

Inversión de amplitudes de registros sísmicos para la definición de M_L *Inversion process of the amplitudes in seismic records for the definition of M_L*

Marta Gonzalez⁽¹⁾, Ramon Secanell⁽¹⁾, Teresa Susagna^(1,2), Xavier Goula⁽²⁾

⁽¹⁾ Observatori Fabra, Rambla dels Estudis, 115, 08002 Barcelona, mgonzalez@icc.es

⁽²⁾ Institut Cartogràfic de Catalunya, Parc de Montjuïc, 08038 Barcelona

SUMMARY

An attempt to develop a new local magnitude scale in Catalonia (Spain) taking into account the local attenuation instead of the attenuation of other areas has been performed using an inversion procedure. The input data used consist of digital velocity records (vertical component) from 282 earthquakes in magnitude range 0 to 4.5 occurred in Catalonia from 1992 to 1997. The hypocentral distances covered are in the range of 10 km to 250 km. The magnitudes are obtained by adjusting the following expression:

$$M_L = \text{Log } A + a * \text{Log } (R / R_{ref}) + b * (R - R_{ref}) + K(R_{ref}) + S,$$

where A is the maximum amplitude (in mm) of the simulated Wood-Anderson record obtained from actual seismograph records, a is the geometrical spreading, b is the anelastic attenuation, S is a station correction term, R is the hypocentral distance and $K(R_{ref})$ is a constant.

It has been found that the anelastic attenuation tends to be almost zero. Then, a new inversion has been performed considering only the geometrical spreading. The resulting expression obtained is:

$$M_L = \text{Log } A + 1.07 \text{Log}(R / 60) + 2.68 + S \pm 0.05$$

The values of magnitude obtained with this new expression are lower than the magnitudes given by other agencies.

1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre, uno de las principales preocupaciones en sismología ha sido la determinación del tamaño de los terremotos. Con la aparición de los sismógrafos, el concepto de magnitud M_L dado por Richter (1935) fue la más usada, junto con la intensidad, para medir la energía liberada por un terremoto. Desde entonces se han desarrollado un gran número de definiciones de magnitud. La magnitud local M_L está basada en la lectura de la amplitud máxima de un registro Wood-Anderson a distancias regionales. M_L tiene una gran dependencia de la atenuación de la energía, y por tanto de la estructura geológica de la zona de estudio.

El propósito de este trabajo es el de contribuir a la definición de una M_L a partir de la inversión de la amplitud de los registros digitales obtenidos por la red sísmica de Cataluña entre 1992 y 1997 que sea adaptada a la región.

2. DATOS SISMICOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron nueve estaciones sísmicas digitales pertenecientes a la *Red Sísmica de Catalunya (Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC. Servei Geològic de Catalunya, (SGC))*.

Se examinaron 1165 terremotos desde Marzo de 1992 hasta Diciembre de 1997 (Butlletí Sismològic del SGC, 1992-1997), de los que se seleccionaron 282 sismos, registrados al menos en cuatro estaciones de la red para reducir al máximo el posible error que se pudiera cometer en la inversión. Aunque la escala M_L originalmente definida por Richter se basa en registros horizontales, se ha utilizado registros de componente vertical ya que en nuestras estaciones sólo se disponía de esta única componente. El rango de magnitudes utilizadas se encuentra entre 0 y 4.5 y el rango de distancias está entre 10 y 250 kilómetros.

3. MÉTODO DE ANÁLISIS

En este trabajo se sigue la metodología propuesta por Alsaker et al. (1991). Para cada registro se calculó la amplitud máxima de la señal simulada en un sismógrafo Wood-Anderson. Para la nueva definición M_L se determina el coeficiente de extensión geométrica, el coeficiente de atenuación anelástica, las magnitudes locales y las correcciones de estación. Para la determinación de estos parámetros se utilizó el método de inversión basado en la teoría de la descomposición de Lanzcos (Aki & Richards, 1980). Se trata de resolver la siguiente ecuación:

$$M_L = \text{Log } A + a * \text{Log } (R / R_{ref}) + b * (R - R_{ref}) + K(R_{ref}) + S \quad (1)$$

donde a y b son los coeficientes de extensión geométrica y de atenuación anelástica; R es la distancia hipocentral; R_{ref} es la distancia de referencia, nos servirá para definir la nueva magnitud local; $K(R_{ref})$ es una constante que nos permite conectar la atenuación de California con la R_{ref} escogida.

R_{ref} es un valor inicial que tendremos que determinar previamente y que fijará el valor de $K(R_{ref})$ tal y como muestra la ecuación:

$$K(R_{ref}) = 1.11 * \text{log } (R_{ref} / 100) + 0.00189 * (R_{ref} - 100) + 3.0 \quad (2)$$

Se hace un planteamiento del problema inverso, en el que se trata de resolver un sistema que tenga tantas ecuaciones como valores de amplitud.

