

ANEJO Nº4.- EFECTOS SÍSMICOS

ÍNDICE

1. GENERALIDADES.....	1
2. CONDICIONES DEL TERRENO	1
3. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES.....	1
4. ESPECTROS	1
5. ACCIÓN SÍSMICA.....	3

1. GENERALIDADES

Se aplica la "Guía para el proyecto sísmico de puentes de carretera" editada por la Dirección General de Carreteras en el año 2019, para adaptarse al Euro código 8. Norma UNE-EN 1998.

2. CONDICIONES DEL TERRENO Y ACCIÓN SÍSMICA

El terreno se debe clasificar en según uno de los tipos especificados en la Tabla 3.1 de UNE-EN 1998-1 que se reproduce a continuación en la Tabla 1.

TIPO DE TERRENO	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO	PARÁMETROS		
		$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT} [golpes/30 cm]	C_u [kPa]
A	Roca u otras formaciones geológicas similar a roca incluyendo como máximo 5 m de material más débil en la superficie	> 800	-	-
B	Depósito 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.	360-180	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de arena densa o de densidad de media a densa, grava o arcilla dura con espesores 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 n_s de tipo C o D y espesores variables entre 5 m y 20 m, que yace sobre un material más rígido con $n_s > 800$ m/s			
S ₁	Depósitos que contienen una capa de al menos 10 m de espesor, de arcillas/aluviones blandos con alto índice de plasticidad (IP > 40) y alto contenido en agua	> 100 indicativo		10-20
S ₂	Depósitos de suelos licuefactables de arcillas sensibles o cualquier otro perfil de suelo, no incluido en los tipos A - E o S ₁			

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

En principio, el suelo se caracteriza a partir de la velocidad media de las ondas de corte, $v_{s,30}$ [m/s], siempre que este dato esté disponible.

Los ensayos de velocidad de corte son ensayos fáciles de realizar tanto in situ como en laboratorio. No obstante, en suelos heterogéneos, estos ensayos deben ser acompañados de sondeos para poder identificar los distintos estratos.

El subíndice 30, se refiere a que $v_{s,30}$ 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_i y el espesor de cada estrato h_i , utilizando la expresión (3.1) de UNE-EN 1998-1

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

En caso de no disponer de la medida de las velocidades de corte, se puede utilizar el número de golpes del ensayo de penetración estándar N_{SPT} para suelos granulares o la resistencia al corte sin drenaje C_u para suelos cohesivos.

Dado que no se dispone de medida de las velocidades de corte, tenemos en cuenta el valor medio de los ensayos N_{SPT} , que al ser superior a 50, se considera un **suelo tipo B**

3. CLASIFICACIÓN DE LOS PUENTES

Según el punto 3.3 de la Guía, los puentes se clasificarán por su importancia en función de los daños que pueda ocasionar su destrucción, En este caso, las estructuras se clasificarán como puentes de **importancia normal**, al tratarse de un paso superior perteneciente a una red de alta capacidad, no existiendo estructuras situadas en las calzadas principales que pudieran ser consideradas como puentes de importancia especial.

4. ESPECTROS

La representación básica del sismo se hace en el Eurocódigo 8 mediante espectros de respuesta.

La forma del espectro de respuesta elástico para las componentes horizontales se define en el apartado 3.2.2.2 de UNE-EN 1998-1 de acuerdo con las ecuaciones de la expresión

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta^{2,5} - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta^{2,5}$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta^{2,5} \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s \quad S_e(T) = a_g S \eta^{2,5} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

donde:

$S_e(T)$ espectro de respuesta elástico, en términos de pseudo-aceleraciones espectrales

T periodo de un oscilador lineal de 1gdl

a_g valor de cálculo de la aceleración del suelo referida a un terreno de tipo A, conforme a la expresión

$$a_g = \gamma_I a_{gR}$$

T_B y T_C límites inferior y superior de los periodos de la meseta del espectro (rama de aceleración constante)

T_D periodo donde empieza la rama de desplazamiento constante

S coeficiente de suelo, que tiene en cuenta la amplificación dinámica de los terrenos más blandos

η coeficiente corrector del amortiguamiento, con un valor de referencia igual a la unidad para un índice de amortiguamiento viscoso del 5%

En la Figura siguiente se reproduce la Figura 3.1 de UNE-EN 1998-1, que muestra una forma genérica de este espectro elástico para la componente horizontal.

