

Espectro de respuesta del nuevo anejo de aplicación del EC8, y comparación de aceleraciones básicas con los mapas de 2012 y con la normativa actual.

Elastic response spectrum of EC8 national annex and comparison of basic accelerations of 2012 maps Vs current seismic code.

Álvaro Martínez Soto ^a

^aIngeniero de Caminos, C y P. Eur. Ing. Ingeniero de Estructuras. Asociado. Ove Arup & Partners S.A.U. /Structural Engineer, Eur. Ing. Associate. Ove Arup /alvaro.martinez@arup.com

RESUMEN

La normativa sísmica actualmente vigente en España es la NCSE02, pero se encuentra en trámite una actualización, que en todo caso habrá de ser coherente con el contenido de los Eurocódigos y los anejos de aplicación nacional. La norma actual también se complementa con la Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España de 2012, editada por el Instituto Geográfico Nacional. Esta comunicación compara los espectros de respuesta y los valores de la aceleración básica de cálculo según la vigente NCSE02, los Mapas actualizados de 2012, cuyas aceleraciones en muchos casos superan las vigentes, y el Anejo de aplicación nacional del Eurocódigo 8, cuyo espectro en general se reduce respecto a la NCSE02.

ABSTRACT

The current seismic code in Spain is NCSE02, but it is being updated, in a way that must be consistent with Eurocodes and its National Annex. Current code is complemented by the Seismic hazard maps update of 2012, issued by the National Geographical Institute. This paper compares the elastic spectrums of response and the basic accelerations (PGAs) of the three publications, NCSE02, seismic hazard maps update of 2012, whose updated PGAs are increased in many cases respect to current code and EC8 and its National Annex, whose elastic spectrum is generally reduced when compared to current code NCSE02.

PALABRAS CLAVE: NCSE02, EC8, Sismo, Espectro elástico de respuesta, aceleración sísmica básica, Vs,30

KEYWORDS: NCSE02, EC8, PGA, design ground acceleration, elastic response spectrum, seismic, Vs,30

1. Introducción

Este documento describe la situación actual de la normativa sismoresistente en España, mencionando no sólo cuál es la normativa en vigor, sino además las referencias que han aparecido con posterioridad a la edición de dicha norma, siendo la última de ellas la publicación de los Documentos de Aplicación Nacional Españoles (en adelante DNA-EC8) [1] de las distintas partes del Eurocódigo 8 de proyecto de

estructuras sismoresistentes [2]. (en adelante EC8).

Posteriormente, el documento se centra en la obtención de los espectros de respuesta utilizando las diferentes fuentes, y la comparación de los diferentes resultados. Este espectro se utiliza para determinar la acción sísmica en una estructura mediante un análisis modal-espectral. Finalmente, se tratarán las

particularidades para la determinación del espectro sísmico de respuesta siguiendo las directrices del DNA-EC8.

Si bien las distintas partes del EC8 tratan de distintas tipologías estructurales, este análisis se centra en la parte 1 de reglas generales, acciones sísmicas, y reglas para edificios, y no se incide en las singularidades de la aplicación de esta normativa a Puentes u otros elementos tratados en las demás partes del EC8, aunque el análisis pueda ser de aplicación para ellos. Como este trabajo describe la situación de la normativa sísmica en España a fecha de su redacción, es relevante detallar que ésta es noviembre del año 2019.

2. Situación actual de la normativa sísmica en España.

2.1 Normativa Vigente

La normativa de referencia para la edificación en España es el código técnico de la edificación CTE. [3]. En su documento básico de seguridad estructural DB-SE, el CTE, remite para el cálculo sísmico, a la norma sismoresistente NCSE. La normativa de obligado cumplimiento en España para el cálculo sismoresistente de las estructuras de edificación es la Norma de Construcción Sismoresistente (Parte general y Edificación) (En adelante, NCSE-02), publicada en el año 2002 [4]. En esta norma, la aceleración básica en cada punto del territorio nacional se define como la aceleración característica en la superficie del terreno referida a un suelo tipo II (roca muy facturada, suelos granulares densos o cohesivos duros), y con un período de retorno de 500 años. Además del mapa en cuestión, la norma contiene un listado más preciso de poblaciones con sus aceleraciones básicas y el factor de contribución K , en el caso de que estas igualen o superen el valor de 0.04g, para el cual es obligatorio la aplicación de la normativa.

2.2 Actualización de los Mapas de peligrosidad sísmica de España 2012.

Posteriormente a la edición la norma vigente, el Instituto Geográfico Nacional publicó en 2013 la Actualización de Mapas de Peligrosidad sísmica de España 2012 (en adelante Mapas de 2012) [5]. Esta publicación está dedicada fundamentalmente a describir la metodología, la extensa información de sismos ocurridos en la península y sus proximidades que se ha considerado, y el tratamiento estadístico mediante las que se obtienen las aceleraciones básicas actualizadas. En ella, entre otra información, se actualizan las aceleraciones básicas respecto a las contenidas en la norma de 2002, referenciándolas esta vez a un suelo rígido o roca, y con un período de retorno de 475 años. Refiriendo la aceleración básica a roca y a un período de retorno de 475 años, se equipara su definición a la utilizada por otras normativas internacionales, y muy particularmente, al EC8, conocida por sus siglas en inglés como PGA (Peak Ground Acceleration).

