

# **BASE DE DATOS ACELEROMETRICA PARA LA CARACTERIZACION SISMICA DE EMPLAZAMIENTOS DE LA PENINSULA IBERICA. PROYECTO DAÑOS.**

B. Benito<sup>1</sup>, L. Cabañas<sup>1</sup>, A. López-Arroyo, M.A. Bernabé<sup>1</sup>, M.S. Ramírez<sup>2</sup>, J. Álvarez<sup>1</sup>, C. Cabañas<sup>1</sup>, M.E. Jiménez<sup>1</sup>, S. Álvarez<sup>3</sup>, R. Nuche<sup>4</sup>.

1. E.U.I.T. Topográfica. UPM.
2. CSN.
3. E.U.I.T. Industriales. UPM.
4. ENRESA.

## **RESUMEN**

*Se presentan en este trabajo los principales objetivos del proyecto DAÑOS, centrándonos especialmente en una de las actividades desarrolladas durante la primera fase del mismo, destinada a la recopilación de datos acelerométricos de todo el mundo y a la creación de un banco de datos de movimiento fuerte del suelo. La estructura y composición de este banco de datos son desarrollados de forma resumida en este trabajo, que concluye con posibles aplicaciones en el campo de la Ingeniería Sísmica.*

## **1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

El Proyecto DAÑOS está enfocado a la caracterización sísmica de emplazamientos de la Península Ibérica y evaluación del daño potencial en estructuras asentadas en el área. Es financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) y se desarrolla en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Topográfica (EUITO) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La duración prevista es de dos años, desde comienzos de 1997 hasta finales de 1998.

El fin último del Proyecto se enmarca en el desarrollo de contribuciones para mejorar la evaluación de la peligrosidad y el riesgo sísmico en zonas de sismicidad moderada, donde la escasez de registros de movimiento fuerte del suelo impide aplicar técnicas desarrolladas en áreas de mayor sismicidad, esencialmente estudios de modelización teórica. Para resolver el problema anterior, un primer objetivo del Proyecto es la organización de un banco y una base de datos de movimiento fuerte del suelo, junto con el desarrollo de una metodología empírica que se aplicará a la predicción del movimiento en emplazamientos de la zona de estudio. Un segundo objetivo es el análisis de correlación entre parámetros del movimiento del suelo y daño en estructuras de diferente tipología, a fin de determinar cuales son los mejores indicadores del daño potencial.

En última instancia, se pretende alcanzar una caracterización sísmica de emplazamientos más precisa y fiable que la que se ha venido obteniendo por técnicas tradicionales. Para ello la metodología del Proyecto, acorde con el estado actual del arte (Atkinson & Boore 1995, Ambraseys & Bommer 1995; Sabetta & Pugliese 1996), se basa en el análisis estadístico de acelerogramas y espectros que lleven a la deducción de modelos de movimiento para determinados rangos de magnitud, distancia y tipo de suelo. Estos se ajustarán a las configuraciones fuente-medio-estación de los emplazamientos a los que vayan a ser aplicados, respondiendo a las características de su máximo sismo potencial. De esta forma, es previsible que se reduzcan las incertidumbres inherentes al cálculo de la peligrosidad, siendo esta cuestión de especial importancia en la reevaluación sísmica de emplazamientos de instalaciones críticas.

