



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Madera y arquitectura: su empleo en diferentes
contextos sociales y culturales

Wood and architecture: their use in different
social and cultural contexts

Autor/es

Óscar Blasco Simón

Director/es

José Ignacio Palomero Cámara

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2017



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. Óscar Blasco Simón

con nº de DNI 73011553P en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Madera y arquitectura: su empleo en diferentes contextos sociales y
culturales.

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 23 de Noviembre de 2017

Fdo: Óscar Blasco Simón

MADERA Y ARQUITECTURA

SU EMPLEO EN DIFERENTES CONTEXTOS SOCIALES Y CULTURALES



Autor: Óscar Blasco Simón

Director: José Ignacio Palomero Cámara

Resumen

Dependiendo de la situación geográfica, social y cultural, la construcción en madera ha tomado unas vías muy concretas y propias del lugar. El presente trabajo busca responder cuan influyente es el emplazamiento en el desarrollo de los métodos constructivos en madera, y hasta qué punto estas peculiaridades han llegado hasta nuestros días de manos de arquitectos contemporáneos.

Para ello este escrito se ha enfocado como una investigación en torno a la construcción en madera. Parte de un estudio de la madera desde el punto de vista biológico, tras el cual se ha profundizado en como se ha concebido a lo largo de la historia desde la construcción, y como se entiende hoy en día.

Abstract

Depending on the geographical, social and cultural situation, the wood construction has taken a very specific and local routes. The present work attempts to answer how influential is the location in the development of construction methods in wood, and for what extent these peculiarities have reached our days from the hand of contemporary architects.

For this reason, this paper has been focused as an investigation around the wood construction. The work begins with a study of wood from a biological point of view, after which it has been deepened about how has been conceived throughout history from the construction, and how it is understood today.

Preámbulo

El trabajo se ha enfocado desde un punto de vista geográfico, estudiando seis zonas concretas del mundo: Extremo Oriente, Europa septentrional, Europa central y meridional, América del Norte, América del Sur, y Oceanía. Estas zonas se han englobado a razón de sus similitudes climáticas y culturales, a partir de las cuales la construcción en madera ha tomado unos caminos muy concretos como respuesta al lugar.

La tercera y cuarta parte de este trabajo se articulan en función de dichas zonas. El orden de exposición de los lugares no coincide en dichos apartados, en respuesta a un orden cronológico, a partir del cual sea más comprensible el estudio, mostrando las influencias de unas culturas sobre otras y el avance de las corrientes arquitectónicas.

Índice

Primera parte. La madera como material	1
Segunda parte. La construcción con madera	9
Tercera parte. La madera en la arquitectura histórica	15
1. Extremo Oriente	17
1.1. Primeras construcciones	
1.2. Sintoísmo	
1.3. Budismo	
1.4. Casa del té	
2. Europa septentrional	21
2.1. La construcción vikinga	
2.2. Muros de troncos	
3. Europa central y meridional	24
3.1. Muros de troncos	
3.2. Entramados	
4. América del Norte	27
4.1. La llegada de los colonos	
4.2. El “balloon frame”	
5. América del Sur	29
5.1. Colombia	
5.2. Chile	
6. Oceanía	31
6.1. Estilo “Queenslander”	
Cuarta parte. La madera en la arquitectura contemporánea	33
1. Europa septentrional	35
1.1. Erik Gunnar Asplund	
1.2. Alvar Aalto	
1.3. Sverre Fehn	
2. América del Norte	39
2.1. Frank Lloyd Wright	
2.2. Louis Kahn	
2.3. Steven Holl	
3. Oceanía	42
3.1. Glenn Murcutt	
3.2. Sean Godsell	
4. Europa central y meridional	45
4.1. Peter Zumthor	
4.2. Gion Caminada	
5. América del Sur	48
5.1. Simón Vélez	
5.2. Alejandro Aravena	
6. Extremo Oriente	51
6.1. Tadao Ando	
6.2. Kengo Kuma	
6.3. Shigeru Ban	
Quinta parte. Presente y futuro de la construcción en madera	57
Anexos.	61
Bibliografía.	69
Procedencia de imágenes.	73

PRIMERA PARTE
LA MADERA COMO MATERIAL

La madera procede de un cuerpo vivo, el árbol, y como tal, está compuesta por multitud de células de muy variadas formas y tamaños. Estas células forman una estructura fibrosa y tubular, heterogénea y organizada, de cuyas características dependen las propiedades de la madera y sus posibilidades de empleo.

Partes del tronco

Dentro del tronco del árbol se pueden diferenciar múltiples partes, dependiendo del estado y función de sus células:

Médula. Núcleo del tronco, siendo la parte más débil y propensa a ser atacada por hongos.

Duramen. Madera sin actividad biológica, cuyas células han sufrido transformaciones fisicoquímicas. Esta transformación hace que sea más oscura, compacta y resistente, y que su función sea únicamente estructural.

Albura. Madera nueva que se superpone a la existente. Funcionalmente activa, por cuyos conductos transcurre la savia. Más porosa, y por lo tanto más impregnable en tratamientos de protección.

Cambium. Rodea la parte viva del árbol y sus células hacen nuevas células leñosas al interior, y células en el líber.

Líber. Tejido interior de la corteza por el que transcurre la savia elaborada.

Corteza. Capa exterior del árbol que recubre el líber y lo protege.

Cada una de estas partes está unida mediante radios medulares, que reparten la savia de forma horizontal.

El árbol crece en primavera y verano a partir del cambium, formando los anillos de crecimiento. En este proceso la albura se transforma en duramen, incrementando el tamaño de este¹. En primavera se desarrolla la conocida como madera primeriza, donde el crecimiento es más rápido, siendo madera más clara y de mayor anchura. En verano se desarrolla la madera tardía, de crecimiento más lento y células más pequeñas.

Estos anillos indican la edad del árbol y las condiciones climáticas en las que se ha desarrollado, es decir, su procedencia. La madera es un material vivo, y por ello su crecimiento depende de la temperatura, humedad y radiación solar a la que está expuesto. Anillos anchos indican buenas condiciones de crecimiento, y pequeños, condiciones pobres o de sequía.

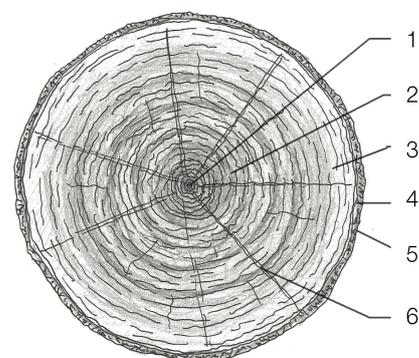


Fig. 1.1. Partes del tronco. 1.Médula. 2.Duramen. 3.Albura. 4.Cambium. 5.Corteza. 6.Radio modular.



Fig. 1.2. En climas extremos la separación entre anillos es menor en la cara expuesta al norte.

1. De esta manera la albura mantiene un tamaño constante.

Tipos de maderas

El planeta está poblado por enormes superficies de bosques en los cuales podemos encontrar una gran diversidad de árboles. Al ser un elemento vivo, cada tipo de árbol nace y se desarrolla en entornos con unas condiciones concretas según las propiedades de su madera. Esto crea alrededor del planeta una serie de franjas horizontales de condiciones climáticas similares, dependiendo de la latitud, donde se desarrollan las mismas especies forestales².

Se pueden diferenciar dos grandes familias de maderas, caracterizadas según su tipo de células:

Maderas blandas o coníferas

Pertenecen al grupo de las gimnospermas, cuyas semillas están en el exterior. Tiene una estructura simple, con dos clases de células. Las primeras son traqueídas, células cilíndricas que forman la mayor parte del tronco, con una disposición regular, ofreciendo resistencia al tronco y transportando la savia. La segunda clase de células son las parénquimas, donde se almacena el alimento y las resinas.

Son árboles de crecimiento moderadamente rápido y homogéneo, siendo muy abundantes y accesibles. Tienen un color claro que permite diferenciar bien la madera primeriza de la tardía.

Se encuentran en los bosques boreales del extremo septentrional, así como en zonas montañosas de gran altitud. Entre estos encontramos a la familia de los pinos, abetos, piceas, alerces o cedros.

Maderas duras o frondosas

Proceden de árboles de hojas latifoliadas, de las angiospermas, con las semillas encerradas en ovarios que tras la fertilización se desarrollan en frutos. Tiene una estructura más compleja y heterogénea, cuya mayor parte está compuesta por fibras que le dan a esta madera su principal característica, la de ser muy resistente. Tiene otros dos tipos de células, siendo vasos, a modo de tubos anchos por donde se conduce la savia, y parénquimas, rodeando estos vasos y entre las fibras.

Crecimiento más lento y heterogéneo, creando madera más oscura y a su vez más resistente y duradera. Por lo tanto, más difícil de trabajar. Tienen mayor gama de tonos, y la especialización de sus células le aporta una textura que permite diferenciarla de la blanda.

Pueden ser tanto de hoja caduca como perenne. También se distribuyen por franjas, situándose las de hoja caduca bajo la franja boreal, en zonas templadas, y las perennes alrededor del ecuador hacia el hemisferio sur, en las pluviselvas tropicales. Las del primer tipo son de la familia del roble, castaño, o cerezo, y del segundo maderas como el okume, la teca o el ipé.

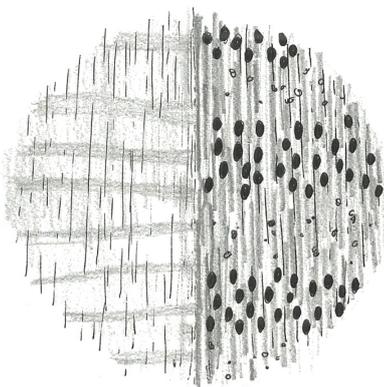


Fig. 1.3. Texturas de las maderas, la izquierda hace referencia a la madera blanda, y la derecha a dura.

2. Ver plano de extensiones arbóreas en Anexo I.

Propiedades

La madera tiene una serie de propiedades que depende del tipo de árbol del que se ha extraído. A la hora de trabajar la madera es importante conocer dichas propiedades, sobre todo en construcción, ya que de ellas dependerá el resultado final. Esa serie de características son las siguientes:

Anisotropía. La anatomía de haz de tubos de la madera responde a una forma diseñada para resistir esfuerzos paralelos a ellos. Por lo tanto, la madera no funciona igual en todas las direcciones, diferenciándose tres direcciones principales.

Dirección axial. Paralela al eje del crecimiento del árbol, y ante la que presenta mejores propiedades.

Dirección radial. Perpendicular a la primera, corta el eje del árbol, es decir, normal a los anillos de crecimiento.

Dirección tangencial. Normal a las dos anteriores, y, por tanto, tangencial a los anillos de crecimiento.

Higroscopicidad. La madera es un material vivo que depende de la humedad de su entorno. Absorbe y cede humedad constantemente, lo cual le puede provocar deformaciones considerables en la dirección perpendicular a la fibra, y mermar su resistencia y rigidez.

Sensibilidad a los ataques. La madera puede ser atacada tanto por organismos que puedan perjudicarla, como por agentes abióticos como la radiación solar, daños físicos o el fuego.

Durabilidad. Su longevidad depende de esta serie de factores, es decir, el ambiente, los ataques, y las lesiones.

Cabe destacar otra serie de características que hasta hace treinta años no se valoraban, pero que en los últimos años están haciendo destacar a la madera sobre otros materiales:

Sostenibilidad. Uno de los materiales más sostenibles en la actualidad. Esto se debe a que es un material natural, que se extrae de los árboles, y por lo tanto es un recurso renovable, y si se gestiona de forma responsable, inagotable³.

Además, el árbol absorbe CO² para producir sus nutrientes, liberando oxígeno al exterior. Al final de su ciclo de vida, el gas carbónico vuelve a la naturaleza, con un balance de perjuicio nulo. El factor más perjudicial en este sentido es su transporte, siendo donde más CO² se emite a la atmosfera. Por esta razón es importante utilizar madera de las proximidades, además de porque responde mejor si las condiciones ambientales son las mismas.

Material vivo. Posiblemente la característica más propia y característica de la madera. El árbol forma una parte importante del reino vegetal, y su presencia es beneficiosa para el ser humano. Es el único material vivo utilizado en la construcción, lo que aporta a sus obras ventajas que otros materiales no pueden: calidez, una atmosfera natural y orgánica, y la capacidad de interacción con las condiciones ecológicas que la rodean.

3. Para invitar a la gestión y consumo sostenible de la madera existen certificados ecológicos, como el FSC o el PEFC, que acreditan una extracción responsable de madera.

Tratamiento

El proceso de tratamiento de la madera antes de dejarla preparada para ponerla en uso es una parte fundamental del trabajo.

Anteriormente existían unos conocimientos muy desarrollados para poder detectar si la madera sería buena para la construcción antes de cortarla. De la misma manera, el simple transporte de la madera hasta el lugar de su utilización era muchas veces tan problemático que existen cantidades de recursos utilizados, como ríos utilizados a modo de conducto o superficies resbaladizas.

Actualmente esos conocimientos se han perdido ya que las nuevas tecnologías permiten que el transporte y el tratamiento de la madera se realice de forma mecánica, no suponiendo ningún esfuerzo para el ser humano.

El corte del tronco se realiza cuando la savia está paralizada preferiblemente, siendo el mejor momento del año otoño. Posteriormente se deja reposar un tiempo largo, ya que necesita un tiempo de secado, a causa del alto porcentaje de humedad que tiene recién cortada.

Anteriormente la madera se cortaba y se utilizaba de forma maciza, algunas veces sin tratamiento posterior, otras veces descortezado, y otras veces trabajado con el hacha para aprovechar el duramen, ya que es la parte más resistente del tronco.

La aparición de los aserraderos⁴ cambió radicalmente el modo de trabajo de la madera, simplificando todo el proceso previo al producto final. A partir de ese momento, la industria fue desarrollando cada vez más medios hasta el punto de tener una serie de productos derivados de la madera que ofrecen cantidad de posibilidades inimaginables anteriormente.

Madera aserrada. Obtenida directamente del rollizo, y aserrada en dirección longitudinal a la fibra.

Madera laminada. Una serie de tablillas encoladas bajo presión en capas sucesivas de forma que la fibra sea paralela en todas ellas. Permite realizar curvas y formas complejas.

Tablero de contrachapado. Formado por un número impar de chapas de madera encoladas dispuestas alternando la dirección de sus fibras, de forma que sea simétrica respecto a su línea central.

Tablero de aglomerado. Formado aplicando presión y calor sobre partículas de madera.

Tablero de fibra. A partir de maderas que han sido reducidas a elementos fibrosos básicos y reconstruidas posteriormente. Su adhesivo es la lignina y la celulosa.

4. A finales del siglo XVIII.

SEGUNDA PARTE
LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA

Como modelo estructural, el árbol es una ménsula empotrada en el terreno, a la cual se le aplica su propio peso y una carga horizontal principal, el viento. Su peso supone una fuerza de compresión en el centro del tronco, y una de tracción en la capa exterior, que equilibra las fuerzas. Por su parte el viento implica la resultante a varios metros del suelo, y por lo tanto un momento flector, que puede llegar a ser importante aunque la intensidad eólica sea moderada. Para resistirlo el tronco responde mediante un par de fuerzas de tracción y compresión, una a cada lado del tronco. Ambos estados se superponen llegando a una distribución final de tensiones (fig. 2.1).

No es casual que la forma del tronco sea redonda, ya que es la mejor geometría de cara a responder las acciones del viento. La dirección del viento es cambiante, y a partir de sus ramas, puede crear un esfuerzo torsor en el tronco. Por ello, las fibras del tronco son simétrico-resistentes.

Las tensiones de crecimiento que tiene que soportar el árbol le hacen desarrollar unas cualidades mecánicas intrínsecas que han ayudado a este material a ser uno de los más utilizados en la historia de la construcción. También han sido factores importantes su abundancia, ligereza, facilidad de trabajo, y capacidad aislante. Según fueron desarrollándose los métodos de construcción, fue ganando importancia su capacidad estética.

A lo largo de la historia ha destacado especialmente por su capacidad a flexión, siendo muy utilizada en estructuras horizontales, como por ejemplo en cubiertas. Sin embargo, no solo se ha ceñido a eso, desempeñando múltiples funciones, desde único material en la construcción de un edificio, hasta ser únicamente una estructura auxiliar, a modo de andamios.

La mayoría de las construcciones en madera no han llegado a nuestros días, ya sea por su fragilidad, por su vulnerabilidad, o porque cuando dejó de ser útil se utilizó su madera para otra cosa. Sin embargo, además de las construcciones en madera que sí han llegado a nuestros días, podemos ver técnicas propias de la construcción en madera llevadas a la mampostería.

Con el tiempo se han ido creando y desarrollando diferentes tipos constructivos con madera, que parten de diferentes lugares y culturas. El uso de la madera en la estructura y el cerramiento responde a diferentes aspectos básicos de carácter estructural que definen el sistema constructivo.

Para este estudio se diferenciarán tres grandes familias, dependiendo del modo de reparto de las cargas: muros de carga, pórticos y entramado. Cabe mencionar el uso de troncos en vertical para fortificaciones defensivas, que no se va a estudiar, aunque tuvo su importancia, ya que fue una arquitectura con poco desarrollo, con un uso muy concreto.

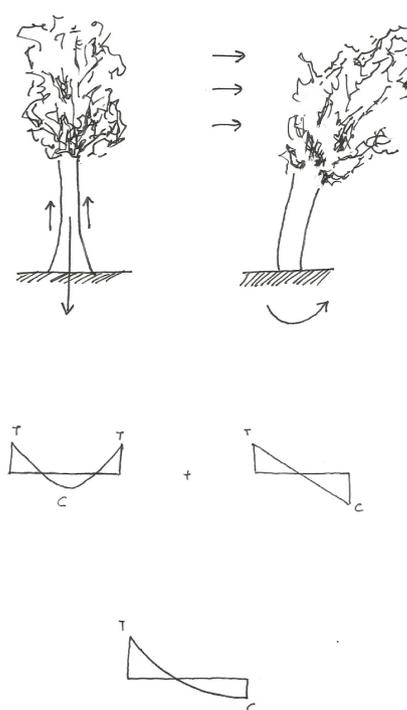


Fig. 2.1. Esquemas de esfuerzos y reacciones que sufre el árbol. Debajo, la resultante de la superposición de ambas reacciones.

Muros de carga

Este tipo de construcciones trabajan a base de masa, apilando madera de forma horizontal formando muros de carga. Es un tipo estructural primitivo en el que se utiliza una gran cantidad de madera.

El sistema consiste en cuatro muros de carga a base de troncos que, ensamblados en las esquinas, trabajan juntos creando una estructura rígida. Al principio los troncos se colocaban sin un tratamiento posterior, y con el tiempo se ha ido trabajando tanto la forma de los troncos en sí mismos, como su ensamblaje de esquina, desarrollando técnicas que dejen cada vez menos espacio entre los troncos.

