

**ESTUDIOS SISMOLÓGICOS CON
REDES SÍSMICAS LOCALES**

Antonio Miguel Posadas Chinchilla

*Departamento de Física Aplicada.
Universidad de Almería*

*Instituto Andaluz de Geofísica y
Prevención de Desastres Sísmicos*

INTRODUCCIÓN

Los Observatorios Sismológicos son centros científicos donde se detectan, analizan, interpretan y archivan datos referentes a terremotos. A continuación se describirá en qué consiste y de que partes consta un Observatorio Sismológico, los tipos de análisis que allí se llevan a cabo, las líneas básicas de investigación y los resultados que de ellas se desprenden para el conocimiento más profundo del interior terrestre así como las repercusiones sociales y utilidad de las mismas.

ELEMENTOS DE UN OBSERVATORIO SISMOLÓGICO

Los elementos primordiales de un Observatorio Sismológico son: la Red Sísmica Permanente y/o Portátil y el Laboratorio de Proceso de Datos. A su vez, la Red Sísmica está compuesta de las Estaciones de Campo y de la Estación Central de Registro, que engloba la Unidad de Registro Analógico, la Unidad de Registro Digital y el Gabinete de Vigilancia y Emergencia Sísmica. A continuación se analizarán todos estos elementos.

La Red Sísmica

Los elementos que constituyen la Red Sísmica son las Estaciones de Campo y la Estación Central de Registro. Los instrumentos que se sitúan en las distintas estaciones pueden ser para detectar velocidad del suelo ante un evento sísmico (en cuyo caso la red es de carácter tradicional) o para detectar

aceleraciones (en cuyo caso la red se denomina de movimiento fuerte). A continuación analizaremos de forma resumida cada uno de los elementos de la Red Sísmica.

Las Estaciones de Campo

En las Estaciones de Campo se alberga el sensor o geófono que detecta y amplifica el movimiento del suelo, el equipo electrónico necesario para convertir la señal mecánica del suelo en una señal electromagnética que pueda ser transmitida a la Estación Central de Registro (al conjunto sensor más equipo electrónico le llamamos Sismómetro), la Antena que emite dicha señal, las baterías que proporcionan energía a los demás elementos y un panel solar acompañado de un regulador que mantiene cargadas las baterías.

Los Geófonos o Sensores modernos son, básicamente, un péndulo amortiguado cuyas oscilaciones pueden ser convertidas en una señal eléctrica. Las oscilaciones del péndulo pueden tener lugar en un plano vertical o en uno horizontal dependiendo de como se sujete la masa pendular; en el primer caso tendríamos un sensor vertical (denominado normalmente componente Z); en el segundo caso tenemos dos grados libertad, dando lugar a un sensor Norte-Sur (componente NS) y un sensor Este-Oeste (componente EW) (Fig.1). Además, los sensores pueden detectar velocidad o aceleración del suelo; los primeros están diseñados para detectar actividad sísmica moderada y son los elementos básicos en la vigilancia sísmica de una zona; en el segundo caso, reciben el nombre especial de acelerómetros, y están preparados para detectar la actividad sísmica fuerte, siendo prácticamente insensibles a la moderada y pequeña.

Los sismómetros se caracterizan por la denominada respuesta característica (Alguacil, 1986; Payo, 1986; Kulhánek, 1991); ésta refleja el comportamiento del sismómetro en su conjunto y, por tanto, de la apariencia del sismograma. La respuesta característica no es más que una gráfica en la que se presenta la amplificación del movimiento que el sismómetro detecta frente a la frecuencia de la oscilación que perturba al instrumento. El investigador puede de esta manera seleccionar que tipo de sismómetro desea dependiendo de la clase de movimiento que quiere detectar (fig.2). Desde este punto de vista los sismómetros se clasifican en instrumentos de corto período (capaces de amplificar el movimiento de las ondas sísmicas para frecuencias entre 1 y 30 Hz), instrumentos de largo período (capaces de detectar períodos comprendidos entre 1 y 100 s) y finalmente sistemas de banda ancha (broad band) que mantienen la amplificación constante desde 0.1 s hasta incluso 400 s). La elección del tipo de instrumento es fundamental y una clara muestra de ello se da en la figura 3.

Las Estaciones de Campo están desplegadas en una zona de interés por su actividad sísmica. Se sitúan en puntos alejados del ruido sísmico, es decir, poblaciones, vías de comunicación, vegetación abundante, costas y enclaves que no estén resguardados de fenómenos meteorológicos adversos como, por ejemplo, el viento. La mayoría de las Estaciones de Campo están enlazadas vía radio con la Estación Central de Registro (excepto las que alojan a los acelerómetros, que trabajan de forma autónoma), aunque en circunstancias especiales (falta de canales de transmisión en la zona o una difícil orografía) pueden ser autónomas. Las Estaciones de Campo pueden ser además fijas (Red Sísmica Permanente) o portátiles (Red Sísmica Portátil); en el primer caso, se trata de equipos que funcionan continuamente desde un mismo punto y con un escaso mantenimiento técnico; en el segundo caso, se trata de equipos desplazados *ad hoc* en una zona por el interés eventual de la misma (por ejemplo, en el caso de una serie sísmica o de un enjambre sísmico o swarm).

La Estación Central de Registro

En la Estación Central de Registro se recibe y registra la información detectada y enviada por las Estaciones de Campo. La señal eléctrica que llega a la Estación Central de Registro sufre dos tratamientos: a) es convertida de nuevo en una señal mecánica y ésta se registra por algún medio de impresión en una banda (registro analógico) y b) se digitaliza y es registrada en un medio informático (registro digital). Los registros se denominan, respectivamente, sismograma analógico o sismograma digital. Los sismogramas son los datos fundamentales de los que el investigador puede extraer información acerca del fenómeno sísmico y el tratamiento y proceso de los mismos es parte crucial en la formación de cualquier sismólogo.

La Unidad de Registro Analógico está compuesta por el Módulo Receptor y Demodulador, el Sistema de Tiempo, la Unidad de Registro Analógico (URA) propiamente dicha que consta a su vez del tambor, módulo de filtros y módulo de amplificación, y finalmente, los sistemas de alimentación y control.

La Unidad de Registro Digital está compuesta de los soportes electrónicos e informáticos que permiten digitalizar y archivar los sismogramas digitales (tarjeta de conversión analógica-digital, PCs y sistema de comunicaciones). Asimismo, aquí se encuentra la biblioteca de datos digitales que pueden archivar en sistemas tradicionales (disquetes, cintas magnéticas) o en nuevos elementos para el archivado de información (discos ópticos).

