



Título: **COMPROBACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA**

Ponente: **JUAN PÉREZ VALCÁRCEL**

Organismo/Empresa: **ETS ARQUITECTURA A CORUÑA**

COMPROBACIÓN DE ESTRUCTURAS: PROGRAMA COMPROBAR 3.0

JUAN PÉREZ VALCÁRCEL. CATEDRÁTICO DE ESTRUCTURAS DE LA E.T.S.A. DE A CORUÑA

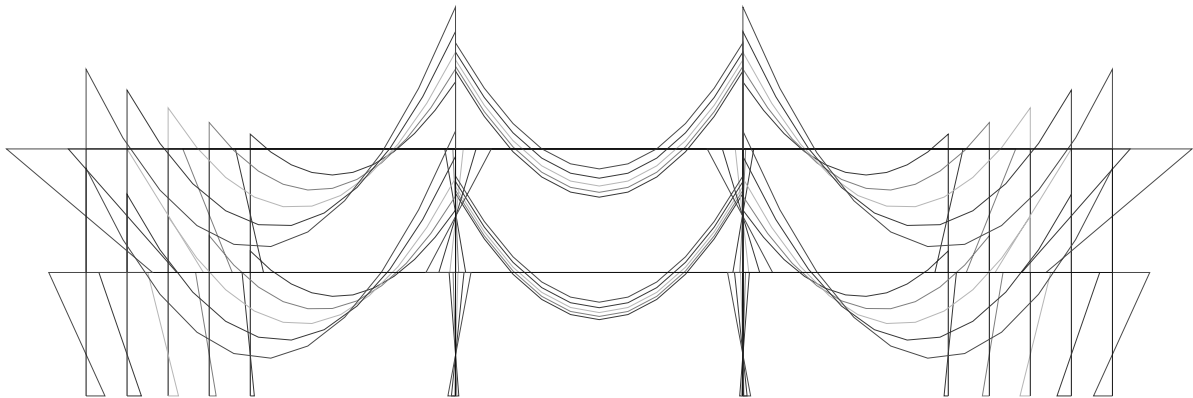


ASPECTOS GENERALES DE LA COMPROBACIÓN DE ESTRUCTURAS.

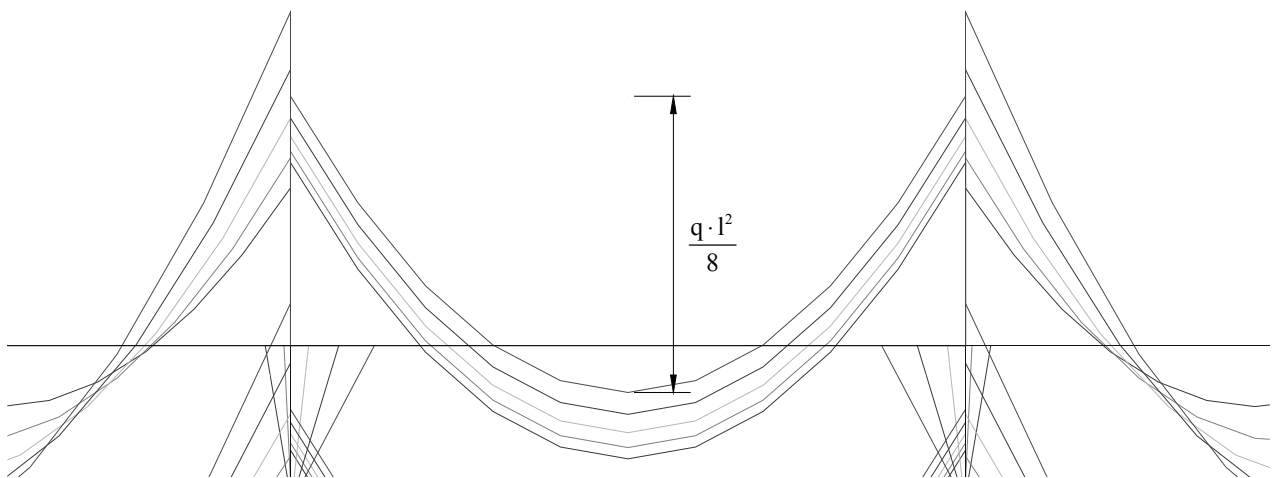
- Programa diferente al usado en el cálculo.**
Reiteración de errores, sobre todo de modelización.
- Programa más sencillo.**
No debe ser un recálculo.
- Comprobación lo más completa posible.**
Condiciones necesarias, aunque no suficientes.
Limitaciones físicas: Esfuerzos máximos, etc.
Limitaciones normativas: Cuantías mínimas, etc.



