


Propiedades estructurales de la madera de castaño para nueva construcción

Vanessa Baño Gómez
 Área Construcción con Madera
 CETEMAS. Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias
vanesab@serida.org

Propiedades estructurales de la madera de castaño para nueva construcción

Índice

- 0. INTRODUCCIÓN
- I. MARCO NORMATIVO EUROPEO DE LA MADERA ESTRUCTURAL
- II. SITUACIÓN DEL CASTAÑO COMO MADERA ESTRUCTURAL
- III. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE CASTAÑO: ensayos mecánicos
- IV. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE CASTAÑO: clasificación visual
- V. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE CASTAÑO: métodos no destructivos
- VI. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE CASTAÑO: muestreo. ejemplo



0. Introducción

NORMAS DE CLASIFICACIÓN DE LA MADERA

CLASIFICACIÓN SIN CRITERIO DE RESISTENCIA

Basado en criterios de apariencia estética, de trabajabilidad o de adecuación a posibles usos

CLASIFICACIÓN CON CRITERIO DE RESISTENCIA

MÉTODOS DESTRUCTIVOS

MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

Para el empleo de la madera en estructuras, según unas normas de clasificación



0. Introducción

variables a tener en cuenta para proyectar con madera

ESPECIE


CONÍFERAS

FRONDOSAS



variables a tener en cuenta para proyectar con madera

| ESPECIE | TIPO DE MADERA |
|-----------|----------------|
| CONÍFERAS | ASERRADA |
| FRONDOSAS | LAMINADA |
| | MICROLAMINADA |
| | ROLLIZOS |
| | TABLEROS |

0. Introducción

variables a tener en cuenta para proyectar con madera

| ESPECIE | TIPO DE MADERA | CLASE SERVICIO |
|-----------|----------------|----------------|
| CONÍFERAS | ASERRADA | CLASE 1 |
| FRONDOSAS | LAMINADA | CLASE 2 |
| | MICROLAMINADA | CLASE 3 |
| | ROLLIZOS | |
| | TABLEROS | |

Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.





0. Introducción

0. Introducción

variables a tener en cuenta para proyectar con madera

| ESPECIE | TIPO DE MADERA | CLASE SERVICIO | CLASE DE USO |
|-----------|----------------|----------------|--------------|
| CONÍFERAS | ASERRADA | CLASE 1 | CLASE 1 |
| FRONDOSAS | LAMINADA | CLASE 2 | CLASE 2 |
| | MICROLAMINADA | CLASE 3 | CLASE 3 |
| | ROLLIZOS | | CLASE 4 |
| | TABLEROS | | CLASE 5 |

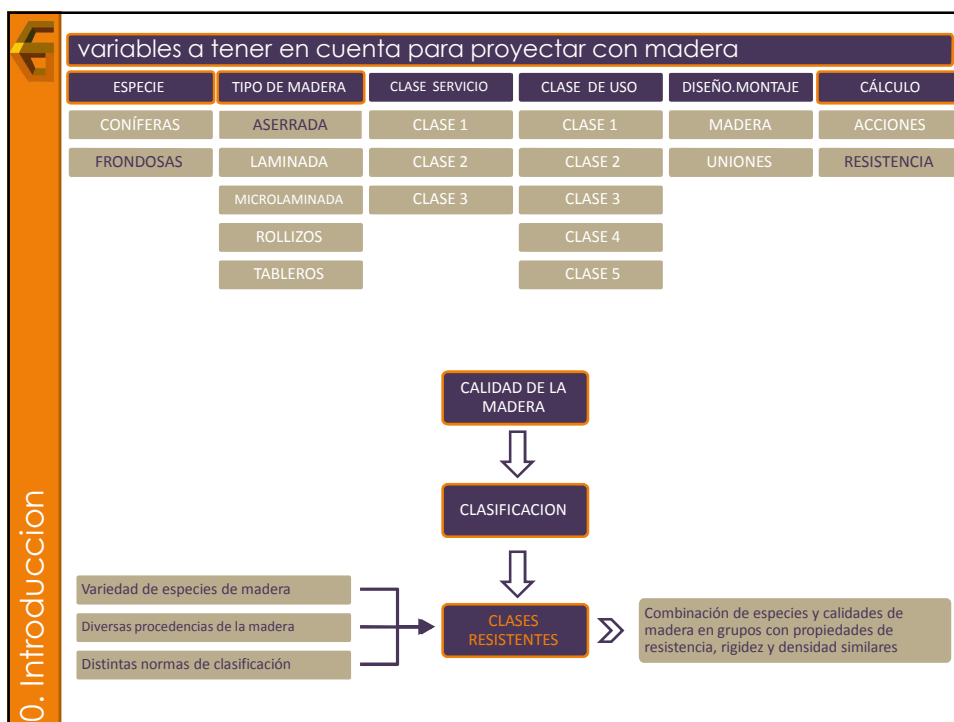
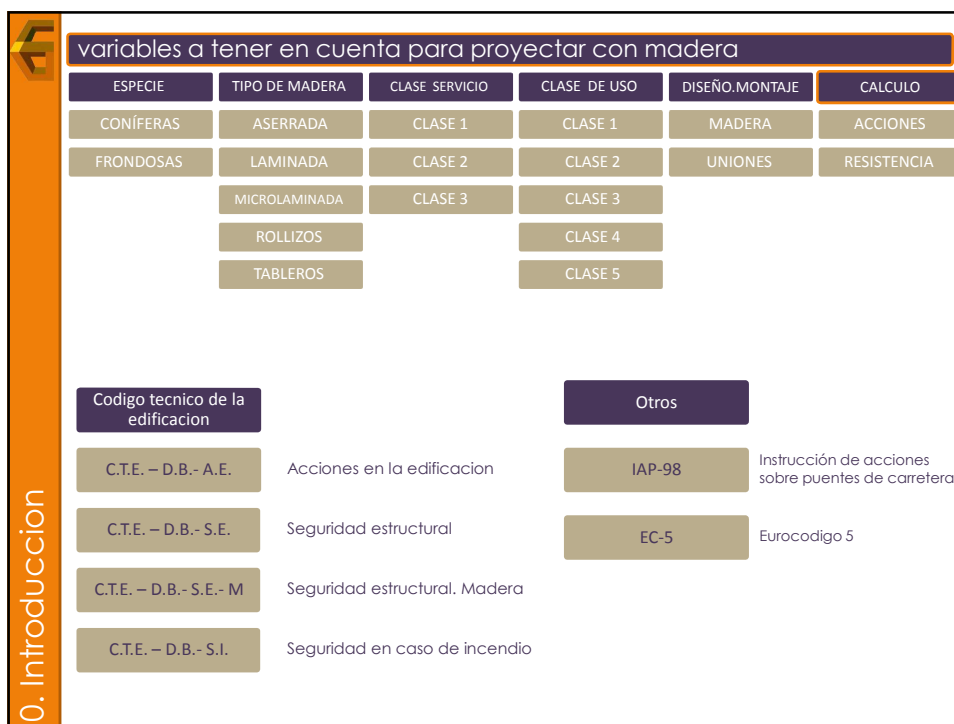
clase 3.1
clase 3.2

0. Introducción

variables a tener en cuenta para proyectar con madera

| ESPECIE | TIPO DE MADERA | CLASE SERVICIO | CLASE DE USO | DISEÑO-MONTAJE |
|-----------|----------------|----------------|--------------|----------------|
| CONÍFERAS | ASERRADA | CLASE 1 | CLASE 1 | MADERA |
| FRONDOSAS | LAMINADA | CLASE 2 | CLASE 2 | UNIONES |
| | MICROLAMINADA | CLASE 3 | CLASE 3 | |
| | ROLLIZOS | | CLASE 4 | |
| | TABLEROS | | CLASE 5 | |

Fuente: Media Madera, ingenieros consultores, S.L.



