

# TRABAJO FINAL DE GRADO

Construcción de viviendas unifamiliares aisladas  
con entramados ligeros de madera

GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN

Curso 2018/2019

Alumno: Quintana Hörstmann, Guillermo

Tutor: Cubel Arjona, Francisco José



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA



## Índice

Resumen .....	5	3. Sistemas de edificación con madera .....	31
0. Objetivos .....	7	3.1 Sistema de entramado ligero: .....	33
1. Introducción .....	9	3.1.1 Sistema de globo .....	34
2. Material .....	11	3.1.2 Sistema de plataforma: .....	35
2.1. Historia .....	11	3.1.2.1 Cimentación: .....	36
2.2 Características del material .....	15	3.1.2.2 Entramados verticales: .....	40
2.2.1 Estructura de la madera: .....	15	3.1.2.3 Entramados horizontales: .....	43
2.2.2 Anisotropía de la madera: .....	16	3.1.2.4 Cubierta: .....	45
2.2.3 Higroscopicidad de la madera: .....	17	4. Casos de estudio: .....	47
2.2.4 Cambios de volumen .....	18	4.1 Casa Font Rubi Cottage .....	47
2.2.5 Propiedades eléctricas: .....	19	4.2 Casa GG .....	50
2.2.6 Propiedades acústicas: .....	19	5. Conclusiones .....	53
2.2.7 Propiedades térmicas: .....	20	6. Bibliografía .....	55
2.2.8 Propiedades mecánicas: .....	21	7. Índice de imágenes .....	59
2.3 Tipos de madera: .....	24	8. Anexo .....	61
2.4 Elementos conformadores .....	25		



## Resumen

Para comprender un sistema constructivo hay que comprender sus elementos y su historia. En el presente trabajo se habla de la madera como material de construcción, desde sus orígenes, evolución con los tiempos y sucesos que han marcado su trayectoria.

Se aborda un resumen general de cuáles son las características del material y su comportamiento frente a las condiciones de proyecto, además de evaluar sus propiedades comparando diversas especies muy comunes en el panorama constructivo actual.

Mediante un análisis comparativo se evalúan las prestaciones que brindan los sistemas actuales de construcción con madera. Este análisis surge de la necesidad de arrojar luz sobre las propiedades que puede presentar la madera frente a sus rivales en el mercado de la construcción.

Para finalizar se analizan casos reales de vivienda unifamiliar aislada con entramados ligeros de madera para extraer conclusiones sobre su viabilidad y ámbito de uso.

**Palabras clave:** "Análisis constructivo", "sistema constructivo", "entramado ligero de madera", "vivienda aislada".

## Abstract

In order to understand a constructive system first we must understand its elements and its history. In the present work we talk about wood as a construction material, from its origins, and over the evolution with the time, with events that may have marked its history.

A general summary of the characteristics of the material and its behavior in relation to the project conditions is discussed, as well as an evaluation of its properties by comparing several common species in the current construction panorama.

Through a comparative analysis, the benefits provided by the current wood construction systems are evaluated. This analysis arises from the need to shed light on the properties that wood can provide in front of its rivals in the construction market.

Finally, real cases of isolated detached houses with light wooden frames are analyzed to draw conclusions about their feasibility and range of use.

**Keywords:** "Constructive Analysis", "building system", "light timber framing", "detached single-family homes".

## Resum:

Per comprendre un sistema constructiu cal comprendre els seus elements i la seva història. En el present treball es parla de la fusta com a material de construcció, des dels seus orígens, evolució amb els temps i successos que han marcat la seva trajectòria.

S'aborda un resum general de quines són les característiques del material i el seu comportament enfront de les condicions de projecte, a més d'avaluar les seves propietats comparant diverses espècies molt comuns en el panorama constructiu actual.

Mitjançant una anàlisi comparativa s'avaluen les prestacions que brinden els sistemes actuals de construcció amb fusta. Aquesta anàlisi sorgeix de la necessitat de posar de manifest les propietats que pot presentar la fusta enfront dels seus rivals en el mercat de la construcció.

Per finalitzar s'analitzen casos reals d'habitatge unifamiliar aïllat amb entramats lleugers de fusta per extreure conclusions sobre la seva viabilitat i àmbit d'ús.

Paraules clau: “Anàlisi constructiu”, “Sistema constructiu”, “Entramats lleugers de fusta”, “habitatge aïllat”.

## **0. Objetivos**

La finalidad de la redacción del presente trabajo es la de analizar las propiedades de la madera para así comprender su comportamiento y poder entender cómo funcionan los sistemas constructivos de madera, y en concreto el de entramado ligero.

El número de propiedades de un material y su análisis puede llegar a ser muy extenso, por ello se decide acotar el ámbito de propiedades a las más representativas o que puedan ofrecer mayor interés respecto a los sistemas constructivos comunes como puedan ser el hormigón o el acero.

La ejemplificación, por otra parte, siempre es la prueba fehaciente de que la construcción se puede realizar. El mercado actual ofrece multitud de casos de estudio que presentan interés por su emplazamiento, utilidad, eficiencia... Con el objetivo de comprender y poder evaluar la viabilidad de este tipo de viviendas se observaran casos reales de viviendas aisladas con entramados ligeros de madera que tengan una interpretación clara de su funcionamiento y ámbito de aplicación.

Cuando se piensa en la madera se piensa en un material estéticamente noble, pero se desvirtúan por ejemplo sus propiedades mecánicas o su resistencia y durabilidad. Dicho de otro modo, no genera la confianza que pueda ofrecer el acero o el hormigón por el miedo al fuego o a los ataques de insectos. Poder dar respuestas a este tipo de preguntas es otra de las motivaciones para realizar el presente escrito.

Se podrían resumir los objetivos de la siguiente manera:

- Conocer mejor el comportamiento del material.
- Aprender el funcionamiento del sistema constructivo.
- Saber evaluar las prestaciones del sistema constructivo para poder valorar su utilización en distintos ámbitos.



## 1. Introducción

La historia y las condiciones que se dan en cada momento determinan muchos hechos con los cuales convivimos. Lo que en una primera instancia pueda parecer un sistema obsoleto y antiguo dado el contexto tecnológico actual puede tener mucho más interés del que se vislumbra a simple vista.

A lo largo del escrito se explica la percepción del ser humano frente a la madera como material de construcción. Donde y por qué se ha utilizado, cual ha sido la metodología para trabajarla o que cualidades se han podido aprovechar de la madera con el transcurso de su historia.

Desde un periodo de tiempo relativamente corto, parece que en España solo existen sistemas constructivos basados en el acero o el hormigón armado. Esto se entiende debido a que se han establecido unos procesos de producción optimizados orientados hacia la producción de estos materiales. Fuera a finales del siglo XIX cuando se introduce el hormigón como sistema constructivo en nuestro país, relegando los muros de fábrica portantes que anteriormente se usaban. Los nuevos sistemas pasaron a llamarse “tradicionales” por su divulgación en los centros formativos de estudios orientados a la construcción.

En la actualidad existen muchos más procesos de construir debido a los avances en tecnología. Estos avances se pueden ver:

- En la producción sistematizada i modular que abarata costes y aumenta la productividad.
- El descubrimiento de nuevos conformados
- Mejoras de las prestaciones de algunos materiales.

Gracias a estos avances se ha podido volver a insertar la madera dentro de la competencia. El sistema de plataforma de entramado ligero por ejemplo se encuentra estandarizado y normalizado en multitud de países como Finlandia, Noruega o EEUU.

Los sistemas constructivos con madera no tienen novedades alarmantes, sobretodo presentan mejoras del material con la aparición de nuevos conformados o las mejoras en protección. Dicho de otra manera se ha aprendido de los errores del pasado y se ha intentado prevenirlos.

El estudio se inicia con la intención de conocer mejor las características y prestaciones que puede ofrecer la madera frente a los demás sistemas constructivos, acotando el uso a los sistemas de entramado ligero en vivienda unifamiliar aislada.

Para conocer las prestaciones de la madera hay que conocer su historia y aprender de los actos del pasado para evolucionar y mejorar. Seguidamente se enumeran y evalúan las diversas propiedades que lo definen dentro del ámbito constructivo y ejemplifican algunos tipos de especies comunes para poder aprender aspectos de su capacidad y trabajabilidad concreta.

Una vez definidos los aspectos materiales se describe la forma en que pueden conformarse los perfiles de madera según la forma que vayan a adoptar y las propiedades que puede ofrecer frente a distintas situaciones.

Con la parte material cubierta, el siguiente paso deber ser la forma en que se utilizan las piezas para formar un sistema constructivo sólido.

Hay que entender que existen diversas formas de distribuir la madera ya que las piezas ofrecen combinaciones que permiten un abanico constructivo amplio. Comenzando por los sistemas de piezas ligeras de sección reducida, pasando por sistemas lineales más pesados con secciones superiores, hasta llegar a plataformas de gran espesor donde las piezas tienen gran superficie.

Concretando el sistema de estudio, se estudia el precedente directo de conformar las piezas llamado “balloon frame” y se analizan las principales diferencias que presenta frente al sistema actual de uso de entramados ligeros, el sistema de plataforma.

Para comprender más a fondo el sistema de plataforma se estudian cada una de sus partes y se plantean distintas soluciones a cuestiones de proyecto. Desde las amenazas que se deben tratar hasta las ventajas que puede ofrecer.

Finalmente, se analizan casos de estudio construidos con sistemas de entramado ligero de vivienda unifamiliar aislada para evaluar su puesta en obra y obtener conclusiones sobre la viabilidad ecológica y económica de este tipo de proyectos.

## 2. Material

### 2.1. Historia

La construcción con madera tiene unos **orígenes** inciertos, y es que no se puede asegurar con certeza cuando se realizaron las primeras construcciones con este material por la falta de restos. La madera es un material perecedero que se deteriora con el paso del tiempo, lo cual imposibilita los hallazgos de fósiles que puedan asegurar su exactitud en periodos tempranos de la historia.



Figura 1 Vivienda con Ramas

Se estima que la madera ha formado parte de las construcciones desde el neolítico, ya sea de manera parcial o en la totalidad de la construcción. Pudo surgir antes de que el hombre desarrollara herramientas cortantes para el trabajo de madera adecuado, debido a la facilidad de encontrarla en la naturaleza. Es muy probable que la madera se empleara en la construcción de los primeros refugios con maderas de madera seca que se pudieran recolectar del suelo o ramas y hojas que se pudiera extraer desgajando los árboles.

(Borràs, X. - 2010)



Figura 2 Vivienda con recubrimientos naturales

Con el tiempo los métodos que requerían de un esfuerzo físico considerable se combinarían con la utilización de herramientas sencillas tales como hachas y cuchillos desarrollados con piedras afiladas manualmente. Estas nuevas herramientas permitirían cortar troncos de mayor grosor, dar dimensiones determinadas a los elementos y alterar sus superficies, con el fin de conseguir construcciones mayores y más estables. (Castaño, M. - 2018)

Este tipo de afirmaciones aun así pueden ser infundadas debido a que su existencia se basa en deducciones y suposiciones que podemos extraer de sociedades que viven actualmente en la edad de piedra, como puede ser el caso de tribus aborígenes del Amazonas. (Borràs, X. - 2010)

Por otra parte también podemos basarnos en estructuras existentes de cierta antigüedad de sociedades precedentes como la celta, cuyas construcciones todavía pueden encontrarse preservadas en lugares de la Península Ibérica como Galicia y Asturias. Cabe añadir que la celta es una sociedad posterior a lo anteriormente mencionado pero sigue siendo el ejemplo antiguo más próximo que podemos encontrar. (Castaño, M. - 2018)

El tratado de Vitrubio definía la arquitectura como un equilibrio de tres principios, Firmitas, Utilitas y Venustas. En este tratado se recogen las primeras descripciones sobre cualidades, composiciones y usos de la madera, entre otros materiales. Se hacía especial referencia a la influencia que tenía el momento de corte del árbol frente a la resistencia contra los xilófagos.



Figura 3 Erectión pórtico norte

Cuando se piensa en civilizaciones antiguas más desarrolladas como los romanos, egipcios o griegos se suele visualizar sólidas construcciones de piedra o ladrillo e incluso mármol en algunos destacados lugares. La realidad es que la arquitectura civil de las grandes ciudades de la Antigüedad estaba compuesta sobre todo por viviendas construidas con madera sin tratar. Este hecho sumado al factor de que la leña se usara como método habitual para cocinar y calentar hizo que los incendios fueran muy frecuentes, y generó la institución del cuerpo de bomberos.

La abundancia de incendios originados en estructuras de madera debido al comportamiento combustible del material promovió que poco a poco fuera siendo relegado por materiales más seguros como el adobe. La madera comenzaba a considerarse peligrosa u cae en **desuso**. (Borràs, X. – 2010)



Figura 4 Incendio de Roma

Ese concepto de madera como material altamente inflamable y poco adecuado para la construcción ha estado vigente durante el paso del tiempo. En zonas de clima mediterráneo continuó esta creencia con más fuerza, mientras que en países nórdicos como los escandinavos la tradición perduró (posiblemente por las desavenencias del clima y sus prestaciones térmicas). En zonas del norte de Europa se construyeron casas con troncos apilados de forma horizontal y que se ensamblaban unos con otros. Esto fue posible gracias a los avances tecnológicos y la creación de nuevas herramientas de trabajo. (Borràs, X. – 2010)



Figura 5 Casa nórdica construida con troncos desbastados



Figura 6 Piezas trabajadas de sección rectangular en aserradero

Con la introducción de nuevas herramientas y el avance de la industria se crean los primeros aserraderos de madera que cortaban el tronco por ambos lados y empezaron a estandarizar medidas.

No obstante, la llegada de la industria promovió sobretodo el uso del acero por lo que la utilización de madera continua estando relegado a un papel secundario excepto en países con tradición como pueden ser los Países escandinavos, Rusia o Estados Unidos. (Mariana Castaño- (2018)

Es en EEUU a lo largo del siglo XVIII donde se producen los avances más significativos respecto al uso de madera como material estructural, dando lugar a la llamada estructura en globo o "balloon frame".

(Mizuage Arquitectura – (2015)

Este sistema sustituye la tradicional estructura de pilares y vigas de madera por una trama de elementos también lineales de un espesor más reducidas. Estas tramas se clavan entre sí colaborando y conformando muros de carga mucho más ligeros que la estructura tradicional. Su construcción se limitaba a dos plantas puesto que los listones no podían alcanzar mayores dimensiones.



Figura 7 Balloon Frame

En un país donde se debía construir mucha vivienda y no había suficiente mano de obra cualificada, se simplificó el proceso constructivo para que cualquiera pudiera trabajar. Las piezas eran más ligeras y las uniones dejaban de hacerse tan complejas pasando a usar en su lugar clavos.

(Mizuage Arquitectura – (2015)

Este sistema dio paso al **sistema de plataforma** que hoy en día se utiliza para entramados ligeros de madera.

**Actualmente** se tiene otra imagen de la madera. Es un material cada vez más utilizado por las facilidades que presenta. Posiblemente sea junto a la piedra el material más usado a lo largo de la historia debido a que se tratan de materiales naturales que se encuentran fácilmente en la naturaleza y no requerían excesivos procesos de preparación. (Borràs, X. – 2010)



Figura 8 Maquinaria moderna en procesos de obtención de madera

Es un material de aspecto noble que si se gestiona como es debido puede tener una vida larga, además de poder ser una fuente de recursos sostenible y respetuosa con el medio ambiente. La huella de carbono que deja es con diferencia la más baja de los materiales de construcción habituales, (no hay que olvidar que el sector de la construcción es uno de los que más recursos consumen a lo largo de todo el proceso). Otros materiales de construcción como acero, pvc, o incluso el hormigón tienen un procesamiento que requiere mucha energía y recursos, contrastando con la madera que se encuentra de manera natural. (Elaboración propia-2018)

Hablamos de un material económico y muy fuerte si consideramos la relación peso – resistencia. Este material aporta altos niveles de aislamiento térmico y acústico, además de ser flexible y moldeable lo que permite una versatilidad sin parangón. Se utiliza por su polivalencia para construir viviendas prefabricadas, y también es muy común en la industria del mueble, decoración, jardín, y en general cualquier disciplina ebanista. (Elaboración propia-2018)

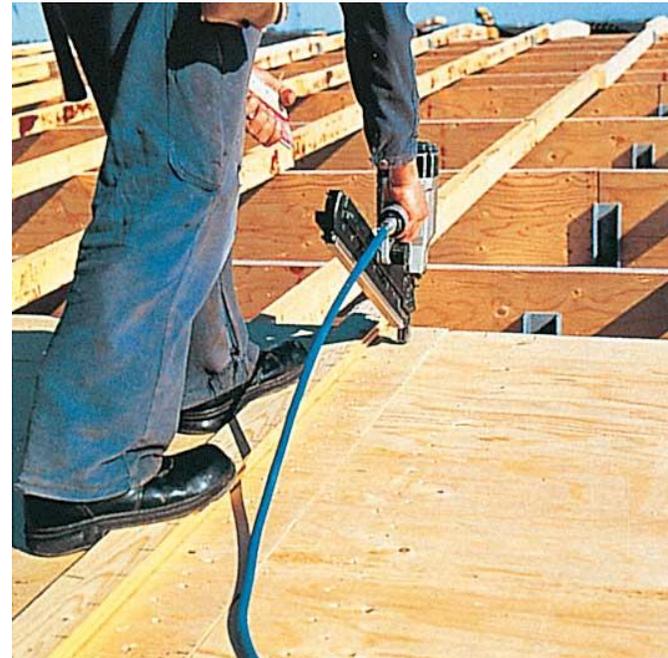


Figura 9 Modularidad implica rapidez

## 2.2 Características del material

En el presente apartado se aporta información básica sobre las particularidades del material en cuestión, la madera.

### 2.2.1 Estructura de la madera:

La parte maderable del tronco, de la cual se puede sustraer material para ser aprovechado en construcción, se divide en tres zonas.

**-1.La albura:** La albura es la parte del leño del árbol que se encuentra justo debajo de la corteza, y es la parte más joven y es observable porque está formada por los últimos anillos de crecimiento del tronco con un color más claro.

Su función es la de soporte estructural y protección del duramen. Además permite la conducción ascensional de la savia y almacena material de reserva para la nutrición del árbol. Con el tiempo y el ensanchamiento del tronco, las células encargadas de estos procesos mueren por antigüedad y falta de oxígeno por lejanía a la superficie originando así un cambio de color y pasando a formar parte del duramen.

Comúnmente suele ser la parte menos densa, más permeable y con menor durabilidad frente a los xilófagos, aunque es más fácil de impregnar que el duramen. Por todo esto, la protección de la misma frente a insectos y hongos suele ser de las más sencillas.

**-2.El duramen:** el duramen es la parte interior del tronco del árbol formada por los anillos de crecimiento más céntricos que adoptan un color más oscuro.

La función del duramen es proporcionar al árbol una estructura lo suficientemente fuerte para que soporte el peso del tronco y de sus ramas, y es por tanto la parte más resistente. A diferencia de la albura que es de un color más claro, el duramen es menos permeable al agua y por lo tanto menos húmedo. Con el paso del tiempo ha ido

congregando sustancias preservantes que produce el propio árbol que generan ese color más oscuro y unas resistencias mayores como norma general.

La durabilidad que ofrece es mayor que la de la albura, y las diferentes prestaciones varían según especies. Suele ser la parte menos impregnable por lo que no acepta demasiado bien los productos de acabado y protección.

**-3.La médula:** es la parte central del tronco conformada por una pequeña superficie con los anillos más céntricos. Está conformada por restos de tejido vascular primario y presenta sólo un pequeño porcentaje del tronco. Suele estar conformada por tejidos más blandos y porosos con apenas capacidad portante o mecánica.

Normalmente no es una parte que se aproveche en la construcción por su escasas prestaciones mecánicas y porque estéticamente no se considera deseable.



Figura 10 Partes del tronco

Además de estas tres mencionadas capas existe la corteza externa y el cambium, partes importantes para conocer las características del árbol pero que no se utilizan en construcción salvo para ornamentos o decoración. (Confemadera – 2006)

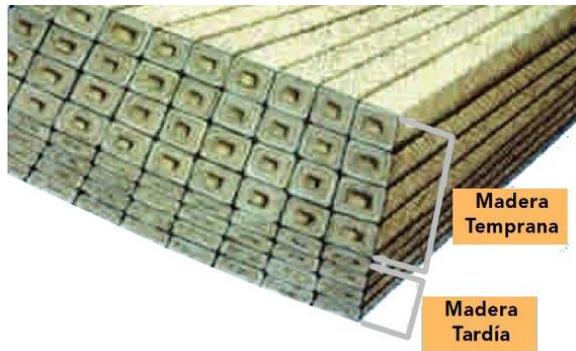


Figura 11 Densidad de las fibras

Por el contrario la madera más tardía se ha asentado poco a poco dejando células más concentradas. (Fritz Durán, A. – 2003)

### 2.2.2 Anisotropía de la madera:

La madera es el material de construcción anisotrópico por excelencia debido a forma, estructura interna y a la orientación de sus fibras. Al estar formada por diferentes tejidos que realizan diferentes funciones originan estructuras que no son homogéneas. La heterogeneidad que esto genera se plasma en sus propiedades físicas y mecánicas, originando tanto ventajas como desventajas.

La anisotropía es el diferente comportamiento de las cualidades de un material según la dirección que se considere. Esto plasmado en la madera quiere decir que la dirección y forma de las fibras originan propiedades diferentes según la dirección en que se midan las propiedades. Por lo general se miden tres planos, Longitudinal, Radial y Tangencial, aunque este último no se considera a efectos constructivos por dar valores similares al Radial.

