

Octubre 2010

TÍTULO

Eurocódigo 1: Acciones en estructuras

Parte 1-6: Acciones generales

Acciones durante la ejecución

Eurocode 1. Actions on structures. Part 1-6: General actions. Actions during execution.

Eurocode 1. Actions sur les structures. Partie 1-6: Actions générales. Actions en cours d'exécution.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de las Normas Europeas EN 1991-1-6:2005 y EN 1991-1-6:2005/AC:2008.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-ENV 1991-2-6:1998.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 140 *Eurocódigos estructurales* cuya Secretaría desempeña SEOPAN.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 43597:2010

© AENOR 2010
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

31 Páginas

Grupo 20

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-1-6:2005

Junio 2005

+AC

Julio 2008

ICS 91.010.30

Sustituye a ENV 1991-2-6:1997

Versión en español

Eurocódigo 1: Acciones en estructuras
Parte 1-6: Acciones generales
Acciones durante la ejecución

Eurocode 1. Actions on structures.
Part 1-6: General actions. Actions during
execution.

Eurocode 1. Actions sur les structures.
Partie 1-6: Actions générales. Actions en
cours d'exécution.

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke.
Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen.
Einwirkungen während der
Bauausführung.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2005-01-13.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

© 2005 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	5
1 GENERALIDADES	10
1.1 Objeto y campo de aplicación.....	10
1.2 Normas para consulta	10
1.3 Consideraciones	11
1.4 Distinción entre Principios y Reglas de aplicación	11
1.5 Términos y definiciones	11
1.6 Símbolos	12
2 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES	13
2.1 Generalidades	13
2.2 Cargas de construcción	14
3 SITUACIONES DE PROYECTO Y ESTADOS LÍMITE	15
3.1 Generalidades – identificación de las situaciones de proyecto	15
3.2 Estados límite últimos	16
3.3 Estados límite de servicio.....	16
4 REPRESENTACIÓN DE LAS ACCIONES	17
4.1 Generalidades	17
4.2 Acciones en elementos estructurales y no estructurales durante su manipulación	18
4.3 Acciones Geotécnicas	18
4.4 Acciones debidas al pretensado.....	18
4.5 Predeformaciones.....	19
4.6 Efectos de la temperatura, la retracción y la hidratación.....	19
4.7 Cargas de viento.....	19
4.8 Cargas de nieve.....	20
4.9 Cargas debidas al agua	20
4.10 Acciones debidas al hielo atmosférico.....	22
4.11 Cargas de construcción	22
4.12 Acciones accidentales	25
ANEXO A1 (Normativo) REGLAS ADICIONALES PARA EDIFICIOS.....	27
A1.1 Estados límite últimos	27
A1.2 Estados límite de servicio.....	27
A1.3 Acciones horizontales.....	27
ANEXO A2 (Normativo) REGLAS ADICIONALES PARA PUENTES	28
A2.1 Estados límite últimos	28
A2.2 Estados límite de servicio.....	28
A2.3 Valores de cálculo de deformaciones	28
A2.4 Cargas de nieve.....	29
A2.5 Cargas de construcción	29
ANEXO B (Informativo) ACCIONES EN ESTRUCTURAS DURANTE SU MODIFICACIÓN, RECONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

PRÓLOGO

Esta Norma EN 1996-1-6 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 250 *Eurocódigos estructurales*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de diciembre de 2005, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes se deben anular antes de marzo de 2010.

El Comité CEN/TC 250 es responsable de todos los Eurocódigos estructurales.

Este documento anula y sustituye a la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-6: 1996.

Los anexos A1 y A2 son normativos, y el anexo B informativo. Esta norma incluye bibliografía.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

Prólogo del programa de Eurocódigos

En 1975, la Comisión de las Comunidades Europeas decidió llevar a cabo un programa de actuación en el campo de la construcción, basado en el artículo 95 del Tratado. El objetivo de este programa era la eliminación de las barreras técnicas al comercio y la armonización de las especificaciones técnicas.

Dentro de este programa de actuación, la Comisión tomó la iniciativa de establecer un conjunto de reglas técnicas armonizadas para el proyecto de las construcciones que, en una primera etapa, sirviera como alternativa a las reglas nacionales en vigor en los Estados miembros y, finalmente, las pudiera reemplazar.

Durante quince años, la Comisión, con la ayuda de un Comité Director con representantes de los Estados miembros, condujo el desarrollo del programa de los Eurocódigos, lo que llevó en los años 80 a la primera generación de códigos europeos.

En 1989, los Estados miembros de la UE y de la AELC decidieron, sobre la base de un acuerdo¹⁾ entre la Comisión y CEN, transferir a CEN la preparación y publicación de los Eurocódigos mediante una serie de Mandatos, con el fin de dotarlos de un futuro estatus de Norma Europea (EN). Esto vincula *de facto* los Eurocódigos con las disposiciones de todas las Directivas del Consejo y Decisiones de la Comisión que hacen referencia a las normas europeas (por ejemplo, la Directiva del Consejo 89/106/CEE sobre productos de construcción - DPC - y las Directivas del Consejo 93/37/CEE, 92/50/CEE y 89/440/CEE sobre obras públicas y servicios y las Directivas de la AELC equivalentes iniciadas para conseguir la implantación del mercado interior).

1) Acuerdo entre la Comisión de las Comunidades Europeas y el Comité Europeo de Normalización (CEN) referente al trabajo sobre los EUROCÓDIGOS para el proyecto de edificios y de obras de ingeniería civil. (BC/CEN/03/89).

El programa Eurocódigos Estructurales comprende las siguientes normas, compuestas generalmente de diversas Partes:

EN 1990	Eurocódigo:	Bases para el cálculo de estructuras
EN 1991	Eurocódigo 1:	Acciones en estructuras
EN 1992	Eurocódigo 2:	Proyecto de estructuras de hormigón
EN 1993	Eurocódigo 3:	Proyecto de estructuras de acero
EN 1994	Eurocódigo 4:	Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero
EN 1995	Eurocódigo 5:	Proyecto de estructuras de madera
EN 1996	Eurocódigo 6:	Proyecto de estructuras de fábrica
EN 1997	Eurocódigo 7:	Proyecto geotécnico
EN 1998	Eurocódigo 8:	Proyecto de estructuras sismorresistentes
EN 1999	Eurocódigo 9:	Proyecto de estructuras de aluminio

Los Eurocódigos reconocen la responsabilidad de las autoridades reglamentadoras de cada Estado miembro y han salvaguardado su derecho a determinar en el ámbito nacional los valores relacionados con temas reglamentarios de seguridad cuando éstos siguen siendo distintos de un Estado a otro.

Estatus y campo de aplicación de los Eurocódigos

Los Estados miembros de la UE y de la AELC reconocen que los Eurocódigos sirven como documentos de referencia para los siguientes fines:

- como medio para demostrar el cumplimiento de las obras de edificación y de ingeniería civil con los requisitos esenciales de la Directiva del Consejo 89/106/CEE, en particular con el Requisito Esencial nº 1 - Resistencia mecánica y estabilidad - y con el Requisito Esencial nº 2 - Seguridad en caso de incendio;
- como base para especificar los contratos de las obras de construcción y de los servicios de ingeniería correspondientes;
- como marco para redactar las especificaciones técnicas armonizadas de productos de construcción (ENs y DITEs).

Los Eurocódigos, en la medida en que están relacionados con las obras de construcción, tienen una relación directa con los Documentos Interpretativos²⁾ a los que hace referencia el artículo 12 de la DPC, aunque son de distinta naturaleza que las normas armonizadas de producto³⁾. Por ello, los Comités Técnicos del CEN y/o los Grupos de Trabajo de la EOTA que trabajen sobre normas de producto deben considerar adecuadamente los aspectos técnicos que surjan del trabajo de los Eurocódigos, con vistas a obtener la compatibilidad total entre estas especificaciones técnicas y los Eurocódigos.

2) De acuerdo con el artículo 3.3 de la DPC, los documentos interpretativos deben dar forma concreta a los requisitos esenciales (REs) con el fin de establecer los vínculos necesarios entre los requisitos esenciales y los mandatos para la elaboración de normas armonizadas y DITEs/Guías de DITEs.

3) De acuerdo con el artículo 12 de la DPC los documentos interpretativos deben:

- a) dar forma concreta a los requisitos esenciales mediante la armonización de la terminología y de las bases técnicas y la asignación, en su caso, de clases y niveles para cada requisito;
- b) indicar los métodos para relacionar estas clases y niveles con las especificaciones técnicas, por ejemplo, métodos de cálculo y de prueba, reglas técnicas para el cálculo en proyectos, etc.;
- c) servir de referencia para el establecimiento de normas armonizadas y de guías para los Documentos de Idoneidad Técnica Europeos.

Los Eurocódigos, de facto, juegan un papel similar en el campo del RE 1 y en parte del RE 2.

Los Eurocódigos proporcionan reglas comunes de cálculo estructural para su uso diario en el proyecto de estructuras completas y de productos componentes de naturaleza tanto tradicional como innovadora. Las formas de construcción y condiciones de cálculo poco usuales no quedan cubiertas específicamente y requerirán, en tales casos, el estudio adicional del proyectista.

Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos

Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos comprenderán el texto completo del Eurocódigo (incluyendo los anexos), tal y como se publique por el CEN, pudiendo venir precedido de una portada nacional y de un prólogo nacional, y seguido por un anexo nacional (informativo).

El anexo nacional sólo puede contener información sobre aquellos parámetros que queden abiertos en los Eurocódigos para la elección de una opción nacional, conocidos como Parámetros de Determinación Nacional, para su empleo en el proyecto de edificios y obras de ingeniería civil a construir en el país correspondiente, es decir:

- los valores y/o las clases cuando se ofrezcan alternativas en el Eurocódigo;
- los valores a emplear cuando sólo se dé un símbolo en el Eurocódigo;
- los datos específicos del país (geográficos, climatológicos, etc.), por ejemplo, el mapa de nieve;
- el procedimiento a emplear cuando los Eurocódigos ofrezcan procedimientos alternativos;

y también puede contener:

- decisiones sobre la aplicación de los anexos informativos;
- referencia a información complementaria no contradictoria para ayudar al proyectista a usar el Eurocódigo.

Vínculos entre los Eurocódigos y las especificaciones técnicas armonizadas (ENs y DITEs) de productos

Hay una necesidad de consistencia entre las especificaciones técnicas armonizadas de producto y las reglas técnicas de las obras⁴⁾. Aún más, toda la información que acompañe al marcado CE de los productos de construcción que se refiera a los Eurocódigos debe mencionar claramente qué Parámetros de Determinación Nacional se han tenido en cuenta.

Información adicional específica para la Norma EN 1991-1-6

La Norma EN 1991-1-6 describe los principios y reglas de aplicación para determinar las acciones a considerar durante la ejecución de edificios y obras de ingeniería civil, incluyendo los siguientes aspectos:

- acciones sobre elementos estructurales y no estructurales durante su colocación;
- acciones geotécnicas;
- acciones debidas a los efectos del pretensado;
- acciones debidas a predeformaciones;
- efectos de la temperatura, fluencia e hidratación;
- acciones del viento;

4) Véanse los artículos 3.3 y 12 de la DPC, así como los apartados 4.2, 4.3.1, 4.3.2 y 5.2 del Documento Interpretativo nº 1.

- acciones de nieve;
- acciones causadas por el agua;
- acciones causadas por el hielo atmosférico;
- acciones de elementos durante la construcción;
- acciones accidentales;
- acciones sísmicas.

La Norma EN 1991-1-6 está prevista para su utilización por:

- clientes (por ejemplo para la formulación de sus requisitos específicos);
- proyectistas y constructores;
- administraciones.

La Norma EN 1991-1-6 está prevista para su uso conjunto con las normas EN 1990, las restantes partes la Norma EN 1991 y las Normas EN 1992 a EN 1999 para el diseño de las estructuras.

El anexo nacional de la EN 1991-1-6

Esta parte de la serie de Normas 1991 ofrece procedimientos, valores y recomendaciones alternativos para las clases, con notas que indican donde se pueden determinar opciones de determinación nacional. Por tanto, la norma nacional que adopte la Norma EN 1991-1-6 debería tener un anexo nacional que contenga todos los Parámetros de Determinación Nacional a emplear en el proyecto de edificios y obras de ingeniería civil a construir en el país correspondiente.

En la Norma EN 1991-1-6 se permite la elección de opciones nacionales en los apartados siguientes:

Capítulo	Título
1.1(3)	Reglas de proyecto para obras auxiliares.
2.2(4) NOTA 1	Posición de las cargas de construcción clasificadas como libres
3.1 (1)P	Situación de proyecto correspondiente a condiciones de tormenta
3.1 (5) NOTA 1	Periodo de retorno para la determinación de los valores característicos de acciones variables durante la ejecución
NOTA 2	Velocidad mínima del viento durante la ejecución.
3.1(7)	Reglas para combinación de acciones de nieve y viento con las cargas de construcción
3.1(8) NOTA 1	Reglas relacionadas con la imperfección geométrica de la estructura
3.3(2)	Criterios asociados con los estados límite de servicio durante la ejecución
3.3(6)	Requisitos en servicio para obras auxiliares durante la ejecución
4.9(6) NOTA 2	Acciones y niveles de agua para hielo flotante.
4.10(1)P	Definición de acciones debidas al hielo atmosférico.
4.11.1(1) Tabla 4.1	Valores característicos recomendados para cargas de construcción Q_{ca} y Q_{cb} .
4.11.2(1) NOTA 2	Cargas de construcción durante el hormigonado
4.12.(1)P NOTA 2	Efectos dinámicos debido a acciones accidentales
4.12(2)	Efectos dinámicos debidos a la caída de equipos de construcción
4.12 (3)	Valores de cálculo para el impacto de cargas de origen humano
4.13 (2)	Acciones sísmicas
Anexo A1 A1.1(1)	Valores representativos de las acciones variables debidas a las cargas de construcción
Anexo A1 A1.3(2)	Valores característicos de las fuerzas horizontales equivalentes
Anexo A2 A2.3(1) NOTA 1	Valores de cálculo de las deformaciones verticales para puentes empujados
Anexo A2 A2.4(2)	Reducción del valor característico para la carga de nieve.
Anexo A2 A2.4(3)	Valor reducido de la carga característica de nieve para la verificación del estado límite de equilibrio
Anexo A2 A2.5(2)	Valor de cálculo de las fuerzas horizontales de rozamiento
Anexo A2 A2.5(3)	Determinación de los coeficientes de rozamiento $\mu_{\min.}$ y $\mu_{\max.}$

1 GENERALIDADES

1.1 Objeto y campo de aplicación

(1) La Norma EN 1991-1-6 proporciona principios y reglas generales para la determinación de las acciones que se deberían tener en cuenta durante la ejecución de edificios y obras de ingeniería civil.

NOTA 1 Esta parte de la serie de Normas EN 1991 se puede usar como guía para la determinación de las acciones a tener en cuenta para los diferentes tipos de construcción, incluyendo modificaciones estructurales tales como reparaciones y demoliciones parciales o completas. En los anexos A1, A2 y B se pueden encontrar recomendaciones y reglas adicionales.

NOTA 2 Las reglas relacionadas con la seguridad de las personas en y alrededor de la obra debidas a situaciones fuera del objeto y campo de aplicación de esta norma europea se pueden definir para cada proyecto particular.

(2) Los siguientes apartados se tratan en la serie de Normas EN 1991:

Capítulo 1: Generalidades

Capítulo 2: Clasificación de las acciones.

Capítulo 3: Situaciones de proyecto y estados límite.

Capítulo 4: Representación de las acciones

Anexo A1: Reglas adicionales para edificios (normativo)

Anexo A2: Reglas adicionales para puentes (normativo)

Anexo B: Acciones en estructuras durante su modificación, reconstrucción o demolición (informativo)

(3) La Norma EN 1991-1-6 también proporciona reglas para la determinación de acciones que pueden utilizarse para el proyecto de las obras auxiliares necesarias para la construcción en edificación e ingeniería civil, según se define en el apartado 1.5.

NOTA Las reglas de diseño para la ejecución de elementos auxiliares se pueden definir en el anexo nacional o para cada proyecto particular. Se pueden encontrar recomendaciones en las normas europeas relevantes. Por ejemplo, las reglas de diseño de encofrados y cimbras se recogen en la Norma EN 12812.

1.2 Normas para consulta

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).

NOTA Los Eurocódigos se publicaron como normas europeas experimentales. Las siguientes normas, publicadas o en elaboración, se citan en capítulos normativos o notas a los capítulos normativos.

EN 1990 *Eurocódigo: Bases de cálculo de estructuras.*

EN 1991-1-1 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras: Parte 1-1: Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios.*

EN 1991-1-2 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras: Parte 1-2. Acciones debidas al fuego.*

EN 1991-1-3 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras: Parte 1-3: Acciones generales. Carga de nieve.*

EN 1991-1-4 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras: Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.*

EN 1991-1-5 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras: Parte 1-5: Acciones generales. Acciones térmicas.*

EN 1991-1-7 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-7: Acciones generales. Acciones accidentales.*

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

EN 1991-3 Eurocódigo 1: *Acciones en estructuras. Parte 3: Acciones inducidas por grúas y maquinaria.*

EN 1991-4 Eurocódigo 1: *Acciones en estructuras. Parte 4. Silos y depósitos.*

EN 1992 Eurocódigo 2: *Proyecto de estructuras de hormigón.*

EN 1993 Eurocódigo 3: *Proyecto de estructuras de acero.*

EN 1994 Eurocódigo 4: *Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero.*

EN 1995 Eurocódigo 5: *Proyecto de estructuras de madera.*

EN 1996 Eurocódigo 6: *Proyecto de estructuras de fábrica.*

EN 1997 Eurocódigo 7: *Proyecto geotécnico.*

EN 1998 Eurocódigo 8: *Proyecto de estructuras sismorresistentes.*

EN 1999 Eurocódigo 9: *Proyecto de estructuras de aluminio.*

1.3 Consideraciones

(1)P Se aplican las consideraciones generales del apartado 1.3 de la Norma EN 1990:2002.

