

CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO SÍSMICO EN EMPLAZAMIENTOS DE LA RED SÍSMICA DE CATALUNYA CON SENSOR DE BANDA ANCHA

Chavarria, L.⁽¹⁾, Susagna, T.⁽¹⁾⁽²⁾, Olmedillas, J.C.⁽¹⁾, Vila, J.⁽³⁾⁽⁴⁾ y Goula, X.⁽¹⁾

(1) Institut Cartogràfic de Catalunya.

(2) Observatorio Fabra. Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona

(3) Laboratori d'Estudis Geofísics "Eduard Fontserè". Institut d'Estudis Catalans

(4) Departament d'Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona

Resumen

Para caracterizar los distintos emplazamientos de la red sísmica de Catalunya se ha iniciado una campaña de registros de ruido sísmico en distintas estaciones. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en una primera fase cuyos objetivos son, principalmente, comprobar el comportamiento del sensor de banda ancha Guralp CMG40-T, caracterizar el ruido de las estaciones existentes y observar la mejora que introduce la nueva infraestructura diseñada para la renovación de la actual red sísmica.

Introducción

La actual red sísmica de Catalunya, en funcionamiento desde 1985, está compuesta por diferentes equipos de registro y transmisión de datos, analógicos y digitales, y con sensores de período corto. La necesidad de actualizar la instrumentación de acuerdo con las nuevas tecnologías ha llevado a iniciar la renovación de la red. Los objetivos principales de esta nueva red son, por una parte, de disponer de un sistema de alerta en tiempo real para la elaboración inmediata de un informe preliminar del terremoto; por otra parte, la obtención de registros no saturados de sismos percibidos por la población y el suministro de datos de alta calidad a universidades y centros de investigación. Para el logro de estos objetivos se ha planificado una red de sensores de 3 componentes de banda ancha, con registro digital de 24 bits, continuo y en tiempo real en el centro de recepción, con transmisión vía satélite.

Se ha llevado a cabo una campaña preliminar de registros de ruido en diferentes emplazamientos de la actual red, para verificar el comportamiento del nuevo sensor, tanto en su rango de frecuencias de respuesta, como en la estabilidad de su funcionamiento. Por otro lado se han preparado y comprobado los programas de análisis de ruido que servirán para la futura caracterización de las estaciones. Unos primeros resultados han permitido observar diferencias significativas entre distintos emplazamientos.

Metodología e instrumentación utilizada

Se han utilizado curvas de densidad de potencia espectral (Blackman y Tukey, 1959) para poder comparar con otras estaciones que realicen estudios de este tipo (Iyer, 1964). Estas curvas se comparan con modelos estadísticos, existentes en la literatura (Aki and Richards, 1980, Peterson, 1993) utilizados por otra parte en la caracterización de estaciones de redes internacionales (GEOSCOPE, IRIS, etc.). En el presente trabajo se ha escogido como modelo de referencia el presentado por Aki and Richards (1980) que corresponde al modelo representativo de densidad de potencia espectral en velocidad para una estación ubicada en

basamentos rocosos consolidados. Teniendo en cuenta este tipo de representación, y a tenor de las diferentes frecuencias observadas para cada ubicación en concreto, se intentaran discriminar, en la medida de lo posible, los diferentes tipos de fuentes de ruido que afectan a las ubicaciones y que puedan perturbar los registros de terremotos.

Al tratarse de un estudio preliminar y en la mayor parte de los casos sin la posibilidad de elementos comparativos ni inclusión de factores reductores de ruido, se prestará una especial atención a los rangos de frecuencias que afectan a cada estación y se intentará dar una explicación primera a tenor de los posibles focos que puedan afectarla, considerando los resultados obtenidos como mejorables y el nivel de ruido como el límite superior esperado. Es decir, se considerará que tanto el ruido de origen cultural como el que es consecuencia de impacto directo sobre la estación es susceptible de ser eliminado y, básicamente, los registros quedarán afectados por los períodos largos característicos de la acción de ondas oceánicas en la costa, generalmente correlacionados con la propagación de perturbaciones atmosféricas.

Para la obtención de datos experimentales se ha utilizado un equipo portátil basado en un sistema de adquisición de datos sobre entorno PC, al cual se le ha conectado un sensor Guralp CMG40-T de respuesta plana entre 30s y 50 Hz. Para el tipo de trabajo que se ha realizado, y restringiendo la banda de frecuencias en la que el sensor muestra un comportamiento plano, la respuesta del sistema de adquisición puede considerarse también plana dentro del mismo rango de frecuencias.

