

## **ANEJO 4: EFECTOS SÍSMICOS**

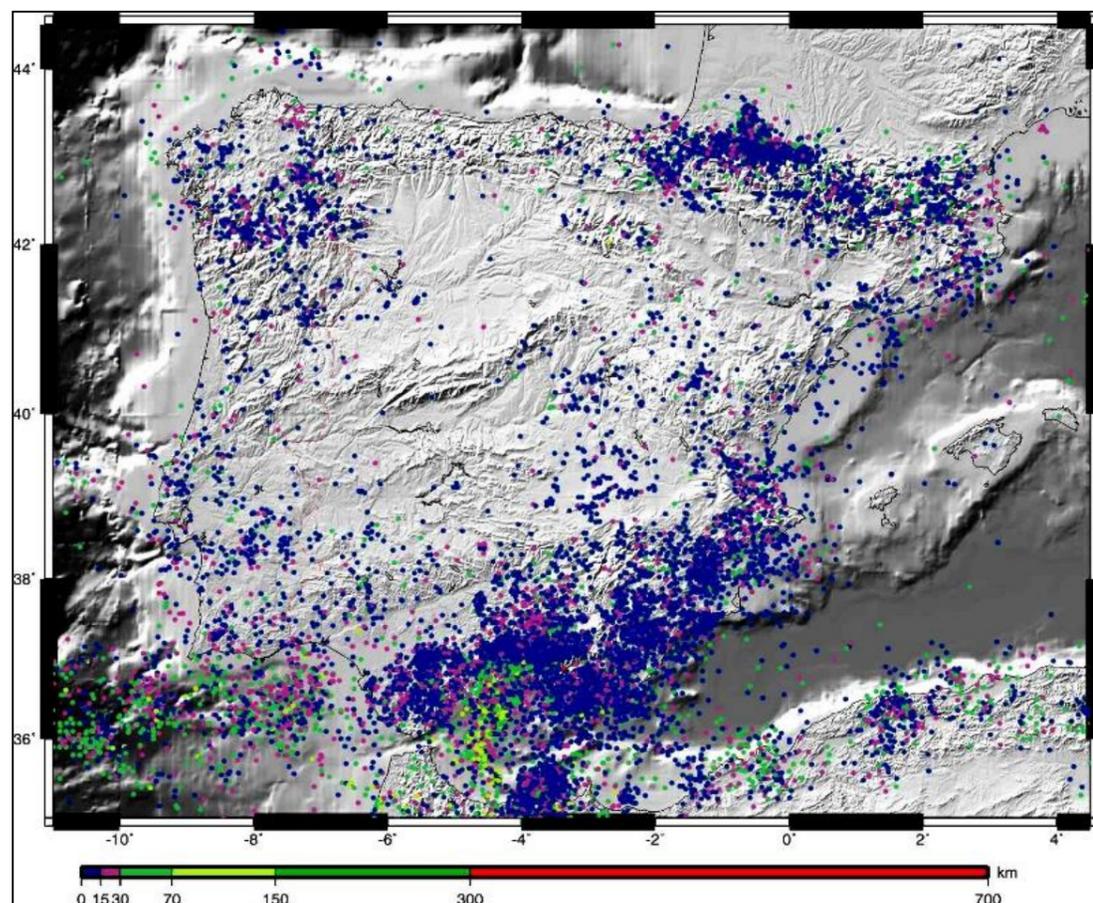
### **ÍNDICE:**

<b>ANEJO 4: EFECTOS SÍSMICOS .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3. GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
<b>4. ACCIONES SÍSMICAS .....</b>	<b>4</b>
4.1. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA ( $a_b$ ) .....	4
4.2. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO ( $a_c$ ) .....	5
<b>5. ACCIONES SÍSMICAS EN ESTRUCTURAS Y MUROS .....</b>	<b>6</b>
<b>6. APÉNDICES .....</b>	<b>7</b>
6.1. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO EN ESTRUCTURAS .....	8
6.2. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO EN MUROS .....	9



## 1. INTRODUCCIÓN

La actuación se localiza, desde un punto de vista sísmico, en una de las zonas más activas de la Península Ibérica, las Cordilleras Béticas. Como se puede observar en la figura siguiente, la actividad sísmica en España se concentra principalmente en el límite entre las placas euroasiática y africana. Justamente en esta región, se localiza la Cordillera Bética, donde se incluye plenamente la provincia de Málaga y el trazado objeto del presente estudio. Los focos de los terremotos catalogados son, predominantemente, superficiales y se asocian a un esfuerzo de compresión orientado según la dirección NNW - SSE.