1.4 Distinción entre Principios y Reglas de Aplicación

(1)P Se aplican las reglas del apartado 1.4 de la Norma EN 1990:2002.

1.5 Términos y definiciones

1.5.1 Generalidades

(1) Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos el apartado 1.5 de la Norma EN 1990: 2002.

1.5.2 Términos y definiciones adicionales utilizados en esta norma

1.5.2.1 obras auxiliares

Cualquier obra asociada al proceso constructivo que no sea necesaria una vez que las actividades relacionadas con la ejecución se han completado, y pueden ser eliminadas (por ejemplo encofrados, cimbras, arriostramientos temporales, cabestrantes de lanzamiento)

NOTA Las estructuras realizadas para uso temporal (por ejemplo puentes para desvíos temporales de tráfico) no son consideradas como obras auxiliares.

1.5.2.2 carga de construcción:

Carga que puede estar presente debida a actividades de ejecución pero que no esta presente cuando dichas actividades han sido finalizadas.

1.5.2.3 profundidad de socavación general:

Es el valor de la profundidad de la socavación debida a la corriente general del río, independiente de la presencia de un obstáculo (la profundidad de socavación depende del caudal).

1.5.2.4 profundidad de socavación local:

Es el valor de la profundidad de socavación debido a los vortices del agua junto a un obstáculo, como la pila de un puente.

1.6 Símbolos

Para los propósitos de esta norma europea, son aplicables los siguientes símbolos, (véase también la Norma EN 1990).

Mayúsculas latinas

A_{deb}	Área de obstrucción (acumulación de detritus)
F_{deb}	Fuerzas horizontales debidas a la acumulación de detritus
$F_{cb,k}$	Valor característico de las cargas de construcción concentradas Q_{cb}
F_{hn}	Fuerza horizontal nominal
F_{wa}	Fuerza horizontal en obstáculos sumergidos debida a la corriente
Q_c	Cargas de construcción (general)
Q_{ca}	Cargas de construcción debidas al personal de trabajo, visitantes, herramientas manuales y otros equipos de pequeñas dimensiones.
Q_{cb}	Cargas de construcción debidas al almacenamiento de elementos transportables (materiales de construcción, elementos prefabricados y equipos)
Q_{cc}	Cargas de construcción debidas a equipos con posición no permanente durante la ejecución, ya sea estática (paneles de encofrado, cimbras, maquinaria, contenedores) o en movimiento (cimbras autolanzables, cabestrantes de lanzamiento, contrapesos)
Q_{cd}	Cargas de construcción debidas a maquinaria y equipos móviles, normalmente con neumáticos o vías (grúas, elevadores, elefantes, gatos, equipos de potencia).
Q_{ce}	Cargas de construcción debidas a la acumulación de materiales de deshecho (material de construcción sobrante, excavaciones, demoliciones)
Q_{cf}	Cargas de construcción debidas a partes de la estructura en situaciones temporales (durante la ejecución) previamente a que las acciones de diseño tengan efecto.
Q_w	Acciones del viento
Q_{wa}	Acciones causadas por el agua.

Minúsculas latinas

b	Anchura de un objeto sumergido
c_{pe}	Coefficiente de empuje exterior debido al viento en muros exentos.
h	Profundidad del agua.
k	Factor de forma de un objeto sumergido
k_{deb}	Parámetro de densidad de detritus.
p	Presión de la corriente de agua
$q_{ca,k}$	Valor característico de la carga uniformemente repartida correspondiente a las cargas de construcción Q_{ca}
$q_{cb,k}$	Valor característico de la carga uniformemente repartida correspondiente a las cargas de construcción Q_{cb}
$q_{cc,k}$	Valor característico de la carga uniformemente repartida correspondiente a las cargas de construcción Q_{cc}
v_{wa}	Velocidad media del agua promediada sobre la profundidad, en m/s

Minúsculas griegas

ρ_{wa}	Densidad del agua
-------------	-------------------

2 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

2.1 Generalidades

(1)P Las acciones durante la ejecución que incluyen, según corresponda, las cargas de construcción y cualquier otra carga, se deben clasificar de acuerdo con el apartado 4.1.1 de la Norma EN 1990:2002.

NOTA La tabla 2.1 proporciona la clasificación de las acciones (diferentes de las cargas de construcción).

Tabla 2.1 – Clasificación de las acciones (diferentes de las cargas de construcción) durante las fases de ejecución

Apartado en esta norma	Acción	Clasificación				Observaciones	Fuente
		Variación en el tiempo	Clasificación/origen	Variación espacial	Naturaleza (estática/dinámica)		
4.2	Peso propio	Permanente	Directo	Fijo con tolerancia/ Libre	Estática	Libre durante el transporte/ almacenamiento. Dinámico en caso de caída	EN 1991-1-1
4.3	Movimiento del terreno	Permanente	Indirecto	Libre	Estática		EN 1997
4.3	Presión del terreno	Permanente/ Variable	Directo	Libre	Estática	Variable para cálculo local (anclaje)	EN 1997
4.4	Pretensado	Permanente/ Variable	Directo	Fijo	Estática		EN 1990, EN 1992 a EN 1999
4.5	Predeformaciones	Permanente/ Variable	Indirecto	Libre	Estática		EN 1990
4.6	Temperatura	Variable	Indirecto	Libre	Estática		EN 1991-1-5
4.6	Retracción y efectos de la hidratación	Permanente/ Variable	Indirecto	Libre	Estática		EN 1992, EN 1993, EN 1994
4.7	Acciones del viento	Variable/ Accidental	Directo	Fijo/Libre	Estática/ Dinámica	(*)	EN 1991-1-4
4.8	Acciones de nieve	Variable/ Accidental	Directo	Fijo/Libre	Estática/ Dinámica	(*)	EN 1991-1-3
4.9	Acciones causadas por el agua	Permanente/ Variable/ Accidental	Directo	Fijo/Libre	Estática/ Dinámica	Permanente/ Variable en función de las especificaciones del proyecto. Dinámica en corrientes de agua si fuera relevante.	EN 1990
4.10	Cargas por hielo atmosférico	Variable	Directo	Libre	Estática/ Dinámica	(*)	ISO 12494
4.12	Accidental	Accidental	Directo/ Indirecto	Libre	Estática/ Dinámica	(*)	EN 1990, EN 1991-1-7
4.13	Sismo	Variable/ Accidental	Directo	Libre	Dinámica	(*)	EN 1990 (4.1), EN 1998

(*) Los documentos indicados necesitan ser examinados junto con los anexos nacionales correspondientes que pueden incluir información adicional.

2.2 Cargas de construcción

(1) Las cargas de construcción (véase también el apartado 4.11) se deberían clasificar como acciones variables (Q_c).

NOTA La tabla 2.2 proporciona la clasificación de las cargas de construcción.

Tabla 2.2 – Clasificación de las cargas de construcción

Apartado en esta norma	Acción	Clasificación				Observaciones	Fuente
		Variación en el tiempo	Clasificación/origen	Variación espacial	Naturaleza		
4.11	Personal y herramientas manuales	Variable	Directo	Libre	Estática		
4.11	Almacenamiento de equipos móviles	Variable	Directo	Libre	Estática/Dinámica	Dinámica en el caso de caída de elementos.	EN 1991-1-1
4.11	Equipos no permanentes	Variable	Directo	Libre/Fija	Estática/Dinámica		EN 1991-3
4.11	Maquinaria y equipos pesados móviles	Variable	Directo	Libre	Estática/Dinámica		EN 1991-2, EN 1991-3
4.11	Acumulación de materiales de deshecho	Variable	Directo	Libre	Estática/Dinámica	Puede afectar, por ejemplo, a elementos verticales.	EN 1991-1-1
4.11	Cargas de partes de la estructura en fases provisionales	Variable	Directo	Libre	Estática	Se excluyen los efectos dinámicos	EN 1991-1-1

NOTA 2 La tabla 4.1 proporciona una descripción completa de las cargas de construcción.

NOTA 3 Las cargas de construcción debidas a grúas, equipos, y obras/estructuras auxiliares se pueden clasificar como fijas o libres en función de sus posibles posiciones y usos.

(3) Cuando las cargas de construcción se clasifiquen como fijas, se deberían definir las tolerancias para las desviaciones respecto a la posición teórica.

NOTA Las tolerancias se pueden definir para cada proyecto particular.

(4) Cuando las cargas de construcción se clasifiquen como libres, se deberían definir los límites de la superficie en la que se pueden mover o situar.

NOTA 1 Los límites se pueden definir en el anexo nacional correspondiente, o para cada proyecto particular.

NOTA 2 De acuerdo con el punto (2) del apartado 1.3 de la Norma EN 1990:2002, se pueden adoptar medidas de control para verificar la conformidad de la posición y desplazamiento de cargas de acuerdo con las hipótesis de cálculo.

3 SITUACIONES DE PROYECTO Y ESTADOS LÍMITE

3.1 Generalidades – identificación de las situaciones de proyecto

(1)P Las situaciones transitorias, accidentales y de sismo se deben identificar y considerar de forma apropiada en el proyecto de ejecución.