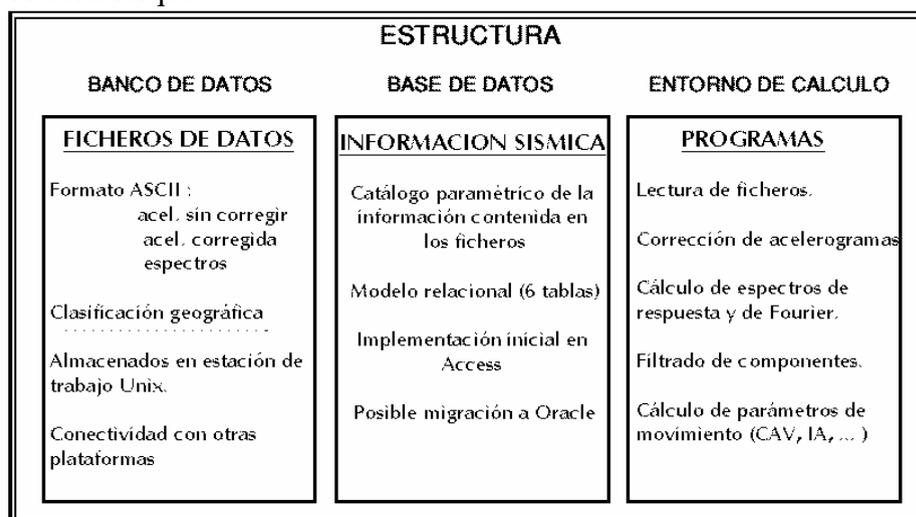
## **2. BANCO DE DATOS DE MOVIMIENTO FUERTE DEL SUELO**

El gran volumen de registros de movimiento fuerte del suelo (acelerogramas) obtenidos en todo el mundo, durante las últimas décadas, constituye una importante fuente de información para la investigación sismológica y para las aplicaciones de ingeniería relacionadas con la mitigación de desastres y riesgos sísmicos. Esta información resulta esencial para caracterizar el movimiento no sólo en las zonas en las que se tienen registros, sino también en otras que, por su menor sismicidad o falta de la instrumentación adecuada, no dispongan de este tipo de datos. El conocimiento que se extrae de los acelerogramas existentes sobre efectos de la fuente, atenuación y amplificación local, puede ser extrapolable a otras zonas con características análogas a las de los registros y por tanto, de gran utilidad en la predicción del movimiento en ausencia de datos “in situ”. Este es el caso de la Península Ibérica, donde sólo se tienen hasta el momento acelerogramas correspondientes a terremotos de baja magnitud, que no son suficientes para desarrollar los cálculos de peligrosidad en función de parámetros instrumentales, con la consiguiente dificultad que esto supone en la deducción de espectros de respuesta en los emplazamientos del área. Por ello la posibilidad de acceso a acelerogramas registrados en otras zonas cobra especial interés y aporta una vía de solución al problema planteado (Ambraseys 1996). Con este objetivo se ha construido el Banco de Datos de movimiento fuerte del suelo, con registros de todo el mundo.

El desarrollo de este Banco de Datos ha requerido, en primer lugar, la recopilación y catalogación de acelerogramas y parámetros asociados, y el posterior diseño de un modelo para almacenamiento ordenado de los datos y explotación de los mismos. Esto supone la necesidad de gestionar un gran volumen de información y para ello se ha buscado una estructura adecuada, que resulte operativa tanto para la gestión de los registros y datos sísmicos asociados, como para su posterior tratamiento y cálculos derivados. Con este fin, se ha adoptado un modelo que está estructurado en tres bloques o secciones:

1. Banco de Datos propiamente dicho, incluyendo los ficheros de los registros.
2. Base de datos, que constituye un catálogo paramétrico, con toda la información asociada a los registros.
3. Entorno de cálculo, donde se introducen los programas y utilidades para procesado y análisis de los datos.

La estructura general se muestra en la figura 1 y a continuación se incluye una breve descripción del contenido de cada bloque.

