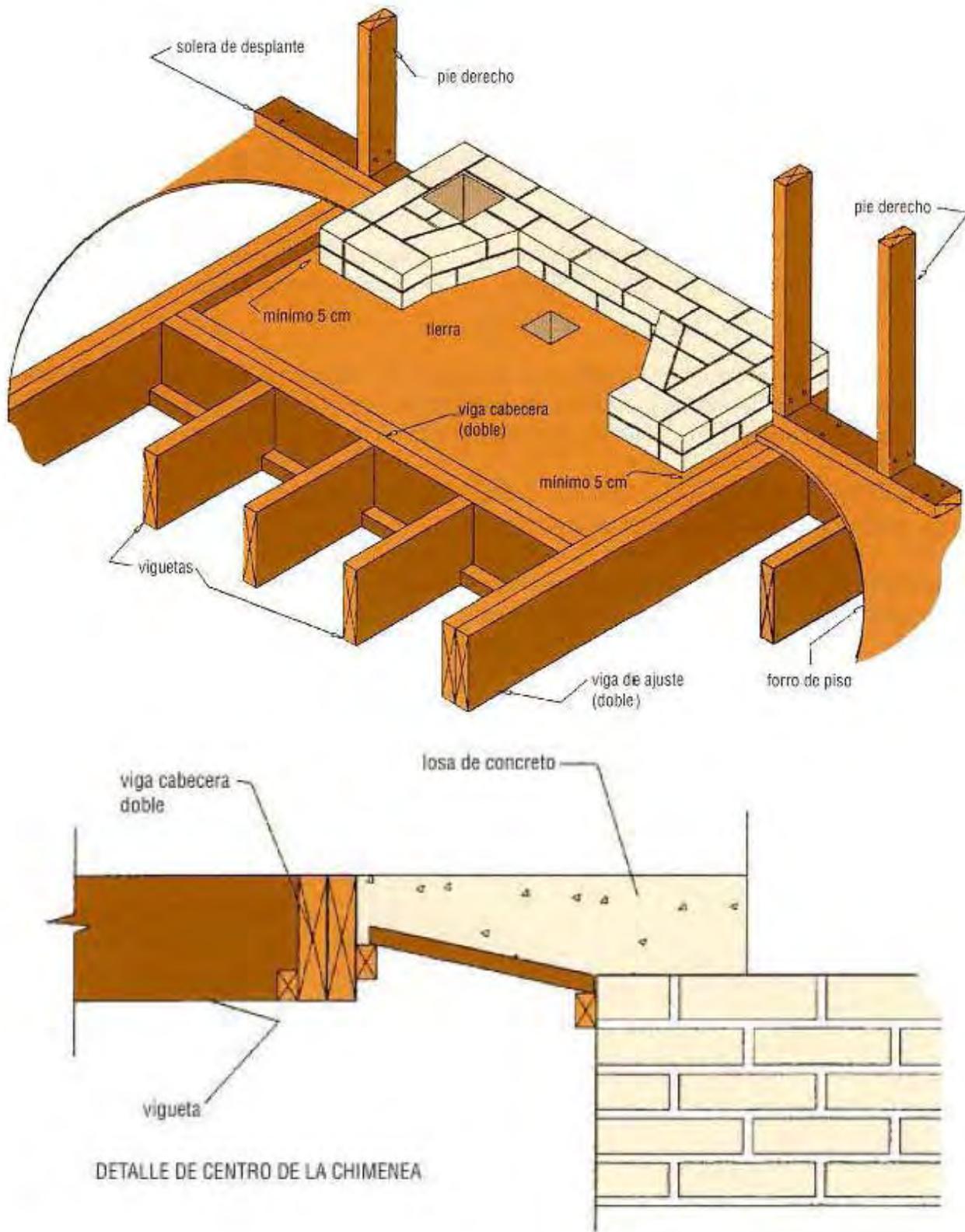


Fig. 7.18 Estructuración de Muros y Piso en zona de chimenea.

## Capítulo VIII

### DETALLE CONSTRUCTIVO DE TECHOS DE MADERA

Al igual que en los capítulos anteriores se hicieron TABLAS DE CONSULTA, para poder obtener un resultado similar casi exacto, con ciertas indicaciones que nos ayudan a entender situaciones similares de la construcción con madera y sin realizar cálculos, ya que los valores de estas tablas son muy precisos, y con observar los detalles constructivos es más fácil relacionarlas imágenes con estas Tablas.

**TABLA 8.1 SECCIONES REALES DE LA MADERA DE CONIFERAS (Seca y Cepillada)**

Sección nominal <sup>1</sup> plg	Sección real cm	Area cm <sup>2</sup>	Peso kg/m	Pies Tabla por pie de longitud <sup>2</sup>
2 x 4	3.8 x 8.9	33.80	2.03	0.667
2 x 6	3.8 x 14.0	53.20	3.20	1.000
2 x 8	3.8 x 18.4	69.90	4.19	1.330
2 x 10	3.8 x 23.5	89.30	5.36	1.667
2 x 12	3.8 x 28.6	108.68	6.52	2.000

#### **Tablas de Claros**

Se siguieron los lineamientos establecidos en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y la Norma Técnica Complementaria para el Diseño y Construcción de Estructuras de Madera. Utilizando los criterios de estados límite para la determinación de los claros permisibles. Se considero la condición de carga normal (combinación de carga muerta mas carga viva, aplicando un factor de carga de 1.4), se consideró madera seca, los ajustes por tamaño y por compartición de carga.

Los valores de resistencia para las diferentes especies son aquellos contenidos en el N.D.S. National Design Specification for Wood Construction de la American Forest and Paper Association, que contiene valores permisibles de diseño a partir de los cuales se calcularon los valores especificados de diseño requerido para el diseño por estados límite utilizado en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal.

En la Tabla 2 se presentan los valores correspondientes al esfuerzo en flexión ( $F_b$ ) y al módulo de elasticidad (MOE) por sección y por especie. En las Tablas 3, 4 y 5 se presentan los claros permisibles para la utilización de cuatro especies de madera y para 5 diferentes secciones.

El cálculo de los valores contenidos en la Tabla 3 se hizo, asumiendo una carga muerta de 120 kg/m<sup>2</sup>, que corresponden a una cubierta construida con teja de barro, manjarín u otro acabado con un peso similar.

Para los valores de la Tabla 4, se supuso una carga muerta de 60 kg/m<sup>2</sup>, que corresponde a un techo con acabados de lámina de fibrocemento u otro acabado de peso similar.

Los valores de la Tabla 5 se obtuvieron suponiendo una carga muerta de 40 kg/m<sup>2</sup>, correspondiente a una cubierta de con acabado de teja asfáltica u otro de peso similar.

**TABLA 8.2 VALORES ESPECIFICADOS DE RESISTENCIA EN FLEXION Y MODULO DE ELASTICIDAD PARA MADERA DE CONIFERAS (en condición seca CH≤ 8%)**

SECCION (mm)	CLASE ESTRUCTURAL	Propiedad (kg/cm <sup>2</sup> )	Southern Pine	Douglas Fir-Larch	Hem Fir	Spruce-Pine Fir (South)
<b>3.8 x 8.9 (2x4)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	265	200	195	180
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	112 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	170	140	130	120
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	140	120	120	105
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	80	70	70	60
		Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500
<b>3.8 x 14.0 (2x6)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	235	175	170	150
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	150	120	115	100
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	115	105	100	90
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	70	60	60	50
		Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500
<b>3.8 x 18.4 (2x8)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	210	160	155	145
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	140	110	105	95
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	110	95	95	85
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	65	55	55	45
		Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500
<b>3.8 x 23.5 (2x10)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	190	150	140	130
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	133 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	120	100	100	90
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	100	90	85	75
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	55	50	50	45
		Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500
<b>3.8 x 28.6 (2x12)</b>	Selecta Estructural (SS)	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	175	135	140	120
		Módulo de Elasticidad, MOE	126 500	112 500	112 500	91 500
	No. 1	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	115	90	100	80
		Módulo de Elasticidad, MOE	119 500	119 500	105 500	84 500
	No. 2	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	90	80	85	70
		Módulo de Elasticidad, MOE	112 500	112 500	91 500	77 500
	No. 3	Esfuerzo en Flexión, F <sub>b</sub>	50	45	50	40
		Módulo de Elasticidad, MOE	98 500	98 500	84 500	70 500

**TABLA 8.3 CLAROS PERMISIBLES EN CM PARA MADERA ESTRUCTURAL DE CONÍFERAS**  
**Cargas Muertas: 120kg/m<sup>2</sup>      Cargas Vivas: 40kg/m<sup>2</sup>**

