

#### ABSTRACT

A shallow-focus strong earthquake ( $M_s = 7.3$ ) with epicenter less than 30 km from the town of Lázaro Cárdenas, near the mouth of the Balsas River on the Pacific Coast, was originated at 03h 21m 58s on October 25, 1981. The earthquake produced some damage in the epicentral area and two fatalities in Mexico City, 370 km away.

This preliminary report includes a description of the most significant damage observed, a discussion of focal parameters, a set of strong motion accelerograms and response spectra computed from acceleration records obtained at stations of SISMEM, the strong-motion telemetry network of the Institute of Engineering, National University of Mexico.

#### RESUMEN

El 25 de octubre de 1981 a las 03h 21 m 58s (UT) ocurrió un sismo fuerte ( $M_s = 7.3$ ) de origen somero, con epicentro a menos de 30 km de Lázaro Cárdenas, Mich., situada en la desembocadura del Río Balsas que limita Michoacán y Guerrero. El temblor produjo algunos daños en la región epicentral y dos muertos en la ciudad de México.

En este informe preliminar se describen los efectos más notables y se presentan los parámetros focales, los acelerogramas obtenidos en 25 estaciones, incluyendo algunos registros a unos 20 km del epicentro, y los espectros de respuesta calculados para las estaciones de la red SISMEM del Instituto de Ingeniería.

## INDICE

1. INTRODUCCION  
J. Prince
2. DATOS SISMOLOGICOS INICIALES  
J. Prince
3. PARAMETROS FOCALES Y EPICENTRO DEFINITIVO  
J. Havskov y S.K. Singh
4. REGISTROS OBTENIDOS EN ACELEROGRAFOS AUTONOMOS  
I. Mora, H. Mijares y J. Prince
5. ACCELERACIONES, VELOCIDADES Y DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO  
E. Mena y J. Prince
6. ESPECTROS DE RESPUESTA  
L. Alonso y E. Mena
7. DAÑOS OBSERVADOS EN LAS ZONAS DE ZIHUATANEJO GRO. Y LAZARO CARDENAS, MICH.  
L. Hernández y M.A. Oñate
8. CONCLUSIONES  
J. Prince
9. AGRADECIMIENTOS
10. REFERENCIAS  
TABLAS Y FIGURAS

---

\* Instituto de Ingenieria, UNAM

## 1. INTRODUCCION

El domingo 25 de octubre de 1981 a las 03h21min 58s (TMG)\* ocurrió un sismo fuerte ( $M_s = 7.3$ ) con origen somero cercano a Lázaro Cárdenas, Mich., aproximadamente a 370 km de la ciudad de México, donde produjo dos muertos, daños menores y fue sentido por la mayoría de los habitantes. En las principales poblaciones de la zona epicentral los daños fueron moderados, con contadas excepciones, como el colapso parcial de un hotel de 3 pisos en Playa Azul, Mich.

Las observaciones instrumentales asociadas a este sismo presentan varios aspectos interesantes. Por ejemplo, la relativa proximidad de un sismógrafo operado por el Instituto de Ingenieria (IdeI) en Zihuatanejo (a 70 km del epicentro aproximadamente) y el registro de una señal de tiempo absoluto de la estación WWV en un acelerógrafo situado en SICARTSA, a unos 21 km, permitieron una determinación epicentral mucho más precisa que las usuales, basadas en observaciones realizadas en México, a cientos de km, o en el extranjero a miles de km de distancia. Además, por primera vez un temblor en costa del Pacífico produce registros acelerográficos que muestran las altas frecuencias (30-50 Hz) que en los últimos años se han observado en la región aledaña a Mexicali, a ambos lados de la frontera, y que aparentemente se observan sólo a cortas distancias (del orden de 10-20 km) de

\* Sábado 24 de octubre, 21:21:58, hora local

la falla causativa.

Después de la ocurrencia del sismo se hicieron tanto en México como en Estados Unidos diversos cálculos del epicentro, empezando en las primeras horas con sólo los datos disponibles de inmediato; después de algunos días se añadieron datos adicionales de otras estaciones y, finalmente, se obtuvo después de semanas una localización óptima basada en todos los datos disponibles. Es de interés conocer las diferencias entre dichas determinaciones epicentrales, porque la gran mayoría de los temblores durante prácticamente todo este siglo en México, se han localizado mediante estaciones muy alejadas de la costa del Pacífico, cerca de la cual se generan los sismos que más afectan la parte central del país.

En este informe se han recopilado las sucesivas determinaciones focales, las características más notables de los registros que se obtuvieron en la red SISMEX del I de I en el Valle de México y en los acelerógrafos autónomos operados por el mismo Instituto y, finalmente, se describen los daños relativamente menores observados en poblaciones de la zona epicentral.

## 2. DATOS SISMOLOGICOS INICIALES

### 2.1 *Recolección de datos*

La red SISMEX del I de I consta de estaciones que perciben el movimiento del terreno y lo transmiten por enlaces de radio hasta el sur del Valle de México en Ciudad Universitaria, donde en una estación central se registran todas las señales que se originan en dos tipos de transductores: geófonos verticales de 1Hz, semejantes a los que se utilizan en sismología (sensibles al desplazamiento del terreno), y acelerómetros capaces de captar aceleraciones del sitio hasta una vez la de la gravedad (1g). La distribución de las estaciones operadas por el I de I que detecta

ron el sismo se muestra en las figs 1 y 2, las principales características de las estaciones de SISMEX se han resumido en la tabla 1 (en la ref A-1 se presenta una descripción abreviada de la red telemétrica SISMEX).

En la cinta magnética del Puesto Central de Registro (PCR) se graban simultáneamente el conjunto de señales sismométricas, las de tiempo de un reloj central y las recibidas de la estación WWV del National Bureau of Standards de los Estados Unidos. Esto hace muy precisa en el tiempo la correlación de los rasgos característicos del movimiento en diversos sitios y la determinación de la hora del primer arribo de las ondas sísmicas a cada estación. En la fig 3 se reproduce el registro derivado de las cinco estaciones dotadas de geófonos verticales de 1Hz; en la sexta traza se encuentra la señal de tiempo del reloj central, cuyo error con respecto a la WWV a la hora del sismo se indica en la misma figura.

A partir de junio de 1981 el I de I ha operado un sismógrafo portátil tipo MEQ-800 de Sprengnether, dotado de un geófono vertical de 1Hz, en el aeropuerto de Zihuatanejo. Este aparato fue el sismógrafo más cercano a la zona epicentral y produjo registros del sismo principal y de las réplicas que hicieron posible una determinación epicentral mucho mejor que las convencionales, para las que se emplean sismogramas de estaciones considerablemente más lejanas.

El aparato en cuestión opera a baja velocidad de registro (15 mm/min) por lo que, una vez realizada la corrección necesaria en el tiempo, puede determinarse la posición de un punto en el papel con una precisión cercana a  $\pm 0.05$  mm, equivalente a  $\pm 0.2$  seg, cantidad que podría llegar a duplicarse cuando se trata de identificar el arribo de P. En esta forma, aun con los errores que pueden asociarse a un instrumento portátil de baja velocidad de registro, una es-

tación relativamente cercana (74 km) sirvió para acotar la distancia focal dentro de márgenes relativamente estrechos y fijarles un máximo bien determinado.

Dos instrumentos más definieron un límite inferior a dicha distancia focal: de los cinco acelerógrafos que el I de I opera en SICARTSA, dos están colocados sobre una base de concreto alejada de estructuras pesadas; son totalmente independientes entre sí en todos los aspectos y sólo están juntos con objeto de asegurar el registro del movimiento del terreno en caso de alguna falla. Uno de ellos cuenta con señales de tiempo absoluto de la estación WWV (fig 4b) y el del otro únicamente las de su reloj interno (fig 4a). Como se aprecia en estas figuras, el registro del primero resultó de mejor calidad que el del segundo, aunque ambos aparatos funcionaron correctamente al detectar el temblor. (Por la forma en que los acelerógrafos están dispuestos en la base, un registro tendría que girarse 180° alrededor de un eje longitudinal para ser directamente comparable con el otro).