Si amplificáramos los anillos de crecimiento y pudiéramos analizar la disposición de las células, observaríamos que las células de la albura, más jóvenes, tienen mayor tamaño y dejan más espacio entre sí.

El comportamiento anisotrópico se manifiesta en sus propiedades físico-químicas de forma que serán distintas según la dirección que se considere. Puede dar valores muy dispares de resistencia, siendo muy resistente en un sentido y siendo frágil en el otro.

Es por todo esto muy importante saber en qué sentido se colocan las piezas y sacar el máximo rendimiento conociendo todas sus propiedades. (Confemadera – 2006)

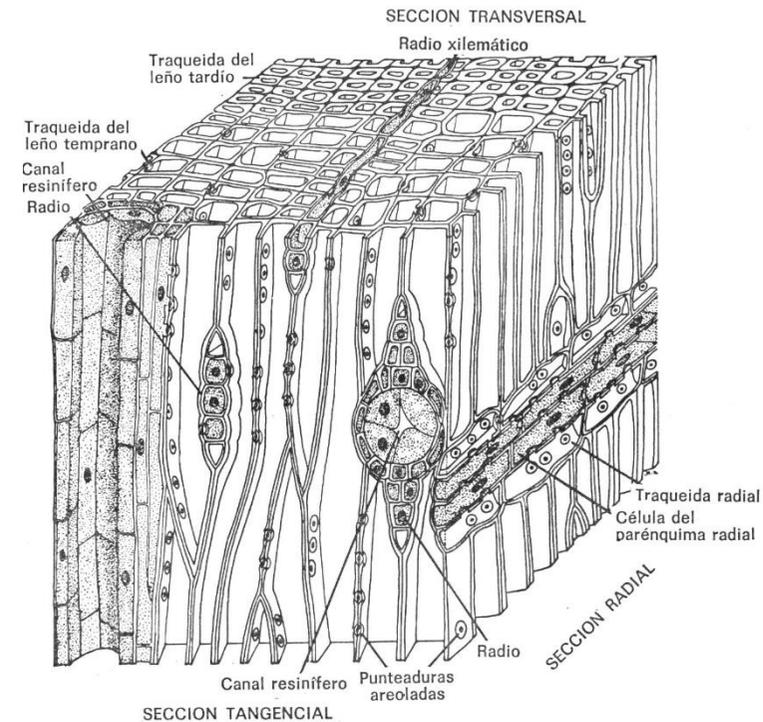


Figura 12 Anisotropía de la madera y sus distintos planos

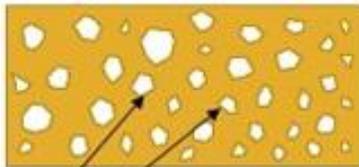
### 2.2.3 Higroscopicidad de la madera:

La madera es un material higroscópico que tiene la capacidad de captar y ceder humedad del medio en que se encuentra. Este proceso depende en gran medida de la temperatura y la humedad relativa del ambiente, y propicia un comportamiento que provoca cambios en las dimensiones de las piezas y deformaciones.

Existe para una humedad y una temperatura determinadas, un porcentaje de humedad en la madera que estabiliza las condiciones del material, llamado humedad de equilibrio higroscópico.\* Este es el contenido de humedad que alcanza la madera para cada estado higrotérmico de aire.

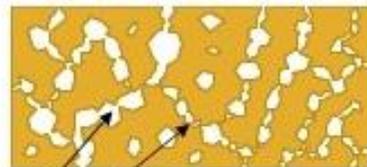
El punto de saturación de las fibras es otro estado que se debe conocer. Como regla general para todas las especies se fija en un 30% aunque puede ser diferente. Por debajo de este valor la resistencia y la rigidez de la madera son inversamente proporcionales a la cantidad de agua que posea.

#### Interior de material No higroscópico



**Poros aislados entre sí**

#### Interior de material higroscópico



**Poros comunicados entre sí**

Figura 13 Comunicación entre poros

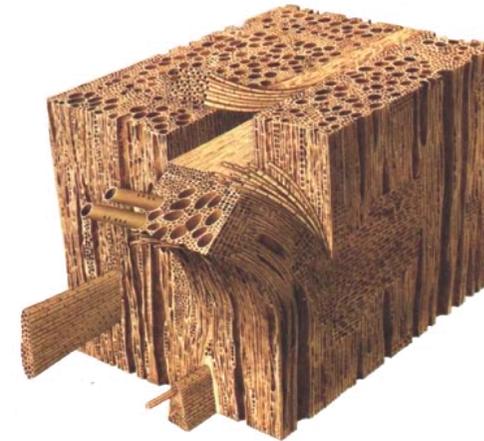


Figura 14 Dirección de las fibras y poros

Dado que la humedad es un factor que determina mucho la capacidad de trabajo de la madera, se establece un estándar del 12% para todas las maderas. Este estándar permite poder extraer valores de resistencia y elasticidad de los diferentes tipos de madera para poder compararlos.

Esta referencia permite además hacer una estimación sobre la resistencia de trabajo real del material que depende de la humedad relativa y la temperatura ambiente. Gracias a esta referencia se puede estimar si hay pérdidas o ganancias de resistencia acorde a la situación de trabajo real.

Para determinar un proceso con el cual se pueda ajustar de manera sencilla las condiciones del proyecto se diferencian tres tipos de ambiente.

- 1. Ambiente interior protegido, donde la humedad de equilibrio higroscópico media de la madera no supera el 12%.
- 2. Ambiente exterior protegido o interior húmedo, donde humedad de equilibrio higroscópico media de la madera no supera el 20%.
- 3. Ambiente exterior no protegido, donde la humedad de equilibrio higroscópico media de la madera supera el 20%. Se da en casos de madera expuesta al exterior, al agua de lluvia, como puedan ser pasarelas, puentes, terrazas. (Confemadera – 2006)

### 2.2.4 Cambios de volumen

Las propiedades higroscópicas antes mencionadas propician en la madera cambios volumétricos con los que se debe lidiar.

Cuando se desea secar la madera hasta un grado inferior al punto de saturación de las fibras, se provoca una pérdida de agua en las paredes celulares. Esta pérdida produce una contracción en la madera, y cuando esto ocurre se dice que la madera está trabajando.

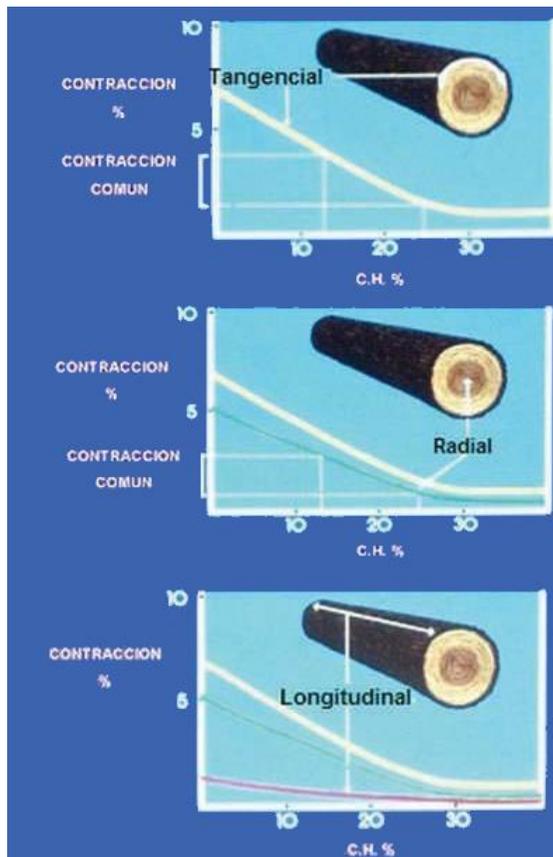


Figura 15 Comparativa de las contracciones según plano de referencia

En este proceso de contracción las dimensiones de la pieza disminuyen según los ejes que se han descrito, Tangencial, Longitudinal y Radial. No obstante, cabe destacar que la mayor variación se produce en el plano tangencial. La contracción radial da valores significativos aunque menores que los de la contracción tangencial. La contracción longitudinal es prácticamente despreciable en madera utilizada con finalidad estructural.

Visto así, desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de las fibras es importante. Con valores superiores a la humedad de saturación la madera no variará sus características físicas ni mecánicas. Por el contrario con valores inferiores, la madera experimenta cambios volumétricos y dimensionales que pueden ocasionar defectos en la construcción.

Las condiciones y el método de secado que se aplique, que puede ser por al aire libre o en cámara, pueden originar consecuencias que definan las propiedades resistentes de la madera. En la siguiente tabla se aporta un ejemplo. (Fritz Durán, A. – 2003)

HUMEDAD	DIMENSION	CONTRACCION %
Verde -12%	Tangencial	4,0
	Radial	2,0
	Longitudinal	0,1
	Volumétrica	6,0
Verde-Seco en cámara	Tangencial	7,0
	Radial	3,4
	Longitudinal	0,2
	Volumétrica	10,5

Tabla 1 Contracción volumétrica en % según plano de referencia

### 2.2.5 Propiedades eléctricas:

La madera sin humedad o madera anhidra es un excelente aislante eléctrico. La madera en sí es un material poco conductor, por lo que la presencia de agua en el material es el que determina si es conductor de electricidad conforme al grado de humedad.

En estado anhidro y a temperatura ambiental la resistencia eléctrica de la madera es  $10^{16}$  ohm-metro aproximadamente y variando según su naturaleza. No obstante, la temperatura también puede afectar a la resistividad y es que cada  $10^{\circ}\text{C}$  se dobla. Teniendo en cuenta que los valores son bajos inicialmente se desprecia el efecto de la temperatura en obras normales.



Figura 16 Paso de electricidad a través del agua de la madera

Este es el efecto que puede dejar las quemaduras por electricidad si pasa a través del agua contenida en la madera. (Fernández-Folfin Seco, J.J. – 2005)

### 2.2.6 Propiedades acústicas:

El aislamiento acústico a un ruido depende las propiedades mecánicas del material y responde a la ley de la masa. Esta ley de la masa relaciona aislamiento acústico de un material con la densidad del material y la frecuencia del sonido.

Una estructura porosa como la de la madera, absorbe energía mecánica transportada por las ondas del sonido que se transforman en calor por el rozamiento, es decir, la madera por su composición porosa absorbe las ondas y las transforma, haciendo más difícil que la atraviesen y convirtiéndose por ello en buen aislante acústico. Por este principio, la rigidez del material afecta al aislamiento acústico.

Dentro del rango de maderas, elementos constructivos fabricados con especies de mayores densidades como pueden ser las maderas tropicales, van a ofrecer un mayor aislamiento acústico que especies con densidades inferiores como las coníferas.

Cabe añadir que todo y que puede ser un material que aisle bien, dado la ligereza general de la madera no es el material más idónea ni eficiente aunque si pueda aportar soluciones estéticamente superiores. (Woodproducts.fi - 2017)

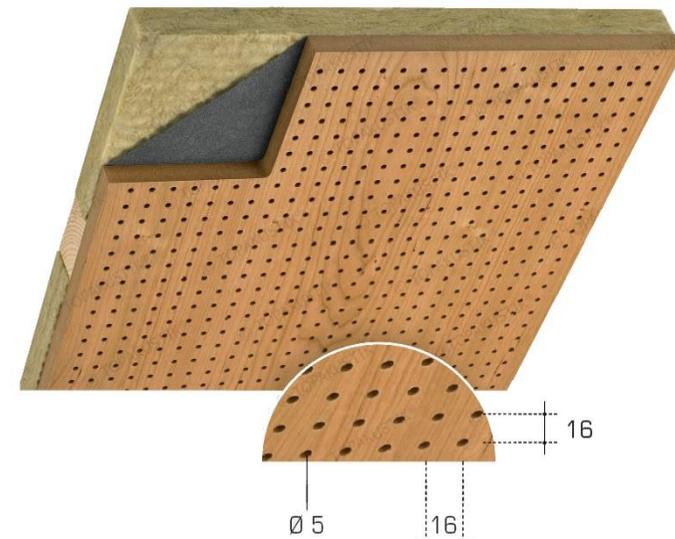


Figura 17 Panel acústico con recubrimiento de madera

### 2.2.7 Propiedades térmicas:

La conductividad térmica de la madera es relativamente baja comparada con la de otros materiales comunes como el hormigón o el acero y es debido principalmente a su porosidad. Esto quiere decir por lo tanto que cuanto menos densa es una madera tiene mejores prestaciones para el aislamiento, y a la inversa cuanto más densa es disminuye su conductividad térmica.

Debido a la anisotropía de la madera, frecuentemente la conductividad térmica en el sentido de la veta es el doble que en el sentido perpendicular. Ejemplificando, en el pino común se han registrado valores de  $0,22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  mientras que en el sentido perpendicular a la veta eran de  $0,14 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

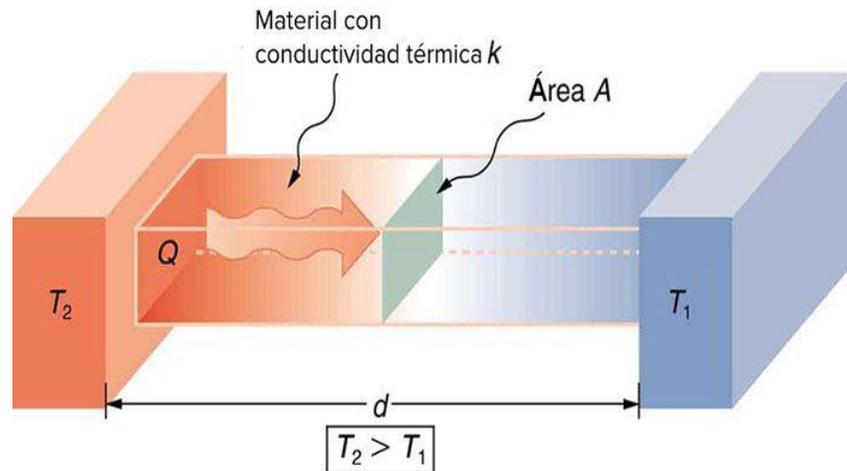


Figura 18 Transmitancia

La humedad también influye en la conductividad térmica. Al aumentar la humedad de la madera suele aumentar la conductividad térmica debido al agua que se infiltra entre los poros y que hace de puente.

Con la temperatura resulta lo contrario que con la humedad, a medida que desciende la temperatura suele aumentar la resistencia. La expansión térmica que experimenta la madera en el sentido de la veta es muy reducida. En cambio, los cambios de temperatura son mucho mayores en el sentido radial y tangencial. No obstante, contrastes fuertes de cambio de temperatura a la larga dañan la resistencia de la madera, deteriorando las células de las que está compuesta. A temperaturas bajo cero por ejemplo el agua que pueda haber dentro de la madera puede congelarse y ocasionar daños por la expansión del volumen.

A pesar de sus buenas prestaciones térmicas, la madera no se suele usar singularmente para tratar aspectos de aislamiento térmico y usualmente se recurre a los sistemas mixtos como paneles sándwich para aislar correctamente.

(LaMadera.net – 2018)



Figura 19 Panel sándwich con recubrimiento de madera

### 2.2.8 Propiedades mecánicas:

Estas propiedades marcan la capacidad resistente que tiene la madera frente a esfuerzos. Estos esfuerzos son cualquier solicitación que pueda alterar su tamaño, dimensión o que produzca deformaciones.

Para determinar las propiedades se realizan ensayos empíricos sobre las piezas normalizadas de madera y se obtienen los valores límite medios, que determinan los esfuerzos a los que pueden estar sometidas las piezas. Estos esfuerzos se acotan a unidades de superficie unitarias, y se llaman tensión unitaria.

Cuando la carga que se realiza sobre un cuerpo aumenta se produce una deformación que aumenta paulatinamente. Se establece una relación lineal tensión-deformación hasta llegar a un punto (límite elástico) donde la relación cambia hasta llegar a la rotura. (Fritz Durán, A. – 2003)

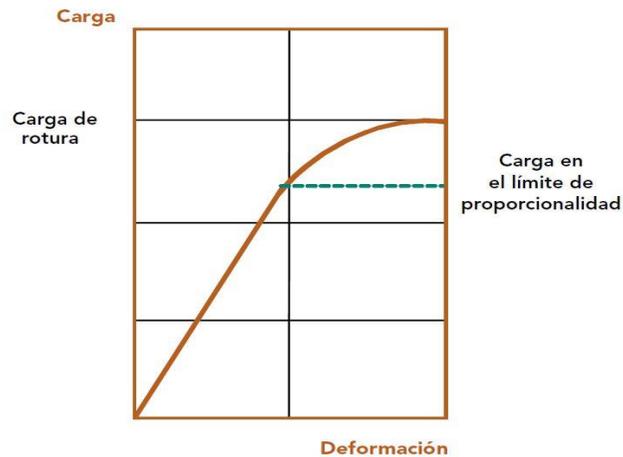


Figura 20 Gráfico Carga-Deformación Madera

\*El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica. \*(Fritz Durán, A. – 2003)

Las deformaciones que se experimentan hasta llegar al límite de proporcionalidad o límite elástico no son permanente, pero una vez se rebasa el límite si podemos hablar de deformaciones permanentes.

La **rigidez** es la propiedad que define la resistencia que ofrece un cuerpo a ser deformado. Para medir en madera la rigidez se utiliza el módulo de elasticidad  $E$  que es la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud.

Los esfuerzos a los que se ven solicitadas las piezas en la construcción de madera suelen ser tres. Flexión estática. Compresión paralela a las fibras y Tracción paralela a las fibras. (Confemadera – (2006)

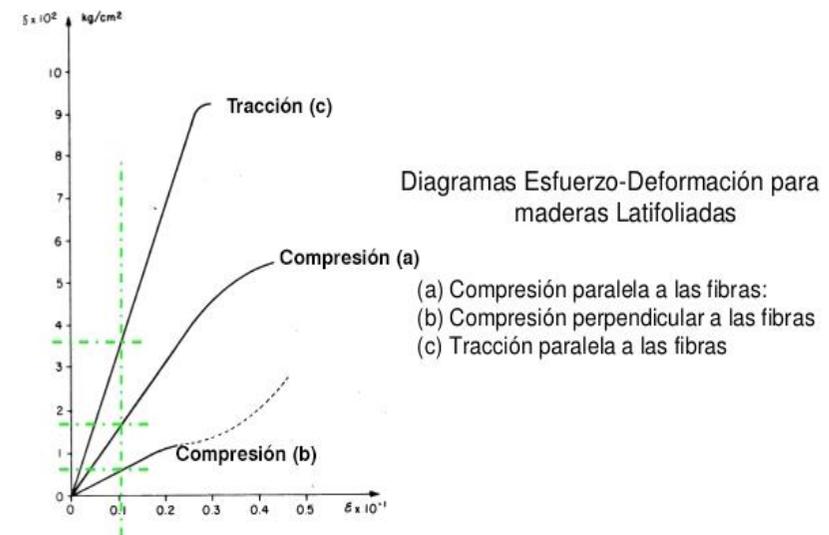
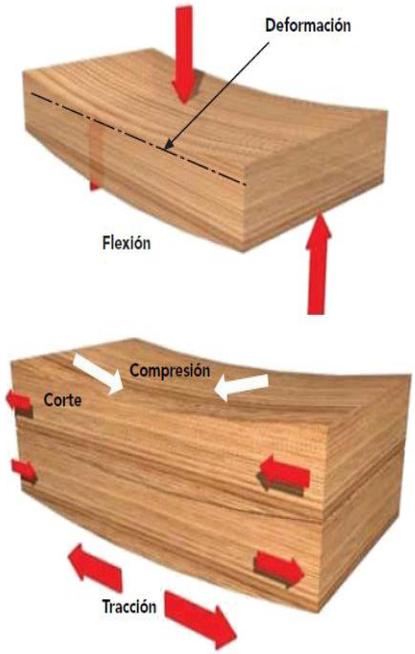
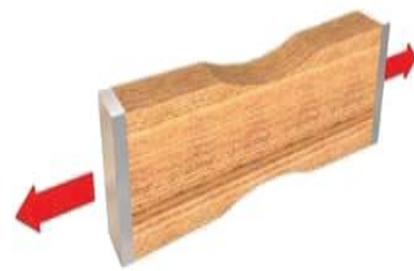
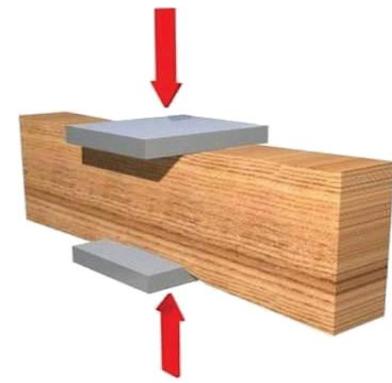


Figura 21 Tensión-Deformación según la dirección de las fibras

Flexión estática	Compresión paralela a las fibras
 <p>Figura 22 Fuerza deformada a flexión</p>	 <p>Figura 23 Compresión paralela</p>
<p>Resistencia de una viga a una carga puntual aplicada en el centro de la luz. Determina la tensión en el límite de proporcionalidad, la tensión de rotura y el módulo de elasticidad.</p>	<p>Resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras. Determina la tensión en el límite de proporcionalidad, la tensión de rotura y el módulo de elasticidad.</p>

Tracción paralela a las fibras	Compresión normal a las fibras
 <p>Figura 24 Tracción paralela</p>	 <p>Figura 25 Compresión perpendicular</p>
<p>Resistencia de una carga de tracción en dirección paralela a las fibras. En maderas por norma general da valores aceptables, pero dependiendo de la naturaleza de las fibras puede dar capacidades nulas.</p>	<p>Resistencia de la madera a una carga en dirección perpendicular a las fibras. Se aplica de forma radial, y debido a la anisotropía de la madera da valores muy inferiores a los de la dirección de las fibras.</p>

(Fritz Durán, A. – 2003)

### 2.2.8.1 Variables que pueden afectar a las propiedades mecánicas:

Debido a la estructura natural de la madera hay una serie de variables que pueden afectar la capacidad portante de la madera.

