

**MA
DEI
RA**

MA
DE
RA
WO
OD

**Woodmakers. Intensivo
de diseño en madeira**

Woodmakers.

Intensivo de diseño en madera

Woodmakers.

Wood design intensive

S E R I E T É C N I C A

CESUGA

Woodmakers. Intensivo de deseño en madeira

Woodmakers. Intensivo de diseño en madera

Woodmakers. Wood desing intensive

para este volume / para este volumen / for his volume:

edita / editorial / published by

CESUGA

**Centro de Estudios Superiores Universitarios de Galicia, S.L.,
B-15469984**

C/ Obradoiro, 47 C.P. 15190, A Coruña (España)

cofinanciado / cofinanciado / co-financed

Axencia Galega da Industria Forestal

editores / editores / editors

Silvia Blanco Agüeira / Alberto Alonso Oro

coordinación / coordinación / coordination

Silvia Blanco Agüeira / Alberto Alonso Oro

revisión de textos / revisión de textos / proofreading

Pablo Pose Sánchez / Carmen Ares Vigo

Miguel Ángel Pin Calvín / Eva Boullón Peña

diseño e maquetación / diseño y maquetación / design and layout

Pablo Pose Sánchez / Carmen Ares Vigo

Miguel Ángel Pin Calvín / Eva Boullón Peña

impresión / impresión / printed

Copymar. A Coruña

Impreso en España / Printed in Spain. 2023

© imaxes e textos / imágenes y textos / images and texts

autores/autores/authors

indexación / indexación / indexing

ISBN 978-84-09-56508-5

DL-C1774-2023



Publícase baixo o sistema de licenzas "Creative Commons
Recoñecemento-Non comercial 4.0" (CC-by-nc).

Se publica bajo el sistema de licencias "Creative Commons
Reconocimiento-No comercial 4.0" (CC-by-nc).

Published under the 'Creative Commons Attribution-NonCommercial
4.0' (CC-by-nc) licensing system.

O apoio da Axencia Galega da Industria Forestal para a elaboración desta publicación non implica a aceptación dos seus contidos, que serán responsabilidade exclusiva dos seus autores. Por tanto, a Axencia Galega da Industria Forestal non é responsable do uso que poida facerse da información aquí difundida.

El apoyo de la Agencia Gallega de la Industria Forestal para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que serán responsabilidad exclusiva de sus autores. Por tanto, la Agencia Gallega de la Industria Forestal no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

The support of the Galician Agency for Forest-based Industry for the preparation of this publication does not imply acceptance of its contents, which will be the exclusive responsibility of its authors. Therefore, the Galician Agency for Forest-based Industry is not responsible for the use that may be inferred of the information disseminated here.

CESUGA non se responsabiliza dos posibles dereitos de reprodución das imaxes pertencentes aos textos asinados. Estes, se os houberse, son responsabilidade dos autores dos textos conforme aos acordos establecidos e recollidos na web, convenio e/ou convocatoria correspondente.

CESUGA no se responsabiliza de los posibles derechos de reproducción de las imágenes pertenecientes a los textos firmados. Estos, si los hubiera, son responsabilidad de los autores de los textos conforme aos acordos establecidos y recogidos en la web, convenio y/o convocatoria correspondiente.

CESUGA is not responsible for any potential reproduction rights of the images belonging to the signed texts. If there are any, it is the responsibility of the authors of the texts in accordance with the agreements established and outlined on the website, agreement, and/or corresponding call.

Damos forma aos nosos edificios, despois eles dannos forma a nós.

Damos forma a nuestros edificios, luego ellos nos dan forma a nosotros.

We shape our buildings, then they shape us.

Winston Churchill

TÁBOA

ÍNDICE INDEX

1	Mostra Presentación Foreword Venancio Salcines Cristal	10-11
2	Limiar Prefacio Prologue Silvia Blanco Agüeira	12-15
3	Biografía - Quen, que, cando, onde, por que Biografía - Quién, qué, cuándo, dónde, por qué Biography - Who, what, when, where, why Óscar Vázquez Rama	16-35
4	Unha viaxe dende Annweiler a Feáns Un viaje desde Annweiler a Feáns A journey from Annweiler to Feáns VVAA	36-43
5	Ensamblaxes Ensembles Assemblies Cristina Ouzande & Cristina Ezcurra	44-77
6	Introducción ás unións con cola de milano entre vigas de madeira Introducción a uniones con cola de milano entre vigas de madera Introduction to dovetail joints between wooden beams Silvia Blanco Agüeira	78-81
7	Cuestións previas: as propiedades da madeira Cuestiones previas: las propiedades de la madera Previous questions: the properties of wood Mª Azahara Soilán Cañás	82-95
8	As unións no CTE Las uniones en el CTE Wood Joints in CTE Mª Azahara Soilán Cañás	96-105
9	Plantillas de fresado ARUNDA Plantillas de fresado ARUNDA ARUNDA Milling Templates Mª Azahara Soilán Cañás	106-119
10	Unión carpintera en cola de milano redondeada Unión carpinteira en cola de milano redondeada Rounded dovetailed carpentry joints Mª Azahara Soilán Cañás	120-135
11	Investigacións previas Investigaciones previas Previous studies Mª Azahara Soilán Cañás	136-161
12	Conclusións Conclusiones Conclusions VVAA	162-167
13	Obradoiro Woodmakers. Intensivo de deseño en madeira Taller Woodmakers. Intensivo de diseño en madeira Woodmakers. Wood design intensive Workshop VVAA	168-191

Woodmakers. Intensivo de diseño en madeira

Woodmakers. Intensivo de diseño en madera

Woodmakers. Wood desing intensive

VV.AA

Asistentes | Participantes | Participants



Venancio Salcines Cristal (Ph.D)
Pte. efbs Grupo Educativo e de CESUGA
Pte. de efbs Grupo Educativo y de CESUGA
Pres. efbs Grupo Educativo and CESUGA



Silvia Blanco Agüeira (Ph.D)
Dirª Grao de Arquitectura en CESUGA
Dirª Grado de Arquitectura en CESUGA
Dir. Degree in Architecture at CESUGA



Óscar Vázquez Rama
Prox. rexenerativos Desing Thinking
Proy. Regenerativos Desing Thinking
Proj. Regenerative + Desing Thinking



Mª Azahara Soilán Ca (PhD.)
Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia
Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galcia
F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia



Cristina Ezcurra de la Iglesia
Arquitecta fundadora de Ezcurra e Ouzande
Arquitecta fundadora de Ezcurra e Ouzande
Founding Architect of Ezcurra e Ouzande



Cristina Ouzande Lugo
Arquitecta fundadora de Ezcurra e Ouzande
Arquitecta fundadora de Ezcurra e Ouzande
Founding Architect of Ezcurra e Ouzande

Woodmakers. Intensivo de diseño en madeira

Woodmakers. Intensivo de diseño en madera
Woodmakers. Wood desing intensive

VV.AA

Asistentes | Participantes | Participants



A arquitectura apunta á eternidade.

La arqitetura apunta a la eternidad.
Architecture aims at eternity.

Christopher Wren

VV.AA

Fatado
Grupo
Group

Mostra

Presentación

Foreword

Venancio Salcines Cristal (Ph.D)

Pte. efbs Grupo Educativo e de CESUGA | Pte. de efbs Grupo Educativo y de CESUGA | Pres. efbs Grupo Educativo and CESUGA

A madeira estrutural require de produtos complexos, e isto supón falar de novas fábricas, de bosques sostibles, de operarios cualificados e de novas técnicas construtivas, que teñen que ser estudadas nas escolas de arquitectura. Dado que estes produtos son necesarios para mitigar a pegada de carbono da construción, responsable do 40 % das emisións mundiais, tocaba facer dúas cousas: ou esperar a que todos eses elementos proveñan dos países nórdicos e nos conquisten, ou activar Galicia para que poida liderar o sector en España.

Dende a Xunta trabállase polo primeiro. Empezando por incorporar por imperativo legal un mínimo de madeira construtiva na obra civil autonómica. A demanda pública creará un sector de futuro e sostible. Dende XERA, a Axencia Galega da Industria Forestal, apóstase ademais por actividades formativas que impulsen o coñecemento da industria forestal e da arquitectura en madeira. Se somos capaces de avanzar nestas liñas, seremos líderes mundiais.

En todo iso estase a traballar e agora toca contalo, alzar a voz e terminar co silencio.

La madera estructural requiere de productos complejos, y esto supone hablar de nuevas fábricas, de bosques sostenibles, de operarios cualificados y de nuevas técnicas constructivas, que han de ser estudiadas en las escuelas de arquitectura. Dado que estos productos son necesarios para mitigar la huella de carbono de la construcción, responsable del 40 % de las emisiones mundiales, tocaba hacer dos cosas: o esperar a que todos esos elementos provengan de los países nórdicos y nos conquisten, o activar Galicia para que pueda liderar el sector en España.

Desde la Xunta se trabaja por lo primero. Empezando por incorporar por imperativo legal un mínimo de madera constructiva en la obra civil autonómica. La demanda pública creará un sector de futuro y sostenible. Desde XERA, la Axencia Galega da Industria Forestal, se apuesta además por actividades formativas que impulsen el conocimiento de la industria forestal y de la arquitectura en madera. Si somos capaces de avanzar en estas líneas, seremos líderes mundiales.

En todo ello se está trabajando y ahora toca contarlo, alzar la voz y terminar con el silencio.

Structural timber requires complex products, and this means talking about new factories, sustainable forests, skilled workers and new construction techniques, which have to be studied in architecture schools. Given that these products are necessary to mitigate the carbon footprint of construction, responsible for 40% of global emissions, there were two things to do: either wait for all these elements to come from the Nordic countries and conquer us, or activate Galicia so that it can lead the sector in Spain.

The Xunta is working for the former. Starting with incorporating by legal imperative a minimum of constructive wood in the autonomous civil work. The public demand will create a future and sustainable sector. XERA, the Axencia Galega da Industria Forestal, is also committed to training activities that promote knowledge of the forestry industry and wood architecture. If we are able to advance along these lines, we will be world leaders.

We are working on all this and now it is time to tell the story, raise our voices and put an end to the silence.

Troncos © Obradoiro

Troncos © Taller

Logs © Workshop



Limiar

Prefacio

Prologue

Silvia Blanco Agüeira (PhD.)

Directora do Grao de Arquitectura en CESUGA | Directora del Grado de Arquitectura en CESUGA | Director of the Degree in Architecture at CESUGA

Esta colección é froito do rexistro gráfico e documental de catro actividades formativas non reguladas desenvolvidas no Grao de Arquitectura de Cesuga durante o ano 2023.

Son catro actividades cofinanciadas pola XERA, Axencia Galega da Industria Forestal, que teñen como obxectivo mellorar coñecementos sobre o tema de construción con este material biolóxico de orixe vexetal.

Cada unha delas xerou a súa propia publicación que funciona como material divulgativo, con contidos inéditos e valiosos para todos os interesados na arquitectura da madeira.

A través destes obradoiros xerouse un espazo de encontro que permitiu establecer sinerxías entre as distintas organizacións que integran o sistema emprendedor e empresarial galego, transmitindo a necesidade de emprender e xestionar con triplo impacto.

Vincúlase así os sectores privado, público e académico para ubicar a Galicia como referente nacional da construción sostible.

La presente colección es el resultado del registro gráfico y documental de cuatro actividades formativas no reguladas desarrolladas en el Grado de Arquitectura de Cesuga durante el año 2023.

Son cuatro actividades cofinanciadas por XERA, Axencia Galega da Industria Forestal, que pretenden mejorar el conocimiento en materia de construción con este material biolóxico de origen vegetal. Cada una de ellas ha generado su propia publicación que funciona como material divulgativo, con contenido inédito y valioso para todos aquellos interesados en la arquitectura con madera.

A través de estos talleres se ha generado un espacio de encuentro que ha permitido establecer sinergias entre las diferentes organizaciones que componen el sistema emprendedor y empresario gallego, transmitiendo la necesidad de emprender y gestionar con triple impacto.

Se vincula así al sector privado, el público y el académico para posicionar Galicia como referente nacional de la construción sostenible.

This collection is the result of the graphic and documentary record of four non-regulated training activities developed in the Cesuga Degree in Architecture during the year 2023.

They are four activities co-financed by XERA, Axencia Galega da Industria Forestal, which aim to improve knowledge on the subject of construction with this biological material of plant origin. Each of them has generated its own publication that works as informative material, with unreleased and valuable content for all those interested in wood architecture.

Through these workshops, a meeting space has been generated which has allowed synergies to be established among the different organizations that comprise the Galician entrepreneurial and business system, transmitting the need to undertake and manage with triple impact.

Thus, the private, public and academic sectors are linked to position Galicia as a national benchmark for sustainable construction.

Elementos © Obradoiro

Elementos © Taller

Elements © Workshop





Biografía - Quen, que, cando, onde, por que

Biografía - Quién, qué, cuándo, dónde, por qué

Biography - Who, what, when, where, why, where, why

Óscar Vázquez Rama

Proxectos rexenerativos con Desing Thinking | Proyectos regenerativos con Desing Thinking | Regenerative projects with Desing Thinking

Achegando un enfoque social-ambiental-sostible, para a creación de experiencias, espazos e obxectos que teñen en conta o impacto social e ambiental que xeran.

En lugar de simplemente minimizar o dano que causan, buscamos ter un impacto positivo nas persoas e a contorna. Buscamos realmente deixar os ecosistemas mellor do que nos los atopamos.

Co-creando produtos, servizos e experiencias que poñen ás persoas e o planeta no centro. Aplicando o valor do deseño como motor. Traballando con pancas de cambio nos sistemas buscando restaurar a saúde e a vitalidade da comunidade ecolóxica e humana.

Con materiais coa mínima pegada de carbono como é a madeira, ademais de apostar tamén por outros materiais naturais, reciclables ou reciclados. Sistemas desmontables e re-utilizables. Diseñando de modo que os materiais unha vez rematado o seu ciclo de vida se reutilicen, ou ben se reciclen «cara arriba», é dicir, que o seguinte uso teña máis valor que o actual. Cultivar a atención.

Aportando un enfoque social-ambiental-sostenible, para la creación de experiencias, espacios y objetos que tienen en cuenta el impacto social y medioambiental que generan.

En lugar de simplemente minimizar el daño que causan, buscamos tener un impacto positivo en las personas y el entorno. Buscamos realmente dejar los ecosistemas mejor de lo que nos los hemos encontrado.

Co-creando productos, servicios y experiencias que ponen a las personas y el planeta en el centro. Aplicando el valor del diseño como motor. Trabajando con palancas de cambio en los sistemas buscando restaurar la salud y la vitalidad de la comunidad ecológica y humana.

Con materiales con la mínima huella de carbono como es la madera, además de apostar también por otros materiales naturales, reciclables o reciclados. Sistemas desmontables y re-utilizables. Diseñando de modo que los materiales una vez terminado su ciclo de vida se reutilicen, o bien se reciclen «hacia arriba», es decir, que el siguiente uso tenga más valor que el actual. Cultivar la atención.



Podes probalos en Ecoloxistas en Acción Madrid ou no Moderno Concept Store Madrid, unha das tendas de referencia no que a deseño se refire. Diferentes deseñadores, obxectos, arte, cerámica, iluminación, sala de exposicións, eventos, presentacións, talleres, proxeccións, showrooms. Cultivar, mirar, escoitar, experimentar.

Nestes 25 anos de profesión participei en proxectos, publicacións, exposicións e premios de organizacións como Acumen Academy, Madrid Escucha — Medialab-Prado, Mares Madrid Recicla — Rede de madeiras recuperadas, Instituto Europeo de Deseño, Premios Laus-ADG-FAD, Revista EcoHabitar, Annuals, Best of European Design & Advertising, Exposición Centre de Cultura Contemporània de Barcelona (CCCB) Creuats. Cruzados. Crossed Lines. Novos territorios do deseño de vangarda, Premios Greenweekend Expedida por Enviroo, Premios EcoDiseño Expedida por Agència de Residus de Catalunya.

Inspirado na natureza, cun ecosistema circular, no cal non se contempla a produción de residuo. Cunha plantación demostrativa de castaños micorrizados con *Boletus edulis*. Con certificación ecolóxica, inoculado de Shiitake en tronco de carballo, apiario, charcas, fontes, cabalos que colaboran coa roza e abonado.

Puedes probarlos en Ecoloxistas en Acción Madrid o en El Moderno Concept Store Madrid, una de las tiendas de referencia en lo que a diseño se refiere. Diferentes diseñadores, objetos, arte, cerámica, iluminación, sala de exposiciones, eventos, presentaciones, talleres, proyecciones, showrooms. Cultivar, mirar, escuchar, experimentar.

En estos 25 años de profesión he participado en proyectos, publicaciones, exposiciones y premios de organizaciones como Acumen Academy, Madrid Escucha — Medialab-Prado, Mares Madrid Recicla — Red de maderas recuperadas, Instituto Europeo de Diseño, Premios Laus-ADG-FAD, Revista EcoHabitar, Annuals, Best of European Design & Advertising, Exposición Centre de Cultura Contemporània de Barcelona (CCCB) Creuats. Cruzados. Crossed Lines. Nuevos territorios del diseño de vanguardia, Premios Greenweekend Expedida por Enviroo, Premios EcoDiseño Expedida por Agència de Residus de Catalunya.

Inspirado en la naturaleza, con un ecosistema circular, en la cual no se contempla la producción de residuo. Con una plantación demostrativa de castaños micorrizados con *Boletus edulis*. Con certificación ecológica, inoculado de *Shiitake* en tronco

You can try them in Ecoloxistas en Acción Madrid or in El Moderno Concept Store Madrid, one of the reference stores as far as design is concerned. Different designers, objects, art, ceramics, lighting, exhibition hall, events, presentations, workshops, projections, showrooms. Cultivate, look, listen, experiment.

In these 25 years of profession I have participated in projects, publications, exhibitions and awards from organizations such as Acumen Academy, Madrid Escucha — Medialab-Prado, Mares Madrid Recicla — Red de maderas recuperadas, European Institute of Design, Laus Awards-ADG-FAD, EcoHabitar Magazine, Annuals, Best of European Design & Advertising, Exhibition Centre de Cultura Contemporània de Barcelona (CCCB) Creuats. Crossed Lines. New territories of avant-garde design, Greenweekend Awards Issued by Enviroo, EcoDesign Awards Issued by Agència de Residus de Catalunya.

Inspired by nature, with a circular ecosystem, in which the production of waste is not contemplated. With a demonstrative plantation of chestnut trees mycorrhizated with *Boletus edulis*. With organic certification, *Shiitake* inoculated in oak trunks,



Actualmente somos unha illa de dúas hectáreas de castiñeiros, carballos, nogueiras, salgueiros, olmos, freixos, cerdeiras, abeleiras, acivros, loureiros, buxos, sabugueiros, espiños, maceiras, froitos vermellos, cítricos, teixos e unha ampla colección de herbas, musgos, fentos, toxos, moitos paxaros e aves, raposos e martas e toda a comunidade de organismos que interactúan e a súa contorna.

Un proxecto rexenerativo de aproveitamento integral do monte con fin divulgativa para co-crear, escoitar activamente, aprender en común e buscar formas de convivencia, xerando un fluxo de cambio durante o proceso.

Coa co-responsabilidade de atopar nós mesmo, os camiños para convivir dende a conexión coa experiencia, enriquecéndonos coa diferenza.

Para min non é satisfacer os desexos, é ser o que son e obrar en consecuencia. Creo que a convivencia mellora na medida en que a capacidade individual de pensar e de actuar é maior.

de roble, apiario, charcas, fontes, caballos que colaboran con el desbroce y abonado. Actualmente somos una isla de dos hectáreas de castaños, robles, nogales, sauces, olmos, fresnos, cerezos, avellanos, acebos, laureles, bojés, saúcos, espinos, manzanos, frutos rojos, cítricos, tejos y una amplia colección de hierbas, musgos, helechos, tojos, muchos pájaros y aves, zorros y martas y toda la comunidad de organismos que interactúan y su entorno.

Un proyecto regenerativo de aprovechamiento integral del monte con fin divulgativo para co-crear, escuchar activamente, aprender en común y buscar formas de convivencia, generando un flujo de cambio durante el proceso.

Con la co-responsabilidad de encontrar nosotros mismos, los caminos para convivir desde la conexión con la experiencia, enriqueciéndonos con la diferencia.

Para mi no es satisfacer los deseos, es ser lo que soy y obrar en consecuencia. Creo que la convivencia mejora en la medida en que la capacidad individual de pensar y de actuar es mayor.

apiary, ponds, fountains, horses that collaborate with the clearing and fertilizing. Currently we are an island of two hectares of chestnut, oak, walnut, willow, elm, ash, cherry, hazel, holly, laurel, boxwood, elder, hawthorn, apple, red fruits, citrus, yew and a large collection of herbs, mosses, ferns, gorse, many birds, foxes and martens and the whole community of organisms that interact with their environment.

A regenerative project of integral use of the forest with an informative purpose to co-create, actively listen, learn in common and look for ways of coexistence, generating a flow of change during the process.

With the co-responsibility of finding ourselves, the ways to coexist from the connection with the experience, enriching ourselves with the difference.

For me it is not about satisfying desires, it is about being what I am and acting accordingly. I believe that coexistence improves to the extent that the individual capacity to think and act is greater.



Mesa de oliveira © Óscar Vázquez Rama
Mesa de olivo © Óscar Vázquez Rama
Olive table © Óscar Vázquez Rama



Oliveira © Óscar Vázquez Rama
Olivo © Óscar Vázquez Rama
Olive © Óscar Vázquez Rama



Ensamblés © Óscar Vázquez Rama
Ensamblés © Óscar Vázquez Rama
Joins © Óscar Vázquez Rama



24 | 192

Taburete © Óscar Vázquez Rama
Taburete © Óscar Vázquez Rama
Stool © Óscar Vázquez Rama



25 | 192









Unha viaxe dende Annweiler a Feáns

Un viaje desde Annweiler a Feáns

A journey from Annweiler to Feáns

VV.AA

Asistentes | Participantes | Participants

O Pavillón Castanea Sativa, deseñado polo Dr. Christopher Robeller, profesor da Universidade de Ciencias Aplicadas de Augsburg, é unha estrutura experimental construída íntegramente con madeira de castiñeiro doce.

Esta proba de deseño e construción representa un emocionante desafío, xa que a madeira de castiñeiro, a pesar da súa resistencia á sequía e ao calor, presenta peculiaridades que a fan desafiante como material de construción.

O pabellón, completado en decembro de 2021, atópase no "Camiño do Castiñeiro" preto de Annweiler, Alemaña. É un testemuño da innovación e da exploración no mundo da arquitectura e da madeira.

O carpinteiro Óscar Vázquez Rama, inspirado pola concepción estrutural do Pavillón Castanea Sativa, propuxo un emocionante taller que levou aos participantes nunha viaxe creativa.

Partindo da idea de empregar xuntas con espiga entre vigas de madeira, este ofrecía unha oportunidade única para explorar a versatilidade e a beleza da madeira como material de construción.

El Pabellón Castanea Sativa, diseñado por el Dr. Christopher Robelle, profesor de la Universidad de Ciencias Aplicadas de Augsburg, es una estructura experimental construida íntegramente con madera de castaño dulce.

Esta hazaña de diseño y construcción representa un emocionante desafío, ya que la madera de castaño, si bien es resistente a la sequía y al calor, presenta peculiaridades que la hacen desafiante como material de construcción.

El pabellón, completado en diciembre de 2021, se encuentra en el "Chestnut Hiking Trail", cerca de Annweiler, Alemania. Es un testimonio de la innovación y la exploración en el mundo de la arquitectura y la madera.

El carpintero Óscar Vázquez Rama, inspirado por la concepción estructural del Pabellón Castanea Sativa, propuso un emocionante taller que llevó a los participantes en un viaje creativo.

Partiendo de la idea de emplear uniones con cola de milano entre vigas de madera, el taller ofreció una oportunidad única para explorar la versatilidad y la belleza de la madera como material de construcción.

The Castanea Sativa Pavilion, designed by Professor PhD. Christopher Robeller of Augsburg University of Applied Sciences, is an experimental structure constructed entirely from sweet chestnut wood.

This feat of design and construction represents an exciting challenge, as sweet chestnut wood, while resistant to drought and heat, possesses peculiarities that make it challenging as a building material.

The pavilion, completed in December 2021, is located on the "Chestnut Hiking Trail" near Annweiler, Germany. It stands as a testament to innovation and exploration in the world of architecture and wood.

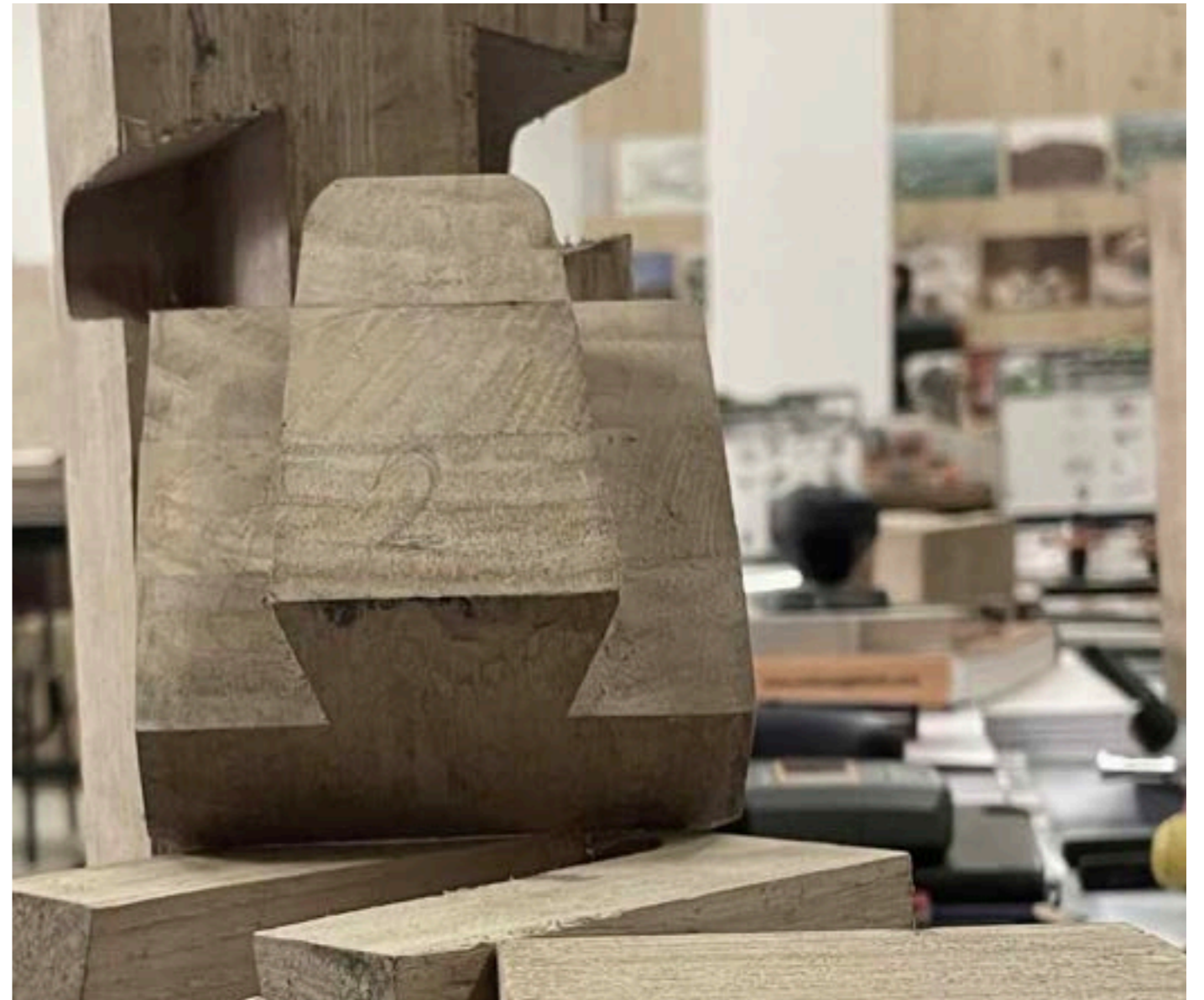
Inspired by the structural concept of the Castanea Sativa Pavilion, carpenter Óscar Vázquez Rama proposed an exciting workshop that took participants on a journey.

Starting with the idea of using dovetail joints between wooden beams, the workshop offered a unique opportunity to explore the versatility and beauty of wood as a building material.

Elementos © Obradoiro

Elementos © Taller

Elements © Workshop



Neste taller, os participantes non só aprenderon sobre a técnica das xuntas con espiga, senón que tamén tiveron a oportunidade de aplicar os seus coñecementos e habilidades nun proxecto práctico.

Cada participante comezaba cun deseño previo, que posteriormente se elaboraba a través do corte mecanizado.

Isto permitía aos asistentes transformar as súas ideas en pezas de madeira reais, creando estruturas con xuntas precisas e duradeiras.

A iniciativa de Óscar Vázquez Rama foi unha oportunidade para levar a arquitectura e o deseño de madeira fóra do papel e cara á realidade tanxible.

Os participantes experimentaron de primeira man o proceso de concibir unha idea, deseñala e darlle vida a través do uso da madeira e a precisión das xuntas con espiga.

Este taller non só fomentou a creatividade, senón que tamén resaltou a importancia de comprender a estrutura e a artesanía tras as creacións arquitectónicas.