Al examinar las figs 4a y 4b puede notarse que los intervalos entre el inicio de las trazas en los registros (líneas A) y el inicio de la primera onda notable (líneas B) difieren de una figura a otra, en sólo cerca de 2 mm que equivalen aproximadamente a 0.2 seg. Como las líneas B se identifican con la llegada de S, simultánea a los dos aparatos, puede deducirse que es muy probable que ambos hayan sido disparados por el sismo en momentos muy cercanos entre sí. Es decir, la diferencia entre los instantes de activación sumada a la diferencia entre los tiempos de respuesta (e inicio de operación) de cada aparato resulta no mayor de 0.2 seg. Por tal razón, y dada la sensibilidad de los arrancadores a movimientos verticales, se considera relativamente alta la probabilidad de que ambos aparatos hayan sido activados por la llegada de la (misma) onda P. De ser así, la diferencia S-P se estima de

2.2 y 2.4 seg (S-disparo + 0.2 seg). Esto limita aproximadamente la distancia focal de acuerdo con la expresión.

$$t_s - t_p = \left( \frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right) \Delta_f$$

Donde  $t_s$  y  $t_p$  son los tiempo de arribo de las ondas S y P,  $V_s$  y  $V_p$  son las velocidades de propagación promedio correspondientes y  $\Delta_f$  es la distancia focal. Si para  $V_p$  y  $V_s$  se toman 6 y 3.5 km/seg, los valores máximo y mínimo para  $\Delta_f$  son 28 y 16 km, lo que coincide perfectamente con la determinación epicentral, basada esencialmente en la localización de las réplicas del sismo principal que se describe en el siguiente capítulo.

Este argumento sólo sería inválido si los dos aparatos hubieran sido disparados por una misma onda posterior a la primera llegada de P y no por ésta. Aunque posible, lo contrario es más probable y hay otros indicios independientes de haber sido así. Por ejemplo, la diferencia entre la hora de origen (03:22:15.4 UTC) del USGS, este argumento sólo sería inválido si los dos aparatos hubieran sido disparados por una misma onda posterior a la primera llegada de P y no por ésta. Aunque posible, lo contrario es más probable y hay otros indicios independientes de haber sido así. Por ejemplo, la diferencia entre la hora de origen (03:22:15.4 UTC) del USGS, tiempo de la WWV (03:22:20.5) es 5.1 seg. Si de este lapso se resta el tiempo de respuesta de dicho aparato, la distancia focal resulta 29 km (para  $V_p = 6$  km/seg, promedio).

## 2.2 Localización epicentral

Durante varias décadas en México se han determinado epicentros basándose en datos deficientes debido principalmente a: i) un número muy reducido de estaciones, ii) relativamente distantes de las fuentes más activas y, iii) mal distribuidas con respecto al origen\*. En tal virtud,

\* La ocurrencia de sismos a lo largo de la costa del Pacífico complica la situación al contrastarse con estaciones sólo del lado de tierra.

prácticamente todas las determinaciones epicentrales mexicanas de temblores ocurridos este si glo, en las que se basan en buena parte las estimaciones más avanzadas de sismicidad y riesgo sísmico, adolecen de las desventajas derivadas de dichas deficiencias, independientemente de que hayan sido obtenidas con extremo cuidado y las mejores técnicas disponibles en cada momento.

Para contar con una indicación inicial cuantitativa sobre el posible orden de magnitud de los errores de otras localizaciones, basadas en grupos semejantes de datos, el resto de este capítulo se refiere a las determinaciones epicentrales que llegaron sucesivamente al conocimiento del autor al ir aumentando los datos disponibles. Esta información se presenta en orden cronológico (en que se recibió) en las columnas 1 a 6 de la tabla 2, y gráficamente en la fig 1. Como se aprecia en esta figura, la distancia entre los epicentros más lejanos es 173 km; así mismo, si se acepta el epicentro 6 como el de mayor probabilidad de certeza (ver cap 3) los demás se localizan a distancias entre 23 y 127 km. Al tomar en cuenta las dimensiones de la elipse de incertidumbre de tal epicentro (fig 5), dicho intervalo aumenta hasta 13 a 137 km. pueden hacerse los siguientes comentarios:

a) Las desviaciones entre los epicentros de temblores recientes determinados por el U. S. Geological Survey y mediante sismogramas obtenidos a corta distancia, indican cierta probabilidad de errores sistemáticos (del USGS) del orden de 50 km\* en dirección general al NE como en este

\* Aproximación que se considera muy buena para determinaciones, en general, a más de 1000 km.

caso, ref 1, 5. Sin embargo, no es fácil estimar la magnitud de los errores para sismos anteriores a 1960-1965, periodo en el que se instalaron numerosas estaciones de la red mundial WWSSN (World Wide Standard Seismographic Network) que continúa en operación. Además, de 1970 a la fecha ha aumentado significativamente el número de estaciones sismológicas en la parte sur y sureste de Estados Unidos al desarrollarse grupos de estaciones de redes locales, que también contribuyen sus datos al acervo con que el USGS calcula epicentros de sismos importantes en México. Así, las determinaciones epicentrales realizadas en Estados Unidos de 1965 a la fecha han mejorado gradualmente y puede suponerse, en lo general, que las anteriores son menos confiables.

b) Los datos epicentrales que aparecen en la tabla 2 representan una gama amplia en extremo en cuanto a experiencia, nivel de complejidad de los procedimientos empleados, número de estaciones utilizadas, etc. Entre ellas vale destacar los resultados: los obtenidos por J. Figueroa en menos de una hora con métodos tradicionales asociados a muchos años de experiencia y los reportados por RESMAC, producto de los más refinados métodos de recolección y procesamiento de datos mediante computadora. Los epicentros respectivos coinciden aceptablemente de la determinación más precisa, que se describe en el Cap 3, basada en el registro de réplicas. Este es un claro ejemplo de que los errores en las determinaciones epicentrales no deben considerarse imputables a los procedimientos empleados por los responsables sino, principalmente, a que FALTA en el país estaciones sismológicas de primera clase.

En resumen, mientras no exista en México un número adecuado de estaciones sismológicas bien distribuidas, ningún grado de interés o capacidad del personal ocupado en tales tareas podrá subsanar las deficiencias.

### 3. PARAMETROS FOCALES Y EPICENTRO DEFINITIVO

#### 3.1 Modelo cortical y procedimiento

Además de haber ocurrido a menos de 30 km de un complejo industrial importante, el sismo del 25 de octubre de 1981 tiene el interés especial de que se localizó en el vacío sísmico de Michoacán, que probablemente ha permanecido así sísmico durante este siglo para eventos de  $M_s \geq 7$  y también posiblemente para eventos de  $M_s \geq 7.5$  durante el siglo pasado, ref 2.

Como se ha descrito en el cap 2, el sismo principal fue registrado por dos estaciones locales, en Lázaro Cárdenas (LAZ) y en Zihuatanejo (ZIH). La primera está dotada de un acelerógrafo de registro en película fotográfica que, en consecuencia, sólo suministró la llegada de S; ZIH tiene un sismógrafo portátil MEQ-800 con el que se obtuvieron una clara llegada de P y el sentido del primer movimiento.

Para localizar el evento principal solamente se usaron estaciones a distancias menores que 400 km, y se dió un peso considerable a las dos estaciones locales. La profundidad se fijó en 20 km, que es la típica de los eventos grandes a lo largo de la zona mexicana de subducción (ref 3) y también típica de la de las réplicas que se citan más adelante.

