

El proyecto NERIES (Network of Research Infrastructures for European Seismology) y la accesibilidad a datos acelerométricos Euro-Mediterráneos.

*M.Tapia¹, S. Godey², P. Guéguen³, T. Susagna¹, X. Goula¹
y participantes del grupo de trabajo NA5 del proyecto NERIES⁴*

¹Institut Geològic de Catalunya, mtapia@igc.cat

²European Mediterranean Seismological Centre, godey@emsc-csem.org

³Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique - Université de Grenoble, pgueg@obs.ujf-grenoble.fr. ⁴Proyecto NERIES: <http://neries.knmi.nl>

RESUMEN

Monitorizar y entender los procesos de un terremoto y mitigar sus efectos son prioridades globales que requieren un consenso, dedicación y colaboración internacional. Son más de 100 sistemas de monitorización sísmica y observatorios que operan en la región Euro-Mediterránea con tal objetivo. El proyecto NERIES responde a la necesidad de coordinar estas infraestructuras sismológicas bajo una plataforma cibernética de acuerdo con las necesidades futuras de la comunidad científica y la sociedad.

En consecuencia, el proyecto NERIES cuenta entre sus objetivos con el establecimiento de protocolos de intercambio de datos sismológicos de todo tipo mediante la creación de bases de datos, así como el establecimiento de accesibilidad e interoperabilidad para la disseminación e intercambio de los datos entre la comunidad científica vía Internet. NERIES también impulsa investigaciones científicas que mejorarán el servicio provisto por la nueva infraestructura de intercambio de datos sismológicos.

En particular, para la accesibilidad de datos acelerométricos los objetivos son la creación de una base de datos de estaciones de movimiento fuerte con sus características, la coordinación de estas infraestructuras de la región Euro-Mediterránea, el acceso y la distribución de los datos creando en cada organismo una base de datos de registros acelerométricos junto con protocolos de intercambio, y finalmente el cálculo homogéneo de parámetros como los valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento, duración de los registros, espectros de aceleración y pseudo-espectros de velocidad, entre otros.

SUMMARY

Monitoring and understanding the earthquake processes and mitigating their effects are global priorities, requiring a concerted, dedicated, and international approach. There are over 100 seismic monitoring systems and observatories operating in the European-Mediterranean region with this objective. NERIES responds to the needs of networking these seismological infrastructures into a sustainable integrated European cyber-infrastructure serving current and future needs of the scientific community and of society.

In consequence, NERIES has as main objective, among others, the seismic data exchange achieved through the creation of several databases and the establishment of common accessibility and interoperability protocols. These actions will improve and facilitate the on-line data access and data exchange among the scientific community.

In particular, the objectives to improve the accelerometric data accessibility are the creation of a database with the strong ground motion stations and their specific characteristics; the coordination between the Euro-Mediterranean infrastructures; the accelerometric data access and its distribution creating a local waveform database at each organism together with exchanging protocols; and finally, the homogeneous computation of ground motion parameters.

1. El proyecto NERIES: Introducción y objetivos generales

Actualmente, en Europa hay más de 100 organismos y redes sísmicas en diferentes países del área Euro-Mediterránea. Esto representa una capacidad de registro sin precedentes que abre nuevas oportunidades y nuevos retos, lo cual requiere un nivel de intercambio y accesibilidad mayor que el que existe actualmente. Frente a esta necesidad nace el proyecto NERIES (*Network of Research Infrastructure for European Seismology*, <http://neries.knmi.nl/>) con el objetivo principal de propiciar este intercambio de datos sísmológicos a través de un portal cibernético, el portal NERIES.

El proyecto se inicia durante el año 2006 con una duración de tres años y los participantes adheridos a este proyecto son inicialmente 25 instituciones: ORFEUS (coordinadores), EMSC (Francia), ETHZ (Suiza), KNMI (Holanda), UU (Holanda), LDG (Francia), LGIT (Francia), IPGP (Francia), GFZ (Alemania), UP (Alemania), INGV (Italia), DPC-SAPE (Italia), Imperial (Reino Unido), BGS (Reino Unido), NORSAR (Noruega), ITSAK (Grecia), KOERI (Turquía), FCUL (Portugal), IST (Portugal), IGC (España), AWI (Alemania), UNLIV (Reino Unido), NIEP (Rumania), ZAMG (Austria) y NOA-IG (Grecia).

El proyecto debido a su interdisciplinariedad y amplio alcance, está constituido por varios subproyectos que recogen actividades de tres tipos: las *Network activities* (NA), las *Joint Research activities* (JRA) y las *Transnational Acces activities* (TA).

Los subproyectos del tipo *Network activities* (NA) tratan de promover los protocolos comunes entre instituciones necesarios para lograr los propósitos de interoperabilidad y distribución de datos sísmicos de manera comprensible y de fácil acceso para la comunidad científica. Para ello, a través de 9 subproyectos NA se establecerán protocolos de intercambio de datos sísmicos y de movimiento fuerte entre operadores. También se crearán, se desarrollarán y mantendrán bases de datos comunes de formas de onda, parámetros e información técnica de las redes sísmicas y sus estaciones.

Los subproyectos del tipo *Joint Research activities* (JRA) se establecen con el objetivo de llevar a cabo proyectos de investigación que sean claves para la mejoría en el servicio que se ofrecerá en las nuevas infraestructuras de distribución de datos y así, facilitar en el futuro el uso de los datos sísmicos que se proveerán para la investigación científica. Existen 5 subproyectos tipo JRA que abarcan el establecimiento de un modelo sísmico de referencia europeo, la obtención de herramientas de estimación del riesgo sísmico y la gestión de datos sísmicos en tiempo real y la caracterización de emplazamientos.

Las *Transnational Acces activities* (TA) promueven el intercambio de personal y conocimiento entre instituciones ofertando estancias en los centros sísmicos europeos implicados en el proyecto.

En concreto, en este trabajo se presentarán las líneas principales de actuación del subproyecto NA5 (*Improving accelerometric data dissemination*), su estado de avance a poco más de seis meses del inicio y algunos de los resultados obtenidos que marcarán pautas a seguir en el proceso de definición de estándares en el sistema de intercambio de datos.