O Pabellón Castanea Sativa e o taller de xuntas con espiga serviron como

En este taller, los participantes no solo aprendieron sobre la técnica de las uniones con cola de milano, sino que también tuvieron la oportunidad de aplicar sus conocimientos y habilidades en un proyecto práctico.

Cada participante comenzó con un diseño previo, que posteriormente se elaboró a través del corte mecanizado.

Esto permitió a los asistentes transformar sus ideas en piezas de madera reales, creando estructuras con uniones precisas y duraderas.

La iniciativa de Óscar Vázquez Rama fue una oportunidad para llevar la arquitectura y el diseño de madera fuera del papel y hacia la realidad tangible.

Los participantes experimentaron de primera mano el proceso de concebir una idea, diseñarla y dar vida a través del uso de la madera y la precisión de las uniones con cola de milano.

Este taller no solo fomentó la creatividad, sino que también resaltó la importancia de comprender la estructura y la artesanía detrás de las creaciones arquitectónicas.

El Pabellón Castanea Sativa y el taller de uniones con cola de milano sirvieron como ejemplos de cómo la

In this workshop, participants not only learned about the technique of dovetail joints but also had the chance to apply their knowledge and skills to a practical project.

Each participant began with a preliminary design, which was then crafted through mechanized cutting. This allowed attendees to transform their ideas into real wooden pieces, creating structures with precise and durable joints.

Óscar Vázquez Rama's initiative provided an opportunity to bring architecture and wood design out of the realm of theory and into tangible reality.

Participants experienced firsthand the process of conceiving an idea, designing it, and bringing it to life through the use of wood and the precision of dovetail joints.

This workshop not only nurtured creativity but also underscored the importance of understanding the structure and craftsmanship behind architectural creations.

The Castanea Sativa Pavilion and the dovetail joint workshop served as examples of how wood, with its natural beauty and unique characteristics, continues to be an



exemplos de como a madeira, coa súa beleza natural e as súas características únicas, continúa sendo un material inspirador e versátil na arquitectura moderna.

Estas experiencias demostran que a madeira non só é unha elección sostible e resistente, senón que tamén desafia aos deseñadores e carpinteiros a explorar novas posibilidades e levar a creatividade máis aló dos límites convencionais

madera, con su belleza natural y sus características únicas, continúa siendo un material inspirador y versátil en la arquitectura moderna.

Estas experiencias demuestran que la madera no solo es una elección sostenible y resistente, sino que también desafia a los diseñadores y carpinteros a explorar nuevas posibilidades y a llevar la creatividad más allá de los límites convencionales.

inspiring and versatile material in modern architecture.

These experiences demonstrate that wood is not only a sustainable and robust choice but also challenges designers and carpenters to explore new possibilities and push the boundaries of creativity.





Ensamblaxes

Ensamblés
Assemblies

Cristina Ouzande & Cristina Ezcurra

Arquitectas, fundadoras de Ouzande e Ezcurra | Arquitectas, fundadoras de Ouzande e Ezcurra | Architects, founders of Ouzande e Ezcurra

Que é unha ensamblaxe?

Unha ensamblaxe é o traballo da estereotomía da madeira. O termo estereotomía resulta da suma das palabras gregas *stereos* —sólido— e *temno* —corte—. Aínda que esta palabra adoita empregarse en relación coa pedra, parece oportuno empregala tamén referida á madeira, falaríamos do deseño e da colocación de pezas en sistemas construtivos de madeira. É dicir, que dende a xeometría é posible conseguir que as estruturas transmitan as forzas do xeito en que nos interese. Dende a forma poderemos resolver dende pequenas pezas de mobiliario ata edificios.

Estereotomía tamén fai referencia ao traballo de desbastar a madeira, despezala e preparala para o seu emprazamento preciso naquilo que se está a construír. A traballabilidade da madeira permite realizar unións nas que empregando cortes se garante a transmisión dos esforzos e a unión dos seus enlaces estruturais mantendo o contacto directo entre pezas.

En función da colocación das diferentes pezas atoparemos distintos tipos de ensamblaxes.

¿Qué es un ensamble?

Un ensamble es un trabajo de la estereotomía de la madera. El término estereotomía resulta de la combinación de las palabras griegas *stereos* —sólido— y *temno* —cortado—. Aunque esta palabra se suele utilizar en relación a la piedra, parece adecuado utilizarla también refiriéndose a la madera, hablaríamos del diseño y colocación de piezas en sistemas constructivos de madera. Es decir, desde la geometría es posible conseguir que las estructuras transmitan las fuerzas de la forma que nos interese. Desde la forma podemos resolver desde pequeños muebles hasta edificios.

La estereotomía alude también al trabajo de desbastar la madera, cortarla y prepararla para su ubicación precisa en aquello que se está construyendo. La trabajabilidad de la madera permite realizar uniones en las que, mediante cortes, se garantiza la transmisión de esfuerzos y la unión de sus vínculos estructurales, manteniendo el contacto directo entre piezas.

Dependiendo de la colocación de las diferentes piezas encontraremos diferentes tipos de ensambles.

What is an assembly?

An assembly is a work of stereotomy of wood. The term stereotomy results from the combination of the Greek words *stereos* —solid— and *temno* —cut—. Although this word is usually used in relation to stone, it seems appropriate to also use it referring to wood, we would talk about the design and placement of pieces in wooden construction systems. That is, from geometry it is possible to ensure that structures transmit forces in the way that interests us. From the shape we can resolve everything from small furniture to buildings.

Stereotomy also refers to the work of roughing out the wood, cutting it and preparing it for its precise location in what is being built. The workability of wood allows for joints in which, through cuts, the transmission of forces and the union of its structural links are guaranteed, maintaining direct contact between pieces. Depending on the placement of the different pieces we will find different types of assemblies. Knot assemblies join elements to form corners, intersections or meetings between pieces.



As ensambleaxes de nó unen elementos para conformar esquinas, cruzamentos ou encontros entre pezas.

Outra forma de unión, aínda que menos habitual nos ensambles estruturais, serían as ensambleaxes de empalme. Estas son ensambleaxes que unen pezas que se atopan no mesmo plano polas súas frontes.

As ensambleaxes de acoplamento teñen por obxecto aumentar a superficie das pezas de madeira. Isto pode realizarse de dúas maneiras: ben superpoñendo uns elementos sobre outros e aumentar así o canto total —como podería ser o caso do encolado de vigas laminadas— ou ben xustapoñendo os elementos para aumentar a superficie de táboa —o máis coñecido desta clase sería o acantilado—.

Neste taller ímonos centrar nas ensambleaxes de nó xa que adoitan ser os máis habituais no eido das estruturas. Como se pode intuír as unións estruturais son moitas e moi específicas dependendo das tensións ás que están sometidas as diferentes pezas. É importante comprender a xeometría da unión, a forma de traballar de cada peza, a súa posición e o traballo das súas fibras para poder elixir o ensambleaxes máis axeitado ao uso que se lle vai a dar.

Los ensambles de nudo unen elementos para formar esquinas, intersecciones o encontros entre piezas.

Otra técnica para unir piezas de madera, aunque menos habitual en los ensambles estruturales, serían los ensambles de empalme. Estos son ensambles que unen piezas que se encuentran en el mismo plano por sus cabezas.

Los ensambles de acoplamiento tienen por objetivo aumentar la superficie de las piezas de madera. Esto se puede hacer de dos maneras: o bien superponiendo unos elementos sobre otros y aumentando así el canto total —como podría ser el caso del encolado de vigas laminadas—, o bien yuxtaponiendo los elementos para aumentar la superficie del tablero: el más conocido de esta clase sería el machihembrado.

En este taller nos centraremos en los ensambles de nudo, ya que suelen ser los más habituales en el campo de las estructuras.

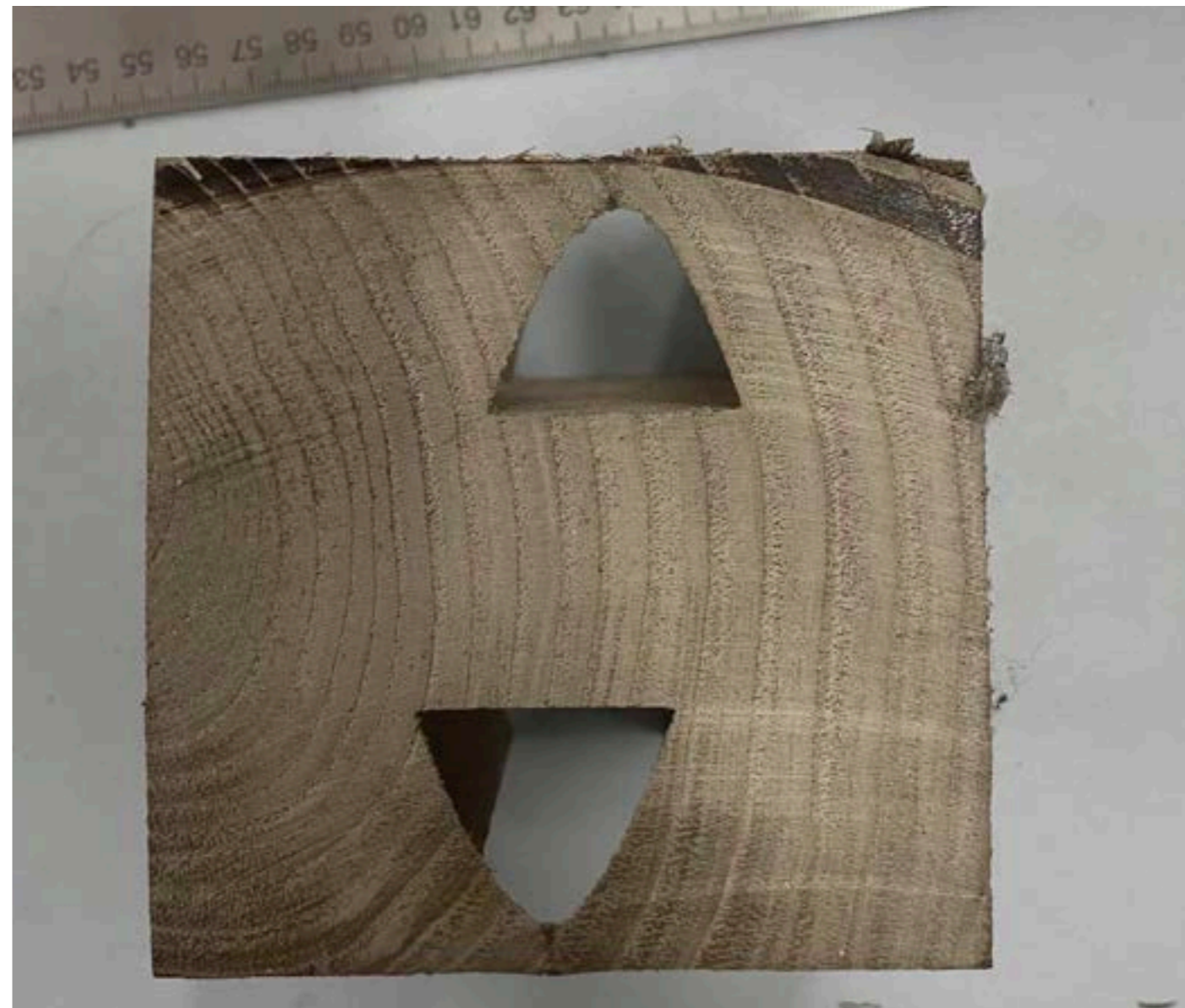
Como se puede intuír, las uniones estruturales son muchas y muy específicas, en función de los esfuerzos a los que están sometidas las distintas piezas. Es importante entender la geometría de la unión, el funcionamiento de cada pieza, su

Another technique for joining pieces of wood, although less common in structural assemblies, would be splicing assemblies. These are assemblies that join pieces that are in the same plane by their heads.

The objective of coupling assemblies is to increase the surface area of the wooden pieces. This can be done in two ways: either by superimposing some elements on top of others and thus increasing the total depth —as could be the case of gluing laminated beams— or by juxtaposing the elements to increase the surface of the board: the best known of This class would be the tongue and groove joint.

In this workshop we will focus on knot assemblies, since they are usually the most common in the field of structures.

As you can imagine, the structural joints are many and very specific, depending on the stresses to which the different pieces are subjected. It is important to understand the geometry of the joint, the functioning of each piece, its position and the work of its fibers in order to choose the most appropriate assembly for the use that will be given to it. To this end, Fernando Cassinello Pérez establishes in his publications



Para iso Fernando Cassinello Pérez nas súas publicacións establece oito leis fundamentais da estereotomía da madeira que deberán cumprir as ensamblaxes:

1. As unións deberán garantir a indeformabilidade do conxunto da estrutura.
2. Os eixos das pezas deben coincidir nun único punto para deste xeito evitar esforzos secundarios.
3. Os planos de transmisión de esforzos deberán ser perpendiculares ás forzas para evitar esforzos tanxenciais nos devanditos planos.
4. A unión deberá ter o carácter estrutural previsto, é dicir, libre apoio, articulación ou empotramento; e deberá ser capaz de resistir as forzas de compresión, tracción ou cortante que actúan sobre a unión.
5. As pezas someteranse ás forzas axiais de acción ou compresión na dirección das fibras.
6. No cálculo do nó aplicaranse os mesmos coeficientes de seguridade que na peza máis feble.
7. Os cortes que se realicen deberán afectar ao menor número de fibras posible.

posición y el trabajo de sus fibras para poder elegir el ensamble más adecuado al uso que se le dará.

Para ello, Fernando Cassinello Pérez establece en sus publicaciones ocho leyes fundamentales de la estereotomía de la madera que deben cumplir los ensambles:

1. Las juntas deberán garantizar la indeformabilidad de la estructura en su conjunto.
2. Los ejes de las piezas deben coincidir en un solo punto para de este modo evitar tensiones secundarias.
3. Los planos de transmisión de esfuerzos deben ser perpendiculares a las fuerzas para evitar esfuerzos tangenciales en dichos planos.
4. La unión deberá tener el carácter estructural pretendido, es decir, libre apoyo, articulación o empotramiento; y deberá ser capaz de resistir fuerzas de compresión, tracción o corte que actúan sobre la unión.
5. Las piezas estarán sometidas a las fuerzas axiales de acción o compresión en el sentido de las fibras.

eight fundamental laws of wood stereotomy that assemblies must comply with:

1. The joints must guarantee the non-deformability of the structure as a whole.
2. The axes of the pieces must coincide at a single point to avoid secondary stresses.
3. The stress transmission planes must be perpendicular to the forces to avoid tangential forces in said planes.
4. The union must have the intended structural character, that is, free support, articulation or embedment; and must be capable of resisting compression, tensile or shear forces acting on the joint.
5. The pieces will be subject to axial forces of action or compression in the direction of the fibers.
6. In the calculation of the knot, the same safety coefficients will be applied as in the weakest part.
7. The cuts made must affect the smallest number of fibers possible.
8. Simple knots will be preferred. Using too few knots will require



8. Preferiranse nós simples. O emprego de moi poucos nós requirirá de grandes pezas sometidas a gran tensión, en cambio moitos nós permiten pezas máis pequenas e menos estresadas.

Este último punto introdúcenos noutro tema importante a ter en conta. A execución manual das unións de carpintería é un traballo especializado e complexo, polo que será importante valorar a relación entre custos de man de obra e custos do material. Que é economicamente máis rendible? Facer máis montaxes, co tempo que precisan, ou investir máis no material, empregando pezas máis grandes?

Ao longo de toda a nosa carreira como arquitectas temos traballado con madeira. Levamos a cabo multitude de obras —algunhas das cales se presentan neste libro— realizando desde as intervencións máis básicas feitas na propia obra por un carpinteiro coa súa ferramenta manual, ata as máis complexas realizadas por control numérico e de forma totalmente tecnolóxica.

O que se está a producir na actualidade, coa aparición e extensión dos sistemas de control numérico, é un cambio de paradigma. Agora pode ser máis rendible realizar montaxes con pezas pequenas e moitos nós, algo que

6. En el cálculo del nudo se aplicarán los mismos coeficientes de seguridad que en la parte más débil.

7. Los cortes que se realicen deben afectar al menor número de fibras posible.

8. Se preferirán los nudos simples. El uso de muy pocos nudos requerirá piezas grandes sometidas a una gran tensión, pero muchos nudos permiten piezas más pequeñas y menos estresadas.

Este último punto nos introduce en otra cuestión importante a considerar. La ejecución manual de juntas de carpintería es un trabajo especializado y complejo, por lo que será importante valorar la relación entre los costes de mano de obra y los costes de material. ¿Qué es económicamente más rentable? ¿Hacer más montajes, con el tiempo que necesitan, o invertir más en el material, utilizando piezas de mayor tamaño?

A lo largo de toda nuestra carrera como arquitectas hemos trabajado con la madera. Levamos a cabo multitud de obras —algunas de los cuales se presentan en este libro—, realizando desde las intervenciones más básicas hechas en la propia obra por un carpintero con su herramienta manual, hasta las más complejas realizadas

large pieces under high stress, but many knots allow for smaller, less stressed pieces.

This last point introduces us to another important question to consider. The manual execution of carpentry joints is a specialized and complex job, so it will be important to assess the relationship between labor costs and material costs. What is economically more profitable? Making more assemblies, with the time they need, or investing more in the material, using larger pieces?

Throughout our entire career as architects, we have worked with wood. We carry out a multitude of works —some of which are presented in this book—, making out from the most basic interventions conducted out on the work itself by a carpenter with his manual tool, to the most complex ones carried out using numerical control and in a totally technological way.

What is happening today, with the appearance and extension of numerical control systems, is a paradigm shift. Now it may be more profitable to make assemblies with small pieces and many knots, something that previously would have been unfeasible because there was no capacity to generate so many



noutros tempos sería inviable pois non adoitaba haber capacidade para xerar tantos nós nun curto espazo de tempo. Sen embargo existen outro tipo de intervencións onde o idóneo será un traballo máis próximo á carpintería tradicional. Falamos por exemplo da rehabilitación do patrimonio construído, onde habitualmente se traballa in situ, con pouca posibilidade de tecnificación, aplicando solucións artesanais. É importante non só conservar o oficio, senón darlle o valor que se merece como parte do noso patrimonio inmaterial.

Deberemos buscar un equilibrio entre ambos mundos.

Durante os últimos anos comprobamos como nas estruturas de madeira, para a unión das diferentes pezas, foi diminuíndo o uso de xuntas de carpintería sendo substituídas polo emprego de ferraxes metálicas.

Este tipo de ferraxes, baseadas en chapas, pernos e parafusos, tamén se calculan para as diferentes tensións dos nós e son moi utilizados en lugar das unións tradicionais por dúas razóns principais: a falta de carpinteiros expertos capaces de executar as unións a man e o alto custo económico debido ao tempo necesario para elaboralos. Non obstante, na actualidade cremos que

mediante control numérico y de forma totalmente tecnológica. Lo que está sucediendo hoy, con la aparición y extensión de los sistemas de control numérico, es un cambio de paradigma. Ahora puede ser más rentable hacer montajes con piezas pequeñas y muchos nudos, algo que antes hubiera sido inviable porque no había capacidad para generar tantos nudos en tan poco tiempo. Sin embargo, existen otro tipo de intervenciones donde lo ideal será un trabajo más cercano a la carpintería tradicional. Hablamos, por ejemplo, de la rehabilitación del patrimonio construido, donde se suele trabajar in situ, con escasas posibilidades tecnológicas, aplicando soluciones artesanales. Es importante no sólo preservar la artesanía, sino darle el valor que merece como parte de nuestro patrimonio inmaterial.

Debemos encontrar un equilibrio entre ambos mundos.

Durante los últimos años hemos visto como en estructuras de madera, para la unión de las diferentes piezas, ha ido disminuyendo el uso de juntas de carpintería, siendo sustituidas por el uso de herrajes metálicos.

Los herrajes, a base de placas, pernos y tornillos, también se calculan para diferentes tensiones de nudos y se utilizan mucho en

knots in such a short time. However, there are other types of interventions where the ideal will be working closer to traditional carpentry. We are talking, for example, about the rehabilitation of built heritage, where work is usually done on site, with few technological possibilities, applying artisanal solutions. It is important not only to preserve craftsmanship, but to give it the value it deserves as part of our intangible heritage.

We must find a balance between both worlds.

In recent years we have seen how in wooden structures, to join the different pieces, the use of carpentry joints has been decreasing, being replaced by the use of metal fittings.

Hardware, based on plates, bolts and screws, is also calculated for different knot tensions and is widely used instead of traditional joints for two main reasons: the lack of qualified carpenters capable of executing the joints by hand and the high economic cost due to the time needed to prepare them. However, we currently believe that it is possible to recover the use of wood-wood joints in an efficient and profitable way. The use of numerical control tools allows you to reduce costs and obtain extremely precise assemblies.



é posible recuperar o uso das unións madeira-madeira de xeito eficiente e rendible. A utilización de ferramentas de control numérico permite reducir custos obtendo ademais montaxes de enorme precisión.

Por outra banda, hai que ter en conta o comportamento ao lume dos elementos estruturais. Nas estruturas de madeira, o tempo de resistencia á exposición ao lume calcúlase a partir da velocidade de carbonización, segundo o tipo de madeira e segundo as caras que teña expostas a peza.

As ferraxes poden ser unha solución cando esa estrutura está protexida do lume con placas de xeso ou outro revestimento protector quedando, polo tanto, oculta xa que as ferraxes expostas ao lume normalmente non cumpren o tempo de resistencia requirido.

As unións madeira-madeira son a mellor opción no caso de estruturas de madeira vista.

Os primeiros exemplos corresponden a intervencións en edificios tradicionais, rehabilitación de sistemas estruturais de madeira onde se trataba de conservar o maior número de pezas previo e saneado especialmente de cabezas e áreas afectadas por xilófagos.

lugar de las uniones tradicionales por dos razones principales: la falta de carpinteros cualificados capaces de ejecutar las uniones a mano y el elevado coste económico debido al tiempo necesario para prepararlos. Sin embargo, actualmente creemos que es posible recuperar el uso de las uniones madera-madera de una forma eficiente y rentable. El uso de herramientas de control numérico permite reducir costes y obtener montajes extremadamente precisos.

Por otro lado, hay que tener en cuenta el comportamiento al fuego de los elementos estructurales. En las estructuras de madera, el tiempo de resistencia a la exposición al fuego se calcula a partir de la velocidad de carbonización, según el tipo de madera y según las caras que tenga expuesta la pieza.

Los herrajes pueden ser una solución cuando dicha estructura está protegida del fuego con placas de yeso u otro revestimiento protector, quedando así ocultas ya que los herrajes expuestos al fuego no suelen cumplir el tiempo de resistencia requerido.

Las uniones madera con madera son la mejor opción en el caso de estructuras de madera vista. Los primeros ejemplos corresponden a intervenciones en edificios tradicionales, rehabilitación

On the other hand, the fire behavior of the structural elements must be taken into account. In wooden structures, the resistance time to fire exposure is calculated from the carbonization speed, depending on the type of wood and depending on the exposed faces of the piece.

Hardware can be a solution when said structure is protected from fire with plasterboard or other protective coating, thus remaining hidden since hardware exposed to fire does not usually meet the required resistance time.

Wood-to-wood joints are the best option in the case of exposed wood structures.

The first examples correspond to interventions in traditional buildings, rehabilitation of wooden structural systems where it was necessary to preserve the greatest number of pieces beforehand and clean up, especially the headboards and areas affected by xylophages.

The resulting structures after the interventions combine new wooden elements with existing ones so that the carpentry joints made in situ allow both to work together.

In the traditional house of As Pontes



As estruturas resultantes tras as intervencións combinan elementos de madeira nova con outros existentes de xeito que as unións carpinteiras feitas in situ permiten o traballo conxunto de ambos.

Na vivenda tradicional en As Pontes pódese apreciar a rehabilitación da cuberta conservando as tesoiras e algunhas correas da estrutura orixinal e como se substituíron con madeira de castiñeiro e carballo aquelas danadas.

Obsérvanse ensamblaxes típicas da construción tradicional como medias madeiras e as ensamblaxes de caixa e barbilla.

O seguinte exemplo trátase tamén dunha rehabilitación nunha vivenda proxectada polo arquitecto Antonio Tenreiro de 1959. As filtracións de auga e as necesidades de mellora enerxética fixeron necesaria a substitución do falso teito e do entaboadado de cuberta.

Igual que o exemplo anterior, recuperouse a estrutura principal de madeira de eucalipto e substituíronse os entaboados e pontóns. Neste caso pódense apreciar as unións carpinteiras típicas das tesoiras de tirante e pendolón con tornapuntas. Algunhas das unións son metálicas, pero maioritariamente tanto as existentes como as feitas na rehabilitación son

de sistemas estruturales de madeira donde se trataba de conservar el mayor número de piezas previo y saneado especialmente de cabeceras y zonas afectadas por xilófagos.

Las estructuras resultantes tras las intervenciones combinan elementos de madera nuevos con los existentes de modo que las juntas de carpintería realizadas in situ permiten que ambos trabajen juntos.

En la vivienda tradicional de As Pontes se puede apreciar la restauración del tejado, conservando las tijeras y algunos tirantes de la estructura original, y cómo se sustituyeron aquellas deterioradas por madera de castaño y roble.

Se observan los ensamblajes típicos de la construcción tradicional como medias vigas y ensamblajes de cajón y mentón.

El siguiente ejemplo se refiere también a la rehabilitación de una casa proyectada por el arquitecto Antonio Tenreiro en 1959. Las filtraciones de agua y la necesidad de mejora energética hicieron necesario sustituir el falso techo y el entablamento de la cubierta.

Al igual que en el ejemplo anterior, se recuperó la estructura principal de

you can see the restoration of the roof, preserving the scissors and some braces of the original structure, and how those deteriorated ones were replaced with chestnut and oak wood.

Typical assemblies of traditional construction such as half beams and box and chin assemblies are observed.

The following example also refers to the rehabilitation of a house designed by the architect Antonio Tenreiro in 1959. Water leaks and the need for energy improvement made it necessary to replace the false ceiling and the roof entablature.

As in the previous example, the main eucalyptus wood structure was recovered and the entablature and pontoons were replaced. In this case you can see the typical carpentry joints of brace and pendulum with braces. Some of the joints are metal, but mostly both the existing ones and those made in the rehabilitation are carpentry joints made of half wood.

The next work is a roof structure in Caión, a coastal town in A Coruña, where this manor is located.

The structure is made of laminated



uniões carpinteiras feitas a media madeira.

A seguinte obra trátase dunha estrutura de cuberta en Caión, unha localidade costeira da Coruña, onde se atopa este Pazo.

A estrutura é de madeira laminada de abeto. Mantivéronse todas as vigas que estaban en bo estado e o resto foron substituídas. Fixéronse caixas nas vigas para recibir aos pontóns mediante unha ensamblaxe a media madeira e así evitar un aumento na altura do forxado, limitada por cuestións patrimoniais.

Observamos unha zona onde as viguetas cargan de muro a muro. Neste caso os empuxes son mínimos e os muros moi grosos e con gran capacidade para absorbelos. O durminte ten a función de protexer as frontes e de repartir os esforzos puntuais que os pontóns van mandando ao muro. En realidade, é todo moi razoable.

Grazas á versatilidade da madeira como material, traballouse a cara superior das limas para poder recibir os cambios de plano, o que resulta nunhas uniões moi limpas.

Este outro proxecto trátase dunha pequena rehabilitación realizada nunha

madera de eucalipto y se sustituyeron el entablamento y los pontones. En este caso se pueden apreciar las típicas uniones de carpintería de tirante y pendolón con tornapuntas. Algunas de las juntas son metálicas, pero mayoritariamente tanto las existentes como las realizadas en la rehabilitación son juntas de carpintería realizadas a media madera.

La siguiente obra es una estructura de cubierta en Caión, una localidad costera de A Coruña, donde se ubica este pazo. La estructura es de madera laminada de abeto. Se mantuvieron todas las vigas que estaban en buen estado y se sustituyeron el resto. En las vigas se realizaron cajones para recibir los pontones mediante un entramado de madera y así evitar un aumento de altura de la losa, limitado por cuestiones patrimoniales.

Observamos una zona donde las viguetas cargan de pared a pared. En este caso, los empujes son mínimos y las paredes muy gruesas y con gran capacidad para absorberlos. La travesía tiene la función de proteger las cabezas y distribuir los esfuerzos específicos que los pontones envían al muro. En realidad, todo es muy razonable.

Gracias a la versatilidad de la madera como material, la cara superior de las

fir wood. All the beams that were in good condition were maintained and the rest were replaced. Boxes were made in the beams to receive the pontoons using a wooden framework and, thus, avoid an increase in the height of the slab, limited by heritage issues.

We observe an area where the joists load from wall to wall. In this case, the thrusts are minimal and the walls are very thick and have a great capacity to absorb them. The sleeper has the function of protecting the heads and distributing the specific forces that the pontoons send to the wall. Actually, everything is very reasonable.

Thanks to the versatility of wood as a material, the upper face of the files has been worked to receive plant changes, which results in very clean joints.

This other project is a small renovation carried out in a traditional house in the Sar neighborhood in Santiago de Compostela.