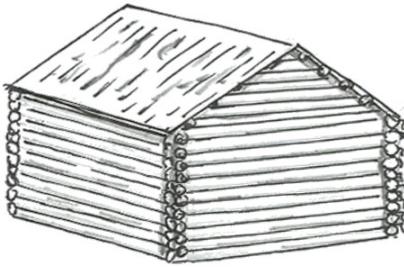


Fig. 2.2. Sistema de muro de carga

Sus orígenes se encuentran en el centro y norte de Europa, destacando en este sistema los países nórdicos, Rusia y Suiza. Estos lugares tienen en común la abundancia de bosques que les permiten conseguir suficiente madera, así como las temperaturas extremas, utilizándola en masa como material aislante térmicamente.

Estructuralmente se podría decir que este sistema no utiliza la madera de forma óptima, además de por la cantidad de madera empleada, debido a que la carga pasa por la madera de forma perpendicular a la fibra, siendo un sistema que nunca permite demasiada altura.

Pórticos

Estructura a base de vigas y pilares, donde la importancia estructural reside en los ensamblajes.

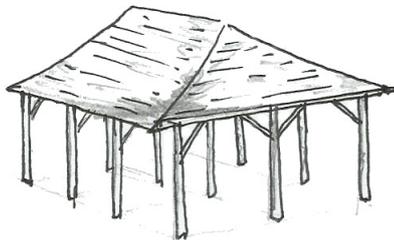


Fig. 2.3. Sistema de pórticos

El sistema poste-viga consiste en una estructura rígida autoportante con pórticos separados entre ellos¹, acompañados de una serie de diagonales o cuñas en los ensamblajes, que confieren rigidez al conjunto. En este sistema, el cerramiento es independiente de la estructura.

El tipo de construcción más destacada que se apoya en este sistema es el japonés, con enormes vigas y pilares de madera, donde destacan las uniones entre los elementos a partir de ménsulas. Sus cerramientos, e incluso las distribuciones interiores, pasan totalmente a segundo plano, siendo muchas veces de papel.

Entramados

El sistema de entramado funciona similar al de pilares y vigas, pero con los elementos constructivos suficientemente cercanos como para que se pueda considerar estructuralmente como un conjunto.

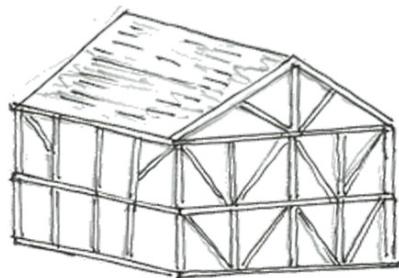


Fig. 2.4. Sistema de entramados

La estructura consiste en una serie de pilares y vigas a modo de entramado, apoyados con diagonales para dar rigidez al funcionamiento de la estructura.

Este sistema tiene sus orígenes en Europa central y meridional, donde los elementos estructurales estaban bastante separados, rellenándose sus huecos de fábrica o adobe.

1. La separación suele estar alrededor de 5 metros.
2. La separación suele estar alrededor de 60 centímetros.

Los primeros aserraderos supusieron una enorme revolución para todos los sistemas que emplean madera, pero especialmente para este último. En Norteamérica se desarrolló este sistema aligerando el entramado, mediante delgados listones colocados en posición horizontal y vertical². Esta serie de listones trabajan suficientemente unidos como para poder ser considerados como muros de carga ligeros.

TERCERA PARTE
LA MADERA EN LA ARQUITECTURA HISTÓRICA

La madera requiere disciplina, requiere conocerla, saber donde se utiliza y las diferencias técnicas que supone dependiendo de los medios disponibles y el lugar donde se construye. Por esta razón se pueden diferenciar lugares del mundo con sus diferentes culturas, donde la madera tiene un papel importante en la construcción, pero enfocado con un método de construcción muy propio e inimaginable en otros contextos¹.

1. EXTREMO ORIENTE

La arquitectura japonesa es la más destaca de Asia Oriental. Aunque tiene sus orígenes en China, Japón ha sabido desarrollarla dando ejemplos de construcciones en madera ejemplares.

El clima es húmedo y templado, y tiene una topografía montañosa ideal para el crecimiento de una gran cantidad de madera blanda como el cedro, el ciprés, el pino y el abeto, así como madera dura de hoja caduca como el roble y el castaño. En las construcciones usan ambas maderas indistintamente, aunque en general tienen al uso de madera blanda en construcción, y madera dura en mobiliario.

El clima hace necesarias estructuras livianas, abiertas y aireadas que combaten el calor y la humedad permitiendo la ventilación. De la misma forma, estructuras flexibles de cara a resistir la actividad sísmica habitual en el país.

1.1. Primeras construcciones

Es muy difícil conocer donde y cuando fueron las primeras construcciones, pero los restos arqueológicos encontrados apuntan a que se dieron simultáneamente en Asia Oriental y Europa, alrededor del año 5000 a. C. Estas primeras construcciones consistían en refugios a modo de cabañas simples con ramas de árbol atadas y colocadas sobre hoyos poco profundos.

A partir del 300 a. C. las casas comenzaron a separarse del suelo mediante lechos de bambú o tablas, con la intención de separarse de la humedad del suelo de cara a proteger las cosechas de arroz. Con el tiempo se fue desarrollando la técnica de separación del suelo mediante el uso de pilotes de madera.

Sin embargo, los orígenes de la arquitectura japonesa los encontramos en construcciones religiosas basadas en el sintoísmo.

1.2. Sintoísmo

El sintoísmo es la creencia animista que confiere voluntad consciente tanto a las fuerzas de la naturaleza² como a los personajes naturales³, teniendo un sinfín de espíritus habitando el cosmos.

Uno de los principales santuarios sintoístas es el Santuario de Ise, un complejo religioso del siglo II con una serie de construcciones de diferentes tamaños, pero todos ellos con el mismo sistema constructivo de madera.

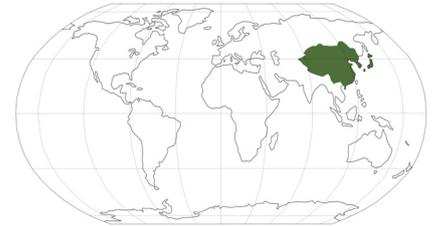


Fig. 3.1. Extremo Oriente



Fig. 3.2. Reconstrucción al estilo de las primeras cabañas.



Fig. 3.3. Santuario de Ise.

1. Ver cronograma en Anexo II.
2. Viento, lluvia o sol
3. Bosques o montañas

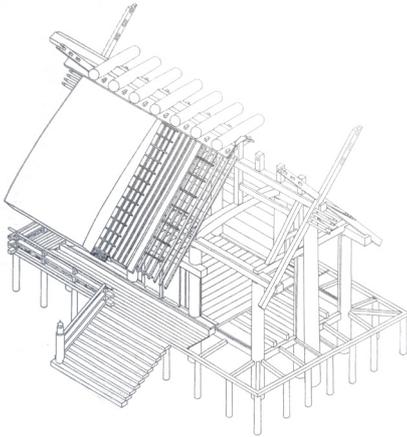


Fig. 3.4. Axonometría constructiva de uno de los templos.

Los edificios están hechos con madera de ciprés al natural, y consisten en una serie de pórticos con dos columnas a cada lado sobre las que apoya una viga longitudinal. El primer y el último pórtico tienen una columna central de mayor tamaño sobre la que descansa la cumbrera. El tejado se apoya en estas tres vigas principales, dando como resultado una cubierta a dos aguas, de 45° de inclinación⁴. Todas las uniones entre los elementos verticales y horizontales se realizan mediante apoyos a partir de muescas.

La estructura se basa en la utilizada para los almacenes de arroz, con aleros más allá del cerramiento para proteger el interior del sol y la lluvia, realizándose el acceso al edificio bajo uno de estos. De la misma manera se separa del suelo, mediante una serie de columnas de madera clavadas directamente en el terreno.

Una serie de troncos cortados en la cumbrera, y tablas en los dos extremos que van más allá de la cubierta se utilizan a modo de ornamento, cuyo origen esta en las casas de los nobles⁵.

Los edificios del santuario se construyen con la madera mejor cuidada y trabajada, y se renuevan cada 20 años⁶. Su reconstrucción es central en la religión sintoísta, a modo de renovación y purificación del templo, para que los objetos sagrados tengan una localización inmaculada. También tiene una razón puramente funcional, ya que los postes en contacto con el suelo y las cubiertas de caña y tablas acaban estropeándose al poco tiempo.

Actualmente se utilizan métodos constructivos más duraderos, y en muchos santuarios se ha dejado de lado la tradición de la renovación a razón del coste que supone en madera.



Fig. 3.5. Imagen de la apariencia actual del templo.

1.3. Budismo

El sintoísmo es una religión que se percibe de forma intuitiva, por lo tanto, puede convivir con otras religiones. Así sucede que en el año 552 llega procedente de China el budismo, religión que considera que el mundo no tiene ni creador ni rector y una determinada conducta te lleva al nirvana. A partir de este momento ambas religiones son seguidas en Japón.

Junto al budismo se asimilan en Japón valores de la cultura China, destacando su arquitectura, que supone una serie de cambios en las construcciones religiosas niponas.

4. La cubierta se resuelve a partir de cañas en los edificios grandes, y con tablas en los pequeños.

5. Utilizaban estos elementos como muestra de jerarquía.

6. El intervalo de renovación en los templos sintoístas suele estar entre 20 y 50 años.

El apoyo es sobre zócalos de piedra, evitando así el contacto directo con el terreno. La relación entre los pilares y las vigas se realiza mediante un sistema de ménsulas, que consiste en una serie de piezas que van prologándose de forma horizontal en altura, permitiendo al pilar soportar más peso, así como voladizos más evidentes.

El gran cambio se encuentra en los tejados, que pasan a ser la parte más importante de la arquitectura con formas curvas conseguidas a partir de un complejo entramado de vigas y puntales.

Sin embargo, un replanteo estructural y estilístico llevó a una aproximación de la arquitectura al paisaje, introduciendo la sensibilidad nipona, a partir de edificios menos monumentales, y dejando de lado la simetría en los complejos religiosos.

Los textos budistas están repletos de listas sobre los beneficios para el emperador que decide levantar un templo en su nombre, prometiendo estabilidad dinástica, tranquilidad política y prosperidad. Por esta razón se pueden encontrar una gran cantidad de templos construidos en nombre de los emperadores o clases dominantes, aunque la gran mayoría de estos no hayan llegado a nuestros días.

Uno de los templos más antiguos y a su vez la estructura más grande existente en madera es el templo Todai-Ji, en Nara (743-745). Antiguamente el complejo era más grande, acompañado de un par de pagodas a cada lado y con un mayor Salón del Gran Buda, pero a lo largo de la historia una serie de incendios y diferentes conflictos bélicos han afectado dicho recinto. A pesar de ello, su longevidad demuestra un correcto uso de la madera por parte de la cultura japonesa.



Fig. 3.6. Templo Todai-Ji.

1.3.1. El tejado

La estructura de la cubierta en los templos japoneses ha tenido un amplio desarrollo con el tiempo. La construcción más habitual es mediante una doble capa, con una capa de vigas bajas de carácter más decorativo, y un conjunto de vigas superiores ocultas, sobre las que apoya la cubierta. Esto permite a los constructores mayor creatividad⁷, y ha realizar los característicos aleros.

Todas estas posibilidades se consiguen mediante un complejo sistema de vigas y puntales de madera que se encuentran escondidos entre ambas capas (fig. 3.7). Normalmente, sobre la viga inferior existen varios niveles de vigas a diferentes alturas, que se apoyan sobre los pilares y las vigas inferiores mediante una serie de puntales verticales que las conectan. La cubierta tiene una forma libre ya que estos mismos puntales son los que llevan las correas del tejado, pudiendo elegir la altura a la que se encuentra para darle la característica forma curva. En muchas construcciones se utilizan vigas diagonales en voladizo, que ayudan a transmitir la carga del alero a las columnas (fig. 3.8)⁸.

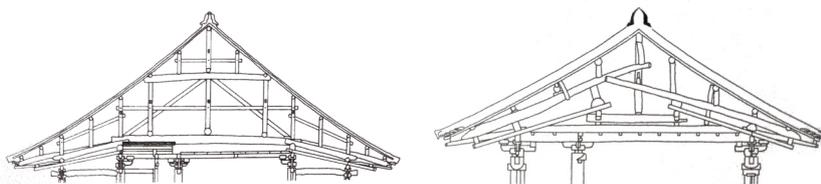


Fig. 3.7. y 3.8. Estructura interior clásica de las cubiertas japonesas.

7. Separando la estructura inferior de la cubierta de la superior, el ángulo de la pendiente de la cubierta es totalmente libre.

8. Ver Anexo III para más información gráfica.

1.3.2. El sistema de ménsulas

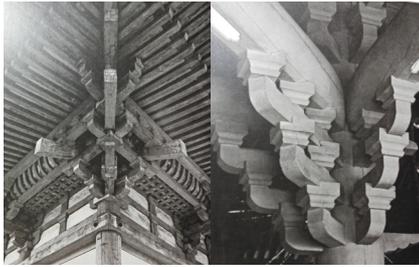


Fig. 3.9 y 3.10. Ejemplos de sistemas de ménsulas empleados

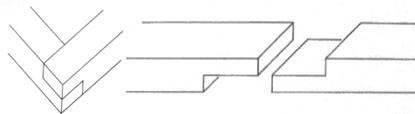


Fig. 3.11 y 3.12.

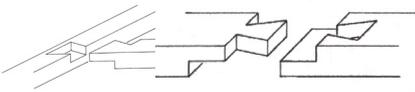


Fig. 3.13 y 3.14.

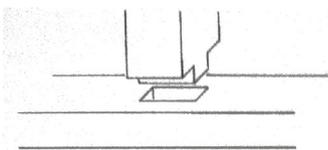


Fig. 3.15.

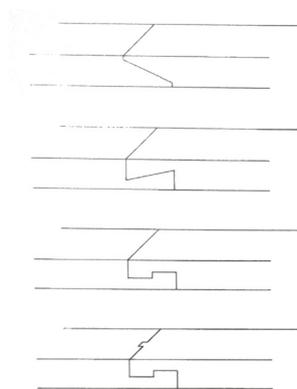


Fig. 3.16. Otros ejemplos de juntas desarrolladas por los arquitectos nipones.



Fig. 3.17. Templo Yongle Gong.

La arquitectura japonesa se construye a base de diferentes tipos de uniones entre sus elementos. Esta técnica ha ido desarrollándose hasta llegar a un punto de complejidad que precisa de profundos conocimientos trabajar con el sistema. Por esta razón, la carpintería es uno de los oficios con más prestigio del país.

A partir del sistema de ménsulas utilizado en la construcción se consigue una óptima distribución de cargas que permite a la columna recibir más carga de la que sería capaz, además de darle rigidez al conjunto y permitir grandes luces y voladizos.

Es difícil imaginar un sistema constructivo que soporte mejor la actividad sísmica del país que el que emplea elementos de madera unidos mediante diferentes tipos de juntas. Esta tipología permite soportar cubiertas muy pesadas y sus voladizos, mientras asegura protección ante los terremotos.

En los templos japoneses muchas veces la ornamentación se hace a partir de este tipo de elementos, como las ménsulas y el arquitrabe, cuyas formas en madera se trabajan dándole además de su función estructural, un añadido estético.

Los carpinteros llegaron a diseñar más de 400 juntas diferentes, entre las cuales podemos destacar las siguientes.

Junta a media madera. Media sección de una pieza se solapa con media sección de la otra. Puede usarse con piezas paralelas y perpendiculares (fig. 3.11 y 3.12).

Junta a cola de milano. Encaje de una pieza con otro a partir de una geometría de embudo que impide su separación. Para piezas paralelas y perpendiculares (fig. 3.13 y 3.14).

Junta a caja y espiga. Una sección más fina de la pieza se inserta en un hueco en la madera que recibe. Únicamente para uniones en perpendicular (fig. 3.15).

Estos diferentes elementos se pueden observar en el templo Yongle Gong (Yuan, China, 1261).

La construcción del tejado es un bosque de vigas y puntales en el que la altura de las correas que lo sustentan se sitúa a una altura de forma que la forma del tejado sea curva. Las ménsulas ayudan a que baje la carga desde la estructura superior hasta los pilares, ampliando la sección de actuación del pilar en la llegada a las vigas, para ir recogiendo esa carga hacia un solo punto en dirección vertical.

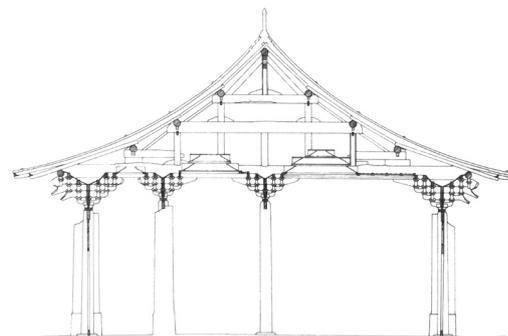


Fig. 3.18. Sección constructiva del Templo Yongle Gong.

1.4. La casa del té

El consumo del té es una tradición que proviene de China, y que arraigó en Japón a partir del año 1191, acompañada de parte de la cultura budista. Al principio el ritual del té se realizaba en salas normales, hasta que en el siglo XVI se empezaron a reservar espacios especiales para la ceremonia. Dichos espacios al principio no seguían ninguna tipología concreta, pero poco a poco fue creándose su propio estilo.

Las primeras casas del té coincidieron con una época en la que se buscaba eliminar la enorme importancia del budismo en favor del sintoísmo. Por ello se adaptó una estética de simpleza y naturalidad máxima, con una decoración muy sobria que ayudara al sentido de pureza. La apariencia buscada es la de una rusticidad casi aleatoria.

La clase samurái fue la primera en adoptar este estilo arquitectónico para su arquitectura común, desarrollando un nuevo tipo de vivienda, con una estructura muy ligera y de planta libre. Estas casas expresan provisionalidad y funcionalidad⁹, con áreas poco definidas que pueden abrirse y cerrarse mediante paneles deslizables dependiendo del calor, la humedad, o la necesidad de ventilación.

La estructura es muy simple y lineal, construida enteramente en madera. Se monta en poco tiempo, y los huecos que deja entre los pilares se tapan mediante una retícula de bambú, unida con bambú más fino y paja de arroz (fig 3.22-24). Este entramado se reviste mediante una capa de arcilla mezclada con paja de arroz, que da esa sensación rústica. Las ventanas también son pequeñas estructuras de bambú.

El suelo está hecho con paja de arroz cubierta por juncos tejidos. Al principio esta técnica se usaba a modo de asiento, pero acabó aplicándose a todo el suelo.