SECCION cm		Separación entre viguetas: 40.7 cm				Separación entre viguetas: 61 cm				Separación entre viguetas: 81.3 cm			
		Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	215	210	210	195	190	180	180	170	170	165	165	155
	No. 1	210	210	205	190	185	185	178	165	170	170	160	150
	No. 2	210	210	195	185	180	180	170	160	165	165	155	145
	No. 3	180	170	170	155	150	140	140	125	125	120	120	110
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural SS	340	345	325	305	300	305	295	265	270	275	260	240
	No. 1	335	335	320	300	290	285	275	260	265	245	240	225
	No. 2	325	325	305	290	280	265	260	245	240	230	225	215
	No. 3	264	245	245	225	215	200	200	185	185	175	175	160
<b>3.8 x 18.4</b> <b>(2x8)</b>	Selecta estructural SS	445	455	430	400	390	400	375	350	355	360	340	320
	No. 1	440	440	420	390	385	360	350	330	345	310	300	285
	No. 2	430	410	400	380	360	335	330	310	310	290	285	270
	No. 3	335	310	310	285	275	255	255	235	235	220	220	200
<b>3.8 x 23.5</b> <b>(2x10)</b>	Selecta estructural SS	570	580	550	510	500	510	480	450	455	460	435	405
	No. 1	560	535	520	495	475	435	425	405	410	380	370	350
	No. 2	525	500	495	465	425	410	405	380	370	355	350	330
	No. 3	395	380	380	350	325	310	310	285	280	270	270	250
<b>3.8 x 28.6</b> <b>(2x12)</b>	Selecta estructural SS	695	710	670	625	605	610	585	545	550	560	530	495
	No. 1	680	620	605	575	570	510	495	470	490	440	430	405
	No. 2	615	580	575	540	500	475	470	440	435	410	405	380
	No. 3	470	440	440	405	385	360	360	330	330	310	310	285

**TABLA 8.4 CLAROS PERMISIBLES EN CM PARA MADERA ESTRUCTURAL DE CONÍFERAS**  
 Cargas Muertas: 60kg/m<sup>2</sup>      Cargas Vivas: 40kg/m<sup>2</sup>

SECCION cm	Separación entre viguetas: 40.7 cm				Separación entre viguetas: 61 cm				Separación entre viguetas: 81.3 cm				
	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	260	250	250	230	225	215	215	200	205	195	195	185
	No. 1	255	255	245	225	220	220	210	195	200	200	195	180
	No. 2	250	250	230	220	215	215	200	190	195	195	185	175
	No. 3	235	235	225	210	185	175	175	160	160	150	150	140
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural, SS	405	415	390	365	355	360	340	320	320	330	310	290
	No. 1	400	400	380	355	345	345	335	310	315	310	305	285
	No. 2	390	390	365	345	340	335	320	300	305	290	285	270
	No. 3	335	310	310	285	270	255	255	235	235	220	220	205
<b>3.8 x 18.4</b> <b>(2x8)</b>	Selecta estructural SS	535	540	510	480	465	475	450	420	425	430	405	380
	No. 1	525	525	500	465	455	455	440	405	415	390	380	361
	No. 2	512	512	478	452	448	423	417	392	392	367	361	340
	No. 3	425	390	390	360	345	320	320	295	300	275	275	255
<b>3.8 x 23.5</b> <b>(2x10)</b>	Selecta estructural SS	680	693	655	610	595	605	570	535	540	550	520	485
	No. 1	670	670	640	595	585	555	540	510	520	480	465	440
	No. 2	655	635	610	575	540	520	510	480	470	450	440	415
	No. 3	500	480	480	445	410	390	390	360	355	340	340	315
<b>3.8 x 28.6</b> <b>(2x12)</b>	Selecta estructural SS	830	845	795	745	725	735	670	650	655	670	630	590
	No. 1	815	785	765	725	710	640	625	590	620	555	540	515
	No. 2	775	735	725	680	635	600	590	555	550	520	515	480
	No. 3	595	555	555	515	485	455	455	420	420	395	395	365

**TABLA 8.5 CLAROS PERMISIBLES EN CM PARA MADERA ESTRUCTURAL DE CONÍFERAS**  
 Cargas Muertas: 40kg/m<sup>2</sup>      Cargas Vivas: 40kg/m<sup>2</sup>

SECCION cm	Separación entre viguetas: 40.7 cm				Separación entre viguetas: 61 cm				Separación entre viguetas: 81.3 cm				
	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	Southern Pine	Douglas Fir- Larch	Hem-Fir	Spruce-Pine- Fir (South)	
<b>3.8 x 8.9</b> <b>(2x4)</b>	Selecta estructural SS	280	270	270	250	245	235	235	220	225	215	215	200
	No. 1	275	275	265	245	240	240	230	215	220	220	210	195
	No. 2	270	270	250	240	235	235	220	210	215	215	200	190
	No. 3	250	235	235	210	205	195	195	180	180	170	170	155
<b>3.8 x 14.0</b> <b>(2x6)</b>	Selecta estructural SS	440	450	425	395	385	395	370	345	350	360	340	315
	No. 1	435	435	415	380	380	380	365	340	345	345	330	305
	No. 2	425	425	395	375	370	370	345	330	340	340	315	300
	No. 3	375	345	345	320	305	285	285	260	265	245	245	225
<b>3.8 x 18.4</b> <b>(2x8)</b>	Selecta estructural SS	580	590	560	520	510	515	490	455	460	470	445	415
	No. 1	570	570	545	510	500	500	480	445	455	440	425	405
	No. 2	560	560	520	495	490	475	455	430	440	410	405	380
	No. 3	475	440	440	405	385	360	360	330	335	310	310	285
<b>3.8 x 23.5</b> <b>(2x10)</b>	Selecta estructural SS	745	755	715	665	650	660	625	580	590	600	565	530
	No. 1	730	730	700	650	635	620	605	565	580	535	520	495
	No. 2	715	710	665	630	605	580	570	535	525	500	495	465
	No. 3	560	535	535	495	455	435	435	405	395	380	380	350
<b>3.8 x 28.6</b> <b>(2x12)</b>	Selecta estructural SS	905	920	870	810	790	805	760	710	715	730	690	645
	No. 1	887	880	851	790	775	720	700	660	695	620	605	575
	No. 2	870	820	810	760	710	670	660	620	615	580	575	540
	No. 3	665	620	620	575	545	510	510	470	470	440	440	405

**TABLA 8.6 SEPARACION MAXIMA ENTRE VIGUETA PARA LA COLOCACION DE DUELA MACHIHEMBRADA Y TABLEROS CONTRACHAPADOS (Triplay)**

Forro	Ancho cm	Espesor cm	Separación <sup>(1)</sup> cm
Duela machihembrada	8.9	1.9	61.0
	14.0		81.3
Contrachapado ("triplay")	122.0	0.9	40.7
		1.2	61.0
		1.5	81.3

<sup>1</sup> Claros máximos definidos para una carga viva de 40 kg/cm<sup>2</sup> y carga muerta de 120 kg/cm<sup>2</sup>, limitando las deformaciones a  $l/240$  de la separación.

**TABLA 8.7 TIPOS Y ESPESORES DE FORRO PARA USO EN CUBIERTA Y RECOMENDACIONES PARA SU CLAVADO**

Tipo de forro	Espesor real cm	Patrón de clavado
Duela machihembrada de 14.0 cm (6 plg) de ancho o menor	1.9	Dos clavos de 2.5 plg en el cruce con cada vigueta.
	0.9	Clavos de 2 plg para espesores de 0.9 cm y de 2.5 plg para espesores mayores. Clavar a cada 15 cm en los bordes y a cada 30 en el interior del tablero
1.2		
1.5		
Contrachapado ("triplay")		

### Recubrimientos para Techos

El recubrimiento final de una cubierta se puede construir con una variedad muy amplia de materiales, algunos con pesos muy altos que deben ser soportados por la estructura por lo que este tipo de acabado encarece la construcción al requerir secciones mayores para soportar este tipo de recubrimientos, los acabados con pesos intermedios resultan ser de las mas recomendables para la construcción con madera, ya que además de su bajo de peso son relativamente fáciles de colocar con un rendimiento alto de la mano de obra.

Un recubrimiento con muy bajo peso son los denominados asfálticos mineralizados, también son muy fáciles de colocar con altos rendimientos de la mano de obra que los hacen muy atractivos para la construcción de grandes volúmenes.

## DETALLES CONSTRUCTIVO DE TECHOS DE MADERA

Como podemos observar en estos detalles lo primordial, es que las viguetas queden perfectamente apoyadas (en este caso) en los muros de mampostería y colocarles un relleno entre estas que puede ser de tabique o de concreto, en el caso de concreto es para zonas sísmicas o de fuertes vientos, todas las viguetas deben de ser rellenadas para tener un mismo apoyo en todo el muro, por lo que dará una misma pendiente que ayuda a la colocación de el forro de la duela junto con el acabado de la cubierta para obtener una buena caída de agua.

