

# ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMICOS

## ÍNDICE

4. ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMICO .....	3
4.1. INTRODUCCIÓN .....	3
4.2. CRITERIOS DE APLICACIÓN .....	3
4.3. ACCIONES SÍSMICAS .....	3
4.3.1. ACCELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO .....	3
4.3.2. CONDICIONES DEL TERRENO .....	4
4.4. CONCLUSIONES .....	6

## 4. ANEJO Nº 4. EFECTOS SÍSMISCO

### 4.1. INTRODUCCIÓN

En este Anejo se determina la aceleración sísmica de cálculo del Proyecto de acuerdo con UNE-EN 1998-1 (Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación).

En los cálculos desarrollados se ha tenido en cuenta, además, la Propuesta de Anejo Nacional AN/UNE-EN 1998-1 y la "Guía para el proyecto sísmico de puentes de carretera" publicada por la Dirección General de Carreteras en 2019.

### 4.2. CRITERIOS DE APLICACIÓN

Según el apartado 3.2.1(5) de la UNE-EN 1998-1 no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas para zonas de muy baja sismicidad, cuyo umbral de acuerdo con el Anexo Nacional es  $a_{gR} < 0,04 \cdot g$ , siendo  $a_{gR}$  la aceleración (horizontal) pico de referencia en terreno tipo A (roca) definida en el apartado AN.5 del Anejo Nacional.

### 4.3. ACCIONES SÍSMICAS

#### 4.3.1. ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO

Para la definición de la acción sísmica el apartado 3.2.1(P) de UNE-EN 1998-1 requiere que los territorios queden divididos por las administraciones nacionales en zonas sísmicas en función de la peligrosidad sísmica, que será constante en cada zona. Estas zonas quedan caracterizadas por la aceleración máxima del suelo (PGA) referida a un terreno de tipo A (roca),  $a_{gR}$ . Esta aceleración corresponde a un periodo de retorno  $T_{NCR}$  para el sismo asociado al requisito de no colapso adoptado por las administraciones nacionales.

El Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1 define la peligrosidad sísmica en cada punto del terreno nacional, en una malla de puntos separados 0,1 grados en coordenadas geodésicas de longitud y latitud. Las coordenadas correspondientes al emplazamiento de las estructuras del proyecto son los siguientes:

Zona	Estructura	Latitud	Longitud
ENLACE	E-1	42.570852°	-6.752930°
ENLACE	E-2	42.571408°	-6.752223°
ENLACE	E-3	42.571250°	-6.753700°
ENLACE	E-4	42.565165°	-6.761641°

Zona	Estructura	Latitud	Longitud
ENLACE	E-5	42.562855°	-6.765852°
ENLACE	E-6	42.562601°	-6.765887°
ENLACE	ODT 0.1	42.568233°	-6.765119°
ENLACE	ODT 0.4	42.563269°	-6.764902°
TRONCO	PI-1+ODT	42.558211°	-6.772775°
TRONCO	PI-2+ODT	42.555180°	-6.775234°
TRONCO	PI-3+ODT	42.552086°	-6.777800°
TRONCO	CERCHA 1	42.549754°	-6.779418°
TRONCO	PS-1	42.548586°	-6.780225°
TRONCO	PI-4	42.544139°	-6.782159°
TRONCO	PI-5	42.543228°	-6.782337°
TRONCO	VIADUCTO 1 BURBIA	42.540914°	-6.782840°
TRONCO	VIADUCTO 2 BURBIA	42.540897°	-6.782630°
TRONCO	ODT 3.3	42.533941°	-6.786151°
TRONCO	PI-6+ODT	42.531944°	-6.786610°
TRONCO	VIADUCTO 3	42.527406°	-6.791717°
TRONCO	PI-7+ODT	42.526145°	-6.795200°
TRONCO	PS-2	42.524503°	-6.797017°
TRONCO	PI-8	42.523383°	-6.798897°
TRONCO	PI-9	42.522625°	-6.804384°
TRONCO	PI-10	42.522253°	-6.805540°
TRONCO	PI-11	42.520446°	-6.808843°

Zona	Estructura	Latitud	Longitud
TRONCO	MURO MU-1	42.546175°	-6.781775°
TRONCO	MURO MU-2	42.544636°	-6.781786°
TRONCO	MURO MU-3	42.544358°	-6.783043°
TRONCO	MURO MU-4	42.535218°	-6.784651°
TRONCO	MURO MU-5	42.531989°	-6.786439°
TRONCO	MURO MU-6	42.527075°	-6.792697°
TRONCO	MURO MU-7	42.526090°	-6.794994°
TRONCO	MURO MU-8	42.523051°	-6.799499°
TRONCO	MURO MU-9	42.522828°	-6.799794°
TRONCO	MURO MU-10	42.522600°	-6.802572°