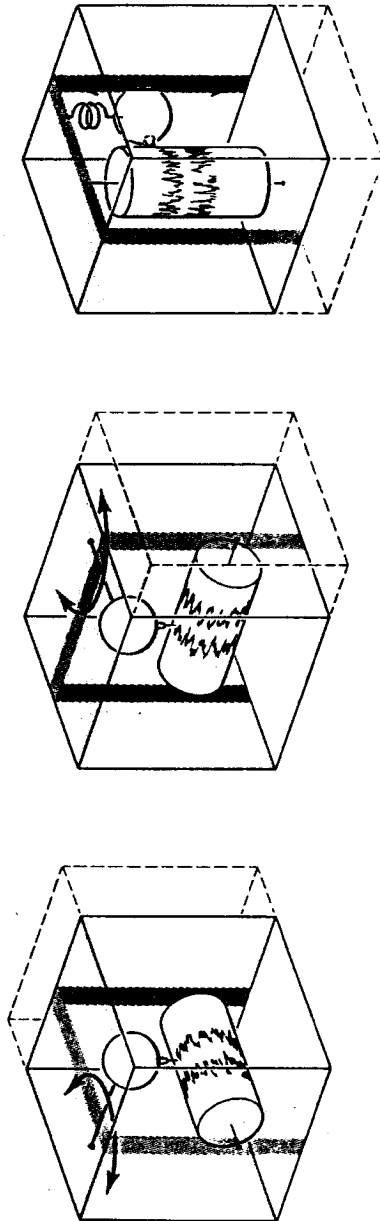


Fig. 1. Los Geófonos o Sensores modernos son, básicamente, un péndulo amortiguado cuyas oscilaciones reflejan el movimiento del suelo. Las oscilaciones del péndulo pueden tener lugar en un plano horizontal o en uno vertical, dependiendo de como se sujete la masa pendular. Esto origina las tres componentes del sensor, Z, NS y EW. En la figura se han representado las tres esquemáticamente.

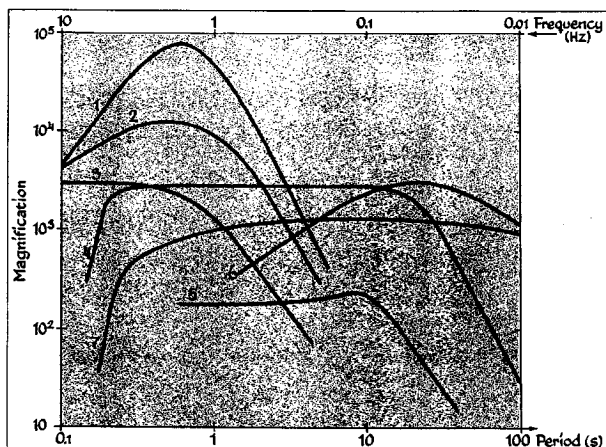


Figura 2. Respuesta característica para diversos sistemas sismométricos. El número 1 corresponde a un sismómetro de Benioff, el 2 se denomina de Grenet-Coulomb, el 3 es el de Wood-Anderson, el 4 es el de Kirnos, el 5 es el de Wiechert, el 6 es un sismómetro de largo período de Press-Ewing y el 7 es un sistema broad-band.

El Gabinete de Vigilancia y Emergencia Sísmica tiene entre sus cometidos el seguimiento continuado de la actividad sísmica en la región de cobertura de la Red; además, en caso de terremotos sentidos por la población, eventuales crisis sísmicas o actividad anormalmente alta, evalúa la misma e informa a los organismos o responsables pertinentes.

Redes de movimiento fuerte

Los acelerómetros son el tipo de sismómetro usado en zonas donde cabe esperar movimientos del suelo con grandes aceleraciones, es decir, los temblores más fuertes y perjudiciales para la sociedad. Estos eventos son también los más escasos, por lo que los acelerómetros no registran de manera continua, sino que son capaces de decidir cuando el evento es suficientemente grande para ser grabado.

Los estudios sobre peligrosidad y riesgo sísmico son los más interesantes desde el punto de vista de servicio a la sociedad, ya que permiten decidir, mediante una adecuada microzonación, que áreas de, por ejemplo, una gran ciudad, se verían más afectadas ante un gran terremoto y por tanto, permiten un ordenamiento urbanístico adecuado. Sin embargo, es sabido que son las aceleraciones las que causan daños sobre las estructuras que el hombre construye y, por tanto, son éstas las que tienen que ser estudiadas (sobre todo las aceleraciones horizontales, pues los edificios, puentes, casas, etc... están diseñados para aguantar durante mucho tiempo una aceleración vertical muy importante, la de la gravedad). Esta razón hace tan importante que se disponga no sólo de una Red Sísmica tradicional, sino también de redes que incluyan acelerómetros para poder determinar movimientos fuertes del suelo.

El Laboratorio de Proceso de Datos

En el Laboratorio de Proceso de Datos se analizan e incorporan al Banco de Datos Sísmico todos los sismogramas adquiridos en la Estación Central de Registro el día anterior.

El análisis diario que se lleva a cabo sobre los sismogramas consiste esencialmente en: a) discriminación de eventos sísmicos de los que no lo son (ruido sísmico, explosiones); b) clasificación de los microterremotos y terremotos en cercanos, regionales y lejanos; c) identificación de fases o tipos de ondas sobre el sismograma y localización del terremoto; d) evaluación del tamaño del sismo (magnitud y en caso necesario, intensidad); e) caracterización del mecanismo del terremoto.

La información obtenida del análisis anterior se incorpora en el Banco de Datos Sísmico. Los estudios y futuras investigaciones que se lleven a cabo en el área de cobertura de la Red se inician en esta base de datos y se amplía y complementa con otros datos (geología de la zona, tipo de construcciones, concentraciones de población).

ANÁLISIS SISTEMÁTICOS EN UNA RED SÍSMICA LOCAL

La información que se adquiere en una Red Sísmica debe ser tratada de manera ordinaria y sistemática para incorporarla de forma adecuada al Banco de Datos Sísmico. Esta información será utilizada posteriormente para interpretar su significado geofísico. Este apartado presenta el tratamiento primero que reciben los datos una vez detectados en la Estación Central de Registro.

