



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

LA MADERA, SU UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN
EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS HABITACIÓN DE
BENEFICIO SOCIAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
FERNANDO VILLEGAS SUMAYA

DIRECTOR DE TESIS:
M.J. GABRIEL MORENO PECERO



CIUDAD UNIVERSITARIA

2010



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/109/06

Señor
FERNANDO VILLEGAS SUMAYA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. GABRIEL MORENO PECERO, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"LA MADERA, SU UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS HABITACIÓN DE BENEFICIO SOCIAL"

- INTRODUCCIÓN
- I. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA
- II. CONSERVACIÓN DE LA MADERA ANTE LOS EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE
- III. LA MADERA Y SUS USOS EN LA CONSTRUCCIÓN
- IV. CONSIDERACIONES TECNICAS DE LA MADERA
- V. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA PARA UNA CASA HABITACIÓN DE BENEFICIO SOCIAL
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 27 Abril 2010.
EL PRESIDENTE

ING. RODOLFO SOLÍS UBALDO

RSU/MTH*gar.

Confirma
18-V-10

Confirma
Lorena O. Miranda
27-mayo-10

Recibido y aprobado conforme
18-MAYO-2010

Aprobado:
Gabriel Moreno Pecero
Mayo del 2010.

[Signature]

Gracias a Dios

... por mantener aun mi vida con plenitud.

A mi padre:

Antonio Villegas Martínez.

...por su fortaleza.

A mi madre:

Reymunda Sumaya Velázquez.

...por su amor y comprensión.

A mi esposa:

Ma. De Lourdes Anguiano V.

...gracias por esperar.

A mis hijos:

Isabel Villegas A.

Ma. De Lourdes Villegas A.

Fernando Villegas A.

...gracias por su paciencia.

Agradecimiento.

Describir aquel momento, en el que me dirigí a la oficina del Jefe del Departamento de Estática de la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México y encontrar en él a un ser humano que propiciaba un ambiente de gran confianza, empezando bajo su dirección la investigación para la elaboración de esta tesis siendo siempre atendido por él tendiéndome su mano y jamás negándome su apoyo.

Hace que ahora y siempre conceptué esa actitud, como la de un amigo y maestro. Por ello mi agradecimiento a ese ser humano Profesor e Ingeniero Jaime Martínez Martínez.

Profesor e Ingeniero Jaime Martínez Martínez.

Junio del 2010

**Gracias a todos los maestros y amigos del Profesor e Ingeniero Jaime Martínez M,
que de alguna manera me apoyaron.**

Gracias al Maestro y Amigo por su apoyo que se tradujo en la revisión y mejoramiento de la tesis, Ing. Gabriel Moreno Pecero.

TEMA: LA MADERA, SU UTILIZACIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS HABITACIÓN DE BENEFICIO SOCIAL.

INDICES

I. Introducción.	1
II. Clasificación de la madera ante los efectos del medio ambiente.	
II.1 La madera y sus características generales.	4
II.2 Clasificación por apariencia.	11
II.3 Clasificación para fines estructurales.	14
II.4 Recomendaciones para su uso.	23
II.5 Nombres más comunes de las maderas mexicanas.	34
III. Conservación de la madera ante los efectos del medio ambiente.	
III.1 La madera y sus características generales.	39
III.2 Conservación de la madera para su utilización en la construcción.	48
III.3 Métodos químicos contra hongos e insectos.	55
III.4 El riesgo a la pudrición de la madera en los climas de México.	64
III.5 Medidas de protección tradicional.	72
IV. La madera y sus usos en la construcción.	
IV.1 Tablas, tablones y vigas.	80
IV.2 Tipos de ensambles.	85
IV.3 Elementos de unión.	99
IV.4 El diseño de estructuras de madera.	113
IV.5 Usos más frecuentes.	132
V. Consideraciones técnicas de la madera.	
V.1 Características mecánicas.	137
V.2 Procesos de secado.	143

VI. Elementos estructurales de madera para una casa habitación de beneficio social.

VI.1 Cimentación.	151
VI.2 Vigas macizas o empalmadas para los muros de carga.	159
VI.3 Armado del piso.	169
VI.4 Normas técnicas para la instalación eléctrica, sanitaria, y contra El fuego.	175
VI.5 El techo a base de vigas duela y materiales ligeros impermeables.	183
VII. Conclusiones.	197

I. INTRODUCCIÓN.

La madera es un material que proviene de un ser vivo, por lo tanto es un recurso renovable dotado de propiedades y características excelentes para usos estructurales y acabados. Actualmente la mayoría de los materiales de construcción pasan por un proceso de elaboración, el cual gasta una gran cantidad de energía, mucha de ésta, de origen fósil como el petróleo. El efecto de este proceso da como resultado el aumento de gases que producen cambios en el clima.

La madera en su transformación en materiales de construcción implica un menor consumo de energía, por lo que genera menos contaminación del medio ambiente en comparación con la elaboración del acero.

En la actualidad la rama de la construcción está usando estructuras a base de vigas de acero, como en la llamada Torre Mayor, mientras que la madera sigue teniendo usos en su mayoría aplicados solo a aspectos estéticos. Actualmente la construcción de una vivienda digna y a bajo costo con este material no está implementada por institución alguna de fomento a la vivienda, entre las cuales podemos mencionar:

La Comisión Nacional Forestal (CONAFORT).

La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).

El Instituto Nacional del Fondo de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

El Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO).

El Consejo Nacional de la Madera en la Construcción (COMACO).

El Instituto de Ecología A. C.

El Centro Impulsor de Habitación A .C. (CIHAC).

Fondo de Vivienda del Instituto de Seguridad Social para Trabajadores del Estado (FOVISSSTE).

Las especies maderables son las gimnospermas y angiospermas. Las primeras son conocidas como madera de coníferas o de madera suave, mientras que las segundas se conocen como latifoliadas, de madera dura o de alta dureza y resistencia. Como se verá más adelante, sus características dependen de otros factores, tales como el tipo de células que la componen. Este material es altamente térmico, acústico, resistente y durable; además de que es biodegradable y renovable.

En la ciudad de México la falta de vivienda se puede apreciar en su periferia y en los municipios conurbados del Estado de México. Estos asentamientos llamados irregulares se encuentran ubicados generalmente en barrancas, cañadas, lomeríos o suelos muy inestables, originando que las viviendas construidas sean de corta duración y de poca estabilidad, originándose agrietamientos o inclinaciones peligrosas. A esta problemática se pretende dar solución por medio de inmobiliarias o instituciones como la CONAFOVI (Comisión Nacional de Fomento a la vivienda), sin embargo la ciudad sigue teniendo un gran déficit de vivienda inmediato, de aproximadamente 600,000 viviendas, un déficit mediano de aproximadamente de 1,400,000 viviendas, mientras que el déficit global es de 2,000,000 de viviendas (fuente XII Censo General de Población y Vivienda INEGI, México 2000).

A pesar del evidente interés por la madera para uso estructural, en nuestro país son realmente escasas sus aplicaciones del tipo permanente, y no solo de viviendas debemos hablar, se debería aplicar en puentes, bodegas, centros deportivos, etc. A pesar de que actualmente existen compañías extranjeras que están promoviendo la construcción de viviendas de madera para uso residencial, esto no resuelve la problemática nacional de vivienda para uso social, es decir para la gente de escasos recursos.

Actualmente el uso de la madera, se reduce a su utilización como cimbras, cajones, durmientes para ferrocarril, postes para teléfono etc.

La construcción de una vivienda de madera puede realizarse en el lugar; otra opción es que una vez aserrada pueda ser prefabricada totalmente en módulos de medida estándar llamados M, con una medida aproximada de 10 centímetros de ancho. Existen otros módulos, con los cuales se puede tener una gran libertad arquitectónica, éstos son los llamados 6M de 60 centímetros de ancho. Uno de los elementos prefabricados son los llamados tableros contruidos de madera contra chapada (triplay) en diferentes medidas y espesores; se utilizan frecuentemente, ya que sus medidas (1.22 x 2.44 m) cubren un área mayor en poco tiempo.

En México son poco conocidas las técnicas constructivas y preservadoras de la madera, así como aquellas tecnologías preventivas contra incendios. Además no existe una legislación en cuanto a las compañías aseguradoras de casas de madera. Se puede construir una casa de madera con solo tableros o con elementos sencillos, para ello la UNAM ha convocado a algunos concursos entre los cuales, se tiene como referencia el relacionado con la construcción de consultorios provisionales para la Facultad de Medicina, hecho a base de tableros de fibra o partículas llamados comúnmente aglomerados, con los que se configuraron módulos atornillados con pijas para tabla roca y pegamento para madera.

Hay un irreconciliable conflicto de intereses, la población crece en forma exponencial y en los países en vías de desarrollo, la energía se obtiene de la mitad de la producción de madera del país y de la otra mitad, dos terceras partes, se usan en la industria de la construcción mientras que el resto es utilizado en la elaboración de papel y otros insumos.

Los bosques y selvas proporcionan un hábitat excelente, purifican el aire y recargan los acuíferos. En el mundo están desapareciendo, las selvas del amazonas, las del sur de México, en Europa queda menos del 1% del bosque antiguo, el cual pronto perecerá en manos de las grandes industrias madereras. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la agricultura y la alimentación (FAO) de 8.08 billones de hectáreas de bosques de hace 8000 años quedan actualmente menos de 3.04 billones de hectáreas. Rusia es uno de esos pocos países que todavía poseen algo del bosque primitivo, pero la voracidad de la industria maderera seguro lo hará desaparecer. Se pretenden reforestar grandes áreas en algunos países, sin embargo después de 30 o 40 años sus bosques apenas comenzarán a recuperarse.

El uso de la madera ha ido cambiando desde los griegos, pasando por el renacimiento y el neoclasicismo, hasta nuestros días. En Europa principalmente se construyeron armaduras para cubrir las naves de iglesias y conventos, sin embargo al pasar los siglos el material empieza a escasear pues con la industrialización se sobre explotan los bosques y la construcción con madera empieza a desvanecerse.

En países como Estados Unidos, Canadá y Noruega donde sus viviendas así como sus edificios públicos por ejemplo: bibliotecas, piscinas cubiertas, hoteles, puentes, etc., se siguen construyendo con madera; los usuarios manifiestan tener un alto grado de confiabilidad en este material, mediante la aplicación de los llamados lasures que permiten protegerla de la humedad y de los hongos, así como de la luz. Pareciera que hay una limitante en cuanto a la longitud del árbol, esto ha sido superado una vez que se retomó la técnica de la madera laminada, conocida inclusive por los antiguos egipcios y usada por carpinteros y ebanistas desde hace mucho tiempo. Esta forma resurgió con los nuevos adhesivos para pegar madera la cual originó nuevas formas y longitudes que han dado un nuevo auge a su uso en los países que por tradición la utilizan. En nuestro país, desafortunadamente se hacen intentos vanos en el desarrollo de diseños para sacar al mercado casas modulares de autoconstrucción, y se sigue fomentando el uso de viviendas de materiales tradicionales debido a que la gente no confía en la madera.

Para concluir esta introducción, debo comentar que desde mi punto de vista, en la actualidad es necesario que haya más profesionales capacitados en la tecnología de explotación de la madera, por lo que es importante que en instituciones de educación universitaria formen nuevos profesionales que sean expertos en el conocimiento de la naturaleza de la madera, tanto de sus propiedades físicas como químicas, así como de sus agentes destructores, su comportamiento ante el medio ambiente y su respuesta cuando es sometida a esfuerzos. En los siguientes capítulos trataré de explicar lo esencial relacionado con el manejo y uso de la madera.

II. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ANTE LOS EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE.

II.1 LA MADERA Y SUS CARACTERÍSTICAS GENERALES.

El uso de la madera depende de su estructura y ultra estructura según la especie. Esto es, el comportamiento de la madera depende de cómo está constituida dentro de las paredes celulares, así como las diferentes células que lo constituyen.

No todas las plantas producen madera o xilema (término usado por los anatomistas). La madera es de origen biológico y tiene una estructura fibrosa. El material que le da rigidez y que caracteriza a la madera, es la lignina (cerca del 25%) que se puede extraer de ella, mediante procesos especiales. Entre otros extractivos están la celulosa y la hemicelulosa.

La lignina se localiza en las raíces, tallos, troncos y ramas; siendo su función principal la de proporcionar soporte mecánico.

Estructura macroscópica de la madera.

En la figura 1, se muestran las diferentes zonas que componen el corte transversal de un tronco.

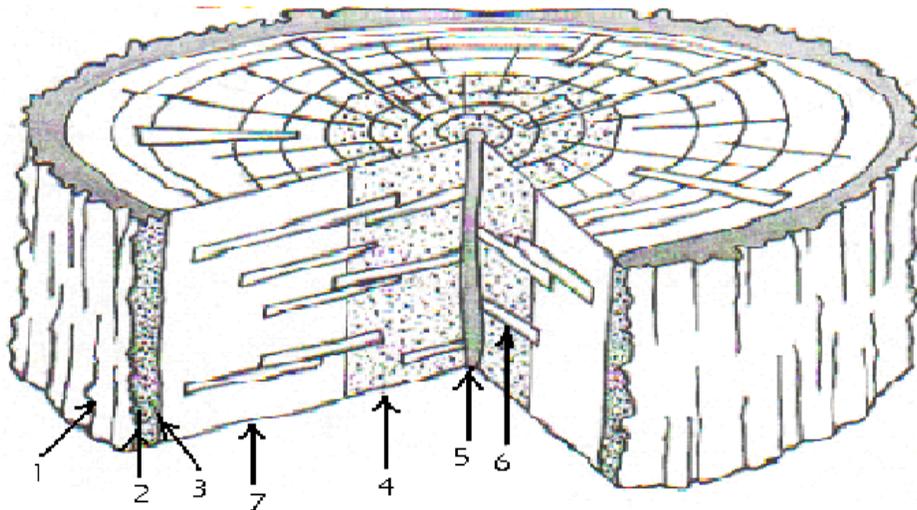


Figura 1. Corte transversal de un tronco.

Nomenclatura.

La corteza exterior (1). Está constituida por los tejidos muertos que dan protección al interior del árbol.

El liber (2). Es parte de la corteza donde circula la savia en forma ascendente y dónde crecen las nuevas células que tienen su origen en el cambium.

El cambium (3). Es la capa que sigue al liber, donde se forman las capas nuevas de células de madera y que a su vez forman la corteza.

El duramen (4). Es la parte central del tronco que lo mantiene recto, de color más oscuro que la albura.

La médula (5). Es donde se da origen a las ramas, siendo ésta la parte más vieja del árbol.

Los rayos (6). Son células que van de la médula hacia la corteza en forma radial. Son estas células las que dan unión a las diferentes partes del árbol.

La albura (7). Es la parte activa del tronco ya que por está circula la savia, que va desde las raíces hasta las hojas. Es la porción exterior entre anillos de la madera que es más clara y está compuesta por células de parénquima.

El crecimiento de la madera se da en el cambium, lugar en que las células nuevas aumentan la corteza y donde parte de ellas forman la madera o xilema. Debido a lo anterior la madera se considera como el conjunto de células huecas de forma alargada y unidas (cementadas) entre sí.

Especie.

Desde el punto de vista semántico una especie es el conjunto de individuos semejantes. El nombre científico de la madera se da de acuerdo a su género y especie. Las raíces del nombre provienen del latín o palabras latinizadas del idioma según el país y se escriben con letras cursivas, por ejemplo *pinaceae*.

Tipos de plantas que producen madera. Gimnospermas, angiospermas y monocotiledóneas.

Entre las denominadas gimnospermas se encuentran las coníferas, entre las angiospermas están las conocidas como latifoliadas de hojas no caducas como el tzalam y en las llamadas monocotiledoneas arborescentes está el bambú que es utilizado solo como complemento estético, debido a que no existen preservadores que mantengan sus propiedades estructurales.

Características generales de un árbol: raíces, tronco y corona.

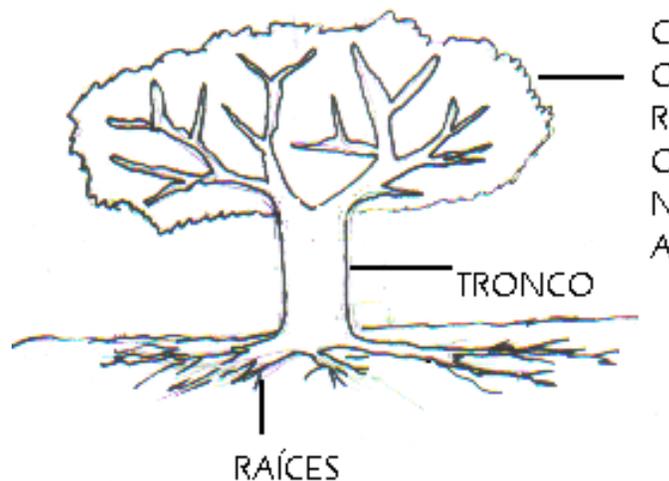


Figura 2. Raíces, tronco y corona.

Raíces. Las raíces son el anclaje al suelo, absorben la humedad y sustancias minerales que suben por el tronco a la corona, figura 2.

Tronco. El tronco es el soporte del follaje o corona.

Corona. La corona transforma en savia los líquidos que ascienden por las raíces. En ella se realiza la fotosíntesis, proceso mediante el cual el bióxido de carbono (CO_2) se transforma en oxígeno y carbono. El oxígeno se libera mientras que el carbono se mezcla con la savia para formar azúcares, celulosa y carbohidratos. En este proceso también interviene la clorofila que es la sustancia verde que le da color a las hojas.

Madera.

La madera es un conjunto de células tubulares paralelas al tronco, en forma radial, de unos 5 mm de longitud cementadas entre sí y compuestas principalmente de celulosa y lignina.

Se constituye de un 60 a un 70 % de celulosa que es la que da la estructura o esqueleto a la célula y de un 15 a 25 % de lignina que es la que le proporciona resistencia y actúa como cementante.

Los componentes mencionados definen las características mecánicas de la madera, a saber: la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión, la resistencia a cortante, el módulo de elasticidad y la dureza.

Composición química de la madera.

Componente	Porcentaje
<i>Carbono</i>	50%
<i>Hidrógeno</i>	6%
<i>Oxígeno</i>	43%
<i>Otras</i>	1%

Madera temprana y madera tardía.

Cuando cortamos un pedazo de tronco en forma transversal, observamos dos zonas de coloración una parte central más oscura que la parte externa, cuyas tonalidades dependen de cada especie. La coloración oscura se debe a sustancias orgánicas tales como los taninos, resinas, gomas colorantes y material de desecho, características importantes de algunas especies que les da su color y en ocasiones algún olor. Estas características permiten identificarlas fácilmente, como ejemplos tenemos al cedro blanco, el cedro rojo y al oyamel, entre otras. Otra especie que exhibe estas características es el pino (*pinus pseudostrobus*) que crece en México, cuyo color es crema pálido y su olor es característico. Esta especie de madera es parte de nuestro interés, debido a que es la más usada en la industria de la construcción.



Figura 3. Zona clara (albura) y zona oscura (duramen).

La albura y el duramen, figura 3, tiene las mismas características mecánicas. Se podría pensar que alguna de estas partes es más dura que la otra sin embargo la dureza es la misma. Lo que las distingue es la permeabilidad. La albura es más permeable ya que es por ella circula la savia, mientras que en el duramen con menos permeabilidad, está compuesto de extractivos cuya composición le da protección contra hongos e insectos de forma natural.

Ejes de la madera.

La madera posee características que se pueden observar a simple vista como los llamados ejes de la madera, formados por tres direcciones principales que forman ángulos rectos, figura 4.

- Eje radial (R) este es paralelo a los rayos, son líneas que van de la médula hacia la corteza.
- Eje tangencial (T) este es tangente a los anillos de crecimiento o a la superficie del tronco.
- Eje longitudinal (L) o axial es el que corre a lo largo del tronco o hilo de la madera.

La madera posee en su estructura tres planos.

- Plano transversal (TR) formado por los ejes tangencial y radial (T y R).
- Plano radial (R) formado por los ejes radial y longitudinal (R y L).
- Plano tangencial (TL) formado por los ejes tangencial y longitudinal (T y L).

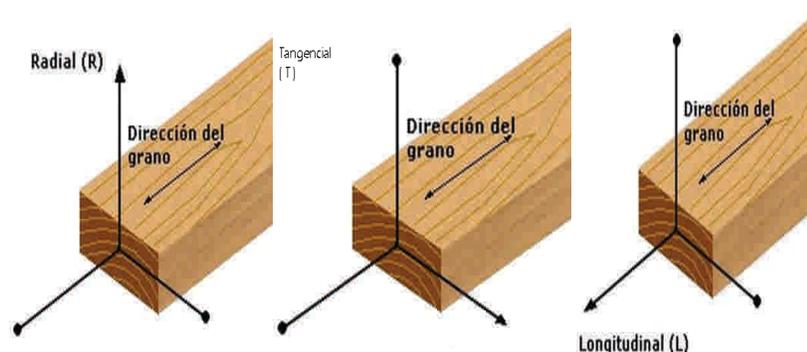


Figura 4 .Ejes y planos de la madera.

Esta característica de la madera es muy importante, porque visualmente hay que definir el plano donde se está observando con el propósito de especificar algunas otras características, tales como: la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional.

Otras características importantes de la madera:

- anillos de crecimiento,
- color,
- lustre y brillo,
- olor y sabor,
- textura,
- orientación de las fibras,
- dureza, y,
- el veteado.

Anillos de crecimiento.

Son capas de crecimiento anual debidas a la formación de madera. Este proceso se da de manera cíclica en forma de capas circulares y es una característica que, puede ser observada al cortar un tronco en forma transversal, figura 5. Estas capas no siempre son visibles y en algunas especies da origen a una división entre ellas, a saber; las de zonas templadas, las de zonas húmedas y las de zonas tropicales.

Por ejemplo en la zona templada los anillos de crecimiento se deben al cambio de estación. Cada anillo representa las condiciones favorables de crecimiento y cada banda concéntrica corresponde al crecimiento en un año. Esta característica corresponde a las gimnospermas, figura 5, ya que las condiciones de crecimiento no les son favorables todo el año, mientras que en la mayoría de las angiospermas, que son de regiones tropicales (latí foliadas), no presentan anillos de crecimiento debido a que las condiciones de crecimiento son favorables todo el año, figura 6.



Figura 5. Gimnospermas y sus anillos de crecimiento, en un corte transversal.

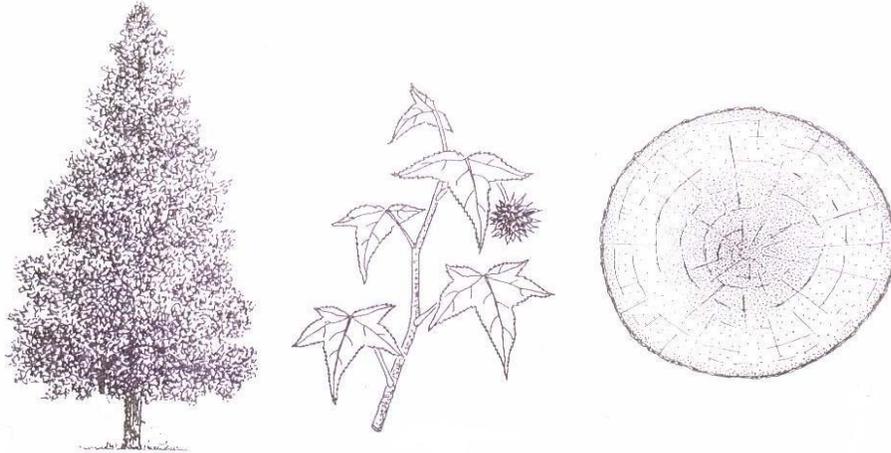


Figura 6. Angiospermas (latí foliadas) con pocos anillos.

Color.

El color desde el punto de vista estético es lo que más llama la atención. En las especies varía muy poco y para identificar una muestra hay que tener mucha experiencia.

En algunos casos, la madera de zonas templadas es de color más suave que las maderas de las zonas tropicales que suelen ser de color más vivo. Para identificar una muestra de madera aserrada hay que raspar o cepillar sin haber aplicado ningún preservador o barniz y observar sus características.

Hay que tener cuidado ya que la madera contiene sustancias que pueden reaccionar con el aire al ser secada ya sea de manera natural (al aire libre) o bien en estufa. La madera cambia la tonalidad que presenta en estado verde al que presenta en estado seco; un ejemplo es la madera de cacahuete que pasa de rojo vivo a violeta.

Lustre.

El lustre es la propiedad de reflejar la luz y en la madera depende del tipo de células que la constituyen. Se puede clasificar a la madera como de lustre alto, lustre mediano y lustre bajo; así tenemos al pino lacio y al cedro macho clasificado de lustre alto, a la caoba de lustre mediano y al fresno con lustre bajo.

Olor y sabor.

Otra forma de identificar las diferentes maderas es mediante su olor y su sabor. Estas características juegan papeles muy importantes; por ejemplo el cedro tiene un olor a lápiz, mientras que el olor aromático del cedro rojo es muy identificable.

Textura y grano.

La orientación de las fibras, el hilo o el grano son términos usados para expresar la dirección general de las células longitudinales. En la mayoría de las especies el hilo es recto y paralelo o ligeramente inclinado con respecto al eje longitudinal del tronco. En algunas especies la desviación de la fibra puede ser pronunciada, dando como resultado un grano en espiral. Algunas veces en ciertas temporadas el crecimiento es en una dirección y en otra temporada de crecimiento se da en otra, dando origen al hilo o grano entrecruzado.

Como hemos mencionado existen dos períodos de crecimiento llamados favorables y desfavorables, la madera producida en estas condiciones forma bandas de células que en los periodos adversos almacenan sustancias nutritivas mediante células llamadas parénquima. Entonces a la madera formada en la época favorable se le llama temprana o de primavera y a la formada en invierno o en la época desfavorable, madera tardía. Una observación interesante es que la superposición de los conos elongados, formados por las diferentes tipos de madera da la apariencia de círculos, figura 7.

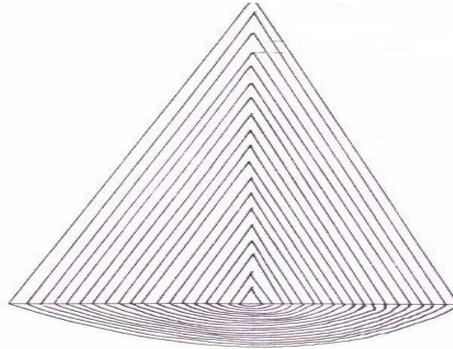


Figura 7. Conos elongados.

Dureza.

La dureza de la madera es una característica importante desde el punto de vista estructural. Las hay tan duras como el llamado tinto el granadillo, así como otras más conocidas; entre ellas el encino, el fresno y el tzalam.

Veteado.

El veteado desde el punto de vista estético juega un papel importante en el momento de identificar alguna especie maderable. El veteado se debe principalmente a la albura, los anillos de crecimiento al duramen, al grano y a la textura, figura 8.

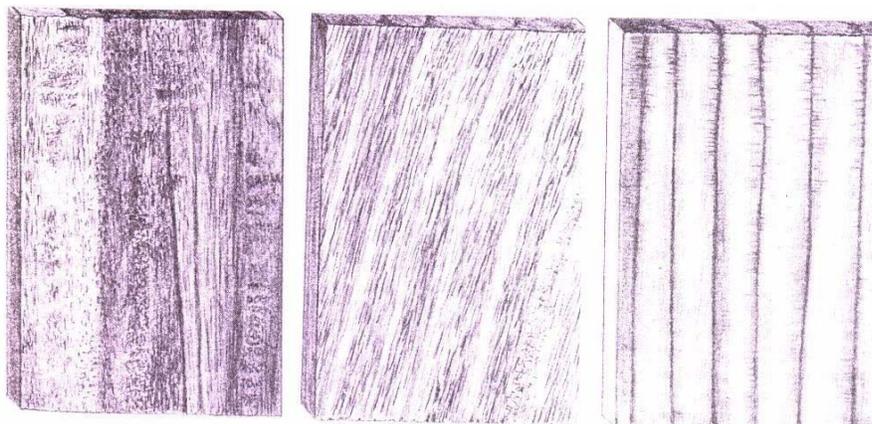


Figura 8. Vetos en la madera.

II.2 Clasificación de la madera por apariencia.

Al clasificar una madera por apariencia, estamos considerando la utilidad que le vamos a dar. Si hablamos de madera que se utiliza como cimbra, generalmente se piensa en madera de mala calidad por lo que se supone que para fines estéticos o estructurales no sirve. Sin embargo esta no es una regla, ya que en algunas estructuras si se necesitan cimbras de acabado perfecto por así requerirlo los proyectos constructivos. Desafortunadamente por la falta de información sobre especies nacionales, no tenemos conocimiento de las normas desarrolladas para especies mexicanas, ya que si existieran facilitarían el trabajo de todos aquellos que trabajan con la madera a saber: como el arquitecto, el ingeniero, el maderero, el distribuidor o cualesquiera que desee usar madera.

Clasificación: métodos visuales y métodos mecánicos.

Métodos visuales. La clasificación visual solo toma en cuenta características muy específicas que presenta la madera, entre ellas están:

- Nudos, figura 9.
- Gemas, figura 10.
- Rajaduras en los extremos, figura 11.
- Fisuras, figura 12.
- Alabeo de canto, figura 13.
- Arqueamiento, figura 14.
- Acanalamiento, figura 15.
- Bolsas de resina, figura 16.
- Mancha azul, figura 17.
- Madera apolillada, figura 18.
- Peso de la madera (contenido de humedad).
-

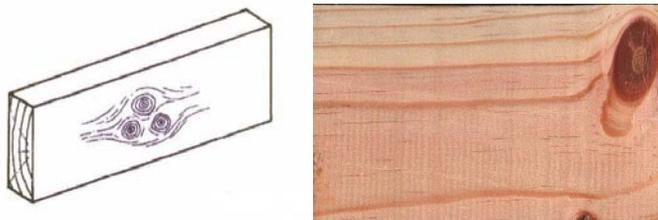


Figura 9. Nudos en la madera.



Figura 10. Gema en la madera o arista faltante.

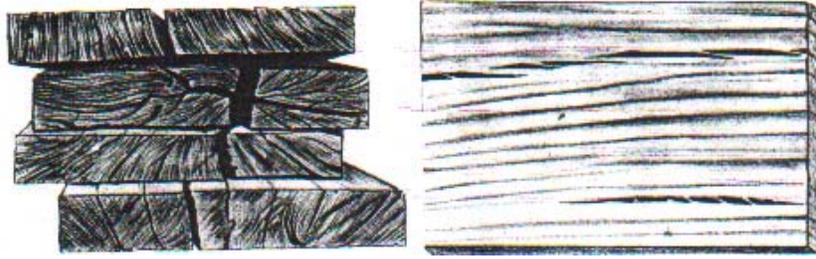


Figura 11. Rajaduras en los extremos y fisuras.

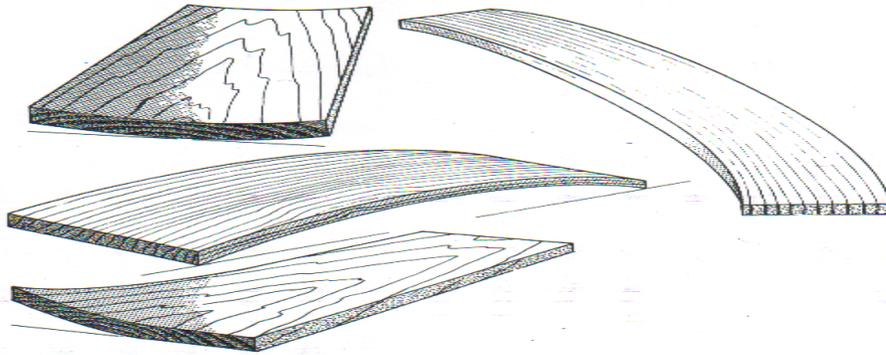


Figura 12. Alabeos: acanaladura, alabeo de canto, arqueamiento, torcedura.

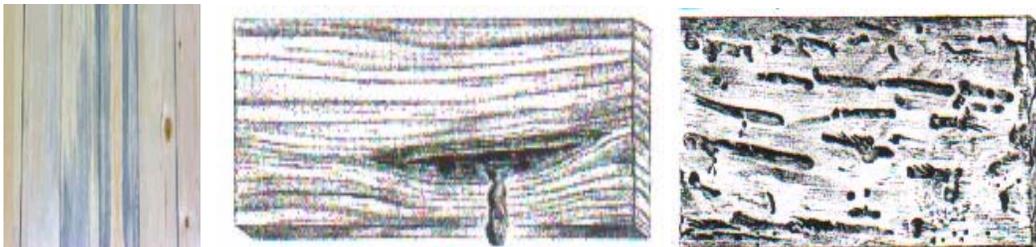


Figura 13. Mancha azul, bolsa de resina, madera con orificios hechos por insectos.

Las Normas Técnicas Complementarias reconocen dos métodos de clasificación visual de la madera. Se apoyan en requisitos que deben cumplir una pieza de madera para quedar en alguno de los grupos establecidos tomando en cuenta la resistencia de la madera.

Clasificación según la norma DGN – C18-1946 de la Secretaría de Industria y Comercio. La norma clasifica a la madera en 5 grupos.

- Primer grupo o madera selecta.
- Segundo grupo o madera de primera.

- Tercer grupo o madera de segunda.
- Cuarto grupo o madera de tercera.
- Quinto grupo o madera de desecho.

Estas normas se apegan mucho a la clasificación dada por los comerciantes, distribuidores de la madera y por el subcomité de maderas y productos maderables del ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, A.C.). En la mayoría del territorio nacional los aserraderos y los distribuidores de las zonas urbanas, las clasifican como:

- Madera de primera como aquella que no tiene defectos (nudos, rajaduras, resina, humedad, ni mancha azul).
- Madera de segunda que tiene uno ó más nudos de tamaño muy pequeño y algún defecto más pero casi imperceptible.
- Madera de tercera que tiene muchos defectos visibles en una sola pieza como nudos, bolsas de resina, rajaduras, pandeos, mancha azul, figura 14.

Las Normas Técnicas Complementarias solo ratifican las características de madera contrachapada y no especifican las correspondientes de la madera laminada, así como de los diferentes tableros que hay en el mercado.



Figura 14. De izquierda a derecha: madera de pino de tercera, madera de segunda y madera de primera.

Métodos mecánicos.

Un método mecánico de uso industrial podrá determinar la rigidez de cada pieza y en base a correlaciones entre ésta y la capacidad mecánica en flexión y compresión, se le asigna al elemento una calidad determinada, sin dejar a un lado el análisis visual de las piezas de madera.

II.3 Clasificación para fines estructurales.

En los países con tradición en el uso de la madera para construir casas habitación o algunas otras estructuras importantes, la madera se selecciona en forma visual considerando sus propiedades mecánicas o bien mediante una combinación de los dos métodos.

La selección de la madera en forma visual con fines estructurales, se realiza especificando características tales como: tamaño, posición y número de nudos, rajaduras, tipos de deformaciones, alabeos, pandeos, así como posibles deterioros debido a los insectos, inclusive efectos que pudieran haber causado la humedad que pudieran afectar sus características mecánicas como su resistencia.

Con los dos métodos mencionados se le asigna a cada especie de madera una calidad específica. La calidad mecánica se determina al comparar muestras estadísticas tomadas de laboratorio, hechas con probetas de madera libres de defectos en estado verde o en estado seco. Se observa que en los países en vías de desarrollo la madera se clasifica en varios niveles diferentes, razón por la cual hay una gran discrepancia en su precio, debido principalmente al desconocimiento de sus propiedades y de los intereses, y crecimiento desorganizado de la industria.

Madera estructural.

Es aquella que se encuentra bajo la acción de esfuerzos permanentes y específicos que requieren de un análisis y diseño estructural. Tenemos como ejemplos las vigas para pisos, entresijos, techos, columnas, cerchas, estructuras pequeñas, y la llamada madera laminada que puede tomar dimensiones y formas muy variadas.

La clasificación de la madera de pino para usos estructurales se basa en la norma de la Secretaría de Comercio y Fomento Industria, NMX-C-239- ONNCCE-1985. El objetivo de la norma es identificar, evaluar y determinar las características y defectos que posee la madera que afectan sus propiedades mecánicas. Esta norma se aplica a todas las especies de pinos mexicanos menos el ayacahuite.

Normas de Clasificación para maderas mexicanas.

- La madera de coníferas utiliza la norma NMX-C-239-ONNCCE-1983.
- La madera de pino utiliza la norma NMX-C-ONNCCE-1985.
- La madera de latí foliadas utiliza la norma, NMX-C-409-ONNCCE-1998.

Las normas mexicanas se basan en características de la madera que influyen directamente en su resistencia, tales como:

- los nudos, localizados en caras o cantos,
- la gema,
- pendiente y desviación de la fibra,
- las rajaduras, las grietas, las acebolladuras,
- la madera de reacción (compresión),
- las bolsas de resina,
- la pudrición,
- los alabeos, los arqueos,
- los arqueos,
- las torceduras,
- el ataque de insectos,
- los agujeros de larvas, y ,
- la mancha azul.

La madera de pino se clasifica en tres clases.

- Clase A: de alta resistencia (uso estructural).
- Clase B: de mediana resistencia (uso estructural).
- Clase C: de baja resistencia (de uso no estructural).

Clasificación propia de pinos mexicanos ubicados en los estados de Durango, Chihuahua y del Estado de México, cuyos indicadores de pruebas realizadas para la flexión, la compresión y la tensión paralela a la fibra, indican su clase. Las pruebas se realizaron en madera seca libres de defectos. Estas normas deben aplicarse en madera que no van a cambiar sus dimensiones de trabajo.

Para que una pieza de madera sea clasificada en cualquiera de estas clases, primero se deben identificar sus defectos y su magnitud, segundo se comparan las magnitudes de estos defectos, con los valores permisibles de cada grupo, dependiendo de este resultado se determina que clase se le asigna.

El objetivo de este sistema es el de satisfacer en forma racional las necesidades de la industria de la construcción, y que se pueda diferenciar en forma práctica entre madera estructural y madera no estructural, además se pueda diferenciar la calidad de la madera de acuerdo a sus propiedades.

Nudos fijos y nudos flojos.

Nudos fijos son aquellos anillos de crecimiento que están interconectados con los del tronco, mientras que los nudos flojos son aquellos donde la rama creció después y por lo tanto no está ligada completamente al tronco (será un nudo hueco si este ya se desprendió) figura 15. En una pieza de madera como la de la figura 16, se permiten nudos en la mitad central de la cara o bien un grupo de nudos con un diámetro igual o menor de ¼ del ancho de la cara o 4 centímetros con una distancia entre nudos de 50 centímetros. Si los nudos tienen un diámetro menor a 1 centímetro en las caras, se permite una distancia de 30 centímetros, en los cantos de las vigas no se permiten nudos y tampoco a 2 centímetros del canto, tabla 1 y 2.

<i>Reglas especiales para polines de 87 mm y vigas de 87 mm x 190 mm.</i>			<i>Reglas especiales para secciones de 38mm de espesor.</i>		
Clase	Área total máxima de nudos en la sección	Tamaño total máximo de nudos en el canto.	Clase	Área total máxima de nudos en la sección	Tamaño total máximo de nudos en el canto
PA y VA	1/3	645 mm ²	A	ý	645 mm
PB y VB	1/3	1/5	B	ý	1/3

Tabla 1.

Tabla 2.

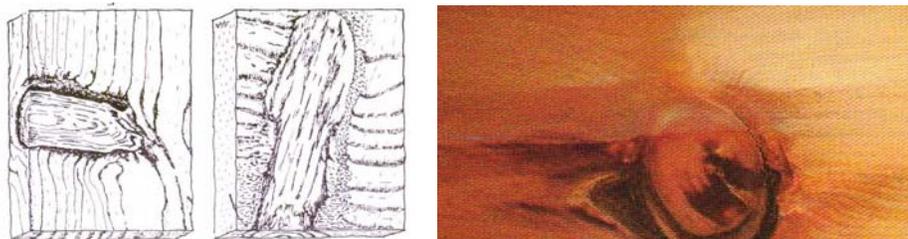


Figura 15. Nudos fijos y nudos flojos.

Clasificación de los nudos según la norma NMX-409-ONNCCE-1998:

- nudos en la arista,
- nudos en el canto,
- nudos en el canto y en la cara,
- y nudos en la cara.

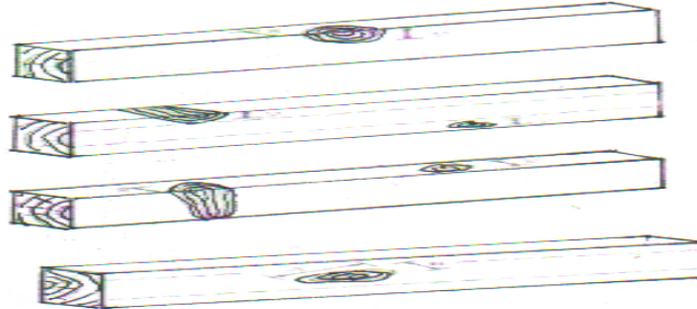


Figura 16. Diferentes tipos de nudos en cara y canto.

La gema. Ésta aparece cuando la troza es aserrada y presenta en alguna de sus aristas parte de la corteza dejando ver la forma circular de la madera en rollo, figura 17.

De acuerdo con la norma.

- Para madera de clase A, esta debe tener $\frac{1}{4}$ del grosor o $\frac{1}{4}$ del ancho.
- Para madera de clase B, se permite $\frac{1}{3}$ del grosor o $\frac{1}{3}$ del ancho.



Figura 17. Pieza de madera, con arista faltante.

Pendiente de las fibras (hilo).

La dirección de las fibras que exhiben algunas piezas de madera en las que aparecen desviadas, se debe en la mayoría de los casos al método del aserrado, disminuyendo considerablemente su resistencia mecánica. A las fibras se les conoce como el hilo o el grano, términos usados para describir la dirección de las células longitudinales, siendo casi siempre en forma paralela al tronco, figuras 18 y 19.

La dirección de las fibras puede ser modificada por los nudos, por el aserrado o por el crecimiento natural de los árboles. Esta desviación se puede presentar en uno o dos planos como en los cantos de la madera, en una pieza aserrada se puede manifestar como: grano recto, grano inclinado, grano entrecruzado, estas dos últimas se consideran como defectos

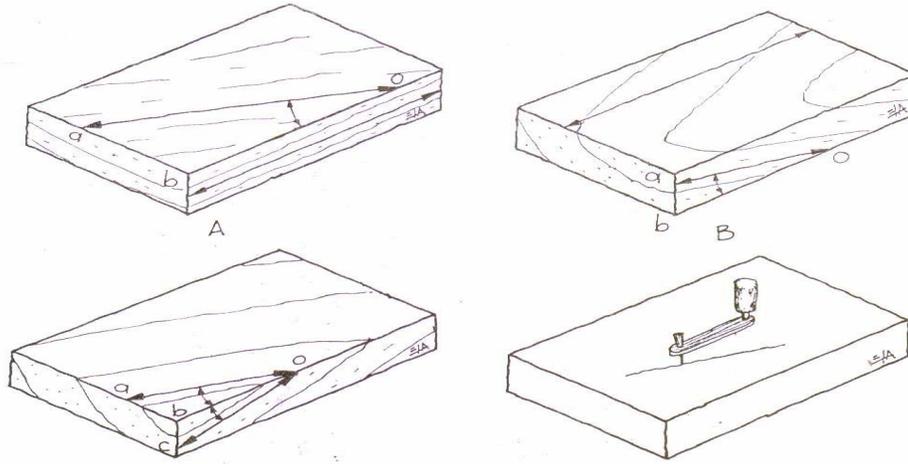


Figura 18. Medición de la desviación del hilo.

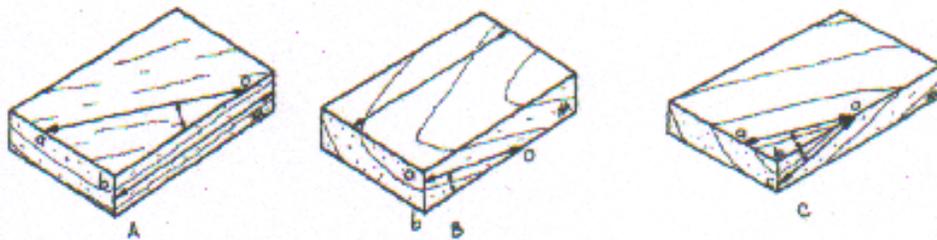


Figura 19. Desviación de la fibra o grano, A) y B) en un plano, C) en dos planos.

La determinación de la inclinación de la fibra se realiza con el aparato mostrado en la figura 20, deslizando sobre la pieza de madera la aguja que está colocada en un extremo, trazando una línea que sigue la dirección de la fibra (línea BC de la figura). En caso de no tener el detector, sí en la madera la fibra es visible, la medición se hace trazando un triángulo. Esta desviación se expresa como la relación entre un centímetro de desviación respecto al canto de la pieza, y la distancia en la cual se da esta desviación dada por ab/ob . Si se considera la desviación en los dos planos se determina, tomando la suma de la raíz cuadrada de las desviaciones que se presentan en los dos planos:

$$\sqrt{(ab/ob)^2 + (cb/ob)^2}$$

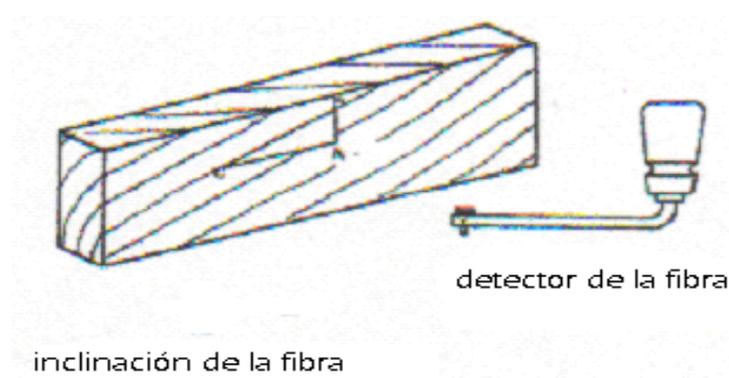


Figura 20. Determinación de la inclinación de la fibra en la madera.

La desviación puede afectar directamente su comportamiento mecánico, si se encuentran valores de entre $1/20$ a $1/5$, puede reducir su módulo de rotura en porcentajes de entre 4.5% a 33%. Según la norma para madera clase A, ésta relación debe ser de 1:10 y para clase B de 1: 8.

Rajaduras, grietas y acebolladuras.

Las rajaduras o hendiduras se presentan a lo largo de la pieza de madera y en dirección de las fibras, pudieran ser profundas o superficiales, figura 21.

Las grietas son separaciones que se presentan a lo largo de la pieza y paralelamente a las fibras. Generalmente se localizan en los extremos y son producto del secado de la madera.

Las acebolladuras son roturas locales de la madera, que aparecen entre los anillos de crecimiento y que están a todo lo largo del eje del árbol. De éstas se permiten hasta en $1/4$ del largo de la pieza, sobre una sola cara y no mayor a 3 milímetros de separación.

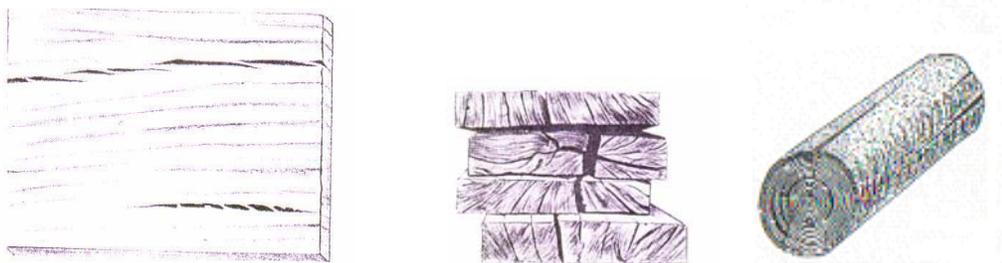


Figura 21. Rajaduras, grietas y acebolladuras.

Madera de reacción.

La madera de reacción aparece en el árbol cuando crece de lado, ya que una parte de esta madera tendrá características diferentes a la del resto. Es un defecto serio muy difícil de detectar. Si la madera de reacción está en la parte del lado inclinado se llama madera de compresión, si está en la parte superior se llama madera de tensión. Estos defectos son muy comunes y cada árbol posee algún porcentaje. En las coníferas aparece visible cuando hay nudos donde la dirección de la fibra cambia,

por lo que se modifican algunas de sus propiedades, tales como la reducción de los esfuerzos mecánicos y el módulo de elasticidad para la flexión, figuras 22 y 23. En la madera tropical suele presentarse cuando hay cambios de color así como la presencia de anillos de crecimiento anchos en esta zona, provocando que la madera sea muy quebradiza y por lo tanto de poca resistencia; debido a esto se le considera no apta para usos estructurales. Este defecto se puede detectar por la aparición de superficies lanosas a la hora de cepillar o lijar la madera, la presencia de esta característica no es buena señal.

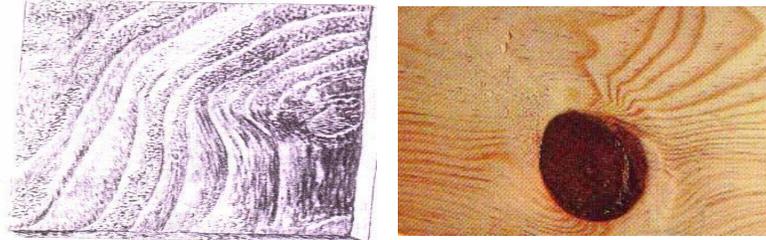


Figura 22. Madera de reacción.

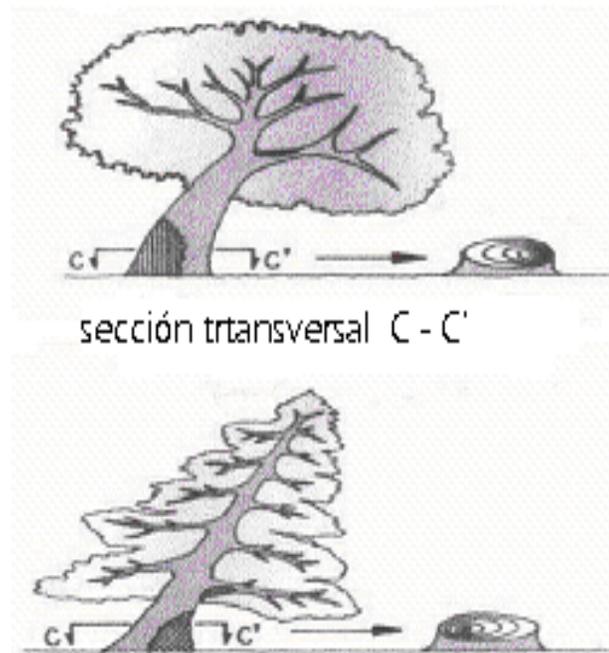


Figura 23. Muestra la sección de un corte transversal de un árbol con Madera de tensión y madera de compresión.

Bolsas de resina.

Son pequeñas cavidades llenas de resina. Es una característica de las coníferas, que se desarrolla como defensa ante estímulos exteriores. Estas bolsas se encuentran entre los anillos y pueden afectar la resistencia de la madera dependiendo de su localización, así como de su número. La norma considera a las bolsas de resina como si fueran nudos, midiendo su área proyectada sobre la sección transversal, figura 24.

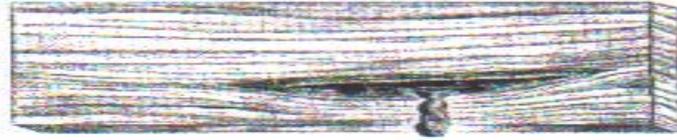


Figura 24. Pieza de madera que muestra una bolsa de resina.

Pudrición.

Este es un efecto causado en la madera por hongos que se alimentan de la pared de la células de la madera, originando la pérdida de resistencia. Se identifican por el cambio de color en la madera. La pudrición no es permitida en ningún caso, figura 25.



Figura 25. Degradación de la madera por el efecto de los hongos que producen la pudrición.

Alabeos.

Los alabeos son producidos por el secado. Las distorsiones que sufre la madera aserrada hace que los planos se desvíen de las dimensiones originales. Se tienen diferentes tipos de alabeos los cuales se mencionan a continuación:

- acanalamiento: al presentarse este alabeo la pieza de madera no permanece plana en el sentido transversal y tiende a formar un canal,
- alabeo de canto: la pieza de madera permanece plana, los cantos son los que se desvían de una línea recta de un extremo al otro,
- arqueamiento: la pieza de madera no permanece plana, se distorsiona y tiende a pandearse, mientras que los cantos siguen paralelos,
- espiralamiento: este alabeo es notable porque una de las esquinas de la pieza de madera no permanece en el mismo plano;
- ovalamiento: alabeo que surge debido al cambio en el contenido de humedad, cambiando de una figura circular a una de forma elíptica,
- alabeo localizado: es aquel alabeo que presenta una pieza de madera, mediante una desviación de su plano de forma abrupta en la fibra. Se presenta cerca de los nudos y en aquellas zonas donde se acomodaron mal los separadores de las pilas de madera para su secado, y,
- adiamantado: es el alabeo que se presenta cuando la madera a estado sujeta a cargas que la tuercen en dirección de su eje rectilíneo apareciendo su sección transversal como un rombo o romboide.

La norma rechaza la madera que presenta cualquiera de estos alabeos, cuando se rebasa los índices permisibles, figura 26.

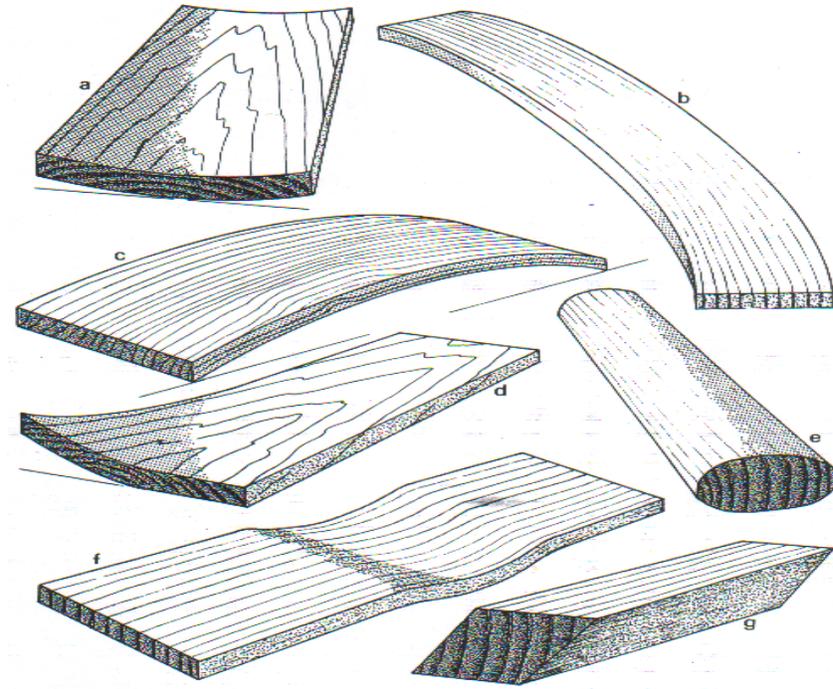


Figura 26: a) acanalamiento, b) alabeo de canto, c) arqueamiento, d) espiralamiento, e) ovalamiento, f) alabeo localizado, g) adiamantado.

Torcedura o revirado.

Es cuando el plano de la madera gira de tal manera que la cara de la madera en sus extremos definen una línea recta. Por cada 2 m de longitud en un ancho de 12 mm, no debe exceder de 1.5 mm, figura 27.

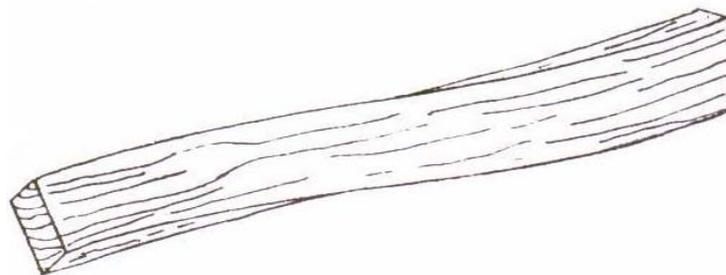


Figura 27. Torcedura de una pieza de madera.

Ataque de insectos y agujeros de larvas.

Las perforaciones pequeñas, producidas por larvas de insectos o de algún efecto mecánico, se admiten cuando su tamaño máximo no excede de los 12mm. No debe haber larvas vivas y no más de 2 agujeros por cada 60 x 60 mm, figura 28.

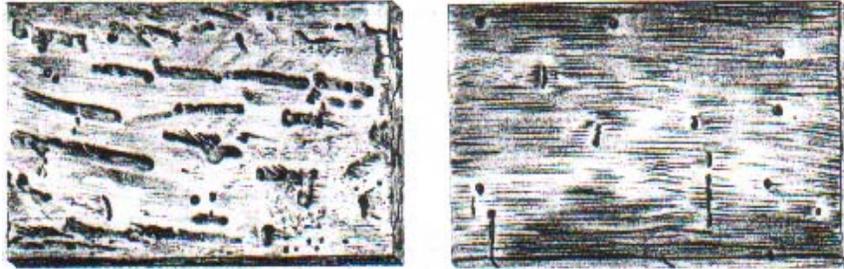


Figura 28. Orificios y galerías hechas por insectos

Una vez determinada la clasificación visual la madera será marcada con tinta y tendrá la siguiente información:

- el número de identificación del aserradero o del clasificador,
- la regla de clasificación usada,
- la calidad de la pieza, y,
- cuál fue el proceso de secado al aire libre o en estufa.

II.4 Recomendaciones para su uso.

La madera tiene múltiples usos y para ello, se le han de aplicar diferentes procesos para conservarla y aumentar su vida útil ante los efectos degradantes de insectos y cambios en el medio ambiente. Una vez que se ha pasado por este proceso se trabaja la pieza de madera transformándola para su uso.

La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación FAO, distingue los siguientes productos primarios:

- leña,
- madera rolliza (en rollo o tronco),
- madera aserrada, y,
- paneles y productos derivados de la pasta.

Madera en rollo.

En nuestro país, este tipo de madera, es de uso tradicional ya que se utiliza en la construcción de casas sencillas y tradicionales, principalmente en las zonas rurales. En general se utiliza para cubrir techos, construcción de andamios, cimbras, obras falsas y postes para sostener líneas telefónicas, figura 29.

Antiguamente se usaban como pilotes, ahora sustituidos por los de concreto. En algunos casos se sigue usando para obras de apuntalamiento en minas y cuando se trata de madera en rollo se habla de un diámetro aproximado a 25 centímetros.



Figura 29. Almacenamiento de la madera en rollo.

Madera aserrada.

Es aquella que mecánicamente ha sido transformada de madera en rollo a una pieza de forma geométrica como: listones, tablas, tablonés, vigas, etc., figura 30.



Figura 30. Madera aserrada en tablas.

Otras maderas aserradas son:

- la caoba,
- el cedro rojo,
- el aile,
- el ayacahuite,
- el guanacaste,
- el encino,
- el nogal y,
- el cedro blanco.

Entre las especies que pertenecen a las coníferas se encuentran el pino, el oyamel, el sabino, el abeto y entre las latí foliadas están el cedro, el nogal, el encino, el fresno y el barí entre otros.

Extracción de la madera.

La madera cuando se encuentra en los bosques o selvas, una vez que se realiza el corte o tala, se tiene que llevar hasta aquellas zonas donde se va a industrializar o almacenar. En este proceso se debe cuidar con el propósito de no afectar las condiciones naturales del suelo donde estaba el árbol. Para trasladar la madera desde el monte hasta donde se encuentra la fábrica transformadora, se utilizan camiones, medios acuáticos y hasta ferrocarril. En la extracción intervienen los siguientes procesos:

- corte o tala,
- transporte,
- secado (natural y artificial),
- aserrado y,
- elaboración.

Corte o tala.

Es el proceso manual o mecánico que se utiliza para derribar un árbol que se encuentra en los bosques o selvas. Está se puede realizar con maquinaria pesada, motosierras o simples hachas. Una vez que se ha hecho el apeo se sigue con el desramado, el tronzado, descortezado y despunte, figura 31.



Figura 31. Tala de un bosque y su transporte.

Almacenaje.

Una vez que la madera está en el aserradero se almacena, cuidando que el contenido de humedad en los edificios de resguardo, no sea mayor del 20 %. Se recomienda que la madera en rollo no esté en contacto con el suelo.

Cuando la madera esta almacenada en un edificio y se esté secando en forma natural (al aire libre), se debe procurar que este bien apilada, dejando espacios que permitan una buena circulación del aire, figura 32.



Figura 32. Secado de la madera al natural en pilas.

El aserrado.

Este proceso es también conocido como la industrialización de la troza, figura 33, mediante máquinas y herramientas manuales o aserrios (sierras) altamente sofisticados en los que se producen hasta 250 m³ de madera aserrada.



Figura 33. Almacenamiento de trozas.

La maquinaria necesaria para aserrar una pieza de madera en rollo, es la sierra cinta, figura 34, la que por sus ventajas económicas y su precisión al darle dimensiones requeridas a la madera es la más utilizada.



Figura 34. Aserrado de la troza con sierra cinta.

El aserradero.

Son instalaciones industriales donde se transforma la madera en rollo en madera aserrada. Los llamados aserraderos fijos, figura 35, son los que cuentan con instalaciones permanentes, donde se realizan ciclos de producción completos. En dichos aserraderos se producen los tablonés denominados:

- en bruto,
- canteado,
- canteado, retestado y calibrado,
- canteado, retestado, calibrado y clasificado,
- canteado, retestado, calibrado clasificado, secado y,
- tablonés, tablas, vigas, y viguetas.



Figura 35. Aserradero fijo.

El aserradero móvil, figura 36, es del tipo que se desplaza hasta donde se encuentra la materia prima para transformarla en tablones, tablas, vigas y viguetas. El producto es semielaborado listo para transportarse y ser corregido en otras instalaciones que le darán el acabado y dimensiones finales. Una desventaja de este sistema es que los productos sobrantes como el aserrín o la viruta quedan sin aprovecharse.



Figura 36. Aserradero móvil.

El desarrollo de esta industria es afectado por muchas variables, entre ellas podemos mencionar la disminución de los recursos forestales, el aumento de la temperatura global, la creciente demanda de productos industrializados, así como los altos costos de producción.

A nivel mundial el campo de los aserraderos ha ido mejorando en sus procesos de producción con la generación de nuevas tecnologías, las cuales se basan en las características del material y en modelos matemáticos de producción y explotación. La optimización de la producción está orientada a incrementar la eficiencia en los procesos del aserrado y aumentar el rendimiento volumétrico total de la producción aserrada.

Elaboración de productos.

Como productos tenemos tablones, tablas, vigas y viguetas. Se considera que se venden con un contenido de humedad de entre 15 % y 20 %, aunque antes de utilizarlo es recomendable aplicar algún proceso de secado al material, figura 37, 38, y 39.



Figura 37. Tablones.



Figura 38. Vigas.



Figura 39. Tablas.

Indicadores de eficiencia.

Entre los indicadores de eficiencia de producción se encuentran principalmente el:

- rendimiento volumétrico total,
- porcentaje de desperdicios como el aserrín viruta y otros,
- valor por metro cúbico de madera aserrada, y,
- valor por metro cúbico de madera en troza.

El rendimiento volumétrico.

Se refiere a la utilización de la madera en troza sin considerar sus dimensiones ni la calidad de la madera aserrada, sin embargo existen varios factores que afectan este rendimiento volumétrico, figuras 40 y 41, entre ellos están:

- el diámetro de las trozas,
- la longitud de la troza,
- la conicidad de la troza,
- el diagrama de troceado,
- la calidad de las trozas, y,
- el diagrama de corte.

Estos factores afectan directamente la calidad y cantidad de la producción de la madera aserrada.

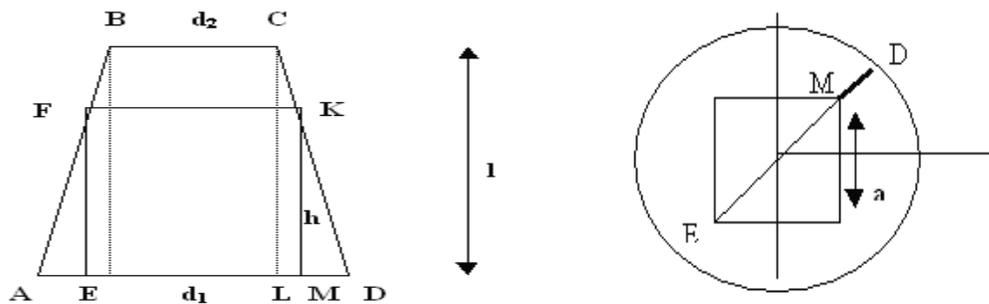


Figura 40. Conicidad de una troza

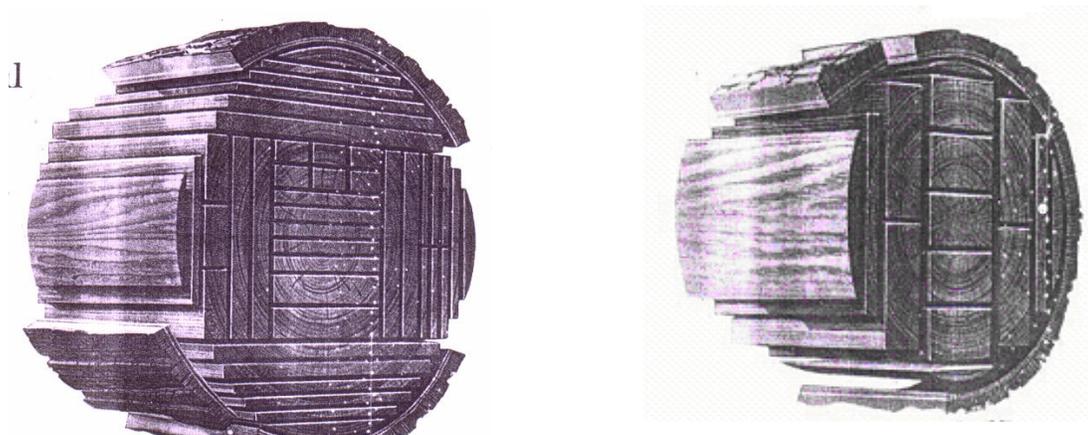


Figura 41. Optimización de una troza, también conocido como despiece.

Tableros.

Un tablero o panel es un producto de madera que se obtiene al someterlo a un proceso industrial, figuras 42, 42a y 42b. Está constituido por partículas chapa o fibras de dimensiones pequeñas. Se recomienda su uso para fines estructurales o decorativos.

La Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación clasifica a los tableros en tres tipos:

- madera contra chapada,
- fibra, y,
- de partículas.

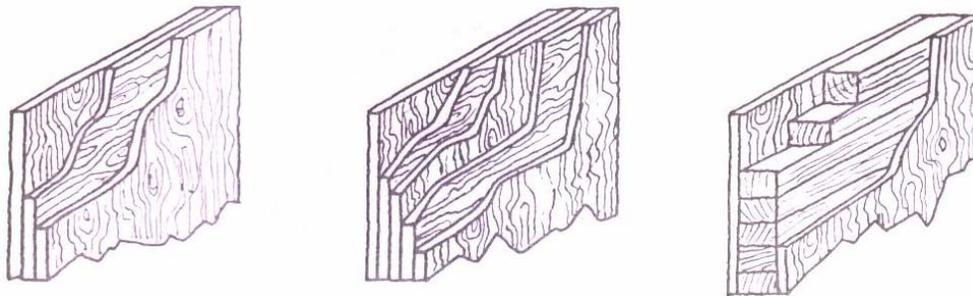


Figura 42. Tableros de madera contrachapada y tableros listonados.

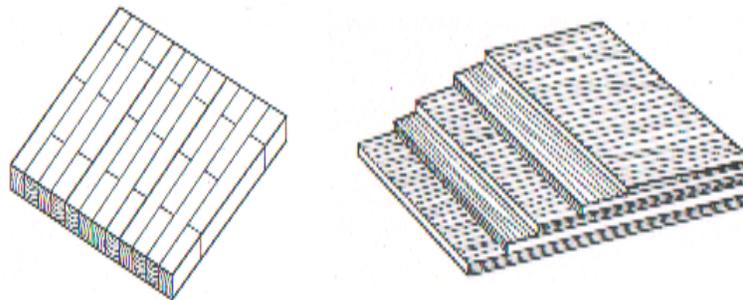


Figura 42a. Tableros de madera contra chapada, triplay de 3 a 5 capas y madera listonada.

