

Anejo Nacional
AN/UNE-EN 1992-1-1

Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón

Parte 1-1: Reglas generales y reglas para
edificación

ÍNDICE

AN.1	Objeto y ámbito de aplicación	5
AN.2	Parámetros de determinación nacional (NDP)	13
AN.3	Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos	45
AN.4	Información complementaria no contradictoria (NCCI)	47

AN 1. Objeto y ámbito de aplicación

Este Anejo Nacional define las condiciones de aplicación en el territorio español de la norma UNE-EN 1992-1-1, que es reproducción de la norma europea EN 1992-1-1.

En el apartado AN.2 se fijan los valores de los parámetros de determinación nacional (NDP), de aplicación a todas las estructuras de edificación y de ingeniería civil, que la norma UNE-EN 1992-1-1 deja abiertos para ser establecidos a nivel nacional.

Este Anejo Nacional contiene además *información complementaria no contradictoria* (NCCI) cuyo objetivo es facilitar la aplicación de la norma en España. Tienen carácter de *información complementaria no contradictoria*:

- Los párrafos en cursiva del apartado AN.2
- Todo el apartado AN.4
- Los documentos cuya referencia está recogida en el apartado AN.4

En el apartado AN.3 se indica si los anejos informativos de la UNE-EN 1992-1-1 se convierten en normativos, mantienen su carácter informativo o no son de aplicación en España.

Los puntos de la UNE-EN 1992-1-1 que contienen parámetros de determinación nacional son los que se indican a continuación.

Apartados generales

2.4.2.1 (1)	Coeficiente parcial de retracción, γ_{SH}
2.4.2.2 (1)	Coeficiente parcial para el pretensado en situación favorable, $\gamma_{P,fav}$
2.4.2.2 (2)	Coeficiente parcial para el pretensado exterior en situación desfavorable, $\gamma_{P,unfav}$
2.4.2.2 (3)	Coeficiente parcial para el pretensado para la comprobación de efectos locales, $\gamma_{P,unfav}$
2.4.2.3 (1)	Coeficiente parcial para la ponderación de las acciones en la comprobación del Estado Límite de Fatiga, $\gamma_{F,fat}$
2.4.2.4 (1)	Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos, γ_C, γ_S .
2.4.2.4 (2)	Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite de Servicio, γ_C, γ_S .
2.4.2.5 (2)	Coeficiente que multiplica al coeficiente parcial de ponderación del hormigón en la comprobación de pilotes hormigonados in situ sin encamisado permanente, k_f

3.1.2 (2) P	Valor máximo de la resistencia característica nominal del hormigón para el que es válido el empleo de la norma UNE-EN 1992-1-1, $C_{m\acute{a}x}$
3.1.2 (4)	Coeficiente que multiplica a α_{cc} y α_{ct} cuando la resistencia característica nominal del hormigón se especifique para edades superiores a los 28 días, k_t
3.1.6 (1) P	Coeficiente de cansancio a compresión del hormigón, α_{cc}
3.1.6 (2) P	Coeficiente de cansancio a tracción del hormigón, α_{ct}
3.2.2 (3) P	Valor máximo del límite elástico característico, f_{yk} , de las armaduras pasivas
3.2.7 (2)	Deformación unitaria máxima de proyecto de las armaduras pasivas, ϵ_{ud}
3.3.4 (5)	Factor de ductilidad en tracción para los tendones de pretensado, k
3.3.6 (7)	Deformación unitaria máxima de proyecto de las armaduras activas, ϵ_{ud}
4.4.1.2 (3)	Recubrimientos mínimos por motivos de adherencia para tendones postesados con vaina circular o rectangular y para tendones pretesos, $C_{m\acute{i}n,b}$
4.4.1.2 (5)	Recubrimientos mínimos por motivos de durabilidad, $c_{m\acute{i}n,dur}$
4.4.1.2 (6)	Incremento adicional de seguridad del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, $\Delta C_{dur,\gamma}$
4.4.1.2 (7)	Factor de modificación del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, debido al empleo de armaduras de acero inoxidable, $\Delta C_{dur,st}$
4.4.1.2 (8)	Factor de modificación del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, debido al empleo de un sistema de protección adicional, $\Delta C_{dur,add}$
4.4.1.2 (13)	Factor de incremento por abrasión del recubrimiento mínimo, $k_1, k_2, k_3,$
4.4.1.3 (1)	Margen de recubrimiento, Δc_{dev}
4.4.1.3 (3)	Reducción del margen de recubrimiento
4.4.1.3 (4)	Recubrimiento nominal en el caso de hormigonar directamente contra el terreno, k_1, k_2
5.2 (5)	Valor de la inclinación básica a considerar por imperfecciones geométricas, θ_0
5.8.3.1	Esbeltez límite, λ_{lim}

5.8.5 (1)	Selección de métodos simplificados para cálculo no lineal
5.8.6 (3)	Coeficiente de ponderación del módulo de elasticidad del hormigón para aplicar el método general para cálculo no lineal, γ_{CE}
5.10.1 (6)	Selección de métodos para evitar la rotura frágil en estructuras pretensadas
5.10.2.1 (1)P	Coeficientes para la definición de la tensión máxima de pretensado, k_1, k_2
5.10.2.1 (2)	Coeficientes para la definición de la tensión máxima de pretensado, k_3
5.10.2.2 (4)	Coeficientes para la definición de la tensión mínima del hormigón en pretensados aplicados en varias etapas, k_4, k_5
5.10.2.2 (5)	Coeficientes para la definición del aumento de la tensión del pretensado en el momento de su transferencia, k_6
5.10.3 (2)	Coeficientes para la definición de la tensión en el tendón después del tesado, k_7, k_8
5.10.8 (2)	Aumento de tensión en armaduras activas no adherentes en Estado Límite Último, $\Delta\sigma_{p,ULS}$
5.10.8 (3)	Coeficientes parciales de ponderación para la obtención del valor de cálculo del aumento de tensión en armaduras activas en Estado Límite Último, $\gamma_{\Delta P,sup}, \gamma_{\Delta P,inf}$
5.10.9 (1)P	Coeficientes para considerar las variaciones de pretensado en Estados Límite de Servicio y en Estado Límite de Fatiga, r_{sup}, r_{inf}
6.2.2 (1)	Coeficientes para la obtención del valor de cálculo de la resistencia a cortante, $C_{Rd,c}, v_{min}, k_1$
6.2.3 (2)	Limitación del ángulo de inclinación de las bielas de compresión, θ
6.2.3 (3)	Coeficientes para la obtención de la capacidad a cortante en piezas con armadura de cortante, v_1, α_{cw}
6.2.4 (4)	Limitación del ángulo de inclinación de las bielas para la comprobación del cortante entre alas y alma de secciones en T, θ_f
6.2.4 (6)	Coeficiente para valorar la necesidad de armadura adicional a la de flexión en el caso de cortante entre alas y almas de secciones en T, k
6.2.2 (6)	Coeficiente de reducción de la resistencia del hormigón fisurado a efectos de la determinación del cortante de cálculo, v
6.4.3 (6)	Coeficiente para valorar la tensión máxima a punzonamiento, β

6.4.4 (1)	Coeficientes para obtener la resistencia de cálculo a cortante debido al punzonamiento, $C_{Rd,c}$, v_{\min} , k_1
6.4.5 (3)	Limitación de la armadura de punzonamiento, $v_{Rd,m\acute{a}x}$
6.4.5 (4)	Coeficiente para la determinación de la distancia del perímetro más exterior de la armadura de punzonamiento respecto al perímetro crítico, k
6.5.2 (2)	Coeficiente para calcular la disminución de la resistencia de cálculo del hormigón en la aplicación de modelos de bielas y tirantes, v'
6.5.4 (4)	Coeficiente para calcular la tensión de cálculo máxima a compresión en los nodos en la aplicación de modelos de bielas y tirantes, k_1 , k_2 , k_3
6.5.4 (6)	Coeficiente para calcular el valor límite de la tensión en nodos de compresión triaxial en la aplicación de modelos de bielas y tirantes, k_4
6.8.4 (1)	Coeficiente para la comprobación de armaduras frente a fatiga, k_1 , k_2 , $\Delta\sigma_{Rsk}$
6.8.4 (5)	Coeficiente de reducción de la tensión por corrosión, k_2
6.8.6 (1)	Valores límite del intervalo de tensiones para suponer una resistencia a la fatiga adecuada, k_1 , k_2
6.8.6 (3)	Coeficiente de reducción para la fuerza de pretensado, k_3
6.8.7 (1)	Parámetros para la comprobación a fatiga del hormigón sometido a compresión o a esfuerzo cortante, N
7.2 (2)	Coeficiente de limitación de la tensión de compresión en ambientes XD, XF y XS
7.3.1 (5)	Valores límite de la abertura de fisura
7.3.2 (4)	Valores límites de la tensión en el hormigón en elementos pretensados para que no sea necesaria la disposición de una armadura mínima
7.3.4 (3)	Coeficientes para la estimación de la separación entre fisuras
7.4.2 (2)	Coeficiente de tipología estructural para el cálculo de la relación canto/luz que permite asumir directamente el cumplimiento de los límites de flecha de los puntos 7.4.1 (4) y 7.4.1 (5).
8.2 (2)	Coeficientes para obtener la distancia libre entre barras
8.3 (2)	Diámetros mínimos de los mandriles para el doblado de las barras
8.6 (2)	Capacidad de anclaje de una barra transversal soldada a la cara interior de una barra principal

8.8 (1)	Valor límite para considerar las armaduras como de gran diámetro
9.2.1.1 (1)	Cuantía mínima para la armadura longitudinal a tracción en vigas
9.2.1.1 (3)	Cuantía máxima para la armadura longitudinal a tracción o compresión en vigas
9.2.1.2 (1)	Coeficiente de ponderación del momento flector máximo en el vano para estimar el empotramiento parcial que debe considerarse en apoyos de vigas
9.2.1.4 (1)	Coeficiente de ponderación del área de la armadura en el vano para estimar el área de la armadura mínima que debe disponerse en los apoyos extremos de vigas
9.2.2 (4)	Coeficiente de determinación de la proporción de cercos respecto a la armadura de cortante total
9.2.2 (5)	Armadura mínima de cortante en vigas
9.2.2 (6)	Separación máxima en dirección longitudinal entre armaduras de cortante en vigas
9.2.2 (7)	Separación máxima en dirección longitudinal en el caso de barras levantadas en vigas
9.2.2 (8)	Separación máxima en dirección transversal entre ramas de armaduras de cortante en vigas
9.3.1.1 (3)	Separación máxima entre armaduras de flexión en losas
9.5.2 (1)	Diámetro mínimo de la armadura longitudinal en pilares
9.5.2 (2)	Cuantía mínima de armadura longitudinal en pilares
9.5.2 (3)	Cuantía máxima de armadura longitudinal en pilares
9.5.3 (3)	Separación máxima de la armadura transversal en pilares
9.6.2 (1)	Cuantías mínima y máxima de la armadura vertical en muros
9.6.3 (1)	Cuantías mínima de la armadura horizontal en muros
9.7 (1)	Cuantías mínima del mallazo de armadura a disponer en cada cara en el caso de vigas de gran canto
9.7 (1)	Diámetro mínimo de la armadura principal de tracción a disponer en encepados
9.8.2.1 (1)	Diámetro mínimo de la armadura principal a disponer en zapatas de pilares y muros