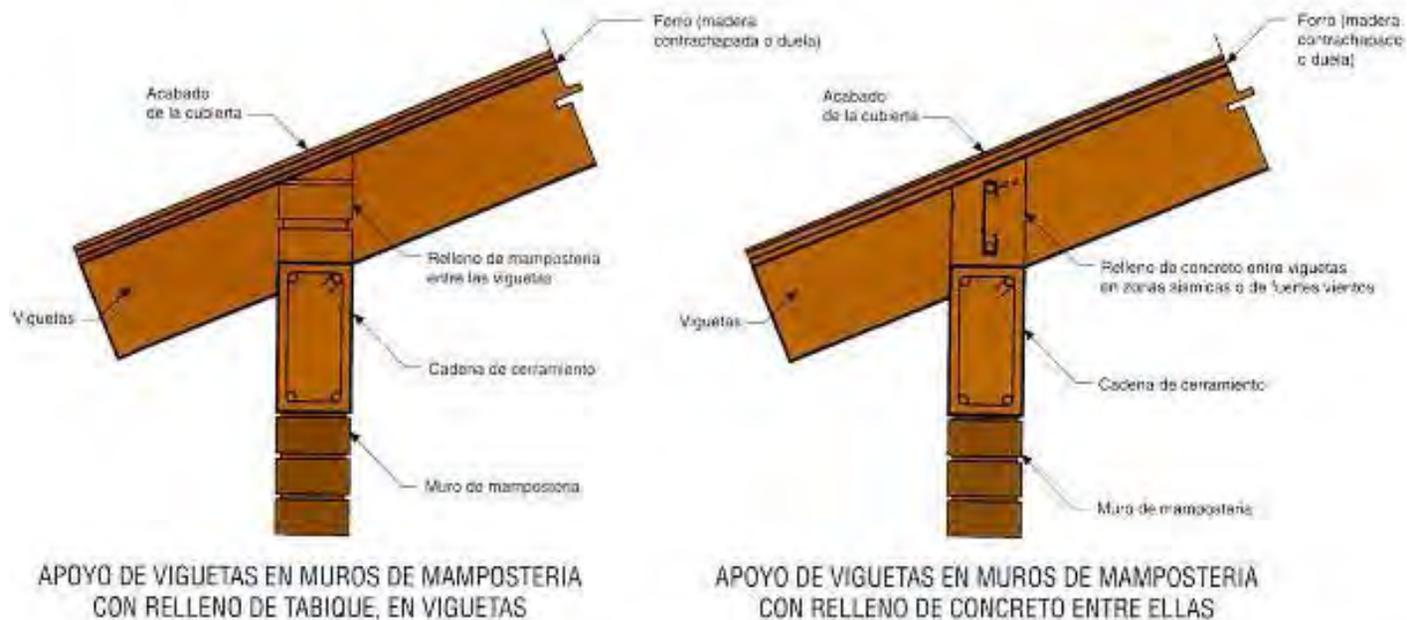


Fig. 8.1 Apoyos de Viguetas en Muros de Mampostería.

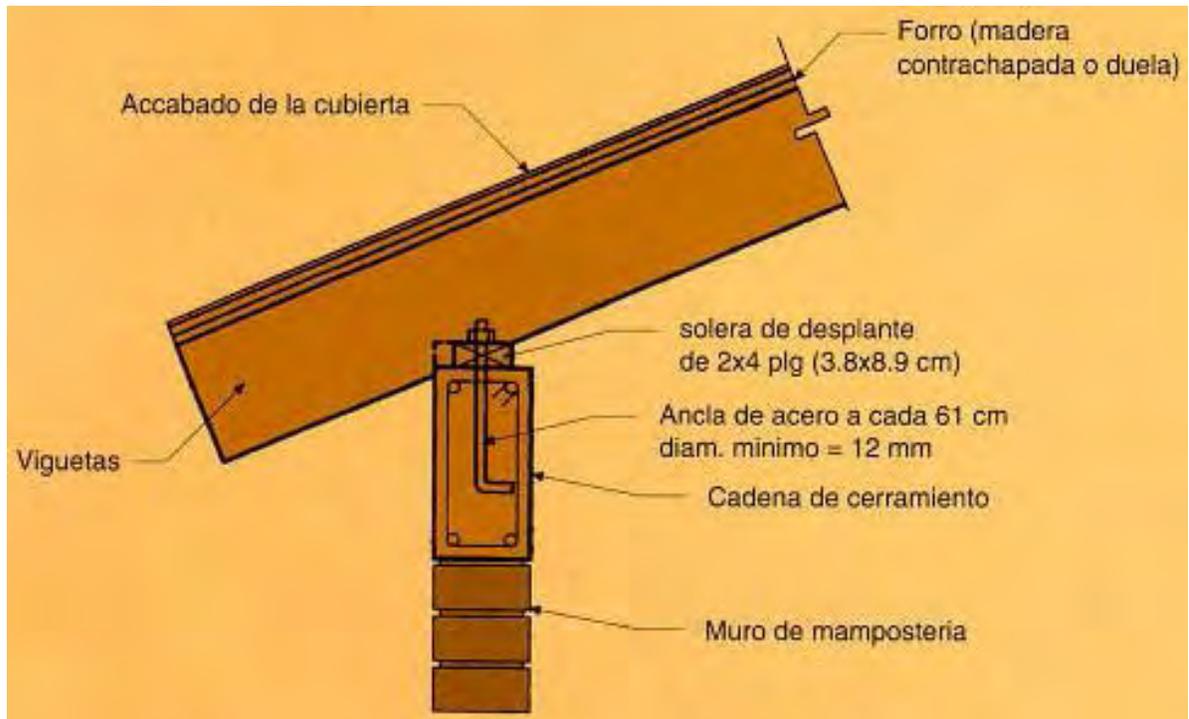


Fig. 8.2 Apoyo de Viguetas en Muros de Mampostería con Solera de Desplante.

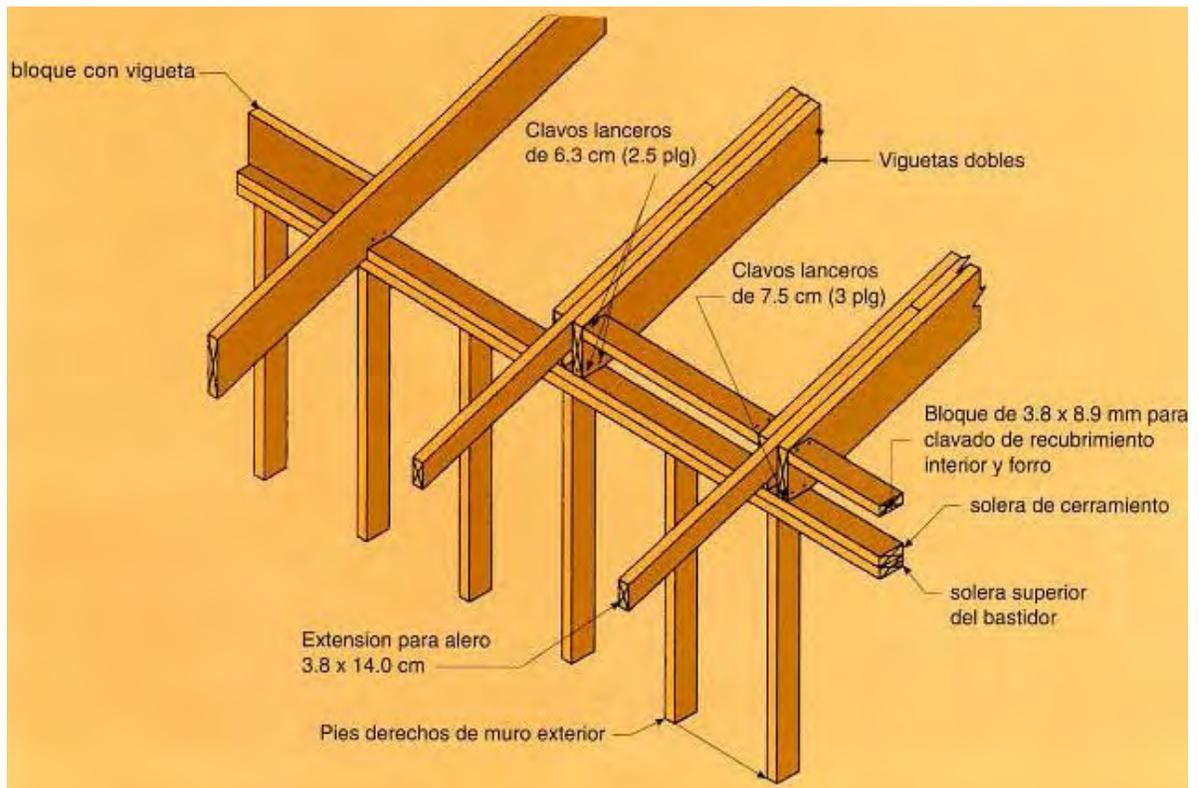
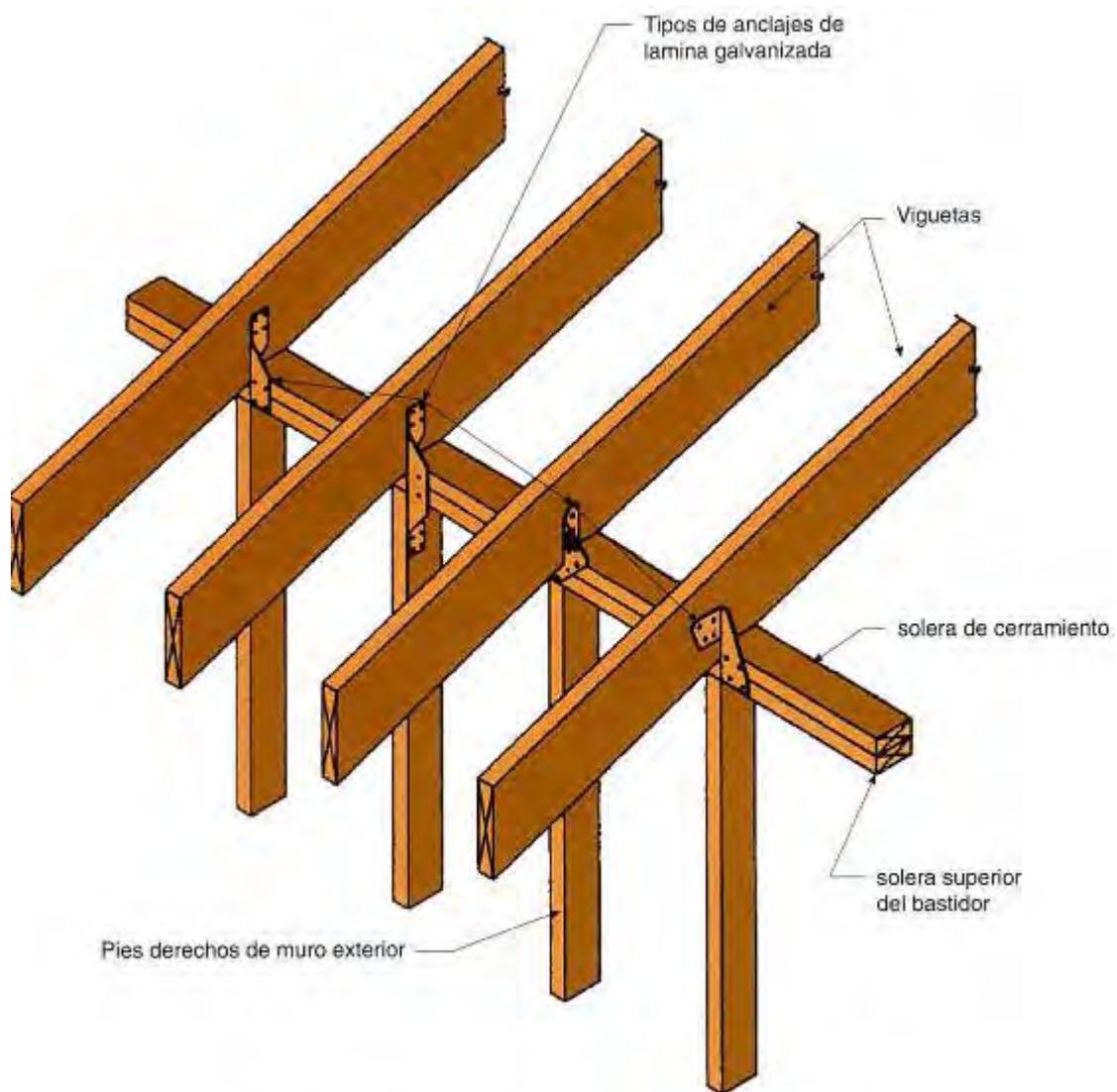