El modelo empleado para localizar el sismo principal y sus réplicas fue tomado de (ref 4) y es el siguiente:

Profundidad (km)	Velocidad de P (km/seg)
0 - 6	5.80
6 - 12	5.95
12 - 18	6.15
18 - 24	6.40
24 - 35	7.05
> 35	8.10

El epicentro del evento principal se localizó en el punto de coordenadas 17.75°N y 102.25°W. El empleo de diferentes modelos, y cambios de  $\pm 5$  km en la profundidad, alteraban la posición del epicentro del orden de  $\pm 0.1^\circ$ , lo que es comparable al error de localización que se indica en la fig 5a. La diferencia entre esta localización y la publicación en la referencia 1 es cerca de 35 km al NE. Este tipo de error parece ser sistemático para los sismos fuertes en la zona mexicana de subducción, puesto que el evento de Petatlán en 1979 (ref 5) tuvo un error de 40 km y el de Oaxaca en 1978 uno de 45 km en (ref 5), ambos en dirección al NE.

Se obtuvo una solución de plano de falla basada en datos de estaciones mexicanas y del extranjero, fig 5b. En esta figura puede apreciarse que la inclinación del plano no esta bien restringida. Se escogió un empuje simple aunque algo de desplazamiento lateral puede estar presente; la dirección de  $110^\circ$  para el azimut y una inclinación de  $11^\circ$  para el plano, son típicos para eventos grandes que ocurren a lo largo de la fosa mesoamericana (ref 3).

#### 3.2 Registro de réplicas

A las 19 horas de haber ocurrido el sismo principal se inició el registro de réplicas que duró 6 días. Se emplearon 3 ó 4 sismógrafos portátiles papel ahumado indicados en las estaciones de la fig 5. De las réplicas registradas se seleccionaron para análisis 23, todas con duraciones de

coda mayor que 30 seg y llegadas de S bien definidas.

Los epicentros fueron calculados con el programa HYPO 78 (6) y las magnitudes se derivaron de la duración de la coda y la fórmula de la ref 7. Las magnitudes quedaron en el intervalo 1.9 a 4.2

Las profundidades variaron de 1 a 26 km; sin embargo, las de los eventos mejor localizados resultaron entre 21 y 26 km (usando 4 estaciones y errores estándar menores que 2.5 km). Al fijar la profundidad en 20 km, los epicentros solo se movían 4 en el peor caso. Así, las localizaciones epicentrales son bastante confiables, mientras que las profundidades, calculadas con 3 estaciones, lo son menos. Esto significa que la clara separación en dos grupos de eventos que se aprecia en la fig 5 es muy probablemente real; además puede verificarse que lo mismo es cierto para las primeras 19 horas: en la estación ZIH durante dicho lapso se registraron 13 eventos con duración de coda mayor que 30 segundos, el primero 6 minutos después del evento principal. Los tiempos S-P quedaron evidentemente separados en dos intervalos correspondientes a los grupos de eventos de la fig 5. Los tiempos S-P variaron de 8.6 a 10.0 seg para ocho eventos y entre 12.8 y 13.8 para cinco más.

De aquí se deduce que también durante las primeras 19 horas la parte oriental fue la más activa, y que la relación del número de eventos en importancia (oeste entre este), cercano 0.6 para dicho lapso, se mantuvo después igual.

Al área total que abarcan los epicentros de las réplicas es cercano a 20 x 40 km, lo que resulta en un área de ruptura de 815 km<sup>2</sup> si se usan los 11° obtenidos en la fig 5-b como inclinación del plano de falla.

### 3.3 *Discusión*

De diversos estudios de regresión de datos mundiales sobre el área de ruptura y la magnitud ( $M_s$ ), se obtiene que a una magnitud  $M_s = 7.1$  corresponde un área de ruptura de 815 km<sup>2</sup> (ref 8). Esta magnitud se aproxima mucho a la 7.3 reportada por el USGS, lo que sugiere que un área aproximadamente igual sufrió deslizamiento durante el movimiento principal, si se consideran ondas superficiales de 20 seg de periodo.

Utilizando la relación  $\log M_0 = 1.5 M_s + 16.0$ , que parece aplicable a los eventos que ocurren en la zona de subducción de México, el momento sísmico  $M_0$  estimado es cercano a  $8 \times 10^{26}$  dina-cm. Si se toman 815 km<sup>2</sup> para el área de ruptura, la caída de esfuerzos será  $\Delta\sigma = 50$  bars. Este valor es aproximadamente 5 veces superior a los de otros temblores recientes registrados en la zona de subducción mexicana (ref 2, 3). La razón de esta discrepancia puede deberse en parte, al empleo de la relación anterior entre  $M_0$  y  $M_s$ . (Se requiere el análisis de más datos globales para estimar  $M_0$  con más precisión).

Una clara separación de las réplicas en dos grupos diferentes parece ser característica única de este sismo. En otros temblores recientes bien estudiados las réplicas se agruparon cerca del evento principal (refs 5, 9, 10).

Los dos grupos de eventos pueden representar un par de asperezas que se fracturaron con una diferencia de pocos segundos una de la otra. Esto originaría dos ondas de cuerpo, al menos en los registros de periodo corto. Sin embargo, en los acelerogramas de Lázaro Cárdenas, Mich. estos dos eventos no son aparentes.

Un análisis detallado de dichos acelerogramas y de la información mundial accesible puede ayudar a decidir si la agrupación de las réplicas repre

senta dos asperezas que se rompieron durante el sismo.

El conocimiento detallado del proceso de ruptura es esencial para la comprensión de las bajas aceleraciones registradas (0.24 g) a una distancia epicentral de aproximadamente 20 km y debe esperarse el análisis completo de todos los datos. Sin embargo, cualquiera que sea la historia del deslizamiento en el plano de falla, parece haber muy poca duda acerca de que un área de aproximadamente 815 km<sup>2</sup> se deslizó durante el temblor.

#### 4. REGISTROS OBTENIDOS EN ACELEROGRAMAS AUTONOMOS

El I de I opera más de 90 acelerógrafos para movimientos fuertes en las regiones de mayor actividad sísmica del país. Entre ellos, los indicados en la fig 1 fueron activados por el temblor al excederse en el sitio el nivel de disparo, según se describe en la ref-A-2. En la fig 2 se muestra la disposición de estaciones acelerográficas en el valle de México, y en la se ref A-3 se presentan las características de los acelerógrafos que operaron.

En la tabla 3 se han reunido los datos que se extraen directamente de los acelerogramas y en las figs 6 a 10 se reproduce la parte que contiene las máximas aceleraciones de algunos de ellos.

En las estaciones del Valle de México las aceleraciones fueron pequeñas: la mayor del terreno (30 gals) se registró en la planta de Sosa Texcoco, fig 10c; la máxima duración de registro (4 min 32 seg), se tuvo en el edificio Atizapán del conjunto Nonoalco-Tlatelolco.

La máxima aceleración registrada en este sismo corresponde a los acelerogramas obtenidos en la caseta del suelo en la Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas (Las distancias epicentrales de

algunos sitios importantes se han reunido en la tabla 4. En la misma siderúrgica se obtuvieron además los registros de otros dos aparatos, ubicados uno en la base y otro en la azotea de la planta de aceración. Sin embargo, en la base de dicha planta se tiene el problema de que constantemente flotan en el ambiente pequeñas escamas metálicas y por más precauciones que se toman al abrir el acelerógrafo para revisarlo, no ha sido posible impedir que se le acumulen dentro del mecanismo de los sensores, sobre todo en los imanes permanentes que sirven para amortiguar su movimiento. Por esta causa los registros obtenidos en esos aparatos aparecen muy atenuados en relación con los de la caseta del terreno. En consecuencia, será indispensable desmontarlos, repararlos y cambiarlos a lugares más apropiados.

Otros registros interesantes son los que se grabaron en la corona, en la base de la cortina y en la margen derecha de la presa José Ma. Morelos y Pavón (La Villita), figs 6a, b. En el acelerograma de la corona se observan nuevamente (ref 11) algunos "picos" de apariencia espúrea en la componente transversal al eje longitudinal de la cortina, a pesar de que tanto el aparato como la caseta han sido revisados y no presentan evidencias que indiquen la posibilidad de movimientos relativos.

El aparato de la margen derecha tiene un arrancador pendular, que responde a aceleraciones horizontales. En este aparato se observó que después de registrar el sismo principal la base de concreto del aparato quedó con una cierta inclinación, suficiente para que el péndulo quedara haciendo contacto permanente.