The structure is made of laminated eucalyptus that, despite having a very good performance and coming from the Galician mountains, is currently manufactured in very limited widths, which can affect the



Pazo dos Condes de Graxal, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande
Pazo de los Condes de Graxal, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande
Counts of Graxal Pazo, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande



Pazo dos Condes de Graxal, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande
Pazo de los Condes de Graxal, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande
Counts of Graxal Pazo, Caión, A Coruña © Ezcurre e Ouzande



vivenda tradicional no barrio de Sar en Santiago de Compostela.

A estrutura é de eucalipto laminado que malia ter un comportamento moi bo e proceder de montes galegos, actualmente fabricábase en anchos moi limitados o que pode condicionar á hora de deseñar as estruturas polo seu comportamento fronte ao lume no caso de querer deixar a madeira vista.

Neste caso, ao tratarse dunha vivenda unifamiliar optouse por utilizar este material en toda a estrutura e parte dos acabados. As cerchas van dende a fachada frontal ata a posterior, salvando toda a luz. E, á súa vez, na correa recollen un piso intermedio a través dunhas pezas colgantes. Tamén presenta ensamblaxes de media madeira, tanto as dos pontóns como as dos tirantes intermedios. Trátase dunha cercha asimétrica pois había que manter a volumetría orixinal ao tratarse dunha vivenda catalogada. Unicamente hai unha unión na que se introduce unha peza metálica no cumio. O uso desta peza evita solucións máis complexas do nó ou a duplicación do cumio, polo que se optou por simplificar a unión evitando debilitar ese punto.

A continuación presentamos a rehabilitación do Castelo de Monterrei para uso hoteleiro. Varias

limas ha sido trabajada para recibir los cambios de planta, lo que da como resultado uniones muy limpias.

Este otro proyecto es una pequeña reforma realizada en una casa tradicional del barrio del Sar en Santiago de Compostela. La estructura está realizada en eucalipto laminado que, a pesar de tener un muy buen comportamiento y proceder de la sierra gallega, actualmente se fabrica en anchos muy limitados, lo que puede condicionar a la hora de diseñar las estructuras por su comportamiento frente al fuego si se quiere. Deje la madera expuesta.

En este caso, al tratarse de una vivienda unifamiliar, se optó por utilizar este material en toda la estructura y parte de los acabados. Las cerchas van desde la fachada frontal hacia la posterior, salvando toda la luz. Y, a su vez, sobre la correa recogen un suelo intermedio a través de unas piezas colgantes. También cuenta con entramados de madera, tanto los de los pontones como los de los tirantes intermedios. Se trata de una cercha asimétrica porque hubo que mantener el volumen original al tratarse de una casa catalogada. Sólo existe una unión donde se inserta una pieza metálica en la parte superior. El uso de esta pieza evita soluciones más complejas del nudo o duplicación del vértice, por

design of the structures due to their behavior against fire if you want to leave the wood exposed.

In this case, since it is a single-family home, it was decided to use this material throughout the structure and part of the finishes. The trusses go from the front facade to the rear, saving all the light. And, in turn, on the belt they collect an intermediate floor through hanging pieces. It also has wooden frameworks, both those of the pontoons and those of the intermediate stays. It is an asymmetrical truss because the original volume had to be maintained as it is a listed house.

There is only one joint where a metal piece is inserted at the top. The use of this piece avoids more complex solutions of the knot or duplication of the vertex, so it was decided to simplify the union without weakening that point.

Next, we present the rehabilitation of Monterrey Castle for hotel use. Several of the buildings belonging to the fortress were rehabilitated to accommodate the installation of a Parador.

This is a very stressful use for a building, as high-end hotels have very high demands. It was a challenge



Vivenda en Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
Vivienda en Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
House in Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande



Vivenda en Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
Vivienda en Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
House in Sar, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande



das edificacións pertencentes á fortaleza rehabilitáronse para acoller a instalación dun Parador.

Este é un uso moi estresante para un edificio xa que os hoteis de alta gama teñen esixencias moi elevadas. Foi todo un reto dar resposta a estas esixencias sen comprometer a unha edificación de semellante relevancia histórica e patrimonial.

Na tradicional solaina intervimos de xeito case arqueolóxico: retiramos as pezas de madeira, limpámolas e volvémoslas a colocar no seu sitio, por iso vemos nas imaxes as pezas numeradas.

Na intervención da casa reitoral atopámonos con vigas de boa calidade que ben poderían ser recuperadas, pero que non tiñan escantillón suficiente para cumprir o cálculo da resistencia mínima fronte ao lume —hai que ter en conta que a esixencia no caso dun uso público é moi superior aos que vimos en usos residenciais—.

Atopámonos ante un dilema realmente habitual: traballar cunha estrutura máis esvelta, protexéndoa e polo tanto prescindindo do seu valor estético; ou ben deixala á vista aportando unhas dimensións capaces de soportar o tempo de exposición requirido.

lo que se optó por simplificar la unión evitando debilitar ese punto.

A continuación, presentamos la rehabilitación del Castillo de Monterrey para uso hotelero. Varios de los edificios pertenecientes a la fortaleza fueron rehabilitados para dar cabida a la instalación de un Parador. Este es un uso muy estresante para un edificio, ya que los hoteles de alta gama tienen exigencias muy altas. Era todo un reto dar respuesta a estas demandas sin comprometer un edificio de similar relevancia histórica y patrimonial.

En la tradicional solaina intervenimos de forma casi arqueológica: retiramos las piezas de madera, las limpiamos y las volvimos a colocar en su lugar, por eso vemos las piezas numeradas en las imágenes.

En la intervención de la rectoría encontramos vigas de buena calidad que bien podrían recuperarse, pero que no tenían escuadría suficiente para cumplir con el cálculo de la resistencia mínima frente al fuego —hay que tener en cuenta que el requisito en el caso de una el uso público es mucho mayor a los que hemos visto en usos residenciales—. Nos encontramos ante un dilema realmente habitual: trabajar con una estructura más esbelta, protegiéndola y por tanto prescindiendo de su valor estético; o

to respond to these demands without compromising a building of similar historical and heritage relevance. In the traditional balcony (*solaina*) we intervened in an almost archaeological way: we removed the wooden pieces, cleaned them and put them back in their place, which is why we see the numbered pieces in the images.

In the intervention of the rectory, we found good quality beams that could well be recovered, but that did not have sufficient square to comply with the calculation of the minimum resistance against fire - it must be taken into account that the requirement in the case of a public use is much greater than what we have seen in residential uses.

We are faced with a really common dilemma: working with a slenderer structure, protecting it and therefore ignoring its aesthetic value; or leave it visible, providing dimensions capable of withstanding the required exposure time.

In fact, those old beams we came across would probably work just fine, even better than laminated beams. These are aged and very dense woods—oak, chestnut...—, with greater resistance to fire than the pine of laminated beams and



En realidade, esas vigas antigas que nos atopamos posiblemente funcionasen moi ben, incluso mellor que as vigas laminadas. Trátase de madeiras envellecidas e moi densas —carballo, castiñeiro...—, con maior resistencia ao lume que o piñeiro das vigas laminadas e con moita historia que contar. Estas vigas antigas, en situación de lume, vanse carbonizar polo exterior, protexendo o interior e posiblemente aguantarían no seu sitio. Posiblemente, esa é a cuestión. Por desgraza o seu comportamento non se pode predicir e polo tanto non contan con garantías.

As vigas laminadas, en cambio, son froito dun proceso altamente tecnificado e posúen unha uniformidade tal que non só é posible predicir o seu comportamento senón que contan coa garantía do fabricante. Para solventar este dilema atoparémonos de novo —unha vez máis— buscando o equilibrio entre as dúas realidades da carpintería.

Preferimos empregar elementos como durmintes ou vigas pegadas ao muro para apoiar os forxados, en lugar de recibir as pezas directamente no muro, deste obtéñense unións moito máis limpas.

Elixíuse madeira de carballo laminado coas unións executadas por control

dejarlo a la vista, proporcionando unas dimensiones capaces de soportar el tiempo de exposición requerido.

De hecho, esas vigas viejas que nos encontramos probablemente funcionarían muy bien, incluso mejor que las vigas laminadas. Se trata de maderas envejecidas y muy densas —roble, castaño...—, con mayor resistencia al fuego que el pino de las vigas laminadas y con mucha historia que contar. Estas vigas antiguas, en caso de incendio, se carbonizarán por el exterior, protegiendo el interior y posiblemente aguantarán en su lugar. Posiblemente esa sea la cuestión. Lamentablemente, su comportamiento no se puede predicir y por tanto no cuenta con garantías.

Las vigas laminadas, en cambio, son el resultado de un proceso altamente tecnificado y tienen tal uniformidad que no sólo es posible predicir su comportamiento, sino que también cuentan con la garantía del fabricante. Para solucionar este dilema nos encontraremos de nuevo —una vez más— buscando un equilibrio entre las dos realidades de la carpintería. Preferimos utilizar elementos como traviesas o vigas adosadas a la pared para soportar los forxados, en lugar de recibir las piezas directamente sobre la pared, esto da como resultado juntas mucho más limpas.

with a lot of history to tell. These old beams, in the event of a fire, will char on the outside, protecting the interior and possibly holding in place. Possibly that is the question. Unfortunately, its behavior cannot be predicted and therefore has no guarantees.

Laminated beams, on the other hand, are the result of a highly technical process and have such uniformity that it is not only possible to predict their behavior, but they also have the manufacturer's guarantee. To solve this dilemma we will find ourselves again—once again—seeking a balance between the two realities of carpentry.

We prefer to use elements such as sleepers or beams attached to the wall to support the floors, instead of receiving the pieces directly on the wall, this results in much cleaner joints.

Laminated oak wood was chosen with the joints executed using numerical control, thus avoiding the use of visible hardware. For the staircase with a central eye, small pieces of glued wood were used, forming broken slabs assembled together using box and tenon joints. In the case of the canopies in the Vista Alegre neighborhood of Santiago



Reitoral, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Rectoral, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Rectory house, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande



Caixeado de vigas, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Cajeado de vigas, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Mortiser bit, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande



Escaleira, Castelo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Escalera, Castillo de Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande
Stairs, Castle of Monterrei, Ourense © Ezcurra e Ouzande



Escaleira, Castelo de Monterrei, Ourense © David de la Iglesia
Escalera, Castillo de Monterrei, Ourense © David de la Iglesia
Stairs, Castle of Monterrei, Ourense © David de la Iglesia



Marquesina, Barrio de Vista Alegre, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
Marquesina, Barrio de Vista Alegre, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande
Canopy, Barrio de Vista Alegre, Santiago de Compostela © Ezcurra e Ouzande



PAC A Laracha, A Coruña © Ezcurra e Ouzande
PAC A Laracha, A Coruña © Ezcurra e Ouzande
CCp A Laracha Health Center, A Coruña © Ezcurra e Ouzande



numérico, evitando deste xeito o uso de ferraxes vistos. Para a escaleira con ollo central usáronse pequenas pezas de madeira encolada formando lousas crebadas montadas entre si con encaixes de caixa e espigo.

No caso das marquesiñas do barrio de Vista Alegre en Santiago de Compostela o obxecto foi facer un elemento urbano que protexera da choiva recollendo auga puntualmente e evitara as salpicaduras polo borde. A forma é un paraboloido hiperbólico, superficie regulada executada con elementos de directriz recta. Estas pezas mecanizáronse no obradoiro mediante entalles a medias madeiras, transmitindo os esforzos a un pé central.

O último exemplo é o PAC de A Laracha, trátase dun edificio de estrutura de entramado lixeiro de madeira de conífera. As unións estruturais combinan solucións mediante ferraxes metálicos ocultos e unións mecanizadas en cola de milano realizadas por control numérico.

Buscouse un sistema prefabricado elaborado en taller e preciso que garantira unha rápida montaxe. As unións en cola de milano empregadas nos forxados permitiron a colocación e aparafusado dos taboleiros estruturais cun aproveitamento óptimo.

Se elixió madera laminada de roble con las uniones ejecutadas mediante control numérico, evitando así el uso de herrajes visibles. Para la escalera con ojo central se utilizaron pequeñas piezas de madera encolada formando losas quebradas ensambladas entre sí mediante uniones cajón y espiga. En el caso de las marquesinas del barrio de Vista Alegre de Santiago de Compostela, el objetivo era crear un elemento urbano que protegiera de la lluvia recogiendo el agua puntualmente y evitando salpicaduras en el borde. La forma es un paraboloido hiperbólico, superficie regulada ejecutada con elementos de líneas rectas. Estas piezas se mecanizaban en taller mediante entalladuras en entramados, transmitiendo los esfuerzos a un pie central.

El último ejemplo es el PAC de A Laracha, se trata de un edificio con estructura ligera de madera de conífera. Las uniones estructurales combinan soluciones mediante herrajes metálicos ocultos y uniones mecanizadas en cola de milano realizadas mediante control numérico. Se buscaba un sistema prefabricado desarrollado en taller y preciso que garantizara un montaje rápido. Las uniones en cola de milano utilizadas en los forjados permitieron la colocación y atornillado de los tableros estructurales con un aprovechamiento óptimo.

de Compostela, the objective was to create an urban element that protected from rain by collecting water promptly and avoiding splashes on the edge. The shape is a hyperbolic paraboloid, a regulated surface executed with elements of straight lines. These pieces were machined in the workshop using notches in frameworks, transmitting the forces to a central foot.

The last example is the CCP of A Laracha, it is a building with a light structure made of coniferous wood. The structural joints combine solutions using hidden metal fittings and machined dovetail joints made using numerical control.

They were looking for a precise, workshop-developed prefabricated system that would guarantee quick assembly. The dovetail joints used in the slabs allowed the placement and screwing of the structural panels with optimal use.



Introducción ás unións con cola de milano entre vigas de madeira

Introducción a uniones con cola de milano entre vigas de madera

Introduction to dovetail joints between wooden beams

Silvia Blanco Agüeira (PhD.)

Directora do Grao de Arquitectura en CESUGA | Directora del Grado de Arquitectura en CESUGA | Director of the Degree in Architecture at CESUGA

As ensamblaxes de cola de milano son unha técnica milenaria utilizada na carpintería e ebanistería para unir pezas de madeira con precisión e solidez.

A súa orixe remóntase á antiga China, onde se emprega na construción de mobles e edificacións. Esta técnica difundíuse ao longo da historia e converteuse nun estándar na carpintería de calidade en todo o mundo.

As vantaxes dos conxuntos de cola de milano radican na súa fortaleza estrutural.

Ao cortar as pezas de madeira créase unha conexión resistente que soporta cargas de xeito eficaz. Isto é esencial na construción de estruturas de madeira, xa que garante a estabilidade e a durabilidade ao longo do tempo.

Ademais da súa fortaleza, os conxuntos de cola de milano ofrecen unha aparencia estética e un axuste preciso. Isto é crucial na fabricación de estruturas e mobles de alta calidade, xa que proporciona unha unión perfectamente aliñada e unha aparencia limpa e elegante.

Los ensambles de cola de milano son una técnica milenaria utilizada en la carpintería y ebanistería para unir piezas de madera con precisión y solidez.

Su origen se remonta a la antigua China, donde se empleaba en la construcción de muebles y edificaciones. Esta técnica se difundió a lo largo de la historia y se convirtió en un estándar en la carpintería de calidad en todo el mundo.

Las ventajas de los ensambles de cola de milano radican en su fortaleza estructural.

Al cortar las piezas de madera se crea una conexión resistente que soporta cargas de manera eficaz. Esto es esencial en la construcción de estructuras de madera, ya que garantiza la estabilidad y la durabilidad a lo largo del tiempo.

Además de su fortaleza, los ensambles de cola de milano ofrecen una apariencia estética y un ajuste preciso. Esto es crucial en la fabricación de estructuras y muebles de alta calidad, ya que proporciona una unión alineada y una apariencia limpia y elegante.

Dovetail joints are an age-old technique used in carpentry and joinery to join wooden pieces with precision and solidity.

Its origin goes back to ancient China, where it was used in the construction of furniture and buildings. This technique has spread throughout history and has become a standard in quality carpentry throughout the world.

The advantages of dovetail assemblies lie in their structural strength.

By cutting the pieces of wood, a strong connection is created that supports loads effectively. This is essential in the construction of wooden structures, as it guarantees stability and durability over time.

In addition to their strength, dovetail assemblies offer an aesthetic appearance and precise fit. This is crucial in the manufacture of high-quality structures and furniture, as it provides a perfectly aligned joint and a clean and elegant appearance.

In short, dovetail assemblies, with

Ensamblaxes © Obradoiro

Ensamblajes © Taller

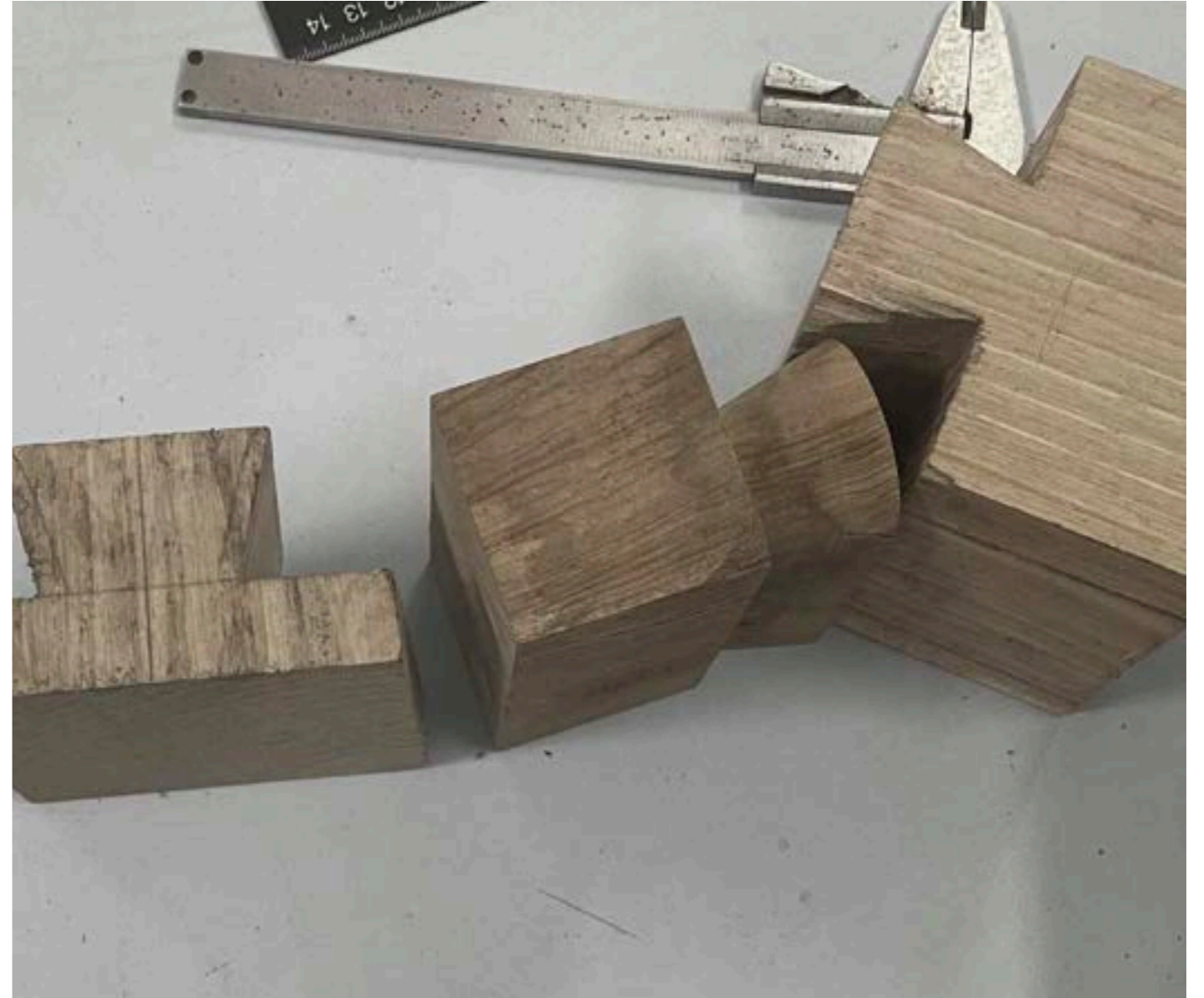
Assemblies © Workshop



En resumen, os conxuntos de cola de milano, coas súas raíces históricas e vantaxes estruturais, son unha técnica que permite un axuste preciso, algo especialmente útil na fabricación de pezas de pequena escala.

En resumen, los ensambles de cola de milano, con sus raíces históricas y ventajas estructurales, son una técnica que permite un ajuste preciso, algo especialmente útil en la fabricación de piezas de pequeña escala.

their historical roots and structural advantages, are a technique that allows for precise fit, something that is especially useful in the manufacture of small-scale parts.



Cuestións previas: as propiedades da madeira

Cuestiones previas: las propiedades de la madera

Previous questions: the properties of wood

M^a Azahara Soilán Cañás (PhD.)

Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia | Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galicia | F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia

A madeira é un material xerado polas árbores coa finalidade de desenvolver principalmente funcións de almacenamento de substancias nutritivas, conducción da savía e sostén. En base ás súas necesidades e empregando a enerxía do sol, os nutrientes da auga e o CO₂ que toma do aire, xera as células que definen os tecidos que conforman a súa anatomía.

A necesidade de sostén da árbore fai que o proceso de xeración da madeira implica a consecución de propiedades mecánicas para lograr dita función. Estas propiedades son aproveitables para usos estruturais en aplicacións construtivas. Debido á forma na que se xera, a madeira presenta unha estrutura moi heteroxénea e caracterizada pola súa anisotropía, de modo que todas as súas propiedades deben ir referidas á dirección considerada en base á disposición das fibras principais da súa composición.

A continuación, resúmese as principais características da madeira, fundamentais para a comprensión das súas aptitudes como material estrutural. En primeiro lugar, falaremos da anatomía da madeira. Habitualmente analízase en función do nivel de

La madera es un material generado por los árboles con la finalidad de desarrollar principalmente funciones de almacenamiento de sustancias nutritivas, conducción de la savía y sostén. En base a sus necesidades y empleando la energía del sol, los nutrientes del agua y el CO₂ que toma del aire, genera las células que definen los tejidos que conforman su anatomía.

La necesidad de sostén del árbol hace que el proceso de generación de la madera implique la consecución de propiedades mecánicas para lograr dicha función. Estas propiedades son aprovechables para usos estructurales en aplicaciones constructivas. Debido a la forma en la que se genera, la madera presenta una estructura muy heterogénea y caracterizada por su anisotropía, de modo que todas sus propiedades deben ir referidas a la disposición de las fibras principales de su composición.

A continuación, se resumen las principales características de la madera, fundamentales para la comprensión de sus aptitudes como material estructural. En primer lugar, hablaremos de la anatomía de la

Wood is a material generated by trees with the purpose of mainly developing functions of storage of nutritional substances, conduction of sap and support. Based on its needs and using energy from the sun, nutrients from water and the CO₂ it takes from the air, it generates the cells that define the tissues that make up its anatomy.

The tree's need for support means that the wood generation process involves the achievement of mechanical properties to achieve this function. These properties can be used for structural uses in construction applications. Due to the way in which it is generated, wood has a very heterogeneous structure and is characterized by its anisotropy, so that all its properties must be referred to the direction considered based on the arrangement of the main fibers of its composition.

The main characteristics of wood are summarized, below fundamental for understanding its abilities as a structural material. First of all, we will talk about the anatomy of wood. It is usually analyzed based on the level of magnification with which its

Unión © Obradoiro

Unión © Taller

Join © Workshop



aumentos co que sexa observada a súa estrutura. De este xeito, a estrutura visible a simple vista ou con lupa de 10 aumentos denomínase estrutura macroscópica, dende 10 a 2000 aumentos microscópicos e ao nivel que só é observable mediante técnicas específicas con aumentos superiores aos anteriores, denomínaselle ultramicroscópica.

Estrutura macroscópica

Para estudar a estrutura da madeira defínense tres planos:

- Transversal, perpendicular ao eixo do tronco.
- Radial, pasa polo eixo e unha radio do tronco.
- Tanxencial, paralela a un plano de corte tanxente ao tronco ou a un anel de crecemento.

A árbore xera a madeira mediante capas de tecido que se superpoñen unhas sobre outras en torno a un eixo vertical que crece alonxándose do chan, ao cal se ancla mediante o seu sistema radicular. Cada unha de estas capas é xerada anualmente pola árbore e no lugar dos denominados aneis de crecemento. Estes aneis son diferenciábeis en climas temperados con variación estacional, onde é posible distinguir entre a madeira denominada de verán e a madeira

madera. Habitualmente se analiza en función del nivel de aumentos con el que sea observada su estructura. De esta manera, la estructura visible a simple vista o con lupa de 10 aumentos se denomina estructura macroscópica, desde 10 a 2000 aumentos microscópica y al nivel que solo es observable mediante técnicas específicas con aumentos superiores a los anteriores, se le denomina ultramicroscópica.

Estructura macroscópica

Para estudiar la estructura de la madera se definen tres planos:

- Transversal, perpendicular al eje del tronco.
- Radial, pasa por el eje y un radio del tronco.
- Tangencial, paralela a un plano de corte tangente al tronco o a un anillo de crecimiento.

El árbol genera la madera mediante capas de tejido que se superponen unas sobre otras en torno a un eje vertical que crece alejándose del suelo, al cual se ancla mediante su sistema radicular. Cada una de estas capas es generada anualmente por el árbol y dan lugar a los denominados anillos de crecimiento. Estos anillos son diferenciábeis en climas templados con variación estacional, donde es

structure is observed. In this way, the structure visible to the naked eye or with a 10x magnifying glass is called macroscopic structure, from 10 to 2000x microscopic and the level that is only observable through specific techniques with magnifications higher than the previous ones is called ultramicroscopic.

Macroscopic structure

To study the structure of wood, three planes are defined:

- Transverse, perpendicular to the axis of the trunk.
- Radial, passes through the axis and a radius of the trunk.
- Tangential, parallel to a cutting plane tangent to the trunk or a growth ring.

The tree generates wood through layers of tissue that are superimposed on each other around a vertical axis that grows away from the ground, to which it is anchored by its root system. Each of these layers is generated annually by the tree and gives rise to the so-called growth rings. These rings are differentiable in temperate climates with seasonal variation, where it is possible to distinguish between so-called summer wood and spring



de primavera xeradas en condicións climáticas distintas e que, por elo, ven afectadas as súas propiedades físicas, sendo diferentes entre elas.

A capa de células encargadas de xerar novos tecidos chámase cambium, cuxa función é xerar madeira cara ao interior e cascar cara ao exterior.

Os radios leñosos están formados por células distribuídas en dirección radial, partindo da médula cara ao exterior do tronco, perpendiculares ao eixe lonxitudinal da árbore. Actúan como aglutinantes de células lonxitudinais e son responsables, en parte, das propiedades de contracción da madeira.

A médula é a parte central do tronco e define o eixe lonxitudinal da árbore. Ten unhas propiedades mecánicas máis baixas que o resto da madeira e adoita descartarse cando se utiliza o tronco.

A albura é a parte exterior do tronco e está formada pola madeira nova xerada nos últimos anos de crecemento da árbore. Caracterízase por preservar a función condutora nas súas células. Nalgúns casos é posible diferenciarlo do duramen pola súa cor xeralmente máis clara.

O duramen é a parte da madeira

posible distinguir entre la madera denominada de verano y la madera de primavera generadas en condiciones climáticas distintas y que, por ello, ven afectadas sus propiedades físicas, siendo diferentes entre ellas.

La capa de células encargadas de generar los nuevos tejidos se denomina cambium cuya función es generar la madera hacia el interior y la corteza hacia el exterior.

Los radios leñosos están constituidos por células distribuidas en la dirección radial, partiendo de la médula hacia el exterior del tronco, perpendicularmente al eje longitudinal del árbol. Actúan como ligantes de las células longitudinales y son responsables, en parte, de las propiedades de contracción de la madera.

La médula es la parte central del tronco y define el eje longitudinal del árbol. Tiene unas propiedades mecánicas inferiores al resto de la madera y se suele desechar en el aprovechamiento del tronco.

La albura es la parte exterior del tronco y está formada por la madera joven generada en los últimos años de crecimiento del árbol. Se caracteriza por conservar la función condutora en sus células. En algunos casos es posible diferenciarla de la madera de

wood generated in different climatic conditions and, therefore, their physical properties are affected, being different between them.

The layer of cells responsible for generating new tissues is called cambium, whose function is to generate wood towards the interior and bark towards the exterior.

The woody rays are made up of cells distributed in the radial direction, starting from the pith towards the outside of the trunk, perpendicular to the longitudinal axis of the tree. They act as binders of longitudinal cells and are responsible, in part, for the shrinkage properties of wood.

The pith is the central part of the trunk and defines the longitudinal axis of the tree. It has lower mechanical properties than the rest of the wood and is usually discarded when the trunk is used.

The sapwood is the outer part of the trunk and is formed by the young wood generated in the last years of the tree's growth. It is characterized by preserving the conductive function in its cells. In some cases, it is possible to differentiate it from heartwood due to its usually lighter color.



que rodea o núcleo, correspóndese coa madeira que sufriu o fenómeno denominado duraminización e que consiste na perda da capacidade condutora das células debido ao taponamento dos puntos de comunicación entre células denominados fosos. Este taponamento é o motivo polo que o duramen non é inexpugnable.

O proceso de duraminización supón o aumento de resinas e substancias con funcións antisépticas na madeira que lle confiren unha maior durabilidade fronte ao ataque de determinados patóxenos. Ademais, o duramen adoita ter mellores propiedades mecánicas que a albura e unha maior estabilidade dimensional.