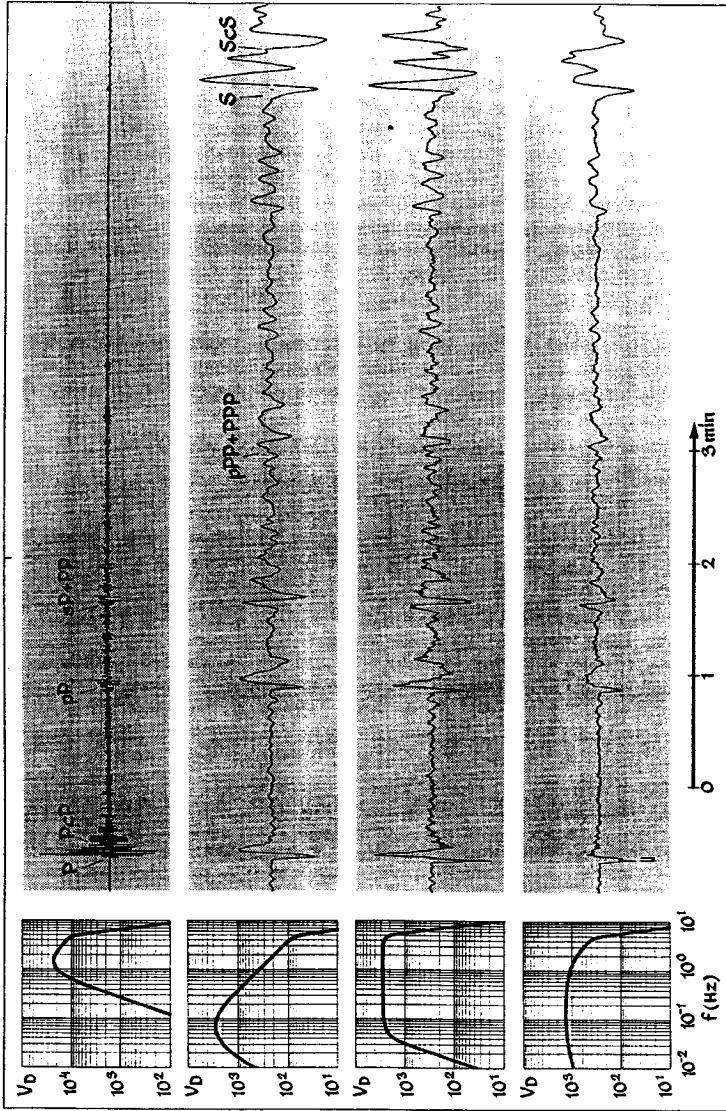


Figura 3. Terremoto ocurrido en el mar del Japón el día 9 de Marzo de 1977. Ocurrió a 570 km de profundidad y tuvo una magnitud de 5.9. El mismo terremoto registrado por instrumentos con diferente respuesta característica presenta un aspecto diferente como puede apreciarse. En el primer caso es un sísmómetro de corto período, en el segundo caso se trata de un sísmómetro de largo período, el tercer caso corresponde a un sísmómetro de Kirnos y finalmente, se muestra el registro en un broad-band.

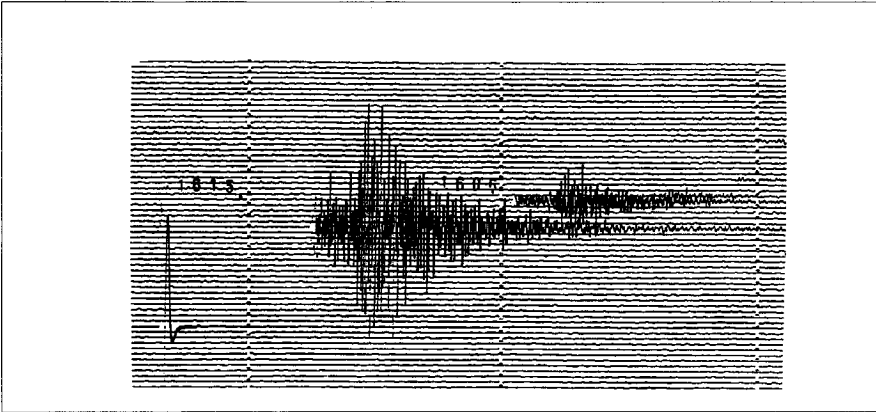


Fig. 4. Terremoto registrado en una banda o en analógico. Como puede apreciarse el sistema de registro es continuo, lo cual tiene ventajas e inconvenientes; su principal ventaja es que permite visualizar toda la actividad sísmica que ocurre en un día mientras que su principal defecto es que la lectura de los datos resulta más incómoda e imprecisa.

Detección de los eventos

Como ya se ha explicado los eventos detectados por las Estaciones de Campo son registrados en la Estación Central de Registro de manera analógica o digital. El resultado del primer tipo de registro es una “banda” o sismograma analógico y el resultado del segundo tipo es la “traza” o sismograma digital; en ambas se tiene la información acerca del movimiento del suelo y al instante de tiempo en la que se produce dicho movimiento. Este dato, el tiempo, es la base de cualquier estudio posterior y su importancia a veces a llevado a definir al sismólogo como a “un investigador que tiene un reloj en la mano y sabe usarlo”. El registro analógico tiene menor precisión que el digital (usualmente, del orden de 0.1 s frente a 0.01 s) pero su uso es muy útil para visualizar de manera global la actividad sísmica de una zona y para tener un sistema de seguridad en caso de fallo del registro digital. Asimismo, permite comprobar de manera rápida que la actividad reflejada en el registro digital corresponde a eventos sísmicos o a otro tipo de eventos (explosiones, falsos disparos, interferencias). Los sismogramas digitales y analógicos deben ser, por tanto, complementarios; los sistemas digitales facilitan el tratamiento de la información, pero el registro analógico, continuo y visible, es necesario para la selección y análisis previo de los sismogramas y de las fases que se deseen estudiar (fig.4).

