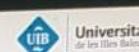


EVOLUCIÓN NORMATIVA DEL PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN



175
PROBLEMAS RESUELTOS
DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL
EN EDIFICACIÓN

EHE-08
Instrucción de Hormigón Estructural

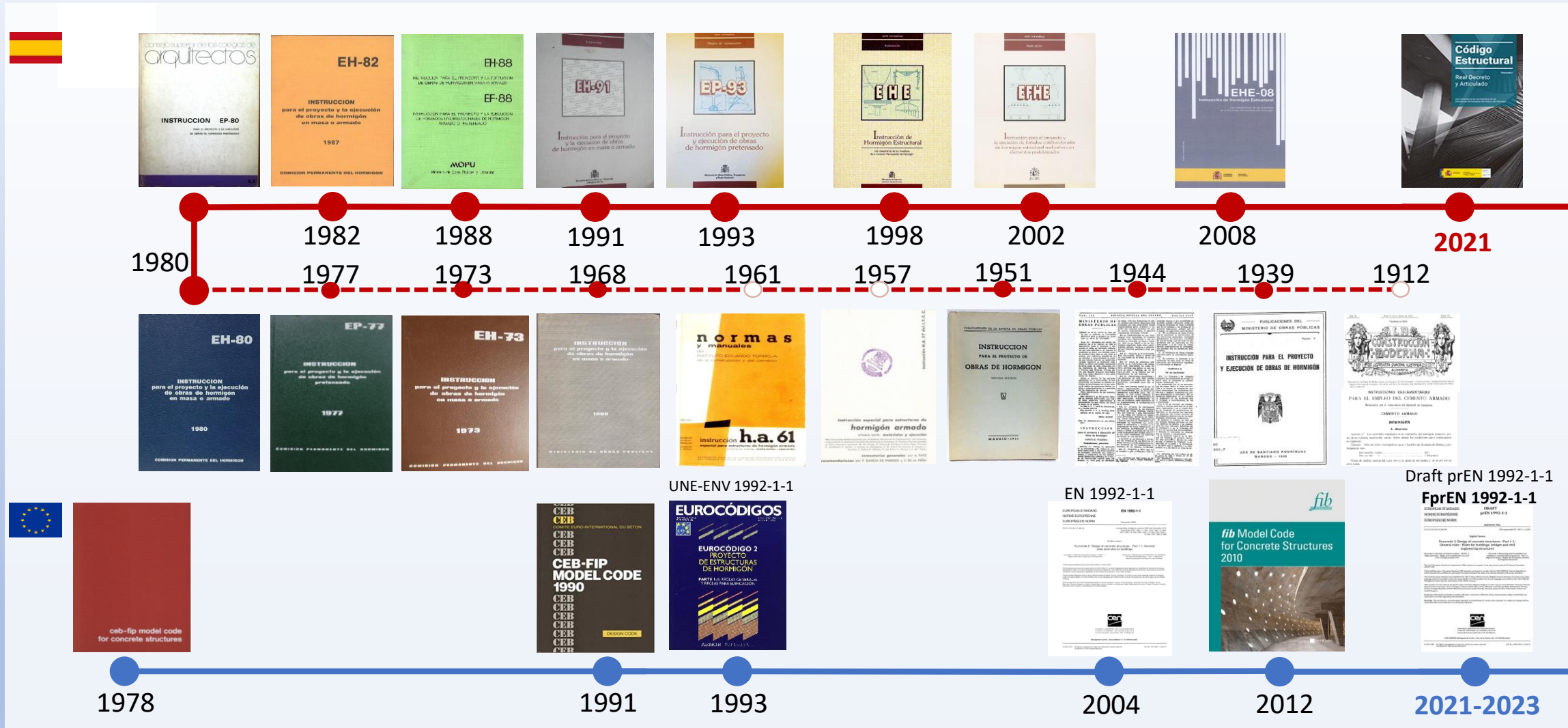
Código Estructural
Dimensionamiento y comprobación de estructuras de hormigón

Código Estructural
Anejos 1-18

Código Estructural
Real Decreto y Articulado

[Link vídeo: presentación](#)

EVOLUCIÓN NORMATIVA DEL PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN



[Link vídeo 2: evolución normativa](#)

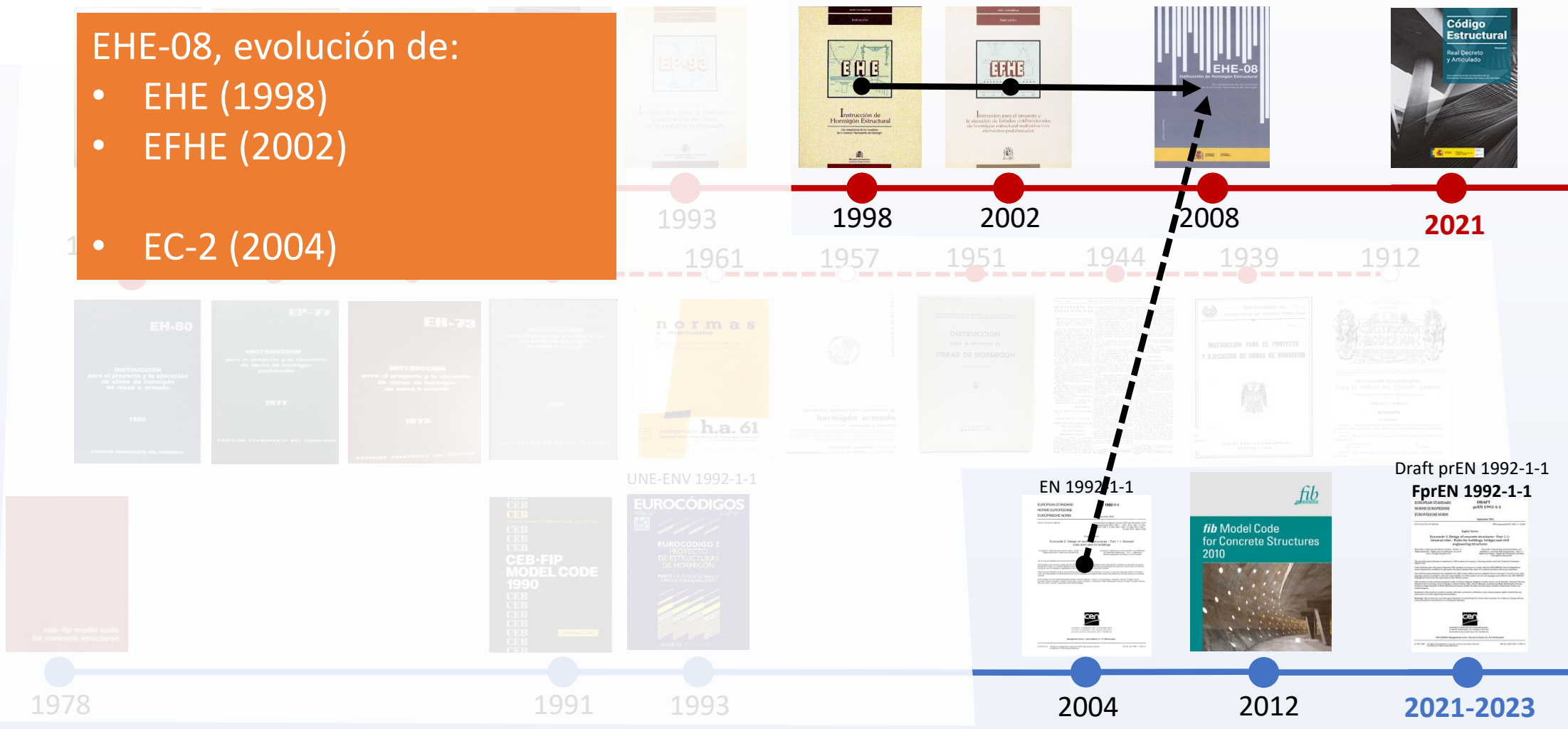


EVOLUCIÓN NORMATIVA DEL PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

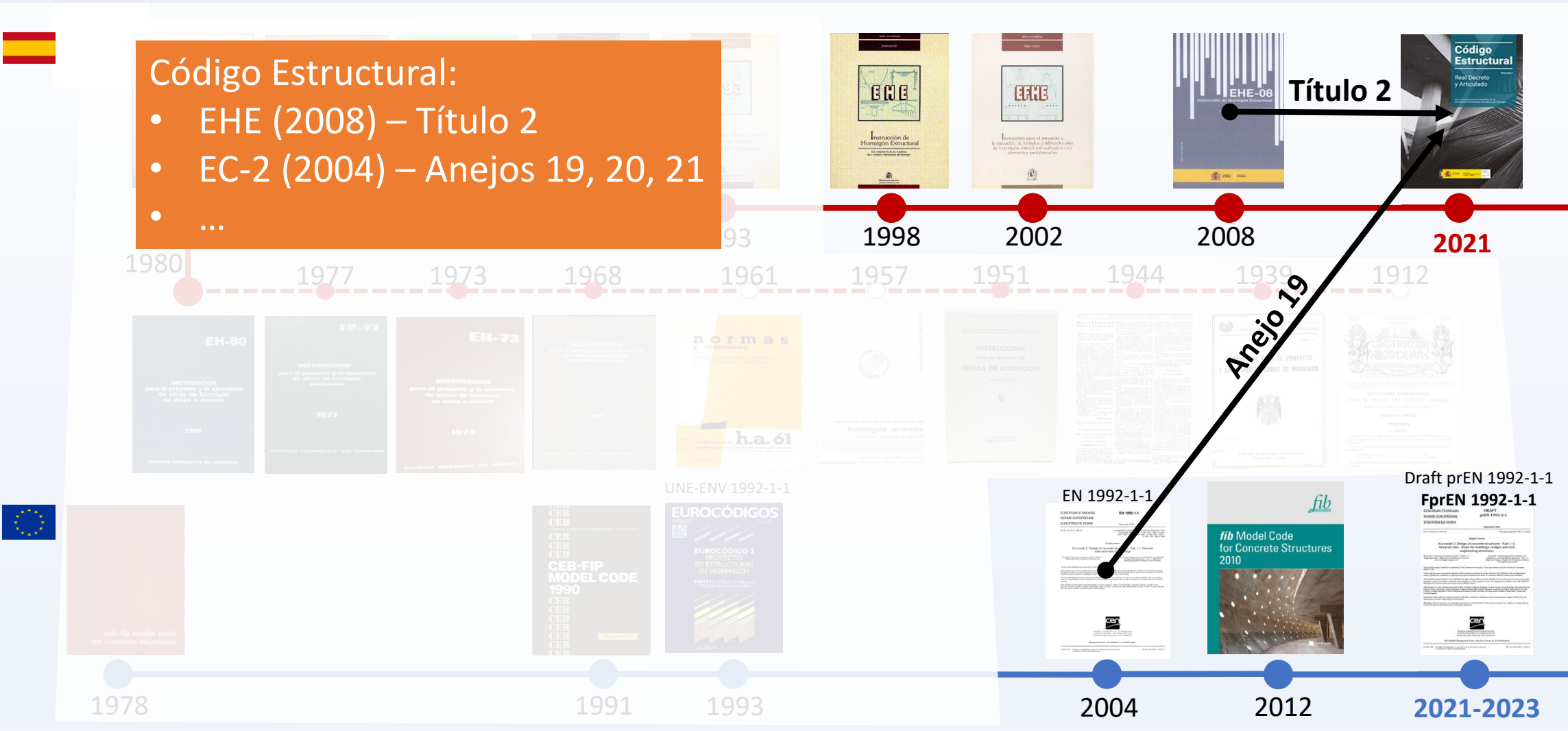


EHE-08, evolución de:

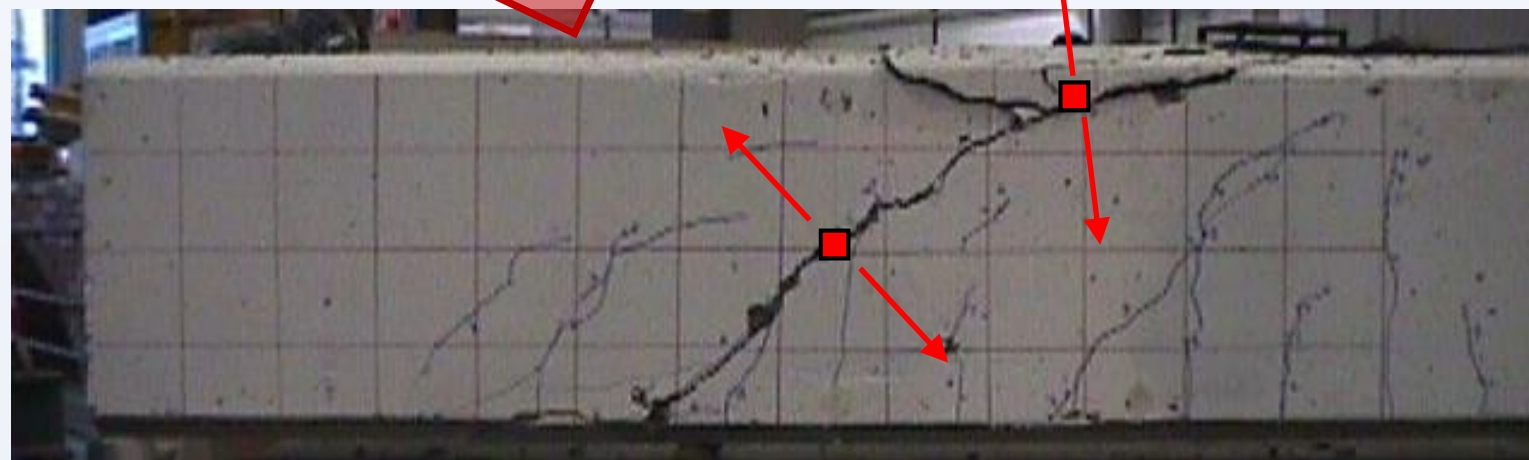
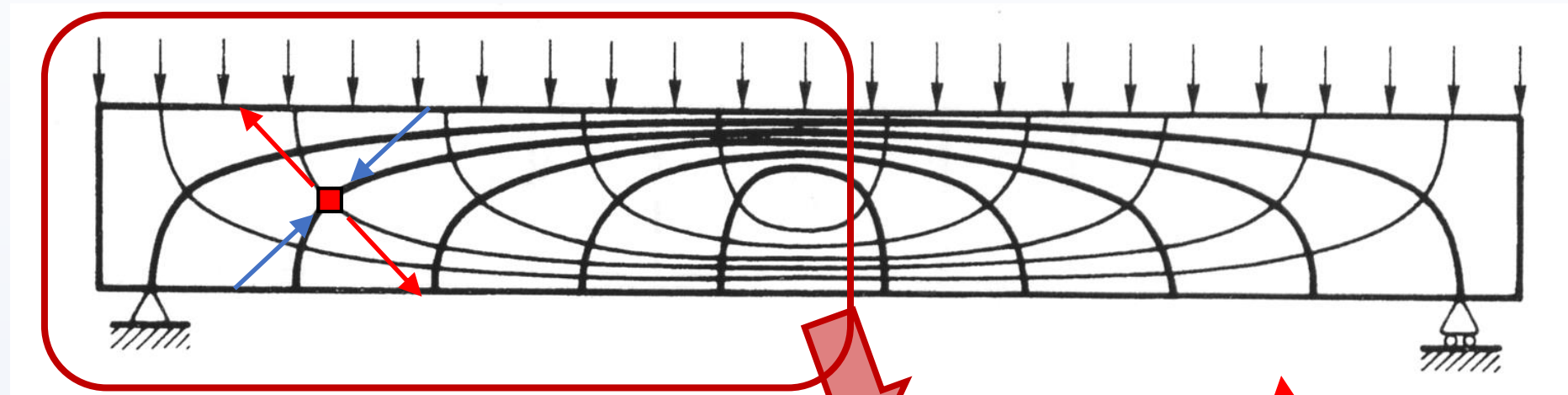
- EHE (1998)
- EFHE (2002)
- EC-2 (2004)

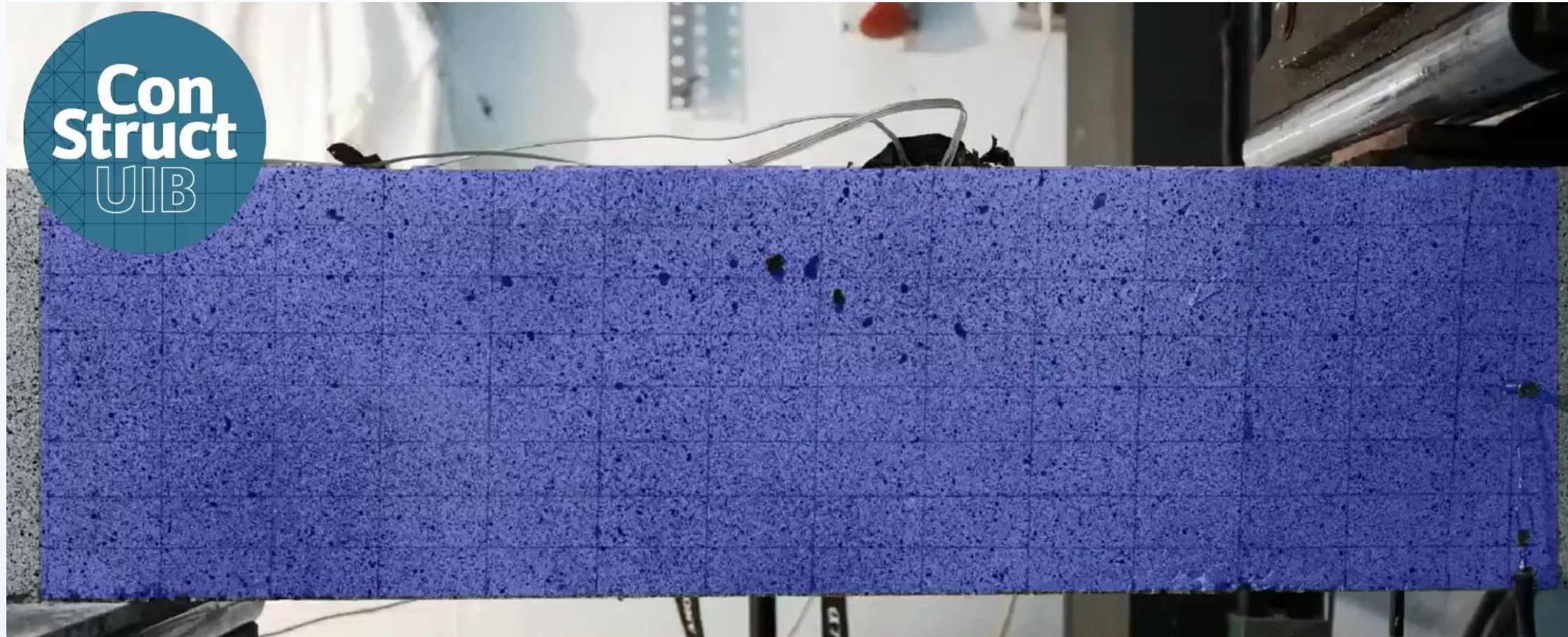


EVOLUCIÓN NORMATIVA DEL PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

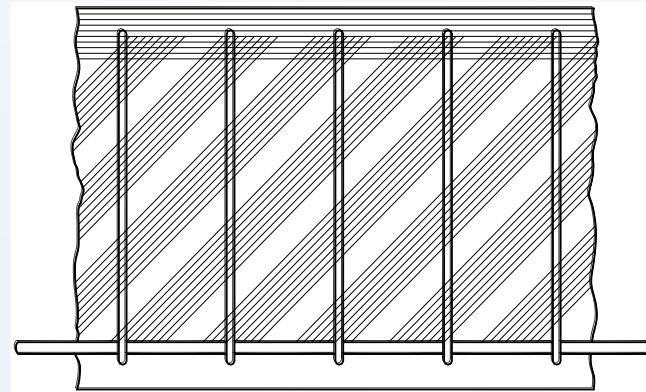
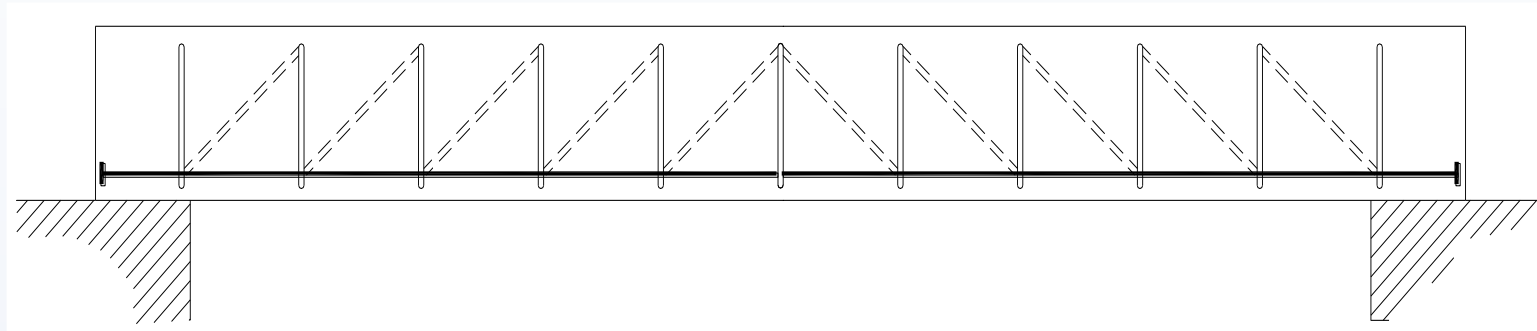


