

## IMPLEMENTACIÓN DEL SEISAN PARA LA RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA

Enrique Franco, Aníbal Ojeda, Franklin Rengifo y Maria Luisa Bermúdez  
INGEOMINAS, Subdirección de Amenazas Geoambientales.  
E-mail: lefranco@ingeomin.gov.co

### RESUMEN

En este trabajo se presenta la implementación del software SEISAN utilizado en la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC). SEISAN se empezó a utilizar desde febrero de 2001 y es preferido dado el fácil manejo de bases de datos sismológicos. En la actualidad SEISAN es usado bajo plataforma Linux como servidor de la base de datos de la RSNC. Adicionalmente, el sistema es utilizado para la localización diaria de eventos y reportes de sismos destacados. Además de un fácil manejo de la información, SEISAN ofrece la ventaja de hacer análisis rutinarios e investigativos aplicados a la sismología, tales como, análisis relacionado con el cálculo de propiedades de la corteza, estudio de la fuente de sismos y amenaza sísmica; para la localización de sismos se puede emplear dos rutinas Hypocenter o Hypoellipse. Las magnitudes pueden ser reportadas en escalas como: magnitud coda Mc, magnitud Richter ML, magnitud de ondas de cuerpo Mb, magnitud de ondas superficiales Ms y magnitud de momento Mw.

**Palabras claves:** Red Sismológica Nacional de Colombia, SEISAN, DAN, magnitud local.

### 1. Introducción.

La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) del INGEOMINAS, hace parte del Sistema Nacional para la Atención y Prevención de Desastres, y está encargada de dar una alerta temprana a la ocurrencia de un evento sísmico en el territorio nacional, además lidera las investigaciones sismológicas en el país. Actualmente la RSNC cuenta con 19 estaciones sismológicas, las cuales transmiten datos en tiempo real vía satelital, a una tasa de 60 muestras por segundo. Las estaciones cuentan con sensores de período corto con componente vertical y frecuencia natural de 1 Hz.

Dado que desde los inicios de la RSNC, el almacenamiento y consulta de los datos era un procedimiento complicado y tedioso, a partir de febrero de 2001 se implementó el software The Earthquake Analysis Software - SEISAN - (Havskov y Ottemöller, 2000), desarrollado por la Universidad de Bergen (Noruega). SEISAN está diseñado para trabajar bajo diferentes sistemas operativos y consta de una serie de programas para análisis sismológico, con una simple base de datos ordenada cronológicamente, permitiendo fácil acceso y manipulación de la información. Las razones por las cuales la RSNC decidió migrar a SEISAN, fueron básicamente: el manejo organizado y sencillo que hace de la base de datos utilizando una estructura de sistema de archivos, hace un mejor cálculo de las magnitudes locales, utiliza el Hypocenter como software localizador e integra una cantidad de programas para el análisis sismológico. Otra gran ventaja es la de reprocesar toda la información de localización con nuevos parámetros de una manera fácil (cambiando las velocidades de las ondas, nuevos modelos corticales, etc.). Todas estas ventajas son presentadas y discutidas en este trabajo.

### 2. Descripción del software.

Para el análisis de las diferentes formas de onda se utilizó desde 1993, el software Seismic Data Analysis Program (DAN), el cual permitía interactuar de manera gráfica con los sismogramas para la lectura de las fases en cada uno de los eventos registrados. Esta información de las fases, era utilizada en conjunto con el programa Hypo71 para la localización de los sismos; una vez realizada la localización, DAN usaba un archivo binario denominado Pick para almacenar toda la información relevante acerca del evento. Estos archivos luego se migraban a una base de datos comercial para poder hacer las consultas respectivas, de tal

manera que DAN manejaba una estructura de base de datos sísmológicos que no era de fácil acceso o consulta.

A partir de febrero de 2001, se empezó a utilizar en la RSNC, el software The Earthquake Analysis Software (SEISAN), el cual fue desarrollado para trabajar bajo ambiente Windows, Solaris o Linux indistintamente. SEISAN está conformado por un completo set de programas y una base de datos para análisis de sísmos de datos sísmológicos. La ubicación del epicentro e hipocentro es calculada después de hacer una lectura de fases interactiva con el Hypocenter 3.2 (Lienert, 1994), programa diseñado en Fortran para la localización de eventos locales, regionales y distantes; esta rutina usa formatos muy parecidos a los del Hypo71, e incluye una gran cantidad de nuevas características adicionado a la capacidad de localización global, a su vez posee más de 100 opciones las cuales se pueden variar según las necesidades.

El sistema SEISAN está ubicado en subdirectorios bajo un directorio principal denominado SEISMO, el cual consta de los siguientes subdirectorios: REA, almacena los archivos de lectura y solución de epicentros en una base de datos; WOR, lugar de trabajo para los diferentes usuarios; TMP, almacena archivos temporales; PRO, guarda programas, código fuente y ejecutables; LIB, librerías y subrutinas; INC, incluye los archivos de los programas y subrutinas de PRO y LIB; COM, cuenta con los procedimientos de comando; DAT, tiene los archivos de parámetros por defecto; WAV, archivos digitales de formas de onda; CAL, guarda los archivos de respuesta o calibración de las estaciones; INF, documentación e información; y, PIC, guarda los archivos de imágenes. SEISAN permite intercambiar datos mundialmente utilizando el mismo formato; en la actualidad SEISAN es usado en muchos países, tales como: Ecuador, Venezuela, Chile, Jamaica, Cuba, Estados Unidos, Noruega, Portugal, etc.; y otros países de Centroamérica. Otras bondades de SEISAN son, los programas en su mayoría fueron escritos en lenguaje Fortran y unos algunos pocos en C, todos ellos con su archivo fuente, de tal manera que fueran modificados y ajustados según las necesidades del usuario; y, existe una interfaz al software de mapas The Generic Mapping Tools -GMT- (Wessel and Smith, 2000), para la presentación de los diferentes mapas y localizaciones.