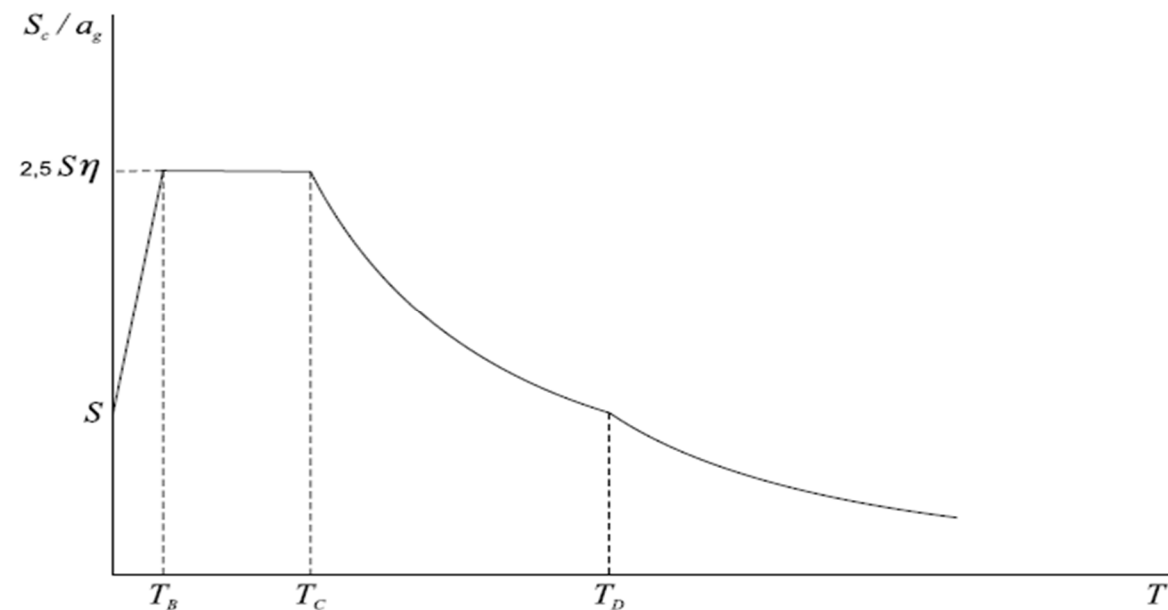


Figura 1.- Figura 3.1 de UNE-EN 1998-1.

La norma UNE-EN 1998-1 da dos series de valores para los parámetros S , T_B , T_C y T_D a las cuales hace referencia como espectro de tipo 1 y espectro de tipo 2.

El espectro de tipo 1 quiere representar los sismos de magnitud media a grande mientras que el espectro de tipo 2 quiere representar sismos de magnitud inferior a 5,5 que se generan a poca distancia (sismo de campo cercano), con una meseta de mayor amplitud pero menos extensa en términos de periodos.

El Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1 define en 3.2.1(2) de AN.5 la peligrosidad sísmica de forma detallada a nivel de cada punto del territorio nacional, en una malla de puntos separados 0,1 grados en coordenadas geodésicas de longitud y latitud, por medio de los siguientes parámetros básicos:

- La aceleración máxima horizontal de referencia en terreno tipo A, a_{gR}
- El coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la distinta contribución de la sismicidad próxima, de la península y de las áreas marinas adyacentes, y la de la más lejana, de la parte de la zona Azores-Gibraltar situada en Gorringe-Herradura, $K: 1.0$

El valor de los periodos T_B y T_C que definen el espectro es, a su vez, función de K y del tipo de suelo.