NOTA Para las acciones de viento durante situaciones de tormenta (por ejemplo ciclones, huracanes) el anexo nacional puede seleccionar la situación de proyecto a considerar. La situación de proyecto recomendada es la accidental.

(2) Las situaciones de proyecto se deberían seleccionar de forma apropiada tanto para la estructura completa como para los elementos estructurales, las estructuras parcialmente finalizadas, así como para las obras auxiliares y los equipos.

(3)P Las situaciones de proyecto consideradas deben tener en cuenta las condiciones a aplicar entre diferentes fases de la ejecución de acuerdo con el punto (3)P del apartado 3.2 de la Norma EN 1990:2002.

(4)P Las situaciones de proyecto consideradas deben ser conformes con el proceso constructivo previsto en el proyecto. Las situaciones de proyecto deben tener en cuenta cualquier modificación o revisión del proceso constructivo.

(5) Cualquier situación de proyecto transitoria debería asociarse con una duración nominal igual o mayor que la duración prevista para la fase en consideración. Las situaciones de proyecto deberían tener en cuenta la probabilidad para cualquier periodo de retorno correspondiente de las acciones variables (por ejemplo acciones climáticas).

NOTA 1 Los periodos de retorno para la determinación de los valores característicos de las acciones variables durante la ejecución se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Los periodos de retorno recomendados para acciones de origen climático se recogen en la tabla 3.1 en función de la duración nominal de la situación de proyecto considerada.

Tabla 3.1 – Periodos de retorno considerados para la determinación de los valores característicos de las acciones de origen climático

Duración	Periodo de retorno (años)
≤ 3 días	2 ^a
≤ 3 meses (y mayor de 3 días)	5 ^b
≤ 1 año (y mayor de 3 meses)	10
> 1 año	50
^a Una duración nominal de tres días, considerada para fases de ejecución cortas, se corresponde con el periodo de tiempo durante el cual las predicciones meteorológicas para la obra son fiables. Esta opción podría considerarse para fases de duración ligeramente superior si se toman las medidas organizativas adecuadas. El concepto de periodo medio de retorno no es adecuado para periodos de corto plazo. ^b Para una duración nominal de hasta 3 meses, las acciones se pueden determinar teniendo en cuenta valores estacionales adecuados y variaciones meteorológicas de plazos más cortos. Por ejemplo, el valor de la cota de inundación de un río depende de la estación del año a considerar.	

NOTA 2 Una velocidad mínima del viento durante ejecución se puede definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. La velocidad básica recomendada para duraciones de hasta 3 meses es de 20 m/s, de acuerdo con la Norma EN 1991-1-4.

NOTA 3 Las relaciones entre los valores característicos y el periodo de retorno para acciones climáticas quedan definidas en las partes correspondientes de la Norma EN 1991.

(6) Cuando una fase de ejecución prescribe unas condiciones climáticas límite, o una ventana climática, se deberían determinar los valores característicos de las acciones climáticas teniendo en cuenta:

- la duración esperada de la fase constructiva;
- la fiabilidad de las predicciones meteorológicas;
- el tiempo necesario para organizar medidas de protección.

(7) Se deberían definir las reglas para combinación de acciones de nieve y viento junto con las cargas de construcción Q_c (véase 4.11.1).

NOTA Estas reglas se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

(8) Se deberían definir las imperfecciones en la geometría de la estructura y en los elementos estructurales en las diferentes situaciones de proyecto durante la ejecución.

NOTA 1 Estas imperfecciones se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Véase también el anexo A2 y los puntos (3) y (7) del apartado 3.5 de la Norma EN 1990:2002.

NOTA 2 Para las estructuras de hormigón, véanse también las normas CEN apropiadas, incluyendo aquellas relacionadas con “Productos de hormigón prefabricado”, desarrolladas por el comité CEN/TC 229.

(9) Se deberían tener en cuenta las acciones debidas a la excitación por el viento (incluyendo los efectos aerodinámicos debido al paso de vehículos, incluidos trenes) que pueden producir efectos de fatiga en elementos estructurales.

NOTA Véanse las Normas EN 1991-1-4 y EN 1991-2.

(10) Cuando la estructura o partes de ella estén sometidas a aceleraciones que puedan producir efectos dinámicos o de inercia, se deberían tener en cuenta estos efectos.

NOTA Se pueden excluir aceleraciones significativas siempre que los posibles movimientos estén estrictamente controlados por dispositivos adecuados.

(11) Las acciones causadas por el agua, incluyendo por ejemplo elevación debido a las aguas subterráneas, se deberían determinar junto con los niveles de agua correspondientes a las situaciones de proyecto especificadas o identificadas en aquellos casos que sea necesario.

NOTA Estas acciones, normalmente, se pueden determinar de la misma forma que se indica en el punto (5) anterior.

(12) Las situaciones de proyecto se deberían definir, cuando proceda, teniendo en cuenta los efectos de la socavación debidos a una corriente de agua.

NOTA En fases constructivas de larga duración, puede ser necesario tener en cuenta las profundidades de socavación para el diseño de las fases de ejecución de obras permanentes o auxiliares sumergidas en agua. Los niveles se pueden definir para cada proyecto particular, véase el punto (4) del apartado 4.9.

(13) Las acciones debidas a la fluencia y a la retracción en obras de elementos de hormigón se deberían determinar en función de las fechas previstas y duraciones asociadas a las fases de proyecto, según corresponda.

3.2 Estados límite últimos

(1)P Los estados límite últimos se deben verificar para todas las situaciones de proyecto, transitorias, accidentales y sísmicas consideradas durante la ejecución, de acuerdo con la Norma EN 1990:2002.

NOTA 1 Las combinaciones de acciones para situaciones de proyecto accidentales pueden incluir la acción accidental explícitamente o bien referirse a la situación posterior al accidente. Véase el capítulo 6 de la Norma EN 1990:2002.

NOTA 2 Generalmente, las situaciones de proyecto accidentales se refieren a condiciones excepcionales aplicables a la estructura o a su exposición, como el impacto, fallo local y colapso progresivo subsecuente, fallo de elementos estructurales o no estructurales, y, en el caso de edificios, concentraciones anormales de equipos, material de construcción, acumulación de agua en tejados metálicos, fuego, etc.

NOTA 3 Véase también la Norma EN 1991-1-7.

(2) Las verificaciones de la estructura deberían considerar las correspondientes geometría y resistencia de la estructura parcialmente finalizada relativas a las situaciones de proyecto seleccionadas.

3.3 Estados límite de servicio

(1)P Los estados límite de servicio se deben verificar para las situaciones de proyecto durante la ejecución consideradas, de acuerdo con la Norma EN 1990.

(2) El criterio asociado con el estado límite de servicio durante la ejecución debería tener en cuenta los requisitos para la estructura finalizada.

NOTA Los criterios asociados con los estados límite de servicio se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Véanse las Normas EN 1992 a EN 1999.

(3)P Se deben evitar las operaciones durante la ejecución que puedan causar fisuración excesiva y/o deformaciones prematuras, y que puedan afectar negativamente a la durabilidad, su uso en servicio o la apariencia estética en la situación final.

(4) Las cargas inducidas por la fluencia y la temperatura se deberían tener en cuenta en el diseño y deberían minimizarse mediante unos detalles constructivos adecuados.

(5) Las combinaciones de acciones se deberían establecer de acuerdo con el punto (2) del apartado 6.5.3 de la Norma EN 1990:2002. En general, durante la ejecución, las acciones relevantes para situaciones de proyecto transitorias, son:

- la combinación característica;
- la combinación cuasipermanente.

NOTA Si es necesario considerar valores frecuentes de acciones particulares, estos valores se pueden definir para cada proyecto particular.

(6) Los requisitos en servicio para obras auxiliares se deberían definir con el fin de evitar deformaciones no previstas y desplazamientos que afecten a la apariencia o utilización efectiva de la estructura o causen daños a los acabados o a elementos no estructurales.

NOTA Estos requisitos se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

4 REPRESENTACIÓN DE LAS ACCIONES

4.1 Generalidades

(1)P Los valores característicos y otros valores representativos de las acciones se deben determinar de acuerdo con las Normas EN 1990, EN 1991, EN 1997 y EN 1998.

NOTA 1 Los valores representativos de las acciones durante la ejecución pueden ser diferentes de los utilizados en el cálculo de la estructura finalizada. En este capítulo se definen las acciones más comunes durante la ejecución, las cargas de construcción específicas y los métodos para establecer sus valores.

NOTA 2 Véase también el capítulo 2 para la clasificación de las acciones, y el capítulo 3 para la duración nominal durante situaciones de proyecto transitorias.

NOTA 3 Los efectos de las acciones se pueden minimizar o evitar con detalles constructivos apropiados, mediante obras auxiliares, o bien usando elementos de protección o seguridad.

(2) Los valores representativos de las cargas de construcción (Q_c) se deberían determinar teniendo en cuenta su posible variación en el tiempo.