9.8.3 (1)	Diámetro mínimo de la armadura principal a disponer en vigas de atado
9.8.3 (2)	Carga vertical mínima a considerar en las vigas de atado, en el caso de que la maquinaria de compactación pudiera causar efectos sobre la misma
9.8.4 (1)	Criterios para la disposición de armadura de difusión en zapatas de pilares sobre roca
9.8.5 (3)	Criterios para la disposición de armadura longitudinal en pilotes ejecutados in situ
9.10.2.2 (2)	Coeficientes para la determinación de la fuerza de un sistema de atado perimetral
9.10.2.3 (3)	Fuerza para la determinación de un sistema de atado interior
9.10.2.3 (4)	Coeficientes para la determinación de la fuerza de un sistema de atado interior en el caso de forjados sin capa de compresión
9.10.2.4 (2)	Criterios para la definición de sistemas de atado horizontales en el caso de pilares y/o muros
11.3.5 (1)P	Coeficiente de cansancio a compresión para elementos de hormigón con árido ligero
11.3.5 (2)P	Coeficiente de cansancio a tracción para elementos de hormigón con árido ligero
11.3.7 (1)	Coeficiente para determinar la relación tensión/deformación en el caso de elementos confinados de hormigón con árido ligero
11.6.1 (1)	Coeficientes para la determinación del valor de cálculo de la resistencia cortante en un elemento de hormigón con árido ligero sin armadura de cortante
11.6.2 (1)	Coeficiente de reducción de la capacidad a compresión del hormigón en las bielas comprimidas, para el caso de hormigones con árido ligero
11.6.4 (1)	Coeficiente para el cálculo de la resistencia al punzonamiento de placas y zapatas de pilares sin armaduras de cortante en elemento de hormigón con árido ligero
12.3.1 (1)	Coeficientes de cansancio en el caso de elementos de hormigón en masa o ligeramente armado
12.6.3 (2)	Coeficiente para la obtención de la tensión tangencial de cálculo en el caso de elementos de hormigón en masa o ligeramente armado
A.2.1 (1)	Reducción del coeficiente de seguridad del acero basada en el control de

	calidad y en desviaciones reducidas
A.2.1 (2)	Reducción del coeficiente de seguridad del acero basada en el control de calidad y en desviaciones reducidas
A.2.2 (1)	Reducción del coeficiente de seguridad del acero basada en el uso de datos geométricos reducidos o medidos sobre la estructura real terminada
A.2.2 (2)	Reducción del coeficiente de seguridad del hormigón basada en el uso de datos geométricos reducidos o medidos sobre la estructura real terminada
A.2.3 (1)	Reducción del coeficiente de seguridad del hormigón basada en determinaciones de la resistencia del hormigón sobre la estructura terminada
C.1 (1)	Características de fatiga y de adherencia de las armaduras pasivas
C.1 (3)	Parámetros para la evaluación de los resultados de ensayo individuales obtenidos en el control de producción del fabricante
E.1 (2)	Clases de resistencia del hormigón en función de la clase de exposición
J.1 (2)	Armadura de piel mínima
J.2.2 (2)	Valores límite del ángulo de inclinación de la biela en esquinas de pórticos sometidos a momentos negativos
J.3 (2)	Coefficiente para la determinación del área de cercos horizontales o inclinados en ménsulas cortas
J.3 (3)	Coefficiente para la determinación del área de cercos verticales en ménsulas cortas

Apartados específicos para edificación

2.3.3 (3)	Distancia máxima entre juntas de edificación para no considerar los efectos de temperatura y retracción en el análisis global, d_{joint}
5.1.3 (1) P	Distribuciones de carga simplificadas para edificación
5.5 (4)	Criterios para la aplicación de una redistribución de momentos flectores sin comprobación de la capacidad de giro, k_1, k_2, k_3, k_4, k_5
5.6.3 (4)	Giro plástico permitido, $\theta_{pl,d}$
5.8.3.3 (1)	Criterio para no considerar efectos de segundo orden globales en edificación, k_1
7.2 (3)	Coefficiente de limitación de la tensión en el hormigón para considerar

	una fluencia lineal
7.2 (5)	Coeficientes de limitación tensional para asumir que se evitan fisuraciones o deformaciones inaceptables

AN 2. Parámetros de determinación nacional (NDP)

Capítulo 2 Bases de proyecto

2.3.3(3) Distancia máxima entre juntas de edificación para no considerar los efectos de temperatura y retracción en el análisis global

Se adopta el valor recomendado $d_{\text{joint}} = 30$ m.

El valor establecido para d_{joint} puede ser superado en el caso de edificios en los que se disponga una estrategia específica para resistir las correspondientes deformaciones termohigrométricas, como por ejemplo,

- mediante el uso de elementos prefabricados en los que se haya desarrollado una parte de las deformaciones reológicas antes de colocarse en la obra,*
- se incorpore una armadura de confinamiento en los pilares,*
- se disponga una armadura mínima en forjados para control de la fisuración, etc.*

2.4.2.1 (1) Coeficiente parcial de retracción

Se adopta el valor recomendado $\gamma_{\text{SH}} = 1,00$.

En Estado Límite Último, el efecto de la retracción podrá despreciarse si las condiciones de ductilidad de la estructura son suficientes y se asegura que la estructura dispone de una capacidad de deformación mayor que las debidas a las deformaciones impuestas actuantes mediante la formación de rótulas plásticas.

2.4.2.2 (1) Coeficiente parcial para el pretensado en situación favorable

Se adopta el valor recomendado del coeficiente parcial para la ponderación del pretensado en situaciones persistentes o transitorias $\gamma_{\text{P,fav}} = 1,00$. Este valor se adoptará también para la comprobación del Estado Límite de Fatiga.

2.4.2.2 (2) Coeficiente parcial para el pretensado exterior en situación desfavorable

Se adopta el valor recomendado del coeficiente parcial para la ponderación del pretensado exterior en la comprobación del Estado Límite Último de Inestabilidad $\gamma_{\text{P,unfav}} = 1,30$.

2.4.2.2 (3) Coeficiente parcial para el pretensado para la comprobación de efectos locales

Se adopta el valor recomendado del coeficiente parcial para la ponderación del pretensado en la comprobación de efectos locales del pretensado $\gamma_{P,unfav} = 1,20$.

La comprobación en los efectos locales de pretensado en las zonas de anclaje es un ejemplo del tipo de comprobación a la que se refiere este apartado.

2.4.2.3 (1) Coeficiente parcial para la ponderación de las acciones en la comprobación del Estado Límite de Fatiga

Se adopta el valor recomendado para el coeficiente parcial de ponderación de las acciones en la comprobación del Estado Límite de Fatiga $\gamma_{F,fat} = 1,00$.

2.4.2.4 (1) Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Se adoptan los valores de los coeficientes parciales de ponderación de los materiales, de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla AN/1 (Tabla 2.1N) Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Situaciones de proyecto	γ_c , hormigón	γ_s , para armadura pasiva	γ_s , para armadura activa
Persistente o transitoria	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,3	1,0	1,0

Para las comprobaciones relativas al Estado Límite de Fatiga, se adoptan unos valores de los coeficientes parciales para la ponderación de los materiales, que coinciden con los indicados en la Tabla AN/1 (Tabla 2.1.N) para la comprobación de los Estados Límite Últimos.

Los valores de los coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite Últimos, indicados en la Tabla AN/1 (Tabla 2.1N) pueden reducirse de acuerdo con los criterios indicados en el apartado AN.4.3 de este Anejo Nacional.

2.4.2.4 (2) Coeficientes parciales para la ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite de Servicio.

Se adopta el valor recomendado para los coeficientes parciales de ponderación de los materiales en la comprobación de los Estados Límite de Servicio, $\gamma_c = \gamma_s = 1,00$.

2.4.2.5 (2) Coeficiente que multiplica al coeficiente parcial de ponderación del hormigón en la comprobación de pilotes hormigonados in situ sin encamisado permanente

Se adopta el valor recomendado del coeficiente k_f que multiplica al coeficiente parcial de ponderación del hormigón γ_c en la comprobación de pilotes hormigonados in situ sin encamisado permanente, $k_f = 1,25$.

Capítulo 3 Propiedades de los materiales

3.1.2 (2) P Valor máximo de la resistencia característica nominal del hormigón para el que es válido el empleo de la norma UNE-EN 1992-1-1

Se adopta el valor recomendado $C_{m\acute{a}x} = C90/C105$.

La nomenclatura C90/C105 indica que la resistencia característica a compresión a los 28 días de edad deberá ser mayor o igual que 90 N/mm^2 o que 105 N/mm^2 , según se utilicen probetas cilíndricas o cúbicas, respectivamente.

3.1.2 (4) Coeficiente que multiplica a α_{cc} y α_{ct} cuando la resistencia característica nominal del hormigón se especifique para edades superiores a los 28 días

Si el Autor del proyecto especificara que la resistencia del hormigón se determine a edades superiores a 28 días o en condiciones que no sean las normalizadas en UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-2, UNE-EN 12390-3 y UNE-EN 12390-4, valorará la conveniencia de adoptar valores de $0,85 \leq k_t \leq 1,00$.

El valor recomendado por UNE-EN 1992-1-1 es $k_t=0,85$.

3.1.6 (1) P Coeficiente de cansancio a compresión del hormigón

Se adopta el valor recomendado $\alpha_{cc} = 1,00$, si bien para elementos estructurales en los que la carga permanente constituya una parte muy importante de la carga total (superior al 80%) el Autor del proyecto podrá adoptar un valor inferior, comprendido entre 0,85 y 1,0.

De acuerdo con lo indicado en los capítulos 11 y 12, en caso de hormigón con árido ligero y en elementos de hormigón en masa, se adopta el valor recomendado para dicho caso $\alpha_{cc} = 0,85$

3.1.6 (2) P Coeficiente de cansancio a tracción del hormigón

Se adopta el valor recomendado $\alpha_{ct} = 1,00$, si bien para elementos estructurales en los que la carga permanente constituya una parte muy importante de la carga total (superior al 70%) el Autor del proyecto podrá adoptar un valor inferior, comprendido entre 0,85 y 1,0.

De acuerdo con lo indicado en el capítulo 11, en caso de hormigón con árido ligero, se adopta el valor recomendado para dicho caso $\alpha_{ct} = 0,85$

3.2.2 (3) P Valor máximo del límite elástico característico de las armaduras pasivas

Se adopta como límite superior del límite elástico característico de las armaduras pasivas el valor $f_{yk} = 500$ MPa.

3.2.7 (2) Deformación unitaria máxima de proyecto de las armaduras pasivas

Se adopta, con carácter general, el valor recomendado $\varepsilon_{ud} = 0,90 \cdot \varepsilon_{uk}$. Cuando el Autor del proyecto estime que las armaduras poseen un nivel de garantía suficiente, puede considerar un valor $\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk}$.

En cualquier caso, se adoptará una deformación unitaria de las armaduras pasivas en el cálculo que no sea superior al 10‰.