De los tableros mencionados el contrachapado y el de partículas, tienen aplicaciones estructurales. Se recomienda su uso ya que poseen características mecánicas de resistencia mayores a la de la madera maciza, figura 42 b.



Figura 42 b. Madera contra chapada en varios espesores.

Ventajas de los tableros.

En seguida se mencionan algunos de ellos:

- la madera aserrada siempre presenta fisuras, nudos, pandeo, etc.; características que no se presentan en los tableros,
- la fabricación de paneles permite mayores dimensiones que la madera maciza lo que puede cubrir superficies en un menor tiempo,
- los tableros en condiciones de presencia de humedad debidas al medio ambiente, presenta menores cambios dimensionales. Se recomienda que los tableros no estén en contacto directo con la humedad,
- en su fabricación utiliza elementos considerados como desperdicios, la viruta, el aserrín y partículas como astillas, al salir del cepillado de la madera,
- los tableros pueden diseñarse incorporando diversas sustancias que modifiquen sus características y tengan un mejor comportamiento ante las condiciones que se le exponga, tales como resistencia al fuego, a la humedad, a la pudrición etc.
- en la fabricación de los tableros se pueden usar maderas de menor calidad o dureza y madera de árboles de crecimiento rápido,
- es importante escoger el tipo de tablero que cubra las necesidades de la estructura que se quiera construir,
- por ejemplo un tablero de los llamados aglomerados jamás debe exponerse a la humedad o a cargas altas por largos periodos de tiempo ya que sufrirá deformaciones permanentes e irreversibles, porque la madera en estas condiciones tiende a hincharse, perdiendo de esta forma todas sus características de resistencia.



Figura 43. Paneles forrados con tableros de fibras orientadas, Oriented Strand Board (OSB).

Clasificación general de los tableros.

La tecnología ha mejorado cada día las formas y características mecánicas de los tableros que les han dado nuevos usos en la construcción a, saber:

- Tableros de madera maciza, constituidos por varias piezas ensambladas de canto unidas con pegamento, en ocasiones los cantos pueden ir machihembrados o con ranura y lengüeta.

- Tableros con alma enlistonada formados con piezas cuya alma es de madera maciza pero de menor calidad. En cada cara lleva una capa de chapa de unos 2mm de espesor.
- Tableros listonados, están formados por piezas de madera maciza con diferentes longitudes, cuatropeados y pegados.
- Tableros de madera contrachapeada, formados por piezas de madera pegadas a veces con adhesivos especiales que les dan diferentes propiedades para usos variados. Las chapas suelen tener un espesor de 2.5 a 6 milímetros. Se recomienda emplearlos en la fabricación de muebles, encofrados, libreros y de módulos previamente diseñados para casas habitación. La calidad de estos tableros está en función del aspecto de sus caras, así como del adhesivo que se utilizó para pegarlo. A los tableros se les selecciona por la calidad de su cara y de su contracara.
- Tableros de maderas de pino, cedrillo, okumé, caoba, caobilla o de maderas de origen europeo como el abedul, el roble, el fresno y el nogal.
- Tableros de partículas o aglomerado, formados con partículas de unos 2 a 4 milímetros, aglomeradas con una resina compuesta de urea- formol o bien de urea-melamina-formol.
- Tableros de virutas orientadas OBS (Oriented Strand Board).
- Tableros de virutas (Waferboard).
- Tableros de fibras duras de peso específico van desde 0.8 o 1.0 g/cm³ hasta 800 kg/m³.
- Tableros de fibras de densidad media (MDF), formadas con fibras lignocelulósicas.
- Tableros de madera cemento, conformada por partículas de madera, unidas mediante una pasta de cemento con aditivos y sometidos a presión.
- Tableros compuestos, formados por un alma que puede ser de vidrio, corcho, espumas sintéticas, y otros materiales. Esta alma suele tener propiedades acústicas y aislantes.
- Tablero alveolar o tableros mixtos, formados a base de chapa ondulada. Sus caras son de madera en contra malla pegadas al alma.

El peso específico de los tableros se clasifica en: ligero de 250 a 450 kg/m³, semipesado de 451 a 750 kg/m³ y pesados de 751 kg/m³ en adelante.

Materiales de revestimiento.

Los tableros suelen cubrirse con diferentes materiales, por ejemplo:

- chapa de madera,
- laminado de PVC,
- laminados decorativos impregnados de melamina, y ,
- laminados decorativos de poliéster.

Una vez que se ha identificado el tipo de madera a emplear en la construcción de algún elemento, se debe tener en cuenta la durabilidad natural de la madera, en función de las condiciones a las que estará expuesta. Existen maderas de mayor o menor grado de durabilidad a los agentes bióticos o abióticos que

degradan la madera. Cuando no se pueden utilizar especies resistentes, éstas deberán estar sometidas a tratamientos químicos para aumentar su durabilidad.

Protectores de la madera.

Por la acción protectora que realiza puede ser: insecticida si protege a la madera de la acción de los insectos xilófagos, fungicida si protege de la acción de los hongos, ignífugo si la acción protectora trata que la madera pase de ser medianamente inflamable a difícilmente inflamable, considerando el grado del tratamiento contra el fuego al que ha sido sometida tanto la madera, los tableros o sus derivados.

Los protectores de la luz son pinturas que contienen pigmentos metálicos que tapan totalmente la veta de la madera o bien los llamados lasures (barnices pigmentados). Dichos pigmentos no tapan la veta de la madera pero si la oscurecen. La protección es de dos tipos, protección preventiva y prevención curativa.

Se recomienda utilizar tratamientos superficiales cuando la madera no va a estar expuesta a la humedad o al ataque de termitas. Cuando la madera aún está en estado verde es conveniente protegerla con tratamientos superficiales para evitar la aparición de hongos que provoquen la llamada mancha azul. La protección superficial solo penetra unos cuantos milímetros y la profundidad de penetración depende fundamentalmente del tipo de disolvente y de la especie de madera. En carpintería y ebanistería se utilizan productos orgánicos los que se aplican con brocha o con compresora, mientras que en los aserraderos se utilizan sales aplicadas mediante inmersión breve. Cuando se requiere una penetración mayor se aplican sistemas por medios industriales de autoclave o inmersión caliente y fría. En otros casos se llega a sustituir la savia, mientras que la autoclave es el único que garantiza la profundidad requerida. El aparato consiste de un cilindro de acero en el que se inducen vacíos y presiones altas con bombas especiales donde se introduce la madera, figura 44.



Figura 44. Madera tratada a presión en autoclave (Universidad de Michoacán de Hidalgo).

La madera es un material altamente recomendable para armar puertas ventanas, pisos, recubrimientos y techos. Para ello se requiere conocer los métodos y así evitar su deterioro. En la tabla 3, se indican algunas características de la madera, sus usos y la aplicación de protectores.

Condiciones de exposición	Tipos de productos	Tipos de protección	Medidas adoptadas para proteger la madera	Producto	Cantidad de aplicación	Método de tratamiento
sin riesgo de humedad	muebles, pisos de madera, escaleras, puertas, etc.	superficial	tratamiento químico por riesgo de ataques de insectos	sales hidrosolubles	50 gr/m ³	difusión, inmersión, y brocha
sin riesgo a la humedad	vigas, puertas, y cerchas	superficial	tratamiento químico.	sales hidrosolubles	50 gr/m ³	difusión, inmersión y brocha
en riesgo humedad accidental	cerca de desagües o cañerías	media	reparar los daños en las cañerías.	sales hidrosolubles doble vacío	de 3 a 4 kg/m ³	difusión, inmersión, doble vacío y brocha
riesgo de humedad permanente	carpintería exterior, pórticos y muebles de jardín	media	tratamiento químico	impregnación o fondo, sales hidrosolubles, doble vacío	250 ml /m ² , 5 kg/m ³ y 25 kg/m ³	Inmersión, autoclave, vacío, presión y doble vacío
humedad permanente	pilares, cerchas, bodegas y empalizadas	profunda.	tratamiento químico	sales hidrosolubles	8 kg /m ³	autoclave, vacío y presión

Tabla 3. Tratamiento de la madera dependiendo del uso.

II. 5 Maderas mexicanas.

La madera es considerada como un material poco confiable, debido a su poca durabilidad, por ser inflamable y por ser poco resistente ante fuerzas debidas al viento (tornados, huracanes, ráfagas, etc) y a los sismos. Además de que en nuestro país no se ha fomentado su uso, ya sea para desarrollar sistemas modulares o de autoconstrucción. Solo se observa un avance significativo en el campo de la construcción residencial. Otro factor es el costo y su variación de un distribuidor a otro, ya que como sabemos no hay normatividad que regule los precios de la madera.

En nuestro país es abundante tanto en volumen como en especies, muchas de ellas mal aprovechadas y otras al ser taladas indiscriminadamente no recupera su reforestación. Conocer las especies endémicas y algunas de sus características dará credibilidad al material en el uso de estructuras permanentes, como en casas habitación, utilizando la madera de pino o bien de otras especies que se dan en el lugar de construcción. Existen algunos organismos gubernamentales y particulares cuya finalidad es la de fomentar el uso de la madera así como impulsar el estudio de sus características y propiedades. Sin embargo se requieren más estudios de las maderas mexicanas.

En la tabla 4, se resumen los diferentes nombres, la distribución, así como algunas características y usos que se le da a la madera según las diferentes zonas de crecimiento en la República Mexicana.

Tabla 4. Nombres regionales y distribución de maderas mexicanas.

Nombres regionales	Distribución	Características	Observaciones
Familia: <i>Pinaceae</i> . Abeto, oyamel, bamsú, pinabete y guayame.	Altamente distribuida en la República Mexicana pero limitada a alturas de 1200 a 3500 m.	Color: crema blanquizco. Olor: no tiene olor. Sabor: sin sabor. Anillos: formados por franjas de madera, tardía y temprana. Lustre: muy alto. Textura: fina. Grano o fibra: recto Dureza: muy blanda.	Madera parecida a la de la familia de las picea, sin embargo esta última es aún más blanda y suave. Usos: cajas para empaques de alimentos, abatelenguas, palillos, etc.
Familia: <i>Moraceae</i> . Ramón, ojote capomo y mojú.	Se encuentra principalmente en la zona del Golfo de México, Sur del estado de Tamaulipas Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo y en los Estados de Michoacán, Jalisco, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.	Color: Amarillo uniforme Olor: no tiene Sabor: no tiene. Lustre: alto. Textura: muy fina. Grano o fibra: recto ondulado y entrecruzado. Dureza: madera muy dura y pesada.	Anillos poco visibles Rayos delgados y abundantes. Usos: madera que por su dureza se utiliza en mangos para herramienta, es ideal para pisos de madera.
Familia : <i>Guttiferae</i> barí, leche maría y barilla	Se encuentra principalmente en la zona de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.	Color: uniforme pardo amarillento, con tintes rosáceos Olor: no tiene. Sabor: no tiene. Lustre: mediano. Textura: mediana a áspera. Grano o Fibra: recto. Dureza: mediana.	Madera de poros grandes y abundantes en forma diagonal. A veces se le confunde con la caoba, pero esta es más dura y pesada. Usos: se le utiliza para elaborar madera contrachapada, elaboración de pisos, parquet, para construir durmientes y muebles finos.

<p>Familia: <i>Meliaceae</i></p> <p>Cedrela mexicana.</p> <p>Cedro, cedro rojo, cedro oloroso y cedro macho.</p>	<p>Se encuentra principalmente en el sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, Tabasco, Campeche, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Chiapas.</p>	<p>Albura de color pardo amarillento, duramen de Color: rojizo claro, oscuro rosáceo.</p> <p>Olor: aromático y muy agradable.</p> <p>Sabor: ligeramente amargo al paladar.</p> <p>Lustre: alto.</p> <p>Textura: mediana</p> <p>Grano: recto y ligero</p> <p>Dureza: de mediana a suave.</p>	<p>Anillos de crecimiento fácilmente visibles, rayos abundantes pero no visibles a simple vista.</p> <p>Usos: se utiliza para construir puertas ventanas, piezas torneadas y pasamanos.</p>
<p>Familia : <i>Bombaceae</i></p> <p>Ceiba, pochote y parota.</p>	<p>Se encuentra principalmente en el sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, Tabasco Campeche , Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Chiapas.</p>	<p>Color: homogéneo, blanco o pardo, rojizo oscuro.</p> <p>Olor: no tiene.</p> <p>Sabor: no tiene.</p> <p>Lustre: de medio a alto.</p> <p>Textura: áspera.</p> <p>Grano o fibra: recto o ligeramente ondulado.</p> <p>Dureza: blanda y ligera como la madera balsa</p>	<p>Grandes poros, los rayos son muy notables por su tamaño y color.</p> <p>Usos: en chapa para madera contrachapada (triplay), artículos torneados, madera para flotadores, juguetes, etc.</p>
<p>Familia: <i>Cupressaceae.</i></p> <p>Cedro, cedro blanco, táscate y ciprés.</p>	<p>Distribuida en todo el país.</p>	<p>Color: pardo rosáceo o rojizo claro, albura crema.</p> <p>Olor: aromático.</p> <p>Sabor: no tiene.</p> <p>Lustre: alto.</p> <p>Textura: muy fina.</p> <p>Fibra: recta.</p> <p>Dureza: muy blanda.</p>	<p>Resistente a las termitas, se recomienda trabajarla con porcentajes de humedad menores al 12%, de otra manera sufrirá grandes contracciones en lugares con calefacción interior artificial apareciendo grietas deteriorando los acabados de barniz y otros.</p> <p>Usos: en muebles finos, ventanas y puertas.</p>
<p>Familia: <i>Leguminosae.</i></p> <p>Guapaque, paque, paquí, tamarindo silvestre.</p>	<p>En el sur de Veracruz Tabasco y Norte de Chiapas.</p>	<p>Color: crema amarillento a rozado con duramen de pardo a rojizo.</p> <p>Olor: no tiene.</p> <p>Sabor: no tiene.</p> <p>Lustre: medio.</p> <p>Textura: fina.</p> <p>Grano: recto.</p> <p>Dureza: muy dura y pesada.</p>	<p>Madera muy dura y pesada, y resistente, se utiliza en la elaboración de durmientes para ferrocarril, estructuras para puentes de ferrocarril, construcción de casas habitación, alta resistencia al contacto con el suelo.</p>
<p>Familia : <i>Leguminosae</i></p> <p>Guanacaste, necaste, parota y orejón.</p>	<p>Se encuentra principalmente en el sur de Tamaulipas, San Luis Potosí, Tabasco, Campeche, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Chiapas.</p>	<p>Color: crema blanquizco a pardo, pardo a rojizo.</p> <p>Olor: muy irritante en las fosas nasales, llega a provocar alergias.</p> <p>Sabor: no tiene.</p> <p>Lustre: medio.</p> <p>Textura: áspera.</p> <p>Fibra: hilo recto.</p> <p>Dureza: madera relativamente suave.</p>	<p>Muy difícil de trabar ya que se necesita mucha experiencia para dejarla con textura presentable.</p> <p>Se recomienda usar cubre bocas o mascarillas para trabajarla</p> <p>Usos: en la elaboración de duela como chapa, fácil para hacer escultura cajas, etc.</p>

<p>Familia : <i>Oleaceae</i> fresno, plumero, fresnillo y escobilla.</p>	<p>Se encuentra en todo el país, principalmente en la Ciudad de México.</p>	<p>Color: blanco. grisáceo, crema, . Olor: no tiene Sabor: no tiene. Textura: mediana. Fibra: recta. Dureza: de mediana y pesada.</p>	<p>Usos: en la elaboración de mangos para herramientas, duelas para piso, escaleras, muebles, etc.</p>
<p>Familia: <i>Cupressae</i> Sabino, cedro blanco, enebro y táscate.</p>	<p>Se encuentra prácticamente en todo el país.</p>	<p>Color: crema amarillento pardo, duramen pardo rojizo. Olor: muy agradable a lápiz. Sabor: no tiene. Textura: muy fina. Grano: recto. Dureza: muy blanda y ligera, algunas con un poco más de dureza.</p>	<p>Es resistente al ataque de las termitas. Se utiliza en la construcción de muebles, cajas, una característica importante es que no muestra bolsas de resina. La madera debe tener contenidos de humedad menores al 12%, en caso contrario la madera sufrirá grandes deformaciones y contracciones al variar el contenido de humedad dañando los acabados como holguras y barnices.</p>
<p>Pinus Familia : <i>Pinaceae</i> Pino, pino chino, pino piñón ocote blanco, pino real y pino de moctezuma.</p>	<p>Distribuido ampliamente en el territorio nacional.</p>	<p>Color: blanco, crema, crema pardo, blanco rosáceo, pardo rojizo. Olor: a resina. Sabor: no tiene. Lustre: mediano. Textura: fina. Grano: recto e irregular. Dureza: blanda ligera hasta un poco dura.</p>	<p>Presenta anillos de crecimiento bien definidos. Usos: es la madera que más se comercializa y la más utilizada en la construcción, como cajones para cimbra vigas, postes, puertas ventanas, muebles, duela, techos, etc.</p>
<p>Familia : <i>pinaceae</i> Ayacahuite, acalocahuite, acanita, ocote blanco, ayacahuite colorado, pino real, etc.</p>	<p>Se encuentra principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila Durango, México, Hidalgo y Oaxaca.</p>	<p>Color: crema amarillento claro muy homogéneo. Olor: no tiene. Sabor: no tiene. Lustre: alto Textura: fina Grano: recto Dureza: blanda ligera pero muy resistente.</p>	<p>Tiene muy poca madera tardía lo que le da un aspecto muy uniforme. Usos: por su estabilidad dimensional una vez que tiene un contenido de humedad de 12%, se utiliza en la fabricación de muebles, tableros, puertas, lambrines, duelas, etc.</p>
<p>Familia : <i>Fagaceae</i>. Encino, roble, roble blanco, encino prieto.</p>	<p>Existe prácticamente en todo el país.</p>	<p>Color; muy variable, desde blanco parduzco, crema blanquizco, pardo rojizo, hasta pardo oscuro. Olor: no tiene. Sabor: no tiene. Lustre: de bajo a alto. Textura: mediana. Grano o fibra: de recto a entrecruzado. Dureza: alta, pero se puede trabajar..</p>	<p>Madera de aspecto muy agradable, tipo colonial. Usos: es utilizada en portones, puertas, mangos para herramienta, piezas torneadas y postes.</p>

<p>Familia: <i>Bignoniaceae</i>. Primavera, pali blanco, duranga.</p>	<p>Se encuentra en la vertiente del Pacífico principalmente en los estados de Nayarit, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Chiapas.</p>	<p>Color: parduzco. Olor: sin olor. Sabor: no tiene. Lustre: muy alto. Textura: mediana. Hilo: recto. Dureza: madera blanda pero resistente.</p>	<p>Se utiliza en la fabricación de chapa, muebles finos, en acabados para interiores de barcos y otros usos exteriores en construcción.</p>
<p>Familia: <i>Meliaceae</i> Caoba, cobano.</p>	<p>La encontramos principalmente en el norte de Puebla, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.</p>	<p>Color: pardo rojizo, grisáceo claro rojizo oscuro, pálido rosáceo. Olor: aromático. Sabor un poco amargo. Lustre: de medio a alto. Textura: medianamente áspera. Hilo: recto y entrecruzado. Dureza: media.</p>	<p>Con ella se construyen muebles, se elabora chapa, puertas, madera contrachapada (triplay) se utiliza principalmente para muebles finos, cantinas, etc. Hay algunas diferencias entre la caoba del golfo y la del pacífico una de ellas sería su peso y su dureza, así como su aspereza.</p>
<p>Familia : <i>Combretaceae</i> Cansaban, canalote, sombrerete, guayaba, etc.</p>	<p>Veracruz, norte de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Sur de Campeche.</p>	<p>Color: rosáceo, pardo rojizo claro o pardo rojizo oscuro. Olor: no tiene. Sabor: no tiene. Lustre: alto. Textura: media. Hilo: ondulado a entrecruzado. Dureza: tiene una dureza alta al igual que su peso.</p>	<p>Usos: por su dureza se le utiliza en la elaboración de durmientes y caballetes para puentes, vigas, duelas para pisos y construcción de muebles en general.</p>

Texturas de las maderas mexicanas.

Las siguientes figuras muestran algunas texturas de maderas mexicanas, usadas para cimbras, vigas, estructuras y elaboración de muebles en la carpintería, figuras (45a) a (45f).



Figura 45a. Pino, pino chino y pino colorado.



Figura 45 b. Pinabete, ocote y pino moctezuma.



Figura 45 c. Pino prieto, oyamel y sabino.

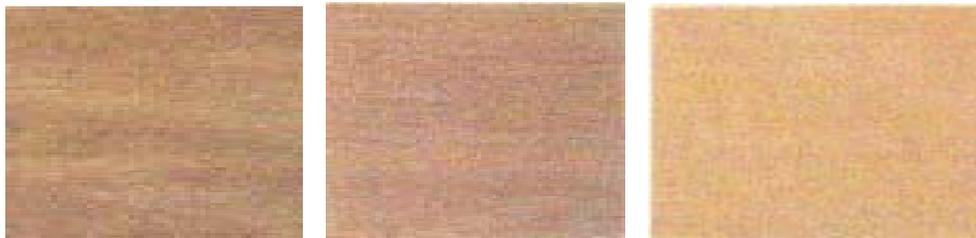


Figura 45 d. Ayacahuite, cedrillo y cedro blanco.



Figura 45 e. Cedro rojo, ceiba y encino blanco.



Figura 45 f. Encino colorado, fresno y guanacaste.

III .1 Propiedades y características de la madera.

Las propiedades de la madera dependen de: el crecimiento del árbol (vertical o inclinado); la forma de sus ramas principales y en que momento de la vida del árbol fue talado; el contenido de humedad de la madera, así como la dirección de sus fibras; la cantidad del elemento básico que forman las paredes celulares de la madera; la disposición y orientación de los materiales que forman la pared celular y su composición química, el cual explicaría el comportamiento anisotrópico.

Propiedades físicas.

Densidad o masa específica. Se define como la razón entre la masa y el volumen;

$$\ell = m / v$$

donde:

ℓ es la densidad,
 m es la masa y,
 v es el volumen.

Las unidades de la densidad, en el SI, son [Kg / m³].

El peso específico. Se define como la razón entre el peso y el volumen;

$$\gamma = w / v$$

donde :

γ es el peso específico,
 w es el peso y ,
 v es el volumen.

Las unidades de la densidad, en el SI, son [N / m³].

Cabe mencionar que en algunas tablas de valores, no se especifica si se trata de densidad o peso específico cuando este último se obtiene en kg_f / m³, debido a que los valores absolutos de la densidad en el SI y del peso específico en el sistema gravitacional no varía. A partir de ahora solo mencionaremos la densidad.

Una característica importante es el contenido de humedad inicial ya que la madera es un material poroso, higroscópico que además contiene muchos extractivos, entre ellos: la lignina, la celulosa y la hemicelulosa. El volumen y su peso varían con los cambios en el contenido de humedad, por lo tanto su densidad depende de las condiciones con las cuáles se hizo la medición.

La densidad de la madera se puede calcular en los siguientes estados: madera en estado verde (Vv), es decir cuando la madera está saturada de agua y no sufre más expansiones o contracciones, y la otra, cuando la madera está en estado seco, anhidro (Pa), estado donde la madera no sufre de contracciones.

Si la madera posee un contenido de humedad del 12 %, se dice que la densidad es normal, mientras que si su contenido de humedad del 30 %, que es el punto de saturación de la fibra, entonces se considera de densidad básica. La densidad está íntimamente ligada con la resistencia, con la conductividad térmica y con otras características y propiedades.

En la tabla 5 se dan las densidades para algunas maderas mexicanas, usadas tanto en la construcción como en la elaboración de muebles.

Nombre común	Densidad (Pa/ Vv) Kg / cm ³	Densidad (Pa/ Vv) gr / cm ³
Pino blanco	450	0.45
Pino chino	460	0.46
Pino lacio	450	0.45
Tzalam	600	0.60
Machiche	760	0.76
Ceiba	280	0.28
Guanacaste	350	0.35
Cedrillo	520	0.52
Oyamel	380	0.38
Encino	710	0.71
Caoba	400	0.40

Tabla 5. Densidad de la madera donde Pa (peso anhidro) y Vv (volumen verde).

Las maderas ligeras o de baja densidad resultan ser de tonos claros, blandas, muy elásticas, fáciles de trabajar y poco durables. Mientras que las maderas de alta densidad son oscuras, duras y resistentes, de alta durabilidad y de tacto muy fino.

Peso de la madera.

El peso (w) de la madera en el SI se da en Newton equivalente a $[kg\ m/seg^2]$:

$$\text{así } w = m\ g\ [N];$$

donde:

$$m = \text{masa } [Kg]$$

$$g = 9.81\ [m/seg^2]$$

El peso total de la madera es la suma de los pesos correspondientes de:

- la madera anhidra,
- el agua contenida en las paredes celulares y en los espacios libres, y ,
- extractivos tales como; resinas, aceites etc.

La densidad de la madera es muy variable, va desde valores pequeños que pertenecen a maderas muy ligeras y quebradizas como la madera balsa de solo $100\ [Kg/m^3]$, a valores de $1300\ [Kg/m^3]$ de la madera de Guayacán siendo está última muy dura y pesada. En cuanto a la madera de pino que es la más usada en la construcción, su densidad varía de $300\ [Kg/m^3]$ a $650\ [Kg/m^3]$, con un contenido de humedad del 15% mientras su peso varía de $390\ [Kg/m^3]$ a $710\ [Kg/m^3]$.

Propiedades térmicas.

Las propiedades térmicas de la madera resultan ser ventajosas con respecto a otros materiales de construcción. Como ya mencionamos, la madera es un material anisotrópico y los valores de sus coeficientes de expansión térmica (ΔL) varían según sus ejes. Estos valores resultan ser del orden de $1/3$ a $1/10$ de los valores comunes para materiales como el metal, el concreto o el vidrio.

El coeficiente de expansión térmica (ΔL) varía directamente con la densidad de la madera, en especial en la dirección tangencial y radial. Con el modelo matemático siguiente, se puede determinar el cambio dimensional de la madera a causa de las variaciones de la temperatura.

$$\Delta L = \ell \cdot L_i \cdot \Delta T$$

donde:

ΔL = cambio dimensional lineal en centímetros [cm],
 ℓ = coeficiente de expansión lineal igual a [$1/^\circ\text{C}$],
 L_i = dimensión lineal inicial en centímetros [cm] y ,
 ΔT = cambio de temperatura sufrida en grados Celsius [$^\circ\text{C}$].

Coeficiente de conductividad térmica (λ).

Se define como la cantidad de calor en kilocalorías [kcal], a la cantidad de calor que pasa a través de las caras opuestas de un cubo de arista igual a un metro, de forma permanente y que tienen una diferencia de temperatura de 1°C entre sus caras. En el SI las unidades son [$\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$]. La conductividad térmica es una propiedad física que indica con que facilidad una cierta sustancia puede transmitir el calor. En la madera, la conductividad térmica, depende principalmente de los siguientes factores: la temperatura, la dirección de la fibra, el contenido de humedad, los extractivos que contiene y algunos defectos tales como nudos y grietas, entre otros. En la construcción se sigue utilizando materiales que superan a la madera en la conducción del calor, en la tabla 6 se aprecian estos valores.

Material.	λ (CGS) [cgs kcal/m h $^\circ\text{C}$]
Aluminio	172
Acero	39
Hormigón	1.0
Ladrillo macizo	0.75
Vidrio	0.60
Yeso	0.45
Madera de latifoliadas	0.15
Madera de coníferas	0.11
Tablero de partículas	0.08
Tablero de fibras	0.06

Tabla 6. Valores de conductividad térmica para algunos materiales.

donde una [kcal] equivale a 1.163 [W].

Conductividad eléctrica.

En general la madera es un mal conductor del calor debido a que tiene una gran cantidad de poros, los cuales contienen aire. Si la madera permanece seca es mala conductora, pero si está saturada su conductividad aumenta, por lo que es importante mantener la madera seca. La resistencia a la conductividad eléctrica crece a medida que aumenta la densidad de la madera. La madera como aislante

tiene una resistencia que varía entre 3×10^{17} y 3×10^{18} [Ω cm], comparándose de forma favorable con la de la baquelita que es de 1×10^{12} [Ω cm].

Dureza.

La dureza es la resistencia que opone el material al desgaste, al rayado o a ser penetrada por clavos o brocas y está en función de su densidad. Si el hincado o clavado se realiza en forma paralela a las fibras la resistencia disminuye sin embargo si el hincado es perpendicular a las fibras la resistencia aumenta. Existen maderas muy duras como el encino, el palo “hierro”, el fresno y el tzalam; o muy ligeras y blandas como la madera balsa y el pino. Comparada con el acero o el concreto la madera es blanda y fácil de trabajar, permitiendo realizar cortes o efectuar uniones ya sea con otras maderas o con otros materiales.

Para determinar la penetración de una pieza en la madera se utilizan los métodos denominados Brineli y Janka.

Método Brineli. Consiste en la determinación de la huella que produce en la madera una esfera de acero de unos 10 mm de diámetro, con una carga de 200 kg, aplicada durante un minuto.

Método Janka. Consiste en determinar la carga necesaria para introducir hasta su mitad una esfera de acero de 11.284 mm de diámetro, donde el área de la esfera es $\pi d^2/4$ y la proyección del casquete es de 1 cm^2 , figura 46.

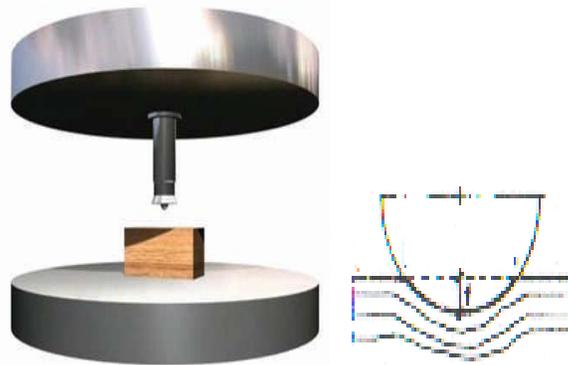


Figura 46.

Acústica.

Propiedad de la madera que también depende de su densidad; si la densidad es baja tiende a dejar pasar el ruido muy fácilmente, mientras que si es alta se evitará el paso del ruido. Algunas especies de madera poseen poros muy abiertos lo que favorece la absorción del ruido, evitando el molesto efecto del rebote en paredes y techos. La madera posee dos propiedades importantes el aislamiento y la absorción, por lo que la madera por sí sola no es una buena barrera contra el sonido y para lograr un buen aislamiento se debe combinar con otros materiales. Estos dos aspectos son muy importantes en el diseño de una construcción.

Transmisión del sonido.

La rapidez de transmisión del sonido en la madera es de aproximadamente igual a 4500 m/s, siendo esta una de las causas por la que muchos instrumentos musicales se siguen construyendo en madera.

La siguiente expresión permite calcular la rapidez de transmisión del sonido en la madera:

$$v = \sqrt{E / \ell}$$

donde :

$$v = \text{rapidez en [m/s],}$$

$$E = \text{modulo de elasticidad de la madera [kg/cm}^2\text{] y,}$$

$$\ell = \text{densidad de la madera [kg/m}^3\text{] .}$$

donde la constante de proporción $k=1$ tiene por unidades $[\text{cm}^2/\text{m s}^2]$.

Otras características.

La madera posee algunas propiedades no muy agradables como el olor o el sabor, una de ellas se presenta en el guanacaste, que al cepillarla o lijarla el aserrín produce un tipo de alergia. Esta situación se previene usando cubre bocas o mascarillas.

Anisotropía.

El comportamiento tanto físico como mecánico de la madera presenta resultados diferentes según sea el plano o dirección que se considere, ya sea en la dirección longitudinal, transversal o radial, como ejemplo diremos que la resistencia es mayor en el sentido longitudinal, siendo de 20 a 200 veces más que en el sentido transversal. Como la madera no presenta las mismas características, en las diferentes direcciones entonces esta propiedad dependerá de la dirección de las fibras dando como resultado diferentes valores.

La humedad.

Ésta varía de acuerdo a su espesor, por lo que hay más humedad en el centro de la pieza que en el exterior. En general la albura tiene más humedad que el duramen. La madera es un material higroscópico que con el tiempo equilibra su humedad con la del medio ambiente, por lo que su contenido de humedad dependerá de la humedad relativa del aire.

El contenido de humedad porcentual (CH%) se obtiene de la razón entre el peso anhidro y el peso del agua multiplicada por cien.

$$\text{CH \%} = \frac{\text{PI} - \text{PA}}{\text{PA}} \times (100)$$

donde:

$$\text{PA} = \text{peso anhidro (seco) de la madera en [gr],}$$

$$\text{PI} = \text{peso húmedo en [gr], y,}$$

$$\text{CH} = \text{contenido de humedad expresado en porcentaje.}$$

En general el agua que contiene la madera puede proceder de su constitución estructural, la que se encuentra en las paredes celulares (agua fija) y de las que sobrepasa el punto de saturación de la fibra (agua libre).

Cuando se da el contenido de humedad en porcentaje se tiene, por ejemplo: si una pieza de madera tiene un contenido del 15%, significa que hay 15 kilogramos de agua por cada 100 kilogramos de madera. Si la madera tiene un alto contenido de humedad ésta sede agua hasta alcanzar un estado de equilibrio con el medio ambiente, se denomina entonces *humedad de equilibrio* al porcentaje de agua que alcanza la madera, estando sometida a las condiciones de temperatura y humedad del medio ambiente.

La madera de pino llega a tener originalmente hasta un 200% de contenido de humedad y cuando es secada en estufa su contenido de humedad alcanza valores entre 7 % y 50%. Se hace notar que a menores contenidos de humedad mayor será su resistencia mecánica, por lo que es importante tomar en cuenta esta característica.

Los cambios de temperatura causados por el día y la noche provocan contracciones pequeñas en las dimensiones de la madera, Kollmann en 1959 hizo una serie de pruebas elaborando una grafica, comprobando que para casi todas las maderas el porcentaje de humedad varia desde un 100 % en condiciones ambientales hasta un 30 %, denominándose a está humedad en equilibrio, tal como se dan en la figura 47.

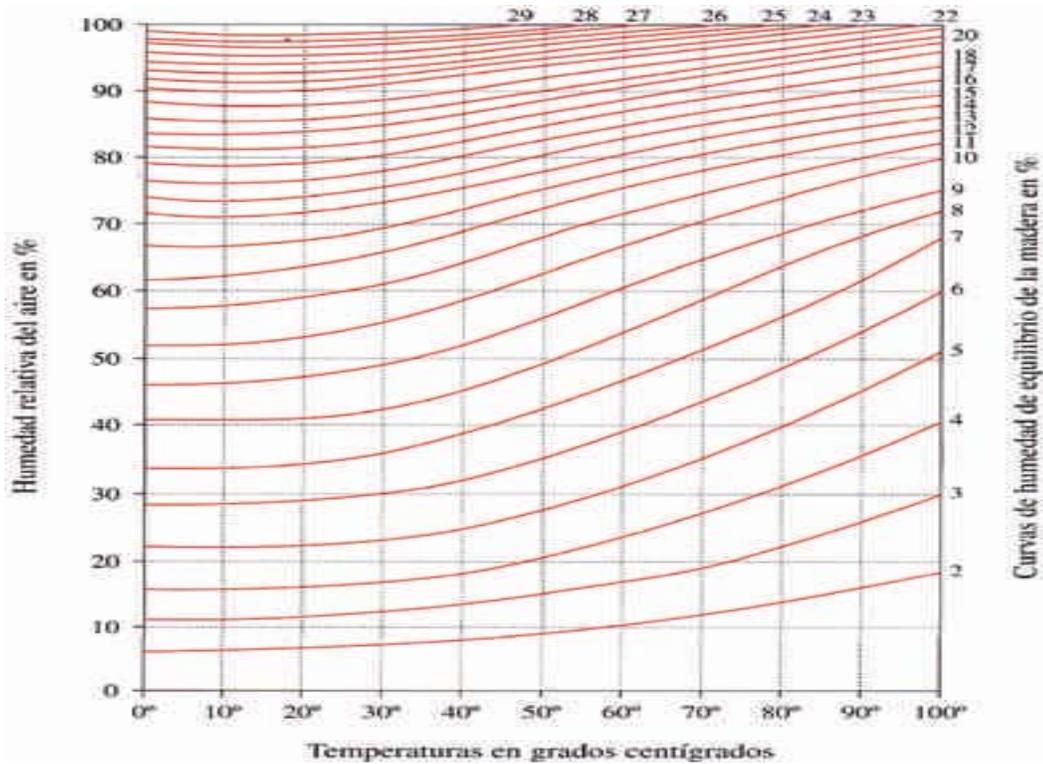


Figura 47. Contenido de humedad de la madera en equilibrio.

Si la madera pasa del estado verde al estado seco indica que va perdiendo agua, y estos estados de contenido de humedad se resumen en la tabla 7.

Contenido de humedad porcentual	Denominación
30	Madera saturada
30 – 23	Madera semi-seca
23 - 18	Madera comercialmente seca
18 - 13	Madera secada al aire
13	Madera desecada en “optimo”
0	Madera en estado anhidro

Tabla 7. Porcentajes de humedad de la madera.

De este contenido de humedad dependerán sus usos por ejemplo en obras hidráulicas, túneles, galerías, andamios, cajones para cimbras, cubiertas de madera, madera completamente cubierta de la humedad, sitios cerrados y con calefacción, y locales o casas con calefacción continua.

Las variaciones en las dimensiones de la madera dependen de la dirección de la fibra, en la dirección axial es casi insignificante siendo aproximadamente de 0.1%, en la dirección radial es mayor llegando al 6% aproximadamente y en la dirección tangencial varía entre 9% y 18%. Estos valores dependen de la densidad y de la especie que se trate, figura 48. Estos cambios llamados contracciones ocurren abajo del punto de saturación de la fibra y se denominan:

- contracción volumétrica,
- coeficiente de contracción volumétrica,
- contracción lineal tangencial, y,
- coeficiente de contracción lineal tangencial. La suma de todas estas contracciones será igual a la contracción total.

Las contracciones se ven directamente afectadas por las condiciones de trabajo, si hay disminuciones en el contenido de humedad sus dimensiones también disminuyen, mientras que si aumenta el contenido de humedad estas dimensiones aumentan, esto es; la madera al alcanzar el punto de saturación de la fibra, el cual es de un 30% aproximadamente, ya no cambia de volumen aunque alcance valores en el contenido de humedad mayores a éste porcentaje. En este punto el agua no ocupará las células de las paredes saturadas, sino los vasos y traqueidas (células de conducción y sostén) del tejido leñoso (agua libre). Por lo tanto, esta agua libre no afectará el volumen de la madera pero si puede modificar la resistencia y la dureza entre otras. A la variación de volumen de la madera en diferentes porcentajes de humedad se le denomina variación volumétrica

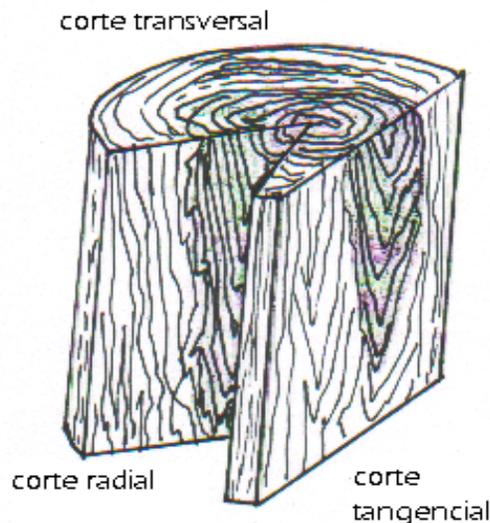


Figura 48. Direcciones principales de la madera.

Para disminuir los cambios en las dimensiones de la madera, se recurre a varios procedimientos entre ellos están el recubrir la madera externamente con barniz, pinturas, aplicar repelentes al agua (como ceras, aceites, chapopote etc.), y resinas (polientilenglicol y lasures); estos últimos disminuyen las contracciones de un 75% a un 90% .

Contenido de humedad CH	Corte tangencial	Corte mixto	Corte radial con medula
> 15 %			
15%			
< 15%			

Contenido de humedad CH	Corte tangencial parcial	Corte mixto	Corte netamente radial
> 15%			
15%			
<15%			

Tabla 8. Efectos de la deformación por contracción

Durabilidad.

Esta propiedad depende de factores como:

- la variación en el contenido de humedad,
- el contacto con el suelo,
- la especie de madera,
- el tipo de tratamiento para preservarla, y,
- las condiciones de depósito.

Unidades de comercialización de la madera.

El pie-tablón es el volumen de un prisma de 12" x 12" x 1" que es aproximadamente 0.00236 m³, el volumen de madera suelen comercializarse bajo estas dimensiones nominales. Otra manera de calcular el

pie tablón es el de multiplicar el espesor en pulgadas por el ancho en pulgadas y por el largo en pies y el resultado dividirlo entre doce.

Geometría de una pieza de madera.

Es necesario conocer los términos utilizados para nombrar todas aquellas partes de que se compone una pieza de madera.

- Cabeza: sección transversal del extremo de una pieza de madera.
- Arista: unión de dos planos que forman dos superficies adyacentes.
- Caras: superficies planas adyacentes entre si.
- Borde de una arista: superficie longitudinal colocada entre una arista y una línea imaginaria colocada al centro de la superficie o cara, este borde se encuentra a una cuarta parte de la superficie total.
- Cantos: superficies planas menores perpendiculares a las caras y paralelas entre si.

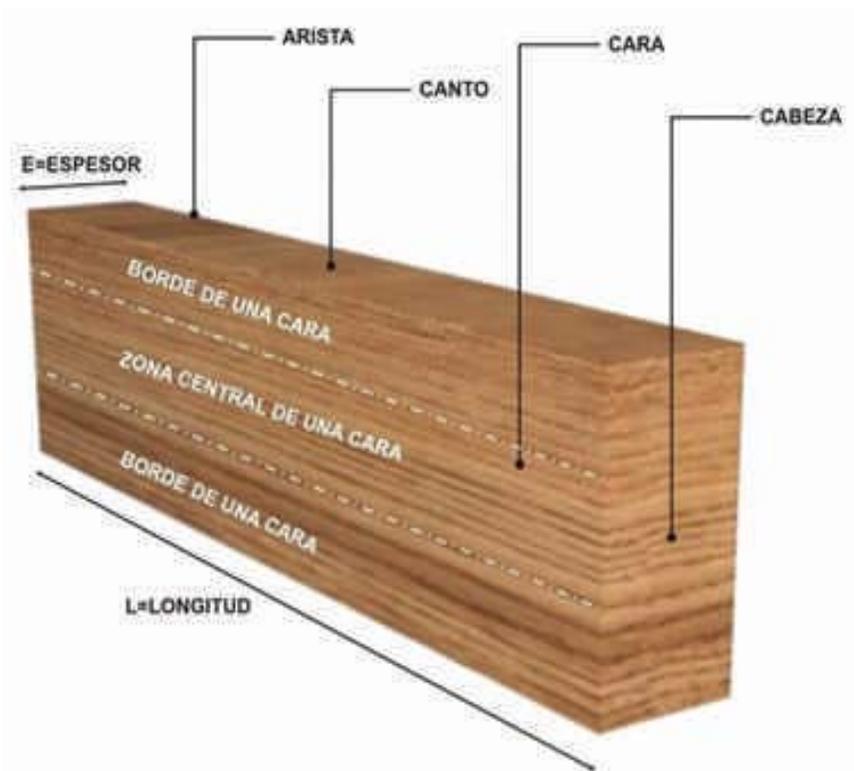


Figura 49. Términos utilizados para definir la geometría de una pieza de madera.

III.2 Conservación de la madera para su utilización en la construcción.

Cuando se trata de madera por lo general pensamos en cimbras, puertas, ventanas o vigas, cuyas propiedades mecánicas o estéticas se pierden al quedar expuestas a la intemperie o al contacto directo con el suelo la humedad, la luz solar o el fuego, por lo que es necesario protegerla de los agentes destructivos que afectan su durabilidad, tales como los llamados agentes bióticos y/o agentes abióticos.

Agentes bióticos: entre estos se encuentran, bacterias, hongos y mohos que provocan la degradación de la madera. También los mamíferos, aves y termitas provocan daños irreversibles en ella.

Agentes abióticos: entre estos están el fuego, la lluvia, el sol, agentes químicos y agentes mecánicos entre otros.

Para construir una estructura, se debe seleccionar la madera de tal forma que no tenga defectos con el propósito de reducir al mínimo el ataque de estos agentes destructores garantizando una mayor durabilidad. Una forma de proteger a la madera es con tratamientos adecuados, entonces si tenemos cuidado en la aplicación de estrategias de reforzamiento, se puede lograr que la madera tenga una durabilidad considerable con respecto a otros materiales usados en la construcción, tales como el acero, el concreto y algunos plásticos.

Aspectos importantes para proteger la madera.

Debemos evitar la acción de la humedad pues ésta provoca la proliferación de algunos hongos, además de que ocurren cambios volumétricos. Para tal efecto es necesario implementar una metodología para predecir los contenidos de humedad en el diseño de estructuras de madera. Es de suma importancia alcanzar el contenido de humedad en equilibrio con el propósito de evitar cambios tanto en sus dimensiones, como en sus características de resistencia.

Se ha observado que cuando el contenido de humedad en equilibrio varía con respecto a las estaciones del año provoca variaciones dimensionales que, deben considerarse en el diseño de estructuras permitiendo pequeños desplazamientos en elementos de unión o de sujeción. Sin embargo lo ideal sería mantener un contenido de humedad que no presente variaciones, por lo que al diseñar una estructura debe tomarse en cuenta una buena ventilación para evitar los cambios.

En algunos casos y en ciertas épocas del año se pueden usar calentadores o sistemas de calefacción avanzados que mantienen a la estructura seca. En general se debe permitir un fácil desagüe y evitar detalles de construcción que permitan la acumulación de agua.

En algunos casos será importante utilizar especies de madera que en forma natural no sean atacados por insectos, además de darle algún tratamiento. Entre ellas se encuentran: el cedro blanco, el cedro rojo, el guanacaste, el encino, el machiche, etc. En general la madera del duramen tiene mejor resistencia contra el ataque de estos agentes destructores.

En el diseño y construcción de una casa habitación, el desplante de la madera, debe hacerse sobre bases de mampostería o de concreto, con el propósito de que la madera quede separada del suelo. Si la madera está en contacto con el suelo se le aplican químicos para evitar tanto su pudrición, como el ataque de hongos o termitas. Es usual utilizar casquillos de metal en los extremos de la madera que pudieran ser afectados por el suelo, aunque estos elementos incrementarían los costos de construcción, se recomienda usarlos.

Para que la madera pueda ser considerada como un elemento indispensable en toda construcción y como algo permanente, es necesario que en nuestro país se desarrollen técnicas adecuadas para su conservación en los diferentes climas y condiciones.

Preservadores.

Actualmente en México se tienen pocos preservadores, siendo de los más usuales: los oleosos (la creosota y el pentaclorofenol) y los denominados hidrosolubles CCA (sales a base de cobre-cromo-arsénico).

La *creosota* se aplica en elementos que se utilizan como postes para teléfono, durmientes para ferrocarril; el *pentaclorofenol* se usa en forma reducida en la preservación de vigas utilizadas en tapancos o para recibir lozas de concreto. Debo hacer notar que no todas las especies de madera se adaptan a la impregnación de los productos existentes, uno de los trabajos de los investigadores nacionales será determinar que especies admiten el tratamiento.

Los investigadores Dietz y Moavenzadeth en 1977 encontraron que la madera al ser impregnada con azufre, aumenta su dureza así como su resistencia mecánica y al ataque de hongos, bacterias e insectos

En nuestro país con la gran diversidad de climas se podría pensar que los preservadores surten el mismo efecto, sin embargo la experiencia da resultados diferentes ya que no todas las especies de árboles reaccionan de forma adecuada a la impregnación de los conservadores. En general la albura de la mayoría de las especies maderables es muy permeable y puede ser penetrada muy fácilmente por preservadores, barnices o pinturas; mientras que el duramen es más difícil de penetrar. A esta madera se le suele llamar refractaria por lo que se recomienda hacerle perforaciones para facilitar su tratamiento.

Todo preservador de madera debe cumplir con requerimientos mínimos como:

- eficacia contra los organismos que afectan la madera,
- efectos duraderos,
- resistencia de inflamabilidad,
- no debe afectar la salud de la vida humana, y ,
- al aplicarlos la superficie de la madera no debe quedar grasoso dificultando de esta manera el uso de adhesivos o aplicaciones de barniz.

Cuando un elemento robusto se ve afectado por el fuego y este es parte de la estructura, se piensa que por ser un material inflamable su capacidad de carga, pronto desaparecerá. Sin embargo se ha comprobado en países con tradición en el uso de la madera, que estos elementos tiene un comportamiento superior con respecto a materiales de estructuras no combustibles como el acero.

Protección contra el fuego.

La madera cuando se encuentra en estado natural, es decir sin tratamiento, resulta ser un buen material combustible. Para iniciar la combustión se requiere una fuente calorífica y madera con oxígeno suficiente. La combustión puede ser completa o incompleta ya que la madera es mala conductora de calor por lo que retarda su combustión. En madera de secciones grandes la carbonización dificulta la entrada del aire necesario para que se realice la combustión, por lo que la temperatura mínima para la combustión no se desarrolla y la combustión se extingue. La temperatura mínima de combustión es de 275 °C, siendo un factor importante el tiempo que la madera es calentada. Por debajo de los 100 °C la madera solo deja

escapar vapor de agua, de 100 °C a 275 °C se desprenden gases incombustibles como el CO₂ ; por arriba de los 350 °C se siguen liberando gases siendo estos combustibles y entre los 400 °C y los 500 °C, la madera inicia una combustión continua siempre y cuando haya suficiente oxígeno.

Cuando un elemento robusto se ve afectado por el fuego y este es parte de la estructura, se piensa que por ser un de material inflamable su capacidad de carga, pronto desaparecerá. Sin embargo se ha comprobado principalmente en países con tradición en el uso de la madera, que estos elementos tiene un comportamiento; ante los efectos del fuego, superior con respecto a materiales de estructuras no combustibles como el acero.

Mientras que en sistemas que utilizan elementos de secciones grandes como postes (pie derecho) y vigas (soleras) se ha encontrado que el fuego ha carbonizado unos cuantos centímetros en la superficie de la madera, protegiendo al resto sin comprometer la rigidez de la estructura, esto debido a la baja conductividad térmica de la madera que solo transmite solo una pequeña cantidad de calor al resto que se encuentra más hacia adentro.

En una estructura de madera, el fuego empieza por la presencia de materiales combustibles que se encuentran en el interior del inmueble. Según la Asociación Nacional de Protección contra el fuego de Estados Unidos, existe una serie de elementos combustibles que causan fuego, en orden de importancia se da una lista en la tabla 9.

CAUSAS DE FUEGO	PORCENTAJE
Equipo de calefacción	23.8%
Por cigarrillos	17.7%
Instalación eléctrica	13.8%
Niños y cerillos	9.7%
Equipo de cocina	9.2%
Combustibles	4.9%
Depósito de gas	4.4%
Ropa	4.2%
Combustibles cerca de fuentes de calor	3.6%
Varios	8.7%

Tabla 9. Elementos que producen el fuego.

Retardantes contra el fuego.

En el diseño de una estructura de madera la resistencia al fuego está influida principalmente por sus dimensiones transversales. Sin embargo al diseñarla debemos considerar la aplicación de elementos retardantes contra el fuego, materiales aislantes a base de fibras o aplicar algún tratamiento.

Debemos aclarar que un retardante de fuego no significa “a prueba de fuego”, el tratamiento solo retarda la propagación y de esta forma se reduce el efecto de combustión en la madera. Se sabe que los egipcios usaban alumbre, los romanos le añadían vinagre y en siglo XVIII sulfato ferroso y borax. En general un retardante de fuego proporciona una capa de espuma que impide que el aire y la llama hagan contacto con la superficie de la madera impidiendo que se caliente más.

Este tipo de materiales se denominan ignífugos o retardadores de fuego, protegen a la madera haciéndola de un material combustible a otro que sea difícilmente combustible. Entre los retardantes están los que impiden que el oxígeno lleguen a la madera por solo unos cuantos minutos, inclusive aquellos que reaccionan ante el calor, liberando sustancias que atrapan el oxígeno que hay en el aire impidiendo que la madera se quemé.

Los retardantes del fuego se aplican en:

- muros exteriores de piso a techo,
- plataformas para muros interiores,
- armazones de muros,
- elementos verticales, y ,
- cubiertas y ductos de aire acondicionado.

Todo material almacenado dentro de una estructura de madera debe estar alejado de las fuentes de calor. La base de la construcción debe aumentar su protección con recubrimientos de yeso o de asbesto, ya que la madera presenta su punto crítico diez minutos antes de empezar su combustión, tiempo que se considera importante para salvar vidas humanas.

Estos tratamientos actúan como una capa protectora de espuma aislante, que permiten la emisión de gases que reducen la emisión de gases inflamables, así como la absorción de calor.

Normas existentes relacionadas con la protección contra el 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”.

Características de los retardantes.

- Provoca la rápida carbonización a temperaturas bajas.
- El calor se disipa rápidamente.
- Evita la salida de compuestos volátiles.

De todos los compuestos que se han propuesto los que tienen mejor resultado son aquellos formados por soluciones que tienen fosfato de amonio que, entre otras cosas reduce la flamabilidad de la madera y evita que se formen brasas. Una desventaja es que estos compuestos son muy fáciles de lavar con agua. Hay también pinturas retardantes la mayoría de estas son para interiores y su efectividad depende de la composición del material y del número de pasadas así como de la intensidad de la temperatura.

Los diferentes compuestos deben tener características aceptables con respecto a la resistencia mecánica, el maquinado, apariencia de la superficie, corrosión, facilidad para unir las piezas con pegamentos y para pintar su superficie.

En el mercado existen retardantes de base agua, cuya aplicación es por aspersión, con brocha, por inmersión o con llana, dependiendo del material que se quiera proteger. Este material debe permanecer latente y permanente hasta que reciba el calor de una flama, momento en el cual debe reaccionar creando una barrera evitando el inicio de la combustión y su propagación. Estos productos protegen a: la madera, el papel, la alfombra y la tabla roca, así como estructuras metálicas, instalaciones eléctricas, telefónicas, entre otras.

Para aplicar algún preservador es necesario hacerlo con métodos que permitan obtener el grado de penetración y retención que se desee. Este grado se expresa en kilogramos del preservador por m³ de madera [kg/m³], dependiendo de la anatomía de la madera y del contenido de humedad. La madera debe estar preparada para recibirlo, por ejemplo: si se usan métodos de difusión con sales hidrosolubles, la madera debe estar en estado verde limpia y libre de corteza. Si usamos otro método, la madera debe estar en forma circular (tronco, madera aserrada o en rollo) o bien en forma de tabla, de viga y libre de corteza.

Entre los métodos de aplicación están: sin presión ya sea con brocha y aspersión y aquellos aplicados a presión, ya sea por inmersión o los que implican el desplazamiento de savia.

Métodos sin presión con brocha o aspersión.

Protección contra agentes bióticos. En la aplicación superficial en la madera, con brocha, por aspersión o inmersión se usan preservadores oleosos y óleo solubles. Las piezas se ponen a remojar en los preservadores para una mejor absorción, introduciéndoles sales hidrosolubles por difusión. En el proceso se realiza una variación de la temperatura, de caliente a frío, tanto con los preservadores oleosos y como con los óleo solubles, con el propósito de aumentar su fijación.

Los métodos sin presión difieren en cuanto a la penetración y retención del preservador, y por lo tanto el grado de protección es diferente contra la acción de insectos destructores y del intemperismo. En algunos casos los resultados obtenidos al aplicar métodos sin presión son parecidos al de aquellos que usan presión, tabla 10.

Espece	Resistente a la pudrición	Resistente a las termitas	Resistente a taladradores marinos	País
Manilkara zapota	X			México
Piscidia communis	X			México
Cordia dodecandra	X			México
Lisiloma bahamensis	X			México
Moquilea			X	Brasil
Dialium guianesis			X	Brasil
Eschweilera hologyne	X	X		Venezuela
Eschweilera subgandulosa	X	X		Venezuela
Peltogyne porphyrocardia	X	X		Venezuela
Piranhea longepedunculata	X	X		Venezuela
Platymiscium pinnatum	X	X		Venezuela
Tabebuia serratifolia	X	X		Venezuela
Tetragastris mucronata	X	X		Venezuela

La tabla 10. Maderas de América Latina que tienen gran durabilidad natural.

Métodos a presión: Inmersión y desplazamiento de savia.

Con los métodos a presión se tiene mayor eficiencia debido a que se tiene control sobre las condiciones del tratamiento. Las piezas de madera se colocan en un cilindro de longitud variable en el que una vez cerrado, se introduce el preservador hasta que queda sumergida dentro del cual se pueden generar presiones altas generando vacíos. Dentro del cilindro la presión hidrostática es mucho mayor que la atmosférica lo que obliga al preservador a penetrar en la madera. De este proceso se derivan dos métodos el de la célula llena y el de la célula vacía, los que se explicarán en el siguiente capítulo.

Es bueno tener presente la durabilidad natural de la madera ya que disminuye costos en la búsqueda de la preservación, recordemos que el duramen tiene mayor resistencia debido principalmente a los extractivos que posee. Otro factor importante como ya se mencionó es el lugar donde se encuentra la madera, es decir

si está en presencia de humedad o no. Conocer estas características beneficia al darle diferentes usos, ya sea en la construcción de estructuras, postes para teléfono, caballetes para puentes de madera, postes para estructuras más pesadas, vigas etc.,

La intemperie.

Los cambios de humedad debidos al calor del sol o a la lluvia, son elementos que favorecen el deterioro de la madera. El cambio de humedad envejece las células ya que estas pierden su flexibilidad y se van deteriorando, mientras que la oxidación del carbono al contacto con el aire cambia el aspecto de la madera modificando su color haciéndola más oscura.

Los elementos naturales provocan grietas en la madera en estado natural e incluso si se le ha protegido con algún barniz. La lluvia penetra por estas grietas empezando los procesos de pudrición, por lo que es importante aplicar protectores efectivos ante esta degradación de los materiales.

Los rayos ultravioleta.

Los rayos ultravioleta degradan la celulosa mediante un proceso combinado de la fotólisis (degradación de la lignina), que hace funciones de fotosensibilizador y que produce pérdida de sustancias en las paredes de las células, formando micro fisuras sobre dichas paredes. Esta descomposición llega a profundidades de hasta 5mm y si la madera no tiene algún barniz, entonces el color pasa de uno amarillento a uno grisáceo.

Los rayos infrarrojos.

Los rayos infrarrojos provocan un aumento en la temperatura, alterando el contenido de humedad de la madera, provocando grietas permitiendo la salida de resinas y la penetración de agua de lluvia.

Lasures para madera.

Son químicos que se aplican con brocha o estopa, penetran en la madera protegiéndola de la radiación solar, del ataque de termitas y de la humedad. Es altamente efectiva en interiores y exteriores.

III.3 Métodos químicos contra hongos e insectos.

Lo primero que se debe considerar son la durabilidad y resistencia natural de la madera. En cuanto a la durabilidad se debe tener en cuenta, si la madera elegida tiene la suficiente capacidad de resistencia ante el ataque de los agentes destructores una vez puesta en servicio, en caso que no se tenga la especie requerida, la protección de la madera con sustancias químicas será un requisito indispensable, ya que en una vivienda, la madera aparte de ser un elemento de terminación y estética, también es parte de la estructura.

Durante mucho tiempo se ha considerado que la madera al estar en contacto con los elementos naturales eran los únicos factores de deterioro o bien de degradación de las características físicas, mecánicas y estéticas de la madera. Sin embargo hoy se sabe que los hongos son los causantes de la pudrición de la madera y son los principales causantes de su deterioro.

Para proteger la madera de estos efectos y otros producidos por las termitas, se utilizan sustancias tóxicas de forma aislada o bien en combinación con otras; con el propósito de aumentar su resistencia ante los agentes destructores. Los materiales utilizados para la preservación de la madera deben cumplir con la norma NMX-C-178-ONNCE y la norma MNX-C-322 (Madera preservada a presión).

La impregnación de la madera con preservadores se clasifican en tres categorías: hidrosolubles, oleosolubles y creosotas. Dependiendo de sus características y de la permeabilidad de la madera será el método a utilizar. La impregnación del preservador va desde la aplicación con brocha hasta la de aplicar vacío-presión en instalaciones especiales.

Históricamente los preservadores más utilizados son la creosota, el pentaclorofenol, y las sales CCA (Cromo, Cobre y Arsénico). En México los principales consumidores de madera preservada son las empresas administradoras de las líneas férreas nacionales con los llamados durmientes, la Compañía Teléfonos de México con postes, la Comisión Federal de Electricidad y todos aquellos constructores que requieran madera preservada para pisos, muros, techos, pilotes, muelles, invernaderos y otros.

Un buen preservador debe cumplir con ciertos requisitos, algunos de ellos son:

- tener propiedades fungicidas contra la acción de hongos xilófagos, deben actuar como insecticidas, protege contra insectos xilófagos,
- poder ser introducido en la madera en cantidad y profundidad adecuada,
- tener acción protectora a largo tiempo,
- disminuir en lo posible su inflamabilidad (ignífugos) o retardadores de fuego, protege frente a la acción del fuego haciendo a la madera como material combustible a uno difícilmente combustible,
- no degradar o corroer aceros o plásticos en contacto con la madera,
- cuidar la salud de los seres humanos, animales y plantas así como el entorno,
- compatibilidad con barnices o pinturas, y,
- no modificar el color natural de la madera, o su olor de tal forma que llegara a ser desagradable.

Algunas especies de madera por el tipo y cantidad de sustancias de las cuales se componen, como resinas, taninos, aceites, etc., tienen una resistencia natural. Esto no determina cual madera o especie tiene mayor o menor duración, sin embargo hay que recordar que la madera de la albura es menos durable que la del duramen.

Es de suma importancia saber cómo se logra la protección deseada. Por ejemplo si es temporal (tiempo limitado) se logra aplicando barnices o pinturas: si se desea sea permanente (fijo por muchos años), se logra utilizando los métodos industriales presión-vacío, y si se requiere la protección sea curativa (cuando la madera ha sido atacada) se debe aplicar una solución curativa específica para cada agente, con el propósito de eliminarlo.

Protectores Hidrodispersables.

Estas mezclas contienen principios activos a los que se les añade un emulgente, para provocar una buena dispersión en el agua. Se les conoce como “emulsiones” y su presentación es en forma de concentrado líquido. Posee grandes ventajas con respecto a muchos preservadores clásicos.

Ventajas:

- al aplicarlo la madera no cambia de color no mancha ni corroe placas de metal ni otros materiales en contacto la madera,
- permite se le de un acabado posterior,
- después de aplicado permite el uso de adhesivos, y,
- no aumenta la inflamabilidad de la madera.

La protección puede ser: superficial (unos tres milímetros); protección media, (más de tres milímetros) y protección profunda que cubre hasta el 50% del espesor; así mismo la penetración del preservador se realiza mediante el desplazamiento de la savia, la difusión a través de las paredes celulares de una pasta o solución aplicada sobre la madera en estado verde, e impregnación en madera seca, en la cual el protector es absorbido por capilaridad.

Tipos de hongos que deterioran la madera.

Existen dos tipos de hongos que deterioran la madera, a saber: los que viven de las sustancias almacenadas en las células de parénquima de la albura, y los destructores que se alimentan de las paredes celulares que manchan la madera de azul.

La madera durante su vida útil puede tener una gran variedad de usos dependiendo de sus dimensiones o de su especie. Es por eso que hay que determinar el tipo de preservador que hay que aplicar. Es importante mencionar que algunos de estos químicos usados para preservar la madera han sido prohibidos o bien restringido su uso.

Las termitas.

Antes de aplicar algún tratamiento es importante conocer como se produce la invasión de termitas, o bien las condiciones que facilitan su entrada (suelen ser galerías subterráneas o por vía aérea). Para evitar el exceso de humedad y la destrucción de las galerías subterráneas, los apoyos deben empotrarse sobre pilas de concreto que sobresalgan del suelo por lo menos veinte centímetros, no se debe dejar huecos en las cimentaciones hechas a base de mampostería, y debe darse un tratamiento químico al suelo alrededor de la construcción.



Figura 50. Hongos en la madera.

Las termitas también llamadas polillas son los insectos más distribuidos se clasifican dos tipos, la llamada polilla subterránea y la polilla de madera seca.

Las termitas subterráneas al ser muy sensibles a los cambios del medio ambiente, necesitan construir sus nidos donde los cambios ambientales no los afecten, por lo que construyen túneles para llegar hasta la madera. Es importante recalcar que cualquier construcción de madera esté o no en contacto con el suelo puede ser atacada por este tipo de insecto.

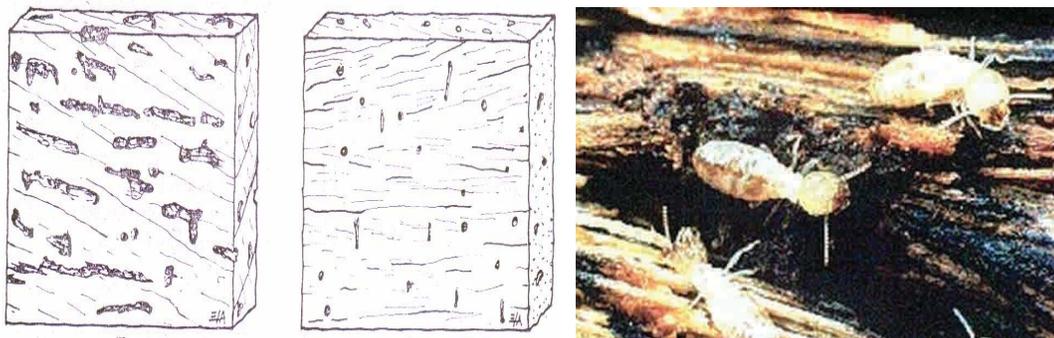


Figura 51. Efectos de las termitas sobre la madera.

Los daños causados casi nunca son visibles hasta que prácticamente se ha dejado hueca la madera poniendo en peligro la estructura figura 51. Es por eso que se hace necesario un control efectivo sobre estos organismos ya que una vez que atacaron se hace muy costoso y difícil su control.

Actualmente se están construyendo viviendas de madera sobre cimientos de mampostería garantizando de esta forma que la madera no esté en contacto con el suelo, sin embargo existen métodos químicos para aplicar al suelo y de esta manera crear una barrera por debajo de la edificación. Los químicos utilizados son Dieldrín, Aldrín y Clordano, se prepara una emulsión que se aplica al suelo a una baja presión, el agua que se añade al insecticida debe mezclarse lentamente para evitar se forme espuma. Aplicado directamente al suelo y alrededor de la estructura, con las medidas de seguridad adecuadas los riesgos sobre animales, plantas y humanos serán mínimos. En otros países se utilizan cebos con celulosa impregnados de algún insecticida tóxico para las termitas, donde se han obtenido excelentes resultados con este método.

Existen especies de madera que resisten el ataque de estos insectos, entre algunas podemos mencionar al cedro blanco, cedro rojo, la caoba, machiche y el guanacaste. Los efectos son evidentes ya que empieza a caer un polvo muy fino, porque estos insectos no pueden digerir la celulosa.

De los preservadores oleosos el más usado en América Latina es la creosota. Este es obtenido de la destilación del alquitrán. La creosota es un aceite de color oscuro casi negro y como preservador es efectiva contra hongos, insectos y taladradores marinos.

Las especificaciones de este preservador se basan en el control de las propiedades físicas como las que siguen:

- garantizar un buen servicio de la pieza tratada,
- evitar el sangrado una vez que la madera este en servicio y esta se vea afecta por las condiciones ambientales,
- el preservador debe tener fluidez y viscosidad,
- las fracciones ligeras de la creosota son más volátiles y permiten la movilidad del aceite, y ,
- las fracciones pesadas del aceite se quedan dentro de la madera.
- es insoluble en agua,
- no es corrosivo con las placas metálicas,
- este preservador evita grietas y rajaduras en la madera,
- alta resistencia a la electricidad,
- este aceite se puede usar en varios grados, dependiendo el uso que se le de a la madera, y ,
- esos grados se pueden obtener en el mercado, si no es así entonces se puede rebajar con algunos solventes (aceites derivados del petróleo).

Proceso denominado inmersión a presión.