Elementos sin armadura a cortante (losas, muros...):





Elementos con armadura a cortante (vigas, pilares...): Ritter-Mörsch (1899-1902)



- Elementos sin armadura a cortante (losas, muros...):

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

Con un mínimo de

$$V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

Ecuaciones empíricas de mismo origen, con dos cambios "menores" (puede disminuir la resistencia)

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < \underline{0,2} f_{cd} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

EHE-08:

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0,30 f_{cd} \geq 12 \text{ MPa}$$

↓33%

$$v_{\min} = \underline{0,035} k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

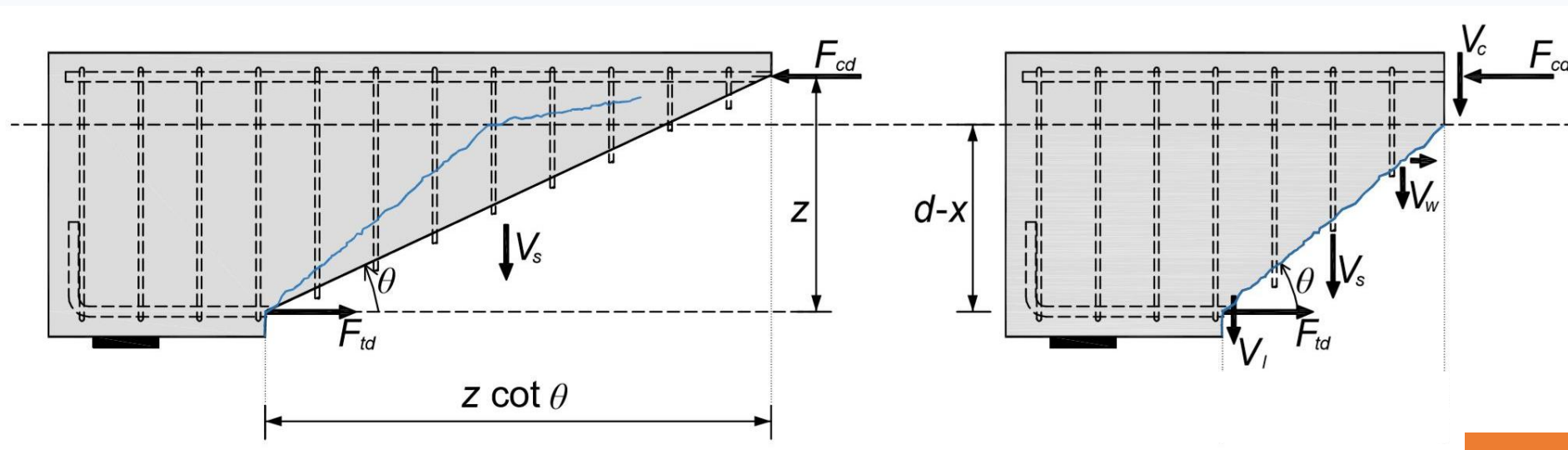
$$V_{u2} = \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} b_0 d$$

↓30%

Afecta principalmente a losas y muros

- Elementos con armadura a cortante:

Modelo celosía plástica de ángulo variable:



V_s
Eurocódigo 2
CodE-21
EHE-08

EC-2 (general):
 $1 \leq \cot\theta \leq 2.5$
CodE-21 (y AN-EC2):
 $0.5 \leq \cot\theta \leq 2$

↓20%

$V_c + V_s$
EHE-08
ACI318-19
CCCM - MASM

CodE resistencias
menores que EHE
para elementos
débilmente
armados.

- Elementos con armadura a cortante:

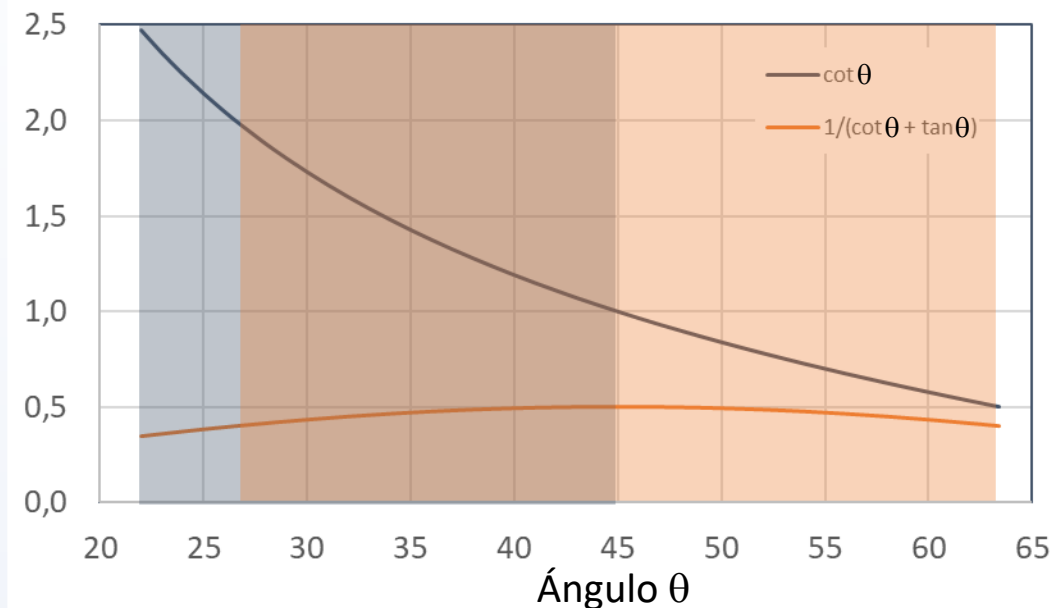
$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

2 definiciones v_1



Fotografía de Tesis Doctoral David Fernández-Ordoñez (2001)



En general, conviene adoptar el máximo valor posible de $\cot \theta$.
Caso particular, optimizar:

$$\theta_{opt} = 0,5 \text{sen}^{-1} \left(\frac{2V_{Ed}}{\alpha_w b_w z v_1 f_{cd}} \right)$$

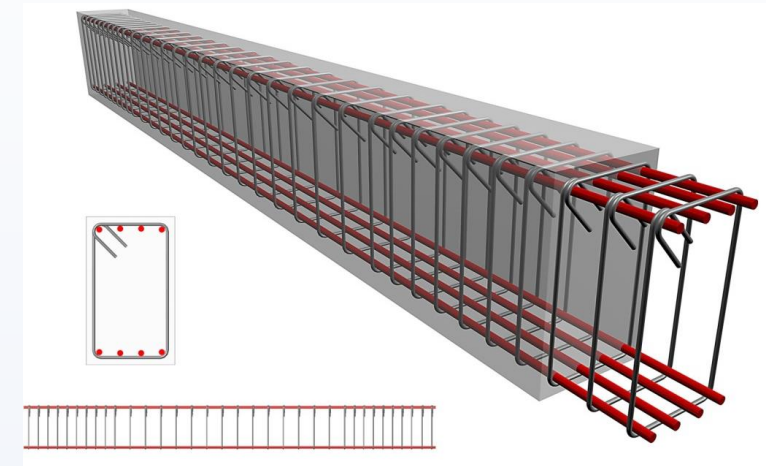
Separación longitudinal máxima:

$$S_{l,max} = 0,75 d (1 + \cotg \alpha)$$

↖ $\cotg \alpha = 0$ para cercos a 90°

Separación longitudinal máxima barras levantadas:

$$S_{b,max} = 0,6 d (1 + \cotg \alpha) \quad \text{Losas (A19-§9.3.2): } S_{b,max} = d$$



<https://www.buildinghow.com/>

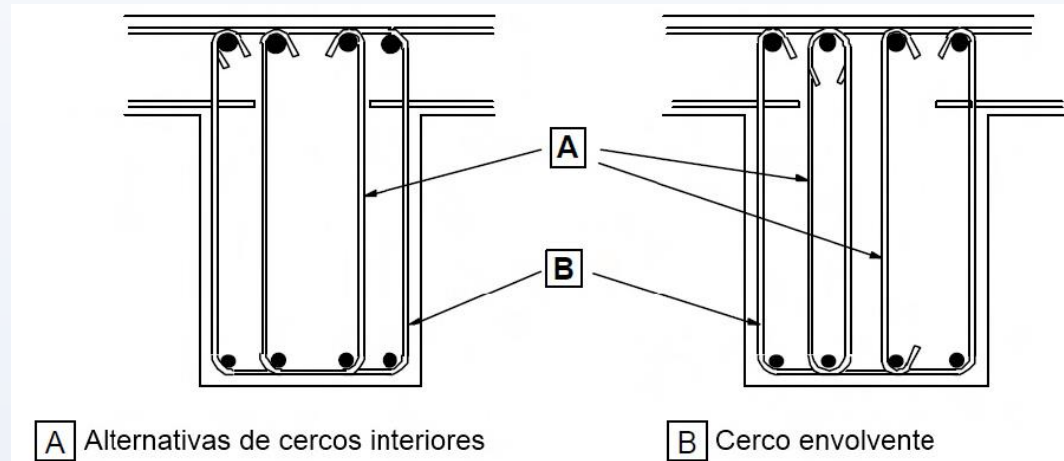
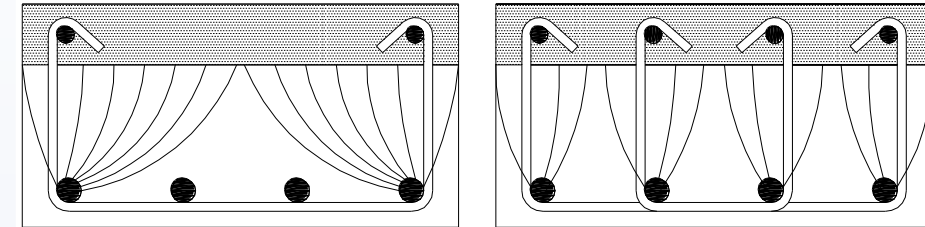
Armadura mínima a cortante:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} b_w \text{sen} \alpha$$

- Separación transversal máxima de la armadura a cortante:

Vigas §9.2.2: $S_{t,max} = 0,75 d \leq 600 \text{ mm}$

Losas §9.3.2: $S_{t,max} = 1,5d$

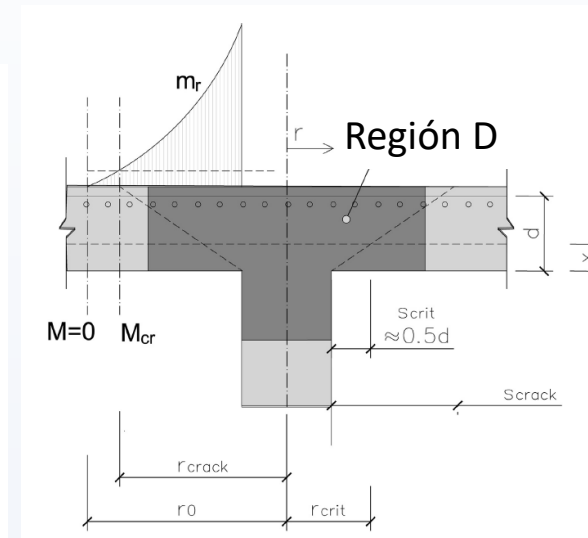
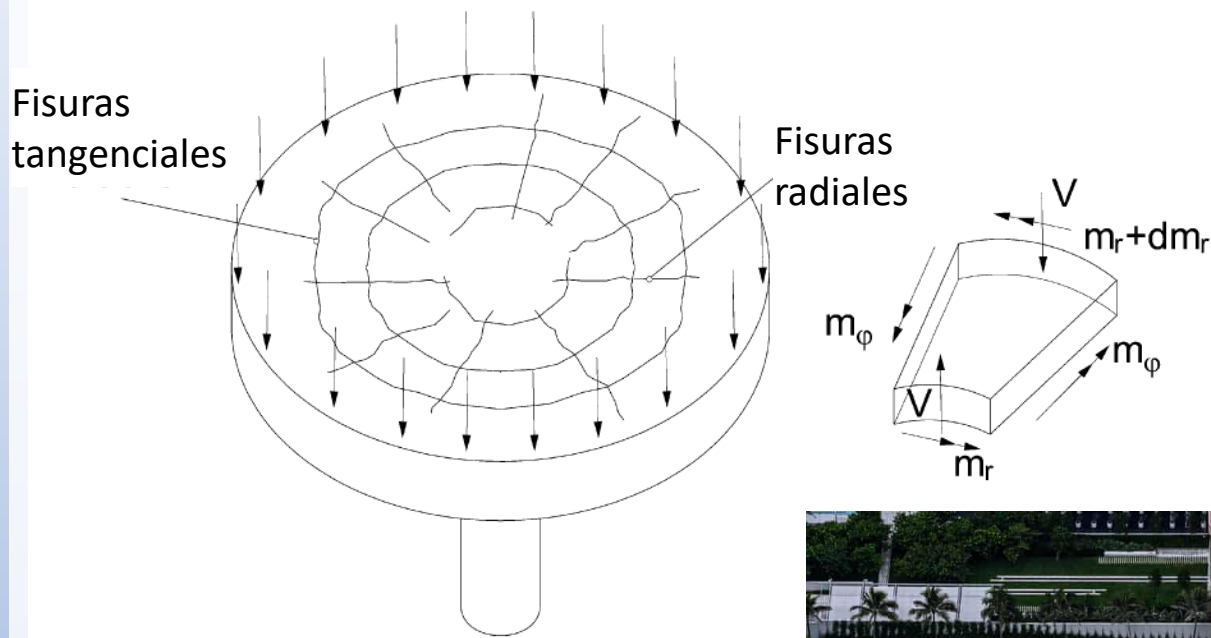


Aproximación:
Vigas planas ($h=30 \text{ cm}$)
solo un cerco si $b < 30 \text{ cm}$.

~~EHE-08: $S_{t,trans} \leq 2d \leq 350 \text{ mm}$~~

(3) Los cercos deben anclarse de forma efectiva. Será admisible un empalme por solape en la barra cerca de la superficie del alma siempre que el cerco no se requiera para resistir la torsión.

Fenómeno físico:



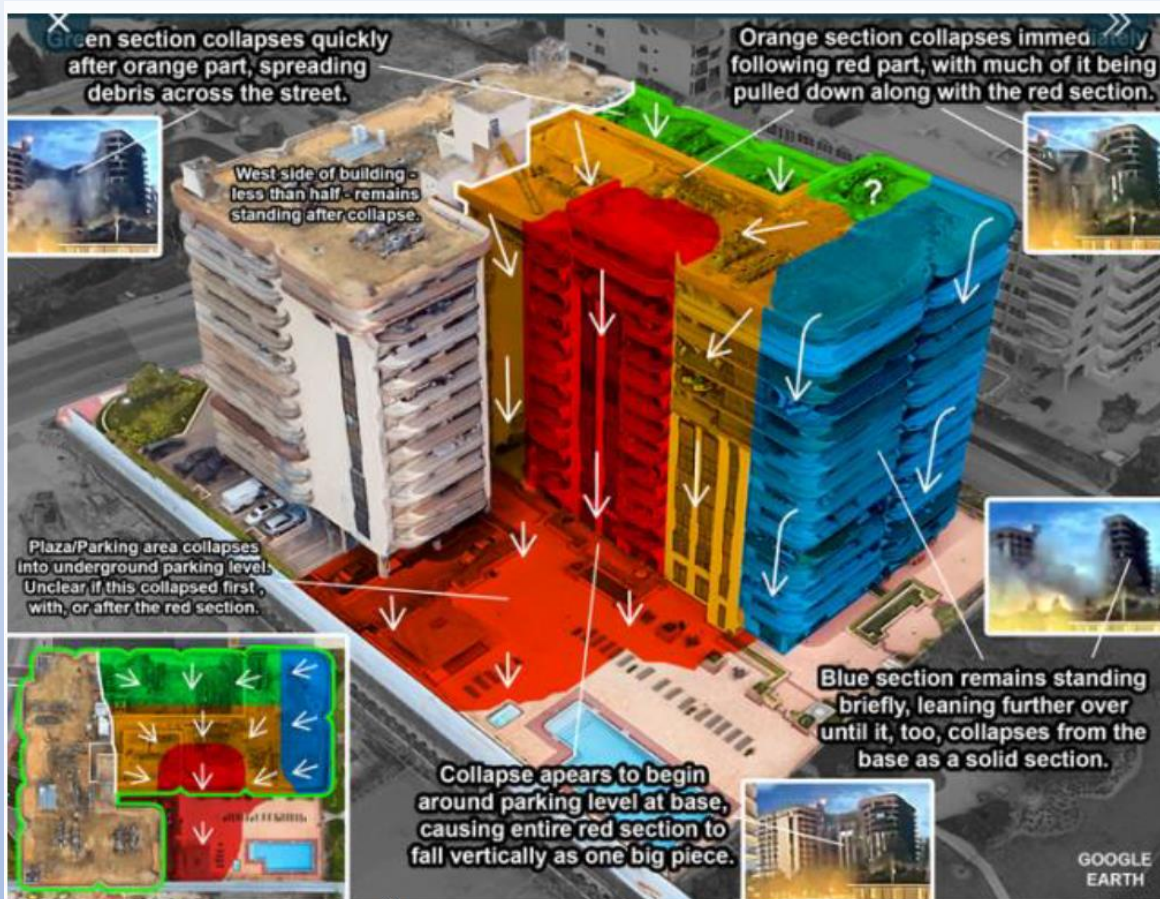
El punzonamiento es, probablemente, el aspecto que más controversia ha generado con CodE.



Champlain Towers South, Miami (24/06/2021)



Aparcamiento en Santander (13/01/2020)



Fuente imágenes: Izquierda: Blanchard, Ryan L., "An Investigation and Analysis of the 2021 Surfside Condo Collapse" (2022). University of New Orleans Theses and Dissertations. 2957. <https://scholarworks.uno.edu/td/2957>

Derecha: Maximilian Moreyra Garlock "A Discussion and Forensic Investigation of the Champlain Towers South Building Collapse in Surfside, Florida" (2022), Princeton University Senior Theses, <http://arks.princeton.edu/ark:/88435/dsp01cv43p1006>

Aspectos esenciales:

Se mantiene el perímetro crítico (de forma ficticia) a $2d$.

Especifica caso particular cimentaciones.

Cambios en valores de β (solicitud).

Aparece “nuevo” valor máximo de la resistencia a punzonamiento. UNE-EN 1992-1-1:2013/1-(EN 1992-1-1:2004/A1:2014)

Necesario reducir perímetro de control exterior si separación perimetral armaduras $>2d$.

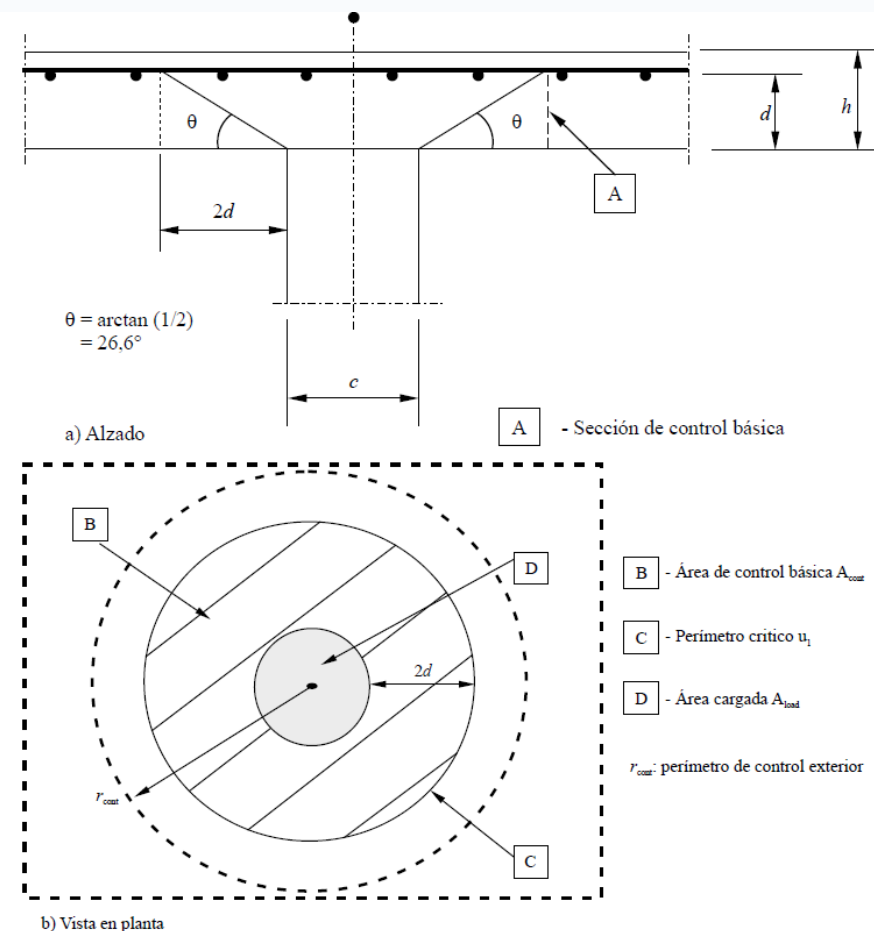


Figura A19.6.12 Modelo de comprobación del punzonamiento en estado límite último

Solicitación:

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / u_i d$$

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1}$$

β puede alcanzar valores de 2, 3, 4!!