0. Introducción

La norma de clasificación por **calidades**, de **especies** y **procedencias** que asigna **clase resistente** es **competencia**, normalmente, del organismo de normalización del país que publica la norma y ésta garantiza que los valores de las propiedades de la madera aserrada así clasificada son mayores o iguales a los que corresponden para la clase resistente asignada.

| Propiedades | Clase resistente | | | | | | | | | | | | | | | | Propiedades | Clase Resistente | | | | | |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|--|------------------|------|--|--|--|--|
| | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | D30 | D35 | D40 | D50 | | D60 | D70 | | | | |
| Resistencia (característica) en N/mm^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | Resistencia (característica) en N/mm^2 | | | | | | |
| - Flexión $f_{t,k}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | - Flexión $f_{t,k}$ | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | | | | |
| - Tracción paralela $f_{t,k}$ | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | - Tracción paralela $f_{t,k}$ | 18 | 21 | 24 | 30 | 36 | 42 | | | | |
| - Tracción perpendicular $f_{t,k}$ | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - Tracción perpendicular $f_{t,k}$ | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | | | |
| - Compresión paralela $f_{c,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | - Compresión paralela $f_{c,k}$ | 23 | 25 | 26 | 29 | 32 | 34 | | | | |
| - Compresión perpendicular $f_{c,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | - Compresión perpendicular $f_{c,k}$ | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,7 | 10,5 | 13,5 | | | | |
| - Cortante f_v | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | - Cortante f_v | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,6 | 5,3 | 6,0 | | | | |
| Rigidez, en kN/mm^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | Rigidez, kN/mm^2 | | | | | | |
| - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,mean}$ | 7 | 8 | 9 | 9,5 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,mean}$ | 10 | 10 | 11 | 14 | 17 | 20 | | | | |
| - Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil $E_{0,5}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 8,0 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,0 | 10,7 | - Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil $E_{0,5}$ | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 11,8 | 14,3 | 16,8 | | | | |
| - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,mean}$ | 0,64 | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 | | | | |
| - Módulo transversal medio $G_{0,mean}$ | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | - Módulo transversal medio $G_{0,mean}$ | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 | | | | |
| Densidad, en kg/m^3 | | | | | | | | | | | | | | | | | Densidad, kg/m^3 | | | | | | |
| - Densidad característica ρ_k | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | - Densidad característica ρ_k | 530 | 560 | 590 | 650 | 700 | 900 | | | | |
| - Densidad media ρ_{medio} | 350 | 370 | 380 | 390 | 410 | 420 | 450 | 460 | 480 | 500 | 520 | 550 | - Densidad media ρ_{medio} | 640 | 670 | 700 | 780 | 840 | 1080 | | | | |

CONÍFERAS + CHOPO **FRONDOSAS**

Variedad de especies de madera
Diversas procedencias de la madera
Distintas normas de clasificación

CLASES RESISTENTES ⇒ Combinación de especies y calidades de madera en grupos con propiedades de resistencia, rigidez y densidad similares

Clase resistente C18
C = coníferas
18 = resistencia a flexión (N/mm^2)

Clase resistente D30
D = frondosas
30 = resistencia a flexión (N/mm^2)

Este sistema permite al proyectista que, especificada una clase resistente, pueda utilizar, en el cálculo, los valores de las **propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociados a dicha clase resistente**

| Propiedades | Clase resistente | | | | | | | | | | | | | | | | Propiedades | Clase Resistente | | | | | |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|--|------------------|------|--|--|--|--|
| | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | D30 | D35 | D40 | D50 | | D60 | D70 | | | | |
| Resistencia (característica) en N/mm^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | Resistencia (característica) en N/mm^2 | | | | | | |
| - Flexión $f_{t,k}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | - Flexión $f_{t,k}$ | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | | | | |
| - Tracción paralela $f_{t,k}$ | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | - Tracción paralela $f_{t,k}$ | 18 | 21 | 24 | 30 | 36 | 42 | | | | |
| - Tracción perpendicular $f_{t,k}$ | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - Tracción perpendicular $f_{t,k}$ | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | | | |
| - Compresión paralela $f_{c,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | - Compresión paralela $f_{c,k}$ | 23 | 25 | 26 | 29 | 32 | 34 | | | | |
| - Compresión perpendicular $f_{c,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | - Compresión perpendicular $f_{c,k}$ | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,7 | 10,5 | 13,5 | | | | |
| - Cortante f_v | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | - Cortante f_v | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,6 | 5,3 | 6,0 | | | | |
| Rigidez, en kN/mm^2 | | | | | | | | | | | | | | | | | Rigidez, kN/mm^2 | | | | | | |
| - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,mean}$ | 7 | 8 | 9 | 9,5 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | - Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,mean}$ | 10 | 10 | 11 | 14 | 17 | 20 | | | | |
| - Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil $E_{0,5}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 8,0 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,0 | 10,7 | - Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil $E_{0,5}$ | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 11,8 | 14,3 | 16,8 | | | | |
| - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | - Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,mean}$ | 0,64 | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 | | | | |
| - Módulo transversal medio $G_{0,mean}$ | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | - Módulo transversal medio $G_{0,mean}$ | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 | | | | |
| Densidad, en kg/m^3 | | | | | | | | | | | | | | | | | Densidad, kg/m^3 | | | | | | |
| - Densidad característica ρ_k | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | - Densidad característica ρ_k | 530 | 560 | 590 | 650 | 700 | 900 | | | | |
| - Densidad media ρ_{medio} | 350 | 370 | 380 | 390 | 410 | 420 | 450 | 460 | 480 | 500 | 520 | 550 | - Densidad media ρ_{medio} | 640 | 670 | 700 | 780 | 840 | 1080 | | | | |

CONÍFERAS + CHOPO **FRONDOSAS**

Variedad de especies de madera
Diversas procedencias de la madera
Distintas normas de clasificación

CLASES RESISTENTES ⇒ Combinación de especies y calidades de madera en grupos con propiedades de resistencia, rigidez y densidad similares

0. Introducción

marcado CE de madera estructural

PNSY (a) **madera aserrada de *Pinus sylvestris*** Código Organismo Notificado

Código de identificación de la información: **CE** **DRY GRADED** (b) **M (d)** **C 24** (c) **clase resistente**

clasificación en seco/húmedo Fuente: Boletín de información técnica.AITIM

| Propiedades | Clase resistente | | | | | | | | | | Clase Resistente | | | | | | | | | |
|--|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | D30 | D35 | D40 | D50 | D60 | D70 | | |
| Resistencia (característica), en N/mm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Flexión | $f_{t,k}$ | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | $f_{t,k}$ | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| - Tracción paralela | $f_{t,k}$ | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | $f_{t,k}$ | 18 | 21 | 24 | 30 | 36 | 42 |
| - Tracción perpendicular | $f_{t,k}$ | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | $f_{t,k}$ | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| - Compresión paralela | $f_{c,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | $f_{c,k}$ | 23 | 25 | 26 | 29 | 32 | 34 |
| - Compresión perpendicular | $f_{c,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | $f_{c,k}$ | 8,0 | 8,4 | 8,8 | 9,7 | 10,5 | 13,5 |
| - Cortante | f_v | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | f_v | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 4,6 | 5,3 | 6,0 |
| Rigidez, en kN/mm ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Módulo de elasticidad paralelo medio | $E_{0,mean}$ | 7 | 8 | 9 | 9,5 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | $E_{0,mean}$ | 10 | 10 | 11 | 14 | 17 | 20 |
| - Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil | $E_{0,k}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 8,0 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,0 | 10,7 | $E_{0,k}$ | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 11,8 | 14,3 | 16,8 |
| - Módulo de elasticidad perpendicular medio | $E_{90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | $E_{90,mean}$ | 0,64 | 0,69 | 0,75 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| - Módulo transversal medio | G_{mean} | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | G_{mean} | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| Densidad, en kg/m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Densidad característica | ρ_k | 290 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | ρ_k | 530 | 560 | 590 | 650 | 700 | 900 |
| - Densidad media | ρ_{medio} | 350 | 370 | 380 | 390 | 410 | 420 | 450 | 460 | 480 | 500 | 520 | 550 | ρ_{medio} | 640 | 670 | 700 | 780 | 840 | 1080 |

CONÍFERAS + CHOPO FRONDOSAS

Variedad de especies de madera

Diversas procedencias de la madera

Distintas normas de clasificación

CLASES RESISTENTES

Combinación de especies y calidades de madera en grupos con propiedades de resistencia, rigidez y densidad similares

I. Marco normativo europeo de la madera estructural

Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

1. Es necesario definir una clasificación acorde a la norma
Clasificación resistente de la madera estructural de sección rectangular. Parte 1. Exigencias generales
UNE EN 14081-1
2. Realización de los ensayos estructurales de determinación de las propiedades de la madera
Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y densidad
UNE EN 408
3. Cálculo de los valores característicos de las propiedades mecánicas de la madera
Estructuras de madera. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad
UNE EN 384
4. Asignación de las clases resistentes a la madera de castaño
Madera estructural. Clases resistentes
UNE EN 338
5. Aprobación de la norma de clasificación y asignaciones resistentes del CEN TC 124
Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies
UNE EN 1912

C.T.E.

Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

La norma UNE EN 408 establece los diferentes ensayos mecánicos a realizar sobre probetas de madera con el fin de obtener valores de propiedades físicas y mecánicas. Los mínimos necesarios para poder determinar la clase resistente de una especie de madera son: módulo de elasticidad en flexión, densidad y resistencia en flexión.

2. Realización de los ensayos estructurales de determinación de las propiedades de la madera

Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y densidad

UNE EN 408



Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

MUESTREO



ENSAJO UNE EN 408



ANÁLISIS DATOS



PROP. DE RESISTENCIA

Determinación de las propiedades de la población: PROCEDENCIA, DIMENSIONES Y CALIDADES
Determinación de la clase resistente de la madera de acuerdo a la norma UNE EN 408

Resistencia a flexión

Módulo elasticidad

Densidad

$$f_k = \overline{f}_{05} k_s k_v$$

$$E_{0,mean} = \frac{\sum \overline{E}_j n_j}{\sum n_j}$$

$$\rho_k = \frac{\sum \rho_{05,j} n_j}{\sum n_j}$$

3. Cálculo de los valores característicos de las propiedades mecánicas de la madera

Estructuras de madera. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad

UNE EN 384

Establece el procedimiento para la determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad para una población de madera determinada, ajustadas al 5º percentil en la distribución estadística de una propiedad.

Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

| | | |
|-----------------------|--|---|
| Resistencia a flexión | Tensile strength parallel to grain $f_{t,0,k} = 0,6 f_{m,k}$ | Modulus of elasticity parallel to grain |
| | Compression strength parallel to grain $f_{c,0,k} = 5(f_{m,k})^{0,45}$ | $E_{0,05} = 0,67 E_{0,mean}$ for softwoods |
| | Shear strength | $E_{0,05} = 0,84 E_{0,mean}$ for hardwoods |
| Módulo elasticidad | $f_{v,k}$ shall be taken from Table 1 | Mean modulus of elasticity perpendicular to grain |
| | Tensile strength perpendicular to grain | $E_{90,mean} = E_{0,mean} / 30$ for softwoods |
| | $f_{t,90,k} = 0,4$ for softwoods $f_{t,90,k} = 0,6$ for hardwoods | $E_{90,mean} = E_{0,mean} / 15$ for hardwoods |
| Densidad | Compressive strength perpendicular to grain: | Mean shear modulus $G_{mean} = E_{0,mean} / 16$ |
| | $f_{c,90,k} = 0,007 \rho_k$ for softwoods | |
| | $f_{c,90,k} = 0,015 \rho_k$ for hardwoods | |

4. Asignación de las clases resistentes a la madera de castaño

Madera estructural. Clases resistentes

UNE EN 338

Establece un sistema de clases resistentes de uso general en el marco de las normas de cálculo estructural. Indica, para cada clase, los valores característicos de propiedades de resistencia, rigidez y densidad, así como las combinaciones de especies, procedencias y calidades.

Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

Table 1 — Strength classes - Characteristic values

| | | Softwood species | | | | | | | | | | | | Hardwood species | | | | | | | | | |
|---|---------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| | | C14 | C16 | C18 | C20 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 | D18 | D24 | D30 | D35 | D40 | D50 | D60 | D70 | | |
| Strength properties (in N/mm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tension parallel | $f_{t,k}$ | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 11 | 14 | 18 | 21 | 24 | 30 | 36 | 42 | | |
| Tension perpendicular | $f_{t90,k}$ | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | |
| Compression parallel | $f_{c,k}$ | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 27 | 29 | 18 | 21 | 23 | 25 | 26 | 29 | 32 | 34 | | |
| Compression perpendicular | $f_{c90,k}$ | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 7,5 | 7,8 | 8,0 | 8,1 | 8,3 | 9,3 | 10,5 | 13,5 | | |
| Shear | $f_{v,k}$ | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,4 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | | |
| Stiffness properties (in kN/mm ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mean modulus of elasticity parallel | $E_{0,mean}$ | 8,7 | 9,7 | 10,7 | 11,7 | 12,7 | 13,7 | 15,7 | 17,7 | 20,7 | 23,7 | 26,7 | 30,7 | 10,7 | 13,7 | 16,7 | 19,7 | 22,7 | 27,7 | 32,7 | 41,7 | | |
| % modulus of elasticity parallel | $E_{0,05}$ | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 6,7 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,7 | 9,4 | 10,0 | 10,7 | 8,4 | 9,2 | 10,1 | 10,9 | 11,8 | 14,3 | 16,8 | | | |
| Mean modulus of elasticity perpendicular | $E_{90,mean}$ | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,32 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | 0,67 | 0,73 | 0,80 | 0,86 | 0,93 | 1,13 | 1,33 | | | |
| Mean shear modulus | G_{mean} | 0,44 | 0,5 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,68 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 1,06 | 1,25 | | |
| Density (in kg/m ³) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Density | ρ_k | 210 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | 230 | | |
| Mean density | ρ_{mean} | 350 | 370 | 380 | 390 | 410 | 420 | 450 | 460 | 480 | 500 | 520 | 550 | 610 | 630 | 640 | 650 | 660 | 750 | 840 | 1080 | | |

4. Asignación de las clases resistentes a la madera de castaño

UNE EN 338

Establece un sistema de clases resistentes de uso general en el marco de las normas de cálculo estructural. Indica, para cada clase, los valores característicos de propiedades de resistencia, rigidez y densidad, así como las combinaciones de especies, procedencias y calidades.

I. Marco normativo europeo de la madera estructural

Inclusión de una madera estructural en el C.T.E.

| CONÍFERAS | EN ESPAÑA: | FRONDOSAS |
|---|--|--|
| <i>Abies alba</i> <i>Abies amabilis</i> <i>Abies balsamea</i> <i>Abies concolor</i> <i>Abies grandis</i> <i>Abies lasiocarpa</i> <i>Abies magnifica</i> <i>Abies procera</i> (A. nobilis) <i>Araucaria angustifolia</i> <i>Larix deciduas</i> (L. europea) <i>Larix eurolepis</i> <i>Larix kaempferi</i> (L. leptolepis) <i>Larix occidentalis</i> <i>Picea abies</i> <i>Picea engelmannii</i> <i>Picea glauca</i> <i>Picea mariana</i> <i>Picea rubens</i> <i>Picea sitchensis</i> | <i>Pinus banksiana</i> <i>Pinus caribaea</i> <i>Pinus contorta</i> <i>Pinus echinata</i> <i>Pinus elliotii</i> <i>Pinus lambertiana</i> <i>Pinus monticola</i> <i>Pinus nigra</i> <i>Pinus oocarpa</i> <i>Pinus palustris</i> <i>Pinus pinaster</i> <i>Pinus ponderosa</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Pinus taeda</i> <i>Pinus radiata</i> <i>Populus</i> (see note 1) <i>Pseudotsuga menziesii</i> <i>Thuja plicata</i> <i>Tsuga heterophylla</i> <i>Tsuga mertensiana</i> | <i>Dipterocarpus spp</i> <i>Dryobalanops spp</i> <i>Eucalyptus diversicolor</i> <i>Eucalyptus marginata</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Intsia bijuga</i> <i>Intsia palembanica</i> <i>Koompassia malaccensis</i> <i>Lophira alata</i> <i>Milicia excelsa</i> <i>Milicia regia</i> <i>Nauclea diderrichii</i> <i>Ocotea rodiaei</i> <i>Shorea glauca</i> <i>Shorea maxwelliana</i> <i>Tectona grandis</i> <i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus robur</i> |

5. Aprobación de la norma de clasificación y asignaciones resistentes del CEN TC 124

Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies

UNE EN 1912

I. Marco normativo europeo de la madera estructural

Estimación de las propiedades resistentes de la madera

Ensayos a realizar sobre probetas de madera de tamaño estructural

ENSAYOS MECÁNICOS

Realización de los ensayos estructurales de determinación de las propiedades de la madera

Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y densidad

UNE EN 408

CLASIFICACIÓN VISUAL

Determinación de una calidad visual de la madera

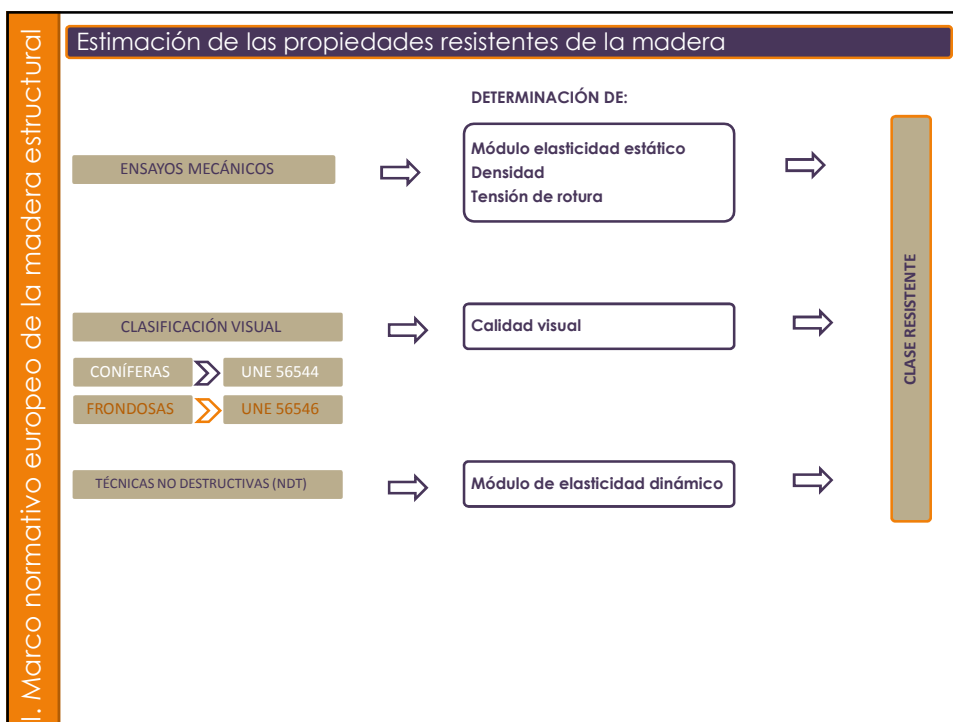
Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de frondosas

UNE EN 56546

TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS (NDT)

Determinación del módulo de elasticidad dinámico

Empleo de técnicas acústicas y de vibración no destructivas con las probetas de madera empleadas



I. Marco normativo europeo de la madera estructural

Estimación de las propiedades resistentes de la madera

ENSAYOS MECÁNICOS → **V. CARACTERÍSTICOS** → **CLASES RESISTENTES**

UNE EN 408 >> **UNE EN 384** >> **UNE EN 338** >> **UNE EN 1912**

CLASIFICACIÓN VISUAL

CONÍFERAS >> **UNE 56544**

ME-1

Madera estructural calidad 1

ME-2

Madera estructural calidad 2

MEG

Madera estructural gran escuadría

UNE EN 1912

| Norma | Especie (Procedencia) | C14 | C16 | C18 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 |
|---------------|---|-----|-----|--------|-------|------|------|------|-----|
| UNE 56.544 | Pino silvestre (España) | - | - | ME-2 | MEG | - | ME-1 | - | - |
| | Pino pinaster (España) | - | - | ME-2 | - | ME-1 | - | - | - |
| | Pino insignis (España) | - | - | ME-2 | - | ME-1 | - | - | - |
| | Pino laricio (España) | - | - | ME-2 | MEG | - | - | ME-1 | - |
| NF B 52.001-4 | Abeto (Francia) | - | - | ST-III | ST-II | - | ST-I | - | - |
| | Falso abeto (Francia) | - | - | ST-III | ST-II | - | ST-I | - | - |
| | Pino oregon (Francia) | - | - | ST-III | ST-II | - | - | - | - |
| | Pino pinaster (Francia) | - | - | ST-III | ST-II | - | - | - | - |
| DIN 4074 | Abeto (Europa: Central, N y E) | - | S7 | - | - | S10 | - | S13 | - |
| | Falso abeto (Europa: Central, N y E) | - | S7 | - | - | S10 | - | S13 | - |
| | Pino silvestre (Europa: Central, N y E) | - | S7 | - | - | S10 | - | S13 | - |
| INSTA 142 | Abeto (Europa: N y NE) | T0 | - | T1 | - | T2 | - | T3 | - |
| | Falso abeto (Europa: N y NE) | T0 | - | T1 | - | T2 | - | T3 | - |
| | Pino silvestre (Europa: N y NE) | T0 | - | T1 | - | T2 | - | T3 | - |
| BS 4978 | Abeto (Reino Unido) | - | GS | - | - | SS | - | - | - |
| | Pino silvestre (Reino Unido) | - | GS | - | - | SS | - | - | - |

II. Situación del castaño como madera estructural

En España están recogidos cuatro pinos estructurales:

- Pinus sylvestris* (Pino silvestre)
- Pinus nigra* (Pino laricio)
- Pinus radiata* (Pino radiata)
- Pinus pinaster* (Pino gallego o marítimo)

diversas atribuciones a clases resistentes, según la clasificación visual española UNE 56.544, donde las calidades de corresponden con:

| CONÍFERAS | | C14 | C16 | C18 | C22 | C24 | C27 | C30 | C35 |
|------------|-------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|
| UNE 56.544 | Pino silvestre (España) | - | - | ME-2 | MEG | - | ME-1 | - | - |
| | Pino pinaster (España) | - | - | ME-2 | - | ME-1 | - | - | - |
| | Pino insignis (España) | - | - | ME-2 | - | ME-1 | - | - | - |
| | Pino laricio (España) | - | - | ME-2 | MEG | - | - | ME-1 | - |

ME-1: Madera estructural calidad 1
ME-2: Madera estructural calidad 2
MEG: Madera estructural de gran escuadría

De tal forma que un pino silvestre de procedencia española con calidad visual ME-2 puede ser calculado con una clase de resistencia C18 y de ahí desarrollar, según la norma citada, todas las propuestas de dimensionado que cumplan con las prestaciones establecidas en el CTE para cualquier edificio realizado con madera.

I. Marco normativo europeo de la madera estructural

Estimación de las propiedades resistentes de la madera

ENSAYOS MECÁNICOS → V. CARACTERÍSTICAS → CLASES RESISTENTES

UNE EN 408 → UNE EN 384 → UNE EN 338 → UNE EN 1912

CLASIFICACIÓN VISUAL

FRONDOSAS → UNE 56546

MEF

Madera estructural frondosas

FRONDOSAS

| UNE EN 1912 | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--|---|
| Strength class | Grading rule publishing country | Grade (see note 1) | Species commercial Name | Source | Botanical Identification (see Table 4) | Comments |
| D70 | UK | HS | Balau Greenheart | South East Asia | 113, 114 | |
| | The Netherlands | A/B | Azobé | West Africa | 100 | |
| | UK | HS | Ekki | West Africa | 100 | |
| D60 | UK | HS | Kapur Kempas | South East Asia | 86, 98 | |
| D50 | UK | HS | Keruing | South East Asia | 90 | |
| | | HS | Merbau | Western Australia | 107 | |
| | | HS | Merbau | West Africa, South East Asia | 94, 95 | |
| D40 | Germany | LS 13 | Beech | Germany | 119 | |
| | UK | HS | Iroko | Africa | 103, 104 | |
| | | HS | Jarrah | Western Australia | 91 | |
| | | HS | Teak | South East Asia | 117 | |
| | Spain | MEF | Eucalyptus | Spain | 92 | Maximum thickness 60 mm, maximum width 200 mm |
| D35 | Germany | LS 10 and better | Beech | Germany | 119 | |
| D30 | Germany | LS 10 | Oak | Germany | 122, 123 | |

II. Situación del castaño como madera estructural

En España está recogido únicamente la madera de eucalipto:

Eucalyptus globulus

diversas atribuciones a clases resistentes, según la clasificación visual española UNE 56.546, donde las calidades de corresponden con:

| | | D18 | D24 | D30 | D35 | D40 | D50 | D60 | D70 |
|------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| UNE 56.546 | <i>Eucalyptus globulus</i> (España) | - | | | | MEF | - | - | - |

MEF: Madera estructural de frondosas (una única calidad estructural y para una única especie)

MADERA DE FRONDOSAS: Eucalipto de procedencia española está reconocido a nivel Europeo en la norma EN 1912: EUCALIPTO MEF (UNE EN 56546)= D40 (C.T.E.)

