

# Los Eurocódigos Estructurales

## Jornada informativa

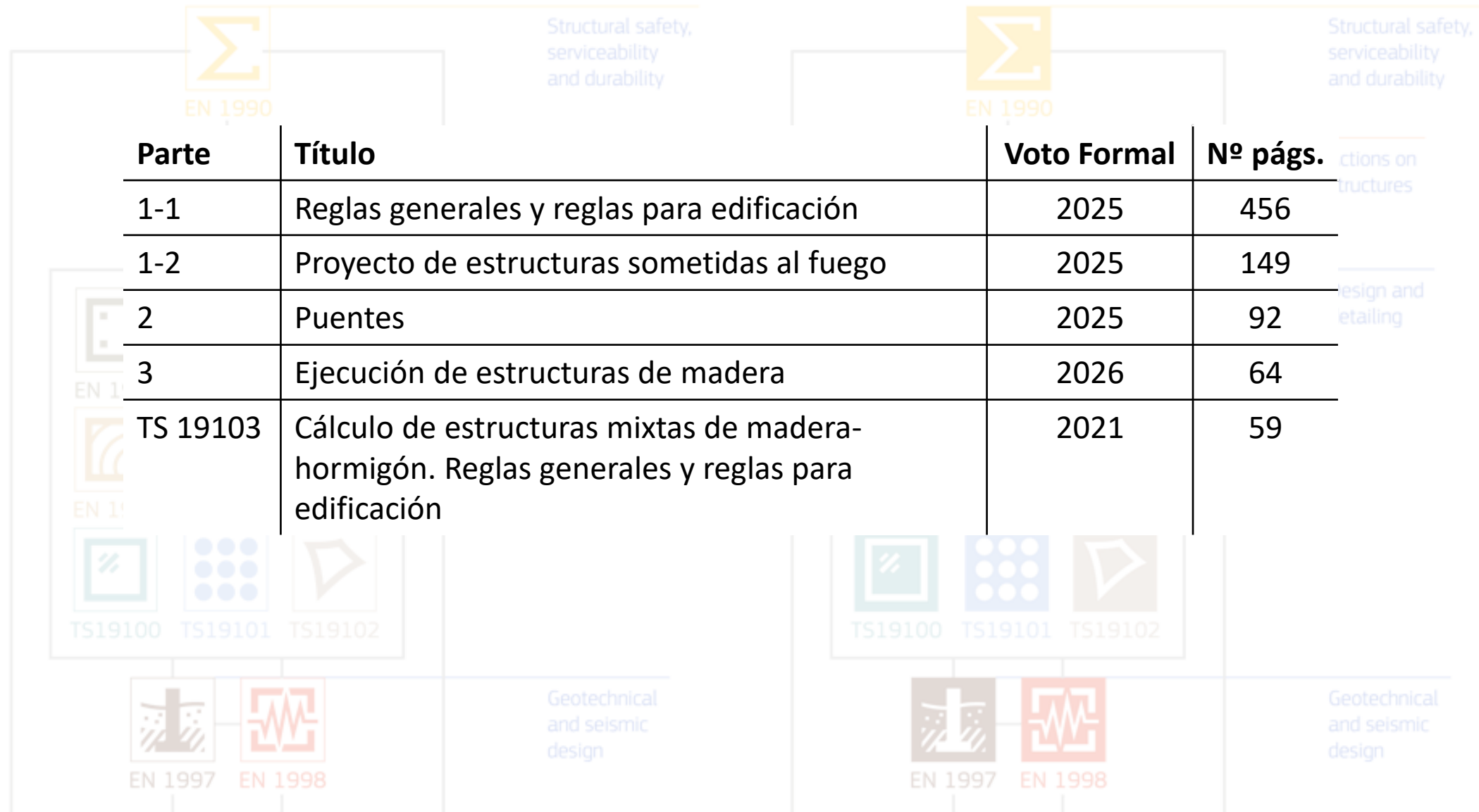
**Eurocódigo 5 Estructuras de Madera**

**8 de Junio de 2022**

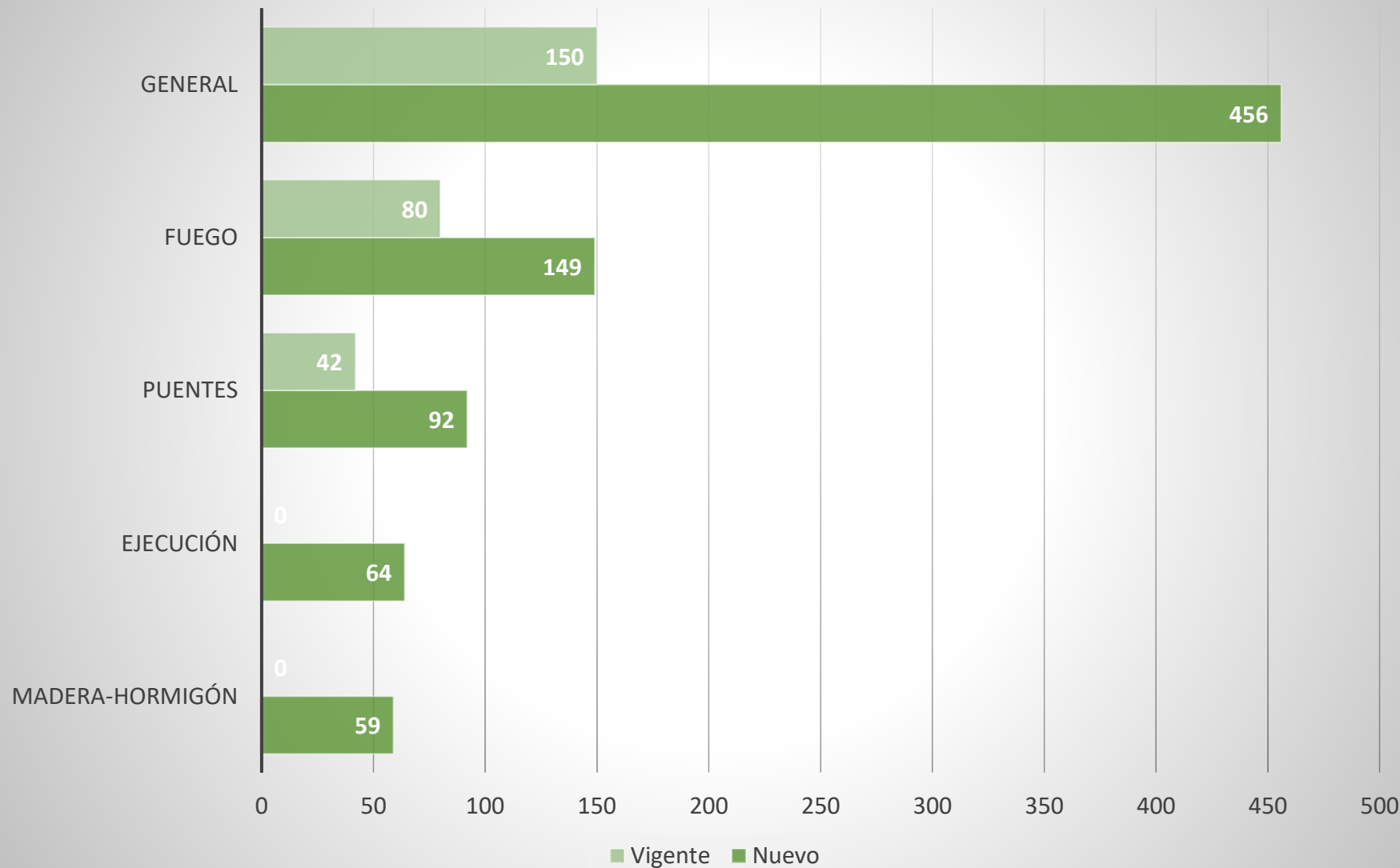
**Francisco Arriaga Martitegui**

*Catedrático de Universidad. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid  
Presidente SC5-CTN 140 – Eurocódigos Estructurales*





## Volumen de páginas





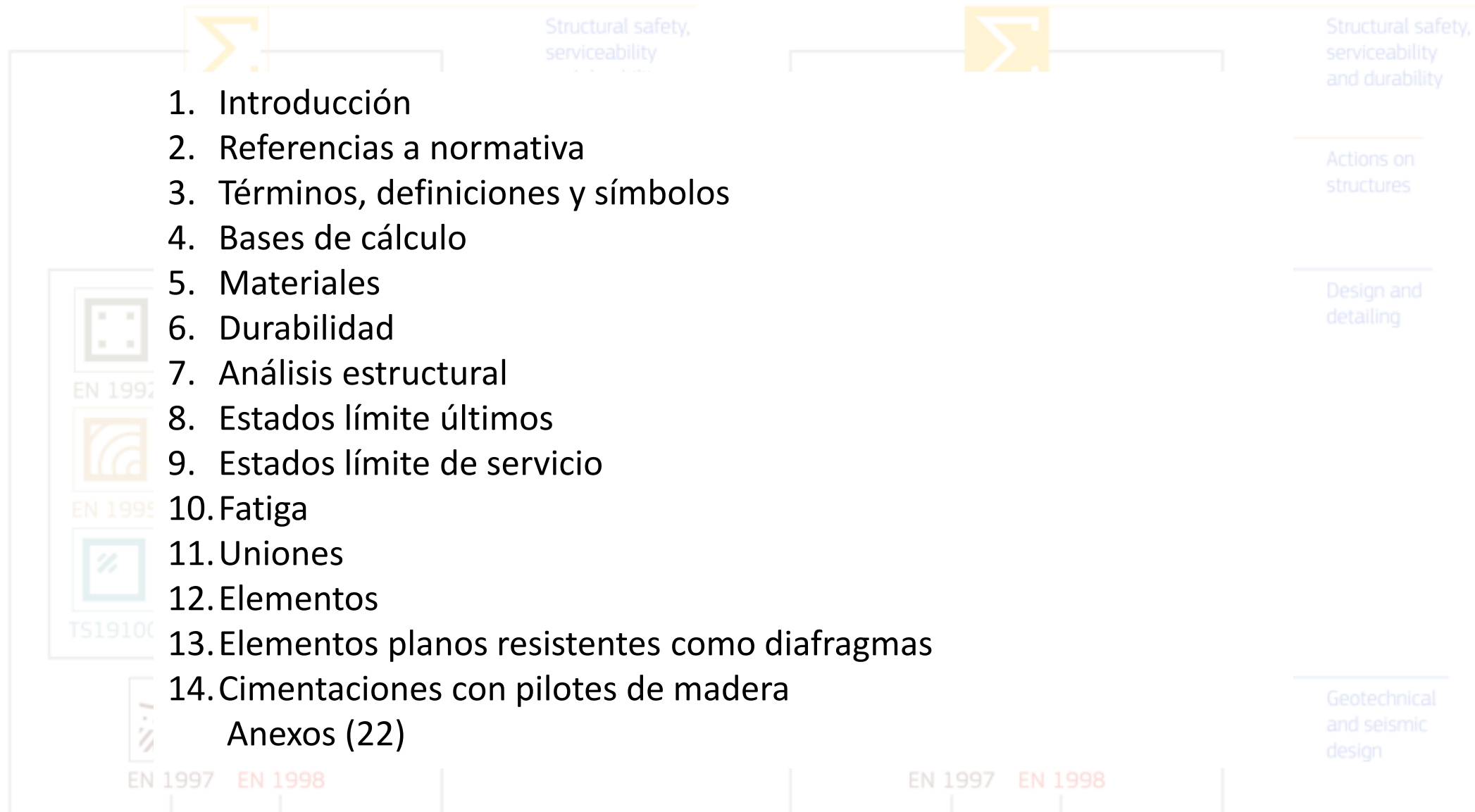
Poildeportivo en Mariturri, Vitoria. Foto GICM 2021

