Anejo Nacional
AN/UNE-EN 1993-2

Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero

Parte 2: Puentes

Febrero - 2013

ÍNDICE

AN.1 Objeto y ámbito de aplicación 5

AN.2 Parámetros de determinación nacional (NDP) 8

AN.3 Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos 26

AN.4 Información complementaria no contradictoria (NCCI) 27

AN 1. Objeto y ámbito de aplicación

Este Anejo Nacional define las condiciones de aplicación en el territorio español de la norma UNE-EN 1993-2, que es reproducción de la norma europea EN 1993-2.

En el apartado AN.2 se fijan los valores de los parámetros de determinación nacional (NDP), de aplicación de aplicación a puentes, que la norma UNE-EN 1993-2 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 1993-2 se convierten en normativos, mantienen su carácter informativo o no son de aplicación en España.

Los puntos de la UNE-EN 1993-2 que contienen parámetros de determinación nacional son los que se indican a continuación.

Apartados generales

2.1.3.2 (1)	Vida útil del puente
2.1.3.3 (5)	Detalles de proyecto para mejorar la durabilidad
2.1.3.4 (1)	Identificación de elementos sometidos a situaciones de proyecto accidentales y criterios para su tratamiento
2.1.3.4 (2)	Método de cálculo para la evaluación de la seguridad frente a fatiga
2.3.1 (1)	Acciones no especificadas en UNE-EN 1991
3.2.3 (2)	Requerimientos adicionales para la tenacidad a la fractura, en función del espesor de la chapa
3.2.3 (3)	Criterios para la selección de las propiedades de tenacidad exigibles a elementos en compresión
3.2.4 (1)	Criterios para la selección de la clase Z, conforme UNE-EN 10164, a partir de la clase Z requerida según UNE-EN 1993-1-10
3.4 (1)	Especificación de tipos de cables y tirantes para algunos tipos de puentes específicos
3.5 (1)	Especificación de tipos de apoyos a utilizar en puentes
3.6 (1)	Tipos de juntas de calzada, barandillas, pretiles y otros elementos auxiliares utilizados en puentes
3.6 (2)	Sistema de tratamiento de la superficie del tablero, productos empleados y métodos de aplicación utilizados en puentes

4 (1)	Criterios de acceso a los elementos para permitir la inspección y el mantenimiento
4 (4)	Criterios contra la corrosión
5.2.1 (4)	Criterio para utilizar un análisis en teoría de primer orden
5.4.1 (1)	Criterio para utilizar un análisis plástico global en situaciones de proyecto accidentales
6.1 (1) P	Coeficientes de ponderación de los materiales a emplear en puentes, γ_{Mi}
6.2.2.3 (1)	Tratamientos de los efectos de arrastre por cortante
6.2.2.5 (1)	Método utilizado para considerar los efectos de la abolladura por tensiones normales
6.3.2.3 (1)	Curvas de pandeo lateral para perfiles laminados en caliente o secciones transversales equivalentes soldadas
6.3.4.2 (1)	Límites de aplicación del método simplificado para pandeo por flexión fuera del plano y pandeo lateral
6.3.4.2(7)	Método para el caso en el que la fuerza de compresión N_{Ed} no es constante a lo largo del cordón comprimido
7.1 (5)	Requisitos de servicio para tipos específicos de puentes
7.3 (1)	Coeficiente de ponderación del material para limitar los efectos de arrastre por cortante en las alas y los efectos secundarios causados por deformación, $\gamma_{M\ ser}$
7.4 (1)	Criterio para la comprobación de fatiga por respiración del alma
8.1.3.2.1 (1)	Uso de los tornillos de inyección
8.1.6.3 (1)	Uso de conexiones híbridas
8.2.1.4 (1)	Uso de soldaduras a tope con penetración parcial
8.2.1.5 (1)	Uso de soldaduras de tapón
8.2.1.6 (1)	Uso de soldaduras a tope de ranura acampanada
8.2.10 (1)	Uso de soldadura en ángulo o de soldadura a tope con penetración parcial por una cara
8.2.13 (1)	Uso de juntas estructurales que conectan secciones en I y en H
8.2.14 (1)	Uso de juntas estructurales que conectan secciones huecas
9.1.2 (1)	Condiciones bajo las que no es necesaria la evaluación de la seguridad frente a fatiga en puentes de carretera
9.1.3 (1)	Condiciones bajo las que no es necesaria la evaluación de la seguridad frente a fatiga en puentes de ferrocarril
9.3 (1) P	Coeficiente de ponderación de las acciones para la comprobación frente a fatiga
9.3 (2) P	Coeficiente de ponderación de la resistencia para la comprobación frente a fatiga
9.4.1 (6)	Uso de la norma UNE-EN 1991-2 para la obtención del rango de tensiones en la comprobación frente a fatiga
9.6 (1)	Exclusión de detalles particulares de la norma UNE-EN 1993-1-9 para el proyecto de puentes
9.6 (1)	Criterios adicionales para la fatiga de las placas del tablero
9.7 (1)	Disposiciones para el tratamiento posterior a la soldadura
A.3.3 (1) P	Coeficiente de ponderación de la fricción para la comprobación de anclajes en apoyos

A.3.6 (2)	Coeficiente α para la comprobación de los apoyos
A.4.2.1 (2)	Mediciones de temperatura en los apoyos
A.4.2.1 (3)	Diferencia de temperatura para puentes metálicos, ΔT_0
A.4.2.1 (4)	Término adicional de seguridad de diferencia de temperatura en el puente y término de seguridad a tener en cuenta por la incertidumbre de la posición del apoyo en la referencia de temperatura, ΔT_y , ΔT_0
A.4.2.4 (2)	Criterios para la consideración de acciones por situaciones accidentales de proyecto u otras situaciones accidentales sin causas definidas
C.1.2.2 (1)	Criterios sobre espesor de la losa ortótropa del tablero y sobre la rigidez de los rigidizadores
C.1.2.2 (2)	Rigidez mínima de los rigidizadores, I_B

Apartados específicos para puentes de carretera

9.5.2 (2)	Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de carretera
9.5.2 (3)	Coeficiente de volumen de tráfico para puentes de carretera
9.5.2 (5)	Vida útil para el proyecto de puentes de carretera
9.5.2 (6)	Coeficiente de tráfico en otras vías para puentes de carretera
9.5.2 (7)	Coeficiente máximo teniendo en cuenta el límite de fatiga para puentes de carretera, λ_{max}
C.1.1 (2)	Recomendaciones para detalles estructurales de tableros de acero para puentes de autopista
E.2 (1)	Factor de combinación dependiente de la longitud del vano

Apartados específicos para puentes de ferrocarril

9.5.3 (2)	Uso de las Tablas 9.3 y 9.4 para obtener el valor del coeficiente de efecto de daño del tráfico en puentes de ferrocarril
9.5.3 (2)	Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de ferrocarril con combinaciones de tipo tren distintas a las tomadas en consideración

AN 2. Parámetros de determinación nacional (NDP)

Capítulo 2 Bases de cálculo

2.1.3.2 (1) Vida útil del puente

Se adopta el valor recomendado para la vida útil de 100 años.

2.1.3.3 (5) Detalles de proyecto para mejorar la durabilidad

Cada proyecto podrá definir los detalles específicos orientados a mejorar la durabilidad de la estructura.

En el apartado AN.4 de este Anejo Nacional se presentan algunos detalles orientados a mejorar la durabilidad.