Los parámetros recomendados para los espectros tipo 1 y 2 se recogen en la Tabla 2 y la Tabla 3, que reproducen las Tablas 3.2 y 3.3 de UNE-EN 1998-1. Se observa que en estas tablas no se incluyen los suelos tipo S_1 y S_2 debido a que, deben ser objeto de un estudio especial.

TIPO DE SUELO	S	$T_B[s]$	$T_C[s]$	$T_D[s]$
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tabla 2.- Valores de los parámetros recomendados que describen el espectro de respuesta elástica horizontal tipo 1 -sismo de campo lejano (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1).

TIPO DE SUELO	S	$T_B[s]$	$T_C[s]$	$T_D[s]$
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

Tabla 3.- Valores de los parámetros recomendados que describen el espectro de respuesta elástica horizontal tipo 2 -sismo de campo cercano (Tabla 3.3 de UNE-EN 1998-1).

5. ACCIÓN SÍSMICA

La aceleración máxima para un suelo tipo A, a_{gR} se determina a partir del Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1. Para la localidad de Vidreres donde se encuentra situada la estructura, se tienen las siguientes coordenadas geodésicas:

- Longitud: 2.7833
- Latitud: 41.7833

Se adopta, por tanto, $a_{Gr} = 0,117$

El puente se considera de clase II, por lo que el factor de importancia normal es $\gamma I = 1,0$, y, con ello, la aceleración de cálculo se mantiene igual a la aceleración máxima del suelo.

$$a_g = \gamma I \times a_{gR} = 1,0 \cdot 0,117g = 0,117g$$

Además, se supone que la estructura está cimentada en un suelo **tipo B**, constituido por un suelo granular de compacidad densa con un SPT superior a 50 golpes por cada 30 cm.

Ello supone aplicar a la aceleración anterior un **coeficiente de suelo S = 1,2**. De este modo, la aceleración en el emplazamiento para este tipo de suelo adopta el siguiente valor:

$$a_g \times S = 0,117 \times 1,2 = 0,1404 g$$

El Coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la distinta contribución de la sismicidad de la península y de las áreas marinas adyacentes y de la más lejana, de la parte de la zona Azores-Gibraltar situada en Gorringe-Herradura, toma el valor 1

Con esto, el espectro de respuesta elástico de tipo 1 de acuerdo con UNE-EN 1998-1, correspondiente a un amortiguamiento del 5% (subestructura de hormigón armado) es el que se muestra en las figuras 71 y 72 para el suelo B, en los espectros de tipo 1 y 2 respectivamente.

Se observa que, a partir de un periodo de 0,25 segundos, el espectro de tipo 1 es más desfavorable. El periodo propio que limita la meseta del espectro de aceleraciones por el lado de los periodos más altos (TC) es de 0,25 segundos para el espectro de tipo 2 y 0,5 segundos para el espectro de tipo 1.

SUELO TIPO B				
	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO HORIZONTAL TIPO 1 (SISMO DE CAMPO LEJANO)	1,20	0,15	0,50	2,00
ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO HORIZONTAL TIPO 2 (SISMO DE CAMPO CERCANO)	1,35	0,05	0,25	1,20