Fig. 8.3 Soluciones de Volado (Alero), y Bloqueo entre Viguetas.



EJEMPLOS DE ANCLAJES PARA VIGUETAS EN ZONAS SISMICAS O DE HURACANES

Fig. 8.4 Otros Tipos de Conectores para Sismo y Huracanes.

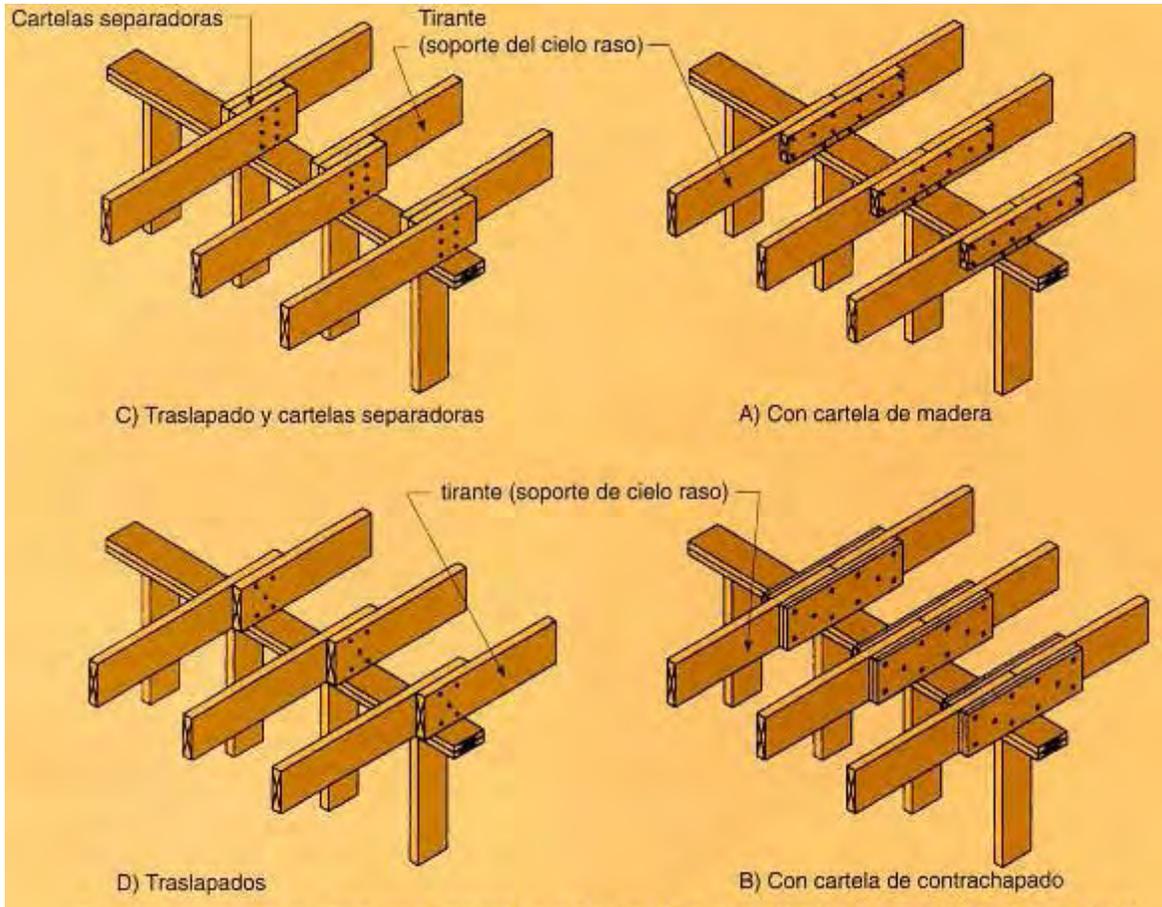


Fig. 8.5 Diferentes tipos de Empalmes de Viguetas para formar el Techo.

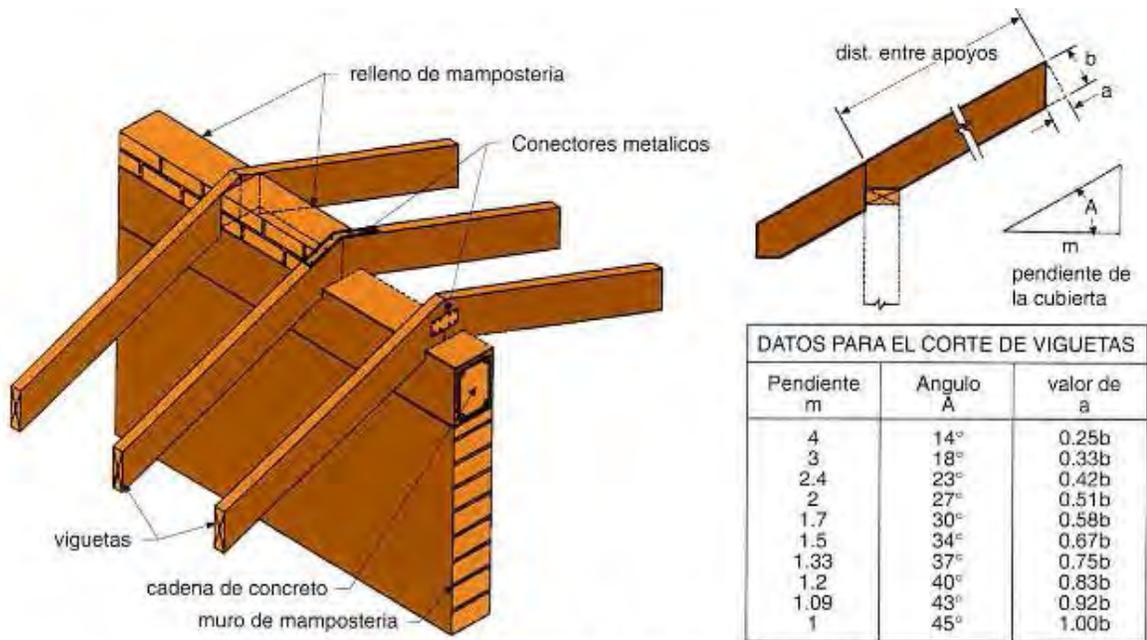
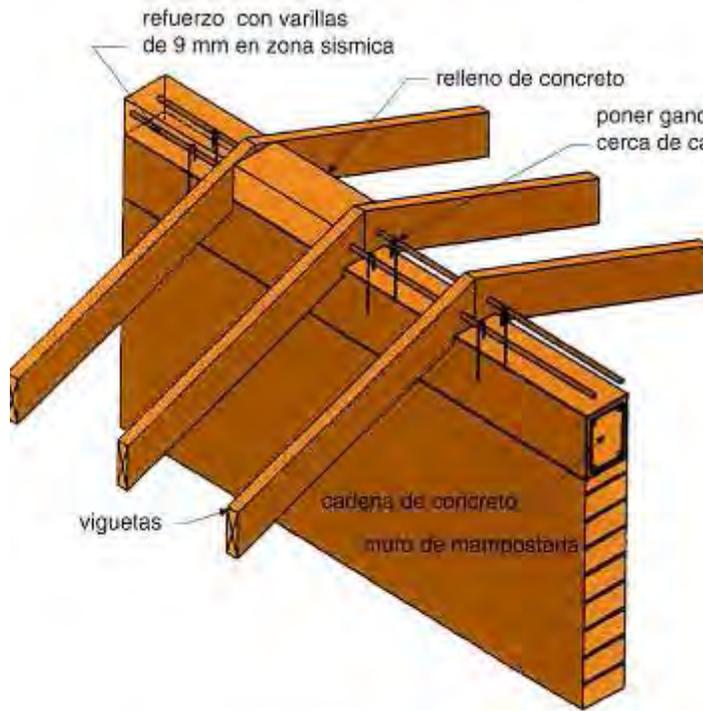


Fig. 8.6 Fijación de Viguetas en cumbreras sobre Muro de Mampostería



#### PROCESO CONSTRUCTIVO

1. Construir el muro respetando estrictamente su alineación con su eje de construcción.
2. Colar castillos y cadenas del muro rectificando la verticalidad (plomo) del muro así como su alineación con su eje. Colocar los ganchos cerca de cada vigueta cuando se coloque el acero de refuerzo.
3. Recortar las viguetas con las ayudas del dibujo anterior, y también perforarlas para pasar las varillas.
4. Colocar las viguetas en su posición, revisando que el muro esté alineado y nivelado de no ser así debe corregirse en cada punto donde va una vigueta.
5. Colocar las varillas longitudinales y doblar los ganchos. Cimbrar entre cada vigueta y colar.