2.1.3.4 (1) Identificación de elementos sometidos a situaciones de proyecto accidentales y criterios para su tratamiento

No se definen criterios específicos para la identificación y tratamiento de los elementos sometidos a situaciones de proyecto accidentales.

2.1.3.4 (2) Método de cálculo para la evaluación de la seguridad frente a fatiga

Para comprobar la seguridad frente a la fatiga, se permite el empleo de los métodos de tolerancia al daño y de integridad asegurada, de acuerdo con la norma UNE-EN 1993-1-9, no estableciéndose condiciones adicionales para seleccionar el método de prevención del fallo por fatiga.

En el caso general, se recomienda el método de integridad asegurada.

2.3.1 (1) Acciones no especificadas en UNE-EN 1991

No se definen acciones que no estén especificadas en UNE-EN 1991.

Capítulo 3 Materiales

3.2.3 (2) Requisitos adicionales para la tenacidad a la fractura, en función del espesor de la chapa

Se cumplirán los requisitos adicionales para la resiliencia del material base que se recogen en la siguiente tabla:

Tabla AN/1 (Tabla 3.1) Requerimientos adicionales para la resiliencia del material base

Espesor nominal	Requerimientos adicionales
$t \leq 30$ mm	T_{27J}=-20 ºC de acuerdo con la norma UNE-EN 10025
$30 < t \leq 80$ mm	Acero de grano fino de acuerdo con la norma UNE-EN 10025
$t > 80$ mm	Acero de grano fino de acuerdo con la norma UNE-EN 10025

3.2.3 (3) Criterios para la selección de las propiedades de tenacidad exigibles a elementos a compresión

No se precisa comprobación de tenacidad de fractura en los elementos en que exista la certeza de que están sometidos únicamente a tensiones de compresión en todas sus direcciones (bien sea por compresión pura, compresión compuesta o ciclo de fatiga con tensiones únicamente de compresión).

En el resto de los casos, se adoptan los valores de la Tabla 2.1 de la norma UNE-EN 1993-1-10 para $\sigma_{Ed}=0,25 \cdot f_y(t)$.

3.2.4 (1) Criterios para la selección de la clase Z conforme a UNE-EN 10164, a partir de la clase Z requerida según UNE-EN 1993-1-10

Se adoptan los valores recomendados definidos en la siguiente tabla.

Tabla AN/2 (Tabla 3.2) Elección de la clase Z según la Norma UNE-EN 10164:2007

Valor requerido Z_{Ed} según la Norma Europea EN 1993-1-10	Clase $Z_{Rd,}$ de acuerdo a la Norma UNE-EN 10164
$Z_{Ed} \leq 10$	—
$10 < Z_{Ed} \leq 20$	Z 15
$20 < Z_{Ed} \leq 30$	Z 25
$Z_{Ed} > 30$	Z 35

3.4 (1) Especificación de tipos de cables y tirantes para algunos tipos de puentes específicos

Cada proyecto, en función de sus características, podrá definir los requisitos adicionales a cumplir por los cables y tirantes, en su caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.

3.5 (1) Especificación de tipos de apoyos a utilizar en puentes

Cada proyecto, en función de sus características, definirá los apoyos a disponer en cada caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.

3.6 (1) Tipos de juntas de calzada, barandillas, pretiles y otros elementos auxiliares utilizados en puentes

Cada proyecto, en función de sus características, definirá las juntas de calzada, las barandillas, los pretiles y otros elementos auxiliares a disponer en cada caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.

3.6 (2) Sistema de tratamiento de la superficie del tablero, productos empleados y métodos de aplicación utilizados en puentes

Cada proyecto, en función de sus características, definirá el sistema específico de tratamiento de la superficie del tablero a disponer en cada caso, que deberá cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.

Capítulo 4 Durabilidad

4 (1) Criterios de acceso a los elementos para permitir su inspección y el mantenimiento

Cada proyecto definirá los detalles específicos orientados a facilitar las operaciones de inspección y mantenimiento.

En el caso de que el proyecto suponga que un elemento no es accesible para inspección, deberá asegurarse que tampoco es posible la entrada de agua en su interior durante su vida de servicio.

En el apartado AN.4 se presentan algunos detalles orientados a facilitar las operaciones de inspección y mantenimiento.

4 (4) Criterios contra la corrosión

En ausencia de estudios más detallados, el sobreespesor (incremento del espesor nominal) tendrá el siguiente valor mínimo, expresado en mm por cara inaccesible y por cada 30 años de vida útil prevista de la estructura:

- Clases de exposición C4 (corrosividad alta), C5-I y C5-M (corrosividad muy alta): 1,5 mm.
- Clase de exposición C3 (corrosividad media): 1mm.
- Clase de exposición C2 (corrosividad baja): 0,5 mm.
- No se precisa sobreespesor en el caso de la clase de exposición C1 (corrosividad muy baja).

El espesor resultante (espesor nominal más sobreespesor) en los cajones inaccesibles de puentes no podrá ser inferior a 8 mm.

Los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica podrán utilizarse sin pintura de protección en las superficies exteriores, incrementando el espesor nominal, obtenido en el cálculo, en 1 mm para la superficie expuesta al ambiente exterior. En la superficie interior de secciones cerradas e inaccesibles con aceros de resistencia mejorada a la corrosión atmosférica, se aplicarán las disposiciones establecidas en los párrafos anteriores relativas al sobreespesor de acero y aplicando el sistema de protección adecuado a la vida útil prevista.

Capítulo 5 Análisis estructural

5.2.1 (4) Criterio para utilizar un análisis en teoría de primer orden.

No se definen criterios adicionales.

5.4.1 (1) Criterios para utilizar un análisis plástico global en situaciones de proyecto accidentales

Para situaciones de proyecto accidentales podrá aplicarse el método general de análisis no lineal en teoría de segundo orden, que considera simultáneamente los efectos de la no linealidad del comportamiento de los materiales y del equilibrio de la estructura en su configuración geométrica deformada.

Este método general de análisis no lineal en teoría de segundo orden resulta siempre de aplicación a cualquier estructura, o elemento aislado de la misma, si se consideran de forma adecuada y conservadora las condiciones de rigidez de los apoyos de la misma, o de las vinculaciones en los extremos de los elementos, respectivamente. La interacción entre los efectos de la no linealidad geométrica y la del material se irá evaluando mediante un proceso iterativo, o paso a paso, bajo incrementos monótonos crecientes de la configuración de cargas para la que se esté controlando la estructura.

Capítulo 6 Estados límite últimos

6.1 (1) P Coeficientes de ponderación de materiales a utilizar en puentes

Los valores de los coeficientes parciales γ_M serán los que siguen:

$\gamma_{M0} = 1,05$

$\gamma_{M1} = 1,10$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\gamma_{M3} = 1,25$

$\gamma_{M3,serv} = 1,10$

$\gamma_{M4} = 1,10$

$\gamma_{M5} = 1,10$

$\gamma_{M6,serv} = 1,00$

$\gamma_{M7} = 1,10$

Se podrá adoptar el coeficiente parcial γ_{M0} = 1,0, siempre y cuando se cumpla lo indicado en el apartado AN.4.3 de este Anejo Nacional.