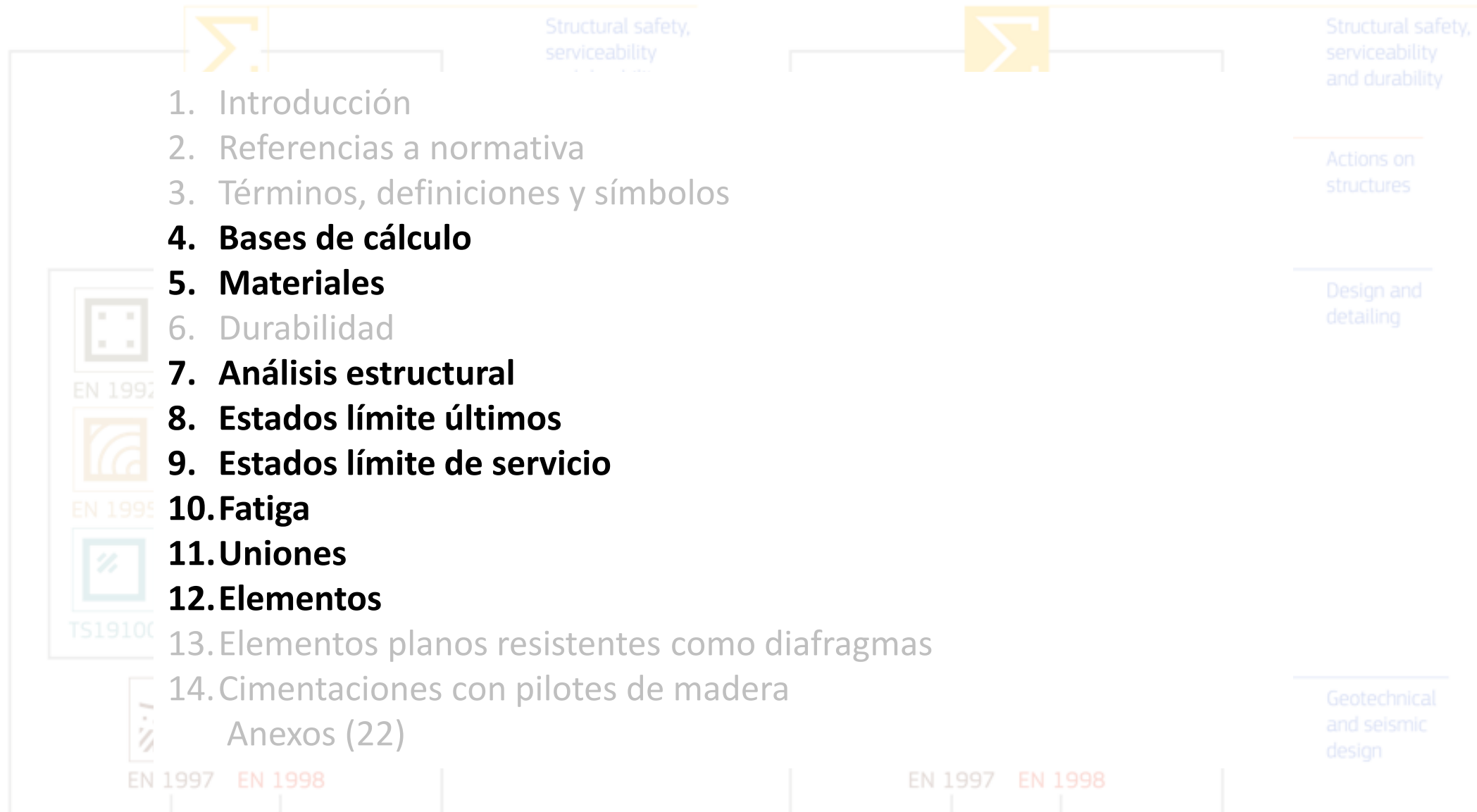
Structural safety,  
serviceability  
and durability

Actions on  
structures

# EN 1992-1-1 General

Geotechnical  
and seismic  
design





**Humedad relativa del aire a una temperatura de 20°C**

**Clase de servicio (CS)**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Límite superior <sup>a</sup>	65 %	85 %	95 %	<sup>c</sup>
(CH representativo correspondiente a SWB <sup>c d e</sup> )	(12 %)	(20 %)	(24 %)	(saturada)
Media anual	50 %	75 %	85 %	<sup>c</sup>
(CH representativo correspondiente a SWB <sup>c d e</sup> )	(10 %)	(16 %)	(18 %)	(saturada)

<sup>a</sup> El límite superior de la HR no debería excederse más que en un periodo de unas pocas semanas consecutivas al año.

<sup>b</sup> La media anual de HR en un periodo de 10 años se utiliza para asignar piezas de madera a categorías de corrosividad para medios de unión de tipo clavija de acero.

<sup>c</sup> El CH de las piezas en CS 4 (mayoritariamente completamente saturado) queda afectado por los elementos que lo rodean (p. ej. Suelo o agua).

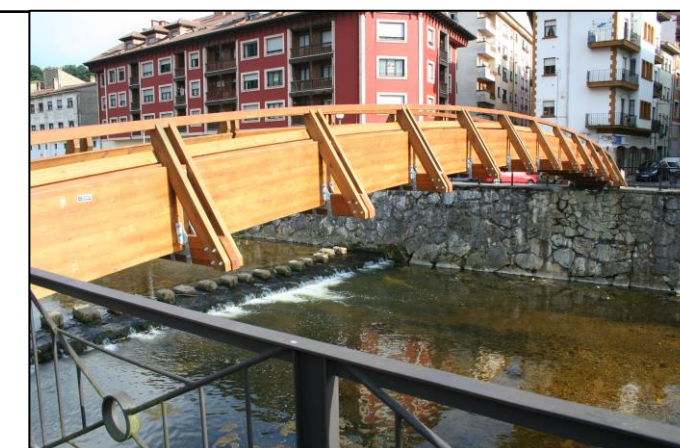
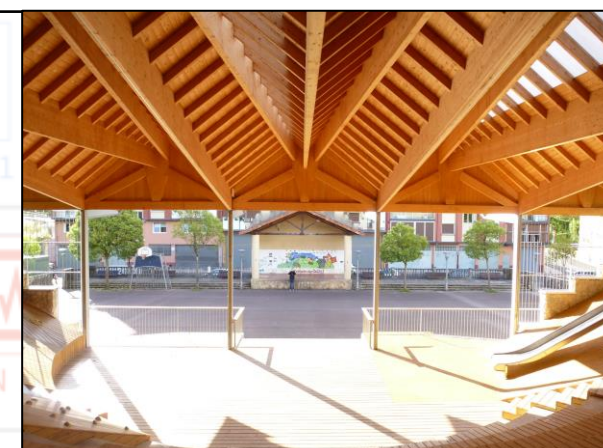
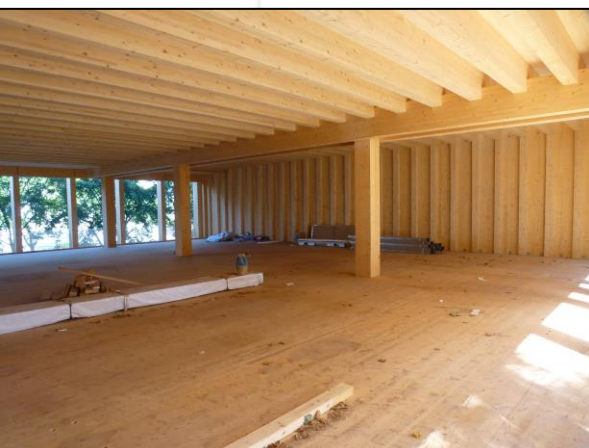
<sup>d</sup> Los CH dados son representativos para la madera estructural de coníferas con un espesor aproximado de 50 mm a una temperatura de 20° C.

<sup>e</sup> SWB Solid Wood Based, productos fabricados con madera maciza

tural safety,  
reability  
durability

ns on  
tures

gn and  
ling



Structural safety,

**Table 5.1 — Values of  $k_{mod}$**

Material	Standard or EAD	Service class	Load-duration of action				
			Permanent	Long-term	Medium-term	Short-term	Instantaneous
Structural timber (ST)	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00
		4	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Glued laminated timber (GLT)	EN 14080 or EAD 130320-00-0304	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
LVL	EN 14374	3	0,55	0,60	0,70	0,80	1,00
Structural finger-jointed timber (FST)	EN 15497						
Cross laminated timber (CLT)	EAD 130005-00-0304	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
Solid wood panel (SWP)	EN 13353						
GLVL made of beech	EAD 130010-01-0304						
Glued solid timber (GST)	EN 14080	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10

Structural safety,

ability

on

and



Geotechnical and seismic design



Geotechnical and seismic design





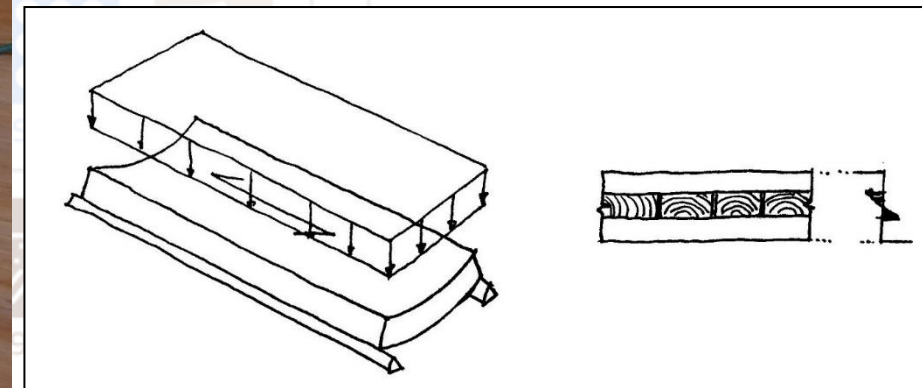
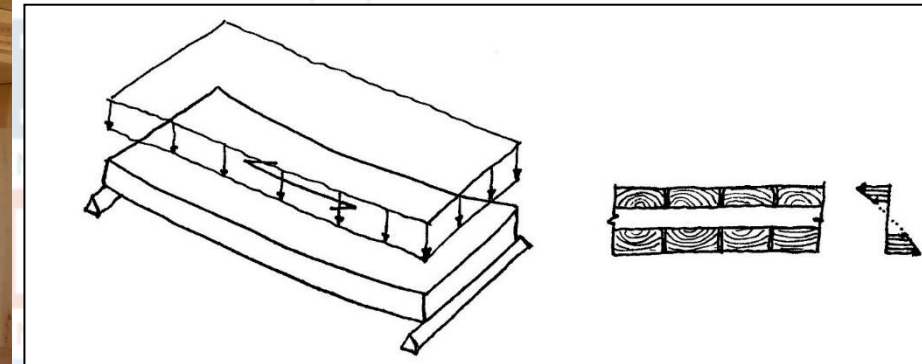
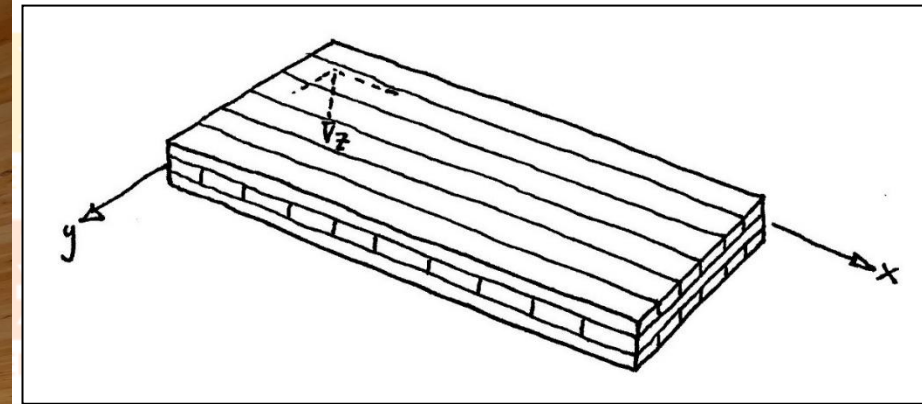
Can Batllo, Barcelona, Foto GICM 2017

Structural safety,  
serviceability  
and durability

Actions on

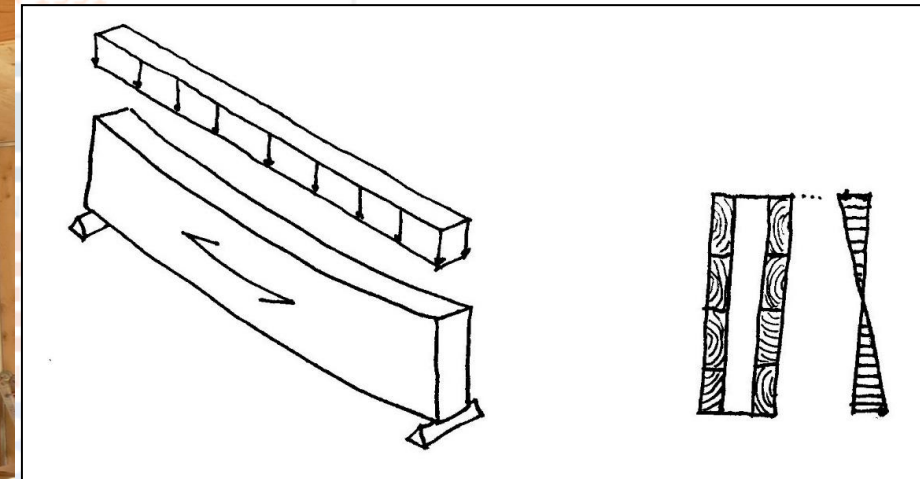
## Nuevo material en el EC5: CLT Madera contralaminada

