

Los Eurocódigos Estructurales

Jornada informativa

EN 1994: Estructuras mixtas de acero y hormigón

8 junio 2022

Miguel Ortega

Director de Operaciones de IDEAM

Presidente UNE-CTN 140/SC4



Contenido

1. **UNE-EN 1994: proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón**
2. **2ª generación - prEN 1994: desarrollo y estado de los trabajos**
3. **2ª generación - prEN 1994: descripción y comparación con la versión vigente**
 - 3.1 **prEN 1994-1-1 vs UNE-EN 1994-1-1**
 - 3.2 **prEN 1994-2 vs UNE-EN 1994-2**

1. UNE-EN 1994: proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón

UNE-EN 1994-1-1

Reglas **generales** y reglas para **edificación**

Capítulo 1 – Generalidades
 Capítulo 2 – Bases de proyecto
 Capítulo 3 – Materiales
 Capítulo 4 – Durabilidad
 Capítulo 5 – Cálculo estructural
 Capítulo 6 – Estados Límite Últimos
 Capítulo 7 – Estados Límite de Servicio
 Capítulo 8 – Uniones mixtas en pórticos de edificación
 Capítulo 9 – Losas mixtas de edificación con chapa nervada
 Anexos A a C (Informativos)

UNE-EN 1994-1-2

Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al **fuego**

Capítulo 1 – Generalidades
 Capítulo 2 – Bases de proyecto
 Capítulo 3 – Materiales
 Capítulo 4 – Procedimientos de cálculo
 Capítulo 5 – Detalles constructivos
 Anexos A a I (Informativos)

UNE-EN 1994-2

Reglas generales y reglas para **puentes**

Capítulo 1 – Generalidades
 Capítulo 2 – Bases de proyecto
 Capítulo 3 – Materiales
 Capítulo 4 – Durabilidad
 Capítulo 5 – Cálculo estructural
 Capítulo 6 – Estados Límite Últimos
 Capítulo 7 – Estados Límite de Servicio
 Capítulo 8 – Losas prefabricadas de hormigón en puentes mixtos
 Capítulo 9 – Placas mixtas en puentes
 Anexo C (Informativo)

1. UNE-EN 1994: proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón

Reglas generales de parte 1-1 válidas para puentes se repiten en la parte 2

Parte 2 auto-suficiente

UNE-EN 1994-1-1

2.4.1.2 Valores de cálculo de las propiedades del material o del producto

(1)P A menos que se requiera una estimación del valor superior de la resistencia, los coeficientes parciales de seguridad se deben aplicar al valor característico inferior o al valor nominal de las resistencias.

(2)P Para el hormigón, se debe aplicar un coeficiente parcial de seguridad γ_c . El valor de cálculo de la resistencia a compresión debe obtenerse de:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad (2.1)$$

donde el valor característico f_{ck} se debe obtener a partir del apartado 3.1 de la Norma EN 1992-1-1 para hormigón de peso normal, y del apartado 11.3 de la Norma EN 1992-1-1 para hormigón ligero.

NOTA El valor de γ_c es el usado en la Norma EN 1992-1-1.

(3)P Para el acero de la armadura pasiva, se debe aplicar un coeficiente parcial de seguridad γ_s .

NOTA El valor de γ_s es el usado en la Norma EN 1992-1-1.

(4)P Para el acero estructural, chapa nervada y dispositivos de acero de unión, se debe aplicar un coeficiente parcial de seguridad γ_M . Salvo que se especifique otra cosa, el coeficiente parcial de seguridad para acero estructural debe tomarse como γ_{M0} .

NOTA Los valores de γ_M son los indicados en la Norma EN 1993.

(5)P Para la conexión, se debe aplicar un coeficiente parcial de seguridad γ_V .

NOTA El valor de γ_V puede darse en el *anexo nacional*. El valor recomendado de γ_V es 1,25.

(6)P Para el rasante en losas mixtas de edificación, se debe aplicar un coeficiente parcial de seguridad γ_{VS} .

NOTA El valor de γ_{VS} puede darse en el *anexo nacional*. El valor recomendado de γ_{VS} es 1,25.

(7)P Para la comprobación de fatiga de los pernos con cabeza usados en edificación, se deben aplicar los coeficientes parciales de seguridad γ_{MF} y γ_{MFS} .

NOTA El valor de γ_{MF} es el usado en la parte correspondiente de la Norma EN 1993. El valor de γ_{MFS} puede darse en el *anexo nacional*. El valor recomendado de γ_{MFS} es 1,0.

2.4.1.3 Valores de cálculo de los datos geométricos

(1) Los datos geométricos de las secciones transversales y sistemas pueden tomarse de las normas armonizadas de producto o de los planos constructivos, y considerarse como valores nominales.

UNE-EN 1994-2

2.4.1.2 Valores de cálculo de las propiedades del material o del producto

(1)P Salvo que se requiera una estimación del valor superior de la resistencia, los coeficientes parciales de seguridad deben aplicarse al valor característico inferior o al valor nominal de las resistencias.

(2)P Debe aplicarse un coeficiente parcial de seguridad γ_c al hormigón. El valor de cálculo de la resistencia a compresión debe obtenerse de:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad (2.1)$$

donde el valor característico f_{ck} debe obtenerse a partir del apartado 3.1 de la Norma EN 1992-1-1:2004 para hormigón normal y al apartado 11.3 de la Norma EN 1992-1-1:2004 para hormigón ligero.

NOTA El valor de γ_c es el usado en la Norma EN 1992-1-1:2004.

(3)P Debe aplicarse un coeficiente parcial de seguridad γ_s al acero de la armadura pasiva.

NOTA El valor de γ_s es el usado en la Norma EN 1992-1-1:2004.

(4)P Deben aplicarse coeficientes parciales de seguridad γ_M para el acero estructural, las chapas de acero y los dispositivos de unión de acero. Salvo que se especifique otra cosa, el coeficiente parcial de seguridad para el acero estructural debe tomarse como γ_{M0} .

NOTA Los valores de γ_M son los indicados en la Norma EN 1993-2.

(5)P Debe aplicarse un coeficiente parcial de seguridad γ_V a la conexión.

NOTA El valor de γ_V puede indicarse en el *anexo nacional*. El valor recomendado para γ_V es 1,25.

(6)P Deben aplicarse coeficientes parciales de seguridad γ_{MF} y γ_{MFS} en las comprobaciones de fatiga de pernos conectadores en puentes.

NOTA El valor de γ_{MF} es el usado en la Norma EN 1993-2. El valor de γ_{MFS} puede indicarse en el *anexo nacional*. El valor recomendado para γ_{MFS} es 1,0.

2.4.1.3 Valores de cálculo de los datos geométricos

(1)P Los datos geométricos de las secciones transversales y sistemas pueden tomarse de las normas armonizadas de producto o de los planos constructivos, y considerarse como valores nominales.