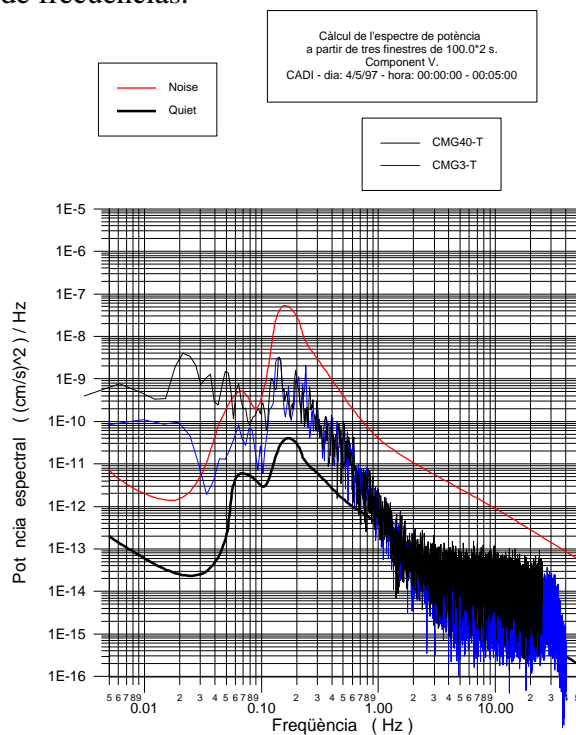


Figura 1: Comparación entre el ruido sísmico observado con el sensor CMG40-T (curva superior) y el sensor CMG-3T (curva inferior) en la estación sísmica del Túnel del Cadí, en relación con los niveles de referencia presentados en Aki and Richards, 1980.

de frecuencias se ha podido apreciar cómo el ruido registrado con el sensor CMG40-T tiende a tomar una forma plana a partir de los 10Hz sobre los $2 \cdot 10^{-14}$ (cm/s)²/Hz mientras que el ruido

A fin de disponer de un elemento comparativo inicial, el equipo ha sido testado en una estación de bajo nivel de ruido de la cual se conocen los parámetros tanto instrumentales como de respuesta local. La estación utilizada para esta comprobación es CAD (Túnel del Cadí), la cual dispone además, de una banda de registro plana superior a la del sistema utilizado en este trabajo (Vila, 1998). En concreto, y por similitud con lo expuesto anteriormente, CAD está equipada con un sensor Guralp CMG-3T (100s - 50 Hz) también determinante de la respuesta total, lo cual implica que una normalización de registros de ruido simultáneos nos permite a la vez comparar el comportamiento de ambos sensores. Esta comparación (véase la figura 1), ha permitido verificar, que los niveles de ruido para el sensor CMG-40 se encuentran entre los dos niveles de referencia presentados en Aki and Richards 1980; y desde el punto de vista relativo, para frecuencias inferiores a 0.1 Hz el sensor CMG-3T sigue el modelo de ruido hasta 0.03 Hz, mientras que para el sensor CMG40-T el ruido del propio sensor supera el nivel del ruido del emplazamiento. En el otro extremo de la banda

registrado con el sensor CMG-3T continua descendiendo. Esto está asociado con la resolución del sistema de adquisición (Bache et al, 1986).

Medidas de ruido en emplazamientos actuales

Un estudio preliminar realizado en distintas estaciones actualmente en funcionamiento ha permitido constatar, antes de una caracterización definitiva, un comportamiento característico