En la presa de el Infiernillo, el personal que acudió a recolectar los registros encontró que los candados que aseguran las cubiertas de los tres aparatos de la cortina (en los niveles 180, 120 y 80) y el de la margen derecha, no se en-

contraban en su sitio y que los aparatos de la cortina "daban toques". Después de informar localmente sobre estas anomalías procedió a recoger los magazines con el papel fotográfico expuesto. Al revelar dichos rollos se encontró que los aparatos mencionados se habían activado en repetidas ocasiones; en la margen de recha se contaron 25 arranques (previos) ajenos al sismo que agotaron la dotación de papel fotográfico, por lo que al ocurrir el sismo no registraron el evento. En cambio, sí se obtuvo el inicio del registro del sismo en la margen derecha y el registro completo del temblor en la margen izquierda, en la planta potabilizadora y en la casa de máquinas. Los instrumentos en estos lugares operaban en forma independiente, sin compartir el cable que interconecta a los otros, medio por el que probablemente llegaron las descargas que dispararon los aparatos. En consecuencia, se tendrá que realizar una nueva instalación eléctrica y revisar el cable de interconexión para evitar que se repita la pérdida de datos.

## 5. ACELERACIONES, VELOCIDADES Y DESPLAZAMIENTOS DEL TERRENO

### 5.1 *Procesamiento de los registros obtenidos en SISMEM*

Las señales grabadas en la cinta analógica con datos del sismo, se digitizaron automáticamente a 50 muestras por segundo, con inicio a las 298:03:23:00\* y fin a las 298:03:25:20, por lo que cada componente del movimiento quedó representada por 7000 valores, que abarcan el registro completo del sismo, más una cantidad suficiente de datos antes y después del evento. En todos los casos, con excepción de Hospital (V), Cd. Universitaria (V) y Cd. Universitaria (E-W), se empleó un filtro analógico pasa-bajas con

\* dfa del año: hora: min: seg.

frecuencia de corte a los 15 Hz, antes de la entrada del conversor análogo-digital. En las tres estaciones mencionadas, la frecuencia de corte del filtro se redujo a 8Hz por problemas de ruido en la cinta analógica. Ya con los datos digitizados se introdujo el factor de escala necesario para convertir la señal a unidades de aceleración.

Con el fin de reducir el tiempo de procesamiento en computadora, se procesó sólo un tramo de 2,000 puntos (con  $\Delta t = 0.02$  seg), que incluyó la parte más importante del registro. El tramo se ajustó por corrimiento de cero antes de filtrarse digitalmente, mediante un filtro de Ormsby, para corregir la línea base. Los parámetros empleados en dicho filtro aparecen en la tabla 5. Las componentes ya corregidas se integraron para obtener velocidades y desplazamientos, cuyos valores máximos se muestran en la misma tabla.

### 5.2 *Aceleraciones, velocidades y desplazamientos.*

En las figs 11 a 13 se reproduce la porción de ordenadas máximas de los registros de aceleración del terreno en las estaciones Ciudad Universitaria, Viveros y Hospital ABC, de la red SISMEM en la ciudad de México (las demás estaciones acelerográficas de dicha red estaban fuera de operación). En la fig 14 se muestra el registro correspondiente en la ciudad de Puebla. (en cada figura aparecen, a la misma escala, las tres componentes de aceleración NS, Vertical y EW en cada sitio).

Como puede apreciarse en estas figuras, la aceleración máxima en la parte suroeste de la Ciudad de México, no llegó a 16 gals\* y en Puebla, Pue., fue inferior a 10 gals. Aún cuando el mo

\* 1 gal = 1 cm/seg<sup>2</sup>; 1 g = 979 gls

vimiento perceptible duró en esos lugares algo más de un minuto, los niveles de aceleración citados fueron suficientemente bajos para que los daños en Puebla y en el D.F. se redujeran a los experimentados por unas cuantas construcciones particularmente débiles, tales como bardas sin refuerzo.

### 5.3 *Atenuación de la aceleración máxima con la distancia*

En la fig 15 se presenta una gráfica de la relación entre la aceleración máxima y la distancia del sitio a la ruptura; se han incluido datos del sismo objeto de este informe y de otros 4 ocurridos en México en los últimos años, además de los datos de los 26 temblores mencionados en las refs 12 y 13, y que llevan número en dicha figura.

En cuanto a los puntos correspondientes a sismos mexicanos, en esta gráfica puede observarse que:

a) Coinciden en la mayoría de los casos con la tendencia general señalada por las bandas horizontal e inclinada propuesta en la ref 13.

b) Para distancias entre 300 y 500 km existe una cierta concentración de puntos cerca del límite superior de la banda; la mayoría de ellos pertenecen a la ciudad de México y los más altos al lago de Texcoco.

c) En el intervalo entre 30 y 40 km hay dos puntos considerablemente abajo del límite inferior de la banda, (sismos de 9 jun 80 y 25 oct 81). Estos puntos se asocian a mecanismos de generación muy diferentes: el primero ocurrió en una falla transcurrente (ref 14, 15) y el segundo en una zona de subducción (ref 2).

## 6. ESPECTROS DE RESPUESTA

Los espectros de respuesta elásticos lineales se calcularon para cinco fracciones del amortiguamiento crítico aplicando el método  $\beta$  de Newmark a los tramos digitizados, que corresponden a los más significativos de las historias de aceleración del terreno registradas por la red SISMEC (cap 5).

Algunos resultados de dichos cálculos se presentan en las figs 16a, b, c, en cada una de las cuales se incluyen las gráficas semilogarítmicas de los espectros de aceleración absoluta, velocidad relativa, y pseudo velocidad relativa; esta última se presenta también en la versión tetralogarítmica en la esquina inferior derecha.

Todos los espectros se calcularon para el mismo conjunto de períodos (98 puntos, distribuidos entre 0.04 y 16 seg) y las fracciones de amortiguamiento 0,2,5,10 y 20 por ciento del crítico. La escala de las abscisas es siempre la misma y la de las ordenadas varía de tal forma que las trazas queden de tamaño similar.

Los valores de los espectros de aceleración son moderados y todos los calculados para 2 por ciento del amortiguamiento crítico son menores que el espectro de diseño del reglamento del D.F. Los únicos espectros que para algunos períodos lo rebasan, son los de amortiguamiento nulo para las componentes horizontales de la estación Viveiros (fig 16a, c), lo cual se relaciona con el hecho de que es ahí donde se presentan las aceleraciones máximas registradas, situación similar a la encontrada en el sismo del 24 de octubre de 1980 (ref 16).

Los valores máximos de los espectros de aceleración absoluta son del orden de la mitad de los encontrados para los sismos del 14 de marzo de 1979, 29 de noviembre de 1978 y 24 de octubre

de 1981, (excepto para el registro del 29 de noviembre de 1978 en la estación ABC, fig 2) las distancias epicentrales y magnitudes son del mismo orden en los dos primeros casos.

La consecuencia de haber filtrado las frecuencias altas de las aceleraciones se aprecia claramente, sobre todo en los espectros de aceleración absoluta obtenidos para los registros de Puebla, ya que las ordenadas para los periodos menores a 0.125 seg son prácticamente constantes y tienden al valor máximo de la aceleración del terreno.

Los periodos para los que ocurren los máximos espectrales de velocidad relativa quedan comprendidos entre 1.1 y 2.1 segundos, situación que no se presenta para los sismos del 14 de marzo de 1979 y 29 de noviembre de 1978.

