

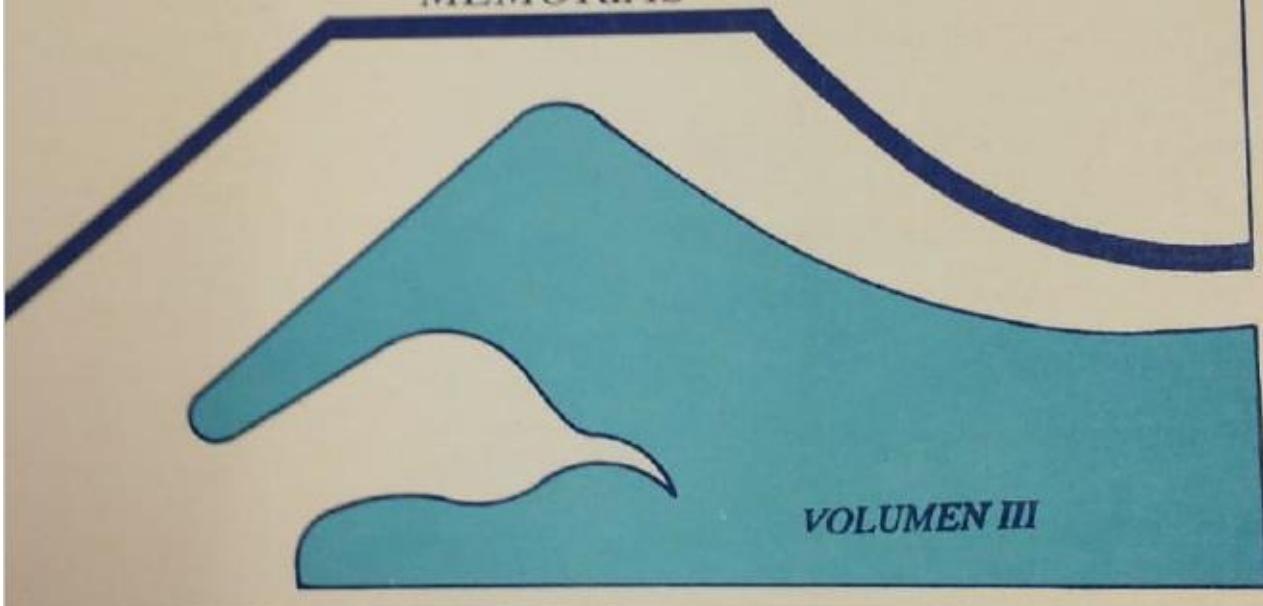


**VIII** CONGRESO NACIONAL  
DE  
INGENIERIA SISMICA

Y

**VII** CONGRESO NACIONAL  
DE  
INGENIERIA ESTRUCTURAL

*MEMORIAS*



*ACAPULCO, GRO. 1989*

**VIII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA Y VII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA  
ESTRUCTURAL MEMORIAS VOLUMEN III**

**SISTEMA DE CONTROL PARA EL DISPARO DE UNA ALERTA SÍSMICA**

Espinosa-Aranda JM<sup>1</sup>, Frontana B<sup>2</sup>, Legaria G<sup>2</sup>, Maldonado S<sup>2</sup>, <sup>Uribe</sup> A<sup>3</sup>, Medina M<sup>2</sup>

**RESUMEN**

Se presenta un sistema de alerta sísmica para la ciudad de México, ante eventos que sobrepasen un umbral preestablecido ( $M>5.0$ ) en la zona de subducción en la costa mexicana del Pacífico, donde se espera un movimiento importante en la llamada Brecha de Guerrero. El desarrollo plantea la conveniencia de utilizar la infraestructura de comunicaciones existentes entre el DF y esa región, haciendo posible la generación de una señal de alarma sísmica que proporcione un mínimo de 60 segundos antes de la llegada de vibraciones sísmicas al Valle de México.