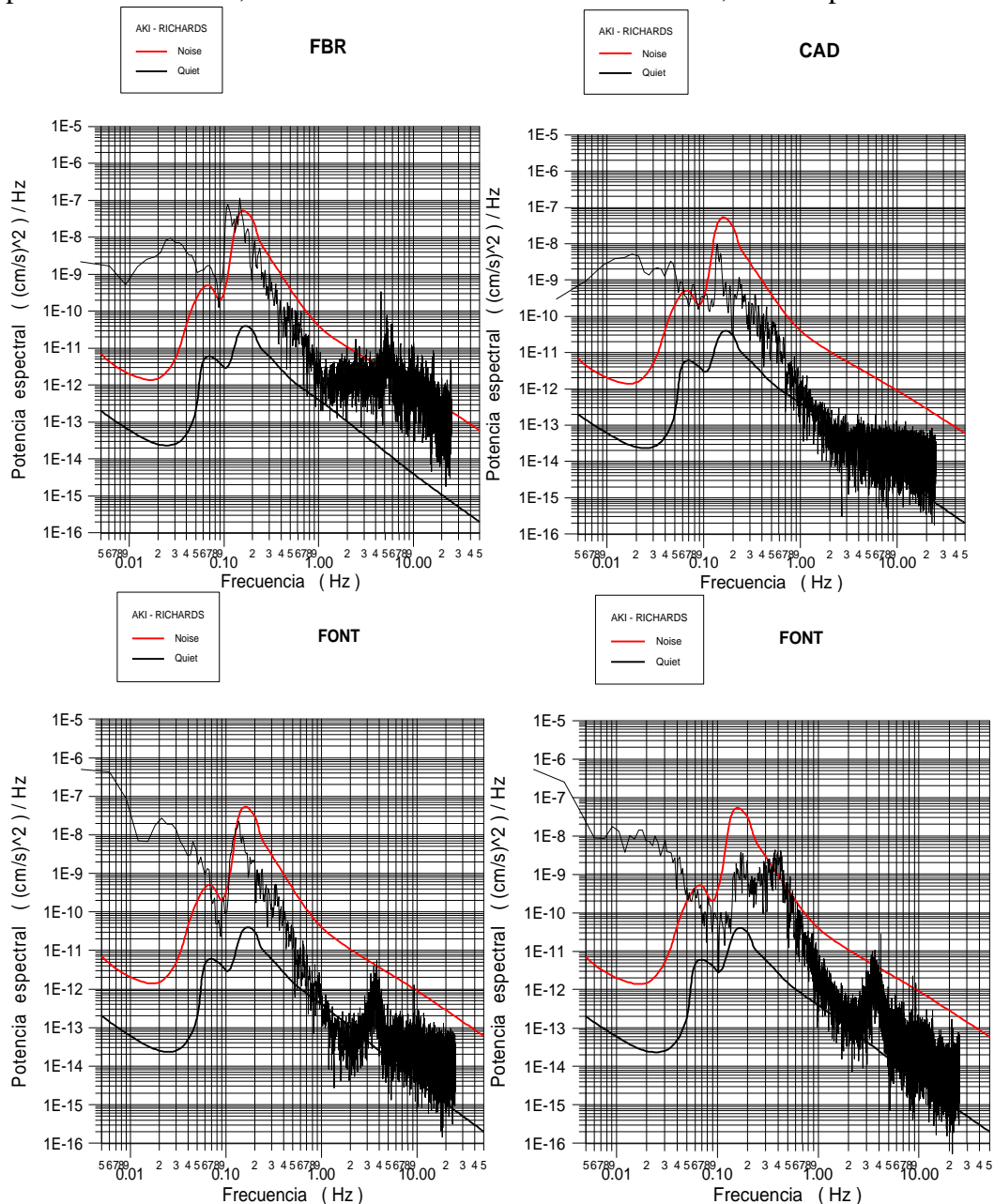


Figura 2: Arriba, comparación de medidas de ruido en la estación FBR y la estación CAD. Abajo, comparación de medidas de ruido de la estación FONT para dos épocas con condiciones meteorológicas distintas (izquierda, 10-MAR-97; derecha, 20-JUN-97). Las líneas suavizadas representan los niveles de referencia de Aki and Richards (1980).

de algunas ubicaciones, siempre con la finalidad de conocer el máximo número de emplazamientos potenciales para la instalación o continuidad de puntos de registro.

A modo de ejemplo, en la parte superior de la figura 2 puede observarse un nivel de ruido muy superior en altas frecuencias, (> 1 Hz), en la estación FBR (Observatorio Fabra) que en CAD (Cadí).

La presencia de frecuencias altas puede ser debido tanto a la posibilidad del ruido cultural de alta frecuencia provocado por la actividad propia de la ciudad de Barcelona como inducida por el impacto directo de las condiciones meteorológicas sobre la estructura (CAD presenta un elevado grado de aislamiento al estar ubicada en un emplazamiento térmicamente estable sin posibilidad alguna de impacto directo en la ubicación del sensor, Vila, 1998).

Como ejemplo de variabilidad de nivel de ruido en una misma estación, en la parte inferior de la figura 2 se presentan dos medidas de ruido de la misma estación FONT realizadas, a 3 meses de intervalo, en condiciones meteorológicas distintas. La primera se registró, en período invernal, el 10 de Marzo de 1997. La segunda se registró el 20 de Junio de 1997.