Debido al hecho de que ambas aceleraciones básicas no están referidas al mismo tipo de suelo, ni exactamente al mismo período de diseño, en el documento de los Mapas de 2012 se propone la utilización del nuevo valor de PGA para la formación del espectro elástico de respuesta, con las debidas reservas expuestas en él, como la reformulación del coeficiente de amplificación del terreno, S .

Los espectros de respuesta elástica obtenidos mediante la normativa NCSE-02 y los Mapas de peligrosidad sísmica de España 2012, se construyen en ambos casos de la misma manera, reformulando únicamente el factor de amplificación del terreno S . Esta reformulación permite que se pueda construir el espectro elástico de la NCSE-02 con las aceleraciones básicas de los Mapas de 2012, que están referidos a un terreno más rígido. Por tanto, para una

localización determinada, sólo varía el espectro elástico según varíen los datos de aceleración básica y factor de contribución K entre una referencia y otra. La amplificación del terreno sigue contabilizándose de manera equivalente en

ambos casos. Para que las aceleraciones básicas contenidas en la NCSE 02 sean comparables de forma simplificada a las de los Mapas de 2012, se multiplican las primeras por 1.25.

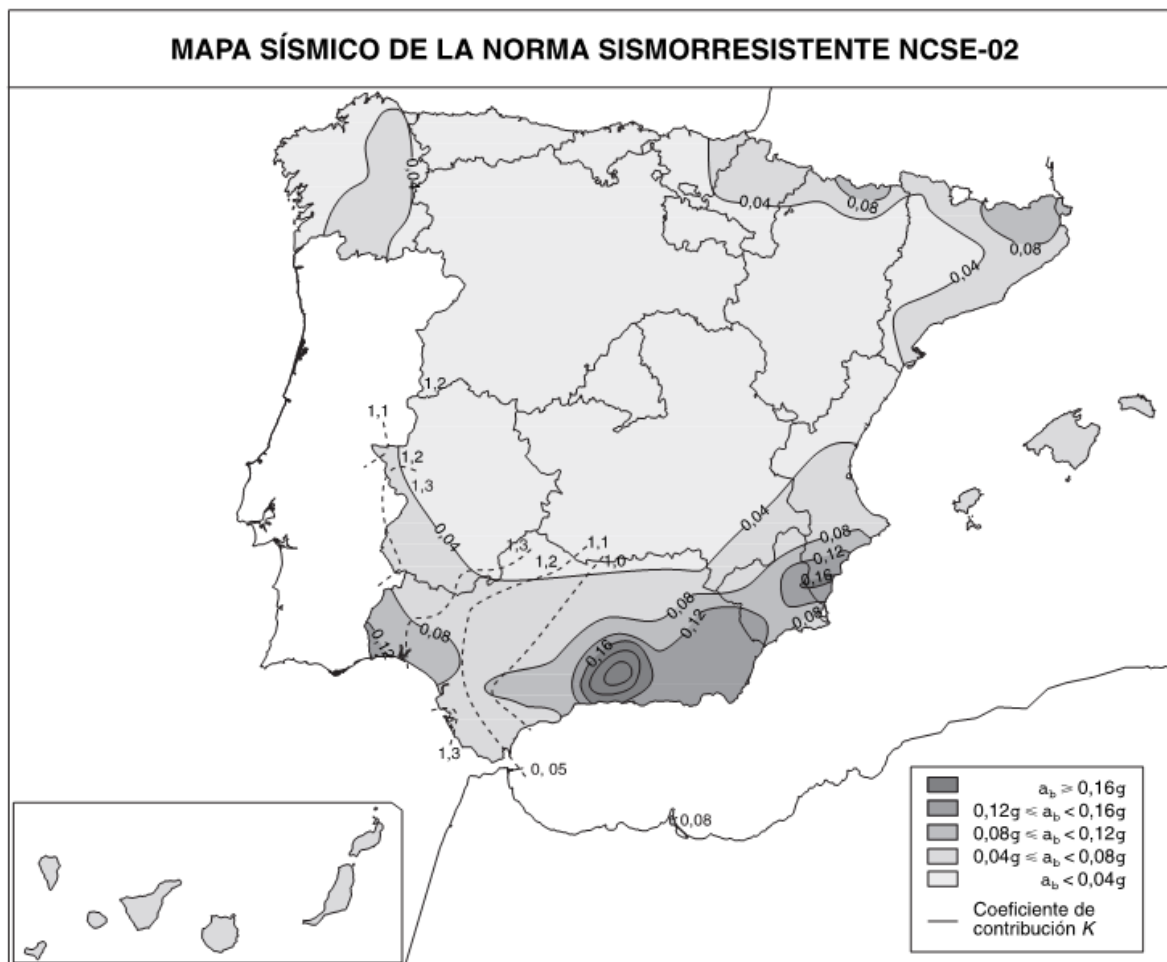


Figura 2.1 Mapa de Peligrosidad Sísmica

Figura 1. mapa de peligrosidad sísmica de la NCSE02, referido a suelo tipo II y un período de retorno de 500 años