Mapa de epicentros de España (Sociedad Geológica Española, 2004)

## 2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para el cálculo de las acciones sísmicas y su repercusión en los taludes y estructuras proyectadas, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa de aplicación:

- “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)”, aprobada por el REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre.
- “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)”, aprobada por el REAL DECRETO 637/2007, de 18 de mayo.

Dentro del marco establecido por la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)”, la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)” contiene los criterios específicos que han de tenerse en cuenta dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto de los puentes de carretera y de ferrocarril.

Por otro lado, con la aprobación de la citada Norma NCSP-07, quedan derogados los apartados 3.2.4.2 “Acciones sísmicas” y 4.1.2.b) “Situaciones accidentales de sismo” de la “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-98)”.

Se concluye por tanto que, en el presente Proyecto, será de aplicación lo establecido en la Parte 1 “Generalidades” de la Norma NCSE-02, mientras que para la determinación de la aceleración sísmica de cálculo será de aplicación lo establecido en la Norma NCSP-07.

## 3. GENERALIDADES

En el apartado 1.2.2 de la referida Norma NCSE-02, se clasifican las construcciones en función del uso a que se destinan y de los daños que puede ocasionar su destrucción en:

- De importancia moderada: con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: su destrucción puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio 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.
- De importancia especial: su destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

Dentro de este último grupo, y a efectos de las construcciones pertenecientes a vías de comunicación, se incluyen los puentes, muros, etc. que estén clasificados como de importancia especial en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril. A este respecto, la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)”, aprobada por el REAL DECRETO 637/2007, de 18 de mayo, en su apartado 2.3 clasifica los puentes de carretera (considerando como tales las obras de paso que soportan cualquier tipo de vía de tráfico rodado formado por vehículos automóviles, obras de drenaje transversal de envergadura, muros y pasarelas peatonales o ciclistas) por su importancia en función de los daños que pueda ocasionar su destrucción.

En la Norma NCSP-07, en su apartado 2.8, se establece que no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento  $a_b$  definida en el apartado 3.4 de la misma, cumpla que:

$$a_b < 0,04g$$

Tampoco será necesario la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones en que la aceleración sísmica horizontal de cálculo  $a_c$  definida en el apartado 3.4 de la citada Norma, cumpla que:

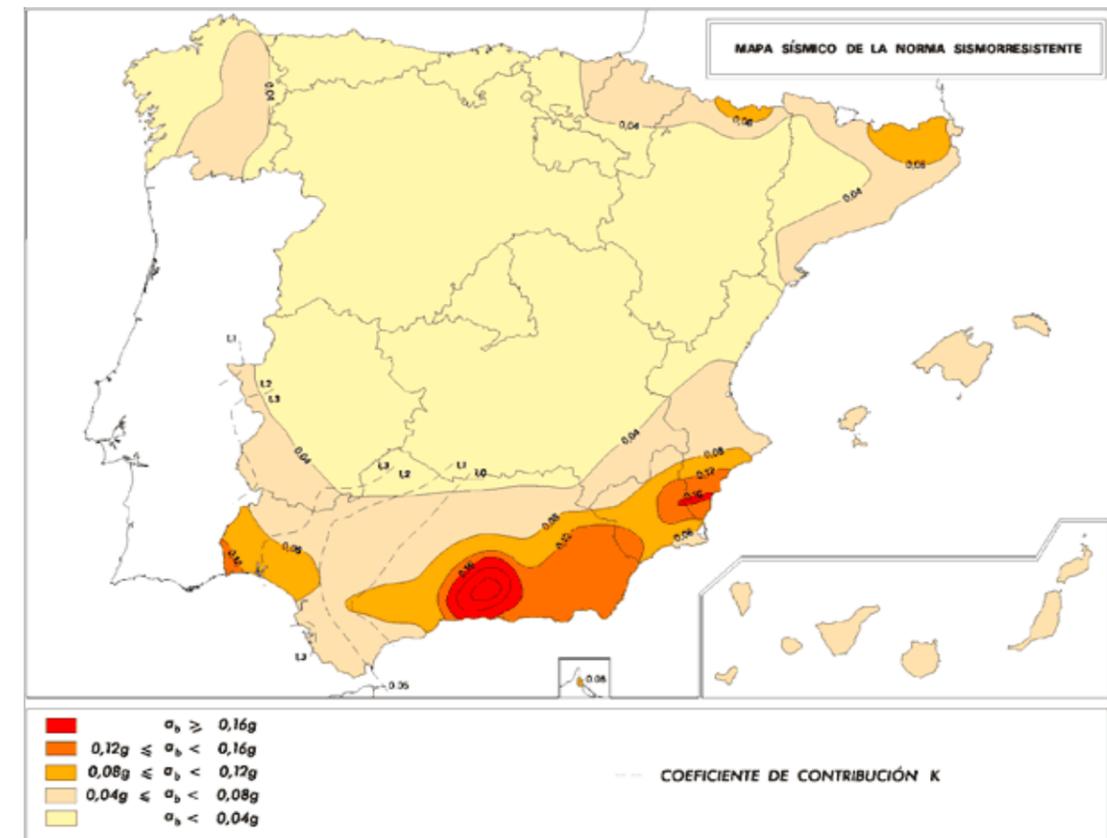
$$a_c < 0,04g$$

## 4. ACCIONES SÍSMICAS

Para la definición de la aceleración de cálculo en las estructuras se ha tenido en cuenta la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)” de mayo de 2007.

### 4.1. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA ( $a_b$ )

La aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno. La “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)”, define la peligrosidad sísmica del territorio nacional mediante el Mapa de Peligrosidad Sísmica.



Mapa de Peligrosidad Sísmica. Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02).

Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad, g) la aceleración sísmica básica  $a_b$  (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años) y el coeficiente de contribución K (que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto).

Atendiendo al Mapa de Peligrosidad Sísmica y según las prescripciones establecidas por la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)”, así como por la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)”, es obligatorio la aplicación de las mismas, al presentar la zona de proyecto una aceleración sísmica básica  $a_b > 0,04$  g, siendo g la aceleración de la gravedad. Así mismo, en el Anejo 1 de las citadas normas se detallan por municipios los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04g, junto al coeficiente de contribución K.

Para el municipio afectado por el Proyecto, Málaga, las citadas normas asignan los siguientes valores de aceleración sísmica básica y coeficiente de contribución:

Municipio	Aceleración sísmica básica	Coficiente de contribución
Málaga	$a_b = 0,11$ g	K = 1,0

#### 4.2. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO ( $a_c$ )

La formulación seguida por la “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)” para la obtención de la aceleración de cálculo en el terreno ( $a_c$ ) a considerar en el estudio sísmico para una estructura en servicio viene dada por la siguiente expresión:

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

Donde:

-  $a_b$  es la aceleración sísmica básica según la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)”, cuyo mapa sísmico se reproduce en la figura anterior. Este valor es la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

— S: es el coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

- Para  $\rho \cdot a_b \leq 0,1$  g

$$S = C/1,25$$

- Para  $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4$  g

$$S = (C/1,25) + 3,33[\rho(a_b/g) - 1][1 - (1/1,25)]$$

- Para  $0,4$  g  $\leq \rho \cdot a_b$

$$S = 1,0$$

—  $\rho$ : es el coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor viene dado por el producto de dos factores  $\gamma_I \cdot \gamma_{II}$ .

—  $\gamma_I$ : Factor de Importancia del puente:

- Normal 1,0
- Especial 1,3

—  $\gamma_{II}$ : Factor modificador para tener en consideración un periodo de retorno ( $P_R$ ) diferente a 500 años. El producto  $\rho a_b$  representa la aceleración sísmica horizontal correspondiente a un periodo de retorno  $P_R$ . El valor de este parámetro se puede suponer de forma aproximada por el siguiente valor 0,4. El valor de esa aceleración puede deducirse de un estudio probabilista de la peligrosidad sísmica en el emplazamiento del puente. A falta de este estudio puede suponerse:

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

— C: Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. En esta Norma, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- 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,  $750 \text{ m/s} \geq v_S > 400$  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,  $400 \text{ m/s} \geq v_S > 200$  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.

## 5. ACCIONES SÍSMICAS EN ESTRUCTURAS Y MUROS

Se ha hecho un estudio individual y pormenorizado del efecto sísmico en cada una de las estructuras. Siguiendo las indicaciones de la normativa de aplicación, se ha adoptado un espectro elástico de respuesta para movimientos horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico.

A continuación, en los apéndices, se adjuntan los cálculos justificativos de la aceleración sísmica de cálculo considerada en las estructuras y muros contemplados en el Proyecto.