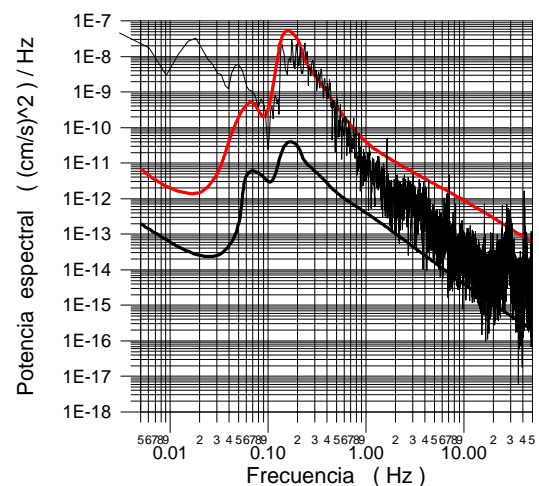
A pesar de la diferencia de nivel absoluto de ruido entre ambas muestras, pueden apreciarse similitudes, las cuales muy posiblemente sean características de la propia ubicación (picos característicos situados a frecuencias entre los 3 y 4 Hz en ambas curvas).

Medidas de ruido en nueva infraestructura

Tanto en los emplazamientos actuales como en los de nueva localización está previsto realizar acondicionamientos (básicamente pozos aislantes) para, por una parte, asegurar el aislamiento térmico, y por otra, evitar al máximo las perturbaciones debidas a impacto directo sobre el área de sensores, y eliminar en lo posible las perturbaciones de altas frecuencias consecuencia de la propagación de dichos impactos en los terrenos circundantes.

En un primer emplazamiento, en Les Avellanes (Lérida), se ha realizado la construcción de un pozo de 3 m, hasta llegar a la roca. Las medidas de ruido realizadas (figura 3) han permitido observar una disminución del nivel de ruido para frecuencias altas (superiores a 10 Hz). Esta mejora es más importante en las componentes horizontales que en la vertical con lo cual se ha puesto de manifiesto una mejora implícita del acoplamiento de sensores con el terreno, tal y como era de esperar en un estudio de emplazamientos.

Superficie



Profundidad : 3 m

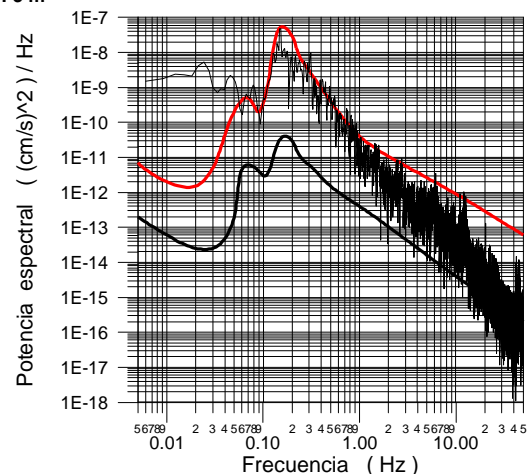


Figura 3: Curvas de densidad de potencia espectral en superficie (gráfica superior) y en profundidad (gráfica inferior) para la componente horizontal (E) en el emplazamiento de AVN. Se compara con los modelos de referencia de Aki and Richards (1980).

Detectabilidad

Un elemento adicional de especial importancia en la ubicación de estaciones sísmicas es la detectabilidad, la cual debe de considerarse como un elemento aparte a la hora de caracterizar una estación, puesto que un bajo nivel de ruido de fondo puede no correlacionarse con un buena detectabilidad (Borrmann, 1996). Durante los periodos de tiempo en que se ha llevado a cabo la adquisición de datos para la realización de este trabajo, se han registrado con el equipo instrumental antes mencionado varios sismos, de características diversas. Este hecho nos ha permitido confirmar, en las estaciones en que ha sido registrados, la ausencia de contrastes laterales de impedancia que pudiesen dificultar registros de terremotos o redujesen considerablemente la relación señal ruido, a pesar de presentar buenos niveles de ruido

