

# REVISIÓN DE ACELERACIONES MÁXIMAS EN EL SUR DE ESPAÑA Y ESPECTROS DE RESPUESTA SEGÚN LA NORMA ESPAÑOLA NCSE-94

Luis Cabañas, M<sup>a</sup> Esther Jiménez, Belén Benito

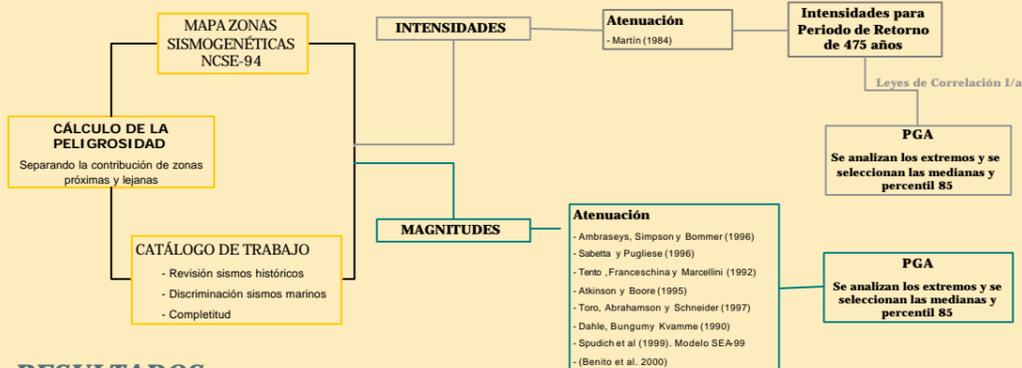
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica  
Universidad Politécnica de Madrid, España. (ma\_ben@nivel.uitto.upm.es)

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Dentro del proceso de revisión de la Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-94, se han propuesto cambios en la forma espectral adoptada para definir los espectros de respuesta de diseño y se propone la actualización del mapa de peligrosidad sísmica de la Península Ibérica. El presente trabajo contribuye a dicha revisión, evaluando la peligrosidad sísmica en 10 ciudades del sur de España, (Alicante, Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Murcia y Sevilla), y calculando los correspondientes espectros de diseño en emplazamientos genéricos en roca. Dicha evaluación se efectúa siguiendo un método acorde al estado actual del arte, empleando distintas alternativas de cálculo e introduciendo los últimos terremotos ocurridos [Adra (Almería) 1993, 1994; Sarria-Becerra (Lugo) 1995, 1997 y Mula (Murcia) 1999].

El objetivo final del presente trabajo es aumentar el grado de conocimiento sobre las aceleraciones máximas esperables que caracterizan la peligrosidad sísmica del sur de España, chequear los actuales valores dados en la Norma Sismorresistente NCSE-94, así como de los correspondientes espectros de respuesta, y poder establecer criterios para la revisión de dicha normativa.

## METODOLOGIA. ESTUDIO REALIZADO



## RESULTADOS

### CÁLCULO EN INTENSIDADES

Ejemplo, figura 2

- Alicante, Almería y Murcia:** Influencia dominante de la propia zona del emplazamiento
- Cádiz y Huelva:** Mayor contribución de la fuente 12 (Azores - Gibraltar)
- Córdoba y Jaén:** Mayor contribución de la zona del emplazamiento, con influencia ligera de la zona 12 (Azores - Gibraltar)
- Granada:** Peligrosidad total debida a la contribución de la propia zona del emplazamiento
- Sevilla:** La peligrosidad está condicionada casi en igual proporción por la zona del emplazamiento y la lejana
- Málaga:** La peligrosidad está condicionada casi en igual proporción por la zona del emplazamiento y la contigua al mismo

### CÁLCULO EN ACELERACIONES

Ejemplo, figura 3

- En general,** la influencia de la sismicidad lejana resulta muy inferior al caso del cálculo en intensidades (debido a las leyes de atenuación, no particularizadas para Azores)
- Alicante, Almería, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Murcia, Sevilla:** La peligrosidad de todos los emplazamientos resulta ahora controlada por la sismicidad próxima de la propia zona del emplazamiento
- Cádiz y Málaga:** además de la propia fuente, la influencia de alguna zona contigua parece ser notable

