

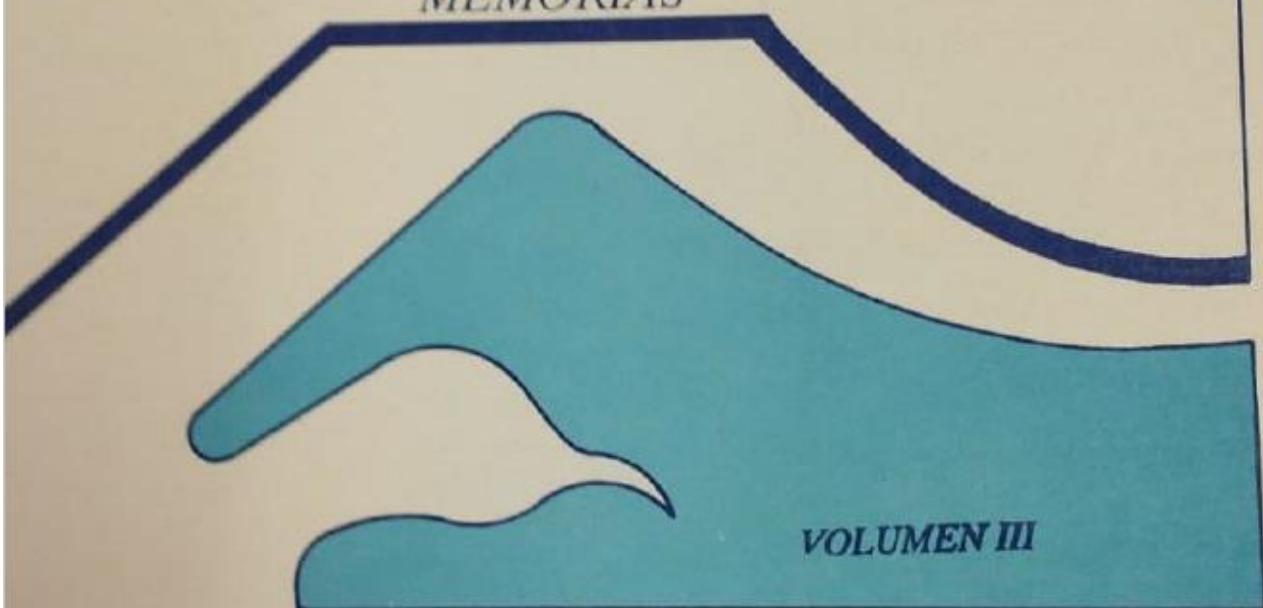


VIII CONGRESO NACIONAL  
DE  
INGENIERIA SISMICA

Y

VII CONGRESO NACIONAL  
DE  
INGENIERIA ESTRUCTURAL

MEMORIAS



ACAPULCO, GRO. 1989

## EVALUACIÓN DE UN ALGORITMO PARA DETECTAR SISMOS DE SUBDUCCIÓN

Espinosa-Aranda JM<sup>1</sup>, Uribe A<sup>3</sup>, Ibarrola G<sup>2</sup>, Toledo V<sup>2</sup>, Rebollar C<sup>3</sup>

### RESUMEN

Las aceleraciones que provocan eventos sísmicos en la zona de subducción de la costa del Pacífico en México manifiestan características típicas que pueden ser detectadas una vez iniciado su episodio. Se presentan resultados de la evaluación de un algoritmo detector diseñado y calibrado mediante pruebas realizadas con aceleraciones sísmicas registradas en estaciones próximas a epicentros de la zona de subducción, en la costa de Guerrero, ubicadas en diferentes tipos de terreno.

- 
1. Director General del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C., (CIRES, A.C.)
  2. Investigador CIRES, A. C.
  3. Asesor CIRES, A. C.