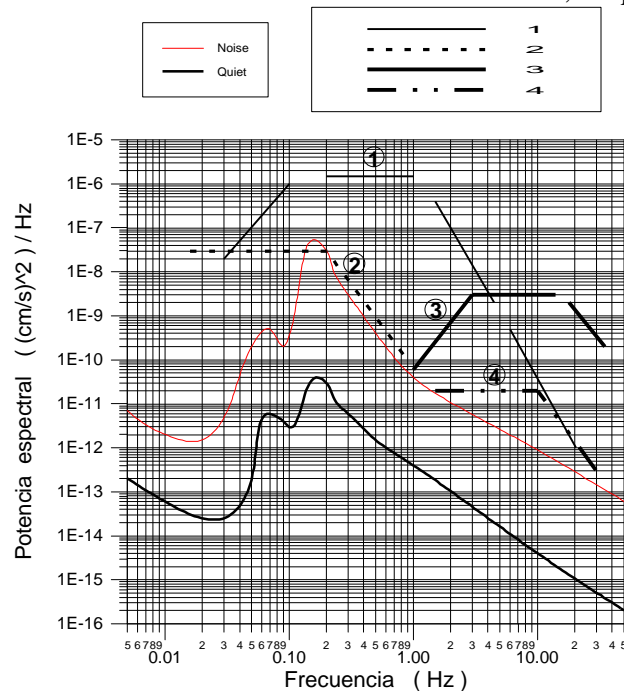


Figura 4: Situación respecto a los modelos de referencia de los niveles alcanzados por los sismos: \neg sismo de magnitud 5.1 a 790 km, $-$ sismo de magnitud 6.2 a 9000 km, \textcircled{R} sismo de magnitud 3.0 a 40 km y - sismo de magnitud 3.3 a 120 km.

realizadas se ha observado un comportamiento bastante aceptable del sensor CMG40-T de Guralp entre 15s y 50 Hz. Se ha comprobado que el nivel de ruido medido en distintos emplazamientos se sitúa entre los dos modelos de referencia típicos de estaciones situados en ubicaciones rocosas y consolidadas. Asimismo, se han observado variaciones de nivel absoluto para épocas con condiciones meteorológicas distintas y la presencia, en algunos casos, de frecuencias características de alguna ubicación.

El ensayo de proyecto de infraestructura realizado para la ubicación de las nuevas estaciones, que permite tener la base alejada de la superficie y proporciona un aislamiento térmico a los sensores, ha permitido observar una reducción importante de ruido sísmico de alta frecuencia. Finalmente, el registro de eventos sísmicos durante el período de adquisición de muestras de

(absolutos). A modo de ejemplo, en la figura 4 se han representado cuatro sismos de características distintas. El primero corresponde al sismo de Lugo de Mayo de 1997, de magnitud 5.1 a una distancia epicentral de 790 km; el segundo corresponde a un telesismo de magnitud 6.2 con epicentro situado a 9000 km de distancia (Costa de Michoacán, Méjico), cuyo espectro de potencia está cercano al modelo de referencia de nivel alto; el tercero y el cuarto corresponden a sismos regionales, distancias epicentrales de 40 km (Manresa) y 120 km (Montlluís) respectivamente, de magnitud entre 3 y 3.3. Tal y como puede comprobarse, todos ellos presentan una aceptable relación señal/ruido y los rangos de frecuencias observados son acordes con lo esperado a la hora de registrar eventos sísmicos de cada uno de los tipos mostrados.

Conclusiones

Se ha puesto a punto una metodología para el análisis de ruido, basado en la densidad de potencia espectral y la comparación con modelos de referencia. En las pruebas

ruido (diferentes características y aceptable relación señal/ruido) nos ha proporcionado un elemento adicional de especial importancia a la hora de testar las ubicaciones.

Referencias

Aki, K. y Richards, P. G. (1980). *Quantitative Seismology, Theory and Methods*. Freeman and Company, San Francisco, 948 pp.

Bache, T.C., Marshall, P.D. y Young, J. B. (1986). High-frequency seismic noise characteristics at the four United Kingdom-type arrays. *Bull. Seismic. Soc. Am.*, 76, 601-616.

Blackman, R., B. y Tukey, W. J. (1959) *The Measurement of Power Spectra from the point of view of Communications engineering*. Dover Publications, inc., New York, 190 pp.

Borrmann, P. (1996). How to deal with seismic noise in the new manual of seismological observatory practice. *Abstrac XXIV General Assembly European Seismological Comission (ESC) Reykjavik*.

Iyer, H. M. (1964). *The History and Science of Microseisms*. Institute of Science and Technology, The University of Michigan. Ann Arbor, Michigan.

Peterson, J. (1993). *Observations and Modelling of seismic background noise*. USGS Open-File Report 93-322, 95 pp

Vila, J., 1998. *The Broad Band Seismic Station CAD (Túnel del Cadí, Eastern Pyrenees): Site Characteristics and Background Noise*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, (in press)