2. Descripción de la *Network activity* NA5: Intercambio de datos acelerométricos en la región Euro-Mediterránea.

En concreto el grupo dedicado a poner a punto un sistema de intercambio de datos acelerométricos (NA5) está formado por equipos de Francia (LGIT, CSEM), Grecia (ITSAK), Portugal (IST), Turquía (KOERI) y España (IGC).

Actualmente, se trabaja con el principal concepto de establecer bases de datos locales combinadas con protocolos de intercambio de datos y metadata para permitir el acceso a los datos. Un conjunto de instituciones (las que conforman el grupo NA5 y algunas externas a NA5) implementarán en una primera fase de pruebas este sistema. Este concepto básico se puede desglosar en tres elementos interrelacionados: **1)** los diferentes archivos de formas de onda que estarán situados localmente en sus respectivas instituciones, **2)** la base de datos común y centralizada en el portal con los correspondientes parámetros de esas formas de onda y, **3)** una base de datos también común y centralizada en el portal con la información detallada de cada estación.

Esta plataforma de trabajo permitirá que cada institución pueda adherirse y diseminar los datos que quieran compartir con la comunidad científica a través del portal NERIES preservando la localización de los archivos que contengan los acelerogramas en sus instituciones.

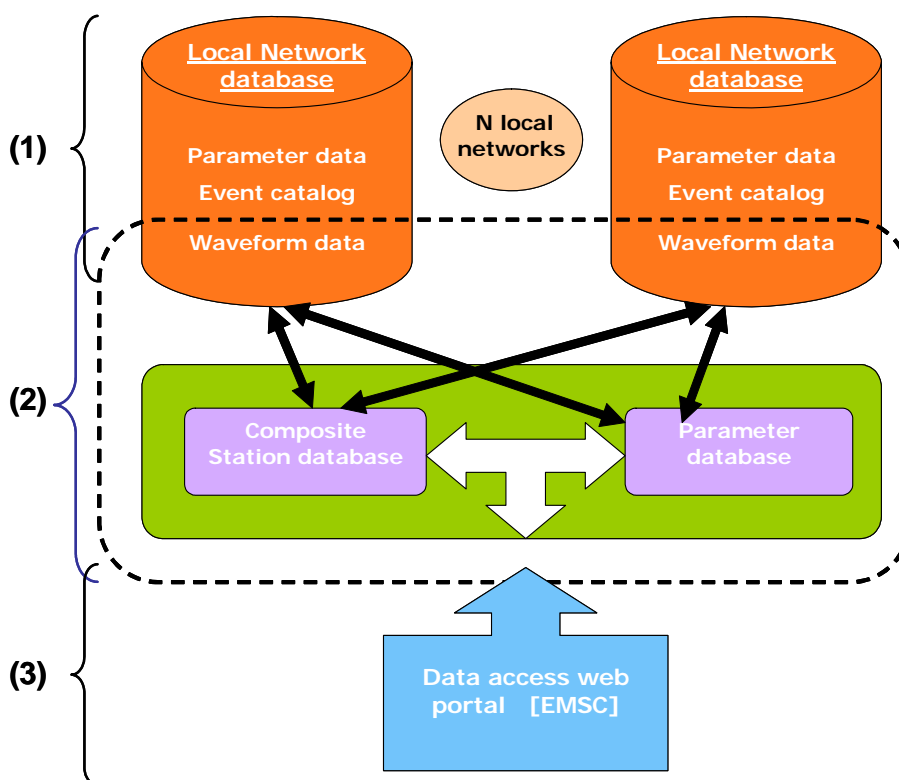


Figura 1. Esquema de la plataforma que permitirá la diseminación de datos acelerométricos. (1) Los datos acelerométricos permanecen en las infraestructuras locales de las instituciones a las que se tendrá acceso del portal Neries. En el portal Neries se encontrarán consultables bajo demanda las bases de datos de especificaciones técnicas de estaciones y de parámetros de movimiento fuerte (2), y se podrá tener acceso a las formas de onda que cada institución comparta a través de un motor de búsqueda on-line (3).

Los tres elementos que forman la estructura mostrada en la Figura 1 se materializan en tres tareas principales en las cuales se divide el NA5 (Tasks, Figura 2):

- Una primera referente al inventario de estaciones (Task A),
- una segunda, para el establecimiento de un proceso de cálculo de parámetros de los registros de manera homogénea en todas las redes, su cálculo (Task B), y
- la tercera, el establecimiento de la infraestructura, formatos y protocolos para el intercambio de información a través del portal del proyecto NERIES de cuya confección está a cargo el subproyecto NA7 (*Portal for integrated data dissemination*).