-**Defectos** de la madera: irregularidades físicas y o químicas que pueda afectar a aspectos de la resistencia, durabilidad y determinar un límite de uso.

Se puede nombrar una serie de defectos comunes que más inciden sobre las propiedades de la madera:

- Nudos sueltos: Abertura de sección aproximadamente circular correspondiente a ramificaciones que había en el árbol. Dependiendo de su posición son más o menos tolerables.
- Rajaduras o grietas: Huecos o aberturas que se forman cuando se separan las fibras de la madera. Pueden afectar a una o más caras de la pieza.
- Inclínación de las fibras: Cuando se produce una desviación en el ángulo de las fibras de la madera respecto al eje longitudinal de la pieza.
- Pudrición: Degradación o descomposición de las células de la madera debido a la presencia de organismos. La madera pierde paulatinamente resistencia por lo que no se debe permitir.
- Otros defectos que en menor grado inciden son las bolsas de corteza y resina. A efectos prácticos estas concentraciones de material menos portante tienen los mismos efectos que los nudos antes descritos.
- Perforaciones: Orificios originados por la presencia de insectos que se alimentan del material.
- Acebolladuras: es un tipo de rajadura o grieta que tiene lugar entre dos anillos.

- Alabeos: Efecto típico del secado inadecuado, son deformaciones que experimenta la pieza en dirección de sus ejes. Puede tener varias formas, acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura.
- Colapso: durante el secado las dimensiones de la madera pueden reducir por un aplastamiento de sus células. Este efecto no es tolerable y es previsible.
- Presencia de Médula: Se trata del tejido interior del árbol que por lo general es blando y no muy apto para la construcción.

- **Densidad:** Variable importante para determinar la resistencia de la madera. Las maderas más densas suelen tener resistencias más altas.

- **Contenido de humedad:** Cuando la humedad de la madera baja del punto de saturación las células se compactan originando mayor rigidez y mayores resistencias.

- **Temperatura:** Las propiedades mecánicas de la madera suelen descender cuando aumenta la temperatura.

- **Contenido de albura y duramen:** Las propiedades que aportan ambas partes no ofrecen diferencias significativas.

- **Temporada de corte:** No es determinante pero si las condiciones en que se procesa y se seca.

- **Tratamientos:** Se ha demostrado que algunos tratamientos pueden disminuir la resistencia. Ej. Para conseguir una buena impregnación se somete la pieza a presión y la debilita.

*(Fritz Durán, A. – 2003)*

### 2.3 Tipos de madera:

Tradicionalmente se puede clasificar la madera según su dureza.

Las maderas duras son más pesadas y densas que las maderas blandas, por lo que habitualmente se usan en elementos que reciben más cargas como los pilares, cerramientos portantes, cubiertas o forjados.

Las maderas blandas por otra parte son menos densas y por tanto más ligeras que las anteriores, por lo que se suelen utilizar para la construcción de elementos de partición interior, marcos de ventana, muebles, etc.

Un tercer caso son las maderas artificiales que ofrecen diversas posibilidades en función de su composición y sus prestaciones avanzan según la tecnología del sector.

Dentro del ámbito de estudio se habla de las maderas naturales:

**Madera dura:** las maderas provenientes de árboles de crecimiento lento y hoja caduca suelen presentar un grado de dureza mayor. El resultado suele dar maderas más resistentes pero más pesadas, dando a su tiempo mayores prestaciones en aislamiento térmico y resistencia frente al agua. Suele ser un material más escaso que la madera blanda y consecuentemente más caro.

- Roble: Grandes cualidades de flexión y durabilidad. Apto para construir pisos, muebles y revestimientos interiores.
- Fresno: Flexible y resistente, se usa para piezas curvas.
- Caoba: Tiene una alta densidad y durabilidad, se recomienda para zonas húmedas.
- Castaño: Debido a su durabilidad y a su poca variación en volumen con los cambios de humedad, se usa en zonas húmedas, bodegas, establos y sótanos.

- Teca: El aceite que se extrae de esta madera lo hace muy resistente, se usa para suelos, revestimientos, mobiliario. Madera de apariencia noble.
- Olmo: Sus tonalidades oscuras lo hacen muy atractivo para mobiliario, pero se usa también para suelos.

**Madera blanda:** Son maderas más ligeras que las duras como norma general, y suelen tener un coste bastante inferior por lo que su uso es más extendido. Proviene de árboles de crecimiento rápido, de hoja perenne y algunos coníferos.

La referencia a su menor grado de dureza no implica que sean menos resistentes que las duras, sino que esta referencia asume que tienen mejor trabajabilidad y son más dúctiles.

- Cedro: madera resistente a ataques y por ser ligera se utiliza en cubiertas y estructuras.
- Ciprés: durable frente a humedad e insectos, se usa en tableros.
- Abeto: madera de buena calidad y resistente a la humedad. Se usa para la obtención de chapa para muebles y en el revestimiento de edificios.
- Pino: es una madera abundante, impregnable y fácil de trabajar.
- Platanero: se utiliza para revestimientos en forma de chapa, en marquetería, para herramientas, etc.
- Chopo: se usa para obtener chapas y tableros contrachapados.

En el anexo final del presente documento se añaden descripción, trabajabilidad y prestaciones de cada una de estas maderas.

*(Camino a casa, Catalogo comercial – 2013)*

## 2.4 Elementos conformadores

En el presente apartado se aporta información complementaria sobre los elementos de madera que conformar cada una de las partes del entramado.

Podemos distinguir principalmente dos grandes grupos de elementos conformados en madera:

- Piezas lineales destinadas a formar la estructura principal.
- Los tableros estructurales que rigidizan los módulos.

Cada uno de estos elementos puede formarse de diversas maneras que presentan una serie de características que las hacen más o menos idóneos para su utilización conforme a la situación de proyecto.

Así, se recogen materiales y productos habituales en el mercado de construcción en madera en del panorama europeo que son aptos y se utilizan normalmente para la construcción con entramados ligeros.

A continuación se nombran las más usadas siguiendo una parametrización de propiedades. *(Elaboración propia – 2018)*

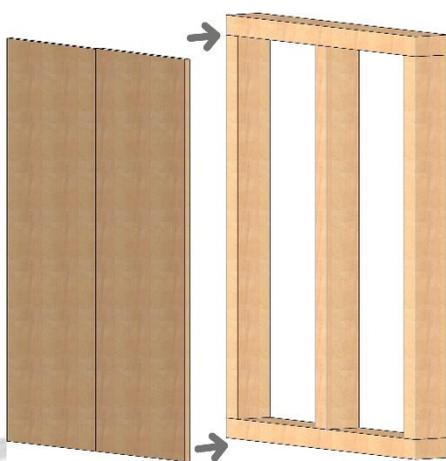


Figura 26 Tablas + Entramado

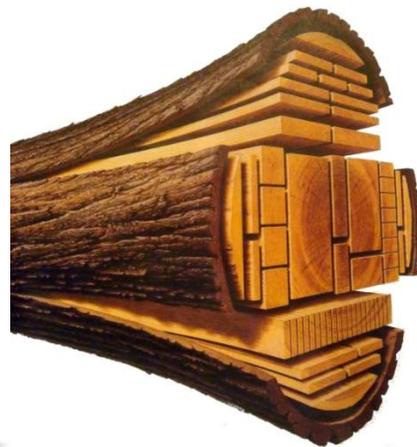


Figura 27 Desglose del tronco

## Piezas lineales

### Madera de rollo

#### Formación:

Estas piezas de madera lineal suelen tener sección circular y se forman por el desramado del árbol y quitando la corteza.

La mayoría de estas maderas provienen de limpiezas de bosques que se realizan con árboles de joven edad.

#### Dimensiones:

Sus dimensiones suelen estar limitadas por su procedencia a un ámbito de 14 m de largo y secciones de un máximo de 130 mm de diámetro. Se pueden encontrar mayores dimensiones pero no es lo habitual.

#### Especies:

Pino, Castaño, Roble, Chopo, Eucalipto.

#### Aplicaciones:

- Pies derechos
- Viguetas de forjado y bajo cubierta
- Embarcaderos
- Pilotes de cimentación
- Cercados o empalizadas.

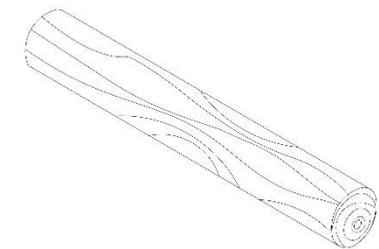


Figura 28 Madera de rollo

#### Conclusiones:

No es la madera más extendida para su uso en entramados debido a su geometría aunque originalmente si se usara por su rapidez de formación. Puede padecer cambios de volumen algo abruptos por su naturaleza aunque se puede tatar conforme a las necesidades de proyecto para evitar la absorción de humedad. *(Confemadera – 2006)*

### Madera aserrada

#### Formación:

Estas piezas de madera lineal suelen tener sección rectangular y se forman por los cortes en el leño del árbol.

La mayoría de estas maderas provienen de árboles criados específicamente para su posterior tala i aserrado.

#### Dimensiones:

Se suele utilizar principalmente para luces pequeñas (de 4 a 6m) aunque pueden usarse para luces medias (6 a 17m).

Según las luces que deban cubrir y las solicitaciones que deban absorber su escuadría puede ir desde los 38x100 a los 100x225 mm.

#### Especies:

Pino (silvestre, laricio, pinaster, radiata), Castaño, Roble, Chopo y Eucalipto.

#### Aplicaciones:

- Montantes de muros entramados
  - Viguetas de forjado y bajo cubierta
- Debido a la crudeza del tratamiento son maderas que se usan siempre con recubrimientos.

#### Conclusiones:

Es el tipo de madera que se suele utilizar para los entramados ligeros por su capacidad mecánica y estándares de producción.

No obstante, siempre ha de ir debidamente protegida bien por los recubrimientos necesarios o resguardándola como sea necesario dentro del cerramiento, pues no tiene el mejor comportamiento frente al fuego ni contra amenazas biológicas.

Si bien no existen estándares claros, ya que depende de cada país, en España el más extendido para montantes es 40x100 mm. (*Confemadera -2006*)

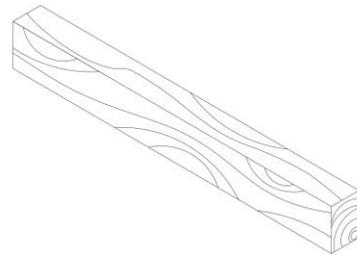


Figura 29 Madera aserrada

### Madera empalmada

#### Formación:

Estas piezas de madera lineal suelen tener sección rectangular y se forman por empalme de piezas de madera aserrada.

Para la unión por entalladura múltiple se utilizan adhesivos incoloros y translucidos por lo que no se aprecian una vez realizada la unión.

#### Dimensiones:

Aportan las mismas soluciones que el caso anterior solo que son más homogéneos. Se estandariza una longitud máxima de 14 metros por el transporte aunque puede ser superior, llegando a los 16 m.

La sección máxima es de 120x240 mm.

#### Especies:

Falso abeto, pino silvestre, Castaño, Alerce y Eucalipto.

Se puede utilizar cualquier especie que acepte la aserradura y el encolado, pero estas son las más comunes.

#### Aplicaciones:

- Montantes de muros entramados
- Viguetas de forjado y bajo cubierta

Las mismas aplicaciones que la madera aserrada pero con la ventaja de ser más homogéneo.

#### Conclusiones:

Las propiedades y ámbito de uso son los mismos que en la madera aserrada siempre que se garantice la estabilidad de las uniones.

La diferencia principal es el grado de perfección que alcanzan estas piezas frente a las aserradas, puesto que se pueden eliminar los defectos y continuar la misma luz.

El contenido de humedad también es algo más reducido (15%) para garantizar que los cambios volumétricos no afecten a las uniones. (*Confemadera - 2006*)

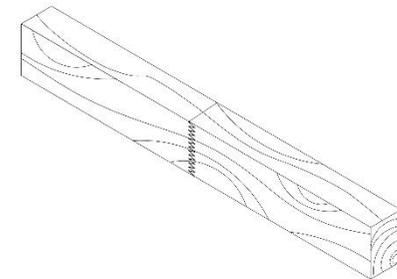


Figura 30 Madera Empalmada

### Madera aserrada encolada

#### Formación:

Estas piezas de madera lineal suelen tener sección rectangular y se forman por el encolado en paralelo de 2 o 3 piezas para conformar un perfil más grande.

#### Dimensiones:

Dependiendo del número de elementos, las dimensiones pueden variar por la naturaleza de la unión.

En los dúos la dimensión oscila entre 100x100mm a 240x 160mm

En los tríos la dimensión puede ir entre los 120x180 a los 220x240.

Hay una serie de medidas intermedias que vienen determinadas por las dimensiones del perfil unitario.

La máxima luz que pueden cubrir son 18m

#### Especies:

Abeto o falso abeto, pino (silvestre, laricio, Oregón), Abeto blanco.

Se puede utilizar cualquier especie que acepte la aserradura y el encolado, pero estas son las más comunes.

#### Aplicaciones:

- Montantes de muros entramados
- Viguetas de forjado y bajo cubierta

Las mismas aplicaciones que la madera aserrada pero con la ventaja de ser más homogéneo y poder cubrir mayores luces.

#### Conclusiones:

Hay que tener especial cuidado con las superficies de encolado, comprobar la humedad y si ha recibido algún tratamiento que pueda afectar a la unión.

Los perfiles se pueden colocar tanto en horizontal como en vertical, dependiendo de las condiciones del proyecto.

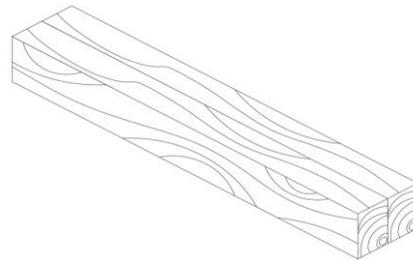


Figura 31 Madera aserrada encolada

### Otros

Además de los citados que son comúnmente los más usados para los sistemas de entramado ligero, se pueden encontrar otros materiales hechos de madera que pueden ser utilizados, pero que por su disposición, propiedades y economía no se suelen utilizar.

- Madera laminada encolada.

Se forman por el encolado de piezas de láminas de madera en dirección transversal. Estas láminas tienen un espesor de 6 a 45 mm. Ofrece unas propiedades mecánicas muy buenas que permiten cubrir grandes solicitaciones y luces, pero son elementos más pesados y económicamente más caros que los anteriores.

- Madera microlaminada

Las piezas están compuestas por chapas de madera más delgadas con las fibras orientadas en una misma dirección.

Es un material diseñado específicamente para el uso estructural ya que ofrece grandes prestaciones mecánicas y un peso relativamente ligero, pero también un alto coste.

- Madera reconstituida

Es un material que se reconstituye a base de chapas tiras o virutas de madera que se encolan para formar un conjunto.

Esto permite gran versatilidad y dimensiones, permitiendo reutilizar restos y conformar nuevos materiales.

(Confemadera – 2006)

**Tableros estructurales:**

Son productos que se obtienen encolando o aglomerando listones, virutas chapas o cualquier elemento que contenga fibras de madera, que se caracterizan por tener una gran superficie y un espesor reducido.

Su principal misión en el entramado de madera es la de absorber las cargas horizontales y transmitirla al entramado al mismo tiempo que trabaja para arriostrar todos sus elementos lineales y lograr más estabilidad.

Se forman a través de la optimización de recursos. Bien sea por restos o por aprovechamiento de piezas pequeñas, mediante adhesivos y la propia geometría de los elementos se unen las piezas para conformar elementos más grandes.

El adhesivo que se utiliza depende del tipo del tipo de tablero y la exposición y uso que se dé del mismo.

En el caso de los tablero estructurales los más utilizados son Urea Formol para interiores y Fenol formaldehído para exteriores.

Además se pueden añadir aditivos que ayuden a mejorar las prestaciones como repeler la humedad, mejoras las propiedades ignífugas o insecticidas y fungicidas.

A continuación se describen algunos de los tipos de tablero más utilizados, así como sus dimensiones y propiedades.

*(Confemadera – 2006)*

**Tableros de madera maciza**

Están formados por tablas más pequeñas que se unen entre sí mediante colas o uniones machihembradas. También pueden formarse por una serie de capas superpuestas entre sí, aunque la solución más común es monocapa.

Las dimensiones dependen del número de capas.

- Monocapa 870x500mm y 22-27 mm de espesor
- Multicapa 2050x500mm y espesor variando dependiendo del número de capas. Tricapa 12-60 mm

Multicapa: 35 a 52 mm

Las especies más comunes:

Abeto, Pino marítimo. Pino radiata. Castaño

**Tableros contrachapados**

Formados por encolado de chapas de madera de espesor reducido (2 a 3 mm) dispuestas con la misma dirección de fibras de dos en dos y alternando en dirección perpendicular las capas sucesivas.

La disposición debe ser simétrica, con un número impar de capas y mínimo 3 capas.

Las capas interiores pueden utilizarse Urea (interior) y en las exteriores Fenol (exterior), según la clase de exposición al ambiente.

Las dimensiones más comunes oscilan desde 1220x2440mm a 1525x3050mm. No obstante, con el conformado adecuado se pueden llegar a paneles de gran formato.

Las especies más comunes:

Abeto, Pino marítimo. Pino radiata. Abedul, Pino Oregón.

*(Confemadera – 2006)*

### Tableros de partículas:

Estos tableros se fabrican aplicando calor y presión sobre la base de elementos en forma de partículas (serrín, virutas pequeñas, astillas y demás formas reducidas) y la adición de algún material aglomerante.

Según el tipo de ambiente y el uso se determinan una serie de tipos de tableros de partículas.

Las dimensiones que pueden presentar són muy variadas.

Desde anchuras de 2050 a 4800 y alturas de 1220 a 2500 mm.

Los espesores más habituales son 16 a 30 mm.

Las especies más utilizadas. Abeto, pino, haya, chopo o roble.

Existe una variante de estos tableros donde se utiliza cemento como aglomerante, de mayor o menor densidad.

### Tableros de virutas orientadas OSB

Estos tableros se fabrican encolando virutas de madera. Las capas interiores y exteriores tienen orientación de las fibras perpendiculares entre sí, lo que puede originar diferencia de propiedades dependiendo de la dirección.

Según su uso y tipo de ambiente se colocan aditivos pertinentes para absorber sollicitaciones o por absorción de humedad.

Su producción en anchura está bastante estandarizada, con un módulo de 1220mm de ancho, variando en altura de 2440 a 3660mm.

Los espesores pueden variar de 6 a 38 mm.

Las especies más utilizadas. Pino (marítimo, Oregón), chopo y abedul. (Confemadera – 2006)

### Tableros de fibras

Se conforman con el mismo proceso de calor y presión pero con un tamaño de elementos de madera mucho menor. Estos mismos elementos pueden contar con propiedades aglomerantes para unirse y formar una masa entre sí o puede requerir de aditivos.

Los diferentes tableros de fibras se clasifican según la humedad del ambiente al que se exponen y exposición, por su densidad y por su dureza.

Las dimensiones que presentan siguen los mismos estándares de modularidad que los tableros OSB, 1220mm de ancho y 2440 a 3660mm de altura. Sin embargo el espesor puede ser menor, variando desde los 1,5 mm hasta los 9 mm. Son tableros muy finos.

Las especies más utilizadas en su fabricación son los pinos y el eucalipto, arboles con un tamaño de fibra pequeño. (Confemadera – 2006)

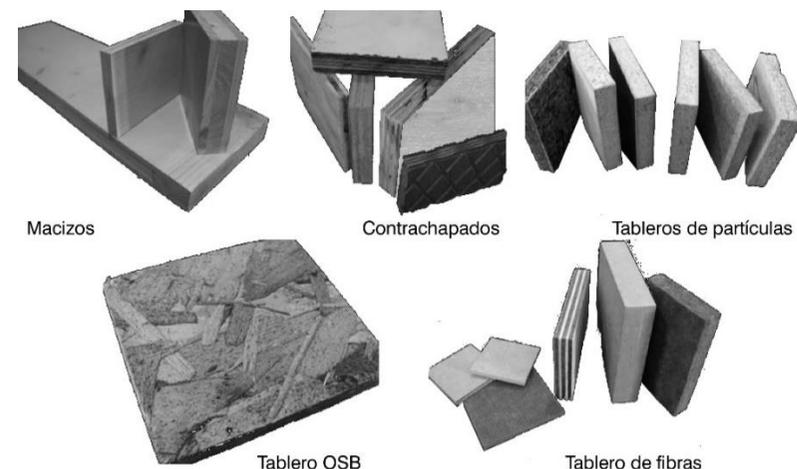


Figura 32 Tableros estructurales



### 3. Sistemas de edificación con madera

En el caso de la madera y si distinguimos el caso particular de la construcción de viviendas unifamiliares aisladas se pueden distinguir cuatro tipos de edificación según su conformado constructivo.