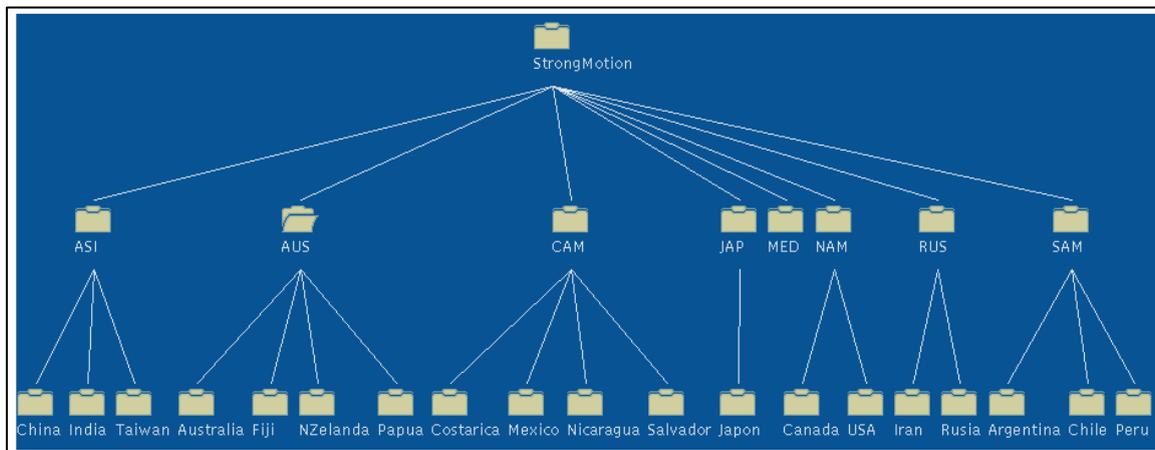


**Figura 1.** Esquema de la estructura para el Banco de Datos de movimiento fuerte del suelo.

### **2.1. Banco de datos (organización de ficheros)**

Se ha desarrollado en una estación de trabajo Sun, donde se han almacenado los ficheros de datos en formato ASCII, básicamente historias temporales del movimiento y/o espectros. A partir de los datos registrados, la serie total de subproductos resultado de diferentes tratamientos se compone de: registros de aceleración sin corregir, registros de aceleración corregida más sus integrales velocidad y desplazamiento, espectros de respuesta para diferentes amortiguamientos y espectros de amplitudes de Fourier.

Como es habitual con este tipo de registros, cada fichero contiene una cabecera con información referente al terremoto, la estación de registro y el acelerógrafo empleado. Después de dicha cabecera se dispone de los datos correspondientes a las historias temporales o espectros de forma discreta, en secuencias tiempo (o frecuencia) – amplitud. La organización adoptada para clasificar y almacenar estos ficheros se ha basado en primer lugar en la procedencia geográfica de los datos. Se ha realizado una clasificación en forma de árbol de directorios o carpetas con un primer nivel de agrupamiento por grandes regiones geográficas, y dentro de éstas un segundo nivel por países, como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Organización del Banco de Datos en forma de árbol de directorios para la clasificación de los registros

Tras la recopilación realizada inicialmente, se dispone en la actualidad del orden de cuatro mil registros de movimiento, siendo éstos esencialmente acelerogramas corregidos y/o sin corregir, acompañados en algunos casos de los correspondientes espectros.