Probablemente recomendable intentar verificar condiciones para utilizar los valores aproximados.

Valores aproximados de β si:

- La estabilidad lateral no depende de que la losas y pilares trabajen como pórticos.
- Luces de los vanos adyacentes no difieran más de un 25%.

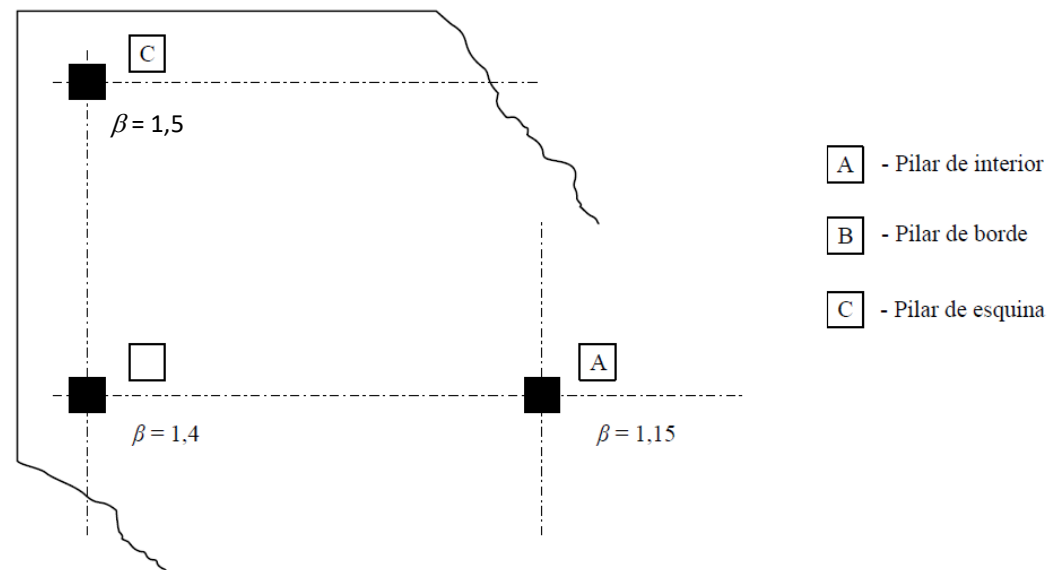


Figura A19.6.21 Valores de β recomendados

Resistencia elementos sin armadura de punzonamiento:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp})$$

0,035 CodE-21
0,05 EHE-08

Reducción de la resistencia mínima
(igual que en cortante).

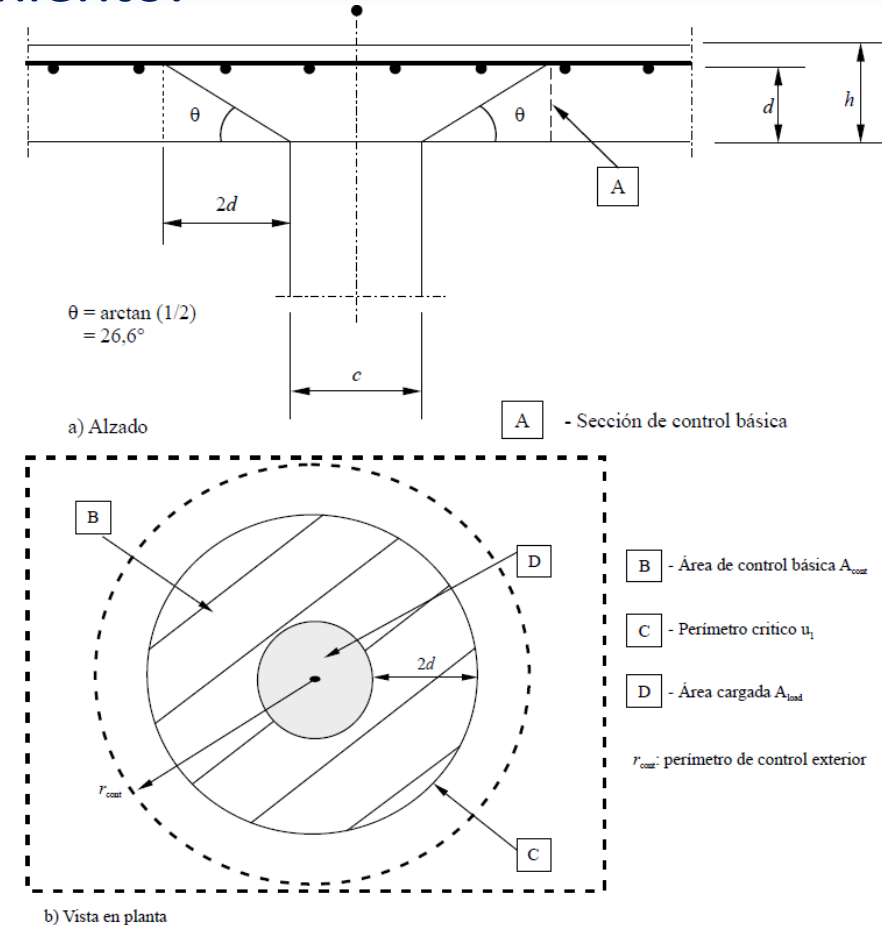


Figura A19.6.12 Modelo de comprobación del punzonamiento en estado límite último

Resistencia elementos con armadura de punzonamiento:

$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + 1,5 \left(\frac{d}{s_r} \right) A_{sw} f_{ywd,ef} \left(\frac{1}{(u_1 d)} \right) \text{sen} \alpha \leq k_{m\acute{a}x} \cdot v_{Rd,c}$$



$$v_{Rd,m\acute{a}x} = 0,4v_{fcd}$$

0,5 EHE-08

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$$

$$d = 25 \text{ cm} \rightarrow f_{ywd,ef} = 312 \text{ N/mm}^2$$

$k_{m\acute{a}x} = 1,5 \rightarrow$ limita la capacidad máxima que puede alcanzarse con armadura de punzonamiento.

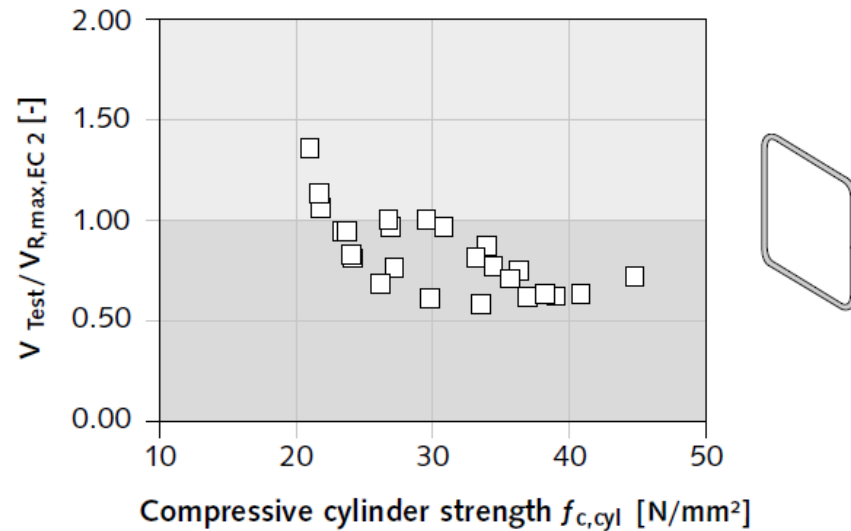
¡El término k_{max} supone un cambio significativo!

En el caso de utilizar productos patentados como armadura de punzonamiento (e.g. *studs*), el valor de $v_{Rd,cs}$ debe determinarse mediante ensayos conforme con la correspondiente Evaluación Técnica Europea (k_{max} cercanos a 2 para “pernos”/studs)

Cercos (EC-2 sin enmienda):

a) Stirrups

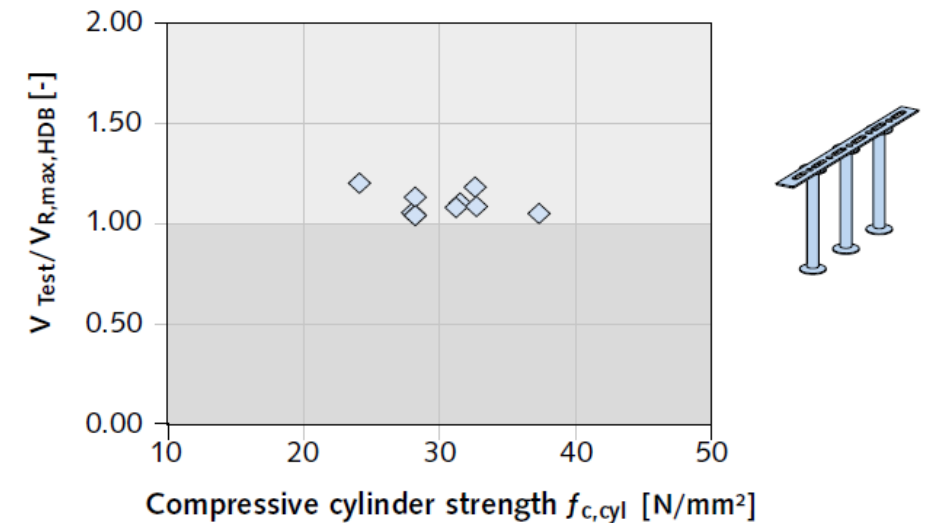
according to EN 1992-1-1:2011-01 without NA(D)



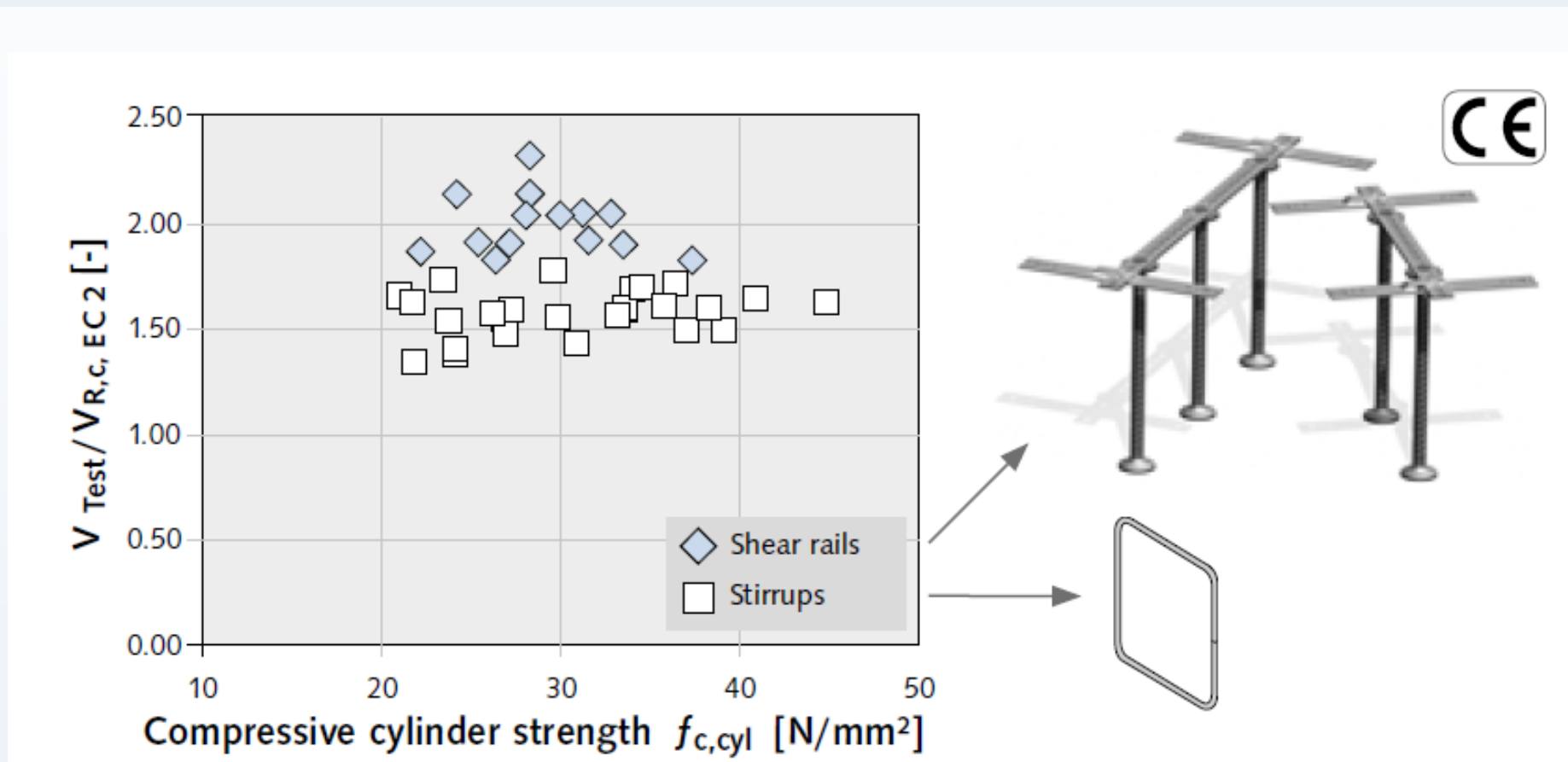
Studs (EC-2 con enmienda, $k_{max} = 1,96$):

b) HDB Shear rails

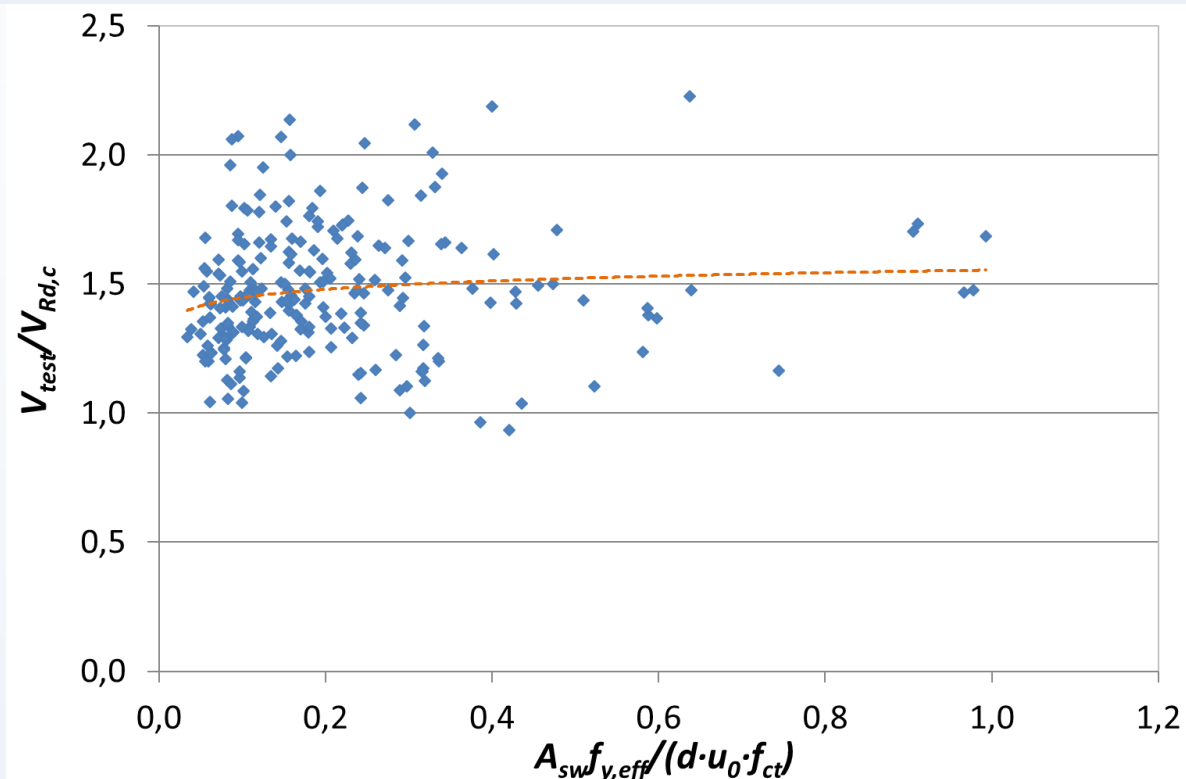
HDB approval ETA-12/0454



Fuente: Halfen – Punching shear reinforcement technical producto information (HDB 19-E), 2019



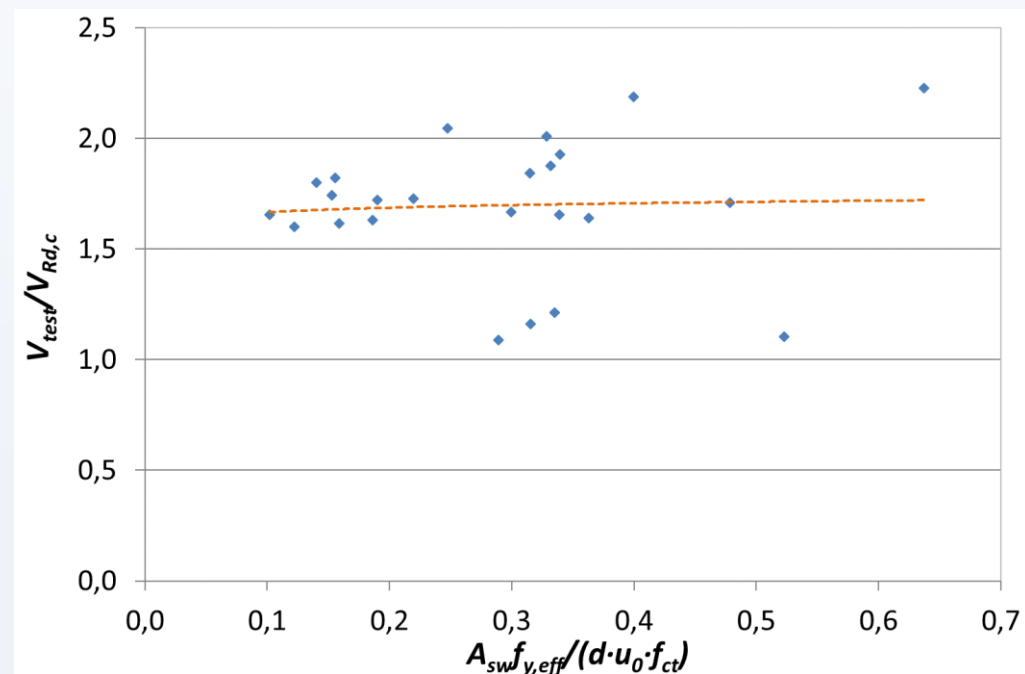
Fuente: Halfen – Punching shear reinforcement technical producto information (HDB 19-E), 2019



Base de datos de 232 losas con armadura a punzonamiento.

Walkner R. Kritische Analyse des Durchstanznachweises nach EC2 und Verbesserung des Bemessungsansatzes (Critical review of EC 2 regarding punching and improving the design approach). Ph.D. Thesis, Leopold-Fanzens-Universität Innsbruck; 2014.

24 elementos: rotura identificada v_{max} y que el modelo CodE-21 limita por k_{max}



Losas:

Basado en las “Evaluaciones Técnicas Europeas” que he encontrado... Pueden haber más, ¡igual de buenas o mejores!