Estrutura macroscópica da madeira de coníferas

A madeira xuvenil prodúcese nos primeiros anos de crecemento das árbores, entre os primeiros 5 e 20 aneis de crecemento. Principalmente debido a que a lonxitude das traqueidas é máis curta que na madeira madura e que a parede é máis fina. Presenta menor rixidez e resistencia e maior inchazo e encollemento na dirección lonxitudinal.

O duramen adoita incluír madeira xuvenil e, polo tanto, nas árbores novas de rápido crecemento pode ser que as

duramen por su color habitualmente más claro.

El duramen es la parte de la madera que rodea a la médula, corresponde a la madera que ha sufrido el fenómeno denominado duraminización y que consiste en la pérdida de la capacidad conductora de las células debido al taponamiento de los puntos de comunicación entre células denominados punteaduras. Este taponamiento es el causante de que la madera de duramen no sea impregnable.

El proceso de duraminización implica el incremento de resinas y sustancias con funciones antisépticas en la madera que le confieren una mayor durabilidad frente al ataque de determinados agentes patógenos. Además, la madera de duramen suele tener mejores propiedades mecánicas que la madera de albura y una mayor estabilidad dimensional.

Estructura macroscópica de la madera de coníferas

La madera juvenil es la producida en los primeros años de crecimiento del árbol, entre los 5 y 20 primeros anillos de crecimiento. Debido fundamentalmente a que la longitud de las traqueidas es menor que en la madera madura y a que la pared es

The heartwood is the part of the wood that surrounds the core, it corresponds to the wood that has undergone the phenomenon called duraminization and which consists of the loss of the conductive capacity of the cells due to the plugging of the communication points between cells called pits. This clogging is the reason why the heartwood is not impregnable.

The duraminization process involves the increase of resins and substances with antiseptic functions in the wood that give it greater durability against the attack of certain pathogens. In addition, heartwood usually has better mechanical properties than sapwood and greater dimensional stability.

Macroscopic structure of coniferous wood

Juvenile wood is produced in the first years of tree growth, between the first 5 and 20 growth rings. Mainly due to the fact that the length of the tracheid is shorter than in mature wood and that the wall is thinner. It presents less rigidity and resistance and greater swelling and shrinkage in the longitudinal direction.

Heartwood usually includes juvenile wood, and therefore in young trees



¹Fonte: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

¹Fuente: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

¹Source: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

propiedades do duramen sexan peores que as da albura. A madeira de reacción é xerada pola árbore como resposta ás tensións predominantes nunha dirección, debido ao crecemento en terreos en pendente ou en zonas con fortes ventos dominantes.

As coníferas xeran madeira de compresión con propiedades melloradas contra este estrés e as frondosas xeran madeira de tracción. As características da madeira de compresión provocan un maior inchazo e encollemento lonxitudinal, semellante ao da madeira xuvenil.

A madeira de compresión non ten as súas propiedades mecánicas reducidas, pero defórmasse máis durante o secado e tende a romperse de forma quebradiza.

Estrutura microscópica

As coníferas son especies con células pouco especializadas. O 90% delas son traqueidas con función de apoio e conduction. Estas fibras teñen forma fusiforme, teñen diámetros de 10-50 micras e unha lonxitude aproximada de 2 a 5 milímetros. Comunicanse mediante punteaduras, imprescindibles nos procesos de tratamento porque determinarán as posibilidades de inexpugnabilidade de cada especie. Estas fibras están

más delgada. Presenta menor rigidez y resistencia y mayor hinchazón y merma en la dirección longitudinal.

La madera de duramen suele incluir la madera juvenil, y por ello en árboles jóvenes con crecimiento rápido puede ser que las propiedades del duramen sean peores que las de la albura.

La madera de reacción es generada por el árbol como respuesta a solicitudes predominantes en una dirección, debido al crecimiento en terrenos con pendiente, o en zonas con vientos fuertes dominantes.

Las coníferas generan madera de compresión con propiedades mejoradas frente a esta solicitud y las frondosas generan madera de tracción. Las características de la madera de compresión provocan una mayor hinchazón y merma longitudinal, similar a la de la madera juvenil.

La madera de compresión no tiene mermadas sus propiedades mecánicas, pero se deforma más durante el secado y tiende a la rotura frágil.

Estructura microscópica

Las coníferas son especies con células poco especializadas. El 90% de ellas son traqueidas con función de sostén

with rapid growth it may be that the properties of the heartwood are worse than those of the sapwood.

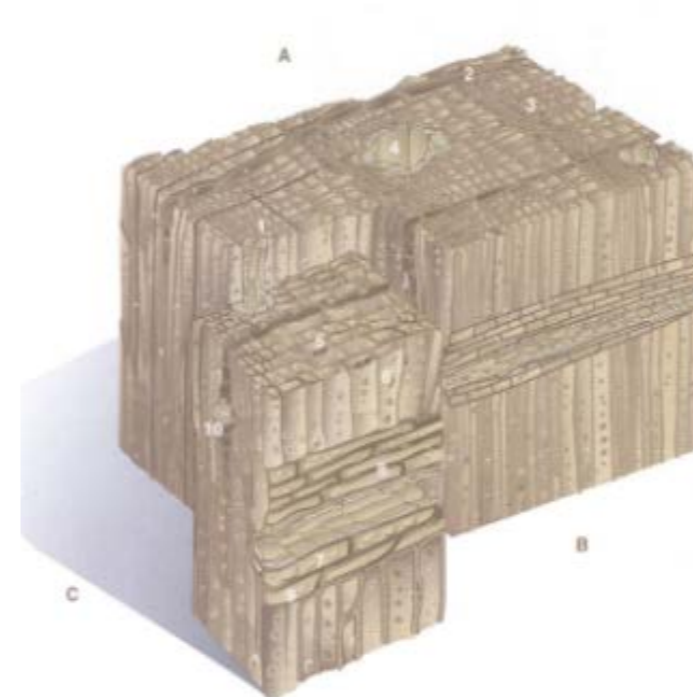
Reaction wood is generated by the tree in response to predominant stresses in one direction, due to growth on sloping terrain, or in areas with strong dominant winds.

Conifers generate compression wood with improved properties against this stress and hardwoods generate traction wood. The characteristics of compression wood cause greater swelling and longitudinal shrinkage, as juvenile wood.

Compression wood does not have its mechanical properties reduced, but it deforms more during drying and tends to break brittlely.

Microscopic structure

Conifers are species with poorly specialized cells. 90% of them are tracheids with a support and conduction function. These fibers have a fusiform shape, have diameters of 10-50 microns and an approximate length of 2 to 5 millimeters. They are communicated through markings, which are essential in the treatment processes because they will determine the impregnability possibilities of each



GARCÍA ESTEBAN, LUIS ET AL. LA MADERA Y SU ANATOMÍA: ANOMALÍAS Y DEFECTOS. MADRID: MUNDIPRENSA, 2003.

SECCIÓN A. TRANSVERSAL.

1. CANAL RESINÍFERO LONGITUDINAL
2. RADIOS LEÑOSOS
3. TRAQUEIDAS LONGITUDINALES
4. CÉLULAS EPITELIALES
5. SECCIÓN DE PUNTEADURA AREOLADA

SECCIÓN B. RADIAL.

6. PUNTEADURAS AEROLADAS
7. PUNTEADURAS TIPO VENTANA
8. TRAQUEIDAS RADIALES
9. CÉLULAS PARÉNQUIMA RADIAL

SECCIÓN C. TANGENCIAL.

10. CANAL RESINÍFERO.

¹Fonte: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

¹Fuente: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

¹Source: García Esteban, Luis et al. *La madera y su anatomía: anomalías y defectos*. Madrid: Mundiprensa, 2003.

dispostas nunha dirección lonxitudinal paralela ao eixe da árbore.

Ademais das fibras, existen as células do parénquima encargadas de almacenar as substancias de reserva e as células que forman os canles de resina.

A estrutura da madeira é máis complexa. A función estrutural é realizada por fibras libriformes e traqueidas. Caracterízanse pola presenza de vasos condutores formados por elementos individuais e que se poden distribuír en forma de anel, semidifusa ou difusa.

As fibras das traqueidas teñen paredes máis grosas e menos luz interior que as traqueidas das coníferas, e as diferenzas entre as fibras de verán e primavera son moito menos pronunciadas que nas coníferas. As células do parénquima tamén son máis abundantes e os radios leñosos son máis grandes.

Estrutura ultramicroscópica

A substancia básica que forma a parede celular é a celulosa, que se agrupa en unidades máis grandes chamadas fibrillas elementais, estas á súa vez agrúpanse formando microfibrillas. A celulosa está incrustada nunha matriz de hemicelulosa e lignina.

y conducción. Estas fibras tienen una forma fusiforme, tienen diámetros de 10-50 micras y una longitud aproximada de 2 a 5 milímetros. Se comunican a través de punteaduras, fundamentales en los procesos de tratamiento porque determinarán las posibilidades de impregnabilidad de cada especie. Estas fibras se disponen en dirección longitudinal de manera paralela al eje del árbol.

Además de las fibras, existen células de parénquima encargadas del almacenamiento de las sustancias de reserva y las células que forman los canales resiníferos.

La estructura de la madera de frondosas es más compleja. La función estructural la realizan fibras libriformes y traqueidas. Se caracterizan por la presencia de vasos conductores formados por elementos individuales y que pueden distribuirse en forma de anillo, semifusa o difusa.

Las fibras de las traqueidas tienen paredes de mayor espesor y menor luz interior que las traqueidas de las coníferas y las diferencias entre las fibras de verano y las de primavera son mucho menos acusadas que en las coníferas. También son más abundantes las células del parénquima y los radios leñosos son de mayor tamaño.

species. These fibers are arranged in a longitudinal direction parallel to the axis of the tree.

In addition to the fibers, there are parenchyma cells responsible for storing reserve substances and the cells that form the resin canals.

The structure of hardwood wood is more complex. The structural function is performed by libriform and tracheid fibers. They are characterized by the presence of conductive vessels formed by individual elements, and which can be distributed in a ring, semi-fuzzy or diffuse shape.

The fibers of the tracheids have thicker walls and less interior light than the conifers ones, and the differences between summer and spring fibers are much less pronounced than in conifers. The parenchyma cells are also more abundant, and the woody rays are larger.

Ultramicroscopic structure

The basic substance that forms the cell wall is cellulose, which is grouped into larger units called elementary fibrils, these in turn are grouped together forming microfibrils. The cellulose is embedded in a matrix



SECCIÓN A. TRANSVERSAL

1. VASO
2. PARÉNQUIMA LONGITUDINAL
3. RADIO LEÑOSO

SECCIÓN B. RADIAL

4. ELEMENTO VASAL
5. PARÉNQUIMA LONGITUDINAL
6. CÉLULAS ERECTAS
7. CÉLULAS PROCUMBENTES
8. RADIO LEÑOSO
9. FIBROTRAQUEIDAS

SECCIÓN C. TANGENCIAL

10. RADIO LEÑOSO
11. FIBROTRAQUEIDAS

GARCÍA ESTEBAN, LUIS ET AL. *LA MADERA Y SU ANATOMÍA: ANOMALÍAS Y DEFECTOS*. MADRID: MUNDIPRENSA, 2003.

¹Fonte: Martínez Rojas, Isaac y Viñote Peña, Santiago. *Tecnología de la madera*. Madrid: Mundiprensa, 2006.

¹Fuente: Martínez Rojas, Isaac y Viñote Peña, Santiago. *Tecnología de la madera*. Madrid: Mundiprensa, 2006.

¹Source: Martínez Rojas, Isaac y Viñote Peña, Santiago. *Tecnología de la madera*. Madrid: Mundiprensa, 2006.

Entre as células atópase a lamela media, composta principalmente por lignina e hemicelulosa, que actúa como elemento de cohesión entre as células para formar tecidos. A continuación está a parede primaria na que as microfibrillas están incrustadas aleatoriamente nun fondo de lignina.

A parede secundaria son microfibrillas incrustadas en pequenas proporcións de lignina onde se distinguen tres capas, diferenciadas pola orientación das microfibrillas e que son fundamentais no comportamento estrutural da madeira. Para que a capa intermedia teña capacidade para resistir a tracción e no caso de compresión resistiría coa colaboración das capas que a rodean, evitando o pandeo das fibras.

Estructura ultramicroscópica

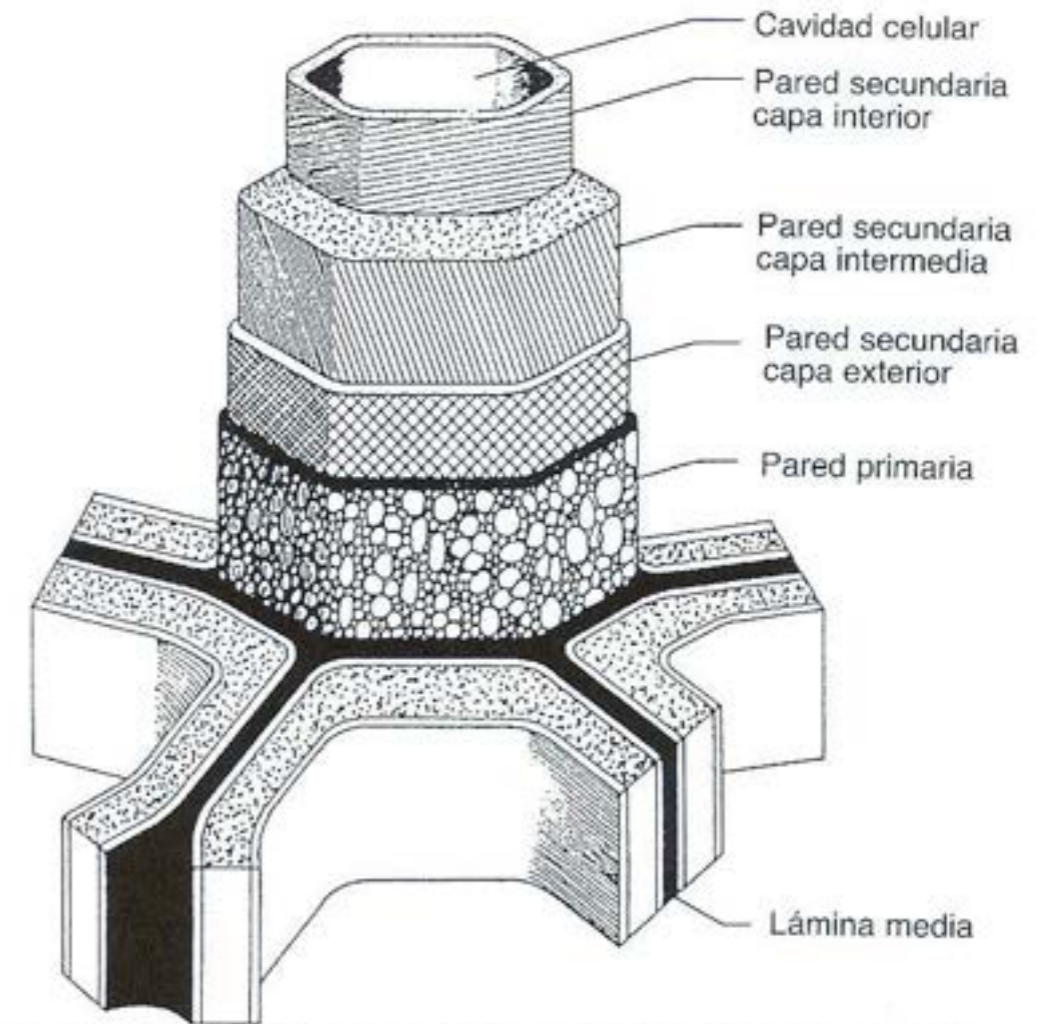
La sustancia básica que forma la pared de la célula es la celulosa que se agrupa en unidades mayores denominadas fibrillas elementales, éstas a su vez se agrupan formando las microfibrillas. La celulosa queda embebida en una matriz de hemicelulosa y lignina.

Entre las células se dispone la lámina media compuesta fundamentalmente por lignina y hemicelulosa y que actúa como elemento de cohesión entre células para formar tejidos. Después se encuentra la pared primaria en la cual las microfibrillas están incrustadas de forma aleatoria en un fondo de lignina.

La pared secundaria son microfibrillas incrustadas en pequeñas proporciones de lignina donde se distinguen tres capas diferenciadas por la orientación de las microfibrillas y que son fundamentales en el comportamiento estructural de la madera. De modo que la capa intermedia tiene capacidad para resistir la tracción y en el caso de la compresión resistiría con la colaboración de las capas que la rodean evitando el pandeo de las fibras.

of hemicellulose and lignin. Between the cells is the middle lamella, composed mainly of lignin and hemicellulose, which acts as a cohesive element between cells to form tissues. Next is the primary wall in which the microfibrils are randomly embedded in a lignin background. The secondary wall are microfibrils embedded in small proportions of lignin where three layers are distinguished, differentiated by the orientation of the microfibrils and which are fundamental in the structural behavior of the wood. So that the intermediate layer has the capacity to resist traction and in the case of compression it would resist with the collaboration of the layers that surround it, preventing the buckling of the fibers.

Estrutura submicroscópica das capas que conforman a parede das células¹
Estructura submicroscópica de las capas que conforman la pared de las células¹
Submicroscopic structure of the layers that make up the cell walls¹



MARTÍNEZ ROJAS, ISAAC Y VIÑOTE PEÑA, SANTIAGO. TECNOLOGÍA DE LA MADERA. MADRID: MUNDIPRENSA, 2006

As unións no CTE

Las uniones en el CTE

Wood Joints in CTE

M^a Azahara Soilán Cañás (PhD.)

Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia | Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galicia | F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia

O Código Técnico da Edificación (CTE) é o marco normativo que regula os requisitos básicos de calidade que deben cumprir os edificios para satisfacer os requisitos básicos de seguridade e habitabilidade.

Os requisitos refírense, entre outros requisitos básicos, á seguridade estrutural dos edificios. A madeira recoñécese como material de construción cando se introduce nun documento básico que marca as pautas a seguir na utilización do material. Dentro do documento adicado á madeira, hai un capítulo relacionado co tema das unións en estruturas de madeira. Neste apartado remítese ás consideracións contempladas no documento para tratar de mostrar cal é o panorama normativo actual en España en relación cos sindicatos.

O CTE inclúe no Documento Básico de Seguridade Estrutural - Madeira unha clasificación en función do elemento de unión utilizado. Para cada unha das clases refírese a determinados elementos entre os que se inclúen os procedementos de cálculo necesarios para o seu correcto dimensionamento, así como a determinadas recomendacións sobre

El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que regula las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad.

Las exigencias hacen referencia entre otros requisitos básicos al de seguridad estructural de los edificios. La madera es reconocida como material de construcción al ser introducida en un documento básico que marca las pautas a seguir en el empleo del material. Dentro del documento dedicado a la madera, hay un capítulo relativo al tema de uniones en las estructuras de madera. En este apartado se hace referencia a las consideraciones que contempla el documento para tratar de mostrar cuál es el panorama normativo existente en España actualmente en relación con las uniones.

El CTE recoge en el Documento Básico de Seguridad Estructural-Madera una clasificación en función del elemento de unión empleado. Para cada una de las clases hace referencia a determinados elementos incluyendo los procedimientos de cálculo necesarios para su correcto

The Technical Building Code (CTE) is the regulatory framework that regulates the basic quality requirements that buildings must meet to satisfy the basic requirements of safety and habitability.

The requirements refer, among other basic requirements, to the structural safety of buildings. Wood is recognized as a construction material when it is introduced in a basic document that sets the guidelines to follow in the use of the material. Within the document dedicated to wood, there is a chapter related to the topic of joints in wooden structures. This section refers to the considerations contemplated in the document to try to show what the current regulatory landscape in Spain is in relation to unions.

The CTE includes in the Basic Structural Safety Document - Wood a classification based on the joining element used. For each of the classes, it refers to certain elements including the calculation procedures necessary for their correct sizing, as well as certain recommendations regarding their placement during the work execution process.



a súa colocación durante o proceso de execución da obra.

A clasificación recollida polo CTE é a seguinte:

- Elementos de fixación mecánicos de tipo pasador caracterizados polo seu corpo cilíndrico onde a tensión entre as pezas se transmite por flexión do pasador e por esforzos de esmagamento da madeira.

Dentro deste grupo inclúense:

- Cravos: elementos de fuste liso ou con salintes, teñen diámetros inferiores a 8 mm. Utilízanse para unir pezas de madeira-madeira, taboleiro de madeira e chapas de aceiro-madeira.
- Grapas: utilízanse para unir o taboleiro e as pezas de madeira. Colócanse con grapadoras pneumáticas.
- Pernos: son elementos de corpo cilíndrico que teñen unha cabeza hexagonal e unha parte roscada onde se coloca a porca. Adoitan colocarse con arandelas adecuada en función do diámetro do parafuso.
- Pasadores: barras de aceiro de

dimensionamiento, así como ciertas recomendaciones en cuanto a su colocación durante el proceso de ejecución de la obra.

La clasificación que recoge el CTE es la siguiente:

- Elementos mecánicos de fijación tipo clavija caracterizados por su cuerpo cilíndrico donde el esfuerzo entre las piezas se transmite mediante una flexión de la clavija y mediante tensiones de aplastamiento de la madera.

Dentro de este grupo se incluyen:

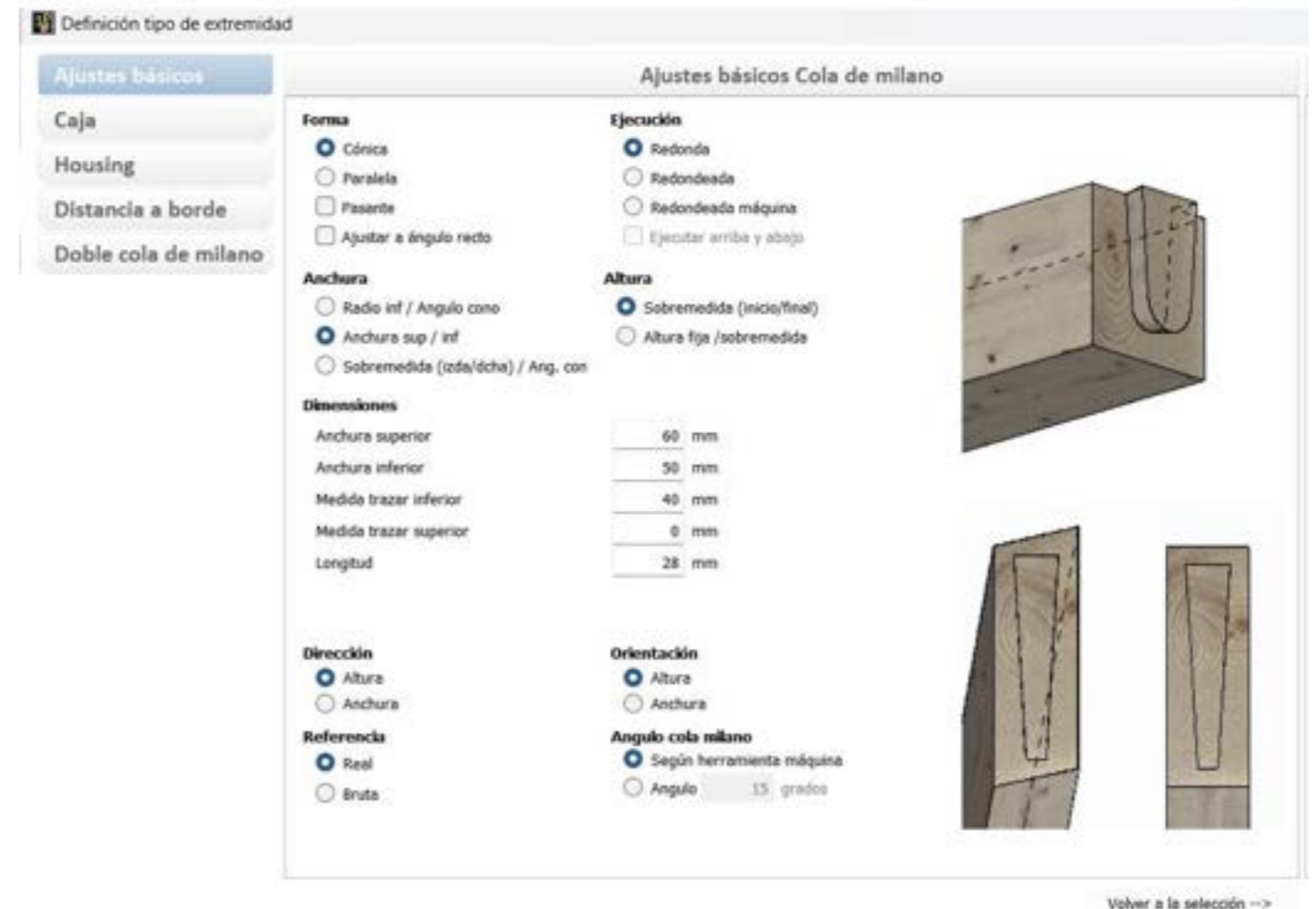
- Clavos: elementos de fuste liso o con resaltos, tienen diámetros inferiores a 8 mm. Son empleados para unir piezas de madera-madera, madera-tablero y chapas de acero-madera.
- Grapas: se emplean para la unión entre tablero y piezas de madera. Se colocan con grapadoras neumáticas.
- Pernos: son elementos de cuerpo cilíndrico que tienen una cabeza hexagonal y una parte de rosca donde se coloca la tuerca. Suelen colocarse con arandelas que deben tener una superficie adecuada en función del diámetro del perno.

The classification collected by the CTE is the following:

- Mechanical pin-type fixing elements characterized by their cylindrical body where the stress between the pieces is transmitted through bending of the pin and through crushing stresses of the wood.

Within this group they include:

- Nails: elements with a smooth shaft or with projections, they have diameters less than 8 mm. They are used to join pieces of wood-wood, wood-board and steel-wood sheets.
- Staples: they are used to join the board and wooden pieces. They are placed with pneumatic staplers.
- Bolts: are cylindrical body elements that have a hexagonal head and a threaded part where the nut is placed. They are usually placed with washers that must have an adequate surface depending on the diameter of the bolt.
- Pins: steel bars with a circular section with diameters of 16 to 25 mm and that do not have a



Volver a la selección -->

sección circular con diámetros de 16 a 25 mm e que non teñen cabeza en ningún dos seus extremos. Utilízanse en lugar de parafusos para mellorar a estética da unión. Insírense baixo presión.

• Tirafondos: elementos cunha parte roscada e unha parte lisa (vástago) ao longo do seu eixe. Ten alta resistencia ás cargas de extracción.

• Xuntas con conectores: os conectores son elementos de fixación de superficie que transmiten cargas entre pezas de madeira debido ás tensións de esmagamento entre a madeira e o conector.

Distingúense os seguintes conectores:

• Conectores anulares (tipo A segundo a norma UNE EN 912): conexión madeira-madeira constituída por un aro aberto ou pechado que se coloca entre as dúas pezas de madeira introducidas nun mecanizado previo.

• Conectores de placa: (tipo B segundo a norma UNE EN 912): conexión madeira-aceiro formada por un anel de superficie lisa e un bordo saínte que se introduce na madeira.

• Pasadores: barras de acero de sección circular con diámetros de 16 a 25 mm y que no presentan cabeza en ninguno de sus extremos. Se emplean en lugar de los pernos para mejorar la estética de la unión. Se introducen a presión.

• Tirafondos: elementos con una parte roscada y una lisa (caña) a lo largo de su fuste. Tiene una elevada resistencia frente a cargas de extracción.

• Uniones con conectores: los conectores son elementos de fijación de superficie que transmiten las cargas entre las piezas de madera por tensiones de aplastamiento entre la madera y el conector.

Se distinguen los siguientes conectores:

• Conectores de anillo (tipo A según la norma UNE EN 912): unión madera-madera consistente en un anillo abierto o cerrado que se coloca entre las dos piezas de madera insertado en un mecanizado previo.

• Conectores de placa: (tipo B según la norma UNE EN 912): unión madera-aceiro consistente en un anillo con una superficie lisa y un

head at either end. They are used instead of bolts to improve the aesthetics of the joint. They are inserted under pressure.