Zona	Estructura	Latitud	Longitud
TRONCO	MURO MU-11	42.522832°	-6.803820°
TRONCO	MURO MU-12	42.522479°	-6.803801°
TRONCO	MURO MU-13	42.521589°	-6.805208°
TRONCO	MURO MU-14	42.522120°	-6.806193°
TRONCO	MURO MU-15	42.521831°	-6.805915°
TRONCO	MURO MU-16	42.520286°	-6.808921°

De acuerdo con el Anejo AN.5 del Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1 los valores de *aceleración horizontal pico de referencia en suelo tipo A* ( $a_{gR}$ ) y el *coeficiente de contribución de la zona Azores-Gibraltar* (K) correspondientes al emplazamiento de las estructuras del proyecto son los siguientes:

Zona	Estructura	$a_{gR}$	K
ENLACE	E-1	0,046	1,00
ENLACE	E-2	0,046	1,00
ENLACE	E-3	0,046	1,00
ENLACE	E-4	0,046	1,00
ENLACE	E-5	0,046	1,00
ENLACE	E-6	0,046	1,00
ENLACE	ODT 0,1	0,046	1,00
ENLACE	ODT 0,4	0,046	1,00
TRONCO	PI-1+ODT	0,046	1,00
TRONCO	PI-2+ODT	0,046	1,00
TRONCO	PI-3+ODT	0,046	1,00
TRONCO	CERCHA 1	0,046	1,00
TRONCO	PS-1	0,046	1,00
TRONCO	PI-4	0,046	1,00
TRONCO	PI-5	0,046	1,00
TRONCO	VIADUCTO 1 BURBIA	0,046	1,00
TRONCO	VIADUCTO 2 BURBIA	0,046	1,00
TRONCO	ODT 3.3	0,046	1,00
TRONCO	PI-6+ODT	0,046	1,00
TRONCO	VIADUCTO 3	0,046	1,00
TRONCO	PI-7+ODT	0,046	1,00
TRONCO	PS-2	0,046	1,00
TRONCO	PI-8	0,046	1,00

Zona	Estructura	$a_{gR}$	K
TRONCO	PI-9	0,047	1,00
TRONCO	PI-10	0,047	1,00
TRONCO	PI-11	0,047	1,00

Zona	Estructura	$a_{gR}$	K
TRONCO	MURO MU-1	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-2	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-3	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-4	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-5	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-6	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-7	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-8	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-9	0,046	1,00
TRONCO	MURO MU-10	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-11	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-12	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-13	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-14	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-15	0,047	1,00
TRONCO	MURO MU-16	0,047	1,00

#### 4.3.2. CONDICIONES DEL TERRENO

El terreno se clasifica en función de su capacidad de producir la amplificación del movimiento sísmico que se produzca en la roca, lo que depende del espesor de suelos superficiales y de la velocidad media de propagación de las ondas sísmicas transversales. La tabla 3.1 de UNE-EN 1998-1 considera los seis tipos de terreno que se reproducen en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Tipos de terreno (tabla 3.1 de UNE-EN 1998-1)**

Tipo de terreno	Descripción del perfil estratigráfico	Parámetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	NSPT (golpes/30 cm)	Cu (kPa)
A	Roca u otra formación geológica similar a roca, incluyendo como máximo 5 m de material más débil en la superficie.	> 800	-	-

Tipo de terreno	Descripción del perfil estratigráfico	Parámetros		
		V <sub>s,30</sub> (m/s)	NSPT (golpes/30 cm)	Cu (kPa)
B	Depósitos de arena muy densa, grava, o arcilla muy rígida, de al menos algunas decenas de metros de espesor, caracterizados por un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.	360 - 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de arena densa o de densidad de media a densa, grava o arcilla dura con espesor de algunas decenas a muchos centenares de metros	180 - 360	15 - 50	70-250
D	Depósitos de suelos sueltos a medios no cohesionados (con o sin algunas capas blandas cohesivas), o principalmente suelos cohesivos de rigidez débil a firme.	< 180	< 15	< 70
E	Un perfil de suelo constituido por una capa aluvial con valores de v <sub>s</sub> de tipo C o D y espesor variable entre 5 y 20 m, que yace sobre un material más rígido con v <sub>s</sub> > 800 m/s.			
S <sub>1</sub>	Depósitos que contienen una capa de al menos 10 m de espesor, de arcillas/aluviales blandos con alto índice de plasticidad (IP>40) y alto contenido en agua.	< 100		10-20
S <sub>2</sub>	Depósitos de suelos licuefactables, de arcillas sensibles o cualquier otro perfil de suelo no incluido en los tipos A – E o S <sub>1</sub> .			