(3) Los efectos debidos a la interacción entre estructuras y partes de estructuras se deberían tener en cuenta durante la construcción. Estas estructuras deberían incluir elementos estructurales que formen parte de las obras auxiliares.

(4)P Cuando parte de una estructura esta arriostrada o apoyada en otras partes de la estructura (por ejemplo el cimbrado de losas de forjado durante su hormigonado) se deben tener en cuenta las acciones de dichas partes resultantes del arriostramiento o apoyo.

NOTA 1 En función de los procedimientos de construcción, los elementos portantes de la estructuras pueden estar sometidos a acciones mayores que las impuestas para las que están proyectadas durante la situación permanente. Además, los elementos portantes pueden no haber desarrollado toda su capacidad resistente.

NOTA 2 Véase también el apartado 4.11, Cargas de construcción.

(5) Las acciones horizontales debidas a efectos de rozamiento deberían determinarse y estar basadas en los coeficientes de rozamiento adecuados.

NOTA Puede ser necesario considerar los límites superior e inferior del coeficiente de rozamiento. Los coeficientes de rozamiento pueden definirse para cada proyecto particular.

4.2 Acciones en elementos estructurales y no estructurales durante su manipulación

(1) El peso propio de los elementos estructurales y no estructurales durante su manipulación debería determinarse de acuerdo con la Norma EN 1991-1-1.

(2) Los efectos dinámicos o de inercia del peso propio de elementos estructurales y no estructurales deberían tenerse en cuenta.

(3) Las acciones sobre la unión para elementos izados y sobre los materiales deberían determinarse de acuerdo con la Norma EN 1991-3.

(4) Las acciones sobre elementos estructurales y no estructurales debido a las disposiciones de apoyo y las condiciones durante el izado, transporte o almacenamiento deberían considerar, cuando sea apropiado, las condiciones de apoyo reales y los efectos dinámicos o de inercia debidos a las aceleraciones verticales u horizontales.

NOTA Véase la Norma EN 1991-3 para la determinación de las aceleraciones verticales y horizontales debidas al transporte e izado.

4.3 Acciones geotécnicas

(1)P Los valores característicos de los parámetros geotécnicos, suelos, presiones del terreno, y los valores límite para asentamientos en cimentaciones deben determinarse de acuerdo con la Norma EN 1997.

(2) Los asentamientos de la cimentación de la estructura y para las obras auxiliares, por ejemplo apoyos temporales, se deberían evaluar a partir de los resultados de reconocimientos geotécnicos. Tales reconocimientos deberían realizarse para obtener información tanto sobre los valores absolutos como relativos de los asentamientos, su evolución en el tiempo y su dispersión probable.

NOTA Los asentamientos de obras auxiliares pueden causar desplazamientos y tensiones adicionales.

(3) Los valores característicos de los asentamientos estimados en base a reconocimientos geotécnicos usando métodos estadísticos se deberían utilizar como valores nominales para las deformaciones impuestas sobre la estructura.

NOTA Es posible ajustar las deformaciones impuestas calculadas considerando la interacción completa suelo-estructura.

4.4 Acciones debidas al pretensado

(1) Las acciones debidas al pretensado deberían tenerse en cuenta, cuando proceda, incluyendo los efectos de la interacción entre la estructura y las obras auxiliares (por ejemplo la cimbra).

NOTA Las fuerzas de pretensado durante la construcción se pueden determinar de acuerdo con los requisitos indicados en las Normas EN 1992 a EN 1999, así como los requisitos específicos definidos para cada proyecto particular.

(2) Las cargas sobre la estructura debida a los gatos de tesado durante las actividades de pretensado deberían clasificarse como acciones variables para el cálculo de la zona del anclaje.

(3) Las fuerzas de pretensado durante las fases de ejecución deberían considerarse como acciones permanentes.

NOTA Véase también el capítulo 3.

4.5 Predeformaciones

(1)P El tratamiento de los efectos de las predeformaciones debe ser conforme con el Eurocódigo correspondiente (desde la Norma EN 1992 a la Norma EN 1999).

NOTA Las predeformaciones pueden ser debidas, por ejemplo, al desplazamiento de los soportes (pérdida de tensión en cables, incluyendo suspensores, y desplazamiento de apoyos).

(2) Deberían tenerse en cuenta las acciones debidas a los procesos constructivos especialmente cuando las predeformaciones se aplican de forma específica a una estructura con la intención de generar efectos que mejoran su comportamiento final, en particular para la seguridad estructural y los requisitos en servicio.

(3) Las acciones debidas al efecto producido por las predeformaciones deberían comprobarse de acuerdo con los criterios de cálculo, midiendo tanto fuerzas como deformaciones durante la ejecución.

4.6 Efectos de la temperatura, la retracción y la hidratación

(1)P Los efectos de la temperatura, la retracción o de la hidratación deberían tenerse en cuenta en cada fase de la construcción según corresponda.

NOTA 1 En edificios, las acciones debidas a la temperatura y a la retracción no son generalmente significativas si se han dispuesto detalles constructivos apropiados para la situación permanente.

NOTA 2 Se pueden tener en cuenta las coacciones producidas por el rozamiento en los apoyos [véase también el punto (5) del apartado 4.1].

(2) Las acciones térmicas climáticas deberían determinarse de acuerdo con la Norma EN 1991-1-5.

(3) Las acciones térmicas debidas a la hidratación deberían determinarse de acuerdo con las Normas EN 1992, EN 1994 y EN 1995.

NOTA 1 La temperatura puede elevarse significativamente en elementos de hormigón en masa tras el hormigonado, con los efectos térmicos correspondientes.

NOTA 2 Los valores extremos de la temperatura máxima y mínima a tener en cuenta en el diseño pueden cambiar debido a variaciones estacionales.

(4) Los efectos de la retracción en elementos estructurales de edificación deberían determinarse de acuerdo con los Eurocódigos correspondientes (Normas EN 1992 a EN 1999).

(5) En el caso de puentes, para la determinación de las coacciones a los efectos térmicos producidas por el rozamiento en los apoyos que tienen movimiento libre, deberían tenerse en cuenta mediante el valor representativo apropiado.

NOTA Véase la Norma EN 1337.

(6) Cuando sea relevante, se deberían considerar los efectos de segundo orden y los efectos de la deformación producida por la temperatura y la retracción se deberían combinar con las imperfecciones iniciales.

4.7 Cargas de viento

(1) Se debería determinar la necesidad de recurrir a un procedimiento cálculo de la respuesta dinámica debida a la acción del viento para las diferentes fases constructivas, teniendo en cuenta el grado de ejecución y estabilidad de la estructura y sus diferentes elementos.

NOTA Los criterios y procedimientos de cálculo se pueden definir para cada proyecto particular.

(2) Cuando no sea necesario el cálculo de la respuesta dinámica, los valores característicos de las fuerzas estáticas de viento, Q_w , deberían determinarse de acuerdo con la Norma EN 1991-1-4 para el periodo de retorno correspondiente.

NOTA Véase el apartado 3.1 para los periodos de retorno recomendados.

(3) Para las operaciones de izado y desplazamiento de elementos u otras fases constructivas de corta duración, debería especificarse la velocidad máxima admisible del viento.

NOTA La velocidad máxima del viento se puede definir para cada proyecto particular. Véase también el punto (6) del apartado 3.1.

(4) Se deberían considerar los efectos de las vibraciones inducidas por el viento, tales como las vibraciones transversales debidas al desprendimiento de vórtices, la oscilación de galope y la acción combinada del viento y la lluvia, incluyendo los potenciales efectos de fatiga en, por ejemplo, los elementos esbeltos.

(5) Las acciones de viento en parte de la estructura destinadas al interior (por ejemplo, muros) deberían tenerse en cuenta para los procesos de ejecución.

NOTA En tales casos, puede ser necesario aplicar los coeficientes de presión externa c_{pe} (por ejemplo para muros exentos).

(6) Al determinar la fuerza del viento se deberían tener en cuenta las áreas con maquinaria, equipos, cimbras y otros elementos auxiliares de construcción que estén expuestos.

4.8 Cargas de nieve

(1)P Las cargas de nieve se deben determinar de acuerdo con la Norma EN 1991-1-3 para las condiciones de la obra y el periodo de retorno requerido.

NOTA 1 Para puentes, véase también el anexo A2.

NOTA 2 Para los periodos de retorno recomendados, véase el apartado 3.1.

4.9 Cargas debidas al agua

(1) En general se deberían representar las acciones debidas al agua, incluyendo el agua subterránea (Q_{wa}), como presión estática y/o efectos hidrodinámicos, tomando el caso más desfavorable.

NOTA En general, los fenómenos debidos a efectos hidrodinámicos son:

- la fuerza hidrodinámica debida a corrientes sobre objetos sumergidos;
- las fuerzas debida a la acción de las olas;
- los efectos del agua producidos por un terremoto (tsunamis).

(2) Las acciones causadas por el agua se pueden tener en cuenta en las combinaciones como acciones permanentes o variables.

NOTA La clasificación de las acciones producidas por el agua como permanente o variable se puede definir para cada proyecto particular, teniendo en cuenta las condiciones ambientales específicas.

