

Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes

Parte 2: Puentes

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



EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 1998-2

UNE-EN 1998-2

**Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes
Parte 2: Puentes**

Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 2: Bridges.

Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 2: Ponts.

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 1998-2:2005, EN 1998-2:2005/AC:2010, EN 1998-2:2005/A1:2009 y EN 1998-2:2005/A2:2011.

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 1998-2:2012.

Introducción nacional

Esta nueva versión de la norma incluye el anexo nacional, elaborado y aprobado por la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes así como por el comité técnico CTN 140 *Eurocódigos estructurales*, y que debe utilizarse conjuntamente con la Norma Europea EN 1998-2 para su aplicación en el territorio español.

En él se detallan los Parámetros de Determinación Nacional que este Eurocódigo deja abiertos para su definición a nivel nacional así como las consideraciones sobre la aplicación de los anexos informativos a nivel nacional.

También se incluyen las enmiendas y erratas y europeas publicadas hasta la fecha, cuyas modificaciones han sido incorporadas a lo largo del texto de la Norma UNE-EN 1998-2:

- EN 1998-2:2005/A1:2009
- EN 1998-2:2005/AC:2010
- EN 1998-2:2005/A2:2011

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 1998-2

Las observaciones a este documento han de dirigirse a:

Asociación Española de Normalización

Génova, 6
28004 MADRID-España
Tel.: 915 294 900
info@une.org
www.une.org
Depósito legal: M 26167:2018

© UNE 2018

Prohibida la reproducción sin el consentimiento de UNE.

Todos los derechos de propiedad intelectual de la presente norma son titularidad de UNE.

Índice

Prólogo europeo	8	
Prólogo europeo a la Modificación A1	14	
Prólogo europeo a la Modificación A2	15	
1	Introducción.....	16
1.1	Objeto y campo de aplicación.....	16
1.1.1	Objeto y campo de aplicación de la Norma EN 1998-2.....	16
1.1.2	Otras partes de la Norma EN 1998	17
1.2	Normas para consulta	17
1.2.1	Uso	17
1.2.2	Normas generales para consulta	17
1.2.3	Normas y códigos de referencia	17
1.2.4	Normas generales complementarias y otras normas para consulta aplicables a los puentes	17
1.3	Hipótesis.....	18
1.4	Distinción entre Principios y Reglas de aplicación	18
1.5	Términos y definiciones.....	18
1.5.1	Generalidades.....	18
1.5.2	Términos comunes a todos los Eurocódigos	18
1.5.3	Otros términos utilizados en la Norma EN 1998-2.....	18
1.6	Símbolos.....	20
1.6.1	Generalidades.....	20
1.6.2	Otros símbolos utilizados en los capítulos 2 y 3 de la Norma EN 1998-2	20
1.6.3	Otros símbolos utilizados en el capítulo 4 de la Norma EN 1998-2	21
1.6.4	Otros símbolos utilizados en el capítulo 5 de la Norma EN 1998-2	22
1.6.5	Otros símbolos utilizados en el capítulo 6 de la Norma EN 1998-2	23
1.6.6	Otros símbolos utilizados en el capítulo 7 y en los anexos J, JJ y K de la Norma EN 1998 2	25
2	Requisitos básicos y criterios de conformidad.....	27
2.1	Acción sísmica de cálculo	27
2.2	Requisitos básicos	29
2.2.1	Generalidades.....	29
2.2.2	No colapso, ausencia de colapso (estado límite último)	29
2.2.3	Limitación del daño (estado límite de servicio).....	29
2.3	Criterios de conformidad	29
2.3.1	Generalidades.....	29
2.3.2	Comportamiento sísmico previsto	30
2.3.3	Comprobaciones de resistencia	32
2.3.4	Dimensionamiento por capacidad	32
2.3.5	Disposiciones para lograr ductilidad.....	33
2.3.6	Uniones. Control de desplazamientos. Detalles constructivos	36
2.3.7	Criterios simplificados	39
2.4	Concepción del proyecto.....	40
3	Acción sísmica	41
3.1	Definición de la acción sísmica.....	41
3.1.1	Generalidades.....	41
3.1.2	Aplicación de las componentes del movimiento.....	42
3.2	Cuantificación de las componentes.....	42
3.2.1	Generalidades.....	42