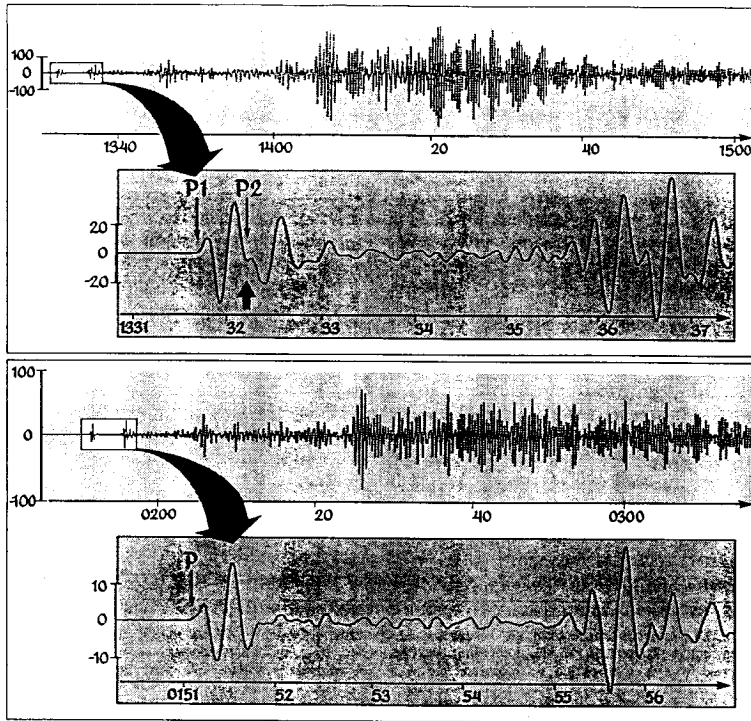


Fig. 5. Terremoto registrado en digital. En la actualidad es el tipo de registro más usado debido a su fácil procesado para estudios posteriores. Además, con los programas de ordenador adecuados puede tenerse una mejor visualización de la traza del terremoto, sobre todo por el uso de zooms y diferentes tipos de filtros.

El registro digital es en la actualidad la base de los estudios sísmicos, recurriendo a los registros analógicos cuando las malas condiciones o inexistencia del dato digital así lo requieren. El registro digital no es continuo, ya que se tendría sobre soporte magnético mucha información inútil; por ello, el Sistema de Adquisición de Datos Digitales cuenta con un algoritmo inteligente que es capaz de discernir cuando lo que está recibiendo es o no un evento que deba registrar. En caso afirmativo, el dato pasa a un fichero digital que puede ser recuperado para su estudio con posterioridad. Además, el uso del ordenador para la visualización y análisis de estos datos permite el uso de ventanas y zooms con los cuales la tarea investigadora es más fácil, lógica y produce resultados mucho más exactos y con menor ambigüedad (fig. 5).

Eventos locales, regionales y lejanos.

El primer análisis al que se somete un terremoto es para comprobar si se trata de un evento local (en el ámbito de la Red, es decir, hasta 100 km), regional (hasta 1000 km) o lejano (más de 1000 km). Este análisis se hace por la constatación del tipo de períodos o frecuencias dominantes en el registro. Así, si los períodos registrados son largos (bajas frecuencias dominantes), el terremoto es lejano; por el contrario, si los períodos son cortos (dominan las frecuencias altas) los terremotos son cercanos (fig. 6). En una Red Sísmica Local se trata de estudiar sobre todo terremotos cercanos y en algunos casos regionales, por lo que los instrumentos de vigilancia sísmica de la misma serán básicamente de corto período junto con acelerómetros para el estudio del riesgo sísmico.

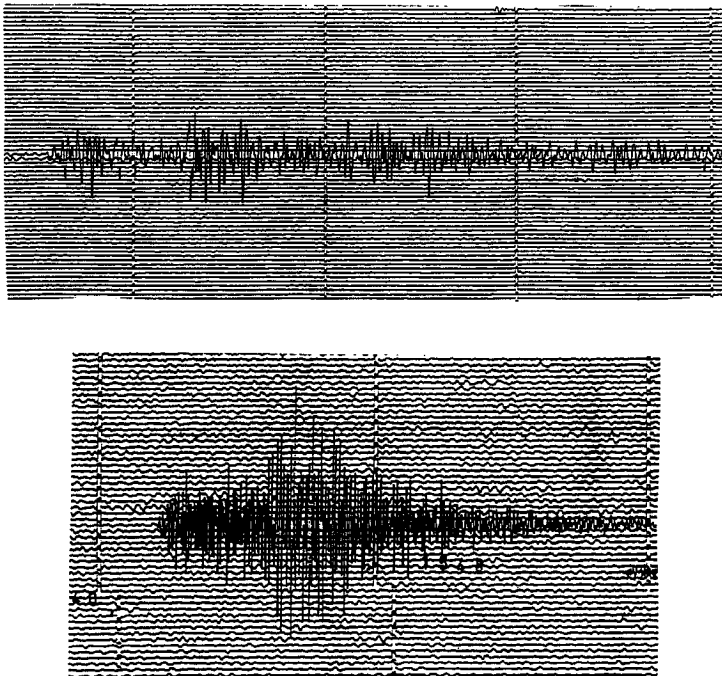


Figura 6. En la parte superior se presenta un terremoto lejano y en la inferior uno cercano registrados en analógico. La característica fundamental que nos permite decidir si el terremoto es o no cercano es el contenido en frecuencias; si las frecuencias son altas (períodos cortos) el sismo es cercano, mientras que si las frecuencias son bajas (períodos largos), entonces el sismo es lejano.