$k_{max} = 1,96 \rightarrow$ *European Technical Approvals (ETAs)* de Peikko, Halfen, Ancotech, Jordahl, Schöck



Losas de cimentación (y zapatas):

$k_{max} = 1,62 \rightarrow$ *ETA: Peikko*

$k_{max} = 1,50 \rightarrow$ *ETAs: Ancotech, Jordahl, Schöck*

$k_{max} = 2,35$ ($d \leq 1000$ mm) – $1,5$ ($d > 1600$ mm) \rightarrow *ETA: Halfen*

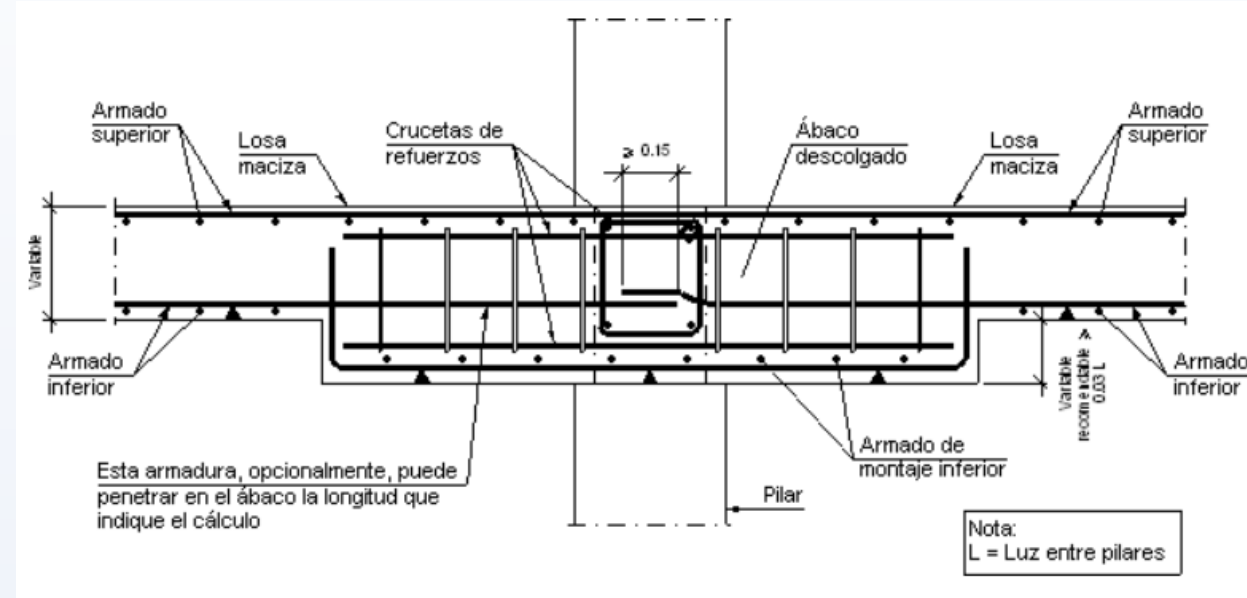


Alternativa “tradicional”:



Fuente:

<https://www.quora.com/Should-a-building-with-drop-panels-slabs-also-be-using-beams>



Fuente: Detalle EHL 716 CYPE (Ábaco descolgado)

Perímetro exterior a la armadura de punzonamiento:

Reducción del perímetro exterior si distancia perimetral entre armaduras $> 2d$

Esta reducción del perímetro, combinada con el valor de k_{max} , podría suponer un mayor uso de las armaduras tipo *studs* (sobre railes).

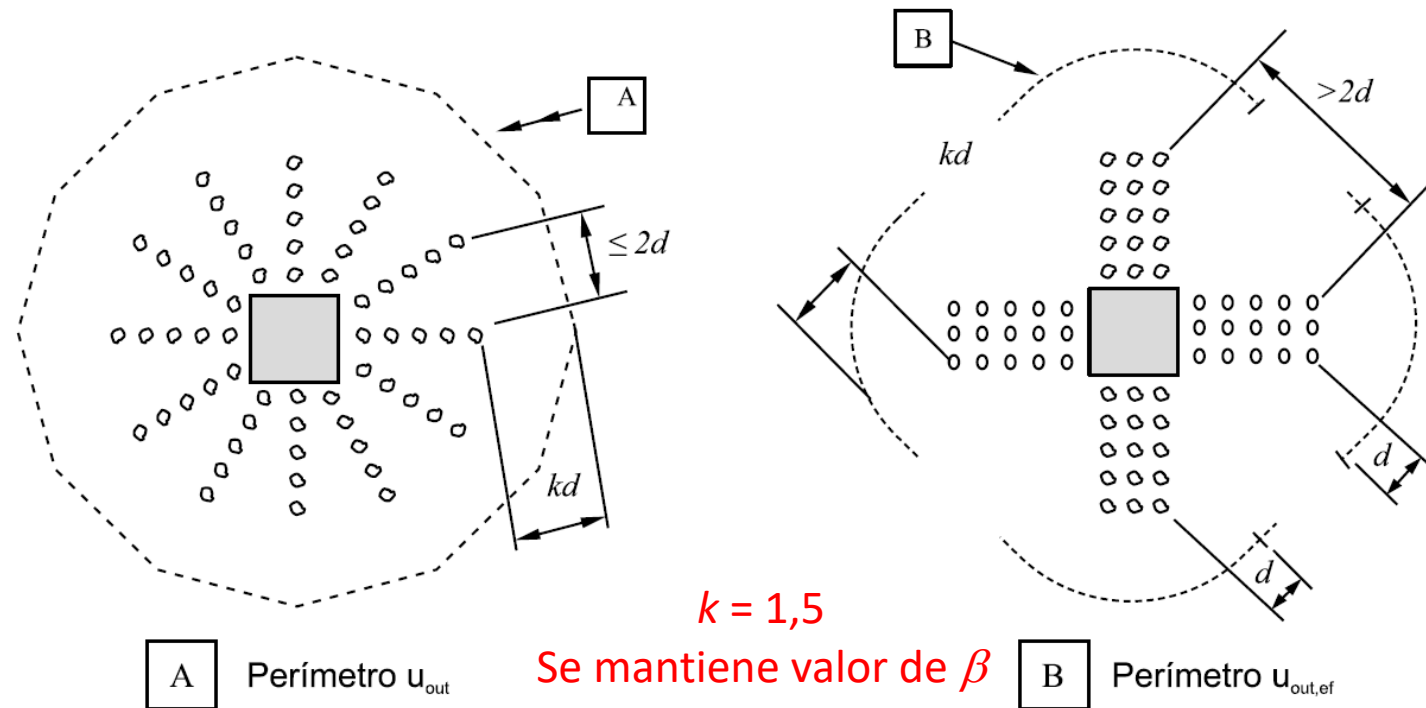


Figura A19.6.22 Perímetros críticos para pilares interiores

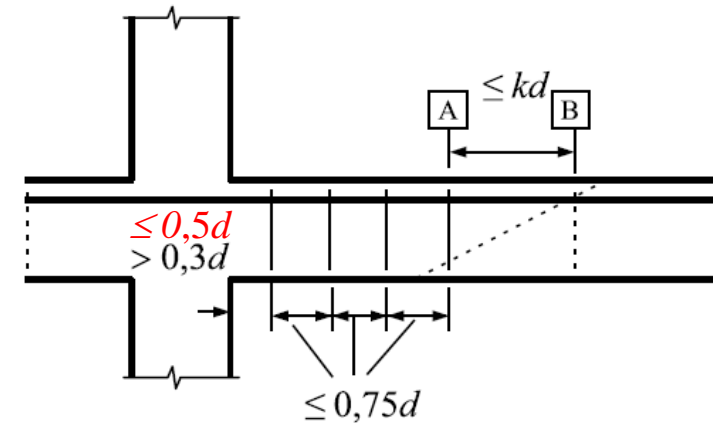
Perímetro exterior a la armadura de punzonamiento:

Mínimo 2 perímetros de cercos.

Se incluye una expresión para el área mínima del cerco (o equivalente)

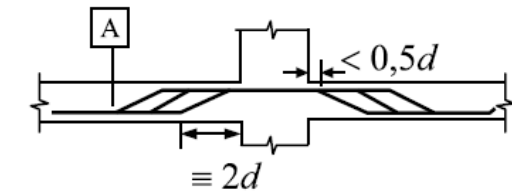
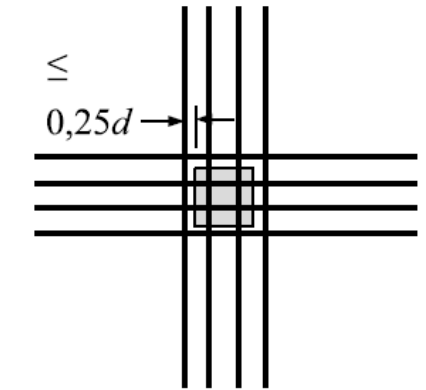
La separación de las ramas de los cercos a lo largo de un perímetro no debe superar el valor $1,5d$ dentro del perímetro crítico ($2d$ a partir del área cargada).

En el caso de necesitar más armadura de punzonamiento, fuera del perímetro crítico, las ramas de los cercos no deberán tener una separación superior a $2d$.



- [A] Perímetro exterior en el que se requiere armadura de punzonamiento
- [B] Primer perímetro crítico que no necesita armadura de punzonamiento

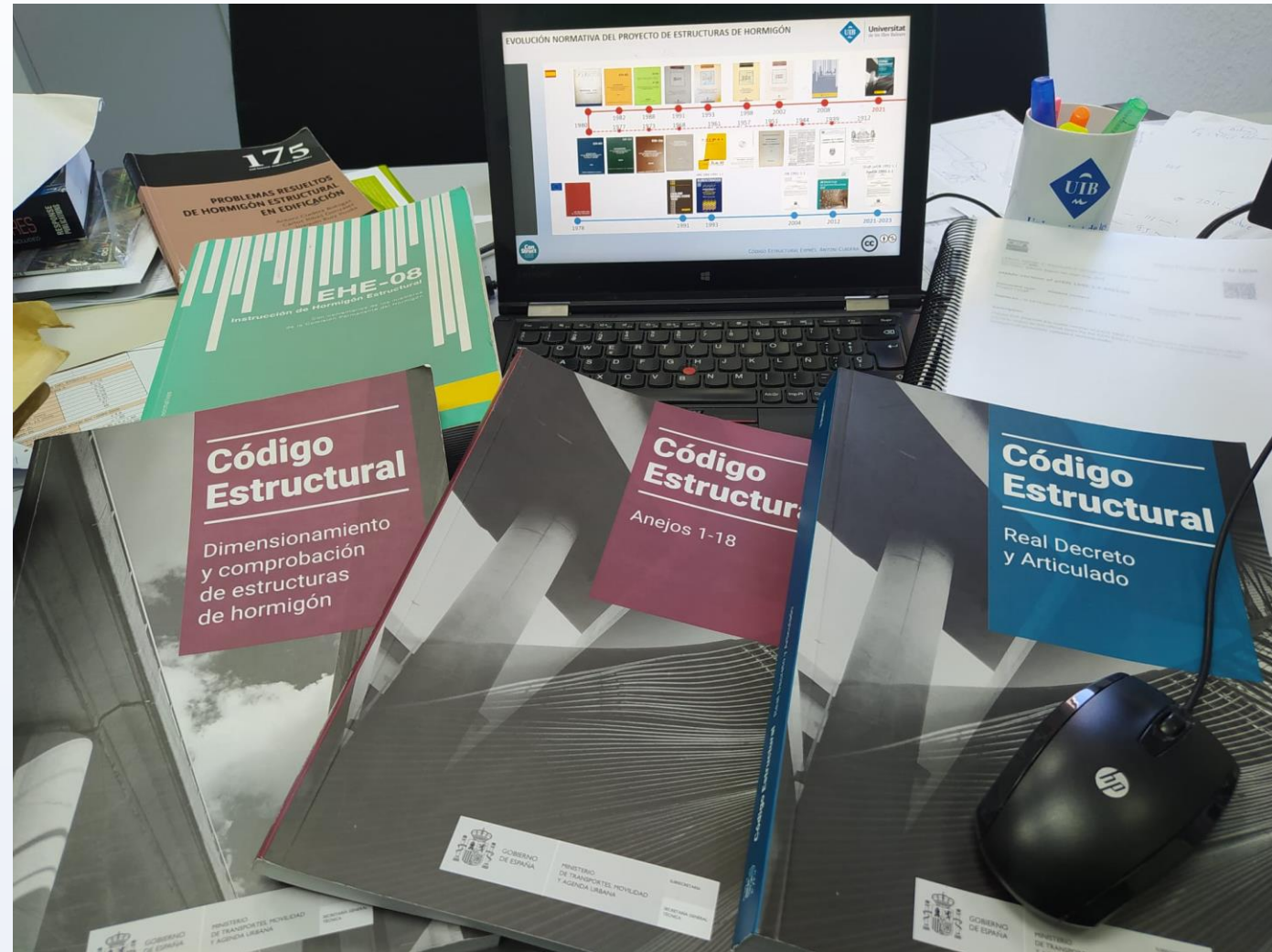
a) Separación de los cercos



b) Separación entre las barras dobladas

Possible errata traducción, falta: “where that part of the perimeter is assumed to contribute to the shear capacity (see Figure 6.22)”

¿Es de aplicación HOY el Eurocódigo 2 en España?



[Link vídeo 5: ¿Eurocódigos?](#)





BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 190

Martes 10 de agosto de 2021

Sec. I. Pág. 97664

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, RELACIONES CON LAS CORTES Y MEMORIA DEMOCRÁTICA

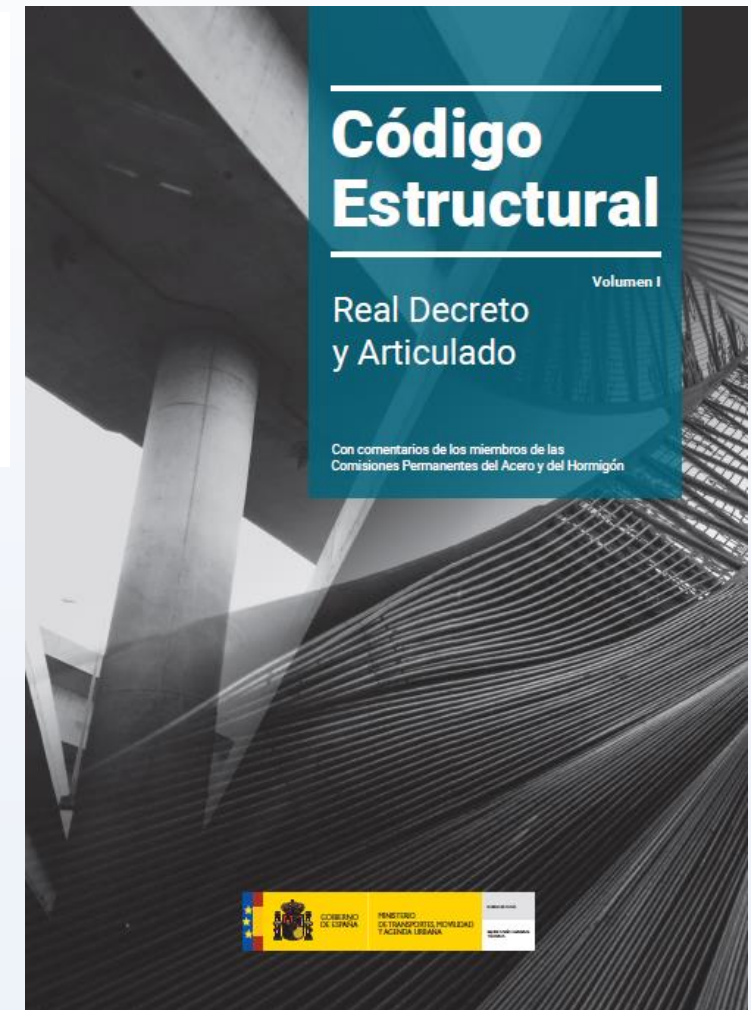
13681 *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.*

Artículo 3 Consideraciones generales

Todos los agentes que participan en el proyecto, construcción, control y mantenimiento de las estructuras en el ámbito de este Código, están obligados a conocer y aplicar el mismo.

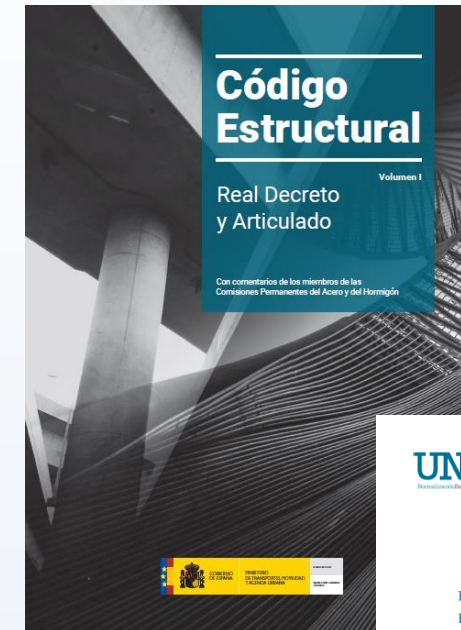
Para asegurar que una estructura satisface los requisitos establecidos en el Artículo 5 de este Código, los agentes que intervengan deben comprobar el cumplimiento de las exigencias que se establecen en el mismo para el proyecto, la ejecución, el control y el mantenimiento de la estructura.

Para justificar que la estructura cumple las exigencias que establece este Código, el autor del proyecto, con la conformidad de la propiedad y la dirección facultativa deberán:



¿Es de aplicación HOY el Eurocódigo 2 en España?

- a. adoptar soluciones técnicas de acuerdo con los procedimientos que contempla este Código cuya aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el mismo, o bien
- b. adoptar, para el dimensionamiento y comprobación de la estructura en el proyecto, los procedimientos establecidos en los eurocódigos estructurales que se relacionan a continuación, junto con los correspondientes Anejos Nacionales que se publiquen en la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, cuya aplicación puede considerarse un medio para demostrar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este Código respetando, en cualquier caso, su ámbito de aplicación y el resto de la reglamentación específica vigente:
 - a. UNE-EN 1990:2003 y UNE-EN 1990:2003/A1:2010. Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.
 - b. UNE-EN 1992-1-1:2013 y UNE-EN 1992-1-1:2013/A1:2015. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
 - c. UNE-EN 1992-1-2:2011. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.
 - d. UNE-EN 1992-2:2013. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas.



UNE
Asociación Española
de Normalización

Norma Española
UNE-EN 1992-1-1
Abril 2013
Versión corregida, Marzo 2020

Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón
Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico
CTN 140 Eurocódigos estructurales, cuya secretaria
desempeña SEOPAN.



EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 1992-1-1

UNE
Asociación Española
de Normalización

Asociación Española
de Normalización
Glorieta, 5 - 28004 Madrid
915 254 900
info@une.org
www.une.org

¿Es de aplicación HOY el Eurocódigo 2 en España?



Actualmente se está trabajando en la elaboración de dichos Anejos Nacionales. En cuanto estos Anejos sean aprobados por las Comisiones Permanentes del Hormigón y del Acero, y se publiquen en la web de Ministerio del MITMA, la opción b del artículo 3 del Código Estructural, definida en el párrafo anterior, podrá ser de aplicación.

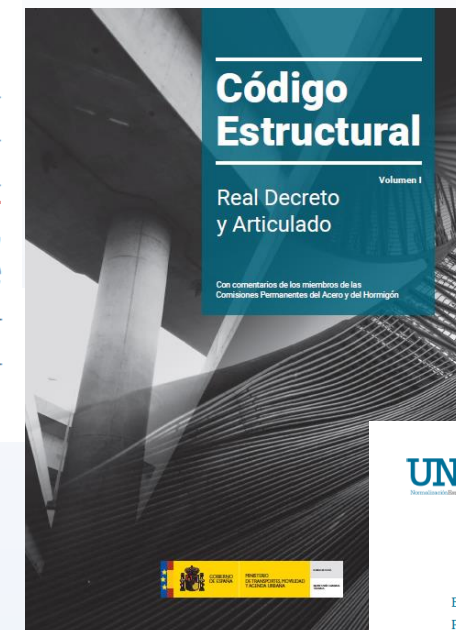
Los anteriores anejos nacionales publicados en la página web del Ministerio, que hacían compatibles los eurocódigos correspondientes con la Instrucción EHE-08 y la Instrucción EAE, ya no son válidos, en tanto que dichas reglamentaciones han sido derogadas por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.



¡Información
consultada el
03/05/2023!

o bien

- c. adoptar soluciones alternativas que se aparten parcial o totalmente de los procedimientos contemplados en este Código. Para ello, el autor del proyecto y la dirección facultativa pueden, en uso de sus atribuciones, bajo su personal responsabilidad y previa conformidad de la propiedad, adoptar soluciones alternativas (mediante sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, procedimientos de control, etc., diferentes), siempre que se justifique documentalmente que la estructura cumple las exigencias de este Código porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de los procedimientos de éste.



UNE
Normas y estándares

Norma Española
UNE-EN 1992-1-1
Abril 2013
Versión corregida, Marzo 2020

Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón
Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico
CTN 140 Eurocódigos estructurales, cuya secretaría
desempeña SEOPAN.



EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 1992-1-1

UNE
Asociación Española
de Normalización
Calle de S. 20004 Madrid
915 294 900
info@une.org
www.une.org



¡Información
consultada el
03/05/2023!