### 3. Cálculo de la magnitud local.

La magnitud local ML, está definida como igual a tres (ML=3), si para un sismo a 100 Km. de distancia, se registra una amplitud máxima de un milímetro (1 mm) en un sismógrafo Wood Anderson. A partir de la implementación de SEISAN, se notaron diferencias en el cálculo de la magnitud local, debido principalmente a factores de procedimiento y cálculo. Para calcular ML con DAN, se seleccionaba la ventana de tiempo que incluyera todo el evento, automáticamente DAN tomaba el valor de la máxima amplitud en cuentas (counts) y calcula el semiperíodo asociado (T/2); luego transformaba las cuentas a metros por segundo (m/seg), utilizando la frecuencia del pico máximo ( $f = 2/T$ ) y el archivo de respuesta de cada estación. Este dato así obtenido, era convertido por DAN a milímetros (AmpWA), que correspondía al valor registrado por un sismómetro Wood Anderson, con una magnificación de 2800. Con esta información, Hypo71 calcula la magnitud local para cada estación a partir de la siguiente ecuación:

$$ML = \text{Log} (\text{AmpWA}/2) - B1 + (B2 * \text{Log} (D^2)) + G, \text{ donde}$$

AmpWA, amplitud máxima en milímetros que se registraría un sensor Wood Anderson.

B1, valor que modela el factor de atenuación debido a la absorción del medio durante el viaje de la onda hasta la estación, varía dependiendo de la distancia hipocentral (D). Para D entre 1 Km. y 200 Km.,  $B1 = 0.15$ ; si D está entre 200 Km. y 600 Km.,  $B1 = 3.38$ .

B2, valor que modela el factor de atenuación geométrico que tiene la onda, varía dependiendo de la distancia hipocentral (D). Para D entre 1 Km. y 200 Km.,  $B2 = 0.8$ ; si D está entre 200 Km. y 600 Km.,  $B2 = 1.5$ .

D, distancia hipocentral a la distancia a la estación sísmológica.

G, corrección de ML para cada estación y modela los factores de atenuación locales de la zona donde está ubicado el sensor ( $G = 0.25$ ).

Este método es aproximado y no sigue la definición original de magnitud local ML (Hutton and Boore, 1987), aunque los resultados obtenidos eran muy ajustados a la magnitud del evento.



Para determinar ML con SEISAN, los sismogramas son corregidos por respuesta instrumental y filtrados con un pasabandas entre 0.8 y 20 Hz., generando un sismograma sintético tal como se hubiera registrado en un Wood Anderson; luego manualmente se marca la amplitud máxima en el sismograma obteniendo el desplazamiento en nanómetros. Para el cálculo del sismograma Wood Anderson, SEISAN usa 2200 y no 2800 (Hutton and Boore, 1987) como magnificación nominal; una vez marcadas todas las amplitudes máximas posibles, Hypocenter hace el cálculo de la magnitud local, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ML = \{a * \text{Log}(A)\} + \{b * \text{Log}(D)\} + (c * D) + d, \text{ donde}$$

A, amplitud máxima en manómetros que se registraría un sensor Wood Anderson

D, distancia hipocentral en kilómetros.

a, factor de escalamiento es igual a 1.

b, modela la dispersión geométrica de la onda es igual a 1.11.

c, modela los factores de atenuación debido a la absorción del medio por donde viaja la onda desde el foco hasta la estación es igual a 0.00189.

d, modela los factores locales de atenuación del medio es igual a -2.09.

Esta es la forma original para calcular la magnitud local ML; el valor de las constantes a, b, c y d, son tomadas de la relación ML utilizada en California (Hutton and Boore, 1987)

Al comparar las magnitudes obtenidas entre SEISAN con Hypocenter y DAN con Hypo71, en promedio se observa una disminución de 0.2 grados (figura 1.), esto se debe a factores tales como: Método para obtener la amplitud Wood Anderson; la ecuación para calcular la magnitud local; escogencia de la máxima amplitud (en DAN es automática y en SEISAN es manual), Figura 2 y 3; y, la variación de la latitud, longitud y profundidad debido principalmente a un diferente modelo de capas haciendo que la distancia hipocentral varíe.

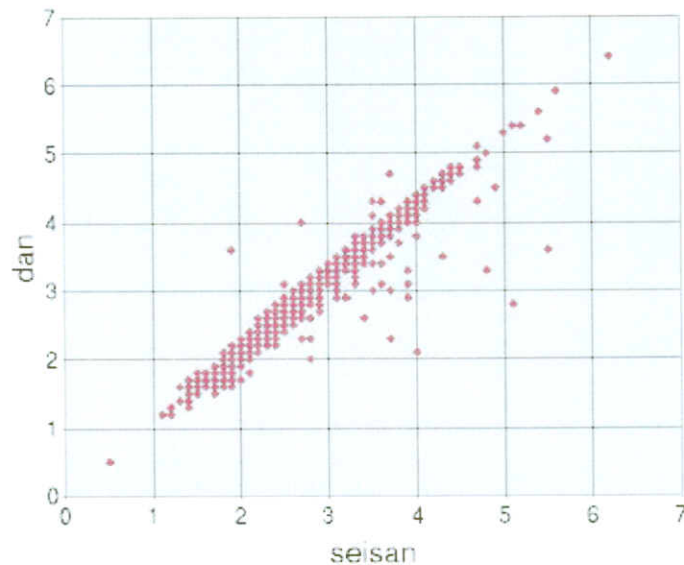


Figura 1. Comparación de las magnitudes obtenidas con DAN y SEISAN.