2. prEN 1994: desarrollo y estado de los trabajos - partes 1-1, 1-2 y 2

Redacción de Drafts

PREPARACIÓN
FASE DE "ENCUESTA"

FASE DE "ENCUESTA"
(Formal Enquiry)

PREPARACIÓN
FASE DE "VOTO FORMAL"

VOTO FORMAL
(Formal Vote)

EDICIÓN TRADUCCIÓN

Publicación

SC4

Fase	Tarea	Descripción	Presencia española
1	T1	Respuesta a las demandas de la industria, incluyendo necesidades de armonización con EN 1992 y EN 1993	Miguel Ortega
	T2	Vigas mixtas con grandes aperturas en el alma	-
	T3	Revisión de reglas para el dimensionamiento de conexiones en presencia de chapa nervada	-
	T4	Desarrollo de nuevas reglas para columnas mixtas (tubos rellenos de hormigón) sometidas a fuego	Manuel Romero (PT Leader)

2. prEN 1994: desarrollo y estado de los trabajos - partes 1-1, 1-2 y 2

Redacción de Drafts

PREPARACIÓN
FASE DE "ENCUESTA"

FASE DE "ENCUESTA"
(Formal Enquiry)

PREPARACIÓN
FASE DE "VOTO FORMAL"

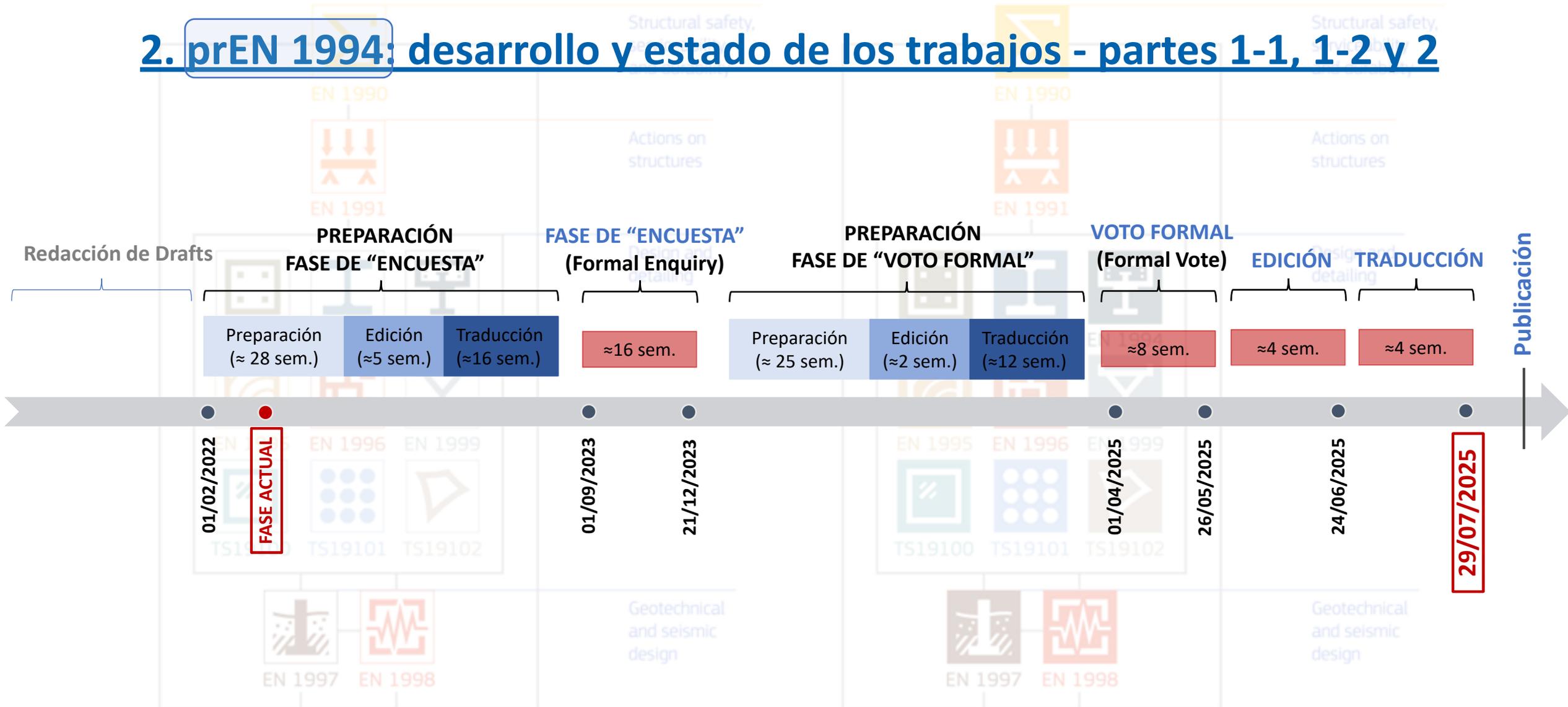
VOTO FORMAL
(Formal Vote)

EDICIÓN TRADUCCIÓN

Publicación

SC4			
Fase	Tarea	Descripción	Presencia española
2	T5	Desarrollo de reglas para el dimensionamiento de vigas de forjado plano u otros tipos de forjado empleando elementos prefabricados de hormigón	-
3	T6	Revisión de EN 1994-1-1	-
	T7	Revisión de EN 1994-1-2	-
4	T8	Revisión de EN 1994-2	José M. Simón-Talero

2. prEN 1994: desarrollo y estado de los trabajos - partes 1-1, 1-2 y 2



3. prEN 1994: descripción y comparación con la versión vigente

prEN 1994-1-1

- Capítulo 1 – Alcance
- Capítulo 2 – Normativa de referencia
- Capítulo 3 – Términos, definiciones y símbolos
- Capítulo 4 – Bases de proyecto
- Capítulo 5 – Materiales
- Capítulo 6 – Durabilidad
- Capítulo 7 – Cálculo estructural
- Capítulo 8 – Estados Límite Últimos
- Capítulo 9 – Estados Límite de Servicio
- Capítulo 10 – Losas mixtas de edificación con chapa nervada
- Capítulo 11 – Uniones mixtas en pórticos de edificación
- Anexos A a C (Informativos), Anexo D (Normativo), E (Informativo), F (Normativo), G (Informativo), H e I (Normativos) y J (Informativo)

