

RESMAC 1986

Alejandro Nava P.*

La Red Sísmica Mexicana de Apertura Continental, RESMAC, es una red de estaciones sísmológicas, cuyos datos digitales son telemetrizados a una base central en el ICF, Ciudad Universitaria, México, D.F., a través de la Red Nacional de Microondas de SCT y líneas telefónicas privadas de TELMEX.

BREVE HISTORIA

La necesidad de que México contase con una red sísmica moderna que permitiera, utilizando las técnicas de electrónica digital más modernas y telemetrización, monitorear eficientemente y con capacidad de respues-

ta inmediata la sismicidad en México, así como obtener registros sísmicos susceptibles de análisis profundos, complementando así la red del Servicio Sísmológico Nacional (SSN), fue reconocida hace unos trece años por el Dr. Cinna Lomnitz, a la sazón jefe de éste.

Un convenio acordado en 1974 entre UNAM (Instituto de Geofísica (IGF) e Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS)), SCT, SOP, SRH, CFE y CONACYT marcó el principio de RESMAC. El diseño de la red comenzó como un proyecto conjunto que aplicaba los conocimientos de vanguardia en electrónica digital y computa-



FIG. 1

* Investigador del Instituto de Geofísica, UNAM.

ción de los investigadores del IIMAS (T. Garza, A. Tubilla, E. Archundia, J. Gil, H. Gómez, E. Pérez, J. Hernández y otros) a las necesidades geofísicas definidas por los del IGF. Después por problemas diversos, RESMAC pasó a pertenecer enteramente al IIMAS, donde empezó a operar en forma preliminar en 1979, y desde entonces ha estado registrando datos de gran valor sísmológico.

Es justo mencionar que RESMAC no podría operar sin el apoyo que le han brindado SCT, para la transmisión de datos, y CONACYT para su financiamiento.

En 1984, RESMAC regresó al IGF oficialmente. El traslado físico se llevó a cabo en mayo de 1986, y tras un tiempo de problemas causados por el cambio, RESMAC se encuentra operando normalmente. El proyecto cuenta actualmente con 2 sísmólogos (C. Lomnitz y A. Nava), 1. lecturista (D. Santamaría), 2. computólogos (S. Cameo y Tan Yi) y 2 electrónicos (J. Valadez y J. Ceja); aquí se puede hacer notar, que un proyecto de la magnitud de éste requiere, para una operación óptima, de recursos materiales y humanos mucho mayores, y es un enorme esfuerzo el que su personal técnico debe hacer para lograr que RESMAC pueda operar regularmente.

CONFIGURACION

Actualmente RESMAC tiene estaciones en el centro y sur del país, estas estaciones se indican como triángulos en la figura 1. Aunque la distribución actual no es óptima, RESMAC tiene actualmente la capacidad para registrar la mayor parte de los sismos con magnitudes de Richter mayores de 3.5 ocurridos en la parte mexicana de la Trinchera Mesoamericana.

Cada estación de RESMAC consta de sísmómetros (sensores) y una "estación T" que es un aparato que amplifica, filtra, digitaliza y modula la señal de los sísmómetros, y la entrega a la Red Nacional de Microondas que la transmite hasta la Ciudad de México. La estación T está diseñada para trabajar con las señales de tres sísmómetros, 1 de período corto (frecuencia natural de 1Hz) muestreado 36 veces cada segundo y tres (vertical y dos horizontales) de período largo muestreados 4 veces cada segundo. En la actualidad sólo la estación MEX (C.U., México, D.F.) opera tres periodos largos.

Además de las estaciones RESMAC propiamente dichas, el sistema recibe la información de tres estaciones de la red SISMEC del Instituto de Ingeniería (II), UNAM. Estas señales son telemetrizadas por radio hasta el II y allí son digitalizadas y enviadas al IGF. Estas estaciones, III, IIT e IIC, aunque de bajo rango dinámico, son muy confiables y han aportado cantidad de valiosos datos a RESMAC.

La señal de las estaciones llega a la unidad central de registro y procesamiento situada en el IGF en Ciudad Universitaria. Allí, es demodulada, decodificada y entregada a una computadora PDP11-40 que guarda los eventos sísmicos. Periódicamente, los eventos registrados son trasladados a otra computadora PDP11-40, en donde son accesibles para su procesamiento rutinario y para todo tipo de análisis especiales.

OPERACION

A diferencia de las redes sísmicas convencionales, RESMAC no pretende registrar todos los eventos, por pequeños que sean que ocurran cerca de alguna de sus estaciones; tratar de hacerlo requeriría una enorme capacidad de memoria. Para que un evento sea registrado por RESMAC necesita ser lo suficientemente grande como para "disparar" tres o más estaciones. Actualmente una estación se dispara cuando el nivel de la señal de entrada aumenta súbitamente hasta rebasar un umbral determinado por el nivel de ruido previo.