Tabla 4.- Suelos tipo B

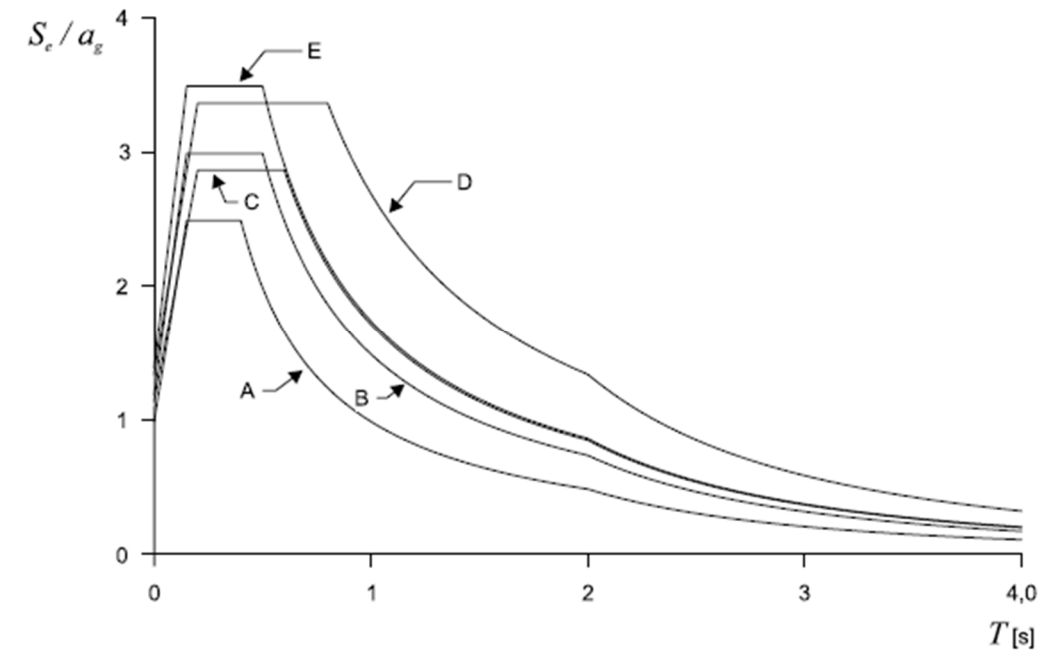


Figura 2.- Espectro recomendado de respuesta elástica tipo 1 para terrenos tipo A a E (5% de amortiguamiento), (Figura 3.2 de UNE-EN 1998-1).

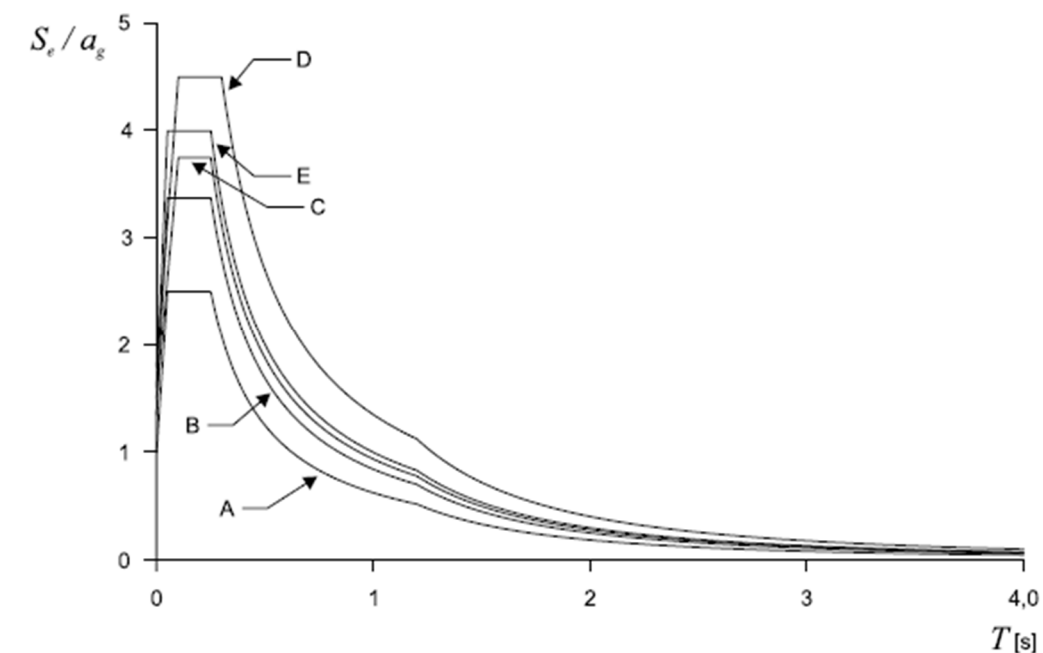


Figura 3.- (Espectro recomendado de respuesta elástica tipo 2 para terrenos tipo A a E (5% de amortiguamiento), Figura 3.3 de UNE-EN 1998-1).