Geotechnical  
and seismic  
design





## Paneles con cargas en su plano

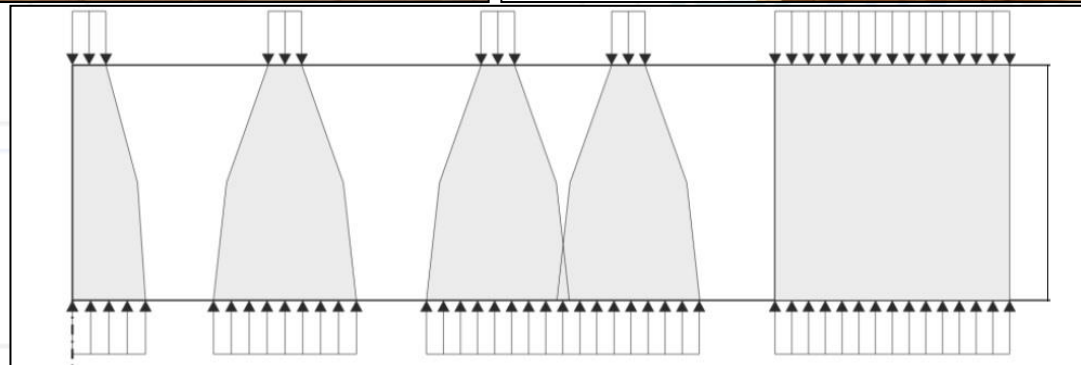


EN 1998

Geotechnical  
and seismic  
design

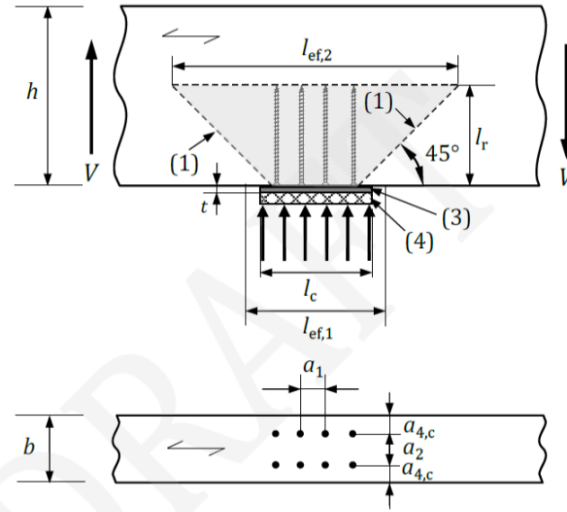
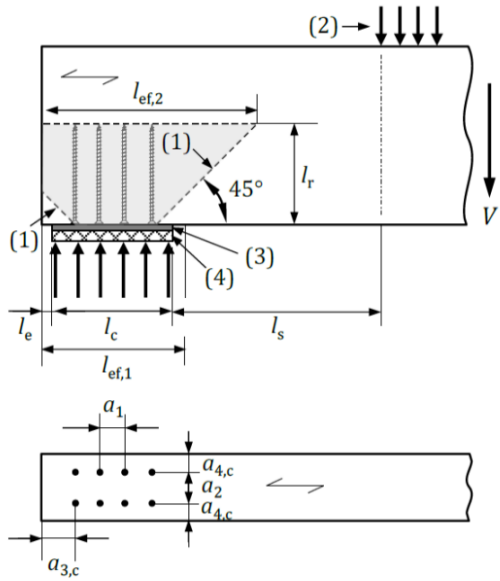


TS19100 TS19101 TS19102

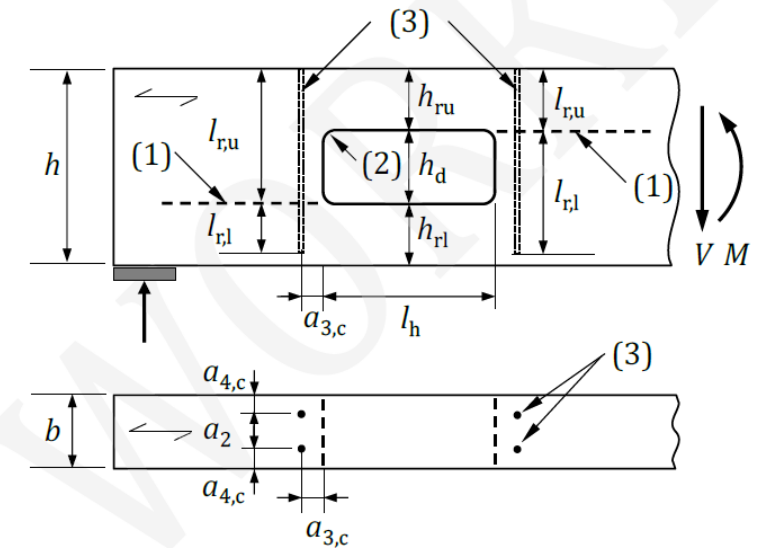


## Muros

Geotechnical  
and seismic  
design



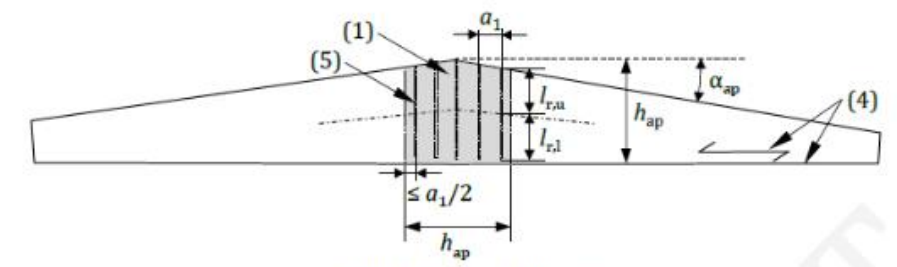
Refuerzos en apoyos y en agujeros



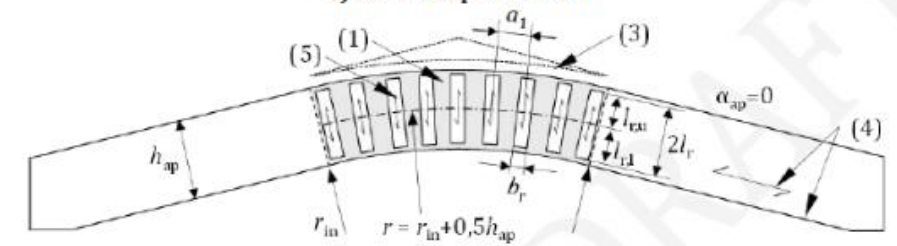
# Refuerzos en piezas de canto variable o curvas



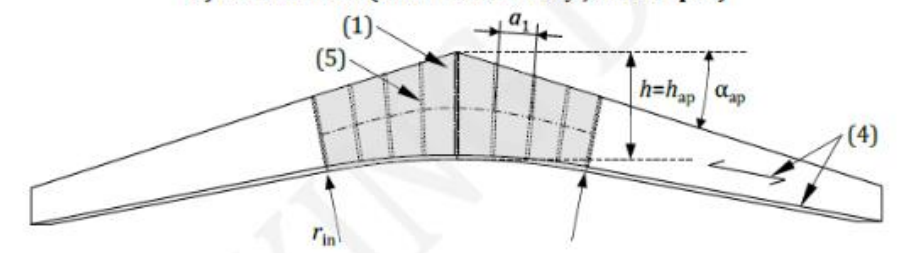
Structural safety,  
and durability



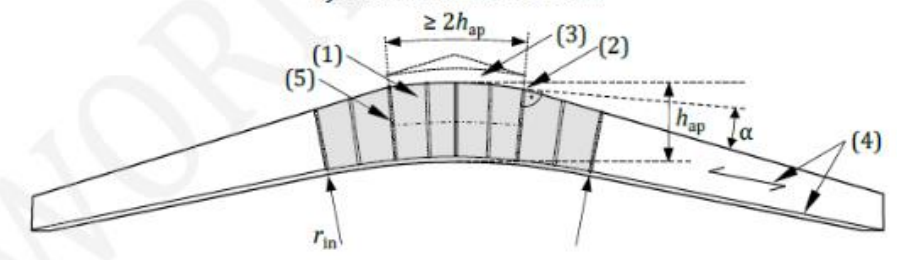
a) Double tapered beam



b) Curved beam (with mechanically jointed apex)



c) Pitched cambered beam

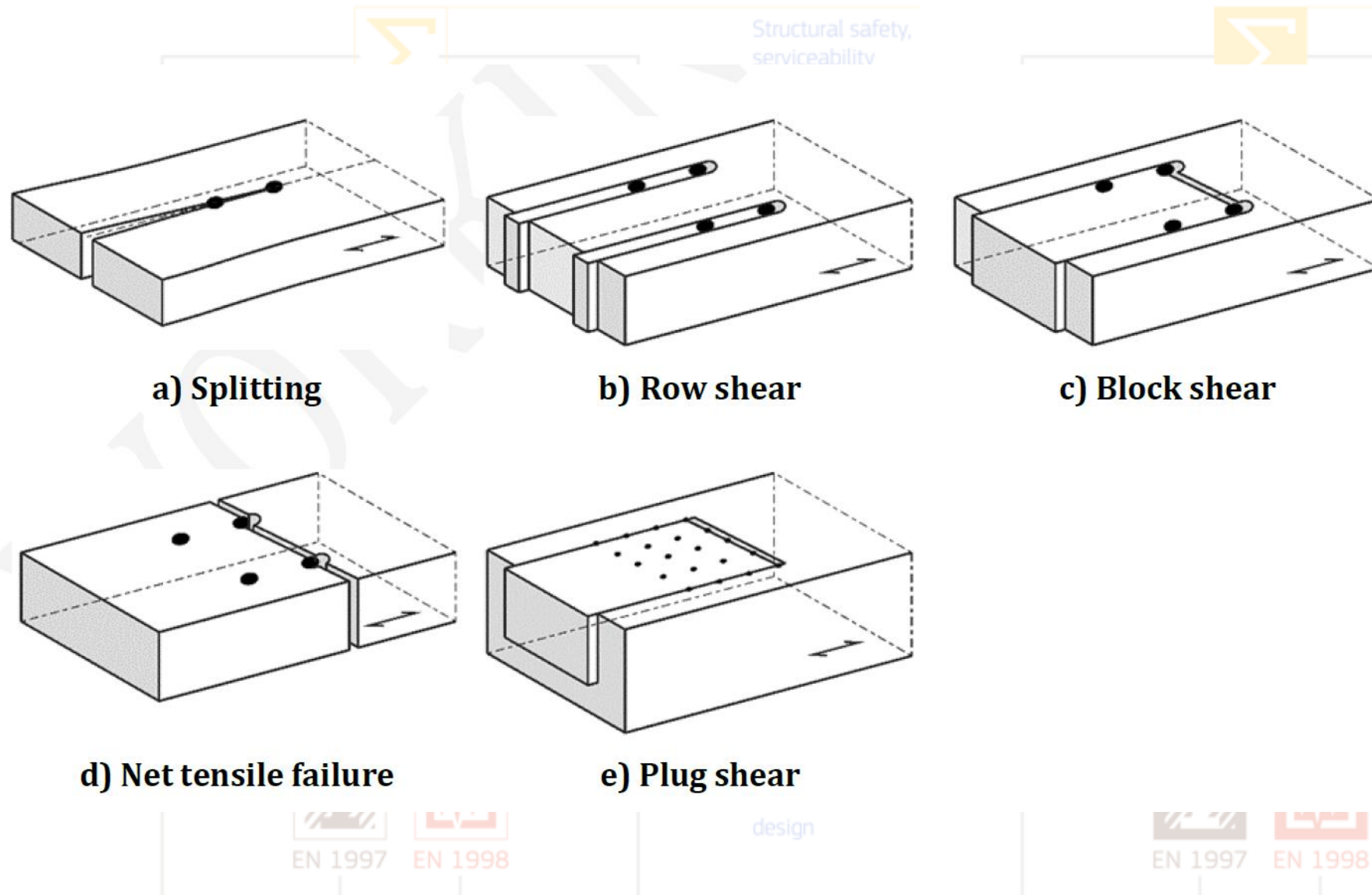


d) Pitched cambered beam (with mechanically jointed apex)