En las redes sísmicas convencionales, cada estación registra en sismogramas de papel o de película fotográfica. La información recuperable de estos registros es relativamente poca, y el aplicar procesamiento matemático para enfatizar la señal, eliminar el ruido, estudiar la dispersión, observar en dominio de frecuencias, etc., es difícil o imposible. En cambio, los registros de RESMAC son series de tiempo, almacenadas en la computadora, a las cuales es muy fácil aplicar todo tipo de procesamiento matemático usando la misma computadora. La figura 2 muestra un ejemplo de análisis espectral de la onda P del sismo mostrado en la figura 4.

Todos los procesos que se pueden llevar a cabo usando sismogramas de papel, como de-

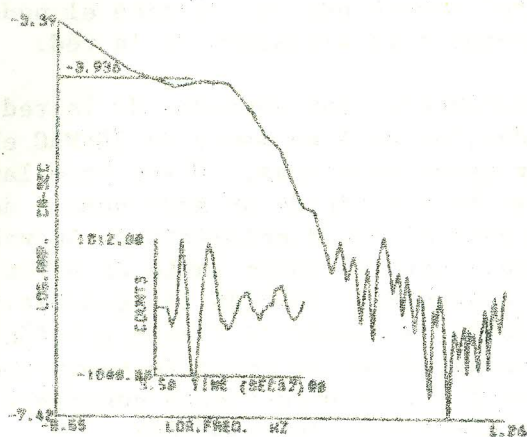


FIG.2

terminar tiempos de arribo de las fases sísmicas, amplitudes máximas de los registros, etc., pueden llevarse a cabo más cómoda y fácilmente en pantalla, ya que en ésta pueden desplegarse varias señales a la vez, y pueden agrandarse, estirarse, etc., a voluntad. Naturalmente, es posible graficar en papel los registros de RESMAC que se deseen tener como sismogramas convencionales, como los que se muestran en las figuras 3 y 4, que ilustran cómo es posible obtener "close-ups" que facilitan la interpretación de las señales, así como el gran rango dinámico de las estaciones de RESMAC (en este caso ACX).

La definición de los tiempos de arribo y medición de amplitudes se hacen rápidamente en pantalla mediante cursores, y las cantidades leídas quedan guardadas en disco, de donde son tomadas por los programas de localización, magnitudes, etc., los cuales, a su vez, escriben sus resultados a disco. Finalmente, un programa lee, del disco, todos los parámetros determinados rutinariamente y produce a partir de ellos un boletín.

El mapa mostrado en la figura 1 es tomado de uno de estos boletines. En él se muestran los epicentros de la sismicidad local y regional y los telosismos se representan como rayas, cercanas al margen, que indican la dirección de la cual llegaron las ondas y, si fue posible determinarla, la distancia aproximada (en grados) al epicentro.

Hasta el año pasado el boletín de RESMAC era distribuido a observatorios sismológicos, universidades y organismos oficiales encargados de estudiar sismología y riesgo, del mundo entero. Los datos aportados por este boletín eran usados y reportados regularmente por centros geofísicos internacionales. Ahora el IGF decidió incluir los datos de RESMAC en el boletín del SSN, también de amplia difusión internacional, y publicar solamente éste.

Una vez terminado el procesamiento de rutina, los eventos registrados son guardados en

FIG.3

7 JUN 86 23:57:22 HRS

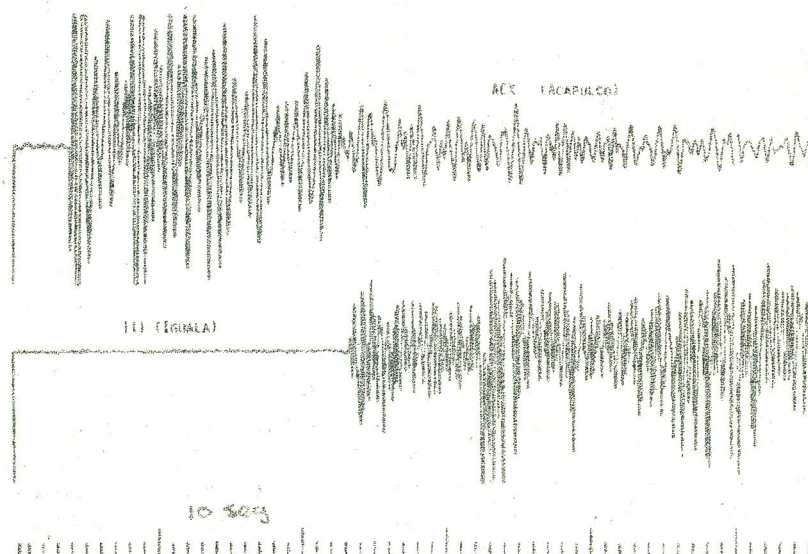
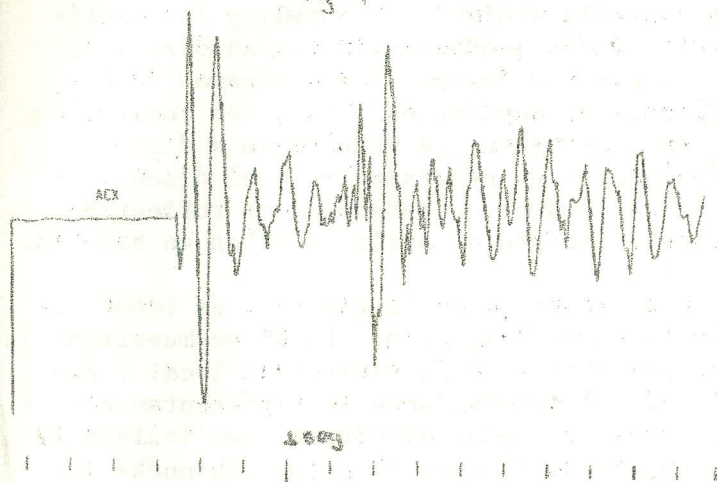