(3) Las acciones causadas por el agua, incluyendo los efectos dinámicos cuando proceda, producidas por corrientes sobre estructuras sumergidas se deberían aplicar perpendicularmente a las superficies de contacto. Asimismo, deberían determinarse para la velocidad, profundidad del agua, y forma de la estructura teniendo en cuenta el dimensionamiento para las fases constructivas.

(4) La magnitud de la fuerza horizontal F_{wa} (N) producida por corrientes sobre la superficie vertical debería determinarse mediante la expresión 4.1 Véase también la figura 4.1.

$$F_{wa} = \frac{1}{2} k \rho_{wa} h b v_{wa}^2 \quad (4.1)$$

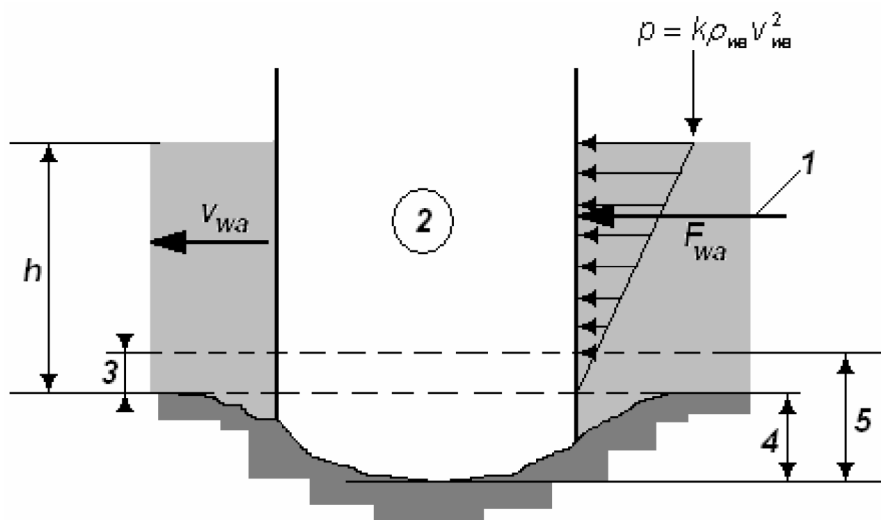
donde

v_{wa} es el valor de la velocidad media del agua promediada en la profundidad, en m/s;

ρ_{wa} es la densidad del agua, en kg/m³;

h es la profundidad del agua, sin incluir la profundidad de socavación, en m;

- b es la anchura media del objeto, en m;
 k es el factor de forma, donde
 $k = 1,44$ para objetos de sección transversal horizontal cuadrada o rectangular, y
 $k = 0,70$ para objetos de sección transversal horizontal circular.



Leyenda

- 1 Presión debida a la corriente
 2 Objeto
 3 Profundidad de socavación general.
 4 Profundidad de socavación local
 5 Profundidad total de socavación.

Figura 4.1 – Presión y fuerza debidas a corrientes

NOTA 1 Se puede usar F_{wa} para comprobar la estabilidad de pilas de puente, encofrados, etc. Podría utilizarse una formulación más precisa para determinar F_{wa} en cada proyecto particular.

NOTA 2 Puede tenerse en cuenta el efecto de la socavación para el diseño cuando proceda. Véanse el punto (12) del apartado 3.1 y los apartados 1.5.2.3 y 1.5.2.4.

(5) La posible acumulación de maleza se debería representar, cuando proceda, por una fuerza F_{deb} (N) y calculada para un objeto rectangular (por ejemplo un encofrado) empleando, por ejemplo, la siguiente ecuación:

$$F_{deb} = k_{deb} A_{deb} v_{wa}^2 \quad (4.2)$$

donde

- k_{deb} es el parámetro para la densidad de la maleza, en kg/m^3 .
 v_{wa} es la velocidad media para el agua promediada en la profundidad, en m/s.
 A_{deb} es el área de obstrucción producida por la maleza atrapada y la cimbra, en m^2 .

NOTA 1 La ecuación 4.2 se puede ajustar para cada proyecto particular, teniendo en cuenta las condiciones específicas del entorno.

NOTA 2 El valor recomendado para k_{deb} es 666 kg/m^3 .

(6) Se deberían considerar las acciones debidas al hielo, incluyendo hielo flotante, cuando sea relevante.

NOTA 1 Las acciones se pueden considerar como cargas repartidas y actuando en la dirección de la corriente iguales a los niveles de agua máximo y mínimo, tomando el que produzca el efecto más desfavorable.

NOTA 2 Las cargas y niveles de agua se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

(7) Las acciones debidas a la lluvia deberían tenerse en cuenta si la acumulación de agua puede producir, por ejemplo, drenaje inadecuado, imperfecciones en las superficies, deformaciones o fallos en sistemas de desagüe.

4.10 Acciones debidas al hielo atmosférico

(1)P Las acciones debidas al efecto del viento atmosférico se deben tener en cuenta cuando sea relevante.

NOTA Los valores representativos de estas acciones se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Se pueden encontrar recomendaciones en las Normas EN 1993-3 e ISO 12494.

4.11 Cargas de construcción

4.11.1 Generalidades

(1) Las cargas de construcción (Q_c) se pueden representar para las situaciones de proyecto correspondientes (véase la Norma EN 1990), bien como una única acción variable o, cuando proceda, como diferentes tipos agrupadas y aplicadas como una única acción variable. Se debería considerar que las cargas de construcción individuales o agrupadas actúan, cuando sea apropiado, simultáneamente con otras cargas diferentes a las de construcción.

NOTA 1 Véanse las Normas EN 1990 y EN 1991 para obtener recomendaciones de aplicación sobre la simultaneidad de cargas de construcción y cargas de diferente origen.

NOTA 2 Los grupos de cargas a considerar dependen de cada proyecto particular.

NOTA 3 Véase también la tabla 2.2.

(2) Las cargas de construcción a considerar se indican en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 – Representación de las cargas de construcción

Cargas de Construcción (Q_c)				
Acciones			Representación	Notas y observaciones
Tipo	Símbolo	Descripción		
Personal y herramientas de mano	Q_{ca}	Personal de obra, plantilla y visitantes, posiblemente con herramientas de mano y otros equipos ligeros	Representada como carga uniformemente distribuida, q_{ca} , y aplicada de forma que se obtenga el efecto más desfavorable	<p>NOTA 1 El valor característico $q_{ca,k}$ de la carga uniformemente distribuida se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.</p> <p>NOTA 2 El valor recomendado es $1,0 \text{ kN/m}^2$. Véase también el apartado 4.11.2</p>

Cargas de Construcción (Q_c)				
Acciones			Representación	Notas y observaciones
Tipo	Símbolo	Descripción		
Acopio de material móvil	Q_{cb}	Acopio de material móvil, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> – elementos prefabricados, material de construcción y – equipos. 	Representada como una acción libre, y debería representarse como: <ul style="list-style-type: none"> – una carga uniformemente repartida q_{cb}. – una carga concentrada F_{cb} 	<p>NOTA 3 Los valores característicos de la carga uniformemente repartida y de la carga concentrada se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Para puentes se recomiendan los siguientes valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> – $q_{cb,k} = 0,2 \text{ kN/m}^2$ – $F_{cb,k} = 100 \text{ kN}$ <p>donde $F_{cb,k}$ se puede aplicar sobre un área nominal para el cálculo de los detalles constructivos.</p> <p>Para los valores de las densidades de los materiales, véase la Norma EN 1991-1-1</p>
Equipamiento no permanente	Q_{cc}	Equipos no permanentes listos para su uso durante la ejecución, o bien: <ul style="list-style-type: none"> – estática (por ejemplo paneles de encofrado, andamiaje, cimbra, maquinaria, contenedores); o – durante el movimiento (por ejemplo encofrado deslizante, vigas de lanzamiento, nariz de corrimiento, contrapesos). 	Representada como carga libre, y debería representarse como: <ul style="list-style-type: none"> – una carga uniformemente repartida q_{cc} 	<p>NOTA 4 Estas cargas pueden definirse para el proyecto particular usando la información proporcionada por el suministrador. A no ser que haya disponible información más precisa, las cargas pueden modelarse con una carga uniformemente repartida con un valor característico mínimo recomendado de $q_{cc,k} = 0,5 \text{ kN/m}^2$.</p> <p>Se dispone de un rango de códigos de diseño de CEN; por ejemplo, véase la Norma EN 12811, y para el diseño de encofrados y cimbras, véase la Norma EN 12812.</p>
Maquinaria y equipos pesados móviles	Q_{cd}	Maquinaria y equipos pesados móviles, habitualmente con ruedas o vías (por ejemplo, grúas, elevadores, vehículos, carretillas elevadoras, instalaciones eléctricas, gatos, dispositivos de elevación pesados)	Debería representarse según la información dada en las partes relevantes de la Norma EN 1991, a no ser que se especifique de otro modo.	<p>La información para la determinación de las acciones producidas a los vehículos puede encontrarse en la Norma EN 1991-2, si no se define en la especificación del proyecto.</p> <p>La información para la determinación de las acciones relativas a las grúas se da en la Norma EN 1991-3.</p>
Acumulación de material de deshecho	Q_{ce}	La acumulación de material de deshecho (por ejemplo materiales de construcción excedentes, suelos excavados o material de demolición).	Se tiene en cuenta considerando los posibles efectos de masa en elementos horizontales, inclinados y verticales (como paredes).	<p>NOTA 5 Estas cargas pueden variar significativamente y en cortos periodos de tiempo, dependiendo en los tipos de materiales, las condiciones climáticas, el ritmo de acumulación y demolición, por ejemplo.</p>