## **INTRODUCCIÓN**

Un algoritmo de detección de sismos debe ser capaz de detectar de manera precisa las fases, amplitud y duración de la señal. El proceso debe indicar el arribo de las ondas P y S de sismos locales, máximas amplitudes, contenido de altas frecuencias y decaimiento exponencial. Por otro lado, el ruido de fondo (típicamente amplitudes cortas y bajas frecuencias) puede ser aleatorio o periódico.

Las características de los sismos observados por Anderson et. Al. (ref. 1 y 2) para sismos cercanos en la zona de subducción mexicana son: una distinción entre las fases P y S y un gran contenido de altas frecuencias. Para eventos menores a 5.5, se presenta un decaimiento exponencial de la amplitud de las ondas Coda; para eventos mayores, la amplitud de la señal se incrementa después del arribo de la Onda S (fig. 1). Haciendo uso de estos rasgos, propios de sismos locales en el área de interés, se estudiaron varios algoritmos de detección (ref. 3 y 4); aceptando requisitos de rapidez y de información del nivel de análisis de las señales sísmicas detectadas, para alertar al sistema en el menor tiempo posible.

## **DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO**

La función seleccionada para discriminar si existe o no una señal sísmica y si su magnitud es mayor que un nivel determinado, es:

$$Nc(t) = 1/n * (\sum^i A_i^2)^{1/2}$$

$$i = (t-n) \dots t$$

donde

- n: número de muestras que constituyen el promedio de ruido previo, necesarias para tomar una decisión  
A<sub>i</sub> Amplitud de la señal en el tiempo t

Esta señal, comúnmente llamada “función de promedios cortos”, obtiene el valor promedio de la señal de entrada (excitación) y se utiliza para evaluar las características del evento (ref. 5).

La comparación de diferentes niveles de energía mediante este tipo de criterios, permite discriminar entre ruidos aleatorios y eventos pequeños y grandes. Se maneja nivel 1 (nivel de presismo) en función del nivel del ruido previo detectado y un nivel 2 (nivel de confirmación), función del 1, ambos variables.

El algoritmo se probó inicialmente con el sismo registrado el día 12 de marzo de 1987 en el acelerógrafo de la Fundación Javier Barros Sierra (ref. 6). En la parte superior de la fig. 2, se muestra la historia de aceleración de la componente vertical de ese evento en la base el resultado de aplicación del algoritmo propuesto. Se puede observar que el arribo de onda P se tiene

después de 2 segundos de iniciado el registro. La onda S llega 1.6 segundos después. El nivel 1, que indica condición de presismo, es 5 veces el del ruido antes de la llegada del sismo. Suponiendo un nivel 2 de confirmación de la alerta tres veces mayor que el nivel 1, éste nivel 2 se vería superado dentro del intervalo de observación preestablecidos.

Fijando experimentalmente los niveles 1 y 2, es posible determinar si la señal corresponde o no a un sismo y si el evento ocurre en el intervalo de distancias determinado. El método permite asignar una magnitud al evento que se detecta, iniciando un proceso de integración en  $T_i$  cuando la señal promedio supera el nivel 1, e informando sobre la magnitud o nivel alcanzado en un tiempo

$$T_m = 2 \times (T_d - T_i)$$

Durante la calibración del algoritmo de detección se observaron 6 diferentes casos, fig. 3, correspondientes a 6 resultados típicos de la aplicación del método, que sirven para ilustrar el proceso.

Caso 1.- La información no presenta excitación. La fig 3-a muestra que el promedio de la señal no sobrepasa el nivel 1 de presismo, a lo largo del tiempo; por lo tanto, el algoritmo no se activa.

Caso 2.- El promedio de la señal corresponde a ruido de pequeña magnitud, fig. 3-b. La señal sobrepasa en el tiempo  $T_i$  (Tiempo de Inicio) al nivel 1. En este caso el algoritmo activa la condición de presismo y espera a que la señal sobrepase el nivel 2 en el intervalo de observación ( $I_0$ ); sin embargo, de acuerdo a la fig, la señal cae antes del  $I_0$  y el algoritmo desecha la posibilidad de sismo.

