

---

# Sismicidad, Sismotectónica y Peligrosidad Sísmica en Galicia

Juan Rueda y Julio Mezcua  
([jjrueda@ign.es](mailto:jjrueda@ign.es), [jmezcua@ign.es](mailto:jmezcua@ign.es))  
Instituto Geográfico Nacional  
**España**

Publicación Técnica IGN nº 35. 2001

---

## Resumen

## Abstrac

## Agradecimientos

## 1 Introducción

## 2 Encuadre geológico del noroeste de la Península Ibérica

## 3 Estudio de la sismicidad del noroeste de la Península Ibérica

## 4 Sismicidad de las series de terremotos de Sarria 1995-1997

## 5 Estudio del estado de esfuerzos

## 6 Modelo sismotectónico del noroeste de la Península Ibérica

## 7 Análisis de la Peligrosidad Sísmica

### 7.1 Cálculo de la magnitud momento $M_w$

### 7.2 Zonificación sismogénica

### 7.3 Parámetros de sismicidad y sus incertidumbres

#### 7.3.1 Premonitorios y réplicas

#### 7.3.2 Distribución temporal

#### 7.3.3 Magnitud mínima

#### 7.3.4 Magnitud máxima

#### 7.3.5 Actividad de las zonas sismogénicas

### 7.4 Parámetro del movimiento del suelo y su incertidumbre

### 7.5 Cálculo de la Peligrosidad Sísmica

## 8 Resultados

## 9 Conclusiones

## Referencias

## Anexo 1.- Catálogo sísmico en valores de magnitud momento

## Anexo 2.- Valores de la aceleración sísmica básica para cada término municipal

---

## **Resumen**

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 (1995) estableció para el noroeste de la Península Ibérica un valor de aceleración sísmica básica por debajo de 0.04 g, por lo que en esta zona no es necesario contemplar las acciones sísmicas en el

diseño de la edificación. Pero la reciente actividad sísmica, con la ocurrencia de un terremoto el 21 de mayo de 1997 de magnitud  $5.3 m_{Lg}$  e intensidad VII (EMS), ha hecho que se planteara la necesidad de comprobar la validez de los parámetros sísmicos de dicha norma. Con el fin de responder a esta cuestión desde la Ingeniería Sísmica, se realiza una revisión de la sismicidad histórica e instrumental, un estudio sismotectónico de la región y una nueva zonificación sismogénica previamente al cálculo de la peligrosidad, que da como resultado un aumento en los niveles de aceleración sísmica básica aunque sin superar los mínimos de la Norma, por lo que se concluye que esta sigue siendo válida para el noroeste de la Península Ibérica.

Se determinan los valores de peligrosidad sísmica para un periodo de retorno de 500 años en cada uno de los términos municipales en la Comunidad Autónoma de Galicia y vecinas que deberían utilizarse en los futuros planes de desarrollo urbanístico y de infraestructuras de la región.

### **Abstrac**

The Earthquake-Resistant Design Guide NCSE-94 established a basic seismic acceleration coefficient lower than 0.04 g for the northwestern of the Iberian Peninsula. That means that no seismic forces should be considered in the design of regular buildings. However, the recent seismic activity centred on a  $5.3 m_{Lg}$  magnitude shock occurred 21 May 1997 with maximum intensity VII (EMS) makes necessary to check the validity of the seismic parameters included in the NCSE-94 for that part of the territory. In order to answer this question from the Earthquake Engineering point of view a revision of the historical and instrumental seismicity is performed, together with a sismotectonic study of the region, a new seismic zonation and a new study of the seismic hazard. The result are higher values of the basic seismic acceleration coefficient but lower than the minimum established in the NCSE-94, reason why this guide still valid.

The seismic hazard values are performed for a Return Period of 500 years in each of the counties of the Comunidad Autónoma de Galicia and those nearby which may be used in future planning of urban development and infrastructures of the region.

## **1 Introducción**

La Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94 (1995), establece en su Capítulo II: Información Sísmica, el Mapa de Peligrosidad Sísmica expresado en función de la aceleración sísmica básica, Mezcua y Martín (1993). Este parámetro representa el valor característico, para cada punto del territorio nacional, de la aceleración horizontal del terreno producida por todos los posibles terremotos correspondientes a un periodo de retorno de 500 años. Por similitud con otras normas sísmicas este se expresa con relación al valor de la aceleración de la gravedad. Sin embargo, el valor correspondiente de la aceleración sísmica básica para un determinado emplazamiento no es el parámetro que directamente se considera como una acción más en el cálculo de la estructura a considerar. Según se establece en la Norma, este valor de la aceleración sísmica básica ha de combinarse con otros dos factores, por una parte con el periodo de vida funcional que se considera tendrá la estructura y por otro con la importancia de la construcción. Estos dos últimos factores definen a su vez un coeficiente de riesgo que combinado con la aceleración sísmica básica obtenida del mapa de peligrosidad sísmica proporciona el

valor de la aceleración sísmica de cálculo. Es decir, queda establecido que el valor de la aceleración de cálculo es un valor que estando relacionado con la peligrosidad sísmica depende de otros factores que nada tienen que ver con esta.