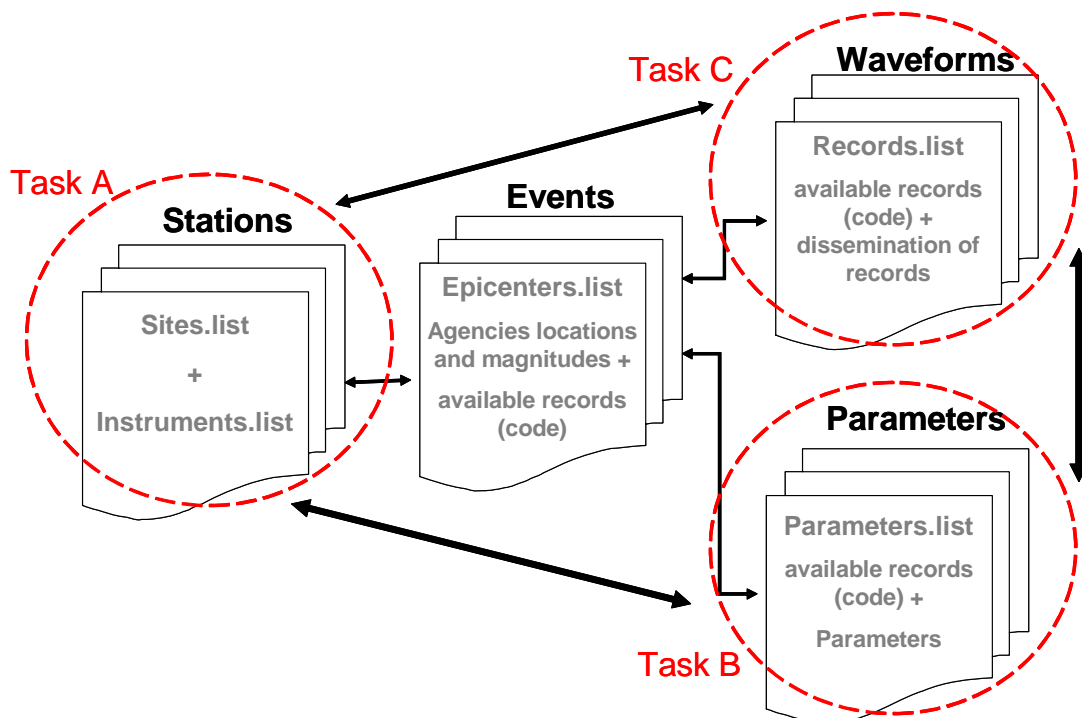


Figura 2, Esquema general de las tres tareas en que se ha separado el subproyecto NA5 del proyecto NERIES de intercambio de datos acelerométricos. Las tres tareas (Task A, B y C) están estrechamente relacionadas entre sí y requieren de una estrecha colaboración entre sus participantes y coordinadores.

2.1. **Task A: Definición y mantenimiento de una base de datos (metadata) de estaciones acelerométricas**

En esta tarea, los objetivos establecidos en el proyecto son la realización de un examen de las redes acelerométricas existentes en la región Euro-Mediterránea, sus características técnicas y sus principales objetivos. A partir de aquí, definir el contenido de una base de datos (metadata) de las estaciones acelerométricas y el establecimiento de procedimientos para su actualización regular.

Actualmente, ya está definida y construida la base de datos (metadata) de las estaciones acelerométricas existentes en la región Euro-Mediterránea gracias a la distribución de formularios (EMSC) que han sido completados por las instituciones participantes. En la base de datos constan las características técnicas de las estaciones, su

situación, el tipo de sensor, el tipo de registrador, las épocas de operatividad, los niveles de disparo, el tipo de suelo del emplazamiento, etc, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Una información importante de cada estación es la caracterización del tipo de suelo. En este aspecto, se trabaja en coordinación con el grupo JRA4 (*Developing and Calibrating new techniques for geotechnical site characterization*), actividad de investigación que se encarga de poner a punto técnicas novedosas de calibración para la caracterización geotécnica del emplazamiento de las estaciones (*Developing and Calibrating new techniques for geotechnical site characterization*). A través de sus resultados y recomendaciones se decidirá qué parámetros caracterizadores del tipo de suelo serán útiles para su final inclusión en la base de datos.

También está previsto el sistema de actualización de la base de datos que será una herramienta on-line (Figura 3), en donde se podrá reportar, por parte de cada operador con acceso restringido, los cambios en las características de las estaciones, los periodos de operabilidad, etc.. Cabe mencionar que la información proporcionada por cada operador está bajo su responsabilidad, así como su actualización.

Actualmente se cuenta con más de 3000 estaciones inventariadas (Figura 4) gracias a las revisiones hechas por el EMSC. Los triángulos rojos de la Figura 4 corresponden a las estaciones pertenecientes a los participantes de NA5 que son los iniciadores de la base de datos. En verde, están diferenciadas las estaciones correspondientes a DPC (*Departimento della Protezione Civile, Italia*) y NOA (*National Observatory of Athens*) que probablemente se adherirán también a la iniciativa en su primera fase. El resto de estaciones, en azul, son emplazamientos potenciales.

Tabla 1. Muestra del formulario a completar para cada estación. En negrita, nuevos aspectos que se han tenido en cuenta en una segunda fase de la construcción de la base de datos de estaciones.

Station Name	Communication System (1) : A/D + L/T/R/S/I
Country	
Station Code	Interraction system (2): M/A/C
Latitude (North)	Sensor : if not in the list A), please provide technical details (poles and zeros, frequence band, etc)
Longitude (East)	
Altitude (m)	Recording system : if not in the list B, please provide technical details
In operation in 2006 (y/n)?	Sensor Orientation (N/S)
Opening Date	Sampling rate (bits)
Closing Date	Soil qualitative description S/H/R (3)
Instrument: Analog/Digital	
Number of bits	Eurocode identification EC8 A/B/C
Amplitude Maximum (cm/s ²)	Vs30 value
Timing System (Internal/GPS/DCF/TCG)	Other site information (site effect or geology)
Acceleration triggering level (cm/s ²)	Reference publication on the station
STA/LTA triggering threshold	Instrument site (4): FF, Bxy, D, BHx, DHx

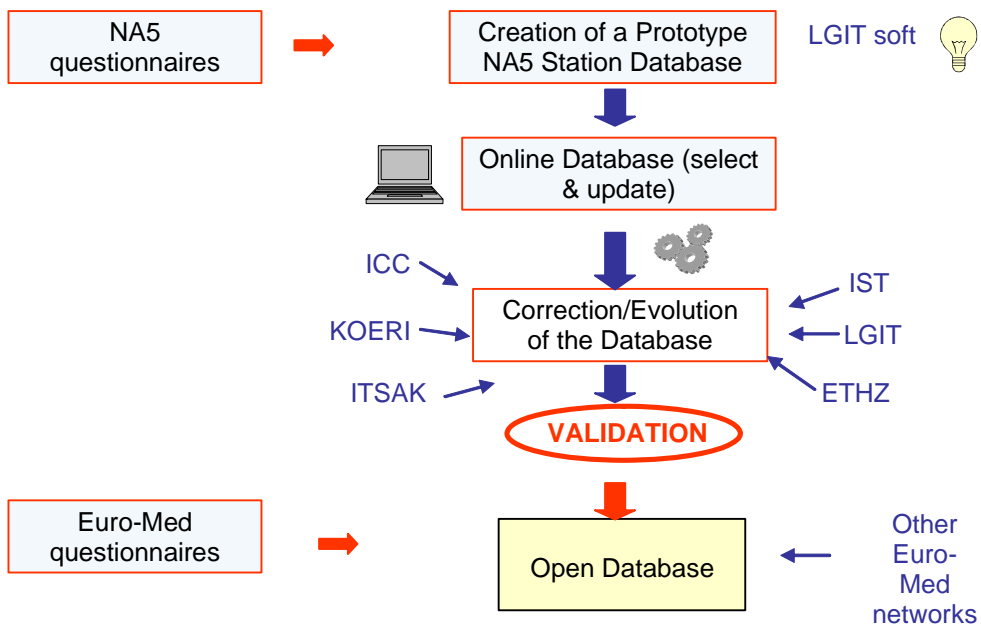


Figura 3. Estructura de la base de datos de estaciones y su proceso de creación. El producto final será una base de datos que irá creciendo por la adhesión de redes euro-mediterráneas que incluyan su instrumentación a través de la base de datos on-line (LGIT software)

