

CAPÍTULO III. ACCIONES

Artículo 9.º Clasificación de acciones

Las acciones a considerar en el proyecto de una estructura o elemento estructural se pueden clasificar según los criterios siguientes:

- Clasificación por su naturaleza.
- Clasificación por su variación en el tiempo.
- Clasificación por su variación en el espacio.

9.1. Clasificación de las acciones por su naturaleza

Las acciones se pueden clasificar según su naturaleza en los siguientes grupos:

Acciones directas. Son aquellas que se aplican directamente sobre la estructura. En este grupo se incluyen el peso propio de la estructura, las restantes cargas permanentes, las sobrecargas de uso, etc.

Acciones indirectas. Son aquellas deformaciones o aceleraciones impuestas capaces de dar lugar a esfuerzos. En este grupo se incluyen los efectos debidos a la temperatura, asentos de la cimentación, desplazamientos impuestos, acciones sísmicas, etc.

9.2. Clasificación de las acciones por su variación en el tiempo

Las acciones se pueden clasificar por su variación en el tiempo en los siguientes grupos:

Acciones Permanentes (G). Son aquellas que actúan en todo momento y son constantes en magnitud y posición. Dentro de este grupo se engloban el peso propio de la estructura, de solados y pavimentos, de accesorios e instalaciones fijas, etc.

Acciones Permanentes de Valor no Constante (G^*). Son aquellas que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante y varía de forma monótona, como por ejemplo, movimientos diferidos de la cimentación.

Acciones Variables (Q). Son aquellas cuyo valor varía frecuentemente a lo largo del tiempo, de forma no monótona. Dentro de este grupo se incluyen sobrecargas de uso, acciones climáticas, acciones debidas al proceso constructivo, etc.

Acciones Accidentales (A). Son aquellas cuya probabilidad de actuación a lo largo de la vida útil de la estructura es pequeña pero tienen una magnitud importante. En este grupo se incluyen las acciones debidas a impactos, explosiones, etc. Los efectos sísmicos pueden considerarse de este tipo.

La acción de incendio se entiende como situación accidental de proyecto y se analiza en el Capítulo XII de esta Instrucción.

Comentarios

Una acción que varía de forma monótona es aquella cuya variación se produce siempre en un único sentido, tendiendo a un valor límite.

Aquellos aspectos relativos a la consideración de la acción sísmica en el proyecto de estructuras de acero se tratan en el Capítulo XIII de esta Instrucción

9.3. Clasificación de las acciones por su variación en el espacio

Las acciones se pueden clasificar según su variación en el espacio en los siguientes grupos:

Acciones fijas. Son aquellas que se aplican siempre en la misma posición. Dentro de este grupo se incluyen básicamente las acciones debidas al peso propio de los elementos estructurales y funcionales.

Acciones libres. Son aquellas cuya posición puede ser variable en la estructura. Dentro de este grupo se incluyen, por ejemplo, las sobrecargas de uso.

Artículo 10.º Valores característicos de las acciones

10.1. Generalidades

El valor característico de una acción es su valor de referencia a efectos de proyecto. Puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal o, en los casos en que se fije mediante criterios estadísticos, por un valor correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un período de referencia, que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la acción.

10.2. Valores característicos de las acciones permanentes

Para las acciones permanentes en las cuales se prevean dispersiones importantes, o en aquellas que puedan tener una cierta variación durante el período de servicio de la estructura, tales como balasto, pavimento, solados, se tomarán los valores característicos superior e inferior. En caso contrario es suficiente adoptar un único valor.

En general, para el peso propio de la estructura se adoptará como valor característico un único valor deducido de las dimensiones nominales y de los pesos específicos nominales. Para los productos de acero se tomará el siguiente valor del peso específico:

Acero: 78,5 kN/m³

Artículo 11.º Valores representativos de las acciones

El valor representativo de una acción es el valor de la misma utilizado para la comprobación de los estados límite.