#### 7. DAÑOS OBSERVADOS EN LAS ZONAS DE ZIHUATANEJO, GRO. Y LAZARO CARDENAS, MICH.

La prensa de la ciudad de México informó sobre algunos daños en edificaciones de Lázaro Cárdenas, Mich. Por la importancia que esta población tiene debido a su acelerado desarrollo como puerto industrial y dada su proximidad al epicentro del sismo, los autores se trasladaron a Zihuatanejo, Gro., a donde llegaron a las 7:30 del 28 de octubre (salieron de la zona afectada desde ese aeropuerto la misma noche a las 20:15). Durante el día recorrieron las poblaciones de Zihuatanejo, Gro., Lázaro Cárdenas Guacamayas, La Mira, La Orilla, Mich., y el centro vacacional de Ixtapa, Gro.; fig 17. Entre estas poblaciones, la de mayor importancia es el puerto de Lázaro Cárdenas, Mich. donde, al igual que las otras cercanas visitadas, los daños observados aunque generalizados, no fueron ni evidentes ni graves, con la sola excepción del derrumbe parcial del hotel María Teresa en Playa Azul, Mich. A continuación se describen los daños observados en dichos lugares:

*Aeropuerto de Zihuatanejo, Gro.* El área de estacionamiento y el edificio terminal, en sus partes accesibles al público, no mostraban daños; el personal del aeropuerto comentó que aunque el sismo provocó gran alarma entre las personas, el servicio no se interrumpió y las líneas de comunicación no se vieron afectadas. Las dos fachadas principales, una hacia la pista y la otra hacia el estacionamiento, tienen ventanales de grandes dimensiones que no sufrieron daño alguno. Los recubrimientos de muros interiores, en su mayoría de aplanados, no presentaban agrietamientos. No se observaron daños en el pavimento de concreto del estacionamiento y las banquetas.

*Zihuatanejo, Gro.* En la calle Juan N. Alvarez, frente al Palacio Municipal, se observaron algunos daños en una vivienda de un nivel y en una estación de gasolina contigua, pero el personal de ésta indicó que fueron causados por el sismo del 14 de marzo de 1979; no fué posible comprobar dicho aserto, ni aclarar si hubo nuevos daños. En los muros de la vivienda se observaron grietas que mostraban que el material utilizado consistía en bloques de piedra brava, adobes y pedazos de teja, unidos con un mortero pobre que se desmoronaba al tacto. Parte de la vivienda se derrumbó y uno de los muros sufrió un fuerte desplome; las columnas en las que se apoyan los polines de madera que soportan el techo de teja, se encontraban totalmente fracturadas.

En la calle Catalina González se visitó un local ocupado por un comercio, cuyas columnas de aproximadamente 2 m de altura hechas de pilas de tabique mostraban grietas verticales en toda su longitud. Una de ellas se desplomó. No fué posible determinar si tenían refuerzo de concreto en el centro. La cubierta consistía en polines de madera apoyados en las columnas, que soportaban láminas de asbesto-cemento y tejas. No había muros perimetrales.

*Ixtapa, Gro.* En este lugar la mayoría de las construcciones destinadas a fines turísticos son recientes. Se visitaron 3 hoteles y no se observaron daños.

*Lázaro Cárdenas, Mich.* Al hacer un recorrido por la población se observaron los siguientes daños:

En el número 63 de la calle Reforma una construcción de dos pisos con muros de adobe, en cuya planta baja se encuentra un comercio y en la parte superior una vivienda, presentaba grietas verticales en el aplanado del muro de fachada de la planta baja. El edificio donde se encuentra la tienda Conasupo, localizado en la calle Manuel Doblado 188, solamente presentaba grietas verticales en el aplanado.

En la escuela primaria Vicente Guerrero y en la secundaria Federal Ricardo Flores Magón se observaron vidrios faltantes sin que se pudiera determinar si se rompieron durante el sismo. En un muro exterior de la escuela secundaria hubo desprendimiento de aplanados. Ambas escuelas son edificios de dos pisos cuya construcción aparentemente concuerda con las normas establecidas por CAPFCE.

En el edificio de dos niveles que ocupa Teléfonos de México, del voladizo exterior se desprendió el falso plafón y hubo separación entre muros y trabes en la segunda y tercera planta, fig 18.

Se observaron daños severos ocurridos a una casa habitación localizada en la calle Constitución, sin número, junto a la clínica Rosaura y el Hotel Zirahuén. La casa con muros exteriores de tabique presentaba, al frente principalmente, grietas diagonales que los traspasaban.

Algunos habitantes comentaron que el suministro de corriente eléctrica se suspendió durante me-

dia hora aproximadamente, al igual que el servicio telefónico. Un comentario que los autores escucharon varias veces fue el relacionado con los perjuicios causados por la caída de estanterías en los comercios del lugar.

*La Orilla, Mich.* El edificio principal del campamento de SAHOP, de dos plantas, sufrió agrietamientos en muros perimetrales donde se notaba separación entre muros de tabique y trabes, fig 19.

En el aeropuerto local una edificación aparentemente usada como bodega, construida de muros de tabique sin confinamiento y cubierta de lámina de asbesto, sufrió el derrumbe de la mitad de uno de sus muros.

*La Mira, Mich.* En un local comercial de una planta se desprendió la celosía que se encontraba en la parte superior de los muros exteriores cuya finalidad aparentemente era permitir ventilación.

*Guacamayas, Mich.* No se observaron daños dignos de mención.

En la carretera Mex 200, en el tramo que une la población de Zihuatanejo Gro., con Lázaro Cárdenas, Mich., se observaron algunos derrumbes en los cortes, sin que fuera posible determinar si ocurrieron a causa del sismo o debido a las fuertes lluvias que durante más de dos días se registraron en la región los días posteriores al evento.

Algún tiempo después de esta visita, el Ing. Emilio Nava del IdeI, informó del derrumbe parcial del hotel "Maria Teresa" en la población de Playa Azul, Mich., aportando las gráficas de las figs 20 y 21. En un viaje de los autores a dicha población, el 1° de Febrero de 1982 se obtuvieron las gráficas de la fig 22, que muestran algunos detalles del tipo de construcción del edificio, que ya estaba en proceso de demolición.

La descripción anterior, que evidentemente abarca daños poco importantes, con excepción de los del hotel Marfa Teresa, tiene por objeto principal hacer énfasis en la relativa superficialidad de los daños que una vez más se consideran muy inferiores a los que ordinariamente se esperan de un sismo de magnitud ( $M_s$ ) superior a 7, con epicentro a menos de 25 km.

## 8. CONCLUSIONES

1. Este sismo puso nuevamente en evidencia la escasez de estaciones sismológicas de primer orden en nuestro país. Un sólo aparato portátil cercano a la región epicentral permitió mejorar en un orden de magnitud, o más, la precisión de la determinación epicentral.
2. Se considera el sismo en cuestión como otro ejemplo de los temblores de magnitud elevada, generados en la zona de subducción del país, que han producido aceleraciones máximas y daños en la región epicentral anormalmente reducidos.

## 9. AGRADECIMIENTOS

La operación de los enlaces de radio de la red telemétrica de SISMEC es posible gracias al Centro de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones (CIDET) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a quien los autores agradecen su valiosa colaboración. Los Ings. Humberto Rodríguez, Alejandro Jiménez, Arturo Chavarría y Miguel Torres, han brindado su apoyo en numerosas ocasiones para la operación del equipo, al igual que los técnicos Humberto Hernández, Marcos Moreno, Raymundo Montero y Ernesto Briones. A todos ellos se les agradece su esfuerzo y a Rosario Delgado y Juan Jiménez su entusiasta ayuda durante diversas etapas del procesamiento de datos.

El registro de sismos en unidades autónomas se debe al interés en el tema de la Comisión Federal de Electricidad, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, Petróleos Mexicanos, el Proyecto Texcoco de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y el Departamento del Distrito Federal.