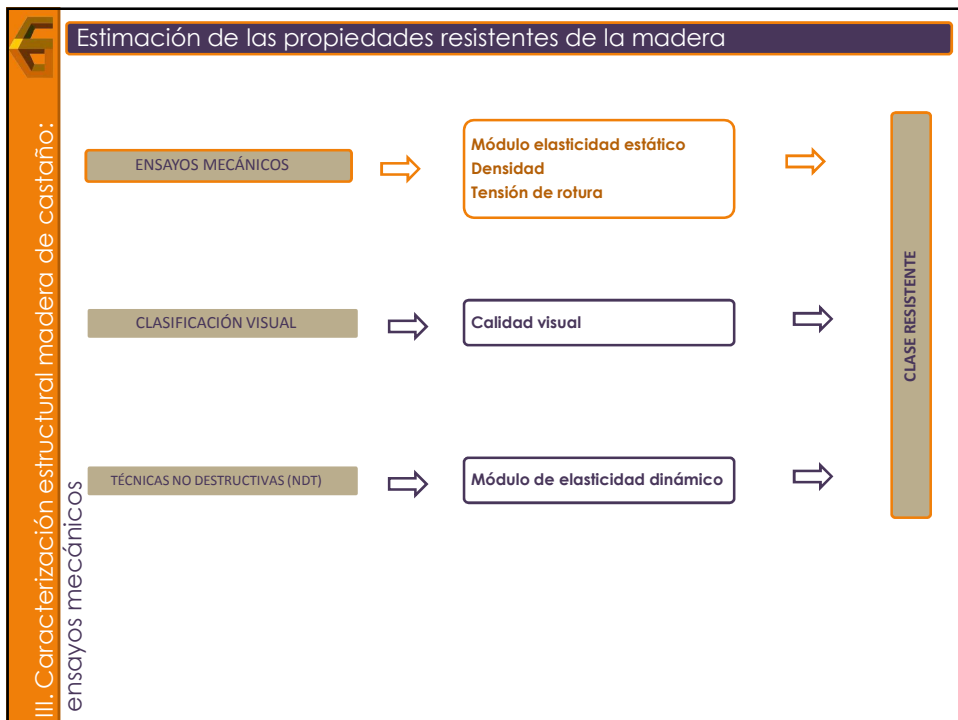
FRONDOSAS

Castanea sativa (castaño)

Se aprecia por tanto que el castaño, que tan importante uso ha tenido en la arquitectura tradicional española, no está hoy en día reconocido a nivel normativo para poder afrontar estructuras de edificación con él.

Esto choca con la alta demanda e interés de muchos usuarios y empresas de la madera, que reconocen en el castaño altísimas cualidades como madera para edificación, como así viene demostrándose desde hace siglos.

Por tanto, una valoración integral del castaño pasa por establecer su caracterización como material y conseguir su entrada reconocida en CTE.



III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

ENSAYOS MECÁNICOS

Realización de los ensayos estructurales de determinación de las propiedades de la madera
Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y densidad

UNE EN 408:2004

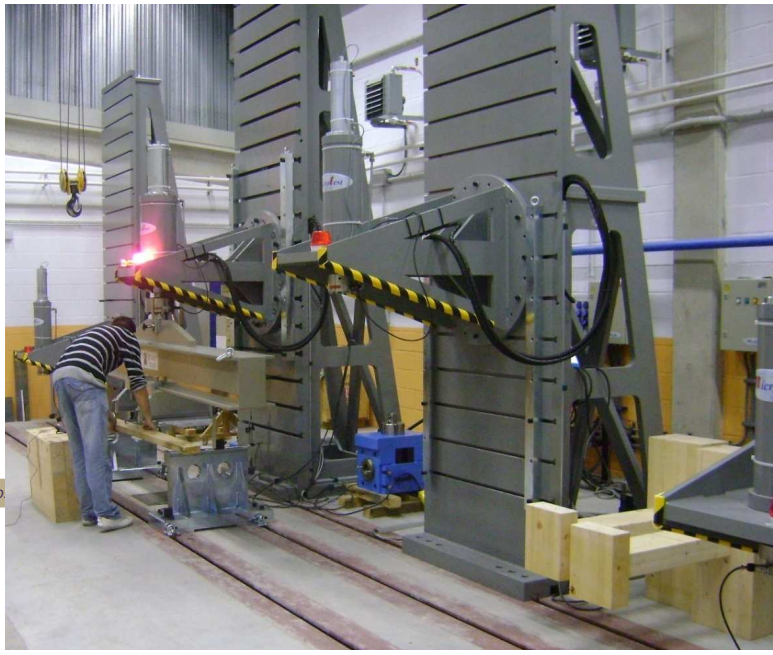
PROCEDIMIENTO:

1. Medición de la humedad : EN 13183-1
2. Determinación de la densidad a partir de una rebanada de una sección libre de defectos
3. Acondicionamiento de las probetas ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ de humedad) hasta masa constante
4. Ensayos mecánicos

III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

Pórtico de ensayos universal
Laboratorio PMADE. E.P.S. LUGO

UNE EN 408:2004



III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

4. Ensayos mecánicos

UNE EN 408:2004

4.1. Determinación del módulo de elasticidad en flexión

La longitud de la probeta debe ser al menos 19 veces la altura de la sección.
La probeta se debe cargar en flexión según el siguiente esquema:

III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

4. Ensayos mecánicos

UNE EN 408:2004

4.1. Determinación del módulo de elasticidad en flexión

El módulo de elasticidad se determina a partir de la recta obtenida:
carga aplicada (F) – deformación (w)

III. Caracterización estructural madera de castaño: ensayos mecánicos

UNE EN 408:2004

MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN:

Extensómetro para medir la flecha local

Extensómetro para medir la flecha global

III. Caracterización estructural madera de castaño: ensayos mecánicos

4. Ensayos mecánicos

UNE EN 408:2004

4.1. Determinación del módulo de elasticidad en flexión

El módulo de elasticidad se determina a partir de la recta obtenida:
carga aplicada (F) – deformación (w)

Legenda

1 Carga

2 Deformación

III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

4. Ensayos mecánicos
UNE EN 408:2004

4.1. Determinación del módulo de elasticidad en flexión

Determinación del módulo de elasticidad local ($E_{m,l}$)

$$E_{m,l} = \frac{a l_1^2 (F_2 - F_1)}{16 I (w_2 - w_1)} \quad \text{Pendiente de la recta F-w}$$


Determinación del módulo de elasticidad global ($E_{m,g}$)

$$E_{m,g} = \frac{\ell^3 (F_2 - F_1)}{b h^3 (w_2 - w_1)} \left[\left(\frac{3a}{4\ell} \right) - \left(\frac{a}{\ell} \right)^3 \right] \quad \text{Pendiente de la recta F-w}$$

