

ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMICOS

ÍNDICE

4. ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMICOS	3
4.1. GENERALIDADES.....	3
4.2. CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA	3
4.2.1. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA	3
4.3. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO.....	3
4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES	4
4.5. CONCLUSIONES	5

4. ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMICOS

4.1. GENERALIDADES

Se aplica la “Norma de Construcción Sismorresistente: puentes (NCSP-07)”, aprobada en el Real Decreto 637/2007 de 18 de mayo. Esta norma tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en la realización de los diferentes proyectos.

Durante la redacción de la presente Fase, la Dirección del Proyecto ha convenido con el Ayuntamiento de Sevilla, que los viales representados por los ejes 4, 5 y 6, así como el camino representado por el eje 39 y parte del camino representado por el eje 31 (zona entre pp.kk. 1+656 y 2+050), no formen parte del presente Proyecto. No obstante, en el Proyecto se incluirán datos relativos a las actuaciones relativas a estos ejes únicamente con carácter informativo (como la estructura E-1, entre otras), ya que las actuaciones relativas a los mismos no serán presupuestadas.

4.2. CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA

Según el apartado 2.8. de la Norma NCSP-07, no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones siguientes:

- Cuando la aceleración sísmica horizontal básica a_b del emplazamiento sea inferior a 0,04 g; siendo g la aceleración de la gravedad.
- Cuando la aceleración sísmica horizontal de cálculo a_c sea inferior a 0,04 g.

La Norma NCSP-07 considera que una aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g no genera solicitaciones peores que las demás hipótesis de carga, dada la diferencia de coeficientes de seguridad y de acciones simultáneas que deben considerarse con el sismo.

4.2.1. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA

El valor de la aceleración sísmica básica, expresada en relación al valor de la gravedad g , se fija para cada zona del territorio español por medio del mapa de peligrosidad sísmica que se incluye en el apartado 3.4. de la Norma NCSP-07 y cuyo listado por términos municipales para valores iguales o superiores a 0,04 g se recoge en el Anejo 1 de la citada norma. Este valor es característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un período de retorno de 500 años.

Tanto el citado mapa como el listado de términos municipales incluyen además el coeficiente K de contribución, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

En este caso, para el término municipal de Sevilla resulta:

$$a_b / g = 0,07 \quad K = 1,10$$

Se incluye a continuación el mapa de peligrosidad sísmica recogido en la NCSP-07.



Figura 1 Mapa sísmico

Por lo tanto, de acuerdo con los criterios de aplicación de la Norma de Construcción Sismorresistente: puentes (NCSP-07), por ser la aceleración sísmica horizontal básica superior al valor 0,04 g, es preceptiva su aplicación para este proyecto.

4.3. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La aceleración sísmica horizontal de cálculo, a_c , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

- a_b Aceleración sísmica básica, definida en el apartado 3.2 de este anejo.
- ρ Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Se obtiene como producto de dos factores:

$$\rho = \gamma_I \cdot \gamma_{II}$$

γ_I Factor de importancia, función de la importancia del puente, cuyo valor se recoge en el apartado 2.3 de la Norma NCSP-07:

- Para construcciones de importancia normal $\gamma_I = 1,0$
- Para construcciones de importancia especial $\gamma_I = 1,3$

γ_{II} Factor modificador para considerar un periodo de retorno diferente de 500 años. El producto $\rho \cdot a_b$ representa la aceleración sísmica horizontal correspondiente a un periodo de retorno P_R . A falta de un estudio probabilista de la peligrosidad sísmica en el emplazamiento del puente para deducir el valor de esa aceleración, de forma aproximada puede suponerse:

$$\gamma_{II} = (P_R / 500)^{0,4}$$

S Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g$ $S = \frac{C}{1,25}$

Para $0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g$ $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$

Para $0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b$ $S = 1,0$

C Coeficiente de terreno, definido en el apartado 3.2 de la Norma NCSP-07 en función de las características del terreno:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.

- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200$ m/s.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la tabla adjunta:

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

El coeficiente C correspondiente a un emplazamiento concreto dependerá de las características de los primeros 30 metros bajo la superficie. Para obtener su valor, se determinarán los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de los tipos de terreno I, II, III y IV, respectivamente, existentes en esos primeros 30 metros. Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i , en metros, mediante la expresión:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

El coeficiente C no contempla el posible colapso del terreno bajo la estructura durante el terremoto debido a la inestabilidad del terreno como en el caso de arcillas sensibles, densificación de suelos, hundimiento de cavidades subterráneas, movimientos de ladera, etc. Especialmente habrá de analizarse la posibilidad de licuación (o licuefacción) de los suelos susceptibles a la misma.