Fig. 8.7 Concreto entre Vigueta Apoyadas en Muro de Mampostería.

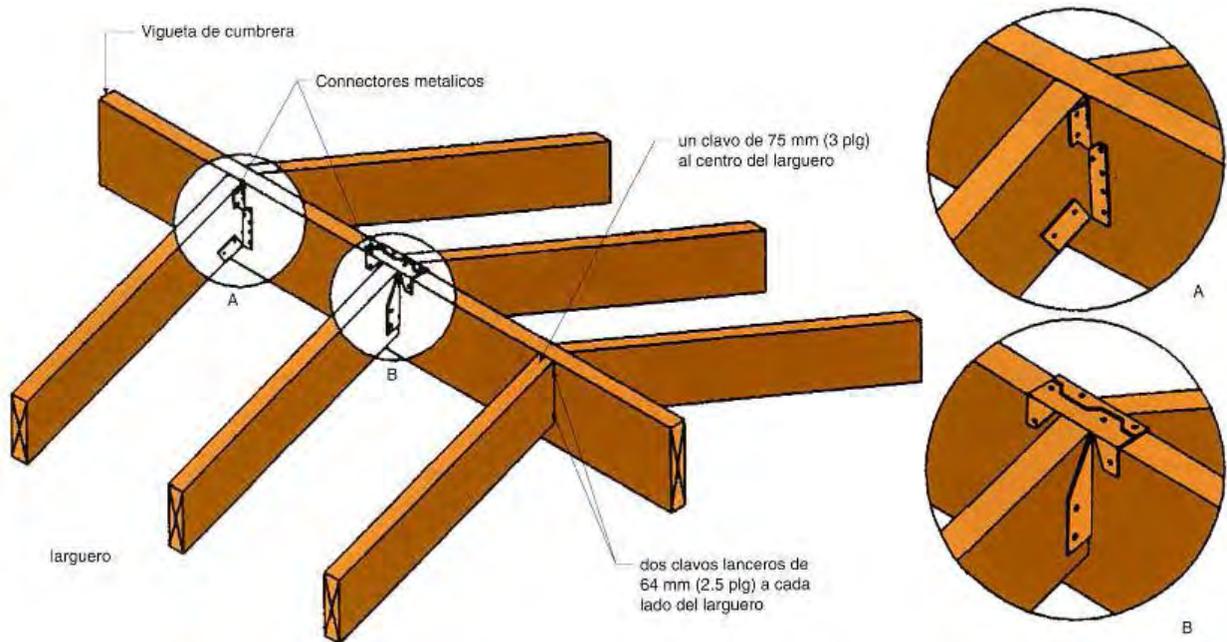


Fig. 8.8 Fijación de Viguetas a Viga de Cumbrera.

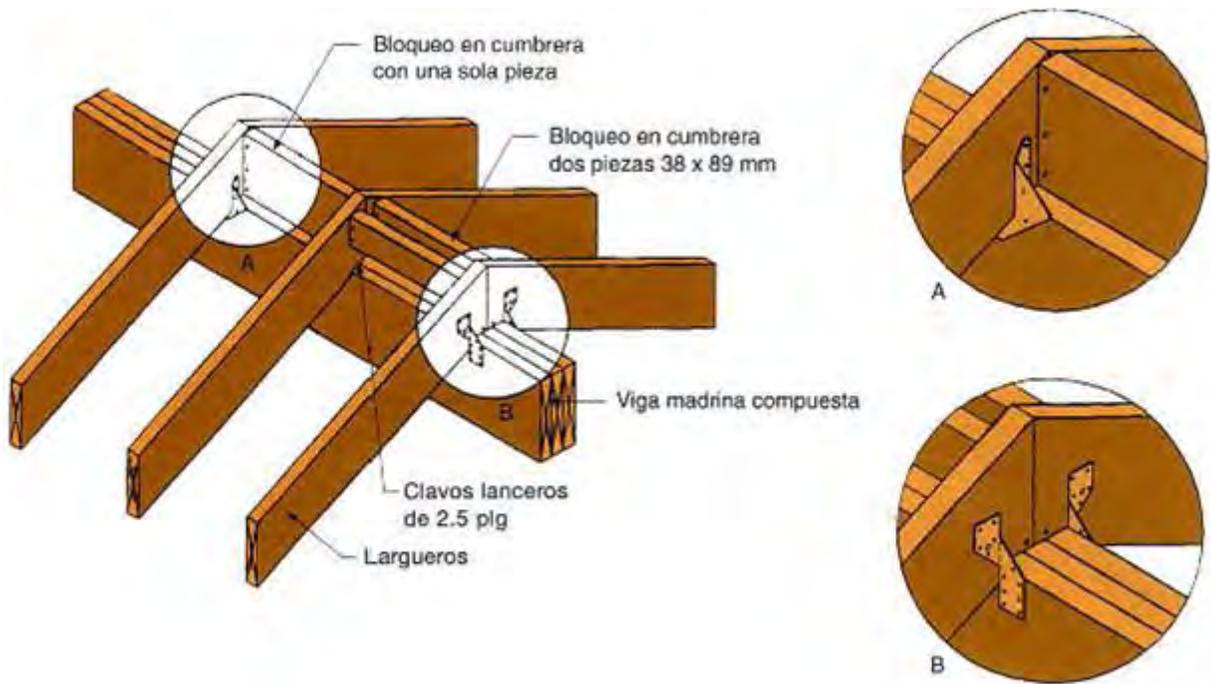


Fig. 8.9 Bloqueo lateral de largueros en Cumbrera.

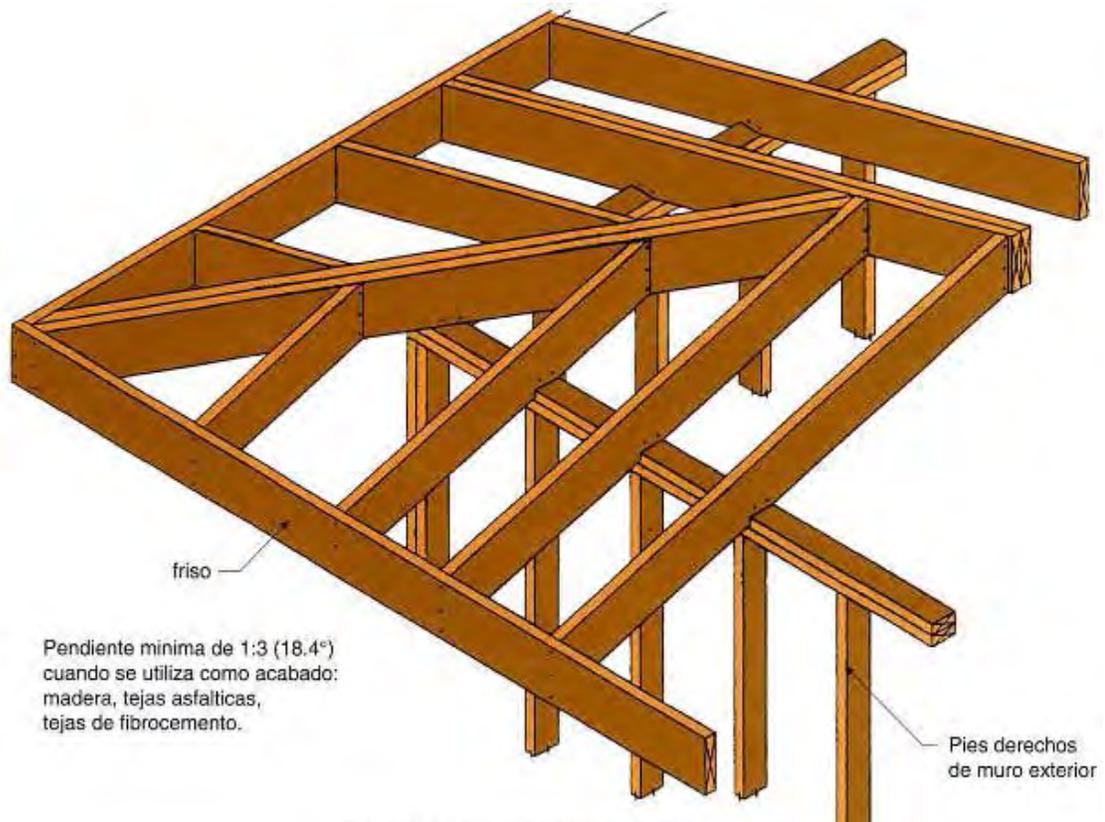


Fig. 8.9 Solución de Alero en esquina.