La inmersión consiste en sumergir la pieza total en una solución preservadora, la eficacia depende totalmente del tiempo que la pieza permanece sumergida y de la permeabilidad de la madera. La inmersión es más eficaz que los tratamientos con brocha o aspersión debido a que se tiene control sobre las condiciones del tratamiento. Las piezas de madera se colocan en un cilindro de longitud variable en el que una vez cerrado se introduce el preservador hasta que queda sumergida dentro del cual se pueden generar presiones altas y vacíos, figura 59. Esta presión hidrostática es mucho mayor que la atmosférica lo que obliga al preservador a penetrar en la madera. De este proceso se derivan dos métodos el de la *célula vacía* y el de la *célula llena*.

Método de célula llena. La madera seca se introduce en un cilindro sellado, al cual se le induce un vacío, con la finalidad de extraer el aire del cilindro aplicando presión equivalente a 635 mm de mercurio con duración de quince a sesenta minutos, momento en el cual se inyecta el preservador, que puede ser creosota o algún hidrosoluble (CCA). Cuando el vacío se elimina los remanentes del preservador son comprimidos al aplicar nuevamente presión llenando los espacios vacíos de la madera. Una vez que se elimina la presión se expulsa aproximadamente entre un 5% y un 15% del preservador, debido a que dentro de las células existía una cierta presión de aire comprimido atrapado. En una segunda etapa se vacía el preservador del cilindro y se aplica una vez más un vacío de 635mm por unos treinta minutos para de esta forma eliminar restos del preservador dentro de la células para evitar goteos una vez terminando el proceso.



Figura 52. Cilindro donde se introduce la madera junto con el preservador, en el cual se somete a presión-vacío.

Cuando la madera esta en estado verde antes de aplicarle el preservador se somete en el cilindro a un vacío con la finalidad de remover la mayor cantidad de humedad, una vez hecho esto se procede como se explicó anteriormente con la madera seca. A esta forma se le suele llamar *Proceso Bethell*.

Método de célula vacía. En este método la madera se coloca dentro del cilindro y se inyecta aire comprimido a 4.2 Kg/cm^2 para llenar sus células. Por un periodo de tiempo de diez y quince minutos se introduce el preservador sin dejar de ejercer presión; aquí la presión hidrostática que se ejerce es mayor que la atmosférica. De esta forma aumenta la presión dentro de las células y se hace penetrar la solución del preservador, dicha presión llega a ser hasta de 10.5 Kg/cm^2 , que se mantiene por aproximadamente dos horas. Una vez pasado este tiempo se baja la presión hasta llegar a cero, se vacía el cilindro del preservador restante y se aplica un vacío de 635 mm de mercurio por una hora para expulsar el exceso de preservador.

En algunos casos la aplicación de la creosota se maximiza combinando algunos otros preservadores como puede ser el pentaclorofenol en bajas cantidades, también se logra ese efecto añadiendo alquitrán crudo para ambientes marinos o algún otro preservador que contenga trióxido de arsénico para evitar a las termitas subterráneas

Estos métodos pueden ser utilizados por aquellos usuarios de la madera, cuyo tratamiento favorezca las necesidades de uso, tales como: estructuras rurales, postes y cercas, durmientes para ferrocarril, postes para teléfono, postes para cercas. Se tienen buenas referencias de este preservador, ya que se han encontrado evidencias de un buen servicio por más de cuarenta años en postes de transmisión. En casas habitación no es muy recomendable su uso, ya que despiden un fuerte olor y puede inflamarse al ser aplicado, sin embargo es muy efectivo en estructuras que están en contacto con el suelo y la humedad.

Preservadores óleosolubles.

Entre ellos encontramos el pentaclorofenol, el naftalato de cobre, quinolinolato ocho de cobre y el óxido tributil de estaño (TBTO).

Estos preservadores se pueden aplicar por medio de un solvente como es el gas butano líquido y con aceites derivados del petróleo. Como ya se mencionó estos preservadores al evaporarse dejan al agente activo dentro de la madera protegiéndola.

El pentaclorofenol es uno de los más usados, pero también es uno de los más nocivos para humanos, animales y medio ambiente. Se obtiene de la clorinación del fenol en donde todos los átomos del hidrógeno del fenol son substituidos por átomos de cloro, es altamente tóxico para hongos e insectos. Es insoluble en agua y no corroe los metales .

Para cualquier uso donde la madera está en contacto con el suelo es preferible usar solventes pesados derivados del petróleo a un 5% de pentaclorofenol. Es importante que al añadirle algún solvente a este preservador, se evite la formación de cristales contaminantes en la superficie de la madera tratada. Para este fin se tienen los siguientes solventes: las gommas a base de estereatos y los glicoles oleosolubles.

Usos del pentaclorofenol. Disuelto en aceites pesados, se utiliza para tratar postes y madera aserrada; en aceites ligeros y en combinación con insecticidas, se utiliza para tratar madera que se va usar en ebanistería: También se usa para tratar la pudrición cuando ésta ya está presente, y no se recomienda para estructuras costeras ya que no es efectivo contra los taladradores marinos.

Uno de los preservadores que se ha usado por muchos años en el norte de Europa es el llamado Naftanato de cobre, altamente efectivo contra aquellos agentes biológicos que afectan la madera, excepto las termitas. Este preservador al ser aplicado deja la superficie con una tonalidad verdosa que dificulta su acabado, es usado principalmente en embarcaciones. En América Latina su uso esta restringido.

De los preservadores óleosolubles el que menos efectos nocivos tiene para la salud humana es el quinolinolato ocho de cobre. Éste es un sólido amarillento que se disuelve en solventes orgánicos, resultando de color verde. No es efectivo contra las termitas, pero sí para hongos y otros agentes destructores de la madera. Una vez tratada la madera con este preservador, la madera puede ser utilizada en interiores de refrigeradores, en recipientes para alimentos y otros usos, ya que no daña la salud humana. Generalmente se utiliza un método a presión para impregnar la madera con este químico.

Óxido tributil estañoso (TBTO). Este preservador es un excelente funguicida mucho mejor que el pentaclorofenol en concentraciones iguales. No es soluble en agua y de mucha menor toxicidad para los humanos que los anteriores. Éste preservador se obtiene de compuestos orgánicos de estaño, se usa para tratar madera de ebanistería y para el mantenimiento de embarcaciones ya que es efectivo contra los taladradores marinos. Se recomienda usarlo para madera que no esté en contacto con el suelo. Su precio es relativamente alto.

Impregnación con sales. Los preservadores hidrosolubles-orgánicos tienen como característica principal el utilizar agua como agente solvente a diferencia de los oleosolubles. Estos preservadores hidrosolubles son mezclas de sales minerales que poseen propiedades biocidas y cuya misión es fijar los componentes secundarios como inhibidores para prevenir corrosión.

La impregnación de la madera con sales **CCA** (cromo, cobre y arsénico), ha demostrado por años que no representa peligro alguno para el hombre, animales y el medio ambiente. Uno de los activos del preservante es el llamado arseniato inorgánico pentavalente, elemento menor que está presente en nuestra vida diaria a través del agua, aire y en los tejidos de los seres vivos incluido el ser humano. No existe riesgos de contaminación ambiental proveniente de la lixiviación del arsénico en el suelo o en los acuíferos, si la madera se encuentra expuesta a la intemperie, enterrada en el suelo, como tampoco existe ningún riesgo en la construcción de casas habitación, figura 53.

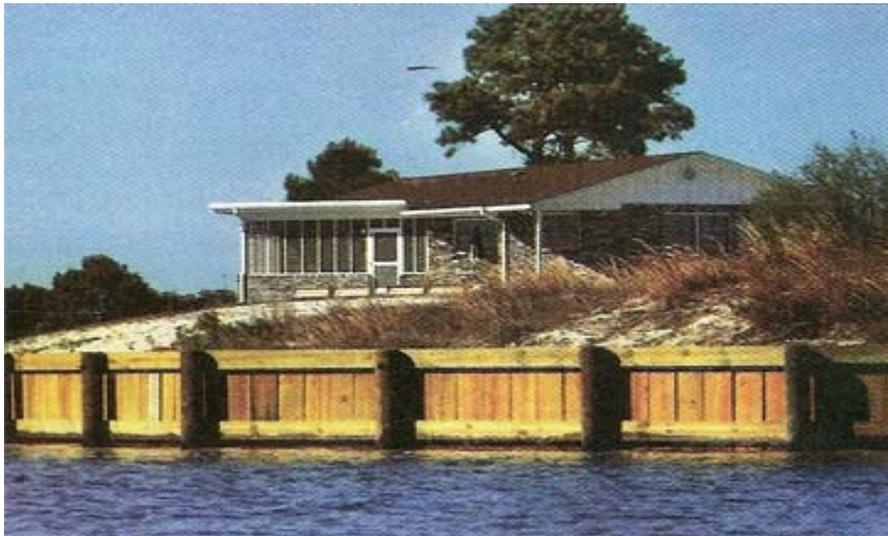


Figura 53. Madera tratada con sales CCA, expuesta a la intemperie y en contacto directo con el agua.

La penetración del preservante no debe ser superficial, se exige que se aplique a presión-vacío. Como regla general debe impregnar la albura completa, además se debe especificar la cantidad de retención (absorción) del producto en litros. Estas sales se comercializan en altas concentraciones, de un 60% a un 70% de óxidos activos y de 30% a 40 % de agua y otros compuestos. Su consistencia es de aspecto gelatinoso, por lo que es importante tener claro los conceptos absorción, retención, y penetración.

Es recomendable que la madera antes de ser impregnada por las sales **CCA** tenga un contenido de humedad del 30%. En cuanto al arsénico utilizado es mínimo pero de gran eficacia, es el vigésimo quinto elemento químico más común en la corteza terrestre. La tabla 11, muestra el contenido de arsénico en diferentes organismos vivos.

Europa ha restringido el uso de los **CCA** argumentando el contenido del arsénico, por lo que han aparecido algunas variantes de este producto, tales como: los **CA** (cobre y azoles orgánicos), los **CAB** (cobre azoles orgánicos y boro), los **ACQ** (cobre y amonios cuaternarios) y el boro. Sin embargo se han tenido algunos problemas con la corrosión de los elementos de unión metálicos. Existen otro tipo de preservadores denominados: sales **ACA** (arseniato de cobre amoniaco), sales **CZC** (cloruro de zinc cromatado), sales **FCAP** conocido como sales wolman (mezcla de fluoruro y cromato de sodio), poco efectivas para eliminar hongos causantes de la pudrición y las termitas. En algunos otros casos las sales de **CZC** retardan la propagación del fuego.

Contenido de Arsénico en Alimentos Comunes	
Nombre	Partes por millón
Langostino	19.90
Ostra	2.00
Tomate	1.49
Hongo	0.66
Papa	0.63
Arroz	0.40
Almeja	0.36
Madera tratada con CCA	0.001

Tabla 11. Contenido de arseniato en animales, vegetales y en la madera tratada.

Tratamientos a profundidad.

Este tipo de tratamiento es el más indicado si la madera está en presencia de humedad, si está en el exterior, en contacto con el suelo o si en el interior existiera peligro del ataque de termitas. Son varios los sistemas de aplicación, entre ellos está el denominado *sustitución de savia* (Boucherie), que consiste en introducir a la madera en un depósito por varios minutos, de tal forma que el preservador ocupe el lugar de la savia introduciéndose por difusión, generalmente se aplican sales.

Otro sistema es el llamado *caliente-frió*. En éste, la madera se introduce por unos minutos en un depósito que contiene agua caliente abriendo los poros de la madera, permitiendo la entrada del protector; después, la madera se introduce en otro depósito, conteniendo sales, por varias horas. Se utiliza para tratar madera que va a estar a la intemperie como vigas y postes.

Aplicación de *autoclave*. Este sistema está formado por un cilindro al cual se le induce un vacío y una presión por medio de una bomba. Con la bomba de vacío se extrae el aire de la madera, se abren los poros de la madera permitiendo el ingreso del preservador al aplicarle presión. Este tratamiento es de tipo industrial, siendo el único que puede garantizar la profundidad y la retención del preservador.

La protección que se desea lograr al aplicar estos preservadores puede ser preventiva, temporal, permanente o curativa. En el caso de insectos larvarios se aplicará insecticida inyectado ya sea en forma líquida o gaseosa. Si las termitas no viven en la estructura se eliminarán colocando cebos de celulosa con algún insecticida. En algunos países se utilizan productos antiquinizantes y los tratamientos pueden ser superficiales, penetración de solo unos milímetros, recomendados para evitar el surgimiento de la mancha azul. La penetración a profundidad dependerá del tipo de disolvente y de las condiciones de la madera.

Tipos de protección	Tratamiento	Tipo de preservador
Superficial	Brocha. Pulverizado. Inmersión breve.	Hidrodispersables. En disolventes orgánicos.
Media	Inmersión prolongada. Difusión. Desplazamiento de la savia. Autoclave (vacío-presión). Autoclave (vacío-vacío).	Hidrosolubles. En disolventes orgánicos. Creosotas.
Profunda	Inmersión prolongada. Caliente frío. Difusión. Desplazamiento de la savia. Autoclave (vacío-presión). Autoclave (vacío-vacío).	Hidrosolubles. En disolventes orgánicos. Creosota.

Tabla 12. Tipos de protección superficial, media, profunda.

Medidas preventivas.

- La cimentación debe sobresalir por lo menos veinte centímetros sobre el nivel del suelo.
- La madera en contacto con la cimentación se debe colocar una capa de fieltro asfáltico a manera de barrera entre el concreto y la madera, a la madera se le aplicará **CCA**, **CA**, **CB** y **ACQ** o sales de boro.
- Cuando la madera esta a la intemperie hay que aplicarle **CCA**, **CA**, **CB**, y **ACQ** o boro.
- Mantenimiento regular.
- Identificar posibles rutas de entrada de termitas y sellarlas.
- Reparar las cañerías que puedan aportar humedad.
- Mantener separadas las descargas de agua de lluvia de los muros perimetrales de madera.

III.4 El riesgo a la pudrición de la madera en los climas de México.

Cuando vamos al bosque en algunas ocasiones se ven troncos caídos y muchos de ellos presentan características muy especiales, por ejemplo: en sus extremos se observa que la madera está en estado de pudrición y se ven algunos hongos, en esta situación la naturaleza lo está reciclando para ser alimento de otras plantas e incluso insectos. El tronco en ese momento está en contacto con el suelo, la humedad, el aire, que lo afectan, sin embargo hay partes de este árbol que aparentemente son más resistentes que otras, dependiendo de la especie que se trate.

Entonces ¿qué factores afectan la durabilidad de la madera? Al parecer esos factores son diseñados por la misma naturaleza, con el propósito de degradar la madera. Entre estos factores están los hongos, las bacterias, los insectos, los taladradores marinos, etc. Cuando se tala un árbol y éste es transportado para aserrarlo, se altera el proceso natural del reciclado, aumentando considerablemente su durabilidad al cambiar las condiciones iniciales donde se encontraba.

Debemos aprender cómo interactúan estos elementos con la madera, para utilizar algún método químico o natural y evitar así el deterioro de la madera.

Los hongos.

Un hongo es una planta que no tiene clorofila por lo tanto no pueden producir su propio alimento.

Algunos hongos se alimentan de las sustancias almacenadas en los lúmenes de las células y otros se alimentan al descomponer las sustancias que forman las paredes celulares.

Los hongos causan deterioros en la madera, algunas de estas son visibles rápidamente otras no tanto, tales como los causantes de la lama, de la mancha azul, de las pudriciones morena y blanca, y de la pudrición suave. Los hongos para poder desarrollarse necesitan humedad, aire y una determinada temperatura, así como la fuente de la que se va a alimentar, que en este caso sería la madera. Si uno de estos elementos no es el adecuado el hongo no se desarrollará y desaparecerá.

Entonces al trabajar con madera hay que tener cuidado del porcentaje de humedad, el cual siempre debe ser menor a la del punto de saturación de la fibra (< 30%). Si la madera está por debajo del 18%, los hongos no podrán crecer, sus esporas no se mantendrán latentes y por lo tanto no abra peligro de pudrición. Por el contrario si la madera rebasa el 50% de humedad el hongo tampoco sobrevive, ya que si la madera está completamente saturada el aire no existirá y por lo tanto el hongo muere.

Por lo que se deduce que solo para un contenido de humedad entre el 35% al 50%, el hongo se desarrolla. En cuanto a la temperatura, el hongo para su reproducción, necesita estar en un intervalo entre 24°C a 32°C. Si la temperatura se incrementa debido a los procesos de secado en estufa el hongo perece. Recordemos que el alimento del hongo consiste de los compuestos que tiene la madera como la celulosa, la hemicelulosa, la lignina los azúcares y los almidones.

Si un hongo ya está en la madera, solo hay que modificar o eliminar algunos de los factores que estimulen el crecimiento del hongo, siempre que dé resultados prácticos. Es importante resaltar, que si no se toman medidas preventivas, una pieza de madera que ha sido invadida por las esporas (hifas) del hongo, necesariamente afectará a las demás piezas.

¿Quiénes causan el llamado moho?

El moho lo causan los hongos, tiene una apariencia de algodón muy fino, de color negro o verde llamado micelio. Se presenta cuando las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas. Si la madera está seca, el moho se remueve muy fácilmente ya sea con un cepillo de cerdas o con un cepillo de carpintería, para remover el color oscuro.

La humedad y la presencia de moho es indicador de que pueden desarrollarse otro tipo de hongos que pueden causar en la madera la llamada mancha azul e incluso propician el inicio de la pudrición de la madera. Se tiene que cuidar el contenido de humedad, ya que en algunos casos se han detectado hongos que pueden crecer con porcentajes de humedad del 19%.

Los hongos que causan el moho (fungi imperfecti), también pueden causar pérdida de peso y de resistencia. Cuando este hongo ataca a las coníferas provoca una mancha de color azul, mientras que en las latifoliadas (maderas tropicales) las hifas producen un color pardo oscuro.

Esta mancha, visible en la madera, de color azul-gris, que en algunos casos llega a ser de color negro, se da en condiciones de un alto contenido de humedad. El cambio de color se da desde cada célula invadida, conjuntamente con la refracción de la luz. Ésta mancha se extiende a lo largo de las fibras y penetra la madera en forma de cuña y la produce un hongo llamado *Ceratocystis*. La mancha no afecta la resistencia mecánica de la madera, hay que cuidar las condiciones cuando el árbol está derribado ya que si éstas son las adecuadas el hongo atacará principalmente los extremos del tronco y alguna otra parte que no tenga corteza.

Pudrición en la madera.

Los hongos que producen la pudrición, alteran el color de la madera y cambian las propiedades físicas y químicas, descomponiendo su estructura hasta degradarla, figuras 54 y 55. La pudrición aparece cuando las paredes de las células de la madera son destruidas por acción enzimática de los hongos de la pudrición.

Al iniciarse el cambio de color, empieza a disminuir el peso específico de la madera y aumenta el contenido de humedad, finalizando el proceso con la disgregación total de la estructura de la madera perdiéndose de esta forma sus características físico-mecánicas.

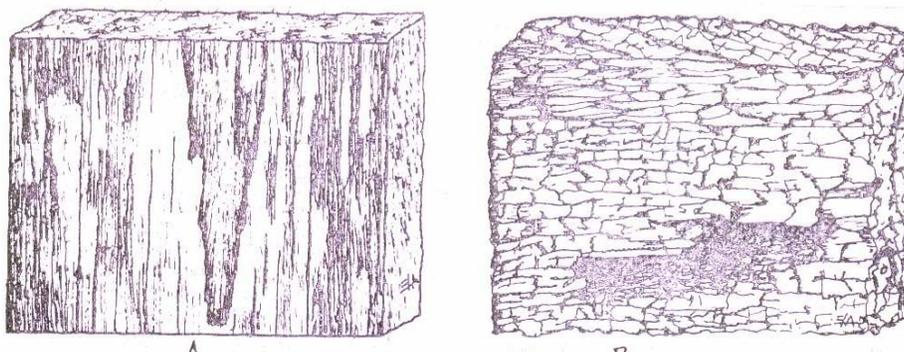


Figura 54. Efectos de la pudrición de la madera.

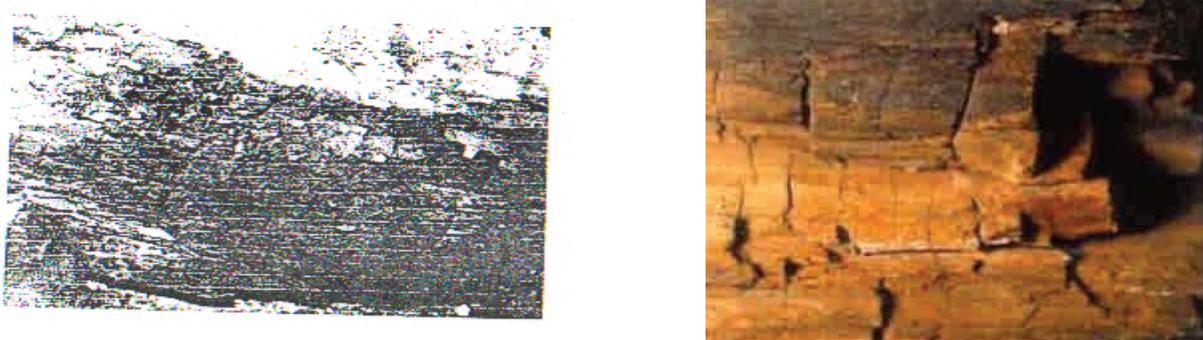


Figura 55. Efectos de los hongos en la madera (pudrición morena y pudrición blanca).

Los hongos llamados Basidiomicetes, son los causantes de la pudrición morena y también de la pudrición blanca. Si la madera ha sido atacada presentará un color pardo oscuro, cuando se presenta la pudrición morena la madera empieza a presentar grietas y se vuelve de consistencia vidriosa cuando está seca. Este hongo ataca principalmente a las coníferas, disminuyendo considerablemente la resistencia de la madera, aumentando la magnitud de las contracciones, siendo superiores a las normales.

Estos hongos atacan principalmente la celulosa dejando un residuo carbonoso formado principalmente de lignina, el cual forma el esqueleto de la madera. Una vez atacada, la madera tiende a agrietarse perpendicularmente a las fibras, formando una serie de figuras prismáticas en forma de láminas, terminando en una masa irregular y polvorienta. Cuando se detecta esta pudrición la madera a perdido de un 10% a un 20% de su peso y de un 80% a un 95% de su resistencia mecánica.

Si la madera presenta señales de pudrición blanca, ésta tendrá manchas de color blancuzco, como si se le hubiera aplicado algún blanqueador. Estos hongos atacan principalmente a la especie de las latifoliadas.

La pudrición blanca ataca tanto a los árboles que se encuentran en pie, como a aquellos que han sido trozados. La pudrición blanca deja una fosforescencia que la hace visible. La pudrición blanca es muy peligrosa porque cuando ya se detectó la madera a perdido de un 10% a un 20% de su peso y de un 90% a un 95% de su capacidad mecánica.

En cuanto a la pudrición suave causada por los hongos asomicetes y fungi-imperfecti, que se desarrolla en condiciones de alta humedad, está ampliamente distribuida pero se ve cubierta tanto por la pudrición blanca, como la morena. Es común que se presente en torres de enfriamiento.

En síntesis, la madera en presencia de un alto contenido de humedad puede desarrollar moho, mancha azul, pudrición blanca y morena, y pudrición suave.

Bacterias:

Esta bacterias atacan la celulosa de la madera transformándola en clobiosa, después en hidrógeno, metano, anhídrido carbónico y finalmente en ácidos grasos. Existen otros organismos unicelulares intermedios, entre los hongos y bacterias, son los llamados actinomycetes que destruyen la celulosa.

Las bacterias no pueden fabricar su alimento y se localizan en el aire, en el suelo y en el agua. Son saprófagas (que se alimentan de la madera en descomposición) y causan enfermedades en plantas y animales. Si la madera está saturada de agua puede ser atacada por las bacterias, alojándose dentro de las células de parénquima de la albura. El deterioro que causan es tan lento que es casi imperceptible en comparación con los hongos, llegando a afectar la resistencia de la madera, Si las bacterias llegan a alojarse dentro de la madera por un largo tiempo, dichas bacterias pueden disminuir su resistencia a la flexión y la rigidez.

Es de suma importancia conocer el proceso de colonización de los hongos para modificar algún paso e impedir el desarrollo de cualquiera de ellos. Ya en 1870, se había descubierto que los hongos eran los causantes de la pudrición en la madera. Antiguamente los egipcios aplicaban a la madera, aceite para evitar su deterioro. En síntesis podemos decir que el contenido de humedad es el factor más importante, que afecta el tipo y grado de deterioro que causan los microorganismos, por lo que se recomienda mantener la madera en estado seco.

El riesgo a la pudrición en México.

No todas las maderas sufren de pudrición, ni en todas las zonas donde se usa se presenta. Esto depende de las condiciones del clima, así como del tipo de madera que se trate. Existen condiciones para que la madera se pudra, estas son: temperatura entre 20°C a 30°C, contenido de humedad de más de un 20%, los nutrientes que aparecen en la madera, el *ph* de la madera debe estar entre 4.5 y 5.5 (considerado ácido), y si la madera contiene oxígeno suficiente, ya que este elemento es imprescindible para que los hongos lo conviertan en energía. Si alguna de estas condiciones cambian, la madera detiene su proceso de pudrición. Si no se pueden cambiar en forma natural, se debe aplicar algún tratamiento para contrarrestar el desarrollo de estos organismos.

En el año de 1971 Scheffer elaboró un mapa de los EU indicando con iso-líneas, las zonas con niveles de riesgo potencial a la pudrición de estructuras de madera que están sobre el suelo basado principalmente en la precipitación y la temperatura.

Como los hongos que causan la pudrición también son comunes a México, el mapa de iso-líneas fue modificado en 1980 por Pérez Morales et al, para las condiciones climáticas de nuestro país, donde se indican los diferentes niveles de riesgo a la pudrición de estructuras de madera que no están en contacto con el suelo, tabla 13.

Dentro de las propiedades más afectadas por la pudrición están la resistencia al impacto de 60% a 80%, pérdida de peso de 5% a 10%, pérdida a la flexión estática de 50% a 70%, pérdida de esfuerzo al momento de rotura y al módulo de elasticidad de 60% a 70%, pérdida de esfuerzo a la compresión paralela a la fibra 40%, pérdida a la tensión paralela a la fibra de 50% a 60%, y corte en paralelo y dureza de un 20%.

Estudios más recientes realizados por el LACITEMA, la República Mexicana se ha dividido en tres zonas de riesgo a la pudrición, dependiendo de la precipitación pluvial y la temperatura de cada zona. Estas tres zonas se presentan en la figura 56.

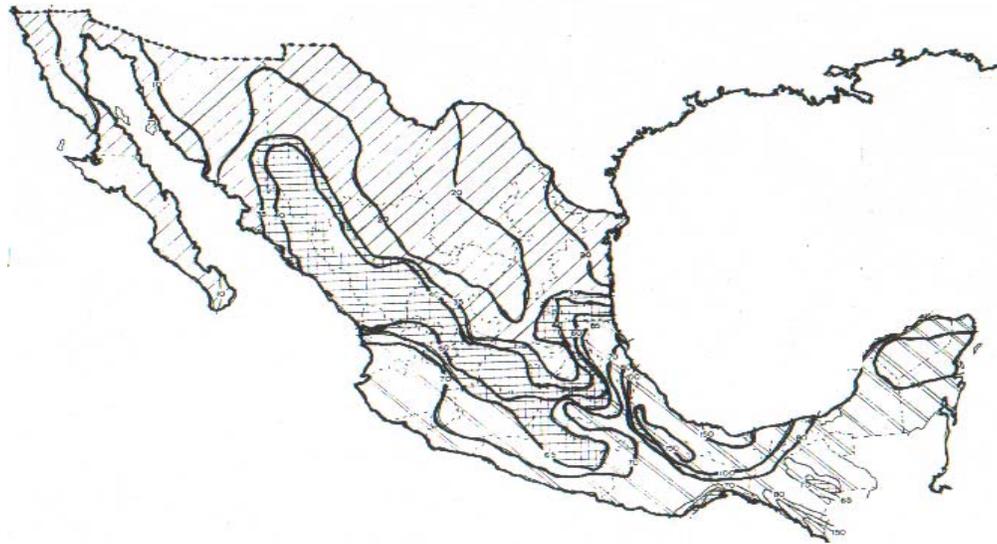


Figura 56. Zonas de riesgo sobre la Republica Mexicana.

Nomenclatura.

zona mínima		zona media		zona alta	
-------------	--	------------	--	-----------	--

Algunos tratamientos aplicados a la madera en México son los siguientes: a presión en autoclave (como ya se mencionó, consiste en un cilindro donde se inducen presiones altas y bajas en el cual se aplica algún químico como el pentaclorofenol); baño caliente-frío (sistema donde la madera es sumergida en una solución caliente hasta que la humedad se evapora desalojando el aire, después la madera se sumerge en una solución fría, el frío provoca que el vapor de agua provoque un vacío que es llenado con la solución); por inmersión (método donde la madera se deja sumergida en alguna solución por un tiempo determinado); con brocha de pelo o usando una compresora con vaso de un litro de capacidad (este sistema se utiliza en piezas pequeñas o para las que ya están en servicio, procurando que la solución penetre por las grietas que presenta la madera).

En la tabla 13, se dan algunos tipos de tratamiento dependiendo de la zona y de la distancia que hay del suelo al elemento de madera más cercano a él.

Concepto	Riesgo alto 65		Riesgo medio de 35-65		Riesgo bajo 35	
	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Durmientes en o sobre losa de concreto, colada sobre el suelo.	P	P	P	P	P	P
Pilares de madera sobre bases de concreto en espacio bajo.	P	S	P	S	S	S
Ventanas de madera, bastidores, forros y pisos para baños.	P	P	P	P	P	P
Vigas apoyadas sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	S	P	S	S	S
Tabla base sobre losa de concreto colada sobre el suelo.	P	p	P	P	P	P
Tabla base sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	N	P	N	N	N

P = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos a presión.
 N = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos sin presión.
 S = Usar madera seca (CH = menor del 18 %) sin añadir preservador.

Tabla 13.

Componente	Riesgo alto 65% 60 cm	60 cm	Riesgo medio 35%-65% 60 cm	Riesgo bajo 35% a cualquier distancia
Proporciones sujetas a cargas y expuestas a la intemperie.	P	N	N	N
Forros.	N	N	S	S
Marcos de puertas y ventanas.	N	N	N	S
Contraventanas.	N	N	N	S

Tabla 14. Protección de los volados en contra de los elementos físicos.

Componente	Riesgo alto 65 %	Riesgo medio 35%-65%	Riesgo bajo 35%
Columnas (cocheras y terrazas).	P	P	P
Tablas (bardas y forros).	P	N	S
Entarimado y vigas de terrazas.	P	N	S
Arcos expuestos.	P	P	P
Vigas de techos expuestas.	P	N	S
Orillas de cubiertas.	P	N	S
Componentes de escaleras.	P	N	S

La tabla 15. Representa las acciones a realizar cuando la madera es usada para cubiertas en exteriores sin protección de volados o cubiertas.

Los preservadores en México.

Uno de los compuestos más utilizados en la preservación de la madera es el pentaclorofenol el cual la preteje de insectos como las termitas y no altera las características naturales de la madera.

El pentaclorofenol se puede utilizar en combinación con las siguientes sustancias: alcohol etílico, aguarrás, diesel, parafina y aceite de linaza.

El pentaclorofenol no se encuentra completamente puro, la industria lo ha derivado en productos como:

- Pentarol, que protege a la madera de hongos e insectos deja una capa aceitosa,
- Pentatox“L”, producto parecido al anterior, con la diferencia que no deja la superficie aceitosa,
- Penta madera, aparte de protegerla de los insectos y los hongos este producto la hace repelente al agua evitando cambios dimensionales, no deja olor, tampoco deja la superficie aceitosa y permite la aplicación de barnices o algún otro acabado.

Estos productos deben ser empleados con cuidado, debido a que son tóxicos para humanos y llegan a producir irritaciones en la piel.

Los productos hidrosolubles de la empresa Osmose Mexicana elabora productos basados en los CCA (sales de cobre, cromo y arsénico), efectivos contra hongos e insectos. Una vez aplicados y que el agua del solvente se ha evaporado, es completamente inofensivo para humanos o sus alimentos.

En forma industrializada se pueden encontrar en el mercado como:

- OSMOSE C55, se aplica con brocha o a presión, efectivo contra los insectos destructores de la madera, se prepara un kilogramo de osmosales por cada litro de agua fría. Se puede aplicar a la madera en estado verde o seca, tiene un alto grado de penetración protegiendo a la madera de la pudrición y del ataque de termitas. Con este método la madera aumenta su vida útil hasta en un 500%.
- OSMAOSALES, es un preservador de tipo permanente se aplica a presión, protege a la madera de la pudrición, de las termitas, comejen, insectos perforadores, perforadores marinos etc.
- OSMOPLASTIC, es un protector para la madera que está en contacto con el suelo, como los postes para teléfono, durmiente o postes para pilotes. Protege a la madera de las termitas del ataque de hongos y de la humedad.
- OZ, se encuentra en presentación líquida, se aplica con brocha o a presión, es efectivo contra la pudrición y ataque de las polillas, repele el agua y queda una superficie lista para ser pintada o barnizada una vez que se seca.
- FLAME PROOF, se aplica por medio de autoclave queda protegido contra la propagación del fuego, haciendo la madera poco combustible, es aislante, no corrosivo además no es toxico, evita la pudrición y el ataque de hongos e insectos.

III. 5 Medidas de protección tradicional.

Desde hace algunos años algunos organismos nacionales, se han dedicado a promover concursos para construir casas de madera. Se invita a empresas promotoras y desarrolladoras de viviendas de madera, a industriales de la construcción, cadenas productivas forestales, instituciones de educación superior y a profesionales relacionados con la industria de la producción y transformación de la madera.

Estos concursos se agrupan en dos categorías una denominada “Vivienda media sustentable”, de tipo residencial y otra llamada “Unidad básica de vivienda urbana o rural permanente para contingencias”. Son viviendas de construcción definitiva, ubicadas principalmente en los estados de Chiapas, Michoacán, Oaxaca y Tabasco, con una superficie mínima de 100 m², se puedan producir en serie. Éstas son adaptables a ampliaciones o modificaciones con una vida útil estimada de 30 años.

El objetivo de estos concursos es muy positivo, al fomentar el uso de la madera para construir casas habitación de beneficio social. En el territorio nacional, el material es abundante tanto en zonas templadas como en zonas tropicales, extendiéndose aproximadamente al 20%, donde la producción anual es de 7,200,000 m³ de madera. Entonces, si una casa de interés social requiere solamente 15m³ de madera en rollo, descontando la utilización de madera para otros fines, se dispondría de material para construir hasta un millón de casas al año, por lo que sólo hace falta tener los conocimientos adecuados para que en el país exista una explotación adecuada. En general la construcción de casas habitación utilizando madera no se realiza por:

- falta de tecnología adecuada,
- falta de apoyo para el desarrollo de estudios sobre especies nacionales,
- no hay manuales generales con los requerimientos adecuados para maderas mexicanas.
- que existen pocos centros educativos, que a nivel profesional tienen en sus planes de estudio la aplicación de este material en la construcción,
- bibliografía limitada,
- que los arquitectos e ingenieros civiles, desconocen las propiedades de la madera,
- que existen grandes intereses de aquellos que construyen con materiales tradicionales, y ,
- la falta de visión de los legisladores debido a la falta de conocimiento de este material.

Construir con madera reduce los costos en comparación con otros materiales, debido a que la madera presenta una mayor resistencia específica, combina la ligereza con la resistencia y su durabilidad está completamente comprobada. Entre los países con mayor tradición en el uso de este material están los Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Inglaterra, Noruega, Francia, España, Japón, Suiza, entre otros.

Como ya se mencionó, la madera en estado natural posee componentes que le dan una resistencia ante el ataque de agentes que la degradan. Estas son características de algunas especies las cuales deben ser aprovechadas dependiendo de las zona donde se esté construyendo, lo que implica que conocer las características físicas y mecánicas de todas especies maderables de México, es de gran importancia.

Si la madera no posee las características necesarias, entonces habrá que aplicarte algún preservador, antes y después de que la madera esté en servicio ya sea expuesta a la intemperie o en interiores. Se recomienda que ya sea durante proceso de construcción y al término, se deben cuidar ciertos aspectos con el propósito de evitar la degradación de la madera, además de que todos los elementos deberán tener un contenido de humedad menor al de la humedad relativa del ambiente. Si se cuida el tratamiento y posición del o de los

elementos maderables con respecto al suelo, la construcción en realidad requerirá de muy poco mantenimiento, aunque también se recomienda que ellos deben ser revisados en los cambios de estación.

La humedad en la base de la construcción.

Si la casa es nueva, la madera puede absorber humedad, principalmente durante la temporada de cambio de estación como en las épocas de frío y de lluvia. Se nota principalmente en puertas, ventanas y pisos, ya que aumenta en sus dimensiones. Los cambios volumétricos distorsionan holguras: en pisos de las duelas, en lambrines, etc.

Si en la época de calor estos cambios no desaparecen se recomienda revisar los siguientes puntos:

- drenaje y bajada de aguas pluviales, principalmente en las bases de los muros,
- uniones entre pisos y muros (si existen huecos o ranuras estos deben ser tapados y resanados con algún impermeabilizante),
- verificar si las bases de concreto que sirven como cimentación han absorbido humedad (éstas se deberán secar primero y después se impermeabilizarán),
- respetar una distancia mínima del suelo al piso de la casa de veinte centímetros. para evitar que columnas o vigas sean afectados por la humedad,
- evitar la condensación de humedad abriendo ventanas, durante el día y la noche, y,
- colocar rejillas entre el piso de la casa y la cimentación, ya sean zapatas corridas o losas apoyadas sobre el suelo, con el propósito de evitar la acumulación de humedad, principalmente en la época de lluvias.

En los interiores de cubiertas (techos), se deberá:

- cuidar un posible ataque de termitas aplicando preservador a todos y cada uno de los elementos que forman la casa sin importar el lugar que ocupen,
- proteger con impermeabilizantes o películas plásticas las juntas de vigas con el techo, y,
- remover el aire húmedo de las zonas de ventilación.

En cubiertas exteriores y áticos, se deberá:

- revisar las capas asfálticas, así como los elementos de unión, como clavos, para evitar su corrosión. Es preferible usar clavos galvanizados o alguna cubierta especial, además de revisar el comportamiento de nudos, alabeos y otras deformaciones naturales,
- los alabeos aparecen cuando la madera tiene contenidos de humedad por abajo del 12%. Estos efectos del secado aparecen principalmente en madera con un ancho mayor a ocho pulgadas. A veces es preferible usar madera contra chapada,
- revisar las cubiertas después de la temporada de lluvia ya que ésta suele acumular basura y guarda humedad,
- revisar si se utiliza plafón (cielo raso), con el propósito de ventilar esa zona, y,
- revisar las intersecciones que surgen en los cambios de pendiente para evitar la acumulación de humedad.

Paredes exteriores. Al armar y forrar las paredes exteriores son completamente de madera o hay una combinación de materiales tradicionales como mamposterías de tabique o piedra, se debe tener cuidado con la humedad y poner atención en los puntos por donde puede pasar. Se recomienda:

- pintar o barnizar la madera, cuidando el contenido de humedad, de la dirección de la fibra, así como el método o métodos de aplicación,
- utilizar clavos de aluminio, esmaltados o aplicarle algún anticorrosivo,
- revisar las uniones de la madera con otros materiales de construcción. Deben ser impermeabilizadas con papel asfáltico o cemento asfáltico. La madera en estos puntos debe ser pintada o aplicársele algún preservador como sales CCA o algún derivado del pentaclorofenol, y,
- en climas con mucha humedad la madera debe ser tratada con algún repelente al agua, como los llamados lasures.

En las paredes interiores.

Cuando la construcción es nueva es prudente esperar cierto tiempo para que aparezcan contracciones o deflexiones cuando estas aparecen en vigas debido a los esfuerzos que realizan estos elementos, en caso de ser de magnitud considerable reforzar con postes o pedestales.

En puertas y ventanas.

Para evitar la acumulación de la humedad por condensación en puertas y ventanas y que ésta provoque la aparición de la pudrición, se debe aumentar la temperatura del interior o disminuir la humedad, evitando el uso de humidificadores.

Elementos estructurales de madera corta fuego y materiales de revestimiento y relleno incombustibles.

El que en una casa de materiales tradicionales y una de madera se produzca un incendio, depende de muchos factores, por lo que la probabilidad de que ocurra es la misma para ambas. Un incendio se produce por la presencia de calor, oxígeno, y combustible, sin embargo es necesario que los materiales en presencia de estos elementos generen gases o vapores provocado por las altas temperaturas, para después inflamarse. Una vez que se inició el fuego esta continua por las cortinas, la ropa, los muebles, la alfombra, un incendio no empieza por la estructura, siempre y cuando se hayan utilizado las técnicas adecuadas de construcción y aquellos materiales de revestimiento resistentes al fuego.

Es necesario dar protección a las estructuras para reducir los riesgos, con materiales que reduzcan la generación de gases y limiten la propagación de las llamas, esto dará el suficiente tiempo para una rápida salida, estos elementos de madera y materiales de relleno o de revestimiento deberán detener el avance del fuego hacia áreas contiguas y hacia otras viviendas.

Otra solución es la de colocar sensores o dispositivos de protección que entren en funcionamiento automático al detectar determinadas temperaturas del aire, éstos sistemas por lo general se diseñan para estructuras de áreas muy grandes como edificios oficinas o viviendas de dos niveles. Toda estructura de madera cuyos componentes son pisos, muro, entrepisos, cielo raso, puertas y ventanas, los que son parte de los compartimentos del diseño arquitectónico, deberán trabajar como un obstáculo y evitar la propagación del fuego.

La madera por sus propiedades es un buen aislante térmico y actúa aunque sea brevemente como una barrera en la generación de gases y la propagación de las llamas. Algunos datos dan valores de entre 0.7 y 0.9 [mm/minuto] del avance de la carbonización de la madera de pino.

Existen en una estructura elementos de madera colocados estratégicamente que constituyen toda una barrera física, conjuntamente con materiales sintéticos de relleno y revestimiento, obstaculizando el camino de los gases tóxicos e inflamables.

Estos elementos de madera son;

- pisos y entrepisos,
- solera de montaje inferior y superior,
- peinazo transversal corta fuego,
- solera superior de amarre,
- pies derechos,
- dintel, y,
- cerco (jamba) en claro de puerta. Figura 57.

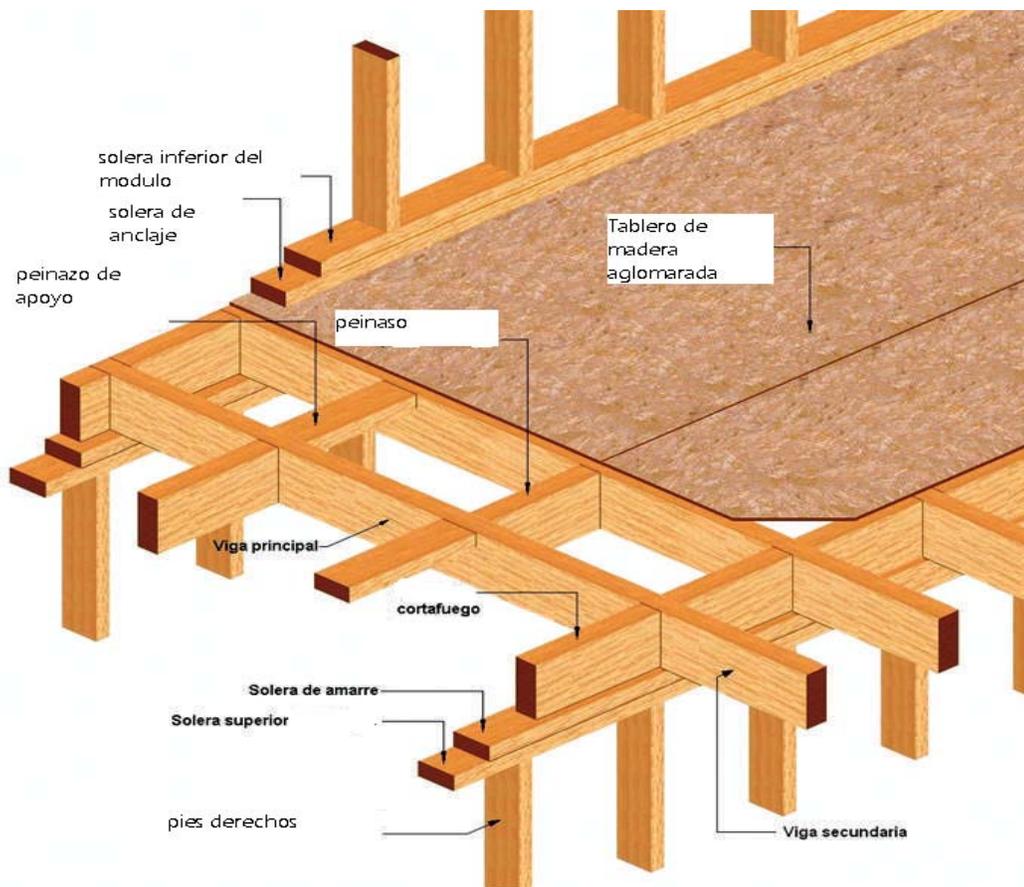


Figura 57. Elementos de madera corta fuego que constituyen un piso o entrepiso.

Pisos y entrepisos, estas estructuras se arman con madera de secciones de 2" x 5" dependiendo del diseño estructural, al utilizar un gran número de piezas de madera maciza, estos elementos cortarían la propagación del fuego, además los claros entre piezas se pueden cubrir con placas de poliuretano termoacústicas, tableros de madera aglomerada o de fibras orientadas, bloques de lana mineral, lana de vidrio, o paneles de tabla roca. Su función principal es la evitar que el fuego pase de un nivel a otro.

Muros continuos, estos módulos formados por pies derechos, soleras inferiores, soleras de amarre, peinado corta fuego, solera superior, solera de amarre. Todos los elementos transversales tienen como función la de evitar que suban los gases y el ascenso vertical del fuego, las soleras superior y de amarre que son de la misma escuadría tienen mayor resistencia, figura 58.

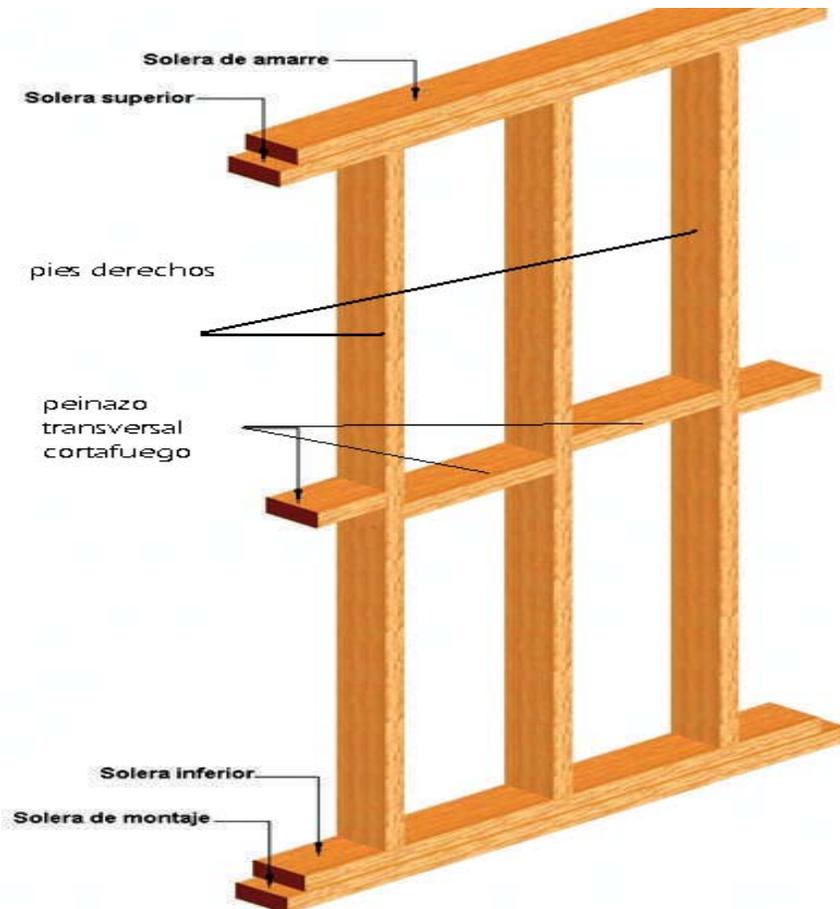


Figura 58. Módulos de madera formando un muro con sus componentes corta fuego.

Muros que incluyen un espacio para la ventana, incluyen los mismos elementos que el muro continuo, aumentando una pieza de la misma escuadría en la junta formada con el pie derecho en ambos costados, mientras que en el hueco formado por el dintel y la solera superior, debe rellenarse con una pieza de madera maciza como se muestra en la figura. Esta pieza evitara la rápida propagación del fuego de un nivel a otro, conjuntamente con los elementos descritos anteriormente. Estos elementos son de suma importancia cuando se llegue a presentar alguna explosión de un cuarto a otro ver figura 59.

Muro con espacio para puerta de acceso, estas piezas también incluyen los mismos elementos descritos corta humo y corta fuego, rellenando una vez más el espacio formado por el dintel y la solera superior con madera maciza formando una viga, la que ayudara a disminuir la velocidad de las llamas, figura 59 y 60.

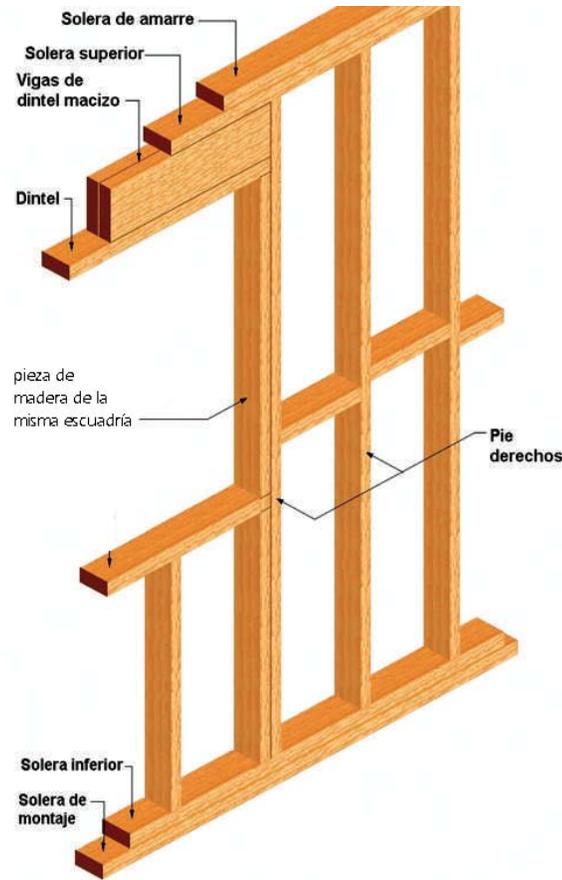


Figura 59. Muro armado en módulos y sus componentes contra el fuego.

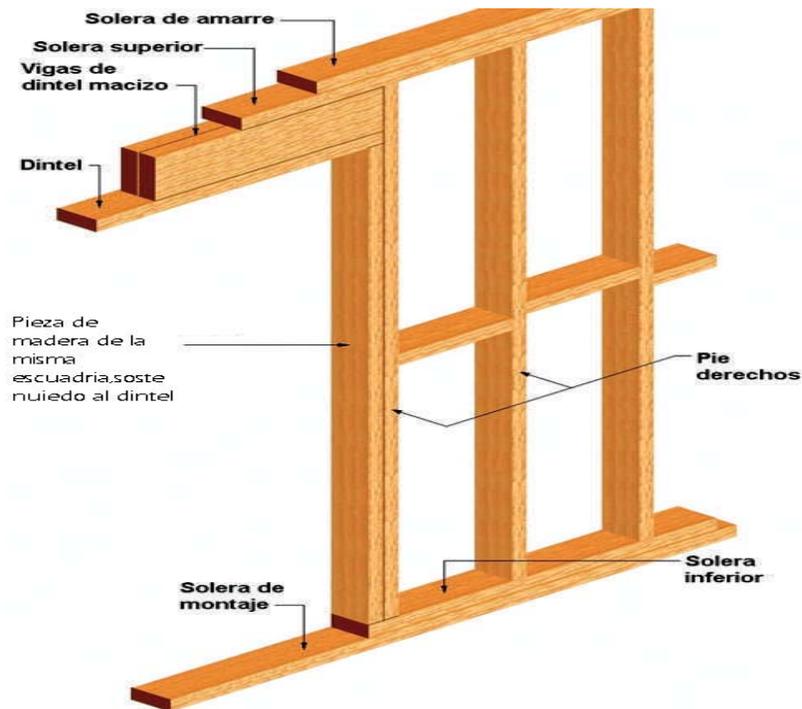


Figura 60. Elementos principales de un muro de madera.

Materiales de construcción incombustibles.

- Tableros de yeso (tabla roca), son muy eficientes para resistir los efectos del fuego ya que en su fabricación se incluye fibra de vidrio.
- Planchas de fibrocemento, tienen propiedades impermeables e incombustibles, por lo que son ideales para colocarlos en zonas húmedas, salinas, a la intemperie y en cocinas, baños, bajo aleros de estructuras de techumbre, cerca de claros de puertas y ventanas
- Lana mineral, es un producto que se obtiene al someter las rocas ígneas con un alto contenido de sílice a un proceso de fundición del que se obtienen fibras minerales blancas, largas y finas. Estas fibras se aglomeran con resinas de tipo fenólico, que formarán colchonetas, rollos, y bloques. Esta lana mineral es incombustible y no inflamable, no emite gases tóxicos y tiene baja conductividad térmica.
- Lana de vidrio, se obtiene al fundir arena con un alto contenido de sílice y otros componentes, se obtiene al fundirla a altas temperaturas, se encuentra en forma de rollos, paneles en varios espesores y densidades, en combinación con otros materiales de revestimiento soporta altas temperaturas y ayuda a retardar el fuego.
- Polietileno, es un material de muy poco peso y económico, si está protegido del calor no es peligroso, sin embargo si el fuego lo alcanza se consume rápidamente, provocando llamas de poca duración.

Una vivienda de madera debe ser diseñada siguiendo varios parámetros que resistan la acción destructiva del fuego, el diseño de una estructura de madera debe considerar, revestimientos fijos entre el armado de los módulos y mejore el tiempo de resistencia al fuego. Las figuras 61 y 62, se muestran ejemplos de revestimientos de ésta protección ya que evitan la propagación de las llamas y posibles daños a la estructura resistente.

En la figura 61, se aprecia los revestimientos interiores de un entramado de madera que forma un muro, en los espacios se ha colocado placas de lana mineral que por sus características evitan que las llamas se propaguen en forma vertical, además de que los peinaos corta fuego se suman a esta tarea.

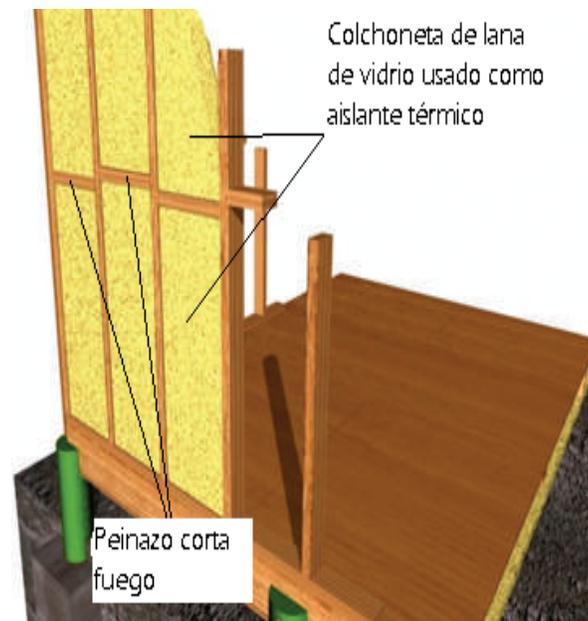


Figura 61. Relleno de módulos con lana de vidrio.

En muros interiores es aconsejable que una vez armado el entramado (bastidor) de madera el cual suele ser de 2" x 3", se rellenen con lana mineral o lana de vidrio, mientras que en una de las caras se puede colocar un panel o tablero de tabla roca, mientras que la otra cara debe revestirse con un tablero de madera contra chapada, de aglomerado o de fibras orientadas, como elemento arriostrante, figura 62.

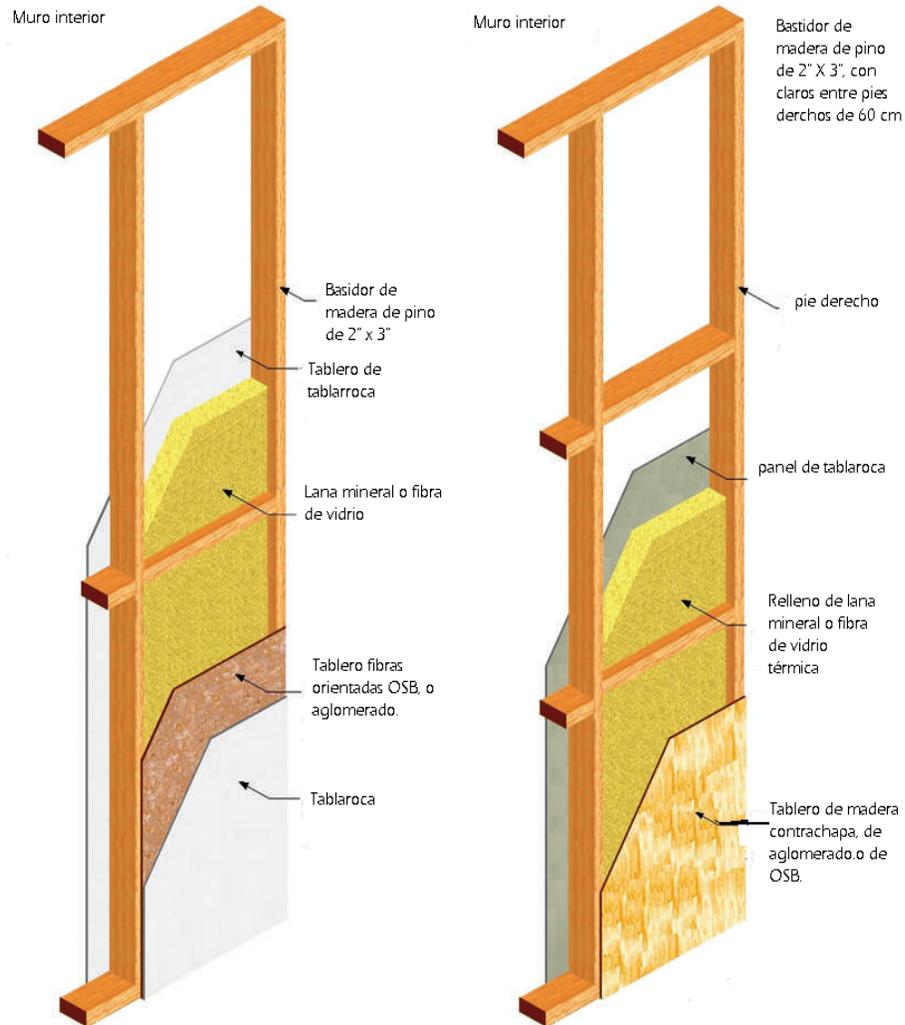


Figura 62. Muros de madera con revestimiento interior y exterior retardadores del fuego.

IV.1 Tablas tablones y vigas.

Las tablas, tablones y vigas son parte de los materiales que ofrece un aserradero y que para obtenerlos es necesario pasar por diferentes etapas.

La tala. Es la primera operación que recibe la madera para su uso. Se puede realizar con herramientas tradicionales tales como el hacha, la motosierra o con algún otro sistema mecánico. El árbol derribado es limpiado quitándole la corteza y las ramas dejándolo listo para su transporte. Una vez talado, su madera es preparada para pasar por varios procesos.

Madera en rollo. Es el árbol talado sin corteza y sin ramas, figura 63.



Figura 63. Madera en rollo.

Troza: Es una parte del tronco de un árbol talado, con corteza o sin ella, libre de ramas, comprendido entre dos partes de su eje. La denominada troza principal está comprendida entre la base y la primera rama principal.

Cuando la madera ha quedado preparada puede procesarse para ser usada de diferentes formas, tales como:

- Madera para puntales en minas (diámetros de 8 cm a 15 cm).
- Madera para desintegración. En rollo de secciones pequeñas (diámetro de 8 cm a 20 cm).
- Madera para aserrio. En rollo de diámetro de 20 cm y longitud de 1.20 m.
- Madera para desenrollo. En rollo de diámetro 15 cm y longitud de 0.60 m a 1.60 m.
- Madera para postes. En rollo de diámetro de 10 cm a 60 cm y longitud de 6.0 m.
- Madera emparejada. Es aquella madera que estando en rollo es escuadrada a apuro golpe de hacha.

Despiezo. Conjunto de operaciones que se realizan con el fin de dividir a lo largo del eje longitudinal de la troza o tronco, cortados en tablas, tablones o vigas, figura 64.

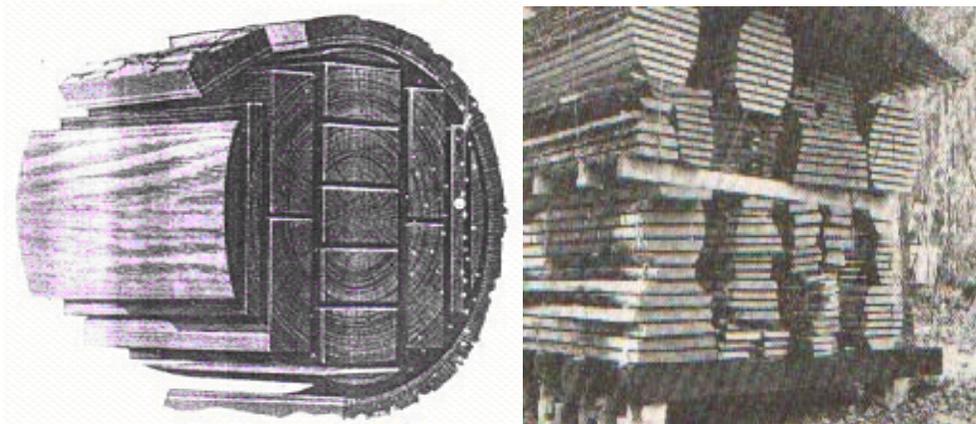


Figura 64. Despiezo de la troza, de una manera óptima.

El despiezo consiste en marcar de diferentes formas la sección transversal de la troza para maximizar los cortes de la madera. Uno de ellos el más simple consiste en marcar un cuadrado quedando la pieza “casi entera” sobrando cuatro secciones de arco. Existen diferentes tipos de despiezo:

- sección entera,
- máxima resistencia,
- mínima flecha,
- parís,
- a hilos paralelos,
- en cruz,
- holandés,
- americano,
- cortes encontrados, y ,
- cantibay.

Al procesar la troza surgen de ella diferentes tipos de escuadrías, que son las secciones que finalmente se comercializarán. Las escuadrías tradicionales que podemos encontrar tanto en los aserraderos como en bodegas o centros de distribución llamados comúnmente madererías son:

- Tablas con dimensiones de espesor de 22 mm a 27 mm, con diferentes anchos 10, 15, 20, 25, 30 centímetros y con de 2.50, 3.0 y hasta 4.80 metros.
- Tablones. El espesor más comercial en México es el de 1 ½ ", aproximadamente 38 mm, con anchos de 15 cm (6"), 30 cm (12 ") y con longitudes de 2.50 m (8 '), hasta 7.0 m (23').
- Vigas de sección rectangular, con anchos de 10 cm y peralte de 20 a 30 centímetros y longitudes de 3.0 a 7.0 metros. Son elementos sometidos a flexión, guardan una separación grande entre sí y no las une una cubierta, para distribuir la carga.
- Viguetas : son de sección de 8 x 8 cm y longitudes de hasta de 5m. Son elementos sometidos a flexión, con separaciones cortas entre si y que comparten la carga trabajando como un diafragma.

- Listón o tira. Son productos que salen de cortar las tablas o tablones en secciones más pequeñas, utilizadas para diferentes construcciones.
- Chapas piezas de espesor de unos 2mm a 5mm con longitudes variadas.

Las chapas se clasifican de acuerdo al método que se ha utilizado para su corte:

- chapa periférica (corte que se realiza por desenrollo continuo),
- chapa discontinua central,
- chapa discontinua tangencial,
- chapa a la plana, y,
- chapa a la plana radial.

En la rama de la carpintería muchos elementos son importantes para armar diferentes tipos de estructuras, estos elementos por lo general se denominan:

- vigas; figura 65,
- correas (tiras),
- cerchas (secciones curvas y triangulares),
- pilares de sección cuadrada o rectangular de una sola pieza,
- puntal o durmiente (madrina),
- encofrados, cajones y tarimas, estas se colocaran y quitan con facilidad, deberán tener una cara lisa,
- cimbras, éstas se componen de diferentes elementos como los mencionados anteriormente, y,
- andamios elementos que facilitan el acceso a otro niveles de personal y material.



Figura 65. Vigas de madera maciza y tablones.

Todos estos resultan ser elementos importantes en su momento y en cada etapa de una construcción, ya sea con materiales tradicionales o en construcciones donde el material central sea la madera.

Con las tablas podemos elaborar duela para pisos o para cubrir muros, mientras que la estructura principal será la base de puntales vigas o viguetas, en tanto que con los tablones podemos cubrir un sistema de vigas quedando un piso o una techumbre.

Las siguientes tablas muestran las dimensiones comerciales de las tablas, tablones y vigas de madera maciza que podemos encontrar.

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	4	8	2.5	10	243.84
1	6	8	2.5	15	243.84
1	8	8	2.5	20	243.84
1	10	8	2.5	25	243.84
1	12	8	2.5	30	243.84
1	4	10	2.5	10	304.48
1	6	10	2.5	15	304.48
1	8	10	2.5	20	304.48
1	10	10	2.5	25	304.48
1	12	10	2.5	30	304.48

Tabla 16. Dimensiones normales de las tablas de madera.

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1 ½	4	8	3.75	10	243.84
1 ½	6	8	3.75	15	243.84
1 ½	8	8	3.75	20	243.84
1 ½	10	8	3.75	25	243.84
1 ½	12	8	3.75	30	243.84
1 ½	4	10	3.75	10	304.8
1 ½	6	10	3.75	15	304.8
1 ½	8	10	3.75	20	304.8
1 ½	10	10	3.75	25	304.8
1 ½	12	10	3.75	30	304.8
2	4	8	5.0	10	243.84
2	6	8	5.0	15	243.84
2	8	8	5.0	20	243.84
2	10	8	5.0	25	243.84
2	12	8	5.0	30	243.84
2	4	10	5.0	10	304.8
2	6	10	5.0	15	304.8
2	8	10	5.0	20	304.8
2	10	10	5.0	25	304.8
2	12	10	5.0	30	304.8

Tabla 17. Dimensiones normales de los tablones de madera.

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
3 ½	6	16	8.75	15	487.68
3 ½	6	20	8.75	15	609.6
3 ½	8	12	8.75	20	365.48
3 ½	8	14	8.75	20	426.48
3 ½	8	16	8.75	20	487.65
3 ½	8	18	8.75	20	548.64
3 ½	8	20	8.75	20	609.6
3 ½	8	34	8.75	20	609.6
3 ½	8	28	8.75	20	609.6
3 ½	8	32	8.75	20	609.6

Tabla 18. Medidas de las vigas secas (estufadas) de madera.

Grueso (in)	Ancho (in)	Largo (ft)	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
3	6	16	7.5	15	487.68
4	8	12	10	20	365.48
4	8	16	10	20	487.68
4	8	18	10	20	548.64
4	8	20	10	20	609.6

Tabla 19. Medidas de vigas en estado natural.

Carpintería de taller.

Con la combinación de tablas, tablones y vigas en la carpintería de taller se elaboran: puertas, ventanas, muebles de baño, cajones, cubiertas, libreros, mesas, sillas, tapancos repisas, mosquiteros, muebles decorativos, bases para cama, marcos para puertas, marcos para ventana, molduras, jaladeras, muebles de cocinas, etc.

La madera es el único material con el cual se puede construir por completo una casa habitación desde la cimentación, los pisos, los muros, el techo, así como todos los muebles que se requieran en el interior y exterior.