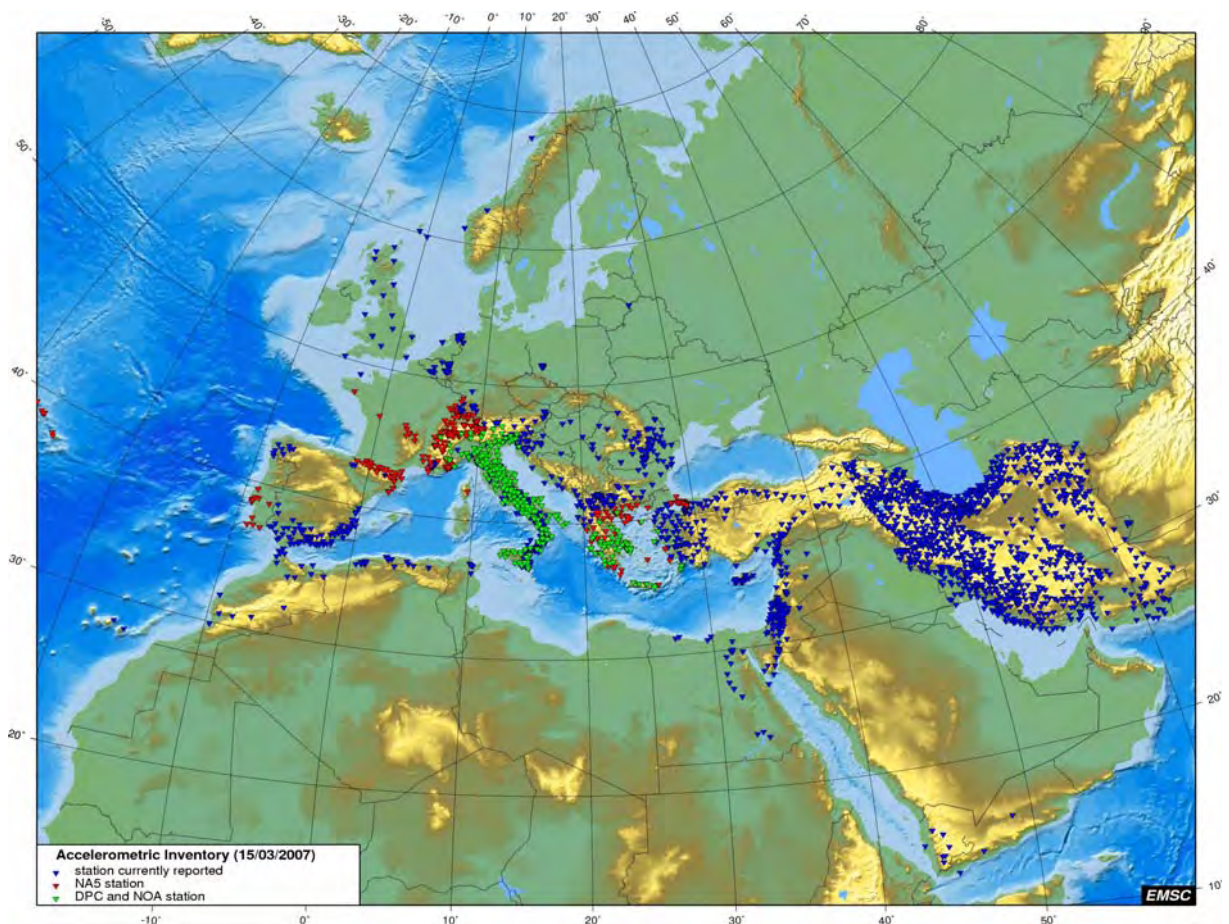


Figura 4. Mapa de estaciones reportadas actualmente, especificadas las estaciones del grupo de trabajo NA5 y las del DPC y NOA.

2.2. **Task B: Definición e implementación de procedimientos para el intercambio de datos paramétricos.**

En esta área, los objetivos son la definición de un listado de parámetros calculados a partir de los acelerogramas y su distribución a través del portal NERIES. Estos parámetros son útiles para su uso en la ingeniería y la sismología. Por ejemplo, permitirán la realización de shakemaps y validar curvas de atenuación sísmica. Una primera aplicación de estos parámetros se materializa en su uso en los motores de búsqueda en el portal NERIES. Se podrá realizar selecciones de acelerogramas en base a estos parámetros (p.ej., $PGA > 0.1g$).

Para el cálculo de estos parámetros es necesaria la definición de un procedimiento para el cálculo que sea homogéneo, tanto por la homogeneidad de los datos que se ofrezcan en el portal para cada acelerograma, como por la utilidad que ofrece la implementación de procesos casi-automáticos de cálculo en las infraestructuras de cada institución.

El cálculo de estos parámetros se programará para ofrecer un software que pueda ser utilizado por los operadores con tal de generar estos datos paramétricos a partir de los acelerogramas de forma automática o semi-automática.

- El ejercicio MiniBenchmark

Un primera fase en esta tarea del NA5 ha sido la definición de un trabajo, el ejercicio MiniBenchmark, realizado entre todos los participantes para el establecimiento final del cálculo de parámetros y motivado por el hecho de que este subproyecto NA5 va a agrupar datos acelerométricos de diferentes niveles de amplitud y contenido frecuencial, debido a su diferente procedencia (regiones sísmicas) y magnitud. Para ello, se define un ejercicio en donde:

- (i) cada participante seleccione un registro obtenido en su red sísmica (según nivel requerido, ver Figura 5). Se recopilan 8 registros para el ejercicio
- (ii) se distribuyen estos acelerogramas formateados a cada participante, pidiendo que calculen una serie de parámetros con sus propios métodos.
- (iii) Finalmente, centralizar los resultados obtenidos por cada uno y compararlos.