Aunque las aceleraciones básicas de la norma actual NCSE02 y de los Mapas del 2012 no son directamente comparables, a la vista de ambos planos de aceleraciones sí que se aprecian variaciones, y aumentos en algunas zonas. La aceleración básica de cálculo debe tenerse en consideración especialmente allá donde supera el valor de 0.04g, y la extensión del territorio nacional en la que se supera este valor se ve aumentada en los Mapas de 2012. La peligrosidad sísmica aumenta en todo el entorno

de la zona pirenaica, superando el umbral de 0.04g en el país Vasco, Navarra y la Rioja. En las proximidades de esta cordillera, y dado el tamaño de la población, es reseñable el aumento de aceleración sísmica en la ciudad de Barcelona. El arco mediterráneo entre Valencia y Cádiz sigue mostrando los valores más elevados de peligrosidad sísmica del territorio, y ambos archipiélagos, tanto el balear como, especialmente, el canario, ven aumentada localmente su peligrosidad.

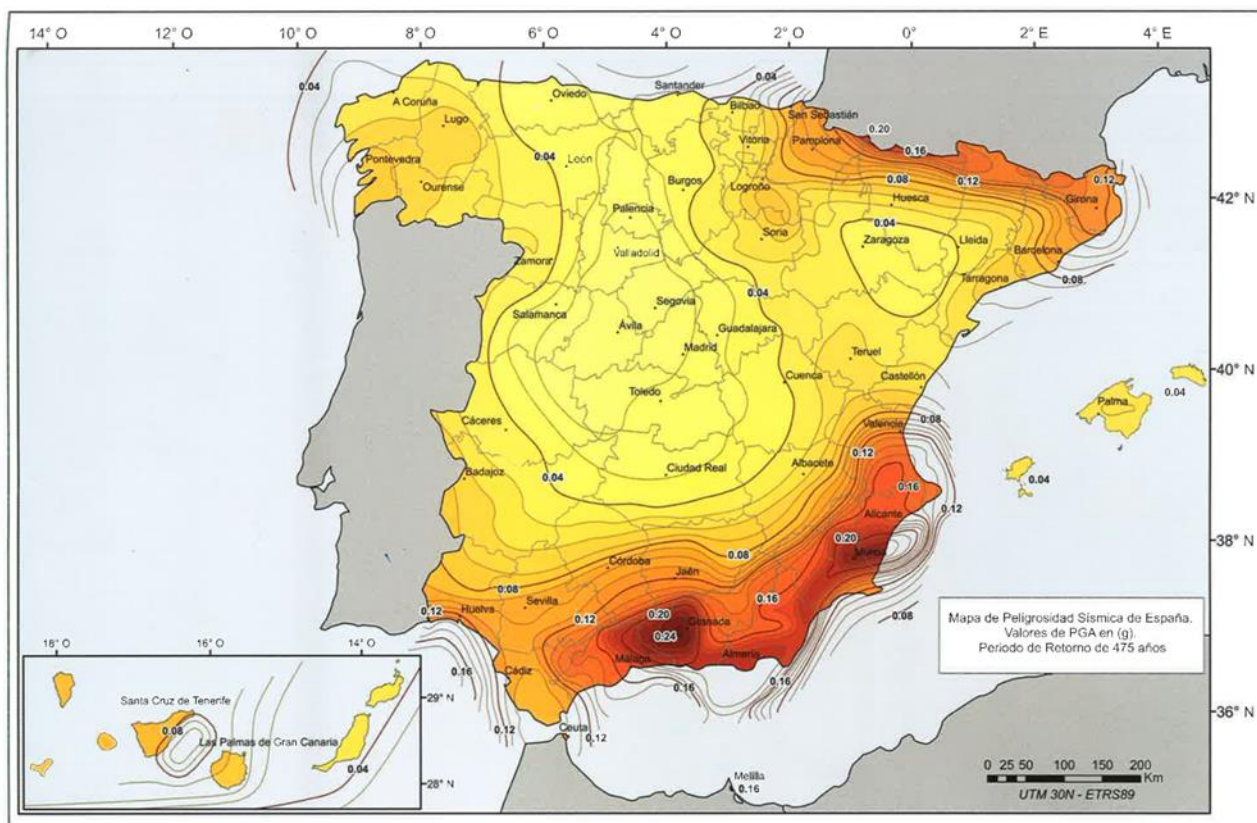


Figura 52. Mapa de aceleración pico del terreno (PGA) para un período de retorno de 475 años.

Figura 2. Peligrosidad sísmica de los Mapas de 2012, referido a roca, y a un período de retorno de 475 años.