Se trata pues de resolver el siguiente sistema:

$$\sum_{k=1}^{N_e} M_k d_{ik} = \text{Log} A_{ij} + a * \log(R_{ij} / R_{ref}) + b * (R_{ij} - R_{ref}) + \sum_{l=1}^{N_s} S_l d_{lj} + K(R_{ref}) \quad (3)$$

donde N_e es el número de sismos; N_s es el número de estaciones; i es el número de sismo y j es la estación a la que pertenece el registro.

Esta expresión se escribe en forma de matriz $Ax=y$ (donde y representa el vector de los datos y x el vector de las incógnitas), es un sistema de $N_e + N_s + 2$ ecuaciones linealmente independientes.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & r_{11} & u_{11} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & r_{N_e N_s} & u_{N_e N_s} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} M_1 \\ \cdot \\ M_N \\ -S_1 \\ -S_{N_s} \\ -a \\ -b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} \\ \cdot \\ y_{1N_s} \\ y_{21} \\ y_{22} \\ y_{N_e N_s} \end{pmatrix}$$

Donde :

$$r_{ij} = \text{Log} (R_{ij} / R_{ref})$$

$$u_{ij} = (R_{ij} - R_{ref})$$

$$y_{ij} = \text{Log} A_{ij} + K(R_{ref})$$

Por inversión de la matriz A se puede encontrar el vector de incógnitas x .

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos son: para la atenuación anelástica un valor de -0.0037 (valor físicamente imposible). El valor del coeficiente de extensión geométrica es muy elevado 1.78, si lo comparamos con el de California.

Como la atenuación anelástica es negativa se ha procedido a la realización de la inversión sin considerar este término.

Si no consideramos la atenuación anelástica la expresión resultante para la magnitud local es la siguiente:

$$M_L = \text{Log} A + 1.07 \text{Log}(R / 60) + 2.68 + S \pm 0.05 \quad (4)$$

En la figura 1 se presenta la curva de atenuación de California, comparada con las resultantes de nuestro proceso de inversión. En el caso de considerar nula la atenuación anelástica la curva se acerca a la curva de California (Richter,1935).

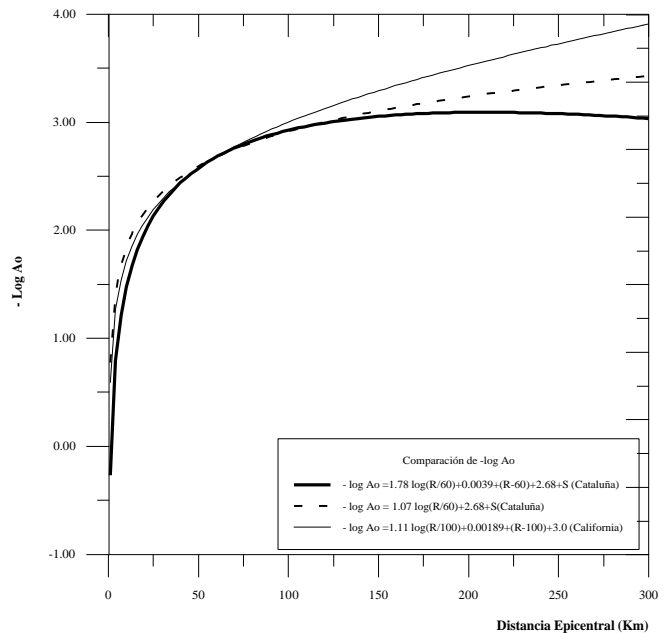


Figura 1. Comparación de las curvas $-\text{Log} A_o$, resultantes de la inversión, con la propia de California. (Comparison of $-\text{Log} A_o$ curves obtained with the inversion process with the California attenuation (Richter,1935))

5. CONCLUSIONES

Se ha realizado una inversión de los datos que cumpliera los requisitos de calidad para los seis años 1992-1997. Los resultados obtenidos confirman los primeros resultados obtenidos en 1996 con muchos menos datos (Secanell,1996).

Estos resultados indican una atenuación extremadamente débil para la región incluso una tendencia a aumentar la amplitud a una distancia de 150 a 200 km y un coeficiente de extensión geométrica cercano a 1. Las magnitudes M_L definidas con los coeficientes de Cataluña dan valores algo inferiores a los de M_{WA} calculados con atenuaciones de California.

Sería conveniente disponer de datos de sismos de magnitudes mayores registrados a distancias superiores a 300Km para confirmar los resultados obtenidos.

6. REFERENCIAS

Aki, K. and P.G. Richards (1980). "Quantitative Seismology". voll II. W.H. Freeman and company. San Francisco.
 Alsaker, A., L.B. Kvamme, R.A. Hansen, A. Dahle., H. Bungum (1991). "The M_L scale in Norway. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **81**, No.2, 376-398.
 Butlletí Sismològic del Servei Geològic de Catalunya, 1992-1997.
 Richter C. F (1935). 2nd instrumental earthquake magnitud scale. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **25**, 1-31.
 Secanell, R., Susagna, T., Goula, X. (1996). Contribution to a definition of the M_L scales in Catalonia. *Proc. XXIV General Assembly European Seismological Commission (ESC)*. 475-484.