IV. 2 Tipos de ensambles.

Si de las casas antiguas de madera como algunas que han perdurado en países como Noruega, Inglaterra o Estados Unidos de Norte América del siglo XIX, se quitaran algunos elementos de revestimiento como el yeso, el entramado o las tejas, encontraríamos en casi todas ellas una estructura de madera generalmente de grandes secciones tales como: pies derechos, vigas, viguetas, elementos diagonales (riostros), pares, etc., todos ellos en conjunto estabilizando la estructura. Sin embargo no resulta tan obvio la manera como todo este conjunto de elementos está ensamblado.

Antes de la invención de los clavos y del adhesivo, la madera era unida por una serie de cortes especiales, llamados ensambles y empalmes, uno de los más comunes se llama de caja y espiga o el de corte a media madera. Con la aparición del clavo el arte de la carpintería de armar que surgió y perduró en el mundo antiguo por más de 3000 años.

Las estructuras de caja y espiga debieron soportar fuerzas originadas por el viento, así como los terremotos, dando muestras de gran rigidez. Este método permitía entre otras cosas, el diseño de grandes espacios interiores, dejando los claros necesarios para puertas y ventanas de dimensiones normales.

Siempre que se quiera construir una estructura de madera, debe tomarse en cuenta los recursos forestales que estén a nuestro alcance, aprovechándolos al máximo, haciendo las escuadrías en el lugar si es que la madera está en rollo. Además de que la madera permite la libertad de ajustar el diseño de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar, incorporando paneles solares, balcones, cobertizos, etc.

Es recomendable que solo expertos se encarguen de levantar la estructura para una casa de diseño complejo o de grandes dimensiones, de lo contrario podrían presentarse complicaciones que solo la ingeniería puede resolver, a saber: el diseño de la estructura, el tipo de cimentación necesario, la conservación de la madera contra aquellos agentes que degradan la madera como los hongos, las termitas, así como su mantenimiento y reparaciones que sean necesarias.

Los antiguos constructores armaban una casa para su familia y para las generaciones futuras; hoy sólo se construye para ser habitada por un periodo de uso limitado. Actualmente se han introducido los tableros de madera contra chapada, los aglomerados, los de MDF (tableros de densidad media) y los llamados paneles sándwich. Estos últimos poseen un alto índice de aislamiento contra el ruido y el viento, además de que son utilizados como revestimiento de muros y techumbres, disminuyendo de esta forma el número de horas-trabajo dejando a un lado el entramado.

La estructura de madera era la base principal de las primeras construcciones, todas sus partes se cortaban en el lugar, uniéndose para formar pórticos, unidos a las llamadas soleras inferiores y superiores, así como otros elementos llamados pies derechos, pares, riostras, correas, etc. Esta estructura elemental se utilizó y sigue vigente para levantar construcciones tan variadas como; cobertizos, áticos, establos, casas y todo tipo de adaptaciones a los estilos modernos cambiando sólo las dimensiones. Es importante que la estructura sea rígida, autoportante (soporta tanto las cargas como su propio peso) y que se mantenga a plomo y a nivel, mientras que la colocación de las partes la elección de los ensambles y empalmes contribuyen a su rigidez, figura 66.

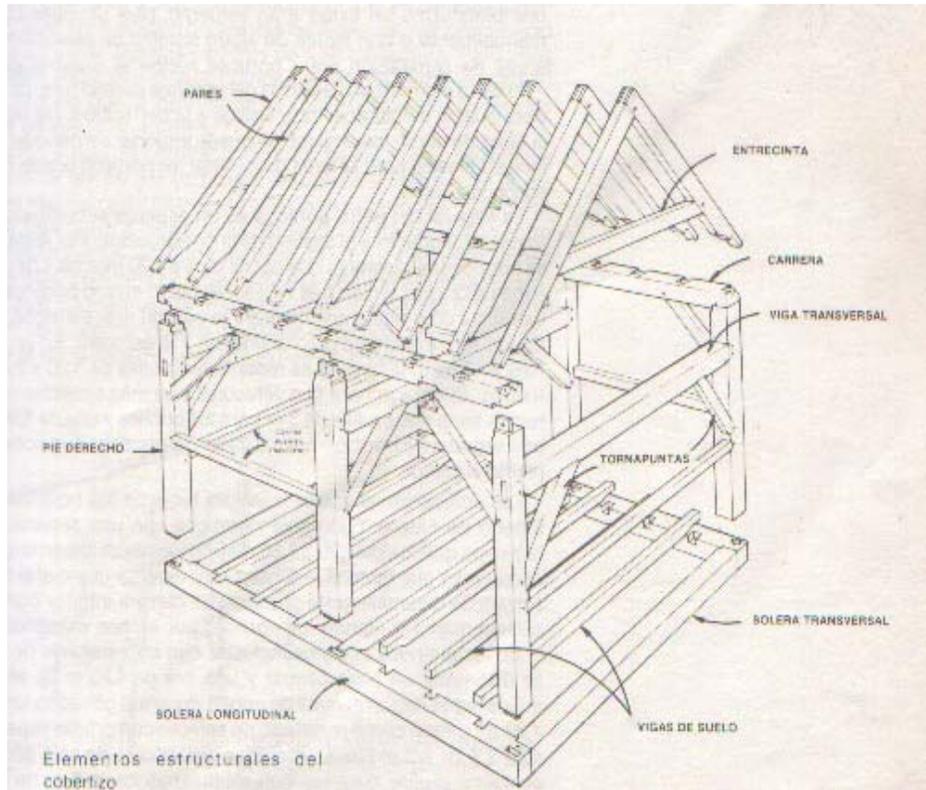


Figura 66. Nombres de los elementos de madera, para armar un cobertizo.

Elementos principales de una estructura de madera.

Las soleras son vigas de madera, rectangulares o cuadradas de 20 cm x 10 cm o de 20 cm x 20 cm, colocadas perimetralmente sobre la cimentación debidamente ancladas y empalmadas en las esquinas. Si la construcción es de proporciones mayores se proyectarán soleras interiores ver figura 67.



Figura 67. Soleras apoyadas sobre la cimentación.

Los pies derechos son elementos de madera empotrados en las soleras mediante el método de caja y espiga. Éstos suelen ser de secciones mayores o parecidas a las de las soleras, cuya principal función es la de transmitir el peso de la estructura a la cimentación. Los hay de diferente sección según las cargas que vaya a soportar, figura 68, 69.

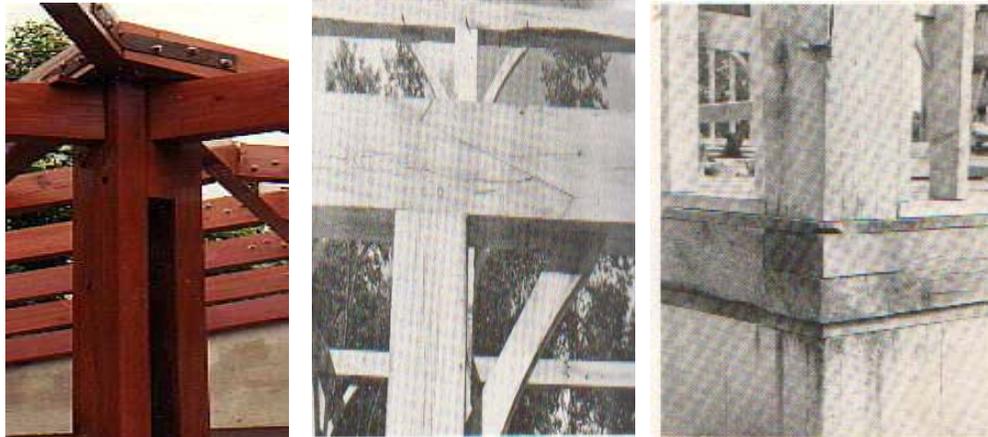


Figura 68. Pies derechos empotrados con soleras en esquina y en combinación con las carreras.

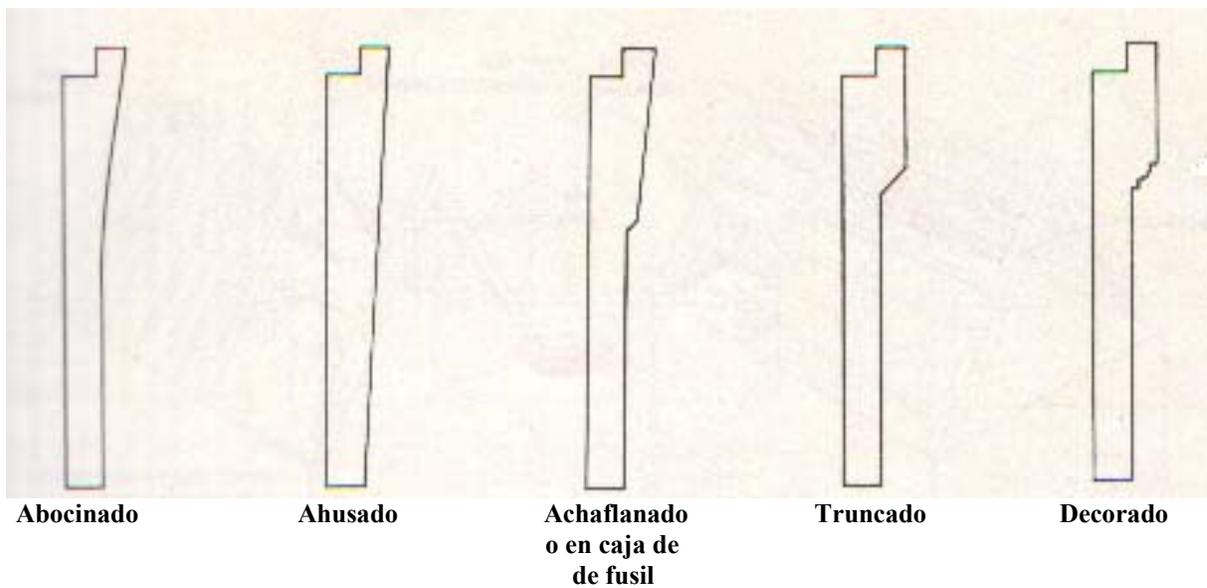


Figura 69. Diferentes figuras de los pies derechos.

Carreras.

Una vez levantados los pies derechos, éstos quedaran unidos mediante un elemento longitudinal debidamente empotrado mediante caja y espiga llamado carrera. Estos elementos se encargan de soportar cargas verticales formando los llamados pórticos y aumentar la rigidez de la estructura, figura 70.

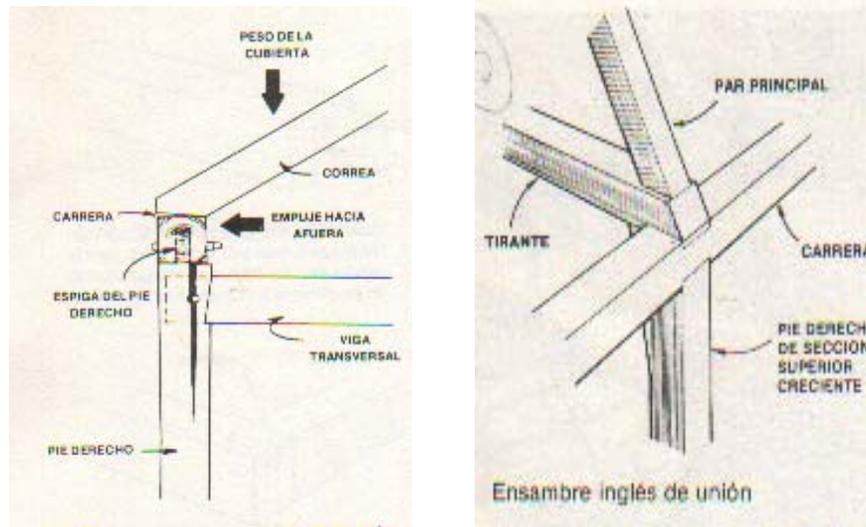


Figura 70. Carreras unidas a pies derechos, y con pares, mediante caja y espiga.

Correas.

Una correa suele ser un elemento de una sola pieza que es colocada longitudinalmente sobre lo que formara parte de la cubierta, estará uniendo a los pares ya sea por el centro o todo un conjunto de ellas, figura 71.

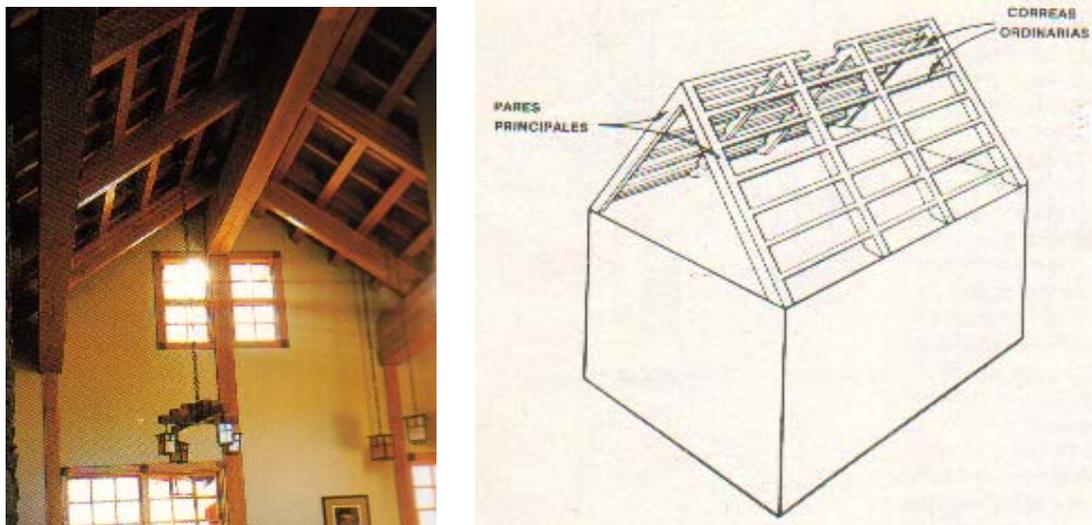


Figura 71. Correas sujetando a los pares, para ayudar a soportar la cubierta del techo.

Riostras.

Las riostras pueden ser, tornapuntas, jabalcones o cartelas. Cumplen con la función de evitar el desplazamiento lateral de la estructura, además de ayudar a conservar la forma y la verticalidad (ángulo a 90° con respecto del piso nivelado). Son elementos de longitud y sección menor que las vigas, colocadas diagonalmente, de tal forma que unen a los pies derechos con las carreras, formando triangulaciones rígidas, donde su cometido más que estético es el de reforzar a la estructura, soportando fuerzas que actúan en una sola dirección. Esta es la razón por la cual se colocan dos riostras a los lados de cada pie derecho, dispuestas de modo que contrarresten las fuerzas laterales, es decir si una trabaja en una dirección la otra no, figuras 72 y 73.

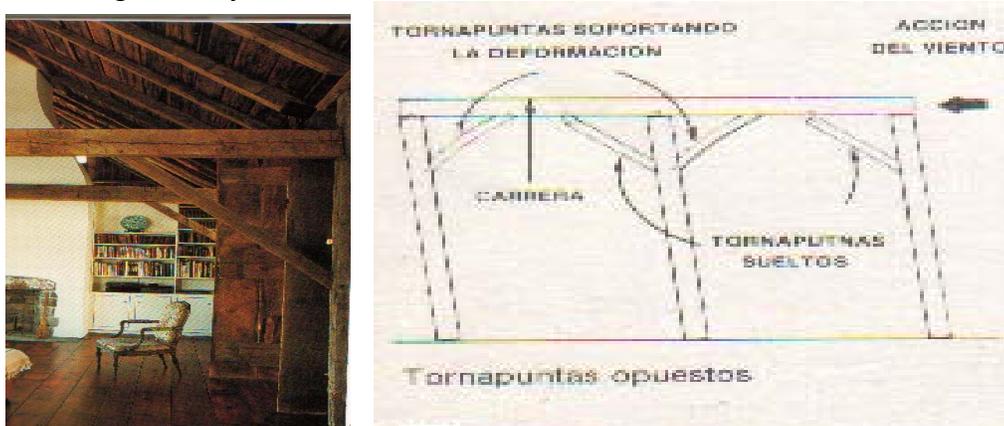


Figura 72. Riostras soportando las fuerzas laterales.

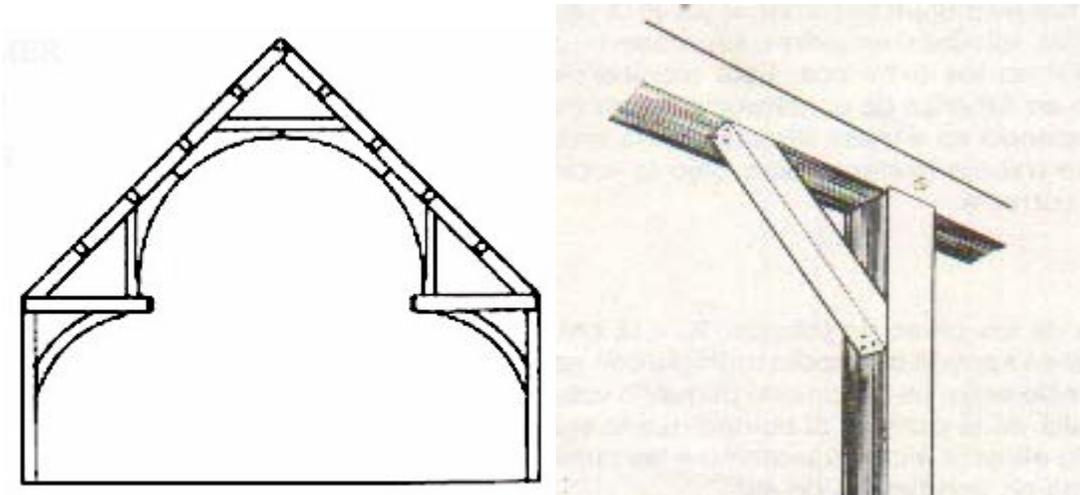


Figura 73. Riostras curvas (estructura gótica) o tornapuntas rectas.

Los pórticos han de tener su propio arrojamiento, lo ideal es una estructura bien arriestrada, es importante conocer la función de las riostras ya que en los diseños modernos tienden a dejar grandes claros, en los cuales se deben colocar adecuadamente estos elementos.

Ensamblés.

Los antigua carpintería de armar, siempre pensaba que la estructura debería durar generaciones enteras; lo interesante de estos métodos eran los cortes que se hacían en la madera para unir todos estos elementos, con el propósito de soportar los esfuerzos a los que estaría sometida la estructura, así como las cargas que podría soportar. Sin embargo estos resultados sólo se pueden conocer al estudiar la madera en el laboratorio, el antiguo constructor no conocía estas pruebas únicamente se basaba en su experiencia y en el respaldo de 3000 años de empirismo.

Se tenía una visión de las cargas y de los pesos propios, así como de las fuerzas que podía resistir la madera, y si tenía duda entonces sobredimensionaba y usaba una sección de mayor tamaño. Uno de los ensamblés más importante es el de caja y espiga, ya mencionados. Los egipcios ya lo usaban mientras que en Japón se trabajaban elaboradas variantes. Estos métodos de ensamble tenían que ser sencillos para permitir ampliaciones futuras. Es importante mencionar que tanto los ensamblés como los empalmes son el alma de la estructura.

El ensamble de caja es uno de los primeros que apareció, confeccionando los primitivos cobijos. Se trataba solo de juntar dos troncos con traslape atados para mantenerlos unidos. El ensamble a media madera consiste en hacer un saque a la mitad del espesor de cada pieza, para que en el extremo, el enrase final de el mismo espesor. Se utiliza en las esquinas donde se encuentran los extremos de las soleras formando una esquina. Este tipo de ensamble no soporta grandes esfuerzos a menos que en está unión se acople un pie derecho, figuras 74 y 75.

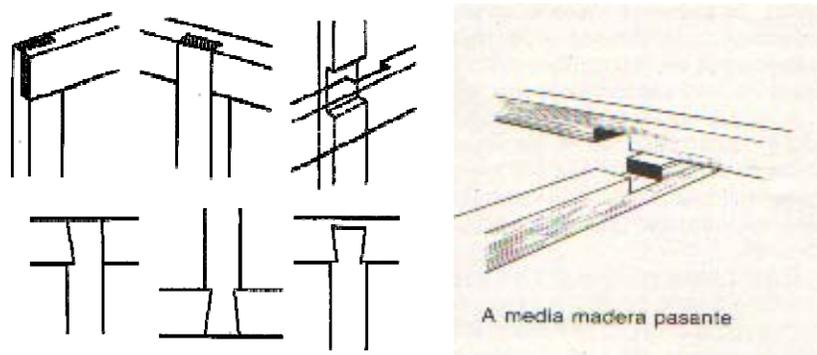


Figura 74. Diferentes cortes a media madera.



Figura 75. Soleras a media madera formando esquinas y para aumentar la longitud

Ensamblajes de caja y espiga, resuelve el problema de mantener dos piezas firmemente unidas. Se hace una ranura en una pieza, mientras que en la segunda se forma una espiga, la que se empotrará en la primera. Es común se utilice algún adhesivo al realizar la unión de las piezas, de esta forma se evitan roturas y torsiones en la madera, manteniéndose fijos todos los elementos estructurales. Del ensamble se tienen algunas variantes, tales como: caja y espiga ciega, caja y espiga pasante, ensamble abierto de caja y espiga, y ensamble de caja y espiga con rebajo, figura 76, se utilizan en la unión de vigas transversales y pies derechos. Antes de que se utilizaran los adhesivos y los pernos con roldana y tuerca, se usaban las llamadas clavijas y cuñas de madera más dura, las que le daban gran resistencia.

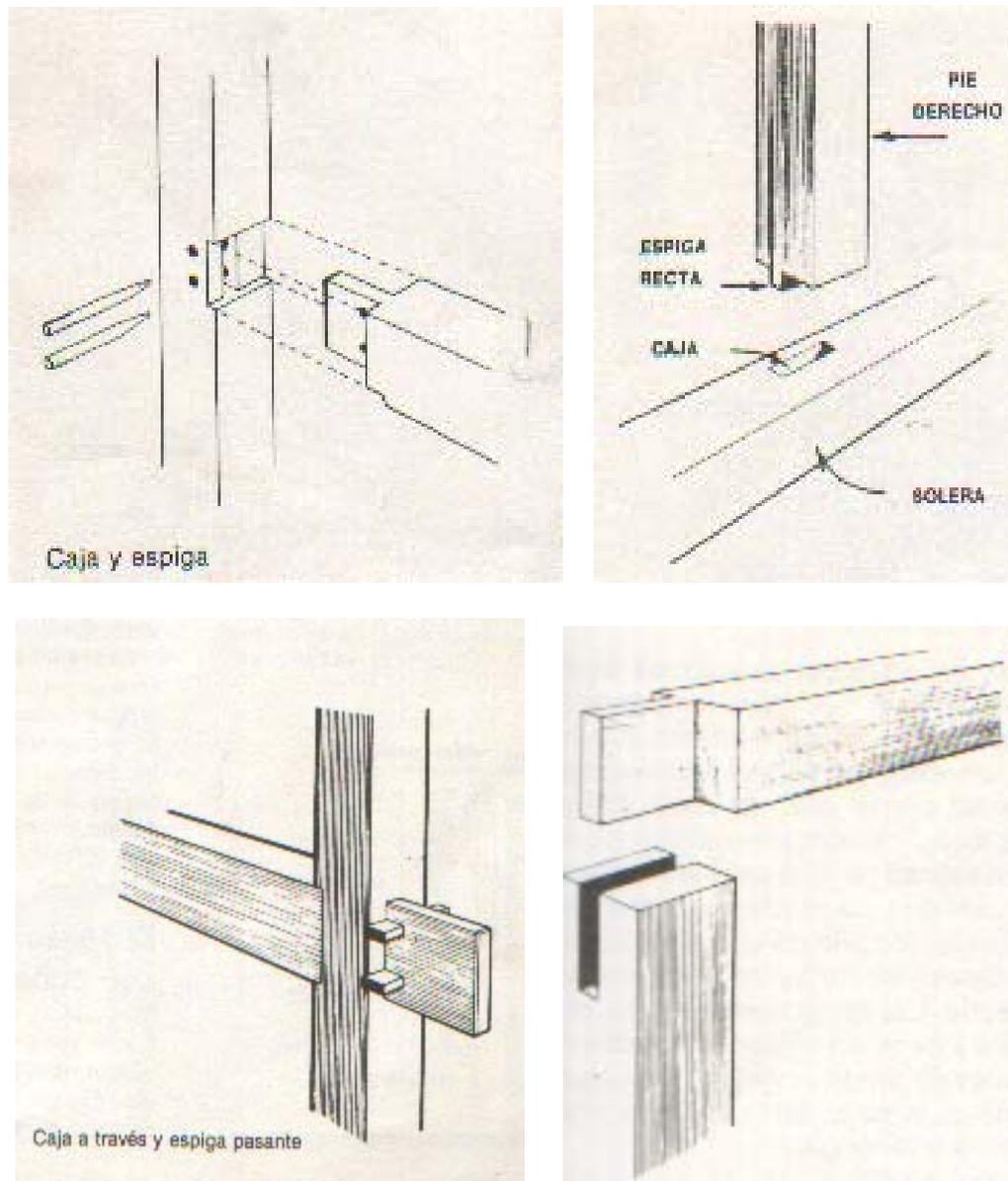


Figura 76. Diferentes estilos de caja y espiga.

Ensamble en cola de milano, se emplea cuando se requiere una resistencia considerable a tensiones de desacoplamiento. La resistencia de este tipo de ensamble se ve incrementado si los hilos de las piezas por unir resultan perpendiculares; se recomienda usar este ensamble en entrecintas, tornapuntas y soleras, figura 77.

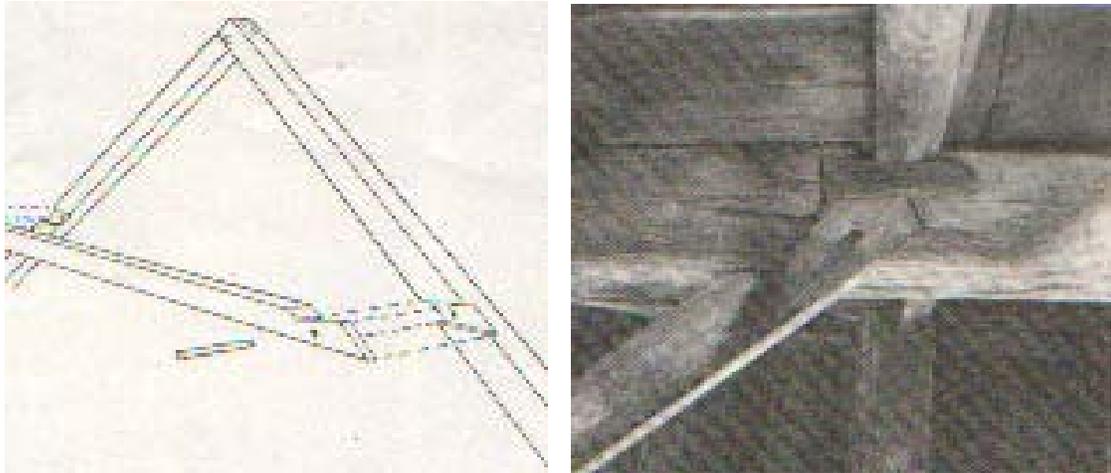


Figura 77. Unión de pares en cola de milano, y como tornapuntas.

Empalmes en los pares, los pares son dos piezas unidas en forma de triángulo, conviene practicar un ensamble para unir ambos lados, un empalme a tope no ofrece ninguna resistencia aunque se refuerce con clavos, es mejor utilizar un empalme con cola pasante o si se requiere con caja y espiga; así de esta forma soportará los (esfuerzos) empujes tanto hacia fuera, como hacia adentro, figura 78.

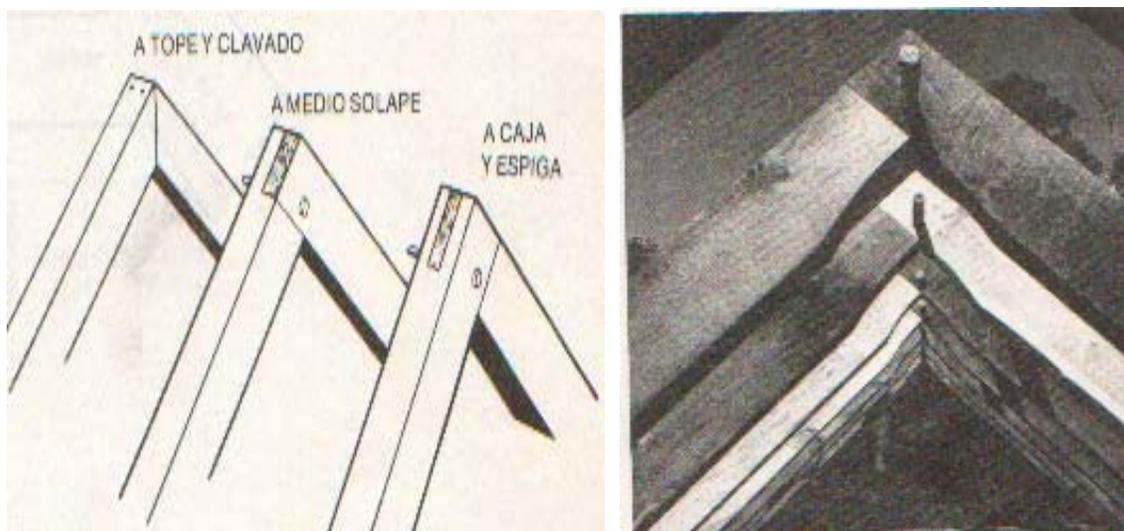
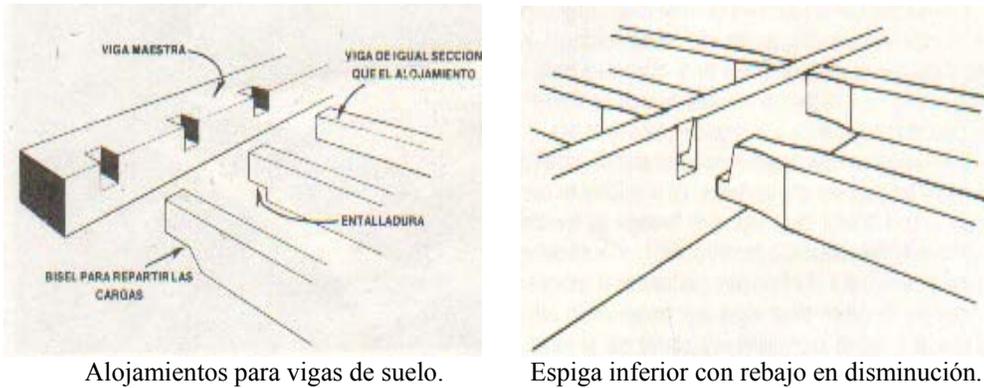


Figura 78. Diferentes tipos de ensambles para unir los pares que forman la cumbre.

Vigas maestras para el piso.

Los pisos de madera suelen armarse con vigas principales llamadas maestras, en las que se apoyan vigas o viguetas de menor sección. La unión se hace por medio de saques en la solera, figura 79. Este tipo de ensambles requieren de gran precisión y no deben quedar holgados. Se recomienda que haya un espesor mínimo de madera de 7 a 9 centímetros para vigas maestras de espesor igual a 18 centímetros.



Alojamientos para vigas de suelo.

Espiga inferior con rebajo en disminución.

Figura 79. Diferentes cortes para armar la plataforma del piso.

La unión de espiga inferior desde el punto de vista estructural mejoró notablemente la resistencia. Para mantener fijas estas uniones se colocaban pernos de madera dura. Actualmente es más conveniente sustituirlos por los de metal. Uno de los cortes que da oportunidad de colocarlos después de armada la estructura es el llamado forma de cola de milano, ya que estas piezas de madera pueden colocarse hasta el final, figura 80.

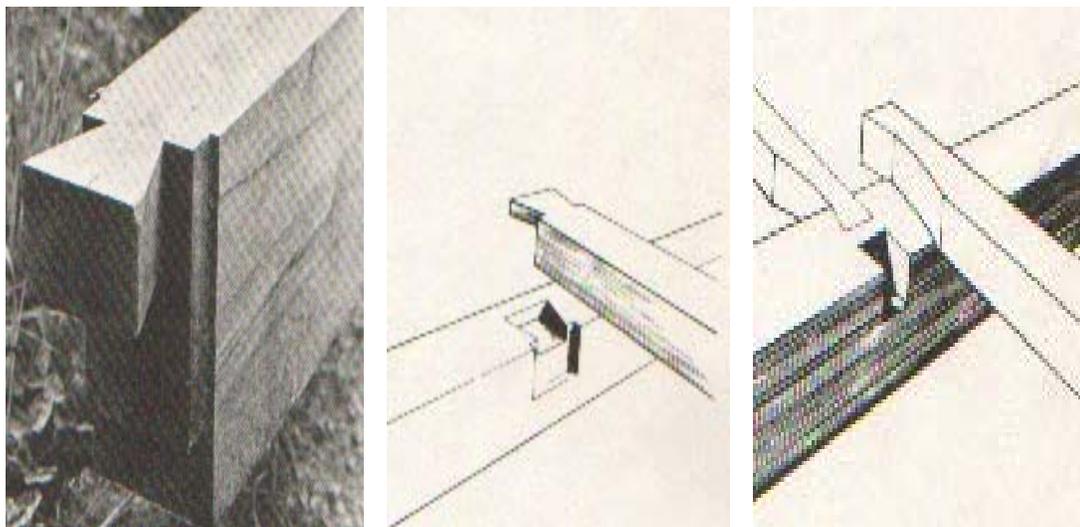


Figura 80. Cortes en cola de milano para los pisos.

En el diseño de antiguas estructuras los ensambles fueron un factor determinante en la unión de las diferentes piezas, resultando un factor relevante ante su buen o mal funcionamiento. Actualmente en el diseño de este tipo de estructuras se omiten muchos de esos ensambles y empalmes, los cuales son sustituidos por nuevos elementos de unión como: pernos de metal, placas de acero, clavos, pijas, pijas para tabla roca y piezas especiales para unir la madera, lo que hace más rápida su construcción. Sin embargo estos sistemas omiten algunas reacciones de la madera ante el surgimiento de esfuerzos, que los ensambles y empalmes tradicionales les darían fácil solución.

Empalmes.

Ante la desaparición de bosques enteros cuyos troncos alcanzaban grandes longitudes, los antiguos constructores se vieron ante un dilema pues se requerían estructuras cada vez más grandes y ante la escasez de tramos adecuados de madera, se tuvieron que utilizar acoplamientos y empalmes, para crear las piezas de madera que cumplieran con ciertas características geométricas. De esta forma se obtenían carreras, correas y soleras, de la longitud deseada. El empalme básico es el de media madera del cual se derivaron los demás haciéndose cada vez más elaborados.

Un empalme permite una conexión casi tan rígida como si la pieza fuese continua. Actualmente se ha mejorado esta técnica con adhesivos, formando así la llamada madera laminada. Un constructor de estructuras de madera debe elegir aquellos empalmes que pueden transmitir las fuerzas de compresión, flexión, esfuerzo cortante, y torsión, de manera adecuada a la estructura.

Tipos de empalmes:

- empalme a media madera,
- empalme a testa en derrame,
- empalme de entalladura, y ,
- empalme de entalladura con lengüeta a testa.

El empalme a media madera es muy sencillo, su aplicación es solo para casos cuando está a compresión, en carreras y soleras de apoyo continuo, figura 81.

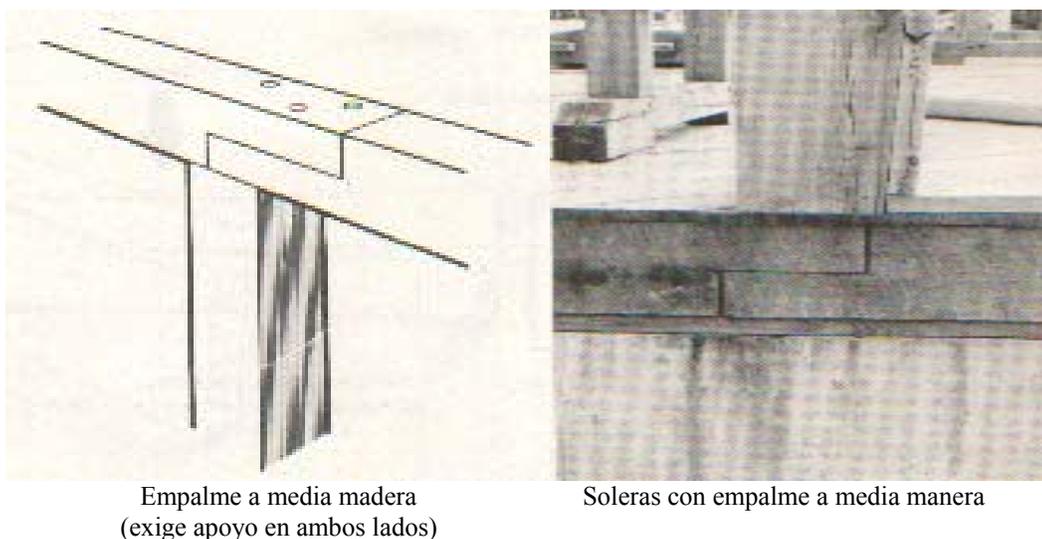


Figura 81. Empalme a media madera en carreras (solera superior) y en soleras.

El empalme a testa con derrame mejora el de media madera, cuya respuesta mecánica es buena cuando trabaja a compresión y a torsión, y si los cortes tienen buena precisión, su respuesta al esfuerzo cortante también es buena, figura 82. Se recomienda usarlos en pies derechos, soleras o en la reparación de los mismos si es que, estuvieran afectados por termitas o por hongos.

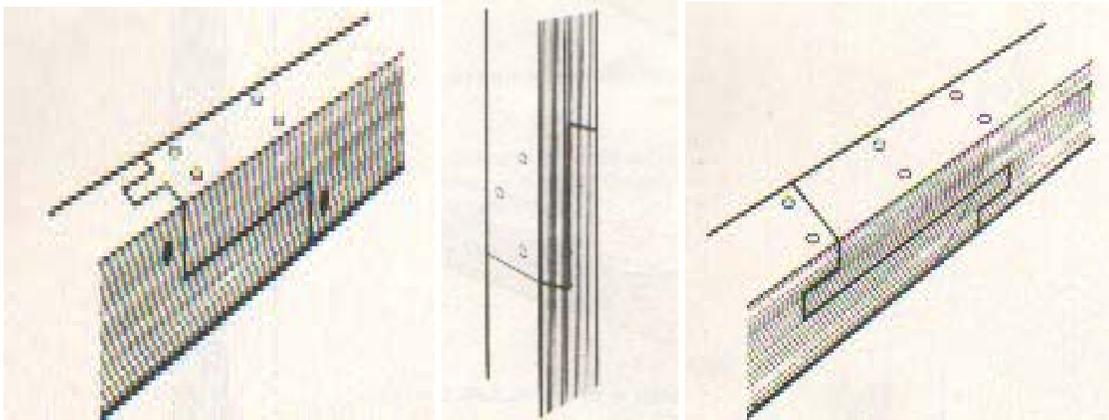


Figura 82. Diferentes tipos de empalmes, donde los pernos de madera se sustituyen por los de metal o clavos.

El empalme de entalladura (ajustado), soporta esfuerzos de compresión, tensión, y torsión. Una variante del empalme anterior es el llamado empalme de entalladura con lengüeta a testa el cual es un medio traslape con espiga, figura 83. Si está bien ajustado soporta bien los esfuerzos de compresión, torsión y flexión de poca magnitud. Existen muchas otras variantes, todas ellas con origen en las primeras. Si se quiere mejorar el funcionamiento de estos empalmes se recomienda usar adhesivo y pernos con tuerca.

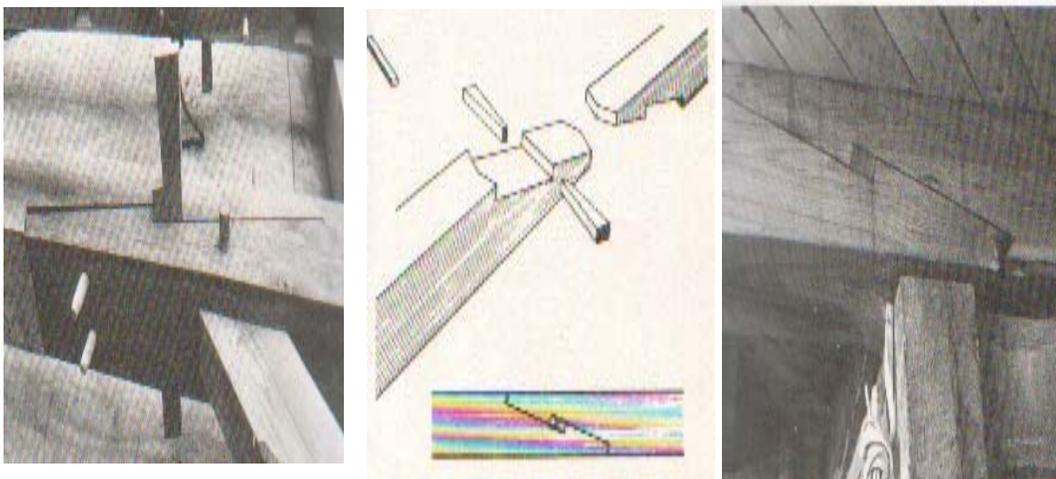


Figura 83. Algunos ensambles especiales, con soporte usados antiguamente.

Colocación de los empalmes.

Estos deben colocarse en soleras o carreras con apoyo de varios pies derechos, la figura 84, muestra los diagramas de esfuerzo cortante y momento flexionante. Los empalmes hallados en edificios antiguos coinciden con la posición de los puntos de menor solicitación.

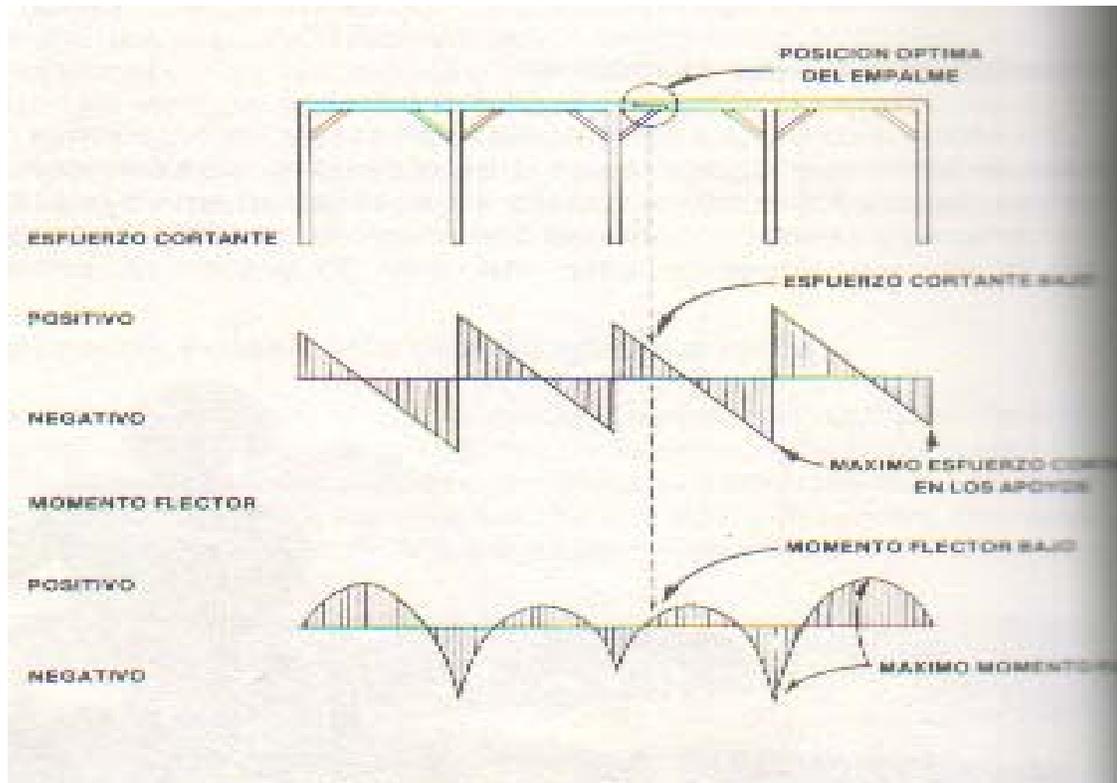


Figura 84. Diagrama de esfuerzos cortante y momento flexionante.

Como no siempre se tiene acceso a la madera sólida de grandes secciones, lo más conveniente es trabajar con madera de menor sección, ya que es relativamente económica por lo que algunos ensambles y empalmes son más prácticos de armar in situ. Todas estas uniones deben ser sólidas para soportar los diferentes esfuerzos internos o externos que son transmitidos por las columnas. Este tipo de uniones surgen cuando la longitud del claro supera a la de la pieza de madera.

Empalmes en vigas. Si se necesita salvar un claro y se requiere un empalme es conveniente, que este quede sobre apoyos intermedios, los empalmes pueden ser de traslape, a tope o ensamblados.

Traslape, esta unión o empalme es simple y económico, no requiere ningún corte especial, las dos piezas se traslapan unos 25 cm, la unión se hace con clavos de 2 a 4 pulgadas, dependiendo del espesor de la madera, figura 85.

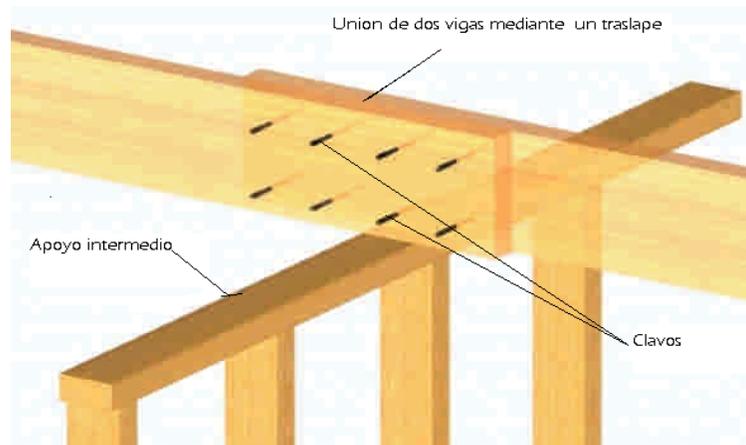


Figura 85. Empalme unido mediante clavos, apoyado en un muro intermedio.

Empalme a tope, requiere de apoyos intermedios para unir las piezas. Necesita de elementos de unión de madera o de metal, aumentando su rigidez mediante el uso de clavos, tornillos o pijas para tabla roca, combinado con el uso de pegamento para madera, figura 86. La unión con placas metálicas dentadas se utiliza cuando las cargas son preponderantemente estáticas. Figura 87.

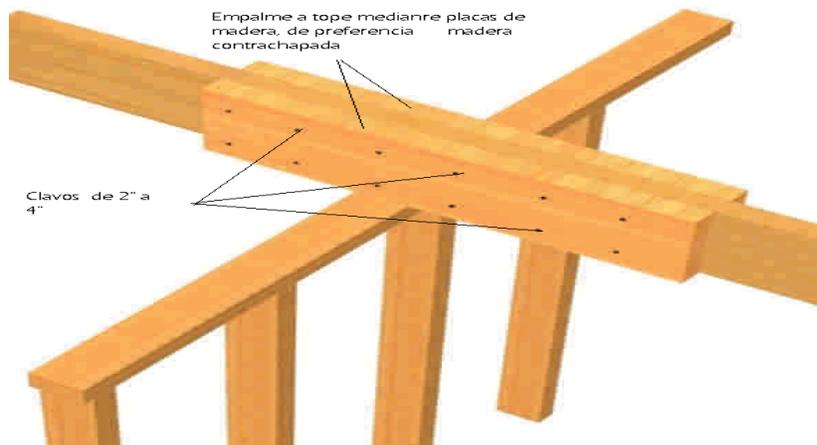


Figura 86. Empalme a tope utilizando dos tramos de madera maciza del mismo espesor, de preferencia utilizar madera contra chapada estructural.



Figura 87. Empalme a tope mediante placas dentadas

Estos ensambles requieren de un corte especial, así como de su ubicación. Estarán a la vista generalmente cerca de los apoyos, aproximadamente a $\frac{1}{4}$ del claro. Los ensambles que más se utilizan son: a media madera de canto y corte a pluma, figuras 88 y 89. Estas uniones requieren de elementos adicionales como: clavos, tornillos, pijas para tabla roca, pernos y pegamento para madera.

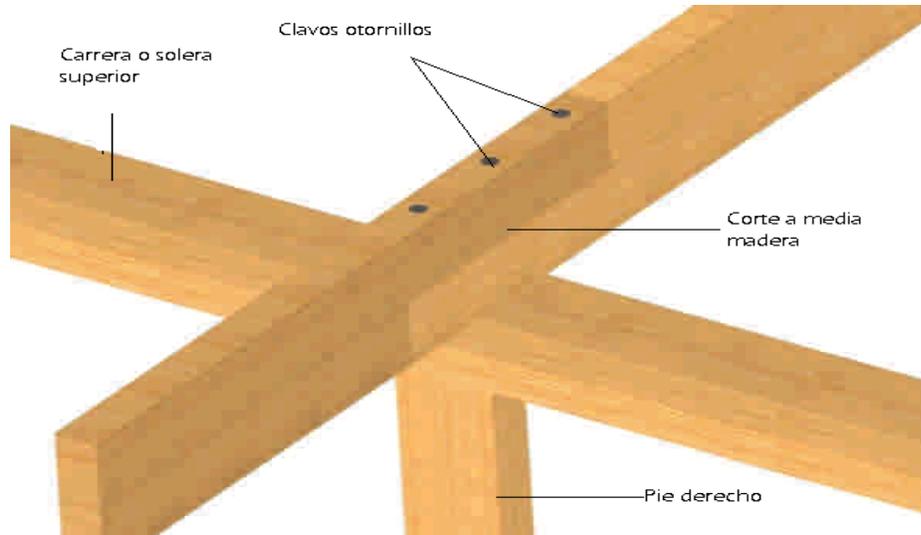


Figura 88. Ensamble a media madera de canto, unidas con clavos o tornillos.

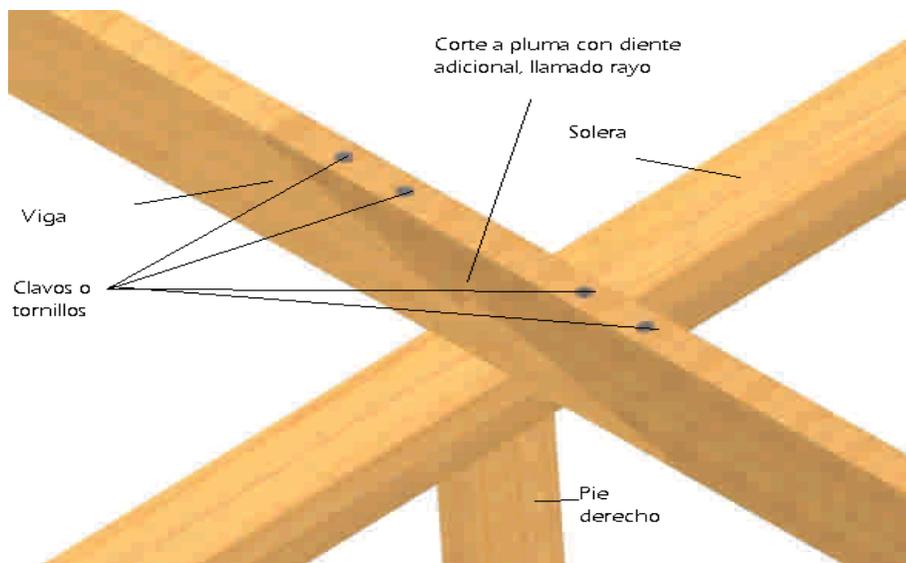


Figura 89. Ensamble de dos piezas de madera por canto, con un corte llamado rayo.

IV. 3 Elementos de unión.

Una casa habitación con estructura de madera estará constituida por elementos como; soleras, pies derechos, vigas, riostras, peñasos y otros. Algunos de ellos convergen en ciertos puntos denominados *puntos de unión* y desde el punto de vista estructural dichos puntos son los más críticos en el diseño de la estructura. Debido a lo anterior se debe considerar su resistencia, su capacidad de carga, su localización y si queda apoyada o bien si queda a la vista, entre otras consideraciones.

Una unión es el medio por el cual dos o más piezas de madera prolongaran y compartirán las fuerzas de otros elementos y las de su propio peso las que formarán una estructura norma NMX-C-178-ONNCCE.

La estructura reaccionará ante las diferentes fuerzas originadas por el viento y los sismos, por lo que debe ser capaz de soportar esas fuerzas con las debidas fijaciones o uniones, así como el transmitir las de un elemento a otro sin que sufran deformaciones, sin alterar su rigidez ante los esfuerzos de compresión, tensión y cortante.

Además estas uniones mecánicas ayudan a prolongar las longitudes de algunas piezas comerciales, mientras que otras piezas se ensamblan para formar una estructura estable y rígida. Una vez unidas y ensambladas las piezas de madera deben ser capaces de soportar el total de las cargas, más aquellas fuerzas que surjan cuando se este llevando a cabo el armado de la estructura y su uso. Estas no deben exceder las cargas permisibles establecidas en el diseño estructural.

Todo diseño de estructuras de madera debe considerar:

- la geometría de la estructura,
- analizar la interacción entre uniones y otras partes de la estructura, y,
- la estructura contará con elementos de arrostramiento, así como diafragmas colocados en planos paralelos a las sollicitaciones de las fuerzas paralelas.

Unión mecánica. Este tipo de uniones se realizan utilizando clavos, tornillos, pijas, pernos (espárragos), placas dentadas y conectores, permitiendo la interacción de dos o más elementos que deben garantizar la correcta transmisión de los esfuerzos internos. Estas uniones deben ser rápidas y eficientes en cuanto al uso del material. La principal característica de estas uniones es que al quedar sometidas a fuerzas cortantes permite que haya ciertos desplazamientos entre las piezas conectadas, debidos al aplastamiento de la madera y su deformación en la zona de contacto y dependiendo de la magnitud de los esfuerzos y de su rigidez. Se debe tomar en cuenta la sección de la madera por unir, la magnitud de las fuerzas originadas debida al diseño arquitectónico y las limitaciones que surjan en el montaje de la estructura. Actualmente el uso de los adhesivos para madera han tenido un gran desarrollo, debido a la una gran variedad existente en el mercado. Sin embargo las NTC no contempla los adhesivos como un elemento de unión.

Las uniones mecánicas en las que se utilizan clavos sometidos a sollicitaciones de extracción lateral dan origen a uniones semirígidas, dúctiles y altamente resistentes, utilizadas con mayor frecuencia en la construcción de viviendas de madera con un mínimo de equipo y personal calificado.

Factores que afectan el comportamiento de una unión.

- La resistencia de la madera (densidad).
- El contenido de humedad antes de la unión y después que este en servicio.
- Las dimensiones y formas geométricas de los elementos de unión (clavos, tornillos, pernos placas).
- La dirección de la carga respecto a la fibra, perpendicular, paralela o inclinada.
- Las cargas admisibles determinadas en el laboratorio.
- La distancia entre centros de los elementos de unión, para que resista el esfuerzo al que ha sido calculado con respecto a los bordes.

La unión de madera con elementos mecánicos permite desplazamientos relativos entre las piezas conectadas. Estos desplazamientos son consecuencia del aplastamiento de la madera en la zona de contacto. Figura 90.

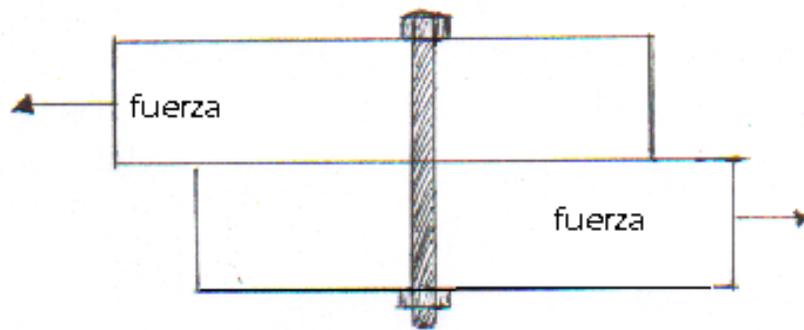


Figura 90.

Una buena elección del elemento sujetador dependerá de la situación por resolver y de la magnitud de las fuerzas que se quiera transmitir entre los elementos de la estructura. Figura 91.

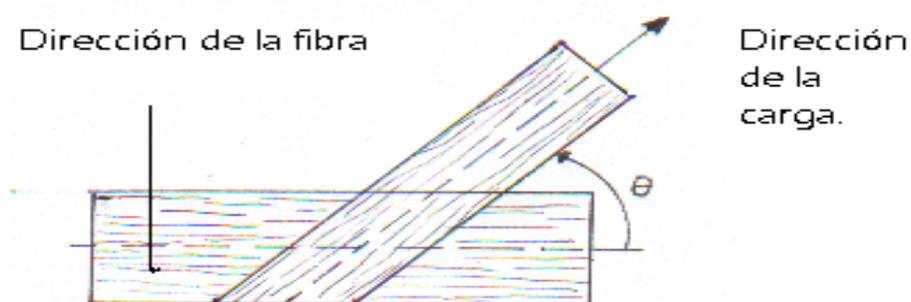


Figura 91. La dirección de la carga entre elementos inclinados, puede ser de tensión o de compresión.

Se deben considerar ciertas distancias mínimas desde los centros donde se ubicaran los elementos que sujetaran a las piezas de madera, hasta los bordes cargados y no cargados para que resistan los esfuerzos para los que han sido calculados. La siguiente figura muestra la posición de estos elementos. Figura 92.

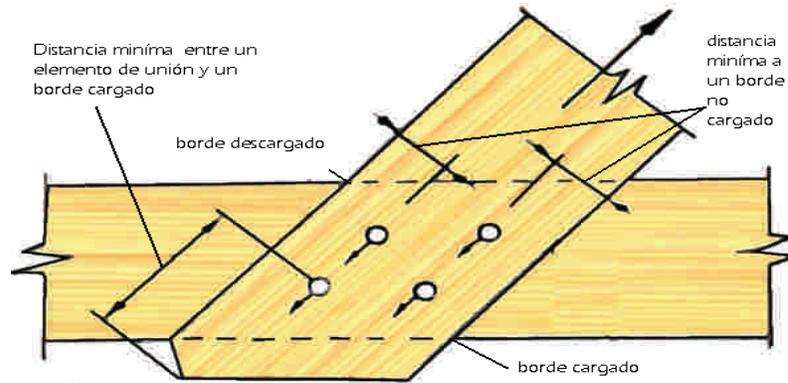


Figura 92. Distancia de los elementos de unión a los bordes cargados y no cargados de la madera.

Diferentes piezas de madera como pies derechos y soleras superior e inferior quedaran unidos con diferentes elementos sujetadores como clavos y tornillos, estos quedaran en varias posiciones, además otras piezas como las vigas deberán quedar unidas utilizando piezas especiales para mantener la rigidez del entramado de pisos o entrepisos, figura 93.

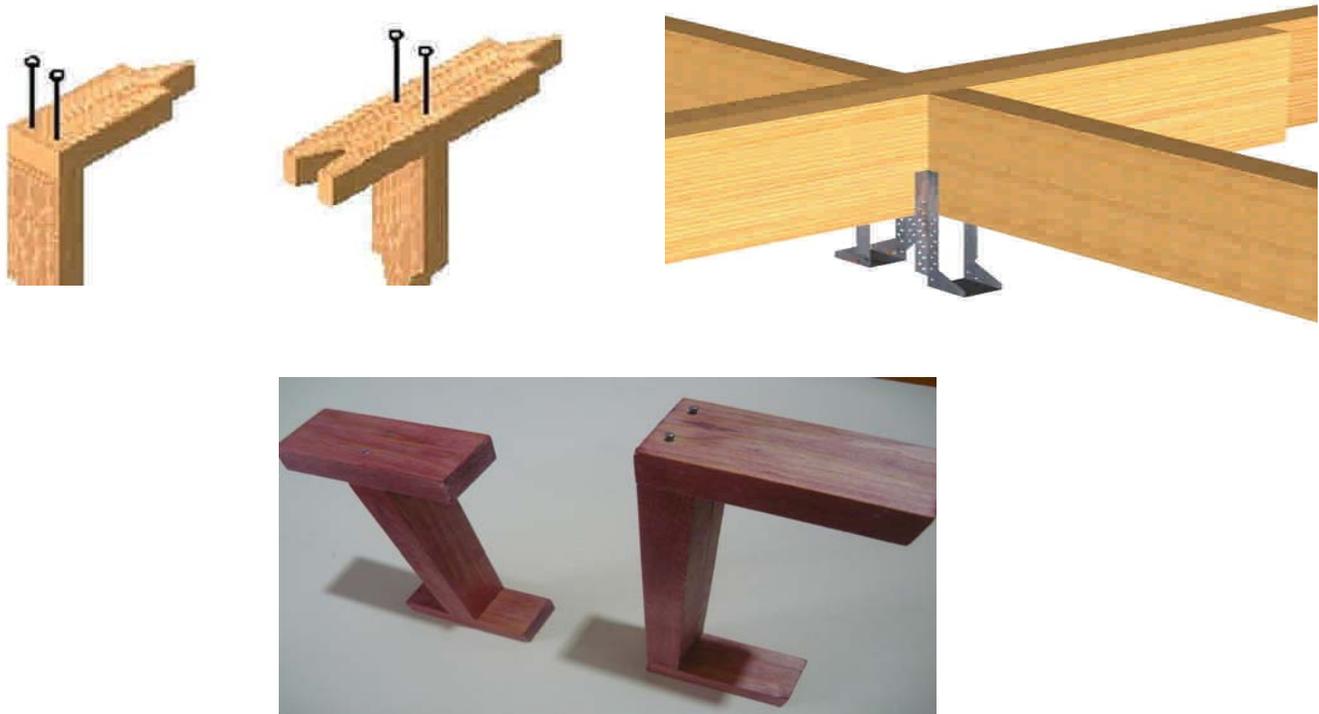


Figura 93. Diferentes formas de unir pies derechos con soleras, con clavos o placas metálicas.

Los clavos.

Durante la década de 1830 a 1840 los norteamericanos empezaron a dominar la técnica de la fabricación de clavos lo que dio como origen al nacimiento de nuevas técnicas de estructuras de madera, como las llamadas estructuras de globo y estructuras de plataforma. Fueron los clavos conjuntamente con las nuevas técnicas que permitieron acelerar el proceso constructivo y permitiendo una mayor diversidad arquitectónica.

Los clavos se utilizan en estructuras pequeñas y ligeras, cuyos elementos de madera no sean mayores de dos pulgadas de longitud. Los clavos son los elementos ideales para formar estas uniones con óptimos resultados. Se distinguen por la forma de la cabeza, por la punta, por su diámetro, por su longitud y el acabado de su superficie (ésta disminuye el riesgo a la corrosión y puede aumentar su adherencia), por su resistencia a la extracción, así como por su resistencia a la acción de fuerzas laterales.

Hay clavos llamados estándar con longitud de una pulgada a seis pulgadas con diferentes diámetros y del tipo americano con longitudes de una pulgada a ocho pulgadas. Las NTC considera que la caña debe ser cilíndrica y lisa. Se distinguen principalmente por la forma de su cabeza y por la punta, mientras que su longitud esta dada normalmente en pulgadas. El tipo de material con el cual han sido fabricados es alambre liso de bajo carbono, norma NMX-H-64, NTC.

Los clavos pueden ser de sección transversal circular, cuadrada, rectangular, con la punta en forma de diamante, cónica o de bisel, dependiendo de la forma esta puede agrietar la madera, figura 94. Estos clavos permiten fijaciones simples y de fácil aplicación, su principal característica radica en que son capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro de la estructura, además se encuentran fácilmente y son económicos.

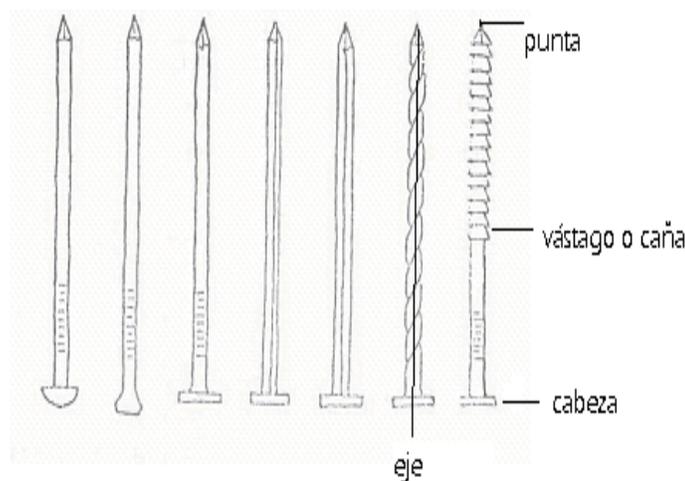


Figura 94. Clavos de diferente sección, lisos y helicoidales

Al unir dos o más piezas de madera con clavos estos pueden quedar perpendiculares o paralelos a la fibra o inclusive inclinados un cierto ángulo, por lo que la resistencia que opone el clavo a la extracción, dependerá de estas condiciones y de otras.

La fuerza de extracción del clavo con respecto a su eje, determina los dos tipos de resistencia de las uniones así clavadas:

- carga paralela al eje del clavo, se presenta una resistencia a la extracción directa, y,
- carga perpendicular al eje del clavo, este tipo de uniones presentara resistencia a la extracción lateral. Figura 95.

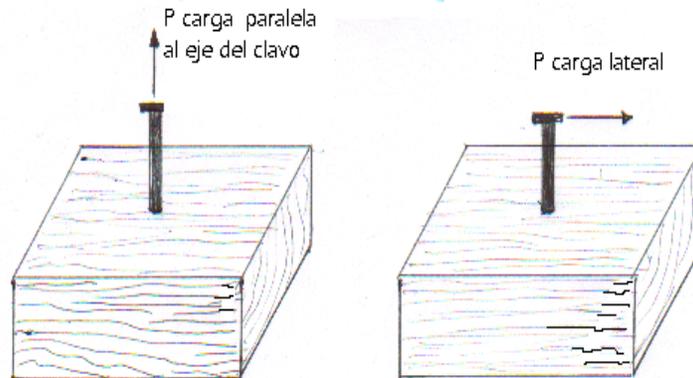


Figura 95. Dirección de la carga en las uniones con clavos.

La resistencia a la extracción directa se ve afectada por varios factores como:

- la densidad de la madera,
- el contenido de humedad de la madera,
- la dirección en la cual está hincado el clavo, con respecto a las fibras de la madera,
- el diámetro del clavo, y,
- el espesor de la madera que se va a unir.

Mientras que los factores que afectan la extracción lateral son:

- la densidad de la madera,
- el contenido de humedad de la madera,
- el espesor de la madera que se va a unir, y,
- el diámetro del clavo.

Uniones mediante clavos donde se presentan esfuerzos cortantes.

A la unión de tres elementos con clavo en los que este atraviesa por completo la primera pieza como se muestra en la figura 96, se le llama de esfuerzo cortante simple. En algunos manuales se sugiere que la penetración del clavo en la pieza central debe cumplirse la relación:

Penetración del clavo $>$ a 12 veces el diámetro del clavo.

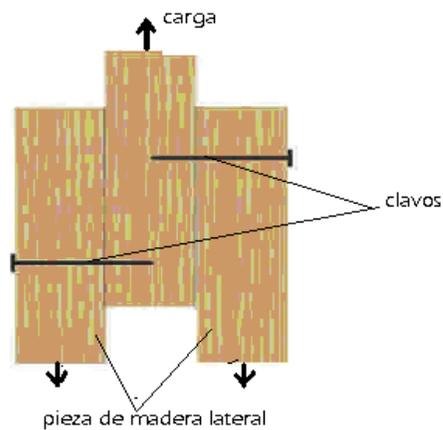


Figura 96. Piezas de madera unidas con clavos, sometidas a esfuerzo cortante.

Cuando el clavo atraviesa al menos dos piezas de madera, se le llama de esfuerzo cortante múltiple, en estas condiciones se debe determinar la capacidad admisible de cada clavo, figura 97.

Penetración del clavo en la segunda pieza $>$ a 8 veces el diámetro del clavo.