De esta forma, al comparar los resultados obtenidos, se decidirán los mejores procesos y se habrá tenido en cuenta la experiencia de cada uno de los participantes.

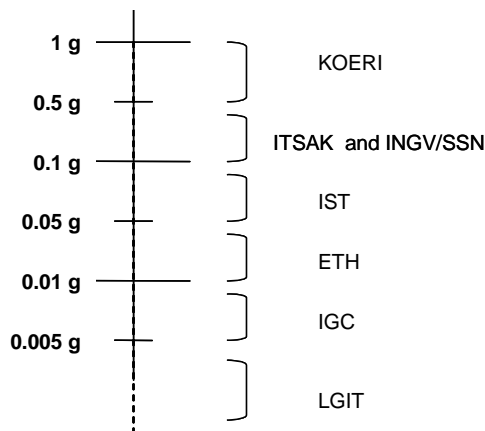


Figura 5. Rangos de PGA para los acelerogramas requeridos a cada participante para la realización del ejercicio Benchmark.

Los acelerogramas recopilados son los que se muestran en la Figura 6 a continuación. Los espectros de respuesta que presentan se muestran en la , donde se puede observar que se cubre un rango amplio de acelerogramas con distinto contenido energético y frecuencial.

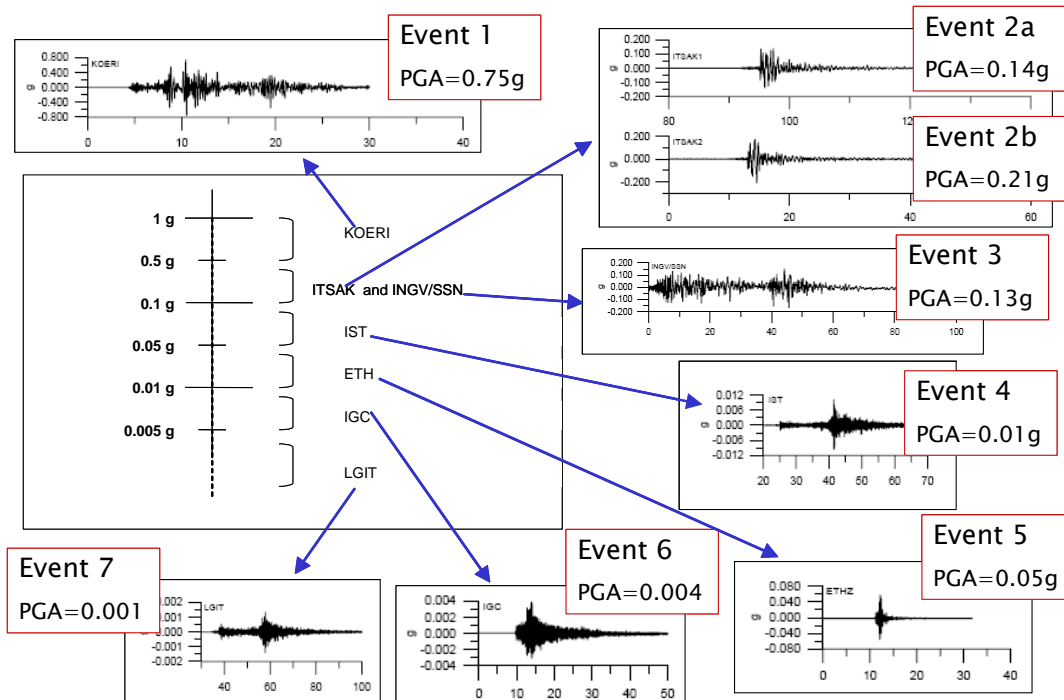


Figura 6. Registros de aceleración usados para el ejercicio MiniBenchmark para la comparación de metodologías de cálculo de parámetros.

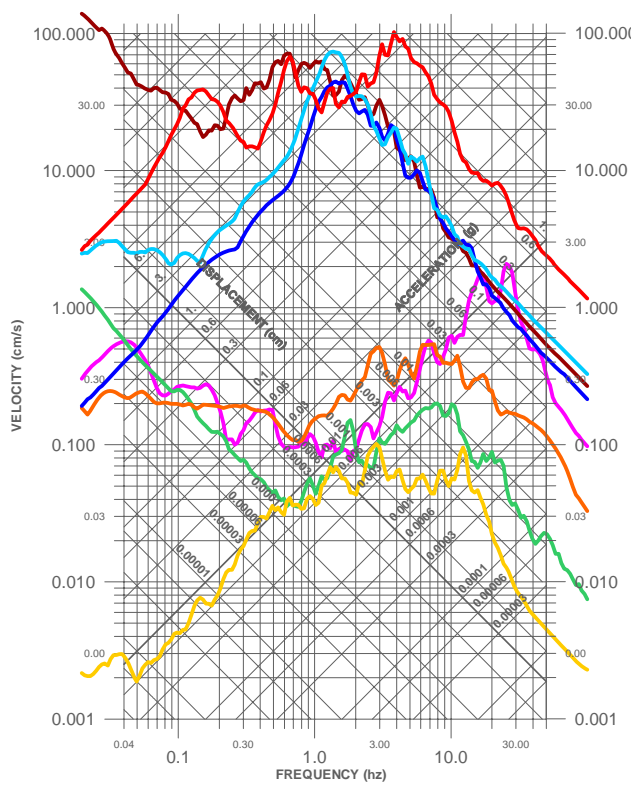


Figura 7. Espectros de respuesta de los acelerogramas recopilados.

Los parámetros que se debían calcular para cada uno de los registros mostrados en la Figura 6 eran:

- PGA (g) del registro original, no filtrado
- PGA (g) del registro filtrado (si se consideraba conveniente filtrar)
- PGV (cm/s) obtenido del registro de velocidad obtenido como la integración del acelerograma.
- PGD (cm), obtenido del registro de desplazamiento obtenido como la segunda integración del acelerograma.
- Intensidad de Arias (cm/s).
- Intensidad de Housner o Intensidad del espectro de respuesta (cm).
- Duración de Trifunac
- PSV (cm/s), espectro de pseudovelocidad al 5% amortiguamiento.