21 Eurocódigos

21.1 Conceptos generales

📄 [Orden circular 1/2019 sobre aplicación de Eurocódigos a proyectos de carreteras](#)

21.2 Anejos Nacionales de Eurocódigos para el proyecto de elementos de la RCE

- ☑ [Eurocódigo 0: Bases de cálculo de estructuras y Anejo A2: Aplicación a puentes](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-1: Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 2: Cargas de tráfico en puentes](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de Viento](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-6: Acciones generales. Acciones durante la ejecución](#)
- ☑ [Eurocódigo 1: Acciones en estructuras Parte 1-7: Acciones generales. Acciones accidentales](#)
- ☑ [Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación](#)
- ☑ [Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas](#)



¡ Información
consultada el
03/05/2023!



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE
Y VIVIENDA

SECRETARÍA GENERAL DE
INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRRETERAS

ORDEN CIRCULAR 1/2019 SOBRE APLICACIÓN DE LOS EUROCÓDIGOS A LOS PROYECTOS DE CARRETERAS

La Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero, recoge en su art. 126 las reglas que se deben seguir para el establecimiento de prescripciones técnicas¹ que rigen los contratos públicos.

En particular, su apartado 5.b) establece que, sin perjuicio de las instrucciones y reglamentos técnicos nacionales que sean obligatorios, y siempre y cuando sean compatibles con el derecho de la Unión Europea, el orden de prelación para las referencias a emplear en la definición de las prescripciones técnicas a incluir en dichos contratos debe ser el siguiente:

1. *Especificaciones técnicas contenidas en normas nacionales² que incorporen normas europeas (normas UNE-EN)*
2. *Evaluaciones técnicas europeas*
3. *Especificaciones técnicas comunes*
4. *Normas internacionales (normas ISO)*
5. *Otros sistemas de referencias técnicas elaborados por los organismos europeos de normalización*
6. *En defecto de todos los anteriores, a normas nacionales, a documentos de idoneidad técnica nacionales o a especificaciones técnicas nacionales en materia de proyecto, cálculo y*



¡ Información
consultada el
03/05/2023!

Por todo lo expuesto, y en cumplimiento de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, esta Dirección General ha dispuesto lo siguiente:

- Primero:** Definir como ámbito de aplicación de esta orden circular los siguientes tipos de obra dentro de la red de carreteras del Estado:
- Los puentes y estructuras asimilables (pasarelas, pontones, rampas, muros, etc.).
 - Los terraplenes, desmontes y demás obras geotécnicas.
- Segundo:** Los proyectos de las obras citadas en el punto primero cumplirán las especificaciones contenidas en las normas UNE-EN 1990, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1993, UNE-EN 1994, UNE-EN 1995, UNE-EN 1997 y UNE-EN 1998, denominadas Eurocódigos Estructurales, junto con los correspondientes Anejos Nacionales, en su caso. Las versiones de dichas normas a tomar en consideración son las que figuran, con su fecha de aprobación, en el Anexo que acompaña a esta orden circular, que podrá actualizarse mediante nota de servicio cuando proceda.
- Tercero:** Esta orden circular será de aplicación a los proyectos de nueva construcción y, en el caso de las actuaciones de ampliación o refuerzo de estructuras existentes, al proyecto de los elementos afectados por dicha ampliación o refuerzo.
- Cuarto:** Esta orden circular será de aplicación a los proyectos cuya orden de estudio se autorice con posterioridad a su entrada en vigor.
- Quinto:** Esta orden circular entrará en vigor a partir del día 25 de marzo de 2019.

Madrid, 18 de marzo de 2019

EL DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

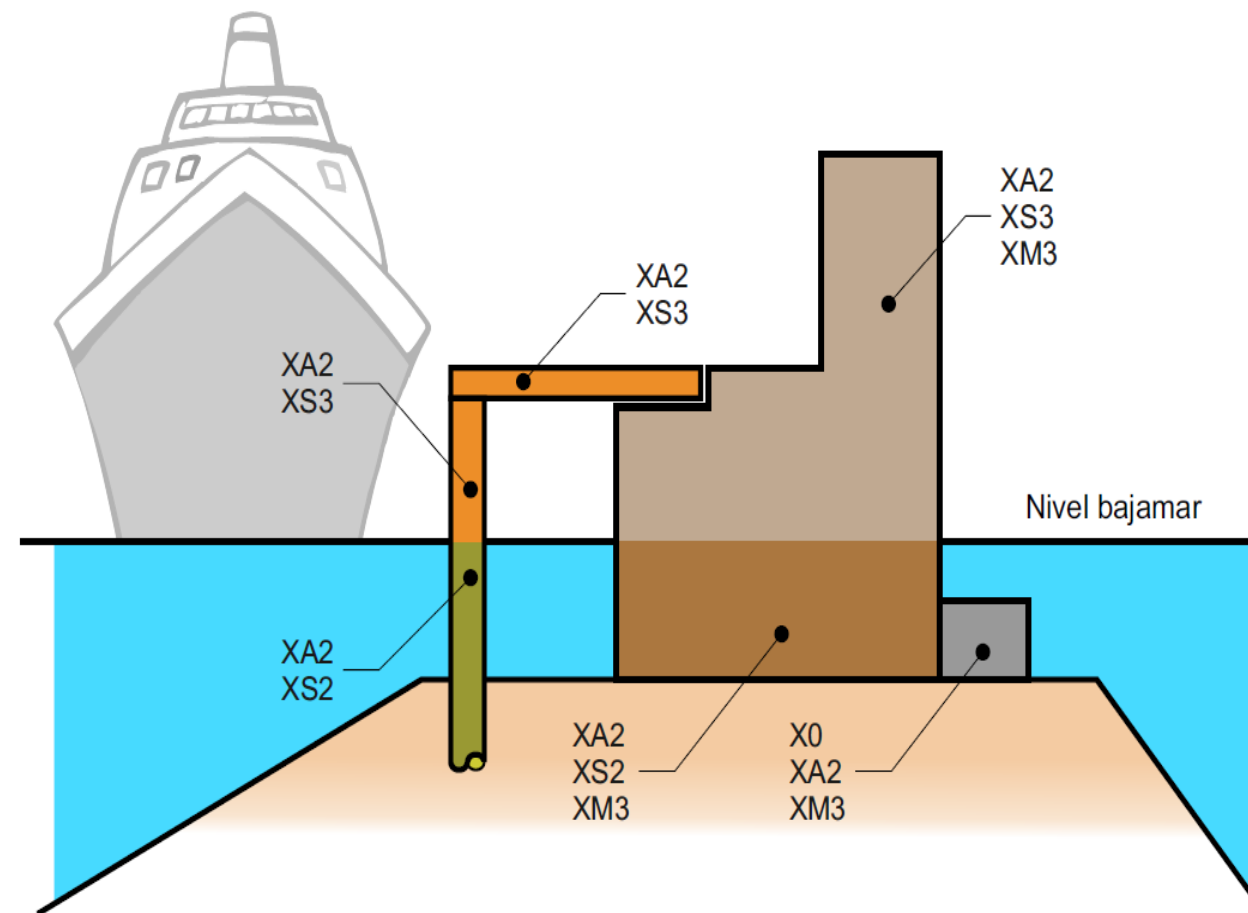
F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



HA-35/B/20/XS3+XA2+XM3



eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



HA-35/B/20/XS3+XA2+XM3

PUERTO DE IBIZA

Las reparaciones del dique de es Botafoc, en Ibiza, costarán más de 14 millones de euros

La Autoridad Portuaria saca a concurso la reparación de la estructura de cimentación del muro. Las obras para arreglar el espaldón se paralizan al detectarse que necesita más reformas de las que se preveían



Las reparaciones del dique de es Botafoc, en Ibiza, costarán más de 14 millones de euros / JOSEP ÀNGEL COSTA

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

**EHE-08
(aprox)**

I

I ó IIa

IIa

IIa o IIb

IIb

Designación de la clase	Descripción del entorno	Ejemplos informativos donde pueden existir las clases de exposición
1. Sin riesgo de ataque por corrosión		
X0	Para hormigón en masa: todas las exposiciones salvo donde haya ataque hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. Para hormigón con armaduras en un ambiente muy seco.	Elementos de hormigón en masa. Elementos de hormigón en interiores de edificios con una humedad muy baja. (HR<45%).
2. Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanentemente húmedo.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad del aire baja. (HR<65%) Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergido en agua no agresiva.
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).
XC3	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad media o alta. (HR>65%) Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, protegidos de la lluvia.
XC4	Sequedad y humedad cíclicas.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia).

eXposure class:

0: no risk

C: **C**arbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

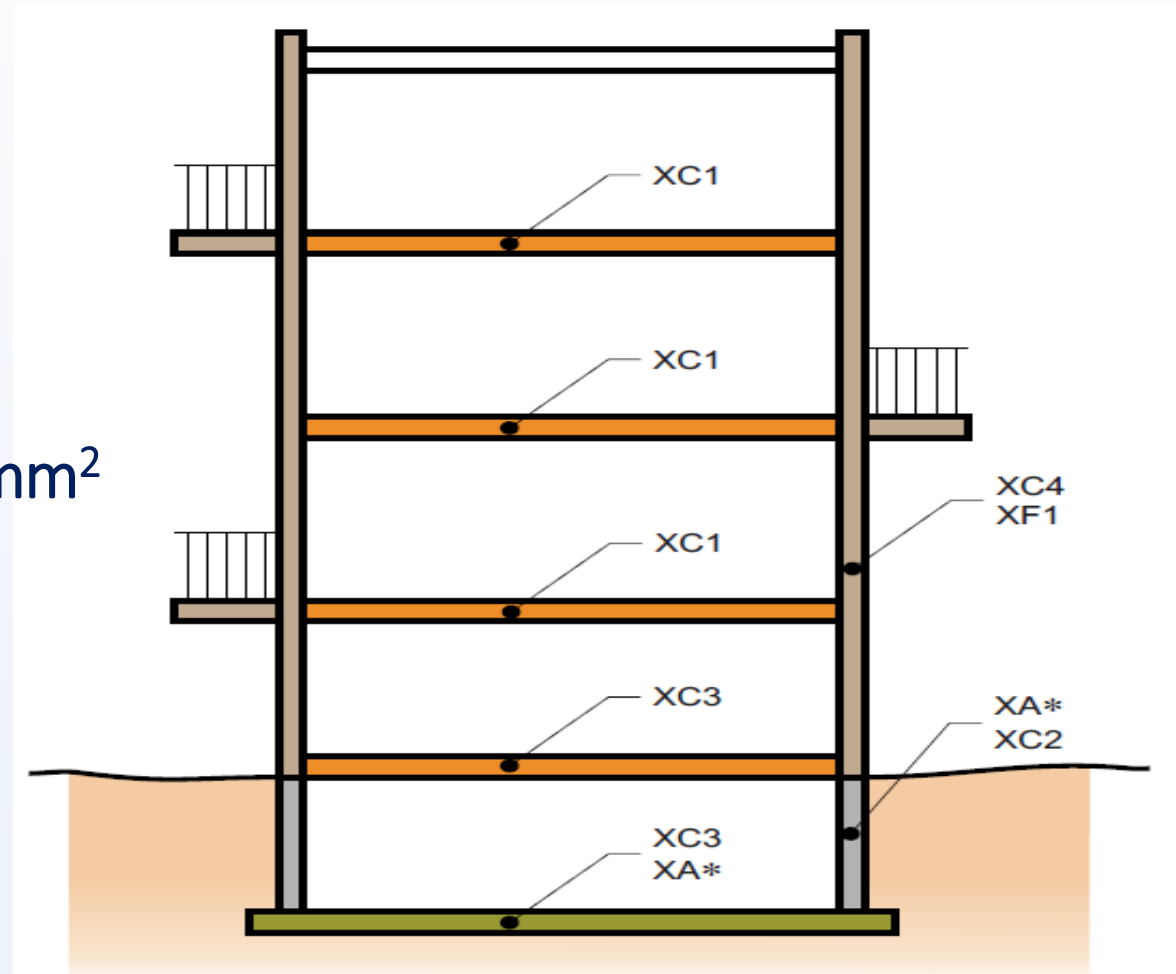
F: Freeze

A: chemical **A**ttack

M: Mechanical attack



XC3
XC4 $\rightarrow f_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$



T2-§27.1 CLASES DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

Tabla 27.1.d Ejemplos para las clases de exposición

Designación de la clase	Ejemplos
1. Sin riesgo de ataque por corrosión	
X0	Elementos estructurales de edificios protegidos de la intemperie, por ejemplo, mediante tabiquería de ladrillo
2. Corrosión inducida por carbonatación	
Se deben tener en cuenta las condiciones de humedad del hormigón que recubre las armaduras u otros metales embebidos. En muchos casos pueden considerarse como reflejo de la humedad ambiente, pero puede variar en el caso de que exista algún tipo de barrera entre el hormigón y su entorno.	
XC1	Elementos de hormigón ubicados permanentemente en un cauce de agua
XC2	Zapatas, encepados y pilotes permanentemente enterrados
XC3	Elementos estructurales en sótanos no ventilados Forjados en cámara sanitaria o en interiores de cocinas y baños Estribos y pilas de puentes normalmente protegidos de la lluvia
XC4	Elementos de hormigón en cubiertas de edificios directamente expuestos a la lluvia Forjados de cubiertas no protegidas en zonas no costeras Tableros de puentes no impermeabilizados Estribos y pilas de puentes expuestos normalmente a la lluvia

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



Fotografía Instituto Eduardo Torroja (LinkedIn)



eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

EHE-08

IV

IIIa

IIIb

IIIc

3. Corrosión inducida por cloruros de origen no marino

XD1	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestas a aerosoles con iones cloruro con origen no marino.
XD2	Húmedo, raramente seco.	Piscinas. Elementos de hormigón armado o pretensado expuestos a aguas industriales que contienen cloruros.
XD3	Ciclos humedad y secado.	Elementos de puentes expuestos a salpicaduras de aguas con cloruros, situados a menos de 10 metros de distancia horizontal o a menos de 5 metros de distancia vertical de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Elementos enterrados a menos de 1 metro del borde de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Losas en aparcamientos.

4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino

XS1	Expuestos a aerosoles marinos, pero no en contacto directo con el agua del mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado sometidos a los aerosoles marinos, ubicados en la costa o cerca de la costa.
XS2	Permanentemente sumergida en agua de mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergidos en agua marina.
XS3	Zonas de carrera de mareas afectadas por el oleaje o salpicaduras.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado situados en zona de carrera de mareas, afectados por el oleaje o salpicaduras.

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

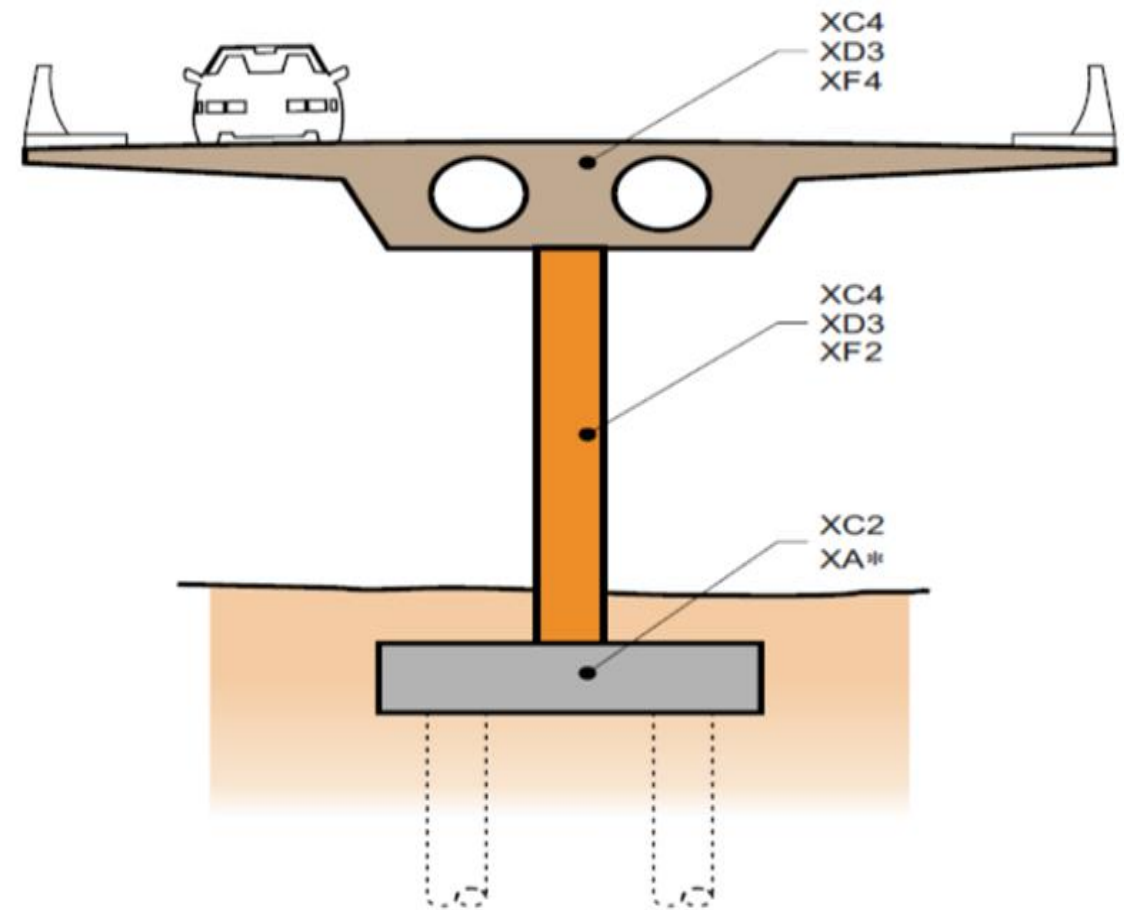
D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

Designación de la clase	Ejemplos
XD1	Tablero de puentes, en zonas de nieve, a los que pueda llegar aerosoles con cloruros procedentes de las sales de deshielo de la calzada
XD2	Piscinas
	Estaciones de tratamiento de aguas
XD3	Pilas de pasos superiores o pasarelas ubicadas en zonas de nieve
4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino	
Este es el caso de un hormigón que contenga armaduras u otras piezas metálicas embebidas en contacto con cloruros procedentes del agua de mar, o a la acción del aire que transporta sales marinas:	
XS1	Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa Puentes en las proximidades de la costa
XS2	Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar
XS3	Zonas situadas en la carrera de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea Zonas de salpicaduras de agua de mar en cualquiera de los elementos anteriores Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral Instalaciones portuarias, en general

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



T2-§27.1 CLASES DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN



eXposure class:
0: no risk
C: Carbonation
D: other chloriDes
S: Sea water
F: Freeze
A: chemical Attack
M: Mechanical attack

EHE-08

H

F

H

F

Qa

Qb

Qc

E

5. Ataque hielo/deshielo

XF1	Saturación moderada, sin sales fundentes.	Elementos con superficies verticales expuestas a lluvia y helada (tales como fachadas y pilares). ⁽¹⁾ Elementos con superficies horizontales no saturados, pero expuestos a lluvia y helada. ⁽¹⁾
XF2+XD	Saturación moderada, con sales fundentes.	Mismo tipo de elementos que en la clase XF1, pero expuestos a sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras y/o escorrentía (por ejemplo dinteles, pilas, cargaderos, etc) ⁽¹⁾ .
XF3	Saturación alta, sin sales fundentes.	Elementos con superficies horizontales donde se pueda acumular el agua y estén expuestas a la helada. ⁽¹⁾
XF4+XD	Saturación alta con sales fundentes o agua del mar.	Elementos con superficies horizontales donde se pueda acumular el agua y estén expuestas a la helada y sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras. ⁽¹⁾

6. Ataque químico

XA1	Ambiente de una débil agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).
XA2	Ambiente de una moderada agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).
XA3	Ambiente de una alta agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).