Fig. 4



cinta magnética, junto con su localización, magnitud, etc., de donde pueden ser bajados a la computadora cada vez que se desee estudiarlos.

A la fecha, RESMAC ha registrado MILES de sismos. Estos registros, los programas para su manejo y varios programas para procesamiento de datos sísmicos, están a la disposición de cualquier persona interesada en trabajar con ellos. Estos registros son una veta casi inexplorada de valiosa información sísmológica.

PROBLEMAS

Aunque RESMAC ha tenido grandes logros, también ha tenido, y tiene, graves problemas. Algunos de ellos se mencionan a continuación.

Falta de recursos y apoyo. Por razones varias, entre ellas la crisis económica por la que atraviesa el país, RESMAC se ha encontrado, ocasionalmente, sin presupuesto para reparar estaciones, comprar repuestos, etc. Tres estaciones tenían problemas, pero no se habían ido a reparar, por falta de medios, en septiembre de 1985.

Distribución geográfica de las estaciones y transmisión de datos. Como se puede apreciar en la figura, las estaciones de RESMAC cubren solamente la región centro y sur de México. La gran separación entre estaciones hace que no estén monitoreados adecuadamente los extremos noroeste y sureste de esta región. Para lograr un monitoreo adecuado de

la sismicidad de México, RESMAC necesita un número mucho mayor de estaciones, distribuidas de tal manera que se optimice el poder de detección y localización de la red.

Desgraciadamente, por depender de la red de microondas, no está en manos de RESMAC el resolver estos problemas. Desde hace largo tiempo se ha solicitado un gran número de canales para el establecimiento de nuevas estaciones, pero la mayor parte de ellos no ha sido concedida. También la transmisión de los datos, a través de líneas telefónicas privadas, desde la torre de comunicaciones hasta C.U., ha sido fuente constante de fallos y pérdida de información.

En particular se puede mencionar que, por alguna razón (probablemente la Ley de Murphy en acción), dejaron de llevar las señales de las estaciones foráneas de RESMAC que estaban operando el 19 de septiembre de 1985, justo antes de la ocurrencia del terremoto, por lo cual sólo se registraron las señales de la estación instalada en C.U. y de las estaciones de SISMEEX que llegan a C.U. por radio.

Es pertinente el señalar aquí que RESMAC ha sido un proyecto de investigación, no un servicio que tenga obligación de registrar todo el tiempo (aunque sí es deseable); los registros de sismos pequeños y medianos pueden ser tan o más valiosos que los de un sismo muy grande (probablemente saturados) para la investigación sísmológica.

Desgraciadamente, la opción de transmitir datos por medio de radios propios no es factible actualmente dados los escasos recursos de personal técnico y de fondos con que se cuenta.

Por otro lado, SCT ha propuesto el uso de canales de los satélites Morelos para la transmisión de datos de RESMAC. Si esto se logra, podrá resolver la mayor parte de estos problemas.

Senectud de las computadoras. Las computadoras PDP11-40 ya tienen un gran número de años de operación, y por lo tanto presentan problemas a menudo. El mantenimiento es, por la misma razón, incosteable. Por ello se decidió, hace ya algún tiempo, remplazar las computadoras originales por una computadora más moderna y poderosa; para este

fin se compró una computadora MASSCOMP MC500. El cambiar el sistema a la nueva computadora requiere escribir, o adaptar, nueva versión de todos los programas, y no está claro que esto pueda llevarse a cabo antes de que sea necesario discontinuar el servicio de las antiguas computadoras. Además, queda el problema de tener servicio y respaldo para caso de falla en la MASSCOMP.