Un resumen de los valores obtenidos en las dos alternativas de cálculo se incluye en la tabla 1

Tabla 1 Aceleraciones de cálculo NCSE-94 y aceleraciones estimadas en el estudio (Periodo de Retorno: 475 años)

Emplazamientos	NCSE-94			Cálculo en Intensidades		Cálculo en Aceleraciones	
	A <sub>c</sub> (g)	A <sub>median</sub> (g)	A <sub>perc85</sub> (g)	A <sub>median</sub> (g)	A <sub>perc85</sub> (g)	A <sub>median</sub> (g)	A <sub>perc85</sub> (g)
Alicante	0.130	0.175	0.219	0.181	0.280	0.181	0.280
Almería	0.130	0.190	0.239	0.155	0.241	0.155	0.241
Cádiz	0.070	0.147	0.175	0.087	0.106	0.087	0.106
Córdoba	0.060	0.091	0.109	0.101	0.125	0.101	0.125
Granada	0.240	0.291	0.368	0.206	0.339	0.206	0.339
Huelva	0.100	0.196	0.247	0.094	0.124	0.094	0.124
Jaén	0.070	0.097	0.114	0.104	0.127	0.104	0.127
Málaga	0.110	0.147	0.181	0.124	0.176	0.124	0.176
Murcia	0.150	0.189	0.237	0.185	0.301	0.185	0.301
Sevilla	0.070	0.121	0.146	0.104	0.127	0.104	0.127

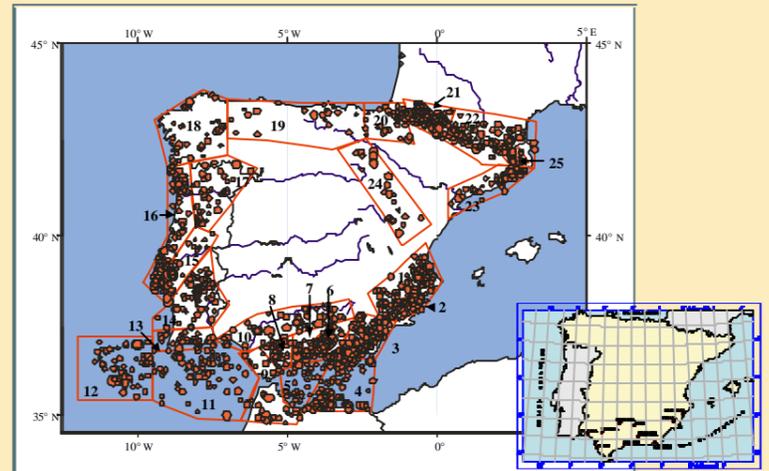


Figura 1. - Zonificación NCSE-94 para la Península Ibérica y sismicidad correspondiente al periodo 1320-1999, I = IV, según catálogo sísmico de trabajo

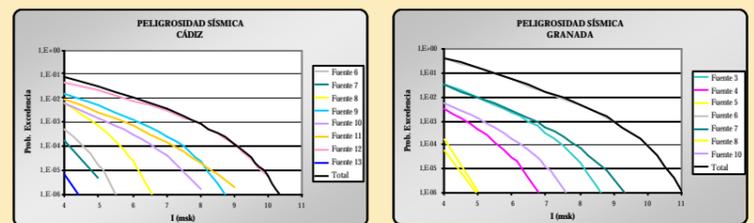


Figura 2. - Curvas de peligrosidad (en intensidad) separando la contribución de las diferentes fuentes, para las ciudades de Cádiz y Granada

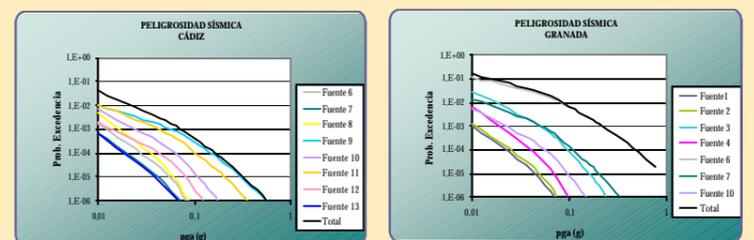


Figura 3. - Curvas de peligrosidad (en aceleración) separando la contribución de las diferentes Fuentes, para las ciudades de Cádiz y Granada, según el modelo de movimiento fuerte de Ambraseys et al. 1996