TS19100 TS19101 TS19102



Geotechnical  
and seismic  
design

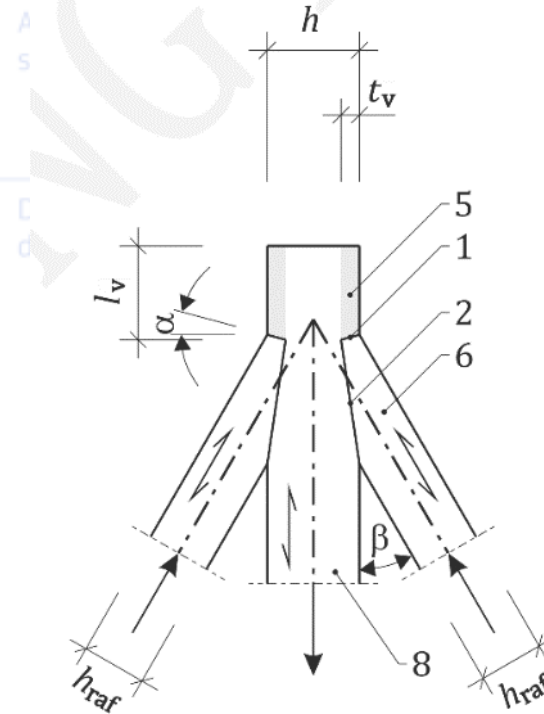


Fallo frágil en uniones de tipo clavija



## Uniones carpinteras

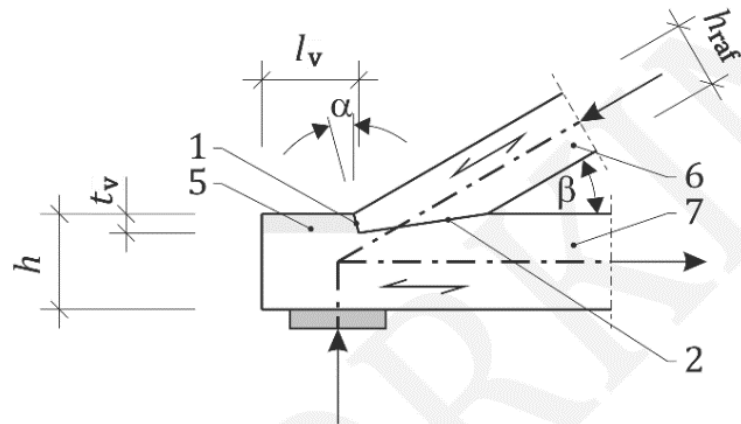
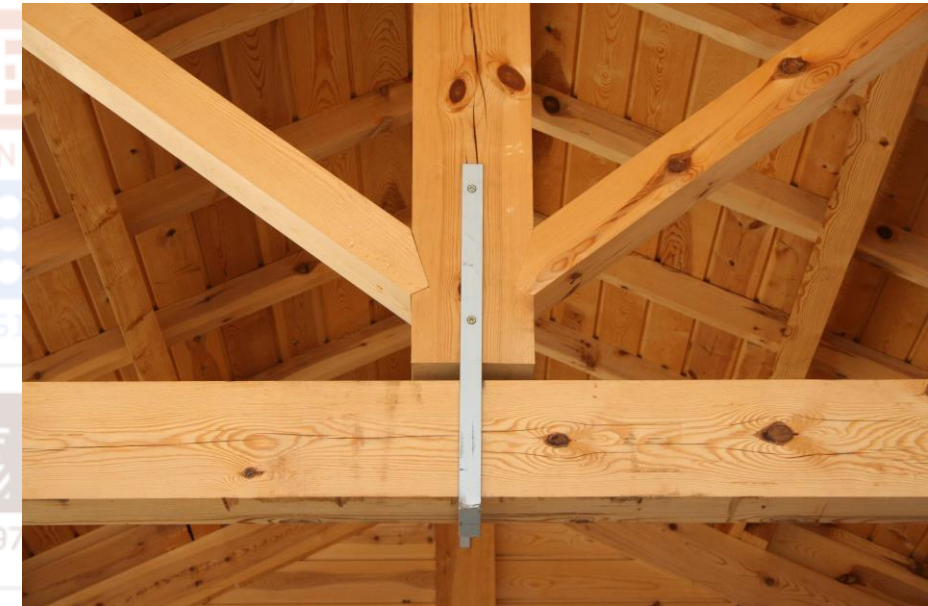
serviceability  
and durability