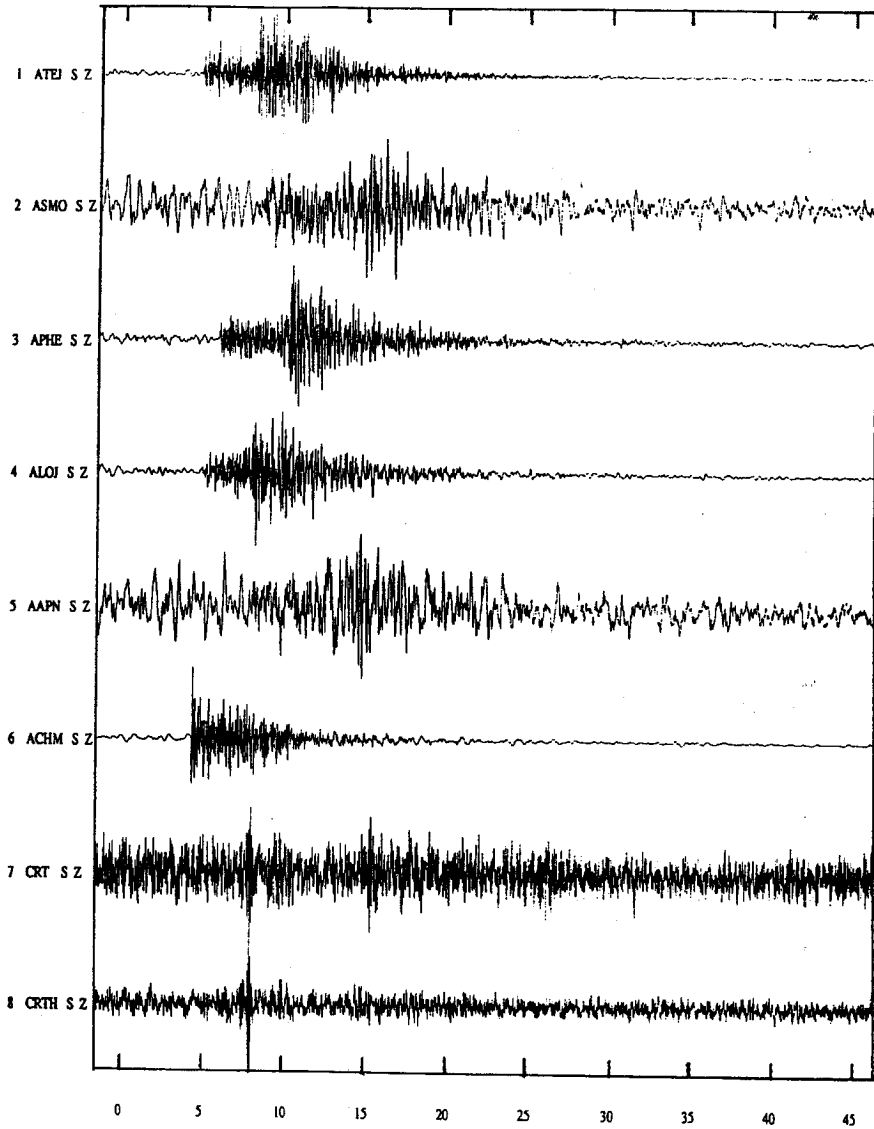


Figura 7a. Un microterremoto registrado por ocho estaciones sísmicas de la Red Sísmica de Andalucía. El registro que aquí se presenta es en digital. Su magnitud es, aproximadamente 2.

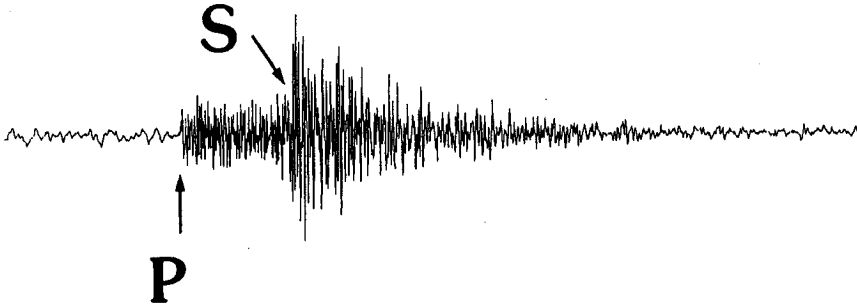


Figura 7b. El mismo microterremoto presentado en la figura 7a pero ampliado para una de las estaciones. Se han indicado las fases P y S. La diferencia de tiempo entre ellas es de unos 5 s; por tanto, se procederá a localizar este microterremoto.

Identificación de fases y localización

Las ondas sísmicas son producidas durante el proceso de ruptura de la fuente sísmica y su presencia queda reflejada en los sismogramas a través de las fases sísmicas. Para cada uno de los eventos se efectúa la lectura de las fases P y S; si la diferencia de tiempos entre ambas es menor o igual a 35 s, el terremoto es andaluz y se procederá a comprobar el número de estaciones en las que ha sido detectado; si este número es mayor a 4, se procede a la localización (fig.7).

De cada evento a localizar se toman, para cada estación, los siguientes datos (Vidal y Luzón, 1989): hora de las fases P y S, carácter de las fases P y S (es decir, si es una onda impulsiva o emergente), sentido del primer movimiento (con lo que se puede determinar si el movimiento del suelo ha sido una compresión o una dilatación), peso de las fases P y S (es decir, un valor numérico que evalúa la calidad del dato), amplitud y período de la fase S (con los que se podrá determinar la magnitud local) y duración del registro (que permitirá determinar la magnitud en función de la duración). Con todos estos datos es posible llevar a cabo diversos análisis; el primero de ellos es, indiscutiblemente, determinar donde ha ocurrido el sismo, es decir, localizarlo.

Los métodos modernos de localización de focos sísmicos difieren en detalles puntuales pero están basados todos en un mismo principio: el tiempo de recorrido de una onda sísmica desde el hipocentro hasta el lugar de observación es una

medida directa de la distancia entre estos dos puntos (Bolt, 1981). En este sencillo fundamento descansa el método Geiger (1912), método en el que se basan la mayoría de los programas iterativos usados en la actualidad y que en esencia, compara el tiempo de recorrido de las ondas calculado de manera teórica con el tiempo real observado en los sismogramas. Con cuatro estaciones que hayan registrado el terremoto es posible, al menos teóricamente, plantear cuatro ecuaciones que contienen cuatro incógnitas: la localización hipocentral, es decir, longitud, latitud y profundidad y tiempo origen, esto es, la hora a la que se produjo el evento. En la práctica, la calidad de los datos, la imprecisión, u otros factores, pueden hacer que la localización no sea exacta, por lo que para asegurar la misma es aconsejable disponer del mayor número posible de estaciones. El proceso de localización queda reflejado en la figura 8.

Las localizaciones obtenidas pasan a formar parte del Banco de Datos Sísmico; todos estos hipocentros van configurando a lo largo del tiempo de estudio, un catálogo de actividad sísmica que configura las áreas de actividad de la región, los tiempos de máxima y mínima actividad, la posible evolución espacial y temporal de los eventos, etc.

Tamaño de un terremoto

No todos los terremotos liberan la misma cantidad de energía; unos son más grandes que otros. Esta medida del tamaño puede hacerse en función de la magnitud física energía liberada o puede hacerse en función de los daños que ocasione sobre el terreno y las construcciones. En el primer caso se habla de magnitud y en el segundo de intensidad.

La magnitud es una medida objetiva del tamaño del terremoto y su definición responde a una fórmula matemática; el primer sismólogo que definió una escala de magnitud fue Richter (1958) y lo hizo como el logaritmo de la amplitud máxima de la onda sísmica detectada en un sismógrafo de Wood-Anderson a la distancia de 100 km del foco sísmico. A la magnitud medida en esta escala se la conoce como magnitud Richter. En la actualidad se han desarrollado diversas escalas más, como es el caso de la magnitud de ondas internas, de ondas superficiales, de momento sísmico y la que es más usada en redes locales, la magnitud en función de la duración del registro (Lee y Lahr, 1981).