Cargas de Construcción (Q_c)				
Acciones			Representación	Notas y observaciones
Tipo	Símbolo	Descripción		
Cargas de partes de una estructura en fase temporal	Q_{cf}	Las cargas de partes de una estructura en fase temporal (en ejecución) antes de que actúen las acciones de proyecto finales (por ejemplo las cargas de operaciones de elevación)	Se tiene en cuenta y representa de acuerdo con las secuencias de ejecución previstas, incluyendo las consecuencias de esas secuencias (por ejemplo los efectos de las cargas y las reacciones a las cargas, debidas a procesos particulares de construcción, como montaje)	Véase también el apartado 4.11.2 para cargas adicionales debidas al hormigón fresco

(3)P Los valores característicos de cargas de construcción, incluyendo las componentes verticales y horizontales cuando proceda, se deben determinar conforme a los requisitos técnicos para la ejecución de las obras y los requisitos de la Norma EN 1990.

NOTA 1 Los valores recomendados para los factores ψ de las cargas de construcción se recogen en el anexo A1 de esta norma para edificios, y en el anexo A2 de la Norma EN 1990 para puentes.

NOTA 2 Puede ser necesario tener en cuenta otros tipos de cargas de construcción. Estas cargas se pueden definir individualmente para cada proyecto particular.

(4)P Las acciones horizontales resultantes de los efectos de las cargas de construcción deben determinarse y considerarse en el proyecto estructural de una estructura parcialmente acabada, así como para la estructura completa.

(5)P Cuando las cargas de construcción causan efectos dinámicos, estos efectos deben tenerse en cuenta.

NOTA Véase también el punto (10) del apartado 3.1 de esta norma y los anexos A1 y A2 de la Norma EN 1990.

4.11.2 Cargas de construcción durante el hormigonado

(1) Las acciones a considerar simultáneamente durante el hormigonado pueden incluir el personal y las herramientas de mano (Q_{ca}), encofrados y equipamiento no permanente (Q_{cc}) y el peso del hormigón fresco (el cual es un ejemplo de Q_{cf}), según el caso.

NOTA 1 Para la densidad del hormigón fresco, véase la tabla A.1 de la Norma EN 1991-1-1:2002.

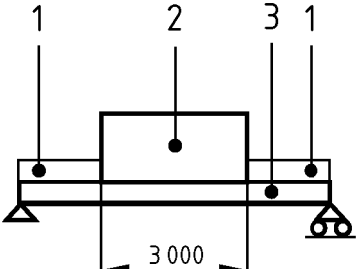
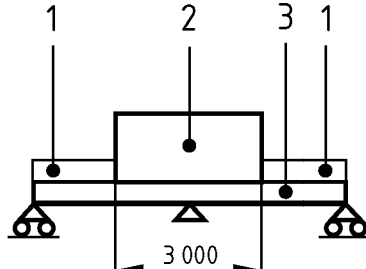
NOTA 2 Q_{ca} , Q_{cc} y Q_{cf} se pueden indicar en el anexo nacional.

NOTA 3 Los valores recomendados para las acciones debidas a las cargas de construcción durante el hormigonado (Q_{cf}) pueden tomarse de la tabla 4.2, y para el hormigón fresco de la tabla A.1 de la Norma EN 1991-1-1:2002. Puede ser necesario definir otros valores, por ejemplo, cuando se usen hormigones autonivelantes o productos prefabricados.

NOTA 4 Las cargas definidas en los puntos (1), (2) y (3) de la tabla 4.2, están posicionadas de tal modo que causen el efecto máximo, que puede ser o no ser simétrico.

Tabla 4.2 – Valores característicos recomendados para acciones debidas a las cargas de construcción durante el hormigonado

Acción	Área cargada	Carga en kN/m ²
(1)	Fuera del área de trabajo	0,75 correspondiente a Q_{ca}
(2)	Dentro del área de trabajo 3 m x 3 m (o la luz si es menor)	10% del peso propio del hormigón pero no menor que 0,75, ni mayor que 1,5 Incluye Q_{ca} y Q_{cf}
(3)	Área real	Peso propio del encofrado, el equipamiento no permanente (Q_{cc}) y el peso del hormigón fresco para el espesor de cálculo (Q_{cf})

(2) Se deberían tener en cuenta las acciones horizontales del hormigón fresco.

4.12 Acciones accidentales

(1)P Se deben tener en cuenta, cuando sea relevante, las acciones accidentales tales como el impacto de vehículos de construcción, grúas, equipos o materiales de construcción en movimiento (por ejemplo el vertido del hormigón fresco), y/o la rotura local o completa de elementos de soporte temporal, incluyendo sus efectos dinámicos, que puedan provocar el colapso de elementos estructurales portantes.

NOTA 1 Las concentraciones anormales de material o equipos de construcción en elementos estructurales portantes no se consideran acciones accidentales.

NOTA 2 Los efectos dinámicos se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. El valor recomendado para el coeficiente de mayoración dinámico es 2. En casos concretos, podría ser necesario un cálculo dinámico.

NOTA 3 Las acciones accidentales de grúas se pueden definir para cada proyecto particular. Véase también la Norma EN 1991-3.

(2) Se deberían tener en cuenta las acciones debidas a la caída de equipos en o desde una estructura, incluyendo su efecto dinámico, cuando sea relevante.

NOTA Los efectos dinámicos debidos a tales caídas de equipos se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

(3) La carga de impacto de origen humano se debería considerar como acción accidental, representada por una carga vertical cuasistática, cuando sea relevante.

NOTA El valor de cálculo de una fuerza de impacto de origen humano se puede definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. Como ejemplo se dan los siguientes valores:

- a) 2,5 kN aplicada sobre un área de 200 mm × 200 mm, para tener en cuenta los efectos de tropiezo.
- b) 6,0 kN aplicada sobre un área de 300 mm × 300 mm, para tener en cuenta los efectos de caída.

(4) Los efectos de las acciones descritas en los puntos (1), (2) y (3) anteriores se deberían evaluar para determinar el potencial movimiento inducido en la estructura, y el alcance y efecto de dicho movimiento se debería determinar, evaluando la posibilidad de un colapso progresivo.

NOTA Véase también la Norma EN 1991-1-7.

(5) Las acciones accidentales utilizadas para el cálculo de las situaciones de proyecto deberían tener en cuenta todos los cambios que se produzcan. Para asegurar que se aplican los criterios de diseño adecuados en todas las ocasiones, se deberían tomar medidas correctivas según avanza la obra.

(6) Se deberían tener en cuenta las acciones relacionadas con el fuego, cuando corresponda.

4.13 Acciones sísmicas

(1) Las acciones sísmicas se deberían determinar de acuerdo con la Norma EN 1998, teniendo en cuenta el periodo de referencia considerado para la situación transitoria.

(2) Se deberían definir los valores de cálculo de la aceleración del suelo y el factor de importancia γ .

NOTA El valor de cálculo de la aceleración del suelo y el factor de importancia γ se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

ANEXO A1 (Normativo)**REGLAS ADICIONALES PARA EDIFICIOS****A1.1 Estados límite últimos**

(1) Para situaciones de proyecto transitorias, accidentales y sísmicas, las verificaciones del estado límite último deberían basarse en combinaciones de acciones aplicando los coeficientes parciales γ_F y los factores ψ apropiados.

NOTA 1 Para los valores de γ_F y ψ apropiados, véase el anexo A1 de la Norma EN 1990.

NOTA 2 Los valores representativos de la acción variable debido a las cargas de construcción pueden definirse en el anexo nacional, con un rango recomendado entre $\psi_0 = 0,6$ y $1,0$. El valor recomendado de ψ_0 es $1,0$. El mínimo valor recomendado de ψ_2 es $0,2$ y se recomienda no utilizar valores menores que $0,2$.

NOTA 3 ψ_1 no es aplicable a cargas de construcción durante la ejecución.

A1.2 Estados límite de servicio

(1) Para la verificación de los estados límite de servicio, las combinaciones de acciones a tener en cuenta deberían ser las combinaciones característica y cuasipermanente, tal y como se definen en la Norma EN 1990.

NOTA Para los valores recomendados de ψ véanse las notas 1 y 2 del capítulo A1.1.

A1.3 Acciones horizontales

(1)P Como consecuencia del punto (3) del apartado 4.11.1, se deben tener en cuenta las acciones horizontales resultantes de, por ejemplo, cargas de viento y efectos de las imperfecciones de desplome y deformaciones por desplome.

NOTA Véase también el apartado 4.7 y el punto (7) del apartado 3.5 de la Norma EN 1990:2002.