RESMAC necesita también más periféricos para respaldar y archivar datos y programas, así como facilidades de graficación e impresión. Tal vez algunas de estas necesidades pueden ser, al menos parcialmente, satisfechas mediante la cooperación con el Centro de Cómputo del IGF.

Ruido en las estaciones. Varias de las estaciones de RESMAC se encuentran en lugares con altos niveles de ruido sísmico, por lo que es necesario cambiarlas a lugares más callados. Como la transmisión de los datos es a través de las torres de microondas, y no todas las repetidoras tienen facilidades para la entrada local de señales, una manera de resolver este problema es mediante el uso de enlaces locales de radio, entre la estación de microondas y el lugar donde se instale la estación.

Este proceso, necesario en varias estaciones, está siendo implementado actualmente en dos lugares: la estación que opera en Ciudad Guzman (Jal.) se moverá al Volcán de Nieve, y la estación que actualmente opera en Tapachula (Chis.), donde también está una estación convencional del SSN, se moverá al Volcán Tacaná; estos cambios se están llevando a cabo, como se mencionará más adelante, en cooperación con la Sección de Vulcanología del IGF.

Subutilización. El número de investigaciones llevadas a cabo basándose en datos de RESMAC es muy pequeño, considerando la cantidad de información que éstos contienen. Esto es debido, probablemente, a que no se ha dado la difusión suficiente a las facilidades que existen para que todo investigador interesado use estos datos. Es necesario, una vez solucionados los problemas de falta de confiabilidad del hardware, hacer propaganda, dentro y fuera de México, para el uso de los datos de RESMAC, tanto nuevos como antiguos RESMAC.

POTENCIAL

El potencial de RESMAC, sobre todo considerado como una extensión y modernización del SSN, es enorme; y será muy interesante ver qué caminos sigue RESMAC en el futuro, bajo una nueva dirección. Aparte de sus aplicaciones actuales mencionadas arriba, el sistema RESMAC puede ser utilizado para muchos fines geofísicos, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

Fuente de datos analógicos para el SSN. Es posible, mediante demodulación y transformación digital/analógica de las señales recibidas en la central de RESMAC, obtener señales que podrían ser monitoreadas por el SSN. De esta manera el SSN podría obtener sismogramas convencionales de las estaciones remotas de RESMAC, de manera que sea posible estudiar aún la sismicidad pequeña cercana a ellas; complementando así los registros de RESMAC para sismos de gran magnitud. Además, los sismogramas obtenidos por el SSN constituirían un gran respaldo para el caso de fallas en las computadoras de RESMAC.

Respuesta rápida automática para grandes sismos. Actualmente se está trabajando en RESMAC en el desarrollo e implementación de algoritmos de detección y lectura automática de fases sísmicas, capaces de obtener localizaciones y magnitudes preliminares automáticamente; e inclusive de accionar alarmas para el caso de grandes terremotos.

Complemento de gran rango dinámico para el SSN. El uso de registros de RESMAC permitirá la evaluación de magnitudes para sismos que saturan los registros analógicos convencionales.

Aplicaciones vulcanológicas. Además de ser usadas para el monitoreo sísmico de la actividad volcánica local, las estaciones de RESMAC pueden transmitir otros datos de interés vulcanológico: señales de inclinómetros, medidores de radón, termómetros, extensómetros, etc., para su monitoreo en C.U.. Esta aplicación ya se está implementando en los volcanes de Nieve y Tacaná.

Subredes locales. Mediante el uso de modems y, posiblemente, de minicomputadoras locales, se podrían operar redes (o arreglos) locales de sensores, que serían de gran utilidad para el estudio de microsismicidad local, ré-

plicas de grandes eventos y, posiblemente, verificación nuclear.

Estas son sólo algunas de las posibles aplicaciones de RESMAC; su implementación en caso de ser aprobadas, depende primor-

dialmente de los recursos que puedan dedicarse al desarrollo y mantenimiento de esta red sísmica que, a más de diez años de su inicio, es aún una de las más modernas y avanzadas del mundo entero.

* * * * *

REUNION ANUAL UGM 1987

Para nuestra próxima reunión anual se han sugerido como sedes las ciudades de Ensenada, Jalapa y Guanajuato. Invitamos a todos nuestros socios a manifestar su preferencia por alguno de estos lugares o a sugerir alguna otra sede donde se sepa que se cuenta con apoyo local. Favor de manifestarnos sus preferencias por escrito, antes del 20 de enero de 1987, dirigidas al: Comité Organizador de la Reunión Anual 1987, Unión Geofísica Mexicana, A.C., Ando. Postal 142-024 México, D.F. 16100, México.