Fig. 3.19 y 20. Arquitectura residencial basada en la casa del té.



Fig. 3.21. Proceso de construcción de una vivienda tradicional japonesa.

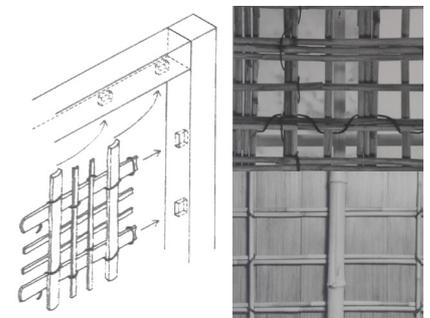


Fig. 3.22, 23 y 24. Detalles del método de unión en los paramentos.

2. EUROPA SEPTENTRIONAL

Los climas extremos, los escasos recursos y la gran abundancia de madera conífera en sus bosques boreales, hacen de la zona septentrional europea la que más madera utiliza en la construcción, destacando los países nórdicos.

Finlandia, Noruega, Suecia y Dinamarca tienen casi el 70% del territorio poblado por bosques. Como material a mano, la mayoría de las construcciones en esta zona son de madera.

2.1. La construcción vikinga

Las primeras construcciones escandinavas se sucedieron en una época similar a la asiática y con un método parecido, a partir de ramas de árboles unidas a modo de refugio. Sin embargo, el frío obligó rápidamente a buscar métodos constructivos que aportaran mayor aislamiento del exterior.

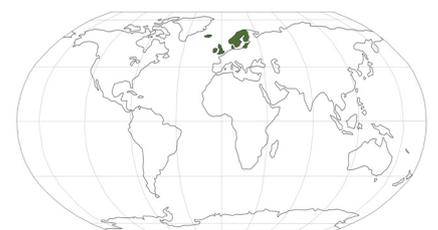


Fig. 3.25. Europa septentrional.

⁹ Incluso el mobiliario es mínimo y cambiante, ya que todo lo necesario se guarda en los armarios.



Fig. 3.26. Reconstrucción de una construcción vikinga.



Fig. 3.27. Iglesia de Urnes.



Fig. 3.28. Interior de la Iglesia de Borgund.

Los vikingos destacaron por sus técnicas en la arquitectura naval, en la que el hacha era prácticamente su única herramienta de trabajo. Estas técnicas las llevaron a construcciones en tierra, donde la cubierta consiste en el diseño del casco de un barco invertido¹⁰. Esta cúpula se asienta sobre una serie de troncos verticales a modo de estacas clavadas en el suelo, con un cerramiento igualmente hecho a base de elementos verticales.

Las iglesias de entablados de madera de estilo gótico que se construyeron posteriormente tienen una palpable influencia de las construcciones vikingas. La mayoría de ellas no han llegado a nuestros días, quedando solo unos pocos ejemplos de este tipo de construcciones.

Entre las más antiguas están la Iglesia de Urnes (Sogn, Noruega, 1130) y la iglesia de Borgund (Sogn, Noruega, 1190). Este tipo de iglesias parte de una estructura con un sistema básico sencillo que da una arquitectura compleja y elaborada. Reposa sobre cuatro troncos de madera horizontales apoyados en piedra, con dos postes verticales en los extremos, entre los cuales discurre el cerramiento. En el interior una serie de vigas, jabalcones y cruces de San Andrés dan rigidez a la estructura.

Este tipo de edificaciones se dejaron de construir tras la reforma protestante, e incluso se olvidaron sus técnicas constructivas a raíz de la peste que devastó más de la mitad de la población noruega en 1349.

2.2. Muros de troncos

Este tipo de construcciones quedaron superadas por la cabaña de madera, sistema que se impuso ya en el siglo IX, siendo desde ese momento hasta prácticamente nuestros días el sistema más utilizado de la zona. Sin embargo, como en la mayoría de las construcciones de madera populares, no tenemos ejemplos antiguos de este tipo de construcción ya que cuando eran innecesarias se quemaban, pudrían, o reutilizaban su madera para otro uso.

Los vikingos asimilaron este sistema constructivo de la cultura rusa-bizantina. Consiste en el uso de cuatro muros de carga constituidos por troncos apilados, unidos en las esquinas y con una cubierta a dos aguas. El desarrollo de este sistema ha sido bastante lineal, buscando mejoras basadas en el confort mediante la disminución de las pérdidas de calor entre los troncos.

La existencia de bosques de coníferas abundantes en la zona, y sobre todo el uso de madera de pino y abeto, permite este tipo de construcción, ya que en la medida de lo posible evita los principales inconvenientes de este método constructivo.



Fig. 3.29. Cabaña de troncos al estilo tradicional.

10. Esto supone geometría mucho más largas que anchas.

Este sistema utiliza troncos enteros colocados unos sobre los otros. Esto supone el uso de mucha cantidad de madera, y la necesidad de que esos troncos sean similares en diámetro y longitud. El tipo de madera del que disponen, madera blanda, tiene un crecimiento rápido y unas propiedades regulares¹¹. La técnica utilizada responde al tipo de madera de la que disponen, ya que con madera dura no habría podido realizarse.

2.2.1. Características constructivas

El sistema constructivo puede diferenciarse dependiendo de como se han trabajado los troncos, la estructura del tejado, y sobre todo, por el método de unión de las esquinas. Todo ello trabajado con el hacha, siendo sus cortes más resistentes a las inclemencias del tiempo que el cortado a sierra¹².

Los troncos normalmente se utilizaban redondeados o cuadrados, tratando de usar su duramen¹³. Normalmente se trabajaban más o menos en función del uso que iba a tener el edificio, considerando las mejores viviendas las de paredes lisas. Similar era el caso de la esquina, aunque con mayor relevancia en el sentido estructural, ya que la unión que se realiza ahí supone la estabilidad de cada uno de los muros por separado y entre sí, y, por lo tanto, la estabilidad general de la cabaña. Los aserraderos permitieron un gran avance en las juntas de esquina.

Se pueden diferenciar dos familias de juntas, las que cuyos extremos sobresalen respecto al muro, y las que van a ras de muro¹⁴.

Junta de cuello de can. La más primitiva y simple, con una muesca en el tronco sobre el que apoya el otro tronco (fig. 3.30).

Junta aserrada. Tronco aserrado dándole forma de sección cuadrada, con muescas cuadradas en las que encaja el tronco perpendicular (fig. 3.31 y 3.34).

Junta de hombro hexagonal. Misma idea que la junta anterior, pero con sección hexagonal, y muesca con forma de medio hexágono sobre el que encaja el tronco perpendicular (fig 3.32).

Junta de cola de milano. Junta en esquina con la forma de cola de milano (fig 3.33).

Junta con muesca de encaje. Juntas elaboradas de forma que la propia junta evita que se separen las dos partes mediante muescas (fig 3.34 y 3.36).

Aunque la unión en la esquina se puede considerar el elemento estructural más importante de este sistema constructivo, es fundamental que los troncos asienten bien entre ellos, siendo el montaje un proceso lento y cuidadoso. Aunque el propio tejado ejerce un peso que permite mayor contacto entre los troncos, su influencia no es suficiente como para solucionar la pérdida de calor que se produce por estos. Por eso se han desarrollado diferentes tipos de apoyos que aseguran el contacto y evitan la pérdida de calor¹⁵ (fig. 3.37).

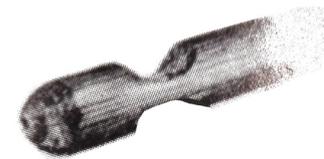


Fig. 3.30.

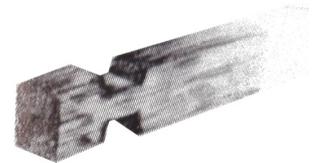


Fig. 3.31.

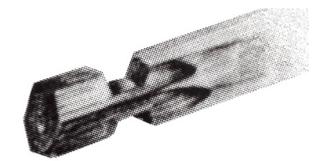


Fig. 3.32.

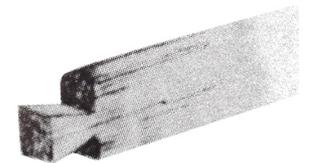


Fig. 3.33.

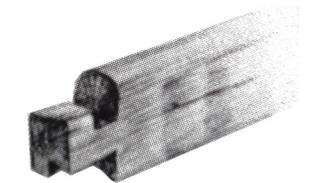


Fig. 3.34.

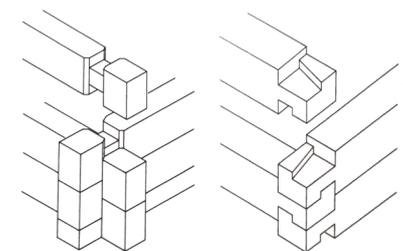


Fig. 3.35 y 3.36. Método de unión en esquina.

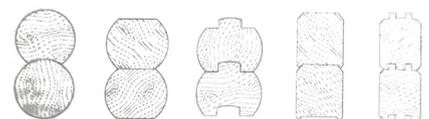


Fig. 3.37.

11. Son un tipo de árboles que bajo las mismas condiciones todos crecen con diámetros similares.

12. A pesar de eso, con la llegada de los aserraderos el hacha prácticamente se dejó de utilizar.

13. Por ser la parte más dura del tronco.

14. Este tipo de juntas son más elaboradas, y mejor vistas estéticamente que las primeras.

15. Se realizan de forma que el agua de lluvia no pueda acumularse y estropear la madera.

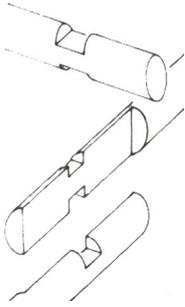


Fig. 3.38.



Fig. 3.39. Muro marcado con líneas verticales por el método de unión de troncos.



Fig. 3.40. Iglesia de Lomen.



Fig. 3.41. Tvieta de Hovin.



Fig. 3.42. Europa central y meridional.

16. Uno de estos casos es el incendio de Londres de 1666.

2.2.2. Estructuras porticadas

El sistema constructivo de cabaña de troncos supone que la longitud de cada uno de los muros debe ser la longitud del tronco de los árboles utilizados. Esta restricción de las medidas supuso un inconveniente para construcciones más grandes, como iglesias, que precisan de mayor longitud de sus muros.

Para solucionar el problema se utilizaron principalmente dos técnicas. La primera era el empalme de dos troncos a media madera en el punto de unión con otro tronco perpendicular, que suponía la unión rígida de los tres elementos. En este sistema es preciso un muro de troncos perpendicular al primero (fig 3.38).

La otra técnica consistía en insertar los troncos por la guía de dos tablas verticales separadas a la longitud de estos. Este sistema acabaría suponiendo una estructura esquelética, donde esas guías pasarían a ser pilares, y las maderas horizontales harían una función más de cerramiento que estructural.

Este tipo de estructura fue utilizada en la Iglesia de Lomen (Oppland, Noruega, 1179). La iglesia sigue un estilo medieval, siendo construida en la misma época que las iglesias de Urnes y Borgund, aunque la estructura utilizada es diferente.

2.2.3. Estructuras mixtas

Hay muchas construcciones que combinan las dos estructuras mencionadas anteriormente. La mayoría de estas tiene una estructura inferior a modo de cabaña de troncos colocados en horizontal, y una parte superior, a modo de voladizo, con una estructura a base de tablas. En este estilo está construido el Tvieta de Hovin (Tinn, Telemark, Noruega, 1300). La parte superior, que es la que se encuentran las diferentes estancias, protege a la parte inferior del clima, que funciona a modo de despensa, a la vez que resguarda la puerta de acceso.

3. EUROPA CENTRAL Y MERIDIONAL

En el resto de Europa, inicialmente fueron abundantes las construcciones en madera, pero con el tiempo este material fue desplazado por las fábricas de mampostería ladrillo.

Una de las razones fue la amenaza que suponía el fuego para zonas urbanas mal planeadas y densas en construcciones en madera, que hizo que a partir del siglo XVI se pusieran restricciones sobre el número de casas de madera a construir. Los incendios¹⁶ hicieron que poco a poco se fueran viendo con peores ojos las construcciones en madera, y explica que la mayoría de las construcciones de cierta importancia fueran en piedra, utilizando la madera solamente donde este material era escaso.

Pero la razón principal la podemos encontrar en que esta zona fue la primera en mermar sus recursos forestales, con la destrucción del 70% de sus bosques entre el siglo XI y el XVII por la necesidad de tierras de cultivo, material para su arquitectura naval, y combustibles. Hubo que dictar una serie de leyes para la protección de los bosques que dejó en segundo plano el uso de la madera.

3.1. Muros de troncos

Suiza es la gran excepción europea, ya que en sus montañas nunca han faltado recursos madereros, y los climas extremos, que recuerdan a los nórdicos, obligan a buscar aislamiento térmico. De ahí que hayan desarrollado el mismo método, a partir de troncos colocados en horizontal, con madera conífera como la píceo, el abeto, el pino o el alerce.

Tradicionalmente ha sido un país que ha mantenido una política de neutralidad y cierto aislamiento. Esto sumado a un clima extremo, les ha obligado a la autosuficiencia y uso de recursos locales, manteniendo casi intactas sus costumbres. Sin embargo, en el ámbito económico sí ha tenido mayor contacto con sus países vecinos, debido a la necesidad, ya que de su suelo solamente el 30% es habitable y cultivable. Por estas razones, la producción estandarizada influyó notablemente en la arquitectura suiza.

Su tradición constructiva conjuga lo artesanal con lo práctico, haciendo gala de realizar soluciones constructivas sencillas y efectivas. A partir de la industrialización de los aserraderos, desarrollaron sistemas prefabricados que facilitarían un montaje rápido, y fuera capaz de responder a la severidad de su climatología.

Los marcos del entramado se cierran por dentro con una serie de tablas, el interior se rellena con un buen aislante, y al exterior maderas selladas que evitan la posible entrada de agua.

Este tipo de sistema también se adaptó muy bien a la arquitectura escandinava. No ha sido hasta el siglo XX, con el uso de este estilo llegado desde Suiza, que la construcción en entramado ha superado a la construcción horizontal en los países nórdicos.

3.2. Entramados

Fuera de la excepción suiza, los demás países de Europa Occidental construían desde el principio con un sistema de entramado debido a la escasez de materia prima, y de no necesitar tanto aislamiento del exterior como en países con climas extremos.

El sistema se basaba en listones de madera colocados en horizontal y vertical a modo de entramado, con una serie de diagonales que dan rigidez al conjunto. El espacio entre los listones no se rellena en madera¹⁷, si no que se busca otro tipo de materiales para dicha función, que, a pesar de ser menos aislantes, eran más accesibles.



Fig. 3.43. Cabaña de troncos en el paisaje suizo.

17. A diferencia de lo visto en los países nórdicos.



Fig. 3.44. Textura de un zarzo.

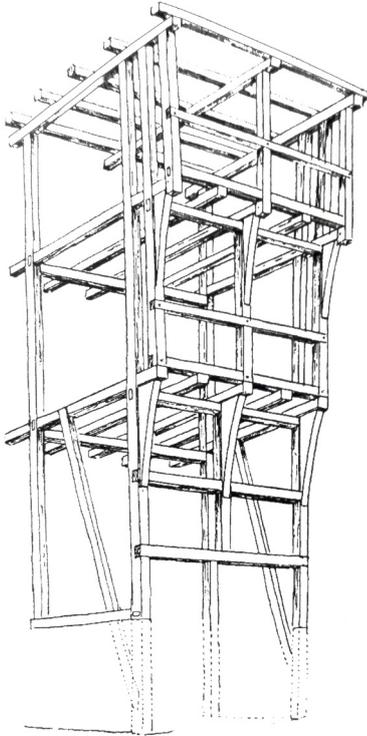


Fig. 3.45. Esquema estructural del sistema de entramado europeo.



Fig. 3.46. Entramado alemán relleno con ladrillo.



Fig. 3.47. Hospital de Lord Leycester.

18. El zarzo es una malla de tiras de madera que posteriormente se revoca.

19. Además dependiendo del tamaño de los ladrillos, sobresalían respecto la estructura y hacían que se acumulara el agua y se pudriera la madera.

Al principio se rellenaba con adobe y zarzos¹⁸. Sin embargo, a mediados del siglo XVI se volvió más habitual el uso de ladrillos para rellenar dichos huecos. Este nuevo método suponía una serie de desventajas, cargando más la estructura con el peso propio de la fábrica y una mayor porosidad del material¹⁹. Aún así se convirtió en una alternativa viable por la ascendente popularidad de los ladrillos.

Este tipo de edificios tiene una característica fachada en la que se ve el entramado estructural visto al exterior, sin ser revocado. Otra peculiaridad es que muchas veces el piso superior se construía en voladizo, posiblemente a causa de la limitación de espacio en el suelo. Así a su vez se conseguía proteger a la parte inferior de la fachada del agua, y según su disposición, daba mayor estabilidad a la estructura de la fachada.

Este tipo estructural, enfocado según su propia cultura, puede encontrarse alrededor de diferentes países europeos.

3.2.1. Alemania

En Alemania ha sido muy común el uso de este tipo de estructuras, entre las cuales existe una serie de edificios agrícolas utilizados desde el siglo XVI, de dos o tres plantas.

La estructura consiste en una retícula de madera, cuyos huecos se han rellenado con ladrillo. En la fachada principal se puede ver el uso de la técnica tradicional del voladizo, además de su característica forma triangular a causa de la pronunciada pendiente del tejado, razón por la cual a mayor altura, menor superficie tiene la planta.

3.2.2. Inglaterra

En Inglaterra también existen muchos ejemplos de este tipo de construcción, previos a desechar la madera en favor de un uso genérico de otros materiales. En la época de los Tudor, como ejemplo, como es el caso de la construcción del Hospital de Lord Leycester (Warwick, Inglaterra, 1571).

La construcción consiste en un entramado de listones verticales con jabalcones en las esquinas aportando rigidez a la estructura, y un relleno de adobe. Se puede observar como la estructura no es totalmente de madera, con puntos singulares donde se utiliza ladrillo o piedra, coincidiendo estos en el contacto del edificio con el suelo.

3.2.3. Francia

En Francia tenemos ejemplos como la Maison d'Adam (Angers, Francia, 1491), un edificio de 6 plantas donde se utiliza un entramado de madera con diagonales a modo de diamante que rigidizan el conjunto. Las diagonales no solo tienen una función estructural, sino también decorativa. El relleno utilizado ha sido el adobe.

Conforme el edificio va creciendo en altura, va saliendo su fachada por los voladizos situados en cada separación de plantas. Una serie de columnas talladas en madera ayudan a la estabilidad estructural de la fachada.