Geotechnical  
and seismic  
design



EN 1997







Structural safety, serviceability and durability

Actions on structures

Design and detailing

Geotechnical and seismic design

## Uniones con barras encoladas

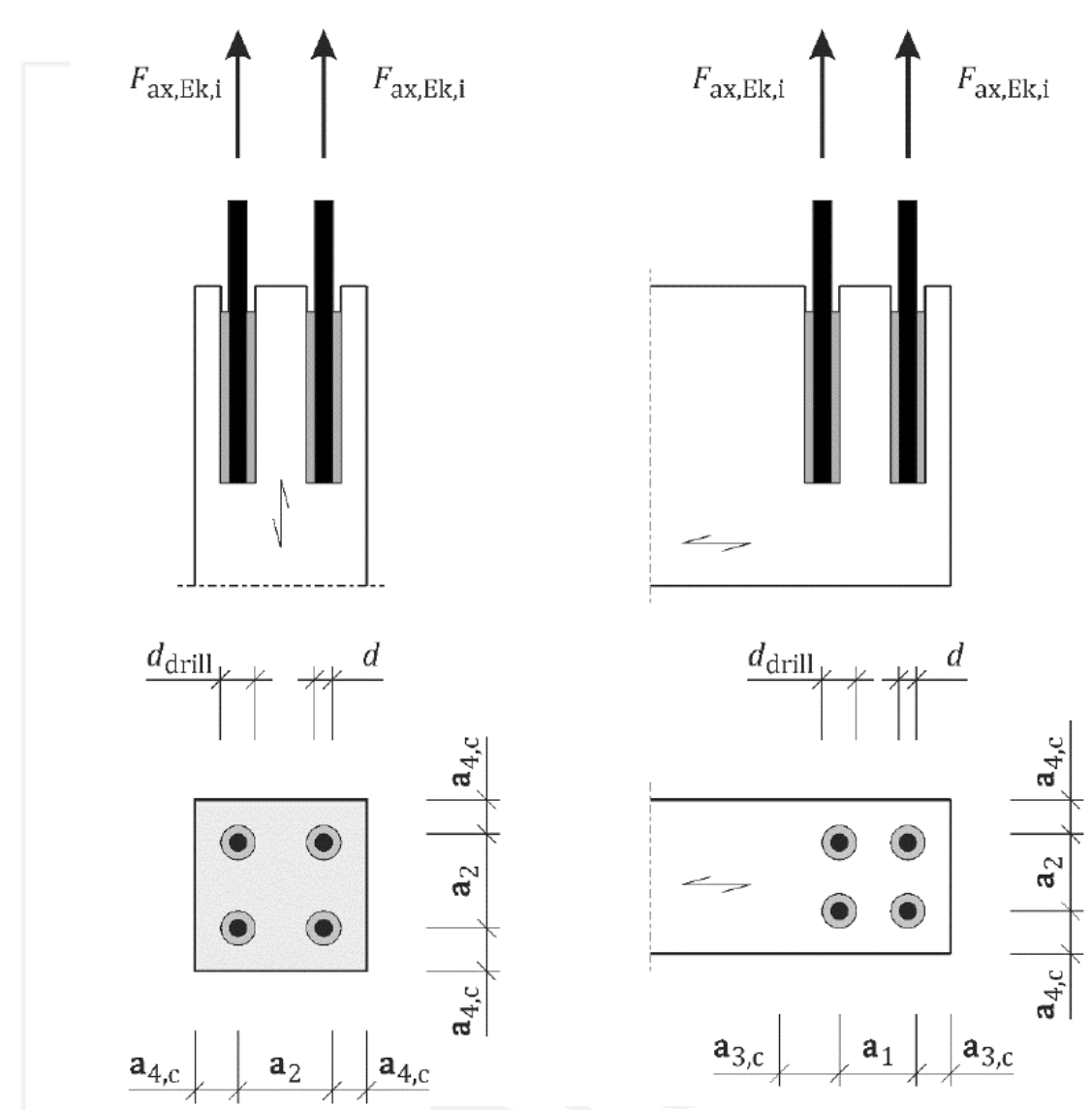




Foto GICM 2005

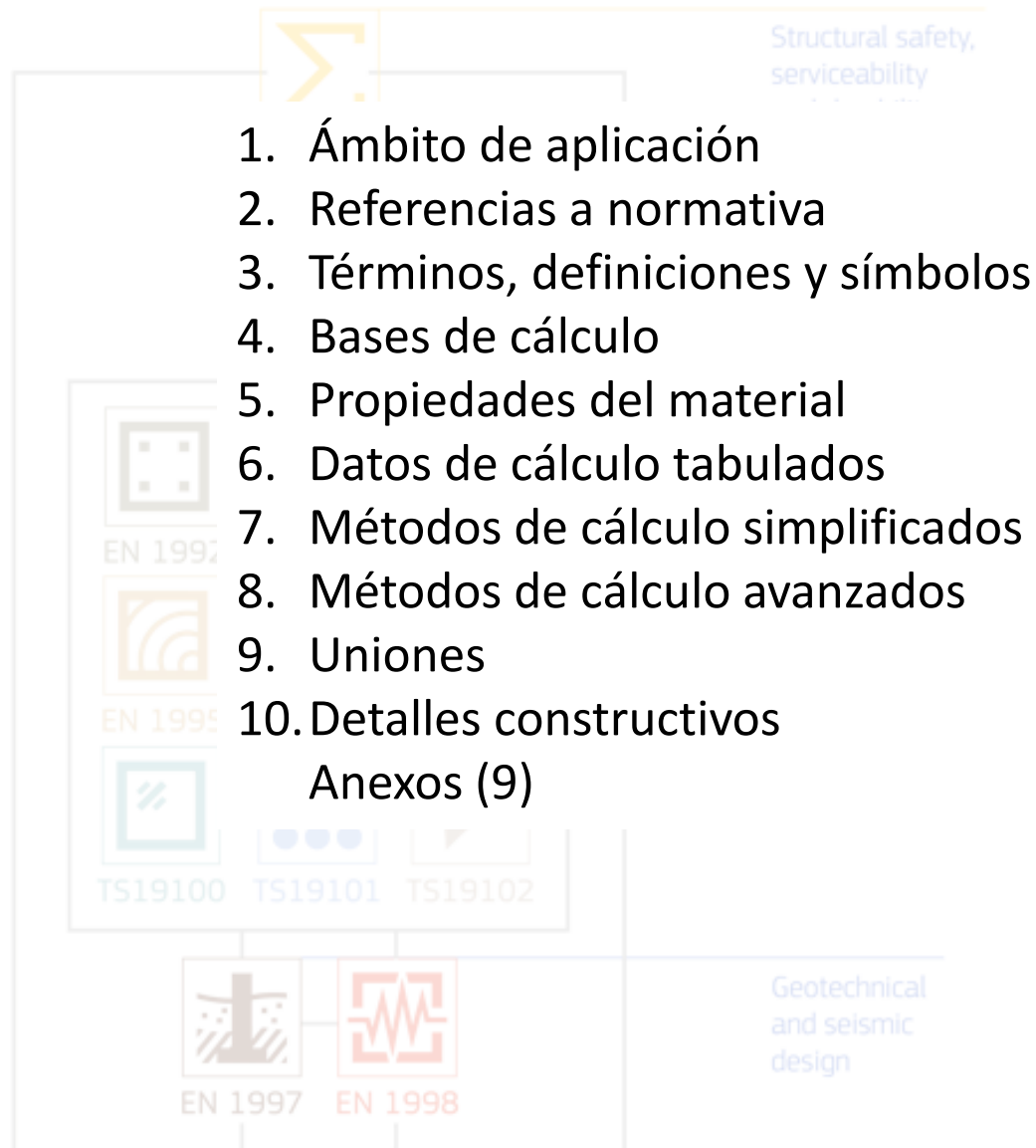


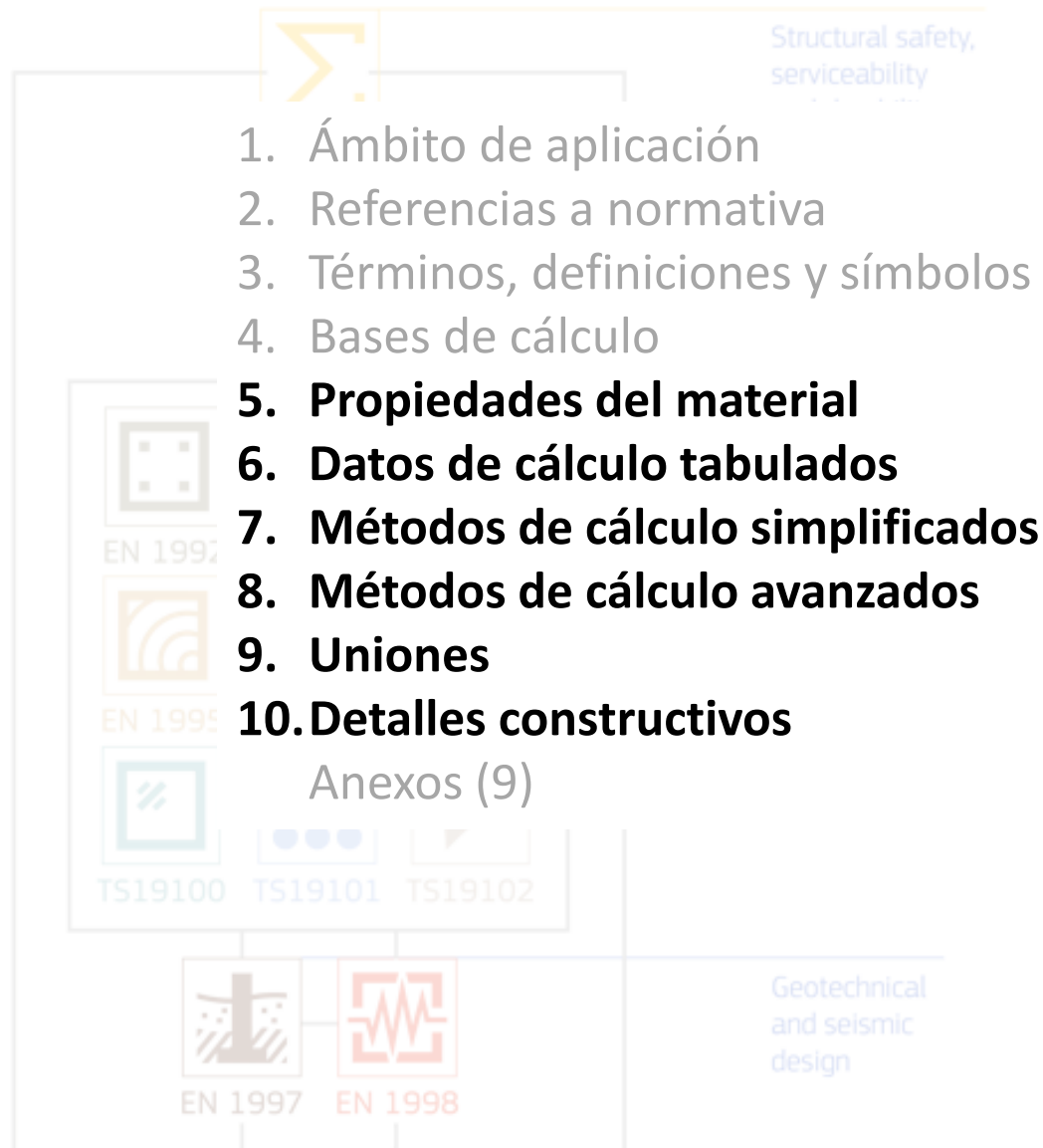
# EN 1992-1-2 Fuego

Structural safety,  
serviceability  
and durability

Actions on  
structures

Geotechnical  
and seismic  
design





## 6. Datos de cálculo tabulados

- Tiempos límite de fases de carbonización
- Piezas protegidas inicialmente
- Elementos planos de CLT

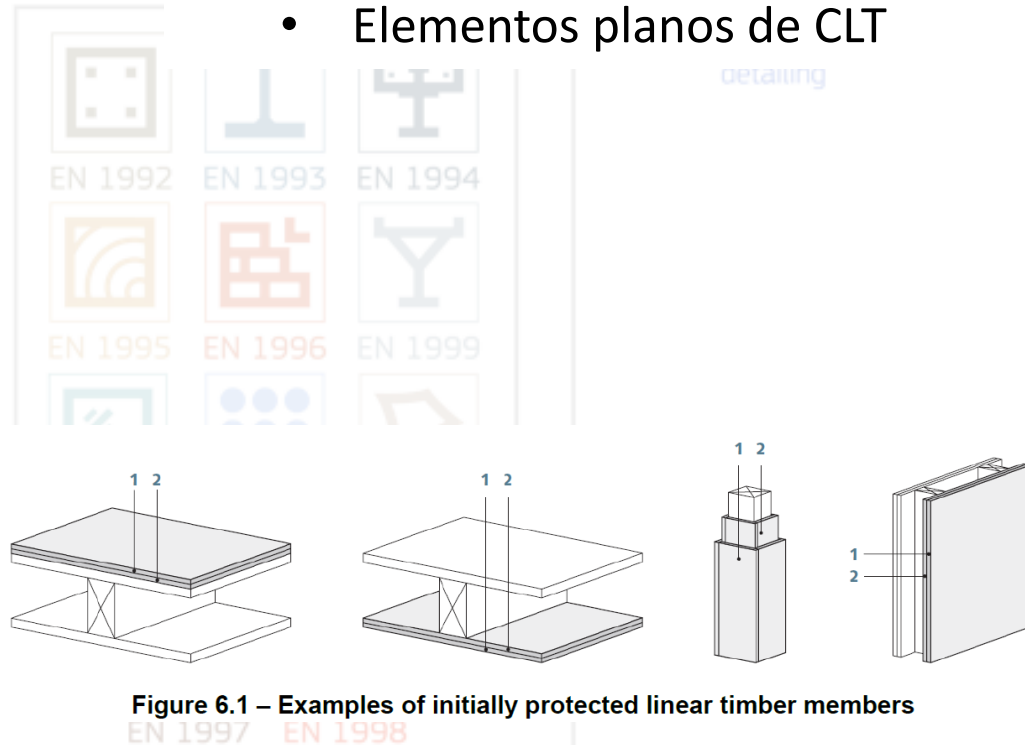


Figure 6.1 – Examples of initially protected linear timber members

EN 1997 EN 1998

Layup [mm]	Total thickness [mm]	$d_{0,ef}$ [mm]		
		R30	R60	R90
20-20-20	60	2,1	7,1	n.a.
40-40-40	120	7,0	3,4	n.a.
20-20-20-20-20	100	3,3	9,5	5,4
40-20-20-20-40	140	6,3	4,5	7,9
40-20-40-20-40	160	5,3	5,5	8,9
40-30-40-30-40	180	5,1	5,3	1,4
40-40-40-40-40	200	5,0	5,3	1,6



Structural safety,  
serviceability

## 7. Métodos de cálculo simplificados

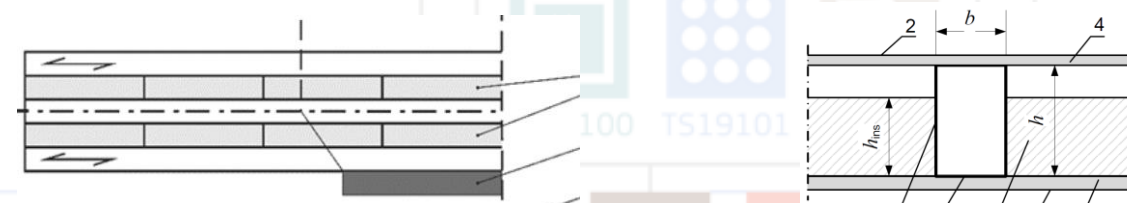
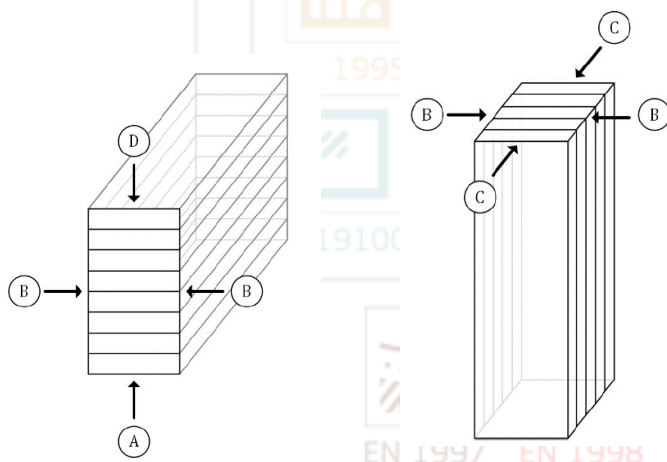
- Método de la sección eficaz
- Cálculo de elementos lineales
- Cálculo de elementos planos
- Cálculo de entramados
- Cálculo de sistemas mixtos madera-hormigón



Structural safety,  
serviceability  
and durability

Actions on  
structures

Design and  
detailing



Geotechnical  
and seismic  
design

Geotechnical  
and seismic  
design



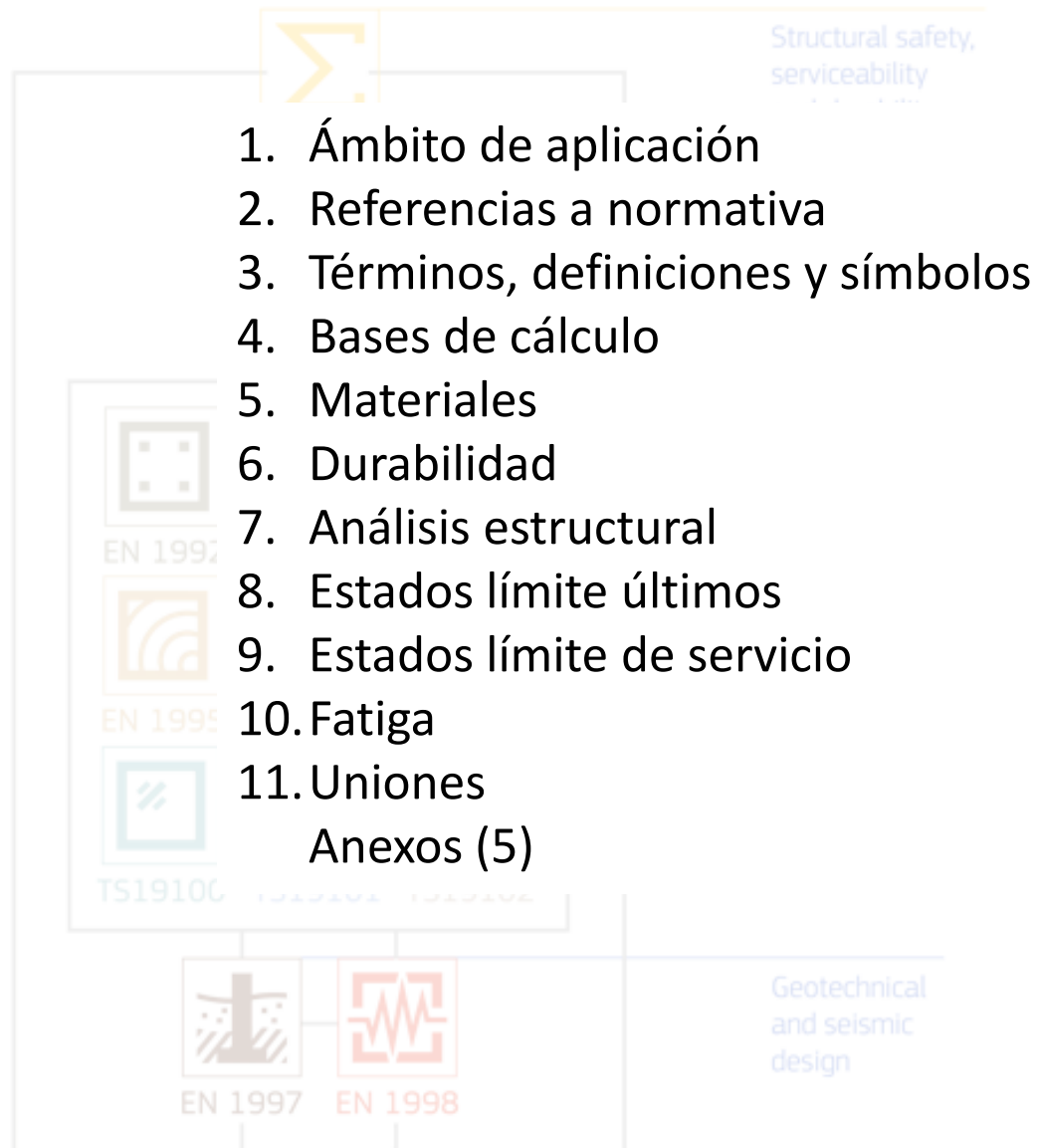
Pasarela en Mallabia, Vizcaya. Fotos GICM 2021