- Sistema de entramado ligero: Consiste en una trama de elementos lineales de sección reducida (de 36 a 70 mm de espesor) que se colocan a distancias pequeñas (inferiores a un 1m), que se arriostran entre sí mediante tableros estructurales para trabajar de manera colaborativa. De esta manera, el cerramiento forma parte de la estructura y viceversa. (Confemadera – 2006)

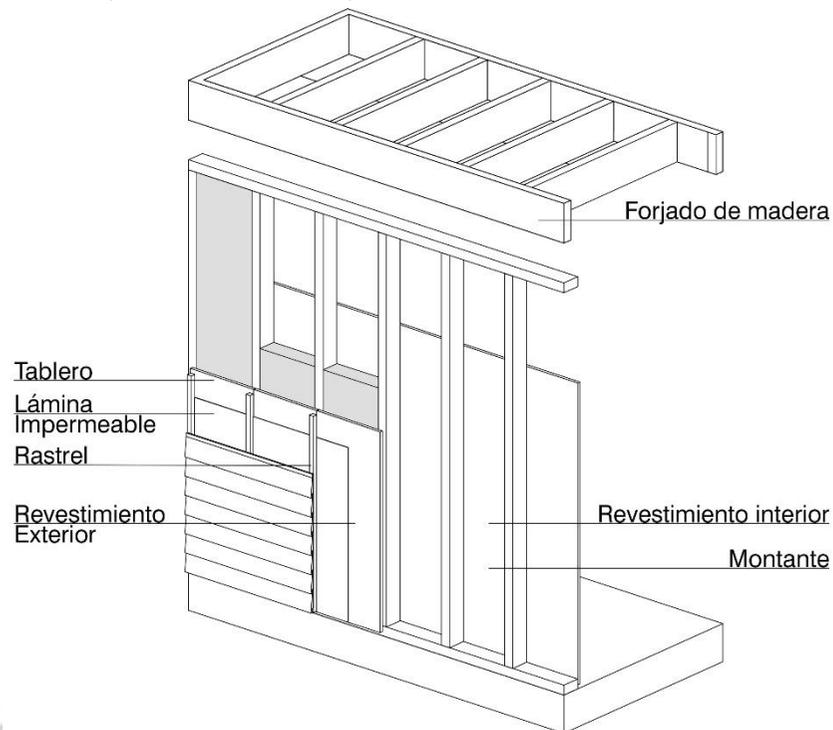


Figura 33 Entramado ligero

- Sistema de entramado pesado: Igual que el anterior consiste en una trama de elementos lineales pero de secciones superiores (de 80 a 100mm de espesor) que se colocan a distancias superiores y que se asemejan a los sistemas esqueléticos de acero. El cerramiento en este tipo de sistema constructivo es indiferente a la estructura, por lo que aporta más versatilidad. Los elementos estructurales suelen dejarse vistos. (Confemadera – 2006)

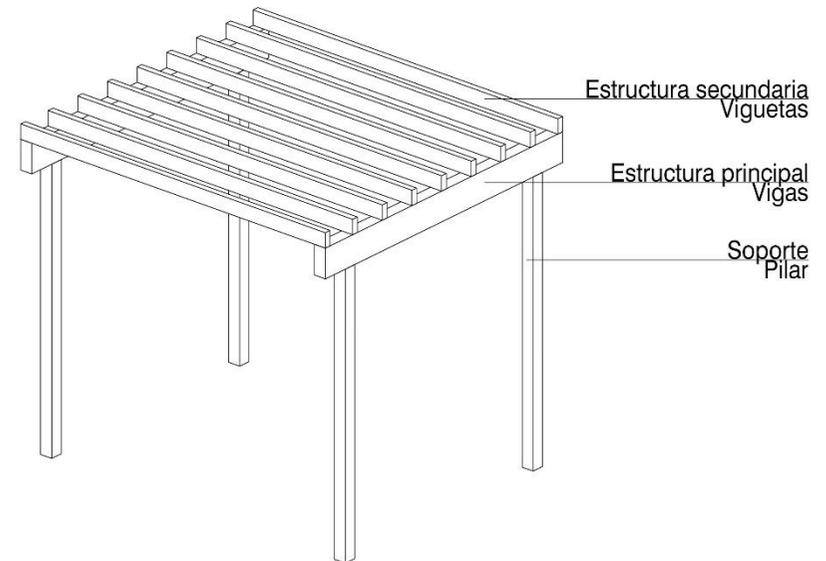


Figura 34 Entramado pesado

- Sistema de tableros contralaminados: La estructura se conforma mediante tableros contralaminados (de unos 70 a 500 mm de espesor) que se pueden colocar tanto en fachada como en particiones, forjados y cubiertas. Los tableros se suelen proteger y aislar correctamente por exigencias de durabilidad, estética y protección frente al fuego. (*Confemadera – 2006*)

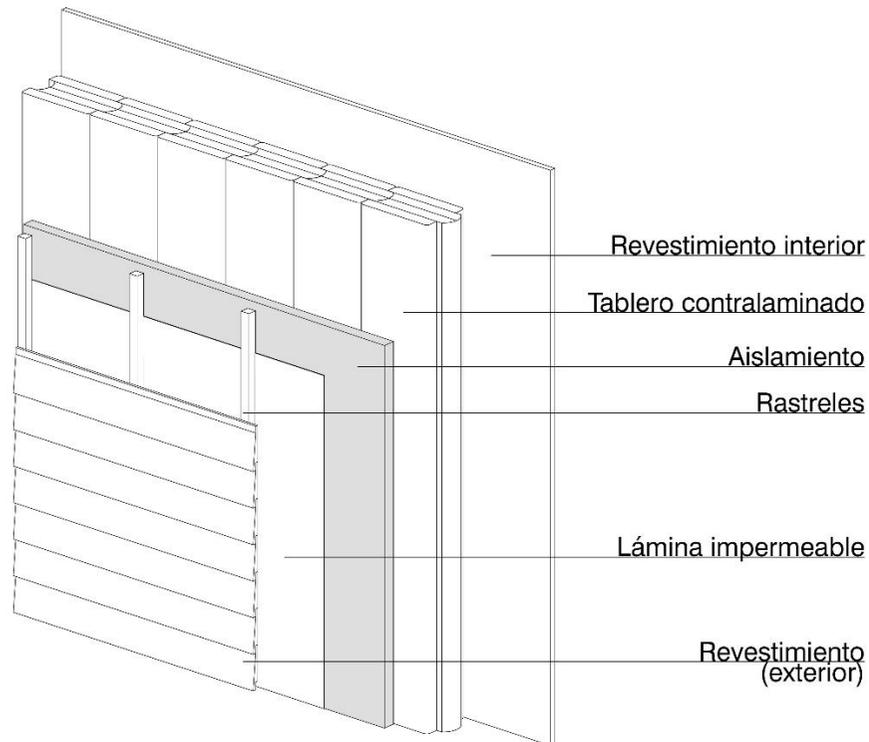


Figura 35 Estructura con Tableros contralaminados

- Sistema de muros de troncos o bloques de madera: Este sistema se utiliza solamente en elementos verticales puesto que están conformados por piezas más reducidas que se ensamblan entre sí. Se suelen combinar con los sistemas anteriormente mencionados para construir forjados y cubiertas. (*Confemadera – 2006*)

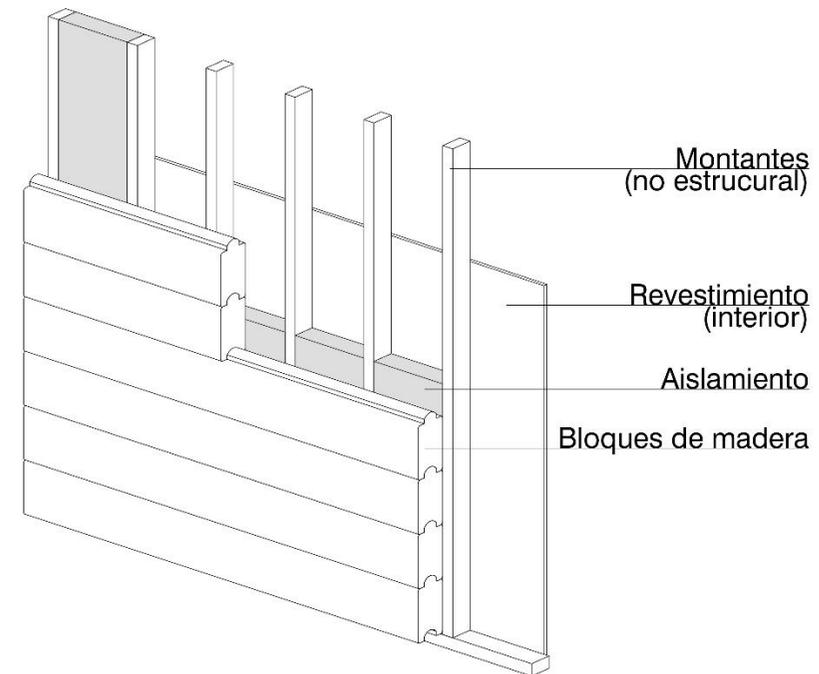


Figura 36 Estructura con bloques de madera

Cabe destacar que pese a esta clasificación, las viviendas no siempre se construyen íntegramente en madera pudiéndose combinar formando sistemas mixtos con fábrica o hormigón.

### 3.1 Sistema de entramado ligero:

Actualmente i dentro de los sistemas constructivos que utilizan madera, en vivienda unifamiliar aislada es el más utilizado porque es sencillo, la prefabricación de sus elementos está estandarizada y permite que se construya de manera rápida y eficaz.

En las viviendas unifamiliares aisladas el sistema de entramado ligero emplea una distinción de elementos y funciones diferente a la empleada en los sistemas constructivos tradicionales. Por la naturaleza de su construcción, se diferencian una serie de partes:

- Estructura principal: Conformada por montantes viguetas y cerchas, normalmente recibe el nombre de entramado principal.
- Estructura secundaria: Conformada por aquellos elementos que ayuda a redistribuir los esfuerzos para transmitirlos a la estructura principal, como puede ser el entrevigado o los tableros de soporte de fachada y cubierta.
- Revestimientos: todos los elementos que no tienen función estructural y que tienen como finalidad proteger o aportar prestaciones térmicas o acústicas, además de la función estética de los acabados.

Este sistema también llamado “light frame” se basa en una serie de elementos lineales ligeros a modo de muros que se sitúan a distancias reducidas y que se encuentran arriostrados tanto por arriba como por abajo para trabajar de forma conjunta.

(Serra Soriano, B.; Díaz Segura, A.; Merí de la Maza, R.- 2016)

Las piezas que forman parte del sistema están muy estandarizadas, lo que permite reducir costes y rapidez de aplicación. Esto por el contrario también implica que se estreche el rango de dimensiones que se pueden adoptar y limita en medida el proceso de diseño. Por ello su utilización es más predominante en el sector de vivienda aislada, debido a la menor exigencia de grandes luces. (Pita, C.- Quintáns, C. - 2015)

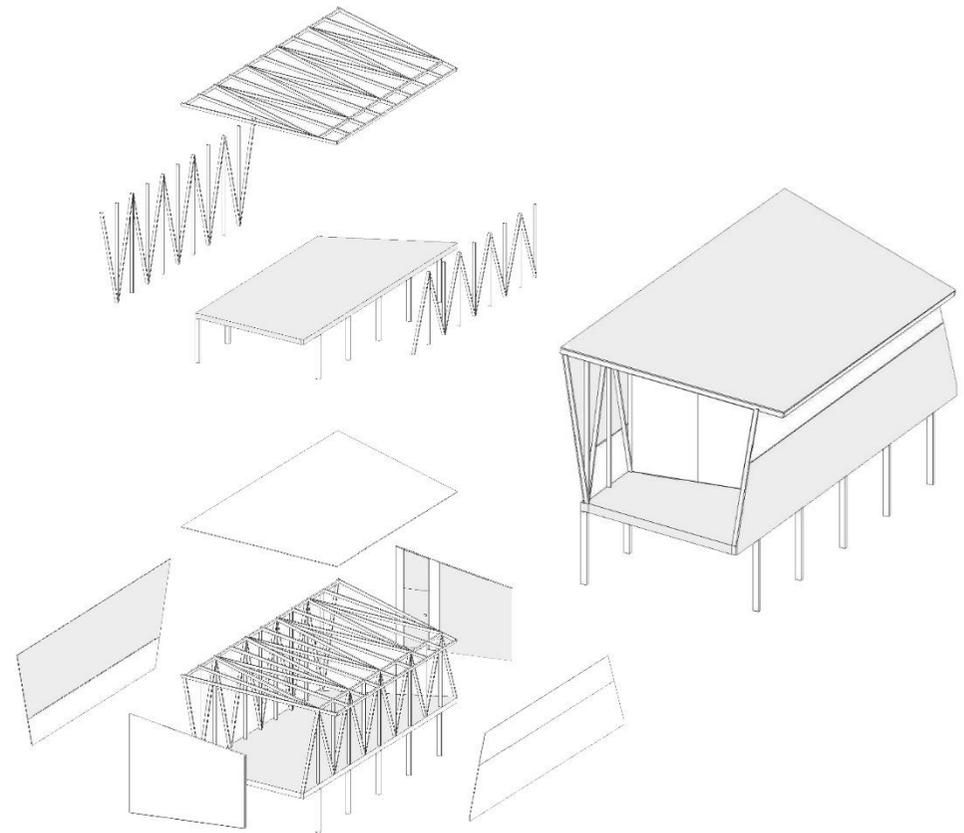


Figura 37 Desglose de un módulo con entramado ligero

Dependiendo del tipo de montantes, se puede diferenciar entre la estructura de globo o balloon frame, o el sistema de plataformas.

El sistema de globo que adquiere su fuerza por la multiplicidad de uniones que tiene, pero que normalmente ve limitado su uso a dos alturas debido a las restricciones del material.

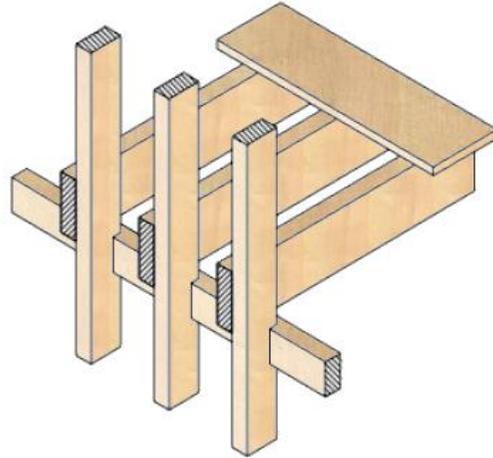


Figura 38 Unión sistema Balloon frame

El sistema de plataforma los montantes quedan interrumpidos en cada planta por la plataforma de forjado que hace a su vez de elemento arriostrante. Esto aporta más versatilidad permitiendo más alturas y mejores prestaciones.

(Palma Carazo, I.J.-2008)

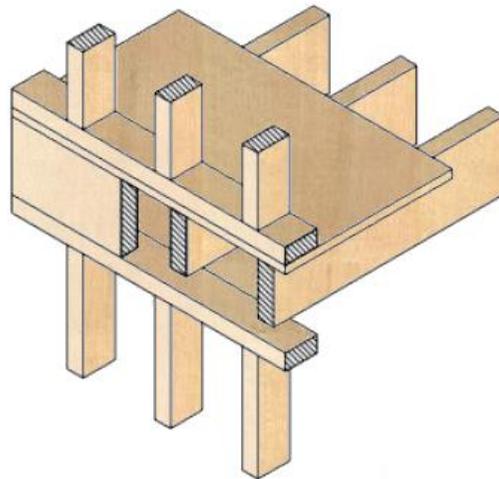


Figura 39 Unión sistema Plataforma

### 3.1.1 Sistema de globo

En la actualidad la utilización del **sistema de globo** es más escasa, si bien podríamos afirmar que es la base para los sistemas de entramado ligero. Va quedando en desuso debido a las limitaciones que e inconvenientes que sufre.

- Se ve confinado a dos alturas por la limitación de sus piezas.
- Tiene pero comportamiento frente al fuego al tratarse de piezas de mayor dimensión que permiten una mayor propagación del incendio.
- La prefabricación de las piezas es más complicada al ser piezas grandes.
- Las uniones son más numerosas y de más difícil ejecución.
- El arriostramiento que muestra el sistema de plataforma es mayor y por lo tanto denota más estabilidad.

(Huges, T.; Steiger L.; Weber J.- 2004)

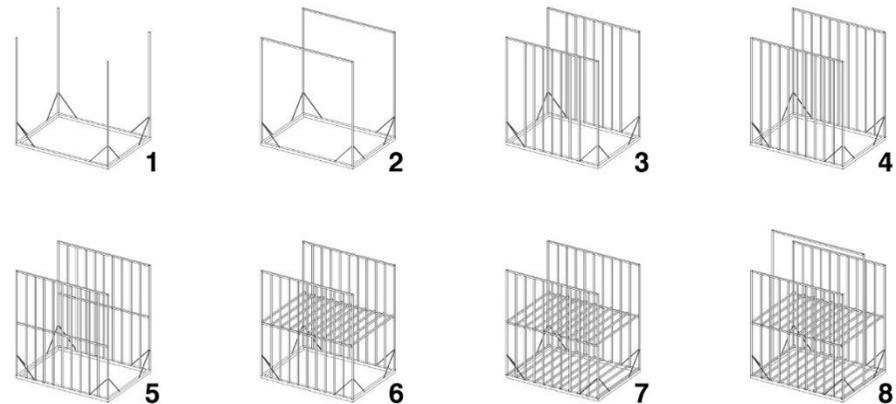


Figura 40 Proceso de conformado Balloon frame

### 3.1.2 Sistema de plataforma:

Este es el sistema resultante de la evolución del "balloon frame", donde con piezas verticales más cortas permitían construir más niveles. Debe su nombre a la forma en que actúan los niveles horizontales que rigidizan cada planta actuando como plataformas o losas, que a su vez sirven como base para construir el siguiente nivel.

La construcción como no puede ser de otra manera empieza desde la cimentación, que suele ser bastante menos potente que en los sistemas tradicionales debido a la diferencia de peso de los materiales. La madera es mucho más ligera que el acero o el hormigón y esto repercute en la cantidad de peso que debe repartir la cimentación sobre el terreno.

Sobre la cimentación se coloca la primera plataforma que conforma el suelo de la planta baja. Esta plataforma servirá de arranque para los muros de la planta baja que estarán formados por barras verticales portantes unidas por la base y la coronación disponiendo los huecos que sean necesarios para las necesidades del proyecto.

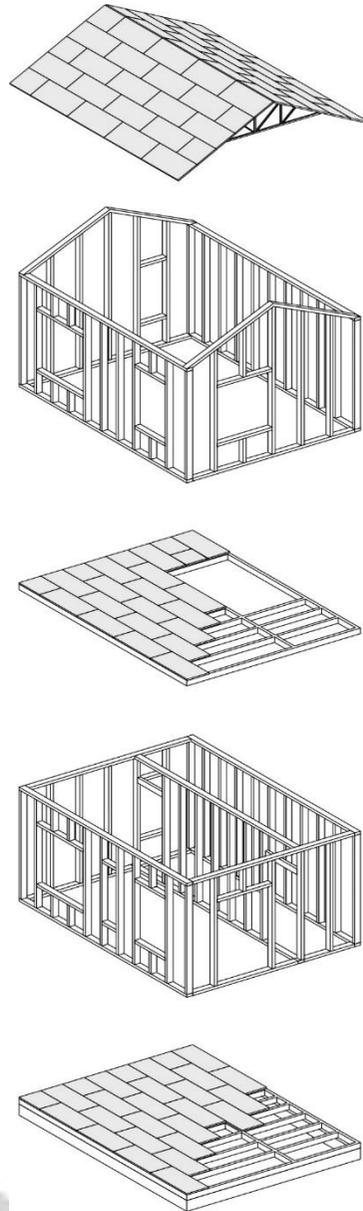


Figura 41 Planos de construcción del sistema de plataforma

Sobre los muros se colocan las vigas que conformarán la plataforma o forjado de la primera planta. Estas vigas se arriostraran con la colocación de los tableros y aportan rigidez al conjunto construidos hasta el momento.

Este proceso se repetiría según el número de plantas hasta llegar a la cubierta. En el caso particular de que la cubierta fuera inclinada la estructura de cerchas sería similar al conformado de plataformas.

Las instalaciones se colocan en la misma fase que la estructura, o como mínimo previendo los huecos necesarios para su paso.

Una vez finalizada la estructura comenzaría la fase de cubierta de exteriores, como puedan ser la cubierta, los cerramientos y ventanas. El material aislante se puede colocar bien como paneles exteriores o rellenando los huecos que dejan los entramados.

Finalmente se colocan los acabados exteriores e interiores.

*(Huges, T.; Steiger L.; Weber J.- 2004)*

### Componentes del sistema de plataforma

Para conocer más a fondo el sistema de plataforma se estudian por separado las partes de que está compuesto. Estas partes son: cimentación, entramados verticales, entramados horizontales y cubierta.

#### 3.1.2.1 Cimentación:

Como se ha mencionado anteriormente, la madera es un material ligero, y eso implica que en la construcción de entramados ligeros de madera el peso propio de la estructura sea muy bajo. Estas cargas más bajas influyen positivamente sobre el dimensionado y diseño de las cimentaciones.