3.2.2	Espectro de respuesta elástica dependiente del emplazamiento.....	42
3.2.3	Representación en el dominio del tiempo.....	43
3.2.4	Espectro de cálculo en el emplazamiento para análisis lineal.....	44
3.3	Variabilidad espacial de la acción sísmica	44
4	Análisis	47
4.1	Modelado	47
4.1.1	Grados de libertad dinámicos.....	47
4.1.2	Masas.....	47
4.1.3	Amortiguamiento de la estructura y rigidez de los elementos.....	48
4.1.4	Modelado del suelo	49
4.1.5	Efectos de torsión	49
4.1.6	Coefficientes de comportamiento para el análisis lineal	51
4.1.7	Componente vertical de la acción sísmica.....	53
4.1.8	Comportamiento sísmico regular e irregular de los puentes dúctiles.....	54
4.1.9	Análisis no lineal de puentes irregulares	55
4.2	Métodos de análisis	55
4.2.1	Análisis dinámico lineal. Método del espectro de respuesta.....	55
4.2.2	Método del modo fundamental	57
4.2.3	Métodos lineales alternativos.....	61
4.2.4	Análisis dinámico no lineal en el dominio del tiempo	61
4.2.5	Análisis estático no lineal (análisis del empuje incremental)	63
5	Comprobación de la resistencia	64
5.1	Generalidades.....	64
5.2	Materiales y valor cálculo de la resistencia	64
5.2.1	Materiales.....	64
5.2.2	Valor cálculo de la resistencia	64
5.3	Dimensionamiento por capacidad	65
5.4	Efectos de segundo orden.....	67
5.5	Combinación de la acción sísmica con otras acciones	67
5.6	Comprobación de la resistencia de las secciones del hormigón	68
5.6.1	Valor cálculo de la resistencia	68
5.6.2	Estructuras con comportamiento de ductilidad limitada.....	68
5.6.3	Estructuras con comportamiento dúctil	69
5.7	Comprobación de la resistencia de los elementos de acero y de los elementos mixtos	77
5.7.1	Pilas de acero	77
5.7.2	Tablero de acero o mixto.....	78
5.8	Cimentaciones	78
5.8.1	Generalidades.....	78
5.8.2	Efectos de las acciones de cálculo.....	79
5.8.3	Comprobación de la resistencia	79
6	Detalles constructivos	79
6.1	Generalidades.....	79
6.2	Pilas de hormigón.....	79
6.2.1	Confinamiento	79
6.2.2	Pandeo de las armaduras longitudinales comprimidas.....	84
6.2.3	Otras reglas.....	86
6.2.4	Pilas huecas	86
6.3	Pilas de acero	86
6.4	Cimentaciones	86
6.4.1	Cimentaciones superficiales.....	86
6.4.2	Cimentaciones sobre pilotes	86
6.5	Estructuras de comportamiento de ductilidad limitada.....	87
6.5.1	Comprobación de la ductilidad de las secciones críticas	87