También se debía dar como resultado, las historias temporales de aceleración filtrada, velocidad, desplazamiento y un formulario en donde se especificaran los métodos de cálculo para poder realizar una comparación completa de parámetros y de tipos de procesados.

- Resultados y conclusiones del ejercicio MiniBenchmark

El principal resultado es que la mayor parte de los parámetros como se calculan a partir del registro de aceleración muestran una estabilidad en sus resultados y los métodos de cálculo estándares para su cálculo son fiables para una futura automatización. En la Figura 8 y Figura 9 se muestra un ejemplo.

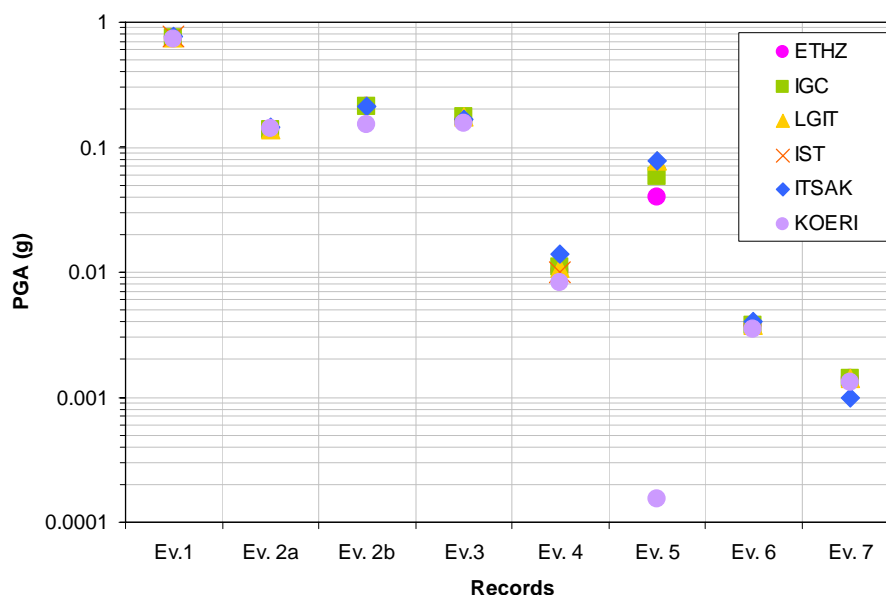


Figura 8. Valores de PGA filtrados por cada participante para los diferentes acelerogramas. A pesar de las diferentes maneras de filtrar, los resultados son concordantes.

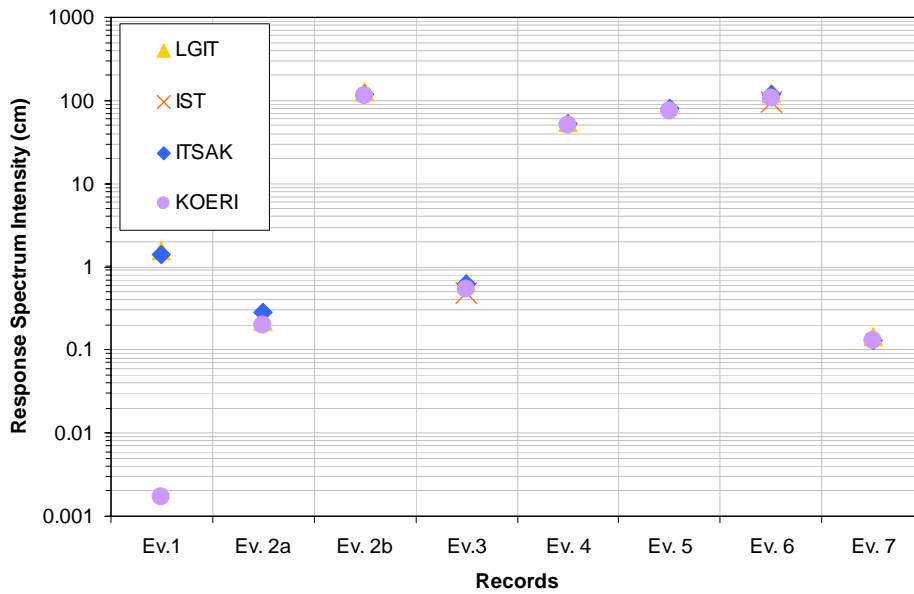


Figura 9. Valores de la intensidad de Housner proporcionados por cada participante para los diferentes acelerogramas.

Contrariamente, hay un parámetro que se ve fuertemente afectado por los procedimientos de filtraje aplicados, el PGD. Cada participante ha aplicado filtros Butterworth de diferentes órdenes pero con diferentes márgenes de filtraje y diferentes momentos de aplicación (sólo al acelerograma; entre integraciones; al acelerograma y al desplazamiento). Los resultados obtenidos del PGD por participante muestran resultados muy dispares que hace que un proceso de datos automático no sea viable. Un ejemplo de la disparidad de resultados para uno de los acelerogramas se encuentra en la Figura 10.