La intensidad es una medida subjetiva del tamaño del terremoto en tanto que su determinación se hace en base a los daños producidos por el evento. Las escalas más usuales en la actualidad son la MSK y la Mercalli Modificada,

ambas divididas en doce grados. Con grado I sólo los instrumentos detectan el temblor; con grado IV la mayoría de las personas perciben el evento y a partir de grado VII los daños comienzan a ser graves.

Mecanismo de un terremoto

Se denomina mecanismo de un terremoto al tipo de fallamiento del material rocoso que ha dado lugar al terremoto y a los ejes principales de esfuerzos que han actuado para dar lugar a esa falla. Uno de los métodos más extendidos y de más fácil aplicación para la determinación de la orientación del plano de falla es el que utiliza como datos de observación el sentido del primer impulso de la onda P (Byerly, 1942). Los desplazamientos de esta onda están separados en cuatro cuadrantes, alternantes en dirección hacia el foco y hacia afuera, que corresponden respectivamente a dilataciones y compresiones en los puntos de observación (Udías, 1986) (fig. 9). En el sismograma esto se refleja de la siguiente manera: si el primer impulso es hacia arriba, estamos frente a una compresión; si por el contrario el impulso es hacia abajo entonces el movimiento es de dilatación. Como el terremoto ya ha sido localizado, se sabe donde está; por tanto, es posible determinar el camino por el que la onda ha viajado y, sobre una esfera suficientemente pequeña en torno al foco, anotar un punto correspondiente a compresión o dilatación en el punto de observación (fig. 10). Esto significa, tensión o presión en la fuente. El problema es ahora ser capaces de representar en dos dimensiones ese punto. Una de las formas se conoce como proyección estereográfica o de Schmidt; en ella el punto en cuestión se lleva sobre el plano horizontal sin más que unir dicho punto con el cenit de la esfera (fig. 11). Si esto se hace para muchas observaciones, se tendría una proyección como la de la figura 12. Si se separan los puntos negros, correspondientes a compresiones, de los blancos, correspondientes a dilataciones, entonces se encuentran dos líneas como las de la figura 12; como puede verse en la siguiente, estas líneas corresponden en la realidad a planos; estos dos planos puede demostrarse que son perpendiculares entre sí, y cualquiera de los dos puede ser el de falla. Para decidir este último extremo hay que recurrir a otro tipo de estudio. Los ejes de tensión (T) y de presión (P) en la fuente están situados a 45° de los planos, por lo que puede comprenderse el tipo de fallamiento que ha tenido lugar.

En la figura 13 se muestran distintos tipos de mecanismos correspondientes a fallas diferentes. Como puede observarse, el sismólogo puede obtener abundante información acerca de como fue la ruptura a partir del sismograma.

Terremotos sentidos por la población

La Red Sísmica de Andalucía detecta al año varios miles de terremotos; de éstos, sólo unos pocos liberan suficiente energía como para ser sentidos por la población. En estos casos, los responsables del Servicio de Protección Civil de la Junta de Andalucía deben de estar puntualmente informados sobre la localización de estos terremotos, su magnitud, intensidad y evolución de la actividad sísmica para, en su caso, tomar las medidas preventivas, protectoras o restauradoras pertinentes. En este apartado analizaremos el proceso que tiene lugar desde la detección de un sismo de estas características hasta su archivado en el Banco de Datos Sísmicos.

Información preliminar

Cuando el sismo detectado sobrepasa una determinada magnitud (entre 3 y 3.5, dependiendo de las zonas) el terremoto ha podido ser sentido por la población. En estos casos se procede de forma urgente a localizar el sismo y estimar su magnitud. Con esta información preliminar se envía el primer informe

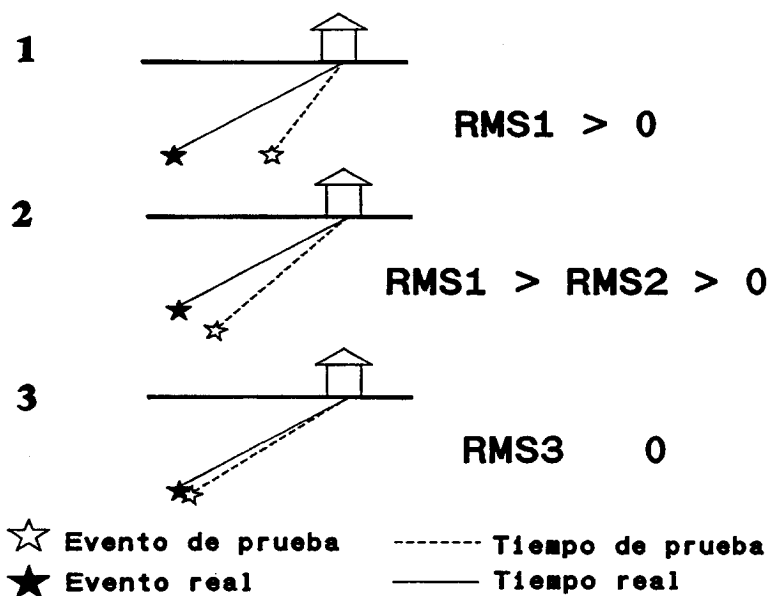


Figura 8. Esquema para ilustrar el proceso de localización de un terremoto mediante un programa iterativo.

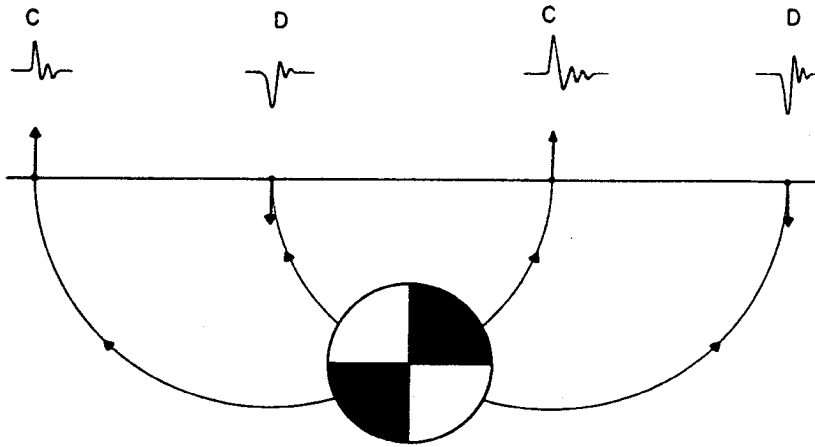


Figura 9. A partir del primer impulso del registro de un terremoto el sismólogo puede deducir si en la fuente se ha producido una compresión o una dilatación. Si el primer impulso es hacia arriba se trata de una compresión; por el contrario, si el primer impulso es hacia abajo, se trata de una dilatación.