6.2.2.3 (1) Tratamientos de los efectos de arrastre por cortante

Los efectos del arrastre por cortante en los cálculos en estado límite último (ELU) se determinarán considerando el efecto combinado del propio arrastre por cortante y el de la abolladura de las chapas comprimidas, conforme a lo expuesto en la NOTA 2 del apartado b) del art. 3.3 de UNE-EN 1993-1-5.

6.2.2.5 (1) Método utilizado para considerar los efectos de la abolladura por tensiones normales

Se recomienda que los efectos de la abolladura por tensiones normales se consideren mediante la aplicación del método de la sección reducida en las secciones clase 4, conforme a lo indicado en UNE-EN 1993-1-5.

6.3.2.3 (1) Curvas de pandeo lateral para perfiles laminados en caliente o secciones transversales equivalentes soldadas

No se definen especificaciones adicionales a las ya recogidas en los apartados 6.3.2.3(1) y (2) de la norma UNE-EN 1993-1-1 y de su correspondiente Anejo Nacional.

6.3.4.2 (1) Límites de aplicación del método simplificado para pandeo por flexión fuera del plano y pandeo lateral

Se adopta el valor recomendado $\overline{\lambda}_{c,0}$=0,2. Para la comprobación frente a pandeo lateral de elementos con arriostramiento lateral puntual del ala comprimida, se adopta un valor del coeficiente k_{fl} = 1,10.

6.3.4.2 (7) Método para el caso en el que la fuerza de compresión N_{Ed} no es constante a lo largo del cordón comprimido

Se adopta el método recomendado para la comprobación del pandeo lateral del cordón comprimido cuando el esfuerzo axil no es constante a lo largo de toda su longitud. Para el ala inferior de una viga continua con rigidizadores laterales dispuestos a una distancia L (ver figura AN/1), el valor de m de la ecuación 6.12 será el mínimo valor obtenido de los dos siguientes:

$$m=1+0,44(1+\mu)\cdot\Phi^{1,5}+(3+2\Phi)\cdot\gamma/(350-50\mu)$$

$$m=1+0,44(1+\mu)\cdot\Phi^{1,5}+(0,195+(0,05+\mu/100)\cdot\Phi)\cdot\gamma^{0,5}$$

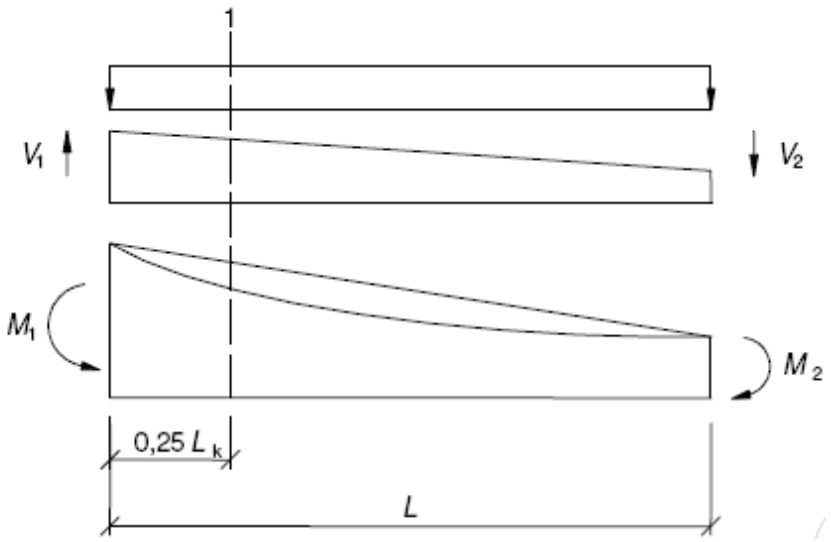
donde:

$\mu=V_2/V_1$ (mirar la figura AN/1)

$\Phi=2(1-M_2/M_1)/(1+\mu)$ para $M_2>0$

Donde el momento flector cambia de signo, la ecuación anterior se utilizará como estimación conservadora introduciendo $M_2=0$.

Figura AN/1 Segmento de viga biempotrada con ley de momentos parabólica



La verificación de la resistencia al pandeo lateral de acuerdo al punto 6.3.2.2 se realizará a una distancia $0,25\cdot L_k$ desde el extremo con mayor momento flector, de acuerdo a lo que se muestra en la figura AN/1, siempre que la resistencia de la sección transversal también se compruebe en la sección con el mayor momento, donde $L_k=L/\sqrt{m}$.

Capítulo 7 Estados límite de servicio

7.1 (5) Requisitos de servicio para tipos específicos de puentes

Cada proyecto, en función de sus características, podrá definir requisitos adicionales a cumplir para los Estados Límite de Servicio que, en cualquier caso deberán ser conformes con lo indicado en la reglamentación vigente que le sea aplicable.

7.3 (1) Coeficiente de ponderación del material para limitar los efectos de arrastre por cortante en las alas y los efectos secundarios causados por deformación

Se adopta el valor recomendado $\gamma_{M\,ser}$=1,00.

7.4 (1) Criterio para la comprobación de fatiga por respiración del alma

Al objeto de evitar problemas de fatiga por respiración del alma, se estudiará dicho fenómeno en todos los paneles de almas de vigas de puentes que no verifiquen las condiciones definidas en el art. 7.4 (2).

Capítulo 8 Tornillos, soldaduras, conexiones y juntas

8.1.3.2.1 (1) Uso de los tornillos de inyección

No se definen criterios adicionales.

8.1.6.3 (1) Uso de conexiones híbridas

No se definen criterios adicionales.

8.2.1.4 (1) Uso de soldaduras a tope con penetración parcial

No se utilizarán cordones discontinuos a tope con penetración total o parcial.

8.2.1.5 (1) Uso de soldaduras de tapón

No se definen criterios adicionales.

8.2.1.6 (1) Uso de soldaduras a tope de ranura acampanada

No se definen criterios adicionales.

8.2.10 (1) Uso de soldadura en ángulo o de soldadura a tope con penetración parcial por una cara

No se definen criterios adicionales.

8.2.13 (1) Uso de juntas estructurales que conectan secciones en I y en H

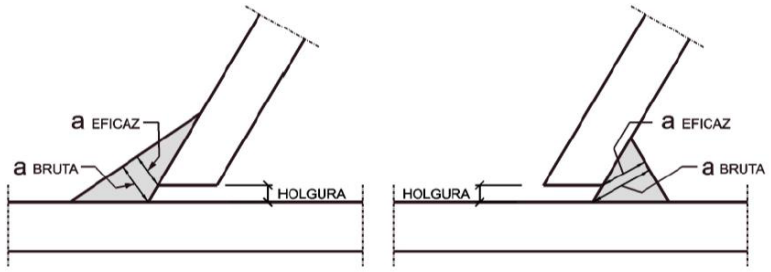
No se definen criterios adicionales.

8.2.14 (1) Uso de juntas estructurales que conectan secciones huecas

En las uniones soldadas de secciones tubulares en puentes, sólo se permitirán uniones a tope con penetración completa.

En caso excepcional de que se necesitara utilizar uniones soldadas en ángulo y se permita por la Dirección Facultativa, dichas uniones deberán tener un espesor eficaz de garganta igual a “t”, siendo “t” el espesor del tubo. El espesor eficaz de garganta es el que queda después de restar la holgura existente (ver figura AN/2) que, en cualquier caso no podrá ser mayor de 3 mm.