3.3.4 (5) Factor de ductilidad en tracción para los tendones de pretensado

Se adopta el valor recomendado $k = f_{pk} / f_{p0,1k} = 1,1$.

3.3.6 (7) Deformación unitaria máxima de proyecto de las armaduras activas

Cuando el Autor del proyecto estime que las armaduras poseen un nivel de garantía suficiente, puede considerar un valor $\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk}$. En caso de no disponer de información específica, simplificada, podrán adoptarse los siguientes valores $\varepsilon_{ud} = 0,02$ y $f_{p0,1k} / f_{pk} = 0,9$.

Capítulo 4 Durabilidad y recubrimiento de la armadura

4.4.1.2 (3) Recubrimientos mínimos por motivos de adherencia para tendones postesados con vaina circular o rectangular y para tendones pretesos.

Se adopta como valor de $c_{\min,b}$ los siguientes valores:

Para armaduras postesadas adherentes, se adoptarán los siguientes valores:

- en el caso de tendones con vainas circulares, un diámetro,
- en el caso de tendones con vainas rectangulares, el mayor de los valores siguientes:
 - la menor dimensión de la vaina o
 - la mitad de la mayor dimensión de la vaina o grupos de vainas en contacto.
- En cualquier caso este valor nunca será menor que 40 mm ni mayor que 80 mm.

Para armaduras pretesadas, se adoptará:

- 2 veces el diámetro del cordón o alambre liso ó
- 3 veces el diámetro de los alambres grafilados o indentados.

4.4.1.2 (5) Recubrimientos mínimos por motivos de durabilidad

Para la obtención de los recubrimientos mínimos por motivos de durabilidad, se adopta como clase estructural de referencia para una vida útil nominal de 50 años la recomendada S4, modificada en su caso según los criterios definidos en la Tabla AN/2 (Tabla 4.3N).

Tabla AN/2 (Tabla 4.3N) Clasificación estructural.

Clasificación estructural											
Clase exposición	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XS2	XD3	XS3
Vida útil de referencia: 50 años	S4	S4	S4	S4	S4	S4	S4	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	S4	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	
Vida de 100 años	subir 2 clases	subir 2 clases	subir 2 clases	subir 2 clases	subir 2 clases	subir 2 clases	subir 2 clases		subir 2 clases		
$f_{ck} \geq 40$ MPa	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 1 clase	no modifica	no modifica		no modifica		
Cemento adecuado y 100 años	no modifica	no modifica	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 4 clases	bajar 4 clases		bajar 4 clases		
Cemento adecuado y 50 años	no modifica	no modifica	bajar 1 clase	bajar 1 clase	bajar 2 clases	bajar 3 clases	bajar 3 clases		bajar 3 clases		

Los valores de recubrimiento mínimo por razones de durabilidad, $C_{min,dur}$, de las armaduras pasivas se definen en la Tabla AN/3 (Tabla 4.4N), en función de las correspondientes clases estructurales.

Tabla AN/3 (Tabla 4.4N) Valores de recubrimiento mínimo, $C_{min,dur}$, requeridos en relación a la durabilidad de las armaduras pasivas.

Clase exposición	Recubrimientos $C_{min,dur}$ (mm)										
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XS2	XD3	XS3
S1	10	10	10	10	15	30	30	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	30	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	
S2	10	10	10	10	20	35	35		35		
S3	15	15	15	15	20	40	40		35		
S4	15	15	20	20	25	40	40		35		
S5	20	20	25	25	30	50	50		45		
S6	25	25	30	30	35	60	60		60		

En el caso de las armaduras activas pretensas, los valores de recubrimiento mínimo por razones de durabilidad, $C_{min,dur}$, serán los mismos que los definidos para las armaduras

pasivas en la Tabla AN/3 (Tabla 4.4N), en función de las correspondientes clases estructurales.

Por lo tanto, este Anejo Nacional contempla unos valores para la Tabla 4.5N de UNE-EN 1992-1-1 que coincidirían con los de la Tabla AN/3 (Tabla 4.4N).

Dichos valores de recubrimientos mínimos serán aplicables cuando la dosificación del hormigón cumpla lo indicado al respecto en el apartado 37.3 de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008. En el caso de que se decida adoptar en el proyecto unas características del hormigón más exigentes que las indicadas en dicho apartado, el Autor del proyecto podrá estimar el espesor del recubrimiento necesario mediante la comprobación del Estado Límite de Durabilidad

El Autor del proyecto podrá efectuar la comprobación del Estado Límite de Durabilidad de acuerdo con el método indicado en el apartado AN.4.2 de este Anejo Nacional.

4.4.1.2 (6) Incremento adicional de seguridad del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad

Se adopta el valor del incremento adicional de seguridad del recubrimiento mínimo $\Delta C_{dur,\gamma}$ que se indica en la Tabla AN/4.

Tabla AN/4 Valores de incremento adicional de seguridad del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad $\Delta C_{dur,\gamma}$

Incremento adicional de seguridad del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad														
($\Delta C_{dur,\gamma}$)														
Clase exposición		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XS2	XD3	XS3		
$\Delta C_{dur,\gamma}$	armado otros cementos	0	0	0	0	0	5	5	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	<table border="1"> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>+5</td> </tr> </table>	0	+5		
	0													
	+5													
	armado cemento adecuado	0	0	0	0	0	-5	-5						
pretensado cemento adecuado	0	0	0	0	0	0	0							
pretensado otros cementos	0	0	0	0	0									

4.4.1.2 (7) Factor de modificación del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, debido al empleo de armaduras de acero inoxidable

En el caso de que se dispongan armaduras pasivas de acero inoxidable, el valor del recubrimiento mínimo puede ser disminuido en un valor $\Delta C_{dur, st}$ de acuerdo con la Tabla AN/5.

Tabla AN/5 Valores de la disminución del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad $\Delta C_{dur,st}$ como consecuencia del empleo de acero inoxidable

modificación $\Delta C_{dur,st}$ del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad como consecuencia del empleo de acero inoxidable (mm)												
Clase exposición		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XS2	XD3	XS3
$\Delta C_{dur, st}$	otros	0	0	0	0	0	-25	-25	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	-10		
	cemento adecuado	0	0	0	0	0	-5	-5				

4.4.1.2 (8) Factor de modificación del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad, debido al empleo de un sistema de protección adicional

En el caso de que el Autor del proyecto establezca en el mismo la adopción de medidas especiales de protección (protección catódica, armaduras galvanizadas, empleo de aditivos inhibidores de corrosión, etc.), el valor del recubrimiento mínimo puede ser disminuido en un valor $\Delta C_{dur,add}$ de acuerdo con la Tabla AN/6.

Tabla AN/6 Valores de la disminución del recubrimiento mínimo por motivos de durabilidad $\Delta C_{dur,st}$ como consecuencia del empleo de un sistema de protección adicional

modificación del recubrimiento mínimo $\Delta C_{dur, add}$ por disposición de medidas especiales de protección (mm)												
Clase exposición		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XS2	XD3	XS3
$\Delta C_{dur, add}$	otros	0	0	0	0	0	-25	-25	Requiere estudio específico comprobación E.L. Durabilidad	-10		
	cemento adecuado	0	0	0	0	0	-5	-5				

En muchas ocasiones, la vida útil del propio sistema de protección puede ser sensiblemente inferior a la de la estructura. Para poder aplicar la disminución del recubrimiento recogido en este apartado, el Autor del proyecto deberá especificar además las medidas necesarias para garantizar el mantenimiento de la eficacia del sistema especial de protección durante la totalidad de la vida útil de la estructura prevista en el proyecto.

4.4.1.2 (13) Factor de incremento por abrasión del recubrimiento mínimo

Se adoptan los valores recomendados $k_1 = 5$ mm; $k_2 = 10$ mm y $k_3 = 15$ mm.

4.4.1.3 (1) Margen de recubrimiento

Se adopta el valor recomendado $\Delta C_{dev} = 10$ mm.

4.4.1.3 (3) Reducción del margen de recubrimiento

El valor de ΔC_{dev} adoptado puede reducirse en los siguientes casos:

- a) en el caso de elementos estructurales ejecutados in situ con un control de ejecución intenso, según los criterios de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08 aprobada por Real Decreto 1247/2008, se podrá adoptar un valor $\Delta C_{dev} = 5$ mm.
- b) en el caso de elementos prefabricados con control de ejecución intenso, según los criterios de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08 aprobada por Real Decreto 1247/2008, se podrá tomar $\Delta C_{dev} = 0$.

4.4.1.3 (4) Recubrimiento nominal en el caso de hormigonar directamente contra el terreno

Se adoptan los valores recomendados de $k_1 = 40$ mm y $k_2 = 75$ mm.

Capítulo 5 Cálculo estructural

5.1.3 (1) P Distribuciones de carga simplificadas para edificación

No se definen distribuciones de carga simplificadas para edificación. El Autor del proyecto podrá definir las en función de las características particulares de cada caso.

En algunos casos, puede ser adecuado el uso de distribuciones de carga simplificadas, como por ejemplo, la carga distribuida en damero en tramos alternos. El Autor del proyecto decidirá su adopción en cada caso.

5.2 (5) Valor de la inclinación básica a considerar por imperfecciones geométricas

Se adopta el valor recomendado para la inclinación básica a considerar por imperfecciones geométricas, el $\theta_0 = 1/200$.

5.5 (4) Criterios para la aplicación de una redistribución de momentos flectores sin comprobación de la capacidad de giro

Se adoptan los valores recomendados de

$$k_1 = 0,44$$

$$k_2 = 1,25 \cdot (0,60 + 0,0014 / \varepsilon_{cu2})$$

$$k_3 = 0,54$$

$$k_4 = 1,25 \cdot (0,60 + 0,0014 / \varepsilon_{cu2})$$

$$k_5 = 0,70$$

$$k_6 = 0,8 \cdot \varepsilon_{cu2}$$

El valor de la deformación última del hormigón, ε_{cu2} debe tomarse de la Tabla 3.1 de UNE-EN 1992-1-1.

5.6.3 (4) Giro plástico permitido

Para los aceros de clase B y C se adopta los valores recomendados para $\theta_{pl,d}$, definidos en la figura 5.6N de UNE-EN 1992-1-1. Para hormigones con resistencias menores a C50/60 se adoptarán los valores obtenidos de la gráfica correspondiente a C50/60. En el caso de resistencias comprendidas entre C50/60 y C90/100 se interpolará linealmente entre las dos gráficas que se presentan en la figura. En el caso de aceros de clase A, no se podrá aplicar el cálculo plástico.

5.8.3.1 Esbeltez límite

Se adopta

$$\lambda_{lim} = 35 \sqrt{\frac{C}{\nu} \left[1 + \frac{0,24}{e_2/h} + 3,4 \left(\frac{e_1}{e_2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

donde:

ν Axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte.

$$\nu = N_d / (A_c \cdot f_{cd})$$

e_2 Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con mayor momento, considerada positiva.

e_1 Excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con menor momento, positiva si tiene el mismo signo que e_2 .

En estructuras traslacionales se tomará e_1/e_2 igual a 1,0.

h Canto de la sección en el plano de flexión considerado.