4.2. Determinación de la resistencia a la flexión

III. Caracterización estructural madera de castaño:
ensayos mecánicos

4. Ensayos mecánicos
UNE EN 408:2004

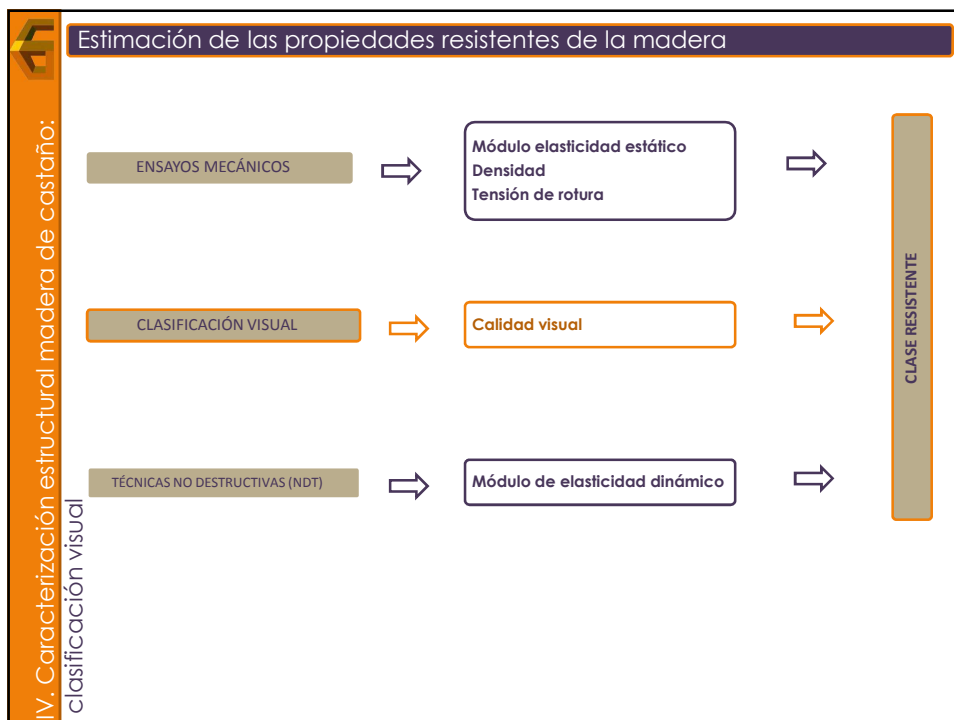
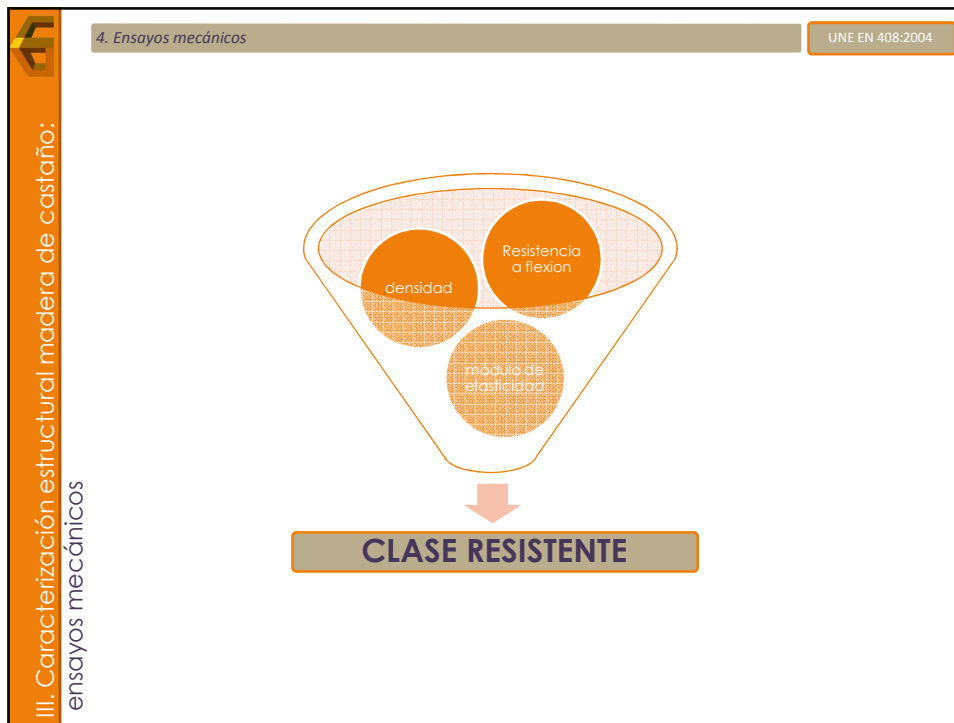


4.2. Determinación de la resistencia a la flexión

$$f_m = \frac{a F_{\text{máx.}}}{2W}$$

$F_{\text{máx.}}$: carga a la que se produce la rotura

W : módulo resistente de la sección



IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

Principios de clasificación visual para la madera aserrada UNE 56.546

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- HUMEDAD
- DENSIDAD
- DIMENSIONES
- PROCEDENCIA

Densidad = masa / volumen

L: longitud
h: canto
e: espesor

IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

Principios de clasificación visual para la madera aserrada UNE 56.546

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- HUMEDAD
- DENSIDAD
- DIMENSIONES
- PROCEDENCIA

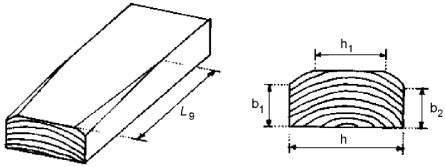

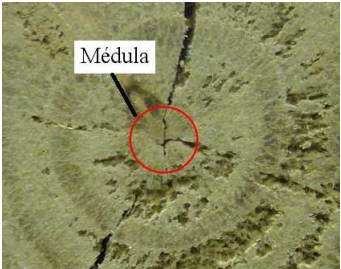
SINGULARIDADES ANATÓMICAS

- NUDOS
- FENDAS
- ACEBOLLADURAS
- DESVÍO DE FIBRA
- MAD. REACCIÓN
- MAD. JUVENIL
- ANILLOS CRECIMIENTO

IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

Principios de clasificación visual para la madera aserrada UNE 56.546

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | SINGULARIDADES ANATÓMICAS | SINGULARIDADES DE ASERRADO |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| HUMEDAD | NUDOS | GEMAS |
| DENSIDAD | FENDAS | MÉDULA |
| DIMENSIONES | ACEBOLLADURAS | |
| PROCEDENCIA | DESVÍO DE FIBRA | |
| | MAD. REACCIÓN | |
| | MAD. JUVENIL | |
| | ANILLOS CRECIMIENTO | |

IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

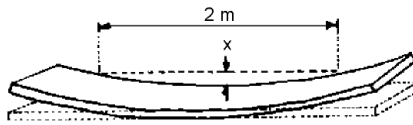

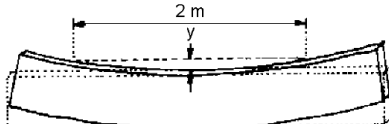
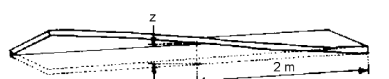
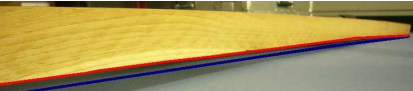

Principios de clasificación visual para la madera aserrada UNE 56.546

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | SINGULARIDADES ANATÓMICAS | SINGULARIDADES DE ASERRADO | ALTERACIONES BIOLÓGICAS |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| HUMEDAD | NUDOS | GEMAS | HONGOS |
| DENSIDAD | FENDAS | MÉDULA | INSECTOS XILÓFAGOS |
| DIMENSIONES | ACEBOLLADURAS | | |
| PROCEDENCIA | DESVÍO DE FIBRA | | |
| | MAD. REACCIÓN | | |
| | MAD. JUVENIL | | |
| | ANILLOS CRECIMIENTO | | |

IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

Principios de clasificación visual para la madera aserrada UNE 56.546

| CARACTERÍSTICAS GENERALES | SINGULARIDADES ANATÓMICAS | SINGULARIDADES DE ASERRADO | ALTERACIONES BIOLÓGICAS | DEFORMACIONES |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|
| HUMEDAD | NUDOS | GEMAS | HONGOS | CURVATURA CARA |
| DENSIDAD | FENDAS | MÉDULA | INSECTOS XILÓFAGOS | CURVATURA CANTO |
| DIMENSIONES | ACEBOLLADURAS | | | ABARQUILLADO |
| PROCEDENCIA | DESVÍO DE FIBRA | | | ALABEO |
| | MAD. REACCIÓN | | | |
| | MAD. JUVENIL | | | |
| | ANILLOS CRECIMIENTO | | | |

IV. Caracterización estructural madera de castaño:
clasificación visual

clasificación visual piezas sección rectangular de eucalipto UNE 56.546

Piezas con anchura $b \leq 60 \text{ mm}$ canto $h \leq 200 \text{ mm}$

| CRITERIOS DE CALIDAD | | | MEF |
|--|---------------------------------------|--------------------------|---|
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (d/h) | | | $d \leq 1/3$ de "h" |
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (d/b) | | | $d \leq 1/2$ de "b" |
| FENDAS | De secado ^{(1) (2)} | Fendas pasantes de testa | L (longitud) \leq "h" |
| | | Resto | f (profundidad) $\leq 1/2$ de "b" |
| | – Rayo – Heladura – Abatimiento | | No permitidas |
| ACEBOLLADURAS | | | No permitidas |
| MADERA DE TRACCIÓN | | | Admisible en 1/5 de la sección o en 1/5 de la superficie externa de la pieza |
| DESVIACIÓN DE LA FIBRA | | | 1:10 (10%) |
| GEMAS | | | |
| – Longitud | | | $\leq 1/4$ de "L" |
| – Dimensión relativa | | | $g \leq 1/4$ |
| MÉDULA | | | No permitida |
| ALTERACIONES BIOLÓGICAS | | | |
| – Pudrición | | | – No se admite |
| – Insectos xilófagos | | | – No se admiten ataques activos. En caso de ataques inactivos, se admitirán orificios aislados de hasta 2 mm de diámetro. |
| DEFORMACIONES MÁXIMAS ^{(1) (3)} | | | |
| – Curvatura de cara | | | 10 mm (para una longitud de 2 m) |
| – Curvatura de canto | | | 8 mm (para una longitud de 2 m) |
| – Alabeo | | | 1 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m) |
| – Abarquillado | | | 1/25 de "h" |