En el sistema de entramados los muros de carga son los elementos de transmisión estructural sobre los cuales se debe realizar el diseño de la cimentación. Como elemento lineal, el muro debe transmitir los esfuerzos hasta el tipo de cimentación lineal seleccionado. Puede darse el caso de un pilar que se coloque para paliar los efectos de una luz demasiado grande, pero en este caso se solucionaría comúnmente con una zapata aislada.

En el caso de las estructuras de madera hay que evitar que la humedad llegue hasta el material, por lo que además de transmitir las cargas al terreno hay que pensar en el proceso de diseño en cómo evitar que el agua llegue a la estructura.

Para poder lidiar con estos problemas se plantean diferentes situaciones constructivas que vienen determinadas por la altura que se establezca para el primer nivel de la construcción. El primer forjado puede apoyarse directamente con el terreno, puede ir sobre una cámara de aire o existir un sótano.

La cimentación en sí suele seguir los sistemas convencionales, es decir de hormigón armado. También pueden aparecer otros materiales en la creación de muretes que eleven la altura para que sobre ellos repose el entramado.

*(Palma Carazo ,I.J.–2008)*

**Primer forjado en contacto directo sobre el terreno:**

La solución más utilizada para la construcción de viviendas con entramados ligeros de madera suele ser la de crear una solera de hormigón que repose sobre una capa de gravas que evita la ascensión del agua por capilaridad. Para asegurar que el agua no llega a la solera se coloca una lámina impermeable entre ambos medios.

La cimentación en sí suele realizarse con una zapata corrida de hormigón armado que sigue la trayectoria lineal de los muros de carga. Si es necesario se coloca un murete que puede ser del mismo material o de algún tipo de fábrica resistente que cumpla con las exigencias del CTE.

La colocación del murete sirve como arranque del muro estructural, pero además sirve para aislar la estructura de madera frente a la humedad. Este murete debe tener según la normativa un mínimo de 20cm según el CTE sobre el nivel del terreno. Para lograr una eficacia mayor la lámina impermeable se coloca entre el murete y el durmiente de arranque del muro que puede ir tratado.

*(Palma Carazo ,I.J.–2008)*

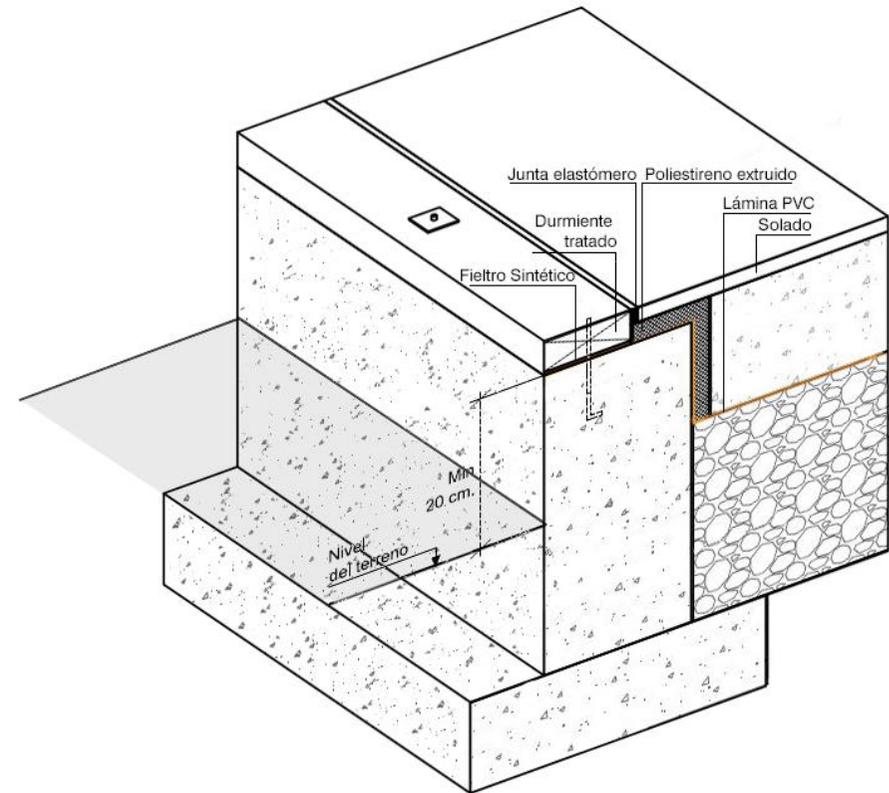


Figura 42 Forjado sobre el terreno

**Primer forjado sobre cámara de aire:**

Cuando se desee elevar el nivel del primer forjado sobre el terreno para conformar un forjado sanitario con una cámara de aire que separe ambas superficies. Dicha cámara debe estar correctamente ventilada para que la humedad del ambiente pueda escapar y no se produzcan condensaciones. La práctica ha demostrado que la altura de la cámara de aire no debe ser inferior a 30 cm para que haya espacio suficiente y se pueda producir el flujo de aire.

Este método permite que el primer forjado pueda ser de madera sin necesidad de colocar una solera de hormigón, pero también hay que tener en cuenta que la cámara debe tener una correcta ventilación para que la humedad del suelo pueda escapar y que las rejillas que permiten el flujo de aire no permitan que entre el agua.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

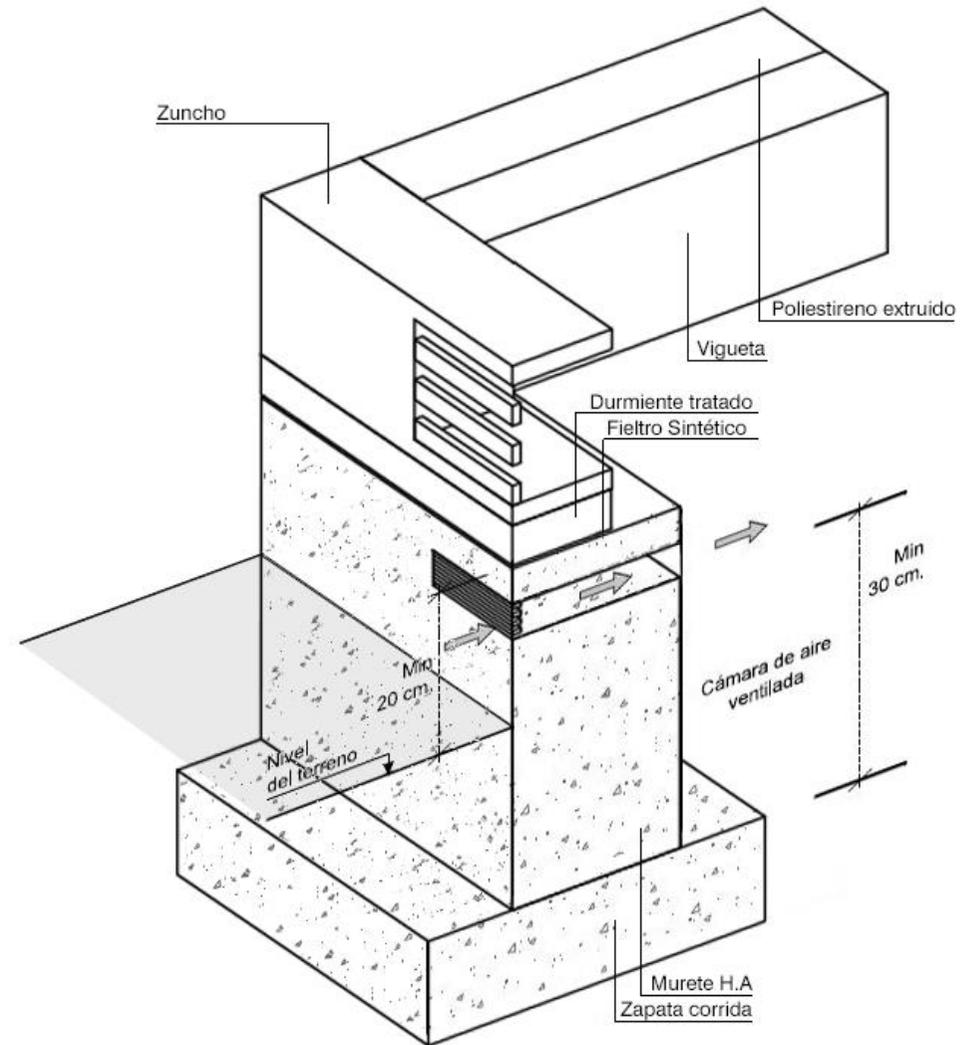


Figura 43 Forjado sobre cámara de aire

**Primer forjado sobre sótano:**

Como en los casos anteriores lo importante es impedir que el agua llegue a estar en contacto directo con la madera, por lo que a priori sigue la pauta tradicional de un forjado sobre muro de hormigón armado. El forjado se coloca sobre la coronación, siempre sobre la pieza de madera tratada, y sobre él se trabaja el resto. Como buena práctica constructiva se recomienda elevar un mínimo de 20 cm el nivel del forjado sobre el nivel del terreno para evitar salpicaduras.

En otros casos se podría construir sobre muretes de fábrica, pero en este caso la norma no lo permite teniendo que ser el apoyo del forjado sobre un muro de hormigón.

El sótano es un espacio que normalmente por exigencias de la norma no está acondicionado por lo que no existe material aislante. Sin embargo y como suele ser habitual en la construcción tradicional si se debe impedir el paso del agua con los métodos de drenaje de muro y las pertinentes láminas impermeabilizantes. Hay que recordar que se suele colocar una capa de gravas a modo de drenaje hasta el talón del trasdós del muro y también es recomendable colocar un tubo drenante en la parte inferior para que evacue el agua.

*(Palma Carazo, I.J. – 2008)*

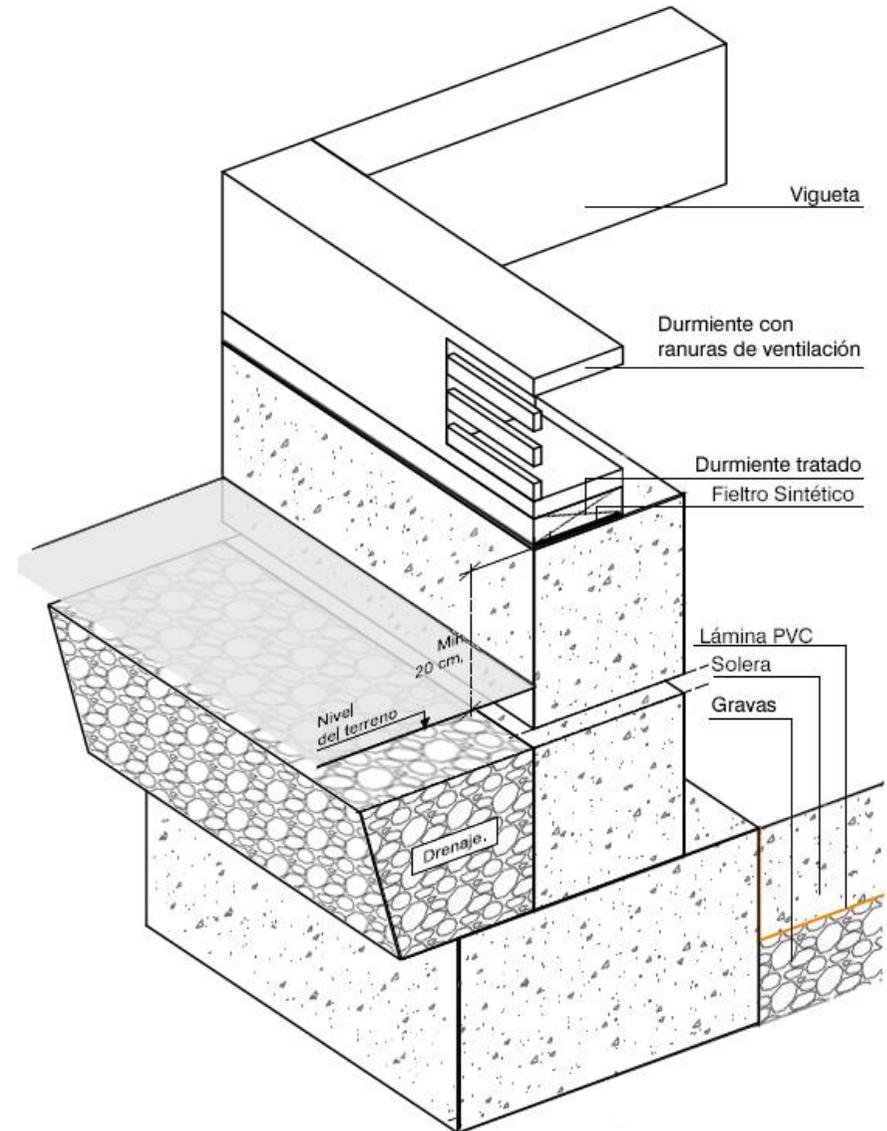


Figura 44 Forjado sobre muro de sótano

### 3.1.2.2 Entramados verticales:

En este sistema constructivo los elementos verticales tienen unas características peculiares. A diferencia de otros sistemas, en los entramados de madera los elementos portantes son de un espesor reducido y trabajan colaborando entre sí en forma de muros portantes para dar cabida a la estructura.

Además de los mencionados muros portantes que se pueden encontrar tanto en fachada como en el interior de la vivienda, puede haber tabiques que no tengan carácter portante.

La fácil trabajabilidad de la madera permite la rapidez de construcción de este sistema. Las piezas pueden ser montadas en obra o venir ensambladas desde un taller y al ser un material relativamente ligero se puede transportar con mayor facilidad.

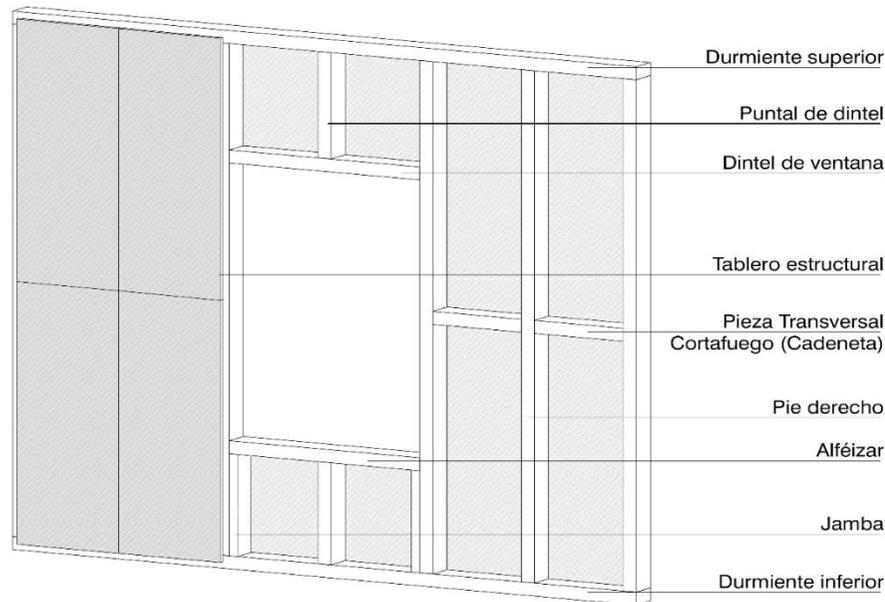


Figura 45 Partes del entramado vertical

Las partes de que está compuesto un entramado vertical son:

**Testero inferior:** Pieza de madera que se coloca en el arranque del muro, justo encima del forjado. A esta pieza se anclan todas las piezas verticales tales como jambas y pies derechos. La función de esta pieza es transmitir las fuerzas que llegan de los elementos verticales para repartirlas sobre la plataforma que tenga debajo de manera lineal y así minimizar el impacto. En caso de estar en contacto directo con el hormigón, esta es la pieza que debe ir debidamente tratada y estar separada del hormigón por una lámina impermeabilizante.

**Pie derecho:** Cada una de las piezas verticales que transmiten los esfuerzos axiales de partes superiores de la edificación. Estas piezas van ancladas a los testeros superior e inferior de tal manera que conforman el entramado principal. La separación de estos elementos puede variar, pero suele estar comprendida entre los 30 a 60 cm pudiendo llegar hasta 1 m. Depende del número y de las necesidades se dimensionan a piezas de escuadría mayor comprendiendo valores de 30 a 70 cm<sup>2</sup>.

**Testero superior:** Es la pieza horizontal superior que corona el muro y recibe los esfuerzos de los elementos que estén situados por encima para así distribuirlos hasta los pies derechos.

**Pieza transversal cortafuego:** este elemento horizontal se coloca entre los pies derechos para interrumpir la propagación de gases en caso de que haya un incendio. Además sirve para arristrar transversalmente los elementos verticales ayudando a lidiar los efectos de pandeo lateral. También sirve de apoyo para anclar los tableros y dar rigidez al conjunto.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

**Dintel:** elemento horizontal común en la construcción tradicional pero que en actual caso es de madera. La finalidad de esta pieza es solventar la luz del vano de puertas o ventanas por la parte superior del hueco. Dependiendo de la carga superior que reciba y de la amplitud del vano se puede optar por diversas soluciones: colocarla pieza de canto, colocar una pieza de calidad superior como madera laminada o bien colocar dos piezas.

**Alfeizar:** este elemento horizontal se coloca en la parte inferior del hueco que se proyecta para aberturas del cerramiento y recibe el peso del elemento ventana. Dependiendo de las dimensiones del hueco y del peso de la ventana se dimensionará debidamente.

**Jambas:** son las piezas verticales que se colocan a los lados del hueco generado para ventanas o puertas. Su función es apoyar i transmitir los esfuerzos del dintel y el alfeizar.

**Puntal de dintel:** cuando el hueco para puertas o ventanas sea de dimensiones reducidas (menor de 80 cm) y siempre que no haya fuerzas puntuales que actúen directamente sobre el mismo, se coloca estas piezas que permiten seguir la modulación de os elementos verticales y así hacer más sencillo el anclaje de los tableros. Esta pieza vertical es una unión entre el testero superior y el dintel.

**Zoque:** Cumple la misma finalidad que el puntal de dintel pero uniendo el alfeizar con el testero inferior. A diferencia de su homónimo superior, este elemento si puede ayudar a recibir cargas y así paliar los esfuerzos del alfeizar.

**Tablero estructural:** Estos elementos arriostran todos los componentes lineales del muro para lograr dar estabilidad y absorber esfuerzos de todo tipo. Poco a poco se han introducido en el mercado de la madera dejando de lado los tensores o las diagonales. Estos tableros suelen ser contrachapados terciados o tableros de hembras orientados puesto que no persiguen objetivos estéticos sino estructurales.

Los muros de carga exteriores además de la capacidad portante deben cumplir unos requisitos de confort higrotérmico para acondicionar las estancias interiores.

*(Palma Carazo, I.J. – 2008)*

A continuación se nombran de interior a exterior los elementos de los que puede estar formado un cerramiento de entramado ligero de madera.

- Revestimiento interior: puede ser cualquier enlucido sobre tablero o una placa de yeso.
- Ignifugante elastómero, para protección contra el fuego.
- Estructura principal con pies derechos y el material aislante entre sus elementos.
- Tablero estructural anclado a la estructura principal. Los tableros contrachapados y los OSB son los más utilizados.
- Barrera corta viento de PVC, aunque normalmente viene integrada en el tablero.
- Rastreles en la dirección que se precise para anclar el revestimiento. Suelen generar un espacio ventilado.
- Acabado o revestimiento o de fachada.

Como se ha mencionado anteriormente estos muros de carga pueden ser tanto interiores como exteriores. La compartimentación interior no tiene requisitos de confort higrotérmico aunque sí acústico, por lo que la presencia del material aislante si es precisa dada que la naturaleza de la madera no es suficiente.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

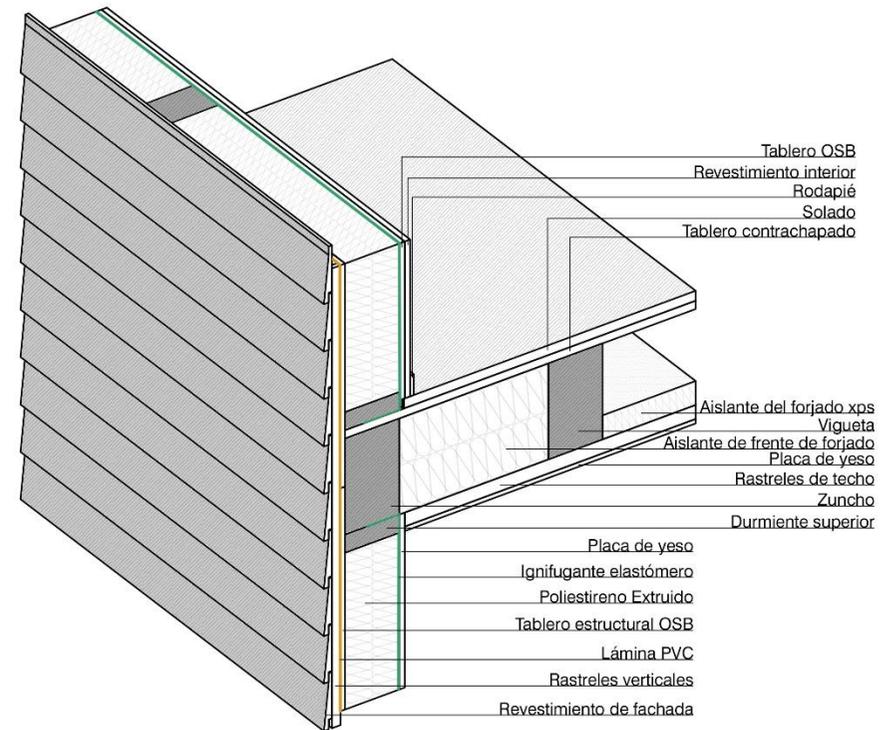


Figura 46 Encuentro del entramado vertical con el forjado

### 3.1.2.3 Entramados horizontales:

La posición en que ese encuentra el entramado horizontal podemos diferenciar tres situaciones que determinan una serie de particularidades:

- Primer forjado: este entramado horizontal o también llamado entramado de piso recibe las cargas de su propio peso además de las de uso, para transmitir las de manera directa a la cimentación. Se pueden dar los casos anteriormente vistos en cimentación, donde puede descansar directamente sobre la solera o bien apoyar sobre unos muretes. En todo caso la pieza que apoye sobre un murete siempre deberá ir protegida contra ataques biológicos y abióticos.
- Forjados intermedios: estos forjados reciben al igual que los anteriores las cargas de peso propio y sobrecargas de uso. Estas cargas se transmiten a los muros portantes, donde cada forjado se apoya a través de unas piezas denominadas durmientes.
- Techo: reciben las cargas derivadas del peso propio y de las condiciones exteriores que se den dependiendo de la ubicación y las condiciones del proyecto. Viene soportada por los muros portantes y apoya igual que en el caso anterior sobre los durmientes.