Structural safety,  
serviceability  
and durability

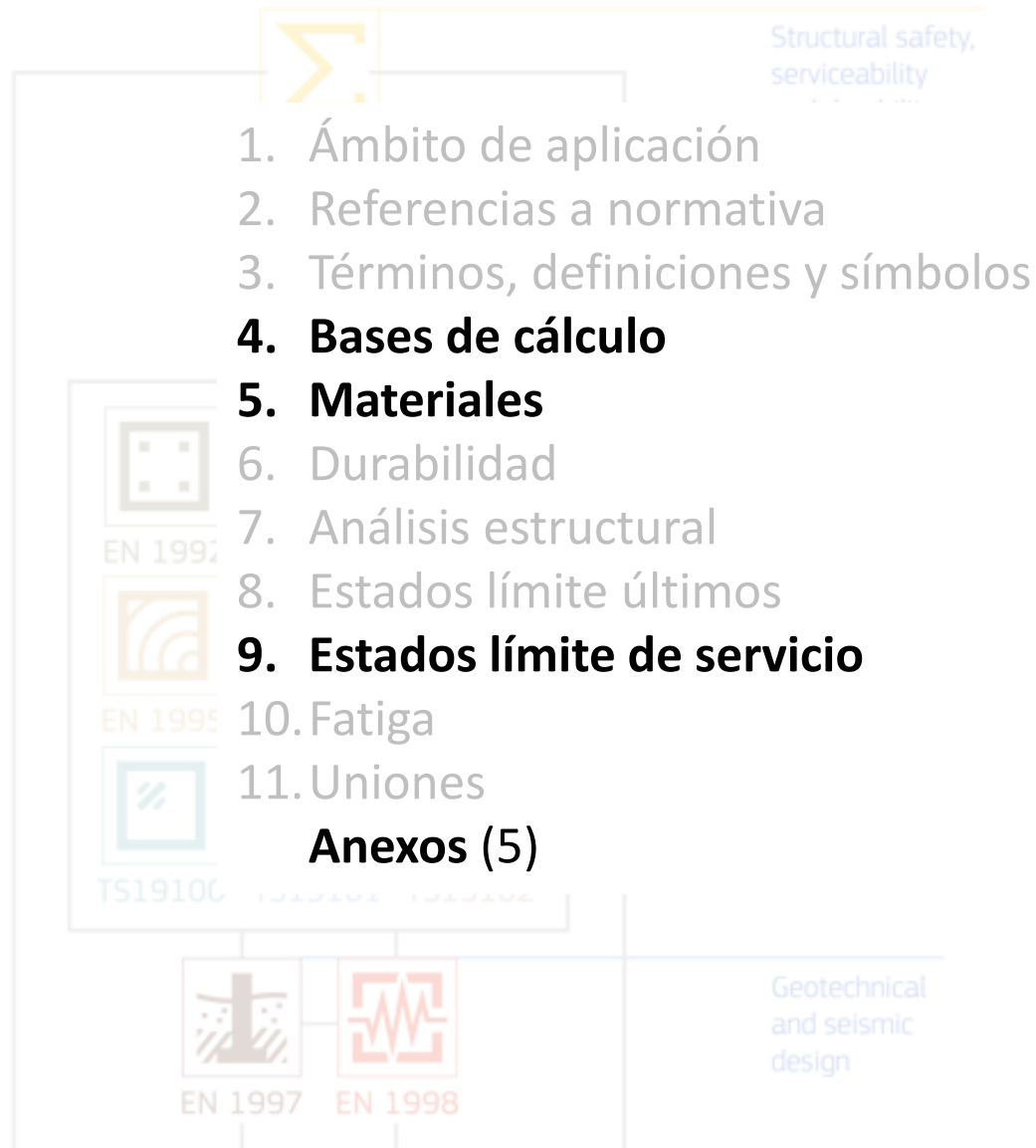
Actions on  
structures

# EN 1992-2 Puentes

Geotechnical  
and seismic  
design







## 4. Bases de cálculo. Vida de servicio

### Categoría de la vida de servicio de cálculo en estructuras de madera

	Categoría	Vida de servicio útil (años)
1	Puentes de madera protegidos (incluyendo su cimentación y componentes de acero a tracción de acuerdo con la EN 1993-1-11), otras estructuras de ingeniería civil que soporten tráfico de carretera o de ferrocarril <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>
2	Puentes de madera en los que las piezas estructurales principales tengan una protección reducida <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>
3	Partes estructurales reemplazables <sup>d</sup>	25
4	Estructuras temporales <sup>c</sup>	≤ 10

<sup>a</sup> véase EN 1990:202x, Tabla A.2.2 (NDP)

La fila 2 puede tener relevancia, por ejemplo, en puentes de una clase de consecuencias baja donde las consecuencias económicas de la sustitución después de una vida de servicio más corta puede ser aceptable por la autoridad relevante, o cuando no se especifique, acordado por las partes relevantes para un proyecto específico.

<sup>b</sup> véase EN 1990:202x, Tabla A.2.2 (NDP)

<sup>c</sup> véase EN 1990:202x, Tabla A.2.2 (NDP)

Las piezas de madera no protegidas deberían clasificarse como estructuras temporales.

<sup>d</sup> También puede establecerse un valor de 25 años para la clasificación de estructuras o partes de estructura reemplazables. La protección de los elementos de acero contra la corrosión debería cumplir con la vida de servicio de cálculo.

Los componentes de acero a tracción de acuerdo con la EN 1993-3-11 deberán proyectarse con una vida de servicio de cálculo de 100 años (véase 4.1.2.2), incluso si ellos deberían ser reemplazables.

Las estructuras auxiliares deberían clasificarse como partes reemplazables de la estructura principal.

**Table 5.1 – Minimum Dimensions of Structural Timber Members for Timber Bridges**

	<b>Structural Members</b>	<b>Smallest Cross-sectional Dimension</b> [mm]	<b>Smallest Cross-sectional Area</b> [mm <sup>2</sup> ]
1	Main members made of structural solid wood, glulam, block glued glulam, cross laminated timber (CLT), glued laminated veneer lumber (GLVL) or glued solid timber (with the exception of trussed girders and beams in deck plates)	115	23 000
2	Members made of plywood or laminated veneer lumber (LVL)	90	20 000
3	Single-section bars	40	4 800
4	Individual sections of built-up members	30	3 600
5	Gusset plates and fishing plates as well as webs made of plywood (with a minimum of five layers)	12	a)
6	Load bearing pavement made of a single layer of solid wood	30 <sup>b</sup>	-
7	Load bearing pavement made of wood-based panels (plywood, LVL and GLVL)	20	-

a) Minimum thickness of gusset plates and fishing plates: 120 mm.  
 b) A wearing course in accordance with Table 6.1 should be added to this value if necessary.

Structural safety, serviceability

# 5. Materiales

## Dimensiones mínimas de las piezas

Design and detailing

Geotechnical and seismic design



Structural safety, serviceability



Structural safety, serviceability and durability

**Table 9.2 (NDP) – Limiting Values for Deflections for Beams, Plates and Trusses**

Action (Frequent load value)	Range of Limiting Values	
	vertical	horizontal
Traffic loads on road bridges <sup>1)</sup>	<u><math>l/500</math></u> to $l/650$	-
Traffic loads on footways, cycle tracks and footbridges	<u><math>l/500</math></u> to $l/900$	-
Wind forces	-	<u><math>l/600</math></u> to $l/1500$

1) In the design the vehicle may be positioned in the middle of a lane for laminated timber decks and positioned as close to the deck edge as possible for ancillary structural elements

## 9. ELS

Flechas. Criterio de confort  
Efectos dinámicos ( $l > 12$  m)