7. Erosión

XM1	Elementos sometidos a erosión/abrazión moderada.	Losas sometidas al tráfico de vehículos.
XM2	Elementos sometidos a erosión/abrazión intensa.	Losas en zonas industriales sometidas al tráfico de carretillas de horquillas con neumáticos.
XM3	Elementos sometidos a erosión/abrazión extrema.	Losas en zonas industriales sometidas al tráfico de carretillas de horquillas con ruedas de acero o cadenas.

eXposure class:

0: no risk

C: **C**arbonation

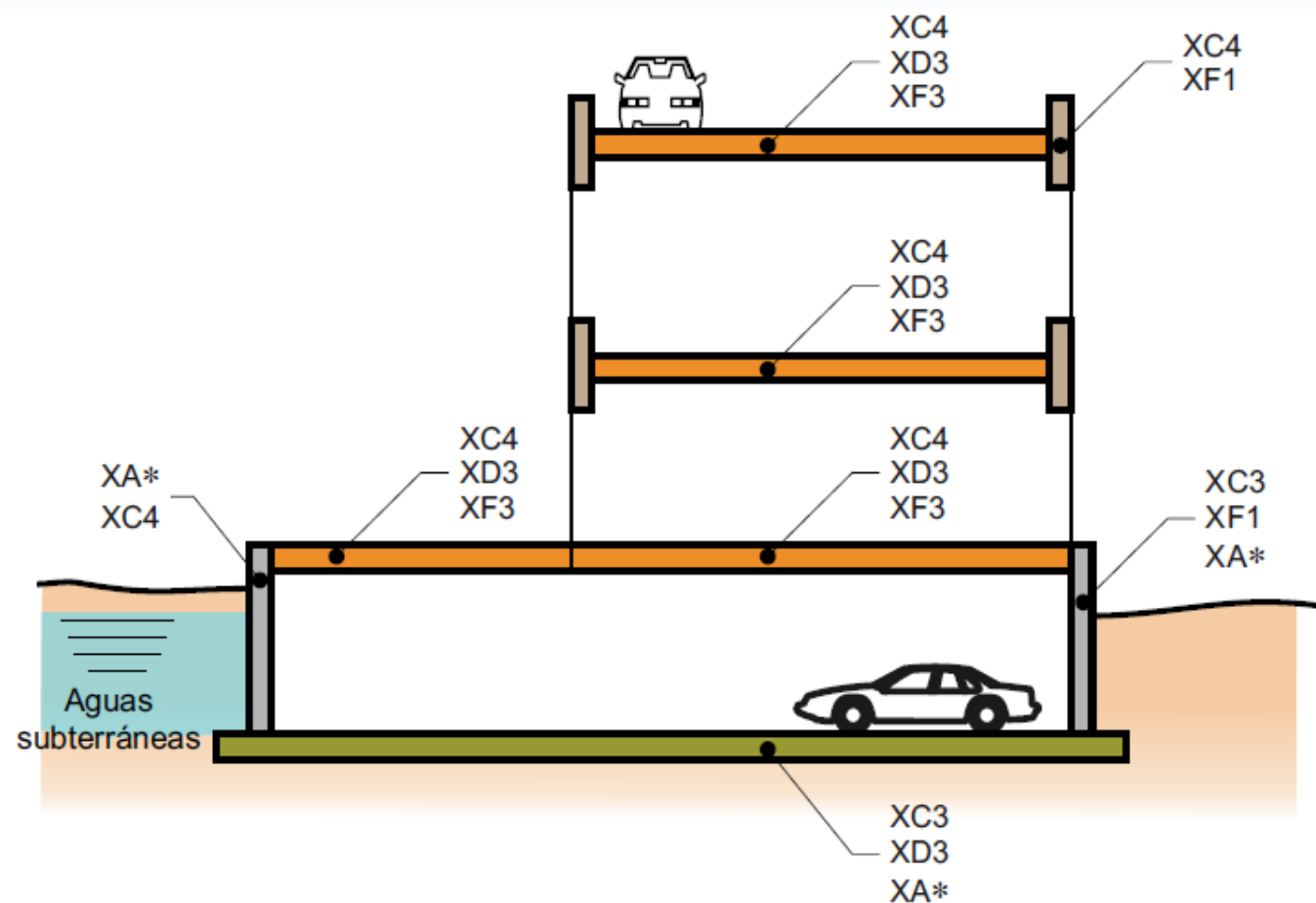
D: other chlori**D**es

S: **S**ea water

F: **F**reeze

A: chemical **A**ttack

M: **M**echanical attack



eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

5. Ataque hielo/deshielo

XF1	Elementos verticales de construcciones en zonas de alta montaña
XF2	Pilas y estribos de puentes o pasarelas no impermeabilizados en zonas de alta montaña donde se empleen sales fundentes
XF3	Elementos horizontales de construcciones en zonas de alta montaña
XF4	Tableros de puentes o pasarelas no impermeabilizados en zonas de alta montaña donde se empleen sales fundentes

6. Ataque químico

Cuando el hormigón esté sometido al ataque químico procedente de los suelos naturales o de las aguas subterráneas, industriales, marinas, etc. La clasificación del agua de mar dependerá de la situación geográfica del lugar de uso del hormigón.

En algunas ocasiones puede ser necesaria la realización de un estudio específico para establecer la clase de exposición adecuada, como por ejemplo en presencia de agentes químicos agresivos distintos a los contemplados en la tabla 27.1.b, o con valores por encima de los contemplados en ella, terrenos o aguas químicamente contaminados, etc.

XA1	Elementos en contacto con terrenos agrícolas de pH ligeramente ácido
XA2	Cimentaciones en terrenos yesíferos
XA3	Elementos estructurales de digestores biológicos

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack

Tabla 27.1.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		XA1	XA2	XA3
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l), según UNE-EN 13577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ / l), según UNE 83954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ / l), según UNE 83955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / l), según UNE 83956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE-EN 16502	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / kg de suelo seco), según UNE 83963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical **A**ttack

M: **M**echanical attack

7. Erosión

Sería el caso de elementos sometidos a desgaste superficial, fenómenos de abrasión y de cavitación.

XM1	Losas de aparcamientos sometidas al tráfico de vehículos
XM2	Tableros de puentes sin capa de pavimento, tuberías de alta presión, pilas de puentes en cauces
XM3	Losas de naves industriales sometidas al tráfico de carretillas de orugas, elementos de diques, pantalanes y obras de defensa litoral sometidos a fuertes oleajes



eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

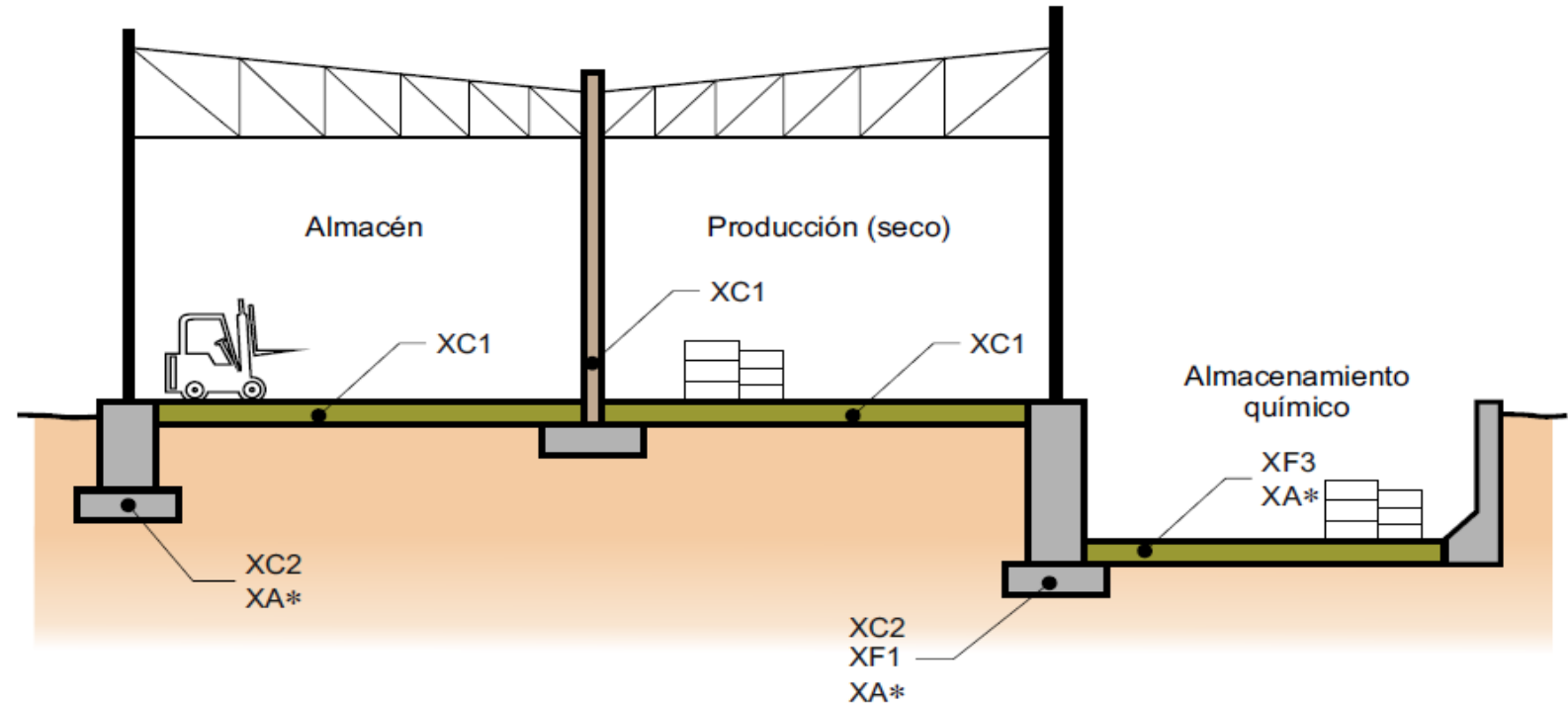
D: other chloriDes

S: Sea water

F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



¡Más ejemplos en los comentarios del Código Estructural!

La determinación detallada de las clases de exposición es fundamental para cumplir con la estrategia de durabilidad.

Aspectos esenciales:

Se mantiene el perímetro crítico (de forma ficticia) a $2d$.

Especifica caso particular cimentaciones:

(5) Las reglas establecidas en el apartado 6.4 se han formulado para el caso de cargas uniformemente distribuidas. En casos particulares, como las zapatas, la carga dentro del perímetro crítico contribuye a la resistencia del sistema estructural y puede sustraerse a la hora de determinar el valor de cálculo de la tensión a punzonamiento.

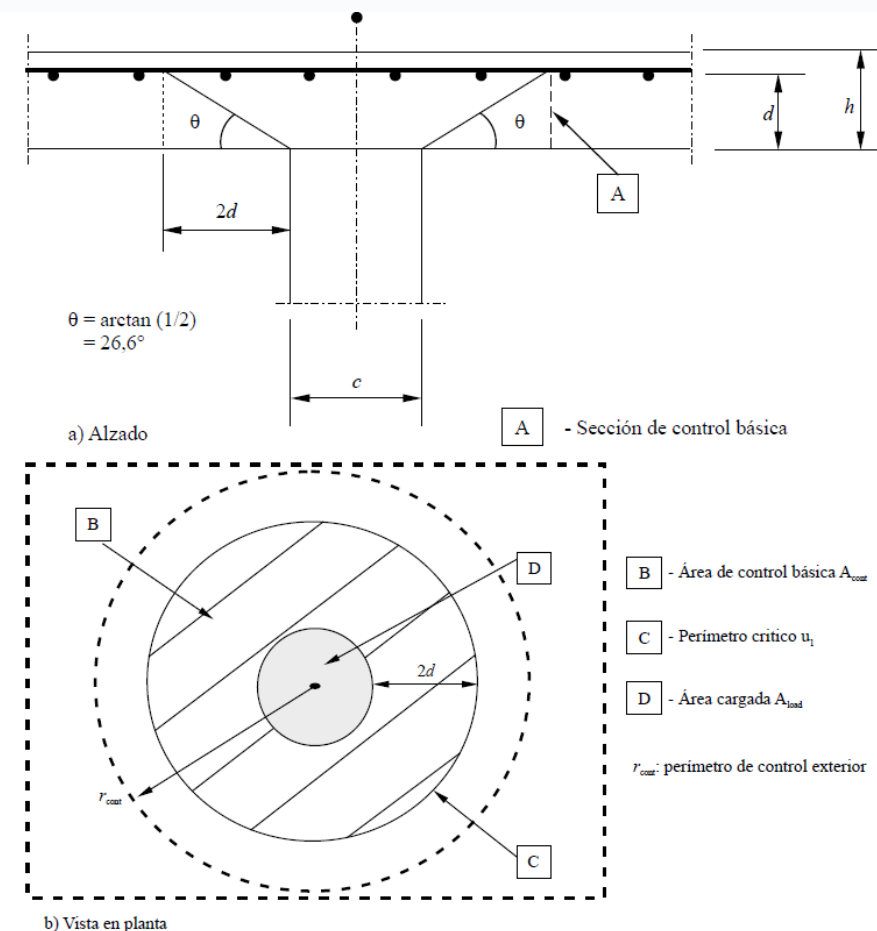


Figura A19.6.12 Modelo de comprobación del punzonamiento en estado límite último

Solicitud:

Se debe comprobar la resistencia a punzonamiento de la base de los pilares a lo largo de los perímetros críticos situados dentro de una distancia $2d$ del perímetro del pilar.

Para el caso de cargas centradas, el valor neto del esfuerzo aplicado será:

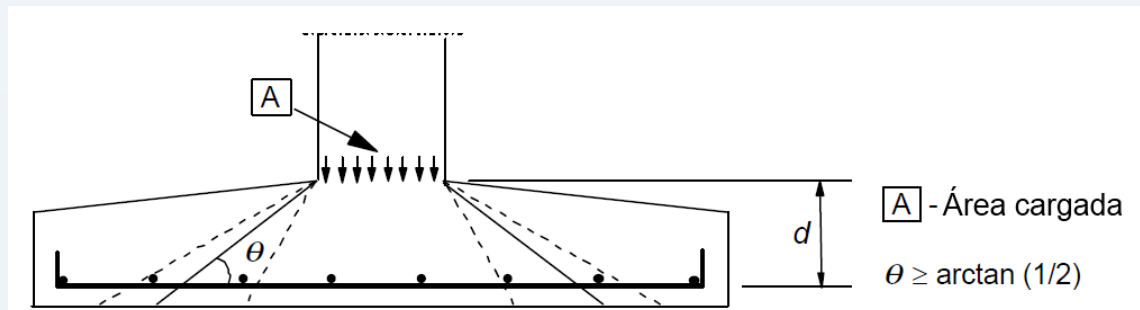
$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad (6.48)$$

donde:

V_{Ed} es el esfuerzo cortante aplicado

ΔV_{Ed} es el valor neto de la reacción vertical en el interior del perímetro crítico considerado, es decir, la reacción del terreno menos el peso propio del elemento de cimentación

$$V_{Ed} = V_{Ed,red} / ud \quad (6.49)$$



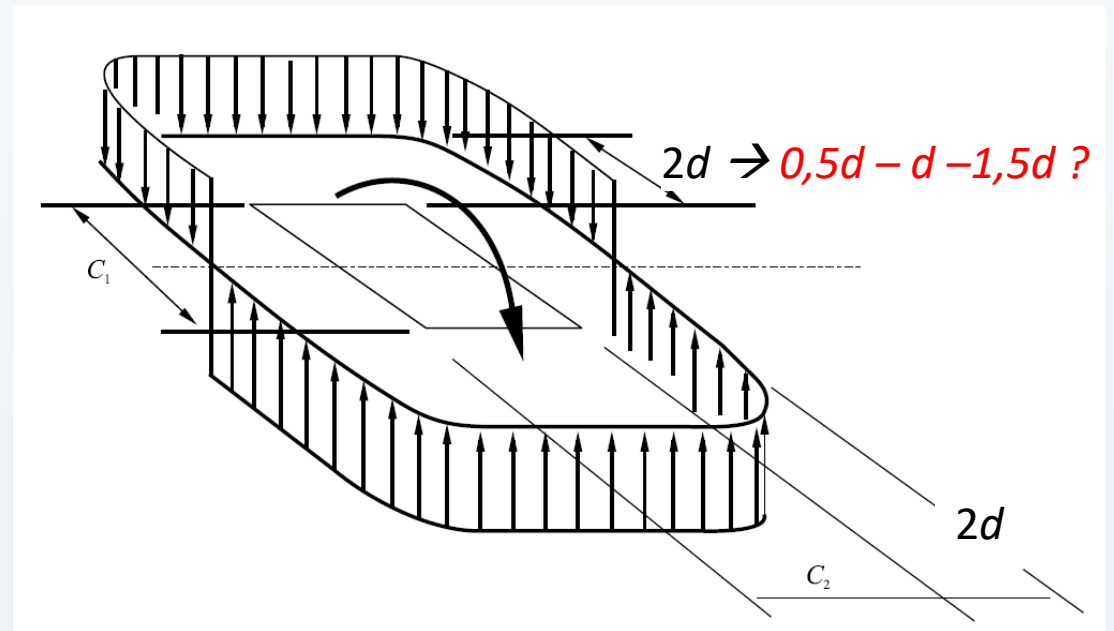
Solicitud:

Para el caso de carga excéntrica:

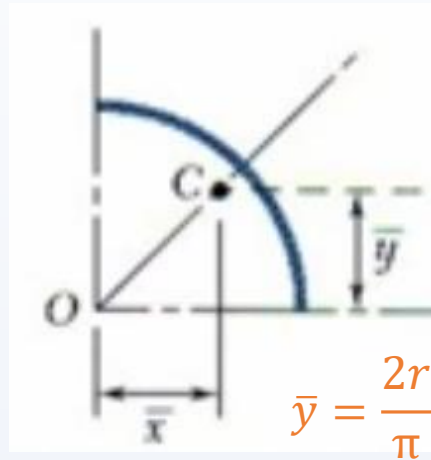
$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{ud} \left[1 + k \frac{M_{Ed}u}{V_{Ed,red}W} \right] \quad (6.51)$$

donde k está definido en 6.4.3 (3) o 6.4.3 (4) según el caso considerado y W es similar a W_1 , pero considerando el perímetro u .

$$W_1 = \int_0^{u_i} |e| dl$$



Solicitudión:



$$W_1 = \int_0^{u_i} |e| dl$$

Rectangular (perímetro crítico a $2d$):

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1c_2 + 4c_2d + 16d^2 + 2\pi dc_1$$

Rectangular (perímetro crítico a d):

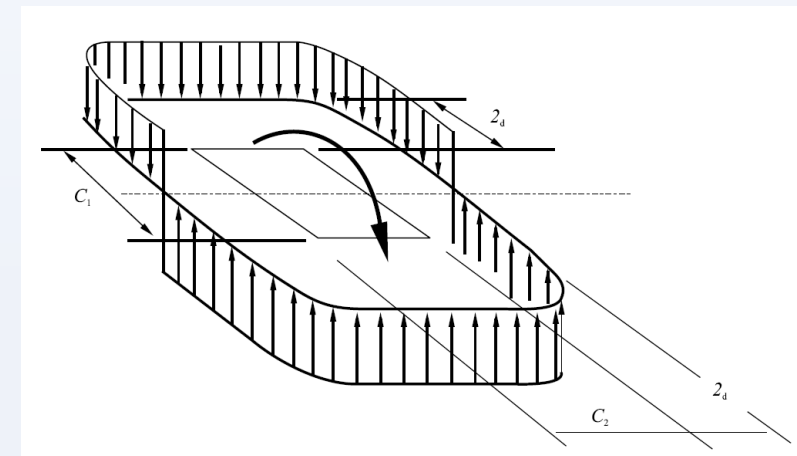
$$W = \frac{c_1^2}{2} + c_1c_2 + 2c_2d + 4d^2 + \pi dc_1$$

Rectangular (perímetro crítico a $0,5d$):

$$W = \frac{c_1^2}{2} + c_1c_2 + c_2d + d^2 + 0,5\pi dc_1$$

...

*Otras posibilidades para pilares
circulares o flexión esviada.*



Resistencia:

$$V_{Rd} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} \cdot 2d/a \geq v_{\min} \cdot 2d/a \quad (6.50)$$

donde:

a es la distancia del perímetro del pilar al perímetro crítico considerado,

$C_{Rd,c}$ está definido en 6.4.4 (1), $= 0,18/\gamma_c$

v_{\min} está definido en 6.4.4 (1), $= 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$

k está definido en 6.4.4 (1). $= 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0$

(¡EN BASES DE PILARES!)