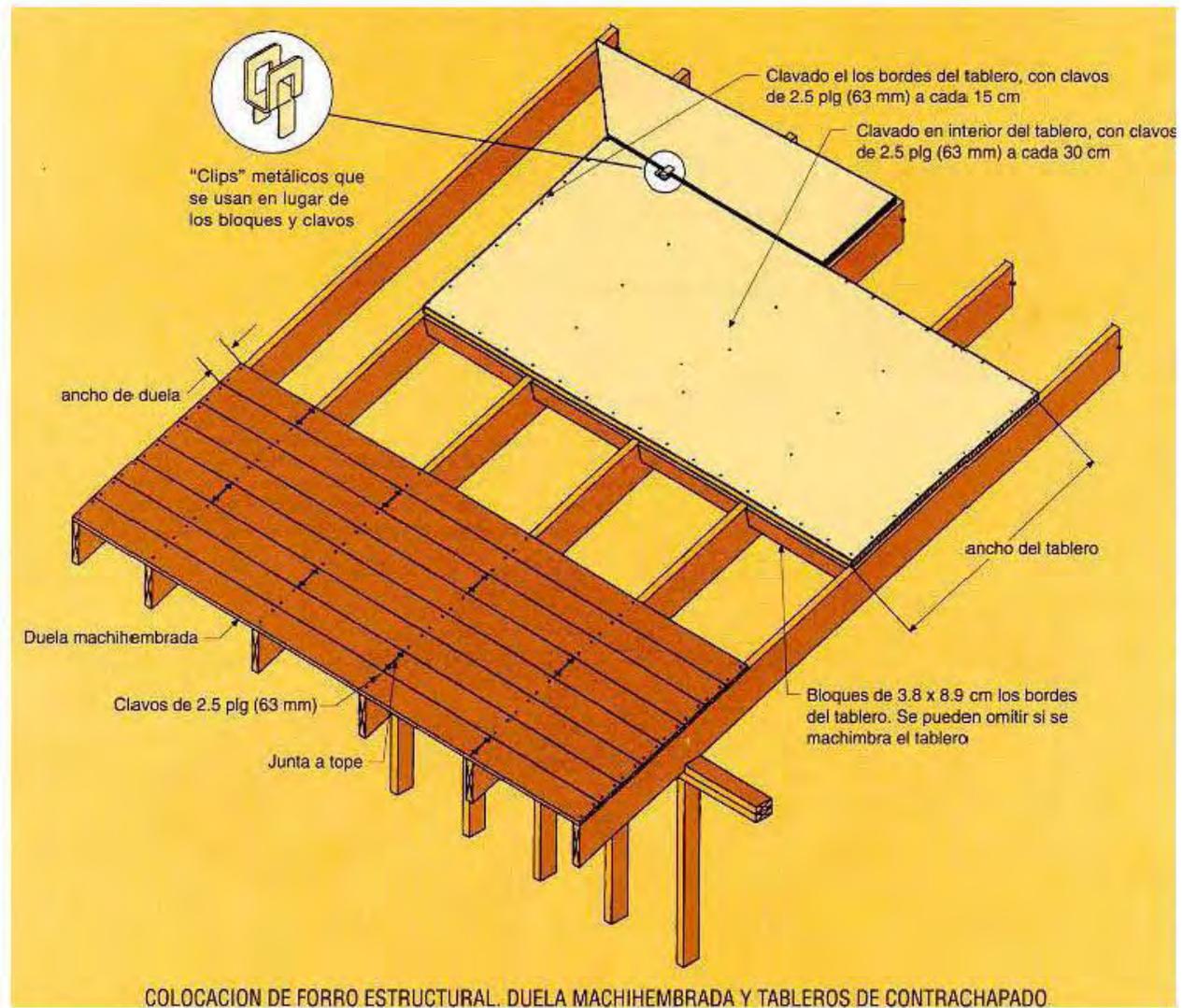


Fig. 8.10 Colocación de Forro Estructural Duela Machihembrada y tableros de contrachapado.

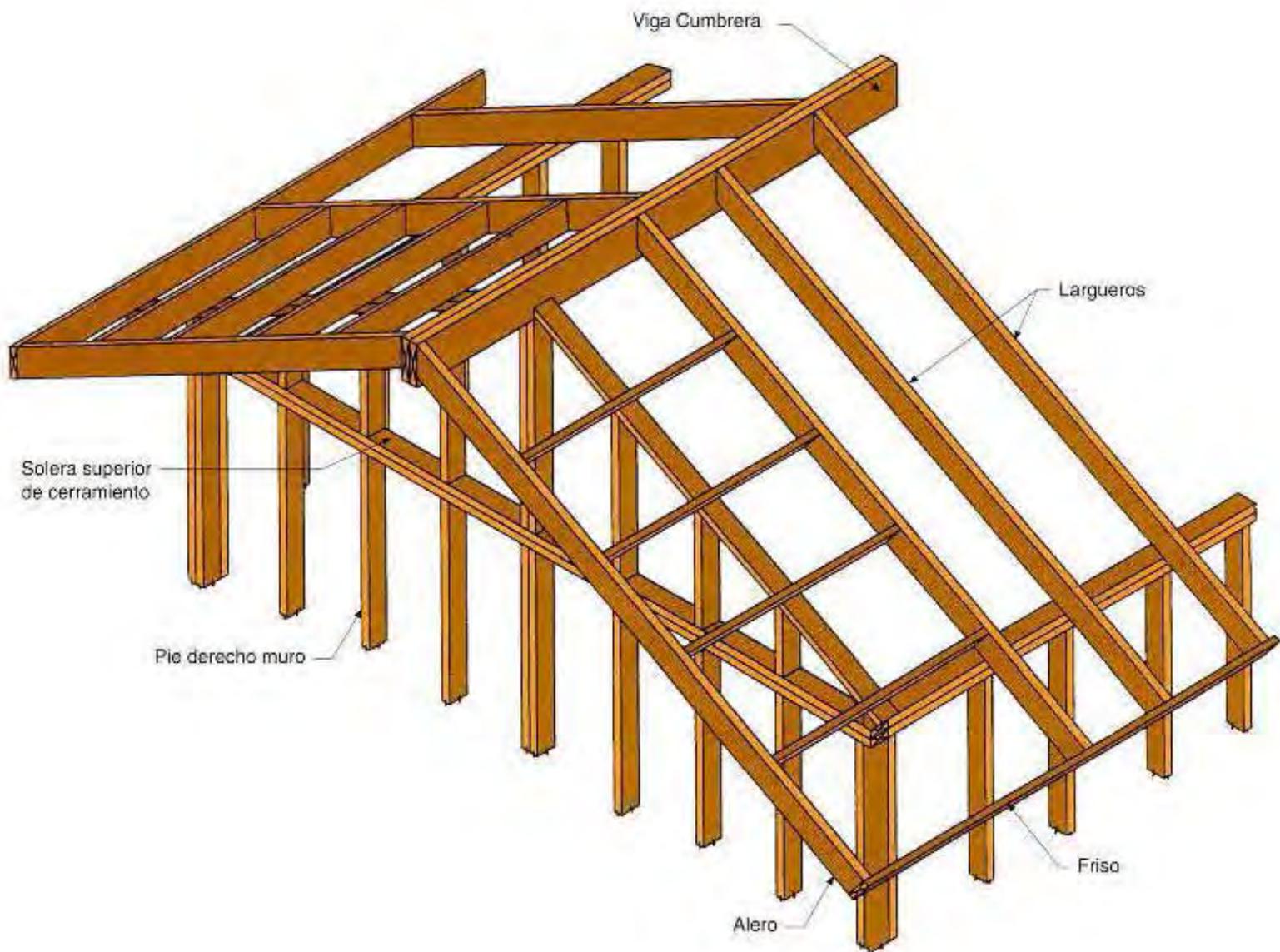


Fig. 8.11 Solución de Alero Perpendicular a la Dirección de las Viguetas.