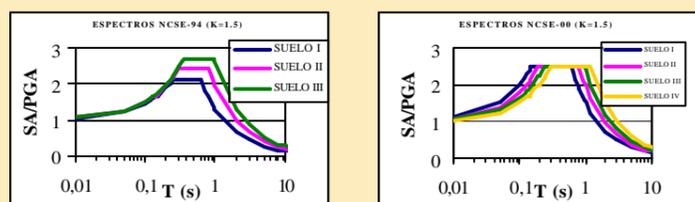


Figura 4. - Espectros normalizados establecidos en la NCSE-94 y NCSE-00 para K=1.5

## ESPECTROS DE DISEÑO NCSE

La Norma NCSE-94 define los espectros de respuesta elástica de diseño a partir de una forma espectral de 3 tramos dada por el factor de amplificación,  $a(T)$ , de la aceleración absoluta, que dependen del tipo de suelo del emplazamiento, a través del coeficiente del terreno C y del llamado coeficiente de contribución K (valores entre 1 y 1.5), cuyo objetivo es valorar la influencia en el espectro de respuesta de los terremotos lejanos la falla Azores-Gibraltar (terremotos con mayor contenido de baja frecuencia). En las revisiones propuestas para la modificación de la NCSE-94, se han incluido algunos cambios en la definición de los espectros de diseño. Cabe destacar la mayor simplicidad en la expresión de estos 3 tramos de la forma espectral, en la que se considera un valor de amplificación constante en la parte central.

El coeficiente de contribución K mantiene por el momento el mismo significado y los mismos valores que en la NCSE-94, mientras que para el tipo de suelo se ha variado la clasificación y los valores del coeficiente C, que pasan a ser 1, 1.3, 1.6 y 2.0 respectivamente, según el tipo de suelo se hace más blando y menos cohesionado. En la figura 4 se muestran las formas espectrales establecidas, para el valor extremo K=1.5 y las distintas clases de suelo.