COMPROBACIÓN DE VIGAS

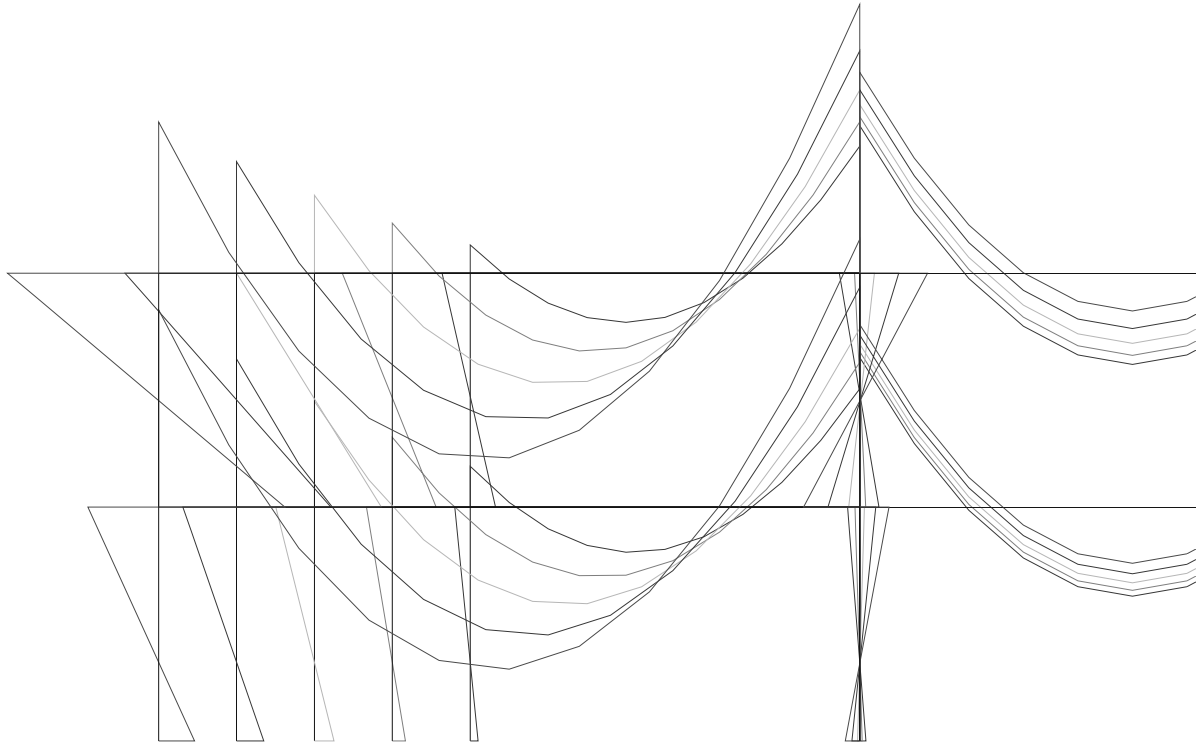


COMPROBACIÓN DE VIGAS

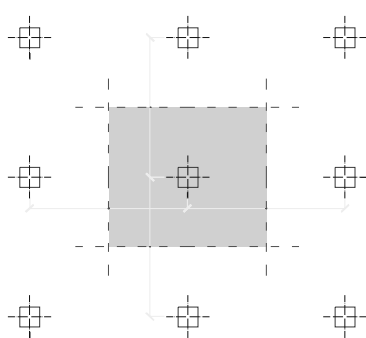




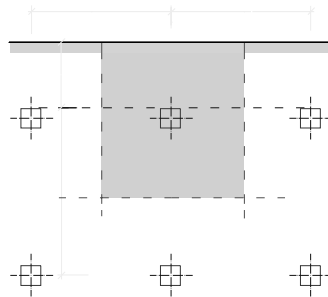
COMPROBACIÓN DE PILARES



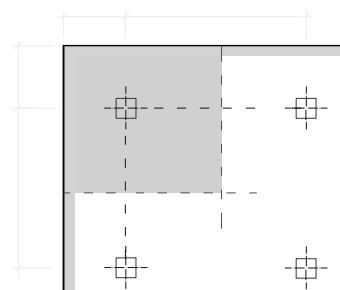
COMPROBACIÓN DE PILARES.- Áreas tributarias.