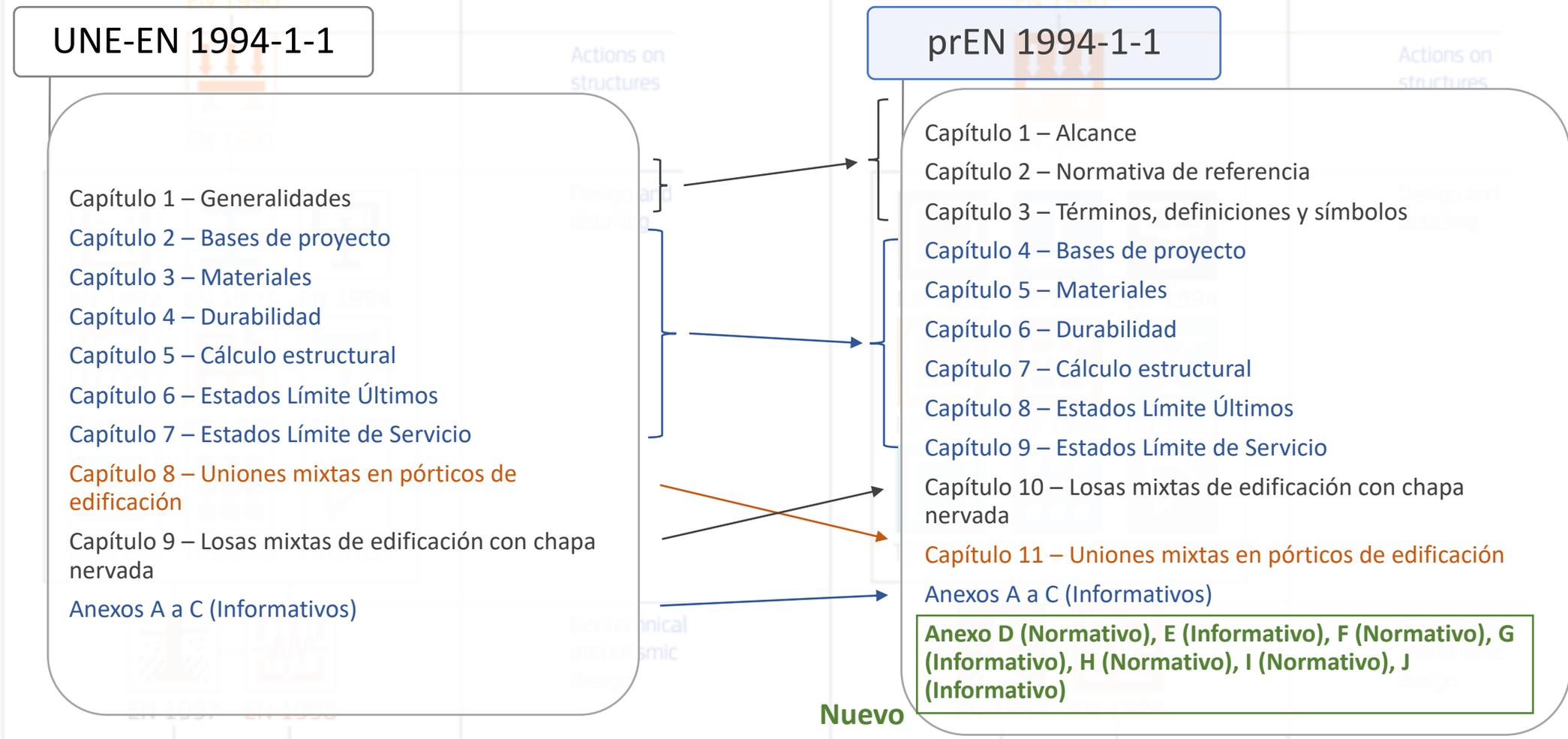
prEN 1994-1-2

- Capítulo 1 – Alcance
- Capítulo 2 – Normativa de referencia
- Capítulo 3 – Términos, definiciones y símbolos
- Capítulo 4 – Bases de proyecto
- Capítulo 5 – Propiedades de los materiales
- Capítulo 6 – Criterios de cálculo tabulados
- Capítulo 7 – Métodos de calculo simplificados
- Capítulo 8 – Métodos de cálculo avanzados
- Capítulo 9 – Detalles
- Anexo A a I (Normativos)

prEN 1994-2

- Capítulo 1 – Alcance
- Capítulo 2 – Normativa de referencia
- Capítulo 3 – Términos, definiciones y símbolos
- Capítulo 4 – Bases de proyecto
- Capítulo 5 – Materiales
- Capítulo 6 – Durabilidad
- Capítulo 7 – Análisis estructural
- Capítulo 8 – Estados Límite Últimos
- Capítulo 9 – Estados Límite de Servicio
- Capitulo 10 – Losas prefabricadas de hormigón
- Capitulo 11 – Placas mixtas
- Anexo C (Informativo)

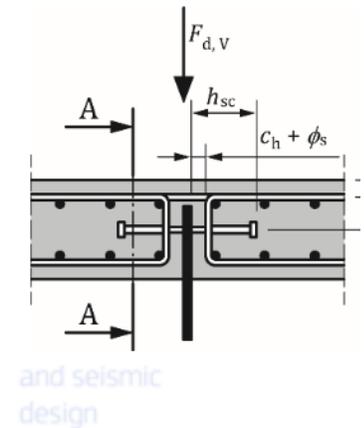
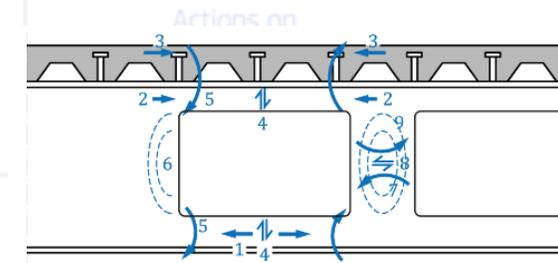
3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

Nuevos Anexos prEN 1994-1-1:

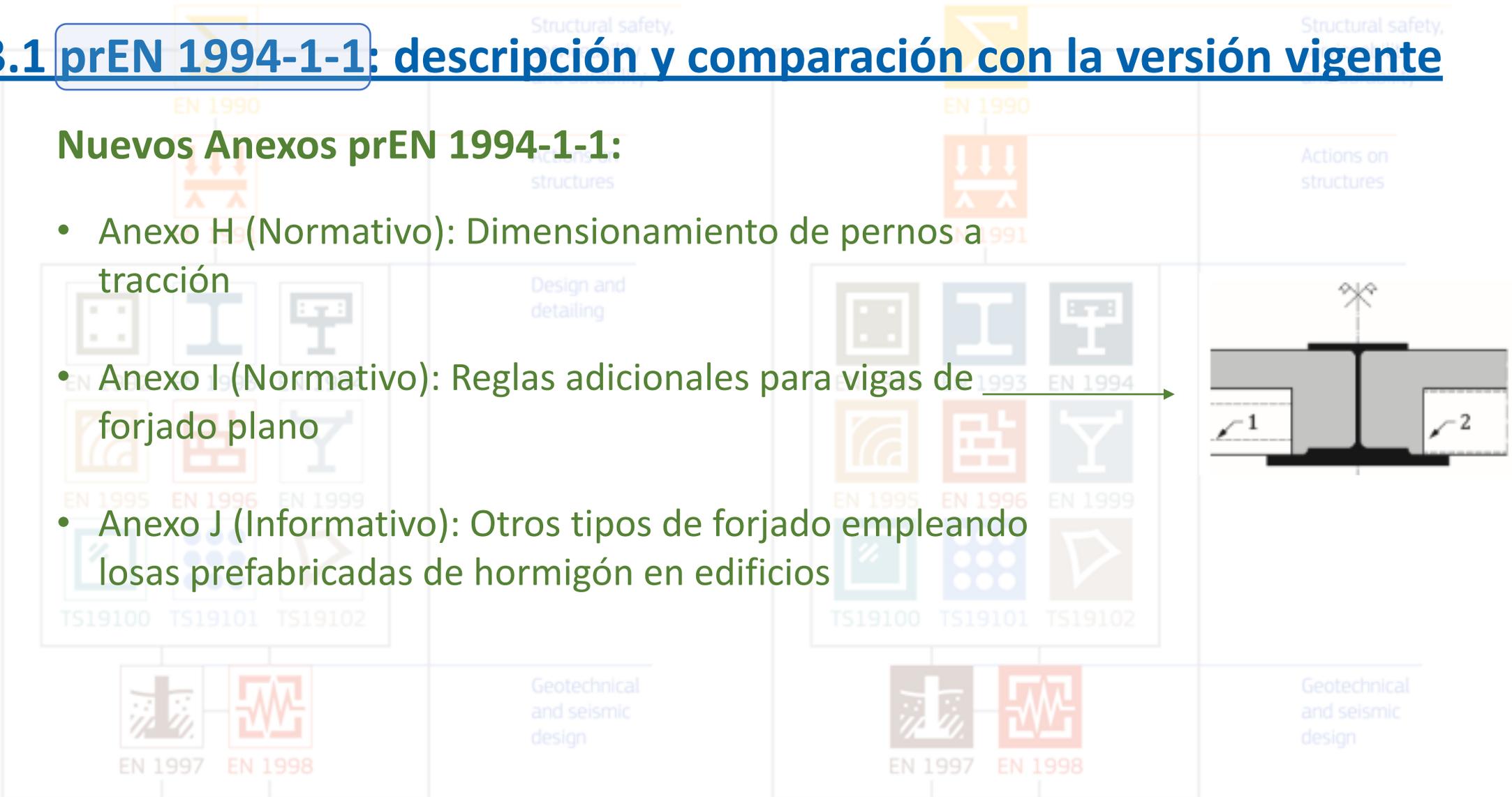
- Anexo D (Normativo): Vigas mixtas con aperturas en alma
- Anexo E (Informativo): Vigas mixtas con aperturas en alma y losas rígidas
- Anexo F (Normativo): Pernos que generan fuerzas en la dirección del espesor de la losa
- Anexo G (Informativo): Dimensionamiento de pernos soldados a chapa nervada en edificios con nervios transversales a las vigas de apoyo