C Coeficiente que depende de la disposición de armaduras cuyos valores son:
 0,24 para armadura simétrica en dos caras opuestas en el plano de flexión.
 0,20 para armadura igual en las cuatro caras.
 0,16 para armadura simétrica en las caras laterales.

5.8.3.3 (1) Criterio para no considerar efectos de segundo orden globales en edificación

Se adopta el valor recomendado $k_1 = 0,31$.

5.8.3.3 (2) Criterio alternativo para no considerar efectos de segundo orden globales en edificación

Se adopta el valor recomendado $k_2 = 0,62$.

5.8.5 (1) Selección de métodos simplificados para cálculo no lineal

Se adopta la posibilidad de emplear cualquiera de los dos métodos recomendados:

- método basado en la rigidez nominal, y
- método basado en la curvatura nominal.

5.8.6 (3) Coeficiente de ponderación del módulo de elasticidad del hormigón para aplicar el método general para cálculo no lineal

Se adopta el valor recomendado $\gamma_{cE} = 1,20$, con carácter general. El Autor del proyecto valorará el empleo de $\gamma_{cE} = 1,00$ en aquellas hipótesis en las que la disminución de la rigidez pueda no ser adecuada desde el punto de vista de la seguridad.

No siempre queda del lado de la seguridad reducir la rigidez en un cálculo no lineal, puesto que se reducen también los esfuerzos debidos a las deformaciones impuestas y se puede modificar el reparto de esfuerzos entre elementos, algo que puede ser crítico en el caso de que se puedan producir modos de fallo frágiles.

5.10.1 (6) Selección de métodos para evitar la rotura frágil en estructuras pretensadas

Se adoptan los Métodos A y B.

5.10.2.1 (1)P Coeficientes para la definición de la tensión máxima de pretensado

Se adoptan $k_1=0,70$ y $k_2=0,85$, con carácter general. Dichos valores podrán incrementarse a $k_1=0,75$ y $k_2=0,90$ cuando el acero, las armaduras pasivas, el aplicador del pretensado o el prefabricador, presenten niveles de garantía adicional de acuerdo con lo que establezcan, en su caso, las Autoridades Nacionales en la reglamentación específica al respecto.

5.10.2.1 (2) Coeficientes para la definición de la tensión máxima de pretensado

Se adoptan $k_3=0,90$, con carácter general. Dicho valor podrá incrementarse a $k_3=0,95$ cuando el acero, las armaduras pasivas, el aplicador del pretensado o el prefabricador, presenten niveles de garantía adicional de acuerdo con lo que establezcan, en su caso, las Autoridades Nacionales en la reglamentación específica al respecto.

5.10.2.2 (4) Coeficientes para la definición de la tensión mínima del hormigón en pretensados aplicados en varias etapas

Se adoptan los valores recomendados de $k_4=50$ y $k_5=30$.

5.10.2.2 (5) Coeficientes para la definición del aumento de la tensión del pretensado en el momento de su transferencia

Se adopta $k_6=0,6$.

5.10.3 (2) Coeficientes para la definición de la tensión en el tendón después del tesado

Se adoptan los valores recomendados $k_7=0,75$ y $k_8=0,85$.

5.10.8 (2) Aumento de tensión en armaduras activas no adherentes en Estado Límite Último

Se adoptan el valor recomendado $\Delta\sigma_{p,ULS}=100$ MPa.

5.10.8 (3) Coeficientes parciales de ponderación para la obtención del valor de cálculo del aumento de tensión en armaduras activas en Estado Límite Último

Se adoptan los valores recomendados $\gamma_{\Delta P,sup} = 1,20$, y $\gamma_{\Delta P,inf} = 0,80$, con carácter general. Si el cálculo de la deformación global de la estructura se realiza considerando un comportamiento lineal con rigidez no fisurada, se adopta el valor recomendado $\gamma_{\Delta P,sup} = \gamma_{\Delta P,inf} = 1,00$.

5.10.9 (1)P Coeficientes para considerar las variaciones de pretensado en Estados Límite de Servicio y en Estado Límite de Fatiga

Se adoptan con carácter general los valores recomendados

- para armaduras pretesas o tendones no adherentes $r_{sup} = 1,05$ y $r_{inf} = 0,95$,
- para armaduras postesas con tendones adherentes $r_{sup} = 1,10$ y $r_{inf} = 0,90$.

Para situaciones transitorias y cuando los elementos estén sometidos a un control de ejecución intenso, de acuerdo con la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008, podrán tomarse:

- para armaduras pretesa, $r_{sup} = r_{inf} = 1,00$,
- para armadura postesa, se podrán tomar los valores $r_{sup} = 1,05$ y $r_{inf} = 0,95$.

Estos mismos coeficientes podrán utilizarse para situaciones permanentes en armaduras postesas con trazado recto ejecutados en una instalación de prefabricación, cuando la geometría del trazado y la fuerza de aplicación del pretensado estén sometidas a un control

intenso, de acuerdo con la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.

Capítulo 6 Estados Límite Últimos (ELU)

6.2.2 (1) Coeficientes para la obtención del valor de cálculo de la resistencia a cortante

Se adoptan los valores recomendados para los siguientes coeficientes

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c,$$

$$k_1 = 0,15$$

Además, se tomará $v_{\min} = \frac{0,075}{\gamma_c} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$, donde f_{ck} no será mayor de 60 MPa.

6.2.2 (6) Coeficiente de reducción de la resistencia del hormigón fisurado a efectos de la determinación del cortante de cálculo en elementos que no necesitan armadura de cortante

Se adopta el valor recomendado

$$v = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

6.2.3 (2) Limitación del ángulo de inclinación de las bielas de compresión

Se adopta $0,5 \leq \cotg\theta \leq 2,0$.

El ángulo considerado en la limitación es de 26,6°, de manera que se garantice el correcto desarrollo de los campos de deformaciones de tracción y compresión. La adopción de un criterio simétrico permite aumentar la inclinación de la biela hasta 63,4° respecto al eje longitudinal del elemento, lo que puede resultar beneficioso en ciertos casos particulares, como por ejemplo, en elementos sometidos a esfuerzos axiales de tracción.

6.2.3 (3) Coeficientes para la obtención de la capacidad a cortante en piezas con armadura de cortante

Se adopta el valor recomendado:

$$v_1 = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

si el valor de cálculo de la armadura de cortante es menor que $0,8 \cdot f_{yk}$, se puede tomar

$$v_1 = 0,6 \quad , \text{ para } f_{ck} \leq 60 \text{MPa}$$

$$v_1 = 0,9 - \frac{f_{ck}}{200} > 0,5 \quad , \text{ para } f_{ck} \geq 60\text{MPa}$$

Además, se adoptan los siguientes valores recomendados:

$$\begin{aligned} \alpha_{cw} &= 1,00 && , \text{ para estructuras no pretensadas,} \\ \alpha_{cw} &= 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} && , \text{ para } 0 \leq \sigma_{cp} \leq 0,25f_{cd} \\ \alpha_{cw} &= 1,25 && , \text{ para } 0,25f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,50f_{cd} \\ \alpha_{cw} &= 2,5 \cdot (1 + \sigma_{cp}/f_{cd}) && , \text{ para } 0,50f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 1,00f_{cd} \end{aligned}$$

6.2.4 (4) Limitación del ángulo de inclinación de las bielas para la comprobación del cortante entre alas y alma de secciones en T

Se adoptan los valores recomendados:

$$\begin{aligned} 1,00 \leq \cotg\theta_f \leq 2,00 & \quad \text{para alas comprimidas} \\ 1,00 \leq \cotg\theta_f \leq 1,25 & \quad \text{para alas traccionadas} \end{aligned}$$

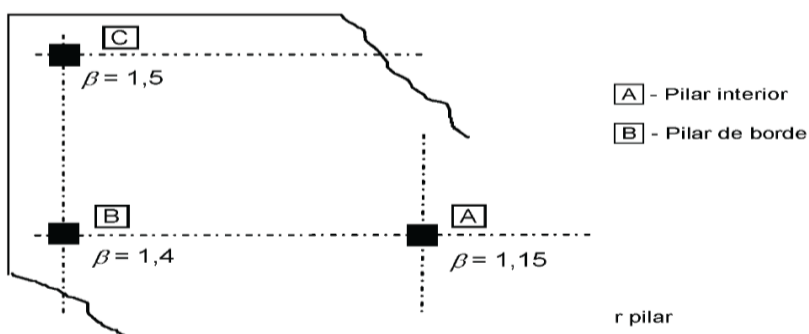
6.2.4 (6) Coeficiente para valorar la necesidad de armadura adicional a la de flexión en el caso de cortante entre alas y almas de secciones en T

Se adopta el valor recomendado $k=0,4$.

6.4.3 (6) Coeficiente para valorar la tensión máxima a punzonamiento

Se adoptan los valores recomendados y recogidos en la Figura AN1/(Figura 6.21N).

Figura AN/1 (Figura 6.21N) Valores de β para valorar la tensión máxima de punzonamiento



6.4.4 (1) Coeficientes para obtener la resistencia de cálculo a cortante debido al punzonamiento

Se adoptan los valores recomendados.

$$C_{rd,c} = 0,18/\gamma_c,$$

$$k_1 = 0,1$$

Además, se tomará $v_{\min} = \frac{0,075}{\gamma_c} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$, donde f_{ck} no será mayor de 60 MPa.

6.4.5 (3) Limitación de la armadura de punzonamiento

Se adopta el valor recomendado $v_{rd,max} = 0,5v \cdot f_{cd}$

6.4.5 (4) Coeficiente para la determinación de la distancia del perímetro más exterior de la armadura de punzonamiento respecto al perímetro crítico

Se adopta el valor $k=2$.

6.5.2 (2) Coeficiente para calcular la disminución de la resistencia de cálculo del hormigón en la aplicación de modelos de bielas y tirantes

Se adoptan los siguientes valores:

cuando exista suficiente armadura transversal eficazmente anclada y que controle la abertura de las fisuras:

$$v' = 1,0 - \frac{f_{ck}}{200}$$

cuando las fisuras atravesadas por las bielas son de gran espesor o cuando las bielas atraviesan zonas de tracción directa, p.e. alas traccionadas, se tomará el siguiente valor:

$$v' = \frac{2}{3} \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{200} \right)$$

6.5.4 (4) Coeficientes para calcular la tensión de cálculo máxima a compresión en los nodos en la aplicación de modelos de bielas y tirantes

Se adoptan los siguientes valores

$$k_1 = 1,00$$

$$k_2 = 0,70$$

$$k_3 = 0,75$$

6.5.4 (6) Coeficiente para calcular el valor límite de la tensión en nodos de compresión triaxial en la aplicación de modelos de bielas y tirantes

Se adopta el valor recomendado $k_4 = 3,0$.