Pilar central



Pilar de borde



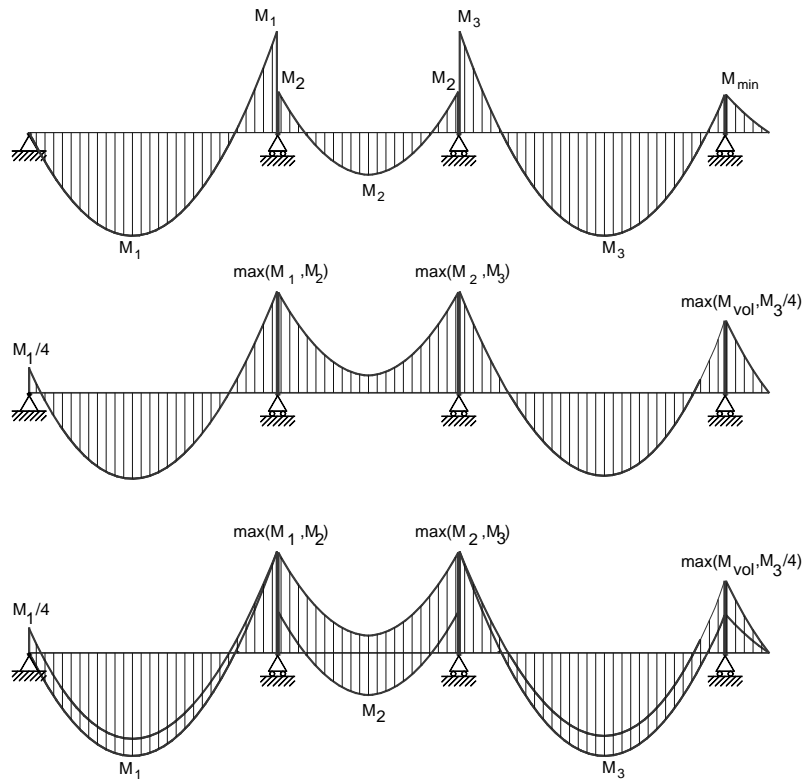
Pilar de esquina

COMPROBACIÓN DE VIGAS.- PLASTIFICACIÓN

$$M_1 = \frac{q_d \cdot l_1^2}{11,65}$$

$$M_2 = \frac{q_d \cdot l_2^2}{16}$$

$$M_3 = \frac{q_d \cdot l_3^2}{12} - \frac{M_{vol}}{3}$$



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera



Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera

- 1 Generalidades
- 2 Bases de cálculo
- 3 Durabilidad
- 4 Materiales
- 5 Análisis estructural
- 6 Estados límite últimos
- 7 Estados límite de servicio
- 8 Uniones
- 9 Fatiga
- 10 Sistemas estructurales de madera y productos derivados
- 11 Ejecución
- 12 Tolerancias
- 13 Control

Parte II Documentos Básicos

Documento Básico SE-M Madera

- Anejo A. Terminología
- Anejo B. Notación y unidades
 - B.1 Notación
- Anejo C. Asignación de clase resistente. Madera aserrada.
 - C.1 Generalidades
 - C.2 Asignación de clase resistente a partir de la Calidad de la especie arbórea.
 - C.3 Relación de normas de clasificación
 - C.4 Relación de especies arbóreas
- Anejo D: Asignación de clase resistente. Madera laminada encolada
 - D.1 Generalidades
 - D.2 Asignación de clase resistente mediante ensayos
 - D.3 Asignación de clase resistente mediante fórmulas
 - D.4 Correspondencia entre clases resistentes de madera laminada encolada y madera aserrada
- Anejo E. Valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad. Madera aserrada, madera laminada encolada y tableros
 - E.1 Madera aserrada
 - E.2 Madera laminada encolada
 - E.3 Tableros
- Anejo F. Valores orientativos de humedad de equilibrio de la madera, con uso en exterior protegido de la lluvia
- Anejo G. Longitudes de pandeo
 - G.1 Introducción
 - G.2 Longitud de pandeo
- Anejo H (Informativo). Fallo de uniones por cortante en el perímetro o en bloque
- Anejo I. Relación de normas UNE.



Documento Básico SE-M Madera.

Acciones

Tabla 2.2 Clases de duración de las acciones		
Clase de duración	Duración aproximada acumulada de la acción en valor característico	Acción
Permanente	más de 10 años	Permanente, peso propio
Larga	de 6 meses a 10 años	Apeos o estructuras provisionales no itinerantes
Media	de una semana a 6 meses	sobrecarga de uso; nieve en localidades de >1000 m
Corta	menos de una semana	viento; nieve en localidades de < 1000 m
Instantánea	algunos segundos	sismo

Clases resistentes

- C** Madera aserrada de coníferas y chopo
- D** Madera aserrada de frondosas
- GI** Madera laminada encolada

Clases de servicio

- 1** Interior seco (H<65%)
- 2** Interior húmedo (65%<H<85%)
- 3** Exterior o interior húmedo (H>85%)

Estará muy bien si se exige a los fabricantes. Es imprescindible para la aplicación del C.T.E.



Documento Básico SE-M Madera.

Valor de cálculo del material y uniones.

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M .	
Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

El resultado es que la resistencia de la madera depende de la duración de la carga.



Documento Básico SE-M Madera.

Valor de cálculo del material y uniones.

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod} .