3.2.4. España

También encontramos construcciones de este tipo en países más al sur, como puede ser España. Edificios como la Casa de Doña Sancha (Covarrubias, España, siglo XV), arquitectura popular con estructura de retícula de madera con diagonales y rellena de adobe.

Estas construcciones tienen mayor uso de otros materiales como la piedra, como en el apoyo de los pilares del porche y la estructura de la primera planta del edificio.

Utilizan el método constructivo de Europa central del voladizo, pero sin embargo se pueden observar diferencias que responden al lugar al que pertenecen. Las cubiertas son menos inclinadas, ya que la necesidad de evacuar nieve es mucho menor. Igualmente el uso de otros materiales como la piedra es mucho más habitual, ya que no se dispone de tanta madera.



Fig. 3.48. Maison d'Adam.



Fig. 3.49. Casa de Doña Sancha.

4. AMÉRICA DEL NORTE

El uso de la madera en la construcción estadounidense tiene su origen en las técnicas utilizadas por los colonos. Antes de la llegada, los indígenas tenían su propio método, con una arquitectura muy primitiva, menos avanzada que la de los colonos.

Las primeras colonias se dieron a finales del siglo XV, con la llegada de los primeros europeos desde Inglaterra, Francia, Alemania, Holanda y los países nórdicos. Se encuentran con una tierra virgen, cuyo 45% de suelo eran bosques²⁰, que contrastaba con la desaparición de bosques europeos de los últimos años. Esto, unido a un clima más frío, obliga a recuperar la madera como principal material de construcción, utilizándola desde diferentes métodos que acabarían convergiendo en un sistema propio americano. Hasta nuestros días, la madera sigue venciendo a la mampostería como método de construcción en Estados Unidos y Canadá, siendo el material más utilizado.

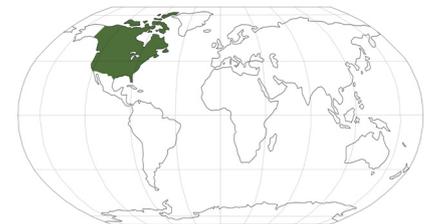


Fig. 3.50. América del Norte.

4.1. La llegada de los colonos

Los colonos europeos volvieron a utilizar la madera en la construcción, incluso aquellos en cuyo país se había dado preferencia a las construcciones en ladrillo, y por tanto, la construcción en madera se había ido olvidando. Esto se debe a la necesidad, ya que se encontraron una tierra poblada de árboles de un gran porte, temperaturas más extremas con la consiguiente necesidad de aislamiento, y la falta de cal y arcilla.

20. En ellos frecuentaban maderas duras como el roble y el castaño, o blandas como el pino o la picea.

Cada colono trajo diversidad de arquitecturas dependiendo de su origen, haciendo del nuevo mundo un reflejo del anterior. Basados en su experiencia europea, aplicaron sus métodos constructivos en madera, aún con la falta de herramientas y habilidades²¹, y regularon la tala de árboles.

Al principio, la sintonía general fue el uso de un entramado de madera al estilo centroeuropeo, pero adaptado a las condiciones del lugar, cambiando el método de relleno. La falta de materiales impedía el uso del ladrillo o el adobe, que además no eran tan aislantes como la madera, y dejaban entradas de aire entre el cerramiento y la estructura.

El recubrimiento se enfocó de otra forma, a partir de la técnica del “clapboarding”. Esto consiste en un revestimiento de tablas horizontales traslapadas, que aguantan mejor la intemperie y además protegen la estructura.

Un ejemplo de este tipo de construcción es la Fairbanks House (Dedham, Massachusetts, Estados Unidos, 1636). El recubrimiento se realiza de forma que una serie de tablillas de 30 cm se calvan a la viga superior e inferior, y sobre estas se clavan las planchas exteriores. Al ser la pared de tan poco grosor, las ventanas sobresalen de la línea de la fachada.



Fig. 3.51. Fairbanks House.

4.2. El “balloon frame”

Estados Unidos se independiza en 1776, y en ese momento, comienza su expansión hacia la zona Oeste. En esta zona, además de encontrarse una tierra rica en maderas blandas como secuoyas, abetos o pinos, encuentran oro, lo que supone un auge económico para el país. Esto, unido al crecimiento demográfico y territorial, supuso la invención de un nuevo método constructivo.

Se busca un sistema que se pueda construir en poco tiempo, barato, y que no precise de mano cualificada, ya que normalmente se montaba entre el propietario y los vecinos de la zona²². Para ello se sirven de la construcción prefabricada, con tamaños estándar y clavos a máquina, mediante una técnica constructiva basada en el armazón de influencia europea. Este sistema es conocido como “balloon frame”, creado en 1830.

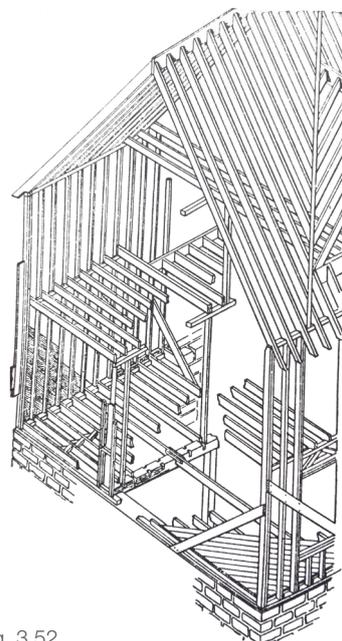


Fig. 3.52.

21. Al haber priorizado en Europa por otro tipo de construcciones, se perdieron las habilidades del uso de la madera.

22. La cooperación entre las personas en aquel momento fue uno de los factores que permitió el éxito de este sistema.

El armazón consiste en una serie de listones de madera finos y ligeros, dos de ellos colocados en horizontal, y el resto en vertical a modo de montantes, separados entre ellos a unos 60 cm. La longitud de estos listones define la altura de la vivienda, y por ello, la altura máxima de plantas que permite construir el sistema. De esta forma se crea una estructura que funciona como un muro de carga, pero es suficientemente ligera como soportar la actividad sísmica de la zona. El entramado, el cerramiento y el revestimiento van por separado.

Posteriormente apareciera el conocido como “platform frame”, que consiste en un desarrollo de este primer método. La ventaja principal es que permite mayor número de plantas, ya que el sistema consiste en apilar alturas. Actualmente es el sistema en madera más utilizado del mundo.

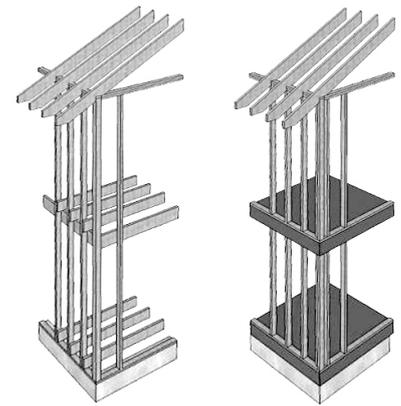


Fig. 3.53. Ilustración explicativa de la diferencia entre “balloon frame” y “platform frame”.

5. AMÉRICA DEL SUR

Al igual que ocurrió en el norte del continente los colonizadores llevaron sus técnicas constructivas, que se impusieron a las autóctonas, menos desarrolladas que las importadas de Europa.

Espanoles y portugueses llevaron al nuevo mundo una arquitectura de fábrica, ladrillo y mampostería, donde la madera ocupa un segundo plano. Por su parte, el arte precolombino utiliza principalmente la piedra. Por lo tanto, en la zona sur de América la madera no tuvo tanto éxito como en la norte. En áreas con predominio maderero se utilizaban entramados al estilo europeo, donde el adobe tenía la función de cerramiento.

Sin embargo, la tierra colonizada era muy extensa, y existían excepciones. Países como Colombia o Chile fueron ejemplos de como las características del entorno están directamente relacionadas con la arquitectura, sobre todo con la popular.



Fig. 3.54. América del Sur.

5.1. Colombia

La guadua²³ es un tipo de madera muy abundante, de considerable longitud y resistencia, por lo que era muy utilizado en época precolonial. El problema que tiene este material es que al ser tan disponible y abundante tiene un precio muy bajo, de ahí que se le asocie con la pobreza, muy utilizado en asentamientos informales.

En la mayoría de los pueblos colombianos²⁴ el método general de construcción en el proceso de colonización era la tapia, evitando el uso de la guadua por la concepción que se tenía de este material.

La técnica de tapia empleada por los conquistadores no es apenas resistente a la actividad sísmica, habitual en esta zona, y por ello este tipo de construcciones se sustituyeron por sistemas que resistieran mejor²⁵.



Fig. 3.55. Asentamiento informal construido en guadua.

23. Planta similar al bambú.

24. Basado en el periodo de colonización antioqueña (finales del siglo XIX).

25. Evitando el uso de la guadua.

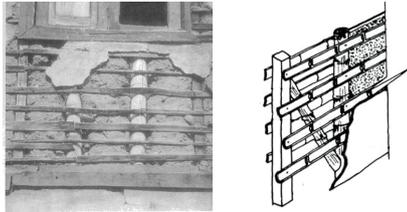


Fig. 3.56.

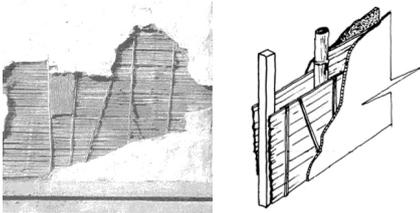


Fig. 3.57.

La solución la encontraron en el bahareque²⁶. Este muro tiene una estructura interior formada por guadua y madera maciza colocada en vertical, con alguna diagonal para rigidizar, y recubierto por cintas de guadua horizontales a los dos lados. Los huecos interiores se rellenan con barro apisonado manualmente, y todo se recubría bajo un revoque en tierra (fig. 3.56).

Este tipo de estructura no siempre se hacía maciza, existiendo también su uso con el interior hueco, dando como resultado una estructura más ligera. En este caso las cintas de guadua se sustituían por una esterilla formada también por guadua (fig. 3.57).

Se pueden encontrar muchos pueblos construidos a partir de las unión de las dos técnicas, con la primera planta de muro de adobe o tapial, y las plantas altas mediante el sistema del bahareque. A la fachada se le daba unidad recubriendo el exterior de una capa de tierra, sin distinguir la estructura interior.



Fig. 3.58. Iglesia de Achao



Fig. 3.59. Palafitos chilenos

5.2. Chile

En Chile también predominaron las técnicas constructivas españolas. Los primeros edificios se levantaban con una estructura de madera rellena de material arcilloso, a modo de tapial. Este tipo de construcciones no tuvieron demasiado desarrollo por razones similares a las colombianas, contando con que Chile tiene una de las actividades sísmicas más frecuentes de América del Sur.

Por esta razón se dejó de ver la madera como un material secundario en las estructuras, o únicamente como material de exportación, para empezar a utilizarlo en la construcción. Se desarrollaron edificios con madera poco labrada, de tipologías horizontales y muy extensas con la idea de que pudieran resistir terremotos.

El origen de la tradición constructiva en madera de Chile se puede encontrar en la isla de Chiloé. Construcciones religiosas como la iglesia de Achao (Achao, Chile, 1730) dan muestra de una característica tipología religiosa donde los signos más distintivos se encuentran en la fachada, con un revestimiento de madera a modo de escamas de pesado.

Igualmente se puede encontrar un característico estilo vernácular en una tipología conocida como palafitos, que consiste en construcciones a cierta altura construidas próximas al mar, con una estructura inferior de madera a modo de puntales.

26. La traducción es "pared de caña y tierra".

6. OCEANÍA

Los primeros europeos en llegar a Oceanía fueron los españoles en 1521, y a partir de ese año España, Gran Bretaña y Francia exploraron y se repartieron dichas tierras.

En 1786 Gran Bretaña fundó una colonia en Nueva Holanda, la actual Australia, con la intención de aprovechar la madera australiana ya que la pérdida de las colonias en Norteamérica les privó del acceso a la madera de sus bosques, imprescindible para el mantenimiento de su dominio naval.

La madera era abundante en Australia, destacando el eucalipto, árbol de madera dura que crece en todo el continente²⁷. Desde el principio los colonos tuvieron una actitud ambivalente ante este tipo de madera, ya que no llegaron a utilizarla para la arquitectura naval, al ver que se rajaba y deformaba con facilidad cuando se utilizaba recién cortada. Sin embargo, con el tiempo lo empezaron a utilizar en construcciones de puentes y viviendas.

6.1. Estilo “Queenslander”

En Australia se descubre el oro en 1851, y con ello poblaciones como Victoria empiezan a crecer demográficamente. La ampliación de las ciudades precisa de la importación de casas prefabricadas importadas de California, con un sistema derivado del balloon frame. Se da preferencia a la arquitectura en madera además de por la rapidez y facilidad de construir en prefabricados, por ser el material que mejor se adapta a las exigencias del clima subtropical.

A partir de esta arquitectura se desarrolla un estilo arquitectónico vernáculo procedente de Queensland. La estructura, a diferencia del balloon frame es más liviana y fuerte, y se separa siempre del suelo mediante pilotes por una topografía ondulante. Es habitual el uso de chapas metálicas galvanizadas para el tejado²⁸. La tipología se rodea por un corredor con veranda, como elemento arquitectónico abierto al exterior que protege del sol.

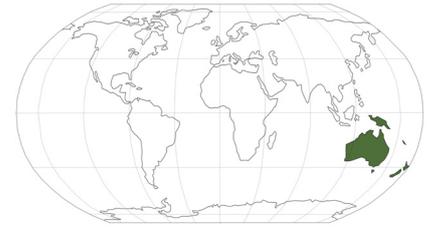


Fig. 3.60. Oceanía



Fig. 3.61. Vivienda al estilo “Queenslander”

27. El 75% de los árboles australianos son de eucalipto.

28. En sus inicios, exportadas de Gran Bretaña.

CUARTA PARTE
LA MADERA EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

La revolución industrial y los aserraderos supusieron enormes cambios en la construcción en madera. Permitieron mejorar la técnica de corte, para así poder estandarizar las medidas de la madera y hacer un sistema constructivo que fuera universal, de montaje fácil y rápido.

Sin embargo, la posterior universalización de las tendencias ideológicas y arquitectónicas de principios del siglo XX, conocida como Movimiento Moderno, hizo pasar a la madera a un lugar secundario. La investigación en estructuras que aportaran novedades a la arquitectura favoreció a que se profundizara primero en el potencial del hierro, para pasar posteriormente al acero y el hormigón armado.

Existe la excepción de algunos países donde la construcción en madera se vió mermada, pero ya sea por la gran tradición maderera, o por las grandes superficies de bosques de sus tierras, continuó estando entre los principales materiales con los que construir¹.

Desde principios del siglo XX hasta prácticamente nuestros días hay una serie de arquitectos de renombre que han incluido en su repertorio el uso de la madera, demostrando gran maestría en su utilización. La gran mayoría de estos tienen un rasgo en común: proceden de países con una gran tradición en construcción en madera, y han sido capaces de aprender de la tradición y emplearla acorde a su tiempo.

1. EUROPA SEPTENTRIONAL

1.1. Erik Gunnar Asplund

(Estocolmo, Suecia, 1885-1940)

Asplund es uno de los grandes precursores del movimiento romántico nacionalista nórdico, mediante una búsqueda de las raíces de la tradición escandinava. Utiliza un lenguaje clásico y vernáculo, ajeno al estilo internacional, que estaba arrasando en Europa.

1.1.1. Capilla del bosque (Estocolmo, Suecia, 1918-20)

Asplund y Lewerentz se presentaron en 1915 al concurso para la construcción de un cementerio en un bosque al sur de Estocolmo. Su propuesta resultó ganadora, con una serie de obras que van desde el clasicismo nórdico hasta un funcionalismo puro.

Entre estas obras se encuentra una capilla de pequeñas dimensiones proyectada por Asplund. Consiste en un edificio de formas elementales, con planta rectangular y tejado piramidal, que contrastan con el naturalismo del bosque y a su vez se subordinan a él, mediante unas dimensiones muy controladas.

El tejado piramidal² se apoya sobre doce columnas dóricas de madera que forman el pórtico de entrada. Estas columnas están pintadas, basándose en el lenguaje pétreo de la arquitectura clásica, pero desde el uso de la madera.

Esta serie de columnas contrastan con la naturalidad del bosque en su estética y su estricto orden, y a su vez dialogan con este a partir del material utilizado.



Fig. 4.1. Fachada principal de la Capilla.

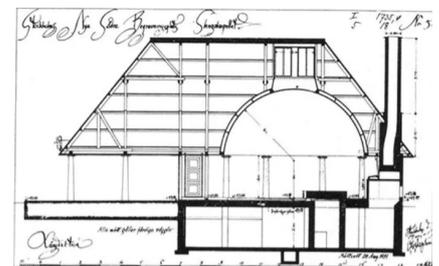


Fig. 4.2. Sección de la Capilla.

1. Países como Japón, Estados Unidos, o los nórdicos.
2. La estructura interior del tejado es de madera.

1.1.2. Tribunal de Gotemburgo (Gotemburgo, Suecia, 1934-37)

Asplund se presentó en 1913 a un concurso para reformar y ampliar el Tribunal de Gotemburgo, con una propuesta inicial inspirada en el estilo romántico nacionalista. Finalmente se amplió el edificio 20 años más tarde, y en este tiempo Asplund fue desarrollando su propuesta inicial, separándose del diseño anterior hacia una arquitectura con un carácter marcado por la época y el contexto.

La fachada se realiza con sumo cuidado, atendiendo a las proporciones y tonalidades de la fachada anterior en pos de crear una continuidad entre el edificio antiguo y el nuevo.

El uso de la madera queda relegado al interior, siendo prácticamente todo este espacio recubierto de madera. Asplund realizó un diseño muy cuidadoso del interior, desde el mobiliario en madera hasta la iluminación, en busca del confort de sus usuarios.



Fig. 4.3. Fachada del edificio.



Fig. 4.4. Interior del pórtico de la Capilla.

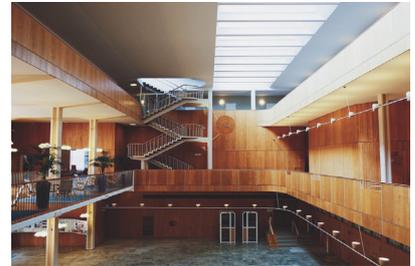


Fig. 4.5. Interior de la ampliación del ayuntamiento.

1.2. Alvar Aalto (Kuortane, Finlandia, 1898-1976)

Alvar Aalto inició su carrera bajo la influencia de Asplund y el clasicismo. Es un arquitecto que pronto desarrollaría sus obras enfocadas desde el racionalismo, siguiendo los principios del Movimiento Moderno. Posteriormente, fue capaz de desarrollar en sus obras una arquitectura de su tiempo con elementos vernáculos propia de la cultura escandinava. Esta unión es una de las grandes virtudes de Alvar Aalto.