Una misma acción puede tener uno o varios valores representativos, según sea su tipo.

El valor representativo de una acción es su valor característico F_k o éste afectado por un coeficiente ψ_i de simultaneidad.

$$\Psi_i F_k$$

Como valores característicos de las acciones se tomarán los indicados en las Instrucciones o Normas de acciones vigentes.

Comentarios

En general, para las acciones permanentes, el valor representativo es el valor característico.

Para las acciones variables, dependiendo del tipo de estructura y de las cargas consideradas, pueden existir los siguientes valores representativos:

- a) Valor de combinación $\psi_0 Q_k$. Es el valor representativo de las acciones variables que actúan simultáneamente con otra acción variable, considerada ésta como determinante, en las combinaciones poco probables.
- b) Valor frecuente $\psi_1 Q_k$. Es el valor representativo de la acción variable que sólo es sobrepasado durante períodos de corta duración respecto de la vida útil de la estructura.
- c) Valor cuasipermanente $\psi_2 Q_k$. Es el valor representativo de la acción variable que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la estructura.

En general, para las acciones accidentales, el valor representativo es el valor característico.

Para la comprobación frente a ciertos estados límite, como por ejemplo fatiga y vibraciones, puede ser necesario el empleo de otros valores representativos.

Salvo que las Instrucciones o Normas de acciones vigentes indiquen lo contrario se adoptarán para los coeficientes ψ_i de simultaneidad los valores recogidos en las tablas 11.a, 11.b, 11.c y 11.d.

Tabla 11.a

Coefficientes de simultaneidad para las sobrecargas de uso en edificios

USO DEL ELEMENTO	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Zonas residenciales y domésticas	0,7	0,5	0,3
Zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Zonas de reunión	0,7	0,7	0,6
Zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8
Zonas de tráfico, peso del vehículo ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Zonas de tráfico, 30 kN < peso del vehículo ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Cubiertas no accesibles	0,0	0,0	0,0

Tabla 11.b

Coefficientes de simultaneidad para la acción de la nieve

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Edificios emplazados a una altitud $H > 1000$ metros sobre el nivel del mar	0,7	0,5	0,2
Edificios emplazados a una altitud $H \leq 1000$ metros sobre el nivel del mar	0,5	0,2	0,0

Tabla 11.c

Coefficientes de simultaneidad para la acción del viento

Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
0,6	0,2	0,0

Tabla 11.d

Coefficientes de simultaneidad para la acción térmica

Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
0,6	0,5	0,0

Artículo 12.º Valores de cálculo de las acciones

Se define como valor de cálculo de una acción el obtenido como producto del valor representativo (Artículo 11º) por un coeficiente parcial de seguridad.

$$F_d = \gamma_f \Psi_i F_k$$

donde:

F_d Valor de cálculo de la acción F.

γ_f Coeficiente parcial de seguridad de la acción considerada.

12.1. Estados límite últimos

Como coeficientes parciales de seguridad de las acciones para las comprobaciones de los estados límite últimos se adoptan los valores de la tabla 12.1, siempre que las Instrucciones correspondientes de acciones no establezcan otros criterios.

Tabla 12.1

Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados límite últimos

TIPO DE ACCIÓN	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	-	-	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

En general, para las acciones permanentes, la obtención de su efecto favorable o desfavorable se determina ponderando todas las acciones del mismo origen con el mismo coeficiente, indicado en la tabla 12.1.

Cuando los resultados de una comprobación sean muy sensibles a las variaciones de la magnitud de la acción permanente, de una parte a otra de la estructura, las partes favorable y desfavorable de dicha acción se considerarán como acciones individuales. En particular, esto se aplica en la comprobación del estado límite de equilibrio en el que para la parte favorable se adoptará un coeficiente $\gamma_G = 0,9$ y para la parte desfavorable se adoptará un coeficiente $\gamma_G = 1,1$, para situaciones de servicio, ó $\gamma_G = 0,95$ para la parte favorable y $\gamma_G = 1,05$ para la parte desfavorable, para situaciones de construcción.