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

Nuevos Anexos prEN 1994-1-1:

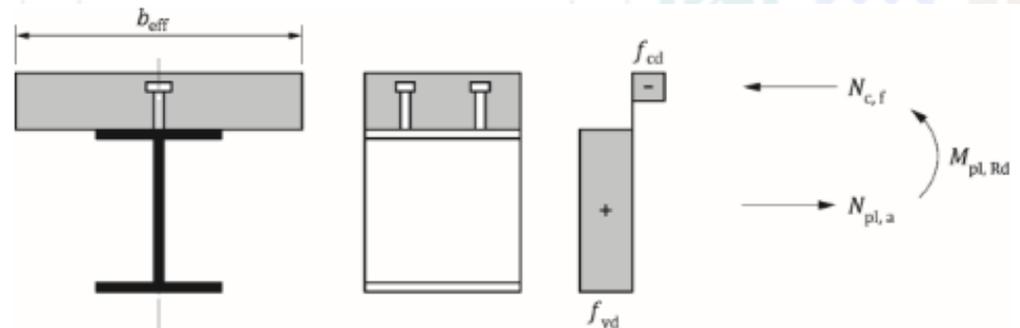
- Anexo H (Normativo): Dimensionamiento de pernos a tracción
- Anexo I (Normativo): Reglas adicionales para vigas de forjado plano
- Anexo J (Informativo): Otros tipos de forjado empleando losas prefabricadas de hormigón en edificios



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- Capítulos 1, 2, 3 y 4: sin apenas cambios importantes
- Capítulo 5 Materiales: Nueva definición de f_{cd}

UNE-EN 1994-1-1		prEN 1994-1-1	
2.4.1.2	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	$f_{cd} = \eta_{cc} k_{tc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	armonizada con prEN 1992-1-1
		K_{tc} valor recomendado=1,00 (efectos a largo plazo) for normal concrete: $\eta_{cc} = \left(\frac{40}{f_{ck}}\right)^{1/3} \leq \eta_{cc,up}$ for lightweight concrete:: $\eta_{cc} = \left(\eta_{lw,fc} \frac{40}{f_{ck}}\right)^{1/3} \leq \eta_{cc,up}$	



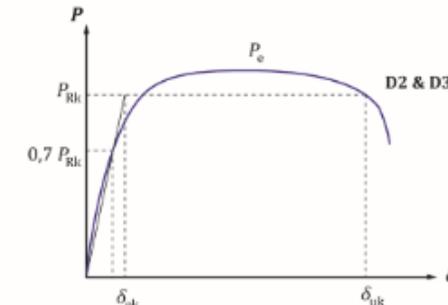
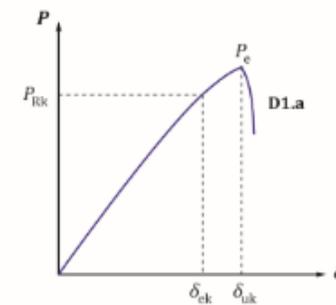
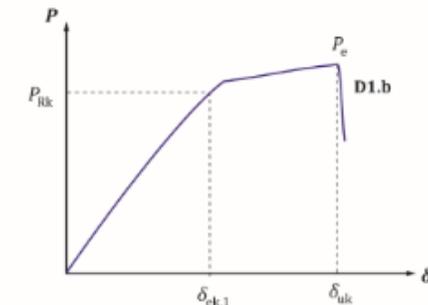
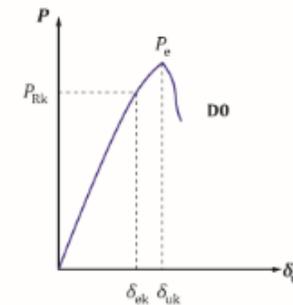
3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- **Capítulo 5 Materiales:** Nueva definición de categorías de ductilidad de conectadores (D0 – frágil; D1 a y b – flexible; D2 y D3 – dúctil)