## 10. REFERENCIAS

1. U.S. Geological Survey, "Preliminary Determination of Epicenters, No. 43-81". Department of Commerce, Washington D.C., 1981.
2. Singh, S.K., Astiz, L. y Havskov, J., "Seismic Gaps and Recurrence Periods of Large Earthquakes along the Mexican Subduction Zone: A Reexamination", Bull. Seis. Soc. Am., v 71, 827-843, 1981.
3. Chael, E. y Stewart, G., "Recent Large Earthquakes Along the Middle America Trench and Their Implications for the Subduction Process", J. Geophys Res, v 87, 329-338, 1982.
4. Zúñiga, R. y Valdés, C., "Análisis de las réplicas del temblor de Petatlán del 14 de marzo de 1979", tesis profesional de Ingeniero Geofísico, UNAM, 1980.
5. Singh, S.K., Havskov, J., McNally, K., Ponce, L. Hearn, T., y Vassiliou, M., "The Oaxaca, Mexico Earthquake of 29 November 1978: A Preliminary Report on Aftershocks", Science, v 207, 1211-1213.
6. Lee, W.H.K. y Lahr, J.C., "Hypo 71 (revised 1978): A Program for Determining Hypocenter, Magnitude and First Motion Pattern of Local Earthquakes", U.S. Geological Survey, Open-File Rep 75-311, 1978.

7. Lee, W.H.K., Bennett, R.E., y Neagher, K. L., "A Method of Estimating Magnitude of Local Earthquakes from Signal Duration", U.S. Geol Surv, Open-File Rep. 28, 1972.
8. Singh, S.K., Bazan, E. y Esteve, L., "Expected Earthquake Magnitude from a Fault", Bull. Seism. Soc. Am. v 70, 903-914, 1980.
9. Reyes, A., Brune, J.N., y Lomnitz, C., "Source Mechanism and Aftershock Study of the Colima, Mexico, Earthquake of January 30, 1973", Bull. Seism. Soc. Am., v 69, 1819-1840, 1979.
10. Meyer, R.P., Pennington, W.D., Powell, W. D., Unger, W.L., Guzmán, M., Havskov, J., Singh, S.K., Valdés, C. y Yamamoto, J., "A first Report on the Petatlan, Guerrero, México, Earthquake of 14 March 1979", Geophys. Res. Lett., v 7, 97-100.
11. Prince, J., Navarro I., y Alonso, L. "Strong Motion Accelerograms of the March 14, 1979 Earthquake Recorded at the Dams". cap 4 de "Performance of El Infiernillo and la Villita Dams in Mexico including the Earthquake of March 14, 1979", Com. Fed. de Electr. México, Enero 1980.
12. Prince, J., Alonso, L., Hudson, C.F., Navarro, I. y Mork, P., "Strong Motion Records of the Oaxaca, Mexico, Earthquakes of November 29, 1978", Geofísica Internacional v 17, No. 3, pp 303-326, México, D.F., 1º de julio de 1979-78 (sic)
- 13a. Nielsen, N.N., Furumoto, A.S., Lum, W. y Morril, B.J., "The Honouliuli, Hawaii, Earthquake", National Academy of Sciences, Washington D.C., 1977.
- 13b. Cloud, W.K. y Perez, V., "Unusual Accelerograms Recorded at Lima, Peru", Bull. Seism. Soc. of Amer., v 61, pp 633-640.
14. Mena, E., Mora, I., Prince, J., Brune, J. N., Alonso, L. y Vernon, F. "Sismo del Valle de Mexicali del 9 de junio de 1980. Primera parte: Daños observados y análisis preliminar de registros obtenidos en acelerógrafos analógicos". Informe IPS-7 del Instituto de Ingeniería, UNAM agosto 1980.
15. Anderson, J.G., Prince, J., Brune, J.N. and Simons, R.S., "Strong Motion Accelerograms" cap. 4 de "The Mexicali Valley Earthquake of 9 June 1980", J. Anderson and R. S. Simons (Edit). Earthquake Engineering Research Institute (in Press).
16. "Datos básicos del sismo del 24 de octubre de 1980 cerca de Huajuapán de León, Oaxaca" J. Prince (ed). Informe IPS-8 del Instituto de Ingeniería, UNAM. Noviembre 1980.
17. Alonso, L., Espinosa, J.M., Mora, I., Muriá, D. y Prince, J., "Informe preliminar sobre el sismo del 14 de marzo de 1979 cerca de la costa de Guerrero, Parte A", Informe IPS-5 del Instituto de Ingeniería, UNAM, Marzo 1979.
18. Alonso, L., Espinosa, J.M., Mora, I., Prince, J. y Cajiga, J., "Informe preliminar sobre los sismos del 29 de noviembre de 1978 en el estado de Oaxaca". Informe IPS-4 del Instituto de Ingeniería, UNAM. Julio 1979.
- A-1. Espinosa, J.M., "Sistema de Información sísmotelemétrica de México", Memorias V Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, SIMS. Guadalajara, 1979.
- A-2. Mora, I., Muriá, D. y Frontana, B., "Acelerógrafos a cargo del Instituto de Ingeniería. Características y algunos resultados".

Memorias V Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. SMIS. Guadalajara, 1979.

- A-3. Mena, E., "Instructivo para el uso de PRINTACCEL Programa en Fortran-IV para el manejo de datos de acelerógrafos". Informe interno, Instituto de Ingeniería, UNAM Febrero 1981.

T A B L A 1

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES SISMOMETRICAS DE SISMEK							
Lugar	Clave	Coordenadas		Altitud m	Componentes	Perfodo seg	Amplificación
		N	W				
Sta Rita Coyotepec, Mex.	IIC	19.757°	99.258°	2 725	vert	1	56 000
Ciudad Universitaria, D. F.	IIM	19.326°	99.182°	2 275	vert	1	3 000
El Pino, Texcoco, Mex	IIP	19.347°	99.917°	2 650	vert	1	15 000
Tonantzintla, Pue.	IIT	19.021°	98.308°	2 205	vert	1	30 000
Cerro Tuxpan, Gro.	III	18.376°	99.468°	1 750	vert	1	15 000

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES ACELEROMETRICAS DE SISMEK					
Lugar	Coordenadas		Altitud m	Componentes	Sensibilidad (escala completa)
	N	W			
Ciudad Universitaria, D. F.	19.326°	99.182°	2 275	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Hospital ABC, D. F.	19.399°	99.205°	2 380	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Puebla, Pue.	19.043°	98.211°	2 155	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
SAHOP, México, D. F. *	19.393°	99.147°	2 246	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Viveros, Coyoacán, D. F.	19.357°	99.170°	2 247	N-S, vert y E-W	0.1 y 0.01 g

\* Fuera de Operación

TABLA 2. DATOS SISMOLOGICOS DEL SISMO DEL 25 DE OCTUBRE, 1981  
FRENTE A LAS COSTAS DE GUERRERO Y MICHOACAN.

	1	2	3	4	5	6
PARAMETRO	J. Figueroa (a)	S.K. Singh (a)	USGS (prel) (a)	RESMAC (b)	PDE 43-81 (c)	J. Havskov (a)
Hora de Origen (UT)	03:21:58			03:22:00.2	03:22:15.4	03:22:12±1
Epicentro:						
Latitud N	17.860	17.900	17.800	17.700	18.014	17.750
Longitud W	103.210	102.100	101.800	103.400	102.107	102.250
Profundidad (km):	N*	---	---	5R**	33N*	20±5
Magnitud (Richter)	6.4	---	---	M <sub>L</sub> = 7.3	6.1 M <sub>B</sub>	
Nº de estaciones	11	---	---	---	137	

\* Se refiere a la nomenclatura empleada en "Determinación Preliminar de Epicentros", donde:  
N = "Profundidad restringida a 33 km para temblores cuyos sismogramas indican un foco somero pero cuya profundidad no se determina satisfactoriamente con los datos".

\*\* Con "R" profundidad restringida.

(a) comunicación personal  
(b) Boletín Sismológico Preliminar. RESMAC Oct.81  
(c) P.D.E. U.S Department of Commerce.