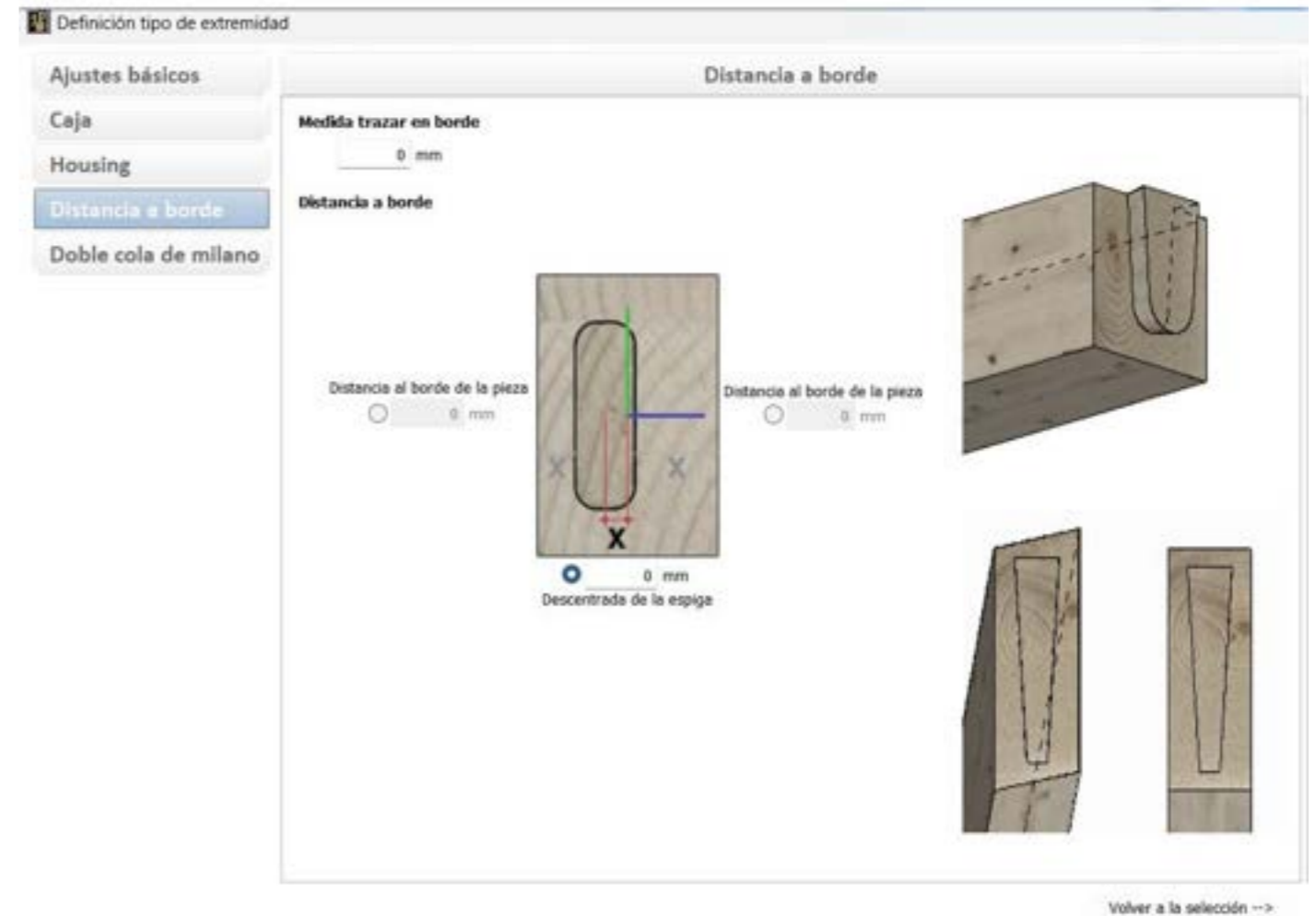
• Screw bolts: elements with a threaded part and a smooth part (shank) along its shaft. It has high resistance to extraction loads.

• Joints with connectors: connectors are surface fixing elements that transmit loads between pieces of wood due to crushing stresses between the wood and the connector. The following connectors are distinguished:

• Ring connectors (type A according to the UNE EN 912 standard): wood-wood connection consisting of an open or closed ring that is placed between the two pieces of wood inserted in prior machining.

• Plate connectors: (type B according to UNE EN 912 standard): wood-steel connection consisting of a ring with a smooth surface and a protruding edge that is inserted into the wood.

• Serrated connectors (type C according to UNE EN 912):



- Conectores dentados (tipo C segundo a norma UNE EN 912): conectores en forma de placa que presentan proyecciones de formas variables que se introducen nas pezas de madeira.

borde saliente que se inserta en la madera.

- Xuntas tradicionais: definidas como aquelas unións que transmiten forzas por compresión localizada e esforzos cortantes entre as mesmas pezas de madeira mediante cortes e mecanizados axeitados.

- Conectores dentados (tipo C según la norma UNE EN 912): conectores en forma de placa que tienen unos salientes con formas variables que se introducen en las piezas de madera.

O material proporcionado (xeralmente ferraxes en forma de placas e outros elementos de fixación) é moi limitado e a súa función é manter as unións na súa posición correcta. Nalgúns casos poden servir para reforzar a conexión ou para resistir unha reversión da tensión.

- Uniones tradicionales: definidas como aquellas uniones que transmiten las fuerzas mediante tensiones de compresión localizada y de cortante entre las mismas piezas de madera mediante el corte y mecanización adecuados.

O CTE inclúe algunhas recomendacións xerais, pero só especifica o cálculo das unións de pasadores realizadas mediante diferentes procesos de mecanizado utilizados para transmitir forzas entre dúas pezas, sendo o exemplo máis representativo o encontro entre par e tensión nas cerchas tradicionais.

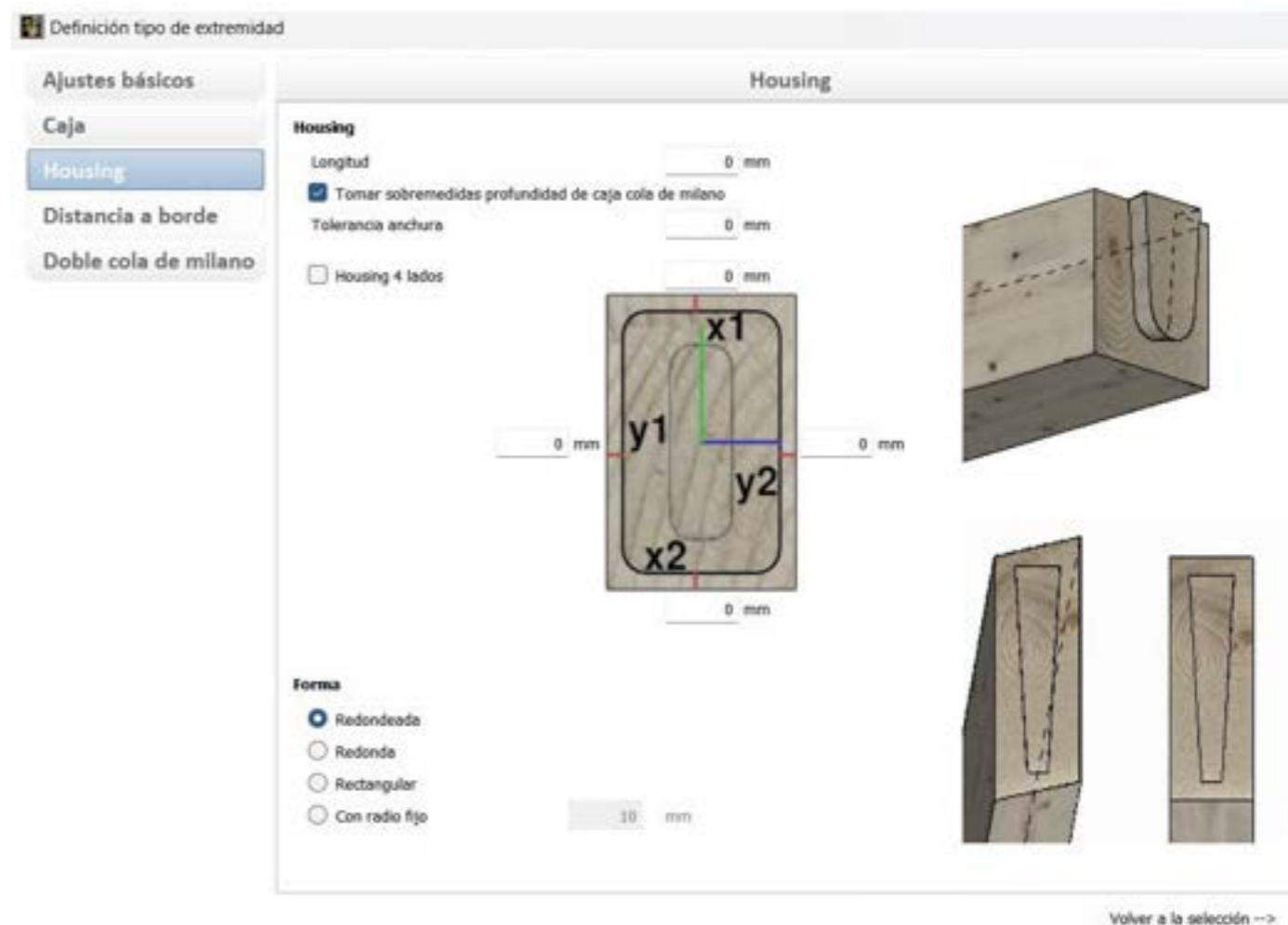
El material aportado (generalmente herrajes en forma de pletinas y otros elementos de fijación) es muy reducido y su función es la de mantener en su posición correcta las uniones. En algunos casos pueden servir para refuerzo de la unión o para resistir una inversión de la sollicitación.

El CTE incluye unas recomendaciones generales, pero únicamente especifica el cálculo para las uniones en embarbillado realizadas mediante diferentes mecanizados empleados para transmitir esfuerzos entre dos piezas, siendo el ejemplo más representativo el encuentro entre par y tirante en las cerchas tradicionales.

plate-shaped connectors that have projections with variable shapes that are inserted into the wooden pieces.

- Traditional joints: defined as those joints that transmit forces through localized compression and shear stresses between the same pieces of wood through appropriate cutting and machining. The material provided (generally hardware in the form of plates and other fixing elements) is very limited and its function is to keep the joints in their correct position. In some cases, they can serve to reinforce the connection or to resist a reversal of the stress.

The CTE includes some general recommendations, but only specifies the calculation for pin joints made through different machining processes used to transmit forces between two pieces, the most representative example being the meeting between torque and tension in traditional trusses.





Plantillas de fresado ARUNDA

Plantillas de fresado ARUNDA

ARUNDA Milling Templates

M^a Azahara Soilán Cañás (PhD.)

Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia | Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galicia | F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia

O mecanizado da unión de cola de milano para a unión entre vigas e viguetas non é exclusivo dos centros de mecanizado de control numérico, senón que existe a posibilidade de que os carpinteiros utilicen patróns como guías para o seu mecanizado.

A empresa suíza ARUNDA pon no mercado modelos que permiten mecanizar tanto a espiga como a caixa. Non obstante, o funcionamento desta articulación de cola de milano proposta difire significativamente da unión de cola de milano redondeada mecanizada mediante control numérico.

No caso da unión mecanizada con patróns, a espiga ten forma trapezoidal de base rectangular que se apoia directamente sobre a caixa, polo que parte das forzas que chegan á espiga transmitiranse por rozamento aos flancos e outra parte descargará directamente sobre a superficie de apoio da espiga. Polo tanto, esta unión terá un comportamento intermedio entre unha unión de caixa e espiga e unha unión de cola de milano redondeada.

A marca ARUNDA pon a disposición

El mecanizado de la unión en cola de milano para la unión entre vigas y viguetas no es exclusivo de los centros de mecanizado por control numérico, si no que existe la posibilidad de que los carpinteros empleen plantillas como guías para su mecanizado.

La empresa suíza ARUNDA pone en el mercado plantillas que permiten mecanizar tanto la espiga como la caja. Si bien, el funcionamiento de esta propuesta de unión en cola de milano difiere significativamente de la unión en cola de milano redondeada mecanizada mediante control numérico.

En el caso de la unión mecanizada con plantillas, la espiga tiene una forma trapezoidal con una base rectangular que apoya directamente en la caja, de modo que parte de los esfuerzos que llegan a la espiga serán transmitidos por rozamiento a los flancos y otra parte descargará directamente sobre la superficie de apoyo de la espiga. Por tanto, esta unión tendrá un comportamiento intermedio entre una unión en caja y espiga y la unión en cola de milano redondeada.

La marca ARUNDA pone a disposición

The machining of the dovetail joint for the union between beams and joists is not exclusive to numerical control machining centers, but there is the possibility for carpenters to use templates as guides for their machining.

The Swiss company ARUNDA puts templates on the market that allow both the tenon and the box to be machined. However, the operation of this proposed dovetail joint differs significantly from the rounded dovetail joint machined using numerical control.

In the case of the mechanized joint with templates, the tenon has a trapezoidal shape with a rectangular base that rests directly on the box, so that part of the forces that reach the tenon will be transmitted by friction to the flanks and another part will discharge directly on the support surface of the tenon. Therefore, this joint will have an intermediate behavior between a box-and-tenon joint and a rounded dovetail joint.

The ARUNDA brand provides users of its tools with pre-sizing tables and recommendations to follow in order

Proceso © Obradoiro

Proceso © Taller

Process © Workshop



dos usuarios das súas ferramentas táboas de predimensionado e recomendacións a seguir para acadar un correcto funcionamento.

Os modelos ou patróns permiten mecanizar espigas e caixas cunha cola de milano de 90 a 300 mm cada 10 mm, o que correspondería a viguetas cunha anchura entre 60 e 300 mm e alturas nun rango entre 90 e 420 mm. O dimensionamento realízase en función da altura dos elementos a unir (vigüeta e viga).

Dado que o pasador descansa directamente no fondo, a parte da carga que se transmite nesa superficie provocará esforzos de tracción perpendiculares á fibra na viga de apoio, polo que os fabricantes indican unha altura mínima da viga en función da altura da espiga. En concreto, propoñen unha altura para a viga de apoio de 1,2 veces a altura da espiga, respectando unha altura mínima de madeira por debaixo da caixa de 1/6 da altura da viga.

Consideran a profundidade da espiga constante e igual a 26 mm e a profundidade da caixa constante e igual a 28 mm. Dependendo da altura do taco, a altura da vigüeta e a altura da viga, os valores das cargas admisibles indícanse segundo dous modos de falla, un para a falla da vigüeta por

de los usuarios de sus herramientas tablas de predimensionado y recomendaciones a seguir para lograr un correcto funcionamiento.

Las plantillas permiten mecanizar espigas y cajas con cola de milano de 90 a 300 mm cada 10 mm que se correspondería con viguetas de anchura comprendida entre 60 y 300 mm y alturas en un rango entre 90 y 420 mm. El dimensionado se realiza en función de la altura de los elementos a unir (vigüeta y viga).

Debido a que la espiga apoya directamente en el fondo, la parte de la carga que se transmite en esa superficie provocará tensiones de tracción perpendicular a la fibra en la viga de apoyo, por tanto, los fabricantes indican una altura mínima de la viga en función de la altura de la espiga. En concreto proponen una altura para la viga de apoyo de 1,2 veces la altura de la espiga respetando una altura mínima de madera por debajo de la caja de 1/6 la altura de la viga.

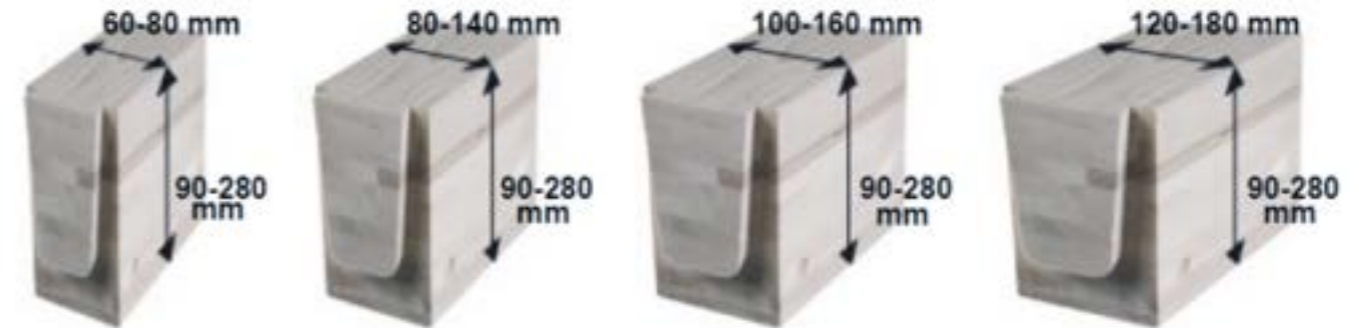
Consideran la profundidad de la espiga constante e igual a 26 mm y la profundidad de la caja constante e igual a 28 mm. Según la altura de la espiga, la altura de la vigüeta y la altura de la viga se indican valores de cargas admisibles según dos modos de fallo, uno para el fallo de la vigüeta por

to achieve correct operation.

The templates allow machining tenons and boxes with a dovetail of 90 to 300 mm every 10 mm, which would correspond to joists with a width between 60 and 300 mm and heights in a range between 90 and 420 mm. The sizing is carried out based on the height of the elements to be joined (joist and beam).

Because the tenon rests directly on the bottom, the part of the load that is transmitted on that surface will cause tensile stresses perpendicular to the fiber in the support beam, therefore, manufacturers indicate a minimum height of the beam based on of the height of the spike. Specifically, they propose a height for the support beam of 1.2 times the height of the tenon, respecting a minimum height of wood below the box of 1/6 the height of the beam.

They consider the depth of the tang constant and equal to 26 mm and the depth of the box constant and equal to 28 mm. Depending on the height of the dowel, the height of the joist and the height of the beam, values of allowable loads are indicated according to two failure modes, one for the failure of the joist due to shear (V_{d1}) and another according to the failure of the beam.



Valores de carga admisibles en función das dimensións da unión. Fonte: www.arunda.ch
 Valores de carga admisibles en función de las dimensiones de la unión. Fuente: www.arunda.ch
 Allowable load values depending on the dimensions of the joint. Source: www.arunda.ch

corte (V_{d1}) e outro segundo á falla da viga por tracción perpendicular (V_{d2}).

$$V_{d1} = 2/3 \cdot A_z \cdot zultQ \quad \text{Ec. 2.21}$$

Onde:
 $A_z = ((b_1 + b_2) / 2 \cdot h_e - 12,5) + p \cdot (12,5^2) / 4 + ((b^2 - 25) \cdot 12,5)$
 $zultQ = 0,9 \text{ N/mm}^2$
 b_1 : ancho máximo variable da espiga (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable da espiga (mm)
 h_e : altura da espiga ou caixa (mm)
 p : profundidade da espiga

$$V_{d2} = 0,09 \cdot a \quad \text{Ec. 2.22}$$

Onde:
 0,09 kN/mm: coeficiente empírico
 $a = h_{est} - h_e + b_2 / 2$
 h_{est} : altura da viga (mm)
 h_{est} mínima = 1,2 * espiga h
 h_e : altura da espiga ou caixa (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable da espiga (mm)

A empresa pon a disposición dos usuarios unha táboa onde se inclúen os valores de cargas admisibles segundo o criterio considerado e en función da altura de espiga, altura da vigueta e altura mínima da viga.

Os valores para a madeira maciza amósanse na táboa, onde:

Espiga h: altura máxima da espiga (mm)
 h_{vig} : altura vigueta (mm)
 h_{vig} máxima = 2 · he
 b : ancho vigueta (mm)
 b_1 : ancho máximo variable da espiga (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable da espiga (mm)

cortante (V_{d1}) y otro según el fallo de la viga por tracción perpendicular (V_{d2}).

$$V_{d1} = 2/3 \cdot A_z \cdot zultQ \quad \text{Ec. 2.21}$$

Donde:
 $A_z = ((b_1 + b_2) / 2 \cdot h_e - 12,5) + p \cdot (12,5^2) / 4 + ((b^2 - 25) \cdot 12,5)$
 $zultQ = 0,9 \text{ N/mm}^2$
 b_1 : ancho máximo variable de la espiga (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable de la espiga (mm)
 h_e : altura de espiga o caja (mm)
 p : profundidad de la espiga

$$V_{d2} = 0,09 \cdot a \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde:
 0,09 kN/mm: coeficiente empírico
 $a = h_{est} - h_e + b_2 / 2$
 h_{est} : altura de viga (mm)
 h_{est} mínima = 1,2 * espiga h
 h_e : altura de espiga o caja (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable de la espiga (mm)

La empresa pone a disposición de los usuarios una tabla donde se incluyen los valores de cargas admisibles según el criterio considerado y en función de la altura de espiga, altura de la vigueta y altura mínima de la viga.

Los valores para madera maciza se muestran en la tabla, donde:

Espiga h: altura máxima de espiga (mm)
 h_{vig} : altura vigueta (mm)
 h_{vig} máxima = 2 · he
 b : ancho vigueta (mm)
 b_1 : ancho máximo variable de la espiga (mm)
 b_2 : ancho mínimo variable de la espiga (mm)

by perpendicular traction (V_{d2}).

$$V_{d1} = 2/3 \cdot A_z \cdot zultQ \quad \text{Ec. 2.21}$$

Where:
 $A_z = ((b_1 + b_2) / 2 \cdot h_e - 12,5) + p \cdot (12,5^2) / 4 + ((b^2 - 25) \cdot 12,5)$
 $zultQ = 0,9 \text{ N/mm}^2$
 b_1 : maximum variable tenon width (mm)
 b_2 : variable minimum width of the tenon (mm)
 h_e : height of tenon or box (mm)
 p : depth of the tenon

$$V_{d2} = 0,09 \cdot a \quad \text{Ec. 2.22}$$

Where:
 0,09 kN/mm: empirical coefficient
 $a = h_{est} - h_e + b_2 / 2$
 h_{est} : beam height (mm)
 h_{est} Minimum = 1,2 * spike h
 h_e : height of tenon or box (mm)
 b_2 : variable minimum width of the tenon (mm)

The company makes available to users a table that includes the values of admissible loads according to the considered criterion and depending on the height of the spike, height of the joist and minimum height of the beam.

The values for solid wood are shown in table, where:

Spike h: maximum spike height (mm)
 h_{vig} : joist height (mm)
 h_{vig} maximum = 2 · he
 b : joist width (mm)
 b_1 : maximum variable tenon width (mm)
 b_2 : variable minimum width of the tenon (mm)

Ancho mínimo del estribo de bóveda bs:			Plantilla Arunda n °60	Plantilla Arunda n °80	Plantilla Arunda n °100	Plantilla Arunda n °120	Gabarit Arunda n °160+					
bs = 80 mm con muesca de 1 lado			Ancho yigueta 60 à 80 (100) mm x Altura 90 à 260 (280) mm	Ancho yigueta 80 à 120 (100) mm x Altura 90 à 260 (280) mm	Ancho yigueta 100 à 140 (100) mm x Altura 90 à 260 (280) mm	Ancho yigueta 120 à 160 (100) mm x Altura 90 à 260 (280) mm	Largeur solive 160 à 300 mm x Hauteur 90 à 420 mm					
bs = 120 mm con muesca de 2 lados			Para el cálculo de las cargas se considerará la carga admisible menor entre Vd1 y Vd2 1 kN = 100 kg									
Espiga h (mm)	h _{vig} (mm)	hest (mm)	Vd1 (kN)	Vd2 (kN)	Vd1 (kN)	Vd2 (kN)	Vd1 (kN)	Vd2 (kN)	Vd1 (kN)	Vd2 (kN)	Vd1 (kN)	Vd2 (kN)
300	420	420	-	-	-	-	-	-	-	-	23,98	16,92
300	300-360	360	-	-	-	-	-	-	-	-	23,98	11,52
290	400	400	-	-	-	-	-	-	-	-	23,02	16,02
290	300-340	340	-	-	-	-	-	-	-	-	23,02	11,34
280	400	400	-	-	-	-	-	-	-	-	22,08	16,92
280	280-330	330	-	-	-	-	-	-	-	-	22,08	11,16
270	380	380	-	-	-	-	-	-	-	-	21,14	16,02
270	280-320	320	-	-	-	-	-	-	-	-	21,14	10,98
260	360	360	-	-	-	-	-	-	-	-	20,21	15,12
260	260-310	310	-	-	-	-	-	-	-	-	20,21	10,80
250	340	340	-	-	-	-	-	-	-	-	19,29	14,22
250	260-300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	19,29	10,62
240	320	320	-	-	-	-	-	-	-	-	18,38	13,32
240	240-280	280	-	-	-	-	-	-	-	-	18,38	10,44
230	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	17,47	12,42
230	240-270	270	-	-	-	-	-	-	-	-	17,47	10,26
220	280	280	-	-	-	-	-	-	-	-	16,57	11,52
220	220-260	260	-	-	-	-	-	-	-	-	16,57	10,08
210	280	280	-	-	-	-	-	-	-	-	15,69	12,42
210	220-250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	15,69	9,90
200	260	260	4,49	7,33	7,24	8,34	9,56	9,24	11,87	10,14	14,80	11,52
200	200-240	240	4,49	5,53	7,24	6,54	9,56	7,44	11,87	8,34	14,80	9,72
190	240	240	4,17	6,43	6,79	7,44	8,98	8,34	11,17	9,24	13,93	10,62
190	200-220	220	4,17	5,35	6,79	6,36	8,98	7,26	11,17	8,16	13,93	9,54
180	240	240	3,87	7,33	6,34	8,34	8,41	9,24	10,48	10,14	13,07	11,52
180	180-220	220	3,87	5,53	6,34	6,54	8,41	7,44	10,48	8,34	13,07	9,72
170	220	220	3,57	6,43	5,89	7,44	7,85	8,34	9,80	9,24	12,21	10,62
170	180-200	200	3,57	4,99	5,89	6,00	7,85	6,90	9,80	7,80	12,21	9,18
160	200	200	3,27	5,53	5,46	6,54	7,29	7,44	9,13	8,34	11,36	9,72
160	160-180	180	3,27	4,81	5,46	5,82	7,29	6,72	9,13	7,62	11,36	9,00
150	200	200	2,99	6,43	5,04	7,44	6,75	8,34	8,46	9,24	10,52	10,62
150	160-180	180	2,99	4,83	5,04	5,64	6,75	6,54	8,46	7,44	10,52	8,82
140	180	180	2,72	5,53	4,62	6,54	6,21	7,44	7,81	8,34	9,69	9,72
140	140-160	160	2,72	4,45	4,62	5,46	6,21	6,36	7,81	7,26	9,69	8,64
130	140-160	160	2,45	4,63	4,21	5,64	5,69	6,54	7,16	7,44	8,86	8,82
120	160	160	2,19	5,53	3,81	6,54	5,17	7,44	6,52	8,34	8,04	9,72
120	120-140	140	2,19	4,09	3,81	5,10	5,17	6,00	6,52	6,90	8,04	8,28
110	120-140	140	1,94	4,63	3,42	5,64	4,63	6,54	5,89	7,44	7,23	8,82
100	100-120	120	1,70	3,73	3,04	4,74	4,15	5,64	5,27	6,54	6,43	7,92
90	100	100	1,47	3,55	2,66	4,56	3,66	5,46	4,65	6,36	5,64	7,74

Segundo estas cargas admisibles observáanse o seguinte:

- Para una mesma altura da vigueta e da viga, unha maior altura da espiga implica una maior capacidade de carga segundo o esforzo cortante e menor capacidade da viga.
- Canta maior anchura teña a vigueta, e por tanto a espiga, maior capacidade da unión.
- Para as maiores alturas da espiga e a medida que se incrementa a anchura da vigueta e da espiga, é máis limitante a capacidade de carga da caixa que a da espiga.

Ademais destas indicacións, a empresa ARUNDA propón uns incrementos dimensionais na viga considerando a redución da sección debido ao mecanizado das caixas.

Según estas cargas admisibles se observa lo siguiente:

- Para una misma altura de la vigueta y de la viga, una mayor altura de la espiga implica una mayor capacidad de carga según esfuerzo cortante y menor capacidad de la viga.
- Cuanta mayor anchura tenga la vigueta y por tanto la espiga, mayor capacidad de la unión.
- Para las mayores alturas de la espiga y a medida que se incrementa la anchura de la vigueta y de la espiga, es más limitante la capacidad de carga de la caja que la de la espiga.

Además de estas indicaciones, la empresa ARUNDA propone unos incrementos dimensionales en la viga considerando la reducción de la sección debido al mecanizado de las cajas.

According to these allowable loads, the following is observed:

- For the same height of the joist and the beam, a greater height of the tenon implies a greater load capacity according to shear stress and a lower capacity of the beam.
- The wider the joist and therefore the tenon, the greater the capacity of the joint.
- For the greater heights of the tenon and as the width of the joist and tenon increases, the load capacity of the box is more limiting than that of the tenon.

In addition to these indications, the ARUNDA company proposes dimensional increases in the beam considering the reduction of the section due to the machining of the boxes.



Unión carpintera en cola de milano redondeada

Unión carpinteira en cola de milano redondeada

Carpenter joint in rounded dovetail

M^a Azahara Soilán Cañás (PhD.)

Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia | Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galicia | F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia

Usos habituais

A nivel estrutural, a unión tradicional en cola de milano é aquela que se emprega para dar continuidade a elementos de madeira en lonxitude que están sometidos a esforzos de tracción.

Con todo, o desenvolvemento de maquinaria específica de mecanizado para madeira fixo proliferar o uso dunha variante desta unión que consiste nunha espiga cunha forma trapezoidal e redondeada que se encaixa nun oco a coa súa mesma forma e que é capaz de resistir esforzo de cortante, sendo apta para resolver os encontros entre viguetas ou correas e vigas principais de estruturas tanto de forxados como de cubertas.

O feito de que o seu mecanizado sexa previo á montaxe da obra fai que se reduza en gran medida o tempo de execución desta e que se consiga unha gran precisión na montaxe.

Outra das vantaxes da unión é o seu acabado estético que permite que non se vexa ningún elemento metálico na estrutura ademais de ser unha unión moi limpa en canto ao seu acabado.

Usos habituales

A nivel estrutural, la unión tradicional en cola de milano es aquella que se emplea para dar continuidad a elementos de madera en longitud que están sometidos a esfuerzos de tracción.