Es resaltar que, si bien su utilización está recomendada y amparada por el artículo 1.2.1 de la NCSE02, la aplicación de los Mapas del 2012 no reviste carácter normativo, y no es por tanto de obligado cumplimiento. El artículo 1.2.1, prevé que el proyectista puede adoptar criterios distintos a los de la norma, siempre que el nivel de seguridad y servicio no resulte mermado respecto a lo definido en ella. Como quiera que las aceleraciones básicas de los Mapas del 2012 están basadas en estimaciones que utilizan series de datos correspondientes a un período mayor, es presumible que sean más precisos que las contenidas en la normativa vigente NCSE02, y la propia publicación recomienda su uso (siempre que la aceleración sísmica de cálculo contenida en ellos sea mayor que la prescrita por la normativa vigente), puesto que redundaría en un mayor nivel de seguridad.

Pero la utilización por parte del proyectista de unas aceleraciones, en algunos casos mayores que las estrictamente obligatorias, que puedan resultar más gravosas para el diseño de la estructura, son difíciles de justificar desde el punto de vista económico, en especial si no existe la percepción de riesgo por parte del cliente.

Con carácter general, los Mapas de 2012 no son ampliamente conocidos y utilizados por los profesionales del diseño estructural en la actualidad, sino que se siguen utilizando las aceleraciones básicas contenidas en la norma vigente.

Se añade en este estudio un cuadro comparativo de las distintas aceleraciones básicas en las capitales de provincia y de comunidad autónoma utilizando las distintas fuentes mencionadas:

Tabla 1. Comparativa de aceleraciones sísmicas (x g).

CIUDAD	EC8_NA: PGA-475	EC8_NA:K	Mapas 2012: PGA-475	NCSE02:a _b	NCSE02:K	a _b *1.25
Albacete	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Alicante	0.18	1.0	0.18	0.14	1	0.18
Almería	0.19	1.0	0.19	0.14	1	0.18
Ávila	0.01	1.0	-	-	-	-
Badajoz	0.06	1.3	0.06	0.05	1.3	0.06
Barcelona	0.08	1.0	0.09	0.04	1.3	0.05
Bilbao	0.04	1.0	0.04	-	-	-
Burgos	0.03	1.0	-	-	-	-
Cáceres	0.04	1.0	0.04	-	-	-
Cádiz	0.12	1.3	0.11	0.07	1.3	0.09
Castellón de la Plana	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Ceuta	0.09	1.1	0.10	0.05	1.2	0.06
Ciudad Real	0.02	1.0	-	-	-	-
Córdoba	0.09	1.1	0.09	0.05	1.1	0.06
Coruña, A	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Cuenca	0.03	1.0	-	-	-	-
Girona	0.12	1.0	0.12	0.08	1	0.10
Granada	0.26	1.0	0.23	0.23	1	0.29
Guadalajara	0.02	1.0	-	-	-	-
Huelva	0.13	1.3	0.12	-	-	-
Huesca	0.04	1.0	0.05	-	-	-
Jaén	0.11	1.0	0.12	0.07	1	0.09
León	0.03	1.0	-	-	-	-
Lleida	0.03	1.0	0.04	-	-	-
Logroño	0.06	1.0	0.06	-	-	-
Lugo	0.06	1.0	0.06	-	-	-
Madrid	0.02	1.0	-	-	-	-
Málaga	0.16	1.0	0.16	0.11	1	0.14
Melilla	0.16	1.0	0.16	0.08	1	0.10
Mérida	0.04	1.3	0.05	-	-	-
Murcia	0.23	1.0	0.23	-	-	-
Ourense	0.06	1.0	0.06	0.04	1	0.05
Oviedo	0.03	1.0	-	-	-	-
Palencia	0.01	1.0	-	-	-	-
Palma de Mallorca	0.04	1.0	0.04	0.04	1	0.05
Palmas de Gran Canaria, Las	0.06	1.0	0.06	0.04	1	0.05
Pamplona	0.09	1.0	0.09	0.04	1	0.05
Pontevedra	0.07	1.0	0.07	-	-	-
Salamanca	0.02	1.0	-	-	-	-
San Sebastian	0.08	1.0	0.08	0.04	1	0.05
Santa Cruz de Tenerife	0.08	1.0	0.08	0.04	1	0.05
Santander	0.03	1.0	-	-	-	-
Santiago de Compostela	0.06	1.0	-	-	-	-
Segovia	0.02	1.0	-	-	-	-
Sevilla	0.09	1.1	0.09	0.07	1.1	0.09
Soria	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Tarragona	0.06	1.0	0.06	0.04	1	0.05
Teruel	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Toledo	0.02	1.0	-	-	-	-
Valencia	0.11	1.0	0.11	0.06	1	0.08
Valladolid	0.01	1.0	-	-	-	-
Vitoria-Gasteiz	0.05	1.0	0.05	-	-	-
Zamora	0.04	1.0	0.04	-	-	-
Zaragoza	0.03	1.0	-	-	-	-

- Aceleraciones básicas según Anejo de Aplicación del EC8. Estas aceleraciones están referidas a roca (suelo tipo I de la NCSE02). El anejo contiene una tabla en la

que se definen los valores de aceleración y coeficiente de contribución de una malla de puntos, y los valores para un punto dado deben extrapolarse a partir de la tabla en

función de las distancias a los puntos más próximos de la malla. Para este documento, esta extrapolación la proporcionó el IGN.