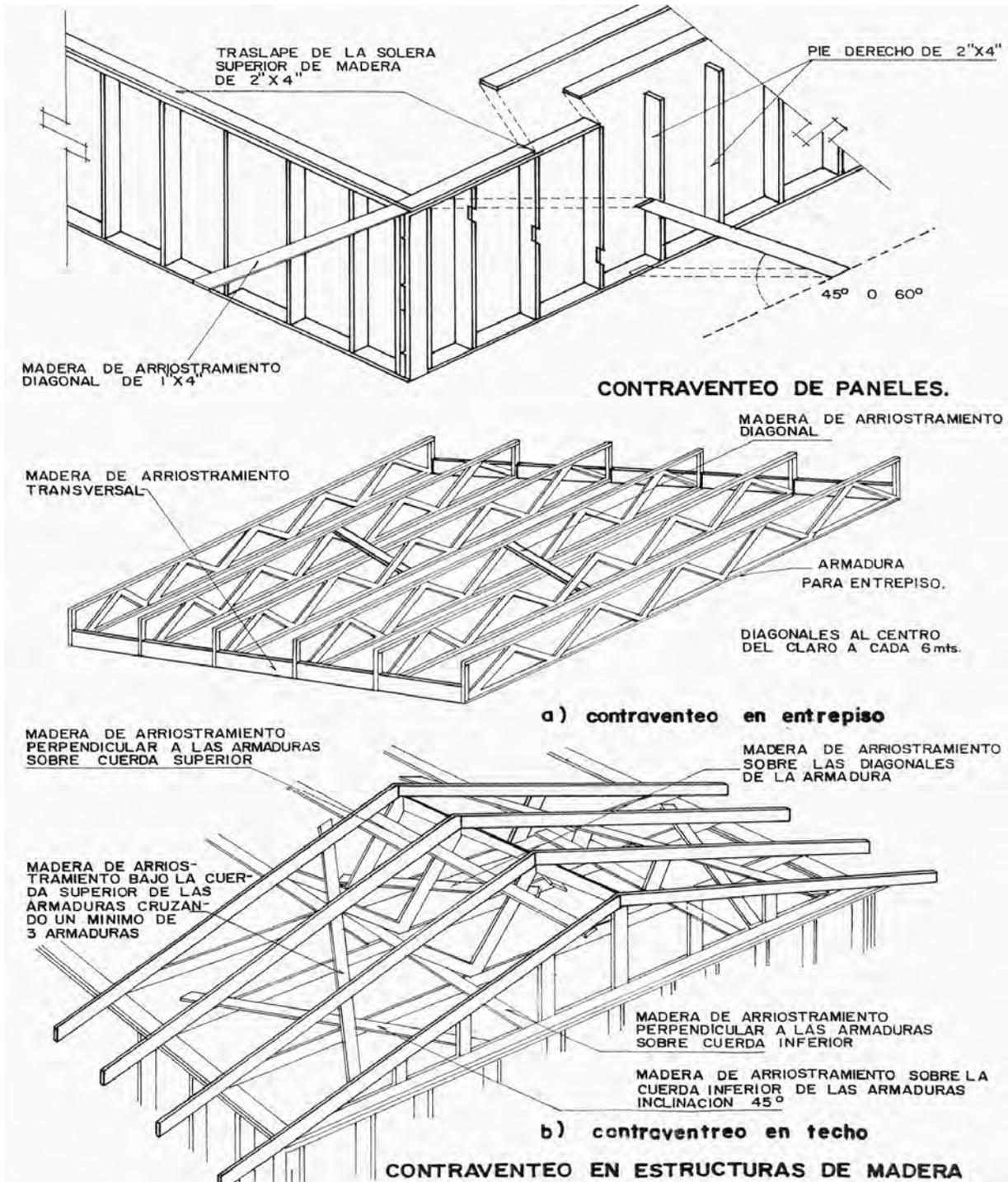


Fig. 8.12 Contraventeo en Paneles y en Estructuras de Madera.

## Capítulo IX

### CONCLUSIONES

#### **CONSTRUIR CON MADERA**

Porque un producto industrial debe poder producir eficientemente grandes cantidades de elementos y componentes si se encuentra bien financiada y programada, debe poder controlar mejor los procesos de obra y la calidad del producto, debe poder casi eliminar los desperdicios que se presenten casi todas las obras en un promedio del 10%, y debe poder usar los cimientos con rapidez. Los sistemas más prácticos para la vivienda unifamiliar, utilicen elementos ligeros, fáciles de transportar y maniobrar sin equipo, y que generalmente utilicen recubrimientos de fácil colocación, impermeabilizantes prefabricados y accesorios estandarizados como: ventanas, puertas y closets; por ello;

1.- La madera ha resultado ser un elemento estructural estupendo, es ligera, flexible, fortísima (recordemos que el concreto, antes de sostenerse por sí mismo, normalmente fue sostenido por madera).

2.- Normalmente la casa estructurada con madera pasa el 20% de la realizada con materiales pesados, dando una seguridad contra sismos que la coloca, por mucho, como la estructura más popular del mundo. El producto es prácticamente a prueba de sismos. Con armaduras hechas con conectores en las uniones de tipo “multiclavo” se logran entrepisos en bibliotecas y claros de techados de 40 metros.

3.- Las construcciones en madera se ejecutan con un ahorro considerable de tiempo y mano de obra, porque la estructura de madera tiene la función adicional de servir de base para recibir recubrimientos colocables modulados que a la vez encapsulan la estructura, protegiéndola de la humedad, los insectos y el fuego. Para constructores el ahorro de tiempo es importante y puede darles a ganar el mismo dinero en la tercera parte del tiempo.

4.- La estructura de madera ofrece el fácil ensamble de muros y techos de aislamientos térmicos, barreras de vapor, aislamientos acústicos y protección contra el fuego, hasta lograr el resultado deseado en cualquier clima por extremoso que éste sea, y para reducir el ruido dentro de una casa. Hay 4 materiales aislantes efectivos fabricados en el país, que pueden servir para construcciones ubicadas en las zonas de clima extremoso y son: colchoneta de fibra de vidrio, lana mineral, espuma de poliuretano y pamacón, siendo el pamacón el único aislamiento efectivo que además sirve como cubierta de techo. Los 4 materiales son ligeros, fáciles de transportar y colocar y son usados para lograr más calidad en una vivienda, como se puede apreciar por el confort que dan las construcciones comunes en países desarrollados.

5.- Las normas actuales para las construcciones estructuradas con madera, aplicadas en otros países, casi garantizan la eterna duración de este tipo de construcciones a base de un encapsulamiento efectivo con materiales incombustible que tenga de 3/4 de hora a 2 horas de resistencia al fuego directo, flashing, barreras de vapor, ventilación con tela de mosquitero y

selladores usados en contacto con el concreto del piso, según el caso. Una de las dudas sobre el uso de la madera es el conocimiento superficial que se tiene del comportamiento de la misma ante el fuego. Se considera que se incendia fácilmente y se consume con rapidez.

Sin embargo, un estudio más cuidadoso revela que la madera conserva su integridad estructural por más tiempo que otros materiales estructurales; por lo cual, se diseña adecuadamente con madera, se pueden obtener construcciones perfectamente seguras y con niveles de riesgo comparables a aquellas construidas con otros materiales considerados incombustibles.

Muchos materiales incombustibles tienen poca capacidad para resistir el fuego como lo es la estructura de acero y el refuerzo de acero. Además, existen en el mercado nacional retardantes al fuego para impregnar la madera expuesta o en zonas críticas como ductos. Hay que recordar que la madera se usa en chimeneas precisamente por la lentitud con que se quema. En madera seca la carbonización avanza a solo 6 mm. por minuto en secciones de 50 mm. y a 8 mm. por minuto para secciones menores, conservándose la estabilidad mecánica en su interior. La madera expuesta al fuego alcanza una temperatura de 800°C., en 30 minutos y no rebasa los 1000°C. La madera en dimensiones gruesas resulta ser de todos los materiales utilizados en estructuras, la más resistente al fuego. El acero pierde el 90% de su resistencia mecánica en 20 minutos a los 750 °C. El aluminio se funde en 5 minutos. Se ha demostrado en investigaciones que demuestran como se comporta una “viga de madera” contra una viga “I” de acero diseñada para las mismas cargas que sufrió un colapso total a los 13 minutos, mientras la madera casi no mostraba señales de deterioro.

6.- Construir con estructura de madera ofrece muros interiores que pueden ser removibles con cierta facilidad, ya que en general el muro perimetral es el de carga. Esto abre la posibilidad de que sea una vivienda progresiva con la modalidad de poder construir el techo de la casa terminada con el muro perimetral que normalmente es el único de carga, en un nivel o en dos niveles, sin la necesidad de haber construido antes los muros interiores, el entrepiso, la base del piso ó las instalaciones por ejemplo.

Todas las operaciones básicas como impermeabilización y colocación de ventanas, puerta exterior y recubrimiento exterior se hace una sola vez y no cada vez que se agrega una parte más de casa. La casa se va terminando por dentro, con divisorios que se van necesitando y se presta a que el constructor termine el “casco” y se auto-construye el adquirente sub-contrata lo demás.

La construcción de componentes de madera es muy apreciada para el hombre que hace su propia vivienda. El usar materiales de fácil manejo y corto aprendizaje, dignifica su tarea haciéndola más eficiente y reduciendo los trabajos de carga. Usando materiales colocables puede reducir el mínimo los desperdicios, haciendo más limpia la obra se usan materiales secos que eliminan muchos tiempos muertos de secado.

La madera es el material estructural más popular y más tradicional del orbe. Hay diseños estructurales sofisticados de armaduras de tipo tijera en iglesias que existen hoy, construidas hace cientos y hasta miles de años.

## **La Madera es Fundamental en el Desarrollo del País y para fines Estructurales en la Vivienda**

- 1.- Hay zonas sísmicas en un 60% del país, y en la madera es fuerte, elástica y de poco peso.
- 2.- Puede dar soluciones permanentes y económicas.
- 3.- Si tenemos la alternativa de usar un recurso adicional, debemos de usarlo si hemos de atender la demanda.
- 4.- Es un recurso natural solamente comparable en riqueza con el petróleo y la pesca y es renovable.
- 5.- El crecimiento anual según el inventario nacional forestal es de 44.3 millones de metros cúbicos rollo, del cual se puede disponer anualmente sin perjudicar a los bosques del país.
- 6.- Es el material estructural que cuesta menos que muchas veces en energéticos para habilitarlo para uso en la construcción.
- 7.- Es fuente de trabajo de campesinos.
- 8.- La técnica ya está desarrollada y no hay que comprar tecnología para poder usarla.

¿Entonces por qué no se usa? ¡Pues sí se usa! Probablemente la mayoría de los habitantes del país viven en viviendas estructuradas con madera, tal vez no dimensionada y no protegida, utilizada sin la técnica adecuada. Hace falta hacerles llegar los materiales adecuados y enseñarles los aspectos tecnológicos prácticos de la construcción estructurada con madera.