4.4. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES

Según el artículo 2.3 de la Norma NCSP-07, los puentes se clasificarán por su importancia en función de los daños que pueda ocasionar su destrucción, adoptando para ello la clasificación recogida en la "Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de carretera (IAP-11)".

Se distinguen las siguientes categorías:

1. Puentes de importancia moderada.

Se incluyen aquellos puentes con probabilidad despreciable de que su destrucción pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario u ocasionar daños económicos significativos a terceros.

2. Puentes de importancia normal.

Son aquellos cuya destrucción puede ocasionar víctimas o interrumpir un servicio necesario para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas sin que, en ningún caso, se trate de un servicio imprescindible, ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

Se incluyen en este grupo los pasos superiores, los pasos inferiores y las pequeñas obras de paso pertenecientes a carreteras de alta capacidad (autovías, autopistas y vías de conexión) y los puentes y viaductos ubicados en el resto de la red de carreteras.

3. Puentes de importancia especial.

Son aquellos cuya destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible, después de haber ocurrido un terremoto, o aumentar los daños del mismo por efectos catastróficos. En este grupo se incluyen al menos los siguientes:

- Puentes situados en accesos a:
 - Edificio sanitario, hospitales, clínicas.
 - Edificios de personal y equipos de ayuda, como cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas y parques de maquinaria.
 - Instalaciones básicas de las poblaciones, como depósitos de agua, gas, combustibles, estaciones de bombeo, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación.
 - Puertos y aeropuertos de Interés General del Estado.
 - Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones: radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas.
 - Edificaciones donde esté previsto albergar los centros de organización y coordinación en caso de un terremoto destructivo.
 - Parques de maquinaria o almacenes que alojen instrumental o maquinaria imprescindible para la ayuda inmediata.
 - Grandes presas y sus instalaciones vitales.
 - Edificios donde existan acumuladas materias tóxicas, inflamables, o explosivas.
 - Centrales nucleares o edificios donde se procesen materiales radiactivos.
- Puentes urbanos situados en arterias o vías principales.
- Puentes situados en accesos principales a núcleos urbanos.
- Puentes que por sus características estén comprendidos en la categoría 2) pero cuya destrucción, a juicio de la autoridad competente, ocasione daños muy importantes o afecte gravemente a algún servicio imprescindible.
- Puentes situados en la red de alta capacidad (autovías, autopistas vías de conexión y vías rápidas) de la red de carreteras que no estén incluidos en la categoría 2).

En este caso particular se considera que todos los viaductos son de importancia especial mientras que serán de importancia normal el resto de estructuras.

4.5. CONCLUSIONES

Siendo la aceleración básica para la localidad de Sevilla igual al valor de 0,07-g, será obligatorio considerar la acción sísmica para el diseño.

La aceleración sísmica de cálculo de las estructuras es la reflejada en la última columna de la tabla.

Los valores obtenidos para cada una de las estructuras se resumen en las siguientes tablas según los datos aportados por geotecnia:

	TIPO IV	TIPO III	TIPO II	TIPO I
ESTRUCTURA	c = 2.0	c = 1.6	c = 1.3	c = 1.0
Estructura 1	0.0 m	26.0 m	4.0 m	0.0 m
Estructura 2	0.0 m	26.0 m	4.0 m	0.0 m
Estructura 3	0.0 m	26.0 m	4.0 m	0.0 m
Estructura 4	0.0 m	26.0 m	4.0 m	0.0 m
Señalización	0.0 m	26.0 m	4.0 m	0.0 m

500 años

ESTRUCTURA	c	γ_I	γ_{II}	Municipio	a_b	a_c
Estructura 1	1.560	1.00	1.00	SEVILLA	0.07 g	0.087 g
Estructura 2	1.560	1.30	1.00		0.07 g	0.1136 g
Estructura 3	1.560	1.00	1.00		0.07 g	0.0874 g
Estructura 4	1.560	1.00	1.00		0.07 g	0.0874 g
Señalización	1.560	1.00	1.00		0.07 g	0.0874 g