- Aceleraciones de los Mapas de 2012. Estas aceleraciones también están definidas respecto a roca y son sensiblemente iguales a las finalmente recogidas en el Anejo de Aplicación del EC8.
- Aceleraciones de la NCSE02, de las que se aportan tanto la aceleración básica como el coeficiente de contribución K. Por no estar definidas en roca, se añade esta aceleración multiplicada por 1.25 para ser asimilable a las anteriores.

2.3 Eurocódigo 8 y Anejo de aplicación nacional Español.

En abril de 2004, el Comité Europeo de Normalización CEN editó la norma EN 1998-1:2004 o EC8, parte 1 [2]. Esta edición sustituía a la anterior norma experimental ENV 1998-1:1994. Según la recomendación de la comisión europea, los estados miembros deben adoptar los Eurocódigos. Para ello se debe seguir un proceso de implementación, mediante el cual se definen los parámetros de determinación nacional (PND), se traduce al idioma local y se traspone a la normativa nacional. En el caso Español, esta trasposición fue publicada por AENOR como UNE EN 1998-1:2011.

En abril de 2017, la Comisión Permanente de Normas Sismoresistentes colgó la propuesta de anejo nacional para las seis partes del EC8, en la que se definen los parámetros de determinación nacional PDN [1]. Entre los PDN del EC8, parte 1, se determinan las ordenadas con las que construir el espectro elástico de respuesta, y se provee una tabla numérica mediante la que se pueden interpolar linealmente los valores de la aceleración básica $a_{g,R}$ y el factor de contribución K.

Actualmente se ha cerrado la ronda de consultas sobre la redacción un nuevo código estructural, cuyo contenido debe ser coherente con el de los Eurocódigos. Análogamente, para el caso de la norma sismoresistente, está en proceso una actualización de la NCSE02, que deberá también deberá ser coherente con los Eurocódigos, y cuyas aceleraciones estarán alineadas con las contenidas en los Mapas de 2012.

En resumidas cuentas, la coexistencia de las diferentes fuentes normativas en el tiempo puede dar lugar a confusión o a falta de certeza sobre qué norma y con qué datos de aceleraciones básicas se pueden o deben usar para el diseño sismoresistente de una estructura en la actualidad en España.

3. Espectro elástico según el EC8 y el anejo de aplicación nacional.

Este texto no explica cómo obtener el espectro elástico de respuesta siguiendo la normativa Vigente NCSE02, por no tratarse de un aspecto novedoso, sino cómo obtenerlo con el anejo nacional del EC8, por ser menos conocido y utilizado.

En términos generales, el espectro elástico de respuesta para una ubicación y una estructura dadas es un gráfico que lleva en abscisas el período de vibración propio de una estructura, y en ordenadas la coordenada espectral. Esta coordenada espectral está directamente relacionada con la aceleración a la que se ve sometida la masa de la estructura (ver apartado 3.2.2.2 del EC8 parte 1) [2]. Como la fuerza es el producto de la masa por la aceleración, esta sirve para determinar la fuerza que actúa sobre cada estructura, en función de su rigidez, en el caso de evento sísmico. Normalmente, los espectros de respuesta se utilizan para llevar a cabo análisis modal-espectral de las estructuras. Este tipo de análisis

se realiza determinando los modos propios de vibración de la estructura. A cada uno de los modos se le hace corresponder su coordenada espectral. La aportación de cada uno de los modos a la acción sísmica final se promedia en función de la masa que moviliza cada uno de ellos. El espectro elástico de respuesta por tanto es la herramienta fundamental para caracterizar la acción sísmica en una ubicación.

Para construir el espectro elástico de respuesta utilizando el EC8, es necesario determinar el tipo de terreno, y el tipo de espectro a utilizar. Sabidos estos dos factores, las abscisas con las que se construyen los espectros y el corte con el eje vertical están tabuladas, y la formulación para la determinación de las ordenadas definida. Estas ordenadas dependen, para cada tipo de suelo, de la aceleración básica $a_{g,R}$, (equivalente a a_b de los mapas del 2012), el factor de importancia γ_1 , el factor de amortiguamiento η y, finalmente, el período T . El tipo de terreno está graduado de A (el más compacto) a E (el menos compacto), y se determina entrando en la tabla 3.1 con el valor de la velocidad de ondas sísmicas transversales $V_{s,30}$, del que depende directamente.

3.1 Determinación del tipo de espectro a utilizar según EC8 parte 1 y anejo de aplicación nacional

Además de determinar el tipo de terreno, para utilizar el EC8 parte 1 hace falta decidir el tipo de espectro a aplicar, ya sea tipo 1 o 2. La forma de determinarlo es en base a la magnitud de la falla sísmica que más contribuya al riesgo sísmico de cada ubicación. Si se trata de zonas de alto o moderado riesgo sísmico, habrá de utilizarse el tipo 1, y si por el contrario se trata de regiones de sismicidad moderada, en las que el riesgo sísmico provenga de fallas sísmicas de baja intensidad, pero cercanas, se utilizará el tipo 2. La diferencia entre ambos tipos es que el tipo 2

tiene una altura mayor del tramo plano del espectro, por lo que para estructuras muy rígidas es más conservador que el tipo 1 pero, a partir del tramo recto, la ordenada baja mucho más rápido también, por lo que para edificios más flexibles resulta más conservador el espectro tipo 1.