### **Problemas con la madera**

Actualmente hay problemas para el uso de madera, muchos de ellos están atendiéndose. No hay dimensiones estables, ni clasificaciones establecidas, ni agencia para el control de calidad en aserraderos y madererías. Se manda madera sin el secado debido, sin tratamiento por emersión después del corto y sin marcar su clase. En la mayoría de las madererías se reclasifica la madera al antojo; no saben estibar, ni labrar la madera y muchas veces vende madera infestada.

No hay estabilidad para el aserradero cuando contrata desmontar los ejidos, ni financiamientos para el equipo que tiene que usar. Estamos buscando a través de C O M A C O, (Consejo Nacional de la Madera en la Construcción, A.C.). Poder encontrar unos aserraderos dispuestos a atender el cliente industrial que construye estructuras permanentes de la madera, en donde sí podría hacer control efectivo y un precio justo. Tenemos que pugnar para que éste recurso nacional, se maneja con más inteligencia.

## **Problemas con el constructor**

A raíz de una falta acumulada de información, ha habido resistencia al cambio de parte del constructor en general y también falta de confianza en sus resultados en la prefabricación. No se entera a fondo de los sistemas constructivos que se mueven en el mundo y aparte le cuesta trabajo, tiempo y dinero aprender y obtener experiencia. En la gran mayoría de los casos no es del cliente quien rechaza un sistema, a menos de que fuera aconsejado por algún Arquitecto o Ingeniero.

El constructor que sí conoce lo suficiente para hablar sobre un sistema acreditado convence con facilidad a un cliente, sobre todo cuando enseña realizaciones de él y revistas de aplicaciones del mismo sistema en otros países que demuestra que la prefabricación no se trata de engendros antihumanos, monótonos y de mal gusto. Los fabricantes de materiales prefabricados se enfrentan al problema de que los constructores no tienen la práctica para utilizar los elementos que fabrican los arquitectos muchas veces proyectan sin considerar la eficiencia de los materiales, medidas racionalizados con módulos y productos prefabricados existentes en el mercado, materiales regionales y climas diferentes.

## **Conclusión en general**

Tenemos mucho que hacer para desarrollar la construcción con madera en México, tanto que podríamos lograr que sea un factor determinante para empujar la economía nacional. Para ello debemos formar un apoyo para la construcción con sistemas prefabricados para acumular experiencias con una exposición permanente, una biblioteca y un laboratorio. Debemos unirnos para formar una comisión multipartidaria con representantes de los sectores de industriales, constructores, diseñadores, y consumidores, formular programas más apropiados para el consumo humano y para la naturaleza de la tierra.

## **GLORARIO**

Alero: Parte del tejado que sobresale del muro.

Anisotrópico: Sus propiedades varían de acuerdo con sus ejes estructurales, los cuales desde un punto de vista teórico forman ángulos rectos entre sí.

Arriostramiento: Sistema de riostras entre cabios o elementos similares que ayudan a distribuir la carga y evitan que la estructura se deforme.

Arriostramiento diagonal: Sistema de arriostramiento que se emplea para estabilizar lateralmente un marco estructural o pórtico.

Arriostramiento en K: Sistema de arriostramiento contra las fuerzas laterales consistente en dos elementos estructurales en diagonal que se encuentran en un punto intermedio de una barra o elemento estructural vertical.

Arriostramiento excéntrico: Sistema de arriostramiento en el que existe una combinación de un sistema resistente al momento flector con la rigidez de un pórtico arriostrado.

Arriostramiento de montaje: Arriostramiento provisional que se requiere para que los elementos estructurales de un edificio estén asegurados hasta proporcionarles la estabilidad definitiva.

Arriostramiento transversal: Sistema de arriostramiento entre los miembros de un pórtico en el que las diagonales se cruzan para estabilizarlo contra las fuerzas laterales. También llamado crucetas, diagonales cruzadas.

Chapa: Capa delgada de madera obtenida al desenrollar una troza en un torno especial o por rebanado de una troza.

Columnas o postes: Elementos estructurales sometidos esencialmente a cargas de compresión y que actúan en forma aislada por tener gran separación entre sí.

Coníferas: También llamadas gimnospermas. Árboles de hoja perenne en forma de aguja con semillas alojadas en conos. Su madera está constituida esencialmente por un tipo de células denominadas traqueidas.

Contenido de humedad: Peso del agua en la madera expresada como un porcentaje del peso de la madera anhidra.

Contenido de humedad en equilibrio: Contenido de humedad que alcanza la madera en condiciones estables de humedad relativa y temperatura.

Contraviento: Elemento que se emplea como arriostramiento para rigidizar una estructura contra la fuerza del viento.

**Crucetas:** Sistema de arriostramiento entre los miembros de un pórtico en el que las diagonales se cruzan para estabilizarlo contra las fuerzas laterales. También llamado arriostramiento transversal, diagonales cruzadas.

**Cubierta:** Duelas, tablas o placas de madera contrachapada que forman parte de sistemas de piso o techo y se apoyan sobre elementos de madera poco espaciados.

**Diagonales cruzadas:** Sistema de arriostramiento entre los miembros de un pórtico en el que las diagonales se cruzan para estabilizarlo contra las fuerzas laterales. También llamado arriostramiento transversal, crucetas.

**Estructura de madera arriostrada:** Entramado de un edificio en el que la resistencia a las fuerzas laterales o a la inestabilidad del mismo entramado viene proporcionada por un arriostramiento diagonal u otro tipo de arriostramiento. También llamada entramado arriostrado, pórtico arriostrado.

**Factor de modificación de resistencia:** Factor que toma en cuenta el efecto que tiene sobre la resistencia alguna variable como la duración de carga, el contenido de humedad, el tamaño de la superficie de apoyo y otras.

**Factor de resistencia:** Factor, FR, aplicado a la resistencia de un miembro o conexión que toma en cuenta la variabilidad de las dimensiones, las propiedades del material, la calidad de la mano de obra, el tipo de falla y la incertidumbre en la predicción de resistencia.

**Fibra:** Término utilizado para designar al conjunto de los elementos celulares constitutivos de la madera.

**Forro:** Sinónimo de cubierta.

**Latifoliadas:** También llamadas angiospermas. Árboles de hoja ancha que producen sus semillas dentro de frutos. Su madera está constituida por células denominadas vasos, fibras y parénquima.

**Lignina:** Es el cementante de los componentes; desde el punto de vista de resistencia mecánica.

**Longitud libre:** Distancia entre los extremos de arriostramiento de un elemento estructural contra el pandeo en una dirección normal a su eje.

**Madera de albura:** Es la madera que se asierra del área de la periferia.

**Madera clasificada estructuralmente de acuerdo con la Norma Mexicana correspondiente:**  
Para madera de coníferas se aplica la norma NMX-C-239 y para el caso de madera de latifoliadas, la norma NMX-C-409-ONNCCE.

**Madera contrachapada:** Placa compuesta de un conjunto de chapas o capas de madera unidas con adhesivo, generalmente en número impar, en la cual las chapas adyacentes se colocan con la dirección de la fibra perpendicular entre sí.

Madera de duramen: Es la madera que se asierra del área central.

Madera húmeda: Madera aserrada cuyo contenido de humedad es mayor que 18 por ciento.

Madera seca: Madera aserrada con un contenido de humedad igual o menor que 18 por ciento.

Orientación de las fibras: Disposición de las fibras con respecto al eje longitudinal del tronco del árbol, cuya dirección puede ser recta, inclinada, en espiral o entrelazada.

Pared de arriostramiento: Forjado vertical que transmite las cargas laterales al terreno de cimentación.

Pared de arriostramiento discontinua: Pared de arriostramiento que posee un cambio significativo en su dimensión horizontal.

Peso específico (Densidad): Peso por unidad de volumen. En el caso de la madera debe especificarse el contenido de humedad al que se determinaron el peso y el volumen.

Peso específico básico (Densidad relativa o básica): Peso anhidro de la madera dividido entre su volumen saturado ya que es la relación del peso específico de la madera y el peso específico del agua que es igual a la unidad en el sistema métrico.

Tensión diagonal: Tensiones de tracción que actúan diagonalmente con respecto al eje de una viga.

## **REFERENCIAS**

- S.E.C. Softwood Export Council
- Southern Pine Council
- A.P.A. The Engineered Wood Association
- <http://newstore.southernpine.com>
- <http://www.americansoftwoods.com>
- Ordóñez, V. R. y R. Dávalos S. 1985. Manual de clasificación visual para madera estructural de pino. Nota técnica 12. INIREB – LACITEMA. Xalapa, Ver. s/p.
- SECOFI. 1986. Norma Mexicana NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción-Tablas y tablonés de pino-Clasificación. México, D. F.
- GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL  
Normas Técnicas Complementarias Para Diseño Y Construcción De Estructuras De Madera, Décima Cuarta Época, Tomo I No. 103-Bis, 6 De Octubre De 2004.
- BÁRCENAS P., G.M. 1985. Recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional. Nota técnica No. 11. INIREB-LACITEMA. Xalapa, Ver.
- RIBA R., R. Y M.O. RICALDE C. 1987. Determinación del contenido de humedad en equilibrio para madera en la República Mexicana. Nota Técnica No. 13. INIREB-LACITEMA. Xalapa, Ver.
- RICALDE C., M.O. y G.M. BARCENAS P. 1989. Propiedades físicas de la madera. Cap. Manual para diseño de estructuras de madera. Inst. de Ecología A.C. Xalapa, Ver.
- N.D.S. National Design Specification for Wood Construction de la American Forest and Paper Association.
- Simpson Strong-Tie Connectors.
- <http://www.conectore.com/contenu/,accueil,1>.
- <http://www.americanhardwood.org/es/products-processes/hardwood-forms/lumber.html>