Table 5.1: Ductility categories for shear connectors

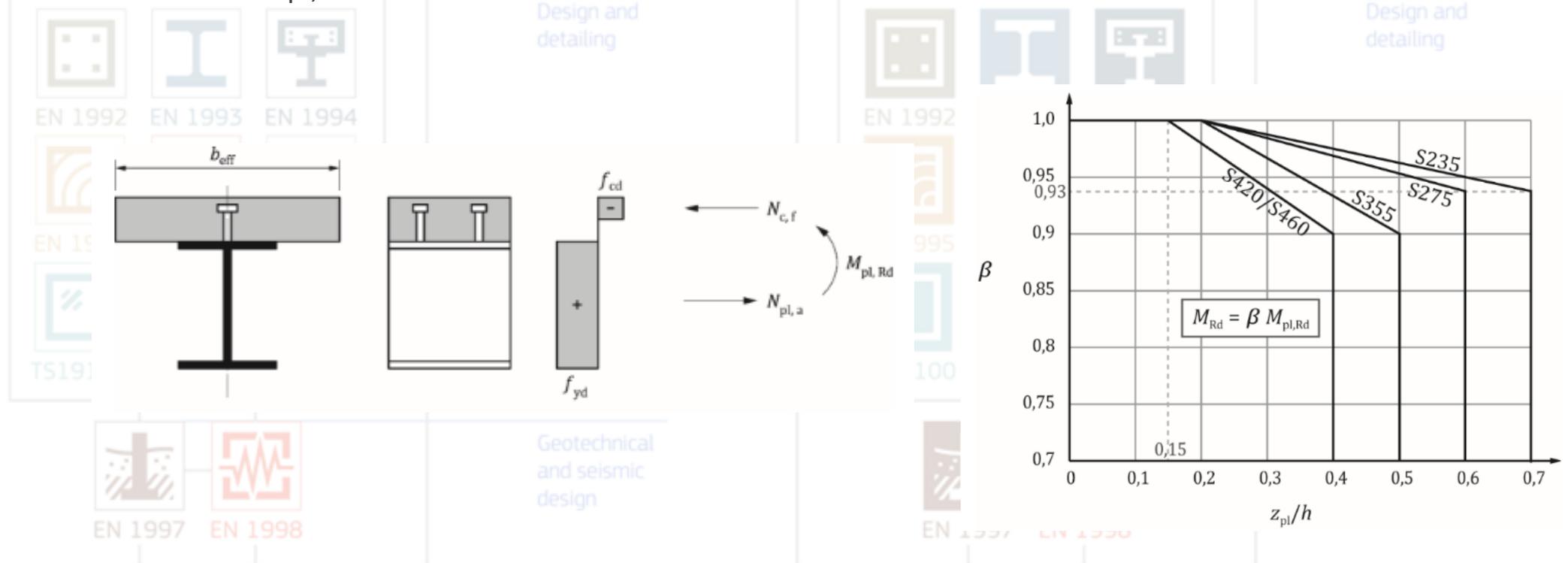
Ductility Category	characteristic elastic slip when characteristic resistance is reached	δ_{uk} characteristic slip capacity in ULS	Definition
D0	$\delta_{ek} < 2,0$ mm	$\delta_{uk} > \delta_{ek}$	brittle shear connector
D1.a	$\delta_{ek} \geq 2,0$ mm	$\delta_{uk} > \delta_{ek}$	flexible shear connector with linear increase of load-slip curve
D1.b ¹⁾	$\delta_{ek1} \geq 2,0$ mm	$\delta_{uk} > \delta_{ek1}$	flexible shear connector with bi-linear or tri-linear increase of load-slip curve
D2	$\delta_{ek1} < 2,5$ mm	$\delta_{uk} \geq 6,0$ mm	ductile shear connector with sufficient deformation capacity to justify the assumption of ideal-plastic behaviour of the shear connection in the structure for that the load-slip curve (Figure 5.1) reaches twice the resistance P_{Rk} ; first time for the increasing branch (δ_{ek1}) and second time before failure with a slip $\delta_{uk} \geq 6$ mm
D3	$\delta_{ek1} < 2,5$ mm	$\delta_{uk} \geq 10$ mm	ductile shear connector with sufficient deformation capacity to justify the assumption of ideal-plastic behaviour of the shear connection in the structure for that the load-slip curve (Figure 5.1) reaches twice the resistance P_{Rk} ; first time for the increasing branch (δ_{ek1}) and second time before failure with a slip $\delta_{uk} \geq 10$ mm

¹⁾ where δ_{ek1} is the slip when αP_{Rk} is first reached (where $0 < \alpha \leq 1.0$)
The related P- δ for the ductility classes and definition of δ_{ek} , δ_{uk} are given by Figure 5.1



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

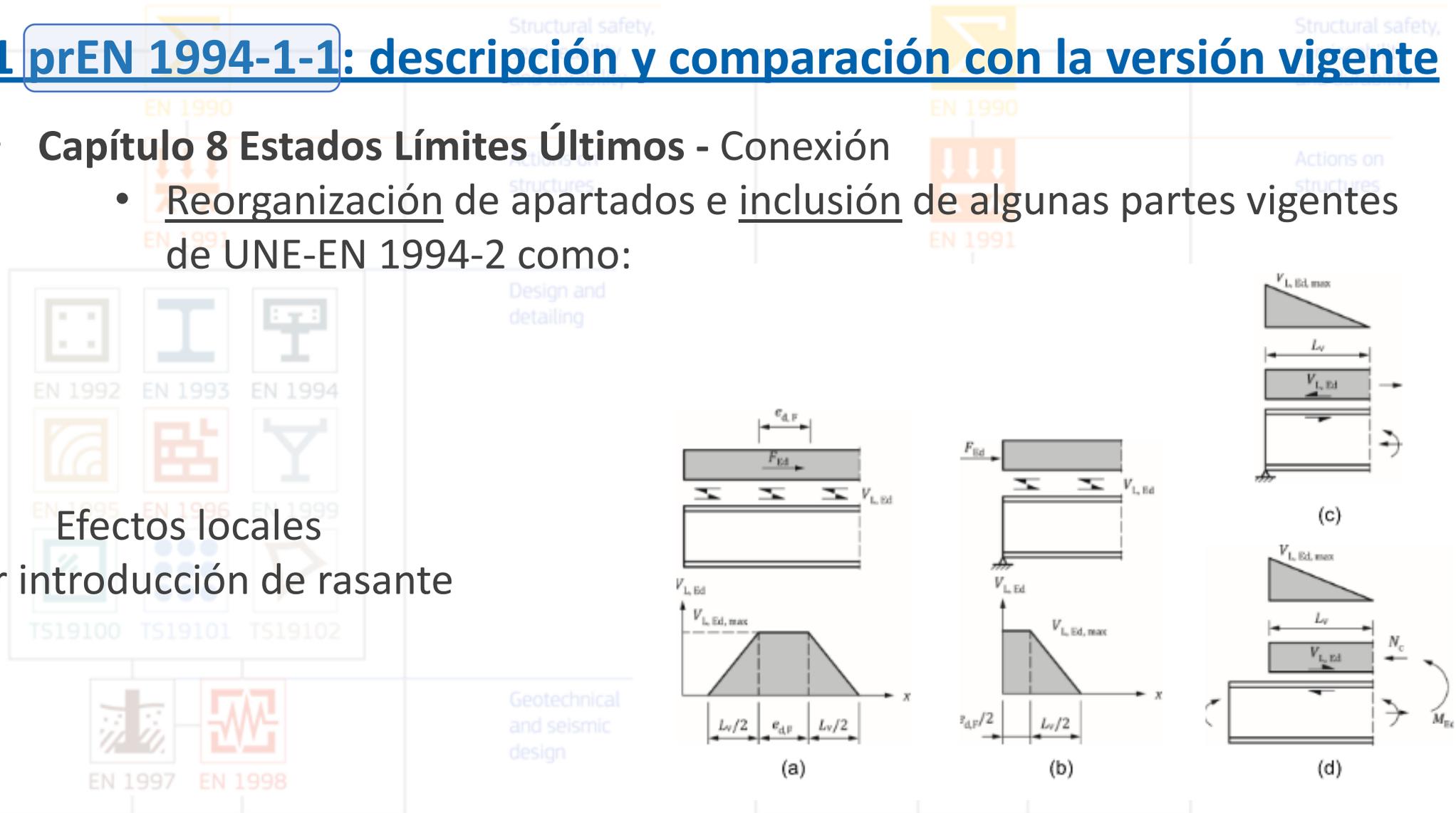
- Capítulos 6 (Durabilidad) y 7 (Calculo estructural): sin apenas cambios
- Capítulo 8 Estados Límites Últimos: Reducción de la resistencia plástica de secciones ($\beta M_{pl,Rd}$) - nuevos criterios y valores de β