6.8.4 (1) Coeficiente para la comprobación de armaduras frente a fatiga

Se adoptan los valores recomendados

$$\gamma_{F,fat}=1,0$$

Tabla AN/7 (Tabla 6.3N). Parámetros para curvas S-N de armaduras pasivas

Tipos de armadura pasiva	N*	Exponente de la tensión		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) en N* ciclos
		k ₁	k ₂	
Barras rectas y dobladas ¹	10 ⁶	5	9	162,5
Barras soldadas y mallas electrosoldadas	10 ⁷	3	5	58,5
Dispositivos de empalme	10 ⁷	3	5	35,0

NOTA 1: Los valores de $\Delta\sigma_{Rsk}$ son para barras rectas. Los valores par barras dobladas se deberían obtener empleando un factor de reducción $\xi=0,35+0,026D/\Phi$, donde D es el diámetro del mandril y Φ es el diámetro de la armadura

Tabla AN/8 (Tabla 6.4N). Parámetros para curvas S-N de armaduras activas

Curva S_N de armadura activa para	N*	Exponente de la tensión		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) en N* ciclos
		k ₁	k ₂	
Armaduras pretesas	10 ⁶	5	9	185
Armaduras postesas: cables unipolares en vainas de plástico	10 ⁶	5	9	185
tendones rectos o curvos en vainas de plástico	10 ⁶	5	10	150
tendones curvos en vainas de acero	10 ⁶	5	7	120
dispositivos de empalme	10 ⁶	5	5	80

6.8.4 (5) Coeficiente de reducción de la tensión por corrosión

Se adoptan el valor recomendado $k_2=5$.

6.8.6 (1) Valores límite del intervalo de tensiones para suponer una resistencia a la fatiga adecuada

Se adoptan los valores recomendados

$k_1=70$ MPa, en el caso de barras no soldadas

$k_2=35$ MPa, en el caso de barras soldadas

6.8.6 (3) Coeficiente de reducción para la fuerza de pretensado

Se adopta el valor recomendado $k_3=0,9$.

6.8.7 (1) Parámetros para la comprobación a fatiga del hormigón sometido a compresión o a esfuerzo cortante

Se adoptan los valores recomendados $N=10^6$ ciclos y $k_1=0,85$.

Capítulo 7 Estados Límite de Servicio (ELS)**7.2 (2) Coeficiente de limitación de la tensión de compresión en ambientes XD, XF y XS**

Se adopta el valor recomendado $k_1=0,60$.

7.2 (3) Coeficiente de limitación de la tensión en el hormigón para considerar una fluencia lineal

Se adopta el valor recomendado $k_2=0,45$.

7.2 (5) Coeficientes de limitación tensional para asumir que se evitan fisuraciones o deformaciones inaceptables

Se adoptan los valores recomendados $k_3=0,80$, $k_4=1,00$ y $k_5=0,75$.

7.3.1 (5) Valores límite de la abertura de fisura

Se adoptan los valores indicados en la siguiente tabla AN/9.

Tabla AN/9 (Tabla 7.1N). Abertura máxima de la fisura

Clase de exposición	$w_{m\acute{a}x}$ [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
X0 ⁽²⁾ , XC1 ⁽⁴⁾	0,4	0,2
XC1 ⁽⁴⁾ , XC2, XC3, XF1, XF3, XC4	0,3	0,2 ⁽¹⁾
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XF2, XF4, XA1 ⁽³⁾	0,2	Descompresión
XS3 XA2 ⁽³⁾ , XA3 ⁽³⁾	0,1	

⁽¹⁾ Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentran en la zona comprimida de la sección, bajo la combinación cuasipermanente de acciones.

⁽²⁾ Para las clases de exposición XO y XC1, la abertura de fisura no influye normalmente en la durabilidad. Los valores recogidos en la tabla para estos casos se establecen para garantizar un aspecto aceptable.

⁽³⁾ La limitación relativa a las clases XA 1, XA2 y XA3 sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

⁽⁴⁾ La definición de la clase XC1 recogida en el Eurocódigo se corresponde parcialmente con las clases I y IIa definidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, por lo que el Autor del proyecto aplicará la limitación menos exigente de la apertura de fisura recogida en la segunda fila de la tabla, sólo cuando se trate de elementos interiores de edificios protegidos de la intemperie.

7.3.2 (4) Valores límites de la tensión en el hormigón en elementos pretensados para que no sea necesaria la disposición de una armadura mínima

Se adoptan el criterio recomendado de que el valor de $\sigma_{ct,p}$ sea el mismo que el de $f_{ct,eff}$ definido según el punto 7.3.2 (2)

7.3.4 (3) Coeficientes para la estimación de la separación entre fisuras

Se adoptan los valores recomendados $k_3 = 3,4$ y $k_4 = 0,425$.

7.4.2 (2) Coeficiente de tipología estructural para el cálculo de la relación canto/luz que permite asumir directamente el cumplimiento de los límites de flecha de los puntos 7.4.1 (4) y 7.4.1 (5).

Se adoptan los valores recomendados recogidos en la tabla 7.4N Relaciones básicas luz/canto para elementos de hormigón armado sin esfuerzo axial de compresión, de UNE-EN 1992-1-1.

Capítulo 8 Detalles constructivos de la armadura pasiva y activa. Generalidades**8.2 (2) Coeficientes para obtener la distancia libre entre barras**

Se adopta el valor recomendado para $k_1 = 1$. Para el valor de k_2 se adopta $0,25 \cdot d_g$, siendo d_g el diámetro máximo del árido, expresado en mm.

8.3 (2) Diámetros mínimos de los mandriles para el doblado de las barras

Con carácter general, se adoptan los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla AN/10 (Tabla 8.1N). Diámetros mínimos de doblado

f_{yk} en MPa	Ganchos, patillas y gancho en U		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra, en mm		Diámetro de la barra, en mm	
	$\varnothing < 20$	$\varnothing \geq 20$	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
400	4 \varnothing	7 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing
500			12 \varnothing	14 \varnothing

Los cercos o estribos de diámetro igual o inferior a 12 mm podrán doblarse con diámetros inferiores a los anteriormente indicados con tal de que ello no origine en dichos elementos un principio de fisuración. Para evitar esta fisuración, el diámetro empleado no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra, ni a 3 centímetros.

En el caso de las mallas electrosoldadas o armaduras dobladas y soldadas, rigen también las limitaciones anteriores siempre que el doblado se efectúe a una distancia igual o superior

a cuatro diámetros contados a partir del nudo, o soldadura, más próximo. En caso contrario el diámetro mínimo de doblado no podrá ser inferior a 20 veces el diámetro de la armadura.

8.6 (2) Capacidad de anclaje de una barra transversal soldada a la cara interior de una barra principal

Se adopta el valor recomendado definido por la expresión (8.8N).

8.8 (1) Valor límite para considerar las armaduras como de gran diámetro

Se adopta el valor recomendado $\varnothing_{\text{large}} = 32 \text{ mm}$

Capítulo 9 Detalles constructivos de elementos y reglas particulares

9.2.1.1 (1) Cuantía mínima para la armadura longitudinal a tracción en vigas

Se adopta el siguiente valor de cuantía mínima para la armadura longitudinal a tracción:

$$A_{s,\text{min}} = \frac{W}{z} \cdot \frac{f_{ctm,fl}}{f_{yd}}$$

donde

z es el brazo mecánico en la sección en ELU, que puede calcularse de forma aproximada como $z=0,8h$,

W es el módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada,

$f_{ctm,fl}$ es la resistencia media a flexotracción,

f_{yd} es la resistencia de cálculo de las armaduras pasivas en tracción.

9.2.1.1 (3) Cuantía máxima para la armadura longitudinal a tracción o compresión en vigas

Se adopta el valor recomendado $A_{s,\text{máx}}=0,04.A_c$.

9.2.1.2 (1) Coeficiente de ponderación del momento flector máximo en el vano para estimar el empotramiento parcial que debe considerarse en apoyos de vigas

Se adopta el valor recomendado $\beta_1=0,15$.

9.2.1.4 (1) Coeficiente de ponderación del área de la armadura en el vano para estimar el área de la armadura mínima que debe disponerse en los apoyos extremos de vigas

Se adopta el valor recomendado $\beta_2=0,25$.

9.2.2 (4) Coeficiente de determinación de la proporción de cercos respecto a la armadura de cortante total

Se adopta con carácter general $\beta_3=0,33$.

En el caso de forjados unidireccionales nervados de canto no superior a 40 cm, puede utilizarse armadura básica en celosía como armadura de cortante tanto si se dispone una zapatilla prefabricada como si el nervio es totalmente hormigonado in situ.

9.2.2 (5) Armadura mínima de cortante en vigas

Se adopta el valor

$$\rho_{w,\min} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b_w \cdot \text{sen} \alpha} = \frac{f_{ct,m}}{7,5 f_{yk}}$$

donde f_{ctm} es la resistencia media a tracción del hormigón

9.2.2 (6) Separación máxima en dirección longitudinal entre armaduras de cortante en vigas

Se adoptan los siguientes valores de $s_{l,\max}$:

$$\text{si } V_{rd} \leq \frac{1}{5} V_{u1} \quad s_{l,\max} \leq 0,75 d (1 + \cotg \alpha) \leq 600 \text{ mm ,}$$

$$\text{si } \frac{1}{5} V_{u1} < V_{rd} \leq \frac{2}{3} V_{u1} \quad s_{l,\max} \leq 0,60 d (1 + \cotg \alpha) \leq 450 \text{ mm}$$

$$\text{si } V_{rd} > \frac{2}{3} V_{u1} \quad s_{l,\max} \leq 0,30 d (1 + \cotg \alpha) \leq 300 \text{ mm}$$

donde α es la inclinación de la armadura de cortante respecto al eje longitudinal de la viga.

9.2.2 (7) Separación máxima en dirección longitudinal en el caso de barras levantadas en vigas

Se adopta el valor recomendado de $s_{b,\max} = 0,60 \cdot d (1 + \cotg \alpha)$, donde α es la inclinación de la armadura de cortante respecto al eje longitudinal de la viga.

9.2.2 (8) Separación máxima en dirección transversal entre ramas de armaduras de cortante en vigas

Se adopta $s_{t,max} \leq d \leq 500$ mm

9.3.1.1 (3) Separación máxima entre armaduras de flexión en losas

Se adoptan los siguientes valores

$$s_{max,slabs} < 300 \text{ mm}$$

$s_{max,slabs} <$ tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas.

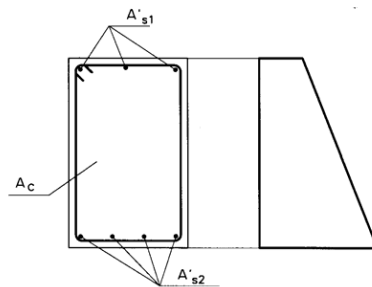
9.5.2 (1) Diámetro mínimo de la armadura longitudinal en pilares

Se adopta el valor $\varnothing_{min} = 12$ mm

9.5.2 (2) Cuantía mínima de armadura longitudinal en pilares

En el caso general, para las secciones sometidas a compresión simple o compuesta, se adoptan unas cuantías mínimas para las armaduras principales a compresión en cada cara que cumplan

Figura AN/2. Armaduras longitudinales en pilares.



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

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

donde:

$f_{yc,d}$ Resistencia de cálculo del acero a compresión $f_{yc,d} = f_{yd} \geq 400$ N/mm².

- N_{Ed} Esfuerzo axial de cálculo de compresión.
 f_{cd} Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
 A_c Área de la sección total de hormigón.