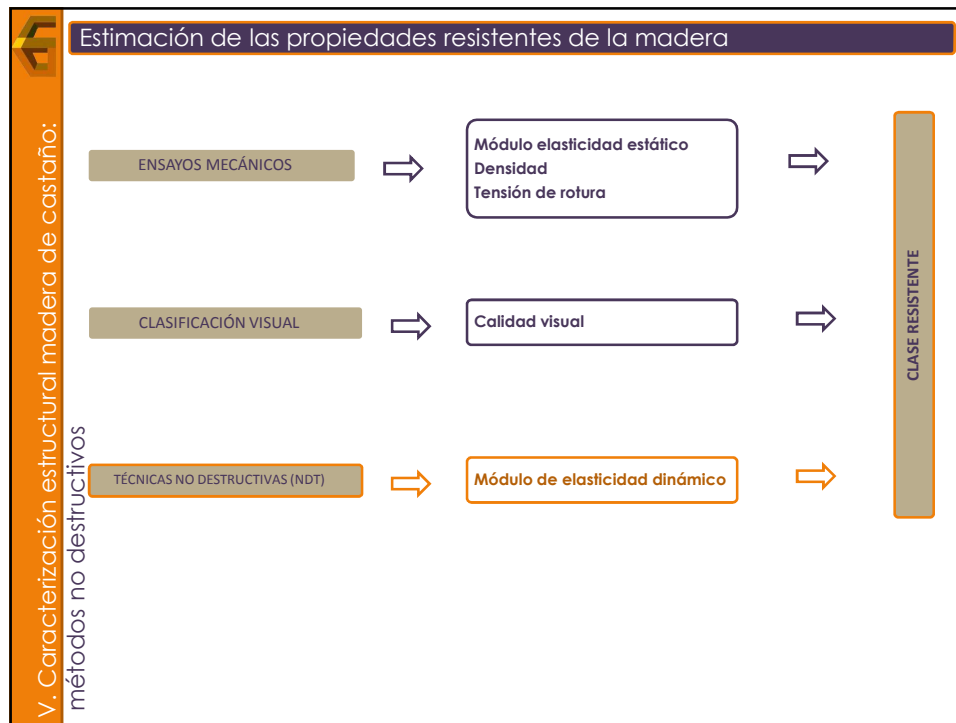
(1) Estos criterios no se considerarán cuando la clasificación se efectúa en húmedo.

(2) Referidas a un 20% de contenido de humedad. No se tendrán en cuenta aquellas fendas que tengan una longitud inferior a la menor dimensión de las dos siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m.

(3) Referidas a un 20% de contenido de humedad. Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente.

| clasificación visual piezas sección rectangular de pino | | UNE 56.544 | |
|---|--|---|---|
| Piezas con anchura $b \leq 70$ mm | | ME-1 | ME-2 |
| CRITERIOS DE CALIDAD | | | |
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (b) | | $d \leq 1/5$ de "h" | $d \leq 1/2$ de "h" |
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b) | | $d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 30$ mm | $d \leq 2/3$ de "b" |
| ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO ⁽¹⁾ | | | |
| – Pino silvestre | | ≤ 4 mm | Sin limitación |
| – Pino laricio | | ≤ 5 mm | Sin limitación |
| – Pino gallego y pinaster | | ≤ 8 mm | Sin limitación |
| – Pino insignie (radiata) | | ≤ 10 mm | Sin limitación |
| FENDAS | | $f \leq 2/5$ | $f \leq 3/5$ |
| De secado ^{(2) (3)} | | Las fendas de secado sólo se considerarán si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m. | |
| – Rayo | | No permitidas | |
| – Heladura | | | |
| – Abatimiento | | | |
| ACEBOLLADURAS | | No permitidas | |
| BOLSAS DE RESINA y ENTRECASCO | | Se admiten si su longitud es menor o igual que 1,5 "h" | |
| MADERA DE COMPRESIÓN | | Admisible en 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza | Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza |
| DESVIACIÓN DE LA FIBRA | | 1:10 (10%) | 1:6 (16,7%) |
| GEMAS | | | |
| – longitud | | $\leq 1/4$ de "L" | $\leq 1/3$ de "L" |
| – dimensión relativa | | $g \leq 1/4$ | $g \leq 1/3$ |
| MEDULA ⁽¹⁾ | | No admitida si se clasifica en húmedo | Admitida |
| ALTERACIONES BIOLÓGICAS | | | |
| – Múrdago (<i>I. album</i>) | | – No se admite | |
| – Azulado | | – Se admite | |
| – Pudrición | | – No se admite | |
| – Galerías de insectos xilófagos | | – No se admiten | |
| DEFORMACIONES MÁXIMAS ^{(1) (3) (4)} | | | |
| – Curvatura de cara | | 10 mm (para una longitud de 2 m) | 20 mm (para una longitud de 2 m) |
| – Curvatura de canto | | 8 mm (para una longitud de 2 m) | 12 mm (para una longitud de 2 m) |
| – Alabeo | | 1 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m) | 2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m) |
| – Abarrquillado | | 1/25 de "h" | 1/25 de "h" |
| (1) Estos criterios sólo se considerarán cuando se comercializa en húmedo. | | | |
| (2) Estos criterios no se considerarán cuando la clasificación se efectúa en húmedo. | | | |
| (3) Referidas a un 20% de contenido de humedad. | | | |
| (4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y escrita acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente. | | | |

| clasificación visual piezas sección rectangular de pino | | UNE 56.544 | |
|---|--|--|--|
| Piezas con anchura $b > 70$ mm | | MEG | |
| CRITERIOS DE CALIDAD | | | |
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE LA CARA (b) | | $d \leq 2/3$ de "h" | |
| DIÁMETRO DE LOS NUDOS SOBRE EL CANTO (b) | | $d \leq 2/3$ de "b" | |
| ANCHURA MÁXIMA DEL ANILLO DE CRECIMIENTO ⁽¹⁾ | | | |
| – Pino silvestre | | Sin limitación | |
| – Pino laricio | | Sin limitación | |
| – Pino gallego y pinaster | | Sin limitación | |
| – Pino insignie (radiata) | | Sin limitación | |
| FENDAS | | $f \leq 3/5$ | |
| De secado ^{(2) (3)} | | Las fendas de contracción sólo se considerarán si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 m. | |
| – Rayo | | No permitidas | |
| – Heladura | | | |
| – Abatimiento | | | |
| ACEBOLLADURAS | | No permitidas | |
| BOLSAS DE RESINA y ENTRECASCO | | Se admiten si su longitud es menor o igual que 1,5 "h" | |
| MADERA DE COMPRESIÓN | | Admisible en 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza | |
| DESVIACIÓN DE LA FIBRA | | 1:6 (16,7%) | |
| GEMAS | | | |
| – longitud | | $\leq 1/3$ de "L" | |
| – dimensión relativa | | $g \leq 1/3$ | |
| MEDULA ⁽¹⁾ | | Admitida | |
| ALTERACIONES BIOLÓGICAS | | | |
| – Múrdago (<i>I. album</i>) | | – No se admite | |
| – Azulado | | – Se admite | |
| – Pudrición | | – No se admite | |
| – Galerías de insectos xilófagos | | – No se admiten | |
| DEFORMACIONES MÁXIMAS ^{(1) (3) (4)} | | | |
| – Curvatura de cara | | 20 mm (para una longitud de 2 m) | |
| – Curvatura de canto | | 12 mm (para una longitud de 2 m) | |
| – Alabeo | | 2 mm (por cada 25 mm de "h") (para una longitud de 2 m) | |
| – Abarrquillado | | 1/25 de "h" | |
| (1) Estos criterios sólo se considerarán cuando se comercializa en húmedo. | | | |
| (2) Estos criterios no se considerarán cuando la clasificación se efectúa en húmedo. | | | |
| (3) Referidas a un 20% de contenido de humedad. | | | |
| (4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puedan corregirse durante la fase del montaje) y escrita acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente. | | | |



V. Caracterización estructural madera de castaño:
métodos no destructivos (NDT)

ACÚSTICOS

ONDAS DE IMPACTO



MICROSECOND TIMER (FAKOPP)