Comentarios

Para el proyecto de puentes de carretera se tendrán en cuenta los criterios establecidos por la Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras (IAP).

El efecto estructural producido por deformaciones impuestas depende, de forma directa y significativa, de las condiciones de rigidez de la estructura y de la capacidad de ésta para acomodar tales deformaciones impuestas. En general, para estructuras con suficiente ductilidad,

para estados avanzados de carga, como los correspondientes a los estados límite últimos, los esfuerzos podrán ser obtenidos mediante la aplicación de métodos de análisis no lineal, de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo V de esta Instrucción.

12.2. Estados límite de servicio

Como coeficientes parciales de seguridad de las acciones para las comprobaciones de los estados límite de servicio se adoptan los valores de la tabla 12.2.

Tabla 12.2

Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados límite de servicio

TIPO DE ACCIÓN	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Artículo 13.º Combinación de acciones

13.1. Principios generales

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecerán las posibles combinaciones de acciones. Una combinación de acciones consiste en un conjunto de acciones compatibles que se considerarán actuando simultáneamente para una comprobación determinada.

Cada combinación, en general, estará formada por las acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes. Cualquiera de las acciones variables puede ser determinante.

13.2. Estados límite últimos

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con las siguientes expresiones:

En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

En situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

Instrucción EAE. Capítulo III

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

$G_{k,j}$ Valor característico de las acciones permanentes

$G_{k,j}^*$ Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante

$Q_{k,1}$ Valor característico de la acción variable determinante

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$ Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable determinante

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ Valor representativo frecuente de la acción variable determinante

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ Valor representativo cuasipermanente de las acciones variables concomitantes con la acción variable determinante y la acción accidental, o con la acción sísmica

A_k Valor característico de la acción accidental

$A_{E,k}$ Valor característico de la acción sísmica

En las situaciones persistentes o transitorias, cuando la acción determinante $Q_{k,1}$ no sea obvia, se valorarán distintas posibilidades considerando diferentes acciones variables como determinantes.

En estructuras de edificación, simplificada, para las distintas situaciones de proyecto, podrán considerarse las siguientes combinaciones:

En situaciones persistentes o transitorias:

a) Combinación con una sola acción variable $Q_{k,1}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

b) Combinación con dos o más acciones variables

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} 0,9 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} 0,8 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

El estado límite último de fatiga, en el estado actual del conocimiento, supone comprobaciones especiales que dependen de los elementos a dimensionar (elementos estructurales, aceros de construcción, uniones, tornillos, etc.) y de los detalles constructivos. El dimensionamiento y la comprobación frente a fatiga se harán de acuerdo con lo recogido en el Capítulo XI de esta Instrucción.

Comentarios

La Normas Básicas de Acciones en la Edificación, en su versión actual, no definen ningún criterio de combinación directamente compatible con el método de los estados límite. Las simplificaciones definidas constituyen una referencia para este tipo de estructuras.

Las acciones variables de fatiga se definen generalmente como un modelo simplificado de la acción variable.

13.3. Estados límite de servicio

Para estos estados límite se consideran únicamente las situaciones de proyecto persistentes y transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con las siguientes expresiones:

Combinación poco probable

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasipermanente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En estructuras de edificación, simplificadaamente, para las distintas situaciones de proyecto, podrán considerarse las siguientes combinaciones:

Combinación poco probable o frecuente

a) Combinación con una sola acción variable $Q_{k,1}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

b) Combinación con dos o más acciones variables $Q_{k,i}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,9 \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasipermanente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,6 \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Comentarios

Las Normas Básicas de Acciones en la Edificación, en su versión actual, no definen ningún criterio de combinación directamente compatible con el método de los estados límite. Las simplificaciones definidas constituyen una referencia para este tipo de estructuras.