Cuando se trate de secciones sometidas a compresión simple armadas simétricamente, se adopta el valor recomendado de una cuantía mínima

$$A_{s,\min} = \frac{0,1N_{Ed}}{f_{yd}}$$

En el caso de pilares, deberá cumplirse además:

$$A_{s,\min} = \frac{0,004 \cdot A_c}{f_{yd}}$$

9.5.2 (3) Cuantía máxima de armadura longitudinal en pilares

Se adoptan como valores máximos de las armaduras principales a compresión en cada cara, los definidos por las siguientes expresiones:

$$A'_{s1,\max} = A'_{s2,\max} = \frac{0,5f_{cd} \cdot A_c}{f_{yc,d}}$$

9.5.3 (3) Separación máxima de la armadura transversal en pilares

Se adopta como valor de $s_{cl,tmax}$ el definido por la siguiente expresión:

$$S_{cl,tmax} \leq 15 \cdot \phi_{\min} \leq 300mm$$

donde ϕ_{\min} es el diámetro mínimo de la armadura.

9.6.2 (1) Cuantías mínima y máxima de la armadura vertical en muros

Para la cuantía mínima de armadura vertical en cara traccionada de muros, se adopta el máximo de los siguientes valores:

Armadura geométrica a disponer en la cara traccionada:

$$A_{s,vmin}=0,0012 \cdot A_c \quad \text{si } f_{yk}=400 \text{ MPa}$$

$$A_{s,vmin}=0,0009 \cdot A_c \quad \text{si } f_{yk}=500 \text{ MPa}$$

Armadura mecánica a disponer en la zona traccionada:

$$A_{s,v\min} = \frac{0,04A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

En la cara comprimida, se adopta un valor de $0,30 \cdot A_{s,vmin}$.

Para la cuantía máxima de armadura vertical en muros, se adopta $A_{s,v\max} = 0,04.A_c$

9.6.3 (1) Cuantías mínima de la armadura horizontal en muros

Se adoptan los siguientes valores:

$$\begin{array}{ll} A_{s,h\min} = 0,004.A_c & \text{si } f_{yk} = 400 \text{ MPa} \\ A_{sh,\min} = 0,0032.A_c & \text{si } f_{yk} = 500 \text{ MPa} \end{array}$$

La armadura horizontal deberá repartirse en las dos caras. Además, se adoptan las siguientes reglas sobre colocación:

- en el caso de muros vistos por ambas caras, deberá disponerse la mitad de la armadura en cada cara,
- en caso de muros con espesores superiores a 50 cm, se considerará un área efectiva de espesor máximo de 50 cm, distribuidos en dos zonas de 25 cm en cada cara, ignorando la zona central que queda entre ambas zonas.

La cuantía mínima horizontal podrá reducirse a $A_{sh,\min} = 0,002.A_c$, en cualquiera de los siguientes casos:

- cuando la altura del fuste del muro sea superior a 2,5 m, y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro,
- cuando se dispongan juntas verticales de contracción a distancias inferiores a 7,5 m.

9.7 (1) Cuantías mínima del mallazo de armadura a disponer en cada cara en el caso de vigas de gran canto

Se adopta el valor recomendado de $A_{s,db\min} = 0,001.A_c$, pero no menor que $150 \text{ mm}^2/\text{m}$ en cada cara y dirección de armadura.

9.8.1 (3) Diámetro mínimo de la armadura principal de tracción a disponer en encepados

Se adopta el valor $\varnothing_{\min} = 12\text{mm}$.

9.8.2.1 (1) Diámetro mínimo de la armadura principal a disponer en zapatas de pilares y muros

Se adopta el valor $\varnothing_{\min} = 12\text{mm}$.

9.8.3 (1) Diámetro mínimo de la armadura principal a disponer en vigas de atado

Se adopta el valor $\varnothing_{\min} = 12\text{mm}$.

9.8.3 (2) Carga vertical mínima a considerar en las vigas de atado, en el caso de que la maquinaria de compactación pudiera causar efectos sobre la misma

Se adopta el valor recomendado $q_1=10$ kN/m.

9.8.4 (1) Criterios para la disposición de armadura de difusión en zapatas de pilares sobre roca

Para la tensión en el terreno, se adopta el valor recomendado de $q_2 = 5$ MPa. Para el diámetro mínimo, se adopta el valor $\varnothing_{\min}= 12$ mm.

9.8.5 (3) Criterios para la disposición de armadura longitudinal en pilotes ejecutados in situ

Se adopta el valor recomendado de $h_1=600$ mm. Para la cuantía de armadura mínima a disponer en su caso, se adopta

$$A_{s,bp\min} = 0,1 \cdot \frac{A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Se adopta el valor $\varnothing_{\min}= 12$ mm.

Para la separación entre armaduras, se adoptan los siguientes criterios adicionales recomendados:

- un valor de separación máxima de 200 mm medido sobre el contorno del pilote, y
- deben disponerse al menos 6 barras longitudinales.

9.10.2.2 (2) Coeficientes para la determinación de la fuerza de un sistema de atado perimetral

Se adopta los valores recomendados de $q_1 = 10$ kN/m y $q_2 = 70$ kN.

9.10.2.3 (3) Fuerza para la determinación de un sistema de atado interior

Se adopta el valor recomendado $F_{\text{tie,int}} = 20$ kN/m.

9.10.2.3 (4) Coeficientes para la determinación de la fuerza de un sistema de atado interior en el caso de forjados sin capa de compresión

Se adoptan los valores recomendados $q_3 = 20$ kN/m y $q_4 = 70$ kN.

9.10.2.4 (2) Criterios para la definición de sistemas de atado horizontales en el caso de pilares y/o muros

Se adoptan los valores recomendados $f_{tie, fac} = 20 \text{ kN/m}$ y $F_{tie, col} = 150 \text{ kN}$.

Capítulo 11 Estructuras de hormigón con árido ligero

11.3.5 (1)P Coeficiente de cansancio a compresión para elementos de hormigón con árido ligero

Se adopta el valor recomendado $\alpha_{icc} = 0,85$.

En el caso del hormigón con árido ligero, el cansancio se produce para niveles de tensión permanente menores que en hormigón convencional, por lo que el coeficiente de reducción de la resistencia a adoptar debe ser menor que aquél.

11.3.5 (2)P Coeficiente de cansancio a tracción para elementos de hormigón con árido ligero

Se adopta el valor recomendado $\alpha_{icc} = 0,85$.

11.3.7 (1) Coeficiente para determinar la relación tensión/deformación en el caso de elementos confinados de hormigón con árido ligero

Se adoptan los valores recomendados:

- $k = 1,1$, para hormigón con árido grueso ligero y árido fino normal ,
- $k = 1,0$, para hormigones con todos los áridos ligeros, tanto el grueso como el fino.

11.6.1 (1) Coeficientes para la determinación del valor de cálculo de la resistencia cortante en un elemento de hormigón con árido ligero sin armadura de cortante

Se adoptan los siguientes coeficientes:

$$C_{IRd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$v_{l,min} = 0,35 \cdot f_{lctd}$$

$$k_1 = 0,15$$

11.6.2 (1) Coeficiente de reducción de la capacidad a compresión del hormigón en las bielas comprimidas, para el caso de hormigones con árido ligero

Se adopta el siguiente valor

$$\nu_1 = 0,5\eta_1 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

donde: $\eta_1 = 0,40 + 0,60 \frac{\rho}{2200}$, siendo ρ la densidad del hormigón en kg/m^3 .

11.6.4 (1) Coeficiente para el cálculo de la resistencia al punzonamiento de placas y zapatas de pilares sin armaduras de cortante en elemento de hormigón con árido ligero

Se adopta el valor $k_2 = 0,10$.

Capítulo 12 Estructuras de hormigón en masa o ligeramente armado

12.3.1 (1) Coeficientes de cansancio en el caso de elementos de hormigón en masa o ligeramente armado

Se adoptan los valores $\alpha_{cc,pl} = \alpha_{ct,pl} = 0,85$.

En el caso de hormigones en masa o poco armados, la rotura diferida por cansancio podría tener consecuencias estructurales más graves que en hormigón armado. Por ello se adopta un coeficiente de cansancio menor que en aquél.

12.6.3 (2) Coeficiente para la obtención de la tensión tangencial de cálculo en el caso de elementos de hormigón en masa o ligeramente armado

Se adopta el valor recomendado $k = 1,5$.

Anejo A Modificación de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales

A.2.1 (1) Reducción del coeficiente de seguridad del acero basada en el control de calidad y en desviaciones reducidas

Se adopta $\gamma_{s,red1} = 1,10$. En el caso de que se aplique este valor reducido, el sistema de control de calidad deberá cumplir lo indicado en el apartado AN.4.3.2 de este Anejo Nacional.

A.2.1 (2) Reducción del coeficiente de seguridad del hormigón basada en el control de calidad y en desviaciones reducidas

Se adopta $\gamma_{c.red1} = 1,40$. En el caso de que se aplique este valor reducido, el sistema de control de calidad deberá cumplir lo indicado en el apartado AN.4.3.3 de este Anejo Nacional.

A.2.2 (1) Reducción del coeficiente de seguridad del acero basada en el uso de valores reducidos o datos geométricos medidos sobre la estructura

Dado que los valores recogidos en este punto pueden aplicarse también a elementos prefabricados, de acuerdo con lo indicado en el apartado A.3, en el caso de este tipo de elementos se adoptará para el acero $\gamma_{s.red2} = 1,10$. En el caso de que se aplique este valor reducido, el sistema de control de calidad del acero deberá cumplir también lo indicado en el apartado AN.4.3.2 de este Anejo Nacional.

Igualmente, se adopta el valor de $\gamma_{c.red2} = 1,50$.

A.2.2 (2) Reducción del coeficiente de seguridad del hormigón basada en el uso de valores reducidos o datos geométricos medidos sobre la estructura

Dado que los valores recogidos en este punto pueden aplicarse también a elementos prefabricados, de acuerdo con lo indicado en el apartado A.3, en el caso de este tipo de elementos se adoptará para el valor recomendado $\gamma_{c.red3} = 1,35$. En el caso de que se aplique este valor reducido, el sistema de control de calidad deberá cumplir también lo indicado en el apartado AN.4.3.3 de este Anejo Nacional.

A.2.3 (1) Reducción del coeficiente de seguridad del hormigón basada en determinaciones de la resistencia del hormigón sobre la estructura terminada

Se adoptan $\eta = 1,0$ y $\gamma_{c.red4} = 1,50$.

Anejo C Propiedades de las armaduras pasivas para su empleo con este Eurocódigo**C.1 (1) Características de fatiga y de adherencia de las armaduras pasivas**

Se adoptan los valores recomendados recogido en la Tabla C.2N.

Tabla AN/11 (Tabla C.2N). Características de fatiga y de adherencia de las armaduras pasivas

Tipo de armadura		Barras y rollos de acero corrugado soldable			Mallas electrosoldadas			Requisito o Cuantil (%)
Clase		A	B	C	A	B	C	-
Carrera de tensiones de fatiga (MPa) para $N \geq 2 \cdot 10^6$ ciclos con un límite superior de βf_{yk}		≥ 150			≥ 100			10,0
Adherencia: mínima área relativa de corruga $f_{R,min}$	Diámetro nominal barra (mm)							5,0
	5-6							
	6,5 a 12							
	>12							

Se adopta el valor recomendado $\beta = 0,6$.