Sin embargo, el desarrollo de maquinaria específica de mecanizado para madera ha hecho proliferar el uso de una variante de esta unión que consiste en una espiga con una forma trapezoidal y redondeada que se encaja en una mortaja con su misma forma y que es capaz de resistir esfuerzo de cortante, siendo apta para resolver los encuentros entre viguetas o correas y vigas principales de estructuras tanto de forjados como de cubiertas.

El hecho de que su mecanizado sea previo al montaje de la obra hace que se reduzca en gran medida el tiempo de ejecución de ésta y que se consiga una gran precisión en el montaje.

Otra de las ventajas de la unión es su acabado estético que permite que no se vea ningún elemento metálico en la estructura además de ser una unión muy limpia en cuanto a su acabado.

Common uses

At a structural level, the traditional dovetail joint is one that is used to give continuity to wooden elements in length that are subject to tensile stresses.

However, the development of specific wood machining machinery has proliferated the use of a variant of this union that consists of a tenon with a trapezoidal and rounded shape that fits into a mortise with the same shape and is capable of resisting shear stress, being suitable for resolving encounters between joists or purlins and main beams of both floor and roof structures.

The fact that its machining is carried out prior to the assembly of the work greatly reduces its execution time and achieves great precision in the assembly.

Another advantage of the union is its aesthetic finish that allows no metallic element to be seen in the structure in addition to being a very clean union in terms of its finish.

Companies dedicated to the mass

Cola de milano © M^a Azahara Soilán Cañás

Cola de milano © M^a Azahara Soilán Cañás

Dovetail © M^a Azahara Soilán Cañás



Empresas dedicadas á construción en serie de vivendas unifamiliares ou plurifamiliares empregando o sistema construtivo de armazón lixeiro con madeira, utilizan esta unión para resolver os encontros, aínda que non queden vistas e vaian recubertas por outros materiais.

Na resolución de cubertas de madeira en vivendas unifamiliares, tamén é cada vez máis frecuente o uso destas unións.

Hai algúns exemplos de usos singulares como o descrito no artigo publicado pola empresa Kaufmann Bausysteme “Dous grandes edificios en madeira. Un almacén para sal de 13 alturas” (2007) onde se comenta o proceso de fabricación de dous almacéns de sal da empresa Salinen Austria AG, Bad Ischl de 25 metros de altura con estrutura de madeira, onde debido á corrosión das herraxes metálicas polo efecto do sal (a pesar da protección) decídese empregar unións en cola de milano entre os elementos verticais e os horizontais, destacando a precisión na montaxe obtida polo traballo previo mediante o mecanizado realizado con control numérico.

A construción do edificio comezou en maio de 2007 e finalizou sete semanas despois.

Empresas dedicadas a la construcción en serie de viviendas unifamiliares o plurifamiliares empleando el sistema constructivo de entramado ligero con madera, utilizan esta unión para resolver los encuentros, aunque no queden vistas y vayan recubiertas por otros materiales.

En la resolución de cubiertas de madera en viviendas unifamiliares, también es cada vez más frecuente el uso de estas uniones.

Hay algunos ejemplos de usos singulares como el descrito en el artículo publicado por la empresa Kaufmann Bausysteme “Dos grandes edificios en madera. Un almacén para sal de 13 alturas” (2007) donde se comenta el proceso de fabricación de dos almacenes de sal de la empresa Salinen Austria AG, Bad Ischl de 25 metros de altura con estructura de madera, donde debido a la corrosión de los herrajes metálicos por el efecto de la sal (a pesar de la protección) se decide emplear uniones en cola de milano entre los elementos verticales y los horizontales, destacando la precisión en el montaje obtenida por el trabajo previo mediante el mecanizado realizado con control numérico.

La construcción del edificio comenzó en mayo de 2007 y finalizó siete semanas después.

construction of single-family or multi-family homes using the light-frame construction system with wood, use this union to resolve the encounters, even if they are not visible and are covered by other materials.

In the resolution of wooden roofs in single-family homes, the use of these joints is also increasingly common.

There are some examples of unique uses such as the one described in the article published by the company Kaufmann Bausysteme “Two large wooden buildings. A 13-high salt warehouse” (2007) which discusses the manufacturing process of two salt warehouses from the company Salinen Austria AG, Bad Ischl, 25 meters high with a wooden structure, where due to the corrosion of the hardware metal due to the effect of salt (despite the protection) it was decided to use dovetail joints between the vertical and horizontal elements, highlighting the precision in the assembly obtained by the previous work through machining carried out with numerical control.

Construction of the building began in May 2007 and was completed seven weeks later.





Deseño da unión

Os programas de deseño específicos para estruturas de madeira incorporan propostas de deseños de unións tradicionais en función da sección do elemento a unir.

Neste caso da unión en cola de milano, seleccionando o elemento no que se mecanizará a unión, o propio programa propón unhas medidas por defecto para a espiga e para a súa correspondente caixa. A continuación, recóllense os valores que emprega por defecto o software de deseño Cadwork a partir dunha determinada sección de vigueta.

O programa permite cambiar calquera deles no momento da súa xeración.

- Lonxitude: profundidade da espiga de cola de milano.
- Sobrelonxitude: distancia do fondo da espiga á parede da caixa na viga.
- Anchura 1: anchura da parte superior da espiga na cara da fronte da vigueta.
- Anchura 2: anchura da parte inferior recta da espiga na cara da fronte da vigueta.
- Medida de traza negativa: distancia

Diseño de la unión

Los programas de diseño específicos para estructuras de madera incorporan propuestas de diseños de uniones tradicionales en función de la sección del elemento a unir.

En el caso de la unión en cola de milano, seleccionando el elemento en el que se mecanizará la unión, el propio programa propone unas medidas por defecto para la espiga y para su correspondiente caja. A continuación, se recogen los valores que emplea por defecto el software de diseño Cadwork a partir de una determinada sección de vigueta.

El programa permite cambiar cualquiera de ellos en el momento de su generación.

- Longitud: profundidad de la espiga de la cola de milano.
- Sobrelongitud: distancia del fondo de la espiga a la pared de la caja en la viga.
- Anchura 1: anchura de la parte superior de la espiga en la cara de la testa de la vigueta.
- Anchura 2: anchura de la parte inferior recta de la espiga en la cara de la testa de la vigueta.

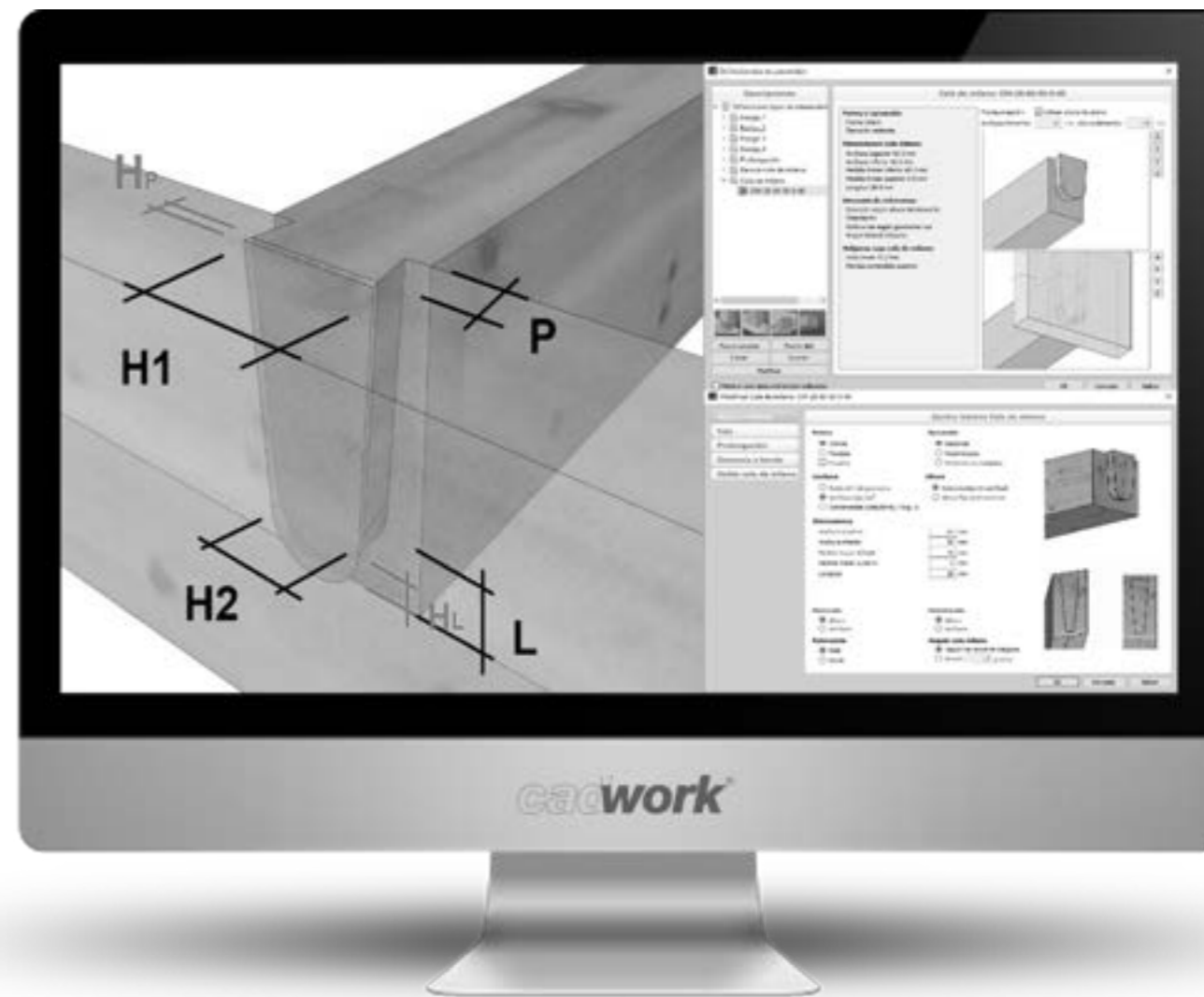
Union design

Specific design programs for wooden structures incorporate proposals for traditional joint designs depending on the section of the element to be joined.

In the case of the dovetail joint, by selecting the element in which the joint will be machined, the program itself proposes default measurements for the tenon and its corresponding box. Below are the default values used by the Cadwork design software based on a specific joist section.

The program allows you to change any of them at the time of their generation.

- Length: dovetail shank depth.
- Overlength: distance from the bottom of the tenon to the wall of the box in the beam
- Width 1: width of the top of the tenon on the end face of the joist
- Width 2: width of the straight bottom of the tenon on the end face of the joist.
- Negative trace measurement: vertical distance from the base of



¹ Werner, H. *Queranschlüsse mit Schwalbenschwanz-Zapfenverbindungen, Vorschlag für die Bemessung*. Stuttgart: Verband-H.T.A im Zimmerhandwerk, 2002
¹ Werner, H. *Queranschlüsse mit Schwalbenschwanz-Zapfenverbindungen, Vorschlag für die Bemessung*. Stuttgart: Verband-H.T.A im Zimmerhandwerk, 2002
¹ Werner, H. *Queranschlüsse mit Schwalbenschwanz-Zapfenverbindungen, Vorschlag für die Bemessung*. Stuttgart: Verband-H.T.A im Zimmerhandwerk, 2002

en vertical dende a base da espiga ata a cara inferior da vigueta.

- Sobremedida negativa de mortalla: distancia dende a base da espiga da vigueta ata a base da caixa da viga.

Variables de definición da unión segundo o programa de deseño Cadwork.

Como se pode observar na táboa, os valores que se modifican en función da sección son a altura da espiga e o ángulo de inclinación do flanco lateral da espiga que ven determinado pola relación entre Anchura 1, Anchura 2 e a altura da espiga. Esta ven definida como a altura total da vigueta menos a medida de traza negativa que se considera sempre constante e de valor 20 mm.

O investigador alemán Hartmut Werner¹ aporta como resultado do seu traballo unha serie de recomendacións de deseño e cálculo que Thomas Tannert² recolle como base para o seu traballo.

A continuación, se recollen os criterios en canto a deseño recomendados³:

- A altura da espiga non debe ser menor que a metade da altura da vigueta.
- A viga principal debe ter un ancho

• Medida de traza negativa: distancia en vertical desde la base de la espiga hasta la cara inferior de la vigueta.

- Sobremedida negativa de mortaja: distancia desde la base de la espiga de la vigueta hasta la base de la caja de la viga

Variables de definición de la unión según el programa de diseño Cadwork.

Como se puede observar en la tabla, los valores que se modifican en función de la sección son la altura de la espiga y el ángulo de inclinación del flanco lateral de la espiga que viene determinado por la relación entre Anchura 1, Anchura 2 y la altura de la espiga. Ésta viene definida como la altura total de la vigueta menos la medida de traza negativa que se considera siempre constante y de valor 20 mm.

El investigador alemán Hartmut Werner¹ aporta como resultado de su trabajo una serie de recomendaciones de deseño e cálculo que Thomas Tannert² recoge como base para su trabajo.

A continuación, se recogen los criterios en cuanto a deseño recomendados³:

- La altura de la espiga no debe ser menor que la mitad de la altura de la vigueta.

the tenon to the underside of the joist.

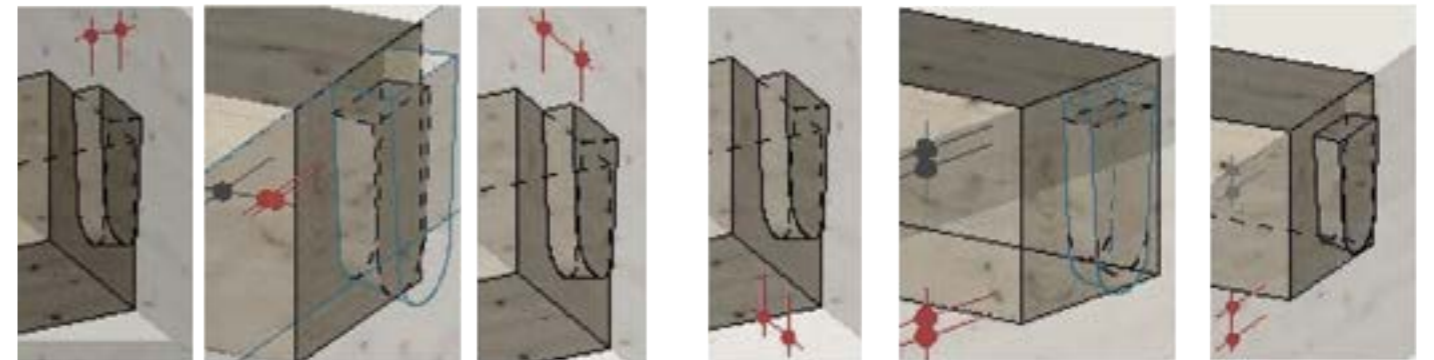
- Negative mortise allowance: distance from the base of the joist tenon to the base of the joist box.

Joint definition variables according to the Cadwork design program.

As it can be seen in the table, the values that are modified depending on the section are the height of the tenon and the angle of inclination of the lateral flank of the tenon, which is determined by the relationship between Width 1, Width 2 and the height of the spike. This is defined as the total height of the joist minus the negative trace measurement, which is always considered constant and has a value of 20 mm.

As a result of his work, the German researcher Hartmut Werner¹ provides a series of design and calculation recommendations that Thomas Tannert² collects as a basis for his work. Below are the recommended design criteria³:

- The height of the tenon should not be less than half the height of the joist.
- The main beam must have a minimum section width equal to



Longitud: profundidade da espiga de la cola de milano

Sobrelongitud: distancia del fondo de la espiga a la pared de la caja en la viga

Anchura 1: anchura de la parte superior de la espiga en la cara de la testa de la vigueta

Anchura 2: anchura de la parte inferior de la espiga en la cara de la testa de la vigueta

Medida de traza negativa: distancia en vertical desde la base de la espiga hasta la cara inferior de la vigueta

Sobremedida negativa de mortaja: distancia desde la base de la espiga de la vigueta hasta la base de la caja de la viga

² Tannert, Thomas. "Structural performance of Rounded Dovetail Connections". Tesis doctoral, University of British Columbia Vancouver, 2008
² Tannert, Thomas. "Structural performance of Rounded Dovetail Connections". Tesis doctoral, University of British Columbia Vancouver, 2008
² Tannert, Thomas. "Structural performance of Rounded Dovetail Connections". Tesis doctoral, University of British Columbia Vancouver, 2008

mínimo de sección igual á lonxitude da espiga + 50 mm se so recibe viguetas dun lado e 100 mm se recibe viguetas polos dous lados.

- Límite máximo para a lonxitude da espiga de 25-30 mm.

- Límite máximo para a profundidade da caixa será 3 mm máis que a lonxitude da espiga .

- Para dimensionar a viga principal débese considerar a redución de sección.

- Recoméndase precisión no mecanizado cunha tolerancia de 0,2 mm.

- Corte e mecanizado sobre madeira seca.

- Distancia mínima entre dúas viguetas na viga principal de 600 mm.

- Distancia mínima de 500 mm dende a unión ata o extremo da viga principal.

Ademáis de criterios de diseño, Werner (2002) realizou unha proposta de metodoloxía de cálculo para a unión que Tannert (2008) completou incluíndo a influencia do tamaño que afecta á madeira no caso da vigueta.

- La viga principal debe tener un ancho mínimo de sección igual a la longitud de la espiga + 50 mm si solo recibe viguetas de un lado y 100 mm si recibe viguetas por los dos lados.

- Límite máximo para la longitud de la espiga de 25-30 mm.

- Límite máximo para la profundidad de la caja será 3 mm más que la longitud de la espiga.

- Para dimensionar la viga principal se debe considerar la reducción de sección.

- Se recomienda precisión en el mecanizado con una tolerancia de 0,2 mm.

- Corte y mecanizado sobre madera seca

- Distancia mínima entre dos viguetas en la viga principal de 600 mm.

- Distancia mínima de 500 mm desde la unión hasta el extremo de la viga principal.

Ademáis de criterios de diseño, Werner (2002) realizó una propuesta de metodoloxía de cálculo para la unión que Tannert (2008) completó incluyendo la influencia del tamaño que afecta a la madera en el caso de

the length of the tenon + 50 mm if it only receives joists on one side and 100 mm if it receives joists on both sides.

- Maximum limit for shank length of 25-30 mm.

- Maximum limit for the depth of the box will be 3 mm more than the length of the tang.

- To size the main beam, the section reduction must be considered.

- Precision in machining is recommended with a tolerance of 0.2 mm.

- Cutting and machining on dry wood.

- Minimum distance between two joists in the main beam of 600 mm.

- Minimum distance of 500 mm from the joint to the end of the main beam.

In addition to design criteria, Werner (2002) made a proposal for a calculation methodology for the joint that Tannert (2008) completed by including the influence of the size that affects the wood in the case of the joist. Examining the load-deformation curves it is recommended to limit

Valores propostos por defecto por Cadwork en función da sección da vigueta
 Valores propuestos por defecto por Cadwork en función de la sección de la vigueta
 Default values proposed by Cadwork depending on the joist section

Sección vigueta b x h	60x80	60x100	60x120	60x140	60x160	60x180
Longitud	28	28	28	28	28	28
SobreLongitud	2	2	2	2	2	2
Anchura 1	50	50	50	50	50	50
Anchura 2	45	45	45	45	45	45
Medida Trazar Neg	20	20	20	20	20	20
Sobremedida neg mortaja	5	5	5	5	5	5
Alt espiga/Alt vigueta	0,75	0,8	0,83	0,86	0,88	0,89

Sección vigueta b x h	80x100	80x120	80x140	80x160	80x180	80x200	80x220	80x240
Longitud	28	28	28	28	28	28	28	28
SobreLongitud	2	2	2	2	2	2	2	2
Anchura 1	60	60	65	70	70	70	70	70
Anchura 2	45	45	45	45	45	45	45	45
Medida Trazar Neg	20	20	20	20	20	20	20	20
Sobremedida neg mortaja	5	5	5	5	5	5	5	5
Alt espiga/Alt vigueta	0,8	0,83	0,86	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92

Sección vigueta b x h	100x120	100x140	100x160	100x180	100x200	100x220	100x240
Longitud	28	28	28	28	28	28	28
SobreLongitud	2	2	2	2	2	2	2
Anchura 1	60	65	65	70	75	80	80
Anchura 2	45	45	45	45	45	45	45
Medida Trazar Neg	20	20	20	20	20	20	20
Sobremedida neg mortaja	5	5	5	5	5	5	5
Alt espiga/Alt vigueta	0,83	0,86	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92

³Werner propón como límite de deformación baixo a unión 1,5 mm e Tannert 3 mm

³Werner propone como límite de deformación bajo la unión 1,5 mm y Tannert 3 mm

³Werner proposes a deformation limit under the joint of 1.5 mm, while Tannert suggests 3 mm

Examinando as curvas de carga, deformación recomenda limitar a deformación baixo a unión a 1,5 mm. Propón a comprobación independente do elemento principal e secundario xa que ambas poden provocar o fallo.

Os criterios de comprobación da unión baséase nun área efectiva da espiga A_{ef} e a tensión admisible a cortante do material f_v .

Para a viga principal o deseño se basa na previsión da aparición de fendas na base da caixa antes de que se produza o fallo da viga.

1. Capacidade de carga da vigueta ou correa

$$F_{correa,d} = 2/3 \cdot A_{ef} \cdot k_s \cdot f_{v,s} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$k_s = (3600/A_{ef})^{0,2} \leq 1 \quad \text{Ec. 2.24}$$

Unidades en mm y kN.

Werner realizou a proposta inicial baseada na sección eficaz da vigueta e Tannertañadiu un coeficiente reductor que ten en conta o efecto do tamaño da espiga, establecendo como límite unha sección de 3.600 mm².

Cálculo da área eficaz da espiga:

$$A_{ef} = (b_1 + (h_1 - b_1/2) \cdot \tan(\beta/2)) \cdot (h_1 - b_1/2) + \pi \cdot b_1^2/8 \quad \text{Ec. 2.25 (según Fig.1)}$$

la vigueta. Examinando las curvas de carga, deformación recomienda limitar la deformación bajo la unión a 1,5 mm. Propone la comprobación independiente del elemento principal y secundario ya que ambas pueden provocar el fallo.

Los criterios de comprobación de la unión están basados en un área efectiva de la espiga A_{ef} y la tensión admisible a cortante del material f_v .

Para la viga principal el diseño se basa en la previsión de la aparición de fendas en la base de la caja antes de que se produzca el fallo de la viga.

1. Capacidad de carga de la vigueta o correa

$$F_{correa,d} = 2/3 \cdot A_{ef} \cdot k_s \cdot f_{v,s} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$k_s = (3600/A_{ef})^{0,2} \leq 1 \quad \text{Ec. 2.24}$$

Unidades en mm y kN.

Werner realizó la propuesta inicial basada en la sección eficaz de la vigueta y Tannertañadió un coeficiente reductor que tiene en cuenta el efecto del tamaño de la espiga, estableciendo como límite una sección de 3.600 mm².

Cálculo del área eficaz de la espiga:

$$A_{ef} = (b_1 + (h_1 - b_1/2) \cdot \tan(\beta/2)) \cdot (h_1 - b_1/2) + \pi \cdot b_1^2/8 \quad \text{Ec. 2.25 (según Fig.1)}$$

the deformation under the joint to 1.5 mm. It proposes independent testing of the primary and secondary element since both can cause failure.

The joint verification criteria are based on an effective tenon area A_{ef} and the allowable shear stress of the material f_v .

For the main beam, the design is based on anticipating the appearance of cracks at the base of the box before failure of the beam occurs.

1. Joist or purlin load capacity

$$F_{correa,d} = 2/3 \cdot A_{ef} \cdot k_s \cdot f_{v,s} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$k_s = (3600/A_{ef})^{0,2} \leq 1 \quad \text{Ec. 2.24}$$

Units in mm and kN.

Werner made the initial proposal based on the effective section of the joist and Tannert added a reducing coefficient that takes into account the effect of the size of the tenon, establishing a section of 3,600 mm² as a limit.

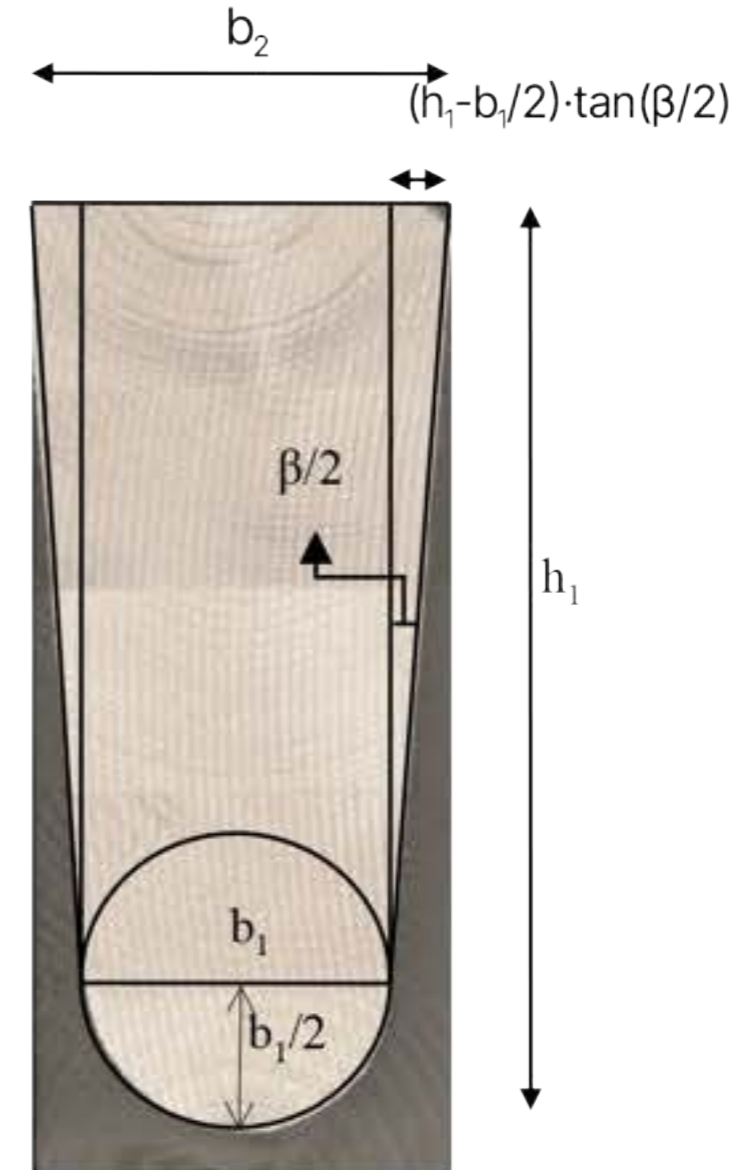
Calculation of the effective area of the spike:

$$A_{ef} = (b_1 + (h_1 - b_1/2) \cdot \tan(\beta/2)) \cdot (h_1 - b_1/2) + \pi \cdot b_1^2/8 \quad \text{Ec. 2.25 (by Fig.1)}$$

Figura 1. Definición de variables para o cálculo da área eficaz da espiga

Figura 1. Definición de variables para el cálculo del área eficaz de la espiga

Figure 1. Definition of variables for calculating the effective area of the spike



2. Capacidade de carga da viga principal

$$F_{v,viga} = 0,09 \cdot (h_v - h_1 + b_1/2) \quad \text{Ec. 2.26}$$

Onde
 h_v é a altura en mm da sección da viga principal.
 h_1 , h_1 y b_1 en mm e F en kN

3. Limitación da deformación

A rixidez do resorte da unión pódese estimar segundo a seguinte expresión do coeficiente de resorte (kN/mm):

$$C = 0,7 \min \left(\frac{F_{adm,viga}}{F_{adm,vigueta}} \right)$$

Ec. 2.27

$F_{adm,viga}$ y $F_{adm,vigueta}$ son os valores admisibles das capacidades de carga da viga e da vigueta expresadas en kN. O seu valor é aproximadamente 1,4 veces inferior que o valor de cálculo.

2. Capacidad de carga de la viga principal

$$F_{v,viga} = 0,09 \cdot (h_v - h_1 + b_1/2) \quad \text{Ec. 2.26}$$

Donde:
 h_v es la altura en mm de la sección de la viga principal.
 h_1 , h_1 y b_1 en mm y F en kN

3. Limitación de deformación

La rigidez del muelle de la unión se puede estimar según la siguiente expresión del coeficiente de muelle (kN/mm):

$$C = 0,7 \min \left(\frac{F_{adm,viga}}{F_{adm,vigueta}} \right)$$

Ec. 2.27

$F_{adm,viga}$ y $F_{adm,vigueta}$ son los valores admisibles de las capacidades de carga de la viga y la vigueta expresadas en kN. Su valor es aproximadamente 1,4 veces inferior que el valor de cálculo.

2. Load capacity of main beam

$$F_{v,beam} = 0.09 \cdot (h_v - h_1 + b_1/2) \quad \text{Eq. 2.26}$$

Where:
 h_v is the height in mm of the main beam section.
 h_1 , h_1 and b_1 in mm and F in kN

3. Deformation limitation

The spring stiffness of the joint can be estimated according to the following expression for the spring coefficient (kN/mm):

$$C = 0.7 \min \left(\frac{F_{adm,beam}}{F_{adm,joist}} \right)$$

Eq. 2.27

$F_{adm,beam}$ and $F_{adm,joist}$ are the allowable values of the load capacities of the beam and joist expressed in kN. Its value is approximately 1.4 times lower than the calculation value.