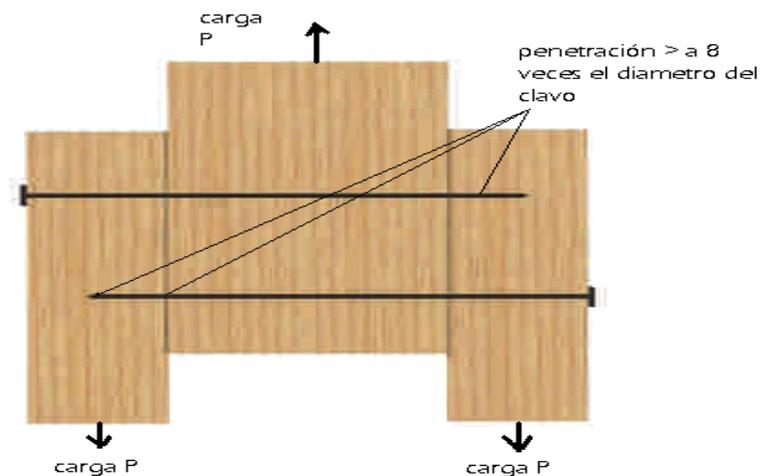


Figura 97. Clavos sujetando dos piezas de madera.

Usos.

Los diferentes tipos de clavos que se utilizan en la unión de maderas duras (confieras o latí foliadas), deben ser guiados mediante una broca de menor diámetro o bien aplicarle algún lubricante, que no sea petróleo (NTC), por ejemplo jabón.

Al armar una estructura con clavos se espera que tengan una gran resistencia a la extracción y que por su flexibilidad puedan soportar cargas laterales, los clavos que son hincados paralelos a las fibras su resistencia a la extracción se considera nula (NTC) estas normas solo considera dos casos cuando el hincado se hace en forma perpendicular a las fibras o cuando el hincado es del tipo lancero, figuras 98 y 99.

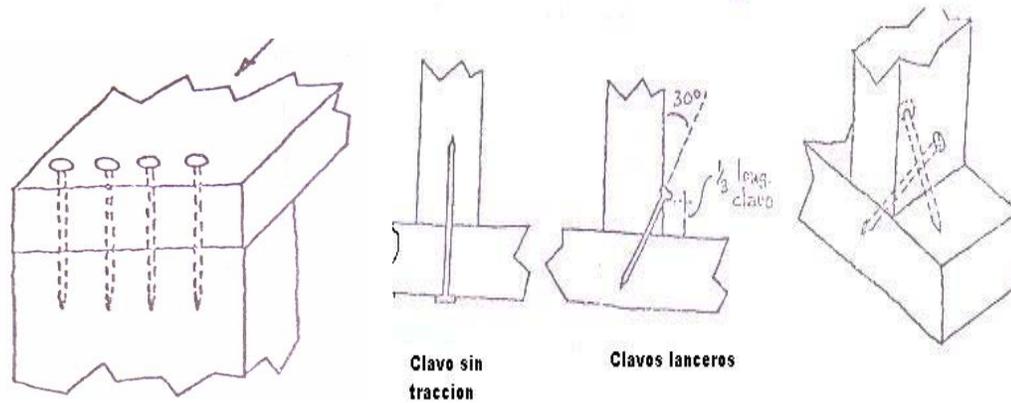


Figura 98. Clavos hincados en forma paralela a la fibra y clavos lanceros.

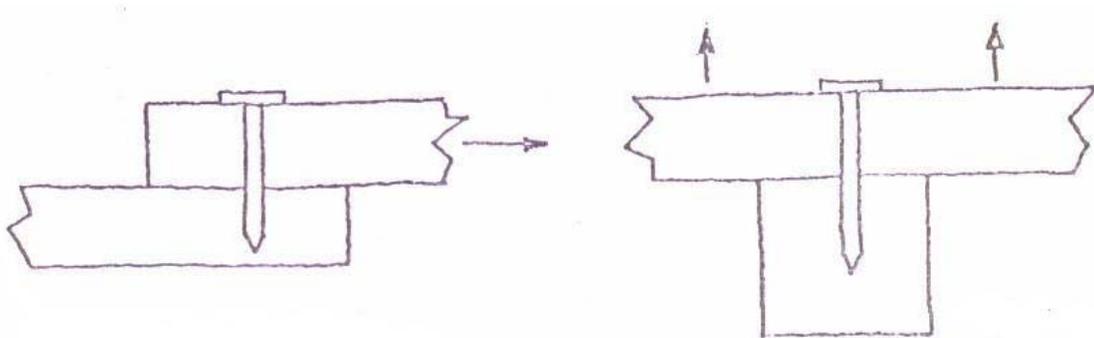


Figura 99. Carga lateral.

Los clavos metálicos tienen la capacidad de flexionarse haciéndolos capaces de resistir este tipo de fuerzas. Bajo cargas de servicio se considera una deformación de aproximadamente unos 0.04 mm, las NTC especifica la resistencia para clavos de alambre en madera de coníferas y latí foliadas.

Las uniones con clavos deben tener como mínimo dos, en caso de que los clavos sobresalgan, su capacidad a la extracción se vera aumentada hasta en un 40%. El espaciamiento entre clavos debe ser tal que la madera no se agriete, a continuación se recomiendan algunos valores:

- 10D entre hileras de clavos
- 5D de los bordes
- 20D de los extremos
- 20D entre clavos a lo largo de las fibras

donde D es el diámetro de la caña lisa.

En uniones de elementos en ángulos menores o mayores a 90°, se debe dimensionar para que resista tanto la carga de extracción, como el empuje lateral, debido a la componente horizontal de estas fuerzas. Las

uniones con clavos lanceros, figura 100, son usados principalmente en el armado de pisos y otras pequeñas estructuras que suelen unirse de esta forma. En cuanto al ángulo de inclinación del hincado del clavo se recomiendan aproximadamente 30° .

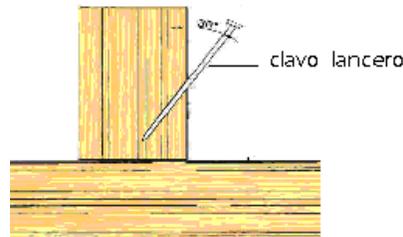


Figura 100. Piezas de madera unidas por un clavo lancero.

Tornillos.

Los tornillos para madera son de mayor diámetro que los clavos y tienen rosca en su caña. Poseen un mayor “agarre” y resistencia. Se pueden utilizar en estructuras donde sus elementos a unir sean de poco espesor y para neutralizar las fuerzas de arranque, así como para transmitir cargas de menor magnitud en uniones que están sometidos a extracción lateral. Las NTC no consideran a los tornillos como elementos de unión.

Sus dimensiones varían en longitud y diámetro (desde $5/6$ hasta 3 pulgadas de largo con diferentes diámetros fabricados de acero endurecido sin recubrimientos especiales). Cuando están en combinación con placas de acero colocados en un ambiente corrosivo, es necesario aplicar algún recubrimiento para evitar su deterioro. Para hacer uniones con estos elementos se requiere hacer un agujero previo a modo de guía lo que encarece el proceso constructivo, ya que se necesita otros tipos de herramientas, tales como taladro y desarmador. Nomenclatura usada en tornillos para madera: DC es el diámetro de la cabeza, LV corresponde a la longitud del vástago liso, DR es el diámetro del tornillo, LR es la longitud de la rosca y LT corresponde a longitud total del tornillo, figura 101.

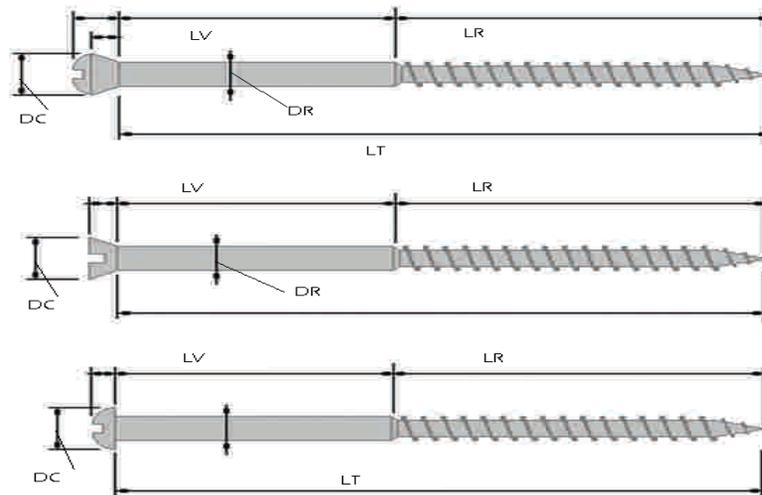


Figura 101.

Generalmente son utilizados para hacer trabajos simples y rápidos, como cuando se necesita fijar placas o tableros estructurales tales como marcos para puertas, muros de tablar roca, armado de cubiertas ligeras de techumbre y aquellas solicitaciones que no requieren de mayor especialización.

Las pijas.

Estos elementos mecánicos utilizados para unir piezas de madera son de mayor diámetro que los tornillos pero de menor longitud que un perno llegando hasta doce pulgadas, con la cabeza de perno cuadrada o hexagonal. Se utiliza donde la vista de la cabeza no es objetable, además se requiere de una perforación previa, cuyo diámetro deber ser un poco menor que la cuerda. Para introducirlo en la madera se requiere de una llave tuerca. Se recomienda no utilizar martillo para esta operación.

La pija también llamada tirafondo, deberá penetrar en el elemento principal de madera por lo menos una tercera parte. Tienen una mayor capacidad para transmitir fuerzas laterales, cuando hay uno o más planos en cortante. Las NTC recomiendan que si la madera está por arriba del 18% del contenido de humedad, una vez armada la estructura se tiene que regresar y apretar las pijas pues las contracciones evitaran el contacto efectivo entre las caras de las piezas unidas, figura 102.

La capacidad de transmisión de fuerzas laterales, se verá modificada si el elemento de unión forma más de dos planos en cortante. La capacidad de resistencia a la extracción también se verá modificada si está en dirección paralela a las fibras.

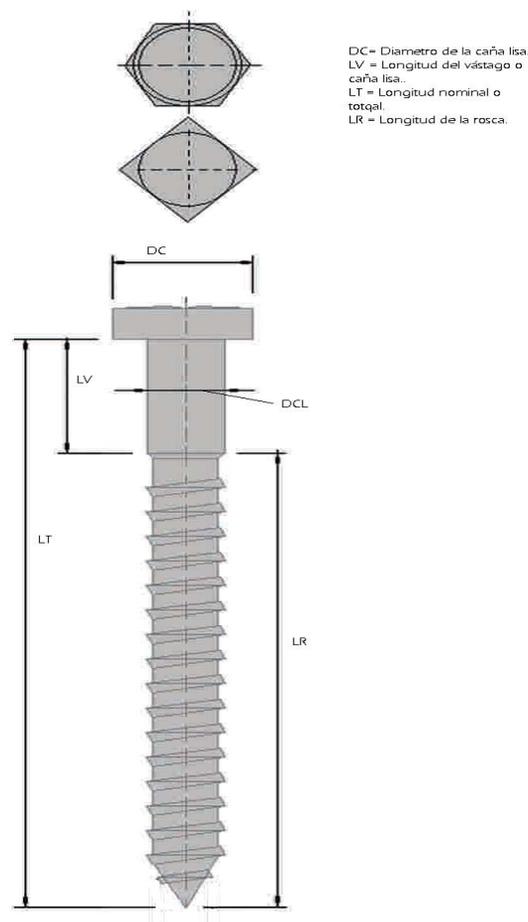


Figura 102. Partes principales de una pija o tirafondos.

Espaciamiento para pijas o tornillos.

3D entre hileras de tornillos o pijas

5D de los bordes

10D entre tornillos o pijas en la dirección de las fibras

10D de los extremos

donde D es el diámetro de la caña lisa.

Los pernos.

Los pernos son elementos de acero de forma cilíndrica, que atraviesan perpendicularmente los planos sometidos a esfuerzo cortante de la unión, solicitados a flexión y que inducen sobre la madera tensiones de aplastamiento. Figura 103.

Unir piezas de madera es complejo, una manera de hacerlo de manera más simple y rápido, es utilizar los llamados pernos, los encontramos en las siguientes combinaciones de longitud y diámetro variable:

- pernos con cabeza cuadrada o hexagonal en un extremo, rosca en el otro extremo, y,
- pernos con rosca continua (espárragos).

El material del que están hechos es de acero de bajo carbono norma NMX-H-47, también llamados tornillos de cabeza hexagonal. Estos elementos se usan en combinación con las tuercas y roldanas. Las roldanas se colocan en ambos extremos del perno. Los pernos no deben sobrepasar el esfuerzo de aplastamiento en elementos sujetos a tensión. Las roldanas pueden ser circulares o cuadradas, de acero o de hierro fundido, NTC.



Figura 103. Pernos con cabeza hexagonal, y espárrago de cuerda continua con rondana y tuerca, además algunos elementos especiales como placas y anillos de metal.

Al hacer una conexión con pernos se debe tomar en cuenta:

- la especie de madera,
- el contenido de humedad,
- la forma geométrica de los elementos conectados,
- la distancia que hay del borde de la madera al perno, y,
- es recomendable que cada unión cuente con dos pernos cuando menos.

Tipos de conexiones.

En la figura 104, se muestran dos piezas unidas a una tercera central de mayor grueso que los extremos. Aquí las fuerzas laterales actúan en forma perpendicular a las fibras.

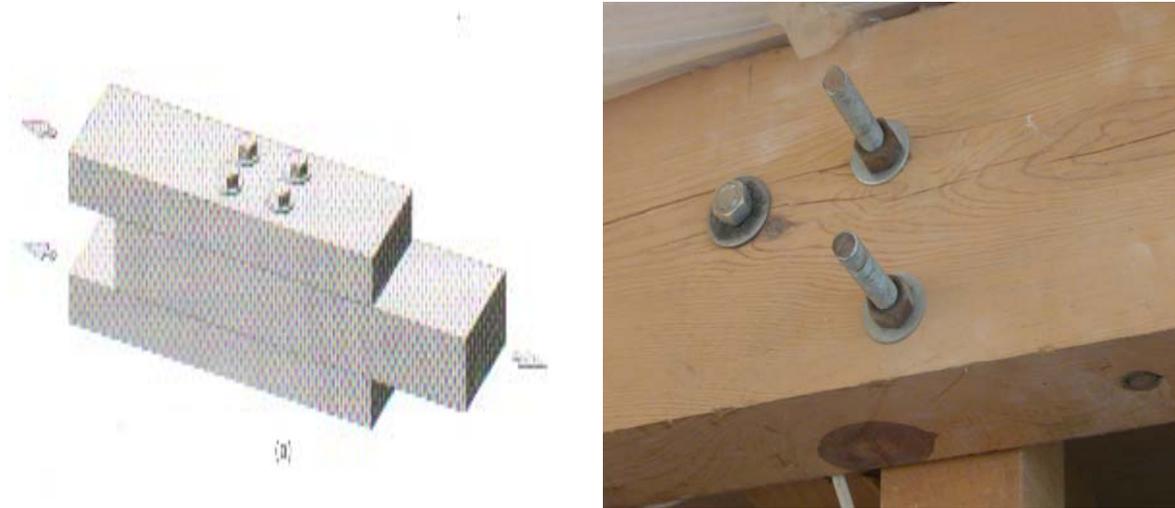


Figura 104. Elementos de madera maciza unidos con pernos de cabeza hexagonal y de rosca continua.

En la figura 104 se muestra la unión de tres miembros con sus ejes inclinados entre sí. Este tipo de uniones se presenta cuando se arman pequeñas estructuras como las usadas para los techos a dos aguas.

Si la unión de miembros se realiza con un solo perno, la capacidad de resistencia disminuye considerablemente, comparada con las dos anteriores, ya que se tiene un solo plano de cortante donde las fuerzas actúan excéntricamente. En este tipo de unión el perno sufre una gran deformación y la madera empieza a sufrir aplastamientos a bajas cargas.

Miembros unidos con cuatro pernos.

- Cuando las fuerzas son paralelas a las fibras (NTC).
- Cuando las fuerzas son perpendiculares a las fibras.

Resistencia de uniones a base de pernos.

- Depende del número de planos en cortante de la unión.
- Depende la dirección de la carga, si es paralela o perpendicular a la fibra. La NTC consideran para la resistencia lateral el diámetro del perno, y si la madera que es usada en estas uniones es de confieras o latí foliadas.
- Depende de las uniones, densidad de la madera y del diámetro del perno.
- Mientras más tiempo permanezca recto el perno la distribución de esfuerzos será más uniforme.
- El agujero del perno no deberá exceder de dos milímetros de diámetro del perno ni será menor a un milímetro de éste (NTC).
- Los agujeros deberán coincidir si se están usando alguna placa metálica.

Tipos de fallas.

- Fallas por rajaduras, se presenta cuando el perno se encuentra muy cerca del extremo de la pieza NTC.
- Las NTC consideran distancias a los extremos según se trate de madera de latí foliadas. Si los miembros están en compresión o con cargas perpendiculares a las fibras.
- La distancia a los extremos es otro factor que se debe tomar en cuenta si los miembros unidos están cargados perpendicularmente a las fibras o si no presentan carga alguna.
- Las uniones fallarán si los elementos unidos son demasiado delgados.

Placas metálicas (conectores).

En la industria moderna de la construcción de casas de madera, se utilizan una serie de conectores metálicos que facilitan las uniones, las que anteriormente se hacían entre la madera y madera o con el concreto. Actualmente la técnica de las placas metálicas se ha desarrollado tanto que prácticamente hay un conector para cada una de las necesidades que se generan al construir una vivienda o cualquier otra estructura de madera.

Su fabricación es sencilla sin embargo requiere de alta tecnología para generarlas. Existen dos tipos de placas o conectores.

- Conectores para solicitaciones y dimensiones regulares. Se fabrican de lámina de acero. Esta lámina se coloca en una máquina que por corte o impacto va sacando las piezas de los conectores en plano, después pasan a otra maquina que se encarga de doblarlos según el diseño, para después aplicarles algún tiramiento de pintura o galvanizado, perforaciones o dobleces especiales.
- Conectores donde hay solicitaciones altas para dimensiones regulares. Estos también son de acero pero no están en forma de lámina, ya que sus espesores superan en muchas ocasiones los cuatro milímetros. Por su espesor se van cortando las piezas del conector utilizando rayo láser, para después unirlos mediante soldadura. Toda la operación es automatizada y en la actualidad en algunos países se llegan a encontrar hasta cuatrocientos cincuenta tipos distintos de conectores, que van desde las placas dentadas, hasta elementos que permiten la unión de madera en tres dimensiones y que requieren diferentes ángulos. Se fabrican conectores que permiten unir piezas de madera con diferentes materiales como son vigas y elementos estructurales de acero, ladrillo, piedra y concreto. En los Estados Unidos esta tecnología esta muy difundida.

Ante esta gran diversidad solo se mencionaremos los más importantes por su ubicación en una estructura de madera.

Conectores para entramados de piso.

Se utilizan para unir sus propios elementos, así como la conexión con otros elementos que interactúan con ella. Algunas de ellas no se comercializan en nuestro país, pero se pueden adaptar muchas de las existentes o se mandan a fabricar. Figuras 105 y 106.

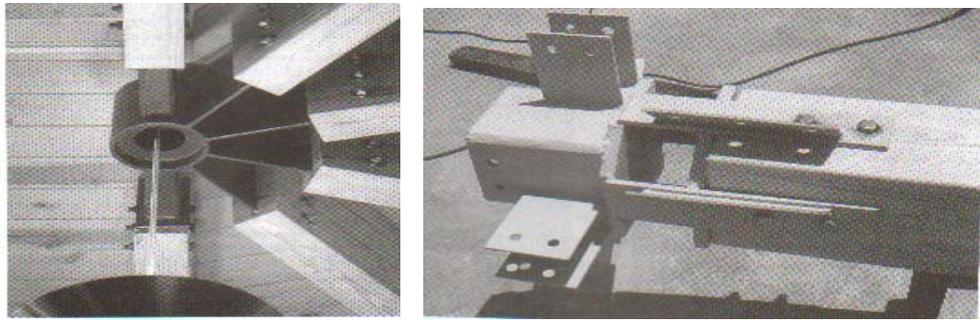


Figura 105. Piezas especiales de metal para empotrar pies derechos y otros elementos.

Unión. Soleras con vigas secundarias.



Conector. Metálico

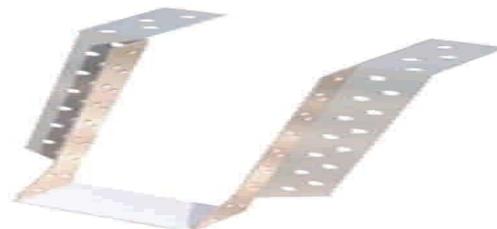
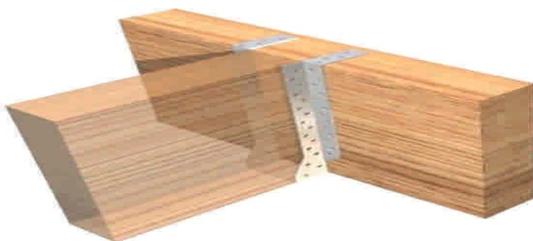
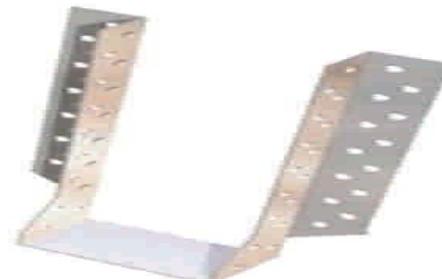
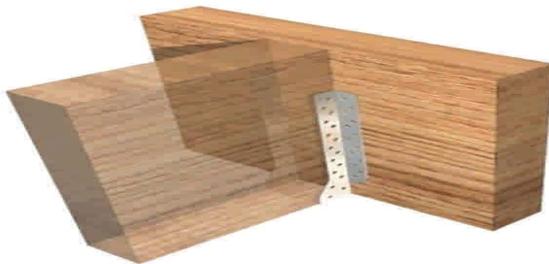


Figura 106, Diferentes tipos de conectores para unir madera.

Placas dentadas.

Las uniones con placas dentadas se fabrican de acero con un espesor mínimo de un milímetro, con tratamiento anticorrosivo y con punzonado en forma de clavo, formando un sistema de dientes ubicados perpendicularmente al plano de la placa todos en una misma dirección, figuras 107 y 108.

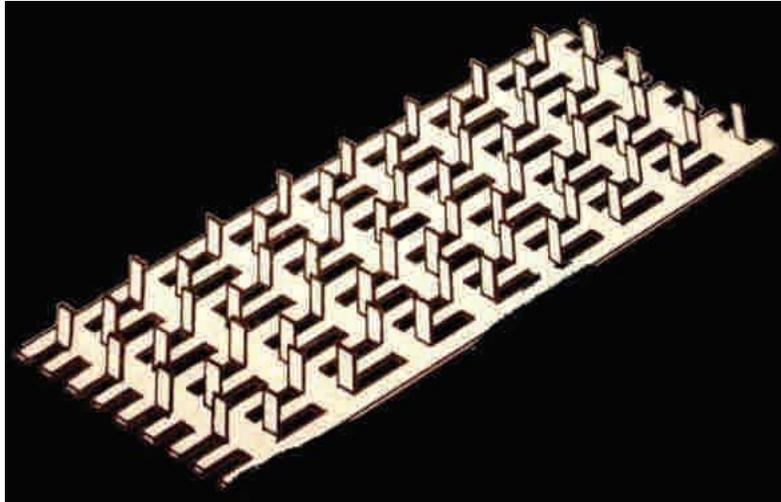


Figura 107. Placa de acero dentada.

Estas placas deben cumplir algunas propiedades mínimas, a saber:

- tensiones de ruptura en tracción de 310 Mpa,
- tensión de fluencia de 230 Mpa,
- se incrustaran simultáneamente en ambas caras de las piezas de madera que forman la unión o empalme, deberán de ser del mismo tamaño y quedar colocadas simétricamente respecto a las dimensiones de la madera,
- la placa no debe deformarse al incrustarla, solo se acepta el uso de prensa asegurando una incrustación simultánea,
- la madera bajo esta placa no debe presentar defectos tales como; gemas, nudos sueltos, además la madera debe tener el mismo contenido de humedad, también debe tener las mismas dimensiones en cuanto a grosor, con el propósito de asegurar un traspaso directo de cargas de las piezas de madera, y,
- las cargas deben ser predominantemente estáticas.



Figura 108. Estructura de techumbre armada con placas metálicas dentadas.

IV.4 El diseño de estructuras de madera.

Aspectos relevantes al diseñar una casa habitación de madera.

- La seguridad.
- La funcionalidad.
- La durabilidad.

En cuanto a la seguridad, la estructura debe ser capaz de soportar las fuerzas laterales originadas por el viento, sismos. Las fuerzas debidas a la lluvia, nieve y otras sollicitaciones mecánicas de compresión, tensión, flexión y cortante, además hay que considerar el peso de las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas, y los materiales necesarios contra la acción del fuego.

Debemos asegurar que todos los elementos que componen una estructura funcionen adecuadamente, evitando lleguen a fallar, o incluso colapsen disminuyendo las situaciones de riesgo para las personas.

La funcionalidad depende en otros aspectos del medio ambiente en que se encuentra como aquellos parámetros que hasta cierto grado deberán permanecer estables como la temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación, y la calidad del aire. Por lo tanto la funcionalidad está ligada a la habitabilidad y a la estética.

La durabilidad, tiene que ver con la calidad de los materiales usados en su construcción, y que capacidad tienen ante la exigencia de las sollicitaciones para los que fueron diseñados, durante el periodo de vida útil, tomando las debidas medidas de control, disminuyendo así los costos de mantenimiento, reponiendo en su momento las piezas afectadas.

Estudios que se requieren para construir una vivienda de madera.

- Ubicación del terreno.
- Topografía del terreno. Identificaremos la pendiente, el sentido del escurrimiento de agua.
- Conocer los estratos de que se compone el suelo, el nivel de aguas freáticas, la capacidad de carga del terreno. Identificación del tipo de suelo, para evitar posibles asentamientos diferenciales que perjudiquen la verticalidad de la construcción dañando la edificación y los elementos que la componen, los suelos suelen clasificarse como: suelos gruesos, suelos finos y roca.

Ubicación del terreno.

Es importante identificar calles y avenidas, así como el deslinde y la orientación cardinal.

Topografía del terreno.

Es importante conocer a detalle la forma del terreno, relieve, orientación, construcciones periféricas ubicación de árboles cursos de agua y aquellas instalaciones especiales para agua y electricidad. En la visualización global del terreno hay que identificar las cotas mayores y menores así como la existencia de los cambios de pendiente, las zonas de posibles accidentes topográficos del lugar como barrancas o montículos y los escurrimientos del agua de lluvia del predio y de su entorno.

Identificación del tipo de suelo.

Una casa de madera tiene muy poco peso en comparación con la de materiales tradicionales por lo tanto la cimentación será poco profunda o superficial, sin embargo como se ha dicho es de vital importancia

identificar el tipo de suelo y los posibles estratos de que esté compuesto. Es necesario identificar un suelo y encasillarlo dentro del sistema de clasificación dependiendo de sus características, esta clasificación permite conocer sus propiedades mecánicas e hidráulicas.

La identificación para este caso será en el campo por lo que se hará totalmente visual. Un suelo grueso o de grava lo podemos identificar por el tamaño de medio centímetro, mientras que los suelos finos se agrupan como limos orgánicos, arcillas inorgánicas, limos y arcillas orgánicas. Una de las principales características de los suelos finos será su compresibilidad la que esta en función del agua que contenga.

Suelos gruesos.

En estos se encuentran los suelos de grava, presentan una adecuada capacidad de carga buena permeabilidad, y poca compresibilidad, es decir ocurren pocos asentamientos diferenciales.

Suelos arenosos. Éstos tendrán una adecuada reacción ante las cargas siempre y cuando estén compactadas; en caso contrario con la aparición de vibraciones aparecerán asentamientos diferenciales, tienen buena permeabilidad siempre y cuando no contenga elementos más finos como arcillas. Hay que cuidar que este tipo de suelo mantenga un buen drenaje con la finalidad de evitar fenómenos como la licuación. La cual haría perder toda resistencia ante las cargas.

Suelos arcillo arenosos.

Son suelos con limos cuyo comportamiento está entre los dos anteriores, no presentan un buen drenaje.

Suelos arcillosos.

Son suelos con partículas muy pequeñas de alta compresibilidad, muy plástico, y poco permeable, absorbe una gran cantidad de agua que al secarse provoca grandes contracciones, y asentamientos diferenciales.

Suelos rocosos

Son terrenos que reúnen toda la capacidad de carga necesaria para soportar las cargas, sin embargo suelen transmitir los movimientos sísmicos a la estructura de la casa. La madera responde adecuadamente a estas sollicitaciones, en caso de que existan fracturas en la roca y haya desplazamientos horizontales será necesario anclar correctamente los elementos para evitar deformaciones en la madera.

Identificar un suelo y sus características ayudará a determinar una adecuada cimentación, poco profunda o superficial. Dependiendo de estas características y una vez identificado el tipo de suelo se tendrá una idea de su capacidad de carga pudiendo de esta forma elegir la cimentación adecuada.

Cimentaciones usadas en la construcción de estructuras de madera.

Los tipos de cimentación más utilizados en la construcción con madera están: las zapatas aisladas (cuadradas o cilíndricas), las zapatas corridas, las losas de cimentación y los pilotes de madera.

Zapatas aisladas.

Son elementos estructurales de forma cuadrada, rectangular o circular con el objeto de transmitir la carga al suelo, generalmente se construyen de concreto reforzado.

Zapatas corridas.

Es una forma más evolucionada de la zapata aislada, utilizada en caso de que el suelo presente una resistencia baja, que obligué a tener una mayor área de repartición de carga.

Losa de cimentación.

Se utiliza cuando la capacidad del terreno es muy baja o las cargas muy altas y la superficie de carga deben aumentarse llegando a ocupar toda el área construida, siendo de concreto armado.

Estos tres tipos de cimentación se pueden combinar ya que no hay una regla que evite su uso. En general estas expresiones se refieren a cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor que un par de veces el ancho del cimientto.

Existen muchas otras soluciones dependiendo de las condiciones topográficas e hidráulicas del terreno. Si un terreno presenta agua superficial con una pendiente pronunciada, que puede socavar la cimentación será necesario utilizar drenes para desalojar el agua, si en el suelo el nivel freático es muy superficial entonces está tenderá a desalojarse por capilaridad hacia la madera preservada por lo que será necesario colocar pilotes de madera preservada (CCA) o de concreto armado y sobre de estos la plataforma.

En general hay que cuidar no variar las condiciones de los suelos y sobre todo evitar los cambios en la humedad, ya que una vez construida la cimentación pueden aparecer los asentamientos diferenciales. Los criterios para diseñar una cimentación dependen de la profundidad de desplante, de la intensidad de carga y de la capacidad de carga del suelo, la cual casi siempre se determina en el laboratorio por medio de fórmulas como las de Terzaghi, Skempton y Meyerhof. La siguiente tabla muestra valores del peso volumétrico de algunos suelos, tabla 20.

Materiales	Estado	Peso volumétrico ton/m³ (γ), máximo	Peso volumétrico ton/m³ (γ), mínimo
Arena grava	- seca, suelta	1.7	1.4
	- seca, compacta	1.9	1.6
	- saturada	2.0	1.8
Arcilla típica del valle de México en su condición natural.		1.4	1.2
Arcilla seca		1.2	0.9
Limo suelto húmedo		1.3	1.0
Limo compacto húmedo		1.6	1.3
Arcilla con grava	compactada	1.7	1.4
Relleno compacto	- seco	2.2	1.6
	- saturado	2.3	2.0

Tabla 20. Peso volumétrico de algunos suelos.

Una casa habitación estará planeada desde el punto de vista:

- del diseño arquitectónico,
- del diseño estructural,
- el método constructivo, y ,
- de los materiales usados para la construcción.

El diseño arquitectónico.

El arquitecto presenta una idea de la estructura, materiales, aspectos de habitabilidad, así como los diferentes materiales de protección contra la humedad, acústica-térmica, además planos y maquetas.

Diseño de estructuras de madera.

Los elementos estructurales de madera sometidos a carga axial y flexión, suelen presentarse bajo la forma de columnas, pies derechos, cerchas triangulares y otros elementos los cuales deberán diseñarse de manera que las fibras queden paralelas a los esfuerzos de tensión o compresión..

a) Documentos del proyecto estructural.

- Memoria de cálculos estructurales.
- Memoria descriptiva, la cual indicará, el reglamento utilizado, en caso de utilizar otro que no sea el establecido será necesario anexar una copia, además de la descripción del sistema estructural se deben incluir las cargas consideradas, las características y resistencia de todos los materiales estructurales, y los resultados del análisis y diseño de todos los elementos estructurales.
- El estudio de mecánica de suelos tiene como finalidad la de obtener los valores de la capacidad de carga del terreno (esfuerzo admisible), para el diseño de la cimentación.

b) Planos estructurales.

Los planos estructurales definitivos y provisionales, presentaran las plantas, elevaciones, así como secciones estructurales, los que indicaran los detalles de todos los elementos estructurales, sus uniones, juntas y cualquier otro elemento necesario par el buen funcionamiento de la construcción. Estos planos se dibujarán a una escala suficientemente grande para poder apreciar los detalles del diseño, como cualquier requisito de rigidez y arriostramiento requerido por el proyecto estructural.

c) Requisitos generales de diseño.

El diseño de los elementos de madera así como de los dispositivos de unión requeridos estará basado en el enfoque del estado límite adoptado por el Reglamento de Construcciones del D.F aplicables por igual a estructuras sin importar el material utilizado en su construcción.

Esquemáticamente puede ilustrarse de la siguiente manera:

$$R_d \text{ (Resistencia de diseño)} \geq \text{Fuerza interna de diseño}$$

$$F_r \text{ (resistencia teórica)} \geq F_c \text{ (Fuerza interna debida a las acciones externas especificadas),}$$

donde:

$$R_d = \text{resistencia de diseño}$$

$$F_r = \text{factor de reducción de resistencia.}$$

$$F_c = \text{factor de carga.}$$

d) La rigidez.

Se evaluarán las deformaciones debidas a las cargas muertas y cargas vivas, considerando además incrementos en las deformaciones que aparecen con el tiempo, teniendo en cuenta que el total de las deformaciones deberán ser menor que el admisible preestablecido.

$$\text{Deformaciones totales} \leq \text{Deformaciones admisibles}$$

e) Dimensiones de diseño.

En todos los cálculos de elementos estructurales de madera se consideran las propiedades de las secciones basadas en sus dimensiones netas, teniendo en cuenta la reducción que aparece debido al secado, rebajado y taladrado.

f) Cargas de diseño.

Los diseños se harán bajo cargas de servicio tales como; cargas vivas, muertas, viento y sismo, estas últimas equivalen a una presión (empuje o succión) actuando perpendicularmente a las superficies expuestas. A continuación se mencionan algunos datos importantes utilizados en el diseño de las estructuras de madera.

g) Clasificación Estructural de la madera.

Clasificación estructural de la madera de coníferas se basa en la norma NMX-C-239 “Calificación y Clasificación visual para madera de pino en usos estructurales”, la que establece dos clases de madera estructural, A y B.

Las maderas latí foliadas se clasifican con la norma NMX-C-409 ONNCCE, estableciendo cuatro clases I, II, III, y IV. Las dimensiones de la madera serán aquellas últimas obtenidas de la madera aserrada que esté en condición seca (Norma NMX-C-224-ONNCCE). Se considera madera seca aquella que tenga un contenido de humedad (CH) menor al 18%.

La tabla 21, muestra los resultados de las propiedades mecánicas de la madera, utilizadas en el diseño de las estructuras de madera.

Propiedades	Simbología	CLASE A	CLASE B
Flexión	f_{fu}	15.2 (155)	9.8
Tensión paralela a la fibra	f_{tu}	11.3 (115)	6.9
Compresión paralela a la fibra	f_{cu}	11.8 (120)	9.3
Compresión paralela a la fibra	f_{ru}	3.9 (40)	3.9
Cortante paralela a la fibra	f_{vu}	1.8 (12)	1.18
Modulo de elasticidad promedio	$E_{0.50}$	9810 (100 000)	7848 (80 000)
Modulo de elasticidad 5° percentil	$E_{0.50}$	6376 (65 000)	4905 (50 000)

Tabla 21. Módulos de resistencia y elasticidad para maderas de coníferas dados en Mpa (kg/cm^2).

Como la madera más utilizada para construir una casa habitación es la de coníferas (pino) solo incluimos estos valores los de las latí foliadas se encuentran en las NTC correspondientes. De esta manera en estas NTC se encuentran todos los valores necesarios para el diseño, tanto de los dispositivos de unión como de todos aquellos elementos que en conjunto formaran una estructura, tabla 22.

Propiedades	Simbología	Factores
Flexión.	f_{fu}'	16.7 (170)
Tensión.	f_{ft}'	14.7 (150)
Tensión : Fibra en las chapas superiores perpendicular al esfuerzo.	f_{tu}'	8.8 (90)
Compresión en el plano de las chapas.	f_{cu}'	15.7 (160)
Perpendicular al plano de las chapas.	f_{nu}'	2.5 (25)
Cortante a través del grosor.	f_{guv}'	2.5 (25)
En el plano de las chapas	f_{ru}'	1 (10)
Módulo de elasticidad promedio	$E_{0.05}$	10 800 (110 000)
Módulo de rigidez promedio	$G_{0.50}$	490 (5000)

Tabla 22. Valores especificados de resistencias, módulo de elasticidad y modulo de rigidez de madera contra chapada de especies coníferas, en Mpa (kg/cm²).

Método constructivo y las estructuras de madera para una casa habitación.

El propósito de este trabajo no es precisamente diseñar estructuras, sino de proponer aquellas que actualmente están dando los mejores resultados bajo los criterios de las NTC . Algunos de los elementos estructurales que se presentan en una casa habitación son: vigas, viguetas sistemas de piso con vigas o viguetas, pies derechos, sistemas de muros con armazón de pies derechos y soleras superior e inferior, techumbre con viguetas y cubierta con tableros de madera contrachapada, y otros. La siguientes figuras muestran la estructuración de una casa habitación de interés social con varios de los elementos de 2” x3” en madera de pino que antes fueron descritos, figura 109.

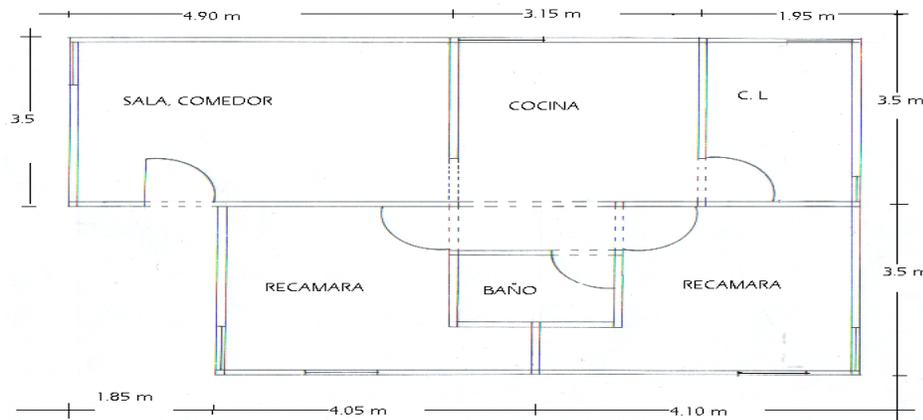


Figura 109. Vista en planta del plano

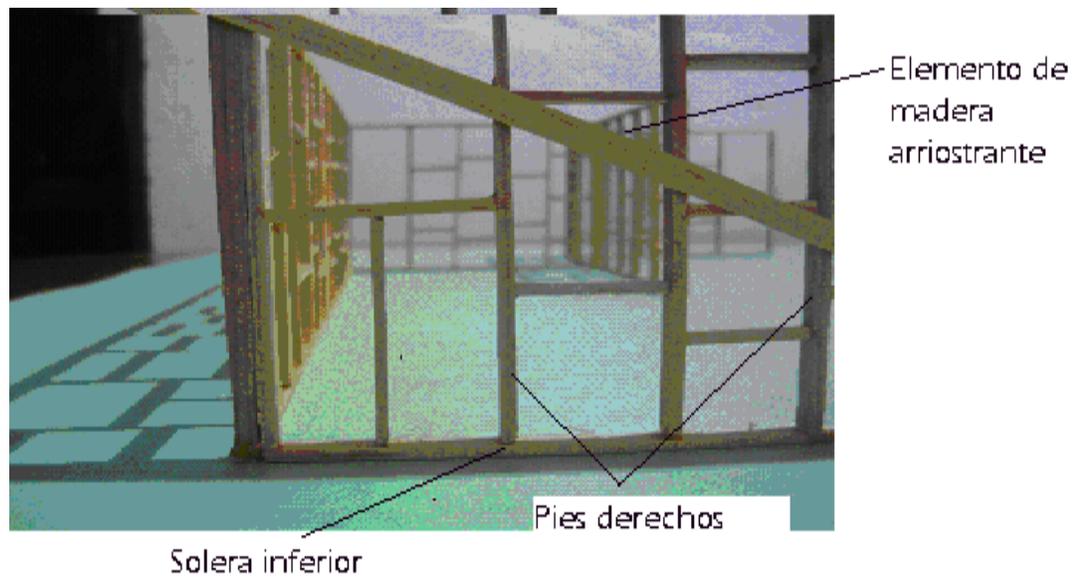


Figura 110. Bastidor de madera para armar muros, armados con pies derechos, soleras inferior y superior, arriostrado.

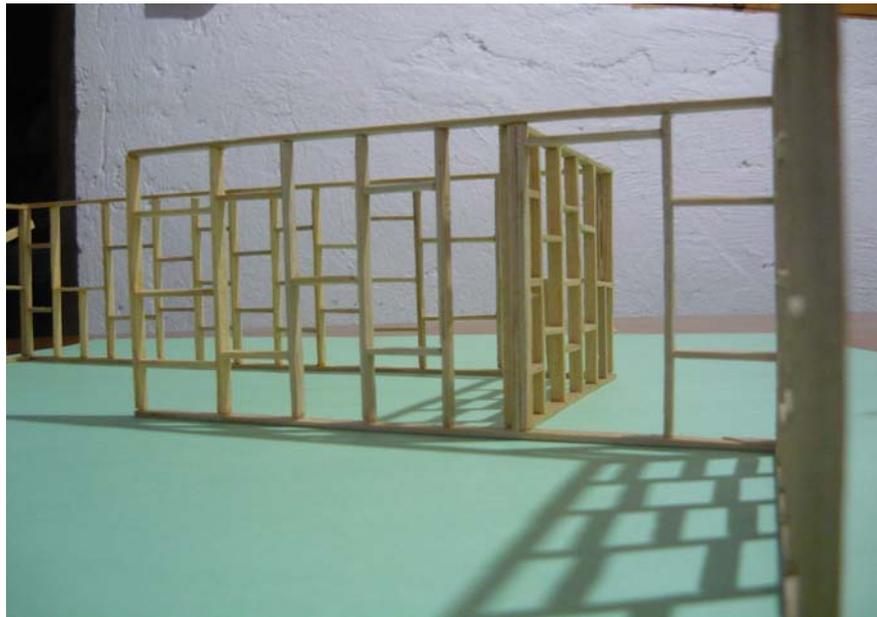


Figura 111. Diferentes módulos con pies derechos formando el claro de la puerta y muros divisorios.



Figura 112. Entramado de madera para los diferentes compartimentos.

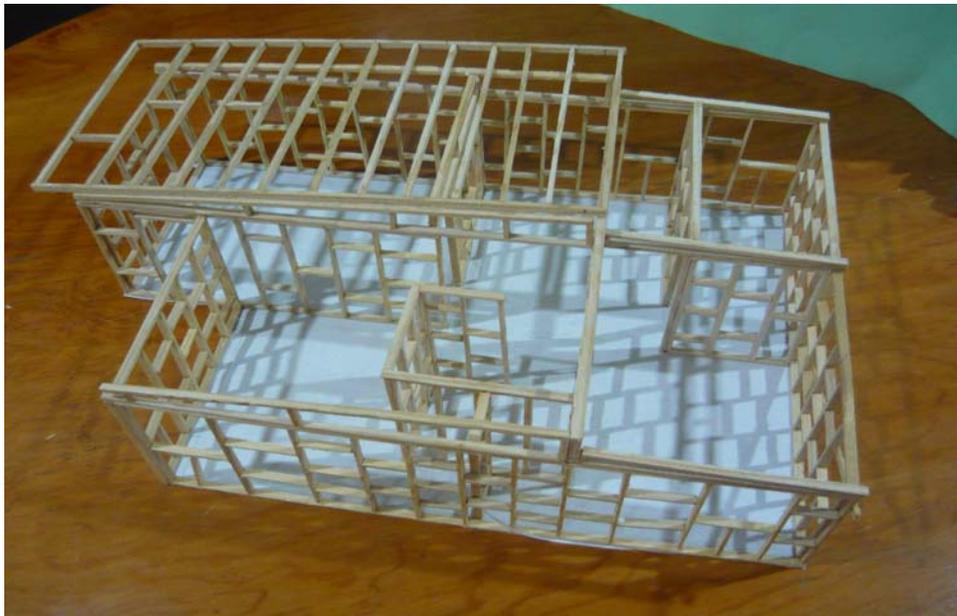


Figura 113. Estructura de la techumbre con sus refuerzos transversales



Figura 114. Vista lateral de los muros divisorios y de la estructura de la techumbre Trabajando como diafragma.

Cuando la casa es de dos niveles la estructuración se puede hacer en dos fases o una, dependiendo de la longitud de la madera que esté disponible y dependiendo también de su costo. La figura 115, muestra una estructura para una casa habitación de dos niveles, donde los pies derechos son continuos. Los elementos como pies derechos, soleras y la estructura de la techumbre no son de secciones muy grandes, comercialmente hablando. Los diferentes tipos de uniones que se requieren para mantener unida la estructura se realiza con caja y espiga, placas metálicas, etc. Para formar las plataformas de piso y entrepiso se coloca una serie de viguetas, unidas con duela, tableros de madera contrachapada, aglomerado o de fibras orientadas, de esta forma trabajará todo el conjunto como un diafragma.



Figura 115. Estructuración de una casa habitación de dos niveles.

Ejemplos de diseño de estructuras de madera utilizando las NTC del 2004, DF.

Se ha utilizado la serie de Instituto de Ingeniería No ES -5, Comentarios y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera, publicadas por la UNAM.

Estas series ayudan a interpretar y aplicar los diferentes términos y notaciones de las que se compone cada fórmula, además se tienen tablas y graficas, con la finalidad de hacer menos laboriosos los cálculos. En seguida se presentan algunos ejemplos básicos de diseños de estructuras de madera.

Ejemplo No.1. Utilizando las Normas Técnicas Complementarias.

Una viga simple tiene un claro de 14 pies (4.07 m) y soporta una carga de 7200 lb (3266kg), distribuida uniformemente en la longitud del claro. Diseñe la viga usando madera de pino clase B regla general, con un $CH < 18\%$, y con una flecha limitada 0.5 pulgadas (1.27 cm).

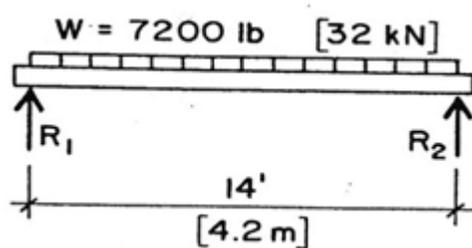


Figura 116.

$$M_u = wl^2 / 8$$

$$w = 3266 / 4.27 = 764.87 \text{ (kg / m)}$$

$$w = F_c (764.87)$$

$$w_u = 1.4 (764.87) = 1070.81 \text{ (kg / m)}$$

$$w_u = 10.70 \text{ (kg / cm)}$$

$$M_u = w_u L^2 / 8$$

$$M_u = (10.70) (400)^2 / 8 = 214163.93 \text{ (kg cm)}$$

Tomando los valores permisibles de las NTC para:

Esfuerzo de flexión: $f_{fu} = 100 \text{ kg/cm}^2$,

Compresión perpendicular a las fibras: $f_{nu}' = 40 \text{ kg/cm}^2$,

Cortante paralelo a la fibra: $f_{vu} = 12 \text{ kg/cm}^2$, y ,

Modulo de elasticidad promedio: $E_{0.5} = 80\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Cálculo del momento resistente M_R .

$$M_R = F_R f_{fu} S \Phi$$

donde:

Esfuerzo de flexion (f_{fu})

$$f_{fu} = f_{fu} k_h k_d k_c k_p k_{cl} \text{ (se toman los valores de las NTC)}$$

donde:

F_{fu} = valor modificado del esfuerzo en flexión.

K_h = factor de modificación por contenido de humedad para dimensionamiento de secciones.

K_d = factor de modificación por duración de carga para dimensionamiento de secciones.

K_c = factor de modificación por compartición de carga para sistema de piso.

K_p = factor de modificación por peralte.

K_{cl} = factor de modificación por clasificación para madera maciza de coníferas.

Proponiendo la sección b = 16 cm y d =30cm.

Módulo se sección (S)

$$S = bd^2 / 6$$

$$S = (16)(30)^2 / 6 = 2400 \text{ cm}^3$$

 Φ = Factor de estabilidad lateral. (NTC)

$$\Phi = 1$$

$$F_R = 0.8$$

$$f_{tu} = (100)(1)(1)(1.15)(1)(1) = 115 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_R = (0.8)(115)(2400)(1) = 220800 \text{ kg-cm}$$

$$M_R = 220800 \text{ kg cm}$$

$$M_R > M_U$$

Por lo tanto la sección se acepta por resistencia.

Revisión por cortante.

$$V_u = wL / 2$$

$$V_u = (11.431)(400) / 2$$

$$V_u = 2286.2 \text{ kg}$$

$$V_R = F_R f_{vu} bd / 1.5$$

$$F_R = 0.7$$

$$f_{vu} = 12 \text{ kg /cm}^2$$

$$f_{vu} = f_{vu}' k_h k_d k_c k_r k_v$$

donde:

k_r = factor de modificación por recorte.

K_v = factor de modificación por condición de apoyo o compartición de carga cortante..

$$f_{vu} = (12)(0.7)(1.0)(1.15)(1.0)(2.0) = 19.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_R = (0.7)(19.32)(14)(35) / 1.5$$

$$V_R = 4417.84 \text{ kg}$$

$$V_R > V_u , \text{ la sección se acepta por cortante}$$

Deflexión (Flecha Δ).

$$\Delta = 5w L^4 / 384 EI$$

$$\Delta = 5 (11.431)(400)^4 / 384 (80000)(50020) = 0.95 \text{ cm}$$

$$I = bd^3 / 12$$

$$I = (16)(30)^3 / 12 = 36000 \text{ cm}^4$$

La flecha permisible.

$$\Delta = L/360$$

$$\Delta = 400/360$$

$$\Delta = 1.11$$

$$0.95 < 1.11$$

Por lo tanto se acepta.

Ejemplo No 2.

Se diseñaran las viguetas de un entepiso de madera de pino de clase A, reglas especiales, con un CH<18%, las cuales estarán espaciadas sesenta centímetros y soportaran un tablero machihembrado de una pulgada por seis pulgadas, además de una superficie de desgaste de 13/16 de pulgada. Las viguetas estarán apoyadas sobre una viga de concreto armado de treinta centímetros de espesor y arriostradas lateralmente en sus apoyos. Se considera una superficie de apoyo de diez centímetros lo que proporciona cinco centímetros de holgura entre los extremos de las viguetas y el muro que continua al nivel superior. El tablero machihembrado fue diseñado previamente de manera que se comprobó que soporte adecuadamente las cargas dadas por el claro de sesenta centímetros, figura 117.

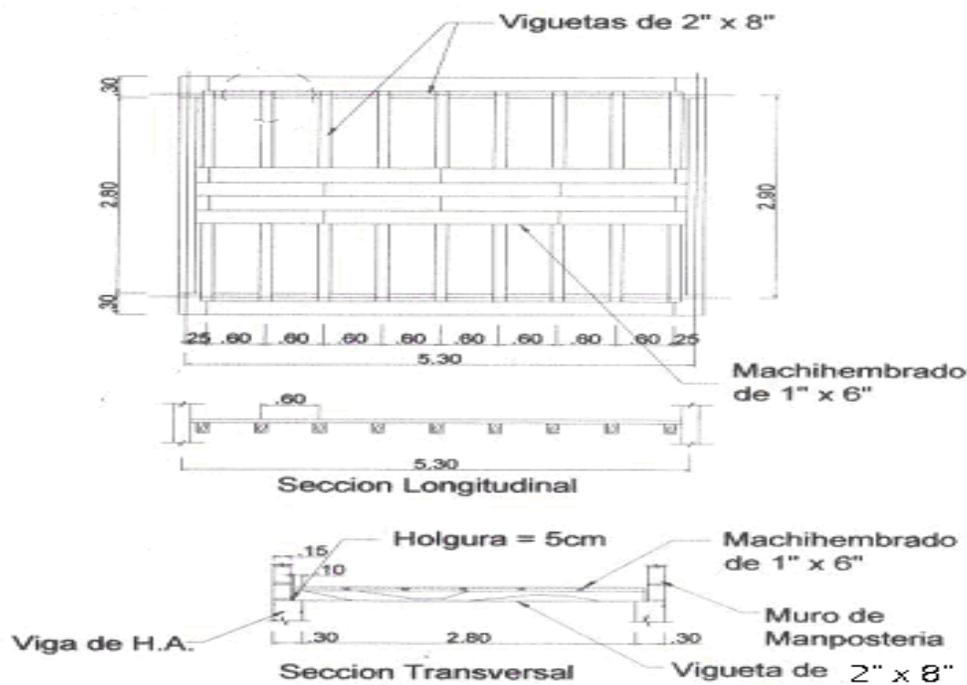


Figura 117. Viguetas de madera para un piso o entepiso

Tomando los valores permisibles de las NTC para:

Esfuerzo de flexión: $f_{fu} = 155 \text{ kg/cm}^2$,

Compresión perpendicular a las fibras: $f_{nu}' = 40 \text{ kg/cm}^2$,

Cortante paralelo a la fibra: $f_{vu} = 12 \text{ kg/cm}^2$, y,

Módulo de elasticidad promedio: $E_{0.5} = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Densidad promedio de la madera de pino: 550 kg/cm^3 .

Carga muerta.

$$\begin{aligned} \text{Peso propio del machihembrado de } 1 \text{ in } \times 6 \text{ in} &= (.0254)(550) = 13.97 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Peso de la superficie de desgaste } 13/16 &= (.006315)(550) = \frac{11.35 \text{ kg/m}^2}{25.32 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Carga viva.

$$\begin{aligned} 250 \text{ Kg/m}^2, (250)(0.61) &= 150.0 \text{ Kg/m} \\ \text{peso de las viguetas de } 2'' \times 8'' &= (0.0508)(0.2032)(550) = 5.67 \text{ kg/m} \\ \text{Cubierta de entrepiso a } 61 \text{ cm} &= (25.32)(0.61) = \frac{15.44 \text{ kg/m}}{21.11 \text{ kg/m}} \end{aligned}$$

w = peso de la carga muerta + peso de la carga viva

$$w = 21.11 + 150.0 = 171.11 \text{ kg/m}$$

$$w_u = F_C (171.11) = 1.4 (171.11) = 239.554 \text{ Kg / m} = 2.395 \text{ kg/cm}$$

Cálculo del momento máximo.

$$M_u = w l^2 / 8$$

$$M_u = (2.395)(290)^2 / 8 = 25177.4375 \text{ kg cm}$$

Calculo del momento resistente M_R .

$$M_R = F_R f_{fu} S \Phi$$

$$f_{fu} = f_{fu}' k_h k_d k_c k_p k_{cl} \text{ (se toman los valores de las NTC)}$$

$$S = bd^2 / 6$$

La sección propuesta para las viguetas es de 2" x 8", en cm corresponde a 5 x 20

$$S = (5)(20)^2 / 6 = 333.33 \text{ cm}^3$$

Φ = Factor de estabilidad lateral. (NTC)

$$\Phi = 1$$

$$F_R = 0.8$$

$$f_{fu} = (155)(1)(1)(1.15)(1)(1) = 178.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_R = (0.8)(178.25)(333.33)(1) = 47532.85 \text{ kg cm}$$

$$M_R > M_u, \quad \text{se acepta por resistencia.}$$

En vigas de sección rectangular sometidas a flexión, el esfuerzo cortante máximo (V_u) paralelo a la fibra se calculará a una distancia del apoyo igual al peralte h .

Revisión por cortante.

$$V_u = wL / 2$$

$$V_u = (2.43)(390) / 2$$

$$V_u = 473 \text{ Kg}$$

Si se toma el cortante en la sección crítica tenemos:

$$V_u = w (L - 2h) / 2$$

$$V_u = 239.54 (2.90 - 2(.20)) / 2 = 299.425 \text{ kg}$$

$$V_R = F_R f_{vu} bd / 1.5$$

$$F_R = 0.7$$

$$f_{vu} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{vu} = f_{vu}' k_h k_d k_c k_r k_v$$

$$f_{vu} = (12)(1.0)(1.0)(1.0)(1.0)(1.0) = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_R = (0.7)(12.0)(5)(20) / 1.5$$

$$V_R = 560 \text{ kg.}$$

$V_R > V_U$, por lo tanto se acepta por cortante.

Deflexión (Flecha Δ).

$$\Delta = 5w L^4 / 384 EI$$

$$\Delta = 5 (2.43)(290)^4 / 384 (100000)(3333.33) = 0.72 \text{ cm}$$

$$I = bd^3 / 12$$

$$I = (5)(20)^3 / 12 = 3333.33 \text{ cm}^4$$

La flecha permisible.

$$\Delta = L/360$$

$$\Delta = 290 / 240$$

$$\Delta = 1.2 \text{ cm}$$

$0.72 < 1.2$, se acepta.

Ejemplo No 3.

Una viga simple tiene un claro de 14 pies y soporta una carga de 7200 lb, distribuida uniformemente en la longitud del claro. Diseñe la viga usando madera de pino clase B, con una flecha limitada a 0.5 pulgadas. Figura 118.

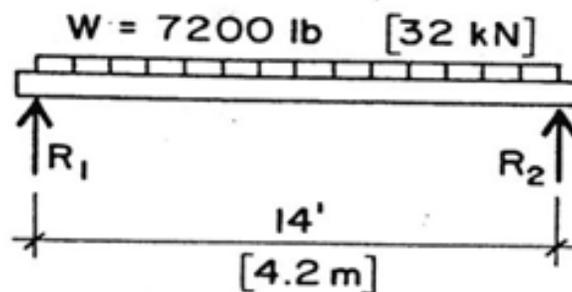


Figura 118.

Tomando los valores de las Normas Técnicas Complementarias.

Esfuerzo de flexión: $f_{fu} = 100 \text{ kg/cm}^2 = 1422.33 \text{ lb/in}^2$

Compresión perpendicular a las fibras: $f_{nu}' = 40 \text{ kg/cm}^2$

Cortante paralelo a la fibra: $f_{vu} = 12 \text{ kg/cm}^2 = 170.7 \text{ lb/in}^2$

Módulo de elasticidad promedio $E_{0.5} = 80\,000 \text{ kg/cm}^2 = 1137867 \text{ lb/in}^2$

Densidad promedio de la madera de pino: 550 kg/cm^3 .

Cálculo del módulo de sección.

El momento máximo es:

$$M_{\max} = wL / 8$$

$$M_{\max} = (7200)(14)/8 = 12600 \text{ lb-ft}$$

$$S = M_{\max} / f_{fu}$$

$$S = (12600)(12) / 1422.33 = 106.3 \text{ in}^3$$

Se multiplica por 12 para transformar lb-ft a lb-in, (1ft = 30.48 cm / 2.54 cm = 12)

De la tabla 5.1, pag. 38 del libro; Diseño Simplificado de Estructuras de Madera, Autor Parker-Ambrose buscamos las dimensiones de la viga cuyo módulo de sección sea casi igual al calculado.

Dimensiones b d en in.	Dimensiones estándar en in.	Área de la sección en in ²	Momento de Inercia en in ⁴	Módulo de sección en in ³	Peso aproximado para el pino México en lb.
4 x 14	3.5 x 13.5	46.375	678.475	102.41	154
6 x 12	5.5 x 11.5	63.250	697.068	121.229	211.27
8 x 10	7.5 x 9.5	71.250	535.859	112.83	236.09

Tabla 23. Dimensiones calculadas para escoger el módulo de sección.

Tomando el módulo de sección = 121.229 in^3

Aumentado el peso propio de la viga con estas dimensiones:

Peso de la viga = (Volumen de la viga) x (densidad de la madera de pino).

$$\text{Peso de la viga} = (0.1742)(550) = 95.83 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de la viga} = 211.27 \text{ lb}$$

$$W_{\text{total}} = 7200 + 211.17 = 7411.27 \text{ lb}$$

$$M_{\max} = wL / 8$$

$$\text{Calculando el } M_{\text{ax}} = (7411.27)(14) / 8 = 12969.7 \text{ lb-ft.}$$

Calculando de nuevo el módulo de sección (fórmula de flexión).

$$S = (12969)(12) / 1422 = 109.67 \text{ in}^3$$

$109 < 121$, la sección se acepta.

Diseño por cortante.

Considerando que la fuerza cortante máxima se localiza en los extremos de la viga, siendo las reacciones $V_1 = V_2 = 3600 \text{ lb}$.

Tomando en cuenta el peso total $= 7411.27 \text{ lb} / 2 = 3705.635 \text{ lb}$

$$f_{vu} = 3V / 2bd$$

De la tabla tomamos el valor de la sección propuesta de $bd = 63.250 \text{ in}^2$

$$f_{vu} = 3(3705.638) / 2 (63.250) = 87.88 \text{ lb} / \text{in}^2$$

El valor admisible para la fuerza cortante es:

$$f_{vu} = 170.7 \text{ lb} / \text{in}^2$$

$87.88 < 170.7$ la sección de 6 x 12 pulgadas se acepta por cortante.

Cálculo de la flecha.

De la figura 119:

$$\Delta = 5wL^3 / 384EI$$

$$\Delta = 5(7411.27)[(14)(12)]^3 / (384)(1137867)(697.068) = 0.576 \text{ in}$$

De la gráfica página 89 (Diseño Simplificado de Estructuras de Madera, autor Parker- Ambrose) se encuentra un valor de 0.48, por lo tanto la flecha se acepta:

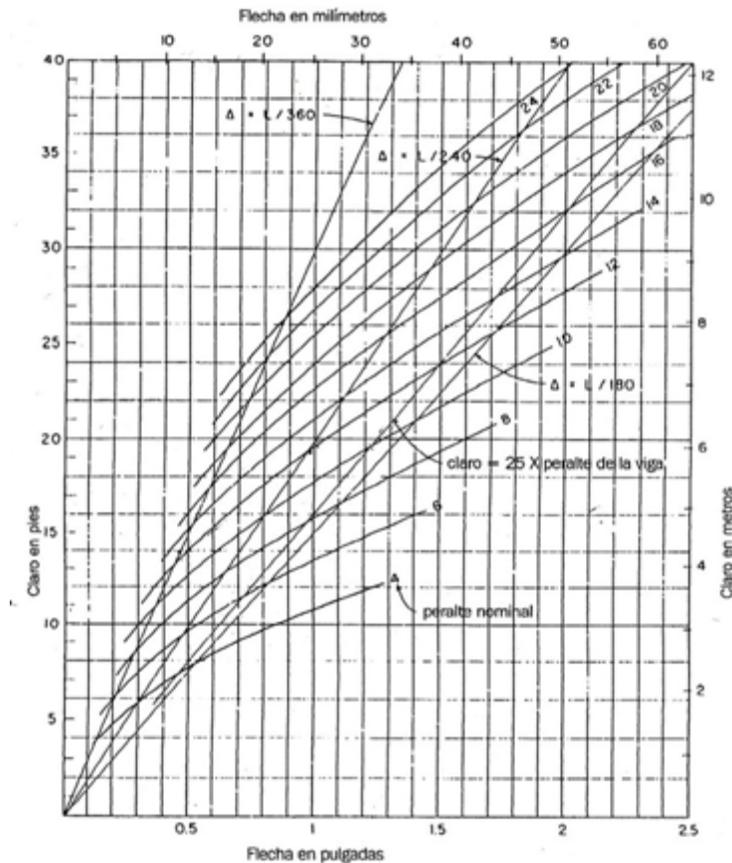


Figura 119.

Ejemplo No 4.

Diseño de los pies derechos del entramado de una pared de 2.4 m de altura el cual soportara las cargas siguientes.

Carga de 600 Kg / m (en compresión axial, debida a una cubierta de techo).

Carga de 40 Kg / m² (perpendicular al entramado debido a la presión del viento).

Se utilizará madera de pino clase B (NTC).

Se considera que el revestimiento transmite de manera uniforme la presión del viento a los pies derechos,

Los pies derechos se colocarán a una separación de 60 cm, arriostrados debidamente, figura 120. Para los entramados de corte los esfuerzos de diseño y el módulo de elasticidad señalados, podrán ser incrementados en un 10 %, suponiendo que el trabajo en conjunto de los elementos verticales de soporte compensa esfuerzos menores en algunas piezas.

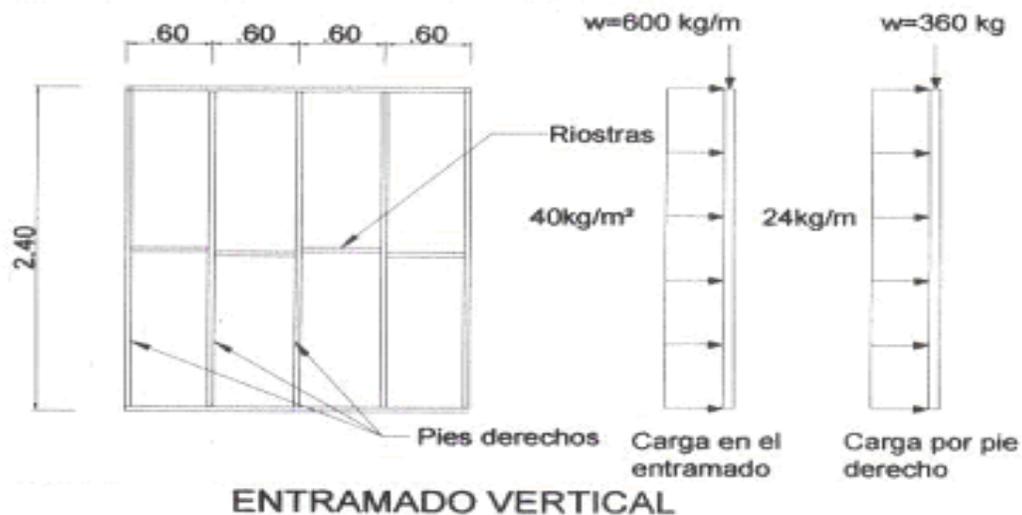


Figura 120.

Propiedades.	Aumentados en un 10 %
Esfuerzo de flexión f_{tu} 100 kg / cm ²	1.1 (100) = 110 Kg / cm ²
Esfuerzo de compresión paralela a la fibra 95 Kg / cm ²	1.1 (95) = 104.5 Kg / cm ²
Modulo de elasticidad promedio 80000 Kg / cm ²	1.1 (80000) = 88000 Kg / cm ²

Tabla 24. De las NTC, se tomaron los siguientes valores para los esfuerzos y módulo de elasticidad indicados.

Carga en compresión axial (N) para un pie derecho.

$$N = (600) (0.6) = 360 \text{ Kg}$$

Carga lateral (w) debida al viento sobre un solo pie derecho.

$$w = (40) (0.6) = 24.0 \text{ Kg / m}$$

Considerando una sección de 2 in x 4 in

Considerando una sección nominal de 1 ½ in x 3 ½ in (l=3.8 cm x b = 8.89 cm).

Considerando b y h según el sentido “x” y el “y” para calcular el momento de inercia, $I = bh^3 / 12$.