1. Director General del Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C., (Cires, A. C.)

2. Asesor Cires, A. C.

## INTRODUCCIÓN

Se proponen consideraciones técnicas para desarrollar un sistema de alerta para la Ciudad de México (fig. 1). Que informe sobre la ocurrencia de eventos sísmicos importantes generados en la costa de Guerrero, para tomar medidas de alarma preestablecidas que permitan mitigar sus efectos (ref. 1). Básicamente el sistema se compone de:

1. Sistema Sismo Detector. (SSD).
2. Sistema de Comunicaciones Brecha de Guerrero-Ciudad de México, (SC/BG/DF)
3. Sistema de Difusión de Alerta Sísmica, (SDAS)

El SSD se compone de una red de Estaciones de Campo (EC), instaladas sobre la zona de subducción, cuyos movimientos sísmicos eventualmente pueden causar daños en la Ciudad de México (ref. 2). En este caso se propone cubrir específicamente la superficie de la llamada Brecha de Guerrero (BG). La distribución de las EC idealmente estaría a lo largo de una línea paralela a la costa a 25 km cada una, sobre la línea del litoral entre Zihuatanejo Guerrero. Y Punta Maldonado, Oaxaca.

Las EC propuestas son de tipo inteligente, con capacidad para detectar localmente las características de los movimientos del terreno causados por sismos de subducción, mediante la ejecución de un algoritmo (ref. 3 y 4). Cada estación se enlazaría por medio de radio o línea telefónica a uno de los Nodos Repetidores (NR), del SC/BG/DF por donde se enviaría el mensaje del sismo hasta el otro NR en el DF. El mensaje contiene la identificación de la estación y la magnitud aproximada del sismo detectado. Con la información recibida en la Ciudad de México se controla el SDAS, encargado de emitir 60 segundos antes de la llegada de las ondas sísmicas al DF una señal de radio, capaz de operar en el área urbana señalizaciones discretas de alarma y control para sectores diversos de su población y su infraestructura vital.

## SISTEMA SISMO DETECTOR

El SSD sobre la BG lo forman EC que consisten en dos acelerómetros horizontales ortogonales, conectados a un controlador digital que ejecuta un proceso capaz de informar con rapidez sobre la evolución de patrones acelerométricos de eventos sísmicos. Además, cada EC cuenta con un sistema de comunicaciones y protocolo tipo conversacional que le permite recibir mensajes de la Estación Maestra Central (EMC), en México y responder para supervisar las condiciones de operación de cada EC de manera inmediata. El formato o protocolo del mensaje consiste del destino e identificación de la estación; además en caso de sismo, la EC informa sobre la magnitud estimada (ref.4) y genera al final, un código de reclamación de comprendido del destino. El

desarrollo de la información requiere de un lapso menor que un segundo. Desde el NR del SSD en la BG se conducen las señales generadas por las EC hasta la Ciudad de México. Este NR puede a su vez, retomar a las EC en la BC. Las solicitudes de información generadas desde la EMC del SAS en el DF.

#### SISTEMA DE COMUNICACIÓN BRECHA DE GUERRERO-CIUDAD DE MÉXICO

Para realizar el SC/BG/DF existen varias alternativas de comunicaciones a considerar. Por la importancia estratégica de esta información, más de una deberá ser empleada, buscando dar redundancia y confiabilidad al SAS. El sistema de comunicaciones que se propone debe ser de tipo “dedicado” y con la más “alta prioridad” para el paso de su información; sin embargo, a pesar de la naturaleza del fenómeno, el factor de uso del sistema resulta muy bajo. Por otro lado, es posible asegurar la supervisión y operación continua del SAS a muy bajo costo. Entre las alternativas de comunicaciones se tienen las siguientes:

1. Vía Satélite. Esta es una alternativa viable debido a que el costo en un canal compartido no es excesivo y la seguridad de este sistema de comunicaciones está probada. En el NR del SSD en la BG puede localizarse donde las instalaciones de algún concesionario faciliten el enlace con cada una de las EC. El NR del SDAS en el DF se deberá enlazar con al EMC del SAS ubicada en el CIRES, A. C., o en cualquier sitio del DF. Otra posibilidad de esta opción, que permitiría un SC/BG/DF propio del SAS, requiere de una “Estación Terrena” en cada NR del SAS. En cualquiera de estas alternativas se tendría un retardo intrínseco de 270 msegundos en cada envío de señales.
2. Microondas vía SCT. La posibilidad de uso de las líneas de microondas requiere el acceso a un concentrador de las Centrales SCT en las ciudades de Acapulco, Guerrero, y el DF. Este podría efectuarse, al igual que en el caso anterior, por medio de enlaces de radio propios del SAS.
3. Por medio de un sistema de comunicaciones de radio propio entre las EC en la BG y la EMC de esta ciudad.