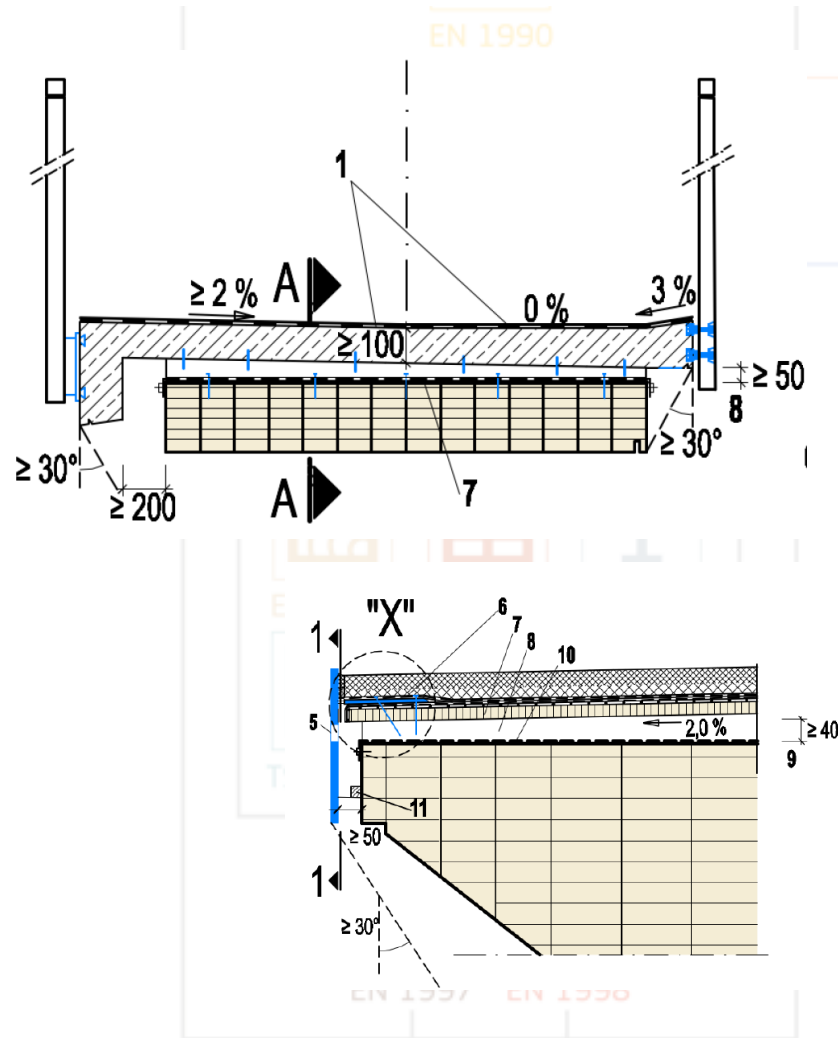


Geotechnical and seismic design



Geotechnical and seismic design

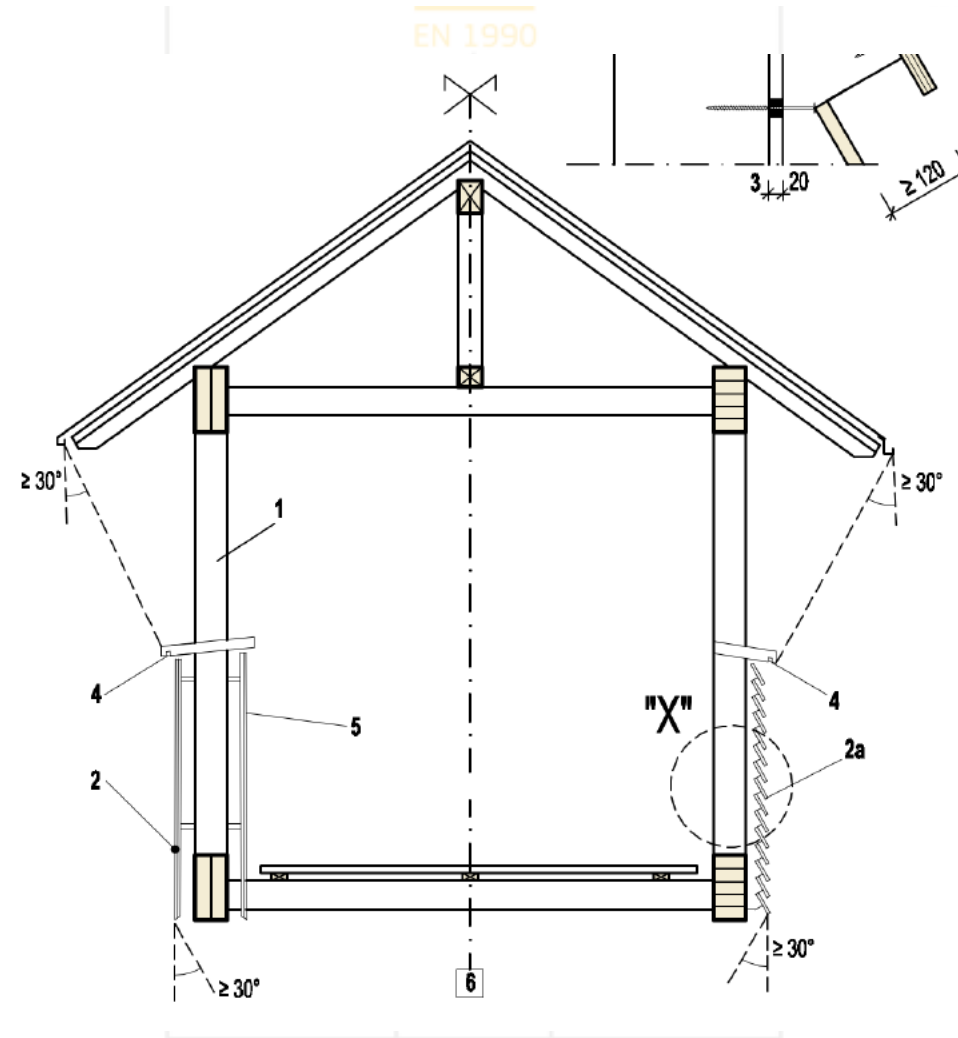
# Anexo D (inf.) Ejemplos de detalles



Actions on structures

Design and detailing

Geotechnical and seismic design





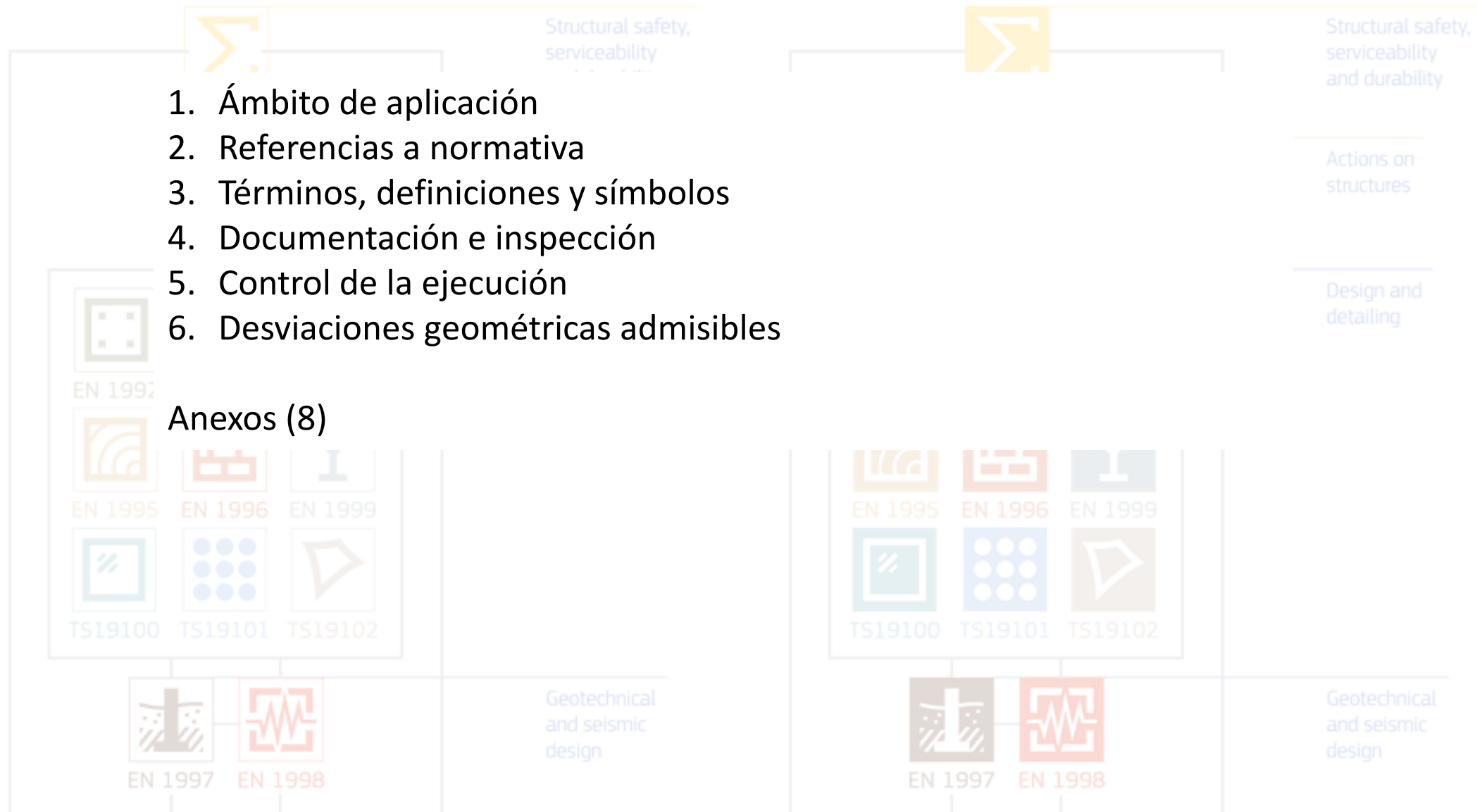
Pabellón Suiza, ARCO, Conde Duque, Madrid. Foto GICM 2003

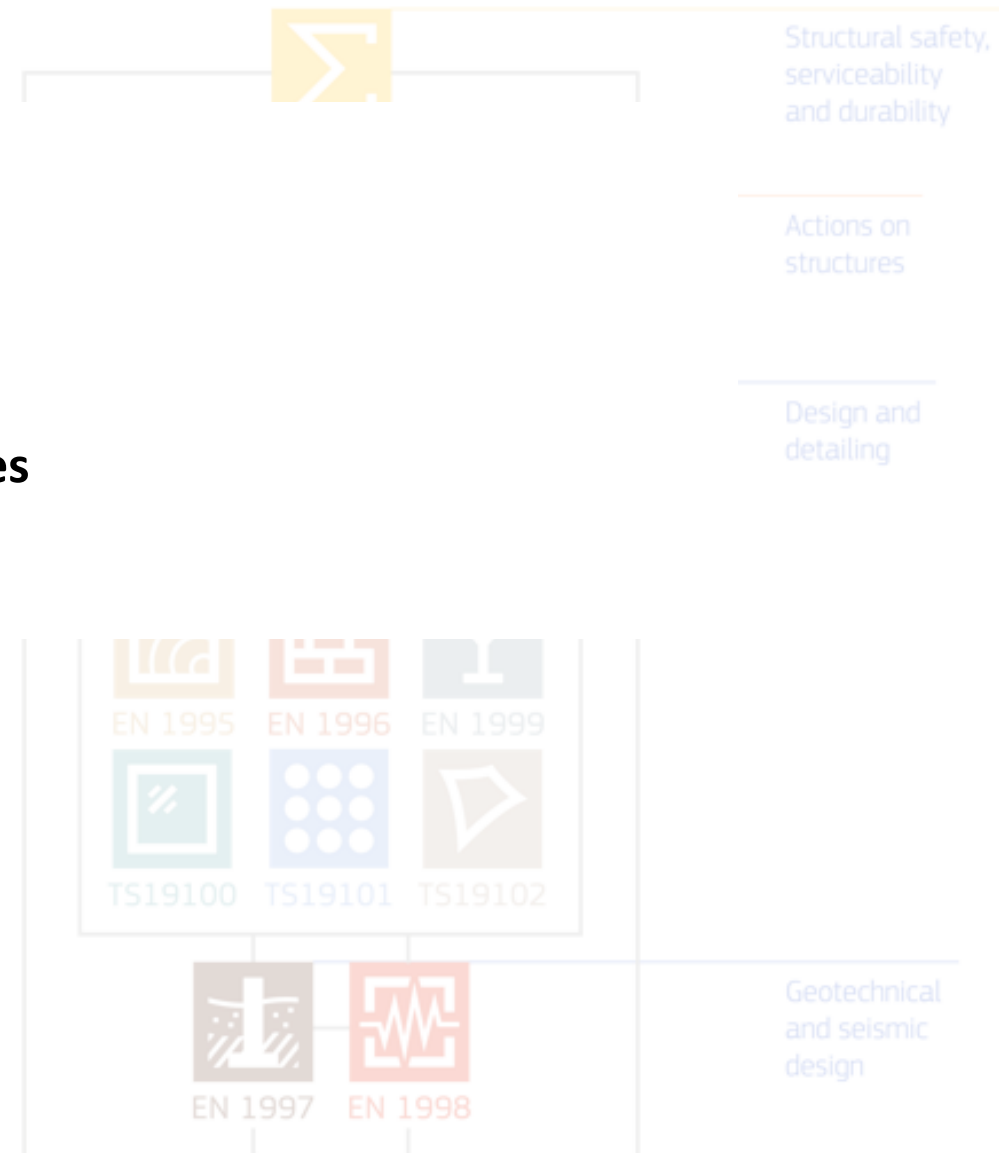
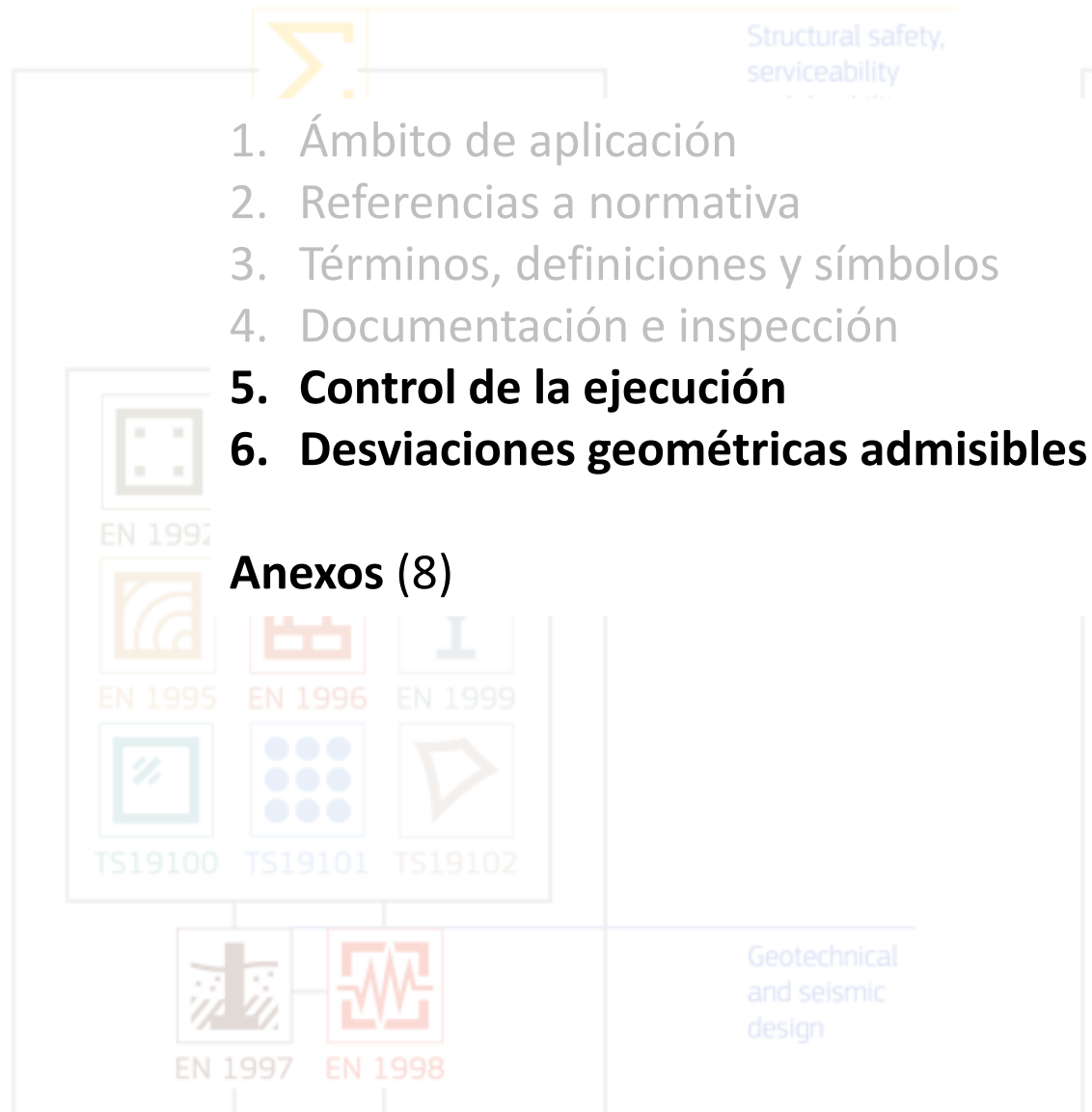
Structural safety,  
serviceability  
and durability