C.1 (3) Parámetros para la evaluación de los resultados de ensayo individuales obtenidos en el control de producción del fabricante

Para el parámetro “a” empleado para la valoración del valor medio de una unidad de ensayo, se adoptan los valores recomendados:

a = 10 MPa para f_{yk}

a = 0 para k

a = 0 para ϵ_{uk}

Para los valores máximos y mínimos obtenidos en los resultados de ensayo, se adoptan los valores recomendados recogidos en la Tabla AN/12:

Tabla AN/12 (Tabla C.3N). Criterios para la interpretación de los valores máximo y mínimo de los resultados de ensayo en el control de producción

Característica	Valor mínimo	Valor máximo
f_{yk}	0,97. $C_{v,mín}$	1,03. $C_{v,máx}$
k	0,98. $C_{v,mín}$	1,02. $C_{v,máx}$
ϵ_{uk}	0,80. $C_{v,mín}$	No aplica

Anejo E Clases de resistencia indicativas para durabilidad

E.1 (2) Clases de resistencia del hormigón en función de la clase de exposición

Se adoptan los valores recogidos en la siguiente Tabla AN/13

Tabla AN/13 (Tabla E.1N). Clases de resistencia recomendadas

Corrosión							
	Corrosión inducida por carbonatación		Corrosión inducida por cloruros		Corrosión inducida por cloruros de agua de mar		
Clases de exposición	XC1, XC2, XC3	XC4	XD1	XD2, XD3	XS1	XS2	XS3
Clase de Hormigón recomendada (HA)	C25/30	C30/35	C30/35	C30/35	C30/35	C30/35	C35/40
Clase de Hormigón recomendada (HP)	C25/30	C30/35	C30/35	C35/40	C30/35	C35/40	C35/40

Daño al hormigón						
	Sin riesgo	Hielo/deshielo	Ataque químico			Abrasión
Clases de exposición	X0	XF1, XF2, XF3, XF4	XA1	XA2	XA3	XM1, XM2, XM3
Clase de hormigón Recomendada (HA)	C25/30	C30/35	C30/35	C30/35	C35/40	C30/35
Clase de hormigón Recomendada (HP)	C25/30	C30/35	C30/35	C35/40	C35/40	C30/35

La resistencia mecánica de un hormigón no debe emplearse como determinante de la idoneidad frente a la durabilidad, ni como sustitutivo de los requisitos de dosificación indicados. Sin embargo, las especificaciones de relación agua/cemento y contenido de cemento condicionan la especificación de un hormigón cuyas características mecánicas deberán ser coherentes con los parámetros prescritos. A título exclusivamente indicativo, y para fomentar dicha coherencia, la tabla E.1N indica unas clases de resistencia mínimas que pueden entenderse compatibles con las especificaciones dadas para cada clase de exposición ambiental.

Dado que la resistencia mecánica del hormigón que se obtiene con una relación agua/cemento y un contenido de cemento fijos, depende de las características de los demás componentes del hormigón, y en especial de la naturaleza de los áridos, pueden producirse variaciones en las resistencias mínimas compatibles con las prescripciones de durabilidad, dependiendo de las zonas geográficas de España, dado que en alguna de ellas los áridos disponibles no permiten en general alcanzar las resistencias de la tabla E.1N cuando se emplean dosificaciones que cumplen estrictamente los requisitos máximos de relación agua/cemento y mínimos de contenido de cemento de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), aprobada por Real Decreto 1247/2008.

Anejo J Reglas de detalles constructivos para situaciones particulares

J.1 (2) Armadura de piel mínima

Se adopta $A_{s,surf\ min} = 0,01 A_{c,ext}$, siendo $A_{c,ext}$ el área de hormigón del recubrimiento, exterior a los cercos.

J.2.2 (2) Valores límite del ángulo de inclinación de la biela en esquinas de pórticos sometidos a momentos negativos

Se adopta $0,5 \leq \tan \theta \leq 2,0$.

J.3 (2) Coeficiente para la determinación del área de cercos horizontales o inclinados en ménsulas cortas

Se adopta el valor recomendado $k_1 = 0,25$.

J.3 (3) Coeficiente para la determinación del área de cercos verticales en ménsulas cortas

Se adopta el valor recomendado $k_2 = 0,5$.

AN.3 Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos

Anejo A Modificación de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales

El Anejo A mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo B Deformación unitaria por fluencia y retracción

El Anejo B mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo D Método de cálculo detallado para las pérdidas por relajación del acero de pretensado

El Anejo D mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo E Clases de resistencia indicativas para durabilidad

El Anejo E mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo F Comportamiento de las armaduras de tracción en condiciones de tensión plana

El Anejo F mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo G Interacción suelo-estructura

El Anejo G mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo H Efectos globales de segundo orden en estructuras

El Anejo H mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo I Cálculo de losas planas y pantallas para rigidización

El Anejo I mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

Anejo J Reglas de detalles constructivos para situaciones particulares

El Anejo J mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1992-1-1.

AN.4 Información complementaria no contradictoria (NCCI)

AN.4.1 Clasificación de la agresividad del ambiente

Las clases de exposición ambiental se definen conforme a lo indicado en la Tabla 4.1 de UNE-EN 1992-1-1, cuya correspondencia con las recogidas en la Instrucción de hormigón estructural (EHE-08), se define de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla AN/14 (Tabla 4.1) Clases de exposición definidas en UNE-EN 1992-1-1 y correspondencia con las clases de exposición definidas en la Instrucción de hormigón estructural EHE-08

Clase EN 1992-1-1	Clase equivalente EHE-08	Comentarios
Sin riesgo de corrosión o de ataque		
X0	I	Hormigón en masa o elementos de interiores de edificios con muy baja humedad
Corrosión por carbonatación		
XC1	I ó IIa	Más definición que en EHE-08. Interiores de edificios con baja humedad o elementos permanentemente sumergidos. En la EHE-08, estos últimos están en la clase IIa.
XC2	IIa	Más definición que en EHE-08. Incluye elementos frecuentemente húmedos, así como los enterrados
XC3	IIa	Más definición que en EHE-08. Incluye interiores de edificios con humedad alta o moderada, así como exteriores protegidos de la lluvia.
XC4	IIb	Más definición que en EHE-08. Incluye superficies en contacto con agua, no incluidas en XC2, normalmente con ciclos humedad-secado.
Corrosión por cloruros con origen marino o por una gran proximidad a la costa		
XS1	IIIa	Estructuras ubicadas en áreas costeras, a menos de 500 m de la línea de costa.
XS2	IIIb	Correspondencia exacta con EHE-08
XS3	IIIc	Correspondencia exacta con EHE-08
Corrosión por cloruros con otros orígenes		
XD1	IIIa	Estructuras a las que pueden llegar los aerosoles con cloruros, ubicados entre 500 y 5000 m de la costa.
XD2	IV	Más definición que en EHE-08. Estructuras

Clase EN 1992-1-1	Clase equivalente EHE-08	Comentarios
		<i>constantemente húmedas (p.ej., piscinas)</i>
XD3	IV	<i>Más definición que en EHE-08. Estructuras sometidas a ciclos de humedad y secado (p.ej.; zonas de puentes sometidos a salpicaduras de agua con sales fundentes)</i>
Ataque por ciclos hielo/deshielo		
XF1	H	<i>Mayor definición que EHE-08. Superficies verticales en ambientes con lluvia y helada.</i>
XF2	F	<i>Mayor definición que EHE-08. Superficies verticales en ambientes con lluvia y fundentes.</i>
XF3	H	<i>Mayor definición que EHE-08. Superficies horizontales en ambientes con lluvia y helada.</i>
XF4	F	<i>Mayor definición que EHE-08. Superficies horizontales en ambientes con lluvia y fundentes.</i>
Ataque químico		
XA1	Qa	<i>Correspondencia exacta con EHE-08</i>
XA2	Qb	<i>Correspondencia exacta con EHE-08</i>
XA3	Qc	<i>Correspondencia exacta con EHE-08</i>
Abrasión		
XM1	E	<i>Mayor grado de definición que EHE-08 que sólo considera la abrasión por desgaste de neumáticos. Superficies industriales con tráfico de neumáticos.</i>
XM2	E	<i>Mayor grado de definición que EHE-08 que sólo considera la abrasión por desgaste de neumáticos. Superficies sometidas a elementos de transporte y elevación de cargas.</i>
XM3	E	<i>Mayor grado de definición que EHE-08 que sólo considera la abrasión por desgaste de neumáticos. Abrasión extrema por vehículos de elevación de carga desplazados por ruedas, elementos de acero o cadenas.</i>

AN.4.2 Comprobación del Estado Límite de Durabilidad

AN.4.2.1 Criterios generales

Se entiende por Estado Límite de durabilidad el fallo producido al no alcanzarse la vida útil de proyecto de la estructura, como consecuencia de que los procesos de degradación del hormigón o de las armaduras alcancen el grado suficiente como para que impidan que la estructura se comporte de acuerdo a las hipótesis con las que ha sido proyectada.

Para la comprobación del Estado Límite de durabilidad, se contempla un procedimiento de carácter semiprobabilista de forma análoga al adoptado para el resto de los Estados Límite.

En la comprobación del Estado Límite, se debe satisfacer la condición:

$$t_L > t_d$$

donde:

t_L Valor estimado de la vida útil

t_d Valor de cálculo de la vida útil

Se define la vida útil de cálculo, como el producto de la vida útil de proyecto por un coeficiente de seguridad:

$$t_d = \gamma_t \cdot t_g$$

donde:

t_d Vida útil de cálculo

γ_t Coeficiente de seguridad de vida útil, para cuyo valor se adoptará $\gamma_t = 1,1$

t_g Vida útil de proyecto

AN.4.2.2 Método general

El método general de cálculo comprende las siguientes fases:

- a. Elección de la vida útil de proyecto,
- b. Elección del coeficiente de seguridad de vida útil,
- c. Identificación de las clases de exposición ambiental a las que puede estar sometida la estructura. Para cada clase, identificación del proceso de degradación predominante.
- d. Selección del modelo de durabilidad correspondiente a cada proceso de degradación. Este Anejo recoge algunos de los modelos aplicables para los procesos de corrosión de las armaduras.
- e. Aplicación del modelo y estimación de la vida de servicio de la estructura t_L .
- f. Comprobación del Estado Límite para cada uno de los procesos de degradación identificados relevantes para la durabilidad de la estructura.

AN.4.2.3 Aspectos generales de los modelos de durabilidad para los procesos de corrosión

En el caso de la corrosión, tanto por carbonatación como por cloruros, el tiempo total t_L necesario para que el ataque o degradación sean significativos se puede expresar como:

$$t_L = t_i + t_p$$

donde:

t_i Período de iniciación de la corrosión, entendido como el tiempo que tarda el frente de penetración del agresivo en alcanzar la armadura provocando el inicio de la corrosión.

t_p Período de propagación (tiempo de propagación de la corrosión hasta que se produzca una degradación significativa del elemento estructural).

Este Anejo recoge algunos de los modelos aplicables para la estimación del desarrollo de los procesos de deterioro relacionados con la corrosión de las armaduras. El Autor del proyecto podrá optar por cualquier otro modelo avalado por la bibliografía especializada.