Caso 3.- El promedio de la señal corresponde a ruido de gran amplitud, fig. 3-c. En el tiempo  $T_i$  se sobrepasa el nivel 1 y, posteriormente, se alcanza el nivel 2 en el tiempo  $T_d$ . El algoritmo mide el tiempo de desarrollo,  $T_d$ , y rechaza la posibilidad de sismo por encontrarse fuera de  $I_0$ .

Caso 4.- El promedio de la señal corresponde a un sismo muy cercano al lugar de registro, fig. 3-d. Similarmente al caso 3, el tiempo de desarrollo del evento se adelanta a  $I_0$  por lo que se rechaza la posibilidad de sismo.

Caso 5.- La fig. 3-e corresponde al promedio de un sismo lejano. Para este caso, el tiempo de desarrollo del evento es muy largo y alcanza el nivel 2 en el tiempo  $T_d$ , después de intervalo de observación  $I_0$ , por lo que no hay confirmación del evento.

Caso 6.- Este último caso corresponde al promedio de un sismo típico de la zona de subducción en la Brecha de Guerrero, fig. 3-f- Para este evento, el algoritmo detecta el desarrollo de las fases de la señal de manera consistente a la programada, cumpliendo con el tiempo de observación y con los niveles de presismo y confirmación correctamente.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Desde antes de 1985, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Universidad de California, San Diego, instalaron una Red de acelerógrafos en el área de interés. Algunos eventos registrados por esta Red se utilizaron para probar el algoritmo. Estos datos incluyen: eventos que registraron solamente la onda S, eventos pequeños locales con tiempos  $S - P < 4$  seg. Eventos con magnitudes entre 3.1 y 5.5; y el sismo de Michoacán registrado en la estación de Caleta de Campos, Guerrero. La fig. 4-a muestra el registro acelerométrico de las dos componentes horizontales de la estación Papanoa (registro PAPNO118.861, enero 18, 1986) con tiempo  $S - P$  de 2.7 s. Estos registros son típicos de sismos locales pequeños ( $M < 5.5$ ). La fig. 4-b muestra la función obtenida al aplicar el algoritmo a la resultante de las componentes horizontales, en la cual se ve claramente el arribo de la onda P y S, después de la cual la función decae exponencialmente. La fig 4-c muestra la integral resultante de la función promedio, generada para asignar una magnitud aproximada al sismo; ya que ésta es representativa de la cantidad de energía liberada hasta un tiempo determinado.

Las figs. 5-a y 5-b muestran el mismo análisis para el evento de Michoacán, en donde claramente se aprecia que, en los primeros segundos aproximadamente se mantiene el mismo tipo de envolvente que en el análisis anterior; sin embargo, por tratarse de un evento grande, la tasa de crecimiento de la energía desarrollada es superior a la del caso anterior, conformando la condición de sismo.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Ingeniería de la UNAM y a la Universidad de California, San Diego; a través de sus investigadores R. Quaas y J. Anderson el valioso apoyo otorgado a este trabajo, al facilitar copias de registros de la Red Acelerógrafos que operan en la Brecha de Guerrero.

#### REFERENCIAS

1. Anderson J. G., Quaas R., D. Almora, J.M. Velasco, E. Guevara, L. Eduardo de París, A. Gutiérrez, R. Vázquez (1987) Mexico Accelerograph Array: Summary of Data collected in the year 1986. Joint Report of the Instituto de Ingeniería – UNAM and Institute of Geophysics and Planetary Physics, UC San Diego, GAA, 185pp.
2. Anderson J.G., Quaas R. (1988) Effect of Magnitude on the Character of Strong Ground Motion: An Example from the Guerrero, Mexico Strong Motion Network, Earthquake Spectra, Vol. 4 No. 3, August.
3. Tan Y y Nava, A (1986) Automatic Seismic Wave Detection an The AR Method. Instituto de Geofísica, Serie de Investigación, México D.F. No. 29, 23 p.