Hasta ahora se están examinando aspectos de mantenimiento, seguridad y redundancias del SC/BG/DF; ya que cualquier sistema de comunicación resultará más confiable al reducir el número de Estaciones repetidoras entre sus extremos terminales, se analiza la posibilidad de un radio enlace en HF y alternativas en VHF.

#### SISTEMA DE DIFUSIÓN DE ALERTA SÍSMICA

Detectado un evento sísmico y su magnitud en cualquier EC de la BG, se genera un mensaje que arriba hasta la EMC del DF, donde a su vez, se genera la información de “comprendido” que retorna, vía el SC/BF/DF, hasta la EC que originó la señal. En la EMC se efectúa el análisis del mensaje que incluye la posición de la estación y la magnitud del evento, así como la atención a la EC adyacentes. Con base en esta información puede tomarse la decisión de mediante la

modulación de códigos adecuados que indicarían el tipo de precaución o medidas a tomar. El sistema señalizador de alarma para los usuarios del SAS, consiste en un radio receptor sensible a tonos codificados, para reducir posibles interferencias ambientales, que puede detectar si la señal es de verificación o si se trata del aviso de un evento sísmico de cierta magnitud que requiera desarrollar funciones de seguridad preestablecidas. Cabe señalar que para la verificación del funcionamiento SDAS, es posible transmitir periódicamente señales de prueba para que permitan comprobar los sistemas y controlar adicionalmente los aparatos de registro sísmico y acelerométricos implantados en el Valle de México (ref. 5).

### OPORTUNIDAD DE LA ALARMA SÍSMICA

La llegada de las señales de alerta sísmica al Valle de México se analiza en la fig. 2, donde se presenta además de un perfil esquemático típico de ubicación de EC en la BG, la relación entre tiempo, distancia hipocentral y la separación de los diferentes trenes de onda. Suponiendo que la velocidad de propagación de las ondas de compresión del subsuelo, para distancias al hipocentro menores que 40 km, es  $V_p=6$  km/seg y  $V_p=8$  km/seg para distancias mayores, se tiene que: a 25 km del foco sísmico, la onda "P" llegaría a 4.16 segundos, después del tiempo de origen y la onda "S" en 7.3 segundos. Para las estaciones aledañas, a 25 km de distancia de la primera, la "P" llegaría en 5.8 segundos y la "S" en 10.2 segundos.

El SAS permitiría así, durante el desarrollo de un evento, conocer de la EC-A: condición de presismo, en un tiempo  $T_{ps}=4.16$  segundos, su confirmación en  $T_{cs}=7.3$  segundos y un mensaje de magnitud estimada generado en  $T_m=10.4$  segundos ( $2*T_{cs}-T_{ps}$ ). En caso de que la EC-A no logre informar sobre la magnitud estimada, se pueden considerar las señales correspondientes a las EC adyacentes, que pueden dar la confirmación del sismo y la magnitud estimada del evento antes de 15 segundos. Ya que el retardo en la transmisión de esta información puede ser hasta de 1 segundo, será posible difundir la señal de alarma sísmica confirmada en el D.F, un tiempo  $T_a=16$  segundos después de originado el movimiento.

Por otro lado, con una distancia de 320 km entre la Ciudad de México y la BG, las primeras ondas P estarían entrando al DF 40 segundos después del tiempo de origen y las ondas S, 40 segundos después, a 80 segundos de iniciado el movimiento. Por lo tanto, restando a este último tiempo, los 16 segundos que toma confirmar la alerta, tendríamos 64 segundos de oportunidad entre la señal de alarma sísmica y la llegada de las ondas más intensas a nuestra Ciudad.

### REFERENCIAS

Iglesias J, Espinosa JM, Demostración de un Sistema de Alarma Sísmica Prototipo en la UAM, DDF – CIRES AC – UAM, Excélsior, La Jornada, mayo 13 de 1989.

Quaas R, Anderson J, Almora D, La Red Acelerográfica de Guerrero para Registro de Temblores Fuertes, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Querétaro, octubre 1987, p. B40-B54.

Espinosa JM, Toledo V, Algoritmos de Detección de Sismos para el Proyecto Sistema de Alarma Sísmica, Reporte Interno (1987) CIRES, A. C. 20 p.