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- **Capítulo 8 Estados Límites Últimos - Conexión**
 - Reorganización de apartados e inclusión de algunas partes vigentes de UNE-EN 1994-2 como:

Efectos locales por introducción de rasante



3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- **Capítulo 8 Estados Límites Últimos - Conexión**
 - Nuevos criterios de calculo de interacción cortante-tracción en los pernos

(2) If $F_{ten,Ed} \leq 0,1P_{Rd}$, where P_{Rd} is the design shear resistance defined in 8.6.8.1 (1), the tensile force may be neglected.

(3) If $F_{ten,Ed} > 0,1P_{Rd}$, the tensile resistance and the interaction between shear and tension should be checked as follows:

$$\frac{F_{ten,Ed}}{P_{ten,Rd}} \leq 1,0 \quad (8.28)$$

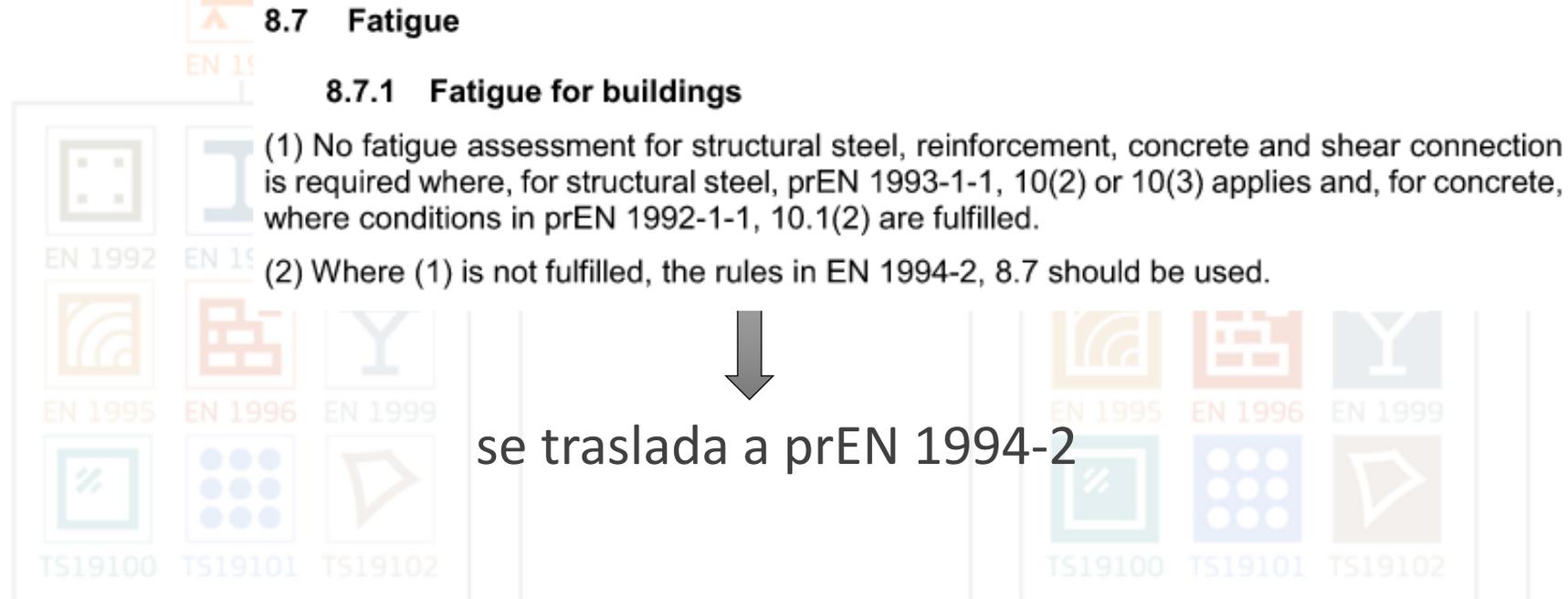
$$\frac{F_{s,Ed}}{P_{Rd}} + \frac{F_{ten,Ed}}{P_{ten,Rd}} \leq 1,2 \quad (8.29)$$

prEN
1994-1-1

Fuera del
ámbito de
UNE-EN
1994-1-1

3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- **Capítulo 8 Estados Límites Últimos - Fatiga**



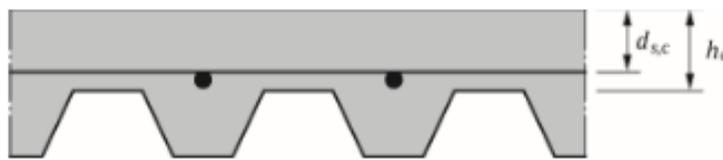
- **Capítulo 9 Estados Límites de Servicio: sin apenas cambios**

3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

•Capítulo 10 Losas mixtas de edificación con chapa nervada

- Ajuste del criterio para la definición, sin calculo, del armado transversal a las nervuras: ELU
- Nuevos criterios específicos para el cálculo del armado transversal a las nervuras

- Cargas concentradas
- Cargas lineales
- Cargas distribuidas



prEN
1994-1-1

UNE-EN
1994-1-1

Remite a
UNE-EN
1992-1-1

For concentrated loads F_{Ed} :

$$m_{Ed} = 0,300 \left(\frac{I_{cross}}{I_{long}} \right)^{\frac{1}{4}} F_{Ed} \left[\frac{kNm}{m} \right]$$

For line loads p_{Ed} :

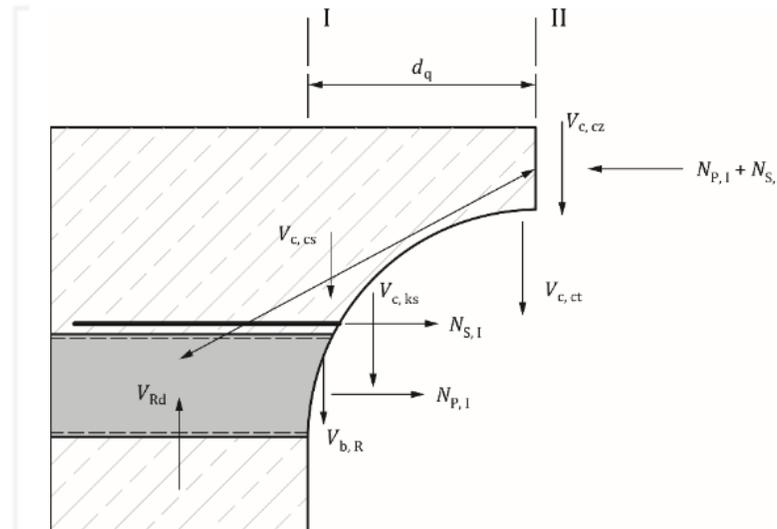
$$m_{Ed} = 0,085 \left(\frac{I_{cross}}{I_{long}} \right)^{\frac{1}{4}} p_{Ed} L \left[\frac{kNm}{m} \right]$$