## 6. APÉNDICES



## 6.1. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO EN ESTRUCTURAS

## ACELERACIÓN SISMICA DE CÁLCULO VIADUCTO (E-1 Y E-3)

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica

$\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;

$S$ : coeficiente de amplificación del terreno

### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

Factor de importancia	Valor de $\rho$
Puentes de importancia normal ( $\gamma_I=1$ )	1
Puentes de importancia especial ( $\gamma_I=1,3$ )	1,3

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

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

Para un periodo de retorno  $P_R=500$ ,  $\gamma_{II}=1$

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1,3

### 3. Coeficiente de amplificación del terreno ( $S$ )

	Valor de $S$
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$C/1,25$
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

$C$  coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

### 4. Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Nivel geotécnico	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,143$$

Valor adoptado (S) 0,9634428

Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,138$$

### 5. Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $x + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h, \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,138
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,029

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,041
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,096

## ACELERACIÓN SISMICA DE CÁLCULO ESTRUCTURA SOBRE LA MA-20 (E-2)

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica

$\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;

$S$ : coeficiente de amplificación del terreno

### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

Factor de importancia	Valor de $\rho$
Puentes de importancia normal ( $\gamma_I=1$ )	1
Puentes de importancia especial ( $\gamma_I=1,3$ )	1,3

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

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

Para un periodo de retorno  $P_R=500$ ,  $\gamma_{II}=1$

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1,3

### 3. Coeficiente de amplificación del terreno ( $S$ )

	Valor de $S$
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$C/1,25$
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

$C$  coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

### 4. Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Nivel geotécnico	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	5	5	IV	2
Lutitas del Permotrias	5	15	10	II	1,3
Lutitas del Permotrias	15	30	15	I	1

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

Valor adoptado (C) 1,2666667

Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,143$$

Valor adoptado (S) 1,0114241

Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,145$$

### 5. Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $x + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h, \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,145
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,030

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,043
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,101



## 6.2. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO EN MUROS

**ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 1**

**ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO**

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

**1. Aceleración sísmica Básica (ab/g)**



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado (ab/g) 0,11

**2. Coeficiente adimensional de riesgo (ρ)**

	Valor de ρ
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado (ρ) 1

**3. Coeficiente de amplificación del terreno (S)**

	Valor de S
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	C/1,25
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1-C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

C coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

**4. Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio**

Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) 0,9587541

Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,105$$

**5. Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)**

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $x + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,105
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,022

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,074

## ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 2

### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

#### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

#### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

	Valor de $\rho$
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1

#### 3. Coeficiente de amplificación del terreno ( $S$ )

	Valor de $S$
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$C/1,25$
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

$C$  coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

#### 4 Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) 0,9587541

Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,105$$

#### 5 Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $+0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,105
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,022

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,074

### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 3

#### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

#### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	$a_b/g$	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

#### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

	Valor de $\rho$
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1

#### 3. Coeficiente de amplificación del terreno (S)

	Valor de S
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	C/1,25
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

C coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

Tipo de Terreno	Características del Terreno	Rango de $V_s$ (m/s)	Valor de C
Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$	1,0
Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750 > V_s > 400$	1,3
Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400 > V_s > 200$	1,6
Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$	2,0

#### 4. Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

##### Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	1	1	IV	2
Lutitas/areniscas (Permotrias)	1	20	19	II	1,3
Lutitas/areniscas (Permotrias)	20	30	10	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,2233333

##### Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) 0,9793771

##### Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,108$$

#### 5. Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $+0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,108
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,023

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,075

**ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 4**

**ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO**

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

**1. Aceleración sísmica Básica (ab/g)**



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado (ab/g) **0,11**

**2 Coeficiente adimensional de riesgo (ρ)**

	Valor de ρ
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado (ρ) **1**

**3 Coeficiente de amplificación del terreno (S)**

	Valor de S
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	C/1,25
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1-C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

**C** coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

Tipo	Descripción	Rango Vs (m/s)	Coeficiente C
Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$	1,0
Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750 > V_s > 400$	1,3
Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compacidad media	$400 > V_s > 200$	1,6
Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$	2,0

**4 Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio**

**Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)**

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Lutitas/areniscas (Permotrias)	2	20	18	II	1,3
Lutitas/areniscas (Permotrias)	20	30	10	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) **1,2466667**

**Coeficiente de aceleración del terreno**

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) **0,9974221**

**Aceleración sísmica de cálculo (a<sub>c</sub>)**

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = \mathbf{0,110}$$

**5 Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)**

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $+0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + y + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + z$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,110
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,023