1.2.1. Biblioteca de Viipuri (Viipuri, Finlandia, 1933-35)

Esta obra se encuentra entre el conjunto de edificios que siguen una lógica puramente racionalista. Consiste en un edificio fabricado en hormigón, ordenado desde un funcionalismo acorde al Movimiento Moderno.

Sin embargo, podemos observar excepciones propias de la tradición nórdica en el interior, destacando la cubierta ondulada de la sala de conferencias. Dicha cubierta tiene una forma orgánica diseñada para que el sonido pueda llegar a todos los puntos de la sala. No es casualidad que para este tipo de formas utilice la madera, a base de listones, creando un espacio en cuyo interior se puede intuir el paisaje nórdico de montañas.



Fig. 4.6. Interior de la sala de conferencias.

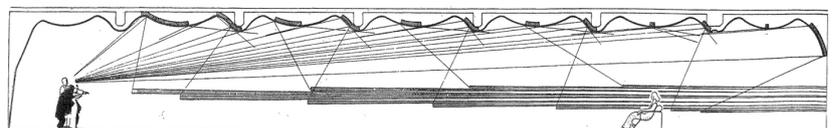


Fig. 4.7. Sección de la cubierta con el dibujo del efecto sonoro buscado.

1.2.2. Pabellón Finlandia Expo 37 (Paris, Francia, 1937)

La idea del pabellón finlandés de Paris consiste en crear una superficie ondulada y levemente inclinada hacia la sala, como elemento principal. Esta superficie esta formada por una serie de listones de madera verticales entre los cuales se filtra la luz, y sobre los que se apoyan los diferentes elementos de la exposición.

De esta manera convierte el interior de su pabellón en una aurora boreal, apoyándose de nuevo en la madera para crear esta superficie ondulada.

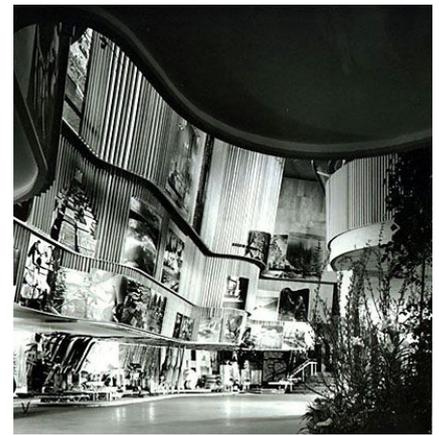


Fig. 4.8. Imagen interior del pabellón.

1.2.3. Villa Mairea (Noormarkku, Finlandia, 1937-39)

Esta obra, aparte de ser posiblemente la obra en la que Alvar Aalto desarrolla su mejor arquitectura, supone un punto de ruptura respecto al Movimiento Moderno. La situación política y cultural de su país hace que este arquitecto ponga en cuestión el internacionalismo a ultranza y busque un equilibrio desde la esencia de la tradición finlandesa.

En este contexto se realiza esta obra, situada en una suave colina con un bosque de pinos. La planta baja se organiza en función de un gran espacio de salón-biblioteca-invernadero, donde priman las relaciones físicas y visuales de las estancias con el exterior. La superior contiene espacios para dormitorio y estudio.

La madera no llega a tener una función puramente estructural, pero Alvar Aalto hace que sea un material fundamental en la vivienda, utilizándola en puntos concretos que ayudan a dar a la vivienda ese carácter nórdico.

Al vestíbulo se accede a través de una marquesina biomórfica, sostenida por troncos de madera colocados al natural. Al acceder, la mirada se dirige a otro bosque tras el que se esconde la escalera que conduce al piso superior. Una serie de soportes de madera colocados de forma que aparentemente aleatoria refuerza la evocación al paisaje arbóreo.

Los pilares interiores, envueltos en roca, y las carpinterías, trabajadas desde la sutileza artesanal y abiertas hacia el paisaje, recuerdan a la construcción vernácula, refuerzan esta arquitectura que, desde un lenguaje moderno, evoca a construcciones tradicionales.



Fig. 4.9. Marquesina de acceso.

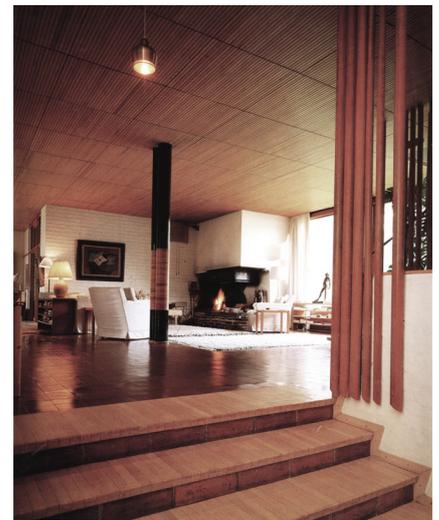


Fig. 4.10. Interior desde el acceso.



Fig. 4.11. Salón de la vivienda



Fig. 4.12. Evocación de un bosque tras el que se esconde la escalera.



Fig. 4.13. Carpintería interior de influencia japonesa.

1.3. Sverre Fehn (Konsberg, Noruega, 1924-2009)

Sverre Fehn desarrolla su arquitectura durante la segunda mitad del siglo XX, donde influencias como el romanticismo nórdico o el movimiento internacional no están en pleno auge como en el caso de Asplund y Aalto. Estas circunstancias se notan en su arquitectura, con un modo de uso de la madera no tan tradicional, sirviéndose de influencias externas y métodos de uso novedosos, más acordes a la arquitectura contemporánea.



Fig. 4.14. Fachada Villa Schreiner.

1.3.1. Villa Schreiner (Oslo, Noruega, 1963)

Es una obra considerada como icono de la modernidad nórdica, en la que incorpora a la arquitectura contemporánea elementos propios del paisaje escandinavo, desde un lenguaje que recuerda a la arquitectura japonesa en el uso de la estructura vista y una fachada que desaparece entre la naturaleza.



Fig. 4.15. Interior Villa Schreiner.

La estructura de esta vivienda se realiza mediante un sistema de vigas y pilares de madera laminada, y el uso de un núcleo interior de fábrica de ladrillo para la chimenea.

1.3.2. Museo Hedmark (Hamar, Noruega, 1969-80)

El Museo Hedmark consiste en una restauración de una pieza arquitectónica vernácula, a la que se le superpone una estructura de hormigón y madera que protege y hace accesibles las ruinas.



Fig. 4.16. Interior Museo Hedmark.

Para la cubierta se utilizan una serie de pórticos de madera laminada formando cerchas que salvan la luz necesaria para cubrir el museo. Dicha estructura se apoya en el suelo respetando las ruinas, y permitiendo la entrada adecuada de luz.

De esta manera utiliza la madera, el material más utilizado en la arquitectura nórdica, pero de manera contemporánea, aprovechando las nuevas posibilidades que ofrece este material, con elementos como vigas de madera curvas y encuentros metálicos.



Fig. 4.17. Viga laminada curva del museo.



Fig. 4.18. Villa Schreiner



Fig. 4.19. Interior Museo Hedmark

2. AMÉRICA DEL NORTE

2.1. Frank Lloyd Wright

(Richland Center, Wisconsin, Estados Unidos, 1867-1959)

La obra de Wright está enfocada hacia una arquitectura orgánica que busca el uso de materiales de la forma más natural posible. Por ello tiene preferencia hacia materiales como la piedra y la madera.

Wright realizó una serie de viviendas de pradera, residencias unifamiliares con una gran integración con el entorno en el que se ubican. En pos de dicha integración realiza las viviendas con parejas de materiales, sobre una retícula con la que ordena el proyecto y le da unidad.



Fig. 4.20. Casa Willits

2.1.1. Casa Willits

(Highland Park, Illinois, Estados Unidos, 1901)

Primera construcción con todas las características de casa de pradera. El diseño busca dialogar con el jardín que lo rodea mediante una geometría muy horizontal, ayudada por las cubiertas a dos aguas que van más allá de los muros³.

La estructura es totalmente de madera mediante la técnica del balloon frame, y Wright se sirve de esta retícula estructural tanto en el diseño de los interiores como en la fachada.

En la fachada principal deja ver el sistema a partir de unos elementos de madera verticales, colocados sobre el yeso, que ha sido el material utilizado para recubrir el sistema. De este modo consigue dar una sensación monolítica a la par que articulada.

En el diseño interior sigue con el mismo juego, mostrando el entramado en el techo mediante un diseño que recuerda al cielo raso japonés. La misma trama que se intuye a rasgos generales, la oculta en puntos concretos bajo el revestimiento interior.



Fig. 4.21. Interior Casa Willits



Fig. 4.22. Casa Robie

2.1.2. Casa Robie

(Chicago, Illinois, Estados Unidos, 1907)

Se encuentra en la misma línea de viviendas, pero con un enfoque diferente respecto a los materiales. En esta casa pradera utiliza rasgos comunes como la horizontalidad en el diálogo con los exteriores, pero desde el enfoque mucho más masivo que le aporta el uso del ladrillo.

La madera destaca en el diseño del interior, donde desaparece el ladrillo. El interior lo divide en una serie de módulos mediante la disposición de las carpinterías y el dibujo en madera del techo. Esta disposición ya no obedece a una manifestación de la estructura en el interior, si no que la utiliza para reducir la sensación de longitudinalidad del espacio.



Fig. 4.23. Interior Casa Robie

3. Rasgos de este estilo muestran la influencia japonesa en la arquitectura de Wright.

2.2. Louis Kahn

(Kuressaare, Estonia, 1901-74)

Arquitecto nacido en Europa, pero que pronto se asentó en Estados Unidos y ha desarrollado la mayoría de su carrera arquitectónica allí, en la línea de la filosofía del Movimiento Moderno.

Su arquitectura se caracteriza por geometrías rigurosas donde la luz y la materialidad son protagonistas, capaz de hacer desde construcciones monumentales en hormigón visto y ladrillo, hasta viviendas singulares que dialogan con su entorno.

2.2.1. Instituto Salk de Estudios Biológicos

(La Jolla, California, Estados Unidos, 1959-65)

Complejo de laboratorios de una grandeza monumental. El encofrado del hormigón in situ crea una elegante modulación de superficies que se yuxtapone con paneles de madera de teca, que le aporta la escala humana al patio.

Consigue crear en la fachada un dialogo entre un hormigón estructural y una madera que hace las veces de cerramiento.

2.2.2. Casa Fisher

(Hatboro, Pensilvania, Estados Unidos, 1960-67)

Vivienda basada en un juego de geometrías, donde dos cubos, girado uno respecto del otro, se unen en la esquina de uno de estos. Mediante estas dos geometrías básicas diferencia los usos de dormitorios de los de sala de estar.

El edificio se sitúa en bosque, con un basamento de piedra que se adapta a la inclinación del terreno. Sobre esta se levanta el edificio, construido mediante la técnica del balloon frame, y revestido con planchas verticales de madera.

Las ventanas están tratadas de tal forma que de cara al interior pasan a formar parte del mobiliario, gracias a la flexibilidad que aporta la madera (fig. 4.25).



Fig. 4.24. Instituto Salk de Estudios Biológicos.



Fig. 4.25.



Fig. 4.26. Casa Fisher

2.2.3. Centro de Arte Británico de Yale (New Haven, Connecticut, 1969-74)

El museo con la mayor colección de arte británico fuera de Gran Bretaña. En el exterior utiliza una estética sobria y sencilla, buscando aportar calidez a sus espacios interiores mediante el uso de madera.

La galería principal del museo consiste en un espacio de triple altura, cuyas paredes, a pesar de tener un revestimiento de madera, muestran las líneas verticales y horizontales de la estructura de hormigón (fig. 4.27).

Se puede hacer un paralelismo visual, aunque no constructivo, con las viviendas centroeuropeas en las que la estructura de madera queda vista, rellenando los huecos libres de adobe o ladrillos. En este caso se invierten los papeles, utilizando un material pétreo, como es el hormigón, a modo de estructura vista, mientras que la madera es la que se encarga de tapar los huecos entre dichos elementos.



Fig. 4.27.

2.3. Steven Holl

(Bremerton, Washington, Estados Unidos, 1947)

Arquitecto contemporáneo con preferencia por el uso de la madera, con la cual ha experimentado en busca de nuevos espacios arquitectónicos.

Ha realizado una serie de construcciones donde la madera es la protagonista, utilizada tanto evocando métodos tradicionales estadounidenses, como con superficies curvas inimaginables unos años atrás.

2.3.1. Espacio T (Dutchess, Estados Unidos, 2010)

Galería con una distribución en planta en forma de T, en la cual el material protagonista es la madera, capaz de dialogar con el paisaje en el que se inscribe el proyecto.

La obra flota sobre el terreno mediante 9 pilares metálicos. La fachada exterior consiste en una piel de listones de cedro de sección cuadrada colocados en posición horizontal, mientras que el interior se realiza con tablero de contrachapado pintado de blanco. El suelo también es de tablero de contrachapado⁴.

El recubrimiento recuerda a la técnica del “clapboarding” americano, mediante una serie de tablas horizontales.



Fig. 4.28. Espacio T.

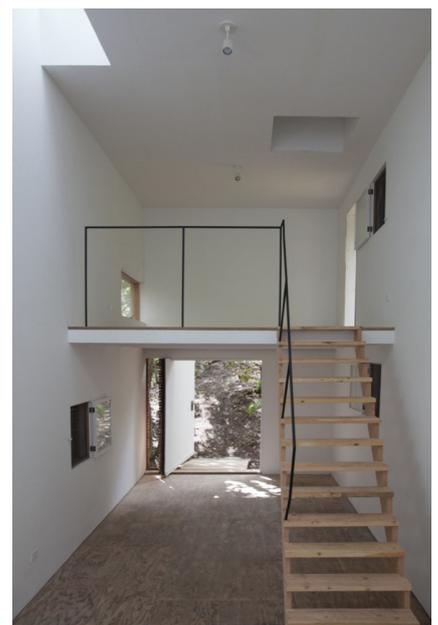


Fig. 4.29. Interior Espacio T.

4. La tonalidad irregular se debe a haber estado expuesto a la intemperie durante los cuatro meses de montaje.

2.3.2. Casa Ex de In
(Rhinebeck, Estados Unidos, 2016)

El proyecto se puede considerar un experimento tanto espacial como energético, acorde al entorno natural en el que se sitúa.

La geometría de la vivienda se forma a partir de espacios esféricos trapezoidales, cuya intersección crea varios vacíos, que son los espacios interiores. El resultado es un espacio central al que se adhieren usos alternativos, con una vivienda en la que no existen dormitorios, pero pueden llegar a dormir cinco personas.

La vivienda se construye de forma ecológica, por esta razón prácticamente todos los materiales utilizados en la construcción son naturales y de origen local, el edificio se calienta de forma geotérmica, y la electricidad se obtiene a través de la luz solar. Las carpinterías y escalera están hechas con madera de caoba, mientras que las paredes de madera se han realizado con contrachapado de abedul. En las superficies esféricas se han utilizado capas curvas delgadas que se adaptan a la geometría requerida.



Fig. 4.30. Interior Casa Ex de In.



Fig. 4.31. Interior Casa Ex de In.



Fig. 4.32. Casa Ex de In.

3. OCEANÍA

3.1. Glenn Murcutt
(Londres, Inglaterra, 1936)

Arquitecto australiano que desarrollara la mayoría de su obra en este país. A pesar de su poca obra construida fuera, es conocido internacionalmente por sus obras, que parten de la tradición australiana, con una lógica respecto al paisaje y al clima.

3.1.1. Casa Nicholas
(Blue Mountains, Nueva Gales del Sur, Australia, 1977-80)

Vivienda situada al borde de una escarpa, cuya concepción es la de casa de verano, es decir, enfocada como una construcción sencilla y económica.

El sistema utilizado esta basado en la arquitectura tradicional australiana, siendo un prefabricado suficientemente simple como para ser montado entre dos personas, utilizando como material la madera dura australiana y el pino local, capaces de soportar las condiciones climáticas del entorno. Esta ligeramente levantada del suelo, y la piel exterior esta compuesta por listones horizontales de madera en las paredes, y chapa ondulada en la cubierta.



Fig. 4.33. Casa Nicholas.



Fig. 4.34. Interior Casa Nicholas.

3.1.2. Casa Fredericks (Jamberoo, Nueva Gales del Sur, Australia, 1981-82)

La casa Fredericks es igualmente una vivienda construida según los métodos tradicionales australianos, con sistemas adicionales para el control del clima.

La estructura es de madera de eucalipto, con una plataforma en la parte inferior ligeramente levantada sobre el suelo, y en las paredes una envolvente de madera de cedro rojo al exterior, y de pino al interior. Entre ambas capas, aislante.

El aluminio en este caso no solo se utiliza en la cubierta, si no que se añaden unas lamas practicables en la fachada principal de cara a tener más control sobre la entrada de luz.



Fig. 4.35. Interior Casa Fredericks



Fig. 4.36. Fachada principal.



Fig. 4.37. Fachada trasera

3.2. Sean Godsell (Melbourne, Australia, 1960)

En Sean Godsell se ve un avance arquitectónico hacia el lenguaje contemporáneo, no siendo tan literal en la influencia de la tradición australianas como lo es Murcutt.

Godsell comprende la razón de los diferentes elementos de la vivienda tradicional, con preocupación por la radiación directa y el control climático del interior de las estancias, y a partir de la madera, los aplica mediante nuevos lenguajes.

3.2.1. Casa Carter/Tucker
(Victoria, Australia, 1998-2000)

La casa Carter/Tucker explora un elemento arquitectónico tradicional en la casa de campo australiana: la veranda. Consiste en el espacio fluido que rodea la vivienda a modo de galería, y protege de la radiación solar directa la fachada del edificio.

Para ello Godsell utiliza en la piel exterior del edificio una celosía de madera practicable, de forma que genera marquesinas en la fachada. Así la piel tiene una doble función que puede cambiar dependiendo de la época del año o el momento del día, aislándose del exterior cuando la celosía esta recogida, o colocándose a modo de plano horizontal cuando se abre.



Fig. 4.38. Casa Carter/Tucker



Fig. 4.39. Interior Casa Carter/Tucker

3.2.2. Edificio de ciencias de la escuela Woodleigh
(Baxter, Victoria, Australia, 1999-2002)

Edificio muy horizontal con estructura de acero, en el que la madera se utiliza a modo de fachada, y mediante corredores da frente a los largos alzados principales de Este y Oeste.

La madera utilizada es de eucalipto rojo, colocada a modo de celosía como dispositivo para dar sombra, mediante una rigurosa y ordenada repetición de pilares que acompañan a cada pilar metálico. Esta misma madera en la cubierta se utiliza a modo de falso techo, y cubre los espacios interiores.