Investigaciones previas

Investigaciones previas

Previous studies

M^a Azahara Soilán Cañas (PhD.)

Enx. Montes. CIS-Madeira e Xunta de Galicia | Ing. Montes. CIS-Madeira y Xunta de Galicia | F.E. CIS-Madeira and Xunta de Galicia

Neste apartado a análise céntrase nas investigacións máis relevantes sobre as unións tradicionais que se realizaron con anterioridade. Por exemplo, en 1999 Kreuzinger e Spengler probaron dezaoito mostras de madeira maciza. Demostraron que a capacidade de carga da unión depende dos mecanismos de transferencia de carga entre a vigueta e a viga principal. Durante as súas probas comprobaron que é fundamental garantir o rozamento entre as superficies de contacto para que a unión de cola de milano redondeada funcione correctamente, se non, o comportamento sería moi similar ao da unión de espiga e caixa. Para resistir altas cargas, hai que garantir o contacto e a tensión de tracción perpendicular á fibra é o principal factor determinante. A optimización da unión terá como obxectivo a relación entre a altura da espiga e a altura da sección de vigueta.

Como continuación deste traballo, Rainer Barthel simulou numericamente os ensaios en 1999 estudando diferentes mecanismos de fallo: cortante na espiga, compresión perpendicular baixo a caixa, compresión perpendicular baixo a espiga, tensión perpendicular na

En este apartado el análisis se enfoca hacia las investigaciones más relevantes en uniones tradicionales que se han realizado previamente. Por ejemplo, en 1999 Kreuzinger y Spengler ensayaron dieciocho muestras de madera maciza. Demostraron que la capacidad de carga de la unión depende de los mecanismos de transferencia de carga entre la vigueta y la viga principal. Durante sus ensayos comprobaron que es fundamental garantizar el rozamiento entre superficies de contacto para que la unión en cola de milano redondeada funcione adecuadamente, de no ser así el comportamiento sería muy similar al de la unión con caja y espiga. Para resistir cargas elevadas debe ser garantizado el contacto y la tensión por tracción perpendicular a la fibra es el principal condicionante. La optimización de la unión tendrá como objetivo la relación entre la altura de la espiga y la altura de la sección de la vigueta.

Como continuación a este trabajo, Rainer Barthel simuló numéricamente en 1999 los ensayos estudiando diferentes mecanismos de fallo: cortante en la espiga, compresión perpendicular bajo la caja, compresión

In this section the analysis focuses on the most relevant research on traditional unions that has been previously carried out. For example, in 1999 Kreuzinger and Spengler tested eighteen samples of solid wood. They showed that the load capacity of the joint depends on the load transfer mechanisms between the joist and the main beam. During their tests they verified that it is essential to guarantee friction between contact surfaces for the rounded dovetail joint to function properly, otherwise the behavior would be very similar to that of the tenon and box joint. To resist high loads, contact must be guaranteed and tensile stress perpendicular to the fiber is the main determining factor. Joint optimization will target the relationship between the height of the tenon and the height of the joist section.

As a continuation of this work, Rainer Barthel numerically simulated the tests in 1999 by studying different failure mechanisms: shear in the tenon, perpendicular compression under the box, perpendicular compression under the tenon, perpendicular tension in the joist

Cola de milano © M^a Azahara Soilán Cañas

Cola de milano © M^a Azahara Soilán Cañas

Dovetail © M^a Azahara Soilán Cañas



vigueta e falla na viga principal debido a tracción perpendicular. Concluíu que, se o mecanizado é correcto e a carga se transmite por rozamento entre os flancos da espiga e a caixa, a carga resultante transmítese en maior proporción á viga principal e a tensión de tracción perpendicular transmítese uniformemente. As deformacións son menores e a capacidade da unión é maior.

Outra das súas conclusións foi que, se existe un oco na parte inferior da unión entre os elementos conectados, transmítese unha maior proporción de carga á viga principal e a espiga presionase horizontalmente. Polo tanto, os esforzos de tracción perpendiculares son menores pero as deformacións son moi grandes.

En 2000, Jan Hochstrate probou setenta e sete mostras de madeira de coníferas europea e estudou diferentes xeometrías de xuntas e condicións de soporte. Unha das súas conclusións foi que o feito de que a espiga se estreita na dirección vertical reduce o problema de concentración de tensión común nas xuntas tradicionais de espiga e espiga.

Un dos grupos de investigación máis importantes neste campo é o da Universidade da Columbia Británica. Desde o ano 2001, comezaron cunha

perpendicular bajo la espiga, tracción perpendicular en la vigueta y rotura en la viga principal debido a la tracción perpendicular. Concluyó que, si el mecanizado es correcto y la carga se transmite por rozamiento entre los flancos de la espiga y de la caja, la carga resultante se transmite en mayor proporción a la viga principal y la tensión por tracción perpendicular se transmite uniformemente. Las deformaciones son menores y la capacidad de la unión es mayor.

Otra de sus conclusiones fue que, si existe un hueco en el fondo de la unión entre los elementos conectados, se transmite mayor proporción de carga a la viga principal y la espiga es presionada horizontalmente. Entonces las tensiones por tracción perpendicular son menores pero las deformaciones son muy grandes.

Jan Hochstrate ensayó en 2000 setenta y siete muestras con madera de coníferas europeas y estudió diferentes geometrías de unión y condiciones de apoyo. Una de sus conclusiones fue que el hecho de que la espiga se vaya estrechando en la dirección vertical reduce el problema de la concentración de tensiones habitual en la unión tradicional con caja y espiga.

Uno de los grupos de investigación

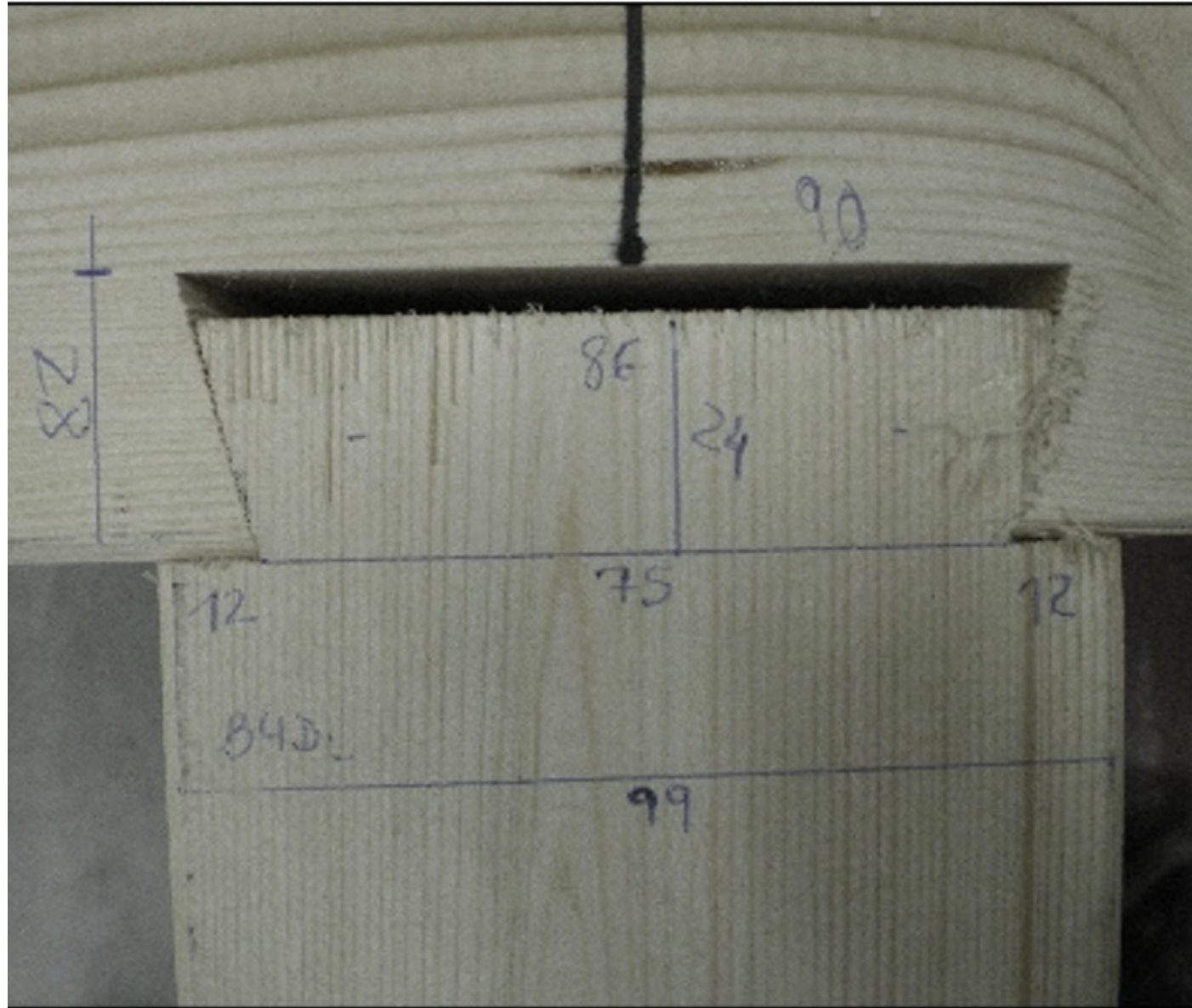
and failure in the main beam due to perpendicular traction. He concluded that, if the machining is correct and the load is transmitted by friction between the flanks of the tenon and the box, the resulting load is transmitted in a greater proportion to the main beam and the perpendicular tensile stress is transmitted uniformly. The deformations are smaller, and the capacity of the joint is greater.

Another of his conclusions was that, if there is a gap at the bottom of the joint between the connected elements, a greater proportion of load is transmitted to the main beam and the tenon is pressed horizontally. So, the perpendicular tensile stresses are lower but the deformations are very large.

In 2000, Jan Hochstrate tested seventy-seven samples of European coniferous wood and studied different joint geometries and support conditions. One of his conclusions was that the fact that the tenon tapers in the vertical direction reduces the problem of stress concentration common in the traditional socket and tenon joint.

One of the most important research groups in this field is from the University of British Columbia. Since 2001, they began with a series





serie de ensaios conxuntos en viguetas de longo tramo onde a deformación da vigueta adoita ser o factor limitante no dimensionado. Descubriron que a articulación ten unha grande capacidade e que se flexiona e se deforma significativamente antes de fallar. Propuxeron límites de rotación da xunta de $0,5^\circ$ e deformación da viga de $L/360$.

En 2001, Stefan Zöllig realizou ensaios de tracción en conexións entre vigas e correas para a empresa Annen Holzbau e Holzbau Bucher AG na Escola de Enxeñería de Friburgo. Ensañaron seis mostras en flexión cunha viga central á que chegan dúas viguetas e seis ensaios de tracción, obtendo valores medios de resistencia para o deseño da unión.

En 2022, Paweł Bobacz probou catro series de mostras de cola de milano para determinar a influencia da xeometría da unión na súa capacidade de resistencia e deseñou un modelo utilizando o método dos elementos finitos. Simulouse o comportamento do material como elástico lineal. As desviacións entre a simulación e as probas experimentais foron xustificadas pola pendente inicial onde a unión non presenta un comportamento elástico lineal. Determinouse correctamente a concentración de tensión na parte inferior da unión.

más importantes en este campo es de la Universidad de British Columbia. Desde 2001 comenzaron con una serie de ensayos de la unión en viguetas de grandes luces donde la deformación de la vigueta suele ser el factor limitante en el dimensionado. Comprobaron que la unión tiene una gran capacidad y que se fenda y se deforma significativamente antes de fallar. Propusieron límites en la rotación de la unión de $0,5^\circ$ y deformación de la viga de $L/360$.

En 2001, Stefan Zöllig realizó para la empresa Annen Holzbau and Holzbau Bucher AG ensayos de tracción en uniones entre vigas y correas en la Engineering School Freiburg. Ensayaron seis muestras a flexión con una viga central a la que llegan dos viguetas y seis ensayos a tracción, obtuvieron valores medios de resistencia para el diseño de la unión.

Paweł Bobacz ensayó en 2022 cuatro series de muestras de cola de milano para determinar la influencia de la geometría de la unión en su capacidad resistente y diseñó un modelo mediante el método de elementos finitos. Se simuló el comportamiento del material como lineal elástico. Las desviaciones entre la simulación y los ensayos experimentales fueron justificadas por la pendiente inicial donde la unión no tiene un comportamiento lineal

of joint tests on long-span joists where the deformation of the joist is usually the limiting factor in sizing. They found that the joint has a high capacity and that it flexes and deforms significantly before failing. They proposed limits on the rotation of the joint of 0.5° and deformation of the beam of $L/360$.

In 2001, Stefan Zöllig carried out tensile tests on connections between beams and purlins for the company Annen Holzbau and Holzbau Bucher AG at the Engineering School Freiburg. They tested six samples in bending with a central beam to which two joists reach and six tensile tests, obtaining average resistance values for the design of the joint.

In 2022, Paweł Bobacz tested four series of dovetail samples to determine the influence of the geometry of the joint on its strength capacity and designed a model using the finite element method. The behavior of the material was simulated as linear elastic. The deviations between the simulation and the experimental tests were justified by the initial slope where the joint does not have a linear elastic behavior. The stress concentration at the bottom of the joint was correctly determined.



Marc Steiniger, investigador da Universidade de Columbia Británica, comezou a investigación sobre a unión comparando materiais de partida, especificamente madeira LSL (*Laminated Strand Lumber*) reconstituída e madeira maciza de Tsuga heterophylla. Probáronse en cizallamento e as mostras de LSL presentaron unha maior resistencia e non presentaron un modo de falla fráxil. Tamén probaron diferentes xeometrías da articulación.

En 2005, Philipp Dietsch analizou a importancia dos parámetros xeométricos mediante un modelo de elementos finitos lineal e elástico. Concluíu que o ángulo de inclinación do flanco da espiga óptima en termos de capacidade está nun ángulo inferior a 15°. A altura óptima de espiga nunha vigueta de 200 mm era de 120 mm.

Enrico Garbin e o seu equipo realizaron análises experimentais con madeira maciza de abeto tendo en conta a presenza de médula na unión e a desviación da fibra baixo a espiga, e tamén analizaron diferentes ángulos de inclinación. Diseñaron un modelo de simulación, pero non presentaron discusión de casos.

Un dos antecedentes máis recentes e fundamentais no desenvolvemento desta tese é o traballo realizado

elástico. Se determinó correctamente la concentración de tensiones en el fondo de la unión.

Marc Steiniger, investigador de la University of British Columbia, inició una investigación sobre la unión comparando materiales de partida, concretamente madera reconstituída del tipo LSL (*Laminated Strand Lumber*) y madera maciza de Tsuga *heterophylla*. Se ensayaron a cortante y las muestras de LSL presentaron una mayor resistencia y no presentaron un modo de rotura fráxil. También ensayaron diferentes geometrías.

Philipp Dietsch analizó en 2005 la importancia de parámetros geométricos empleando un modelo de elementos finitos lineal y elástico. Concluyó que el ángulo de inclinación del flanco de la espiga óptimo en cuanto a capacidad se encuentra en ángulo inferiores a 15°. La altura óptima de la espiga en una vigueta de 200 mm fue de 120 mm.

Enrico Garbin y su equipo realizó análisis experimentales con madera maciza de abeto considerando la presencia de médula en la unión y la desviación de la fibra bajo la espiga. Analizaron diferentes ángulos de inclinación. Diseñaron un modelo de simulación, pero no presentaron discusión de casos.

Marc Steiniger, a researcher at the University of British Columbia, began a research on joining by comparing starting materials, specifically reconstituted LSL (*Laminated Strand Lumber*) wood and solid Tsuga heterophylla wood. They were tested in shear and the LSL samples presented greater resistance and did not present a brittle failure mode. They also tested different geometries of the joint.

In 2005, Philipp Dietsch analyzed the importance of geometric parameters using a linear and elastic finite element model. He concluded that the optimum shank flank inclination angle in terms of capacity is at an angle less than 15°. The optimal tenon height on a 200mm joist was 120mm.

Enrico Garbin and his team carried out experimental analysis with solid spruce wood considering the presence of pith in the joint and the deviation of the fiber under the tenon, they also analyzed different angles of inclination. They designed a simulation model but did not present case discussion.

One of the most recent and fundamental antecedents in the development of this thesis is the work carried out by Thomas Tannert



por Thomas Tannert e o grupo de investigación ao que pertence na Universidade da Columbia Británica (Canadá) recollido na tese de doutoramento presentada en abril de 2008 en Vancouver titulado “*Structural performance of rounded dovetail connections*”.

A miña tese inclúe en varios capítulos diferentes estudos e análises realizados sobre esta unión de carpintería, incluíndo a creación dun modelo 3D de elementos finitos validado mediante probas experimentais.

Durante o desenvolvemento da investigación, compárase o comportamento da xunta de cola de milano simple cunha nova proposta da Universidade de Columbia Británica consistente nunha xunta de dobre cola de milano. Neste traballo realízase unha importante análise de antecedentes e recóllese ampla información sobre traballos anteriores e da situación actual do sindicato a nivel de enxeñaría en canto ao deseño e cálculo da súa capacidade estrutural.

Tannert realizou unha serie de ensaios en mostras de madeira aserrada de Tsuga heterofilla para estudar a resistencia a esforzos cortantes, tensións de tracción e resistencia ao momento flector. Conclúese que a unión é moi versátil e que, a pesar de

Uno de los antecedentes más recientes y fundamental en el desarrollo de esta tesis es el trabajo realizado por Thomas Tannert y el grupo de investigación al que pertenece en la Universidad de British Columbia (Canadá) recogido en la tesis doctoral presentada en abril del 2008 en Vancouver titulada “*Structural performance of rounded dovetail connections*”.

Mi tesis recoge en varios capítulos diferentes estudios y análisis realizados sobre esta unión carpintera, incluyendo la realización de un modelo de elementos finitos en 3D validado mediante ensayos experimentales.

Durante el desarrollo de la investigación se compara el comportamiento de la unión en cola de milano simple y de una nueva propuesta de la Universidad British Columbia consistente en una unión en doble cola de milano. En este trabajo se realiza un importante análisis de los antecedentes y se recoge una gran información sobre trabajos previos y la situación actual de la unión a nivel de ingeniería en cuanto a diseño y cálculo de su capacidad estructural.

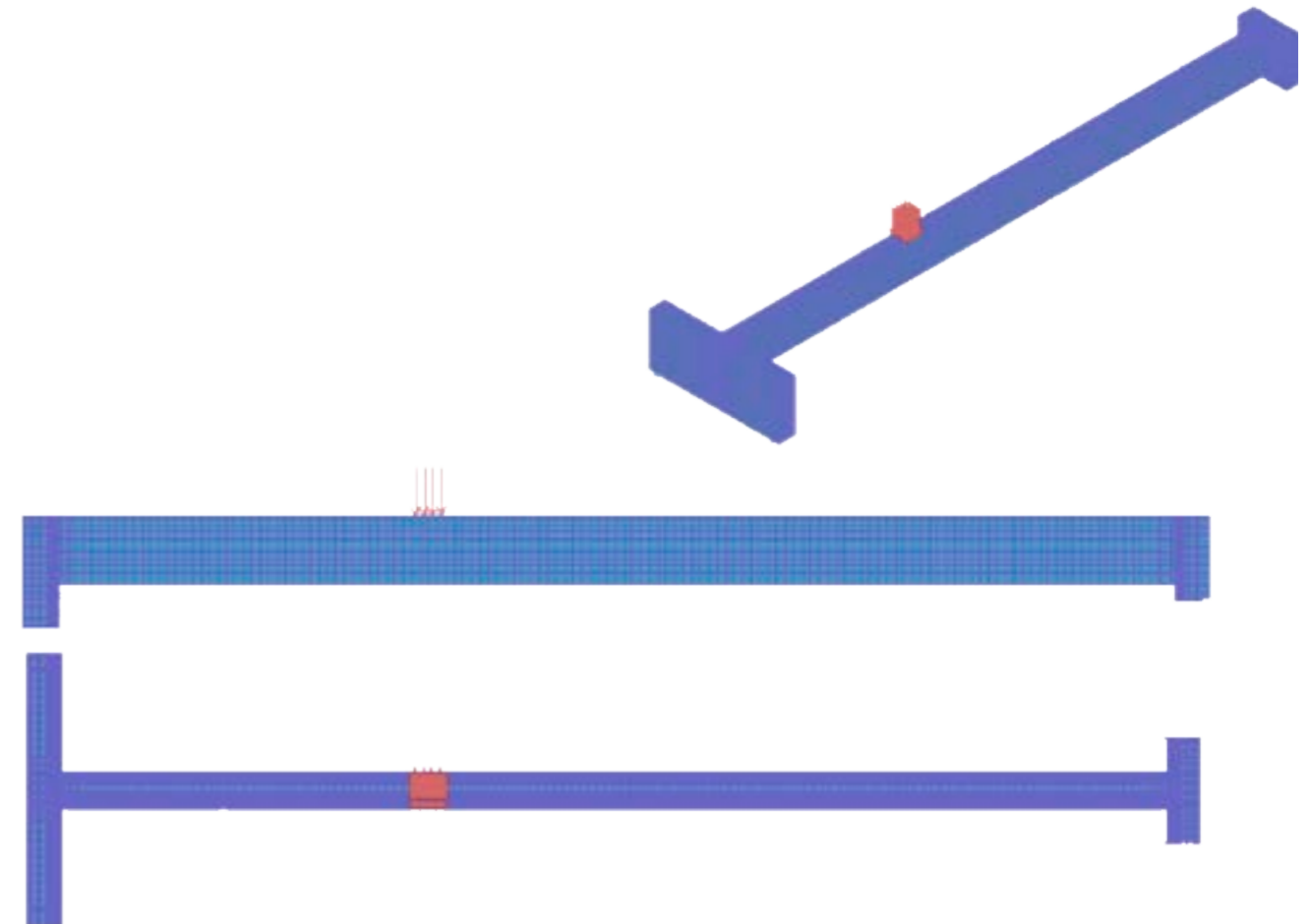
Tannert realizó una serie de ensayos sobre muestras de madera aserrada de Tsuga heterofilla para estudiar la resistencia frente a esfuerzos cortantes, esfuerzos de tracción y resistencia a momento flector.

and the research group to which he belongs at the University of British Columbia (Canada) collected in the doctoral thesis presented in April 2008 in Vancouver entitled “*Structural performance of rounded dovetail connections*”.

My thesis includes in several chapters different studies and analysis carried out on this carpentry joint, including the creation of a 3D finite element model validated through experimental tests.

During the development of the research, the behavior of the simple dovetail joint and a new proposal from the University of British Columbia consisting of a double dovetail joint is compared. In this work, an important background analysis is carried out and extensive information is collected on previous work and the current situation of the union at the engineering level in terms of design and calculation of its structural capacity.

Tannert carried out a series of tests on sawn wood samples of Tsuga heterofilla to study the resistance to shear stresses, tensile stresses and resistance to bending moment. He concludes that the union is very versatile and that, despite being designed to resist shear stress, it has



estar deseñada para resistir esforzos cortantes, ten unha boa capacidade de resistencia á tracción e á flexión. Os resultados mostran que a unión de espiga simple é máis ríxida que a dobre, xa que a segunda presenta unha maior imprecisión durante o mecanizado e é máis difícil garantir unha correcta transmisión de forzas entre as superficies.

O seguinte paso da súa investigación pasa por analizar a influencia dalgúns parámetros xeométricos, concretamente a altura da espiga e o ángulo entre as superficies de rozamento das caras inclinadas da espiga. Estudan tres ángulos diferentes e tres alturas. Os resultados indican que as mellores resistencias conséguense para ángulos entre 10° e 15° e as alturas recoméndase arredor dos 2/3 da altura da vigueta.

Este grupo de investigadores concluíu que variables como o contido de humidade, a densidade aparente da madeira, o grosor dos aneis e a súa orientación non teñen unha gran importancia para a determinación da resistencia. Non obstante, os parámetros de fabricación si inflúen de tal xeito que con mecanizados máis lentos e sobre madeiras secas que non sofren variacións de humidade antes da súa posta en traballo, se garante unha maior precisión. Outra conclusión

Concluye que la unión es muy versátil y que, a pesar de ser pensada para resistir un esfuerzo a cortante, tiene buena capacidad de resistencia a tracción y a flexión. Los resultados demuestran que es más rígida la unión con espiga simple que la doble, ya que la segunda presenta mayor imprecisión durante el mecanizado y es más difícil garantizar una correcta transmisión de esfuerzos entre las superficies.

El siguiente paso en su investigación pasa por analizar la influencia de algunos parámetros geométricos, concretamente la altura de la espiga y el ángulo entre las superficies de rozamiento de las caras inclinadas de la espiga. Estudian tres ángulos diferentes y tres alturas. Los resultados indican que las mejores resistencias se consiguen para ángulos entre 10° y 15° y las alturas se recomiendan en torno a 2/3 la altura de la vigueta.

Este grupo de investigadores concluyó que variables como contenido de humedad, densidad aparente de la madera, espesor de los anillos y su orientación no tienen una significación elevada para la determinación de la resistencia. Sin embargo, sí que influyen parámetros de fabricación de tal forma que con un mecanizado más lento y sobre madera seca que no sufra variaciones de humedad antes de su puesta en obra, se asegura una mayor

good tensile and flexural resistance capacity. The results show that the single tenon joint is more rigid than the double one, since the second presents greater imprecision during machining and it is more difficult to guarantee a correct transmission of forces between the surfaces.

The next step in her research involves analyzing the influence of some geometric parameters, specifically the height of the spike and the angle between the friction surfaces of the inclined faces of the spike. They study three different angles and three heights. The results indicate that the best resistances are achieved for angles between 10° and 15° and the heights are recommended around 2/3 the height of the joist.

This group of researchers concluded that variables such as moisture content, apparent density of the wood, thickness of the rings and their orientation do not have a high significance for determining resistance. However, manufacturing parameters do influence in such a way that with slower machining and on dry wood that does not suffer humidity variations before being put into work, greater precision is ensured. Another conclusion after the test campaigns carried out is the



tras as campañas de proba realizadas é a gran variabilidade dos resultados experimentais onde o axuste inicial entre a caixa e a espiga é de gran importancia.

Nun dos capítulos da tese abórdase o modelado da unión mediante o método de elementos finitos, simulando o comportamento da madeira na súa fase elástica lineal, diferenciando as propiedades segundo a dirección lonxitudinal e considerando transversalmente a isotropía. Valídase o modelo cos resultados das probas experimentais realizadas previamente. Analízase o efecto do módulo elástico, que varía entre 10.000 e 14.000 N/mm² e o valor do coeficiente de rozamento entre 0,1 e 0,5.

Demóstrase que o valor do coeficiente de rozamento é fundamental no funcionamento da unión, polo que ao aumentar o valor do coeficiente de rozamento de 0,1 a 0,5, a capacidade de resistencia da unión aumenta nun 30%.

Desenvolven un criterio de fallo para o modelo de elementos finitos baseado nos esforzos máis penalizadores sobre a capacidade da unión, como a tensión perpendicular á fibra e o esforzo cortante, e incorporando o efecto do tamaño. Sen ter en conta os esforzos de tracción ou compresión paralelos

precisión. Outra de las conclusiones tras las campañas de ensayos realizadas es la gran variabilidad en los resultados experimentales donde cobra gran importancia el ajuste inicial entre la caja y la espiga.

En uno de los capítulos de la tesis se aborda el modelizado de la unión empleando el método de los elementos finitos, simulando el comportamiento de la madera en su fase lineal elástica diferenciando las propiedades según la dirección longitudinal y considerando isotropía transversalmente. El modelo se valida con los resultados de los ensayos experimentales realizados con anterioridad. Se analiza el efecto del módulo de elasticidad variando entre 10.000 y 14.000 N/mm² y el valor del coeficiente de rozamiento entre 0,1 y 0,5.

Se demuestra que el valor del coeficiente de rozamiento es fundamental en el funcionamiento de la unión, de modo que incrementando el valor del coeficiente de rozamiento de 0,1 a 0,5 la capacidad de resistencia de la unión aumenta en un 30%.

Desarrollan un criterio de rotura para el modelo de elementos finitos basado en las tensiones más penalizantes en la capacidad de la unión como son la tracción perpendicular a la fibra y la tensión de cortante e incorporando el

great variability in the experimental results where the initial adjustment between the box and the tenon is of great importance.

In one of the chapters of the thesis, the modeling of the joint is addressed using the finite element method, simulating the behavior of wood in its linear elastic phase, differentiating the properties according to the longitudinal direction and considering isotropy transversely. The model is validated with the results of the experimental tests carried out previously. The effect of the elastic modulus is analyzed, varying between 10,000 and 14,000 N/mm² and the value of the friction coefficient between 0.1 and 0.5.

It is shown that the value of the friction coefficient is fundamental in the operation of the joint, so that by increasing the value of the friction coefficient from 0.1 to 0.5, the resistance capacity of the joint increases by 30%.

They develop a failure criterion for the finite element model based on the most penalizing stresses on the capacity of the joint, such as tension perpendicular to the fiber and shear stress and incorporating the effect of size. Without considering tensile





á fibra, nin os esforzos de compresión perpendiculares á fibra.