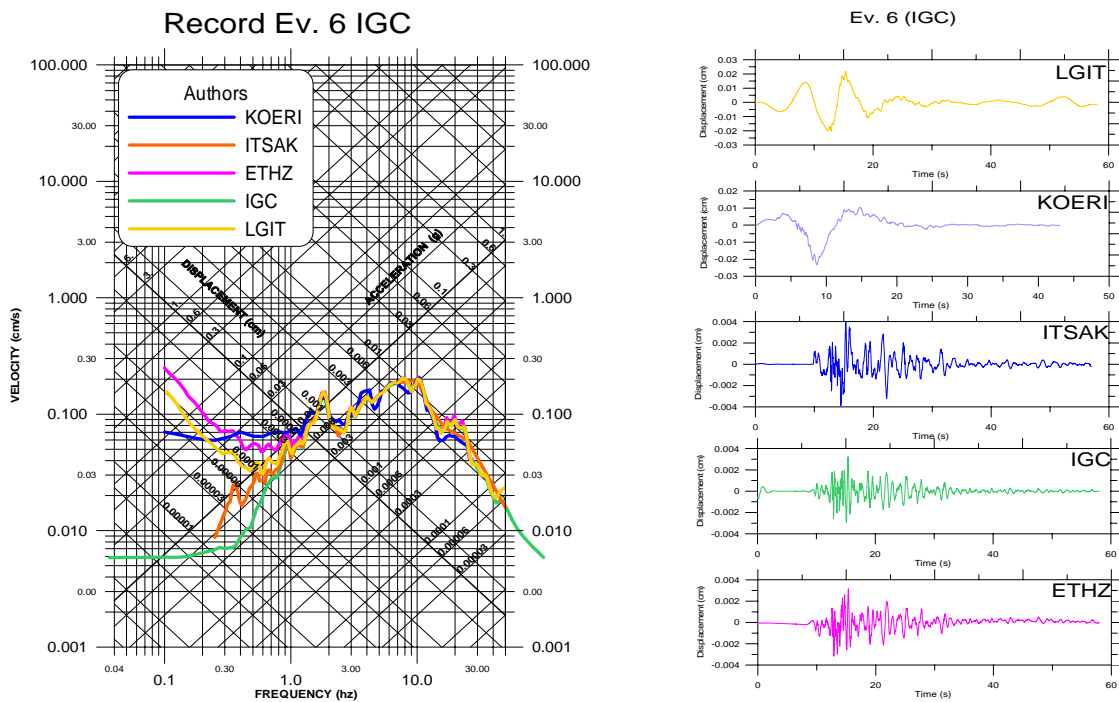


Figura 10. PSV al 5% de amortiguamiento y desplazamientos obtenidos por los diferentes participantes para el acelerograma "Evento 6" (ver Figura 6).

Por tanto, excepto el PGD todos los otros parámetros (PGA, PGV, IArias, I. Housner, duración de Trifunac) así como el cálculo de espectros para diferentes frecuencias superiores a 0.5-1Hz quedan fijados como parámetros a calcular para formar la base de datos paramétrica.

Para dar un valor fiable de PGD e intentar incluirlo en un proceso de cálculo automático se han barajado varias opciones. Inicialmente, se pensó en realizar dos filtrajes, uno más conservador y otro más agresivo, y dar el valor del PGD en ambos casos. En segundo lugar, se piensa en sólo ofrecer el valor de PGD para registros que su PGA>0.1g.

- El software de cálculo paramétrico

En base a los resultados obtenidos, se establece el flujo de cálculo que se implementará en un programa ejecutable. Se muestra en la Figura 11.

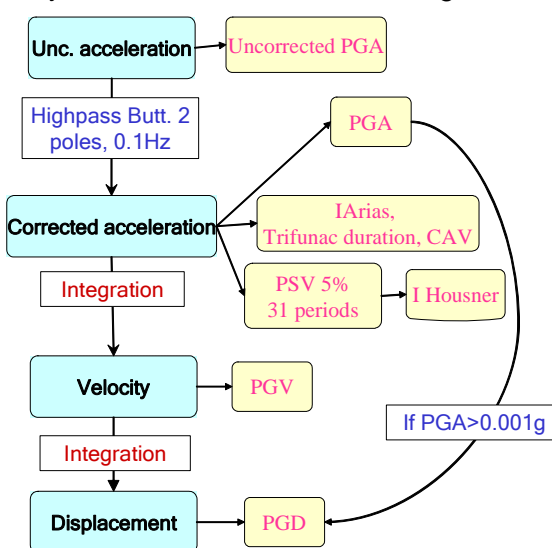


Figura 11. Diagrama con el flujo de cálculo paramétrico.

Este flujo de cálculo se está implementando en lenguaje Matlab y posteriormente se diseminarán entre los participantes compilaciones del programa independientes de la plataforma Matlab para su testeo. La estructura del software se muestra en la Figura 12.

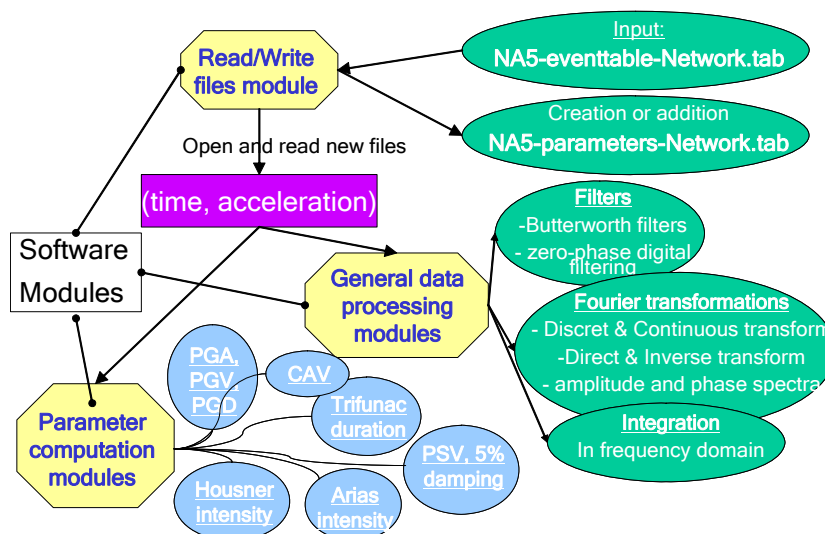


Figura 12. Esquema de los módulos de cálculo del software de cálculo paramétrico.

2.3. **Task C: Definición de protocolos para un acceso fácil y unificado a las bases de datos de acelerogramas en Europa**

En esta tarea, el objetivo principal es el establecimiento del protocolo de búsqueda y demanda que permitirá a los usuarios el acceso on-line a las bases de datos europeas que contengan acelerogramas, parámetros y especificaciones técnicas de las estaciones de movimiento fuerte. Estos datos accesibles se podrán consultar y obtener en varios formatos útiles para la comunidad científica. La infraestructura que se diseña se piensa flexible para que permita la integración posterior de nuevas bases de datos provenientes de operadores que quieran participar y compartir sus datos de movimiento fuerte.