(2) Las acciones horizontales nominales (F_{hn}) se pueden aplicar sólo cuando tal método pueda quedar justificado de forma adecuada y razonable para cada caso particular. En tales casos, la fuerza horizontal nominal debería aplicarse en la posición que produzca los efectos más desfavorables, que no tiene por que corresponderse con los de las acciones verticales.

NOTA Los valores característicos de dichas fuerzas horizontales se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. El valor recomendado es un 3% de la fuerza vertical correspondiente a la combinación más desfavorable.

ANEXO A2 (Normativo)**REGLAS ADICIONALES PARA PUENTES****A2.1 Estados límite últimos**

(1) Para situaciones de proyecto transitorias, accidentales y sísmicas, deberían realizarse las verificaciones del estado límite último.

NOTA 1 Para los valores de γ_F y ψ apropiados, véase el anexo A2 de la Norma EN 1990.

A2.2 Estados límite de servicio

(1) Para la verificación de los estados límite de servicio, el factor de combinación de acciones γ_F debería tomarse como 1,0 a no ser que se especifique lo contrario en las Normas EN 1991 a EN 1999. Para los factores ψ deberían tomarse los valores especificados en el anexo A2 de la Norma EN 1990.

A2.3 Valores de cálculo de deformaciones

(1) Para puentes empujados, se deberían definir los valores de cálculo de las deformaciones verticales (véase la figura A2.1).

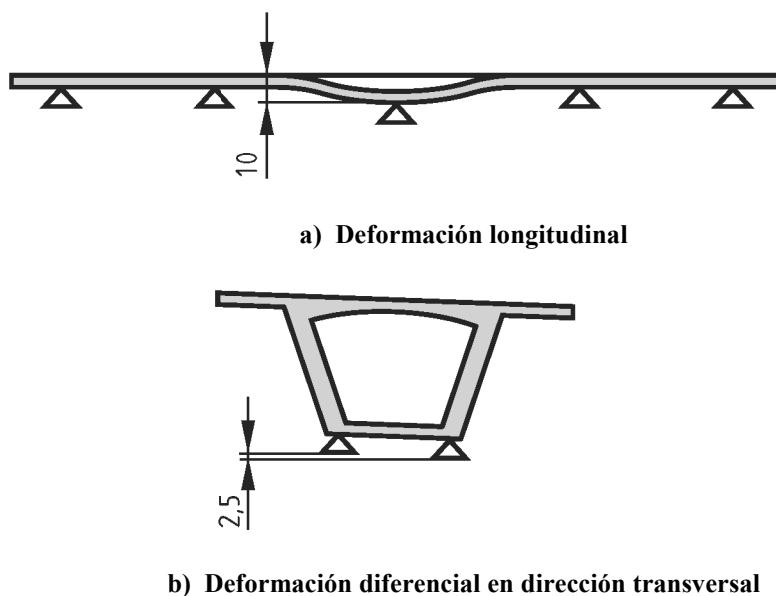


Figura 2.1 – Deformaciones de los apoyos durante la construcción de puentes por el procedimiento de empuje del tablero

NOTA 1 Los valores de cálculo de la deformación vertical se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. El valor recomendado es:

- ± 10 mm longitudinalmente para un apoyo, los otros apoyos se suponen a la cota teórica (figura A2.1 a);
- $\pm 2,5$ mm en dirección transversal para un apoyo, los otros apoyos se suponen a la cota teórica (figura A2.1 b);

NOTA 2 Las deformaciones en las direcciones longitudinal y transversal se consideran de forma independiente.

A2.4 Cargas de nieve

(1) La carga de nieve en puentes durante la ejecución debería basarse en los valores especificados en la Norma EN 1991-1-3 teniendo en cuenta el periodo de retorno requerido (véase el capítulo 3).

(2) Cuando se requiere por el proyecto la limpieza de la nieve (incluyendo fines de semana y vacaciones) y se proporcionen medidas seguras para esta limpieza, se debería reducir la carga característica de nieve respecto al valor especificado en la Norma EN 1991-1-3 para la situación final.

NOTA La reducción se puede definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular. El valor característico recomendado es en un 30% del valor característico en la situación de proyecto permanente.

(3) Para la verificación del estado de equilibrio estático (EQU), y cuando esté justificado por las condiciones climáticas y previsto durante las fases de construcción, se podría suponer la carga de nieve característica como uniformemente repartida en las áreas dando lugar a una acción de efecto desfavorable que debería ser igual al $x\%$ del valor característico para la situación de proyecto permanente resultante de EN 1991-1-3.

NOTA Las condiciones de aplicación de esta regla y el valor del porcentaje reducido ($x\%$) se pueden definir en el anexo nacional. El valor recomendado para x es 75%.

A2.5 Cargas de construcción

(1) Para puentes empujados, las fuerzas horizontales debidas al rozamiento deberían determinarse y aplicarse entre la estructura del puente, los apoyos y las estructuras portantes, considerando los efectos dinámicos, cuando sea apropiado.

(2) Se debería evaluar el valor de cálculo del total de la fuerza horizontal de rozamiento, que no debería ser menor del $x\%$ de las cargas verticales, y debería determinarse para producir los efectos más desfavorables.

NOTA El valor de $x\%$ se puede especificar en el anexo nacional. El valor recomendado es 10%.

(3) Las fuerzas de rozamiento horizontal en cada pila se deberían determinar mediante los coeficientes de rozamiento apropiados $\mu_{\min.}$ y $\mu_{\max.}$

NOTA 1 Los coeficientes de rozamiento $\mu_{\min.}$ y $\mu_{\max.}$ se pueden definir en el anexo nacional correspondiente o para cada proyecto particular.

NOTA 2 A falta de valores más precisos disponibles mediante ensayo de desplazamiento en superficies de bajo rozamiento (por ejemplo teflones) los valores recomendados son los siguientes:

$$\mu_{\min.} = 0$$

$$\mu_{\max.} = 0,04$$

ANEXO B (Informativo)**ACCIONES EN ESTRUCTURAS DURANTE SU MODIFICACIÓN,
RECONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN**

- (1) Los valores característicos y otros valores representativos de las acciones deberían determinarse de acuerdo con la Norma EN 1990.
- (2) El comportamiento real de las estructuras deterioradas debería tenerse en cuenta en la verificación de los estados de reconstrucción o demolición. Se deberían investigar las condiciones estructurales para permitir la identificación de la capacidad resistente de la estructura y prevenir comportamientos impredecibles durante la reconstrucción.
- (3) En el capítulo 4 se incluye una guía sobre las acciones más comunes y los métodos para su determinación. Sin embargo, algunas cargas de construcción durante la reconstrucción y demolición podrían tener diferentes características y representaciones de las indicadas en las tablas 2.2 y 4.1. Los efectos de dichas cargas en todas las estructuras relevantes durante las situaciones de proyecto transitorias deberían ser verificadas y tenidas en cuenta.
- (4) Las combinaciones de acciones para varias situaciones de proyecto deberían ser las indicadas en la Norma EN 1990 y sus anexos A1 y A2.
- (5) A no ser que se tenga información más específica, se pueden emplear para el dimensionamiento en situaciones de proyecto transitorias los valores del factor ψ recomendados para edificios en el anexo A1 de esta norma y de la Norma EN 1990, y para puentes en el anexo A2 de la Norma EN 1990.
- (6) Se deberían considerar todas las sobrecargas, incluyendo cargas de tráfico, si parte de la estructura permanece en servicio durante su reconstrucción o demolición parcial. Estas cargas pueden variar durante diferentes estados transitorios. Las cargas de tráfico deberían incluir, por ejemplo, las fuerzas de impacto y cargas horizontales transmitidas por vehículos, o acciones de viento en vehículos, y efectos aerodinámicos creados por el paso de vehículos o trenes, cuando sea relevante.
- (7) No se debería realizar una reducción de la carga de tráfico de su valor de cálculo a no ser que la estructura sea monitorizada y supervisada de forma apropiada.
- (8) La fiabilidad de parte de la estructura existente o de partes de la estructura en reconstrucción, demolición parcial o completa debería ser consistente con las hipótesis consideradas en los Eurocódigos para estructuras finalizadas o partes de las estructuras.
- (9) Las acciones debidas a las obras no deberían perjudicar a las estructuras cercanas, por ejemplo, eliminando o generando cargas impuestas que puedan causar inestabilidad.
- (10) Las cargas de construcción específicas para la reconstrucción o demolición deberían determinarse teniendo en cuenta, por ejemplo, métodos y distribuciones de acopio de materiales, las técnicas usadas durante la reconstrucción o demolición, los procedimientos constructivos particulares y las fases constructivas. Las cargas durante la reconstrucción o demolición podrían incluir también los efectos de acopio de elementos eliminados o demolidos, incluyendo acciones horizontales.
- (11) Los efectos dinámicos deberían tenerse en cuenta donde se pueda anticipar que las actividades de la reconstrucción o demolición pueden causar tales efectos.

BIBLIOGRAFÍA

EN 1337 *Structural bearings.*

EN 12811 *Temporary Works equipment.*

EN 12812 *Falsework. Performance requirements and general design.*

ISO 12494 *Atmospheric Icing of Structures.*

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032