El suelo se caracteriza a partir de la velocidad media de las ondas de corte v<sub>s,30</sub> (m/s). El subíndice 30 se refiere a que v<sub>s,30</sub> es la velocidad media de propagación de las ondas transversales en los primeros 30 m de profundidad. Esta velocidad media se obtiene a partir de las velocidades medidas en los distintos estratos v<sub>i</sub> y el espesor de cada estrato h<sub>i</sub>, utilizando la expresión (3.1) de UNE-EN 1998-1:

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

A continuación se muestra la clasificación del terreno para cada una de las estructura del proyecto según la velocidad del terreno definida en el Anejo Nº12 Geotecnia cimentación estructuras.

Zona	Estructura	Tipo de terreno	V <sub>s,30</sub> (m/s)	C
ENLACE	E-1	C	340	1,49
ENLACE	E-2	C	340	1,49
ENLACE	E-3	C	340	1,49

Zona	Estructura	Tipo de terreno	V <sub>s,30</sub> (m/s)	C
ENLACE	E-4	C	300	1,58
ENLACE	E-5	C	300	1,58
ENLACE	E-6	C	300	1,58
ENLACE	ODT 0.1	C	266	1,67
ENLACE	ODT 0.4	B	360	1,45
TRONCO	PI-1+ODT	C	302	1,57
TRONCO	PI-2+ODT	C	302	1,57
TRONCO	PI-3+ODT	C	302	1,57
TRONCO	CERCHA 1	C	350	1,47
TRONCO	PS-1	C	350	1,47
TRONCO	PI-4	C	335	1,50
TRONCO	PI-5	C	275	1,64
TRONCO	VIADUCTO 1 BURBIA	A/B	>1600	0,72
TRONCO	VIADUCTO 2 BURBIA	A/B	860	0,97
TRONCO	ODT 3.3	C	335	1,50
TRONCO	PI-6+ODT	C	313	1,55
TRONCO	VIADUCTO 3	A/B	>1600	0,72
TRONCO	PI-7+ODT	A/B	575	1,17
TRONCO	PS-2	A/B	>1600	0,72
TRONCO	PI-8	A/B	>1600	0,72
TRONCO	PI-9	C	345	1,48
TRONCO	PI-10	C	360	1,45
TRONCO	PI-11	C	360	1,45

Zona	Estructura	Tipo de terreno	V <sub>s,30</sub> (m/s)	C
TRONCO	MURO MU-1	C	350	1,47
TRONCO	MURO MU-2	C	335	1,50
TRONCO	MURO MU-3	B	556	1,18
TRONCO	MURO MU-4	C	290	1,60
TRONCO	MURO MU-5	C	313	1,55
TRONCO	MURO MU-6	A/B	1600	0,72
TRONCO	MURO MU-7	B	520	1,22
TRONCO	MURO MU-8	A/B	1600	0,72
TRONCO	MURO MU-9	A/B	1600	0,72

Zona	Estructura	Tipo de terreno	$V_{s,30}$ (m/s)	C
TRONCO	MURO MU-10	A/B	1600	0,72
TRONCO	MURO MU-11	C	354	1,46
TRONCO	MURO MU-12	C	354	1,46
TRONCO	MURO MU-13	B	350	1,47
TRONCO	MURO MU-14	C	354	1,46
TRONCO	MURO MU-15	C	354	1,46
TRONCO	MURO MU-16	B	393	1,39

#### 4.4. CONCLUSIONES

De acuerdo con el Anejo AN.5 (*Valores de aceleración horizontal pico de referencia en suelo tipo A y parámetro K*) del Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1 la **aceleración horizontal de referencia para el emplazamiento del Proyecto es  $a_{gR}=0,046\cdot g$  y  $a_{gR}=0,047\cdot g$**  y, en consecuencia, es obligatorio considerar la acción sísmica en el cálculo de las estructuras incluidas en el presente Proyecto.