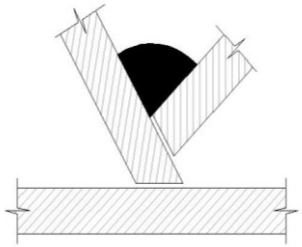
Figura AN/2 Espesor eficaz de garganta



La geometría y el proceso de ejecución debe ser tal que, a posteriori, se puedan hacer los ensayos que sea necesario para poder verificar el espesor de garganta eficaz real dispuesto en toda la longitud de la soldadura.

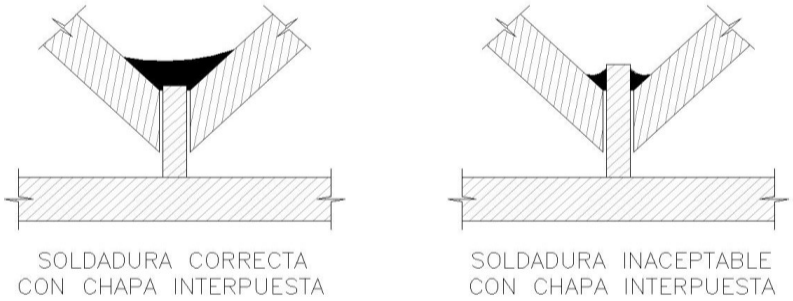
Además en lo relativo a las uniones que haya que reforzar por ser de “resistencia insuficiente”, para evitar el solape de las diagonales o montantes en una unión en K ó N, las diagonales o montantes se podrán soldar a un rigidizador vertical, que supone una disposición constructiva tendente a evitar las dificultades que entraña la correcta ejecución de una “unión soldada en silla” (ver figura AN/3).

Figura AN/3 Unión soldada en silla



En este caso la geometría y disposición de dicha unión deberá ser la que se indica en la figura AN/4.

Figura AN/4 Ejemplos de soldadura aceptable e inaceptable en el caso de chapa interpuesta



Capítulo 9 Evaluación de la seguridad frente a fatiga

9.1.2 (1) Condiciones bajo las que no es necesaria la evaluación de la seguridad frente a fatiga en puentes de carretera

Todos los elementos estructurales de puentes de carretera sometidos a cargas repetidas deberán ser comprobados frente al estado límite de fatiga, siempre que se identifiquen como críticos en este aspecto.

9.1.3 (1) Condiciones bajo las que no es necesaria la evaluación de la seguridad frente a fatiga en puentes de ferrocarril

Todos los elementos estructurales de puentes de ferrocarril sometidos a cargas repetidas deberán ser comprobados frente al estado límite de fatiga, siempre que se identifiquen como críticos en este aspecto.

9.3 (1) P Coeficiente de ponderación de acciones para la comprobación frente a fatiga

Se adopta el valor recomendado γ_{Ff}=1,0.

9.3 (2) P Coeficiente de ponderación de la resistencia para la comprobación frente a fatiga

Se adopta el valor recomendado de γ_{Mf} dado en la Tabla 3.1 de la Norma Europea EN 1993-1-9.

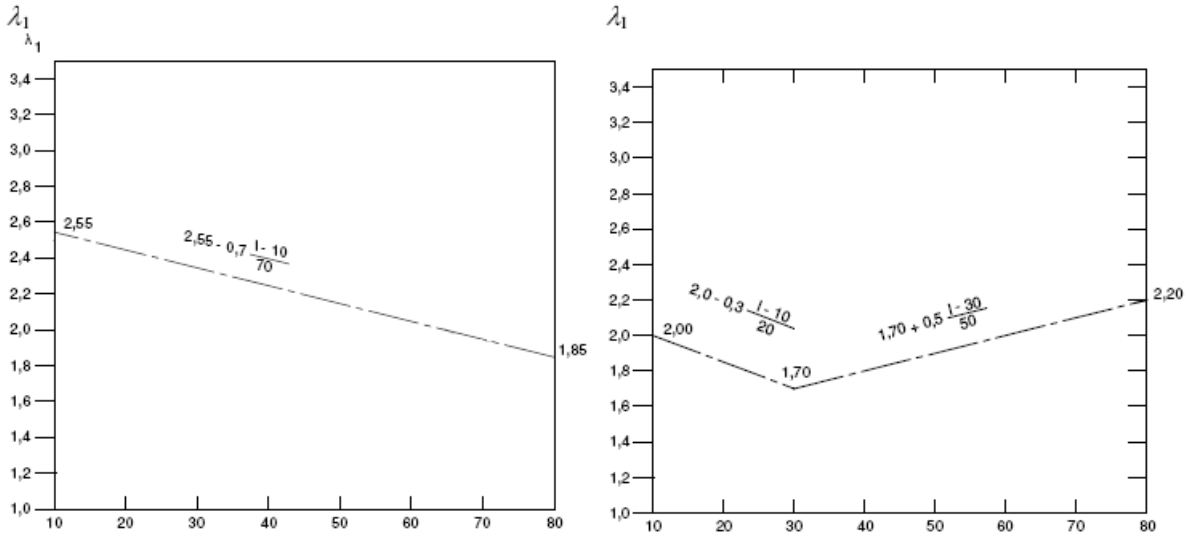
9.4.1 (6) Uso de la Norma Europea EN 1991-2 para la obtención del rango de tensiones en la comprobación a fatiga

No se definen criterios adicionales.

9.5.2 (2) Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de carretera

Se adoptan los valores recomendados λ_1 de la Figura AN/5:

Figura AN/5 (Figura 9.5) Valores de λ_1 para momentos en puentes de carretera



Longitud del vano L (m) en el vano central

Longitud del vano L (m) en el soporte

9.5.2 (3) Coeficiente de volumen de tráfico para puentes de carretera

No se definen criterios adicionales.

9.5.2 (5) Vida útil para el proyecto de puentes de carretera

Se adopta el valor recomendado t_{Ld}=100 años.

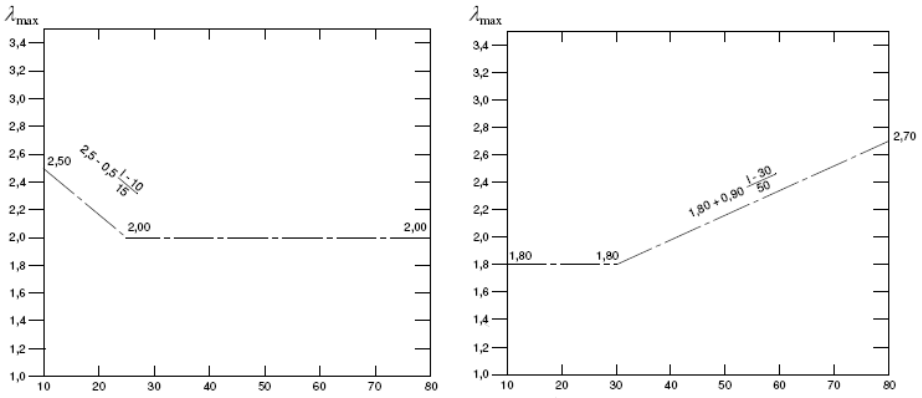
9.5.2 (6) Coeficiente de tráfico en otras vías para puentes de carretera

No se definen criterios adicionales.