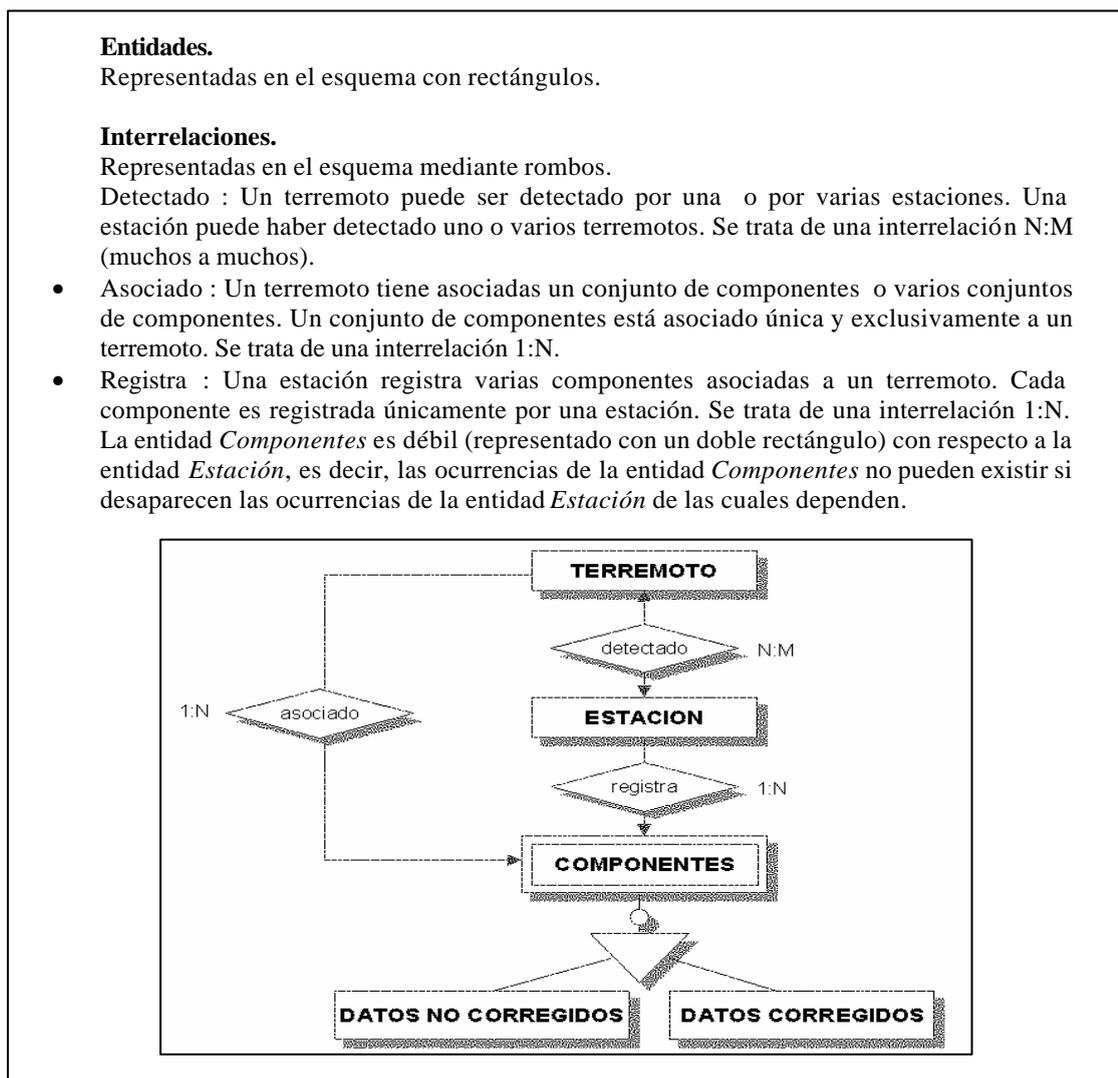
Hasta la fecha, los ficheros existentes se mantienen con el nombre de fichero y formato original en el que han sido adquiridos. Sin embargo, se ha previsto establecer una convención para los nombres de fichero que permita una identificación rápida de los mismos.

Por otra parte los diferentes tipos de ficheros mencionados pueden tener diferentes formatos, dependiendo del país y/o la agencia de procedencia de los datos. Este aspecto incide sobre todo en la posible mayor o menor facilidad de automatización para la lectura de estos ficheros, y por ello se está estudiando la posibilidad de hacer una conversión masiva a un formato uniforme.

## 2.2 Base de datos (Catálogo paramétrico)

La base de datos es el sistema de catalogación de los registros contenidos en el banco de datos y de la información -fundamentalmente geofísica y sismológica- asociada a los mismos. Constituye una herramienta esencial para la selección e identificación de los datos.