Por otra parte también existe dentro de la Norma otro factor que modifica el escalamiento que se establece del espectro elástico de respuesta de la estructura, este factor depende del tipo de terreno sobre el que se situará la misma.

Por todo lo anterior queda establecido de forma expresa, que el valor de la aceleración sísmica básica es un factor más de una cadena que en última instancia proporcionan el valor del parámetro de acción debido al sismo en el cálculo de una estructura, y este hecho es muy importante pues no se puede modificar un elemento solo de la cadena sin estudiar las consecuencias en los otros dos. Este razonamiento sencillo de entender es primordial a la hora de abordar un cambio en la normativa sismorresistente de un país, pues todos los factores forman un entramado que es preciso considerar en su conjunto.

Por otra parte en el capítulo I de Generalidades en su parte de Comentarios se establece en el apartado 1.2.3 la aceleración sísmica de cálculo considerada como umbral y que es de 0.06 g siendo g la aceleración de la gravedad. Se establece este como valor mínimo a partir del cual está garantizada la finalidad última de la Norma que es la de evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el coste económico que futuros terremotos pudieran ocasionar. Es decir, se considera que una aceleración sísmica de 0.06 g puede ser soportada por cualquier estructura sin necesidad de cálculos sismorresistentes. Por tanto se adopta un criterio de decisión exclusivamente política que depende únicamente del nivel de riesgo que un país quiera o pueda asumir.

Establecida esta premisa, que no podremos dejar de lado, se presenta una pregunta a la que razonablemente se ha de poder contestar desde el punto de vista sismológico y cuya respuesta es el objetivo del presente trabajo. *¿La reciente actividad sísmica ocurrida en los últimos años en el Noroeste de España, en la zona oriental de Galicia, ha dejado inservible la NCSE-94?. En otras palabras, ¿un aparente aumento de la sismicidad percibido como anormal por la población en una zona puede implicar una obsolescencia de una norma antisísmica?. Una respuesta positiva ha de llevar a una cuantificación de ese aumento en términos de los valores de la actual Norma.*

Existe además superpuesta a esta pregunta una cuestión que cabe también plantearse. *¿El modelo probabilístico de la determinación de la Peligrosidad Sísmica utilizado en la mayoría de las normas podría ser dependiente del tiempo?. Es decir, ¿podría considerarse un modelo no de Poisson de tal forma que la probabilidad de ocurrencia de un sismo no sea constante en el tiempo?.*

La respuesta a esta segunda pregunta es afirmativa, lo que quiere decir que es posible, bajo determinadas circunstancias calcular la peligrosidad sísmica de tipo probabilista que sea dependiente del tiempo (WGCEP88, 1988) en cuyo caso la respuesta a la primera pregunta sería que no invalidaría las normas así redactadas. Sin embargo, solo en casos en los que se conozca con gran aproximación la función de probabilidad del intervalo de recurrencia de terremotos en cada falla es posible estudiar esta peligrosidad sísmica probabilista dependiente del tiempo. Esta información sobre el intervalo de recurrencia es solo posible en algunas fallas con una bien conocida mecánica de producción de terremotos, lo que no es el caso de la zona que nos ocupa.

Por las razones expuestas abordaremos la primera cuestión desde el hecho de que el estudio probabilístico de la peligrosidad de la norma NCSE-94 se determinó para un modelo de ocurrencia temporal de tipo Poisson, no dependiente del tiempo y que por

tanto hemos de comprobar empíricamente si la nueva actividad modifica sustancialmente los resultados de la norma actualmente en vigor. Es decir, estableceremos en primer lugar las pautas que hemos de seguir en el trabajo, con el objeto de que quede clara la respuesta.

En primer lugar, aunque conceptualmente no ha cambiado esencialmente nada la tecnología que se dispone para el cálculo de la peligrosidad sísmica, si han cambiado además de los datos de entrada la forma en que estos se utilizan. Hace una década, cuando se hicieron los cálculos de peligrosidad de la NCSE-94, la sismicidad venía fundamentalmente caracterizada por la Intensidad Sísmica de cada terremoto. Hoy en cambio, se considera más correcto caracterizar la sismicidad por la Magnitud Momento ( $M_w$ ) como parámetro directamente relacionado con la energía y en definitiva con el poder destructor de un terremoto. Ligado a este cambio hay que considerar una nueva fórmula que proporcione la atenuación de la energía sísmica con la distancia y su relación con el movimiento del suelo. Esta nueva predicción del movimiento a partir de los valores de  $M_w$  y de la distancia es otro cambio que será preciso también abordar.

Otro aspecto también que es necesario modificar es la clasificación de zonas sismogénicas, sobre todo cuando como es en este caso que una actividad sísmica nueva permite una mejor definición de las fuentes sismogénicas de actuales y futuros terremotos.