Emplean una onda sónica (con frecuencias comprendidas entre los 20Hz y los 20kHz) generada mediante un impacto, por ejemplo, de un martillo

- 1º. conexión de los transductores
- 2º. golpeo con el martillo al transductor de inicio
- 3º. Lectura del tiempo de transmisión de onda (μs)
- 4º. cálculo de la velocidad de propagación
- 5º. cálculo del módulo de elasticidad dinámico

$V(\text{m/s}) = \text{longitud pieza}(\text{mm}) / \text{tiempo}(\mu\text{s})$

$E_{\text{dyn}}(\text{GPa}) = \text{densidad}(\text{kg/m}^3) \cdot v^2(\text{m/s})$

V. Caracterización estructural madera de castaño:
métodos no destructivos (NDT)

ACÚSTICOS

ULTRASONIDOS



PUNDIT PLUS


SYLVATEST TRIÓ

Estudio de la transmisión de ondas en un material cuya frecuencia es superior al umbral máximo de audición humana (20kHz)

- 1º. colocación de los palpadores
- 2º. emisión de ultrasonidos desde la unidad central
- 3º. toma de datos: velocidad de transmisión (v)
- 4º. cálculo del módulo de elasticidad dinámico

$E_{\text{dyn}}(\text{GPa}) = \text{densidad}(\text{kg/m}^3) \cdot v^2(\text{m/s})$

V. Caracterización estructural madera de castaño: métodos no destructivos (NDT)



PLG (Portal Lumber Grader) Fakopp

ACÚSTICOS

ANÁLISIS DE VIBRACIONES

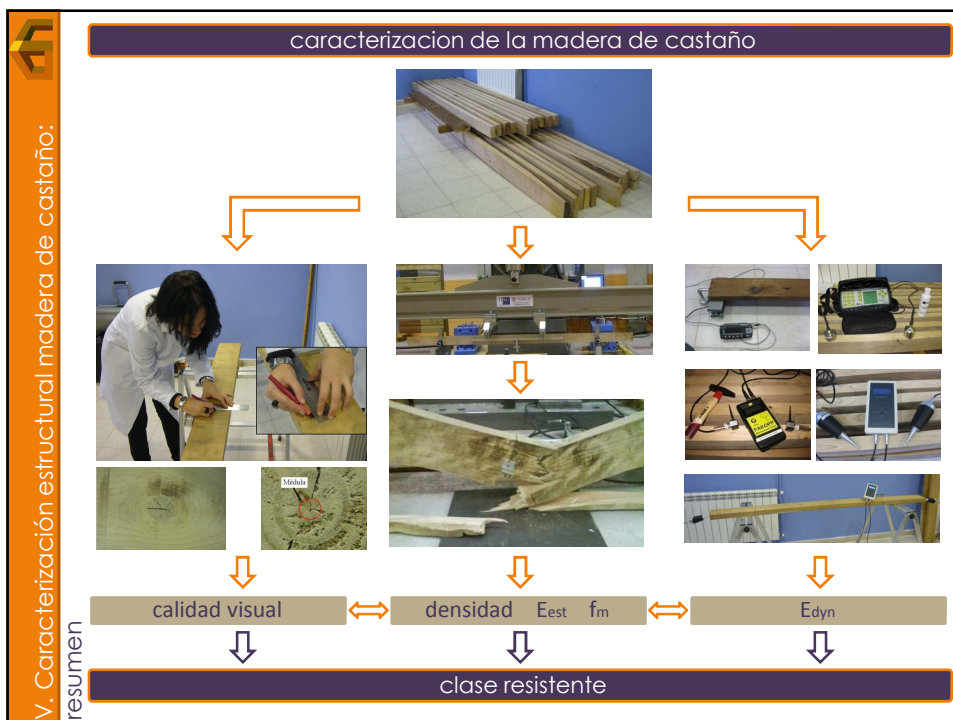
Medición de la frecuencia natural de vibración de una pieza de dimensiones y densidad conocidas

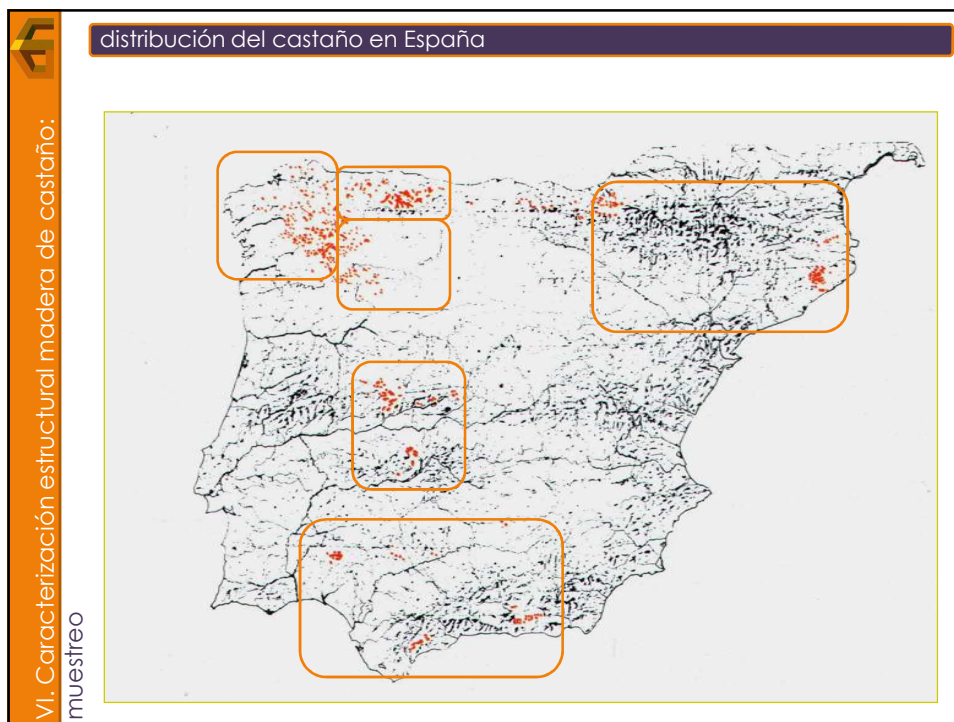
- 1º. colocación de la viga sobre los apoyos
- 2º. colocación del micrófono y conexión al PC
- 3º. golpe con el martillo en la testa y procesamiento de datos obtenidos : frecuencia de vibración (f) y velocidad de transmisión de la onda (v)
- 4º. cálculo del módulo de elasticidad dinámico

$$MOE_{dyn} = \frac{m}{l * w * h} (2lf)^2 0.92(1 + u/50)$$

$V \text{ (m/s)} = 2 \cdot L \cdot f$




$m = \text{masa}$
 $l, w, h = \text{dimensiones (mm)}$
 $u = \text{diferencia en humedad con respecto al 12\%}$





VI. Caracterización estructural madera de castaño: muestreo

| PROCEDENCIAS | DIMENSIONES | DIMENSIONES |
|----------------------|----------------|---------------------|
| ASTURIAS | 40x100x2500 mm | 100x150x3500 mm |
| GALICIA | | |
| CASTILLA-LEÓN | 40x150x3500 mm | |
| CATALUÑA | | 150x200x4500 mm |
| EXTREMADURA | 70x150x3500 mm | |
| ANDALUCÍA | | |
| TOTAL: 1350 unidades | | TOTAL: 600 unidades |

| | | |
|---|--|--|
|  VI. Caracterización estructural madera de castaño: ejemplo | VIGA 1 | VIGA 2 |
| |  |  |
| | DIMENSIONES: 40X100X2500 mm | DIMENSIONES: 40X100X2500 mm |
| | DENSIDAD: 512 Kg/m ³ | DENSIDAD: 589 Kg/m ³ |
| | MOD. ELASTICIDAD global: 11,92 N/mm ² | MOD. ELASTICIDAD global: 10,34 N/mm ² |
| | TENSIÓN DE ROTURA fm: 43,6 N/mm ² | TENSIÓN DE ROTURA fm: 26,6 N/mm ² |
| |  D40 |  D24 |





gracias por su atención

Equipo área construcción con madera del CETEMAS:
Vanessa Baño Gómez
Abel Vega Cuelo
Soledad Rodríguez Lazcano
Isabel Fernández Parrado

Colaboradores:
INIA
USC-E.P.S. Lugo – PEMADE
Universidad Oviedo

escultura realizada con motosierra por Miguel García