6.5.2	Prevención de los fallos frágiles de componentes específicos sin ductilidad	88
6.6	Aparatos de apoyo y acoplamientos sísmicos.....	88
6.6.1	Requisitos generales	88
6.6.2	Aparatos de apoyo.....	89
6.6.3	Acoplamientos sísmicos, dispositivos de anclaje para impedir el levantamiento y unidades de transmisión de impactos.....	90
6.6.4	Entregas mínimas.....	93
6.7	Estribos de hormigón y muros de contención	94
6.7.1	Requisitos generales	94
6.7.2	Unión flexible entre estribos y tablero.....	94
6.7.3	Estribos rígidamente conectados al tablero.....	95
6.7.4	Puentes-Marco enterrados con gran sobrecarga.....	96
6.7.5	Muros de contención.....	97
7	Puentes con aislamiento sísmico.....	98
7.1	Generalidades.....	98
7.2	Definiciones.....	98
7.3	Requisitos básicos y criterios de conformidad.....	99
7.4	Acción sísmica	100
7.4.1	Espectro de cálculo	100
7.4.2	Representación en el dominio del tiempo.....	100
7.5	Procedimientos de análisis y modelado.....	100
7.5.1	Generalidades.....	100
7.5.2	Propiedades de cálculo del sistema de aislamiento	101
7.5.3	Condiciones para la aplicación de los métodos de análisis.....	108
7.5.4	Análisis espectral basado en el modo fundamental.....	108
7.5.5	Análisis espectral multimodal	111
7.5.6	Análisis en el dominio del tiempo	113
7.5.7	Componente vertical de la acción sísmica.....	113
7.6	Comprobaciones	113
7.6.1	Situación sísmica de cálculo	113
7.6.2	Sistema de aislamiento.....	113
7.6.3	Subestructuras y superestructura	115
7.7	Requisitos especiales para el sistema de aislamiento	117
7.7.1	Capacidad de recuperación lateral	117
7.7.2	Coacción lateral al nivel de la interfaz de aislamiento	121
7.7.3	Inspección y mantenimiento.....	121
Anexo A (Informativo)	Probabilidades relacionadas con la acción sísmica de referencia - Directrices para la selección de la acción sísmica de cálculo durante la fase de construcción	122
Anexo B (Informativo)	Relación entre los coeficientes de ductilidad en desplazamientos y ductilidad en curvaturas de las rótulas plásticas de las pilas de hormigón	123
Anexo C (Informativo)	Estimación de la rigidez eficaz de los elementos dúctiles de hormigón armado	124
Anexo D (Informativo)	Variabilidad espacial del movimiento sísmico: modelo y métodos de análisis	126
Anexo E (Informativo)	Propiedades probables de los materiales y capacidades de deformación de las rótulas plásticas para los análisis no lineales.....	133

Anexo F (Informativo)	Masa añadida de agua arrastrada para las pilas sumergidas.....	140
Anexo G (Normativo)	Cálculo de los esfuerzos del dimensionamiento por capacidad.....	142
Anexo H (Informativo)	Análisis estático no lineal (análisis por empujes incrementales, pushover).....	144
Anexo J (Normativo)	Variaciones de las propiedades de cálculo de los aisladores	147
Anexo JJ (Informativo)	Coefficientes η para los tipos corrientes de aisladores	150
Anexo K (Informativo)	Ensayos para la validación de las propiedades de cálculo de los aisladores sísmicos	153
Anexo Nacional	157

1.1 Objeto y campo de aplicación

1.1.1 Objeto y campo de aplicación de la Norma EN 1998-2

(1) El campo de aplicación del Eurocódigo 8 se define en el apartado **1.1.1** de la Norma EN 1998-1:2004, y el de esta norma en este apartado **1.1.1**. Las demás partes del Eurocódigo 8 se relacionan en el apartado **1.1.3** de la Norma EN 1998-1:2004.

(2) Dentro del marco del campo de aplicación establecido en la Norma EN 1998-1:2004, esta norma contiene los requisitos de comportamiento, criterios de conformidad y reglas de aplicación a considerar, aplicables al proyecto de puentes sismorresistentes.

(3) Esta norma abarca primeramente el cálculo sísmico de los puentes en los que las acciones sísmicas horizontales se resisten principalmente mediante la flexión de las pilas o por los estribos; es decir, de los puentes constituidos por sistemas de pilas verticales o casi verticales que soportan la superestructura del tablero de tráfico. También es aplicable al dimensionamiento sísmico de los puentes arco o atirantados, aunque no debería considerarse que las disposiciones de esta norma cubren completamente esos casos.