Momento de inercia.

$$I_x = (3.8) (8.89)^3 / 12 = 229.48 \text{ cm}^4$$

$$I_y = (8.89) (3.8)^3 / 12 = 40.65 \text{ cm}^4$$

Módulo de sección.

$$S = bh^2 / 6$$

$$S_x = (3.8) (8.89)^2 / 6 = 50.05 \text{ cm}^3$$

$$S_y = (8.89) (3.8)^2 / 6 = 21.39 \text{ cm}^3$$

Separación máxima entre riostras, $l b / h = (240) (3.8) / 8.89 = 102.58 \text{ cm} .$

Esbeltez

$$\lambda = k l / 2b$$

Considerando k = 1 (pie articulado)

$$\lambda_x = (1) (240) / 2 (8.89) = 13.49$$

$$\lambda_y = (1) (240) / 2 (3.8) = 31.57$$

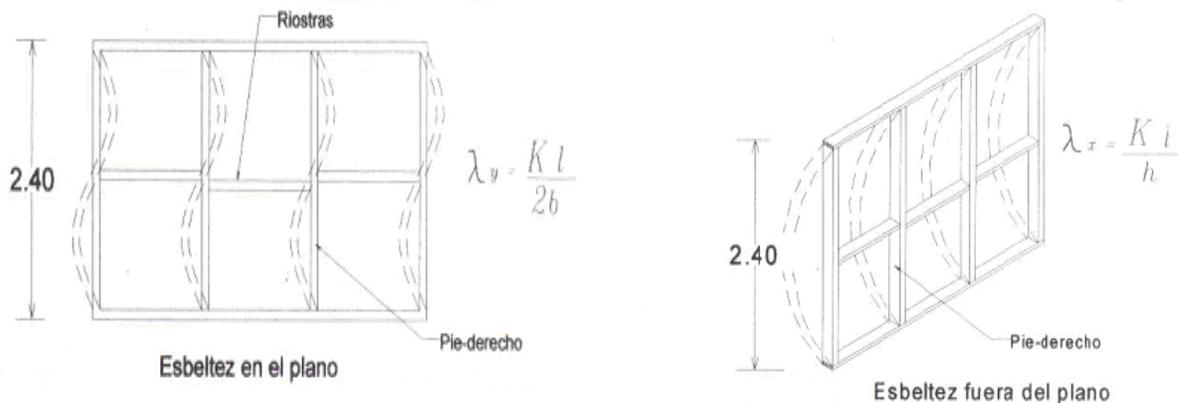


Figura 121. La esbeltez de los pies derechos de un muro de madera en el sentido del eje x y el eje y.

Cálculo C_k : donde C_k es una constante para elementos intermedios y largos de sección rectangular, que se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$C_k = 0.7025 \sqrt{E / f_{cu}}$$

$$C_k = 0.7025 \sqrt{88000 / 104.5} = 20.38$$

Como $\lambda_y > C_k$ el pie derecho es considerado un elemento largo.

Cálculo de la fuerza normal admisible (N_{adm}).

$$N_{adm} = 0.329 EA / \lambda_y^2$$

$$N_{adm} = 0.329 (88000) (33.782) / (31.57)^2 = 981.33 \text{ Kg}$$

Carga crítica de Euler ($N_{er} = \pi^2 EI / (kl)^2$).

$$N_{er} = (3.14)^2 (88000)(222.48) / (1 \times 240)^2 = 3351.27 \text{ Kg}$$

Cálculo $K_m = 1 / (1 - 1.5) N / N_{er}$

$$K_m = 1 / 1 - [1.5 (360 / 3351.27)] = 1.2$$

Aplicando la fórmula para elementos sometidos a compresión axial y flexión

La expresión es $N / N_{adm} + K_m M / S f_{fu} \leq 1$

$$360 / 981.33 + (1.2) (1140.48) / (50.05)(110) = 0.608$$

Por lo tanto como $0.608 < 1$ la sección pasa.

Nota la sección parece estar sobrada por lo tanto podemos proponer una menor, por ejemplo de 2"x 3"
Referencia "Reglamento general de edificaciones, Unidad 5, Santo Domingo, República Dominicana"

Análisis por volteo debido a la fuerza lateral del viento.

Momento de volteo = (Fuerza lateral) (Altura del muro) (Factor de seguridad)

(Fuerza lateral)(área)

$$(40 \text{ kg/m}^2)(2.4^2) = 230.4 \text{ kg}$$

$$\text{Momento de volteo} = (230.4) (2.4)(1.5) = 829.44 \text{ Kg-m}$$

Momento equivalente $M_e = w$ (1/2 la longitud del muro)

$$\text{Carga } (w) = (600 \text{ kg/m}) (2.4 \text{ m}) = 1440 \text{ kg}$$

$$M_e = (1440 \text{ kg}) (1.2 \text{ m}) = 1728 \text{ Kg - m}$$

En este caso el momento de volteo es menor que el momento equivalente o de reposición, por lo tanto se recomienda un anclaje normal a base de pernos con tuerca empotradas en una base de concreto o dala, otra solución sería utilizando tornillos.

IV. 5 Usos más frecuentes.

Los edificios que representan sin duda alguna el uso de la madera, en Europa, son las iglesias. Éstas se construían a base de troncos apoyados sobre soleras y éstas a su vez se apoyaban en una cimentación hecha a base de piedras. Los troncos se unían con lengüetas de madera y otros elementos, tales como cruces de San Andrés y vigas de sujeción, mientras que los techos tenían una gran pendiente. Esta técnica de construcción bastante estable perduro por muchos siglos, sin embargo se fue perdiendo a través del tiempo. Se dice que ya en la edad de bronce los carpinteros usaban los ensambles de caja y espiga y la herramienta que se utilizó a principios del siglo I, se siguió utilizando posteriormente por muchos siglos. La madera era principalmente de coníferas y robustos robles, una de las iglesias más antiguas utilizó uno solo de estos magníficos robles, por sus anillos se considera que tenía una edad de aproximadamente 600 años.

Fue en Noruega donde este sistema recibió el nombre de construcción en tonel o método de las duelas, debido principalmente a los elementos verticales que formaban la estructura. La mayoría de estas iglesias se encuentran en Suecia, Noruega y Francia, figura 122.

El sistema a base de duelas dio paso en el siglo XIV al sistema a base de troncos, este cambio surgió en Escandinavia. Ya en los tiempos de los romanos se usaba esta técnica y abarcaba países como Inglaterra y la Europa Central. Una vez descubierta América el sistema de construcción de viviendas con troncos paso a los Estados Unidos y Canadá.

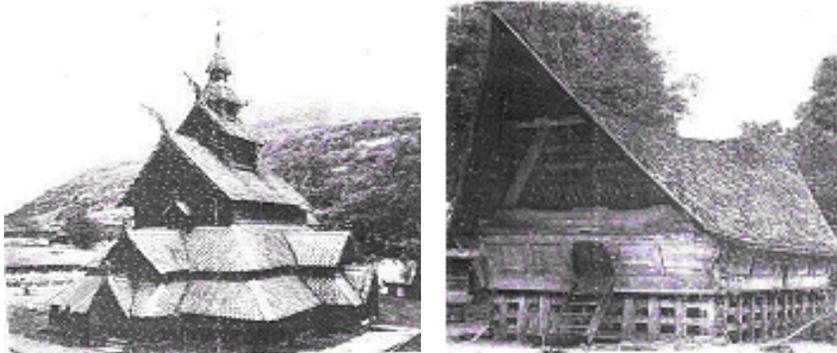


Figura122. Primeras estructuras de madera.

La construcción de una vivienda de madera fue evolucionando pasando por la cimentación, la base o piso, los muros de madera, entresijos y la estructura de la techumbre, a medida que avanzaba la construcción se iban considerando los diferentes revestimientos para ayudar a la rigidez de la estructura, así como los arrostros que ayudaban a soportar las diferentes fuerzas debidas al viento y a los sismos.

En general los sistemas que se han desarrollado tienen que ver con la longitud de los elementos estructurales que los componen y de la distancia que hay entre los apoyos. Estos claros también llamados luces determinan los sistemas estructurales.

Estas luces pueden ser de claros menores o de claros mayores, las estructuras de claros menores se clasifican en estructuras de madera maciza (troncos), estructuras a base de módulos y estructuras de entramados.

Estructuras de madera maciza.

Este tipo de estructuras representa un gran peso y una gran rigidez, la disposición de sus piezas hace que las cargas estén perpendiculares a la fibra, esta disposición facilita el montaje de las piezas, debido a sus dimensiones se tiene muy buen aislamiento térmico, sin embargo debido a esta orientación la madera sufre grandes cambios dimensionales afectando de manera significativa el funcionamiento de puertas y ventanas. La figura 123 muestra algunos cortes especiales para unir las esquinas.



Figura 123. Casa de madera construida con troncos.

Estructuras de madera a base de módulos prefabricados.

Este sistema constructivo surge ante la necesidad de mejorar los tiempos de terminación así como de garantizar el producto. La mayoría de los elementos que forman la estructura son elaborados en lugares especiales, industrias o talleres, cuya aplicación se ha ido extendiendo conforme ha ido mejorando la mecanización. Estos sistemas están formados básicamente por módulos o paneles de medida estándar, donde se arma un bastidor de madera de pino de dos pulgadas por tres pulgadas, unido con clavos, cuyo arrostamiento es proporcionado mediante un tablero de madera contra chapada, de partículas orientadas o de aglomerado, figura 124. Estos paneles funcionan como diafragmas, dándole gran rigidez a la estructura. Además cada uno de estos paneles va provisto de la instalación eléctrica, sanitaria y la debida protección contra el fuego.



Figura 124. Bastidores de madera con revestimiento de tableros, armado en módulos.

Estructuras de entramados de madera maciza.

Son estructuras cuyos elementos básicos están formados por vigas, pies derechos, columnas y postes. En la actualidad se distinguen dos métodos, aquellos donde las vigas transmiten las cargas a través de los postes y pies derechos hacia la cimentación y el formado por paneles que transmiten las cargas a la cimentación.

Cuando se requiere salvar grandes claros, se requiere utilizar madera maciza en pies derechos, poste y vigas, dejando grandes áreas libres. Estos postes o pilares están empotrados en vigas inferiores llamadas soleras o directamente en la cimentación de concreto. De esta manera se forma la plataforma del primer piso, todos los demás elementos de madera van unidos mediante cortes especiales y rebajos, para formar ensambles y traslapes, así como uniones a base de caja y espiga; los pies derechos y vigas forman pórticos, arriostrados con elementos unidos a ellos, cerchas rectas o curvas, formando pares y correas para unir los pares y la estructura de la techumbre, figura 125.



Figura 125. Estructura con elementos de madera maciza.

Sistema de armazón.

Otro sistema de construcción denominado armazón de globo (ballon frame) o de paneles soportantes, es una variación de los anteriores. Por su ligereza es utilizado en construcciones de dos niveles, consiste en elementos verticales continuos desde la cimentación hasta el nivel requerido. Los pies derechos constituyen el apoyo para el piso y entrepiso, este último es la base de apoyo para la techumbre.

El método constructivo permite colocar la estructura y la cubierta de la techumbre, una vez colocados los pies derechos, lo que permite seguir trabajando en los diferentes revestimientos, así como la colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias. Con el tiempo este sistema ha ido cayendo en desuso ya que no se presta a una producción estándar, figura 123.

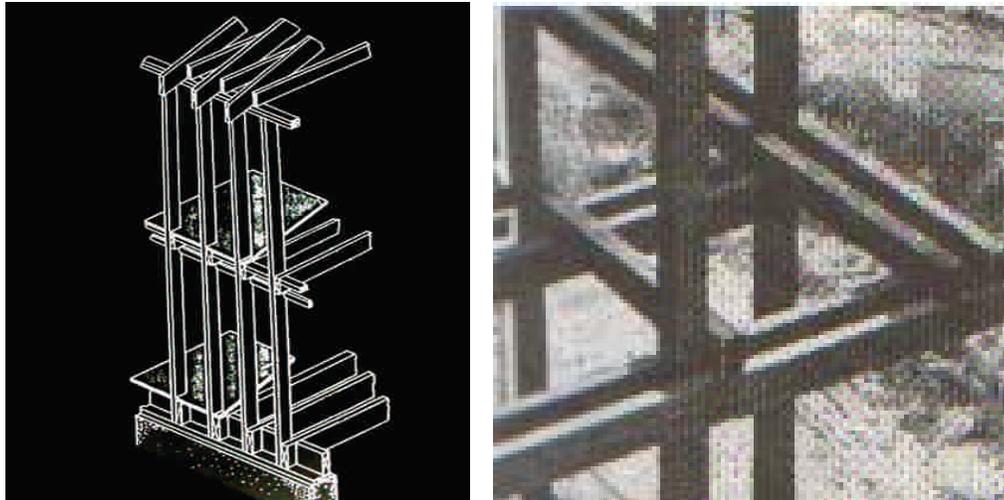


Figura 126. Sistema de armazón con elementos verticales de madera.

Sistema de plataforma (Timer Frame).

Este método constructivo es el más utilizado para viviendas de madera. Su principal ventaja es que el primer piso y el entrepiso permiten la colocación de los muros soportantes; además de que en las plataformas se puede seguir trabajando de forma independientemente.

La plataforma se puede armar en una cimentación a base de pilotes empotrados en pilas de concreto, en zapatas corridas o sobre una losa de concreto armado, mientras que por otro lado se pueden armar los muros del primer piso y entrepiso, figuras 127 y 128.

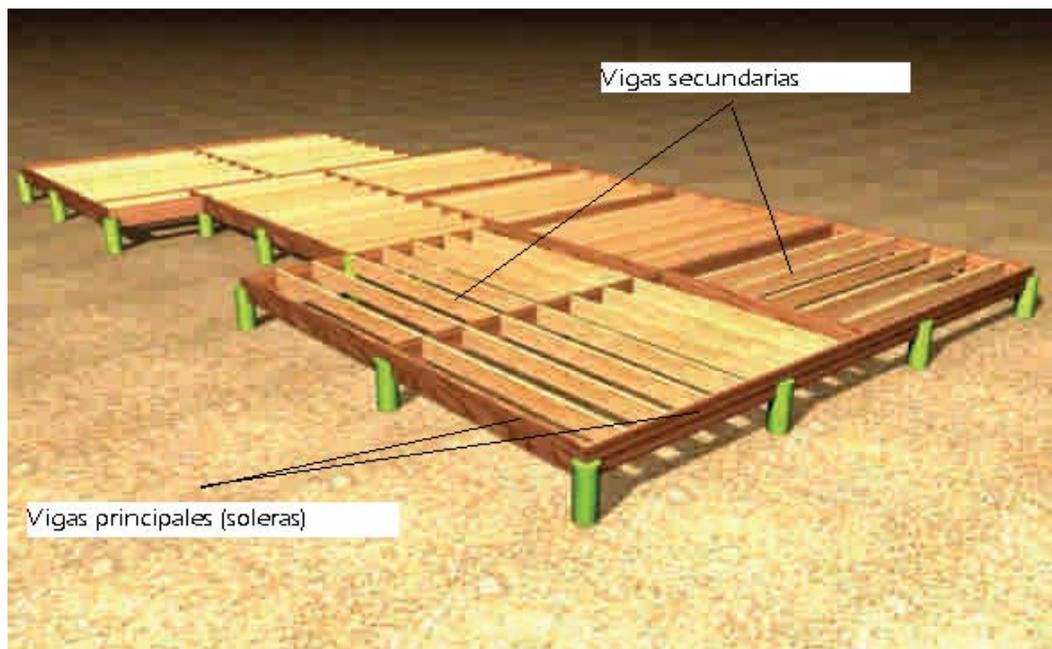


Figura 127. Plataforma de madera sobre pilotes de madera.

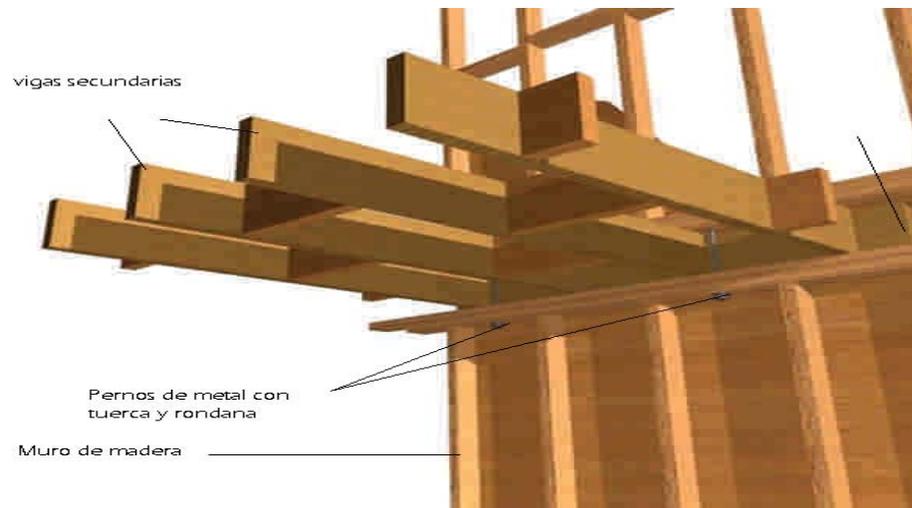


Figura 128. Entramado para la plataforma del entrepiso.

V. Consideraciones técnicas de la madera.

V.1 Características mecánicas.

Cuando una estructura de madera está sometida a fuerzas externas, sin lugar a dudas se afectarán sus dimensiones y en consecuencia su forma y su tamaño. La madera posee propiedades mecánicas que determinan la capacidad para resistir dichas fuerzas. Los valores de estas propiedades se obtienen en el laboratorio sometiendo a la madera a pruebas de esfuerzos, utilizando probetas extraídas de la madera en estudio tanto en estado seco o verde, determinando los valores de los esfuerzos a los que la madera puede ser sometida. El esfuerzo que soporta un cuerpo en general, es llamado tensión o compresión unitaria.

La resistencia de la madera es muy variable dependiente del grado de humedad que tenga. Para obtener resultados confiables se necesitan probetas de madera con un 12% de humedad (estado seco) y con un 30% de humedad (estado verde), además hay que tomar en cuenta la dirección de las fibras en las que actúan los esfuerzos que está soportando, ya sea en forma paralela o perpendicular a las fibras. La densidad es otro factor que modifica estos resultados. En general para hacer un buen uso de la madera se debe tener en cuenta sus características anisotrópicas, ya que en las direcciones, tangencial y radial sus diferencias resultan ser mínimas mientras que en la dirección perpendicular y paralela a las fibras, si hay grandes diferencias, (ver página 7).

Propiedades mecánicas.

Las características resistentes de la madera varían según la dirección considerada, en general cualquiera que sea el tipo de esfuerzo la forma de la gráfica esfuerzo-deformación correspondiente sin importar la especie de madera que se trate tiene la forma de la gráfica 129.

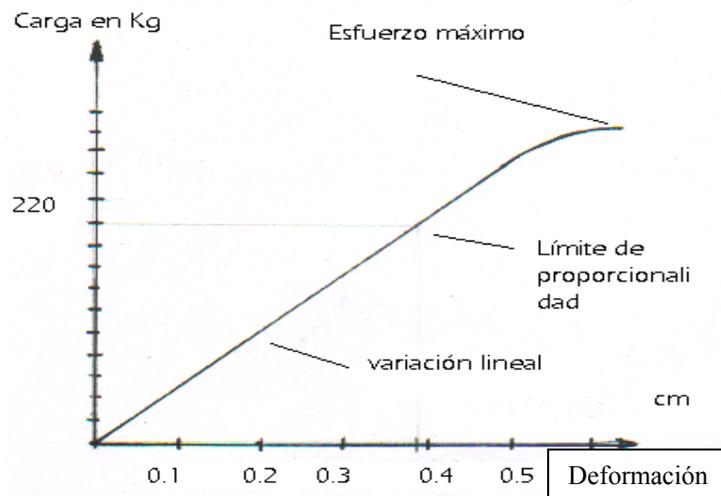


Figura 129. Gráfica, carga vs. deformación.

El límite elástico es la relación entre el esfuerzo y la unidad de superficie, donde la deformación va creciendo más rápido que la carga que se está aplicando. El esfuerzo requerido para solicitar el material hasta el límite elástico define el llamado límite de proporcionalidad, siendo éste la carga máxima a la que puede someterse el cuerpo sin que sufra deformaciones permanentes.

Una de las propiedades que ayuda a la madera a resistir las deformaciones provocadas por las fuerzas externas es la rigidez, cuya medida define al módulo de elasticidad, el cual se calcula como la razón entre el esfuerzo por unidad de superficie y la deformación por unidad de longitud.

Compresión paralela a la fibra.

Es la resistencia de la madera al someterse a cargas en dirección paralela a las fibras, se calcula en madera tanto en estado verde (Vv), como en estado seco (Pa), determinando la tensión de rotura, tensión al límite de proporcionalidad y el módulo de elasticidad, figura 130.

En pruebas de laboratorio se han obtenido resultados para un contenido de humedad del 10% a 12%, de 100 Kg/cm² a 1600 Kg/cm², dependiendo de la densidad de la especie. Para coníferas en México se han obtenido valores de 450 Kg/cm², con esfuerzos al límite de proporcionalidad del 75% del esfuerzo máximo, con deformaciones del 60%.

Las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Estructuras de Madera, página 62, señalan los diferentes valores para la resistencia en compresión y tensión paralela a la fibra, el módulo de elasticidad para maderas de coníferas y latí foliadas sin especificar la especie.

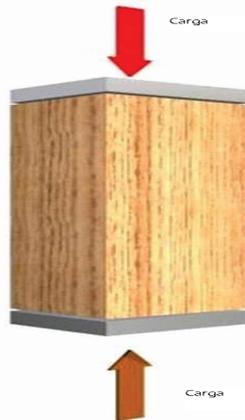


Figura130. Probeta de madera sometida a carga paralela a la fibra.

Compresión perpendicular a las fibras.

Es la resistencia de la madera cuando es sometida a una carga en dirección perpendicular a la fibra, aplicada en una cara radial. De esta forma se determina la tensión en el límite de proporcionalidad y la tensión máxima, figura 131.

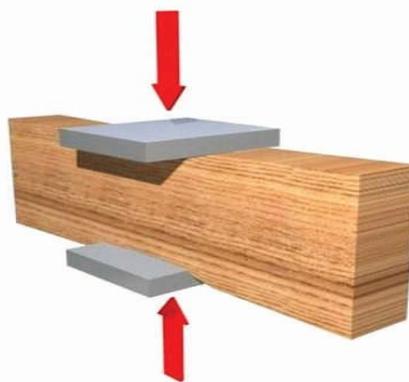


Figura131. Madera sometida a compresión perpendicular a las fibras.

Propiedades que alteran la resistencia de compresión de la madera.

- A medida que el contenido de humedad aumenta hasta un 30% (punto de saturación de la fibra) la resistencia a la compresión permanece constante.
- Si la humedad disminuye por abajo del punto de saturación de la fibra la resistencia aumenta.
- En este sentido (axial) es de quince a diecisiete veces más que la resistencia en dirección perpendicular a las fibras.
- La resistencia a la compresión perpendicular a las fibras, se relaciona directamente con la dureza y resistencia al corte.
- En las tablas de las NTC se encuentran valores que se obtuvieron en el laboratorio, a saber: el esfuerzo al momento de la ruptura, el esfuerzo al límite de proporcionalidad y el modulo de elasticidad.

Resistencia en flexión estática.

Se considera como la resistencia que surge cuando una viga tiene una carga puntual, aplicada al centro de su claro. De esta forma se determinan los esfuerzos relacionados con el momento (tensión) de rotura, tensión al límite de proporcionalidad y el modulo de elasticidad, figura 132.

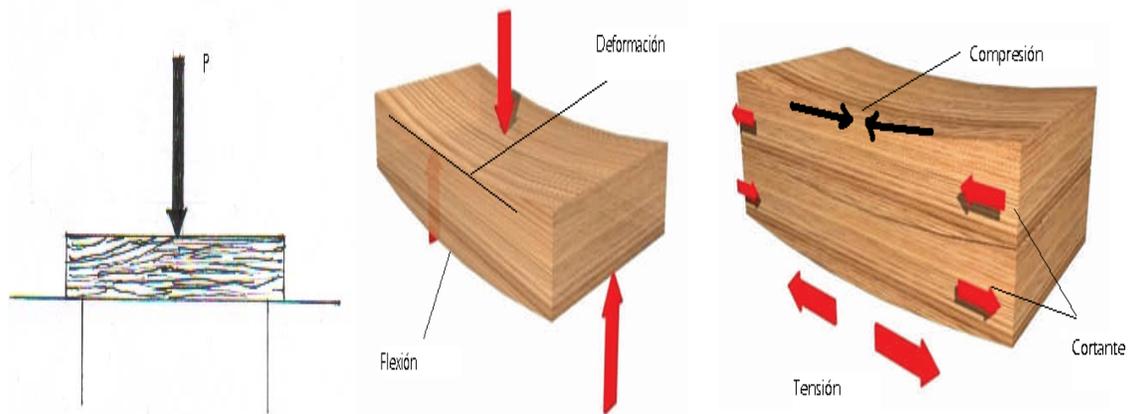


Figura 132. Efectos de la flexión estática, debido a una carga puntual.

Valores en resistencia para la flexión estática en (Kg / cm^2).

- Esfuerzo al momento de la ruptura, éste representa la medida promedio del esfuerzo cuando las fibras estén sujetas a falla, si está trabajando como viga.
- Esfuerzo al límite de proporcionalidad, se presenta cuando la madera está sujeta a un esfuerzo y éste ha llegado a la carga máxima. Si la carga va disminuyendo y la probeta se sigue deformando, quiere decir que en flexión estática la fractura total en la madera no se presenta instantáneamente sino que se desarrolla conforme pasa el tiempo.
- Módulo de elasticidad, es una medida de la rigidez de la madera, significa que si se tiene un módulo de elasticidad alto, se tiene un material rígido esta situación está representada por la pendiente de la recta en la gráfica de la figura 127; además significaría que podemos alargar una pieza unitaria al doble de su longitud sin que se rebase el límite de proporcionalidad. En una prueba a flexión el módulo de elasticidad no se debe tomar como la verdadera ya que los efectos de cortante y flexión se presentan simultáneamente.

- Trabajo hasta el límite de proporcionalidad, Las pruebas de laboratorio sobre una probeta de madera sometida a flexión genera datos cuando se llega hasta el límite de proporcionalidad, indicando cuando ocurre la ruptura total y la resistencia relativa de la madera al choque, también indica el choque o energía que puede absorber la madera, cuando a sufrido deformaciones pequeñas o grandes deformaciones siendo estas del tipo permanente, el trabajo total que realiza la pieza, y se obtiene la resistencia al choque hasta que la pieza sufre una fractura total.

Las deformaciones se consideran según los siguientes casos dependiendo de la longitud de la pieza: $L/300$ y $L/200$.

Las piezas pueden estar sometidas a diferentes tipos de cargas:

- cargas distribuidas
- cargas puntuales, y ,
- dos cargas puntuales sobre una pieza.

Resistencia de la madera al esfuerzo cortante.

Es una medida de la capacidad que tiene una pieza de madera para resistir fuerzas, que tienden a deslizar una parte de la madera sobre la otra, figura 133.

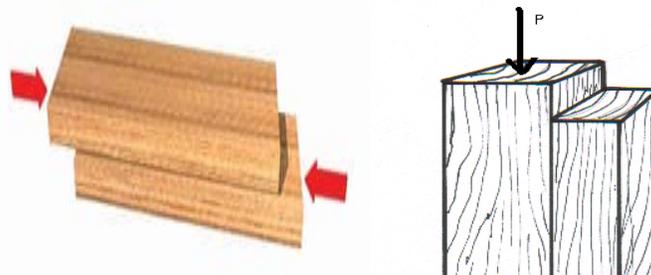


Figura 133. Resistencia de la madera al esfuerzo cortante, y plano paralelo a las fibras.

Cuando el esfuerzo cortante se presenta paralelo a las fibras, produce un plano de falla paralelo a ellas, tangente a los anillos de crecimiento; mientras que si la sollicitación es paralela a las fibras se produce un plano de falla perpendicular a los anillos de crecimiento.

Tensión paralela a las fibras.

Se considera como la resistencia de la madera cuando se somete a una carga paralela a las fibras. De ésta forma, una pieza de madera puede ser sollicitada por una sola cara a esfuerzos de tensión perpendiculares a las fibras, dependiendo del plano con respecto a los anillos de crecimiento. La tensión puede estar en forma perpendicular tangencial o bien perpendicular radial, figura 134.

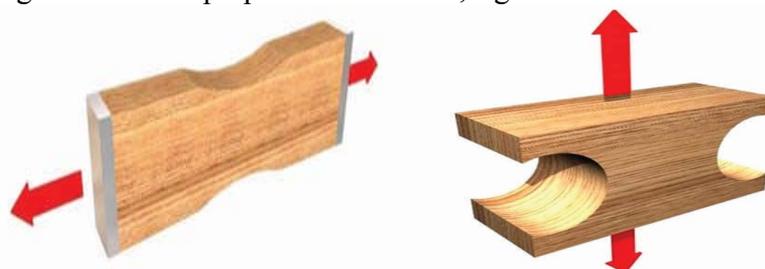


Figura 134. Tensión en la madera paralela a las fibras o perpendicular a ellas.

La rigidez.

Cuando la madera se opone a esfuerzos a los que esté solicitada tratando de mantener su forma y tamaño original se dice que es muy rígida, mientras las que se doblan muy fácilmente se dice que tiene poca rigidez es decir son flexibles. La rigidez de la madera también se llama módulo de elasticidad, y es válida para la porción recta de la gráfica de la figura 127.

$$E = \frac{f}{\epsilon} \quad ;$$

donde:

E = módulo de elasticidad en kg/cm²

f = esfuerzo en kg/cm²

ε = deformación unitaria adimensional

Modulo de Elasticidad (E).

Como las deformaciones a compresión y a tensión son diferentes por la anisotropía del material se hace difícil su determinación, además influye mucho en este valor el tipo de especie, la dirección del esfuerzo y la duración de la carga.

Algunas normas extranjeras dan los siguientes valores:

- en dirección axialE = 100 000 kg/cm²
- en dirección transversal.....E = 5 000 Kg/cm²

Deformación unitaria.

Al aplicar una fuerza sobre la madera esta empezará a deformarse y a cambiar sus dimensiones originales, este cambio se llama deformación unitaria (ε) se le define como el cambio que sufrió entre sus dimensiones originales.

$$\epsilon = \Delta l / l$$

donde:

ε = deformación unitaria

Δl = deformación absoluta en cm

l = dimensión original en cm

En las tablas 25 y 26 se muestran los resultados de la pruebas que se hicieron a probetas de maderas mexicanas libres de defectos en estado verde, las propiedades mecánicas consideradas fueron: flexión estática (módulo de ruptura y módulo de elasticidad), compresión paralela a la fibra (esfuerzo máximo), compresión perpendicular a la fibra, cortante paralelo a la fibra, dureza (janka), obtenidos mediante el criterio de la densidad relativa, clasificando a la madera en cinco grupos: muy alto, alto, mediano, bajo, muy bajo.

La mayoría de las pruebas para maderas mexicanas se hacen en condición verde, no hay resultados para madera en condición seca. La clasificación permite hacer comparaciones entre las diferentes especies de las maderas, los análisis se hicieron bajo parámetros estadísticos.

Valores	Flexión		Compresión		Cortante	Dureza	
	Módulo de ruptura [Kg /cm ²]	Módulo de elasticidad [Kg /cm ²]	Paralela Esfuerzo máximo [Kg /cm ²]	Perpendicular. Esfuerzo límite de proporcionalidad [Kg /cm ²]		Paralelo Esfuerzo máximo [Kg /cm ²]	Lateral [Kg / cm ²]
Mínimo	224	20,240	109	15	31	98	125
Máximo	1540	187,560	703	201	137	1223	1367
Promedio	697	106,080	331	63	83	438	480
Desviación estándar	285	34,690	135	47	26	255	262
Coefficiente variación	30	33	41	75	31	58	55

Tabla 25. Parámetros estadísticos de las propiedades mecánicas de maderas mexicanas en condición verde.

Concepto	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Flexión					
Modulo de Ruptura Kg /cm ²	< 290	291-500	501-650	651-900	<900
Modulo de Elasticidad Kg /cm ² (1000)	<55	56-80	81-100	100-125	>125
Compresión					
Paralela (Esfuerzo máximo) Kg /cm ²	<160	161-250	251-310	311-400	>400
Perpendicular (Esfuerzo límite de proporcional) Kg /cm ²	<55	16-35	36-50	51-85	>85
Cortante					
Esfuerzo máximo Kg /cm ²	>45	46-65	66-85	86-110	>110
Dureza					
Lateral kg	<130	131-275	276-400	401-620	>620
Extremos kg	<150	151-300	301-430	431-650	>650

Tabla 26. Clasificación de las características mecánicas de maderas mexicanas, libres de defectos en condición verde.

V.2 Proceso de secado.

Cuando un árbol es derribado, éste contiene una gran cantidad de agua que debe ser removida hasta un grado conveniente, por lo que el secado de la madera es un proceso que se justifica según el uso que se le vaya a dar una vez aserrada y convertida en tablas, tablones, vigas, chapa u otros elementos.

Factores que afectan el secado.

- La especie.
- La densidad. El tiempo de secado de la madera depende de su densidad, por lo que si es muy densa tendrá un mayor tiempo de secado y si es poco densa el tiempo será menor.
- El grosor. El tiempo necesario para secar una pieza de madera es directamente proporcional al cuadrado del grosor de la pieza.
- El clima. En caso de que la humedad relativa del aire sea alta no se recomienda un secado de la madera al aire libre.

Ventajas de secar la madera.

- Estabilidad dimensional. La madera se encoge ó se hincha según el contenido de humedad del medio ambiente; el secado reduce estas variaciones.
- Aumenta su resistencia contra el ataque de hongos y otros agentes degradadores de la madera.
- Reduce su peso facilitando, manejo y traslado.
- Mejora la absorción de preservadores logrando una mayor penetración.
- Mejora la resistencia y duración de barnices, pinturas, repelentes y adhesivos.
- Mejora las uniones, ensambles o cortes especiales, en los que hay que aplicar algún pegamento o adhesivo.
- La madera seca aumenta su resistencia, mejorando sus propiedades mecánicas y otras como: material aislante, térmico, acústico y eléctrico.
- Aumenta la resistencia a la extracción de clavos y tornillos.
- Mejora su trabajabilidad al cortarla y pulirla.

En la figura 135, se muestra como a medida que la madera disminuye su contenido de humedad su resistencia va creciendo.

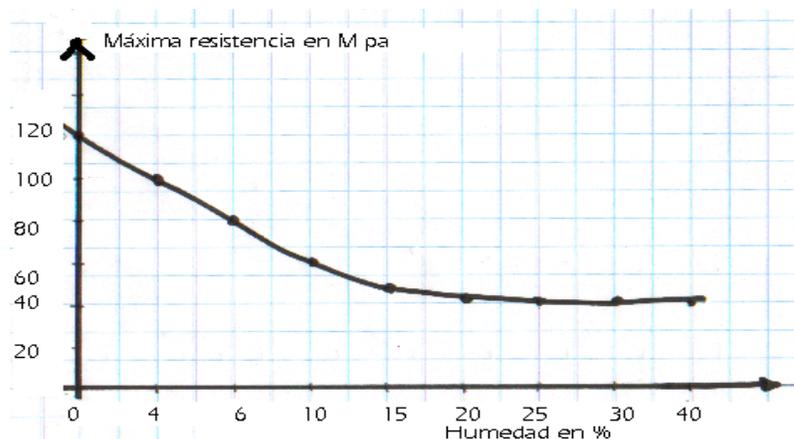


Figura 135. Variación de la resistencia con respecto al contenido de humedad.

Hay dos métodos fundamentales para secar la madera :

- al aire libre, y ,
- el secado en estufa.

Secado al aire libre.

La madera se coloca en patios o terrenos, de preferencia cerca del aserradero, debiendo cuidar que en su perímetro no haya árboles, además de ser un lugar soleado. Es recomendable que esté pavimentado o que de alguna forma se evite estar directamente en contacto con el suelo y la humedad. La madera se apilará de tal forma que entre cada tabla pueda circular el aire, este método es de bajo costo. Se alcanzan porcentajes del 15% al 23 % de humedad, dependiendo de la época del año y de la humedad relativa del aire. Figuras 136 y 137.



Figura 136. Madera colocada en patios para que se seque al aire libre.

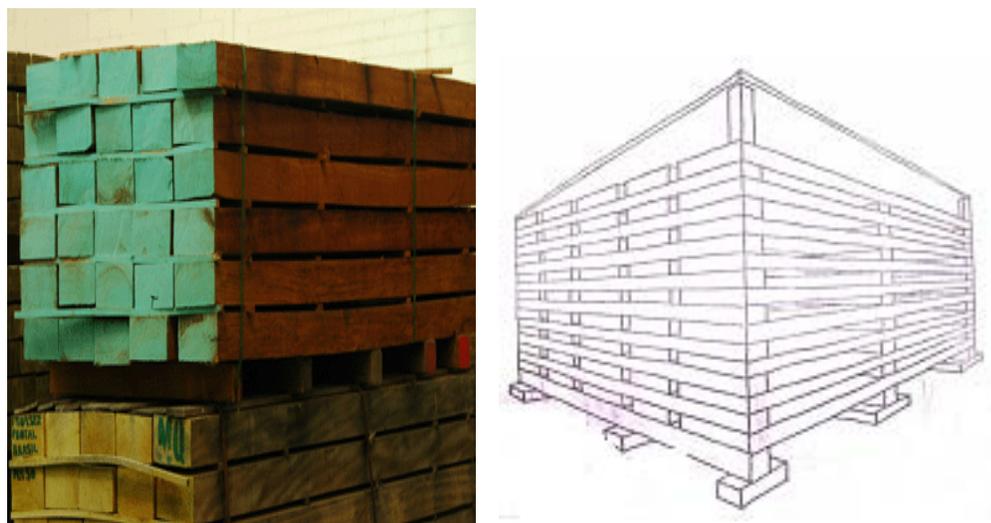


Figura137. Madera apilada, ventilada con separadores.

Es recomendable apilar la madera y que quede en forma plana en su parte superior, con el propósito de evitar el surgimiento de grietas, torceduras u otros defectos. Una de las ventajas de la madera proveniente de las coníferas (pino, cedro blanco, etc.), es que puede secarse rápidamente sin que ello provoque el surgimiento de defectos. En las latí foliadas (tzalam, fresno, etc.), se recomienda que en el proceso de secado no se mezclen especies diferentes y si es posible colocar madera de un solo grosor. El tiempo de secado al aire libre puede variar de unos días hasta un año, por lo que se recomienda combinar el secado al aire libre y el secado en estufa.

Secado en estufa convencional.

Este método es mucho más rápido. Consiste en una cámara especial (hornos) de grandes dimensiones, donde en forma longitudinal se colocan las pilas de madera es el más usado en los aserraderos por el manejo de las piezas. En este proceso las variables tales como la presión, humedad requerida y temperatura (de 80 a 90° C) se controlan, provocando que la madera presente colores más vivos y parejos.

El secado en estufa convencional requiere del control de la temperatura y de la humedad relativa del aire. Es importante que a medida que la madera se va secando, la velocidad con la que pasa por la cámara disminuya hasta que la humedad en la madera sea menor al punto de saturación de la fibra, para que la madera aumente su resistencia. En este momento se puede acelerar el proceso aumentando la temperatura y disminuyendo la humedad relativa del aire.

De no tener control sobre estas dos variables, pueden aparecer esfuerzos de contracción apareciendo los llamados defectos del secado.

Hay dos tipos de estufas convencionales.

- La estufa de secado continuo.
- La estufa de compartimento.

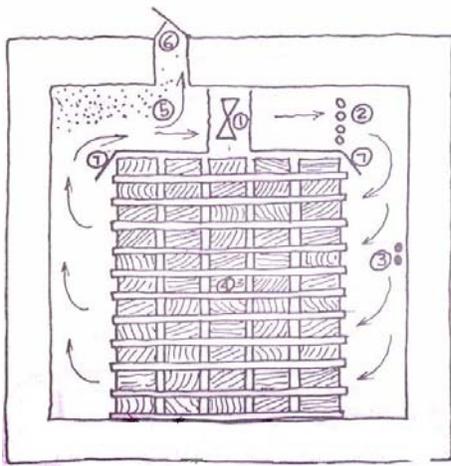


Figura 138. Estufa convencional.

El secado de la madera también puede hacerse en:

- en estufa solar, y ,
- por deshumidificador.

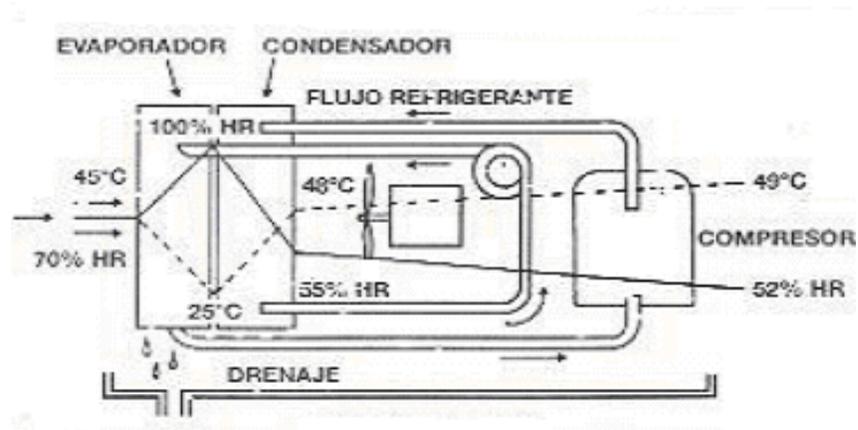


Figura 139. Estufa con deshumidificador.

Los defectos del secado son generados cuando en el interior de la estructura de la madera se producen tensiones.

Defectos del secado.

- Acanaladura.
- Grietas y hendiduras.
- Encorvadura.
- Torcedura
- Colapso , y
- Apanalamiento.

Acanaladura. Acanaladura o abarquillado es un alabeo en forma de canal que se produce transversalmente a las fibras, figura 140.



Figura140. Acanaladura y grietas en la madera.

Grietas, y hendiduras.

Este defecto aparece en el secado de la madera se produce por efecto de la contracción a lo largo y transversalmente a las fibras, las grietas son separaciones de las fibras de lado a lado de la madera, mientras que las hendiduras no pasan al otro lado de la pieza de madera.

Encorvadura.

La encorvadura o curvatura lateral es un alabeo de canto en el sentido de las fibras, de tal manera que la pieza se distorsiona, manteniéndose la pieza plana mientras que sus cantos se desvían de una línea recta entre un extremo y otro, figura 141.

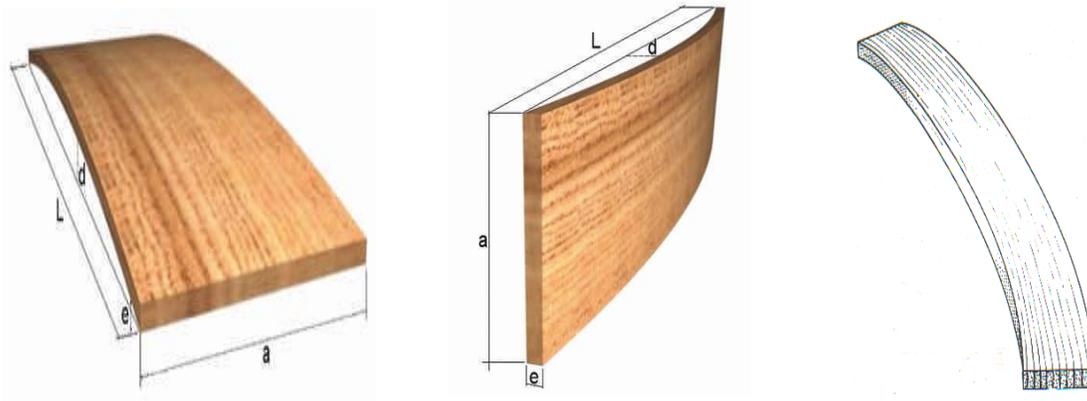


Figura 141. Arqueadura y encorvadura.

Torcedura o revirado.

Es un alabeo producto del secado de la madera donde una, dos o más aristas no están en el mismo plano, figura 142.

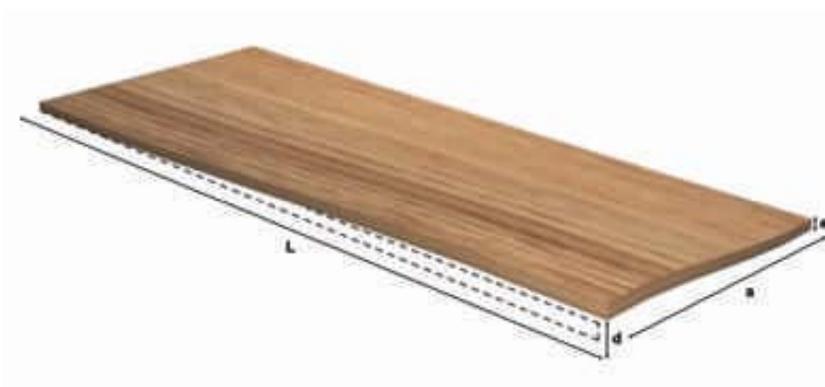


Figura 142. Torcedura o revirado de la madera.

Colapso.

Este defecto consiste en la reducción de las dimensiones de la madera, que se presenta, en el proceso del secado por arriba del punto de saturación de las fibras (30%), se presenta al colapsarse las cavidades celulares, figura 143.

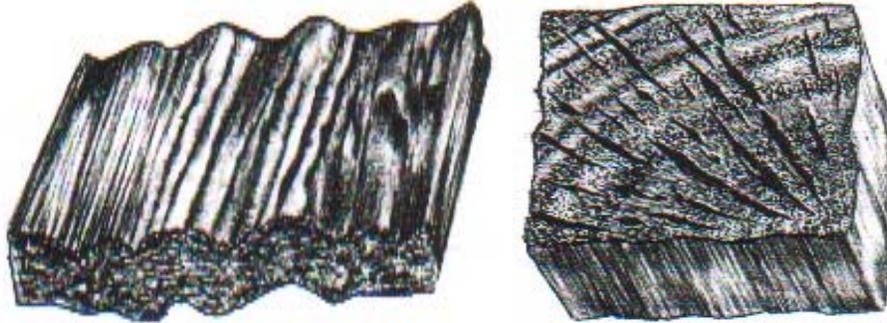


Figura143. Colapso y apanalamiento.

Apanalamiento.

Surge cuando la estructura interna tiene un alto contenido de humedad y la madera se somete a un alto grado de temperatura, se forman cavidades que se forman por la separación perpendicular de las fibras.

Otros métodos de secado.

- Químico.
- Con solventes.
- Al vacío.
- Corriente eléctrica de alta frecuencia.
- A altas temperaturas en estufas convencionales.
- Por rayos infrarrojos.

Estos métodos resultan ser apropiados en diferentes casos dependiendo de la especie de madera y de su permeabilidad, así como el costo de los equipos y de la cantidad de madera a secar.

Secado químico.

Con este método a las tablas aserradas se les rocía sal común o urea. Se sumerge en una solución de estas sustancias para después ser apiladas y compactadas sin dejar espacios entre ellas y se dejan así por varios días para que las sales penetren en la madera. Esta penetración dependerá de que tan permeable es la madera. Para bajar los contenidos de agua la madera se continua secando en alguna estufa convencional. Una de las ventajas al usar este tipo de sales, es que reduce considerablemente los agrietamientos superficiales por lo que se reducen las contracciones mientras que las dimensiones de la pieza no varían. Es importante incorporar sales de cromato para evitar la corrosión provocada por la sal en contacto con algunos metales que están en la madera.

Inconvenientes del método.

- La urea decolora la madera.
- La madera una vez seca adsorbe más humedad de la atmósfera.
- El costo del secado es mayor.

Secado con solventes.

Este método al igual que el anterior es costoso pero altamente efectivo para extraer las resinas y extractivos de algunas maderas como la del pino. La madera es calentada por medio de vapores de solventes orgánicos como la acetona. Ésta penetra en la madera y remueve el agua principalmente de la albura por ser más permeable, en el duramen es más difícil por ser menos permeable. Este método puede ser atractivo económicamente si se recuperan los extractivos y resinas.

Secado con líquidos oleosos.

Se utilizan los vapores de sustancias orgánicas por ser excelentes conductores del calor. Este solvente debe estar a una temperatura mayor a 100 °C; el método es recomendable cuando la madera va a ser impregnada de preservadores como la creosota. Esta madera generalmente es usada para postes telefónicos o para durmientes de ferrocarril, debido a que el solvente deja la superficie de la madera aceitosa. Internamente queda con esfuerzos, acción que se puede corregir al meter la madera en una estufa convencional, lo que aumenta su costo.

Secado al vacío.

En este método, la madera es introducida en un cilindro como el usado para aplicarle un preservador. El cilindro es calentado con vapor de agua a temperaturas mayores a 100 °C, después se extrae de la cámara, el agua y el vapor, induciéndose un vacío. En este momento surge agua y vapor de la madera la cual es extraída; este proceso termina por la disminución de la temperatura. Para llegar a niveles menores de contenido de agua, se tiene que repetir este ciclo varias veces.

Secado con prensa.

Este método consiste en usar una prensa con placas metálicas que son calentadas a temperaturas que van de 150 °C a 170 °C. Se aplica presión a la madera con las placas de unos 120 Kg/cm², se usa principalmente para maderas muy permeables. Una característica importante es que se reducen notablemente los tiempos. Para madera muy impermeable se intercalan placas perforadas que permiten la salida del vapor de agua y con el uso de placas se reducen considerablemente los alabeos. En cuanto al ancho casi no hay variación por lo que es ideal cuando se prepara duela para piso.

Secado con corriente eléctrica de alta frecuencia.

Este método es costoso es usado cuando se requiere madera de alta calidad y valor, en este se aprovechan las características dieléctricas de la madera al aplicarle energía eléctrica con una frecuencia alta, de aproximadamente un millón de ciclos por segundo. La rápida agitación de las moléculas polares provoca un alto calentamiento en toda la masa de la madera, por lo que se deduce que no importa el grueso de esta. La madera se coloca en una banda continua, que tiene electrodos de alta radio frecuencia el equipo debe contar con un sistema para eliminar el vapor de agua, al secar la madera se origina grandes contracciones, la capacidad giroscópica se reduce y queda completamente esterilizada.

Secado a altas temperaturas en estufas convencionales.

En algunos casos, una estufa convencional no sobrepasa los 90 °C. Cuando se utilizan temperaturas mayores a 120 °C no siempre es lo más adecuado, ya que las características de la madera son tan variables, tanto que en algunas se puede utilizar y en otras no, ya que se corre el riesgo de que la madera sufra agrietamientos, colapsos, etc. Cuando se utilizan temperaturas altas es preferible que sea madera de coníferas por su alta permeabilidad, mientras que su uso en las latí foliadas es limitado a las especies

permeables. Con altas temperaturas quedan esfuerzos internos que son relajados aplicando vapor a temperaturas menores a las usadas durante el secado. Si al final queda sobre la superficie resina, ésta se puede remover con un ligero cepillado. También la madera puede disminuir sus propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad y el esfuerzo de rotura a la flexión.

Secado por rayos infrarrojos.

Con este método la madera se somete a la acción de rayos infrarrojos. De esta forma se genera calor de manera uniforme, evitando así los defectos del secado como la aparición de grietas. El tiempo de secado se disminuye, ya que la madera llega a secarse hasta dos centímetros por hora del grueso de la madera.

VI.1 La cimentación.

Una cimentación es una base de materiales pétreos de concreto simple o armado la cual estará apoyada entre el suelo o sobre él y cuya finalidad será la de transmitir los esfuerzos al suelo. Éste recibe las cargas debidas al peso propio de la cimentación, muros, entrepisos, techumbre y las fuerzas debidas a los sismos, al viento y a la nieve. Una característica de las cimentaciones es que aísla a la estructura del contacto directo con el suelo y la humedad, así como aquellos agentes destructores de la madera como las termitas y otros insectos.

El tipo de cimentación para una casa de madera depende de las condiciones de carga, el tipo de suelo y las condiciones topográficas del lugar. Esta elección determina que efectos secundarios se pueden presentar tanto en el suelo como en la estructura y así poder evitarlos. Entre tales efectos se tienen los asentamientos diferenciales debidos a la compactación del terreno. Otro de los factores que se deben evitar es la presencia del agua. Para evitar la acumulación de ésta, se deben colocar drenes, sellos de cartón asfáltico entre la cimentación y la solera de madera tratada, para evitar que el agua suba por capilaridad, figura 144.



Figura 144. Solera de madera sobre una cimentación de concreto.

Un adecuado conocimiento del tipo de suelo, así como de su capacidad de carga, evitará que estas cimentaciones sufran asentamientos, desplazamientos o giros, y por lo tanto la estructura de madera no sufrirá daños.

Cimentaciones para casas de madera:

- superficial,
- profunda,
- continua,
- aislada, ,
- aislada con pilotes de madera, y ,
- losa de concreto armado a nivel del suelo.

Cimentación superficial.

Puede ser una zapata corrida de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre el suelo, siempre y cuando se considere que éste posee la capacidad de carga necesaria para absorber los esfuerzos que le son transmitidas por la estructura, sin que sufra asentamientos de consideración, figura 145.



Figura 145. Cimentación superficial de concreto armado.

Cimentación profunda.

Una cimentación profunda es aquella que requiere alcanzar los estratos con mayor capacidad de carga. Se colocan pilotes cilíndricos, prismáticos, de concreto, madera o de metal que son hincados en el suelo, figura 146.

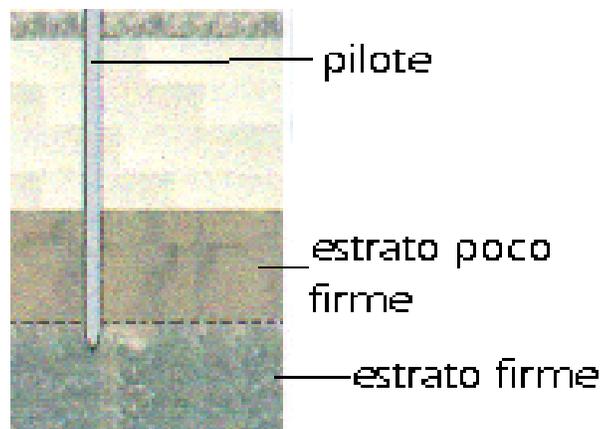


Figura 146. Pilote hincado hasta el estrato de mayor capacidad de carga.

Zapata corrida.

Una estructura de madera que se diseñe para una casa habitación, tendrá un menor peso, por lo que transmitirá menores esfuerzos al suelo, que una construida de materiales tradicionales. Por tanto la cimentación debe ser superficial, con una profundidad mínima de sesenta centímetros, debiendo profundizar veinte centímetros en la capa no removida de suelo, si la capacidad de carga de los estratos son aceptables. Las cimentaciones más utilizadas en este tipo de estructuras son las zapatas corridas o continuas, hechas de concreto simple o armado, y de mampostería, que se desplantan sobre una plantilla de concreto pobre. Sobre esta cimentación se construye una dala que sobresale unos 20 cm sobre el nivel del suelo, en la cual asentará la solera de madera tratada, que se sujeta mediante pernos de metal de cuerda continua, figuras 147 y 148.

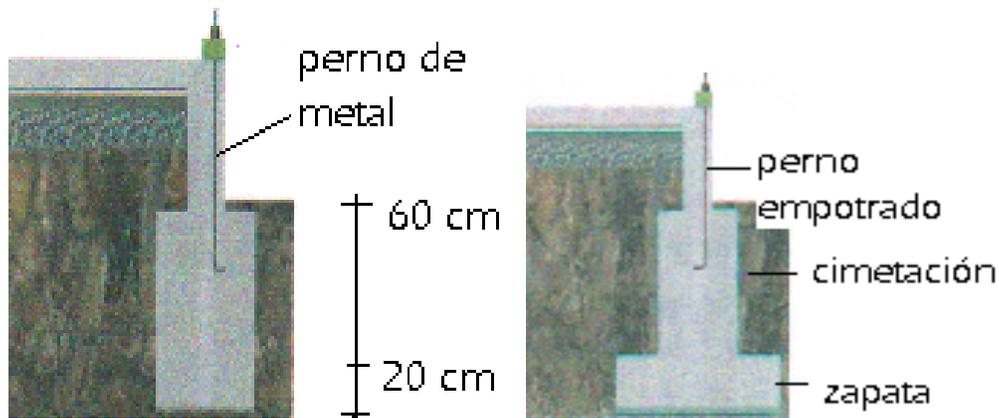


Figura 147. Zapata corrida de concreto.

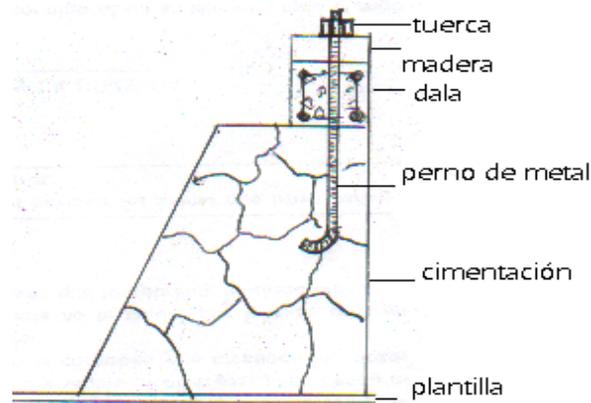


Figura 148. Zapata corrida de mampostería, dala, solera de madera tratada CCA, espárrago ahogado en la cimentación con tuerca y roldana.

Cimentación aislada con pilas de concreto armado, de forma cuadrada o cilíndrica.

Este tipo de cimentaciones se adoptan cuando las pendientes del terreno son mayores al 10% sobre el eje mayor de la planta, en terrenos que presenten rocas o humedad, las pilas se colocan en cada esquina según el diseño, sobre las que se desplantan dalas armadas con varilla de 3/8 de pulgada, figura 149.

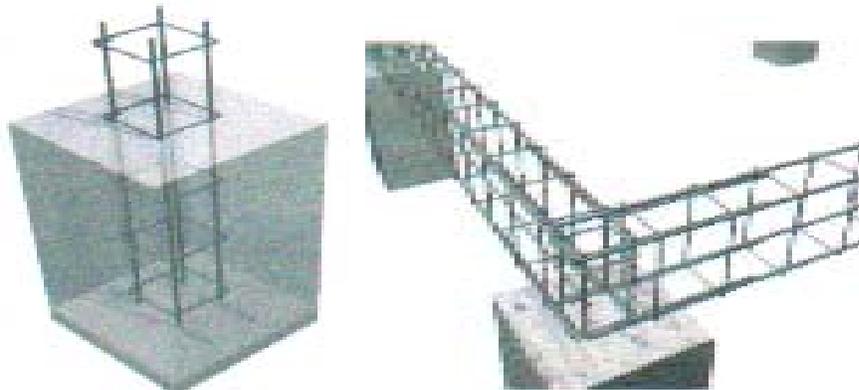


Figura 149. Cimentación de pilas cuadradas de concreto y sobre de ellas el armado de las dalas.

En otros casos las soleras de madera van sentadas sobre las pilas de concreto, debidamente empotradas, de esta forma queda la madera aislada del suelo y de la humedad, figura 150.

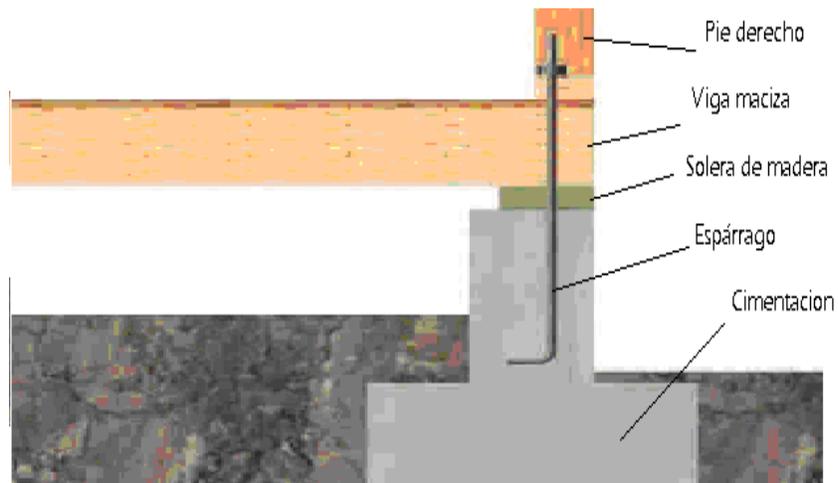


Figura 150. Cimentación aislada del suelo.

Es recomendable unir las pilas de concreto por medio de una dala armada con cuatro varillas de 3/8 de pulgada y anillos de veinte centímetros por veinte centímetros, en las cuales se dejan empotrados pernos o varillas de 3/8 de pulgada o un diámetro no menor a cien milímetros, con cuerda en la punta para recibir tuerca y roldana, cuya finalidad es la de sujetar la solera de madera tratada, figura 150.

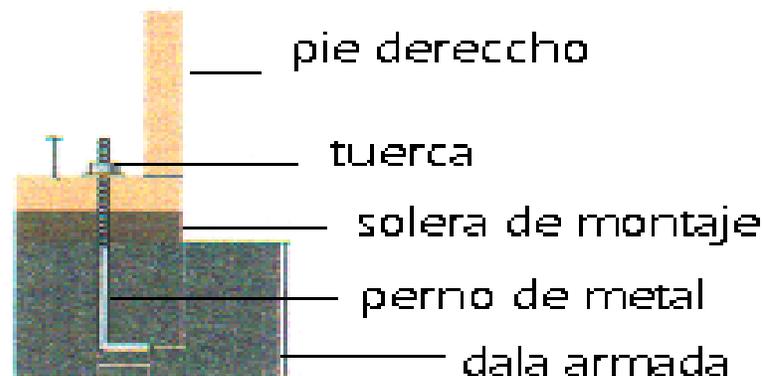


Figura 151. Dala de concreto armado.

Es recomendable que se deje una cama de grava y arena sobre el suelo que este dentro de la traza de los cimientos, para evitar que el agua suba por capilaridad y dañe la estructura de madera. Sobre esta cama se coloca una malla armada en la cual se vacía concreto, figuras 152 y 153.



Figura 152. Detalle de la colocación de cama de arena y grava.



Figura 153. Piso de concreto con malla y cama de arena o grava.

Cimentación aislada con pilotes de madera.

Estas cimentaciones son recomendables para estructuras de uno o dos pisos, por su facilidad de colocación, rapidez y economía. Se desplanta una pila de concreto en el suelo y empotrado en ella se coloca un tramo de madera en rollo o prismático con preservador (CCA). Estos pilotes de madera llevan un corte en el cual se asienta una viga (solera) quedando unidos. Las características y secciones de estas vigas dependen del análisis de la estructura. Se recomienda que los pilotes de madera tengan un diámetro de ocho pulgadas a diez pulgadas, figura 154.

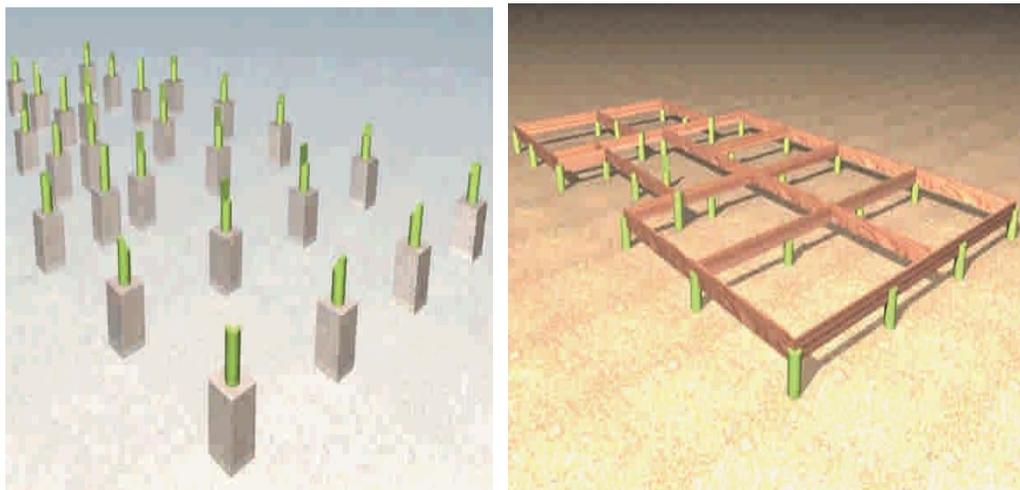


Figura 154. Pilas de concreto con pilotes de madera formando la base del piso.

Método constructivo de una cimentación aislada a base de pilotes de madera.

Una vez determinada la posición del pilote, se hace una excavación en el suelo, de dimensiones de cuarenta centímetros por cuarenta centímetros por ochenta centímetros de profundidad, donde esta última dimensión depende de la profundidad del estrato firme. En la base de la excavación se coloca una plantilla de grava de $\frac{3}{4}$ de pulgada o material de ocho a diez centímetros de espesor, lo que aísla a la madera de la humedad del suelo. Al pilote de madera se le hincan clavos de cuatro pulgadas de largo con cabeza o tramos de alambrión de unos veinte centímetros de longitud según el diámetro del pilote de madera, con el propósito de aumentar la adherencia con el concreto, figura 155.

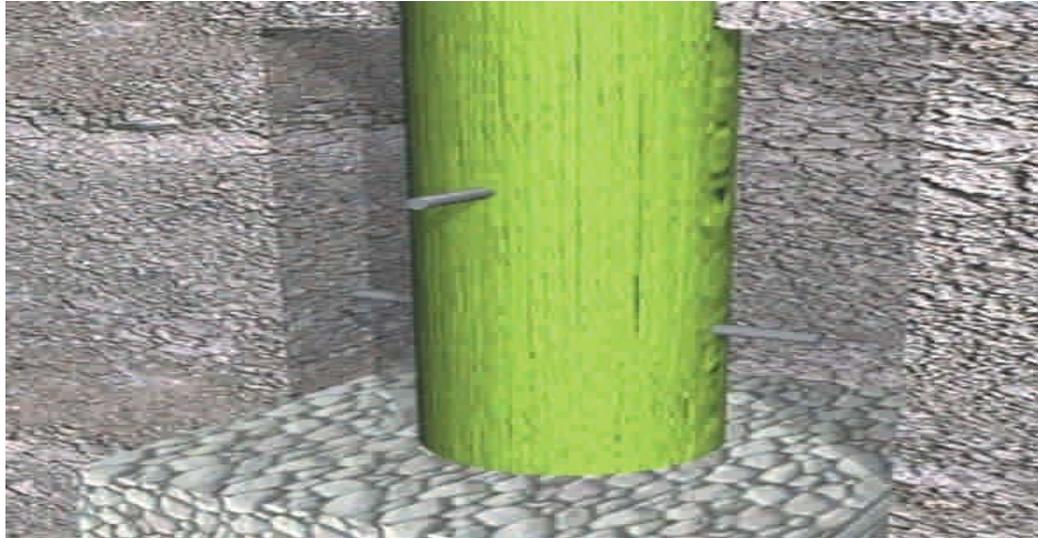


Figura 155. Pilote de madera, con clavos, en una base de grava.

Una vez hecha la preparación y antes de vaciar el concreto, se deben mantener erquidos en ángulo recto con respecto al suelo, Terminado el colado y una vez ya fraguado se procede a hacer el corte de la cabeza de los pilotes de madera para que estén al nivel requerido, figura 156.

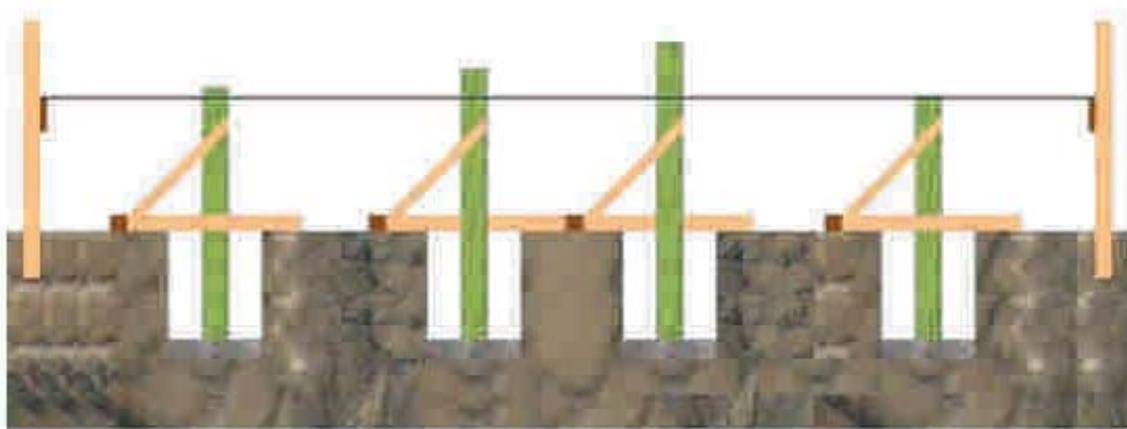


Figura 156. Pilotes de madera en posición vertical listos para recibir el concreto.