9.5.2 (7) Coeficiente máximo teniendo en cuenta el límite de fatiga para puentes de carretera

Se adoptan los valores recomendados de λ_{max} de la figura AN/6:

Figura AN/6 (Figura 9.6)Valores de λ_{max} para momentos en puentes de carretera



9.5.3 (2) Uso de las Tablas 9.3 y 9.4 para obtener el valor del coeficiente de efecto de daño del tráfico en puentes de ferrocarril

Se adoptan los valores recomendados de λ_1, definidos en la tabla AN/3 para tráfico convencional de ferrocarril y en AN/4 para unidades expreso múltiples, subterráneas y ferroviarias con ejes de 25 t.

Tabla AN/3 Valores de λ_1 para tráfico ferroviario convencional

L	λ_1
0,5	1,60
1,0	1,60
1,5	1,60
2,0	1,46
2,5	1,38
3,0	1,35
3,5	1,17
4,0	1,07
4,5	1,02
5,0	1,03
6,0	1,03
7,0	0,97
8,0	0,92
9,0	0,88
10,0	0,85
12,5	0,82
15,0	0,76
17,5	0,70
20,0	0,67
25,0	0,66
30,0	0,65
35,0	0,64
40,0	0,64
45,0	0,64
50,0	0,63
60,0	0,63
70,0	0,62
80,0	0,61
90,0	0,61
100,0	0,60

Tabla AN/4 Valores λ_1 para unidades expreso múltiples, subterráneas y ferroviarias con ejes de 25 t

L	λ_1 para unidades expreso múltiples y subterráneas		λ_1 para tráfico ferroviario con ejes de 25t
	Tipo 9	Tipo 10	
0,5	0,97	1,00	1,65
1,0	0,97	1,00	1,65
1,5	0,97	1,00	1,65
2,0	0,97	0,99	1,64
2,5	0,95	0,97	1,55
3,0	0,85	0,94	1,51
3,5	0,76	0,85	1,31
4,0	0,65	0,71	1,16
4,5	0,59	0,65	1,08
5,0	0,55	0,62	1,07
6,0	0,58	0,63	1,04
7,0	0,58	0,60	1,02
8,0	0,56	0,60	0,99
9,0	0,56	0,55	0,96
10,0	0,56	0,51	0,93
12,5	0,55	0,47	0,90
15,0	0,50	0,44	0,92
17,5	0,46	0,44	0,73
20,0	0,44	0,43	0,68
25,0	0,40	0,41	0,65
30,0	0,37	0,42	0,64
35,0	0,36	0,44	0,65
40,0	0,35	0,46	0,65
45,0	0,35	0,47	0,65
50,0	0,36	0,48	0,66
60,0	0,39	0,48	0,66
70,0	0,40	0,49	0,66
80,0	0,39	0,49	0,66
90,0	0,39	0,48	0,66
100,0	0,40	0,48	0,66

9.5.3 (2) Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de ferrocarril con combinaciones de tipo tren distintas a las tomadas en consideración

Para líneas de alta velocidad la Propiedad definirá, en su caso a través de la reglamentación vigente, los valores de λ_1 que sean de aplicación.

9.6 (1) Exclusión de detalles particulares de la Norma UNE-EN 1993-1-9 para el proyecto de puentes

No se excluyen detalles particulares.

9.6 (1) Criterios adicionales para la fatiga de las placas del tablero

No se definen criterios adicionales.

9.7 (1) Disposiciones para el tratamiento posterior a la soldadura

No se definen criterios adicionales.

Anejo A Especificaciones técnicas para apoyos

A.3.3 (1) P Coeficiente de ponderación de la fricción para la comprobación de anclajes de apoyos

Este Anejo no es de aplicación en España.

A.3.6 (2) Coeficiente α para la comprobación de apoyos

Este Anejo no es de aplicación en España.

A.4.2.1 (2) Mediciones de temperatura en los apoyos

Este Anejo no es de aplicación en España.

A.4.2.1 (3) Diferencia de temperatura para puentes metálicos

Este Anejo no es de aplicación en España.

A.4.2.1 (4) Término adicional de seguridad de diferencia de temperatura en el puente y término de seguridad a tener en cuenta por la incertidumbre de la posición del apoyo en la referencia de temperatura

Este Anejo no es de aplicación en España.

A.4.2.4 (2) Criterios para la consideración de acciones por situaciones accidentales de proyecto u otras situaciones sin causas definidas

Este Anejo no es de aplicación en España.

Anejo C Recomendaciones para detalles estructurales de tableros de acero

C.1.1 (2) Recomendaciones para detalles estructurales en tableros de acero para puentes de autopista

No se definen criterios adicionales.

C.1.2.2 (1) Criterios sobre espesor de la losa ortótropa del tablero y sobre la rigidez de los rigidizadores

Se adoptan los siguientes valores recomendados:

1) Espesor de la losa ortótropa del tablero en el carril de vehículos pesados de la calzada:

$t \geq 14$ mm para una capa de asfalto de espesor ≥ 70 mm

$t \geq 16$ mm para una capa de asfalto de espesor ≥ 40 mm

2) Separación de las almas de los rigidizadores de la losa ortótropa del tablero, en la zona con sobrecargas de tráfico:

$e/t \leq 25$, donde $e \leq 300$ mm

3) Espesor de la losa ortótropa del tablero para pasarelas (con cargas para vehículos de mantenimiento):

$t \geq 10$ mm y $e/t \leq 40$

$e \leq 600$ mm

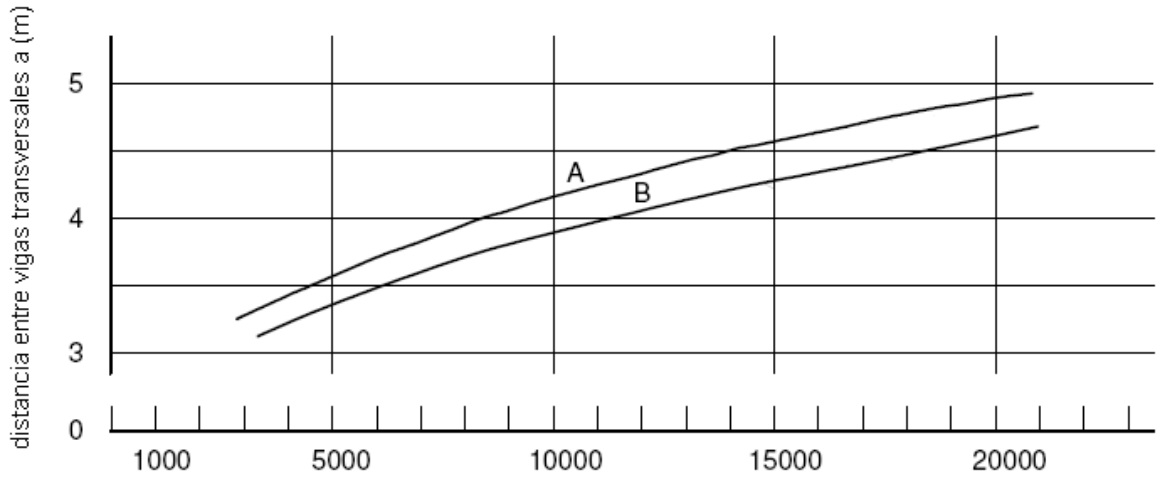
4) Espesor del rigidizador:

$t_{stiff} \geq 6$ mm

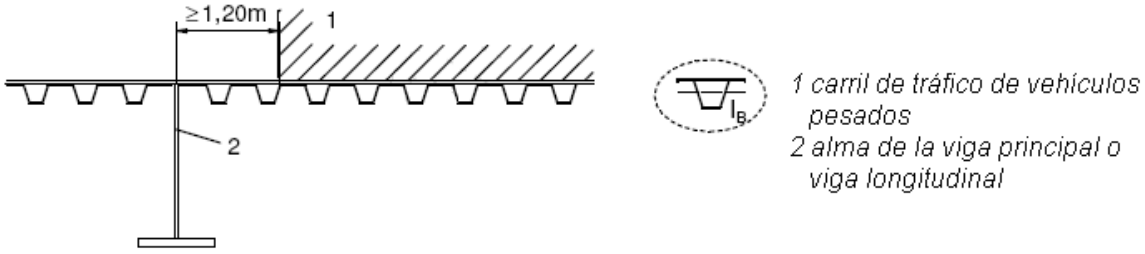
C.1.2.2 (2) Rigidez mínima de los rigidizadores

Se adoptan los valores recomendados I_B de la Figura AN/7:

Figura AN/7 (Figura C.4) Rigidez mínima de rigidizadores



Condición para la curva A



Nota:

a) La curva A se aplica a todos los rigidizadores que no son cubiertos por b).

b) La curva B se aplica a los rigidizadores que están situados bajo el carril de tráfico más cargado y dentro de una distancia de 1,20 m desde el alma de la viga principal.

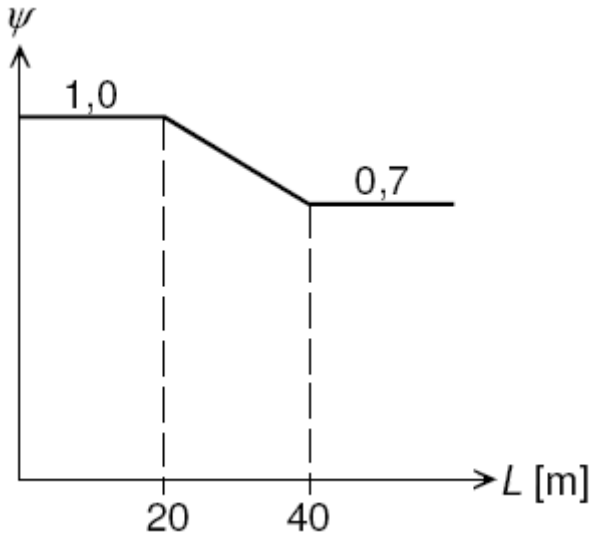
c) La figura se aplica a todos los tipos de rigidizadores.

Anejo E Combinación de efectos procedentes de las ruedas y cargas de los neumáticos y procedentes de las cargas globales de tráfico en puentes de carretera

E.2 (1) Factor de combinación dependiente de la longitud del vano

Se adopta el valor recomendado ψ obtenido de la Figura AN/8:

Figura AN/8 (Figura E.2) Factor de combinación dependiente de la longitud del vano L



AN.3 Decisión sobre la aplicación de los Anejos Informativos

Anejo A Especificaciones técnicas para apoyos

El Anejo A no es de aplicación en España.

Anejo B Especificaciones técnicas para juntas de dilatación en puentes de carretera

El Anejo B mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1993-2.

Anejo C Recomendaciones de detalles estructurales en tableros para puentes de acero

El Anejo C mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1993-2.

Anejo D Longitudes de pandeo en elementos de puentes y criterios para imperfecciones geométricas

El Anejo D mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1993-2.

Anejo E Combinación de efectos de las cargas puntuales de las ruedas con las cargas globales de tráficos en puentes de carretera

El Anejo E mantiene el carácter informativo para la aplicación de la norma UNE-EN 1993-2.

AN.4 Información complementaria no contradictoria (NCCI)

AN.4.1 Detalles constructivos para mejorar la durabilidad

Se recomienda evitar los detalles constructivos indicados como inadecuados en las figuras que siguen, empleando los considerados adecuados en las mismas. Los detalles adecuados son conformes con los criterios generales relativos a la selección de la forma estructural indicados en el artículo 31.2.2. de la Instrucción EAE, aprobada por Real Decreto751/2011, de 27 de mayo.