Dependiendo de la rigidez que presenten y la capacidad que tengan para transmitir empujes laterales generados normalmente por el viento y sismo, se pueden distinguir dos tipos de entramados horizontales:

- Flexibles: estos entramados horizontales se adaptan a la estructura soportante de muros pero no colaboran en la transmisión de fuerzas horizontales. En zonas donde la actividad sísmica o el viento sean fuertes se debe prever la colocación de más muros portantes puesto que el forjado no ayudará a redistribuir esos esfuerzos.
- Rígidos: estos entramados se diseñan para colaborar con el resto de la estructura de forma que como un elemento rígido se pueda transmitir las acciones horizontales a los muros portantes. Para conseguir esta rigidización se pueden optar por la misma línea de madera y usar tableros estructurales debidamente clavados, o bien acudir a soluciones mixtas como usar celosías de arriostamiento o una capa de hormigón armado a modo de losa.

*(Palma Carazo, I.J. – 2008)*

En la siguiente figura se muestra como puede ser la formación de un entramado horizontal y se enumeran las partes que lo componen.

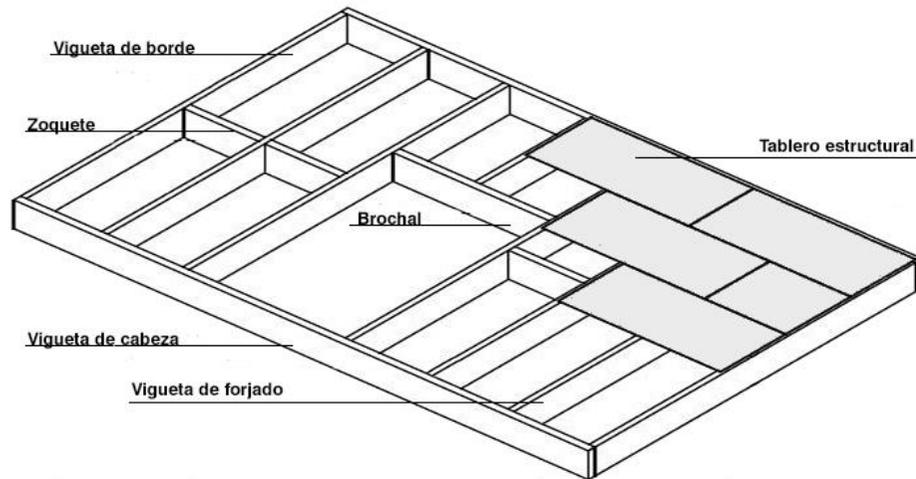


Figura 47 Partes del forjado del entramado en plataforma

**Vigueta:** Al igual que en los sistemas convencionales, se utilizan estos elementos lineales para soportar las cargas derivadas del forjado o cubierta. Como ya sucediera con los entramados verticales, los huecos que prevalecen entre las viguetas se rellenan con un material aislante para mejorar las prestaciones térmicas y acústicas.

Cabe diferenciar los diferentes tipos de vigueta que se pueden encontrar en el entramado horizontal de madera.

- **Vigueta testera o de cabeza:** En el sistema constructivo tradicional se llamaría zuncho, y es la pieza que remata o cierra perpendicularmente las cabezas de las viguetas que conforman el forjado. Suele tener la misma escuadría que el resto de viguetas.

- **Vigueta de borde:** son las viguetas que rematan los laterales del mismo sentido del forjado. Tienen la misma dimensión que las viguetas que conforman el forjado.

- **Viga de carga o cargadera:** cuando se desea eliminar algún elemento interior portante para dar un aspecto diáfano se dispone esta viga en sustitución.

**Cadeneta o zoquete:** al igual que en los entramados verticales se colocan estas piezas perpendiculares entre viguetas para ayudar con la colocación de los tableros. Contribuyen también a paliar los esfuerzos y las posibles deformaciones laterales, así como los alabeos y posibles volcamientos. Son elementos que ayudan a arriostrar.

**Brochal:** cuando se desea abrir un hueco entre viguetas para el paso de una escalera o una doble altura se dispone este elemento que distribuye la carga hacia las viguetas

**Tablero estructural:** es el sistema más eficaz de crear la plataforma, por la facilidad y rapidez de ejecución que presenta. Se suelen utilizar tableros de contrachapado fenólico o tableros OSB.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

### 3.1.2.4 Cubierta:

Tradicionalmente si se habla de cubiertas de madera se tiende a pensar en cubiertas inclinadas. Esto, sin embargo, es una creencia errónea puesto que con un correcto dimensionamiento teniendo en cuenta los factores de sobrecargas y las necesidades proyectuales (si es transitable o no), se pueden ejecutar cubiertas planas.

Las cubiertas planas funcionarían igual que el sistema de entramado horizontal teniendo en cuenta los elementos diferenciadores que se tienen que colocar en su interior.

- Forjado conformado por el sistema de viguetas sobre las cuales se colocan los tableros estructurales.
- Barrera corta vapor por lámina de polietileno, para evitar condensaciones intersticiales.
- Material para generar pendiente, normalmente hormigón aligerado.
- Lámina impermeable auto protegida o bien con capa protectora.
- Aislamiento térmico, que puede venir protegido también, de XPS.
- Rastreles o soportes para el pavimento, para nivelar la pendiente de la cubierta si se desea mantener horizontal.
- Pavimento de acabado, en este caso de madera fenólica.

La parte del antepecho no requiere aislamiento térmico.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

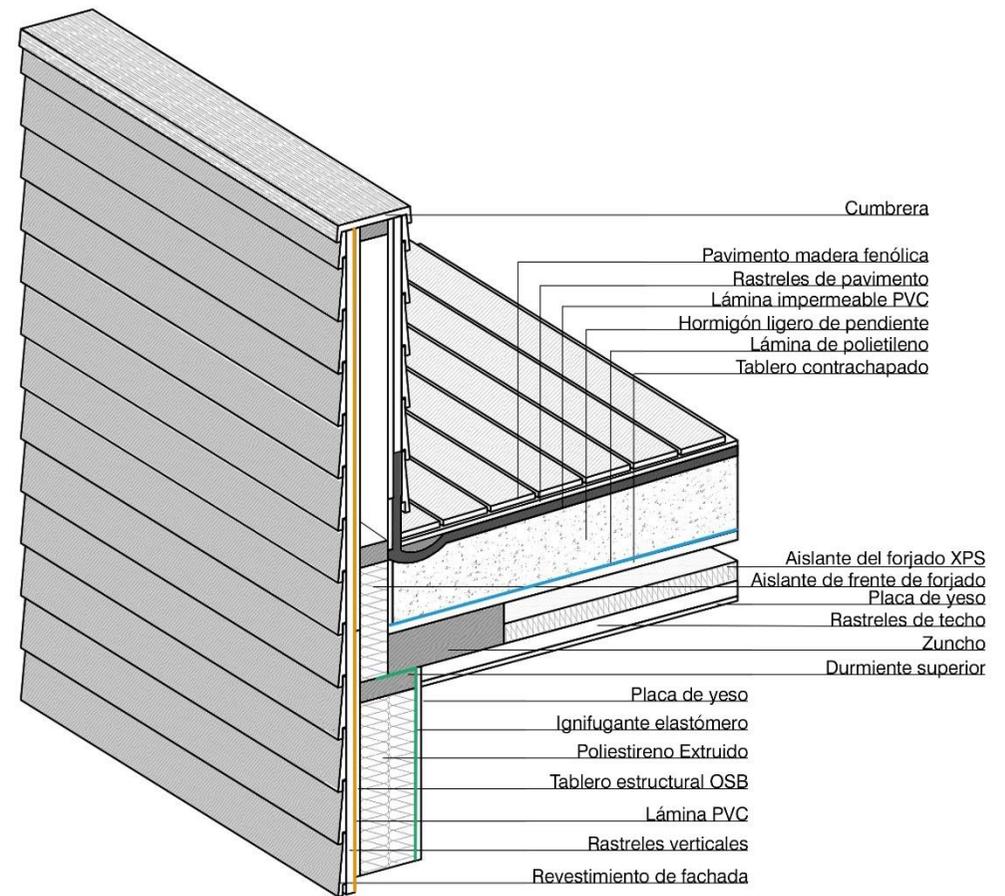


Figura 48 Cubierta plana transitable

Si concretamos, las cubiertas inclinadas se pueden resolver de distintas maneras:

Cubierta a la molinera: Donde los rasteles o correas apoyan sobre tabiques palomeros.

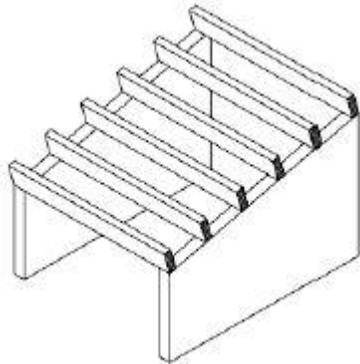


Figura 49 Cubierta molinera

Cubierta de par y picadero: donde las correas llamadas pares apoyan sobre muros perpendiculares a la pendiente.

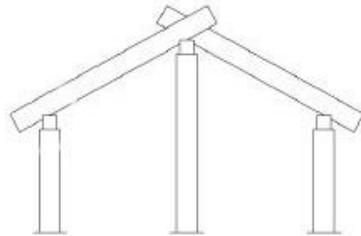


Figura 50 Cubierta de par y picadero

Cubierta de par e hilera: en este caso los pares apoyan sobre una pieza horizontal llamada hilera.

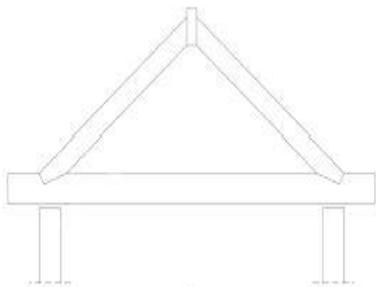


Figura 51 Cubierta de par e hilera

Cubierta de par y nudillo: se dispone un elemento horizontal a media altura denominado nudillo.

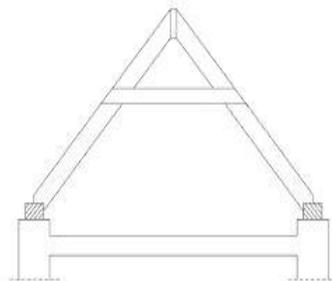


Figura 52 Cubierta de par y nudillo

Cerchas: como en los sistemas convencionales es entramado de piezas lineales que abarcan un mismo plano unidas entre sí que se utilizan en cubiertas para solventar grandes luces con elementos discontinuos de menor envergadura. Debido a la dimensión de las piezas hay infinidad de combinaciones, pero por lo general se opta por cubiertas a dos aguas simétricas.

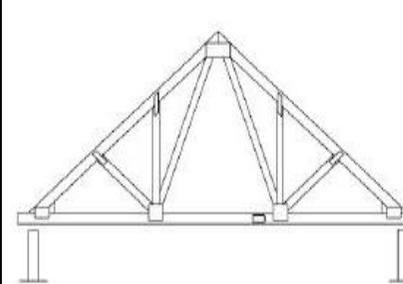


Figura 53 Cercha

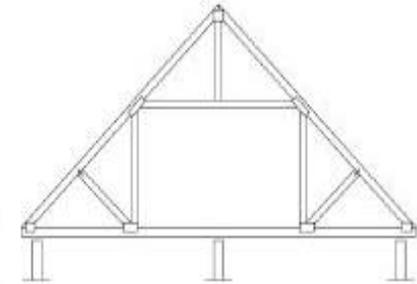


Figura 54 Cercha con espacio para buhardilla

Cercha para grandes luces con sistema simétrico.

Cercha para conseguir aprovechar el espacio interior a modo de buhardilla.

Todos los forjados de cubierta deben cumplir la misma función arriostrante de las partes inferiores. La forma más fácil de conseguirlo es utilizando tableros estructurales que consiguen atar las piezas entre sí para que colaboren a absorber los esfuerzos horizontales sobretodo.

(Palma Carazo, I.J. – 2008)

## 4. Casos de estudio:

### 4.1 Casa Font Rubi Cottage

Arquitectos: Marc Mogas y Jordi Roig

Ubicación: Camprodon, Girona, España,

Año: 2015



Figura 55 Casa Font Rubi Exterior

Este proyecto situado en el Pirineo catalán viene marcado por una serie de premisas.

- La casa debe adaptarse al entorno lo máximo posible y respetar las preexistencias mimetizándose con el entorno.
- Se debe respetar el presupuesto para crear una vivienda de uso temporal.
- La materialidad estaba marcada, la casa debe ser de madera.

Con estos condicionantes la idea fue la de crear una especie de refugio de montaña, un módulo habitable de pocos metros construido en madera que pueda pasar desapercibido en el lugar.

El solar en que se encuentra tiene forma trapezoidal con un desnivel marcado de un 20% y unos 14 metros de altura total. En este solar destacan algunos árboles que deben prevalecer por su gran envergadura e interés paisajístico.

(Mogas, M.; Roig, J. – 2015)

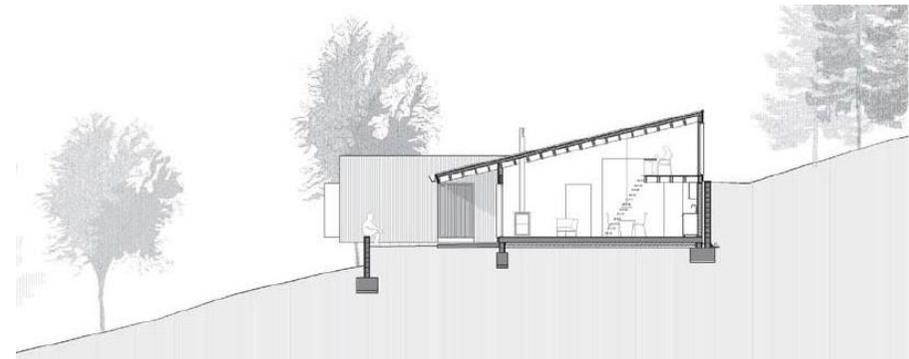


Figura 56 Casa Font Rubi Sección contexto

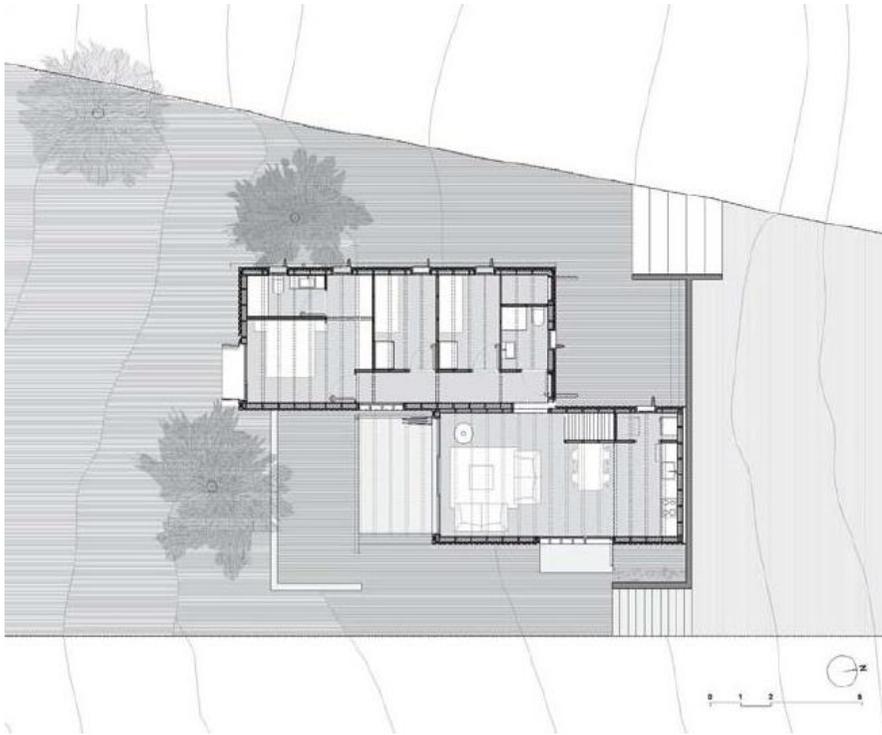


Figura 57 Casa Font Rubi Planta

Dado el carácter de uso temporal de la vivienda, se priman los espacios comunes en detrimento de las zonas privadas. Las dimensiones de la casa son reducidas, consta de 2 habitaciones individuales, una doble con cuarto de baño, un cuarto de baño común y las salas de estar y cocina a doble altura. Para concebir todos estos espacios se debe aprovechar todos los recursos, por ejemplo los falsos techos habilitados para almacenaje o el techo del pasillo.

Para conformar los dos volúmenes y entrar dentro del presupuesto de la obra se opta por el sistema de entramados ligeros de madera que permite solventar las vicisitudes presupuestarias del proyecto. Estas son básicamente las tres más importantes.

- Con el sistema de entramados ligeros la cimentación necesaria es menos agresiva con el medio y más económica. Se opta por una serie de zapatas corridas de dimensiones reducidas.
- Este sistema permite la prefabricación, más económica y rápida. Las piezas venían conformadas por paneles o plataformas y se ensamblaron in situ, ya que el transporte entero de los módulos era complicado por la ubicación.
- Teniendo en cuenta los dos puntos anteriores y al reducir mano de obra in situ (ya que las uniones se realizan en seco), se puede avanzar incluso en los meses de invierno, con los pertinentes preparativos. (Mogas, M.; Roig, J. – 2015)



Figura 58 Casa Font Rubi Sección interior



Figura 59 Casa Font Rubi exterior trasera



Figura 61 Casa Font Rubi Entrada



Figura 60 Casa Font Rubi interior

El resultado final, el uso de la madera de pino proveniente del entorno para el sistema de entramado ligero aporta buenas prestaciones a las necesidades del proyecto. Se coloca un doble aislamiento de lana de roca para prevenir las bajas temperaturas y se protege al exterior con una fachada ventilada de madera. Las cubiertas son inclinadas y metálicas para paliar las constantes lluvias que caen en la zona.

( Mogas ,M.; Roig, J. – 2015)

## 4.2 Casa GG

Arquitecto: Alventosa Morell Arquitectes

Ubicación: Santa María de Palautordera, Barcelona, España

Año: 2013



Figura 62 Casa GG Exterior

Al igual que en la vivienda anterior, el proyecto se ve evocado a adaptarse al entorno y ser poco agresivo con el ambiente.

Se llega a una solución constructiva liviana con entramados de madera que no exige una cimentación potente, y sumada a la utilización de materiales se crea esta arquitectura vernácula.

Las premisas de este proyecto eran la construcción de una vivienda para 4 personas con unos plazos de construcción muy cortos y que fuera muy eficiente energéticamente.

(Alventosa Morell Arquitectes – 2013)



Figura 63 Casa GG Interior 1



Figura 64 Casa GG Interior 2

A través de un estudio bioclimático se consigue calcular la demanda energética que requiere esta casa de 6 módulos entrelazados entre sí. Se estudió encarecidamente el entorno para adaptar la construcción a los árboles de manera que puedan aprovechar la sombra para abrir huecos y así regular la luz con el paso de las estaciones.



Figura 65 Casa GG Planta

Seis módulos, distribuidos en 3 habitacionales, 1 de sala de estar, 1 de almacén y otro para instalaciones sanitarias. Los nexos de unión también son habitables y se les da funciones comunes como comedor y estudio/recibidor.