En definitiva existen una serie de cambios en los datos y en la forma de considerarlos que hacen necesario establecer un proceso que nos permita afirmar que un posible cambio en la peligrosidad es fruto de un cambio en los datos de entrada y no en el procedimiento de cálculo o en la forma de representarlos. De esta forma procederemos según los siguientes pasos:

- Actualización de los datos de sismicidad histórica en función de la información nueva existente.
- Revisión de la sismicidad instrumental.
- Obtención de las relaciones que permiten obtener  $M_w$  para todos los terremotos del catálogo a partir de la intensidad máxima y de la magnitud  $mb_{Lg}$ .
- Selección de la relación de atenuación del movimiento del suelo en función de la magnitud y de la distancia.
- Considerando únicamente los datos registrados hasta 1983, fecha en que se elaboraron los cálculos de la NCSE-94, y utilizando la zonificación que se usó en su día, reproducir los resultados obtenidos en ella, con el fin de asegurar que se han eliminado las influencias del uso de los datos en esa nueva forma y de la nueva curva de atenuación.
- Análisis de la sismicidad del noroeste de la Península Ibérica y en particular de la reciente actividad de la zona de Sarria (Lugo), estudiando el estado de esfuerzos y estableciendo un modelo sismotectónico que permita abordar el siguiente punto.
- Definición de una nueva zonificación sismogénica.

- Determinación de la peligrosidad sísmica, incluyendo la nueva actividad.
- Formación de la nueva cartografía sísmica para la zona de estudio.
- Comparación de los resultados con los que establece la NCSE-94 y análisis de las consecuencias que puedan extraerse.

## 9. Conclusiones.

La actividad sísmica reciente en Galicia ha permitido realizar un estudio sobre el estado de esfuerzos y la geometría de las estructuras responsables de esta actividad. Como consecuencia de este estudio es posible determinar que el modelo sismotectónico de la zona oriental de Galicia se corresponde con una falla inversa de empuje con orientación NE-SO en su parte mas al norte y que en forma de arco se va doblando hasta acabar en su parte mas al sur en dirección NO-SE siguiendo una traza mas o menos paralela a la falla de Vivero. Esta falla transcurre casi exclusivamente bajo el Manto de Mondoñedo situada a 15 km de profundidad, sin manifestaciones en superficie que permitan su cartografiado. La falla, ha podido ser identificada mediante modelización magnética por Aller *et al.* (1994) en dos dimensiones y en este trabajo utilizando tres dimensiones mediante la deconvolución de Euler. Con este método se han determinado las fuentes responsables del campo magnético que delimitan la extensión de la falla.

A partir del conocimiento del estado de esfuerzos deducido y la consideración de la distribución de la sismicidad revisada ha sido posible establecer una zonificación sismogénica del noroeste de la Península Ibérica. En este proceso, además de la sismicidad se ha tenido en cuenta la gravimetría de la zona con objeto de definir mejor esta compartimentación. Este resultado es muy importante no solo para la zonificación necesaria en la determinación de la peligrosidad, sino también para establecer las características del terremoto máximo que pueda producirse en ella.

Se ha determinado la peligrosidad sísmica de la zona utilizando la misma metodología y zonificación empleada en el cálculo del mapa de peligrosidad sísmica de la actual Norma Sismorresistente española (NCSE-94). La diferencia en el proceso radica en la utilización de magnitudes momento en vez de intensidades máximas como es el caso de la citada norma. Además de este parámetro para cuantificar la energía de cada terremoto se ha utilizado una correlación de atenuación del movimiento del suelo con la distancia y con la magnitud calculada con datos mundiales para zonas tectónicas similares. Limitando la sismicidad al periodo empleado en el cálculo de la Norma, los resultados obtenidos son muy parecidos a los ya calculados por lo que esta parte del trabajo puede considerarse una validación del cambio en el tipo de datos (Intensidad por Magnitud momento) y en la expresión de la atenuación.

Utilizando la nueva zonificación realizada en este trabajo y extendiendo el periodo de datos hasta 1998 en el que se incluye la reciente actividad sísmica de la zona se ha procedido al cálculo de la peligrosidad sísmica del noroeste de la Península Ibérica. En relación a este apartado del trabajo se han obtenido las conclusiones que citaremos a continuación:

Aunque la nueva actividad conjuntamente con la nueva zonificación han determinado una peligrosidad sísmica mas alta, los valores obtenidos pueden contemplarse incluidos en la los de la Norma. Es decir, la actual Norma Sismorresistente NCSE-94

Construcción sigue siendo válida.

La nueva zonificación ha permitido distinguir dentro de Galicia unas zonas más peligrosas que otras y cuantificar esa diferencia. Esto permitirá tener un documento que debería utilizarse en los futuros planes de desarrollo urbanístico y de infraestructuras de Galicia.

En las áreas nuevas de mayor peligrosidad, cuyos valores se acercan a los valores estándar de mínimo establecidos en la Norma, es donde se ha de centrar la futura investigación en cuanto a impacto del peligro sísmico en el desarrollo de la región.

Con la nueva asignación de peligrosidad por términos municipales, estamos en condiciones de la creación de distintos escenarios de riesgo que permitan evaluar el impacto de un terremoto de valores máximos en la zona.