Fig. 4.40. Fachada Edificio escuela Woodleigh



Fig. 4.41. Corredor interior



Fig. 4.42. Interior Edificio escuela Woodleigh

4. EUROPA CENTRAL Y MERIDIONAL

4.1. Peter Zumthor (Basilea, Suiza, 1943)

La arquitectura de Zumthor tiene un lenguaje totalmente contemporáneo, pero en sus obras existe una atmósfera que remite a sus raíces. Esto demuestra la gran capacidad que tiene para interpretar la arquitectura tradicional.

En su uso de la madera, sobre todo en construcciones realizadas en Suiza, se puede ver como ha comprendido la manera de utilizar el material desde los sistemas antiguos, para aplicarlos desde un enfoque contemporáneo.

4.1.1. Pabellón de Suiza Expo 2000 (Hannover, Alemania, 2000)

La exposición de Hannover tenía la temática de “El hombre, la naturaleza, y la tecnología”, tratando de realizar un evento con visiones de futuro, enfocada hacia el respeto al medioambiente a partir de conceptos como el reciclaje o la reutilización de recursos naturales.

Zumthor propone un pabellón con una temática musical, construido a base de listones de madera de abeto y alerce apilados, imitando la disposición utilizada en el proceso de secado. Las propiedades de la madera permitían una buena propagación acústica de la música, así como un aislamiento interior que protegía al pabellón del calor en los meses veraniegos, y del frío en la llegada de otoño.

Dicha madera era autóctona, se había trabajado de la forma más sostenible posible, y se había colocado todavía húmeda en el pabellón. Durante la exposición se había controlado la estabilidad de sus muros, ayudados mediante una subestructura metálica, ya que en el proceso de secado la madera varía sus dimensiones. De esta forma al terminar la exposición, dicha madera se reutilizó enteramente, vendiéndola como madera ya seca.

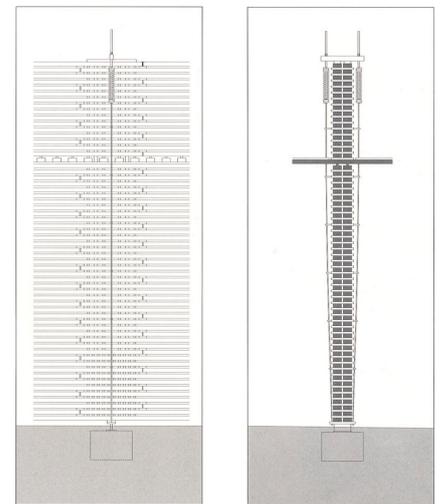


Fig. 4.43. Alzado y sección transversal de un muro tipo del pabellón.

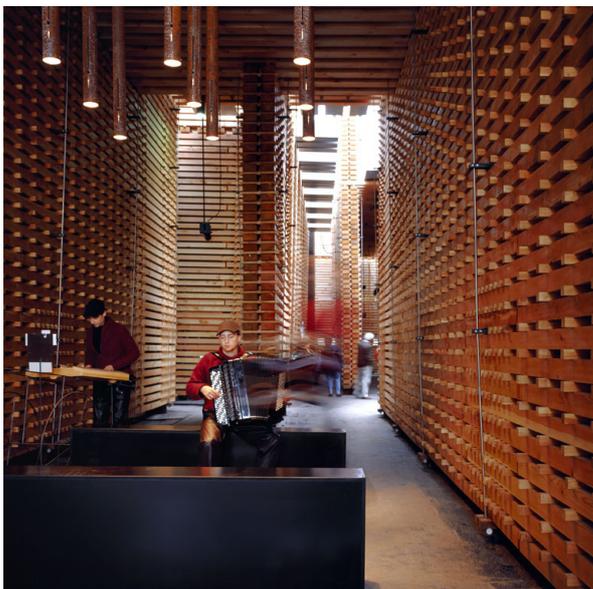


Fig. 4.44. Espacio interior.



Fig. 4.45. Espacio interior.

4.1.2. Casa Luzi
(Jenaz, Graubunden, Suiza, 1997-2002)

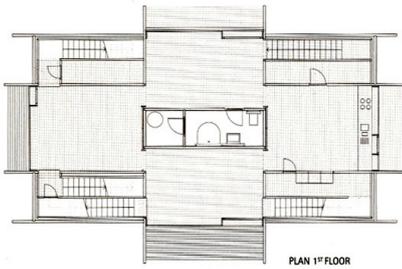


Fig. 4.46. Planta de la vivienda, donde se distinguen las cinco torres estructurales.



Fig. 4.47. Interior de la vivienda, con el tipo de junta en esquina al interior.



Fig. 4.48. Junta de la madera apilada.



Fig. 4.49. Casa Luzi.

Zumthor dio a parar con unos clientes que querían una casa enteramente de madera, con las propiedades de las casas de troncos apilados, es decir, su aislamiento térmico y su sensación de calidez.

Por ello basó su construcción en la técnica de muros de carga, utilizando madera maciza aserrada, y trabajando las uniones en esquina y entre los troncos del mismo muro.

El mayor problema lo encontró en los huecos, ya que el principio de construcción en troncos horizontales se basa en un cuadrilátero rígido, con el inconveniente de que, si uno de esos muros es cortado, se pierde la estabilidad. Para conseguir ventanas alargadas en los alzados trabajó con cinco cuadriláteros rígidos a modo de torres⁵ cuyos usos se han dedicado a espacios servidores. Los espacios servidos se encuentran entre las torres, permitiendo la libertad de amplias aberturas hacia el paisaje.

4.2. Gion Caminada
(Vrin, Suiza, 1957)

Caminada desarrolla casi toda su obra en Vrin, su pueblo natal, con una serie de obras que han ayudado a su desarrollo, creando trabajo y vida de pueblo.

Arquitecto muy comprometido con los conceptos arquitectónicos de sostenibilidad, utiliza la madera en el método más natural y responsable posible, aplicándola desde un punto de vista contemporáneo.

5. Cuatro en las esquinas y uno en el centro.

4.2.1. Pabellón multiusos (Vrin, Suiza, 2003)

Pabellón multiusos de Vrin totalmente construido en madera, con elementos metálicos en las uniones, con una destacada sencillez del diseño.

El rasgo distintivo se encuentra en la responsabilidad con la que utiliza la madera, materializada especialmente en la cercha de la cubierta. El cordón inferior tiene una forma abombada, con cinco láminas⁶ sin encolar, y una unión metálica en el nodo. Para disminuir el momento flector de la esquina, se han dispuesto una serie de montantes a los dos lados que empujan los extremos del cordón hacia arriba.

Dejando las láminas sin encolar y haciendo del nodo una articulación, permite mayor libertad de movimiento a la cercha, beneficiando de esta manera a la estructura.



Fig. 4.50. Pabellón multiusos.



Fig. 4.51. Detalle de la cercha del pabellón.

4.2.2. Casa Caminada (Vrin, Suiza, 2011)

Para el diseño de su casa se basó en el sistema tradicional de troncos de madera horizontal, que tantas ventajas supone para el clima suizo, pero aplicado desde un punto de vista contemporáneo.

Utiliza madera maciza aserrada con juntas similares a las utilizadas por Zumthor en la Casa Luzi, pero a diferencia de este, las juntas en esquina no las hace a ras, si no que deja salir la madera más allá del perímetro. Los encuentros con las particiones interiores se realizan de la misma manera, mediante encaje en los muros perimetrales para su estabilidad, como se puede apreciar en el exterior.

Estos elementos, que tradicionalmente se ven menos limpios que las juntas a ras con superficies planas, compone la fachada con la ayuda de las diferentes ventanas. De esta manera parte de una técnica tradicional de construcción para realizar una cuidadosa composición en la fachada.



Fig. 4.52. Casa Caminada.

6. De 24 mm.

5. AMÉRICA DEL SUR

5.1. Simón Vélez

(Manizales, Colombia, 1949)

Simón Vélez es un arquitecto colombiano que ha desarrollado su carrera entorno a la guadua y las posibilidades que esta aporta en la arquitectura, basado en su uso tradicional en la arquitectura.

Ha sido capaz de explotar sus posibilidades estéticas y estructurales, demostrando que tiene capacidades para competir con materiales como el acero o el hormigón, y haciendo que deje de verse únicamente como un material para pequeñas construcciones populares.

La investigación de Simón Vélez en el uso de este material ha tenido sus resultados más interesantes en la solución de uniones, siendo el punto más problemático del material ya que no trabaja bien en la dirección perpendicular a las fibras. Vélez desarrolló una técnica que consiste en inyectar cemento en los entrenudos de la guadua, haciendo de esta un material macizo capaz de resistir todo tipo de uniones (fig. 4.53).

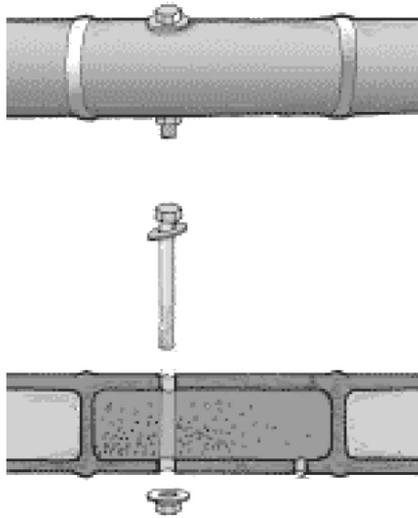


Fig. 4.53.



Fig. 4.54. Pabellón Zeri.



Fig. 4.55. Detalle de la estructura.



Fig. 4.56. Detalle del apoyo en el suelo.

5.1.1. Pabellón Zeri Expo 2000

(Hannover, Alemania, 2000)

Pabellón realizado en la exposición universal de Hannover⁷. La construcción que realiza Vélez es muy acorde a la temática ya que es una enorme estructura de guadua, con un excelente comportamiento estructural, económico, ecológico y estético.

El pabellón consiste en una estructura circular totalmente abierta, donde la gran protagonista es la guadua. En esta obra el arquitecto pudo experimentar con cantidad de uniones, obteniendo excelentes resultados.

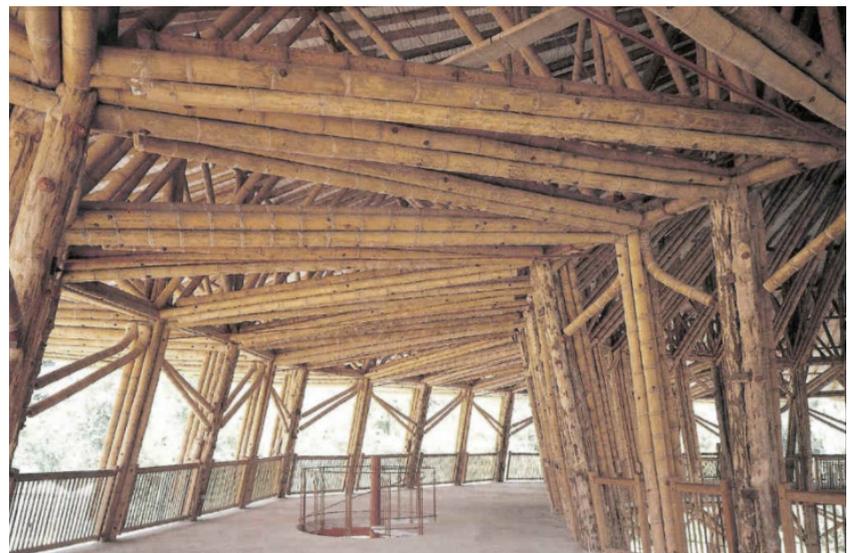


Fig. 4.57. Interior del pabellón

7. Al igual que el de Zumthor.

5.1.2. Museo Nómada del Zócalo (Ciudad de México, México, 2008)

Este museo es una exposición efímera que pasó por ciudades como Nueva York, Santa Mónica, Tokio y Ciudad de México. El elemento principal utilizado es la guadua, material que facilita el proceso de montaje y transporte del que precisa el estilo de museo del que se trata.

El Museo Nómada ha mostrado las propiedades de la guadua en diferentes lugares del mundo, teniendo la capacidad de adaptarse a todo tipo de climas, y yendo de la mano de la sostenibilidad, ya que su construcción y traslado supone muy poca contaminación atmosférica, gracias al tipo de material y a como se han realizado sus diferentes uniones.



Fig. 4.58. Museo Nómada.

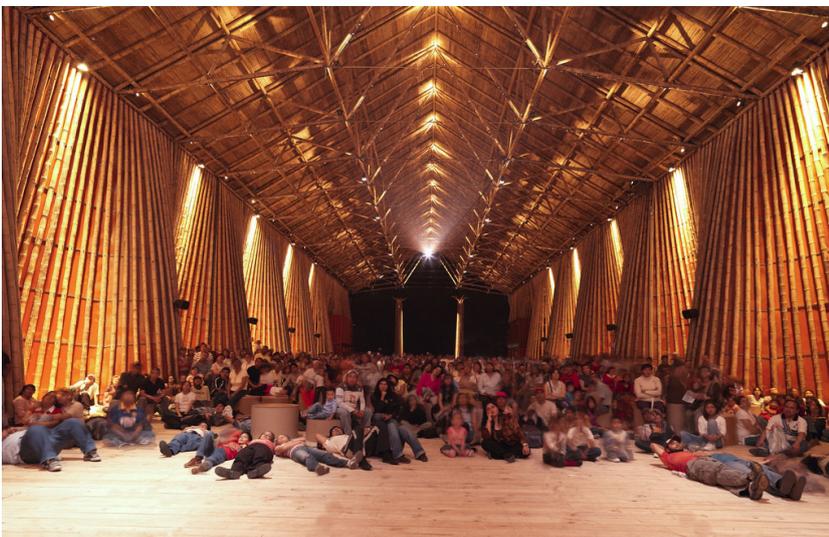


Fig. 4.59. Interior Museo Nómada.



Fig. 4.60. Detalle de la estructura.

5.2. Alejandro Aravena (Santiago de Chile, Chile, 1967)

Alejandro Aravena pertenece al grupo Elemental, formado en 2001, cuyo objetivo era investigar sobre vivienda social a causa de la urgente necesidad de vivienda en muchas ciudades.

La madera es un material abundante en Chile, y por lo tanto muy utilizado en la construcción. Aravena lo utiliza tanto a modo de entramado estructural como explotando sus propiedades meramente estéticas.



Fig. 4.61. Fase 1. La estructura.



Fig. 4.62. Fase 2. El diseño de Aravena.



Fig. 4.63. Fase 3. La vivienda ampliada.

5.2.1. Viviendas Villa Verde (Constitución, Chile, 2009-13)

Este proyecto se encuentra entre las obras que el grupo Elemental desarrolla desde el concepto de “vivienda social incremental”.

Consiste en una serie de casas en hilera a dos alturas, donde el usuario recibe solamente la mitad del volumen edificable construido, recibiendo de la otra mitad únicamente la estructura y la cubierta. De esta manera Aravena incluye en su proyecto el factor del diseño participativo, ya que el dueño es el que amplía y elige como quiere que sea la otra mitad de su vivienda.

Para el proyecto se ha utilizado una estructura de madera al estilo del balloon frame, ya que la construcción en entramado resultó más económica y facilita la ampliación posterior.

5.2.2. Centro cultural Constitución (Constitución, Chile, 2010-15)

Proyecto situado en el frente sur de la plaza del centro urbano, forma parte de los proyectos del Plan de Reconstrucción Sustentable, iniciado tras el terremoto y tsunami de 2010.

La madera, utilizada en la mayor parte del edificio, toma protagonismo en la fachada, que se compone por un pórtico de doble altura formado por una sucesión de grandes costillas. De esta manera, trata la interacción del edificio con la plaza recuperando el pórtico, espacio característico de los edificios institucionales. Aravena hace que este pórtico cumpla una función simbólica, urbana, y ambiental.



Fig. 4.64. Corredor interior del pórtico.



Fig. 4.65. Centro Cultural Constitución.

6. EXTREMO ORIENTE

6.1. Tadao Ando

(Minato-ku, Osaka, Japón, 1941)

La mayoría de las obras de este arquitecto están hechas a partir de materiales el hormigón o el acero. Sin embargo, en sus construcciones en madera ha demostrado un conocimiento tanto de las tradiciones japonesas como del uso de este material, que le han supuesto un enorme reconocimiento.

6.1.1. Pabellón de Japon Expo 1992

(Sevilla, España, 1992)

Para el pabellón de la exposición de Sevilla, Tadao recurrió a la técnica de los artesanos japoneses y a la historia de la construcción de templos de su país.

El edificio supone el encuentro entre Oriente y Occidente, mediante la forma tradicional de construcción nipona en madera, y el uso de las nuevas tecnologías con este material. El centro del pabellón tiene un paso con un par de pilares formados por cuatro elementos de madera laminada, cuyos capiteles recuerdan a las ménsulas utilizadas en los templos nipones. A los dos lados de esta estructura hay dos naves, cuya fachada consiste en una superficie curva muy alta recubierta a partir de contrachapado, un derivado cuyo uso puede considerarse más contemporáneo.

6.1.2. Museo de la madera

(Mikata, Japón, 1994)

Construido para conmemorar el Festival Nacional de la Madera de Hyogo, consiste en un museo rodeado de árboles y totalmente aislado de la ciudad, con una rampa de acceso que atraviesa el paisaje y cruza el museo.

El edificio consiste en un anillo con recorrido en espiral, cuya estructura es de madera, hormigón y acero. La madera se utiliza en la parte más visible del museo, con el uso de vigas y pilares de cedro autóctono laminado. Utiliza entramados similares a los que podemos encontrar en templos japoneses, con la intención de evocar una atmosfera de comunión con la naturaleza, concepto muy presente en la tradición japonesa.



Fig. 4.66. Pabellón de Japón Expo'92.

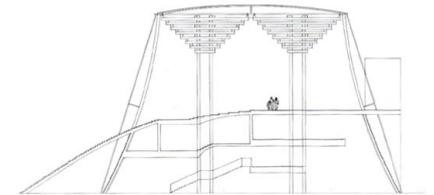


Fig. 4.67. Sección Pabellón de Japón.



Fig. 4.68. Museo de la Madera.



Fig. 4.69. Paso intermedio Pabellón.



Fig. 4.70. Interior Museo de la Madera.

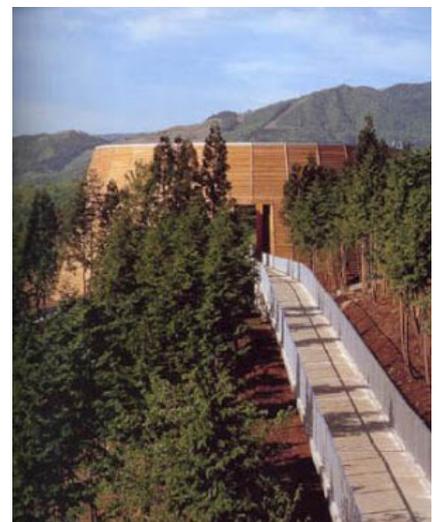


Fig. 4.71. Acceso Museo de la Madera.