3.1 prEN 1994-1-1: descripción y comparación con la versión vigente

- **Capítulo 10 Losas mixtas de edificación con chapa nervada**

- Nuevos criterios para el cálculo del cortante vertical:

$$V_{v,Rd} = \frac{0,5}{\gamma_c} (V_{c,cz} + V_{c,ks} + V_{c,cs} + V_{c,ct} + 1,5 \cdot R_{w,Rd}) \geq R_{w,Rd}$$



- **Capítulo 11 Uniones mixtas en pórticos de edificación: sin apenas cambios**

3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

UNE-EN 1994-2

- Capítulo 1 – Generalidades
- Capítulo 2 – Bases de proyecto
- Capítulo 3 – Materiales
- Capítulo 4 – Durabilidad
- Capítulo 5 – Análisis estructural
- Capítulo 6 – Estados Límite Últimos
- Capítulo 7 – Estados Límite de Servicio
- Capítulo 8 – Losas prefabricadas de hormigón en puentes mixtos
- Capítulo 9 – Placas mixtas en puentes
- Anexo C (Informativo) – Pernos conectadores con cabeza que producen fuerza de hendimiento en la dirección del espesor de la losa

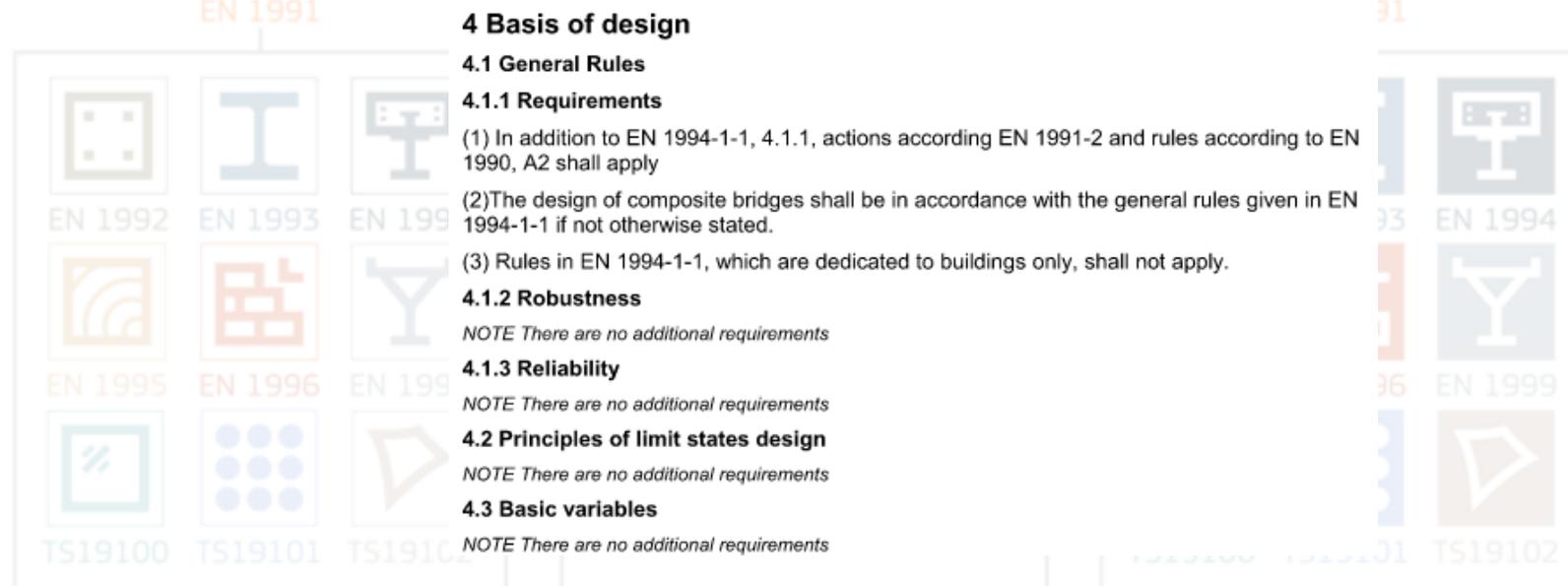
Anexo F prEN 1994-1-1

prEN 1994-2

- Capítulo 1 – Alcance
- Capítulo 2 – Normativa de referencia
- Capítulo 3 – Términos, definiciones y símbolos
- Capítulo 4 – Bases de proyecto
- Capítulo 5 – Materiales
- Capítulo 6 – Durabilidad
- Capítulo 7 – Análisis estructural
- Capítulo 8 – Estados Límite Últimos
- Capítulo 9 – Estados Límite de Servicio
- Capítulo 10 – Losas prefabricadas de hormigón
- Capítulo 11 – Placas mixtas

3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

- Cambio de criterio de redacción: prEN 1994-2 define criterios para puentes mixtos, adicionales a los definidos por prEN 1994-1-1 → criterio de EC 3-2

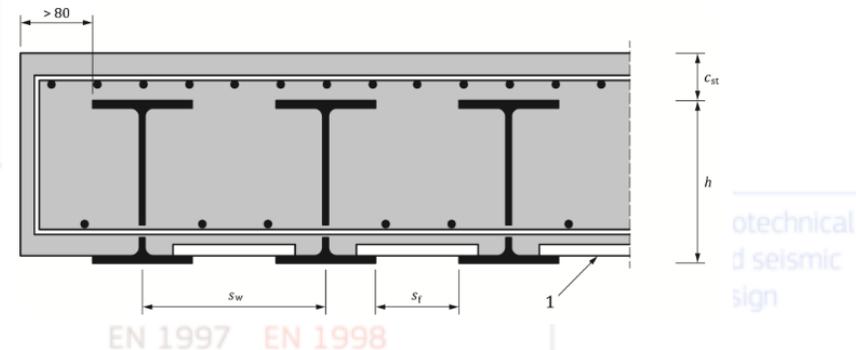
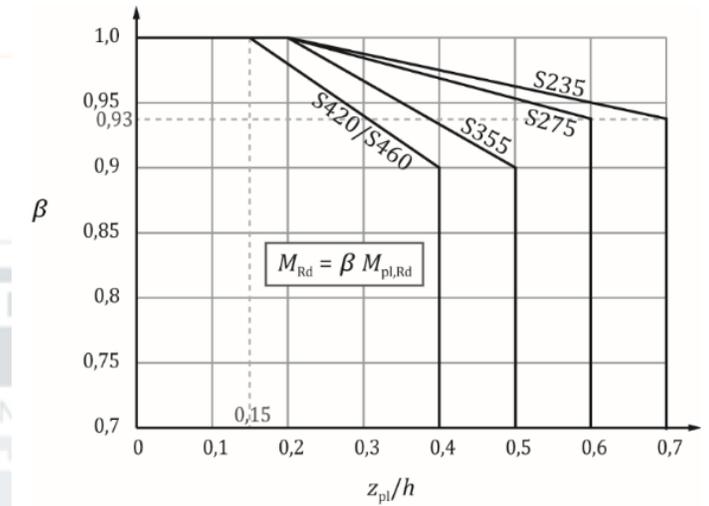


- Capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 6: apenas añade información respecto de prEN 1994-1-1
- Capítulo 7: Análisis estructural - sin cambios

3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

•Capítulo 8 Estados Límites Últimos

- Resistencia plástica reducida de secciones ($\beta M_{pl,Rd}$):
prEN 1994-2 remite a prEN 1994-1-1 → nuevos criterios y valores de β
- Resistencia plástica reducida de vigas bi-apoyadas embebidas (“*Filler beam decks*”) - $\beta M_{pl,Rd}$
→ nuevo criterio: $\beta=0,95$



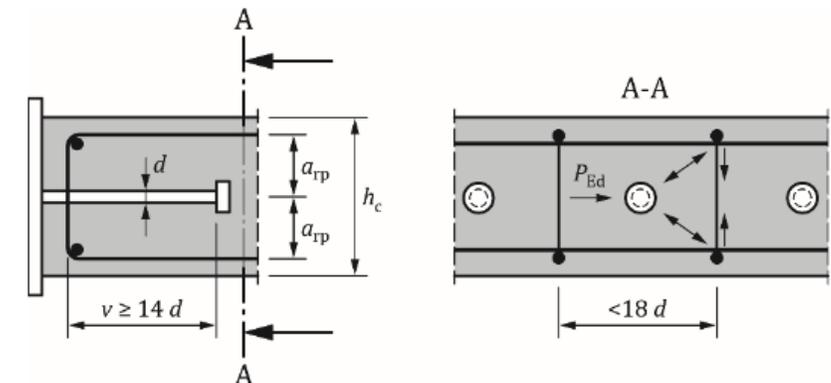
3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

•Capítulo 8: Estados Límites Últimos

- Conexión: criterios adicionales para calculo de pernos que generan fuerzas en la dirección del espesor de la losa



el contenido se traslada y se remite a prEN 1994-1-1
(Anexo G prEN 1994-1-1)



3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

•Capítulo 8: Estados Límites Últimos

- Conexión: criterios de calculo interacción cortante-tracción en los pernos - se remite a prEN 1994-1-1

- Conexión: cambio en criterio de distribución de pernos

6.6.1.2 Estados límite últimos distintos del de fatiga

(1) En las comprobaciones de los estados límite últimos, el tamaño y la separación de los conectores puede mantenerse constante en cualquier longitud cuando el valor de cálculo del rasante por unidad de longitud no supere el valor de cálculo de la resistencia a rasante en más de un 10%. En cada una de dichas longitudes, el valor de cálculo del esfuerzo rasante total no debería superar el valor de cálculo de la resistencia a cortante total.

(2) For verifications for ultimate limit states other than fatigue, the size and spacing of shear connectors may be kept constant over any length where the design longitudinal shear per unit length does not exceed the longitudinal design shear resistance by more than 15%.

UNE-EN 1994-2

prEN 1994-2

3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

•Capítulo 8: Estados Límites Últimos

- Fatiga: todo en prEN 1994-2
- Fatiga - conexión: comprobación de fatiga basada en carreras de tensión nominal
 - Nuevo coeficiente $k_{m,s}$ para garantizar la validez de la regla de Miner. Valor recomendado = 1,0.

UNE-EN 1994-2

$$\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2} \leq \Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}$$

design

prEN 1994-2

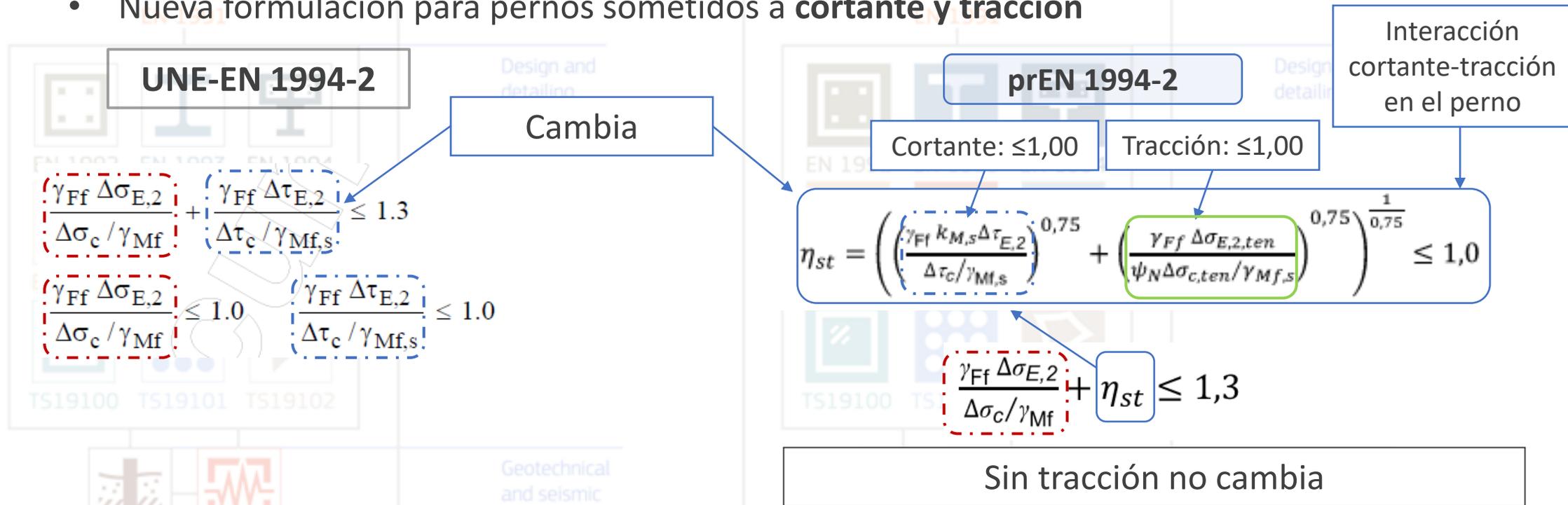
$$\frac{\gamma_{Ff} k_{M,s} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1,0$$

Geotechnical and seismic design

3.2 prEN 1994-2: descripción y comparación con la versión vigente

• Capítulo 8: Estados Límites Últimos

- Fatiga - conexión: comprobación de fatiga basada en carreras de tensión nominal
 - Nueva formulación para pernos sometidos a **cortante y tracción**



• Capítulos 9, 10 y 11: sin apenas cambios

Muchas gracias por su atención

Los Eurocódigos Estructurales

Jornada informativa

EN1994: Estructuras mixtas de acero y hormigón

8 junio 2022

Miguel Ortega

Director de Operaciones de IDEAM

Presidente UNE-CTN140/SC4