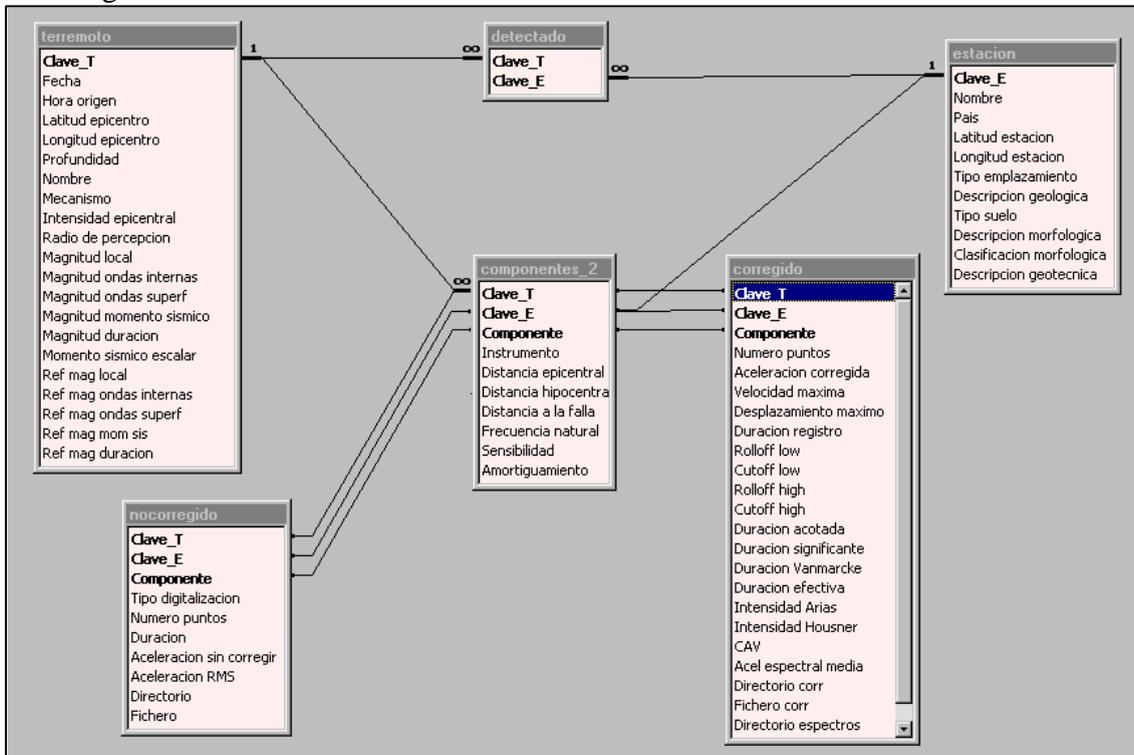
Su diseño ha requerido especificar qué tipo de información es de interés para ser almacenada, cómo puede organizarse o distribirse y en virtud de esto qué tipos de relaciones deben establecerse. Formalmente el proceso de diseño comprende un primer paso de desarrollo del esquema basado en el modelo Entidad-Interrelación (abstracción), un segundo paso de conversión de este esquema al modelo relacional (creación de tablas), y un tercer paso que consiste en la implementación del modelo en el sistema de gestión de datos elegido. El esquema E/R de este diseño es mostrado en la Figura 3.



**Figura 3.** Esquema del modelo Entidad-Interrelación adoptado para el diseño de la Base de Datos.

A partir de este esquema se ha pasado al modelo relacional, construyendo una tabla para cada entidad en la que se incluyen campos clave con todos los parámetros que se han considerado necesarios para facilitar posteriormente la explotación de los datos. En la figura 4 se muestran las tablas diseñadas junto con las relaciones establecidas entre las entidades.

Esta base de datos se ha implementado en PC en el sistema Access de Microsoft, bajo Windows95, si bien se estudia la posibilidad de migrar ésta a un sistema más específico de gestión de bases de datos, tal como Oracle o Informix. La conexión con los ficheros de los registros almacenados en la estación Sun se realiza, a través de la red vía NFS (Network File System). Actualmente esta base de datos contiene las siguientes entradas: aproximadamente 1000 terremotos, 1600 estaciones y del orden de 5000 componentes de datos sin corregir y 3000 de datos corregidos.



**Figura 4.** Tablas correspondientes a las distintas entidades en las que se ha organizado la información contenida en la Base de Datos.