Como resultado da investigación e complementando resultados previos doutros investigadores, realízase unha guía de recomendacións para o deseño da unión e unha serie de ecuacións finais propostas por Werner e Tannert, que se inclúen no apartado de cálculo da unión en cola de milano do presente traballo.

Os resultados desta tese doutoral foron publicados en numerosos artigos e os seus autores continúan coa súa liña de investigación. En agosto de 2011, o artigo titulado “*Structural performance of rounded dovetail connections: experimental and numerical investigations*” publicouse no *European Journal of Wood and Wood products* onde se propón un método probabilístico que considera non só a magnitude das tensións senón tamén o volume ao que afectan. Conclúese que o método proposto mellora a precisión na determinación da capacidade da unión.

Entre os antecedentes máis recentes destacan as comunicacións presentadas en xuño de 2010 durante a World Conference on Timber Engineering (WCTE, 2010) celebrada en Trento (Italia). Karl Rautenstrauch e o seu grupo de investigación da

efecto del tamaño. Sin tener en cuenta, tensiones de tracción o compresión paralelas a la fibra, ni de compresión perpendicular a la fibra.

Como resultado de la investigación y complementando resultados precedentes de otros investigadores se realiza una guía de recomendaciones para el diseño de la unión y una serie de ecuaciones finales propuestas por Werner y Tannert que son recogidas en el apartado de cálculo de la unión en cola de milano del presente trabajo.

Los resultados de esta tesis doctoral han sido publicados en numerosos artículos y sus autores continúan con su línea de investigación. En agosto de 2011 se publicó en el *European Journal of Wood and Wood products* | artículo titulado “*Structural performance of rounded dovetail connections: experimental and numerical investigations*” donde se propone un método probabilístico que considera no solo la magnitud de las tensiones si no también el volumen al que afectan. Se concluye que el método propuesto mejora la precisión en la determinación de la capacidad de la unión.

Entre los antecedentes más recientes se encuentran las comunicaciones presentadas en junio de 2010 durante World Conference on Timber Engineering (WCTE, 2010) celebrada

or compressive stresses parallel to the fiber, nor compression stresses perpendicular to the fiber.

As a result of the research and complementing previous results from other researchers, a guide of recommendations for the design of the joint and a series of final equations proposed by Werner and Tannert are made, which are included in the dovetail joint calculation section. of the present work.

The results of this doctoral thesis have been published in numerous articles and its authors continue with their line of research. In August 2011, the article titled “*Structural performance of rounded dovetail connections: experimental and numerical investigations*” was published in the *European Journal of Wood and Wood products* where a probabilistic method is proposed that considers not only the magnitude of the stresses but also also the volume they affect. It is concluded that the proposed method improves the precision in determining the capacity of the joint.

Among the most recent antecedents are the communications presented in June 2010 during the World Conference on Timber Engineering (WCTE, 2010) held in Trento (Italy).



Universidade Bauhaus de Weimar en Alemaña presentaron os resultados dun traballo de simulación e investigación en unión en cola de milano onde aplican un método de fotogrametría para medir con precisión a deformación e evolución das unións. Ademais, deseñaron un modelo 3D que simula o comportamento non lineal do material e en contacto. Usan elementos de contacto e obxectivo para representar o contacto entre caixa e espiga incluíndo a fricción, un factor que destacan como fundamental na investigación. Os resultados obtidos coa fotogrametría utilízanse para optimizar o modelo de elementos finitos.

Tamén no WCTE 2010, Bo-Han Xu e os seus colaboradores da Universidade Blaise Pascal, presentaron a comunicación titulada "3D Non-linear finite element modelling of traditional timber connections" baseada na xeración dun modelo de simulación utilizando elementos finitos 3D da cola de milano e a súa validación mediante a realización de dúas probas experimentais. A parte de desenvolvemento do modelo numérico céntrase en explicar a reformulación do criterio de fallo de Hill para considerar diferentes resistencias a tracción e compresión e tendo en conta só os esforzos de tracción perpendiculares e paralelos á fibra e

en Trento (Italia). Karl Rautenstrauch y su grupo de investigación de Bauhaus University Weimar en Alemania presentaron los resultados de un trabajo sobre simulación e investigación en la unión en cola de milano donde aplican un método de fotogrametría para medir la deformación y la evolución de las fendas con precisión. Además, diseñaron un modelo en 3D simulando el comportamiento no lineal del material y en el contacto. Emplean elementos contact y target para representar el contacto entre caja y espiga incluyendo el rozamiento, factor que destacan como fundamental en la investigación. Los resultados obtenidos con fotogrametría son empleados para optimizar el modelo de elementos finitos.

También en WCTE 2010, Bo-Han Xu y sus colaboradores de la Universidad Blaise Pascal, presentaron la comunicación titulada "3D Non-linear finite element modelling of traditional timber connections" basada en la generación de un modelo de simulación mediante elementos finitos en 3D de la unión en cola de milano y en su validación mediante la realización de dos ensayos experimentales. La parte del desarrollo del modelo numérico se centra en explicar la reformulación del criterio de rotura de Hill para considerar diferentes resistencias a tracción y compresión y teniendo en

Karl Rautenstrauch and his research group at Bauhaus University Weimar in Germany presented the results of a work on simulation and research in dovetail jointing where they apply a photogrammetry method to measure the deformation and evolution of the joints with precision. Furthermore, they designed a 3D model simulating the nonlinear behavior of the material and in the contact. They use contact and target elements to represent the contact between box and tenon including friction, a factor that they highlight as fundamental in the research. The results obtained with photogrammetry are used to optimize the finite element model.

Also, at WCTE 2010, Bo-Han Xu and his collaborators from the Blaise Pascal University, presented the communication titled "3D Non-linear finite element modeling of traditional timber connections" based on the generation of a simulation model using 3D finite elements of the dovetail joint and its validation by carrying out two experimental tests. The development part of the numerical model focuses on explaining the reformulation of Hill's failure criterion to consider different tensile and compressive strengths and taking into account only tensile stresses perpendicular and parallel to the fiber and tangential stresses.



os esforzos tanxenciais. Aplicando este criterio, sitúan a primeira zona de rotura da unión na zona situada baixo a espiga debido aos esforzos de tracción perpendiculares en dirección vertical e aos esforzos por cortante en dirección radial lonxitudinal.

Ondrej Jirka e Karel Mikes, da Facultade de Enxeñaría Civil da Universidade Técnica de Praga, publicaron en 2010 a parte inicial do seu traballo de investigación titulado *Unións semirixidas de estruturas de madeira*, onde describen os ensaios experimentais que desenvolveron para analizar as efectos de rixidez das unións de cola de milano e da conexión entre par e tirante mediante caixa e espiga mecanizadas en ambos casos mediante control numérico. Nesta publicación amosan a descomposición teórica de forzas na unión entre par e tirante para comparar e analizar mediante métodos de simulación numérica con elementos finitos.

No I Congreso Ibero-Latinoamericano da Madeira na Construção, celebrado en Coimbra en xuño de 2011, presentáronse os primeiros resultados dunha das máis interesantes liñas de investigación sobre articulacions de milano desenvolvida polo doutorando Rubén Regueira, e centrada na simulación do comportamento da xunta en situación de incendio.

cuenta únicamente las tensiones de tracción perpendicular y paralela a la fibra y las tensiones tangenciales. Aplicando dicho criterio localizan la primera zona de fallo de la unión en la zona situada bajo la espiga debido a las tensiones de tracción perpendicular en la dirección vertical y las tensiones debidas al cortante en la dirección radial longitudinal.

Ondrej Jirka y Karel Mikes, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Praga, han publicado en 2010 la parte inicial de su trabajo de investigación titulado *"Semi-rigid joins of timber structures"*, donde describen los ensayos experimentales que han desarrollado para analizar el efecto de rigidización de las uniones en cola de milano y de la unión entre par y tirante mediante caja y espiga mecanizadas en ambos casos mediante control numérico. En esta publicación muestran la descomposición de fuerzas teórica en la unión entre par y tirante para comparar y analizar mediante métodos numéricos de simulación con elementos finitos.

En el 1º Congreso Ibero-Latinoamericano da Madeira na Construção, celebrado en Coimbra en junio de 2011 han sido presentados los primeros resultados de una de las líneas más interesantes y novedosas de la investigación de la unión en cola de

Applying this criterion, they locate the first failure zone of the joint in the area located under the tenon due to the perpendicular tensile stresses in the vertical direction and the stresses due to shear in the longitudinal radial direction.

Ondrej Jirka and Karel Mikes, from the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Prague, published in 2010 the initial part of their research work entitled *Semi-rigid joins of timber structures*, where they describe the experimental test, they have developed to analyze the stiffening effect of the dovetail joints and the connection between pair and tie rod using a box and tenon machined in both cases using numerical control. In this publication they show the theoretical decomposition of forces in the joint between pair and tie rod to compare and analyze using numerical simulation methods with finite elements.

At the 1st Congresso Ibero-Latinoamericano da Madeira na Construção, held in Coimbra in June 2011, the first results of one of the most interesting lines of research on dovetail joints developed by doctoral student Rubén Regueira were presented. Gay and focused on the simulation of the behavior of the



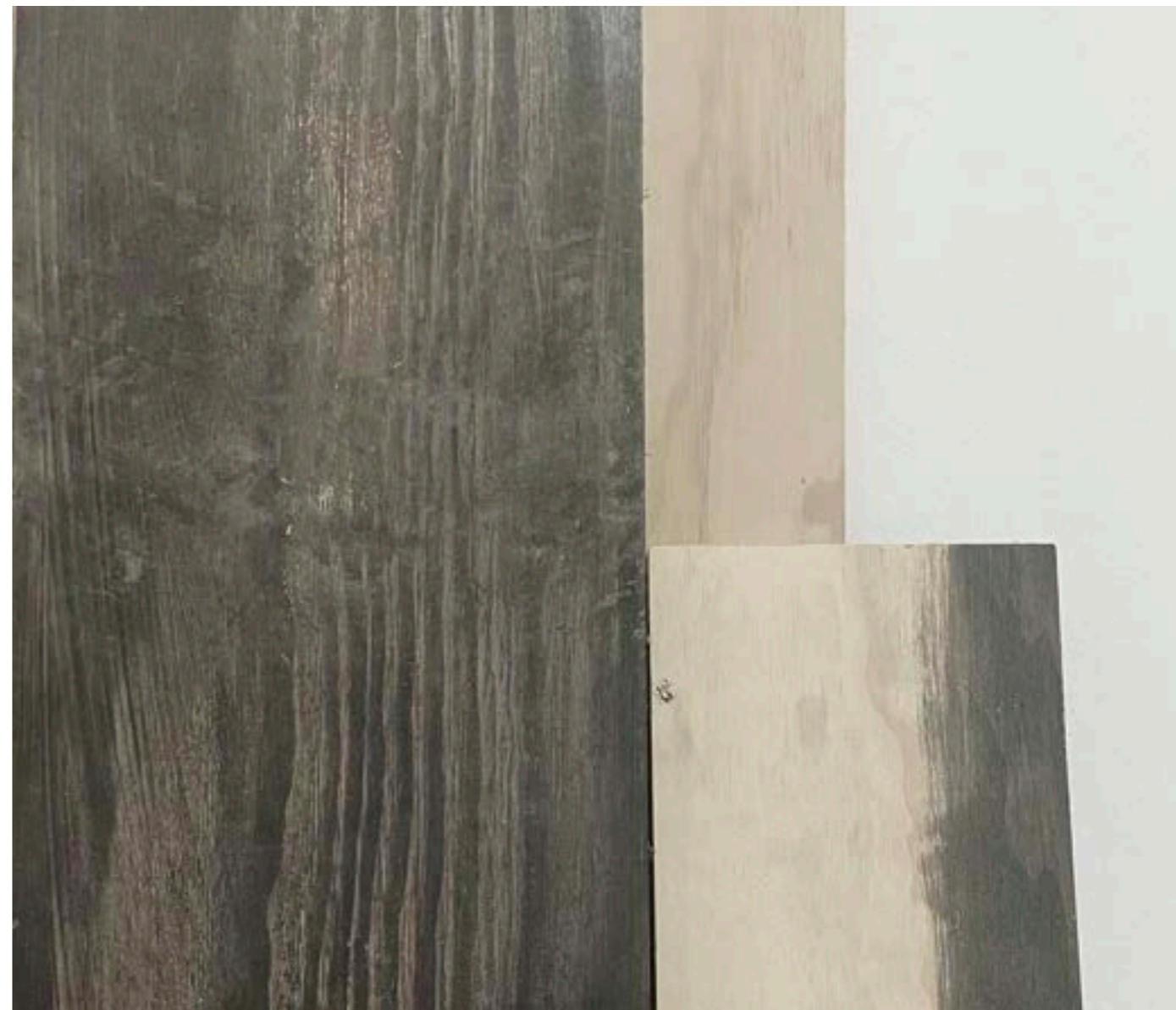
Na comunicación “Desenvolvemento metodolóxico mediante análise experimental da valoración da degradación en situacións de incendio de xuntas de carpintería en estruturas de madeira laminada encolada” descríbese a metodoloxía desenvolvida na parte experimental do traballo de investigación. Nunha segunda comunicación presentada ao devandito congreso “Modelado por métodos numéricos de la degradación térmica dun elemento estrutural de madeira en situación de incendio” móstranse os primeiros resultados de simulación do ensaio experimental para determinar a taxa de carbonización nun elemento de madeira laminada.

milano desarrollada por el doctorando Rubén Regueira Gay y centrada en la simulación del comportamiento de la unión en situación de incendio.

En la comunicación “Desarrollo metodológico mediante análisis experimental de la valoración de la degradación den situación de incendio de uniones carpinteras en estructuras de madera laminada encolada” se describe la metodología desarrollada en la parte experimental del trabajo de investigación. En una segunda comunicación presentada a dicho congreso “Modelización por métodos numéricos de la degradación térmica de un elemento estructural de madera en situación de incendio” se muestran los primeros resultados de simulación del ensayo experimental de determinación de velocidad de carbonización en un elemento de madera laminada.

joint in a fire situation.

In the communication “Methodological development through experimental analysis of the assessment of degradation in fire situations of carpentry joints in glued laminated wood structures” the methodology developed in the experimental part of the research work is described. In a second communication presented to said congress “Modeling by numerical methods of the thermal degradation of a wooden structural element in a fire situation” the first simulation results of the experimental test for determining the carbonization rate in a laminated wood element are shown.



Conclusiones

Conclusions

Conclusions

VV.AA

Asistentes | Participantes | Participants

As principais conclusións aos apartados anteriores son as seguintes:

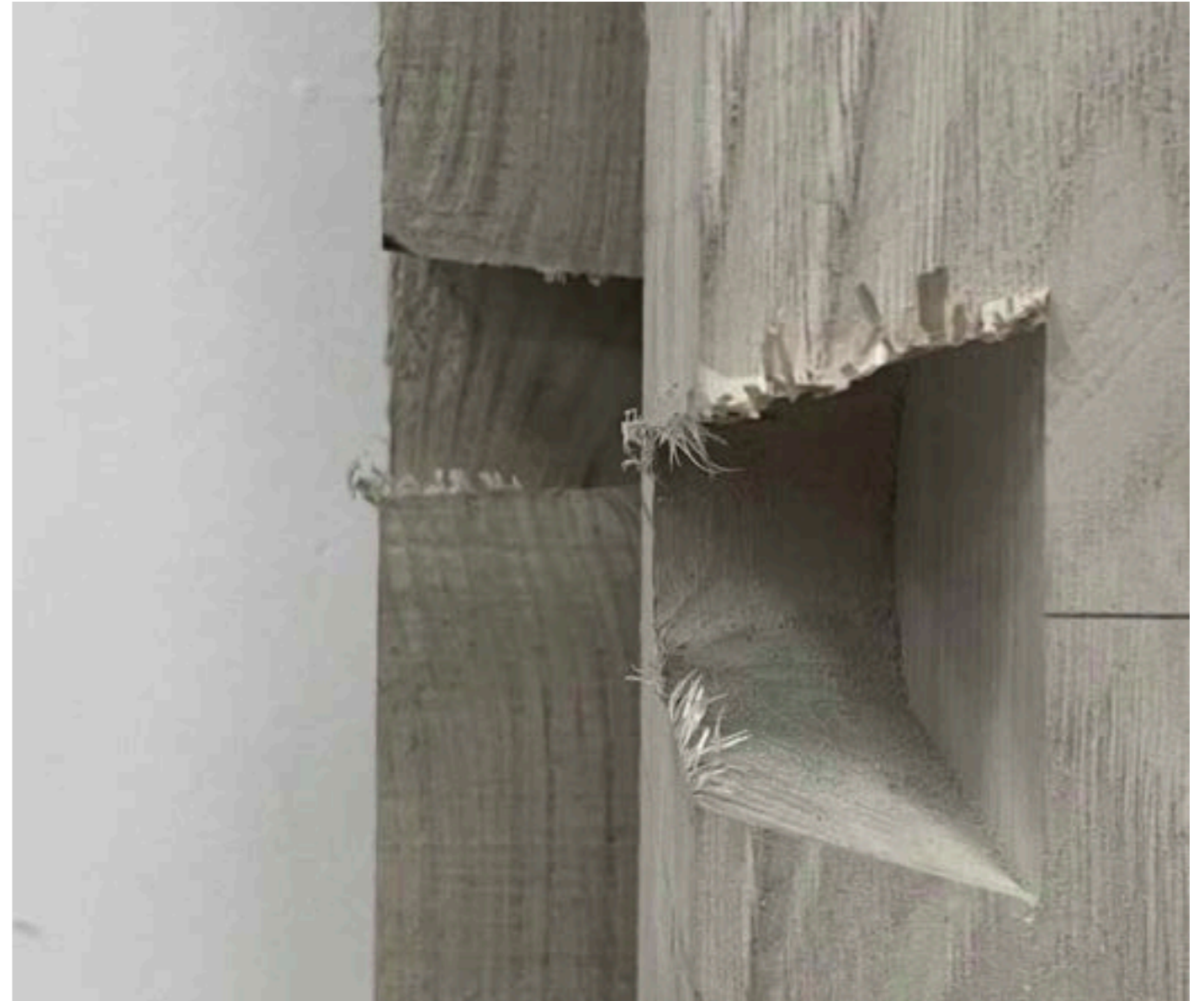
- O rexurdimento das unións tradicionais como consecuencia da innovación tecnolóxica do sector a través da introdución do mecanizado dos elementos estruturais mediante control numérico incrementouse significativamente o uso da unión na cola de milano.
- As principais vantaxes da unión son a redución do tempo necesario de montaxe sen necesidade de replantexar os elementos na obra e o acabado estético que non permite deixar á vista ningún elemento metálico.
- A tendencia actual na construción con madeira suporá un incremento no uso deste tipo de unión.
- As normativas de referencia no cálculo de estruturas de madeira en España, o CTE e o Eurocódigo 5, non recollen un método de cálculo específico que faga referencia ás recomendacións en canto aos parámetros de definición da xeometría da unión en cola de milano, como poden ser a altura da

Las principales conclusiones a los apartados precedentes son las siguientes:

- El resurgimiento de las uniones tradicionales como consecuencia de la innovación tecnológica del sector a través de la introducción del mecanizado de los elementos estructurales mediante control numérico ha incrementado significativamente el uso de la unión en cola de milano.
- Las principales ventajas de la unión son la reducción del tiempo necesario de montaje sin necesidad de replantear los elementos en obra y el acabado estético que permite no dejar a la vista ningún elemento metálico.
- La tendencia actual en la construcción con madera supondrá un incremento en el uso de este tipo de unión.
- Las normativas de referencia en el cálculo y estructuras de madera en España, el CTE y el Eurocódigo 5, no recogen un método de cálculo específico ni hacen referencia a las recomendaciones en cuanto a

The main conclusions from the preceding sections are the following:

- The resurgence of traditional joints as a consequence of technological innovation in the sector through the introduction of numerical control machining of structural elements has significantly increased the use of dovetail joints.
- The main advantages of the union are the reduction of the necessary assembly time without the need to rethink the elements on site and the aesthetic finish that allows no metal element to be left visible.
- The current trend in wood construction will mean an increase in the use of this type of union.
- The reference regulations in the calculation and wooden structures in Spain, the CTE and Eurocode 5, do not include a specific calculation method nor do they refer to the recommendations regarding the parameters for defining the geometry of the glue joint, of dovetail, such as the height of the tang between the flanks.



espiga ou o ángulo entre os flancos.

- Os programas específicos de diseño de estruturas de madeira incorporan bibliotecas que permiten a utilización deste tipo de unións proponendo diferentes valores para as variables xeométricas que definen a unión.

- A dificultade para coñecer os mecanismos de transmisión de esforzos a través das superficies de contacto converte aos métodos de simulación matemática mediante elementos finitos nas ferramentas perfectas de traballo.

- Existen referencias na bibliografía de ensaios experimentais para avaliar o comportamento da unión.

- O modo de funcionamento da unión provoca distintos modos de fallo que levan ao colapso final.

- A maior parte dos traballos publicados previamente céntranse no análise do modo do fallo considerando unicamente as tensións de tracción paralelas e perpendiculares á fibra en combinación coas tensións tanxenciais.

- Gran parte dos traballos citados analizan unicamente o estado

los parámetros de definición de la geometría de la unión en cola de milano, como pueden ser la altura de la espiga o el ángulo entre los flancos.

- Los programas específicos de diseño de estructuras de madera incorporan bibliotecas que permiten la utilización de este tipo de uniones proponiendo diferentes valores para las variables geométricas que definen la unión.

- La dificultad para conocer los mecanismos de transmisión de esfuerzos a través de las superficies de contacto convierte a los métodos de simulación matemática mediante elementos finitos en las herramientas perfectas de trabajo.

- Existen referencias en la bibliografía de ensayos experimentales para evaluar el comportamiento de la unión.

- El modo de funcionamiento de la unión provoca distintos modos de fallo que levan al colapso final.

- La mayor parte de los trabajos publicados previamente se centran en el análisis del modo del fallo considerando únicamente las tensiones de tracción paralelas y perpendiculares a la fibra en

- Specific programs for the design of wooden structures incorporate libraries that allow the use of this type of joints by proposing different values for the geometric variables that define the joint.

- The difficulty in knowing the mechanisms of stress transmission through contact surfaces makes mathematical simulation methods using finite elements the perfect work tools.

- There are references in the bibliography of experimental tests to evaluate the behavior of the union.

- The mode of operation of the joint causes different failure modes that lead to final collapse.

- Most of the previously published works focus on the analysis of the failure mode considering only the tensile stresses parallel and perpendicular to the fiber in combination with the tangential stresses.

- A large part of the cited works only analyze the tension state of the tenon without analyzing the tension state of the box.

- In the published works the



tensional da espiga sen analizar o estado tensional da caixa.

- Nos traballos publicados non se analiza a eficacia da unión en función da lonxitude dos elementos.
- Son escasas as publicacións sobre o efecto de semi-rixidez que caracteriza á unión e á súa influencia na flecha máxima do elemento a unir.

combinación con las tensiones tangenciales.

- Gran parte de los trabajos citados analizan únicamente el estado tensional de la espiga sin analizar el estado tensional de la caja.
- En los trabajos publicados no se analiza la eficacia de la unión en función de la longitud de los elementos.
- Son escasas las publicaciones sobre el efecto de semi-rigidez que caracteriza a la unión y su influencia en la flecha máxima del elemento a unir.

effectiveness of the union is not analyzed depending on the length of the elements.

- There are few publications on the semi-rigidity effect that characterizes the joint and its influence on the maximum deflection of the element to be joined.



Obradoiro Woodmakers. Intensivo de deseño en madeira

Taller Woodmakers. Intensivo de diseño en madera

Woodmakers. Wood design intensive Workshop

VV.AA

Asistentes | Participantes | Participants

No mes de outubro de 2023 organízase unha actividade singular nas instalacións do obradoiro de madeira de Cesuga. A diferenza doutras ocasións, non haberá artefactos arquitectónicos como resultado. Non se creará unha arquitectura efémera. Non haberá ningún resultado tanxible. O que se propón é coñecer ferramentas manuais de fresado: tocalas, investigar as súas características e utilízalas. O que se investiga é unha metodoloxía de traballo para crear unións con madeira estrutural que permitan a construción de diferentes estruturas. Tómase como referencia os traballos do profesor Christopher Roebeller da Universidade de Ausburgo.

Fillo dun carpinteiro, Óscar Vázquez Rama viaxa dende Madrid para amosarnos un oficio que coñece dende pequeno. Con estudos na Escola Superior de Arte e Deseño de Madrid, ten un máster en deseño dixital polo Instituto Europeo de Deseño. O seu traballo, tanto no seu taller de Madrid como de Galicia, céntrase na recuperación de madeiras, portas ou fiestras que quedaron fóra de circulación. Neles ve unha nova vida. Interésalle a economía circular e o desperdicio cero.

En el mes de octubre de 2023 se organiza en las dependencias del taller de madera de Cesuga una actividad singular. A diferencia de otras ocasiones, no habrá un artefacto arquitectónico como resultado. No se creará una arquitectura efímera. No habrá un resultado tangible. Lo que se propone es conocer herramientas manuales para fresado: tocarlas, investigar sus prestaciones y usarlas. Lo que se investiga es una metodología de trabajo para crear uniones con madera estructural que permitan la construcción de diferentes estructuras. Se toma como referencia el trabajo del profesor Christopher Roebeller, de la Universidad de Ausburgo.

Hijo de carpintero, Óscar Vázquez Rama se desplaza desde Madrid para mostrarnos un oficio que conoce desde pequeño. Con estudios en la Escuela Superior de Arte y Diseño de Madrid, posee un máster en diseño digital por el Instituto Europeo de Design. Su trabajo, tanto en su taller de Madrid como en el de Galicia, se centra en recuperar maderas, puertas o ventanas que han quedado fuera de circulación. En ellas ve una nueva vida. Está interesado en la economía circular y en el residuo cero.

Proceso © Obradoiro

Proceso © Taller

Process © Workshop

In the month of October 2023, a singular activity is organized in the premises of the Cesuga wood workshop. Unlike other occasions, there will be no architectural artifact as a result. An ephemeral architecture will not be created. There will be no tangible result. What is proposed is to know manual tools for milling: touch them, investigate their features and use them. What is investigated is a work methodology to create joints with structural wood that allow the construction of different structures. The work of Professor Christopher Roebeller, from the University of Augsburg, is taken as a reference.

Son of a carpenter, Óscar Vázquez Rama travels from Madrid to show us a trade that he has known since he was little. With studies at the Higher School of Art and Design of Madrid, he has a master's degree in digital design from the European Institute of Design. His work, both in his workshop in Madrid and in Galicia, focuses on recovering wood, doors or windows that have been left out of circulation. In them he sees a new life. He is interested in the circular economy and zero waste.



Óscar Vázquez trouxo o seu sólido e funcional banco de carpintería. Traballar a partir de materiais recuperados é o seu obxectivo. Tamén mostrou e explicou aos estudantes unha tese de doutoramento, defendida en 2011 na Universidade de Santiago de Compostela. A súa autora, María Azahara Soilán Cañas, realizou investigacións sobre modelos numéricos para o dimensionamento de unións de cola de milano entre vigas estruturais de madeira. Nesta publicación recóllense extractos da dita tese, realizada baixo a dirección de Manuel Guaita Fernández.

As explicacións previas das arquitectas Cristina Ezcurra e Cristina Ouzande axudan aos participantes a comprender mellor o sistema de nos e conxuntos. Os participantes descubriron así a importancia das unións de madeira sen elementos auxiliares.

No obradoiro utilizouse por primeira vez madeira de castiñeiro, un material de excelente calidade, unha madeira pouco nerviosa e suave. O espazo do obradoiro énchese de participantes, serrín, ruído e movemento.

Óscar Vázquez se ha traído su banco de trabajo para carpintería, sólido y funcional. Trabaja a partir de materiales recuperados es su objetivo. También ha mostrado y explicado a los alumnos una tesis doctoral, defendida en el año 2011 en la Universidad de Santiago de Compostela. Su autora, María Azahara Soilán Cañas, realizó una investigación sobre modelos numéricos para el dimensionado de uniones con cola de milano entre vigas de madera estructural. Extractos de dicha tesis, realizada bajo la dirección de Manuel Guaita Fernández, han sido recogidos en esta publicación.

Las explicaciones previas de las arquitectas Cristina Ezcurra y Cristina Ouzande ayudan a los participantes a entender mejor el sistema de nudos y ensamblés. Los participantes descubrieron así la importancia de las uniones de madera sin elementos auxiliares.

Por primera vez, se empleó la madera de castaño en el taller, un material de excelente calidad, una madera poco nerviosa y blanda. El espacio del taller se llena de participantes, serrín, ruido y movimiento.

Óscar Vázquez has brought his solid and functional carpentry workbench. Working from recovered materials is his goal. He has also shown and explained to the students a doctoral thesis, defended in 2011 at the University of Santiago de Compostela. Its author, María Azahara Soilán Cañas, carried out research on numerical models for the dimensioning of dovetail joints between structural wooden beams. Extracts from her thesis, carried out under the direction of Manuel Guaita Fernández, have been collected in this publication.

The previous explanations by architects Cristina Ezcurra and Cristina Ouzande help participants better understand the system of nodes and assemblies. The participants thus discovered the importance of wooden joints without auxiliary elements.

For the first time, chestnut wood was used in the workshop, a material of excellent quality, a wood that is not very nervous and soft. The workshop space is filled with participants, sawdust, noise and movement.