Figura AN/9 Prevención de la acumulación de agua y suciedad

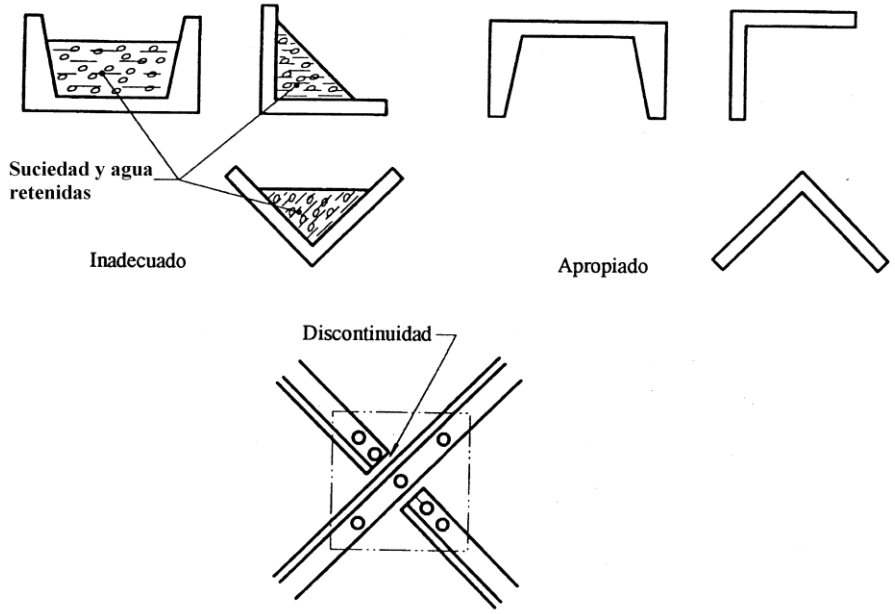


Figura AN/10 Realización de soldaduras

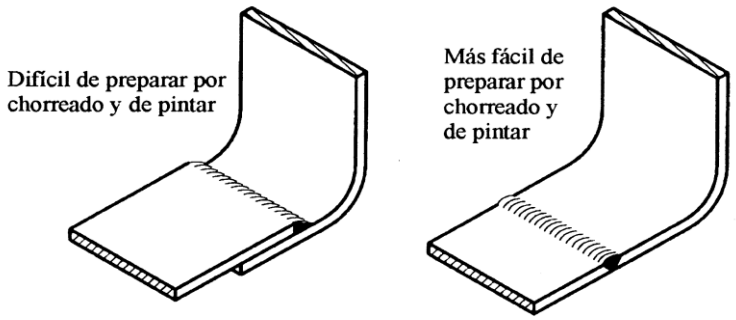


Figura AN/11 Tratamiento de huecos

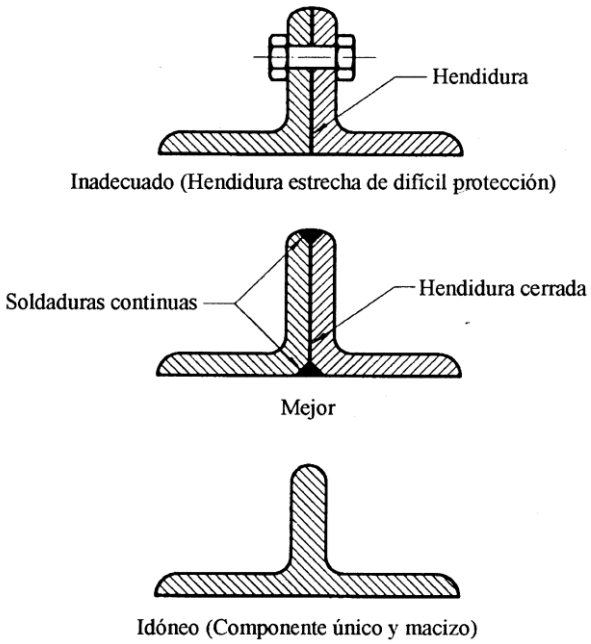


Figura AN/12 Eliminación de bordes agudos

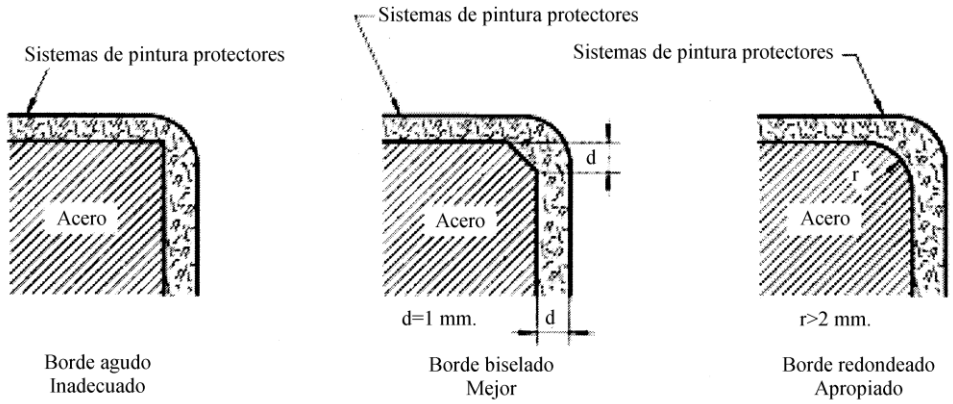


Figura AN/13 Eliminación de imperfecciones en la superficie de las soldaduras

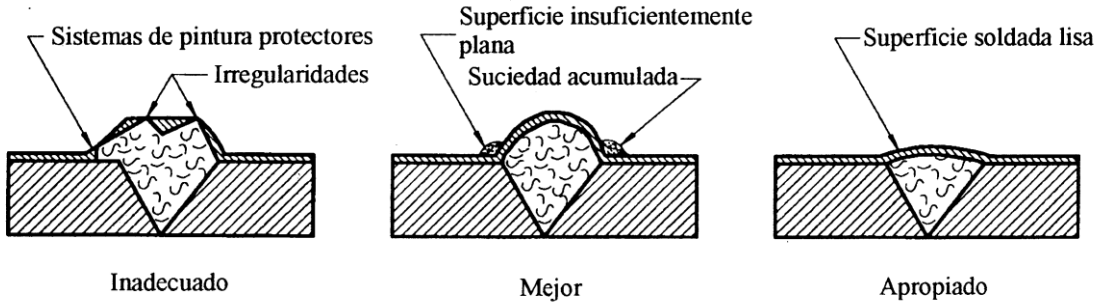
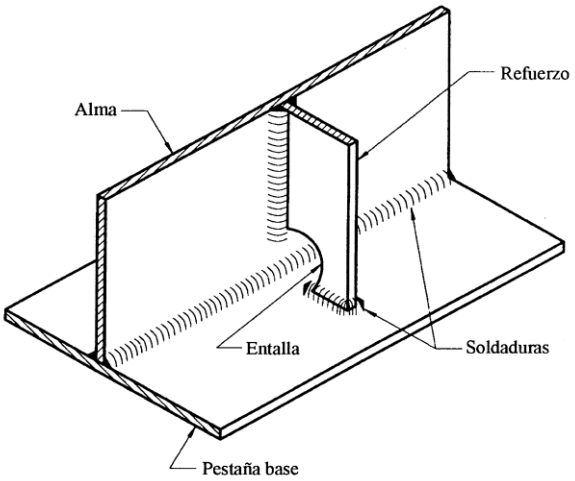


Figura AN/14 Diseño recomendado de refuerzos para la protección frente a la corrosión



AN.4.2 Criterios para facilitar el mantenimiento de los puentes desde la fase de proyecto

En la medida de lo posible, se deberá prever el acceso a todos los elementos de la estructura, así como a los apoyos, juntas y elementos de drenaje, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio. Por ello, y dado que la inclusión en servicio de sistemas de acceso para el mantenimiento no previstos inicialmente es una tarea difícil, el proyecto deberá establecer los sistemas de acceso necesarios, que pueden incluir pasarelas fijas, plataformas motorizadas u otros medios auxiliares.

El criterio fundamental de accesibilidad es que todas las superficies de la estructura que han de ser inspeccionadas y mantenidas deben ser visibles y deben encontrarse al alcance del operario de mantenimiento mediante un método seguro. El operario debe poder desplazarse por todas las partes de la estructura a mantener y debe tener el espacio adecuado para trabajar en ellas.

Debe prestarse una atención especial a la accesibilidad a áreas cerradas de la estructura, como cajones metálicos. Las aberturas de acceso deben tener un tamaño suficiente para permitir un acceso seguro, tanto para los operarios como para los equipos de mantenimiento. Se recomiendan dimensiones mínimas de 500x700 mm (ancho x alto) en los accesos rectangulares u ovales, y de diámetro mínimo 600 mm en los accesos de forma circular. Además, deben existir orificios de ventilación adecuados al sistema de protección empleado en el mantenimiento.

Tanto en el apartado siguiente como en la norma UNE-EN ISO 12944-3 se recogen recomendaciones relativas a las distancias a considerar en los trabajos de protección frente a la corrosión, así como a las dimensiones mínimas para los espacios estrechos entre

superficies, cuya observancia facilita la realización de las actividades de inspección y mantenimiento, dimensionamiento y comprobación.

AN.4.2.1 Recomendaciones de proyecto

Detalles

Los procesos de corrosión del acero se ven potenciados si se producen en zonas de difícil acceso o de acumulación de agua o de otras materias. Para paliar, o evitar en la medida en que ello sea posible, un agravamiento de las consecuencias estructurales o funcionales es conveniente que, en la fase de diseño, se respeten las reglas de buena práctica referidas a una adecuada estrategia a seguir para la durabilidad y se considere lo recogido en AN.4.1.

Se evitará, en la medida de lo posible, disponer bajantes o cañerías adosadas o adyacentes a pilas de acero. Esta prescripción podrá ser soslayada si la estructura de acero queda vista y es accesible para su inspección o mantenimiento.

En todo caso, en las zonas de codos, "tes" o cambios de orientación de conducciones de agua que se sitúen en proximidades de alguna pila o viga de acero, se dispondrá un elemento aislante entre el elemento de acero y la tubería. Se dispondrán, asimismo, las caídas y pendientes de tal forma que en caso de una eventual fuga o rotura de la conducción, el agua sea conducida alejándose de la estructura de acero.

Accesibilidad

Se deberá intentar que no existan zonas inaccesibles o de difícil acceso con vistas a ser repintadas adecuadamente. Así, es conveniente dejar en la estructura ganchos, pasadores u otros elementos de fijación que permitan la instalación de andamios u otros medios de acceso para poder acometer operaciones de mantenimiento durante el servicio de la obra.