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza		1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera laminada encolada		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Madera microlaminada		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE EN 636						
	Partes 1, 2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Partes 2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB)[1]	UNE EN 300						
	OSB/2	1	0,25	0,30	0,40	0,65	1,10

[1] OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como que de hecho sucede ya en el nuestro.



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Tracción uniforme paralela a la fibra

$$\sigma_{t,0,d} = f_{t,0,d}$$

Tracción uniforme perpendicular a la fibra

$$\sigma_{t,90,d} = f_{t,90,d}$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_{vol} \cdot f_{t,90,d}$$

madera maciza

madera laminada encolada y madera microlaminada

Compresión uniforme paralela a la fibra

$$\sigma_{c,0,d} = f_{c,0,d}$$

Compresión uniforme perpendicular a la fibra

$$\sigma_{c,90,d} = k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

Flexión simple

$$\sigma_{m,d} = f_{m,d}$$

Flexión esviada

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$k_m = 0,7$ secciones rectangulares

$k_m = 1,0$ secciones de otra forma



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Flexión y tracción combinadas

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Flexión y compresión combinadas

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de secciones.

Pandeo

Esbeltez

$$\lambda_y = \frac{L_{k,y}}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{k,z}}{i_z}$$

Esbeltez relativa

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

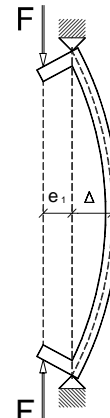
$$\chi_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

Flexocompresión con pandeo

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$





**Documento Básico
SE-M Madera.**

Cálculo de secciones.

Factores de pandeo.

Tabla 6.1 Valores del factor de pandeo χ_c ($\chi_{c,y}$ o $\chi_{c,z}$), para las diferentes clases resistentes de madera maciza y laminada encolada, en función de la esbeltez mecánica y de la clase resistente.

Clase Resistente	Esbeltez mecánica de la pieza																		
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
C14	0,98	0,93	0,86	0,74	0,60	0,48	0,39	0,31	0,26	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07
C16	0,99	0,94	0,87	0,77	0,64	0,51	0,41	0,34	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
C18	0,99	0,94	0,88	0,78	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C20	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,54	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C22	0,99	0,94	0,88	0,78	0,66	0,53	0,43	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C24	0,99	0,95	0,89	0,80	0,68	0,55	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
C27	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,57	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
C30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
C40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
C45	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09
C50	0,99	0,95	0,89	0,81	0,69	0,57	0,47	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,09
D30	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
D35	0,99	0,95	0,88	0,79	0,67	0,55	0,45	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
D40	0,99	0,95	0,89	0,80	0,69	0,56	0,46	0,38	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08
D50	1,00	0,96	0,91	0,83	0,73	0,61	0,50	0,42	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
D60	1,00	0,96	0,92	0,85	0,76	0,65	0,54	0,45	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10
D70	1,00	0,97	0,93	0,87	0,79	0,69	0,58	0,49	0,41	0,35	0,30	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11
GL24h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,80	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,25	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09
GL28h	1,00	0,98	0,95	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL32h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,52	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL36h	1,00	0,98	0,94	0,89	0,79	0,65	0,53	0,43	0,35	0,29	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09
GL24c	1,00	0,98	0,96	0,91	0,84	0,72	0,60	0,49	0,41	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11
GL28c	1,00	0,98	0,95	0,91	0,82	0,70	0,57	0,47	0,39	0,32	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
GL32c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,82	0,69	0,57	0,46	0,38	0,32	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10
GL36c	1,00	0,98	0,95	0,90	0,81	0,68	0,56	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10



Documento Básico SE-M Madera.

Cálculo de uniones.

Uniones entre piezas de madera, tableros y chapas de acero mediante los sistemas de unión siguientes:

- Elementos mecánicos de fijación de tipo clavija (clavos, pernos, pasadores, tirafondos y grapas).
- Elementos mecánicos de fijación de tipo conectores.
- Uniones tradicionales.

En general complejo y pesado.

En madera es más difícil el cálculo de uniones que el de barras.

PROBLEMA BÁSICO.- FALTA DE CRITERIOS PARA CÁLCULO EN ORDENADOR.

- Uniones poco sistematizadas.
- Comprobaciones difícilmente programables.

**Documento Básico SE-M Madera.****Comentarios**

- **Prácticamente igual al Eurocódigo 5**
No supone cambio porque es el que se utilizaba
- **Fuerte penalización de las condiciones de deformación**
En la práctica deja la madera reducida al uso en cubiertas. (Fuerte discrepancia con el Eurocódigo).
- **Define las clases resistentes y de servicio**
Cabe pensar que por fin la industria se verá obligada a clasificar y garantizar la madera
- **Coefficientes de seguridad variables**
Es de esperar que los programas de cálculo lo incorporen
- **Aporta criterios para las uniones.**
Cálculos muy complicados

**FIN**