Actions on  
structures

## EN 1992-3 Ejecución

Geotechnical  
and seismic  
design







## 5. Control de la ejecución

- Contenido de humedad
- Uniones
  - Desviación del contenido de humedad
  - Pretaladro
  - Encolado: anexo B
  - Pilotes: anexo C

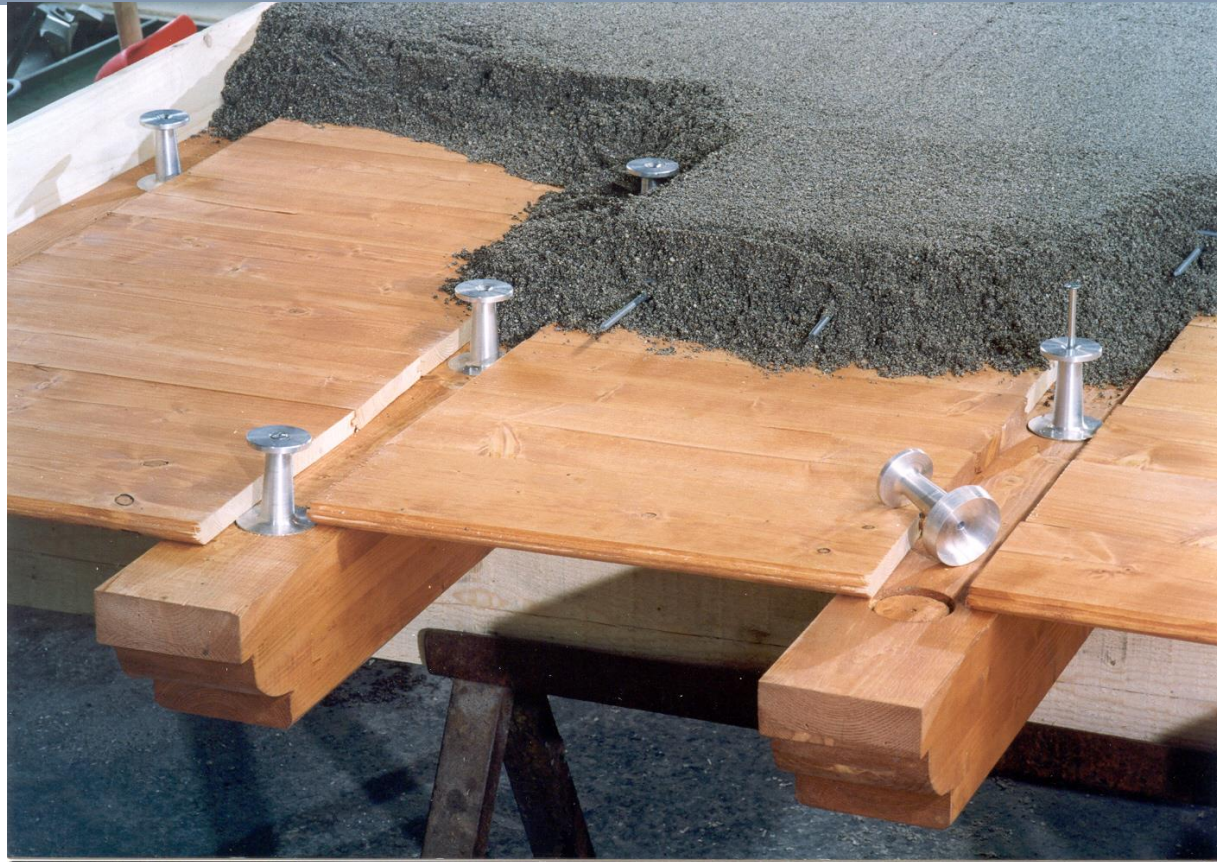


## 6. Desviaciones geométricas admisibles

- Diámetros y localización de agujeros clavijas
- Penetración en superficie
- Estructuras ya colocadas
  - Desplomes
  - Combaduras
  - Superficie de apoyo
  - Uniones carpinteras: anexo E

Table 6.1 — Recommended maximum permitted deviations  $\Delta_{max}$  from specified geometry for cut or machined beams, columns, struts, or ties

Cut/machined geometry	Diagram	$\Delta_{max}$ [all dimensions in mm]
1 Member length		$\pm \max (5; l/1000)$
2 Pressure contact (e.g. bearing, butt joint, carpentry connections)		$\pm \max (1,5; (h + b)/1000)$ , or $\pm 5$ with cast filler (see note)
3 Slots for steel plates		Slot width $b_s$ : min.: $t_s$ max.: $t_s + \max (h/150; 3)$  Distance outside slot or between slots $b_n$ ( $n = 1, 2, \dots$ ): $\pm \min. (5; 0,1 b_n)$
4 Holes in beams		Deviation from locating dimensions $h_n$ or $l_n$ ( $n = 1, 2$ ): $\pm \max (10; h_n/100)$ , or $\pm \max (10; l_n/100)$  Deviation from hole dimensions $d_o$ or $h_o$ : $\pm \max (5; d_o/50)$ , or $\pm \max (5; h_o/50)$
5 Notches		Deviation from dimensions $h_1$ or $l_1$ : $\pm \max (5; h_1/100)$ , or $\pm \max (5; l_1/100)$



# TS 19103

## Madera-Hormigón

Structural safety,  
serviceability



TS19100 TS19101 TS19102

EN 1997 EN 1998

Geotechnical  
and seismic  
design

1. **Ámbito de aplicación**
  2. **Referencias a normativa**
  3. **Términos, definiciones y símbolos**
  4. **Bases de cálculo**
  5. **Materiales**
  6. **Durabilidad**
  7. **Análisis estructural**
  8. **Estados límite últimos**
  9. **Estados límite de servicio**
  10. **Uniones**
  11. **Detalle y ejecución**
- Anexos (3)

EN 1997



EN 1995



TS19106



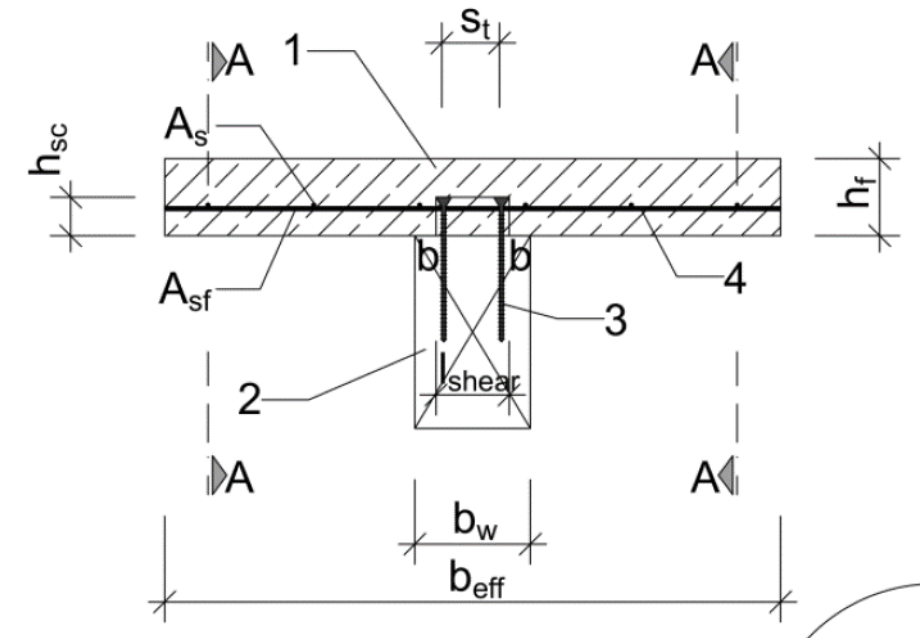
EN 1997



EN 1998

Structural safety,  
serviceability

Geotechnical  
and seismic  
design



Structural safety,  
serviceability  
and durability



EN 1997



EN 1998

Geotechnical  
and seismic  
design



Structural safety,  
serviceability

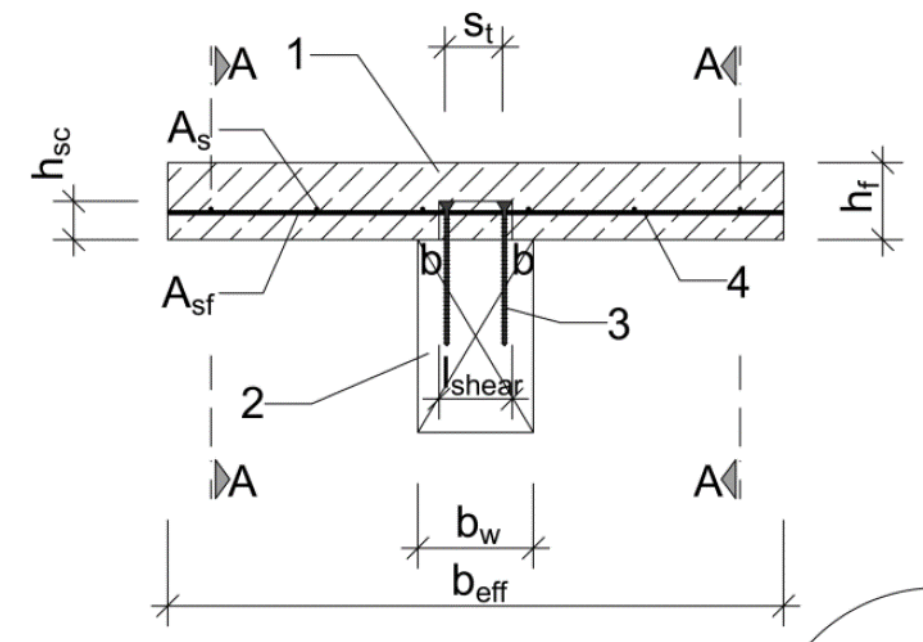
1. Ámbito de aplicación
  2. Referencias a normativa
  3. Términos, definiciones y símbolos
  - 4. Bases de cálculo**
  5. Materiales
  6. Durabilidad
  7. Análisis estructural
  8. Estados límite últimos
  9. Estados límite de servicio
  10. Uniones
  11. Detalle y ejecución
- Anexos (3)



Geotechnical  
and seismic  
design



Structural safety,  
serviceability  
and durability



Geotechnical  
and seismic  
design



Structural safety,  
convieneability



Structural safety,  
convieneability

- Dos clases de ambiente:
  - Condiciones ambientales **casi constantes** (Hum.Eq.Hig. y  $\Delta CH \leq 6\%$  y  $\Delta T \leq 20^{\circ}\text{C}$ ).
    - Efecto de la duración de la carga y contenido de humedad en resistencia y rigidez de la madera y de las uniones;
    - Retracción del hormigón.
  - Condiciones ambientales **variables**. Además de lo anterior:
    - Dilatación térmica;
    - Hinchazón y merma de la madera en dirección longitudinal.
- Verificación ELU y ELS como composición de dos estados: largo plazo e instantánea;
- Hormigones de aplicación: C12/15 a C60/75 (LC12/13 a LC60/66);
- Proceso de construcción: define el apeo eficaz.

EN 1997 EN 1998

EN 1997 EN 1998

# Muchas gracias por su atención

## Los Eurocódigos Estructurales Jornada informativa

**Eurocódigo 5 Estructuras de Madera**

**8 abril 2022**



**Francisco Arriaga Martitegui**

*Catedrático de Universidad. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Madrid  
Presidente SC5-CTN 140 – Eurocódigos Estructurales*