Para todo esto, ya se han definido protocolos de acceso a datos y bases de datos locales, así como la estructura general del conjunto que está representada esquemáticamente en la Figura 13

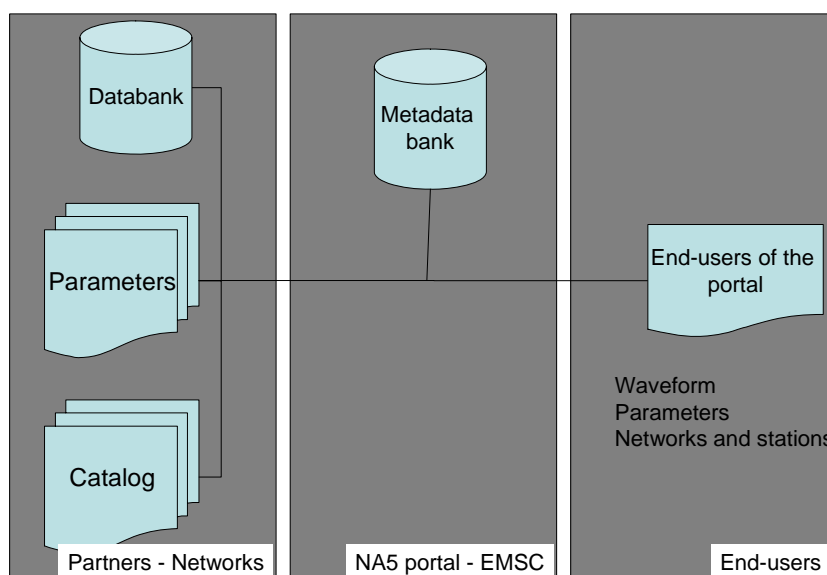


Figura 13. Esquema de la estructura general de las bases de datos para el intercambio de datos acelerométricos.

Concretamente, se va a detallar el significado de cada una de las partes que aparecen en la Figura 13.

En lo que respecta al **“Databank”** (ver Figura 13), será la parte en que están contenidos los acelerogramas o formas de onda. Ya está fijado y acordado el formato de los acelerogramas. Serán archivos individuales para cada componente de los registros en formato ASCII que tendrán dos columnas, tiempo y aceleración, equiespaciados. Las unidades serán cm/s² y los acelerogramas no estarán corregidos de respuesta instrumental. Luego, el nombre de cada archivo contendrá información que hará referencia al evento al que pertenecen, el nombre de la estación, la componente y el nombre de la red propietaria del acelerograma. Todos los archivos estarán almacenados en subdirectorios del tipo YYYY/MM/DD que serán accesibles vía dirección *url* a través del portal Neries (p.ej. /home/data-NA5/2006/12/08/)

“Parameters” se refiere al volumen de parámetros que se calculan homogéneamente para cada uno de los acelerogramas. Estos datos se organizarán en listados ASCII, donde cada línea corresponderá a cada acelerograma, de forma que se explicita el nombre del acelerograma seguido del valor de cada parámetro calculado (tal y como se establece en la Task B). Estos listados de parámetros se harán en archivos separados por años y estarán en el mismo directorio que los acelerogramas del **“Databank”**.

De forma similar se organiza la tabla que contendrá la información relativa al evento sísmico (“**Catalog**”). Estos archivos ASCII, donde se explicita el nombre de cada archivo, irán acompañados de informaciones como la fecha, la hora, la latitud-longitud, profundidad, magnitudes referentes al evento al que corresponden.

En el portal NA5-Neries estarán los motores de búsqueda diseñados para la disseminación de datos a los cuales se tendrá acceso on-line por parte de los usuarios finales. Así, será posible realizar búsquedas de acelerogramas por rangos de parámetros (p.ej. $PGA > 0.1$ y Intensidad Arias < 20), por estaciones y redes, por coordenadas geográficas de las estaciones, por evento (magnitud, localización), por periodos de tiempo, entre otros.

Una vez realizada la consulta y pedidos los datos, el formato que los usuarios recibirán podrán ser SEED o ASCII. Los archivos en formato ASCII contendrán una cabecera con información del evento, de la estación y de los datos (componente, unidades, número de muestras, etc).

Toda esta estructura representa una base de datos relacional que engloba todos los aspectos comentados: las características de las estaciones acelerométricas, los registros acelerométricos y los parámetros.

3. Resumen y observaciones

Con el objetivo de proporcionar un sistema ágil de intercambio de datos acelerométricos se está llevando a cabo, dentro del proyecto NERIES, el establecimiento de unos protocolos para facilitar la búsqueda y adquisición de los registros disponibles en distintas redes acelerométricas de la región Euro-Mediterránea.

Se ha descrito brevemente en qué consiste el proyecto NERIES y cómo se organiza. Detalladamente se ha descrito en qué consiste el subproyecto NA5 que establecerá el sistema de intercambio de datos acelerométricos. Este consta de tres partes diferenciadas, una referente a la información de las infraestructuras de movimiento fuerte, otra referente a los datos obtenidas en ellas (acelerogramas) y otra referente, a parámetros útiles para la comunidad científica calculados con los acelerogramas. Estas tres partes conforman todo un sistema de información que estará accesible on-line.

Se han descrito también el estado del trabajo desarrollado hasta el momento y los objetivos que se pretenden conseguir.

Una vez todo el sistema de intercambio de datos esté acabado y operativo (finales 2007), cabe dejar claro qué papel jugará cada uno en este sistema. Por un lado está el trabajo del portal NA5 Neries y por otro los operadores que se adhieran a la iniciativa y decidan compartir sus datos a través de este sistema. De esta forma explícitamente será deber de las redes regionales de movimiento fuerte lo siguiente:

- Describir la relación entre el evento, los registros, los parámetros, las redes y las estaciones, a través de la creación de los archivos tipo tabla que se establecen en la *Task C*.
- Calcular los parámetros con el software que la *Task B* proporcionará.
- Almacenar los datos siguiendo la estructura de directorios propuesta en la *Task C*.
- Dar accesibilidad a los datos.

- Mantener actualizada la información de las estaciones tal y como se establece en la Task A

Y es deber del portal NA5 NERIES:

- Construir y actualizar los sistemas de bases de datos metadata.
- Ofrecer a los usuarios los motores de búsqueda de datos (Web, Netdc, etc...)
- Conducir la demanda de datos hecha on-line hasta las redes regionales participantes, constatar una respuesta local (acceder a los datos) y contruir la respuesta que se dará al usuario en forma de datos formateados.

Referencias

- Proyecto NERIES: <http://neries.knmi.nl>