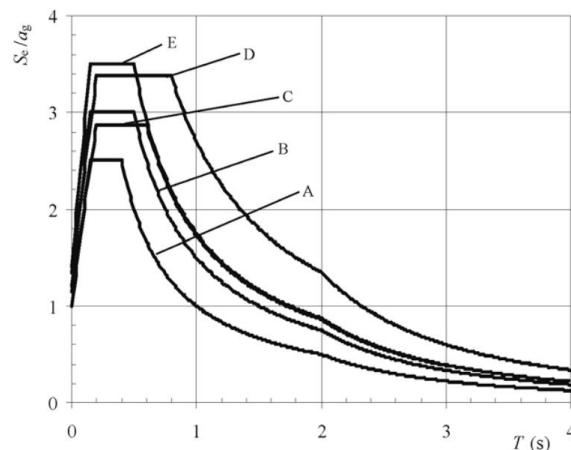


Figura 3. Formas de los espectros tipo 1 para todos los tipos de terreno (A a E) y 5% de amortiguación. (Figura 3.2 del EC8)

La diferencia de la acción sísmica resultante entre ambos tipos es bastante significativa, como puede verse en las figuras reproducidas en este documento.

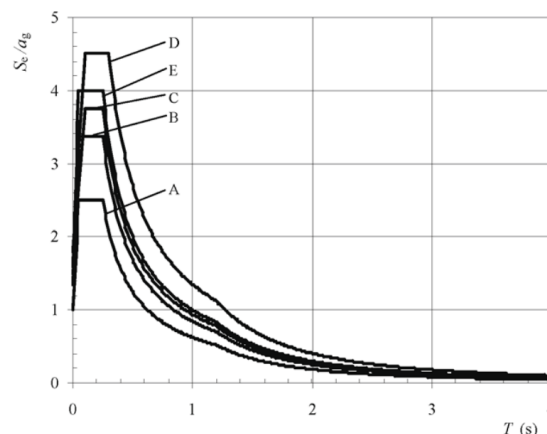


Figura 4. Formas de los espectros tipo 2 para todos los tipos de terreno (A a E) y 5% de amortiguación. (Figura 3.3 del EC8)

Si bien este criterio para elegir el espectro adecuado a cada caso tiene sentido en el ámbito científico, es poco habitual que el técnico que vaya a diseñar una estructura para la acción sísmica disponga de dicha información, por lo que en la práctica se deja que el tipo de espectro

a utilizar esté definido en el correspondiente Anejo de Aplicación Nacional. La bibliografía de referencia no siempre es especialmente concisa; A título de ejemplo, el Manual para el Diseño Sísmico de edificios de Hormigón y Acero con Eurocódigo 8 [6] habla de utilizar el espectro tipo 1 en la mayoría de los países mediterráneos, y tipo 2 en el noroeste de Europa

Sin embargo, en la determinación del espectro elástico de respuesta, el Anejo Nacional Español ha recogido el guante lanzado por el EC8 en cuanto a la elección del tipo de espectro a utilizar, fijándolo sin necesidad de que el técnico se vea obligado a investigar cuáles son las fallas que más influyen en el riesgo sísmico de cada localización ni su magnitud. Para ello repesca el factor de contribución K de la norma NCSE02, que afecta directamente a la altura del tramo horizontal del espectro. El valor del factor de contribución oscila entre 1 y 1.3, según el punto del territorio nacional al que se refiera. Los valores de aceleración básica a_g y factor de contribución K para cada punto del territorio se pueden extrapolar a partir de la tabla del apartado AN.5 del anejo de aplicación nacional.

3.2.2.1(4), 3.2.2.2(2)P Parámetros S , T_B , T_C y T_D que definen la forma del espectro de respuesta elástico horizontal.

Tabla AN/2 (Tabla 3.2): Valores de los parámetros que describen el espectro elástico de respuesta horizontal

Suelo tipo	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1	$\frac{T_C}{5}$	$\frac{K}{4}$	2.0
B	$a_g \leq 0.1g : S = C$	$\frac{T_C}{5}$	$\frac{KC}{4}$	2.0
C	$0.1g < a_g \leq 0.4g : S = C + 3.33 \left(\frac{a_g}{g} - 0.1 \right) (1.0 - C)$ $a_g > 0.4g : S = 1$			
D	$a_g \leq 0.1g : S = 2$ $0.1g < a_g \leq 0.4g : S = 2.33 - 3.33 \frac{a_g}{g}$ $a_g > 0.4g : S = 1$	$\frac{T_C}{5}$	$\frac{K}{2}$	2.0

donde $C = (800/v_{s,30})^{0.465}$ (con $v_{s,30}$ en m/s) y K se establece en 3.2.1(2).

Figura 5. Tabla AN/2 (3.2) con la formulación para la construcción del espectro elástico de respuesta según el anejo de aplicación nacional del EC8.