6.2. Kengo Kuma (Yokohama, Kanagawa, Japón, 1954)

La repetición cobra un protagonismo esencial en el uso de la madera, a causa de su tamaño limitado. Kengo Kuma comprende esta característica intrínseca al material, y convierte el impedimento en una oportunidad. Mediante pequeños elementos consigue salvar grandes luces, haciendo compatibles la tradición y la tecnología.

6.2.1. Museo y centro de investigación Prosthø (Kasugai, Japón, 2008-10)

El edificio se basa en un juguete japonés llamado cidori, que consiste en un sistema simple de ensamblaje a partir de palos de madera articulados. Kengo Kuma aplica este sistema a un entramado a mayor escala, creando un conjunto de barras de sección cuadrada⁸, y de 200 y 400 mm de altura. Estas piezas suponen una malla estructural que alcanza los nueve metros de altura, y para cuyos ensamblajes no se han utilizado ni adhesivos ni fijaciones mecánicas.



Fig. 4.72. Museo Prosthø.

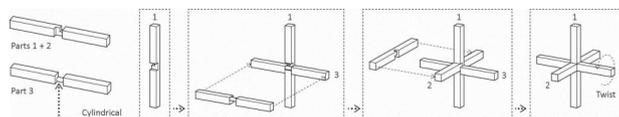


Fig. 4.73. Método de ensamblaje de las piezas.

6.2.2. Museo Yusuhara Wooden Bridge (Yusuhara, Japón, 2009-10)

La obra busca conectar dos espacios públicos separados por una carretera. Para ello Kengo Kuma utiliza una gran viga que se apoya únicamente en un pilar central, que hace las veces de puente, estancia con taller, y paisaje.



Fig. 4.74. Museo Yusuhara.

Consiste en un entramado de centenares de pequeños elementos estructurales, que disminuyen en número según llegan al pilar central. La disposición de las piezas hace una clara referencia a la estructura en voladizo de la tradición nipona. Este voladizo se enfatiza más realizando los núcleos de acceso translúcidos.

El espacio interior sigue la misma sintonía que el exterior, con una estructura mediante pequeños elementos de madera que recuerdan a las cubiertas de los templos japoneses.

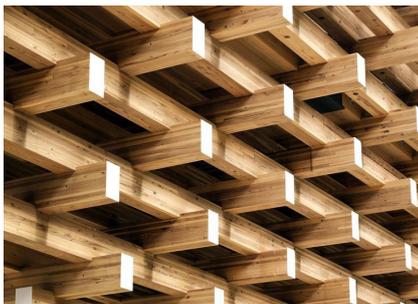


Fig. 4.75. Detalle de la estructura.



Fig. 4.76. Interior Museo Prosthø.



Fig. 4.77. Interior Museo Yusuhara.

8. De sección de 60x60 mm.

6.2.3. Villa Gran Muralla (Pakin, China, 2000-02)

Proyecto en el que Kengo Kuma demuestra su dominio en el uso del bambú. Este material no siempre es fácil de trabajar ya que se utiliza en la arquitectura tal y como se ha conseguido. Sin embargo, el arquitecto demuestra un dominio en el uso del material, explotando su carácter tectónico, su textura, y su forma.

La Villa se sitúa próxima a la Gran Muralla China, y lejos de competir con su presencia, busca integrarse en el terreno escarpado mediante una construcción en bambú de carácter doméstico. Ante la fuerza y división que supone el paso de la muralla, el bambú se plasma como un flujo de luz y aire que contacta el interior y el exterior.

La estructura principal es de acero, utilizando el bambú a modo de celosía en las paredes, jugando con su separación según el grado de privacidad buscado. Entre los espacios podemos encontrar un salón del té, donde se evoca la atmosfera de bosques de bambú, gracias a la naturalidad con la que se ha tratado el material.



Fig. 4.78. Villa Gran Muralla.



Fig. 4.79. Interior Villa Gran Muralla.

6.3. Shigeru Ban (Tokio, Japón, 1957)

Shigeru Ban se ha mostrado como uno de los arquitectos con más conocimientos en el uso de la madera en la construcción. La ha utilizado en diferentes formas y geometrías. Podemos ver cubiertas cuya estructura esta hecha a base de rígidos tubos de papel, estructuras de madera laminada de formas curvas gracias a las posibilidades mediante las nuevas tecnologías, y en edificios de varias alturas a modo de estructural clásica de vigas y pilares.

6.3.1. Pabellón de Japón en Expo 2000 (Hannover, Alemania, 2000)

El pabellón de la exposición de Hannover⁹ fue en su momento la mayor estructura de papel construida, integrando innovación, sostenibilidad y tradición. El carácter temporal y la temática de la exposición justifican este pabellón que posterior al evento pudo ser totalmente reciclado.

El edificio esta formado por 440 tubos de cartón¹⁰, enlazados mediante cordones blancos, evocando la tradición japonesa de nudos y sistemas de atado. Sobre estos una sucesión de arcos de madera dan rigidez al conjunto y sirven de soporte a la membrana de papel superior, que permite el paso de luz difusa.



Fig. 4.80. Interior Pabellón de Japón.



Fig. 4.81. Detalle Pabellón de Japón.

9. Junto a los pabellones de Zumthor y Vélez.
10. De 12 cm de diámetro.

6.3.2. Centro Pompidou-Metz
(Metz, Francia, 2010)



Fig. 4.82. Centro Pompidou-Metz.

Proyecto para la nueva sede del Centro Pompidou, que consiste en una carpa alabeada construida desde un entramado de madera laminada curva. El programa se encuentra bajo esta envolvente, mediante volúmenes sencillos de dimensiones controladas, que contrastan con el enorme vestíbulo que alcanza los 18 metros de altura.

La cubierta se inspira en el tejido tradicional chino, cuya forma en planta consiste en un hexágono con cintas que siguen un patrón de hexágonos y triángulos. Cada una de estas cintas tiene una doble capa, superponiéndose con la de las otras direcciones para así simplificar la geometría de las juntas.



Fig. 4.83. Interior Centro Pompidou-Metz.



Fig. 4.85. Centro Pompidou-Metz.

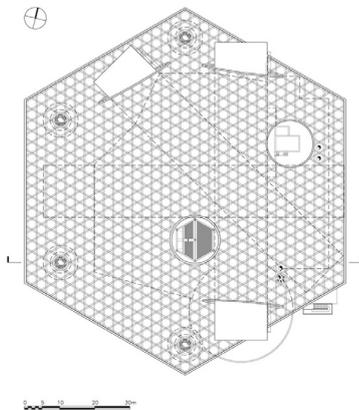


Fig. 4.84. Planta de cubierta del Centro.

6.3.3. Edificio de oficinas Tamedia (Zúrich, Suiza, 2013)

Bloque de siete pisos emplazado en la ciudad de Zúrich, para albergar una empresa local de la ciudad. La estructura esta completamente hecha en madera, con ensamblajes en seco, combinando innovación técnica y compromiso ambiental.

Construida con una estructura de madera singular, mediante una trama de soportes y vigas de madera laminada de abeto, recubierta con una envolvente de vidrio hacia el exterior. La estructura tiene un carácter rotundo, casi esquemático, y muy expícito tanto en el interior como en el exterior del edificio.

Los encajes entre las vigas y los pilares se realizan en seco, según técnicas de carpintería tradicional japonesa. Los pórticos principales se unen mediante las vigas transversales que, con una sección elíptica, atraviesan a estos fijando la estructura y evitando que pueda desestabilizarse. De esta forma cada nudo consiste en una articulación, ya que puede moverse ligeramente, pero su forma elíptica le impide girar del todo.



Fig. 4.86. Axonometría unión pilar-viga.



Fig. 4.89. Edificio de oficinas Tamedia.



Fig. 4.87. Detalle unión.



Fig. 4.88. Detalle terminación.

QUINTA PARTE
PRESENTE Y FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA

Desde 1970 existe un renacer la madera en la arquitectura, dejando de ser un material exclusivo de los tradicionalistas.

Las nuevas tecnologías permiten que la madera estire sus propiedades llegando a posibilidades que no habrían podido imaginarse antes. Estas nuevas capacidades han llamado la atención del mundo de la arquitectura, experimentando y explotando todas sus características.

Sin embargo, la principal razón del renacer de la madera se debe a una mayor concienciación medioambiental. La madera es prácticamente el único material que si se trabaja bien puede llegar a ser sostenible. Además, un incremento del uso de la madera en un sector económico tan importante como es el de la construcción puede traer beneficios indirectos como el incremento de la biodiversidad y la mejora del paisaje.

En países como España la introducción de la madera en la construcción se esta realizando con mayor lentitud, debido a que no existe una tradición maderera significativa, y al vacío técnico respecto a este tipo de construcción hasta que se redactó una normativa para su uso en el Código Técnico.

Sin embargo, desde hace un siglo existe un intercambio de técnicas y materiales que ha hecho que lugares sin tradición en el uso la madera puedan utilizarlo como si llevara desarrollando ese tipo de técnicas toda su historia. El entramado prefabricado de madera es claro ejemplo de ello, de como la universalización de la arquitectura ha creado sistemas industriales aplicables en cualquier lugar del mundo.

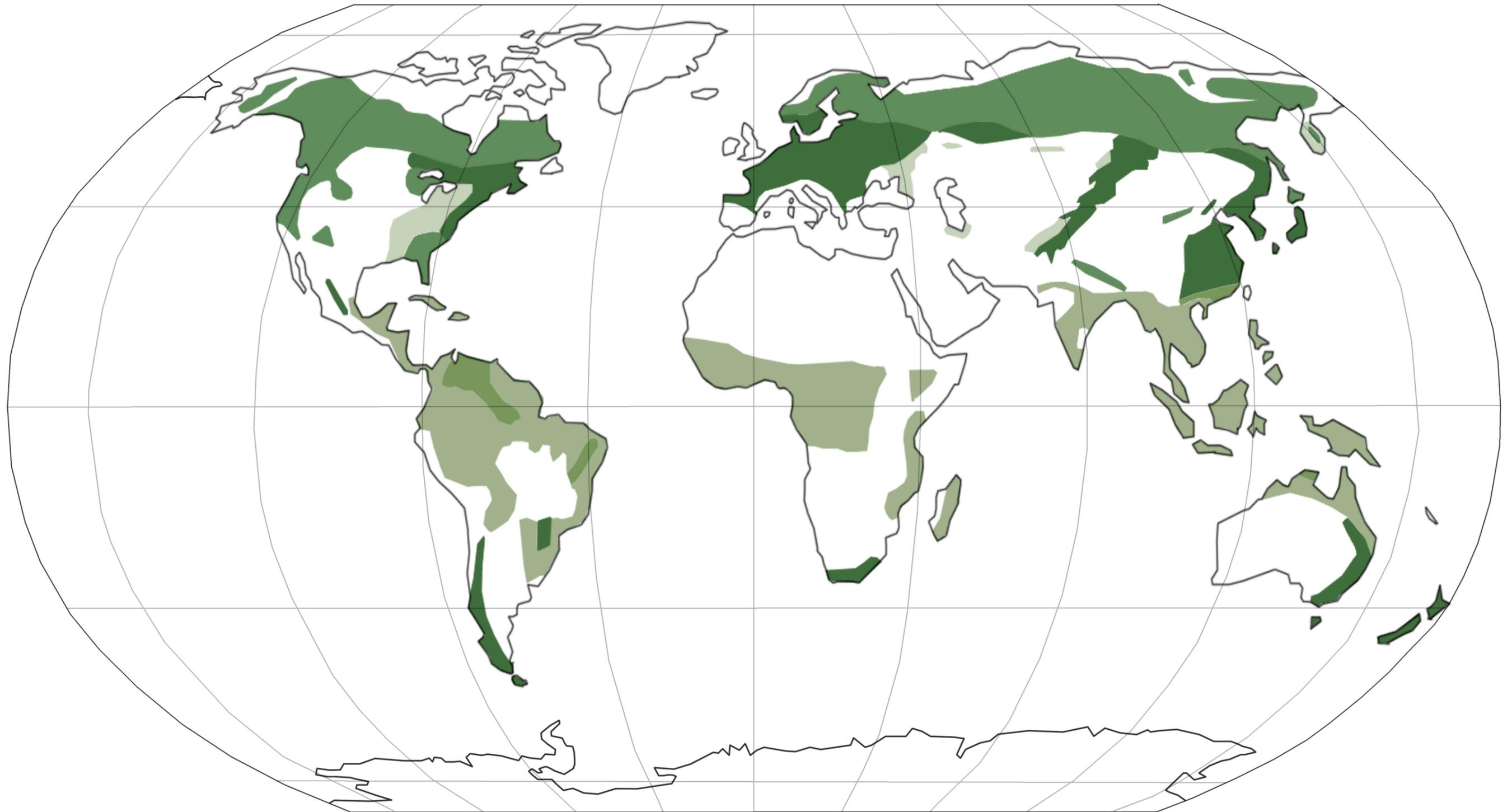
La madera es posiblemente uno de los materiales más complejos de la construcción, y saber como utilizarlo correctamente ha llevado a diferentes culturas años y años de investigación. En cambio en la actualidad, todo estas técnicas que se han ido dando pueden estudiarse y aplicarse en cualquier sitio. Además los nuevos materiales derivados de la madera lo facilitan.

Por contra existe un factor que hace a la madera pertenecer al sitio en el que ha nacido, y por ello, la hace diferente de todas las demás. Es un material vivo. Interactúa con el entorno. Responde dependiendo de factores externos como el clima o la humedad. Por ello, es capaz de beneficiar al ser humano como ningún otro material puede.

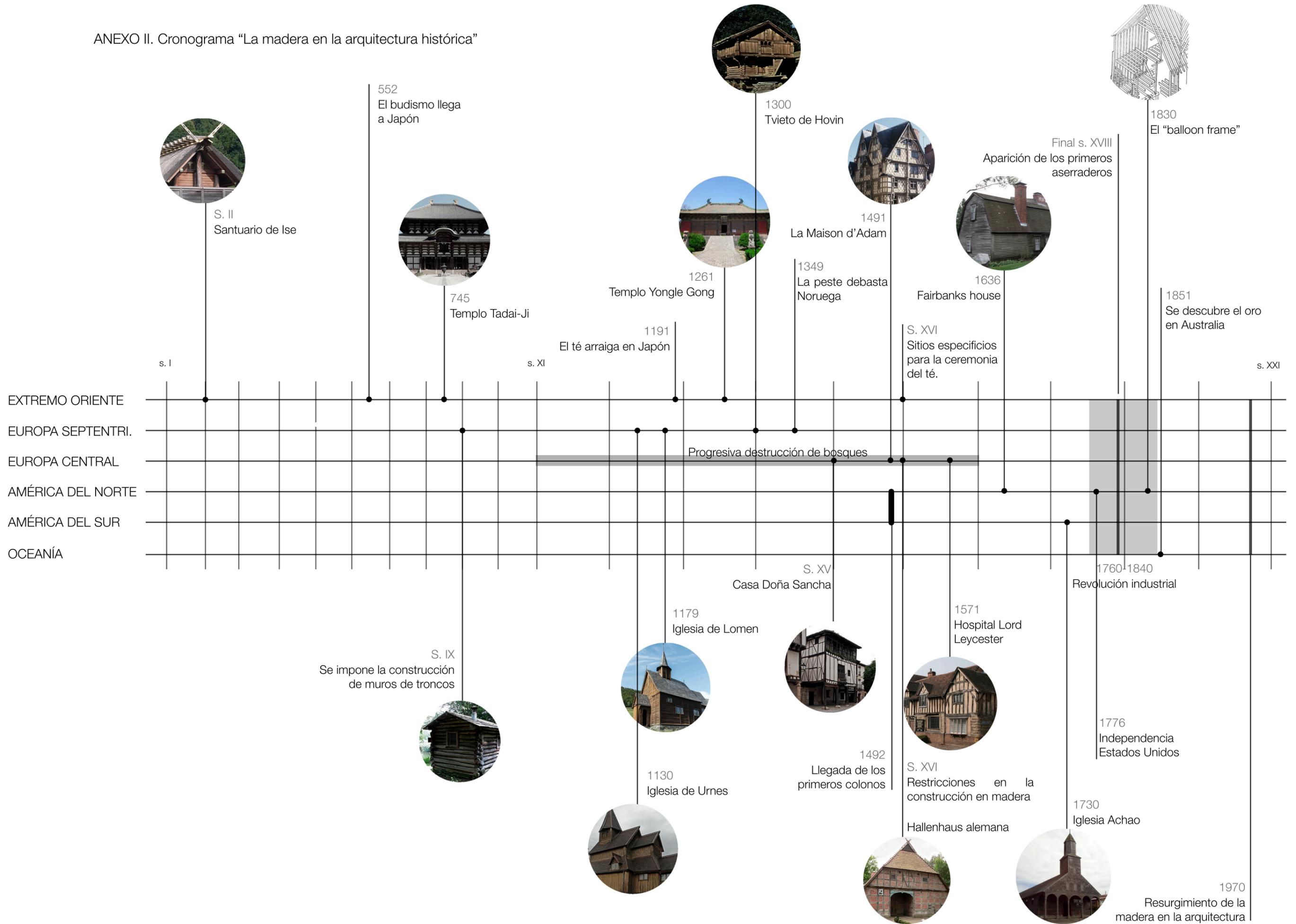
Por todo esto el uso de la madera en la construcción es fundamental, pero saber como utilizarla también lo es. Y no hay mejor forma de hacerlo que desde la historia y los maestros de la arquitectura.

ANEXOS

ANEXO I. Plano de extensiones arboreas según la clase de árbol



ANEXO II. Cronograma “La madera en la arquitectura histórica”



ANEXO III. Documentación adicional en tejados de templos japoneses

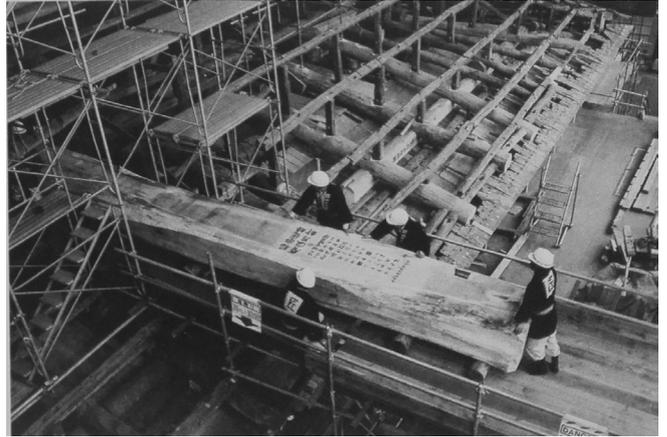


Fig. AIII.1 y AIII.2. Imágenes de la reparación del tejado de un templo japonés.