Cuando ya están a nivel, a los pilotes se les hacen un rebajo sin que este supere el 50% del diámetro, de tal forma que asiente bien la solera o viga maestra. Una vez que hayan quedado atados el conjunto de pilotes, se asienta la plataforma de madera que sirve a su vez de piso, figuras 157 y 158.

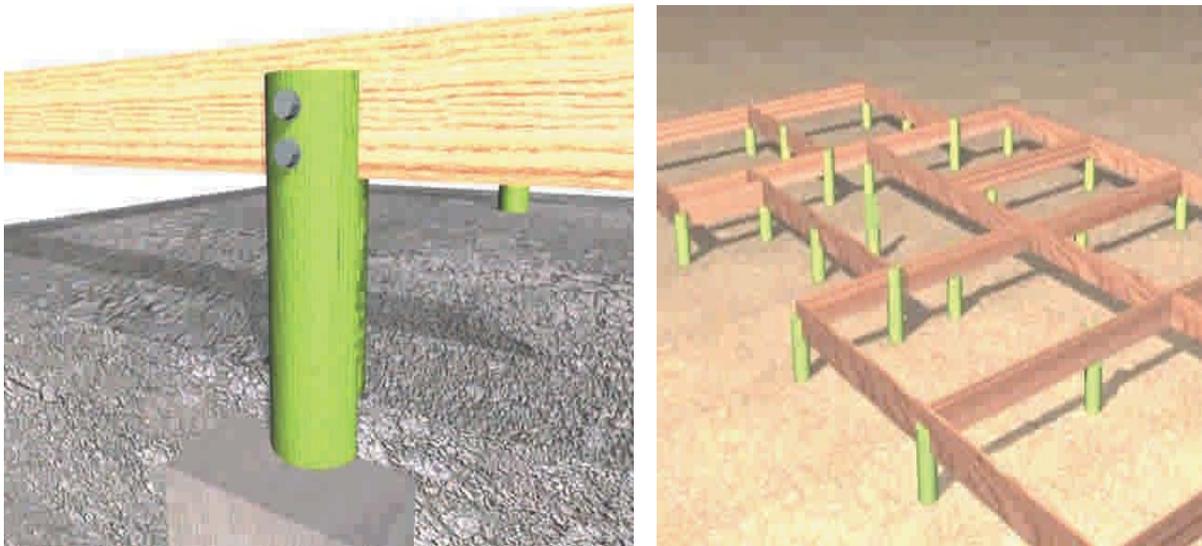


Figura157. Viga maestra unida al rebajo del pilote de madera, formando la plataforma.

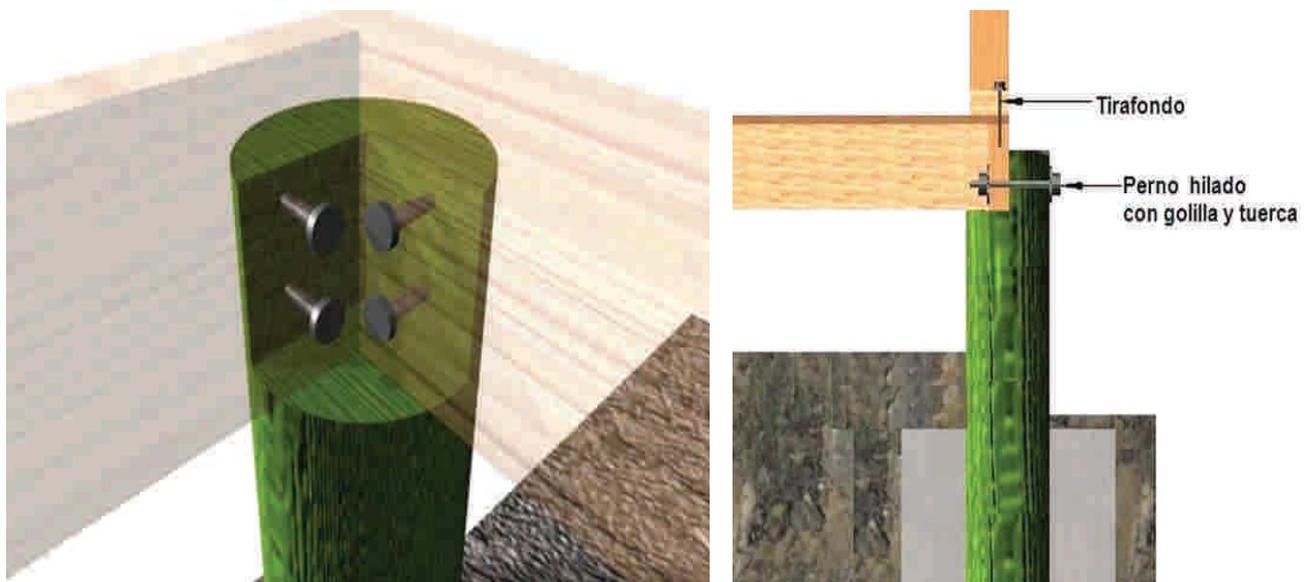


Figura 158. Corte del pilote de madera en la esquina, unido mediante pernos de metal.

Si la topografía del terreno tiene una pendiente pronunciada, los pilotes se arriostan como se muestra en la figura 159. Estos elementos deben ser del tipo permanente siempre y cuando los pilotes de madera sobresalgan un metro con respecto al nivel del suelo.



Figura 159. Arrostramiento permanente de pilotes de madera de más de un metro de altura y cimentación de una casa sobre pilotes de madera.

Losa de concreto armado.

Este tipo de losa, puede estar sobre una zapata de mampostería o directamente sobre el suelo, no sin antes haber realizado un estudio de sus características y resistencia. En ciertas situaciones la cimentación deja un espacio entre el nivel del suelo y el piso, suele utilizarse como sótano, ayudando a la ventilación eliminando la humedad excesiva. Esto se logra dejando ventanillas con malla tipo mosquetero metálica para evitar la entrada de roedores o insectos. En la losa se colocan las soleras o pies derechos de madera previamente tratada con CCA, empezando así el desplante de muros, pisos y entrepisos, dependiendo del método que se haya considerado para armar la estructura. Las figuras 160 y 161 se muestran algunas estructuras de madera sólida desplantadas sobre losas de concreto armado.



Figuras 160 y 161. Pies derechos empotrados directamente sobre la losa y pies derechos empotrados sobre las soleras inferiores y superiores de madera.

VI.2 Columnas de madera maciza o empalmadas para muros de carga.

Una columna de madera maciza se puede definir como todo elemento que trabaja a compresión, donde su longitud supera varias veces su dimensión lateral más pequeña. Una columna es un elemento vertical pesado. Las columnas se pueden clasificar como: columna de madera sólida sencilla que consiste de una sola pieza de formas cuadrada, rectangular e inclusive circular. Las columnas se forman por varios miembros ensamblados de dos en dos, con ejes longitudinales paralelos y separados mediante bloques de madera de la misma sección, pero más pequeños en longitud, figura 162. Las llamadas columnas compuestas, donde se usa una combinación de madera con elementos sujetadores mecánicos en la figura 162 se muestran dos secciones transversales de columnas compuestas macizas cuya capacidad de carga está comprobada. Otra variante seria las columnas laminadas pegadas con adhesivo o unidas mediante clavos, tornillos o pernos, por ultimo debemos identificar como columnas a los pies derechos formando los marcos ligeros de madera. Todos estos elementos se sujetan quedando juntos para compartir la carga formando una sola unidad a compresión.

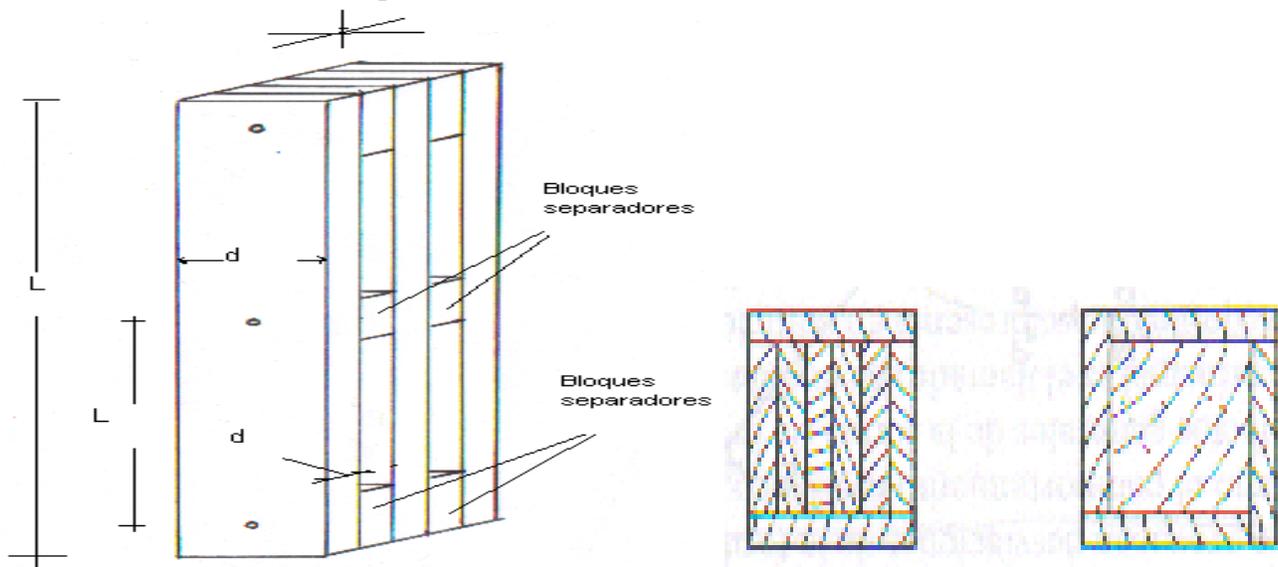


Figura 162. Columnas ensambladas, formadas por varias piezas.

Una viga es aquella cuya escauadría que tiene secciones mayores y que es utilizada para formar los muros soportantes. Estos elementos verticales son los llamados pies derechos.

Grueso en pulgadas	Ancho en pulgadas	Largo en pulgadas	Grueso en centímetros	Ancho en centímetros	Largo en centímetros
3	6	16	7.5	15	487.68
4	8	12	10	20	365.48
4	8	16	10	20	487.68
4	8	18	10	20	548.64
4	8	20	10	20	609.6

Tabla 27. Medidas de las vigas de madera maciza en estado natural.

Esbeltez.

Es la relación que existe entre la longitud que no se encuentra arriostrada y la dimensión de su sección del lado menor es decir L/d . La relación de esbeltez para columnas macizas simples se limita a $L/d=50$, mientras que las de secciones compuestas por varios miembros tienen una relación de $L/d = 80$.

Pórticos.

Los muros soportantes (estructurales) se arman con elementos verticales y horizontales, formando una estructura llamada pórtico, que debe ser arriostrada para aumentar su rigidez, ayudando de esta forma a soportar fuerzas laterales, figura 163.

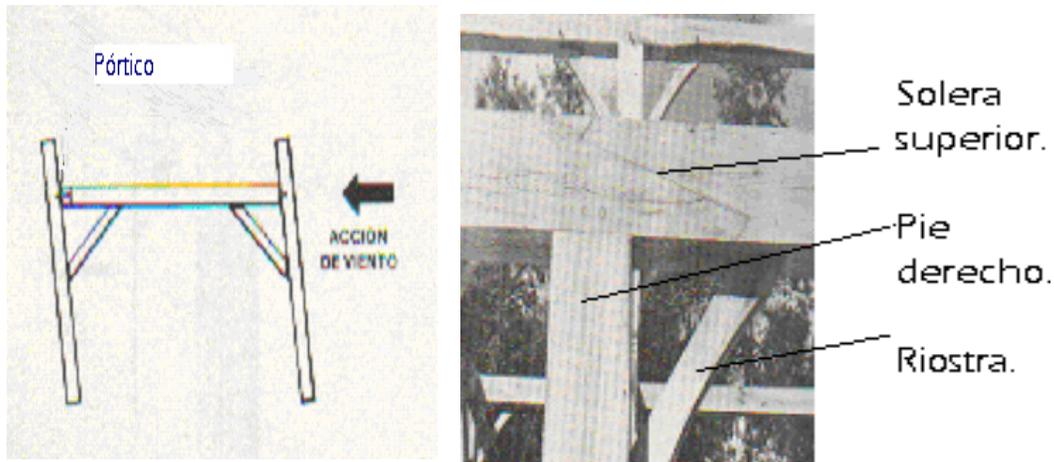


Figura163. Elementos de un pórtico soportante.

Las uniones de los pies derechos con soleras superior e inferior, riostras y otros elementos se unen por medio de cortes especiales y ensambles de caja y espiga, como se trató en el capítulo IV.2. En otros casos se utilizan placas de acero en combinación con pernos, espárragos, roldanas y tuercas. La madera en combinación con las piezas metálicas forma, pisos, muros y entrepisos, figura 164.

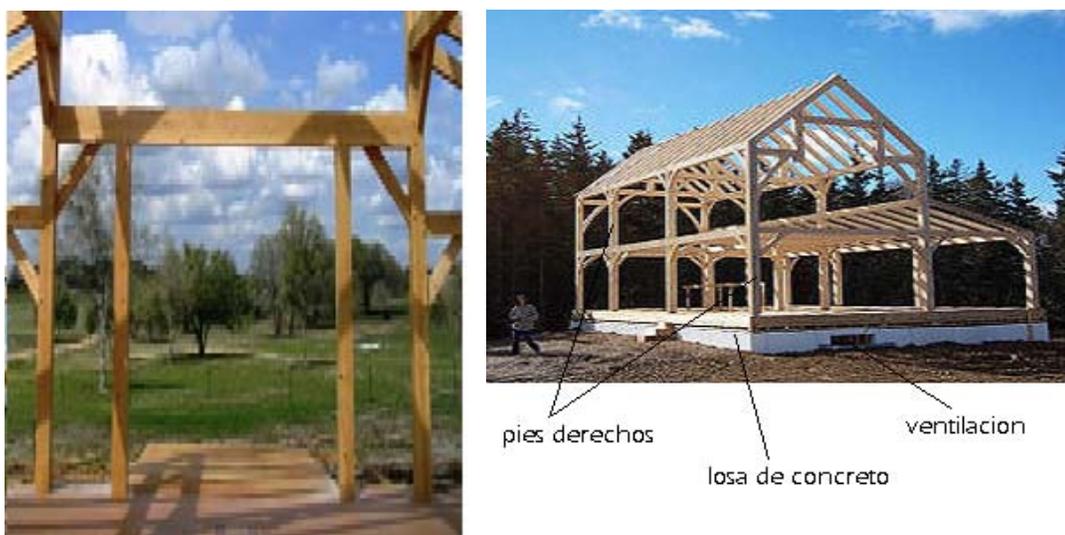


Figura 164. Muros de madera maciza de primero y segundo piso.

Los pies derechos en conjunto con soleras y riostras, permiten salvar grandes claros o luces. Los pies derechos se empotran en las soleras inferiores y estas a su vez se sujetan con espárragos empotrados en la cimentación, en algunos países como Estados Unidos de Norteamérica y Canadá, los pies derechos se empotran directamente en el piso rígido de concreto, con espiga en la madera o algún elemento de metal, figura 165.

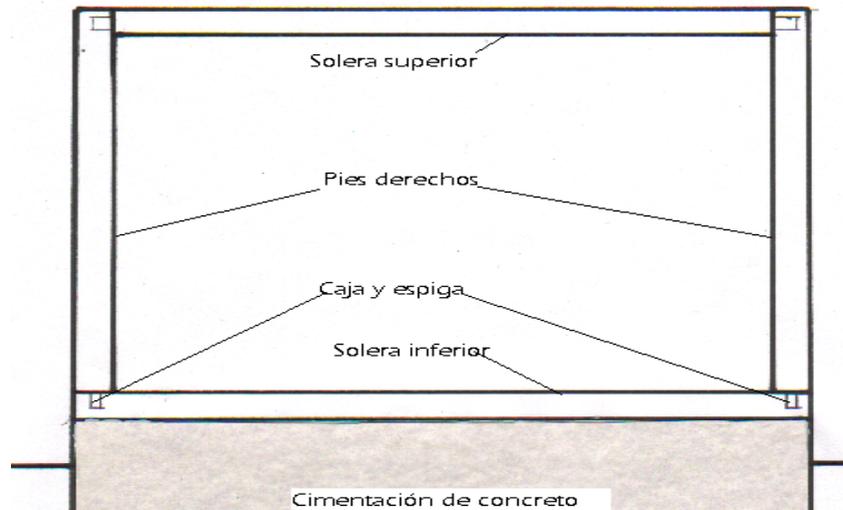


Figura 165. Pórtico de madera maciza sobre cimentación de concreto.

Revestimiento de muros en madera maciza.

Para realizar el procedimiento de revestimiento, hay que aumentar el número de piezas de madera transversales y verticales para disminuir el claro y poder fijarlo. Generalmente se utiliza para este efecto duela de madera maciza en varios estilos, machihembrada, traslapada, tinglado o con cubrejuntas. La función principal del revestimiento es la de dar protección a la estructura de la vivienda, impidiendo el ingreso de la humedad y permitiendo un fácil escurrimiento de la lluvia.

Los recubrimientos exteriores pueden ser de diferentes materiales como:

- madera,
- cerámica,
- lámina de fibrocemento
- vinílico,
- teja de cerámica o madera,
- de acero, y,
- mortero- cemento.

Se deben considerar los costos que implica el uso de cada uno de los materiales listados anteriormente, así como otros factores, entre los cuales están: la apariencia, el clima, el tiempo de instalación y el mantenimiento. Uno de los detalles más importantes antes de colocar el revestimiento es el de colocar una capa de material aislante como fieltro asfáltico, así como aquellos materiales termo-acústicos necesarios, figuras 166.

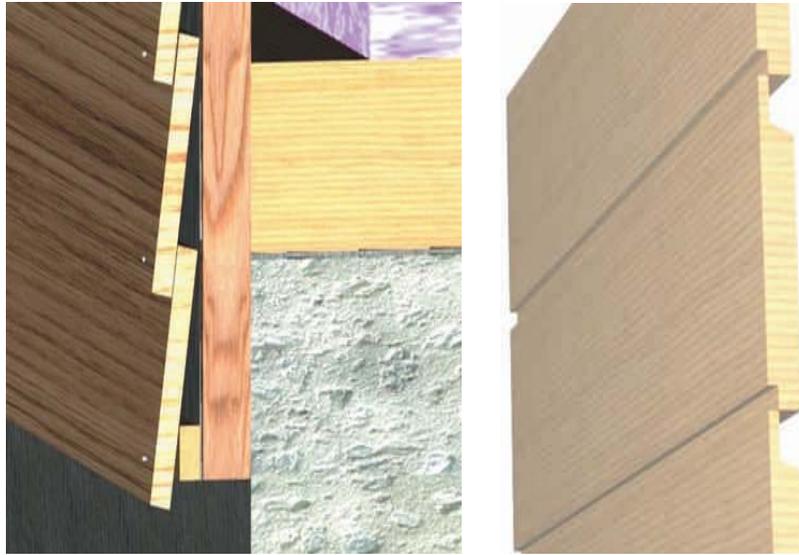


Figura 166. Revestimiento de madera estilo tinglado y traslapado.

Cuando las duelas de madera se tienen que unir con clavos, éstos deben tener una separación del borde de la madera por lo menos 2.5 de centímetros. La madera debe tener una cierta holgura ya que los cambios volumétricos pueden llegar a afectar la adherencia de los clavos, figura 167.



Figura 167. Revestimiento de muros exteriores.

En algunos casos y dependiendo de la especie de madera, se deben guiar los clavos con taladro, cuidando que el diámetro de la broca sea un poco menor que el diámetro del clavo. Los revestimientos con madera deben estar tratada contra los agentes bióticos y abióticos, ya de esta forma se aumenta su vida útil. Sin embargo siempre hay que dar mantenimiento a los materiales usados, debido a que hay puntos por donde puede penetrar la humedad. Se sugiere dar mantenimiento por lo menos una vez por año, figura 168.

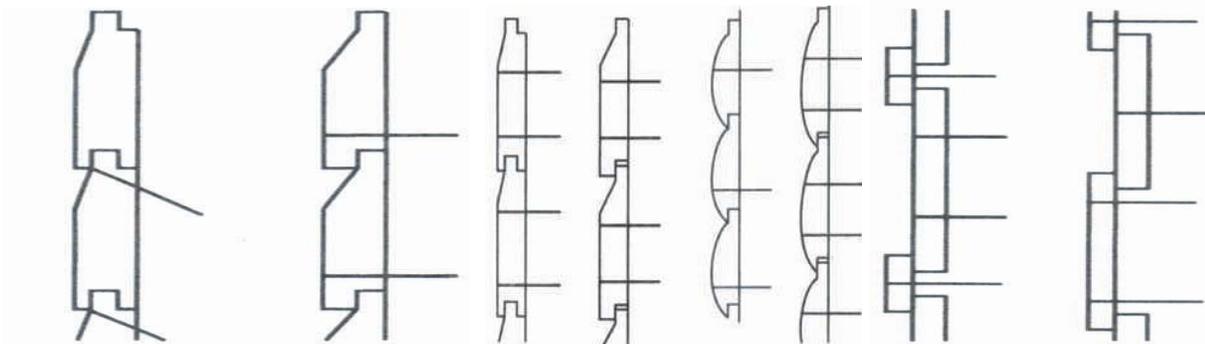
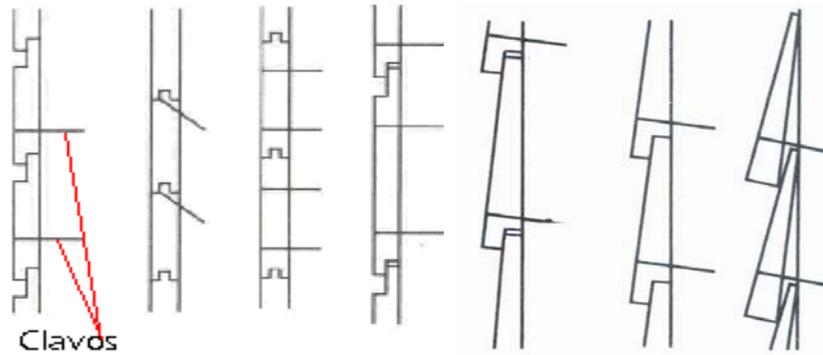


Figura 168. Diferentes estilos de colocar el revestimiento exterior y su fijación a la estructura del muro por medio de clavos, las figuras indican la correcta colocación de estos.

Como vimos los muros pueden formarse con madera de grandes escuadrías (madera maciza), sin embargo este tipo de madera es de mayor costo, por lo que se debe aprovechar la de sección menor y con ella armar los entramados para los muros estructurales (soportantes) y divisorios. Como ya mencionamos los montantes o pies derechos son aquellos elementos verticales que se utilizan para el ensamble y unión de muros en la construcción ligera de madera. Sirven como elementos para fijar los revestimientos, funcionan como columnas verticales y soportan la carga de los sistemas de techo o piso, siendo el pie derecho más común el de dos por cuatro pulgadas, colocándose a distancias de doce, dieciséis y veinticuatro pulgadas, figura 169.



Figura 169. Muros soportantes y muros divisorios.

Si el muro así formado está revestido por ambas caras este se considera debidamente rígido ya que todo muro formado por estos pies derechos debe tener elementos transversales que ayudan a dar rigidez. El número de hileras de refuerzos y su separación depende de la altura del muro y de la necesidad de que trabaje como columna. Este sistema ha sido utilizado por muchos años en los Estados Unidos de Norteamérica, llamado sistema general de construcción ligera con marcos de madera. En general los pies derechos son columnas y deben cumplir con los diferentes requerimientos de diseño de las secciones de madera maciza. Un muro puede definirse como el entramado de madera compuesto por un conjunto de piezas horizontales y verticales distribuidos según el diseño arquitectónico, ya sea como un elemento constructivo resistente a las cargas verticales y horizontales o como un elemento necesario para separar compartimentos o recintos. Un muro vertical soportante de cargas es parte de la estructura resistente que formará la vivienda, diseñado para soportar las cargas estáticas y dinámicas.

Requerimientos para la construcción de muros de entramado						
Dimensiones del pie derecho (en pulgadas)	Muros de carga				Muros divisorios	
	Altura del pie derecho sin arriostamiento	Soporta solamente techumbre	Soporta un piso, techumbre y cielo raso	Soporta dos pisos, techumbre y cielo raso	Altura del pie derecho, sin arriostamiento	Separación
in	ft	separación en pulgadas			ft	in
2x3	---	----	----	---	10	16
2x4	10	24	16	----	14	24
3x4	10	24	24	16	14	24
2x5	10	24	24	---	16	24
2x6	10	24	24	16	20	24

Tabla 28. Muros soportantes y muros divisorios.

Cargas estáticas.

Las cargas estáticas se deben a: la estructura de la techumbre y su cubierta, las estructuras de muros del segundo piso, la estructura del entrepiso, y su cubierta, los revestimientos exteriores e interiores y aquellos materiales necesarios para la protección termo-acústica, el peso propio del muro del primer piso, el sobrepeso y el peso de nieve y otros.

Cargas dinámicas (horizontales).

Este tipo de cargas las producen el viento y los sismos. Un muro soportante que se encuentre en el perímetro o interior generalmente va revestido con tableros estructurales. En nuestro país se considera solo al triplay de madera contra chapada (NTC) o a la duela machihembrada, traslapada, figura 170.



Figura 170. Muros con elementos arriostantes con tableros de madera contra chapada, y muros soportante estructural y muro divisorio.

Muro divisorio no estructural.

Es un elemento vertical que cumple funciones de separación de compartimentos, soporta cargas menores. Estos elementos no siempre requieren arriostrarse ya que pueden cumplir funciones decorativas, quedando como una celosía. Deben adecuarse con elementos de madera que permitan fijar muebles de cocina, closet, artefactos, cañerías, y ductos para instalaciones eléctricas y sanitarias, figura 171.



Figura 171. Entramado de un muro divisorio no estructural.

Muro perimetral y divisorio estructural.

Los muros perimetrales son aquellos que tienen una cara expuesta a la intemperie y otra es interior. El muro es continuo y cerrado trabajando como muro de carga. Este tipo de muros interiores se repiten desde los niveles superiores, transmitiendo de esta forma las cargas verticales y al mismo tiempo trabajando en contra de las cargas producidas por el viento y los sismos, figura 172.

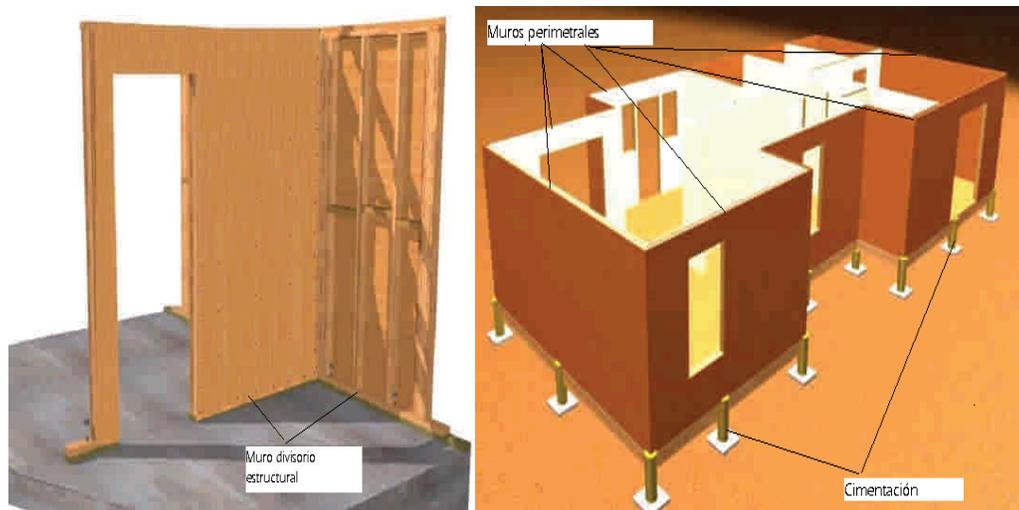


Figura 172. Muros estructurales perimetrales e interiores.

Elementos de madera de un entramado vertical.

Para armar este entramado de madera, se cortan piezas con dimensiones diferentes. Dependiendo del lugar reciben una serie de nombres, a continuación se nombran algunos:

- solera inferior (1),
- solera superior (3),
- pie derecho (2),
- peinazo transversal corta fuego (4),
- jamba o pierna para marco de puerta o ventana (5),
- dintel o cabezal para marco de puerta o ventana (6),
- alfeizar pieza que completa el marco de una puerta o ventana (7),
- puntal de dintel o frailes (8), y,
- peinazo vertical o “muchacho” (9).

La solera inferior se clava a los pies derechos y a los peinazos verticales y éstos últimos a los demás elementos. Su función principal es la de bajar y distribuir las cargas verticales hacia la plataforma del piso y esta a su vez a la cimentación. La solera inferior va sujeta por medio de pernos o espárragos empotrados en la cimentación como se muestra en la figura 173.

Cuando la solera inferior va asentada directamente en la base de concreto de la cimentación, dicha solera debe impregnarse con preservadores (sales CCA), para garantizar su resistencia y durabilidad. Entre el concreto y la madera se debe colocar una barrera contra la humedad de fieltro asfáltico.

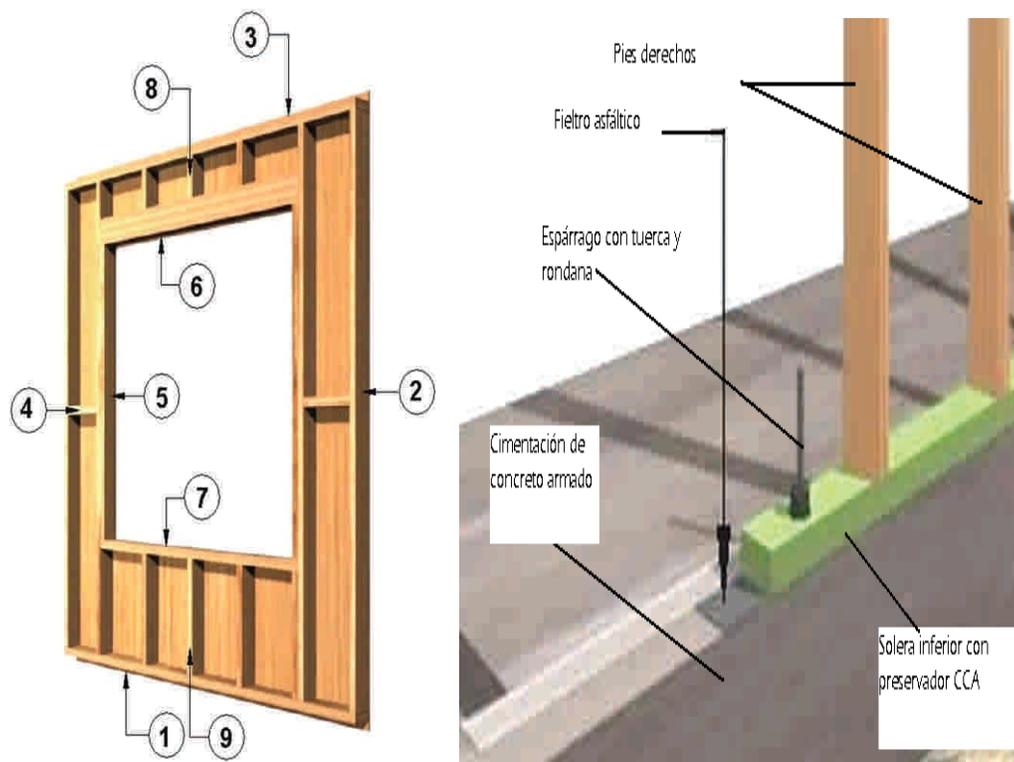


Figura 173. Elementos de un muro vertical y solera sujetos a la cimentación con pernos o espárragos.

Si la solera va colocada directamente sobre la plataforma de madera, cuya cimentación es a base de pilotes de madera, entonces dicha solera se debe clavar, atornillar o fijarla con pernos de metal, roldana y tuerca, para fijarla. En su conjunto la solera inferior, los pies derechos, los peñazos corta fuego y solera superior, cumplen con la función de transmitir las fuerzas verticales a la cimentación, así como evitar que los gases producto de la combustión de la madera no asciendan.

Con la finalidad de que los muros de madera cumplan con la función para la que se proyectaron, se necesita que tengan elementos arriostrantes, ya que sin estos no presentaría resistencia a la tensión o a la deformación lateral que son el resultado de las fuerzas dinámicas. Una solución es colocar piezas de madera diagonal dentro de los planos de la estructura del muro o tensores de metal (cable de acero), figura 174.

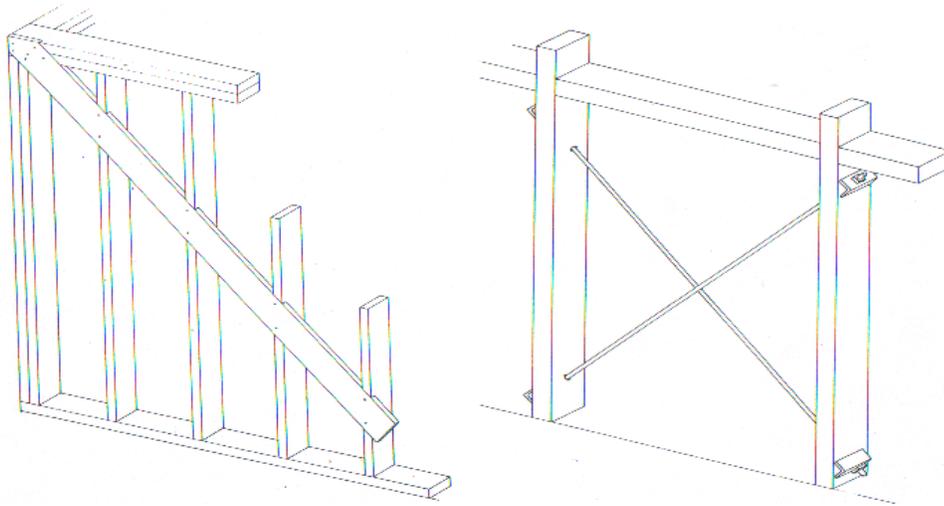


Figura 174. Diagonales arriostrantes de madera y metal

Se recomienda utilizar las siguientes medidas mínimas nominales, en escuadrías para muros estructurales:

- para muros de vivienda de un piso utilizar, madera de dos pulgadas por tres pulgadas.
- Para muros de vivienda de dos pisos, utilizar madera de dos pulgadas por cuatro pulgadas.
- Par muros de dos pisos de vivienda, utilizar madera de dos pulgas por tres pulgadas.

Los muros no estructurales (muros divisorio), pueden ser de la misma escuadría o menor que la de muros estructurales. Recordemos que estas medidas deberán ser comprobadas por el cálculo estructural.

Generalmente el ensamble y la unión de estas piezas de madera se hace mediante clavos de dos a tres pulgadas, cumpliendo con cierto espaciamiento entre ellos (NTC). Aplicando el adhesivo para madera, en el proceso de montaje de los muros con las plataformas, la unión debe realizarse dependiendo del espesor a unir y en muchos casos debe hacerse utilizando pernos de metal o espárragos, de tal forma que soporte las fuerzas de succión, asegure una buena transmisión de fuerzas verticales y un soporte adecuado a las cargas dinámicas laterales.

Para aumentar la resistencia a las fuerzas laterales y que además cumplan una doble función, arriostramiento y de revestimiento, se utiliza duela machihembrada o traslapada clavada o atornillada, colocada en forma diagonal, vertical y horizontal, así como tableros de madera contra chapada, como muestran las siguientes figura 175.

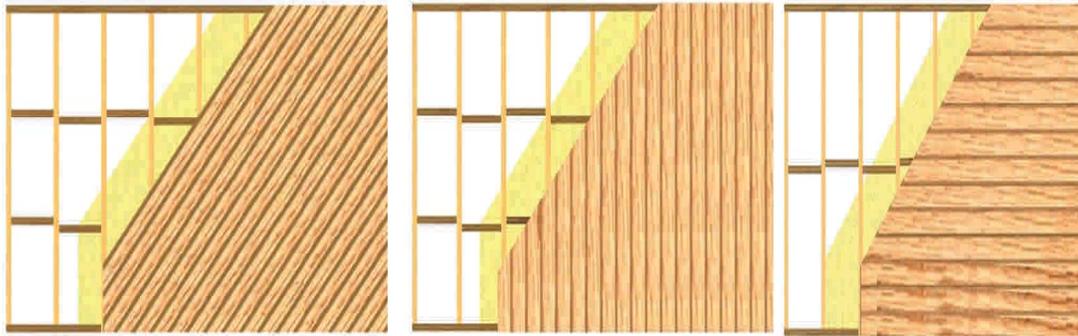


Figura 175. Arriostramiento y revestimientos al interior y exterior de muros estructurales y divisorios.

Los tableros de madera contra chapada han sido incorporados como principal elemento arriostrante, debido principalmente a que tiene mayor eficiencia estructural, mayor rendimiento y es económico. Aumenta la rigidez en caso de unir las piezas a base de cortes a media madera, mejora su comportamiento ante los sismos, requiere un menor uso de madera para armar el muro.

A modo de ejemplo se dan algunas medidas para levantar el muro de primer y segundo piso, sin que ello sea una limitante en cuanto a la altura, si ese es el caso debe sustentarse por el cálculo estructural, figura 176.



Figura 176. Altura del primer y segundo nivel con muros de madera sentados sobre cimentación de concreto

VI.3 Armado de piso.

Los pisos o plataformas a base de entramados de madera tienen la función de recibir las cargas del peso propio de la estructura, las cargas vivas y los esfuerzos laterales debidos a vientos y sismos. Todas estas fuerzas son transmitidas por el piso hacia la cimentación y al estrato firme del suelo.

Según su función y posición, estos entramados horizontales pueden ser el piso, el entrepiso, el cielo raso, estructuras con dimensiones según el cálculo estructural. Estas estructuras pueden ser flexibles o semirígidos. Los primeros no siempre soportan adecuadamente los esfuerzos horizontales, mientras que los segundos si y generalmente son los que se usan en viviendas a base de estructuras de madera. Otro sistema completamente rígido es aquél en el cual se desplanta una losa de concreto armado, figura 177.

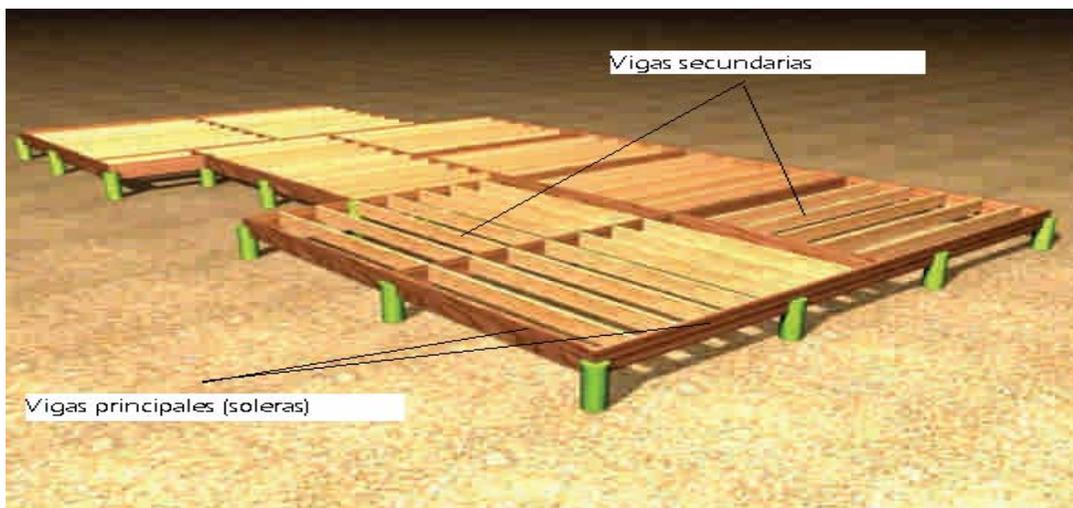


Figura 177. Entramado de madera, para el primer piso.

Elementos de un piso semirígido.

Existen elementos denominados vigas principales, salvan grandes claros, trabajan principalmente a flexión y a esfuerzo cortante, y se colocan en la periferia de la estructura. Las denominadas vigas secundarias son elementos de la misma sección que las vigas principales y se colocan perpendicularmente a éstas.

El entramado se refuerza mediante peinazos (elementos de la misma sección que las vigas secundarias) colocadas perpendicularmente a estas, ayudando a su rigidez, figura 178.

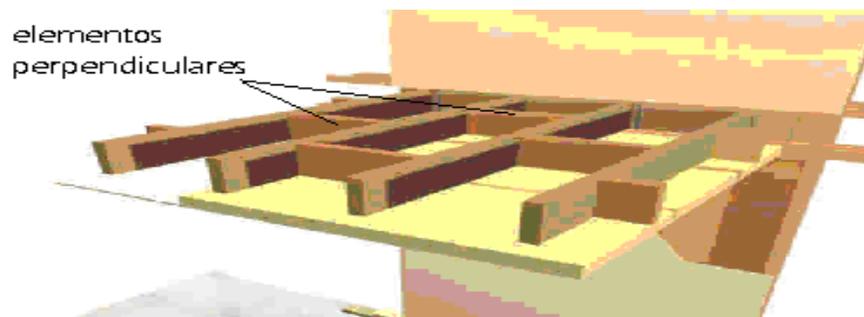


Figura 178. Elementos perpendiculares unidos a las vigas secundarias.

Se recomienda colocar elementos de madera colocados diagonalmente sobre la periferia (riostros), que permiten aumentar la rigidez. Ayudan a repartir las cargas y sobrecargas, evitando deformaciones laterales y alabeos, sirviendo como base para la colocación de tableros o duelas, figura 179.

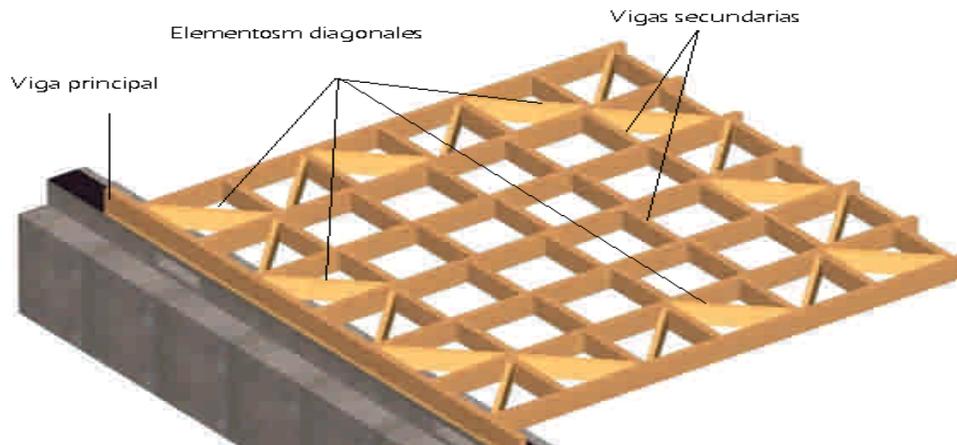


Figura 179. Riostras diagonales colocadas en el perímetro del claro.

Al colocar listones de madera en forma de Cruz de San Andrés, aumenta de igual forma la rigidez del entramado estas piezas suelen fijarse con clavos de 3 ½ pulgadas, de la misma forma si se coloca cinta de acero galvanizado colocado diagonalmente atornillado o clavado sobre la madera. Para colocarla se debe realizar un rebajo en la madera del mismo grosor que la cinta.

Se recomienda colocar la duela como riostras diagonales a 45°, utilizando clavos corrugados o lisos de 1½ a 2 pulgadas para fijarla. El espesor de la duela depende de la distancia entre las vigas de apoyo, como ejemplo, si hay una separación de 40 cm se recomienda utilizar duela de un espesor de ¾ de pulgada, con un ancho máximo de 12.5 centímetros. Sí se requiere mayor adherencia y rigidez, se puede utilizar adhesivo para madera. Este sistema se utiliza tanto en el primer piso como en el entrepiso, aprovechando para colocar protección termo-acústica con placas de poliuterano, figura 180.

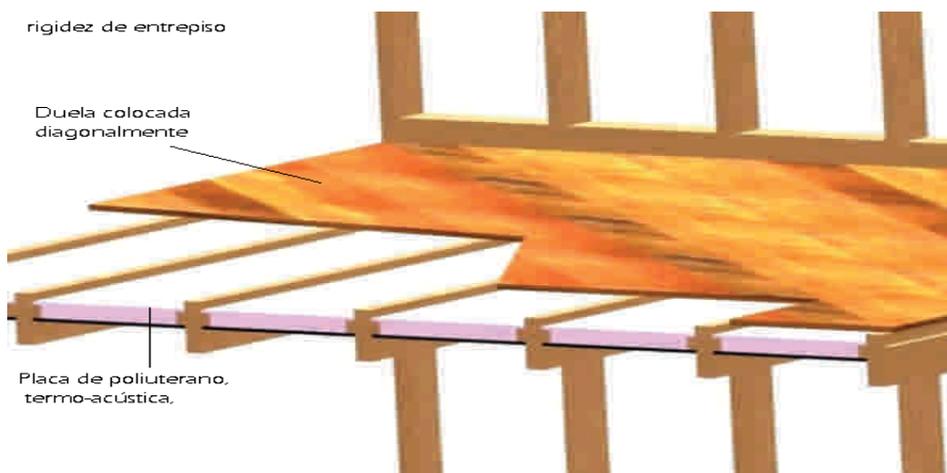


Figura 180. Riostras de madera diagonal en entrepiso.

Tableros de madera contrachapada, aglomerada, de partículas orientadas (OSB), o de MDF.

Este método es muy práctico por la facilidad y rapidez de colocación, ya que se cubren áreas grandes de inmediato. Se puede usar taladro o atornillador para fijarlo, lo que le da una mayor rigidez a diferencia de los sistemas anteriores. Se recomienda traslaparlos y que cada junta lateral o cabeza de tablero, coincida con las vigas principales, secundarias o riostras. Para fijarlo pueden usarse clavos, tornillos o pijas para tablarroca, en combinación con pegamento para madera.

Los clavos o tornillos se colocan separados una magnitud igual a diez veces el espesor del tablero. En los bordes y en las zonas centrales veinte veces; si lleva adhesivo la distancia debe aumentarse en un 50%. Los fabricantes de tableros recomiendan un espesor, dependiendo de la distancia de separación de las vigas del entramado, como muestra la tabla 29.

Distancia entre vigas	Tablero contrachapado	Tablero OSB, aglomerado.
41	15	15
51	15	15
61	19	19

Tabla 29. Espesor del tablero en función de la distancia entre vigas.

Las vigas de entrepiso son elementos de sección igual a las del piso, formando el mismo entramado. La superficie superior suele revestirse con duela colocada diagonal o perpendicularmente a las vigas secundarias. En la parte inferior también suele revestir con madera, colocando antes una capa de polietileno como aislante termo-acústico, figura 181.

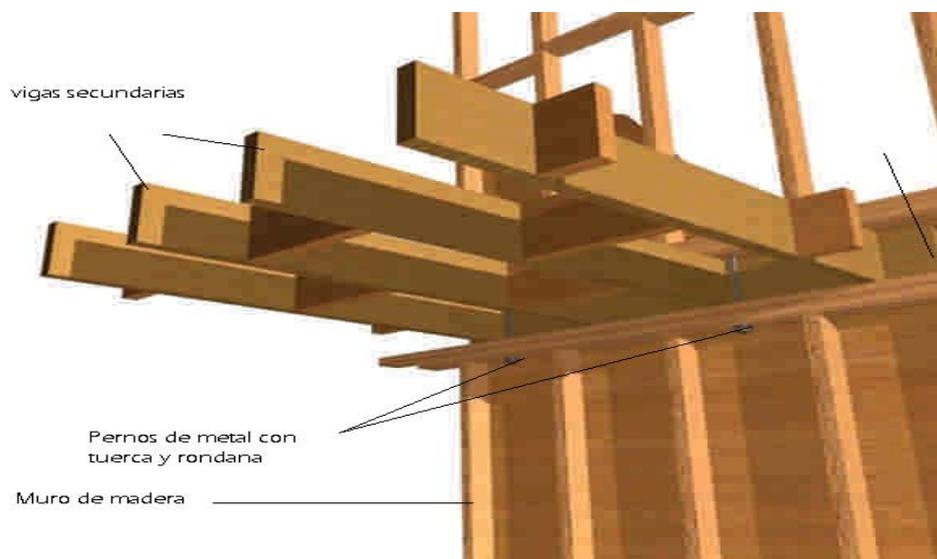


Figura 181. Vigas de entrepiso.

Si la techumbre termina en dos aguas como muestra la figura 182, suele armarse con las denominadas vigas a cielo raso que van por pares, las cuales se unen mediante correas de menor sección que los elementos del entrepiso a su vez unidas con clavos. Este espacio suele usarse para guardar cosas de poco peso.

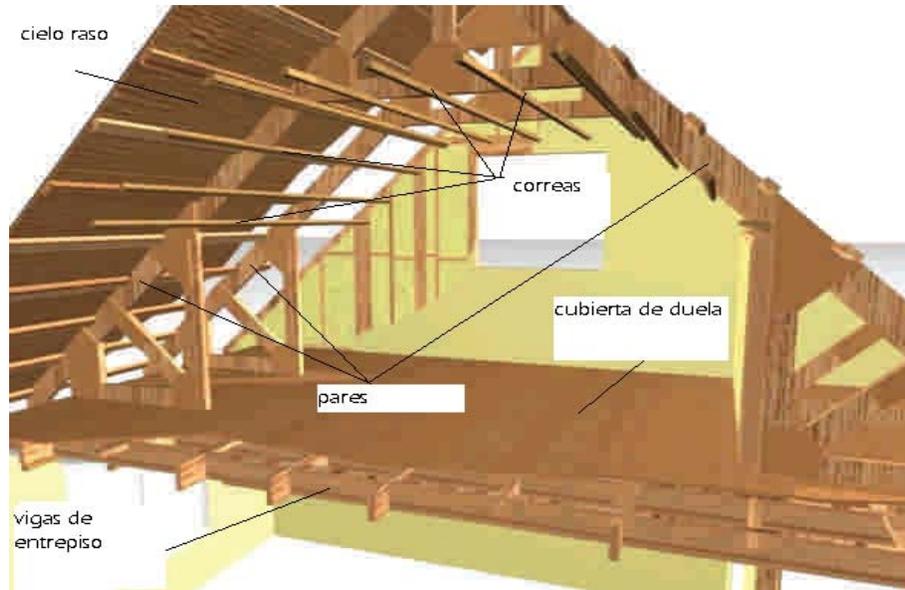


Figura 182. Elementos del cielo raso formado por la techumbre.

Pisos en losa desplantada sobre el suelo.

En países como los Estados Unidos de Norteamérica, Canadá o Finlandia, es común desplantar losas de concreto armado sobre el suelo si es que la pendiente lo permite. En ésta se empotran los pies derechos de madera maciza para formar la estructura de la construcción. Dichos pies derechos llevan un corte en forma de espiga mientras que en la losa se hace la caja quedando así unidos, figura 183.

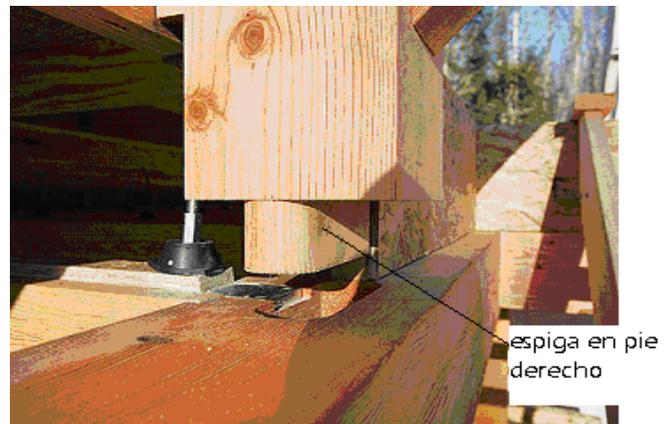


Figura 183. Pies derechos empotrados en losa

Cubiertas forradas de tablas.

Las plataformas (entramados o cubiertas estructurales) para una estructura de madera, se puede hacer con diferentes productos, a saber: tablonés, tablas de madera maciza y tableros de madera contrachapada, (MDF) o bien de fibras orientadas (OSB).

Cubiertas formadas con tablas.

Antes de que surgieran los tableros de madera contrachapada, la mayoría de las cubiertas para techo y piso se hacían con tablas de $\frac{3}{4}$ de pulgada, con una serie de interconexiones en los bordes creadas a base de juntas machihembradas. Este sistema se sigue usando solo en regiones donde la mano de obra es barata y la madera está disponible a bajo costo, figura 184.

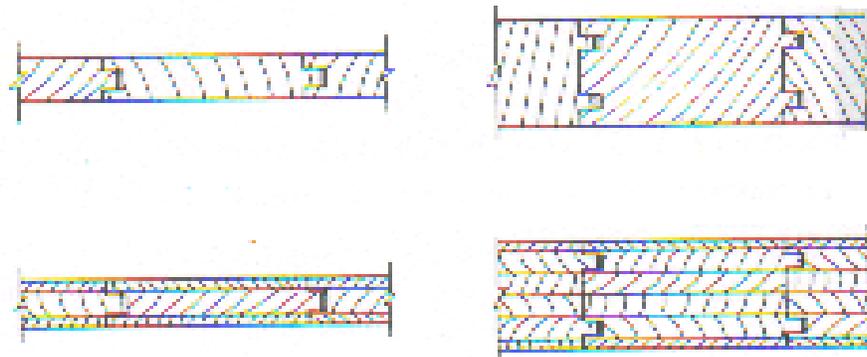


Figura 184. Tablas y tablonés machihembradas.

Cuando las tablas o tablonés se instalan perpendicularmente a los apoyos, forman un diafragma horizontal eficiente y altamente resistente ante las cargas laterales. Sin embargo se tienen mejores resultados al colocar esta cubierta a un ángulo de 45° con respecto a los apoyos generando una rigidez tipo armadura. Por lo general se reconocen cuatro tipos de claros a cubrir por los pisos de tablas o tablonés: simples, continuo de dos claros, combinación de simple y continuo de dos claros y aleatorio controlado. Cabe mencionar que los tres últimos mencionados son los más rígidos, figura 185.

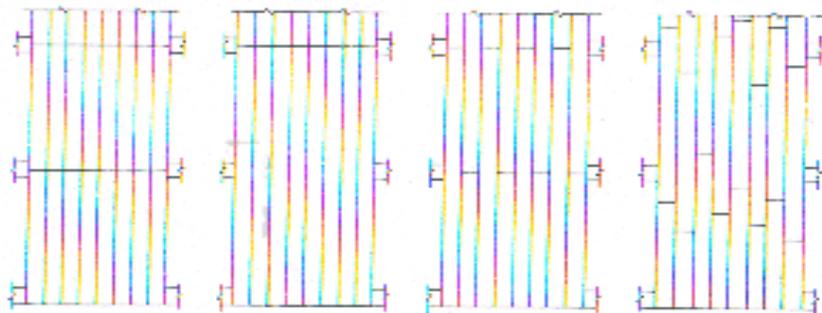


Figura 185. Cubiertas de tablonés

El piso se coloca directamente sobre la losa, sin embargo hay que realizar algunos trabajos previos para evitar que la humedad este en contacto directo con la madera. Se recomienda realizar las siguientes actividades en el orden como se mencionan:

- impermeabilizar la superficie de concreto,
- colocar tiras (correas) de madera atornillados sobre la losa, con una separación de cuarenta centímetros, dependiendo del espesor de la tira se hacen algunas recomendaciones indicadas en la tabla 30, y,
- colocar la cubierta, que pueden ser tableros de madera contrachapada, aglomerados, o duela de pino de 3/4 de pulgada.

Espesor de la tira	Distancia entre apoyos
de 20 a 25 mm	< 35 mm
38 mm	de 35 a 45 cm
50 mm	de 45 a 60 cm

Tabla 30. Distancia entre apoyos.

En México se acostumbra que una vez colada la losa, se colocan vigas de sección macizas que se pueden fijar de diferentes formas, como se muestra en la figura 186. Hay que recordar que para evitar la degradación de la madera por humedad o por insectos es favorable aplicar CCA, pentaclorofenol o creosota.

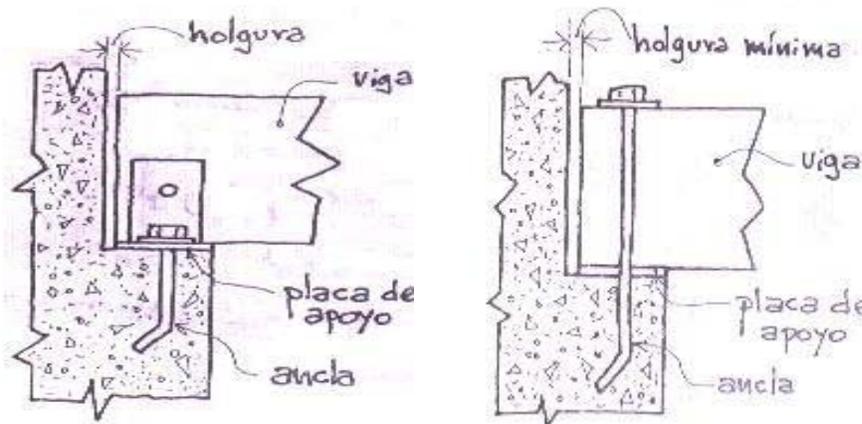


Figura 186. Vigas macizas apoyadas y sujetas sobre concreto.

VI.4 Normas técnicas para la instalación eléctrica, sanitaria y contra el fuego.

La instalación eléctrica.

Se basa en las Normas técnicas para instalaciones eléctricas que estén en vigor y supervisadas por la Secretaria de Energía a través de las unidades verificadoras en instalaciones eléctricas, que a su vez están regidas por el Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas (CIME).

Este capítulo trata de dar una serie de recomendaciones complementarias para realizar las instalaciones correspondientes, a saber:

- todo material con el que se ejecute la instalación deberá ser de calidad,
- la mano de obra será con personal competente y de amplia experiencia,
- el proyecto de la instalación eléctrica deberá ser aprobado, por la Secretaria de Energía, de acuerdo con los requisitos que fije el reglamento respectivo vigente,
- las instalaciones deben ser de preferencia ocultas, ya sea en muros, pisos entrepisos y cubiertas, y,
- en los planos indicarán las especificaciones, así como los detalles para la ejecución de los trabajos.

Especificaciones sobre tuberías:

- las tuberías de alimentación y de derivación serán de tubo metálico de pared delgada, cuando se trate para interiores y tuberías de poliducto,
- para exteriores es decir para intemperie deberá ser de acero galvanizado pared gruesa,
- la tubería tendrá un diámetro mínimo de media pulgada y deberá estar perfectamente sujeta a la madera,
- en cuanto a la capacidad de este diámetro solo se llenara hasta un 40% , quedando libre el resto,
- los conductos estarán completamente separadas del agua, para evitar daños en caso de fallas,
- si los conductos tienen que atravesar secciones de madera, deberá calafatearse con un material aislante incombustible (lana mineral), con la finalidad de no disminuir la resistencia de la madera,
- cuando los conductos sobrepasan los dos metros de longitud deben llevar una caja de registro intermedia, las tapas de estos registros deben estar debidamente colocadas, figura 187,
- toda tubería que llegue al registro se acoplará con contratuercas y un monitor, los extremos de las tuberías deben taponarse en sus extremos evitando se introduzcan objetos extraños que impidan el cableado,
- los conductos para instalaciones especiales deberán quedar preparadas con una guía de alambre galvanizado,
- las tuberías que pasen por los plafones (cielo raso) o techumbres deberán quedar fijas con tornillos, abrazaderas o soleras, figura 191,
- deberán procurarse respiradores en las tuberías, con la finalidad de evitar condensaciones que puedan dañar los materiales aislantes de los conductores y causen cortos circuitos, y,
- las instalaciones exteriores deben pintarse de color gris para indicar que se trata de conductores eléctricos.

El alambrado.

A continuación se dan algunas recomendaciones para realizar el alambrado de la instalación eléctrica:

- no se permiten empalmes entre cajas, es decir todo conducto será continuo, en caso de que se hagan conexiones estas deberán ir soldadas y aisladas con cinta de aislar plastificada,
- el calibre mínimo de los conductores será del No. 12 AWG o dependiendo de las especificaciones de los planos,
- para timbres se usará un calibre No. 20 AWG,
- el forro de los conductores será de diferentes colores, según el reglamento de obras e instalaciones eléctricas, con la característica de ser antinflama,
- para que los alambres y cables deslicen fácilmente se permite el uso de talco, se prohíbe el uso de grasas, y,
- el alambrado deberá soportar las pruebas de resistencia del aislante de acuerdo a la tabla 31, para valores mínimos.
-

Calibre del conductor	Resistencia del aislante en MΩ (para conductores con aislamiento de 600 V)
No 12 AWG o menores	1.000
No 10 AWG al No 8 AWG	0.250

Tabla 31. Calibres de conductores.

Tableros, interruptores y accesorios.

A continuación se dan algunas recomendaciones para realizar la colocación de tableros, interruptores y accesorios en la instalación eléctrica:

- se colocará un interruptor general de corriente eléctrica, para accionarse en caso de emergencia,
- se instalará en la entrada de la casa un tablero equipado con interruptores termo magnéticos,
- se instalará una caja metálica con fusibles de cartuchos de 120 V a 20 A. El amperaje dependerá de la carga de demanda la cual se considera el 60% de la carga instalada,
- los tableros y cajas se fijarán en los muros,
- los medidores o wathhorímetros se instalarán en lugares apropiados,
- los apagadores o contactos se colocarán en travesaños colocados entre los pies derechos y las placas serán de baquelita, figura 187,
- los apagadores, contactos y porta-lámparas y demás accesorios deberán tener la capacidad adecuada según el circuito al que pertenezcan,
- por norma general, los apagadores se colocarán a una altura de 1.20 m del NPT (nivel de piso terminado), y finalmente,
- los planos de la instalación eléctrica se presentarán en planta, en los que debe observarse la localización de salidas para lámparas incandescentes, contactos, apagadores, interruptor de cuchillas y los centros de carga según el número de circuitos que se tengan.

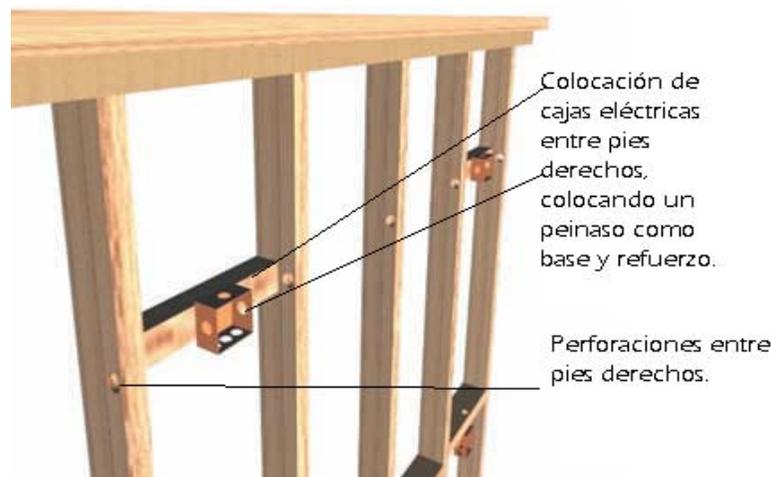


Figura 187. Caja de conexión entre pines derechos colocada sobre una base de madera .

Servicio y dotación de agua.

Con el propósito de realizar una adecuada instalación hidráulica, se sugiere tomar en cuenta lo siguiente:

- considerar una dotación constante y suficiente de agua, para combatir incendios,
- verificar con las autoridades correspondientes la posibilidad de colocar hidrantes contra incendios, y,
- tomar en cuenta para el diseño información previa de suministro, el gasto, presión, continuidad del flujo, potabilidad y dotación de agua suministrada por habitante en la red de abastecimiento.

Tuberías para el abastecimiento y distribución de agua potable.

- Las tuberías de alimentación serán de acero galvanizado, con conexiones desde un metro fuera del terreno hasta la entrada de la vivienda,
- la distribución dentro de la vivienda será de cobre o tubería plástica,
- de ser posible las tuberías se colocarán exteriormente, con la finalidad de poder descubrir y reparar las fugas de agua,
- es importante mantener aislada la madera de las tuberías que conduzcan vapor de agua o aire caliente, ya que con el tiempo la madera puede llegar a carbonizarse provocando una combustión espontánea,
- las tuberías de desagüe y ventilación se probarán a una presión hidrostática no menor a tres metros de columna de agua, medida a nivel de cada piso. Esta presión se mantendrá por 60 minutos, mientras que las tuberías de alimentación se probarán para una presión de hidrostática de 7 kg/cm^2 , sostenida por lo menos 6 horas,
- las tuberías deben permanecer llenas a una presión de trabajo con la finalidad de observar fallas. Una vez instalados los muebles debe comprobarse que sus alimentaciones y desagües no tengan fallas y drenen perfectamente, y,
- debe cuidarse de que las conexiones, además del diseño de instalación, su funcionamiento sea el adecuado.

Instalación de gas L.P y natural.

Para realizar este tipo de instalaciones se recomienda atender a las siguientes indicaciones:

- localizar la ubicación de los aparatos de alto consumo. Los sitios elegidos deberán tener una ventilación adecuada, que impida una contaminación de gases producidos por la combustión,
- evitar que existan corrientes de aire que puedan apagar los pilotos,
- de preferencia los aparatos de consumo serán del tipo móvil, como la estufa,
- la estufa estará conectada a la tubería de servicio por un rizo de cobre flexible de longitud de metro y medio, que se instalará en una válvula de paso (regulador),
- los calentadores de agua se instalarán siempre al aire libre, nunca deben instalarse dentro de recámaras o cuartos de baño, y,
- si los calentadores se localizan en cocinas o nichos se tiene que garantizar una ventilación que desaloje los gases producidos por la combustión. Para ello se colocará una chimenea, respetando las especificaciones del fabricante.

Abastecimiento de gas.

El abastecimiento de gas se puede dar de la siguiente forma:

- almacenamiento, este se hace en dos tipos de recipientes, el portátil con capacidades de 20, 30 y 45 kilogramos, mientras que los llamados estacionarios son de capacidad de 300 kilogramos en adelante,
- la localización para los dos tipos de recipientes deberá ser a la intemperie, con una amplia ventilación. Deben estar colocados sobre un piso firme y nivelado. Con una distancia mínima de no menor a tres metros de la flama,
- para instalar un tanque de gas deberá cumplir con tener una gran ventilación y en especial siempre que de hacia el jardín o patios de servicio orientados a la calle, figura 188,



Figura 188. Distancia mínima de los tanques de gas.

- en caso de estar cerca de paredes de madera debe quedar separado por lo menos veinte centímetros. Se puede cubrir con materiales que no propaguen el fuego como lamina metálica o de fibrocemento,
- en cuanto al abastecimiento de gas y el aparato de consumo, el tendido de las líneas procurará tener el menor recorrido posible y la trayectoria de instalación debe ser la que ofrezca la mayor seguridad,
- para la protección de las tuberías, se recomienda utilizar abrazaderas, soportes o grapas, que impidan movimientos accidentales.

- las tuberías no deberán cruzar sótanos, plafones, cajas de cimentación, cisternas, cimentaciones, chimeneas, ductos de ventilación o la parte posterior de los zoclos, lambrines de madera o recubrimientos aparentes,
- las tuberías se someterán a pruebas de hermeticidad antes de ser puestas en servicio, a una presión de 5 Kg/cm^2 , por lo menos durante veinticuatro horas, sin que se registre una caída de presión, y,
- en caso de tuberías aparentes, deberán diseñarse soportes adecuados según el reglamento vigente.

Las figuras 189 y figura 190, muestran las distancias reglamentarias de tanques a contactos, interruptores, calentadores, motores y chimeneas.