TABLA 3. DATOS PRINCIPALES DE LOS ACELEROGRAMAS OBTENIDOS EN APARATOS AUTONOMOS. (ORDEN SEGUN DISTANCIA AL EPICENTRO)

ESTACION	TIPO ACELEROGRAFO	COMPONENTE	ACELERACION MAXIMA (gals)	DURACION REGISTRO (seg)
SICARTSA. Caseta radio.	SMA-1	E-W vert N-S	244 114 208	106
SICARTSA. Caseta radio, testigo	SMA-1	W-E Vert S-N	242 113 208	34
SICARTSA. Aceración base	SMA-1	N-S Vert E-W	139* 65* 127*	140
SICARTSA. Aceración azotea.	SMA-1	N-S Vert E-W	546 156 395	150
Presa La Villita. Base.	SMA-1	N60E Vert S30E	108 70 131	83
Presa La Villita. Corona.	SMA-1	N60E Vert S30E	162 135 338	93
Presa La Villita. Margen der.	AR-240	S70E Vert N20E	83 52 85	120
Presa Infiernillo. Margen izq.	AR-240	N22W Vert S68W	130 97 175	140
Presa Infiernillo. Margen der.	AR-240	N22W Vert S68W	84 97 *	**
Presa Infiernillo. Potabilizad.	AR-240	N22W Vert S68W	* 84 130	69
Apatzingán, Mich.	SMA-1	N-S Vert E-W	67 28 75	37
Cd. Altamirano, Gro.	SMA-1	N-S Vert E-W	44 20 39	15
Chilpancingo, Gro.	SMA-1	N35W Vert N55E	26 10 30	30

ESTACION	TIPO ACELEROGRAFO	COMPONENTE	ACELERACION MAXIMA (gals)	DURACION REGISTRO (seg)
Acapulco, Gro. (PEL)	AR-240	E-W Vert N-S	<10 <10 <10	29
Nonoalco. Sótano Atizapán, D.F.	AR-240	N-S Vert E-W	13 <10 14	272
Lotería Nacional, Sótano, D.F.	SMA-1	N-S Vert E-W	21 <10 17	156
Lotería Nacional, Piso 24., D.F.	SMA-1	N-S Vert E-W	65 <10 54	156
Alberca Olímpica, D.F.	AR-240	E-W Vert N-S	26 <10 26	133
Palacio Deportes, D.F.	AR-240	N-S Vert E-W	18 17 22	213
Texcoco, Centro Lago.	SMA-1	N-S Vert E-W	16 11 22	226
Texcoco, Sosa.	SMA-1	N-S Vert E-W	30 17 28	240
Texcoco, Chimalhuacán	SMA-1	N-S Vert E-W	16 <10 10	139
Presa Madín. Corona	SMA-1	N30W Vert N60E	13 <10 13	56
Presa Madín, Media Cortina	SMA-1	N30W Vert N60E	<10 <10 <10	137
Presa Madín. Margen izq.	SMA-1	N30W Vert N60E	<10 <10 <10	113

\* No se distingue la traza en todo o parte del acelerograma.

\*\* Se terminó el papel.

TABLA 4. DISTANCIAS EPICENTRALES Y RUMBOS A POBLACIONES Y SITIOS DE IMPORTANCIA ( ORDEN SEGUN ULTIMA COLUMA)

LUGAR		EPICENTRO A PUNTO DE OBSERVACION			
		PDE (43-81)		J. HAVSKOV	
		RUMBO	DISTANCIA (km)	RUMBO	DISTANCIA (km)
SICARTSA, Mich.	*	S49W	13	N15E	21
Lázaro Cárdenas, Mich.		S62W	14	N09E	23
Presa La Villita, Mich.	*	N89W	10	N09E	30
Presa Infiernillo, Mich.	*	N39E	36	N34E	68
Zihuatanejo, Gro.		S55E	71	S81E	74
Petatlán, Gro.		S60E	102	S77E	105
Apatzingán, Mich.	*	N13W	121	N04W	147
Cd. Altamirano, Gro.	*	N77E	158	N69E	181
Colima, Col.		N53W	219	N45W	227
Morelia, Mich.		N28E	210	N28E	243
Chilpancingo, Gro.	*	S80E	281	S86E	262
Acapulco, Gro. (Inalámbrica)	*	S62E	267	S69E	268
Acapulco, Gro. (Dir.Pol. y Tran.)		S62E	268	S69E	269
Presa El Caracol. Gro.		N88E	263	N82E	286
Taxco, Gro.		N78E	271	S73E	293
Iguala, Gro.		N83E	274	S77E	294
Toluca, Mex.		N62E	294	N59E	322
Cuernavaca, Mor.		N73E	319	N69E	344
Guadalajara, Jal. (SAHOP)		N26W	322	N21W	345
Cd. Universitaria, D.F.	*	N66E	341	N63E	368
Cd. de México, D.F. De	#	N64E	341	N60E	370
A		N66E	361	N63E	388
Presa Madin,	*	N62E	344	N59E	372
Presa Sta. Rosa, Jal.		N28W	359	N24W	379
Tonantzintla, Pue.		N75E	416	N72E	440
Puebla, Pue.	*	N75E	428	N72E	451

\*Se obtuvo acelerograma

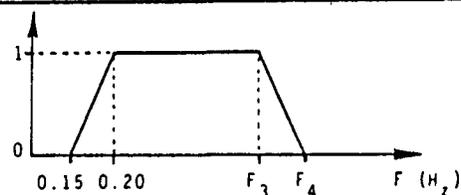
# Acelerograma en varios sitios de la ciudad

TABLA 5. SISMO DEL 25 DE OCTUBRE DE 1981 (UT), PRINCIPALES PARAMETROS Y RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE REGISTROS DE SISMEM

ESTACION	COMP.	T <sub>0</sub> (h:m:s)	PARAMETROS DEL FILTRO +		ACELERACION		VELOCIDAD		DESPLAZAMIENTO	
			F <sub>3</sub> (Hz)	F <sub>4</sub> (Hz)	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Cd. Universitaria	NOOE	03:23:55	8.0	8.3	9.4	-11.8	1.9	-2.5	1.10	-0.84
	VERT	"	**	**	8.4	-7.7	1.3	-1.6	0.80	-0.59
	N9OW	"	8.0	8.3	13.4	-8.0	2.1	-2.0	0.59	-0.77
Viveros	NOOE	03:23:55	***	***	15.1	-14.8	2.5	-3.0	0.86	-0.79
	VERT	"	***	***	7.9	-6.4	1.7	-2.1	0.64	-1.09
	N9OW	"	***	***	15.5	-12.9	2.6	-2.0	0.63	-0.84
Hospital ABC	NOOE	03:23:55	***	***	4.8	-4.5	0.97	-1.2	0.36	-0.41
	VERT	"	8.0	8.3	6.1	-5.9	1.4	-1.2	0.73	-0.61
	N9OW	"	***	***	8.2	-6.1	1.4	-1.8	0.94	-1.16
Puebla++	NOOE	03:24:05	8.0	8.3	9.9	-7.6	2.2	-2.0	0.48	-0.65
	VERT	"	8.0	8.3	6.8	-6.2	1.1	-1.5	0.37	-0.37
	N9OW	"	8.0	8.3	6.6	-5.3	1.3	-1.4	0.49	-0.61

Notas:

- \* Hora del inicio del tramo digitizado (UT)
- \*\* Filtrado analógico pasa-bajas a 8 Hz, 24 dB/octava
- \*\*\* Filtrado analógico pasa-bajas a 15 Hz, 24 dB/octava
- + En todos los casos  $\Delta t = 0.02$  seg y # puntos = 2,000
- ++ # de puntos= 2400, F<sub>1</sub>=0.20 Hz, F<sub>2</sub>=0.25 Hz