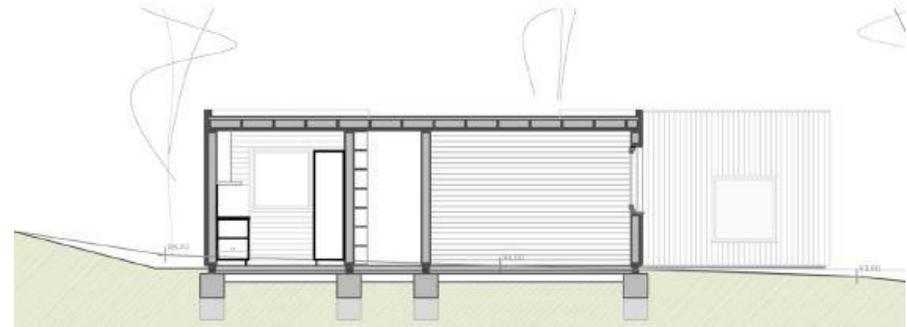
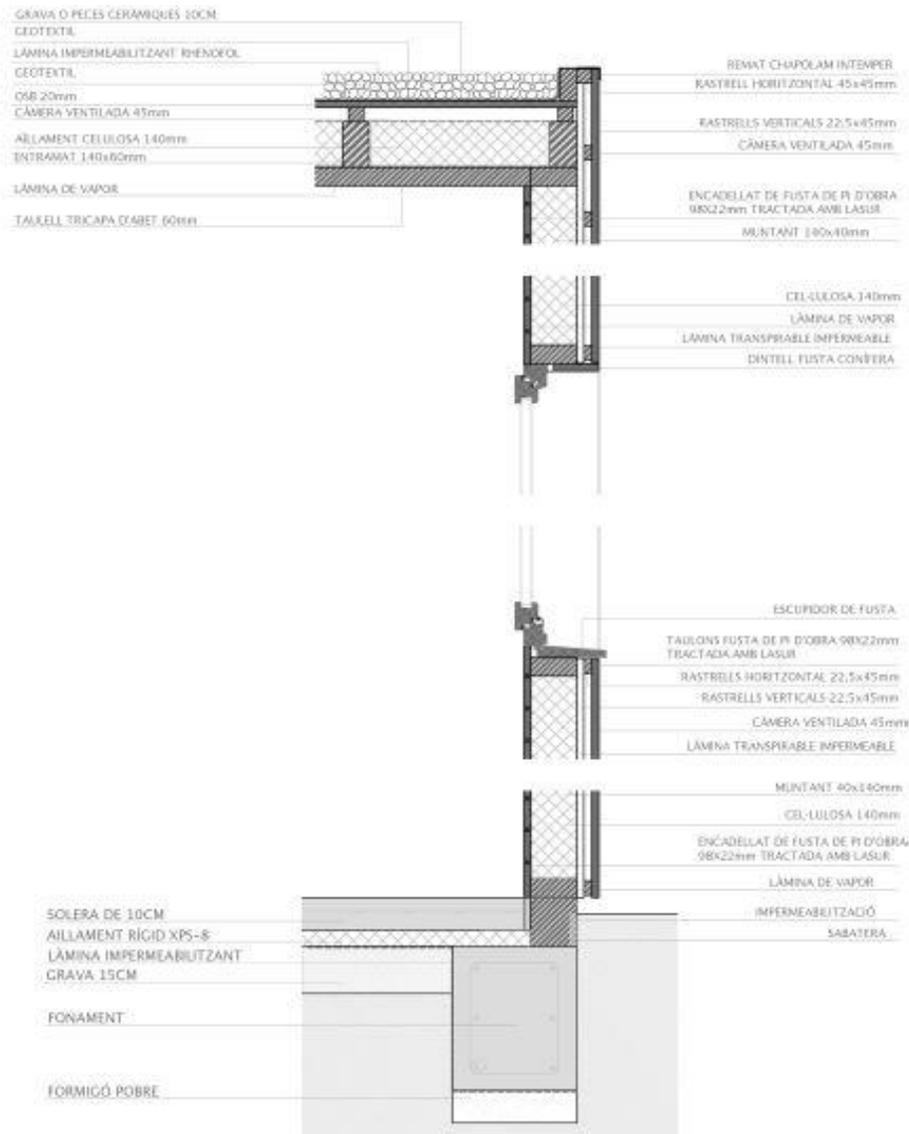


Figura 66 Casa GG Sección

Las piezas que conforman tanto la estructura como los demás elementos de la envolvente provienen de la zona. Esto permite que el proceso de construcción sea muy rápido y se realice de madera modular, debido a la familiaridad de trabajar con estos materiales. El proceso duró 5 meses.

(Alventosa Morell Arquitectes – 2013)



Las prestaciones térmicas obtenidas al final son excelentes y se requiere escasa calefacción para los meses más fríos. También cabe destacar que el impacto sobre el terreno y la versatilidad de los materiales hacen que la casa se pudiera desmontar con mucha rapidez.

(Alventosa Morell Arquitectes – 2013)

Figura 67 Sección constructiva

## 5. Conclusiones

Habitualmente los arquitectos y los profesionales suelen optar por los sistemas constructivos convencionales. Las razones pueden ser diversas, y en el presente apartado se pretende aportar una cadena de pensamientos que den razones para la elección de un sistema constructivo u otro.

Teniendo en cuenta el panorama actual, parece lógico que los sistemas tradicionales como la construcción con acero y hormigón sean predominantes. Desde las universidades y demás centros de formación se insta a conocer primeramente estos sistemas dado que son los más utilizados y tienen una industria i comercialización más extendida y asentada.

Estos factores de extensión de otros sistemas constructivos sumado al desconocimiento que existe sobre las propiedades y prestaciones de la madera hace que su uso sea minoritario. A continuación se enumeran algunos factores que comparan y contrastan las prestaciones de la madera con entramados ligeros frente a los sistemas constructivos convencionales.

- Se trata de un material ecológico y respetuoso con el medio ambiente. La madera es reciclable, renovable, biodegradable, genera menos residuos, y produce menor gasto energético en su fabricación y montaje. La construcción de madera se realiza en seco, por la que el ahorro de agua es considerable durante la construcción.
- El núcleo de los muros de este sistema constructivo se puede rellenar con material aislante, lo que permite reducir el espesor de los elementos. Con espesores más reducidos se puede conseguir mayores prestaciones que con fábrica de ladrillo o hormigón.

- La ligereza de sus partes permite que en su totalidad los elementos sean mucho más livianos y se traduce directamente a en una disminución de los esfuerzos que deben absorber la estructura y la cimentación. Por consiguiente las secciones portantes son más reducidas, más económicas, y la cimentación menos agresiva y de coste menor.
- Al conformarse de piezas más reducidas, las piezas de madera pueden ser estandarizadas, con una producción más rápida y abaratando costes.
- Tiene un buen comportamiento frente a sismos debido a que todas sus piezas se encuentran arriostradas en forma de plataformas y permite absorber los esfuerzos que se puedan originar de manera solidaria.
- Otorga unas prestaciones acústicas y de confort considerables, debido a la naturaleza higroscópica y a la porosidad del material.
- A pesar de lo que puede parecer que el material tiene un mal comportamiento ígneo, en realidad se calcina la parte más superficial haciendo de barrera impidiendo que el fuego pase al núcleo y se logran buenos tiempos de respuesta.

Sin embargo la propia naturaleza de la madera condiciona su uso en la construcción por una serie de limitaciones.

- Para cubrir grandes luces se tiene que conformar en forma de cercha o bien dimensionar piezas de gran sección y alto coste. Dada las capacidades mecánicas sus prestaciones son algo inferiores que las del acero.
- La fabricación de piezas de gran dimensión es compleja debido a la forma de encontrar el material.
- Sigue siendo menos durable que otros materiales (vida útil de la estructura suele ser de unos 25 años). Se debe controlar la humedad y los tratamientos durante la puesta en obra
- La resistencia contra el fuego sigue siendo un estigma en contra de este tipo de construcciones. En ciertos artículos se menciona que al carbonizarse la superficie hace de barrera impidiendo que el fuego pase al interior del material. No obstante, requiere de un tratamiento previo y una puesta en obra adecuada.

Por toda esta serie de argumentos a favor y en contra, se puede concluir que el sistema de entramados ligeros es apto y en ocasiones muy aconsejable, pero con unas restricciones que lo limitan. El lugar idóneo para su utilización es el de viviendas aisladas, por las dimensiones reducidas, por la versatilidad y bajo coste de su construcción.

Por otra parte es poco aconsejable para ser utilizado en edificios en altura o de grandes luces, puesto que sus elementos no podrían soportar las solicitaciones. Cuando se desee construir con madera en estas condiciones, sin embargo, se pueden optar por otras soluciones, como la utilización de madera contralaminada. Ya sea en forma de tablero estructural o en forma de pórtico, la madera contralaminada ofrece unas prestaciones mayores y al ser un material conformado puede llegar a crear piezas de dimensiones superiores, siguiendo los estándares de modularidad y prefabricación. El coste tendería a ser más alto no sólo por el propio coste del material sino por las cargas que se transmitirán a la cimentación, y las prestaciones tanto térmicas como acústicas seguirían siendo acústicas o incluso superiores.

## 6. Bibliografía

### Referencias textuales

Alventosa Morell Arquitectes – (2013) - Casa GG  
*Arquitectura & Madera*, Vol. 9, pp. 64-74  
<http://www.arquitectura-madera.com/es/home/>

Borràs, Xavier – (2010) – “Breve historia de la madera como material de construcción”  
<http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html>

Camino a casa, Catalogo comercial – (2013) – “Los tipos de madera según su dureza”  
<https://www.caminoacasa.com/madrid/blog/los-tipos-de-madera-segun-su-dureza/>

Castaño, Mariana - (2018) – “Historia de la madera (Materiales de Construcción)”  
<https://es.scribd.com/doc/86973140/HISTORIA-de-LA-MADERA-Materiales-de-Construccion>

Confemadera – (2006) - *Guía de construir en madera* - Edición: Construir con madera (CcM)  
[http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion\\_en\\_madera.pdf](http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion_en_madera.pdf)

Fernández-Folfin Seco, José Javier – (2005) – “Propiedades eléctricas de la madera”  
[https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_1284\\_17163.pdf](https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1284_17163.pdf)

Fritz Durán, Alexander - (2003) - *La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G.* 1ª Edición  
 Editorial CORMA

Huges, Teodor; Steiger, Ludwig; Weber, Johann- (2004) – “Timber construction: details, products, case studies” - Edition Detail

LaMadera.net – (2018) – “Conductividad térmica en la madera”-  
<https://lamadera.net/conductividad-termica-la-madera/>

Mizuage Arquitectura – (2015) – “Entramado ligero de madera Origen y evolución”  
<http://mizuage.es/entramado-ligero-de-madera/>

Mogas, Marc & Roig, Jordi – (2015) - Casa Font Rubi  
*Arquitectura & Madera*, Vol. 20, pp. 62-74  
<http://www.arquitectura-madera.com/es/home/>

Normadera - (2018) – “Manual Técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural”  
<http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/roble>

Palma Carazo, Ignacio Javier – (2008) – “Sistema de plataforma con entramado ligero de madera (Platform Frame). Aplicado a Viviendas Unifamiliares (cumplimiento CTE)”

Pita, Carlos; Quintáns, Carlos – (2015) - “Arquitectura y madera: entramados ligeros, ejemplos de uso. Publicación: Cluster de la madera de Galicia  
[http://meetingpointlignum.com/arquitectura\\_y\\_madera/lignum%20facile-doc-514-127.pdf](http://meetingpointlignum.com/arquitectura_y_madera/lignum%20facile-doc-514-127.pdf)

Serra Soriano, B.; Díaz Segura, A.; Merí de la Maza, R.- (2016)- “Estudio y aplicación del sistema balloon frame a la industrialización de la vivienda: el caso de las American System-Built Houses de Frank Lloyd Wright”  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/5839/6796>

Woodproducts.fi - (2017)- Propiedades acústicas de la madera  
<https://www.woodproducts.fi/es/content/propiedades-acusticas-de-la-madera>

## Imágenes

Figura 1	123RF Weknow	<a href="https://es.123rf.com/photo_5603915_construcci%C3%B3n-de-choza-de-refugio-de-ramas-en-un-bosque-.html">https://es.123rf.com/photo_5603915_construcci%C3%B3n-de-choza-de-refugio-de-ramas-en-un-bosque-.html</a>	2015
Figura 2	DANIEL BÁRCENAS	<a href="httpswww.sopitas.com631796-video-sujeto-chico-construye-casa-choza-sin-herramientas-pasto-ramas">httpswww.sopitas.com631796-video-sujeto-chico-construye-casa-choza-sin-herramientas-pasto-ramas</a>	2015
Figura 3	Elaboración propia		2016
Figura 4	Antincendio Italia	<a href="http://antincendio-italia.it/nerone-lincendio-di-roma-e-le-prime-norme-di-prevenzione-incendi/">http://antincendio-italia.it/nerone-lincendio-di-roma-e-le-prime-norme-di-prevenzione-incendi/</a>	2017
Figura 5	Xavier Borràs	<a href="http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html">http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/44265-Breve-historia-de-la-madera-como-material-de-construccion.html</a>	2010
Figura 6	Framepool Stock Video Footage Library	<a href="http://footage.framepool.com/es/shot/874612798-pila-de-madera-aserradero-planchar-de-madera-tabla">http://footage.framepool.com/es/shot/874612798-pila-de-madera-aserradero-planchar-de-madera-tabla</a>	2008
Figura 7	Mizuage Arquitectura	<a href="http://mizuage.es/entramado-ligero-de-madera/">http://mizuage.es/entramado-ligero-de-madera/</a>	2015
Figura 8	Exfopino, S.L	<a href="http://www.exfopino.com/actividades.php">http://www.exfopino.com/actividades.php</a>	2018
Figura 9	Tectonica-online	<a href="http://www.tectonica-online.com/productos/802/contrachapado_tablero_ply_wood_spruce_finforest/#">http://www.tectonica-online.com/productos/802/contrachapado_tablero_ply_wood_spruce_finforest/#</a>	2015
Figura 10	User:MPF Wikipedia	<a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Dendrocronolog%C3%ADa">https://es.wikipedia.org/wiki/Dendrocronolog%C3%ADa</a>	2004
Figura 11	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 12	Confemadera	<a href="http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion_en_madera.pdf">http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion_en_madera.pdf</a>	2006
Figura 13	Sergio Ongarato	<a href="https://es.slideshare.net/sergioongarato/propiedades-fisicas-12153254">https://es.slideshare.net/sergioongarato/propiedades-fisicas-12153254</a>	2012
Figura 14	Horacio Calleros	<a href="https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/about-me">https://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/about-me</a>	2012
Figura 15	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 16	Lichtenberg Silhouettes Pyrography	<a href="http://htprofile.com/etsy-wood-lichtenberg-wall-art">http://htprofile.com/etsy-wood-lichtenberg-wall-art</a>	2018
Figura 17	Audio Video Diseño	<a href="https://www.avd.cl/tratamiento-acustico">https://www.avd.cl/tratamiento-acustico</a>	2016
Figura 18	LaMadera.net	<a href="https://lamadera.net/conductividad-termica-la-madera/">https://lamadera.net/conductividad-termica-la-madera/</a>	2018
Figura 19	Cubimat	<a href="http://www.cubimat.com/producto/panel-sandwich-de-madera/">http://www.cubimat.com/producto/panel-sandwich-de-madera/</a>	2016

Figura 20	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 21	Josue Echenagucia	<a href="https://es.slideshare.net/jechenagucia/fundamentos-de-diseo-estructural-materiales-45130119">https://es.slideshare.net/jechenagucia/fundamentos-de-diseo-estructural-materiales-45130119</a>	2018
Figura 22	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 23	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 24	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 25	Alexander Fritz Durán	La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera A.G. 1ª Edición Editorial CORMA	2003
Figura 26	Elaboración propia		2018
Figura 27	Patricio Perez	<a href="https://maderasenlaconstruccion.blogspot.com/">https://maderasenlaconstruccion.blogspot.com/</a>	2016
Figura 28	Elaboración propia		2018
Figura 29	Elaboración propia		2018
Figura 30	Elaboración propia		2018
Figura 31	Elaboración propia		2018
Figura 32	Confemadera	<a href="http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion_en_madera.pdf">http://egoin.com/wp-content/uploads/2017/04/Guia-Construccion_en_madera.pdf</a>	2006
Figura 33	Elaboración propia		2018
Figura 34	Elaboración propia		2018
Figura 35	Elaboración propia		2018
Figura 36	Elaboración propia		2018
Figura 37	Elaboración propia		2018
Figura 38	Elaboración propia		2018
Figura 39	Elaboración propia		2018
Figura 40	Elaboración propia		2018

Figura 41	Elaboración propia	-	2018
Figura 42	Elaboración propia	-	2018
Figura 43	Elaboración propia	-	2018
Figura 44	Elaboración propia	-	2018
Figura 45	Elaboración propia	-	2018
Figura 46	Elaboración propia	-	2018
Figura 47	Elaboración propia	-	2018
Figura 48	Elaboración propia	-	2018
Figura 49	Elaboración propia	-	2018
Figura 50	Elaboración propia	-	2018
Figura 51	Elaboración propia	-	2018
Figura 52	Elaboración propia	-	2018
Figura 53	Elaboración propia	-	2018
Figura 54	Elaboración propia	-	2018
Figura 55	Jose Hevia	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2018
Figura 56	Marc Mogas & Jordi Roig	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 57	Marc Mogas & Jordi Roig	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 58	Marc Mogas & Jordi Roig	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 59	Jose Hevia	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 60	Jose Hevia	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 61	Jose Hevia	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 62	Adriá Goula	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2015
Figura 63	Adriá Goula	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2013
Figura 64	Alventosa Morell Arquitectes	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2013

Figura 65	Alventosa Morell Arquitectes	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2013
Figura 66	Alventosa Morell Arquitectes	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2013
Figura 67	Alventosa Morell Arquitectes	<a href="http://www.arquitectura-madera.com/es/home/">http://www.arquitectura-madera.com/es/home/</a>	2013
Figura 68	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/roble">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/roble</a>	2018
Figura 69	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/fresno-com%C3%BAn">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/fresno-com%C3%BAn</a>	2018
Figura 70	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/caoba">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/caoba</a>	2018
Figura 71	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/casta%C3%B1o">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/casta%C3%B1o</a>	2018
Figura 72	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/teka">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/teka</a>	2017
Figura 73	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/olmo">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/olmo</a>	2017
Figura 74	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/cedro">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/cedro</a>	2017
Figura 75	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/cipres">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/cipres</a>	2017
Figura 76	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/abeto-blanco">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/abeto-blanco</a>	2017
Figura 77	Maderas Rado	<a href="http://www.maderas-rado.com/productos/item/36-pino-silvestre">http://www.maderas-rado.com/productos/item/36-pino-silvestre</a>	2016
Figura 78	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/pl%C3%A1tano-com%C3%BAn">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/pl%C3%A1tano-com%C3%BAn</a>	2017
Figura 79	Normadera	<a href="http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/chopo-europeo">http://normadera.tknika.net/es/content/ficha/chopo-europeo</a>	2017

## Tablas:

Tabla 1	Alexander Fritz Durán	<a href="http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/Cap%C3%ADtulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducci%C3%B3n-5.pdf">http://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/Cap%C3%ADtulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducci%C3%B3n-5.pdf</a>	2003
---------	-----------------------	---	------



## 7. Índice de imágenes

FIGURA 2 VIVIENDA CON RAMAS .....	11
FIGURA 2 VIVIENDA CON RECUBRIMIENTOS NATURALES .....	11
FIGURA 3 ERECTEÓN PÓRTICO NORTE.....	12
FIGURA 4 INCENDIO DE ROMA .....	12
FIGURA 5 CASA NÓRDICA CONSTRUIDA CON TRONCOS DESBASTADOS.....	12
FIGURA 6 PIEZAS TRABAJADAS DE SECCIÓN RECTANGULAR EN ASERRADERO ....	13
FIGURA 7 BALLOON FRAME .....	13
FIGURA 8 MAQUINARIA MODERNA EN PROCESOS DE OBTENCIÓN DE MADERA	14
FIGURA 9 MODULARIDAD IMPLICA RAPIDEZ .....	14
FIGURA 10 PARTES DEL TRONCO .....	15
FIGURA 11 DENSIDAD DE LAS FIBRAS .....	16
FIGURA 12 ANISOTROPÍA DE LA MADERA Y SUS DISTINTOS PLANOS .....	16
FIGURA 13 COMUNICACIÓN ENTRE POROS.....	17
FIGURA 14 DIRECCIÓN DE LAS FIBRAS Y POROS .....	17
FIGURA 15 COMPARATIVA DE LAS CONTRACCIONES SEGÚN PLANO DE REFERENCIA.....	18
FIGURA 16 PASO DE ELECTRICIDAD A TRAVÉS DEL AGUA DE LA MADERA.....	19
FIGURA 17 PANEL ACÚSTICO CON RECUBRIMIENTO DE MADERA .....	19
FIGURA 18 TRANSMITANCIA.....	20
FIGURA 19 PANEL SÁNDWICH CON RECUBRIMIENTO DE MADERA .....	20
FIGURA 20 GRÁFICO CARGA-DEFORMACIÓN MADERA.....	21
FIGURA 21 TENSIÓN-DEFORMACIÓN SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LAS FIBRAS .....	21
FIGURA 22 FUERZA DEFORMADA A FLEXIÓN.....	22
FIGURA 23 COMPRESIÓN PARALELA.....	22
FIGURA 24 TRACCIÓN PARALELA .....	22
FIGURA 25 COMPRESIÓN PERPENDICULAR .....	22
FIGURA 27 DESGLOSE DEL TRONCO.....	25
FIGURA 26 TABLAS+ENTRAMADO .....	25
FIGURA 28 MADERA DE ROLLO.....	25
FIGURA 29 MADERA ASERRADA .....	26
FIGURA 30 MADERA EMPALMADA .....	26
FIGURA 31 MADERA ASERRADA ENCOLADA.....	27
FIGURA 32 TABLEROS ESTRUCTURALES.....	29