En lo referente a la construcción del espectro, y al contrario que el EC8, el Anejo Nacional Español no utiliza unas coordenadas T_B , T_C y T_D , fijas para cada tipo de terreno, sino que las hace depender del factor de

contribución K, y del factor del terreno C, que es función directa de la velocidad de ondas sísmicas transversales, $V_{s,30}$. De esta manera, el espectro no es único para cada tipo de terreno, como es el caso con la norma española actual NCSE02, sino que varía según el valor de $V_{s,30}$, por lo que el valor de este parámetro cobra una importancia mayor, y su determinación con precisión puede tener importantes consecuencias en la magnitud de la acción sísmica.

4. Comparativa de espectros NCSE02, EC8 tipos 1 y 2, y anejo de aplicación nacional.

A continuación, se lleva a cabo una comparativa de los espectros de la norma NCSE02, con los dos tipos de espectro suministrados en el EC8, y finalmente con el construido según los valores del Anejo Nacional de Aplicación [1].

Para esta comparativa, ha sido necesario determinar el espectro de la NCSE-02 utilizando la modificación del factor de amplificación del terreno S de los Mapas de 2012, apartado VI.2, de manera que todos los espectros se puedan construir con aceleraciones básicas referidas a roca en todos los casos, y por tanto sean comparables.

Para facilitar la comparación, se han construido los espectros elásticos de respuesta adoptado los siguientes valores, que no influyen en el resultado de la comparativa, puesto que todos los espectros son proporcionales a ellos:

- Factor de importancia $\gamma_1=1$ en todos los casos.
- Aceleración básica de referencia, $a_{g,R}=0.1g$ en todos los casos.
- Factor de coeficiente de respuesta β de NCSE-02=1, lo que supone un amortiguamiento de 1 sin ductilidad.
- Factor de comportamiento $q=1$ del EC8 en todos los casos.

- el factor de amortiguamiento $\eta=1$ del EC8, lo que supone un amortiguamiento del 5%
- factor de contribución $K=1$ de NCSE02 y de Anejo de aplicación Nacional del EC8.

El factor de comportamiento q es una medida de la ductilidad de la estructura según EC8. Se ha adoptado el valor 1 para determinar el espectro elástico. Para esta comparativa, se ha

asumido un suelo tipo C del EC8. Para este tipo de suelo, el valor de $V_{s,30}$ varía entre 180 y 360m/s. Como la construcción del espectro según el anejo de aplicación nacional requiere un valor de C discreto, se ha tomado la media del intervalo, es decir, 270m/s. En cuanto al tipo de terreno de la norma NCSE, a un valor de $V_{s,30}$ de 270m/s corresponde el tipo III, con el que se ha construido el espectro.