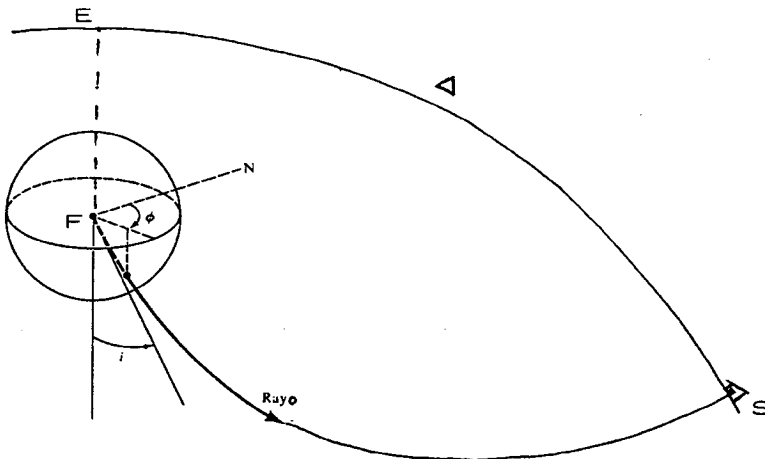


Figura 10. Los datos de compresión o dilatación se trasladan a una esfera alrededor de la fuente sísmica. Para ello, el terremoto ha debido de ser previamente localizado.

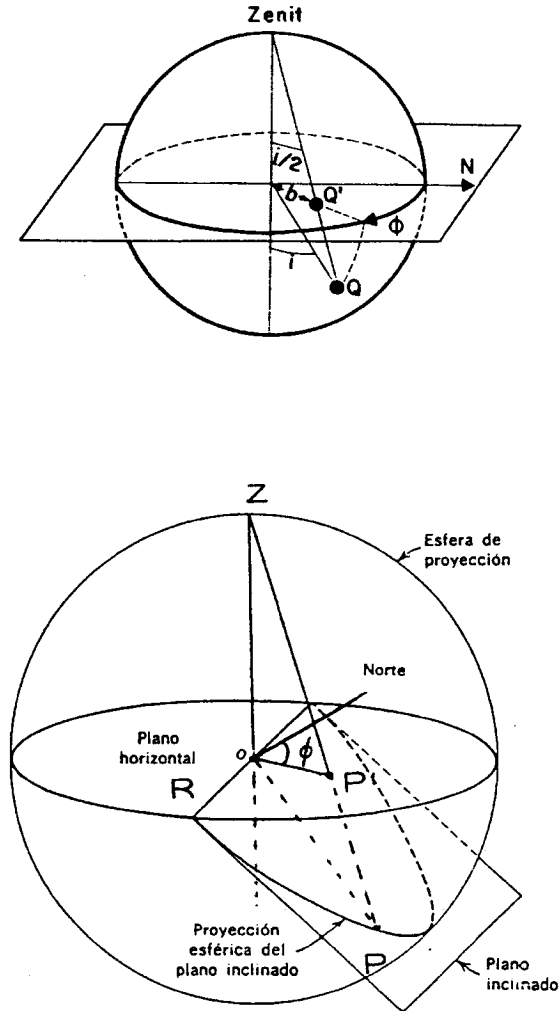


Figura 11. Una vez que los datos de compresión o dilatación se trasladan a una esfera alrededor de la fuente sísmica, hay que representarlos de forma que el investigador pueda interpretar su significado. Para ello se utilizan distintas proyecciones; aquí se muestra la proyección estereográfica o de Schmidt, basada en unir el punto en cuestión con el cenit de la esfera. Arriba se muestra la proyección de un punto. Abajo se presenta la proyección de un plano.

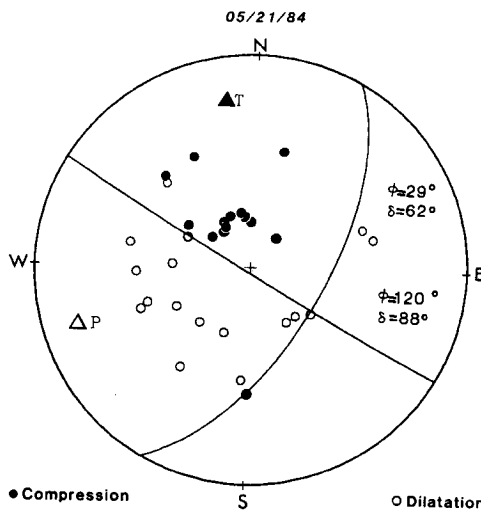
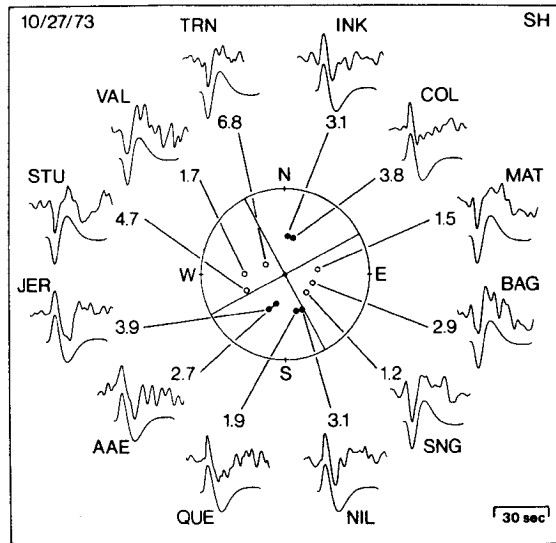


Figura 12. Los datos que proporcionan las distintas estaciones son llevados a una esfera alrededor de la fuente sísmica (arriba); a continuación se proyectan de forma adecuada esos puntos (abajo) diferenciando las compresiones de las dilataciones. Una vez realizada esta proyección es posible separar los puntos debidos a compresión de los puntos debidos a dilatación mediante dos planos perpendiculares entre sí.