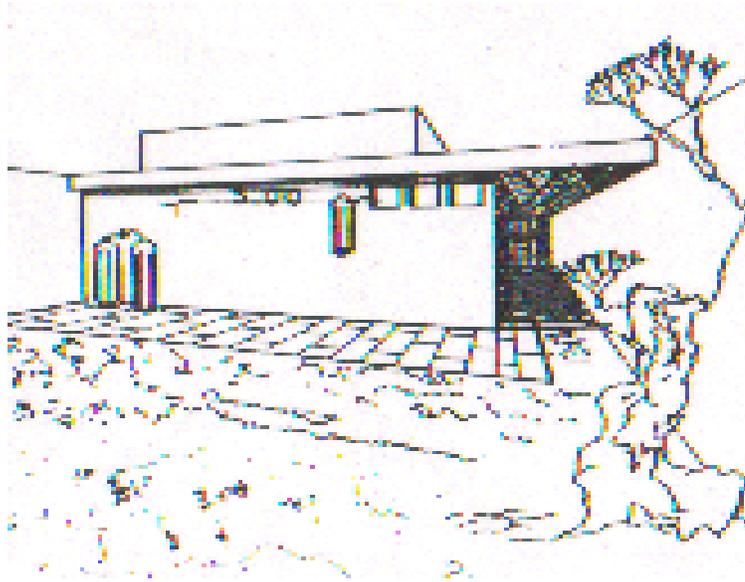


Figura 189. Distancia entre el tanque de gas y calentador de agua.

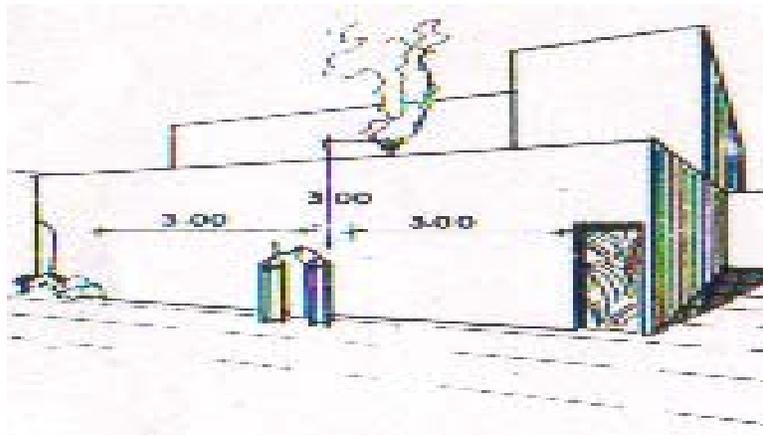


Figura 190. Distancia a las chimeneas.

El fuego.

- Será preciso proteger algunas partes de la construcción con materiales que eviten la propagación del fuego (lana mineral o lana de vidrio),
- se debe evitar la transmisión de temperaturas elevadas a través de los pisos, paredes y techumbres,
- si los pisos de madera son de secciones gruesas, reduce el riesgo de propagación del fuego, y,
- en caso de que la casa este rodeada por jardines, considerar que el pasto seco es un medio de propagación del fuego.

El paso de las instalaciones eléctricas y sanitarias en la madera.

Una de las ventajas de construir una casa de madera a base de entramados, es que surgen una gran cantidad de espacios libres donde pueden ser colocados ductos y cañerías para las instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas. Además de que en estos espacios se llenan con materiales aislantes que permiten tener en invierno una temperatura caliente y en época de estiaje una temperatura fresca, todo esto conlleva a un ahorro significativo de energía. El entramado sirve como soporte de estos conductos, ahorrando en mano de obra, materiales y tiempo. Es importante que el trazo final de estas instalaciones quede definido en el desarrollo arquitectónico y estructural que beneficie al proyecto.

Las cañerías o desagües se proyectarán e instalarán paralelamente a pies derecho y vigas principales, y secundarias tanto en piso como en entrepiso. Si no se ha considerado un cielo raso con el espacio para estas instalaciones, deberá tomarse en cuenta la colocación de éste, sin disminuir la altura de 2.30 m. De la misma madera se proyectaran pies derechos y vigas falsos, figura 191.

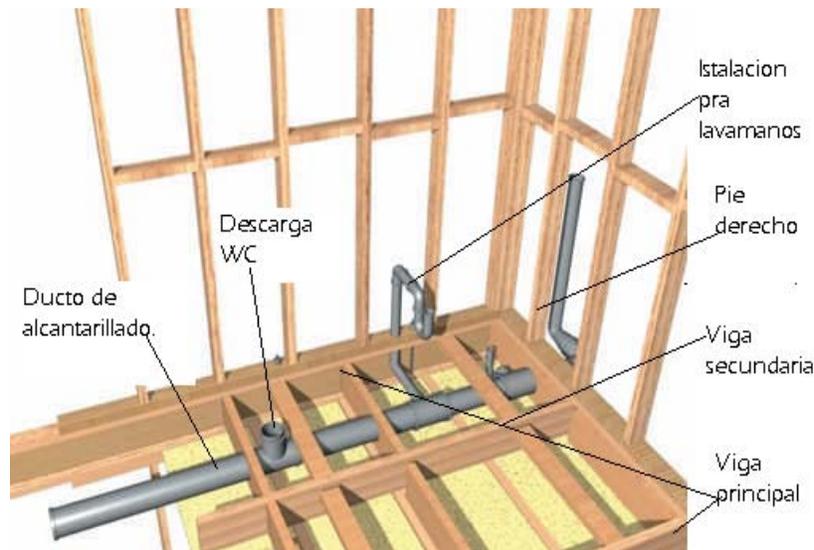


Figura 191. Colocación de cañerías paralelas a las vigas principales y pies derechos.

Deberán identificarse los diámetros mínimos permitidos que atraviesen la madera, según el diseño estructural, así como el refuerzo necesario en aquellos sitios donde se practicaron orificios, rebajos, cortes y anclajes de las tuberías. La colocación de complementos que se incorporarán a la estructura para la instalación eléctrica, como placas metálicas en pies derechos previa perforación, deberán seguir las especificaciones de diseño, figura 192.

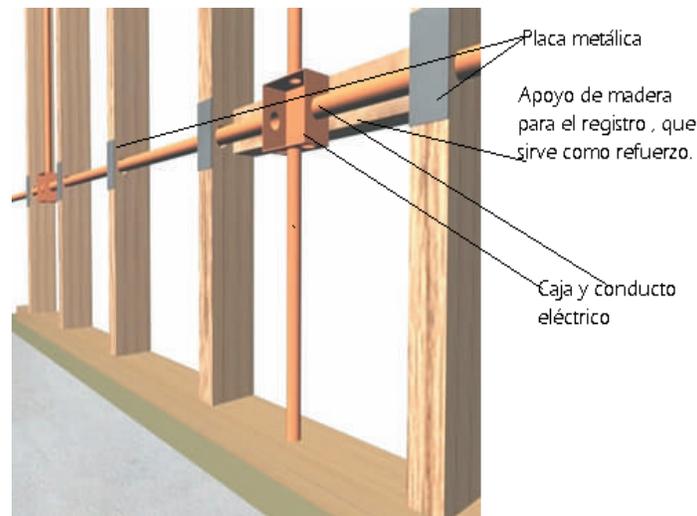


Figura 192. Colocación de placas y soportes de madera, sobre pies derechos.

Los trabajos mencionados se programarán de tal forma que no causen retrasos en la ejecución de lo planeado. Si las cañerías o tuberías no pueden ser colocados paralelamente a las vigas principales deberán construirse cielo raso falso. Tanto las perforaciones como la instalación de la cañería se colocarán inmediatamente después de colocar los muros y vigas de piso y entrepiso.

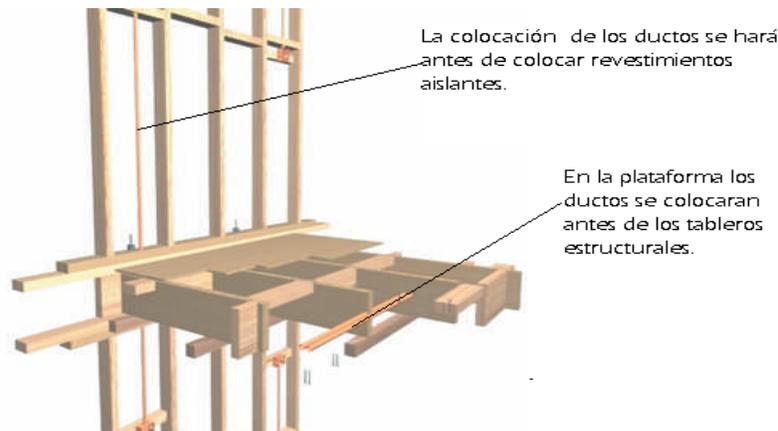


Figura 193. Colocación de tuberías en plataforma y muros.

En caso de que las instalaciones queden a la intemperie, debe procurarse que queden aisladas, con la finalidad de evitar sobrecalentamientos o que llegaran a congelarse. Se recomienda que las cañerías se envuelvan con lana mineral para evitar el ruido causado por la descarga sólidos de agua. Se deben colocar refuerzos de madera para las instalaciones de tuberías de agua así como llaves antes de colocar los revestimientos. Algunas instalaciones requieren de perforaciones hacia el exterior, por lo que será necesario sellar los bordes y así evitar el ingreso de temperaturas menores que cause una condensación afectando de esta manera a los elementos estructurales de la vivienda, figura 193.

Si se requiere la colocación de un cielo raso falso, éste se puede hacer con madera de dos por tres pulgadas, de pino, colocándolo por debajo del revestimiento con un tablero estructural. Si lo que se requiere es instalar un pilar falso, éste se armará a partir de una esquina con un bastidor, colocando a su alrededor un forro de material acústico para después revestirlo con placas de tabla roca, tal como se muestra en la figura 194.

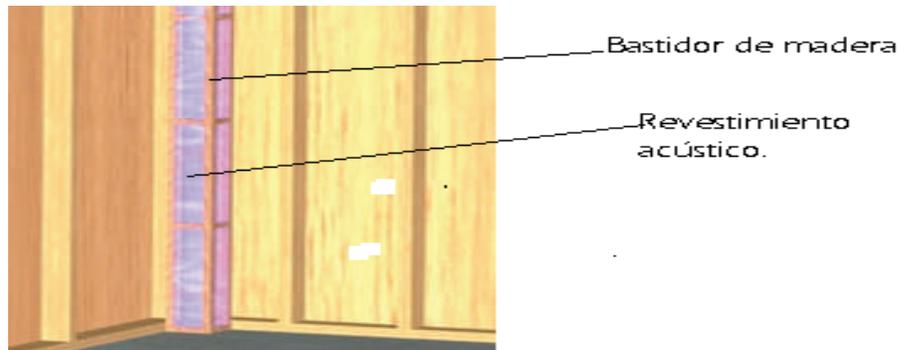


Figura 194. Armado de un pilar falso con un bastidor de madera.

Los cortes en la madera no pueden hacerse en cualquier elemento horizontal o vertical de la estructura, debido a que pueden estar sometidos a cargas de compresión, tensión o flexión, dependiendo de su posición y del sentido de la fibra.

Cortes y perforaciones.

Si los conductos y cañerías requieren de cortes en la madera se considerarán los siguientes criterios:

- una viga sometida a tensión no llevara ningún tipo de corte o perforación,
- los cortes se realizarán en la zona de la viga sometida a compresión localizada por arriba del eje neutro,
- se recomienda que las perforaciones sean de un quinto del alto de la viga, si son muchas perforaciones deberán separarse por lo menos un ancho de la viga, y,
- se considera aceptable hacer las perforaciones dejando el hueco mínimo cinco centímetros al borde más cercano por arriba del eje neutro, figura 195.

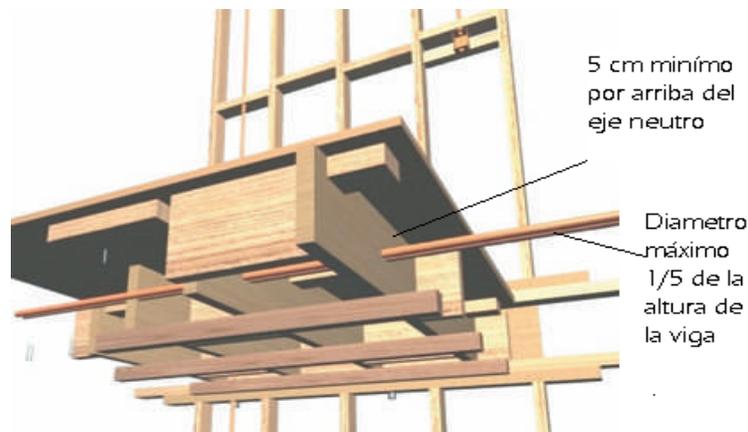


Figura 195. Distancias mínimas para perforaciones en las vigas de pisos y entrepisos.

VI. 5 El techo a base de vigas duela y materiales ligeros impermeables.

EL objetivo de una estructura de madera que forma parte de la techumbre, colocada inmediatamente después del cielo raso del último piso, es ayudar a preservar a la vivienda de los elementos del medio ambiente, a saber: lluvia, viento, calor y nieve, además debe conservar el calor interior. La estructura deberá soportar su propio peso, el del cielo raso y los materiales de recubrimiento, por lo que su elección es un poco complicada, debido a que en ella interviene el diseño arquitectónico, así como los materiales con los que se armará. Se distinguen dos áreas en la techumbre, las pendiente (aguas) , encuentros de techumbres, y por otro lado la estructuración.

Llamamos aguas a las superficies planas o inclinadas que reciben directamente la lluvia o nieve. Las viviendas de madera se diseñan con dos aguas o más. En los países con tradición en la construcción con madera, cuentan con algunas formas especiales llamadas “cola de pato”, con o sin “lucarna”, dependiendo del diseño puede tener una, dos o más, figura 196.

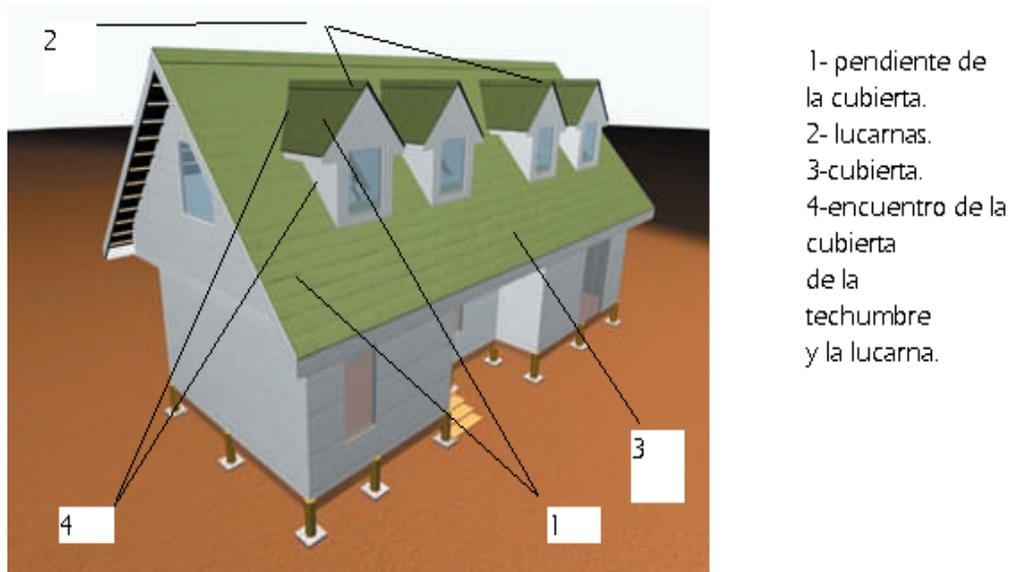


Figura 196. Nombres comunes de una techumbre.

Cuando se diseña una vivienda en la que se combina una y dos plantas con este tipo de techumbres, se recomienda utilizar formas rectangulares de las llamadas I, L, H, T, figura 197.

La pendiente de las aguas esta determinada por las condiciones climáticas del lugar y se da en grados o en porcentaje. Se determina a partir de un plano horizontal, mediante la altura de la cumbrera y la tangente del ángulo. La grafica de la figura 197 muestra la relación entre los grados y el porcentaje.

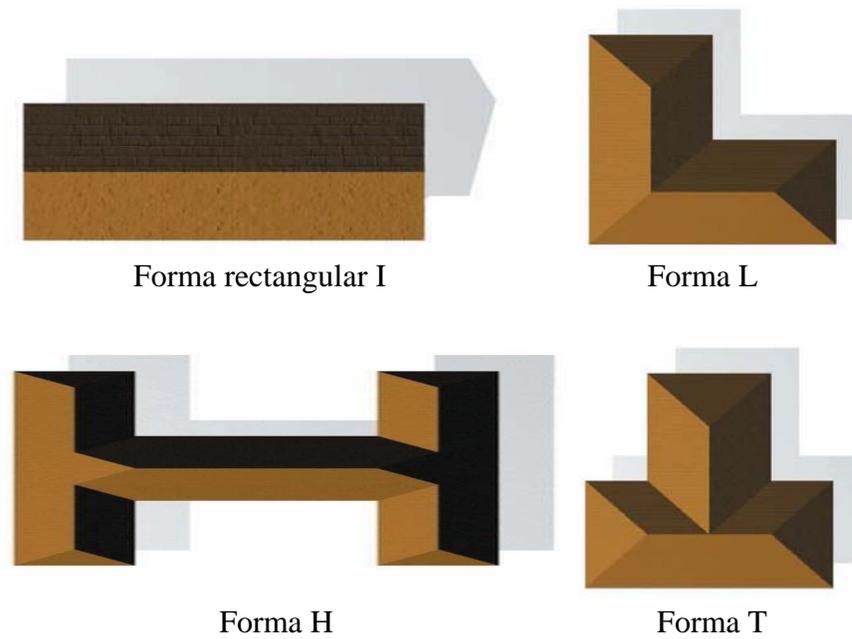


Figura 197. Encuentros entre techumbres, de dos aguas o más.

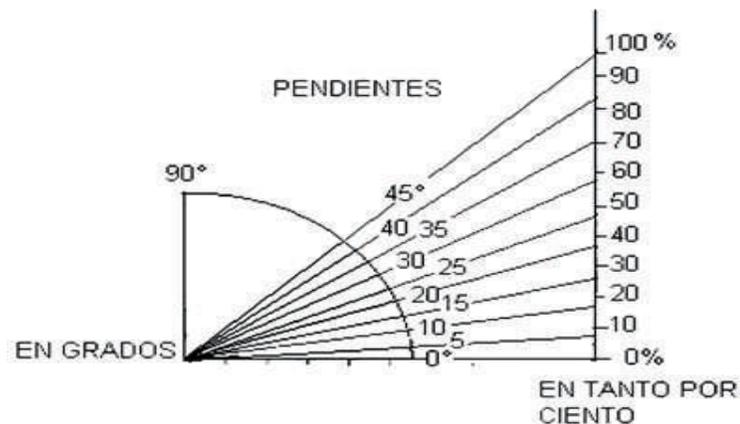


Figura 198. Pendiente de las aguas en grados y en porcentaje.

Toda techumbre debe tener un desagüe adecuado, por lo que no es muy recomendable los techos planos. Se recomienda una pendiente mínima del 3% y en lugares donde se presenten condiciones que den origen a nevadas la pendiente mínima requerida será del 60%, de esta forma se evitará la acumulación de nieve. Si el techo está apoyado sobre los muros, debe prevenirse un buen anclaje para el caso de vientos fuertes. Este sistema de piso plano se usará solo en caso de que se desplante otro nivel. Los largueros son utilizados en claros de cinco metros y la estructura así armada debe trabajar como un diafragma, en caso necesario se debe colocar un tirante si se sobrepasan los cinco metros. Como una vivienda no sobrepasa los diez metros de claro, es la madera el material idóneo por su bajo peso y por su resistencia, pudiendo aumentar esta mediante el traslape de piezas utilizando vigas compuestas, reticuladas, doble T o inclusive con madera laminada.

Por las condiciones del clima en nuestro país, una casa de madera debe sujetarse a los materiales disponibles de la región y el último nivel debe diseñarse en lo posible a dos aguas, con un entramado ligero el cual debe incluir con los siguientes elementos:

- largueros inclinados y tirantes (pares),
- largueros apoyados sobre una viga robusta (soleras superior de amarre),
- la estructura deberá estar arriostrada, y ,
- armaduras triangulares ligeras con pendiente del 25% o mayor, figura 199.

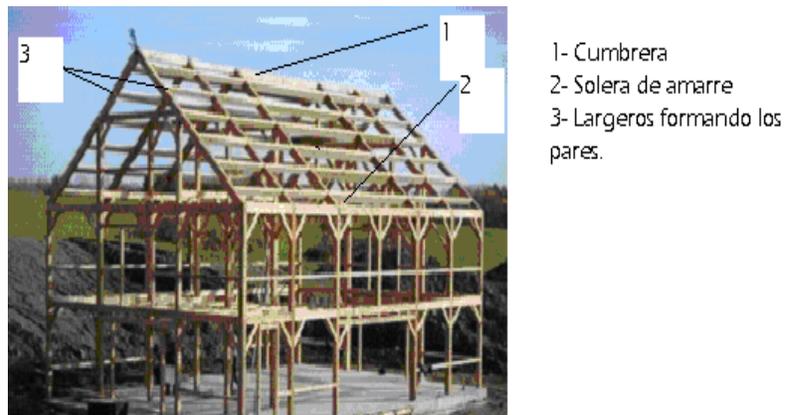


Figura 199. Estructura de techumbre de madera maciza.

Al armar la estructura de la techumbre (tijeral), el encuentro que se da con las diferentes pendientes (aguas) recibe diferentes nombres, a saber:

- cumbrera: arista superior colocada en lo más alto, que separa la intersección de dos aguas,
- limatón: línea inclinada producto de la intersección de dos aguas,
- limahoyas: generación de una pared angosta producto de la intersección de dos aguas y que sirve para desalojar el agua de lluvia,
- frontón: muro que se forma al armar los pares triangulares, y,
- techumbre en forma de cola de pato: prolongación de la cumbrera y de las aguas que divide, formando un alero especial donde se coloca una ventila, figura 200.

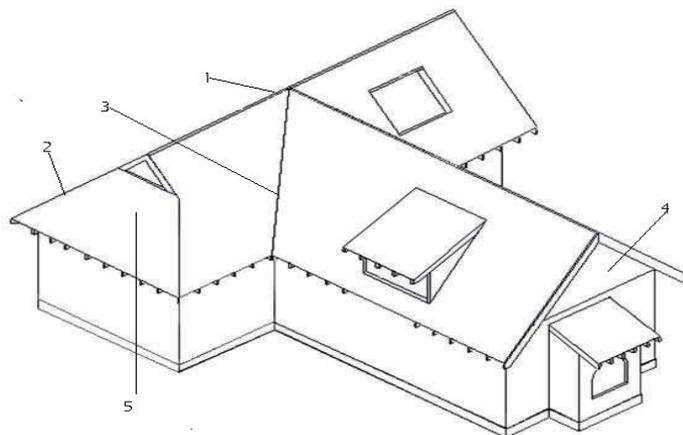


Figura 200. 1) Cumbrera, 2) limatón, 3) limahoya, 4) Frontón y 5) cola de pato.

Dependiendo del diseño arquitectónico el armado de la estructura tendrá dos soluciones: el sistema de cerchas, o el de diafragmas inclinados, una vez hecho el diseño estructural deberán planearse las etapas de construcción y montaje así como los aspectos de seguridad.

Para el diseño estructural se sugieren los siguientes criterios.

- Trazo definitivo de la techumbre, distancia entre apoyos, altura de la cumbrera, dimensiones de los aleros y el sistema de armado de la cubierta.
- Lugar de construcción de la vivienda, para determinar las condiciones del medio ambiente (lluvia, nieve, etc.).
- Identificar las cargas a las que estará sometida la estructura, peso propio, viento lluvia, nieve, sismo, etc.
- Determinación de la escuadría, la especie, contenido de humedad requerida, el tipo de riostras, la distancia necesaria entre los elementos estructurales.
- Una vez determinado el tipo de unión, las cargas y geometría de las secciones, se podrá utilizar algún método analítico.
- Este método determinará el peso de la estructura, la colocación de riostras, tanto horizontales como verticales y la pendiente de la techumbre.

La madera maciza de grandes secciones no siempre está disponible, por lo que se debe utilizar madera de secciones comerciales. Lo anterior facilitará y agilizará la construcción de la techumbre. La figura 201 muestra en primer término la colocación de la estructura, mediante cerchas triangulares que son de fácil y rápida construcción, permitiendo salvar grandes claros (luces). Si las dimensiones requeridas sobrepasan a las comerciales, la madera se puede empalmar o traslapar alcanzando la longitud requerida. El uso de cerchas triangulares libera el uso de muros interiores.

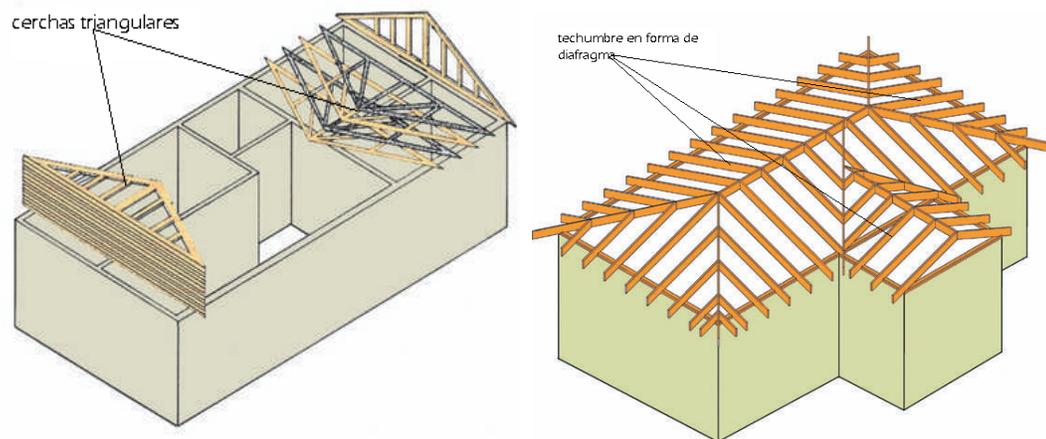


Figura 201. Colocación de cerchas triangulares, y diafragmas inclinados.

Elementos de una cercha triangular:

- par (pieza inclinada),
- tirante (pieza horizontal que une los pares),
- diagonal (pieza de madera que une el par con el tirante),
- montante (elemento vertical que disminuye la luz de los pares), y,
- pendolón (elemento vertical que une la cumbrera con el tirante), figura 202.

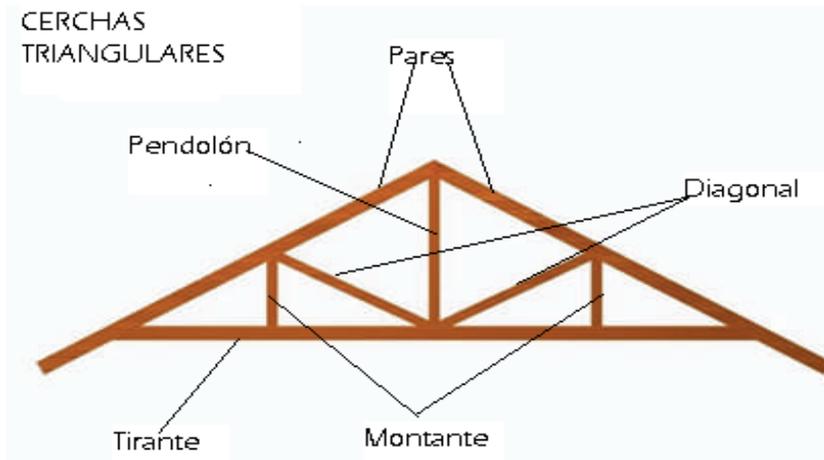


Figura 202. Elementos de una cercha

Tipos de cerchas (armaduras o celosías).

Son estructuras rígidas, formadas por un conjunto de barras unidas entre sí que se encuentran sujetas a fuerzas normales únicamente. Sus formas son variadas, figura 203.

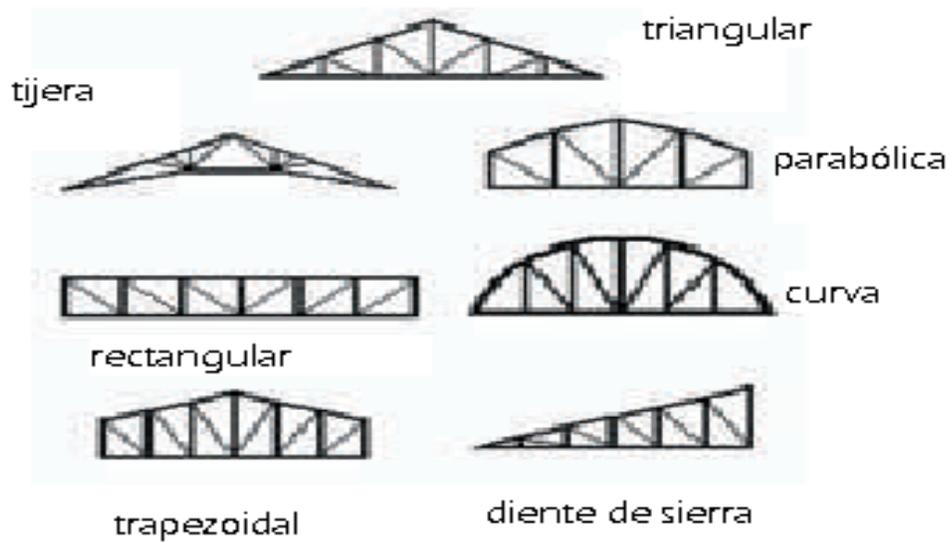


Figura 203. Clasificación de cerchas, por su forma

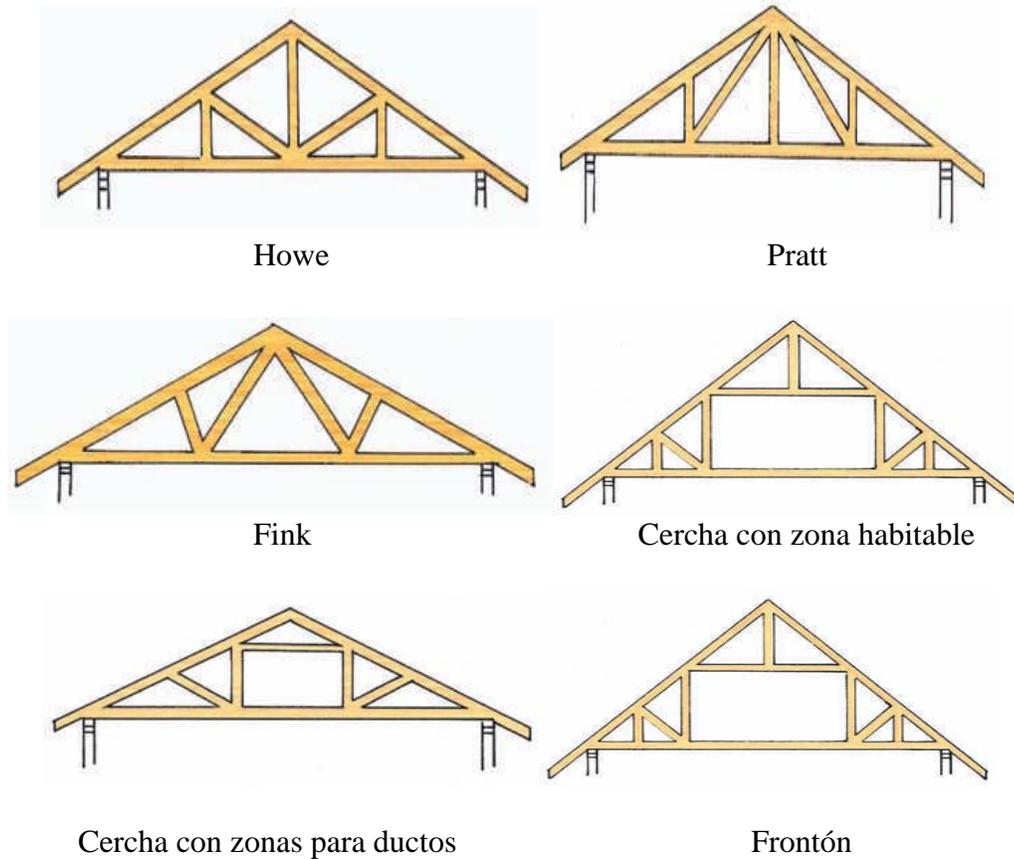


Figura 204. Clasificación de cerchas dependiendo de la distribución de sus piezas.

Como la madera suele ser un limitante, en algunas ocasiones se arman las cerchas triangulares con madera de poca sección en cuanto a grosor sin embargo dependiendo del uso que se le vaya a dar y de las solicitaciones, éstas se identificarán como simples o compuestas.

Cercha simple.

Una cercha de madera simple es aquella donde su armazón ésta en un solo plano. La unión de los nudos se resuelve utilizando placas de madera contra chapada en nudos, unidas con clavos, placas de acero dentadas o perforadas, figura 205.



Figura 205. Cercha simple, placas de madera contra chapada en nudos y placas de acero.

Cercha compuesta.

Es la unión de dos cerchas de madera simples, unidas con clavos, pernos, y otros elementos mecánicos, estos elementos dobles dan mayor rigidez, facilitando su unión al coincidir los ejes neutros de los diferentes elementos, figura 206.

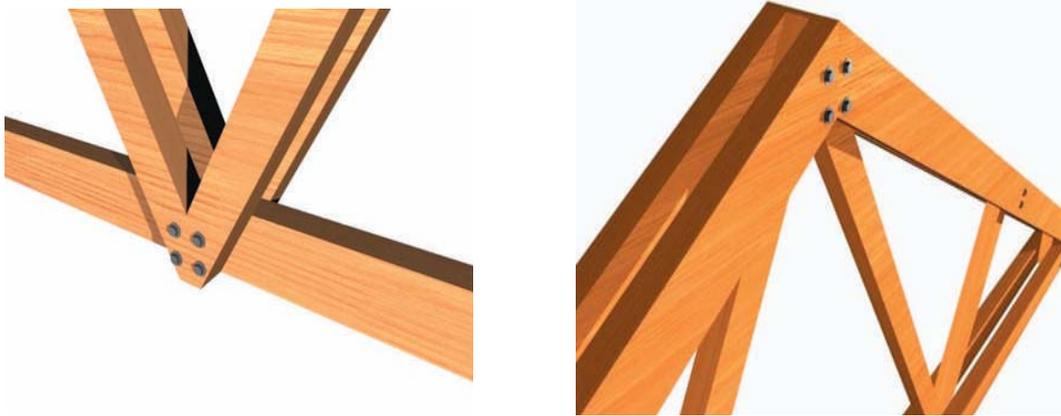


Figura 206. Cerchas de madera con diagonales dobles, y pares dobles.

Los espaciamientos mínimos entre clavos, cuando se utilizan placas de madera contra chapada en cerchas triangulares son:

- entre clavos cinco diámetros,
- al borde cuatro diámetros, y,
- al borde descargado dos punto cinco diámetros.

Trazo de una cercha triangular tipo Fink, cuya construcción permite alcanzar luces de doce a dieciocho metros con seguridad.

- Las medidas de la madera que se va a usar (escuadría) estará determinada por el diseño estructural.
- Trazar a escala natural en una superficie plana los ejes de la cercha.
- En este plano se traza horizontalmente la luz a salvar así como su altura.
- Una vez determinado los ejes del tirante y de los pares, se divide en tres partes iguales la longitud del tirante.
- Se traza una línea paralela al tirante de la misma longitud como se muestra en la figura y se divide en cuatro partes, proyectando estos puntos hasta los pares.
- Se Trazan los ejes de las diagonales, uniendo los puntos trazados sobre el tirante y sobre los pares.
- Sobre este trazo que presenta la madera se van haciendo los cortes para su armado con los elementos de unión antes mencionados.
- De esta forma se cortará la madera para las cerchas que se requieran, figuras 207, 208, 209.

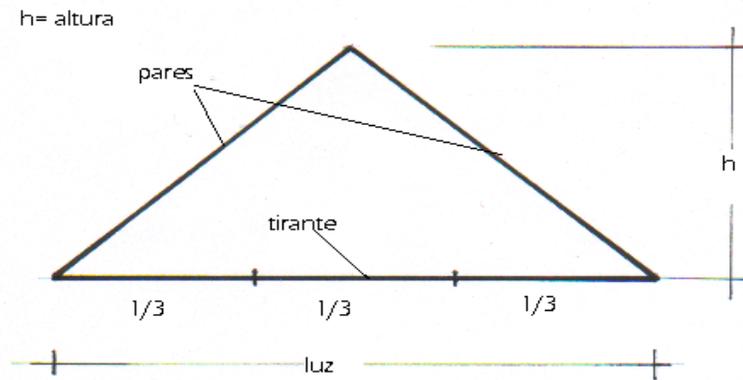


Figura 207. Distribución de la longitud del tirante.

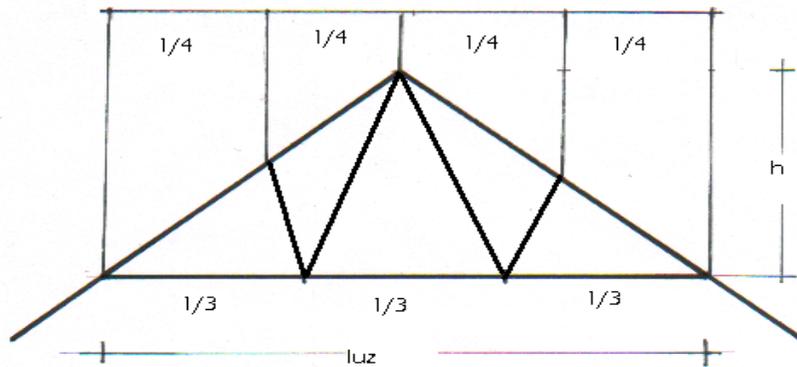


Figura 208. Unión de los puntos del tirante con los puntos del par.

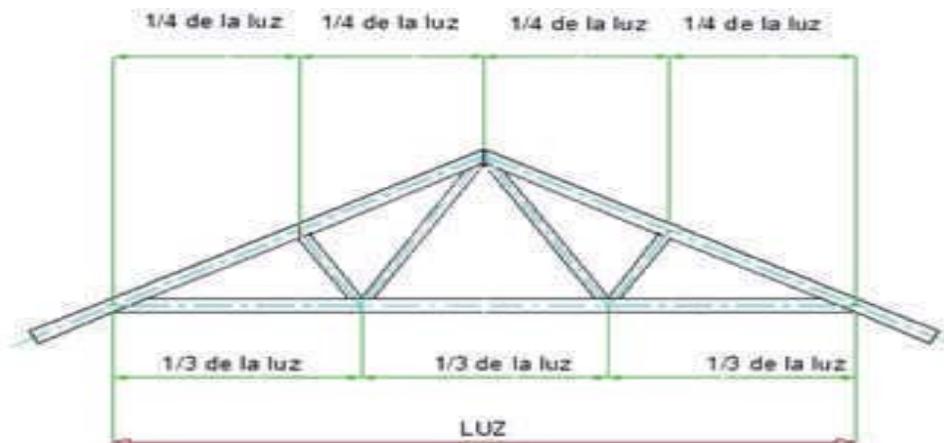


Figura 209. Se sobrepone la madera con los debidos cortes.

Estructura de una techumbre tipo diafragma.

Generalmente cuando se usa este sistema, la madera se corta y se une en el lugar, con la finalidad de evitar pérdidas de material y de tiempo. Es recomendable planificar y hacer un programa de trabajo, en el caso de que se requieran otro tipo de cortes y uniones, figura 210.

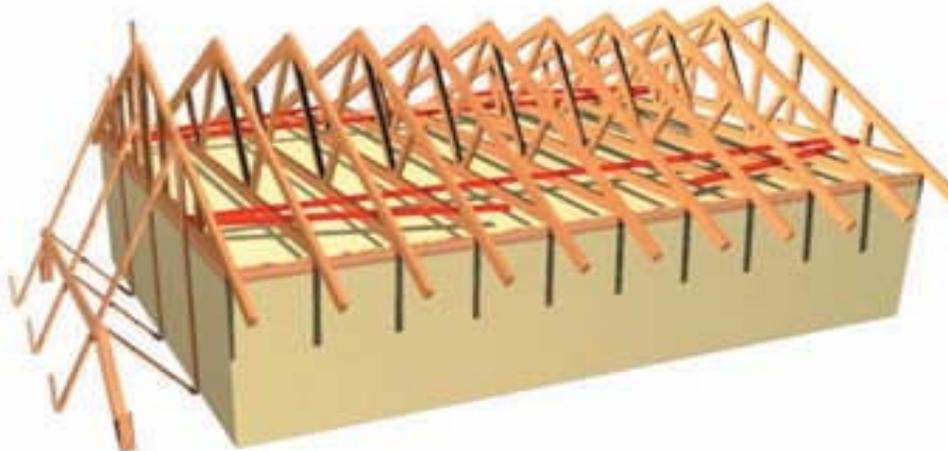


Figura 210. Montaje y arrojamiento de las cerchas formando la estructura de la techumbre.

Un diafragma inclinado es un conjunto de piezas de madera que forman una estructura, se apoya en sus extremos sobre una solera de amarre y esta a su vez sobre los muros que soportan el peso de la estructura. Este diseño es altamente eficiente para soportar esfuerzos de compresión y flexión, mientras que la carga se distribuye en la superficie de la cubierta.

Elementos de un diafragma inclinado.

- Viga limatón es una pieza de madera que va desde la solera de amarre hasta la cumbrera.
- Viga limahoya es la pieza de madera que va desde la solera de amarre, hasta la cumbrera.
- Viga limahoya o secundaria que es la pieza que va desde la solera de amarre hasta la cumbrera.
- Par que es la pieza de madera que va desde la solera de amarre hasta la viga limatón.
- Par común es la pieza de madera que va desde la solera de amarre hasta la cumbrera.
- Par recortado es la pieza que va desde la solera de amarre y llega hasta la viga limatón.
- Par de limahoya es la pieza de madera que va desde la cumbrera hasta la viga limahoya.

La sección mínima o escuadría de la madera para techumbres en diafragma será de dos por cuatro pulgadas, su longitud puede alargarse lo necesario, con un mínimo de dos punto cuatro metros, mientras que se recomienda unir la madera con dos o tres clavos de tres a cuatro pulgadas en cada intersección o nudo, proporcionándole la rigidez necesaria y una base para colocar la cubierta definida en el proyecto, figura 211.

Antes de colocar la cubierta final el entramado de la techumbre deberá quedar arriostrado, mediante tableros de madera contra chapada de partículas orientadas y correas (tiras) dependiendo del tipo de cubierta final.

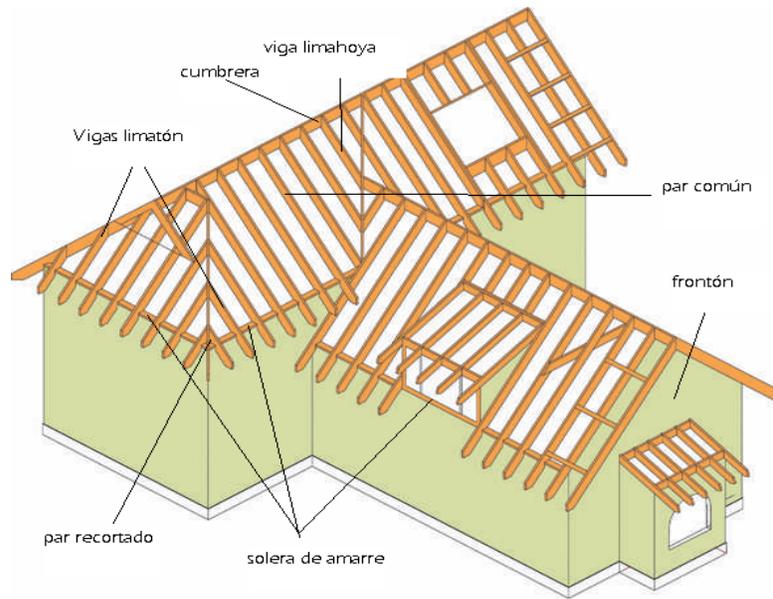


Figura 211. Elementos estructurales de una techumbre en forma de diafragma

Forros de estructuras de techumbres con tableros formando un diafragma.

- Tableros de madera contrachapada (1.22 m x 2.44 m). Deberá cumplir la norma NMX-C-438 ONNCCE-2006.
- Tableros de aglomerado preparados para exteriores.
- Duelas de madera machihembrada en cantos y en la cabeza.
- Duelas con traslape a media madera.

La ventaja de usar tableros es la de formar superficies lisas, figura 212, permitiendo una rápida colocación y aplicación de elementos impermeabilizantes los tableros se colocan encima de cuerdas o largueros (correas), estos se deben cuatraprear quedando fijos mediante clavos para techos ya sea de acero, galvanizados, aluminio o algún elemento de unión especial. Mientras menos espaciamiento entre clavos, mayor será su resistencia a los efectos causados por la succión del aire y otras fuerzas.

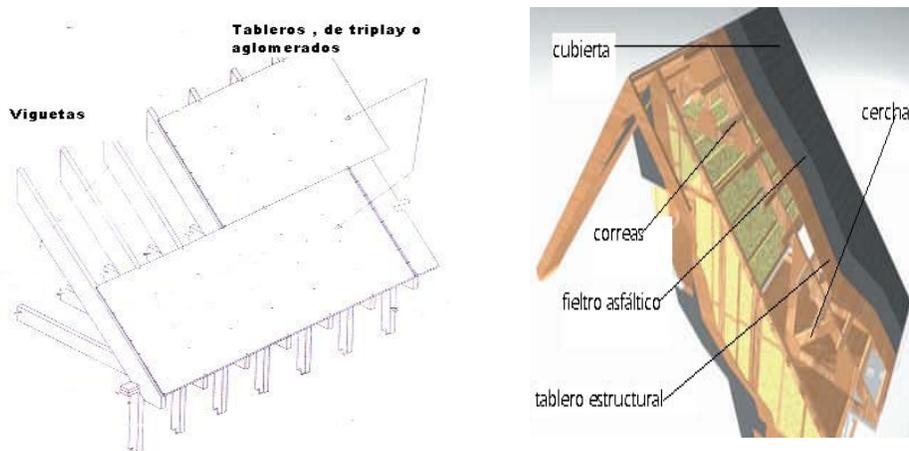


Figura 212. Arrostramiento de techumbre y colocación de capa aislante de humedad.

La rápida colocación de esta capa impermeable, permitirá continuar con los trabajos necesarios sin dañar el interior.

Cubierta.

El principal objetivo de colocar una cubierta en una vivienda de madera, es la de proteger el interior de la lluvia, viento, aire, sol y nieve, por lo que como primer paso debe colocarse una capa de fieltro asfáltico.

Los recubrimientos impermeables dependerán de:

- el tipo de estructura de la techumbre y de los muros,
- el tipo de forro o cubierta,
- la pendiente (mínima del 4 %),
- la apariencia,
- el costo de los materiales,
- el riesgo al fuego,
- la durabilidad de los materiales, y ,
- el mantenimiento que requieran los materiales,
- la zona geográfica y su intensidad de lluvia,
- el encuentro entre techumbres, y ,
- el drenaje de la lluvia.

Recubrimientos.

- Tejas de barro.
- Tejas asfálticas.
- Tejas de madera (tejamanil).
- Tejas de fibro-cemento.
- Tejas de asbesto cemento.
- Utilización de materiales impermeables como fieltro asfáltico, materiales. Alquitranosos.
- Lámina de fierro galvanizado.
- Lámina de fibro-cemento.

Sistema de correas (costaneras) y cubierta de tejas de barro.

Las tejas de barro se apoyan solamente en listones (correas o costaneras) de madera, no tienen una cubierta continua de tableros, figura 213.

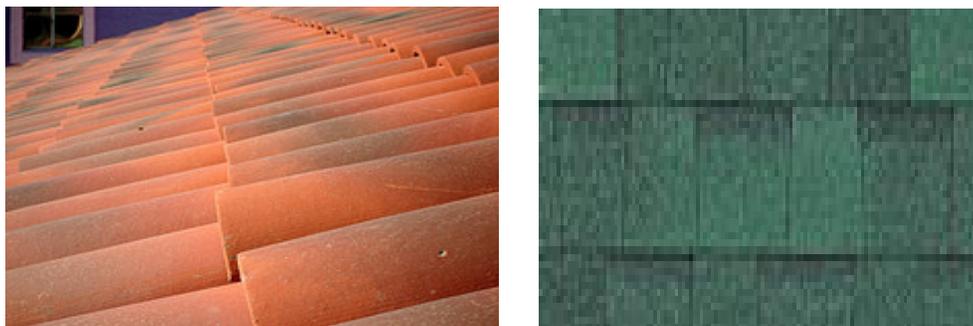


Figura 213. Cubierta de teja de barro y loseta asfáltica.

Cubiertas de tejamanil.

La tejuela de madera o tejamanil es una tabla de madera plana, con medidas variables dependiendo quien las elabore y de la especie que se utilice. Su ancho varia de 10 a 15 cm con un espesor de 8 a 12 mm, su forma es solo de aspecto decorativo, se le hace un corte en un extremo, ayudando hasta cierto punto a limitar los alabeos o torceduras, figura 214.

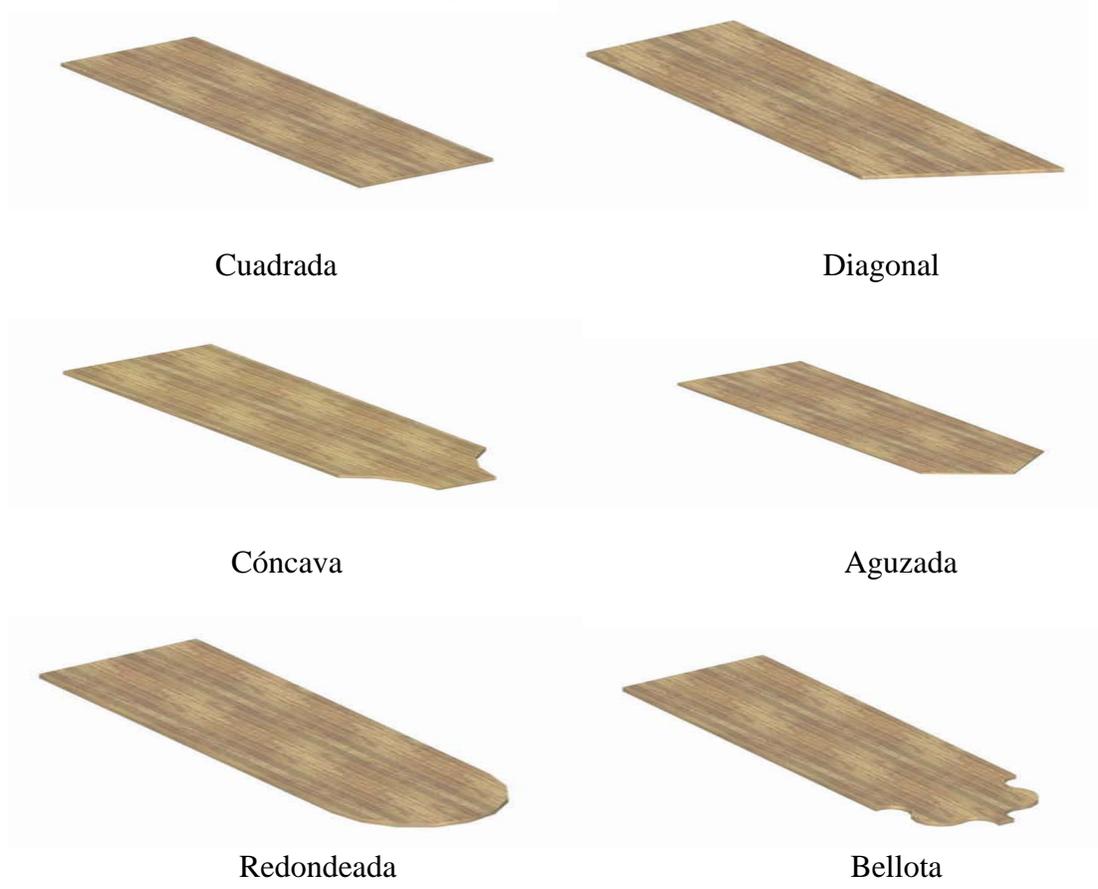


Figura 214. Tipos de tejas de madera.

Esta teja de madera, se elabora artesanalmente aserrándola o se puede encontrar confeccionada industrialmente. Es conveniente aplicar un preservador a la madera para protegerla con la finalidad de prolongar su vida útil., ya que se encontrará expuesta a la lluvia y al ataque de hongos y termitas.

Se debe elegir una pendiente entre el 25% y 33 % con el propósito de desalojar el agua o nieve rápidamente. Se debe colocar además una capa de fieltro asfáltico en forma horizontal traslapado mínimo diez centímetros, cuidando quede fijo a la base de la techumbre. Este procedimiento se repetirá para cada fila de tejas asegurando que no ingrese el agua, figura 215.

El tejamanil o teja de madera se coloca de abajo hacia arriba, traslapando la madera con el fieltro. Sin embargo surgen algunos detalles tanto en la cumbre como en el encuentro entre techumbres, el problema radica que en los puntos de cambio de pendiente, se puede filtrar el agua. Dicho problema se resuelve colocando lámina de acero galvanizado que sigue la forma de la pendiente, la figura 216.

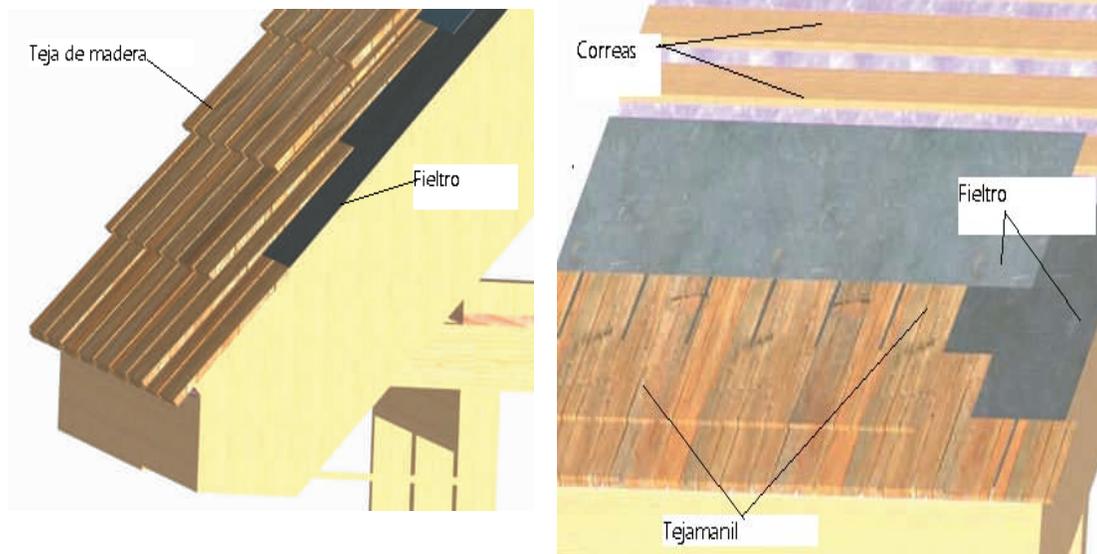


Figura 215. Colocación de fieltro entre correas y entre el tejamanil.

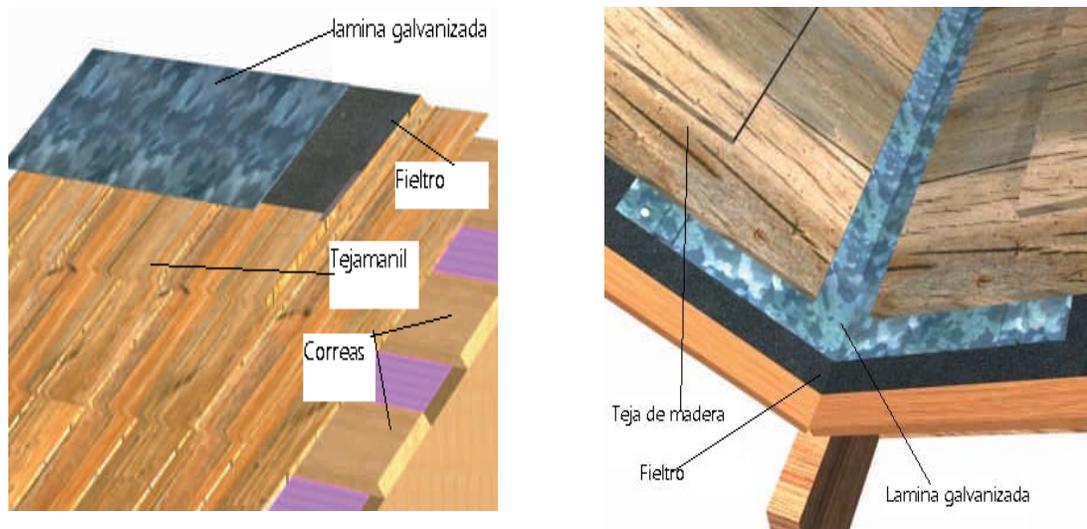


Figura 216. Colocación de lamina galvanizada en cumbre y en encuentro de techumbre, y cambio de pendiente.

La estructura de la techumbre y la cubierta se debe formar una barrera contra la lluvia, y que funcione también para aislar del ruido y del calor. Una alternativa es formar una panel sándwich, consiste de dos tableros de madera contra chapada, de fibras orientadas o de aglomerado. Entre ellas deberá tener una capa de polietileno como aislante termo-acústico y como complemento se puede colocar una capa más de fibra de vidrio o fibra mineral para mejorar esta condición, figuras 217 (a) y 217 (b).

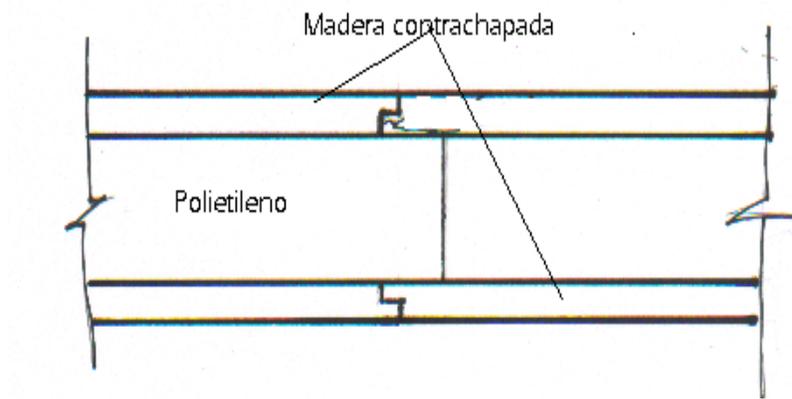


Figura 217 (a). Panel tipo sándwich, usado como cubierta para estructuras de techumbre.



Figura 217 (b). Polietileno cubierto con dos capas de triplay, formado un panel tipo sándwich.

VII. Conclusiones.

Suecia, Dinamarca y Finlandia son países herederos de una gran tradición en la concepción y configuración de elementos de madera que van desde muebles hasta construcciones como casas, edificios, puentes y otras estructuras de gran tamaño. Han demostrado que la diferencia con otros países, tanto de Europa como de los otros continentes, es un cambio radical y no ser solamente un país forestal sino convertirse en un país maderero.

Este cambio no se podría haber dado sin la colaboración de los actores sectoriales para cambiar sus políticas, llegando a nuevas formas de asociación, tanto a nivel empresarial como estatal, ligado a la incorporación e innovación tecnológica dirigida a maximizar los aspectos productivos económicos los cuales les han permitido crecer, tanto en el ámbito interno como en el de las exportaciones. Este logro se da cuando los países mencionados reconocen que poseen una gran riqueza forestal la que representa su principal riqueza, es decir su capital y su patrimonio.

Al poseer esa gran riqueza forestal, que al inicio la utilizan como material de construcción (casas y edificios hasta 7 niveles), para luego cambiar el modo de administrar esa riqueza, en un proyecto al que denominan sustentable, provoca la exportación de madera, principalmente productos de madera. Este proyecto empezó aproximadamente cincuenta años atrás y su éxito radica principalmente en que las decisiones que se toman son de aspecto técnico y para nada interviene la política.

En países como Finlandia y Suecia el manejo de los bosques es un proceso de crecimiento protegido por ochenta años y en algunos casos hasta más antes de ser talado; todo esto con la finalidad de obtener un mejor producto maderero, ya que el crecimiento de los árboles es más lento, y en consecuencia sus anillos de crecimiento están más cerca unos de otros dándoles así una mayor resistencia.

En estos países no se construyen cabañas, si no se construyen verdaderas viviendas con todos los servicios, lo que permite a sus habitantes tener una mejor calidad de vida, incorporando para ello modernos avances de la ingeniería, aunado a modernos diseños arquitectónicos.

Beneficios. El negocio forestal en estos países tiene que ver con el manejo y aprovechamiento sustentable de los bosques nativos existentes y adicionalmente con las nuevas plantaciones forestales. Es de resaltar que las actividades ligadas a este sector tales como la limpieza de los terrenos, el mantenimiento de viveros, la preparación de los terrenos, las plantaciones, las podas, los raleos y las cosechas, ocupan mano de obra generando beneficios al sector rural. Además involucra al comercio local y al de exportación, posibilitando la producción de insumos para producir energía, generando a la vez alimentos, hierbas medicinales y empleando adicionalmente una gran cantidad de medios de transporte así como otros servicios. Posibilita la conservación y mejoramiento de los suelos, ya que los bosques fijan el CO₂ ayudando a detener el calentamiento global, mejorando la recarga de acuíferos y embelleciendo el paisaje.

En Suecia las principales especies son el abeto rojo (*Picea abies*) con 4% y el pino silvestre (*Pinus silvestris*) con un 37%. Otras especies silvestres con un 15%. En este país tal vez sea el de mayor abolengo en la administración de sus recursos forestales, ya que desde principios del siglo XX surgió un movimiento de regeneración forestal y su ley promulgada en 1903 detuvo la intensa explotación causada tanto por la ganadería, el pastoreo, la quema de superficies para la agricultura, la explotación de la madera para la construcción, la utilizada para la calefacción, así como la construcción naval.

Con el paso del tiempo la madera en pie, se duplico hasta alcanzar unos 3000 millones de m³, ejemplo de un desarrollo sostenible a largo plazo.

¿Y en México que podemos hacer? La SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) organismo encargado de la administración de los recursos naturales, debería realizar acciones tendientes para aprovechar las miles de hectáreas forestales existentes en nuestro país, planeando y aplicando programas similares a los de estos países, sin embargo el poco seguimiento que se da a los realizados, ha llevado a fracasos constantes en este rubro. No obstante considero, debemos continuar realizando acciones que permitan replantear las actividades realizadas.

Conocer la madera desde diferentes puntos de vista ya sea general o particular nos dará una idea de cómo administrar nuestra riqueza natural, así como su comportamiento ante los efectos que producen en ella los elementos naturales.

Este recurso natural renovable produce riqueza para aquellos que posean tierras cultivables, además ayudan al planeta a disminuir los niveles de bióxido de carbono que provoca el calentamiento global del planeta. En esas regiones aumenta la recarga de acuíferos y la conservación de la fauna local.

Una mayor riqueza forestal debe ser aprovechada por toda la industria, mientras que los organismos encargados de fomentar la construcción de casas de interés social deben mirar con más atención a los materiales no convencionales, es decir “la madera”. Actualmente la madera aparece en los hogares como acabados de lujo, ya que los precios no están sujetos a ninguna norma oficial que los regule y los verifique.

Cambiar los paradigmas de aquellos que construyen con tabique, piedra y concreto, es una tarea que ya se inició en regiones donde ocurren tragedias por la acción de fenómenos naturales. Se tienen programas los cuales financian la construcción de casas de madera de tipo temporal, mientras que organismos como la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), promueven concursos para desarrollar y promover el diseño y construcción de casas de madera. Los modelos diseñados en teoría, deben ser capaces de reproducirse industrialmente, lo que garantizaría una vida útil de por lo menos treinta años.

Se han realizado acciones en pequeñas poblaciones, pero no ha surgido una verdadera industria que saque al mercado la posibilidad de construir con madera. En este sentido nuestro país se encuentra rezagado con respecto a los países desarrollados donde, como ya he mencionado, la madera ha alcanzado su verdadero valor estructural. Deberíamos contar con diseños a base de módulos estandarizados al alcance de cualquier persona y no limitarnos a aquellos existentes que en algunos casos no cumplen con las dimensiones y características estructurales adecuadas. En la actualidad existen pocas compañías mexicanas y algunas más extranjeras que poseen la capacidad para construir varios modelos pero sólo de tipo residencial.

¿Qué se puede hacer ante tal situación? Tal vez se sigan promoviendo concursos que elaboren diseños bajo ciertas condiciones, pero mientras no cambien las políticas poco visionarias de los responsables en este aspecto, solo se tendrá un lento avance en la materia, agravando el problema de vivienda popular.

Tal vez una casa de madera bien diseñada y en combinación con materiales ya conocidos en la construcción no parezca popular, sin embargo podría resultar, desde el punto de vista económico, bastante aceptable.

Para lograr el inicio del cambio, deberán surgir planes de estudio en las escuelas y universidades del país que ayuden a generar técnicos y profesionales en el estudio tanto de la explotación y mantenimiento de los recursos forestales, como en el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, que permitan cubrir las necesidades de las comunidades.

Finalmente puedo decir que, si bien la construcción de casas de madera no es la piedra angular para abatir el déficit de habitación en las grandes ciudades, si podría aplicarse en las comunidades rurales como una buena alternativa.

BIBLIOGRAFÍA.

Serie maderas de México. Características de la madera y su uso en la construcción. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción

Tesis: “El diseño de la habitación de Interés Social en Madera” Guadalupe Martha Bárcenas, Jorge Francisco Castañeda Delgado, José Rubén Romero Rejón. Universidad Veracruzana, Facultad de Arquitectura. Tomo 1.

Capuz Lladro Rafael. Maderas, Materiales Orgánicos. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Universitaria De Arquitectura Técnica.

Aguilar Rodríguez Silvia, Barajas Morales Josefina, Publicaciones especiales No 19 UNAM. Instituto de Biología.

Anatomía de Maderas de México. Especies de un Bosque Mesó filo de Montaña.

Xiloteca, Colección de Especies de Madera .Instituto de Biología. UNAM.

La madera y su uso en la Construcción No 3. Estructura e identificación. Instituto Nacional sobre Recursos Bióticos. Laboratorio de Ciencia y tecnología de la madera.

Echenique Manrique Ramón. Robles Fernández Francisco. Ciencia y Tecnología de la madera II. Universidad Veracruzana. Textos Universitarios.

Echenique - Manrique Ramón. Robles Fernández Francisco. Ciencia y Tecnología de la Madera I.

Echenique - Manrique Ramón. Serie Maderas de México. “25 Maderas tropicales Mexicanas”. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción México D.F.

La madera y su uso en la construcción No 7. Preservación y control de daños en estructuras de madera.

Flores Rodolfo, José Salinas Juan. “Construcción de un invernadero con marcos de madera”.
La madera y su uso en la construcción No 9.

La madera y su uso en la construcción. Tratamiento para postes de cercas de madera de pino, por el método de baño caliente y baño frío con creosota.

Erdoiza, J y R Echenique – Manrique. La madera y su uso en la construcción No 4.”Preservación de madera de pino con sales de Boro”.

Robles Fernández Francisco. La madera y su uso en la construcción No 5. Usos estructurales de la Madera en México. Ingeniería estructural Octubre de 1977.

Parker,Harri. Ambrose James .Diseño Simplificado de Estructuras de Madera

Pérez –Morales, V. Echenique-Manrique. “Riesgo a la pudrición de la madera en diferentes climas de México”. La madera y su uso en la construcción No 1

Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera.

Chan Martin Mario, Araujo Molina Omar, Azueta García Manuel. “Los defectos naturales de la madera” Ingeniería Revista Académica. Universidad Autónoma de Yucatán. 2002.

Consejo Nacional de la Madera en la Construcción .A C (COMACO)
Echenique - Manrique Ramón. Robles Fernández-Villegas Francisco. Estructuras de Madera

Revista FORE –STAL, Biblioteca Nacional Forestal “ING ROBERTO VILLASEÑOR ANGELES”
“SAGAR INIFAP”

Juárez Badillo Eulalio. Rico R. Alfonso. Mecánica de suelos, tomo I y II.

Manual de construcción de viviendas en madera. CORMA (corporación Chilena de la madera). Centro de transferencia tecnológica.

Paginas de Internet:

[http : // www.timberhouse.net](http://www.timberhouse.net).

[http : // www.toptimber.com/](http://www.toptimber.com/)

Timber frame business counal. [Http // www timberframe.org](http://www.timberframe.org)

Timber works desing, ([http // www.timberworksdesing.com](http://www.timberworksdesing.com))

Madereros.com (www.madereros.com)

C:\ My Files\ MyB64_98\Dávalos y Bárcenas 1998.wpd

DFNORM09.doc

E: \ Seguridad en los procesos de preservación de la madera –Indangertol +Timber life-madera tratada a presión.