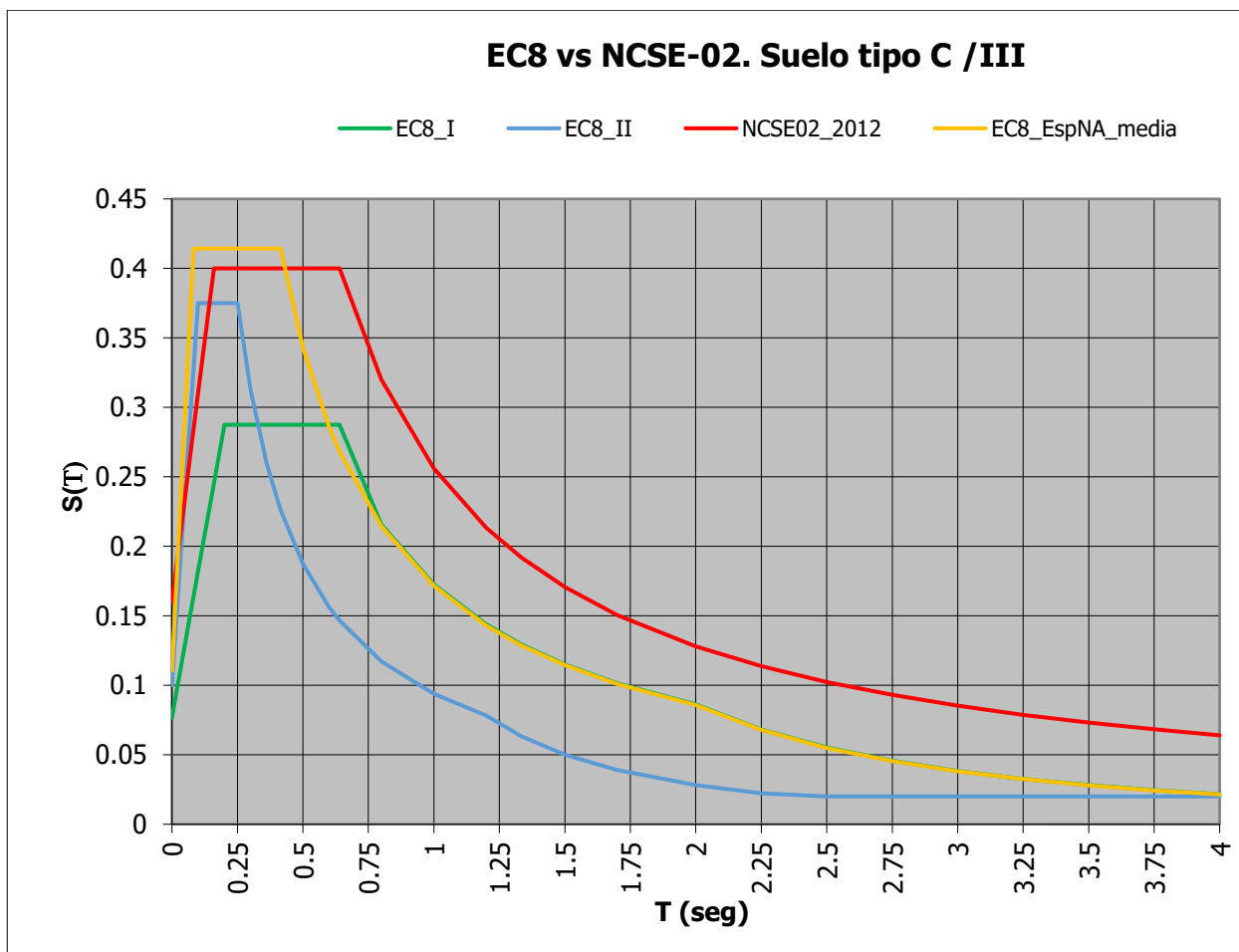


Figura 6. Comparación de espectros elásticos de respuesta de NCSE02-2012, los dos tipos del EC8, y espectro resultante del Anejo Nacional de Aplicación del EC8

Como puede verse en la comparativa, el espectro elástico correspondiente al anejo de aplicación nacional del EC8 tiene un tramo recto de ordenada análoga al de la norma NCSE02, pero más corto, y ligeramente superior y más largo que el del espectro tipo I del EC8. Para períodos mayores, coincide sensiblemente en su rama descendiente con el espectro tipo II del

EC8, con valores de la ordenada notablemente inferiores a los prescritos por la normativa NCSE02. Se infiere de esta comparativa que el espectro deducido mediante el anejo de aplicación del EC8 aproximadamente envuelve a los dos espectros del EC8, pero en general, salvo para estructuras muy rígidas, es menor que el resultante de la aplicación de la NCSE02.

5. Conclusión.

Las conclusiones más relevantes de esta nota son las siguientes:

- La norma de construcción sismoresistente actualmente vigente en España es la NCSE02, que está en proceso de revisión y actualización.
- La publicación por parte del Instituto Geográfico Nacional de la Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España 2012 es coherente con la práctica internacional y muestra unos valores de aceleración PGA más precisos que los de la norma vigente, y en muchas zonas de España, mayores. Sin embargo, estas la utilización de estas aceleraciones revisadas en el diseño, aun siendo recomendable, no es de obligado cumplimiento.
- Está en vigor el EC8, y la normativa de todos los países europeos debe ser esta, o tender a ella. Por tanto, se entiende que la revisión de normativa sísmica actualmente en proceso en España será muy similar al EC8 con su anejo de aplicación nacional.
- Se ha publicado el anejo de aplicación nacional del EC8, simplificando la elección del tipo de espectro elástico de respuesta a utilizar, de entre los dos contenidos en el cuerpo principal del EC8. En su lugar, el anejo define un único espectro, que es aproximadamente la envolvente de los dos del EC8.
- En la comparación realizada, el espectro elástico de respuesta obtenido del anejo de aplicación nacional del EC8 supone, en términos generales una ordenada espectral menor de la obtenida con la normativa vigente NCSE02, salvo por la altura de su tramo plano.

Agradecimientos

- A José Manuel Martínez Solares, secretario de la Comisión Permanente de Normas

sismoresistentes, por ayudar a comprender el panorama normativo sismoresistente Español y, muy en particular, por suministrar la tabla de Aceleraciones básicas de las capitales de provincia según Anejo de Aplicación del EC8.

- A mi empresa Arup, por posibilitar, propiciar, y fomentar esta investigación.
- A Patricio García, por ser mi mentor en lo referente al cálculo sísmico.

Referencias

- [1] Comisión Permanente de Normas Sismoresistentes. Propuesta de anejo nacional del EC8. Página web del Ministerio de Fomento, <https://www.fomento.gob.es/organos-colegiados/comision-permanente-de-normas-sismorresistentes/cpns/anejo-nacional-del-eurocodigo-8>. 2017
- [2] European Comitee for Standardization CEN. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. 2004
- [3] Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación DB-SE, página web del ministerio de Fomento, <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-estructural.html>.
- [4] Comisión permanente de Normas Sismoresistentes, Ministerio de Fomento. Norma de Construcción Sismoresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). Ministerio de Fomento. 2009.
- [5] Instituto Geográfico Nacional. Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España 2012. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). 2013
- [6] The Institution of Structural Engineers (IstructE) & Association Française du Génie Parasismique AFPS, (2010), Manual for the seismic design of steel and concrete buildings to Eurocode 8