(4) Los puentes colgantes, los de madera y de fábricas, los móviles y los flotantes no se incluyen en el campo de aplicación de esta norma.

(5) Esta norma contiene únicamente aquellas disposiciones que, junto con las indicadas en el resto de Eurocódigos o las normas pertinentes del Eurocódigo 8, deberían respetarse para el proyecto de puentes en las regiones sísmicas. En los casos de baja sismicidad, pueden establecerse criterios de dimensionamiento simplificados (véase el punto **(1)** del apartado **2.3.7**).

(6) En esta norma se tratan los siguientes temas:

- Requisitos básicos y criterios de conformidad.
- Acciones sísmicas.
- Análisis.

- Comprobación de resistencia.
- Detalles constructivos.

Esta norma incluye también un capítulo especial sobre aislamiento sísmico, con disposiciones que abarcan la aplicación a los puentes de este método de protección sísmica.

(7) El anexo G contiene las reglas para el cálculo de los esfuerzos mediante los criterios del dimensionamiento por capacidad.

(8) El anexo J contiene las reglas que conciernen a las variaciones de las propiedades de cálculo de los aisladores sísmicos y a como dichas variaciones pueden tenerse en cuenta en el cálculo.

NOTA 1 El [anexo informativo A](#) proporciona información acerca de las probabilidades de ocurrencia del terremoto de referencia, así como recomendaciones para la selección de la acción sísmica de cálculo aplicable durante la fase de construcción.

NOTA 2 El [anexo informativo B](#) proporciona información sobre la relación entre ductilidad en desplazamientos y la ductilidad en curvaturas de las rótulas plásticas en las pilas de hormigón.

NOTA 3 El [anexo informativo C](#) proporciona información para la estimación de la rigidez eficaz de los elementos dúctiles de hormigón armado.

NOTA 4 El [anexo informativo D](#) proporciona información para el modelado y el análisis de la variabilidad espacial del movimiento sísmico.

NOTA 5 El [anexo informativo E](#) suministra información sobre las propiedades probables de los materiales y las capacidades de deformación de las rótulas plásticas para los análisis no lineales.

NOTA 6 El [anexo informativo F](#) suministra información y consejos acerca de la masa añadida del agua arrastrada para las pilas sumergidas.

NOTA 7 El [anexo informativo H](#) proporciona consejos e información sobre el análisis estático no lineal (por empujes incrementales).

NOTA 8 El [anexo informativo JJ](#) proporciona información sobre los coeficientes λ de los tipos corrientes de aisladores.

NOTA 9 El [anexo informativo K](#) contiene los requisitos de los ensayos para la validación de las propiedades de cálculo de los aisladores sísmicos.

1.2 Normas para consulta

1.2.1 Uso

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

1.2.2 Normas generales para consulta

Se aplica el apartado 1.2.1 de la Norma EN 1998-1:2004.

1.2.3 Normas y códigos de referencia

Se aplica el apartado 1.2.2 de la Norma EN 1998-1:2004.

1.2.4 Normas generales complementarias y otras normas para consulta aplicables a los puentes

EN 1990: Anexo A2 *Bases para el cálculo de estructuras. Aplicación en puentes.*

EN 1991-2:2003, *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 2: Cargas de tráfico en puentes.*

EN 1992-2:2005, *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas.*

EN 1993-2:2005, *Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 2: Puentes.*

EN 1994-2:2005, *Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 2: Reglas generales y reglas para puentes.*

EN 1998-1:2004, *Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.*

EN 1998-5:2004, *EUROCÓDIGO 8: Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 5: Cimentaciones, estructuras de contención de tierras y aspectos geotécnicos.*

EN 1337-2:2000, *Apoyos estructurales. Parte 2: Elementos de deslizamiento.*

EN 1337-3:2005, *Apoyos estructurales. Parte 3: Apoyos elastoméricos.*

prEN 15129:200X, *Dispositivos antisísmicos.*