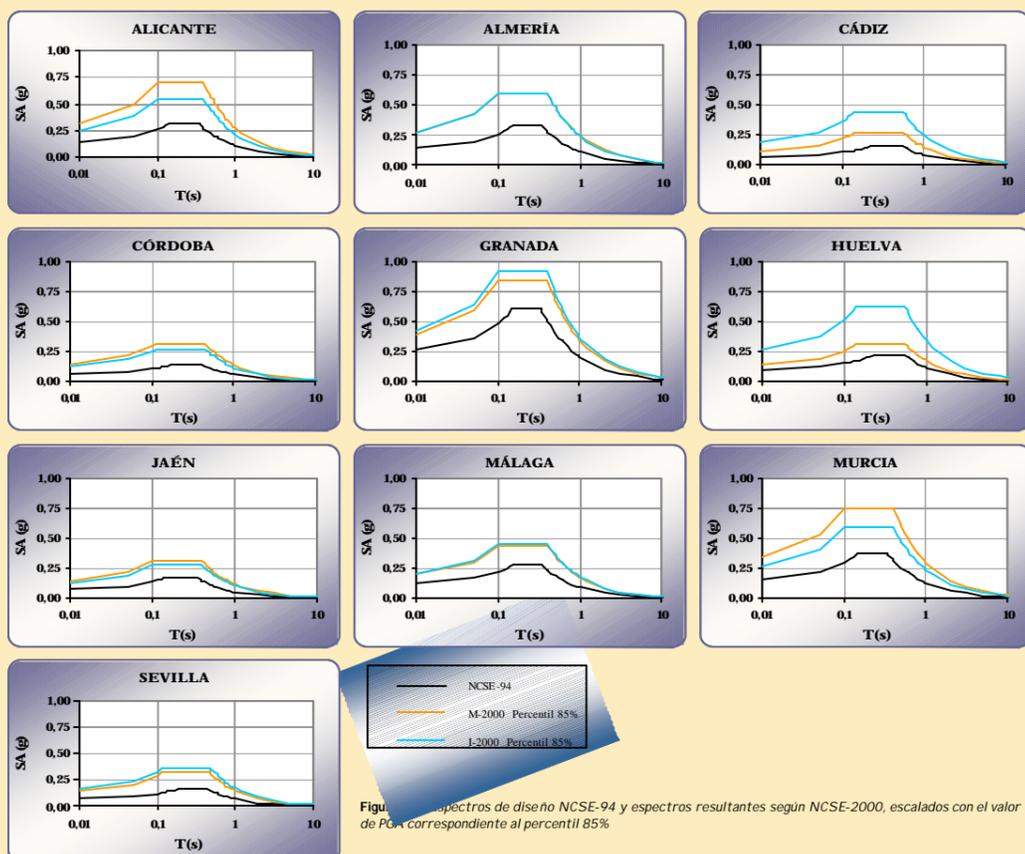


Figura 5. - Espectros de diseño NCSE-94 y espectros resultantes según NCSE-2000, escalados con el valor de PGA correspondiente al percentil 85%

## ESPECTROS ESTIMADOS

Utilizando las formas espectrales definidas por la NCSE-94 y la NCSE-2000 se han construido los espectros de respuesta de cada ciudad, con el valor del coeficiente K tabulado y considerando un emplazamiento genérico sobre suelo duro (tipo I, C=1.0). Éstos se presentan en la figura 5.

En cada gráfico puede verse, el espectro de respuesta en aceleración según la NCSE-94 y los espectros de la NCSE-2000, en este caso escalados con los valores de aceleración máxima, percentil del 85%, de cada alternativa de cálculo (I y M). En estos gráficos puede verse cómo las amplitudes de los espectros estimados a partir de la NCSE-2000 superan en todo el rango de frecuencias, a las de los propuestos por la NCSE-94 para cada emplazamiento. En general, los espectros construidos a partir de los valores estimados en el estudio, mediante los dos cálculos llevados a cabo, muestran una aceptable coincidencia entre sí, a excepción de los emplazamientos más occidentales, Cádiz y Huelva, donde se aprecian diferencias notables, consecuencia del comportamiento de las diferentes atenuaciones.

## CONCLUSIONES

De la comparación de los valores de aceleración obtenidos en 10 ciudades del sur de España, siguiendo distintas alternativas de cálculo, con los propuestos en la NCSE-94 se concluye que, en general, los valores ahora estimados superan a los dados por dicha normativa. Los resultados obtenidos en el cálculo en aceleraciones y en intensidades, presentan una aceptable coincidencia, excepto en aquellos emplazamientos más occidentales. Esto se explica porque las leyes de atenuación de la aceleración, hacen casi imperceptible la influencia de la zona lejana de Azores, que sin embargo queda bien reflejada en el cálculo en intensidades, dado que para este parámetro sí existe una ley de atenuación específica que hace que la contribución de dicha zona sea notable. En los valores de los percentiles del 85%, al tener una mayor dependencia de los extremos de la distribución, también aparecen ciertas diferencias en los valores obtenidos por los dos métodos para algunos de los emplazamientos con mayor contribución de sismicidad próxima: Alicante, Murcia y Granada. Como consecuencia de lo anterior y de la comparación de los espectros de diseño construidos para cada emplazamiento, puede concluirse que los espectros estimados a partir de la NCSE-2000 (con las aceleraciones deducidas en este estudio), superan en todo el rango de frecuencias y en todos los emplazamientos, a los propuestos por la NCSE-94.

Finalmente y a la vista de los resultados y las conclusiones deducidas pueden hacerse algunas recomendaciones, enmarcadas principalmente en posibles líneas futuras de actuación. La primera de ellas, se refiere a la necesidad de abordar en profundidad la revisión del catálogo sísmico existente, incluyendo la posibilidad de que sea contrastado con otros catálogos vecinos. Otra cuestión de importancia, que será conveniente revisar, es el estudio de la atenuación de la zona de Azores y de su influencia en los emplazamientos más cercanos a la misma, donde se tiene más incertidumbre que en aquellos dominados casi exclusivamente por la sismicidad más próxima. Por último, hacer una llamada de atención sobre las aceleraciones de cálculo propuestas por la NCSE-94, ya que los resultados obtenidos (ver tabla 1) indican que éstas pueden estar actualmente subestimadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido objeto de una Asistencia Técnica financiada por el IGN, al que agradecemos su contribución.