### 2.3 Entorno de Cálculo (programas y utilidades)

La base de datos, una vez concluida, ha de facilitar el tratamiento estadístico y el análisis de los datos en ella contenidos. En el entorno de cálculo se incluyen los programas y utilidades destinados a este fin, que son un conjunto de herramientas para la sistematización de tareas a realizar con los ficheros de datos, una vez que éstos hayan sido objeto de una selección o búsqueda en la base asociada. Estas tareas pueden comprender procesos de mayor o menor complejidad, como por ejemplo, corrección de acelerogramas, cálculo de espectros o filtrados en frecuencias.

En este entorno se están desarrollando programas que permitan resolver directamente las tareas citadas, o bien preparar conexiones con otros programas más específicos y dentro de éstos desarrollar las “macros” o “scripts” necesarios para tales fines.

Aunque algunos de estos procesos serán plenamente operativos en una fase posterior a la creación de la base de datos, ya se han desarrollado algunos programas iniciales, que se indican a continuación:

- Programas de lectura de cabeceras y datos y conversión de formato ASCII a formato binario SAC (Seismic Analysis Code), y viceversa (SAC a ASCII)

- Macros de SAC para representación gráfica y filtrados paso-banda en frecuencias y para cálculos de velocidad y desplazamiento (integración), de espectros de amplitud y de razones espectrales entre componentes.
- Programas para cálculo de intensidad Arias a partir del registro completo o de aceleración corregida o filtrada en ciertas bandas.
- Programa para cálculo del CAV (velocidad absoluta acumulada), a partir de los ficheros de aceleración corregida.
- Revisión y adaptación de programas de corrección de acelerogramas y cálculo de espectros de respuesta.

### 3. ACTIVIDADES EN CURSO Y LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION

La explotación del Banco y Base de datos presentados permite seleccionar aquellos registros que se ajusten a ciertas condiciones impuestas para la deducción de modelos de movimiento, facilitando el posterior tratamiento estadístico de los datos. Entre las numerosas aplicaciones que se encuentran por ello en el campo de la Ingeniería Sísmica, algunas de la ya iniciadas en el contexto del proyecto DAÑOS son indicadas a continuación:

- Deducción de modelos de movimiento fuerte para determinadas configuraciones fuente-medio-estación
- Cálculo de ordenadas espectrales en función de la magnitud, distancia y tipo de suelo y construcción de espectros de respuesta específicos de emplazamiento.
- Estudio del efecto local en el movimiento del suelo.
- Análisis de correlación entre parámetros del movimiento y daño en estructuras (Cabañas et al. 1997)
- Selección y estimación de parámetros característicos del daño potencial (Benito et al.1997).

### 4. BIBLIOGRAFIA

**Ambraseys N. N. and Bommer J. J. (1995).** *Attenuation Relations for Use in Europe: an Overview.* Proc. 5<sup>th</sup> SECED Conference, pp 67-74. Chester

**Atkinson, G. M. and Boore D. M. (1995).** *Ground-Motion Relations for Eastern North America,* Bull. Seism. Soc. Am, V 85, No. 1, pp17-30

**Ambraseys N. N. (1996).** *Measurement and Application of Strong Ground Motion in Europe (MASGE).* CESEM Newsletter N° 10. September 1996.

**Sabetta, F. and Pugliese, A. (1996).** *Estimation of Response Spectra and Simulation of Nonstationary Earthquake Ground Motions,* Bull. Seism. Soc. Am, V 86, No. 2, pp 337-352.

**Cabañas, L.; Benito, B. and Herráiz, M. (1997).** *An Approach to the Measurement of the Potencial Structural Damage of Earthquake Ground Motions,* Earth. Eng. Struc. Dyn, V 26, pp 79-92.

**Benito,B.; Cabañas, L. y Martínez A. (1997).** *Correlación entre Parámetros de Movimiento del Suelo y Daño Estructural en El Salvador.* Proc. del Seminario sobre Evaluación y Mitigación del Riesgo Sísmico en el Area Centroamericana. San Salvador (El Salvador), 22-26 de septiembre, 1997.