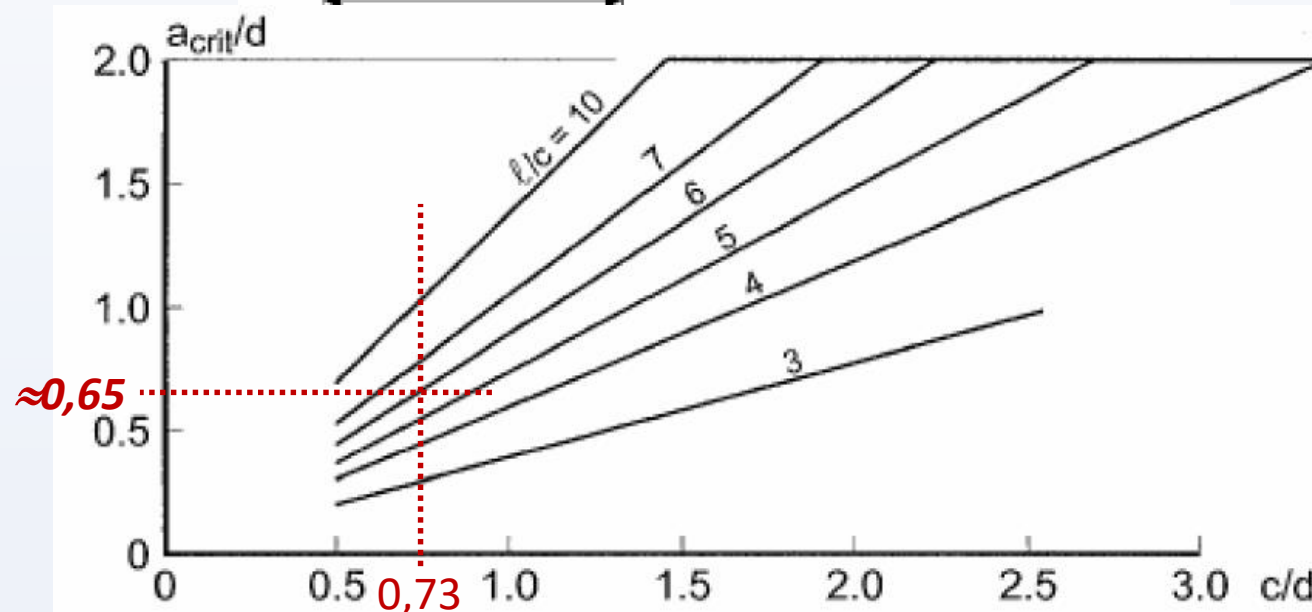
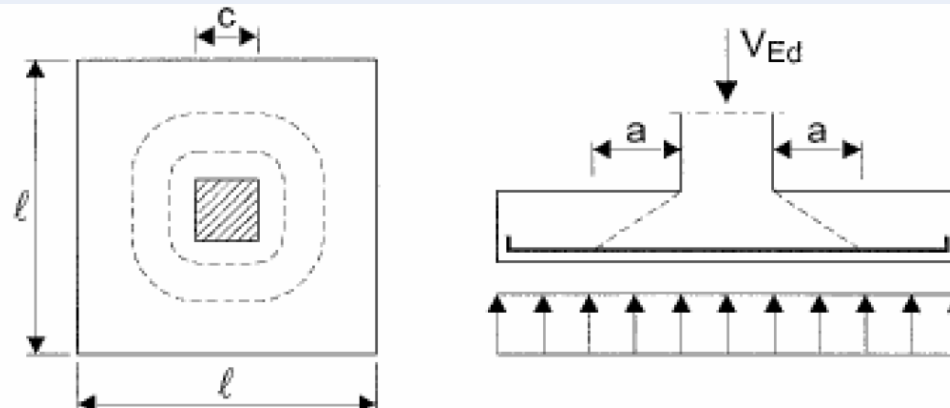
Perímetro
crítico:

Ejemplo:

$c = 0,4 \text{ m}$

$l = 2,4 \text{ m}$

$d = 0,55 \text{ m}$



https://www.theconcreteinitiative.eu/images/ECP_Documents/Eurocode2_Commentary.pdf

EUROCODE 2
COMMENTARY

EUROPEAN
CONCRETE

Resistencia elementos con armadura de punzonamiento:

$$v_{Rd,cs} = 0,75v_{Rd,c} + 1,5 \left(\frac{d}{s_r} \right) A_{sw} f_{ywd,ef} \left(\frac{1}{(u_1 d)} \right) \sin \alpha \leq k_{m\acute{a}x} \cdot v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,m\acute{a}x} = 0,4v_{fcd}$$

0,5 EHE-08

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$$

$$d = 25 \text{ cm} \rightarrow f_{ywd,ef} = 312 \text{ N/mm}^2$$

$k_{m\acute{a}x} = 1,5 \rightarrow$ limita la capacidad máxima que puede alcanzarse con armadura de punzonamiento.



No hay, en este caso, aspectos singulares a tener en cuenta para zapatas.

Losas:

$k_{max} = 1,96 \rightarrow$ *European Technical Approvals (ETAs)* de Peikko, Halfen, Ancotech, Jordahl, Schöck

Basado en las “Evaluaciones Técnicas Europeas” que he encontrado... Pueden haber más, ¡igual de buenas o mejores!



Losas de cimentación (y zapatas):

$k_{max} = 1,62 \rightarrow$ *ETA: Peikko*

$k_{max} = 1,50 \rightarrow$ *ETAs: Ancotech, Jordahl, Schöck*

$k_{max} = 2,35 (d \leq 1000 \text{ mm}) - 1,5 (d > 1600 \text{ mm}) \rightarrow$ *ETA: Halfen*



- Disposición armadura en pilares

$\emptyset_{\min} = 12 \text{ mm}$ (igual EHE-08)

No dimensiones mínimas.

Si sección poligonal \rightarrow mínimo una barra en cada esquina. Pilar circular ≥ 4 (6 en EHE-08 y borrador futuro EC2).

- Armadura mínima:

¡CodE no tiene armadura mínima geométrica en pilares!

EHE-08: $0,004A_c$

EC-2 (actual y borrador): $0,002A_c$ (NDP)

AN EC-2: $0,004A_c$

Se recomienda valor mínimo $0,002A_c$

$$A'_{s1,min} = \frac{0,05N_{Ed}}{f_{yc,d}}$$

$$A'_{s2,min} = \frac{0,05N_{Ed}}{f_{yc,d}}$$

Separación máxima cercos: se multiplica por 0,6 región D del pilar unión viga/losa-pilar.



Anejo 20

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

UNE-EN 1992-1-2:2011. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.

Anejo 21

Proyecto de estructuras de hormigón. Reglas de proyecto en puentes de hormigón

UNE-EN 1992-2:2013. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas.



EHE-08:

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ⁽¹⁾
R 30	150 ^(**) /15
R 60	200 ^(**) /20
R 90	250/30
R 120	250/40
R 180	350/45
R 240	400/50

Método B – CodE:

Resistencia al fuego normalizado	Cuantía mecánica de la armadura ω	Dimensiones mínimas (mm) Anchura del pilar b_{min} / recubrimiento mecánico a			
		$n = 0,15$	$n = 0,3$	$n = 0,5$	$n = 0,7$
R 90	0,100	200/40:250/25*	300/40:400/25*	500/50:550/25*	550/40:600/25*
	0,500	150/35:200/25*	200/45:300/25*	300/45:550/25*	500/50:600/40
	1,000	200/25*	200/40:300/25*	250/40:550/25*	500/50:600/45
R 120	0,100	250/50:350/25*	400/50:550/25*	550/25*	550/60:600/45
	0,500	200/45:300/25*	300/45:550/25*	450/50:600/25*	500/60:600/50
	1,000	200/40:250/25*	250/50:400/25*	450/45:600/30	600/60
R 180	0,100	400/50:500/25*	500/60:550/25*	550/60:600/30	⁽¹⁾
	0,500	300/45:450/25*	450/50:600/25*	500/60:600/50	600/75
	1,000	300/35:400/25*	450/50:550/25*	500/60:600/45	⁽¹⁾
R 240	0,100	500/60:550/25*	550/40:600/25*	600/75	⁽¹⁾
	0,500	450/45:500/25*	550/55:600/25*	600/70	⁽¹⁾
	1,000	400/45:500/25*	500/40:600/30	600/60	⁽¹⁾

Método A – CodE:

Resistencia al fuego normalizado	Dimensiones mínimas (mm)			
	Anchura del pilar b_{min} / recubrimiento mecánico de la armadura principal			
	Pilar expuesto en más de una cara			Expuesto en una cara
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40**	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45** 450/40**	350/57** 450/51**	175/35
R 180	350/45**	350/63**	450/70**	230/55
R 240	350/61**	450/75**	–	295/70

Cambio en el proceso de dimensionamiento (preciso dimensionar a priori) y método más conservador





ELSEVIER

www.elsevierciencia.com/hya

Disponible en

ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Hormigón y Acero. 2014;65(272):141-150



¡Artículo muy interesante
para entender las diferencias!

Disponible en open-access

Resistencia al fuego de pilares de hormigón según el Eurocódigo 2
y comparación con la EHE-08. Métodos de comprobación mediante tablas

*Fire resistance of concrete columns according to Eurocode 2 and compared with EHE-08.
Solutions in terms of Tabulated Data*

Hugo Corres Peiretti^{a,*}, Freddy Ariñez Fernández^b, Jesús Bairán García^c,
Sergio Carrascón^d y Antonio Marí Bernat^c

EHE -08: análisis seccional considerando pérdida de
capacidad resistente de la sección

Eurocódigo 2 (y CodE): análisis de elemento estructural.



Consecuencia inmediata: aumentan las exigencias





ELSEVIER

www.elsevierciencia.com/hya

Disponible en

ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Hormigón y Acero. 2014;65(272):141-150



HORMIGÓN
y ACERO

www.e-ache.com

Resistencia al fuego de pilares de hormigón según el Eurocódigo 2 y comparación con la EHE-08. Métodos de comprobación mediante tablas

*Fire resistance of concrete columns according to Eurocode 2 and compared with EHE-08.
Solutions in terms of Tabulated Data*

Hugo Corres Peiretti^{a,*}, Freddy Ariñez Fernández^b, Jesús Bairán García^c,
Sergio Carrascón^d y Antonio Marí Bernat^c

¡Artículo muy interesante
para entender las diferencias!

Disponible en open-access

Método A: deducido a partir de resultados experimentales.

Método B: estudio paramétrico en el que se evalúa la capacidad resistente de los pilares con el método de la columna modelo y se emplean secciones con características geométricas y mecánicas que tienen en cuenta la acción del fuego.



EHE-08:

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ^(*)
R 30	150 ^(**) /15
R 60	200 ^(**) /20
R 90	250/30
R 120	250/40
R 180	350/45
R 240	400/50

Método A – CodE:

Resistencia al fuego normalizado	Dimensiones mínimas (mm)			
	Anchura del pilar b_{min} /recubrimiento mecánico de la armadura principal			
	Pilar expuesto en más de una cara			Expuesto en una cara
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
1	2	3	4	5
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40 ^{**}	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45 ^{**} 450/40 ^{**}	350/57 ^{**} 450/51 ^{**}	175/35
R 180	350/45 ^{**}	350/63 ^{**}	450/70 ^{**}	230/55
R 240	350/61 ^{**}	450/75 ^{**}	–	295/70

^{**}Mínimo 8 barras

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$$



EHE-08:

Resistencia al fuego	Dimensión mínima b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_{min} (mm) ⁽¹⁾
R 30	150 ^(**) /15
R 60	200 ^(**) /20
R 90	250/30
R 120	250/40
R 180	350/45
R 240	400/50

Método B – CodE:

Resistencia al fuego normalizado	Cuantía mecánica de la armadura ω	Dimensiones mínimas (mm) Anchura del pilar b_{min} / recubrimiento mecánico a			
		$n = 0,15$	$n = 0,3$	$n = 0,5$	$n = 0,7$
R 90	0,100	200/40:250/25*	300/40:400/25*	500/50:550/25*	550/40:600/25*
	0,500	150/35:200/25*	200/45:300/25*	300/45:550/25*	500/50:600/40
	1,000	200/25*	200/40:300/25*	250/40:550/25*	500/50:600/45
R 120	0,100	250/50:350/25*	400/50:550/25*	550/25*	550/60:600/45
	0,500	200/45:300/25*	300/45:550/25*	450/50:600/25*	500/60:600/50
	1,000	200/40:250/25*	250/50:400/25*	450/45:600/30	600/60
R 180	0,100	400/50:500/25*	500/60:550/25*	550/60:600/30	(1)
	0,500	300/45:450/25*	450/50:600/25*	500/60:600/50	600/75
	1,000	300/35:400/25*	450/50:550/25*	500/60:600/45	(1)
R 240	0,100	500/60:550/25*	550/40:600/25*	600/75	(1)
	0,500	450/45:500/25*	550/55:600/25*	600/70	(1)
	1,000	400/45:500/25*	500/40:600/30	600/60	(1)

$$n = N_{0Ed,fi} / (0,7 (A_c f_{cd} + A_s f_{yd}))$$

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$





Disponible en
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Hormigón y Acero. 2014;65(272):141-150



Resistencia al fuego de pilares de hormigón según el Eurocódigo 2
y comparación con la EHE-08. Métodos de comprobación mediante tablas
*Fire resistance of concrete columns according to Eurocode 2 and compared with EHE-08.
Solutions in terms of Tabulated Data*

Hugo Corres Peiretti^{a,*}, Freddy Ariñez Fernández^b, Jesús Bairán García^c,
Sergio Carrascón^d y Antonio Marí Bernat^e

En general, el método B da
resultados más conservadores
que el método A.

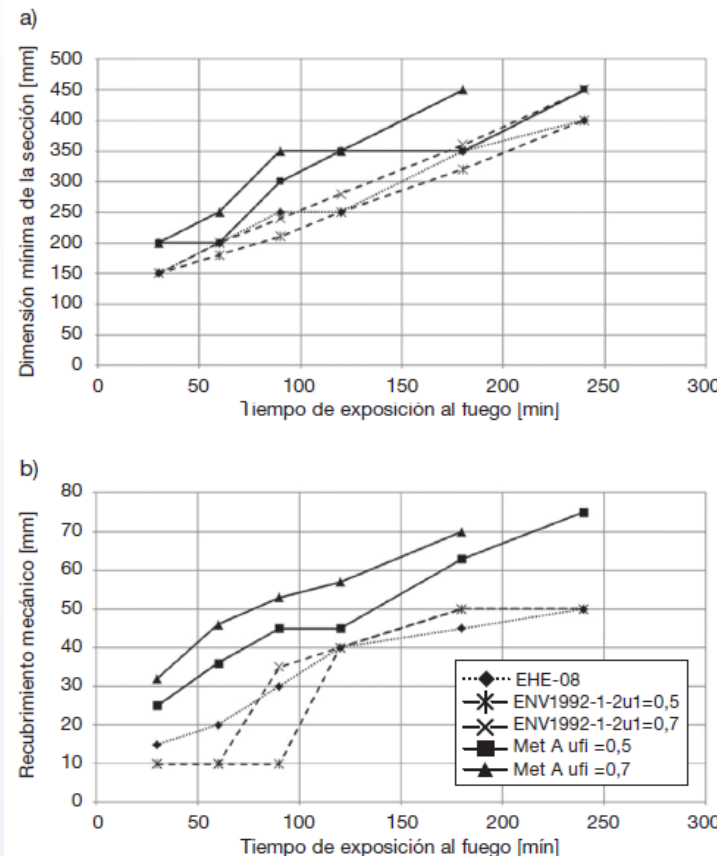


Figura 4. Comparación entre los valores de a) Dimensiones de sección mínimas y b) Recubrimientos mecánicos mínimos según [6], [7] y el Método A de [8].

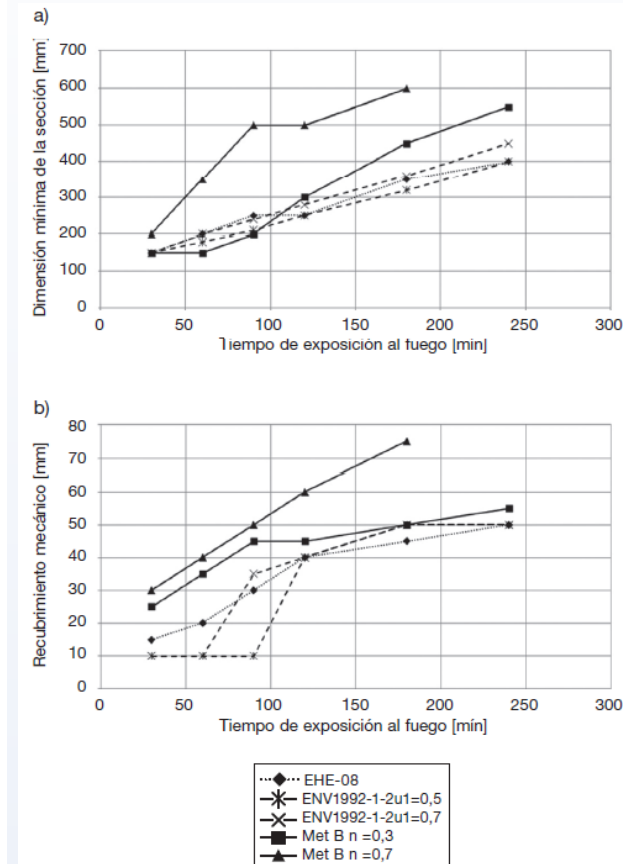


Figura 5. Comparación entre los valores de a) Dimensiones de sección mínimas y b) Recubrimientos mecánicos mínimos según [6,7] y el Método B de [8].

eXposure class:

0: no risk

C: Carbonation

D: other chloriDes

S: Sea water

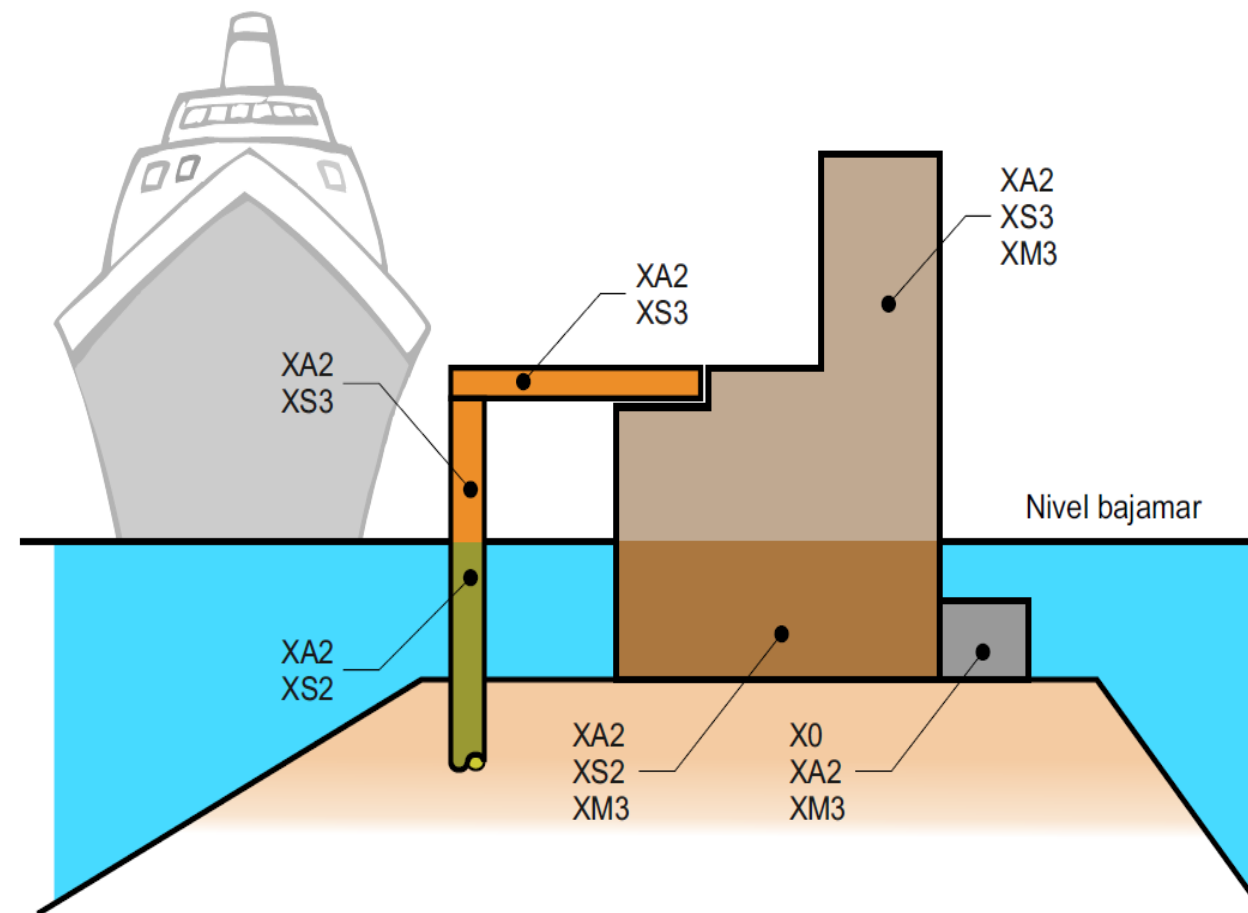
F: Freeze

A: chemical Attack

M: Mechanical attack



HA-35/B/20/XS3+XA2+XM3



T – R / C / TM / A

TIPO = **HM** (en masa); **HA** (armado); **HP** (pretensado) ;
HRM/HRA (árido reciclado < 40)

R - Resistencia característica especificada, f_{ck} , en N/mm² :

20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90 (100)

C – Tipo de consistencia = S:P:B:F:L
AC – *autocompactable*

TM - Tamaño máximo del árido en mm

A – Designación clase/s de exposición

Ejemplos: **HA-35/B/20/XS3+XA2+XM3** - **HP-40/AC/12/XC1**

Combinación clases correspondientes a:

- Ecurrimiento (AC-SF)
- Viscosidad (AC-VS/VF)
- Capacidad de paso (AC-PL/PJ)
- Resistencia a la segregación (AC-SR)

Tipo de consistencia	Asentamiento en mm
Seca (S)	0-20
Plástica (P)	30-40
Blanda (B)	50-90
Fluida (F)	100-150
Líquida (L)	160-210

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

Salvo justificación específica en aplicaciones que así lo requieran, **no se empleará las consistencias seca y plástica.**

No podrá emplearse la consistencia líquida, salvo que se consiga mediante el empleo de aditivos superplastificantes.