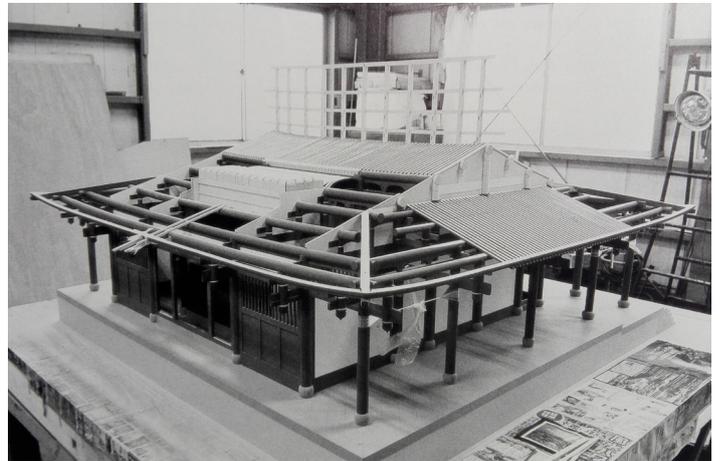
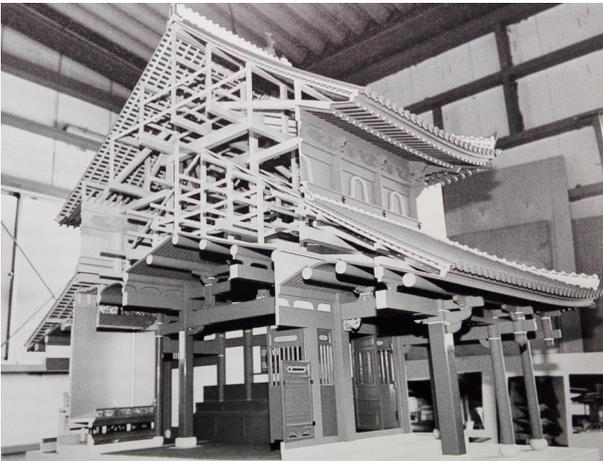


Fig. AIII.3 y AIII.3. Maquetas estructurales basadas en templos japoneses.

BIBLIOGRAFIA

Montero Mateos, Luis. 2012. *Apuntes sobre tecnología de la madera*. Madrid: Bellisco.

Baterra Otero, Luis-Alfonso. 2009. *Construcción de estructuras de madera*. [Valladolid]: Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.

Jackson, Albert; Day, David. 1998. *Manual completo de la madera, la carpintería y la ebanistería*. Madrid: Ediciones del Prado.

Argüelles Álvarez, Ramón; Arriaga Martitegu, Francisco. 2003. *Estructuras de madera: diseño y cálculo*. [Madrid]: Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho.

Slavid, Ruth. 2005. *Arquitectura en madera*. Barcelona: Blume.

Pryce, Will. 2006. *Arquitectura de madera: historia universal*. Barcelona: Blume.

Palma Carazo, Ignacio Javier. 2008. *Sistema de plataforma con entramado ligero de madera: platform frame aplicado a viviendas unifamiliares*. Madrid: Bellisco.

Murata, Noburu; Black, Alexandra. 2000. *La casa japonesa: arquitectura e interiores*. Palma de Mallorca: Cartago.

Bussagli, Mario. 1989. *Arquitectura Oriental*. [Madrid]: Aguilar-Asuri.

Henrichsen, Christoph. 2004. *Japan culture of Wood: buldings, objects, techniques*. Basel: Birkhäuser.

Zwerger, Klaus. 2012. *Wood and Wood joints: building traditions of Europe, Japan and China*. Basel: Birkhäuser.

Affentranger, Christoph. 1997. *Neue Holzarchitektur in Skandinavien = New wood in Scandinavia*. Basel: Birkhäuser.

Nikula, Riitta. 1998. *Construir con el paisaje: breve historia de la arquitectura finlandesa*. Helsinki: Otava.

Bachmann, J.; von Moos, S. 1969. *Nuevos caminos de la arquitectura suiza*. Barcelona: Blume.

Allenspach, Christoph. 2001. *La arquitectura en Suiza: la construcción en los siglos XIX y XX*. Zurich: Pro Helvetia.

Trocmé, Hélène. 1983. *Los americanos y su arquitectura*. Madrid: Cátedra.

Bruchard, John; Bush-Brown, Albert. 1963. *La arquitectura en los Estados Unidos: su influencia social y cultural*. México: Letras.

Gutiérrez, Ramón; Gutiérrez Viñuales, Rodrigo. 2000. *Historia del arte iberoamericano*. Barcelona: Lunwerg.

Gutiérrez, Ramón. 2005. *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*. Madrid: Cátedra.

Benson, Tedd; Gruber, James. 1980. *Building the Timber Frame House: the Revival of a forgotten Craft*. New York: Charles Scribner's Sons.

Caldenby, Claes; Hultin, Olof. 1987. *Asplund*. Barcelona: Gustavo Gili.

López-Peláez, José Manuel. 2004. *La arquitectura de Gunnar Asplund*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Lathi, Louna. 2009. *Alvar Aalto, 1898-1976: paraíso para gente modesta*. Köln: Taschen.

Storrer, William Allin. 2007. *The architecture of Frank Lloyd Wright: a complete catalog*. Chicago; London: The University of Chicago Press.

McCarter, Robert. 2007. *Frank Lloyd Wright*. London: Phaidon Press Limited.

Rosa, Joseph. 2006. *Louis I. Kahn, 1901-1974: espacio iluminado*. Köln: Taschen.

Bownlee, David Bruce; De Long, David. 2005. *Louis I. Kahn: in the realm of architecture*. Los Angeles: Museum of Contemporary Art.

Rykwert, Joseph. 2001. *Louis Kahn*. New York: Harry N. Abrams.

Durisch, Thomas. 2014. *Peter Zumthor, 1985-2013: buildings and projects*. Zurich: Scheidegger y Spiess.

Jodidio, Philip. 2010. *Ando: complete Works*. Köln: Taschen.

Bognar, Botond. 2005. *Kengo Kuma: Selected Works*. New York: Princeton Architectural Press.

REVISTAS CONSULTADAS

(1997) *Alvar Aalto*. AV Monografías 66. Madrid: Arquitectura viva.

(2014) *Kengo Kuma*. AV Monografías 167-168. Madrid: Arquitectura viva.

(2016) *Elemental. Alejandro Aravena*. AV Monografías 185. Madrid: Arquitectura viva.

(2017) *Shigeru Ban*. AV Monografías 195. Madrid: Arquitectura viva.

(2013) *Glenn Murcutt 1980-2012*. El Croquis 163-164. Madrid: El Escorial.

(2013) *Sean Godsell 1997-2012*. El Croquis 165. Madrid: El Escorial.

TESIS CONSULTADAS

Salas Delgado, Eduardo. 2006. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia. Tesis Doctoral. Departamen de Construccions Architectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Chiloé. Cuidad entre mares. <http://wiki.ead.pucv.cl/images/7/73/Carpeta.pdf>. (Consultado en noviembre del 2017).

Alrededor de la arquitectura, Viviendas para el frío. <https://alredordelaarquitectura.wordpress.com/2015/03/06/viernes-clasico-viviendas-para-el-frio-villa-schreiner-oslo-noruega-sverre-fehn-1963/> (2015).

Artium, Sverre Fehn. <http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/premios-pritzker-viaje-por-la-arquitectura-contemporanea/biografia-y-obra-17> (Consultado en noviembre del 2017).

Arquiscopio. Museo de la Catedral de Hedmark. <http://arquiscopio.com/archivo/2013/07/27/museo-de-la-catedral-de-hedmark/> (2013).

Hic Arquitectura. Hamar Museum. <http://hicarquitectura.com/2017/03/hamar-museum-sverre-fehn/> (Consultado en noviembre de 2017).

Plataforma arquitectura. Espacio T. Steven Holl Architects. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-57213/espacio-t-steven-holl-architects> (2010).

Plataforma arquitectura. Casa Ex de In. Steven Holl Architects. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/798855/casa-ex-de-in-steven-holl-architects> (2016).

Easter White pine. Traditional construction, modern details. <http://dev.easterwhitepine.org/traditional-construction-modern-details-wood-work-by-gion-a-caminada/> (Consultado en noviembre de 2017).

Outdooractive. <https://www.outdooractive.com/de/architektur/graubuenden/mehrzweckhalle/5917749/#dmddtab=oax-tab1> (Consultado en noviembre de 2017).

Plataforma arquitectura. Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> (2013).

PROCEDENCIA DE IMÁGENES

Fig. portada 1. MySwitzerland.com, Arquitectura suiza. <https://www.myswitzerland.com/es/arquitectura-suiza.html> (2017).

Fig. portada 2. AV Monografías 167-168, Kengo Kuma. (Madrid: Arquitectura viva, 2014).

Figs. 1.1., 1.2., 2.(1, 2, 3 y 4). y 3.(1, 25, 42, 50, 54 y 60). Elaboración propia.

Fig. 1.3. Elaboración propia desde: Luis Montero Mateus, Apuntes sobre tecnología de la madera (Madrid: Bellisco, 2012).

Fig. 3.2. Mundo Japon. Another 21th century blog, La prehistoria de Japón. http://bartjapanworld.blogspot.com.es/2011/02/la-prehistoria-japonesa_4745.html (2012).

Figs. 3.3. y 3.5. Arquitectura y empresa, Santuario de Ise (Japón): El templo que se reconstruye cada 20 años. <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/santuario-de-ise-japon-el-templo-que-se-reconstruye-cada-20-anos> (2015).

Figs. 3.(4, 19-24). Christoph Henrichsen, Japan culture of Wood: buldings, objects, techniques (Basel: Birkhäuser, 2004).

Fig. 3.6. Wikipedia, Todai-Ji. <https://en.wikipedia.org/wiki/T%C5%8Ddai-ji> (consultado en noviembre de 2017).

Figs. 3.(7-16, 18, 35, 36, 38, 45, 52). Klaus Zwerger, Wood and Wood joints: building traditions of Europe, Japan and China (Basel: Birkhäuser, 2012).

Fig. 3.17. Malte Laurids Brigge. <http://www.panoramio.com/photo/58876086> (2011).

Fig. 3.26. Minka Houses, Wooden houses: A walk through history. <http://www.minkahouses.com/en/blog-modern-houses/minka-houses/wooden-houses-a-walk-through-history> (2017).

Fig. 3.27. Femoca67, Flickr. <https://lugaresquever.com/iglesia-de-madera-de-urnes> (2009).

Fig. 3.28. Micha L. Rieser. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stave_church_Borgund_interior.jpg (2010).

Fig. 3.29. Johnston9494. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trail_Wood_writing_cabin.jpg (2004).

Figs. 3.(30-34, 37). Ignacio Javier Palma Carazo, Sistema de plataforma con entramado ligero de madera: platform frame aplicado a viviendas unifamiliares (Madrid: Bellisco, 2008).

Fig. 3.39. Strash. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carcass_rounded_timber_aljans.jpg (2008).

Fig. 3.40. Tragaviajes. <https://www.tragaviajes.com/oppland-noruega-que-ver-que-hacer/> (2017).

Fig. 3.41. Norsk Folkemuseum, Postkfort. Loft fra Tveito, Hovin i Telemark. <https://digitaltmuseum.no/021016815315/postkort-loft-fra-tveito-hovin-i-telemark-telemarkstunet-nf> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 3.43. Framepool, Cabaña de Madera. <http://footage.framepool.com/es/shot/751237013-cabana-de-madera-construccion-de-madera-rosa-suiza-invierno> (2005).

Fig. 3.44. Vasco-Caucasian, Celitc-koret-palisade. <http://vasco-caucasian.blogspot.com.es/2012/03/celtic-koret-palisade.html> (2012).

Fig. 3.46. Axel Hindemith. https://de.wikipedia.org/wiki/Hallenhaus#/media/File:Winsenmuseum_groode_Hus.jpg (2009).

Fig. 3.47. Misterweiss. https://en.wikipedia.org/wiki/Lord_Leycester_Hospital#/media/File:Lord_Leycester_Hospital_-_Warwick3.jpg (2007).

Fig. 3.48. Loulan. https://www.reddit.com/r/Houseporn/comments/5qnb5i/maison_dadam_one_of_the_oldest_houses_in_angers/ (2017).

Fig. 3.49. Marsans, Burgos- Galeria de fotos de la villa medieval de Covarrubias. <http://www.marsans.es/burgos-%E2%80%93-galeria-de-fotos-de-la-villa-medieval-de-covarrubias/> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 3.51. Pano Ramio. <http://www.panoramio.com/photo/61195476> (2011).

Fig. 3.53. Brucall, Platform frame construction. <http://www.brucall.com/platform-frame-construction/design-and-construction-platform-frame-construction-wood-framing-framing-vs-balloon/> (2016).

Figs. 3.(55-57). Eduardo Salas Delgado, Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia (Tesis Doctoral. Departamen de Construccions Architectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya. 2006).

Fig. 3.58. Pedro Rebolledo Rubilar. https://es.wikipedia.org/wiki/Achao#/media/File:Iglesia_de_Achao.jpg (2006).

Fig. 3.59. Isla palafitos. http://www.islapalafitos.cl/imagenes/slider/palafitos%20castro%20chiloe.jpg_g_palafitos%20castro%20chiloe.jpg-473217058.jpg (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 3.61. Traditional Queenslanders, Ascot. <https://traditionalqueenslanders.com.au/traditional-home-styles/ascot/> (Consultado en noviembre de 2017).

Figs. 4.(1,2,4,5). Claes Caldenby y Olof Hultin, Aplund. (Barcelona: Gustavo Gili, 1987).

Fig. 4.3. Arquiscopio, Ampliaciones en el patrimonio arquitectónico. <http://www.arquiscopio.com/pensamiento/ampliaciones-en-el-patrimonio-arquitectonico/> (2016).

Figs. 4.(6,7,11,13). AV Monografías 66, Alvar Aalto. (Madrid: Arquitectura viva, 1997).

Fig. 4.8. Lounda, Lathi, Alvar Aalto, 1898-1976: paraíso para gente modesta. (Köln: Taschen, 2009).

Figs. 4.(9 y 12). Archdaily, AD Classics: Villa Mairea/Alvar Aalto. <https://www.archdaily.com/85390/ad-classics-villa-mairea-alvar-aalto> (2010).

Fig. 4.10. Urbanismo.com, Aalto, la Villa Mairea y la refracción de la Arquitectura moderna. <http://www.urbanismo.com/arquitecturayurbanismo/aalto-la-villa-mairea-y-la-refraccion-de-la-arquitectura-moderna/> (Consultado en noviembre de 2017).

Figs. 4.(14, 15). Per Berntsen. <http://www.roomofpossibilities.com/index.php/2016/09/28/home-is-where-fire-and-water-is-villa-schreiner-by-sverre-fehn/> (2006).

Figs. 4.(16, 19). Arquiscopio, Museo de la Catedral de Hedmark. <http://arquiscopio.com/archivo/2013/07/27/museo-de-la-catedral-de-hedmark/> (2013).

Fig. 4.17. Hic Arquitectura, Hamar Museum. <http://hicarquitectura.com/2017/03/hamar-museum-sverre-fehn/> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.18. bakgard.blogspot. <http://catalogo.artium.org/dossieres/exposiciones/premios-pritzker-viaje-por-la-arquitectura-contemporanea/biografia-y-obra-17> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.20. JeremyA. https://en.wikipedia.org/wiki/Willits_House#/media/File:Willits_House.jpg (2003).

Fig. 4.21. Wikiarquitectura. https://es.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Casa_Ward_Interior-782x1024.jpg (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.22. Wttw, Casa Robie. <http://interactive.wttw.com/tenbuildings/robie-house> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.23. House interior, Robie house interior tour. <http://interior24.eu/houseinterior/> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.24. Donald Corner y Jenny Young. http://www.greatbuildings.com/cgi-bin/gbi.cgi/Salk_Institute.html/cid_3148302.html (Consultado en noviembre de 2017).

Figs. 4.(25, 26). Wikiarquitectura. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-fisher/#lg=1&slide=12> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.27. Richard Caspole. The Boston Globe. <https://www.bostonglobe.com/arts/theater-art/2016/05/26/yale-center-for-british-art-reopens/X4WkgqReiVpjFHNun6xcCM/story.html/> (2016).

Figs. 4.(28, 29). Susan Wides, Plataforma arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-57213/espacio-t-steven-holl-architects> (2010).

Figs. 4.(30-32). Paul Warchol, Plataforma arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/798855/casa-ex-de-in-steven-holl-architects> (2016).

Figs. 4.(33-37). El Croquis 163-164, Glenn Murcutt 1980-2012. (Madrid: El Escorial, 2013).

Figs. 4.(38-42). El Croquis 165, Sean Godsell 1997-2012. (Madrid: El Escorial, 2013).

Figs. 4.(43-48). Thomas Durisch, Peter Zumthor, 1985-2013: buildings and projects. (Zurich: Scheidegger y Spiess, 2014).

Fig. 4.50. Easter White pine, Traditional construction, modern details. <http://dev.easterwhitepine.org/traditional-construction-modern-details-wood-work-by-gion-a-caminada/> (Consultado en noviembre de 2017).

Fig. 4.51. Ora et labora. <http://www.panoramio.com/photo/7482577> (2008).

Fig. 4.52. Deezen. <https://www.dezeen.com/2014/04/16/gion-a-caminada/> (2014).

Fig. 4.53. Julia Arias y más, Monografía de análisis de autores. Simón Vélez. (Universidad Nacional de Rosario, 2011).

Fig. 4.54. LaPatria.com, Plataforma arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> (2013).

Figs. 4.(55 y 56). Mandua, La arquitectura debe ser un poco más vegetariana. <http://www.mandua.com.py/la-arquitectura-debe-ser-un-poco-mas-vegetariana-in138> (2015).

Figs. 4.(57-59). Flickr, Plataforma arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> (2013).

Fig. 4.60. Megan Groth, Plataforma arquitectura. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez> (2013).

Figs. 4.(61,62,64,65). AV Monografías 185, Elemental. Alejandro Aravena. (Madrid: Arquitectura viva, 2016).

Fig. 4.63. Architect Magazine. Villa Verde. http://www.architectmagazine.com/project-gallery/villa-verde_o (2016).

Figs. 4.(66-71). Philip Jodidio. Ando: complete Works. (Köln: Taschen, 2010).

Figs. 4.(72-79). AV Monografías 167-168, Kengo Kuma. (Madrid: Arquitectura viva, 2014).

Figs. 4.(80-89). AV Monografías 195, Shigeru Ban. (Madrid: Arquitectura viva, 2017).