En el caso de comprobación del Estado Límite en el caso de armaduras activas, se considerará un período de propagación, $t_p=0$.

En el caso de armaduras activas postesas, con trazados que sean conformes con los recubrimientos mínimos establecidos en el articulado, no suele ser necesaria la comprobación de este Estado Límite.

AN.4.2.4 Período de iniciación

Tanto la carbonatación como la penetración de cloruros son procesos de difusión en el hormigón a través de sus poros, que pueden ser modelizados de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = K \cdot \sqrt{t}$$

donde:

d profundidad de penetración del agresivo, para una edad t .

K coeficiente que depende del tipo de proceso agresivo, de las características del material y de las condiciones ambientales

AN.4.2.5 Período de iniciación en el caso de corrosión por carbonatación

El período de tiempo necesario para que se produzca la carbonatación a una distancia d respecto a la superficie del hormigón puede estimarse con la siguiente expresión:

$$t = (d/K_c)^2$$

donde:

d Profundidad, en mm.

t Tiempo, en años.

El coeficiente de carbonatación K_c puede obtenerse como:

$$K_c = c_{env} \cdot c_{air} \cdot a \cdot f_{cm}^b$$

donde:

f_{cm} Resistencia media del hormigón a compresión, en N/mm², que puede estimarse a partir de la resistencia característica especificada (f_{ck}).

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

c_{env} Coeficiente de ambiente, según tabla AN/Anejo 2.1.

c_{air} Coeficiente de aireantes, según tabla AN/Anejo 2.2.

a, b Parámetros función del tipo de conglomerante, según tabla AN/17.

Tabla AN/15. Valores del coeficiente c_{env} ,

Ambiente	c_{env}
Protegido de la lluvia	1
Expuesto a la lluvia	0,5

Tabla AN/16. Valores del coeficiente c_{air}

Aire ocluido (%)	c_{air}
<4,5 %	1
≥ 4,5 %	0,7

Tabla AN/17. Valores de los coeficientes a y b

Conglomerante	Cementos de la Instrucción RC 03	a	b
Cemento Portland	CEM I CEM II/A CEM II/B-S CEM II/B-L CEM II/B-LL CEM II/B-M CEM/V	1800	-1,7

Conglomerante	Cementos de la Instrucción RC 03	a	b
Cemento Portland + 28% cenizas volantes	CEM II/B-P CEM II/B-V CEM IV/A CEM IV/B	360	-1,2
Cemento Portland + 9% humo de sílice	CEM II/A-D	400	-1,2
Cemento Portland + 65 % escorias	CEM III/A CEM III/B	360	-1,2

AN.4.2.6 Período de iniciación en el caso de corrosión por cloruros

El período de tiempo necesario para que se produzca una concentración de cloruros C_{th} a una distancia d respecto a la superficie del hormigón puede estimarse con la siguiente expresión:

$$t = \left(\frac{d}{K_{Cl}} \right)^2$$

donde:

d Profundidad, en mm.

t Tiempo, en años.

El coeficiente de penetración de cloruros K_{Cl} tiene la siguiente expresión:

$$K_{Cl} = \alpha \sqrt{12D(t)} \left(1 - \sqrt{\frac{C_{th} - C_b}{C_s - C_b}} \right)$$

donde:

α Factor de conversión de unidades que vale 56157.

$D(t)$ Coeficiente de difusión efectivo de cloruros, para la edad t , expresado en cm^2/s

C_{th} Concentración crítica de cloruros, expresada en % en peso de cemento.

C_s Concentración de cloruros en la superficie del hormigón, expresada en % en peso de cemento. Dado que esta concentración de cloruros suele obtenerse en % en peso de hormigón, su equivalente en peso de cemento se puede calcular a partir del contenido de cemento del hormigón (en kg/m^3) como:

$$C_s (\% \text{ peso de cemento}) = C_s (\% \text{ peso de hormigón}) * (2300/\text{contenido de cemento})$$

C_b Contenido de cloruros aportado por las materias primas (áridos, cemento, agua, etc.), en el momento de fabricación del hormigón.

El coeficiente de difusión de cloruros varía con la edad del hormigón de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D(t) = D(t_0) \left(\frac{t_0}{t} \right)^n$$

donde

$D(t_0)$ el coeficiente de difusión de cloruros a la edad t_0 ,

$D(t)$ el coeficiente a la edad t , y

n el factor de edad, que puede tomarse, a falta de valores específicos obtenidos mediante ensayos sobre el hormigón de que se trate, igual a 0,5.

Para la utilización del modelo de penetración de cloruros puede emplearse el valor de $D(t_0)$ obtenido mediante ensayos específicos de difusión (en cuyo caso t_0 sería la edad del hormigón a la que se ha realizado el ensayo), o bien emplear los valores de la Tabla AN/18, obtenidos para $t_0 = 0,0767$.

Tabla AN/18. Valores del coeficiente $D(t_0)$ ($\times 10^{-12}$ m²/s), para $t_0 = 0,0767$

Tipo de cemento	a/c = 0,40	a/c = 0,45	a/c = 0,50	a/c = 0,55	a/c = 0,60
CEM I	8,9	10,0	15,8	19,7	25,0
CEM II/A-V	5,6	6,9	9,0	10,9	14,9
CEM III	1,4	1,9	2,8	3,0	3,4

La concentración crítica de cloruros (C_{th}) deberá ser establecida por el Autor del proyecto de acuerdo con las consideraciones específicas de la estructura. En condiciones normales, puede adoptarse un valor del 0,6% del peso de cemento para la comprobación del Estado Límite en relación con la corrosión de las armaduras pasivas. En el caso de armaduras activas pretesas, puede adoptarse un valor límite de C_{th} de 0,3% del peso de cemento.

El valor de C_s depende de las condiciones externas, especialmente de la orografía del terreno y el régimen de vientos predominantes en la zona, en el caso de ambientes próximos a la costa. Además, C_s varía con la edad del hormigón, alcanzando su valor máximo a los 10 años. A falta de valores obtenidos a partir de ensayos en estructuras de hormigón situadas en las proximidades, el Autor del proyecto valorará la posibilidad de adoptar un valor de C_s de acuerdo con tabla AN/19, en función de la clase de exposición.

Tabla AN/19 Valores del coeficiente C_s .

Clase general de exposición	XS1, XD1		XS2	XS3	XD2, XD3
	<i>Distancia respecto a la costa</i>	<i>Hasta 500 m</i>	<i>500m – 5000m</i>	<i>Cualquiera</i>	
<i>Cs (% peso de hormigón)</i>	<i>0,14</i>	<i>0,07</i>	<i>0,72</i>	<i>0,50</i>	<i>0,50</i>

En el caso de que $C_{th}-C_b > C_s$, se considerará comprobado el Estado Límite sin necesidad de efectuar ninguna comprobación numérica.

AN.4.2.7 Período de propagación

La etapa de propagación se considera concluida cuando se produce una pérdida de sección de la armadura inadmisibles o cuando aparecen fisuras en el recubrimiento de hormigón. El período de tiempo para que se produzca puede obtenerse de acuerdo con la siguiente expresión:

$$t_p = \frac{80}{\phi} \frac{d}{v_{corr}}$$

donde

- t_p Tiempo de propagación, en años.
- d Espesor de recubrimiento en mm.
- ϕ Diámetro de la armadura, en mm.
- v_{corr} Velocidad de corrosión, en $\mu\text{m/año}$.

A falta de datos experimentales específicos para el hormigón y las condiciones ambientales concretas de la obra, la velocidad de corrosión podrá obtenerse de la tabla AN/20.

Tabla AN/20. Valores para la velocidad de corrosión V_{corr} según la clase de exposición

Clase general de exposición			V_{corr} ($\mu\text{m/año}$)
Normal	Seco o permanentemente húmedo	XC1	3
	Humedad alta	XC2	3
	Humedad moderada	XC3	3
	Ciclos humedad-secado	XC4	2
Marina	Aérea	XS1	20
	Sumergida	XS2	4
	En zona de mareas	XS3	50
Con cloruros de origen diferente del medio marino	Humedad moderada	XD1	20
	Húmedo, rara vez seco	XD2	20
	Ciclos humedad-secado	XD3	20

AN.4.2.8 Estimación de la vida útil debida a la corrosión de las armaduras

Por tanto, el tiempo total, suma del período de iniciación y el de propagación de la corrosión, será, en el caso de la corrosión por carbonatación:

$$t_L = t_i + t_p = \left(\frac{d}{K_c} \right)^2 + \frac{80}{\phi} \frac{d}{v_{corr}}$$

En el caso de la corrosión por cloruros será:

$$t_L = t_i + t_p = \left(\frac{d}{K} \right)^2 + \frac{80}{\phi} \frac{d}{v_{corr}}$$

AN.4.3 Criterios para un sistema de control de calidad que permita la aplicación de coeficientes de seguridad reducidos para los materiales

AN.4.3.1 Introducción

La aplicación de coeficientes parciales de seguridad reducidos está relacionada a la disminución de una serie de incertidumbres, entre las que cabe destacar las correspondientes a la ejecución de los elementos y a la variación de las características de los materiales, tal y como se recoge en los siguientes apartados.

AN.4.3.2 Sistema de control de calidad para la aplicación de coeficientes parciales de seguridad reducidos para el acero

Para el empleo de un coeficiente parcial de seguridad reducido para el acero, además de las desviaciones reducidas recogidas en la Tabla A.1 de UNE-EN 1992-1-1, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a. que el acero empleado para la fabricación de las armaduras pasivas o activas, según el caso, haya sido objeto de un sistema de certificación por tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 y conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.*
- b. que las armaduras pasivas o activas, según el caso, haya sido objeto de un sistema de certificación por tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 ó UNE-EN ISO/IEC 17021 y conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.*
- c. que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, según lo indicado en el artículo 92º de la Instrucción de hormigón estructural, EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.*

AN.4.3.3 Sistema de control de calidad para la aplicación de coeficientes parciales de seguridad reducidos para el hormigón

Para el empleo de un coeficiente parcial de seguridad reducido para el hormigón, además de las desviaciones reducidas recogidas en la Tabla A.1 de UNE-EN 1992-1-1, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a. que el hormigón empleado haya sido objeto de un sistema de certificación por tercera parte, acreditado según UNE-EN 45011 y conforme con el artículo 81º de la Instrucción de hormigón estructural EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.*
- b. que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, según lo indicado en el artículo 92º de la Instrucción de hormigón estructural, EHE-08, aprobada por Real Decreto 1247/2008.*

AN.4.4 Relación de normas UNE

En este Anejo Nacional se ha hecho referencia a determinadas normas UNE. La relación de las versiones correspondientes a las normas aplicables en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica a continuación.

UNE-EN 1992-1-1:2010. Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación.

EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings.

UNE-EN 12390-1:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y moldes.

UNE-EN 12390-2:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.

UNE-EN 12390-3:2003. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.

UNE-EN 12390-4:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo.

UNE-EN ISO/IEC 17021:2006. Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión (ISO/IEC 17021:2006).

UNE-EN 45011:1998. Requisitos generales para entidades que realizan la certificación del producto (Guía ISO/CEI 65:1996).