En edificación, para **pilares, forjados y vigas se utilizará un hormigón de consistencia fluida** salvo justificación en contra. Esta prescripción se podría aplicar también a elementos de ingeniería civil, en especial los que pudiesen estar densamente armados, como por ejemplo tableros de puentes o estribos.

Tipo de consistencia	Asentamiento en mm
Seca (S)	0-20
Plástica (P)	30-40
Blanda (B)	50-90
Fluida (F)	100-150
Líquida (L)	160-210

Tipo de consistencia	Asentamiento en cm
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20

Salvo justificación específica en aplicaciones que así lo requieran, **no se empleará las consistencias seca y plástica.**

No podrá emplearse la consistencia líquida, salvo que se consiga mediante el empleo de aditivos superplastificantes.

En edificación, para **pilares, forjados y vigas se utilizará un hormigón de consistencia fluida** salvo justificación en contra. Esta prescripción se podría aplicar también a elementos de ingeniería civil, en especial los que pudiesen estar densamente armados, como por ejemplo tableros de puentes o estribos.



Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						Clase de exposición							
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3
Máxima relación agua/cemento	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,50	0,55
	Armado	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,55
	Pretensado	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45
Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	275	300	275
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325	300	325	300

Cuando la resistencia especificada en la tipificación del hormigón sea inferior a la resistencia mínima esperada (tabla 43.2.1.b) asociada a la **clase de exposición** considerada, **prevalecerá esta última en la prescripción del hormigón por ser los condicionantes de durabilidad más restrictivos que los de resistencia.**

~~HA-25/B/20/XS3+XA2+XM3~~

HA-35/B/20/XS3+XA2+XM3



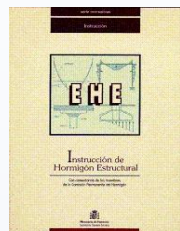
Tabla 43.2.1.b Resistencia característica mínima esperada para el hormigón(*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-
	Armado	25	25	25	30	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						
		XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	-	-	-	-	30	30	30
	Armado	35	30	30	30	30	30	30
	Pretensado	35	35	35	35	30	30	30

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición						
		XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	30	30	35	35	30	30	30

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.



0 referencias a “deconstrucción” en EHE-98



34 en Código
Estructural

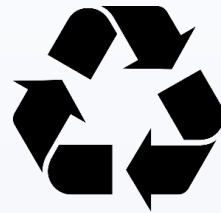


2 referencias a “deconstrucción” en EHE-08



<https://www.researchgate.net/publication/281110039>

O Custo da Sustentabilidade para a Indústria da Construção



<https://www.josejareno.es/blog/index.html@p=56.html>



www.celsa.com



©therecyclers.com





Capítulo 16

Demolición y deconstrucción de estructuras de hormigón

Contenidos del capítulo

ARTÍCULO 77. DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN	363
77.1. Generalidades	363
77.2. Trabajos previos a la demolición de la estructura de hormigón	364
77.3. Proceso de demolición de la estructura	364
ARTÍCULO 78. DECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN	366
78.1. Generalidades	366
78.2. Medidas adicionales para la deconstrucción de las estructuras de hormigón	366

Capítulo 26

Deconstrucción de estructuras de acero

Contenidos del capítulo

ARTÍCULO 107. DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO	497
107.1. Generalidades	497
107.2. Trabajos previos a la demolición de la estructura de acero	497
107.3. Proceso de demolición de la estructura	498
ARTÍCULO 108. DECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO	499

Capítulo 36

Deconstrucción de estructuras mixtas hormigón-acero

Contenidos del capítulo

ARTÍCULO 124. CRITERIOS PARA LA DEMOLICIÓN Y DECONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS MIXTAS HORMIGÓN-ACERO	541
---	------------

Artículo 77 Demolición de estructuras de hormigón

77.1 Generalidades

A los efectos de este Código se entiende por demolición de una estructura de hormigón el conjunto de procesos de desmontaje o desmantelamiento de la estructura, en su totalidad o de una parte de misma, por decisión de la propiedad y como consecuencia de la finalización de su vida de servicio.

La propiedad será responsable de disponer de un proyecto específico para las actividades de demolición incluidas en este artículo, siempre que se den cualquiera de las siguientes circunstancias:

- se trate de la demolición de una estructura como consecuencia de un accidente, incendio o sismo;
- se trate de la demolición de una estructura que incluya elementos a flexión con luces de más de 10 m, o con elementos verticales a compresión con alturas entre niveles superiores a 10 m;
- en cualquier caso, cuando se trate de estructura de hormigón pretensado; y
- en cualquier caso, cuando se vaya a emplear explosivos.



Artículo 78 Deconstrucción de estructuras de hormigón

78.1 Generalidades

Se entiende por deconstrucción de la estructura de hormigón al proceso ordenado de demolición de la estructura, de acuerdo con el correspondiente proyecto y con la finalidad de optimizar la reutilización de los propios elementos estructurales, en su caso, así como la separación, recogida selectiva y reciclado de los residuos generados.

Con carácter general serán de aplicación en estos casos, las prescripciones establecidas en el Artículo 77 para la demolición de las estructuras, si bien en este caso será necesario adoptar algunas medidas adicionales encaminadas a posibilitar la reutilización de los elementos y el reciclado de los materiales, según el caso, de acuerdo con lo indicado en el apartado 78.2.



<http://www.greenspec.co.uk/building-design/aggregates-for-concrete/>



Áridos mixtos reciclados (Mallorca)



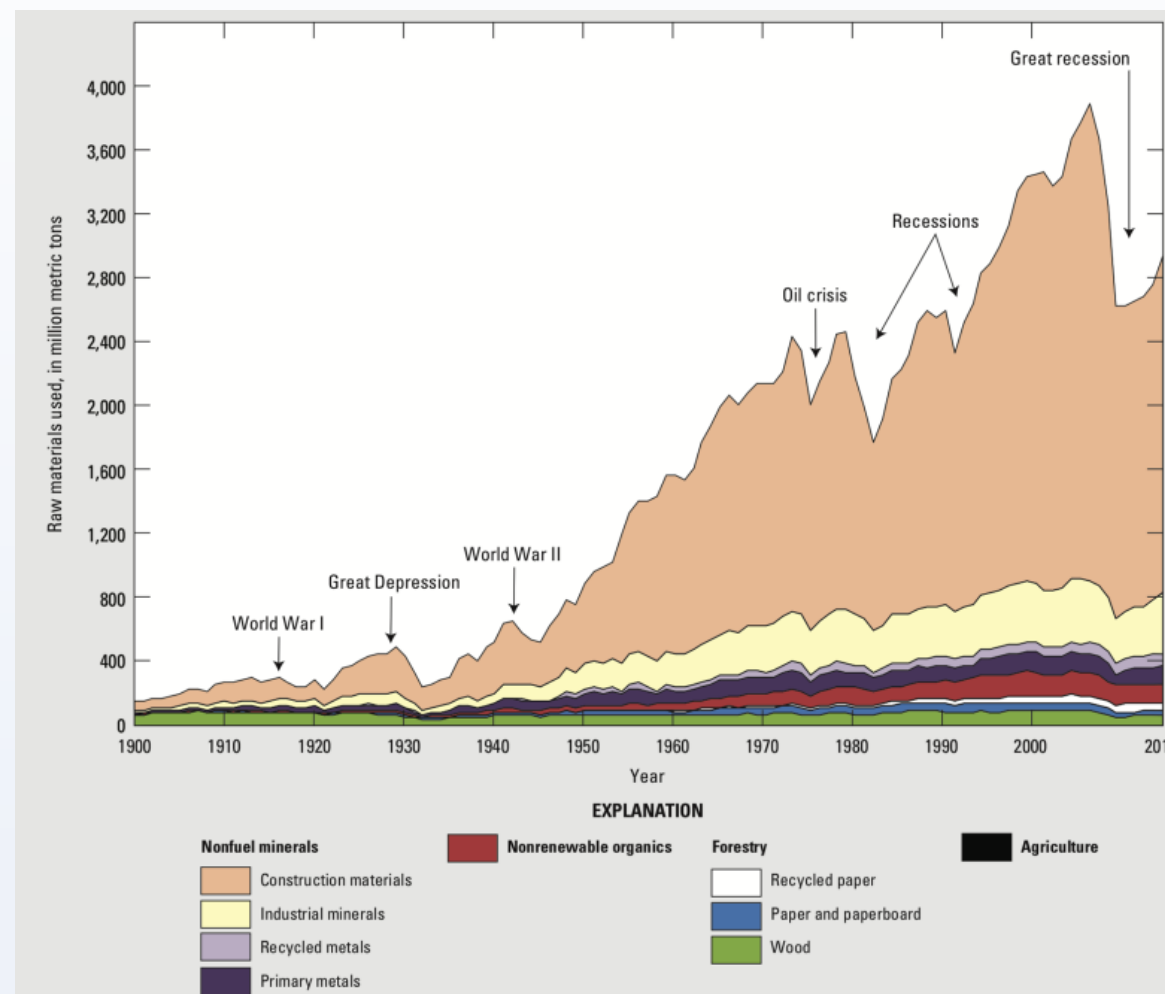
78.2 Medidas adicionales para la deconstrucción de las estructuras de hormigón

En el caso de deconstrucción de estructuras, el proyecto deberá contemplar medidas específicas orientadas a optimizar la reutilización y reciclado de la estructura existente. Para ello, además de lo indicado en el apartado 77.2, deberá incluir al menos los siguientes aspectos adicionales:

- identificación de los elementos estructurales potencialmente reutilizables,
- identificación de los tipos y cantidades de residuos generados por la demolición, con especial atención a los residuos peligrosos,
- elaboración de un estudio de gestión de residuos que contenga los destinos previstos para los residuos generados,
- elaboración de un plan de gestión de los residuos generados por la demolición, orientado al reciclado de los mismos.

La ejecución de la deconstrucción de la estructura deberá llevarse a cabo por un constructor que esté en posesión de una certificación medioambiental de conformidad con la norma UNE-EN ISO 14001.





"Use of raw materials in the United States From 1900 Through 2014", USGS Fact Sheet 2017-3062

- Cambios en excentricidad mínima (A19-§6.1): $e_o = \max(20 \text{ mm} ; h/30)$
- Excentricidad debida a **imperfecciones geométricas** (A19-§5.2):

Para soportes aislados en sistemas arriostrados:

$$e_i = l_0/400$$

Es aditiva, no confundir con la excentricidad mínima.

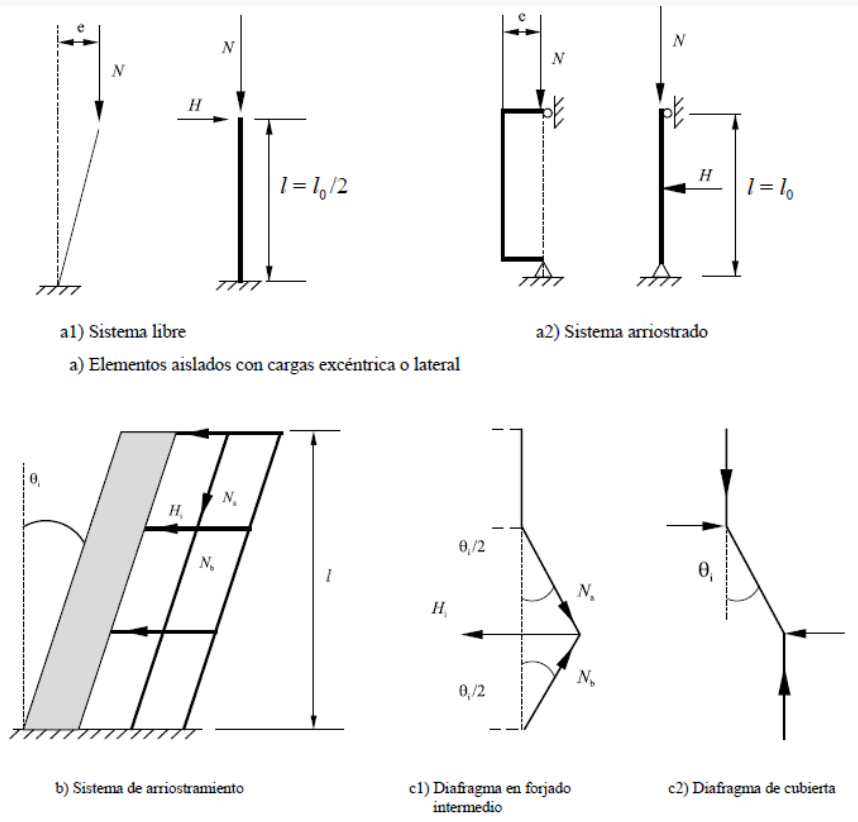


Figura A19.5.1 Ejemplos de los efectos de las imperfecciones geométricas

- Cambios en obtención longitud efectiva (de pandeo) en pórticos:

Elementos arriostrados (véase figura A19.5.7(f)):

$$l_0 = 0,5l \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{k_1}{0,45+k_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{0,45+k_2}\right)}$$

Elementos no arriostrados (véase figura A19.5.7(g)):

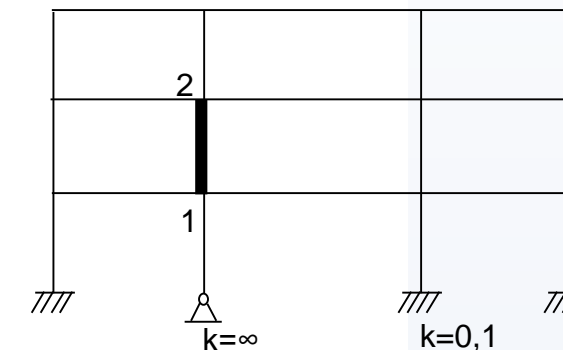
$$l_0 = l \cdot \max \left\{ \sqrt{1 + 10 \cdot \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}}; \left(1 + \frac{k_1}{1+k_1}\right) \cdot \left(1 + \frac{k_2}{1+k_2}\right) \right\}$$

donde:

k_1 y k_2 flexibilidades relativas de las coacciones al giro en los extremos 1 y 2 respectivamente:

$$k = (\theta/M) \cdot (EI/l)$$

θ : es el giro de los elementos coaccionados para M (debe incluir el efecto de la fisuración)



Recomendación guía UK:

$$k = \frac{EI_c}{l_c} / \sum \frac{2EI_b}{l_b} \geq 0.1$$

- Esbeltez límite para elementos aislados:

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

donde:

$$A=0,7 \leftrightarrow \varphi_{ef} = 2,15$$

$A = 1/(1+0,2\varphi_{ef})$ (si φ_{ef} no es conocido, se puede usar $A = 0,7$);

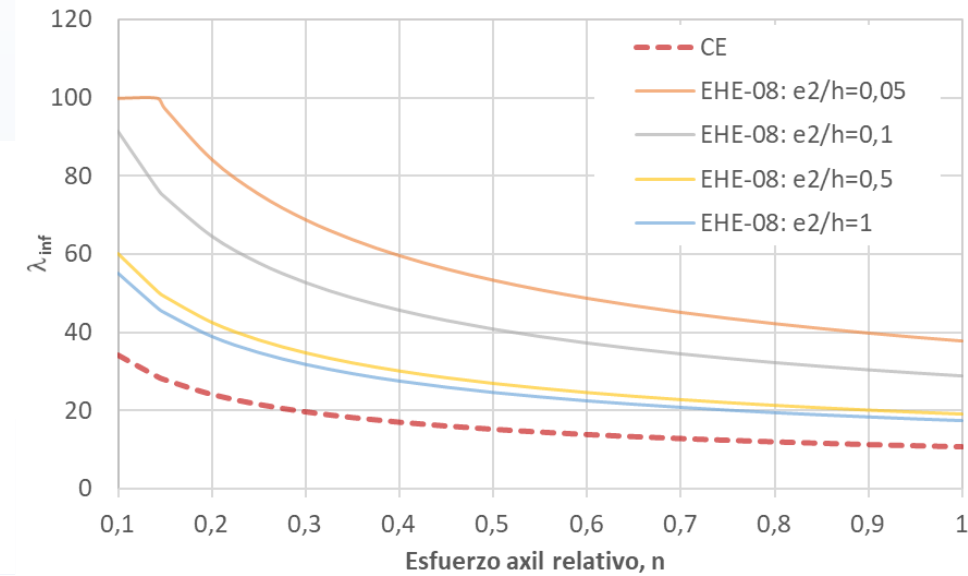
$B = 1 + \frac{\omega}{\sqrt{1+2\omega}}$ (si ω no es conocido, se puede usar $B=1,1$);

$C = 1,7 \cdot r_m$ (si r_m no es conocido, se puede usar $C=0,7$);

$r_m = M_{01} / M_{02}$; relación entre momentos;

Casi-
permanente ELU

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed}$$



Soportes no arriostrados

- Esbeltez límite para elementos aislados:

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot A \cdot B \cdot C / \sqrt{n}$$

donde:

$A = 1/(1+0,2\varphi_{ef})$ (si φ_{ef} no es conocido, se puede usar $A=0,7$);

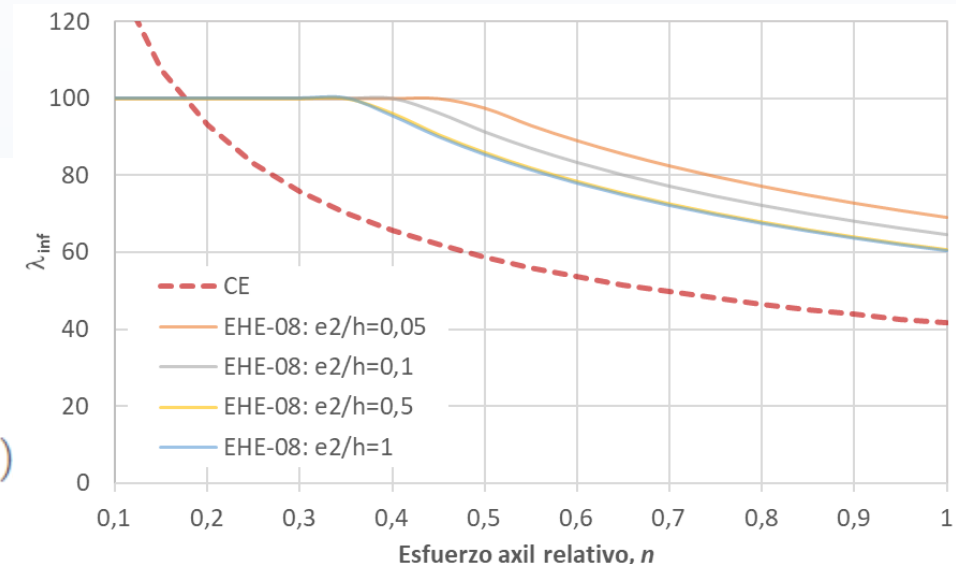
$B = \cancel{1} + \sqrt{1+2\omega}$ (si ω no es conocido, se puede usar $B=1,1$)

$C = 1,7 \cdot r_m$ (si r_m no es conocido, se puede usar $C=0,7$);

$r_m = M_{01} / M_{02}$; relación entre momentos;

Casi-
permanente ELU

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed}$$



Soportes arriostrados
(momentos opuestos en extremos)

- Tres alternativas de cálculo:

- Método general (§5.8.6): análisis no lineal de segundo orden.
- Método simplificado basado en la **rigidez nominal** (§5.8.7):
 - Momento total de cálculo a partir de coeficiente de mayoración de momentos, en función de la carga de pandeo basada en la rigidez nominal.
 - Estimación de la rigidez nominal con coeficientes para fisuración, coeficiente de fluencia efectivo...
- Método simplificado basado en la **curvatura nominal** (§5.8.8)

Similar a EHE-08

- Tres alternativas de cálculo:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \left[1 + \frac{\beta}{\left(N_B / N_{Ed} \right) - 1} \right]$$

$$N_B = \left(\frac{\pi}{l_0} \right)^2 EI$$

$$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$$

Atención al
cociente N_B / N_{Ed}

(2) En la expresión (5.21) pueden utilizarse los siguientes coeficientes, siempre que $\rho \geq 0,002$:

$$K_s = 1$$

$$K_c = k_1 k_2 / (1 + \varphi_{ef})$$

Muy sensible respecto
a fluencia efectiva

(5.22)

(3) Como alternativa simplificada, siempre que $\rho \geq 0,01$, se utilizarán los siguientes coeficientes en la expresión (5.21):

$$K_s = 0$$

$$K_c = 0,3 / (1 + 0,5 \varphi_{ef})$$

(5.26)

COMPARACIÓN AMBOS MÉTODOS