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,033
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,077

## ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 5

### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

#### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

#### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

	Valor de $\rho$
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1

#### 3. Coeficiente de amplificación del terreno ( $S$ )

	Valor de $S$
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$C/1,25$
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

$C$  coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

#### 4 Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

##### Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

##### Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) 0,9587541

##### Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,105$$

#### 5 Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $\square + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + \square + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + \square$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,105
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,022

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,074

## ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 6

### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

#### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	ab/g	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

#### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

	Valor de $\rho$
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1

#### 3. Coeficiente de amplificación del terreno ( $S$ )

	Valor de $S$
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	$C/1,25$
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1 - C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

$C$  coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750$ m/s $> V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactación media	$400$ m/s $> V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

#### 4 Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

##### Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

##### Coeficiente de aceleración del terreno

$$\rho \cdot a_b/g = 0,11$$

Valor adoptado (S) 0,9587541

##### Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,105$$

#### 5 Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $\square + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + \square + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + \square$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$$a_v = 0,7a_h \text{ (siendo } a_h = a_c)$$

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,105
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,022

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,074

## ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO MURO 7

### ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), mediante el mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, para cada punto del país (y expresada en relación al valor de la gravedad) la aceleración sísmica básica  $a_b$ , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

La aceleración sísmica de cálculo se define como

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

$a_b$ : aceleración sísmica básica  
 $\rho$ : coeficiente adimensional de riesgo;  
 $S$ : coeficiente de amplificación del terreno

#### 1. Aceleración sísmica Básica ( $a_b/g$ )



Municipio	$a_b/g$	Coef. de contribución (k)
Málaga	0,11	1

Valor adoptado ( $a_b/g$ ) 0,11

#### 2. Coeficiente adimensional de riesgo ( $\rho$ )

	Valor de $\rho$
Construcciones de importancia normal	1
Construcciones de importancia especial	1,3

Valor adoptado ( $\rho$ ) 1

#### 3. Coeficiente de amplificación del terreno (S)

	Valor de S
Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$	C/1,25
Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$	$C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b/g) - 0,1](1-C/1,25)$
Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$	1

C coeficiente dependiente del tipo de terreno considerado

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

CLASIFICACIÓN	TIPO DE MATERIAL	V. DE PROPAGACIÓN	COEF. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750$ m/s	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750 \text{ m/s} > V_s > 400$ m/s	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compactidad media	$400 \text{ m/s} > V_s > 200$ m/s	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200$ m/s	2,0

## 4 Estimación de la aceleración de cálculo en la zona de estudio

### Perfil del terreno (hasta 30 m de profundidad)

Litología	De	A	Espesor	Clasificación	Coef. C
Suelo de alteración	0	2	2	IV	2
Pizarras y grauwackas	2	15	13	II	1,3
Pizarras y grauwackas	15	30	15	I	1
...					

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

Valor adoptado (C) 1,1966667

### Coficiente de aceleración del terreno

$\rho \cdot a_b/g = 0,11$

Valor adoptado (S) 0,9587541

### Aceleración sísmica de cálculo ( $a_c$ )

$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,105$

## 5 Combinación de acciones en caso de sismo (para cálculos en SLIDE)

De una manera general, el movimiento del terreno debido a sismos puede descomponerse en seis componentes: tres traslaciones y tres rotaciones, siendo común que las componentes rotacionales sean ignoradas totalmente. Para resistir la acción conjunta en distintas direcciones, las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en una dirección se combinarán con el 30% de las otras dos

- 1)  $\square + 0,3y + 0,3z$
- 2)  $0,3x + \square + 0,3z$
- 3)  $0,3x + 0,3y + \square$

El espectro de cálculo para la componente vertical del movimiento sísmico se obtiene a partir del valor en la horizontal (aceleración sísmica de cálculo) multiplicado por un factor reductor de 0,7 (IAP, Instrucciones de construcción, Ministerio de Fomento)

$a_v = 0,7a_h$  (siendo  $a_h = a_c$ )

Teniendo en cuenta que los cálculos de estabilidad en SLIDE se realizan en dos dimensiones, tendremos

Predominio acciones horizontales	
$a_h = a_c$	0,105
$a_v = 0,7 \cdot a_c \cdot 0,3$	0,022

Predominio de acciones verticales	
$a_h = 0,3a_c$	0,032
$a_v = 0,7 \cdot a_c$	0,074