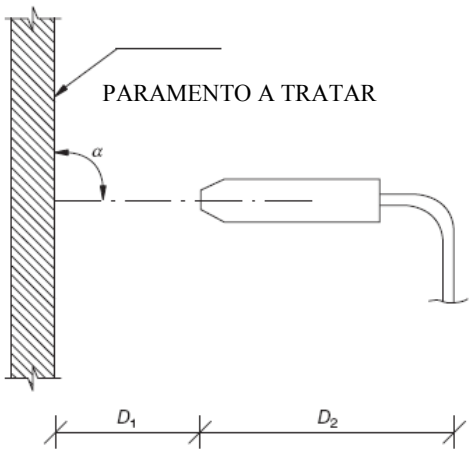
Es conveniente que todas las superficies de la estructura que dispongan de algún tratamiento de protección anticorrosión sean visibles y que sean accesibles con unos medios que tengan suficiente seguridad. Además, deberá existir el espacio adecuado para que el operario pueda trabajar en condiciones de seguridad suficientes. En la siguiente tabla se indican las distancias típicas mínimas requeridas para que puedan ser empleadas adecuadamente las herramientas habitualmente utilizadas en trabajos de protección anticorrosiva.

Tabla AN/5 Requisitos dimensionales para operaciones de mantenimiento

OPERACIÓN	*Longitud de la herramienta D_2 (mm)*	*Distancia de la herramienta al paramento D_1 (mm)*	*Ángulo de operación α (º)*
Preparación de superficies mediante chorreado	*800*	*200-400*	*60-90*
Limpieza con herramientas mecánicas (lijado)	*100-350*	*--*	*--*
Limpieza con herramientas manuales (cepillado)	*100*	*--*	*--*

OPERACIÓN	*Longitud de la herramienta D_2 (mm)*	*Distancia de la herramienta al paramento D_1 (mm)*	*Ángulo de operación α (º)*
Pulverización mecánica	*300*	*--*	*90*
Aplicación de pinturas			
- Pulverizada	*200-300*	*200-300*	*90*
- Con brocha	*200*	*--*	*45-90*
- Con rodillo	*200*	*--*	*10-90*

Figura AN/15 Disposición de las herramientas de mantenimiento



Para posibilitar la realización de los trabajos de preparación de superficies y de pintado se deberá evitar, siempre que sea posible, dejar espacios de dimensiones reducidas entre piezas cercanas. Se deberá intentar que el operario de mantenimiento sea capaz de ver y de alcanzar con la herramienta la superficie a tratar. En las figuras AN/15 y AN/16 se dan los criterios mínimos de accesibilidad visual de la superficie y de accesibilidad física para alcanzar la superficie que deben ser respetadas. En caso de que no se alcancen las dimensiones mínimas propuestas, se deberá considerar la superficie como inaccesible, a efectos de aplicación de los sobreespesores indicados en el punto 4 (4) del apartado AN.2 de este Anejo Nacional.

Figura AN/16 Distancias mínimas entre piezas cercanas (1)

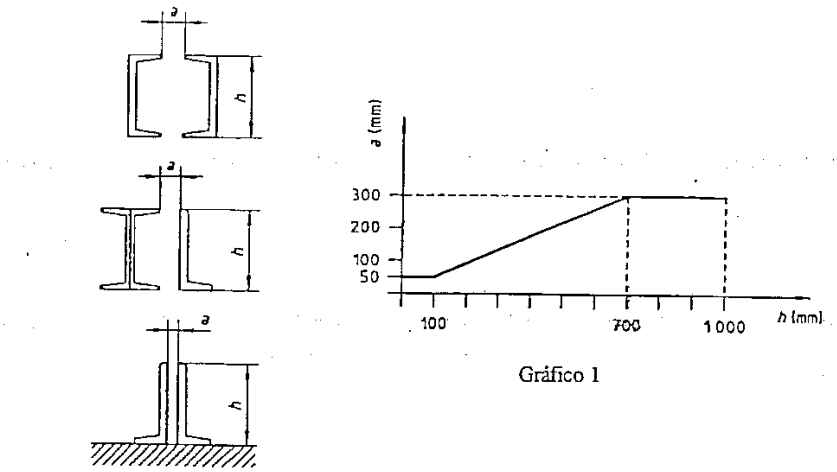
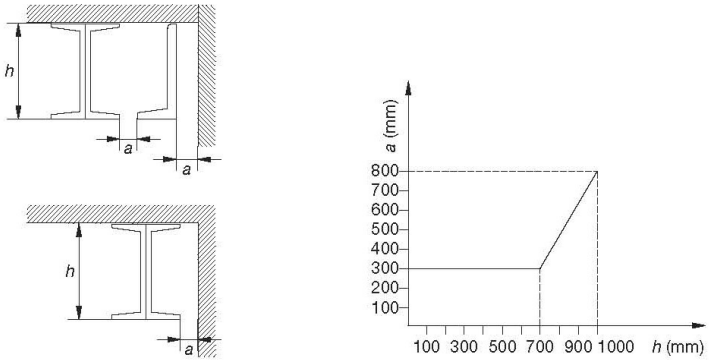


Gráfico 1

a: Distancia mínima permitida entre secciones o entre una sección y una superficie adyacente (mm)
h: Distancia máxima accesible para un operario en un espacio estrecho (mm)
La distancia mínima permitida *a* entre las dos secciones se representa en el gráfico 1 como *h*, hasta 1000 mm.

Figura AN/17 Distancias mínimas entre piezas cercanas (2)



La distancia mínima permitida *a* entre la sección y la superficie adyacente se representa en el gráfico 2.
Nota 1. Si el operario debe alcanzar distancias mayores de 1000 mm, *a* en el gráfico debería estar, preferiblemente, a 800 mm. como mínimo.

Nota 2. Cuando el Proyectista no pueda cumplir con las recomendaciones arriba señaladas será necesario tomar medidas especiales.

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

Para el empleo de un coeficiente parcial de seguridad reducido para el acero se deberán cumplir las siguientes condiciones:

a. *Tolerancias más "estrictas" según el Artículo 80 de la Instrucción EAE, aprobada por Real Decreto 751/2011.*
b. *Garantías adicionales para el acero según el Artículo 84 de la Instrucción EAE, aprobada por Real Decreto 751/2011. Se deberá garantizar que el límite elástico del acero empleado en la obra presente una dispersión acorde con el coeficiente parcial reducido, según un análisis basado en la teoría de fiabilidad estructural.*
c. *Control de ejecución intenso según el Artículo 89 de la Instrucción EAE, aprobada por Real Decreto 751/2011.*

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 1991. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras.

EN 1991-2:2003. Eurocode 1. Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges.

UNE-EN 1993-1-5:2011. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.

UNE-EN 1993-1-9:2008. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9: Fatiga.

UNE-EN 1993-1-10:2009. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-10: Tenacidad de fractura y resistencia transversal.

UNE-EN 1993-2:2012. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 2: Puentes.

EN 1993-2:2006. Eurocode 3. Design of steel structures – Part 2: Steel Bridges.

UNE-EN 10025-1:2006. Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.

UNE-EN 10164:2007. Aceros de construcción con resistencia mejorada a la deformación en dirección perpendicular a la superficie del producto. Condiciones técnicas de suministro.

UNE-EN ISO 12944-3:1999. Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión. Mediante la aplicación de sistemas de pinturas protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. (ISO 12944-3:1998).