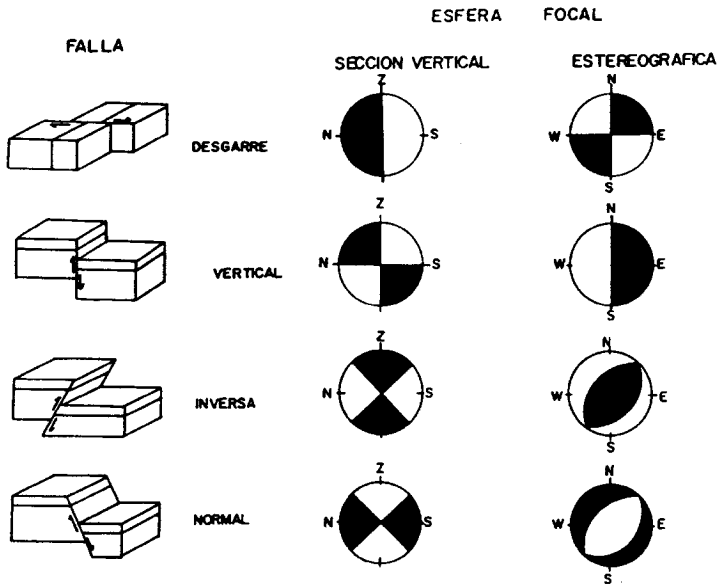


Figura 13. Los distintos tipos de fallamiento pueden ser interpretados a partir del mecanismo del terremoto. En esta figura se presentan algunos ejemplos

al Centro de Coordinación Operativa (CECOP) del Servicio de Protección Civil de la Junta de Andalucía. Este centro tiene asignadas las funciones de dirección y coordinación de las operaciones para el control de una emergencia.

Recogida de información macrosísmica

Una vez que la zona epicentral es conocida se procede a investigar si el terremoto ha sido percibido por la población y en que grado ha sido esta percepción. Para ello se procede a efectuar distintas llamadas telefónicas tanto a organismos e instituciones de las poblaciones próximas al área del suceso (Guardia Civil, Ayuntamientos, Policía Nacional) como a vecinos de las poblaciones afectadas. Este análisis pretende obtener información acerca de las distintas intensidades en el área donde se ha sentido el terremoto. En caso de terremotos más importantes (como por ejemplo el del 24 de Junio de 1984) se procede a una inspección *in situ* de los daños en las construcciones y de los efectos producidos en el suelo.

Segundo informe

Una vez que se ha evaluado la intensidad y junto con una localización más detallada y precisa que contenga la hora origen, los parámetros hipocentrales, la magnitud, intensidad máxima y área afectada con indicación de las poblaciones que han sentido el terremoto, se envía un segundo informe al CECOP. En caso necesario, este organismo activará hasta el nivel oportuno las agrupaciones locales de Protección Civil y los Servicios de Alerta que considere necesarios. Finalmente, si el terremoto es de suficiente importancia, se procede a informar a los distintos medios de comunicación (radio, TV y prensa escrita).

Seguimiento de la actividad

En las horas o incluso días posteriores al sismo sentido se procede a una vigilancia del área afectada para determinar si la actividad sísmica continua o si se ha cesado. En caso de continuar se procede a evaluar de idéntica forma los terremotos sentidos, y si el proceso crece, se lleva a cabo la determinación del máximo evento que podría ocurrir en el área activa. Con todo ello se remitirá un nuevo informe al CECOP. Puede ocurrir también que todo el proceso acabe en una serie o en un enjambre o swarm (como, por ejemplo, la serie de Agrón en 1988 o el enjambre de Loja en 1985).

Archivado en el Banco de Datos Sísmico

El Instituto Andaluz de Geofísica tiene en la actualidad un extenso Banco de Datos Sísmicos referentes a terremotos sentidos y que abarcan el período de funcionamiento de la Red Sísmica de Andalucía, esto es, desde 1983 hasta 1993. Cada evento sentido es archivado junto con los informes remitidos al CECOP, los datos hipocentrales, hora origen, magnitud, mapa de isosistas, intensidad máxima, trazas de todas las estaciones, organismos a los que se ha facilitado la información, noticias aparecidas en la prensa y cuanta información más se estime oportuna.

Despliegue de redes sísmicas de emergencia

Como ya se ha explicado, cuántos más datos se tengan referentes a la actividad sísmica de una zona tanto más precisa será la información que pueda deducirse de ella. Por ello, en casos de actividad anormalmente alta o tras un evento importante lo que origina numerosas réplicas, es conveniente disponer de una red sísmica portátil capaz de estar funcionando en pocas horas en el área activada sísmicamente. Esto permite disponer de más datos sobre el

comportamiento sísmico de una zona potencialmente peligrosa o científicamente interesante.

Como la Red de Vigilancia Sísmica debe tener detectadas las zonas más conflictivas, es interesante disponer a priori de enclaves que puedan ser utilizados para alojar las estaciones sísmicas portátiles. En el caso de la Red Sísmica de Andalucía en Almería, se dispone en la actualidad de 7 puntos que podrían alojar estaciones sísmicas enlazadas teleméricamente con la estación central de registro de Almería y de otros 7 emplazamientos que albergarían estaciones autónomas.

REFERENCIAS

- ALGUACIL, G; (1986); "Los instrumentos de una Red Sísmica Local Telemétrica para microterremotos. La Red Sísmica de la Universidad de Granada". Tesis Docotral. Universidad de Granada.
- BOLT, B.A.; (1981); "Terremotos". Ed. Reverté y Ed. Orbis. Barcelona.
- BYERLY, P; (1942); "Seismology". Prentice-Hall. New York.
- GEIGER, L.; (1912); "Probability method for the determination of earthquake epicenters from the arrivals time only". Bull. St. Louis Univ. 8: 60-71.
- KULHANEK, OTA; (1990); "Anatomy of seismograms". Elsevier Science Publishers.
- LEE, W.H.; LAHR, J.C.; "HYPO71 (revised): a computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes". USGS Open file 75-311.
- PAYO, G.; (1986); "Introducción al análisis de sismogramas". Monografías del Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- RICHTER, C.F.; (1958); "Elementary seismology". W.H. Freeman and Co.. San Francisco.
- SIMON, R.B.; (1981); "Earthquake interpretations. A manual for reading seismograms". William Kaufmann, Inc.. Los Altos, California, USA.

- UDÍAS, A.; (1986); "Fundamentos de Geofísica". Ed. Alhambra. Madrid.
- VIDAL, F.; (1986); "Sismotectónica de las Béticas Centrales y Mar de Alborán". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- VIDAL, F.; LUZON, F.; (1989); "Memoria V Convenio Específico entre la Consejería de Gobernación y la Universidad de Granada para estudios sísmicos". Granada.
- WILLMORE, P.L.; (1979); "Manual of seismological observatory practice". Report SE-20 World Data Center A for Solid Earth Geophysics. Boulder, Colorado, USA.