FIGURA 33 ENTRAMADO LIGERO.....	31
FIGURA 34 ENTRAMADO PESADO.....	31
FIGURA 35 ESTRUCTURA CON TABLEROS CONTRALAMINADOS.....	32
FIGURA 36 ESTRUCTURA CON BLOQUES DE MADERA.....	32
FIGURA 37 DESGLOSE DE UN MÓDULO CON ENTRAMADO LIGERO.....	33
FIGURA 38 UNIÓN SISTEMA BALLON FRAME.....	34
FIGURA 39 UNIÓN SISTEMA PLATAFORMA.....	34
FIGURA 40 PROCESO DE CONFORMADO BALLOON FRAME .....	34
FIGURA 41 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE PLATAFORMA .....	35
FIGURA 42 FORJADO SOBRE EL TERRENO .....	37
FIGURA 43 FORJADO SOBRE CÁMARA DE AIRE.....	38
FIGURA 44 FORJADO SOBRE MURO DE SÓTANO .....	39
FIGURA 45 PARTES DEL ENTRAMADO VERTICAL .....	40
FIGURA 46 ENCUENTRO DEL ENTRAMADO VERTICAL CON EL FORJADO .....	42
FIGURA 47 PARTES DEL FORJADO DEL ENTRAMADO EN PLATAFORMA.....	44
FIGURA 48 CUBIERTA PLANA TRANSITABLE .....	45
FIGURA 49 CUBIERTA MOLINERA.....	46
FIGURA 50 CUBIERTA DE PAR Y PICADERO .....	46
FIGURA 51 CUBIERTA DE PAR E HILERA .....	46
FIGURA 52 CUBIERTA DE PAR Y NUDILLO .....	46
FIGURA 53 CERCHA .....	46
FIGURA 54 CERCHA CON ESPACIO PARA BUHARDILLA .....	46
FIGURA 55 CASA FONT RUBI EXTERIOR.....	47
FIGURA 56 CASA FONT RUBI SECCIÓN CONTEXTO .....	47
FIGURA 57 CASA FONT RUBI PLANTA .....	48
FIGURA 58 CASA FONT RUBI SECCIÓN INTERIOR.....	48
FIGURA 59 CASA FONT RUBI EXTERIOR TRASERA .....	49
FIGURA 60 CASA FONT RUBI INTERIOR .....	49
FIGURA 61 CASA FONT RUBI ENTRADA.....	49
FIGURA 63 CASA GG INTERIOR 1.....	50
FIGURA 62 CASA GG EXTERIOR .....	50
FIGURA 64 CASA GG INTERIOR 2.....	50
FIGURA 65 CASA GG PLANTA .....	51
FIGURA 66 CASA GG SECCIÓN.....	51
FIGURA 67 SECCIÓN CONSTRUCTIVA.....	52

ANEXOS

FIGURA 68 TEXTURA ROBLE .....	61
FIGURA 69 TEXTURA FRESNO.....	62
FIGURA 70 TEXTURA CAOBA .....	63
FIGURA 71 TEXTURA CASTAÑO.....	64
FIGURA 72 TEXTURA TEKA .....	65
FIGURA 73 TEXTURA OLMO .....	66
FIGURA 74TEXTURA CEDRO .....	67
FIGURA 75 TEXTURA CIPRÉS .....	68
FIGURA 76 TEXTURA ABETO.....	69
FIGURA 77 TEXTURA PINO .....	70
FIGURA 78 TEXTURA PLATANERO .....	71
FIGURA 79 TEXTURA CHOPO.....	72

## Tablas

TABLA 1 CONTRACCIÓN VOLÚMETRICA EN % SEGÚN PLANO DE REFERENCIA....	18
--	----

## 8. Anexo

### Maderas duras:

**ROBLE EUROPEO** Denominación científica: "Quercus robur"

#### Descripción:

- Albura: Amarillo claro.
- Duramen: Marrón amarillento a marrón.
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio.
- Defectos característicos: Nudos pequeños.

#### Impregnabilidad:

- Albura: Impregnable.
- Duramen: No impregnable.

#### Mecanización:

- Aserrado: Sin problemas, salvo la dureza.
- Secado: Lento
- Riesgo de colapso y cementado.
- Cepillado: Las propias de su dureza.
- Encolado: Problemas con colas alcalinas y colas ácidas.
- Clavado y atornillado: Fácil salvo las dificultades que presenta su dureza.
- Acabado: Riesgo de reacción con productos ácidos.

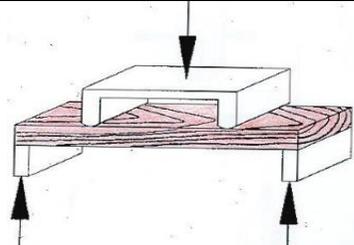
#### Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,77 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,48 % madera muy estable.

- Relación entre contracciones 1,85% sin tendencia a atear.
- Dureza (Chaláis-Meudon): 5,8 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 115.000 kg/cm<sup>2</sup>

Flexión estática: 1070 kg/cm <sup>2</sup>	
Compresión: 580 Kg/cm <sup>2</sup>	
Tracción paralela 1070 Kg/cm <sup>2</sup>	

Durabilidad frente a hongos: Durable



(Normadera - 2018)

Figura 68 Textura Roble

**FRESNO EUROPEO** Denominación científica: "Fraxinus excelsior"

Descripción:

- Albura: Blanca a blanca rosada
- Duramen: Blanca a blanca rosada
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio.
- Defectos característicos: Nudos ojo de perdiz. Falso corazón oscuro.

Impregnabilidad:

- Albura: Medianamente impregnable.
- Duramen: Medianamente impregnable.

Mecanización:

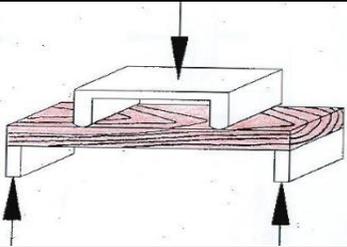
- Aserrado: Fácil, sin problemas.
- Secado: Fácil. De rápido a medianamente lento.
- Cepillado: Se curva relativamente bien.
- Encolado: Fácil, salvo con colas de resorcina.
- Clavado y atornillado: Necesidad de pretaladro.
- Acabado: Fácil.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,69 kg/cm3
- Estabilidad dimensional
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,45 % madera muy estable.
- Relación entre contracciones 1,64% sin tendencia a atear.
- Dureza (Chaláis-Meudon) 4,2 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 129.000 kg/cm2

<p>Flexión estática: 1.130 kg/cm2</p>	
<p>Compresión: 510 Kg/cm2</p>	
<p>Tracción paralela 1450 Kg/cm2</p>	

Durabilidad No duradera frente a hongos y poco duradera ante insectos



(Normadera - 2018)

Figura 69 Textura Fresno

**CAOBA**  
macrophylla King”

Denominación científica: “Swietenia

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 89.000 kg/cm<sup>2</sup>

Descripción:

- Albura: Blanco amarillento.
- Duramen: Marrón rosado a rojo claro, que se oscurece con la luz.
- Fibra: Recta, o ligeramente entrelazada.
- Grano: Fino a medio.
- Singularidades: Deformaciones y contracciones

Impregnabilidad:

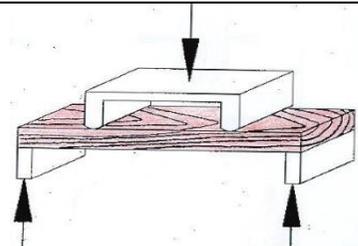
- Albura: Medio a poco impregnable
- Duramen: No impregnable

Mecanización:

- Aserrado: Fácil, sin problemas.
- Secado: Fácil y rápido. Ligero riesgo de deformaciones.
- Cepillado: Sin problemas.
- Encolado: Sin problemas.
- Clavado y atornillado: Fácil.
- Acabado: Sin problemas, salvo con barnices de poliéster con los que puede dar problemas.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,57 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,22 %
- Madera extraordinariamente estable
- Relación entre contracciones 1,62 sin tendencia a atear.
- Dureza (Chaláis-Meudon) 2,7. Madera semiblanda.

Flexión estática: 830 kg/cm <sup>2</sup>	
Compresión: 450 Kg/cm <sup>2</sup>	
Tracción paralela: 950 Kg/cm <sup>2</sup>	

Durabilidad: Duradera frente a hongos y semi duradera ante insectos



(Normadera - 2018)

Figura 70 Textura Caoba

**CASTAÑO** Denominación científica: "Castanea sativa Mill"

Descripción:

- Albura: Blanco amarillenta.
- Duramen: Marrón a marrón asalmonado.
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio.
- Defectos característicos: Nudos ojo de perdiz, acebolladura.

Impregnabilidad:

- Albura: Impregnable
- Duramen: No impregnable

Mecanización:

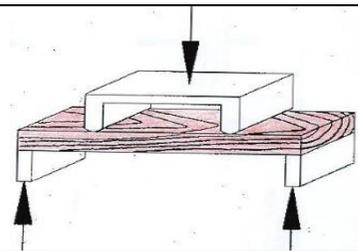
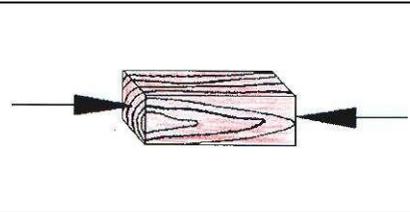
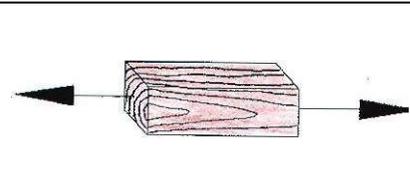
- Aserrado: Fácil, sin problemas.
- Secado: Lento. Riesgo de colapso, cementado y fendas internas y externas.
- Cepillado: Fácil.
- Encolado: Madera ácida, riesgo de reacción con colas alcalinas.
- Clavado y atornillado: Necesidad de pretaladro.
- Acabado: Riesgos derivados de su acidez.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,59 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional.
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,39% madera estable.
- Relación entre contracciones 1,54% sin tendencia a atear .
- Dureza (Chalais-Meudon) 2,5 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 100.000 kg/cm<sup>2</sup>

Flexión estática: 710 kg/cm <sup>2</sup>	
Compresión: 460 Kg/cm <sup>2</sup>	
Tracción paralela 1280 Kg/cm <sup>2</sup>	

Durabilidad Durable frente a hongos y semi- durable frente a insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 71 Textura Castaño

**TEKA** Denominación científica: "Tectona grandis"

Descripción:

- Albura: Blanco amarillenta a gris.
- Duramen: Marrón a marrón amarillento.
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio-grueso
- Singularidades: Substancias minerales introducidas en las células. Madera aceitosa

Impregnabilidad:

- Albura: Medio a poco impregnable
- Duramen: No impregnable

Mecanización:

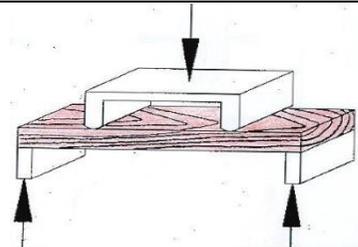
- Aserrado: Fácil, sin problemas.
- Secado: Lento, cambia de color con las temperaturas altas.
- Cepillado: Sin más problemas que el de su abrasividad. Apta para el curvado.
- Encolado: Dificultades elevadas por su elevado contenido en oleorresinas, sobre todo si se utilizan colas alcalinas.
- Clavado y atornillado: Necesidad de pretaladro.
- Acabado: Riesgos derivados de su acidez.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,69 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional.
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,3% madera muy estable.
- Relación entre contracciones 1,88% sin tendencia a atear.
- Dureza (Chaláis-Meudon) 4,1 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 110.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 1020 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 630 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 850 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: Resistencia mediana frente a hongos y pequeña ante insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 72 Textura Teka

**OLMO** Denominación científica: "Ulmus procera Salisb."

Descripción:

- Albura: Amarillo oscuro
- Duramen: Marrón a marrón oscuro
- Fibra: ondulada
- Grano: Grueso
- Singularidades: Capacidad para permanecer en contacto con el agua

Impregnabilidad:

- Albura: Impregnable
- Duramen: Poco impregnable

Mecanización:

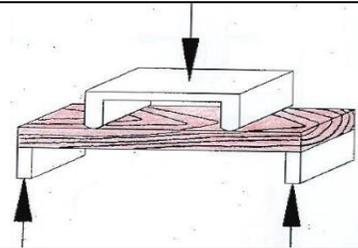
- Aserrado: Difícil, tendencia a pinzar las sierras.
- Secado: Rápido y fácil. Riesgo de deformaciones y fendas. En piezas de gran espesor esta puede colapsar.
- Cepillado: Regular. Propenso a repelo y embotamiento.
- Encolado: Dificultades elevadas
- Clavado y atornillado: Necesidad de pretaladro.
- Acabado: Difícil

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,65 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional.
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,56% madera nerviosa
- Relación entre contracciones 1,66% sin tendencia a atear .
- Dureza (Chaláis-Meudon) 4,9 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 110.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 1120 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 580 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 680 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: limitada frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 73 Textura Olmo

2.3.2 Maderas blandas:

**CEDRO** Denominación científica: "Cedería odorata "

Descripción:

- Albura: Blanca
- Duramen: Rojizo a Marrón rojizo y marrón.
- Fibra: Recta.
- Grano: Medio.
- Defectos característicos: Nudos pequeños. Bolsas de resina y, al secarse, grietas

Impregnabilidad:

- Albura: Poco Impregnable.
- Duramen: No impregnable.

Mecanización:

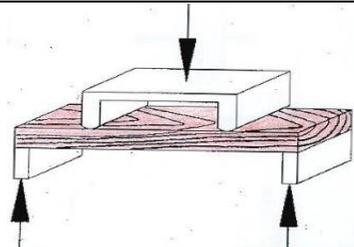
- Aserrado: Fácil, Sin problemas.
- Secado: Lento  
Riesgo de colapso y atejado
- Cepillado: Sin problemas
- Encolado: Sin problemas
- Clavado y atornillado: Sin problemas
- Acabado: Sin problemas.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,49 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,32 % madera estable.
- Relación entre contracciones 2,5% tiende mucho a atejar.
- Dureza (Chaláis-Meudon): 1,3 madera blanda.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 80.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 753 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 415 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela - Kg/cm<sup>2</sup> Nula</p>	

Durabilidad: No durable frente a insectos



(Normadera - 2018)

Figura 74 Textura Cedro

**CIPRÉS** Denominación científica: "Cupresus sempervirens"

Descripción:

- Albura: Amarillo claro
- Duramen: Entre rojizo y marrón.
- Fibra: Recta.
- Grano: Fino.
- Defectos característicos: Propensa a los nudos. Puede presentar deformaciones y grietas

Impregnabilidad:

- Albura: No impregnable.
- Duramen: No impregnable.

Mecanización:

- Aserrado: Difícil por la presencia de nudos y irregularidades en las trozas.
- Secado: Lento  
Riesgo de colapso y atejado
- Cepillado: Sin problemas
- Encolado: Sin problemas
- Clavado y atornillado: Requiere de taladros previos para evitar rajar la madera.
- Acabado: Sin problemas.

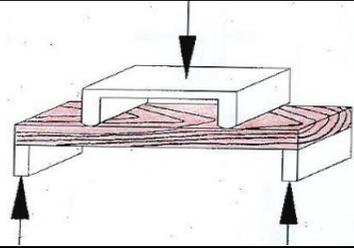
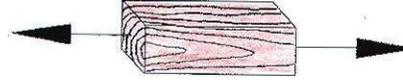
Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,5 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 12,8 % madera poco nerviosa.
- Relación entre contracciones 2,0% tiende poco a atejar.

- Dureza (Chaláis-Meudon): 3 madera semidura.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 75.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 1.030 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 500 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 110 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: Completamente resistente frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 75 Textura Ciprés

**ABETO BLANCO**

Denominación científica: "Abies alba"

Descripción:

- Albura: entre blanca y amarilla
- Duramen: blanco amarillento y blanco rojizo
- Fibra: Recta.
- Grano: Fino.
- Defectos característicos: Nudos pequeños, sanos, aislados y muy abundantes.

Impregnabilidad:

- Albura: Poco impregnable.
- Duramen: No impregnable.

Mecanización:

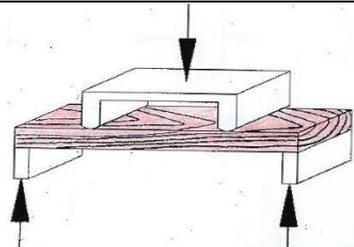
- Aserrado: Fácil, sin dificultades.
- Secado: Rápido.  
Riesgo de fendas y atejado
- Cepillado: Sin problemas
- Encolado: Sin problemas, Bueno.
- Clavado y atornillado: Tiende a rajar. Poca resistencia al arranque.
- Acabado: En el tintado da efecto desigual.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,45 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,44 % madera estable.
- Relación entre contracciones 2,1% tiende mucho a alabear,
- Dureza (Chaláis-Meudon): 1,5 madera blanda

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 110.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 710 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 450 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 650 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: No durable frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 76 Textura Abeto

**PINO**

“Pinus sylvestris”

Denominación científica:

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 94.000 kg/cm<sup>2</sup>

Descripción:

- Albura: Amarillo pálido.
- Duramen: rojizo
- Fibra: Recta.
- Grano: Fino o medio.
- Defectos característicos: Nudos pequeños a grandes, sanos y saltadizos medianamente frecuentes. Bolsas de resina pequeñas.

Impregnabilidad:

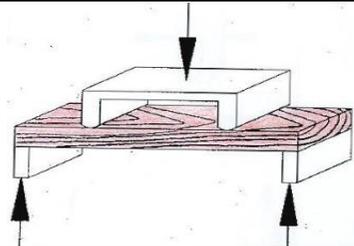
- Albura: Impregnable.
- Duramen: Poco o Nada impregnable.

Mecanización:

- Aserrado: Fácil, sin dificultades.
- Secado: Rápido y fácil.  
Riesgo muy pequeño de deformaciones y fendas.
- Cepillado: Sin problemas. Fácil.
- Encolado: Sin problemas, Bueno.
- Clavado y atornillado: Fácil.
- Acabado: Sencillo.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,51 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,38 % madera estable.
- Relación entre contracciones 2,1% tiende mucho a albear,
- Dureza (Chaláis-Meudon): 1,9 madera blanda o semiblanda.

<p>Flexión estática: 1.057 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 406 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 1.020 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: No durable frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 77 Textura Pino

**PLATANERO COMÚN** Denominación científica: "Platanus orientalis"

Descripción:

- Albura: Entre blanco y amarillo pálido.
- Duramen: Marrón rojizo, bien diferenciado de la albura
- Fibra: Cruzada.
- Grano: Fino.
- Defectos característicos: Acebolladuras y bolsas de humedad.

Impregnabilidad:

- Albura: Impregnable.
- Duramen: Poco impregnable.

Mecanización:

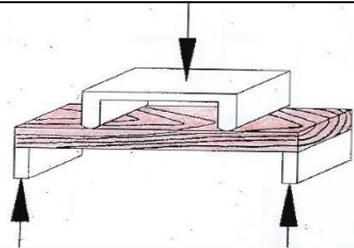
- Aserrado: Fácil, sin dificultades.
- Secado: Rápido y fácil.  
Riesgo muy pequeño de deformaciones y fendas.
- Cepillado: Sin problemas. Fácil.
- Encolado: Sin problemas, Bueno.
- Clavado y atornillado: Fácil.
- Acabado: Sencillo.

Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,57 kg/cm<sup>3</sup>
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrica 0,61 % madera muy nerviosa.
- Relación entre contracciones 1,39 % .
- Dureza (Chaláis-Meudon): 3,5 madera blanda.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 100.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 1.100 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 500 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 100 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: No durable frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 78 Textura Platanero

**CHOPO EUROPEO / ÁLAMO NEGRO**

“Populus nigra”

Descripción:

- Albura: amarillo pálido o blanco amarillo.
- Duramen: amarillo pálido o blanco
- Fibra: Recta
- Grano: Fino y homogéneo.
- Defectos característicos: Tensiones de crecimiento y ataques cromógenos.

Impregnabilidad:

- Albura: Algo impregnable.
- Duramen: Poco o nada impregnable.

Mecanización:

- Aserrado: Fácil, sin dificultades.
- Secado: Rápido y fácil.  
Riesgo muy pequeño de deformaciones y fendas.
- Cepillado: Sin problemas. Fácil.
- Encolado: Sin problemas, Bueno.
- Clavado y atornillado: Fácil.
- Acabado: Sencillo.

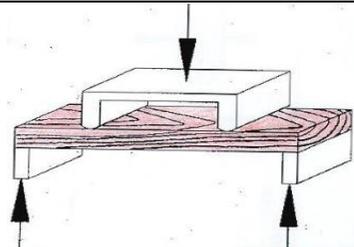
Propiedades físicas:

- Densidad aparente al 12% de humedad 0,378 kg/cm<sup>3</sup> madera muy ligera
- Estabilidad dimensional:
- Coeficiente de contracción volumétrico 0,61 % madera muy nerviosa.
- Relación entre contracciones 1,39 %.

Dureza (Chaláis-Meudon): 6,9 madera blanda.

Propiedades mecánicas: Resistencias

Módulo de elasticidad: 60.000 kg/cm<sup>2</sup>

<p>Flexión estática: 612 kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Compresión: 310 Kg/cm<sup>2</sup></p>	
<p>Tracción paralela 280 Kg/cm<sup>2</sup></p>	

Durabilidad: No durable frente a hongos e insectos.



(Normadera - 2018)

Figura 79 Textura Chopo