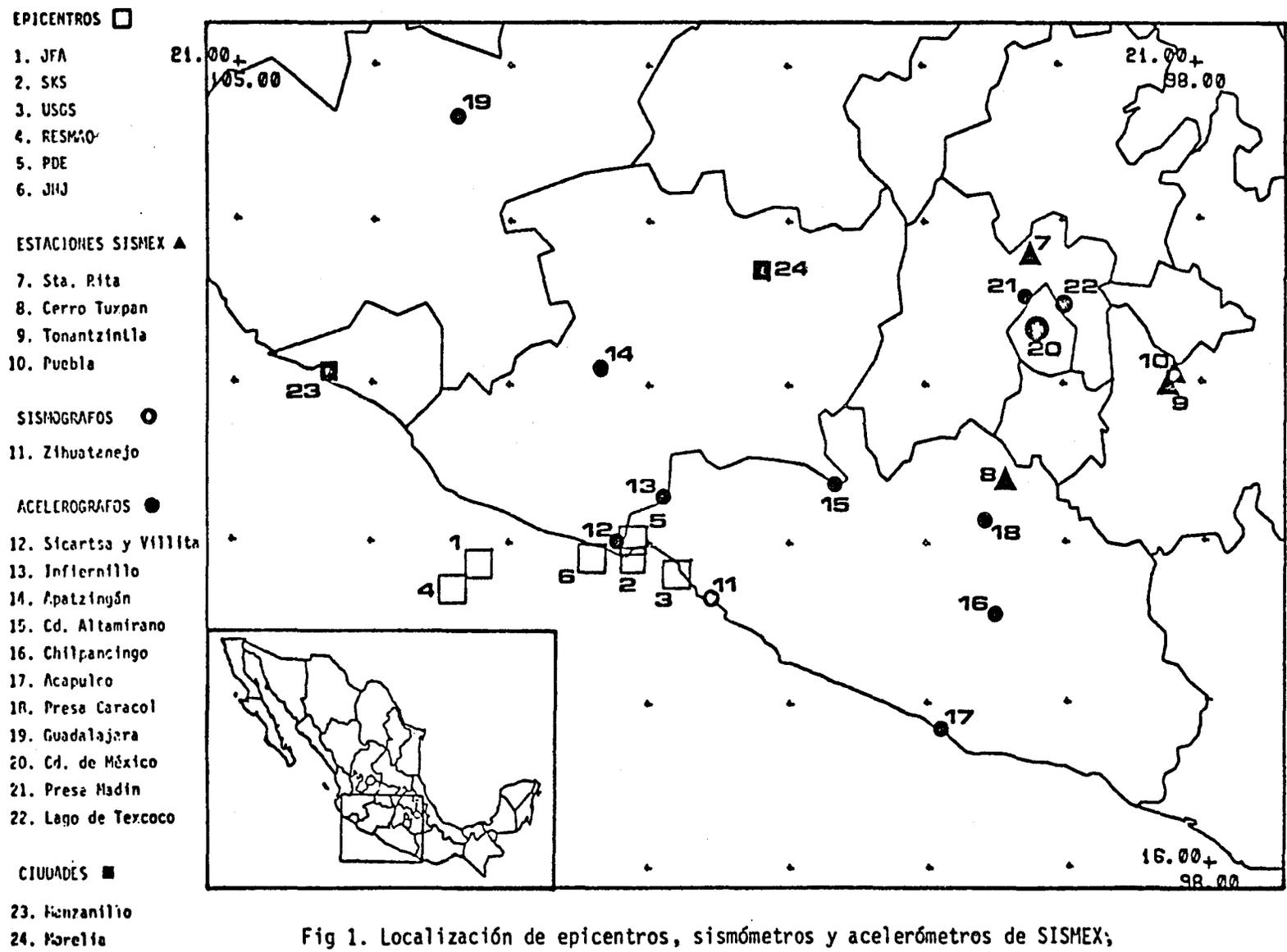
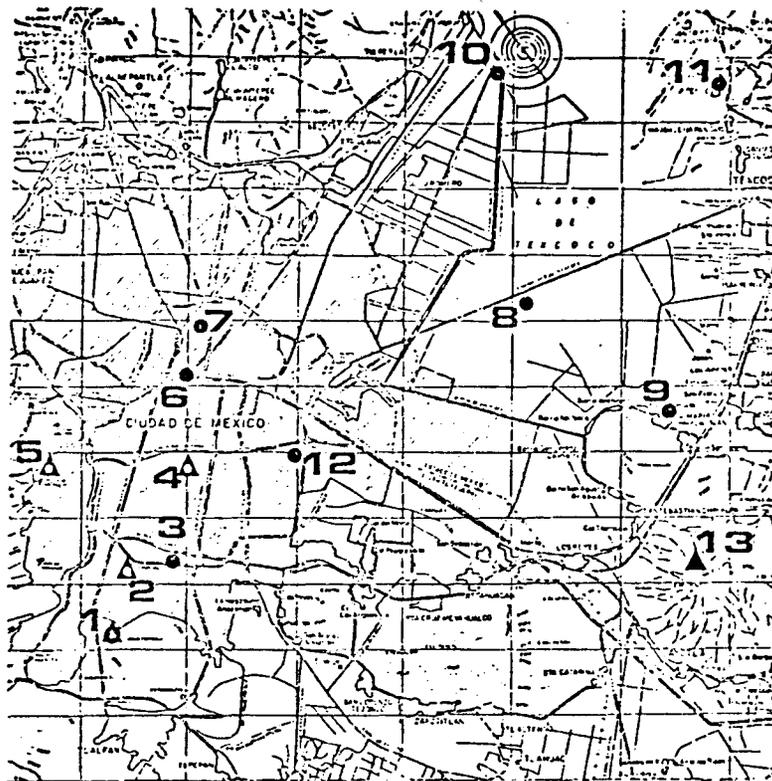
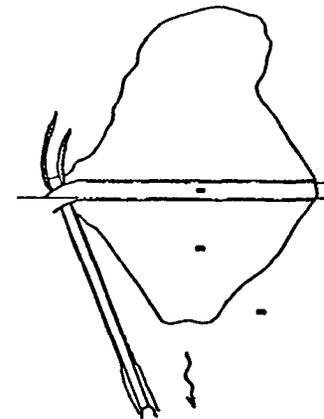
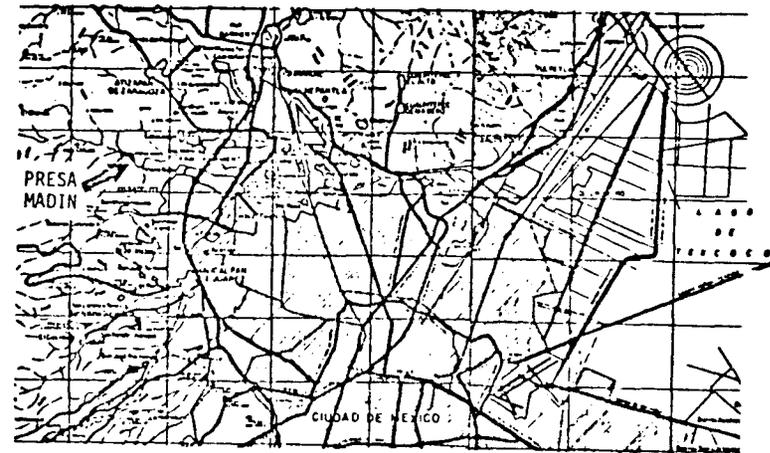


Fig 1. Localización de epicentros, sismómetros y acelerómetros de SISMEM; y acelerógrafos autónomos que registraron el sismo del 251081 (TMG).



- |                                 |                                     |  |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1. Ciudad Universitaria (▲,▲,●) | 8. Centro del Lago (●)              |  |
| 2. Viveros Coyoacan (▲)         | 9. Chimalhuacán (●)                 |  |
| 3. Alberca Olímpica (●)         | 10. Sosa Texcoco (●)                |  |
| 4. S.A.H.O.P. (▲)               | 11. Parque nacional el Contador (●) |  |
| 5. Hospital ABC (▲)             | 12. Palacio Deportes (●)            |  |
| 6. Lotería Nacional (●)         | 13. Cerro el Pino (▲)               |  |
| 7. Nonoalco (●)                 |                                     |  |

Fig 2a Localización de sismómetros y acelerómetros de SISMEX, y acelerógrafos autónomos que registraron el sismo del 251081 (TMG) en la ciudad y valle de México.



■ Acelerógrafo SIA-1

Fig 2-b. Localización de la Presa Madín y croquis con la ubicación de los acelerógrafos sobre la cortina

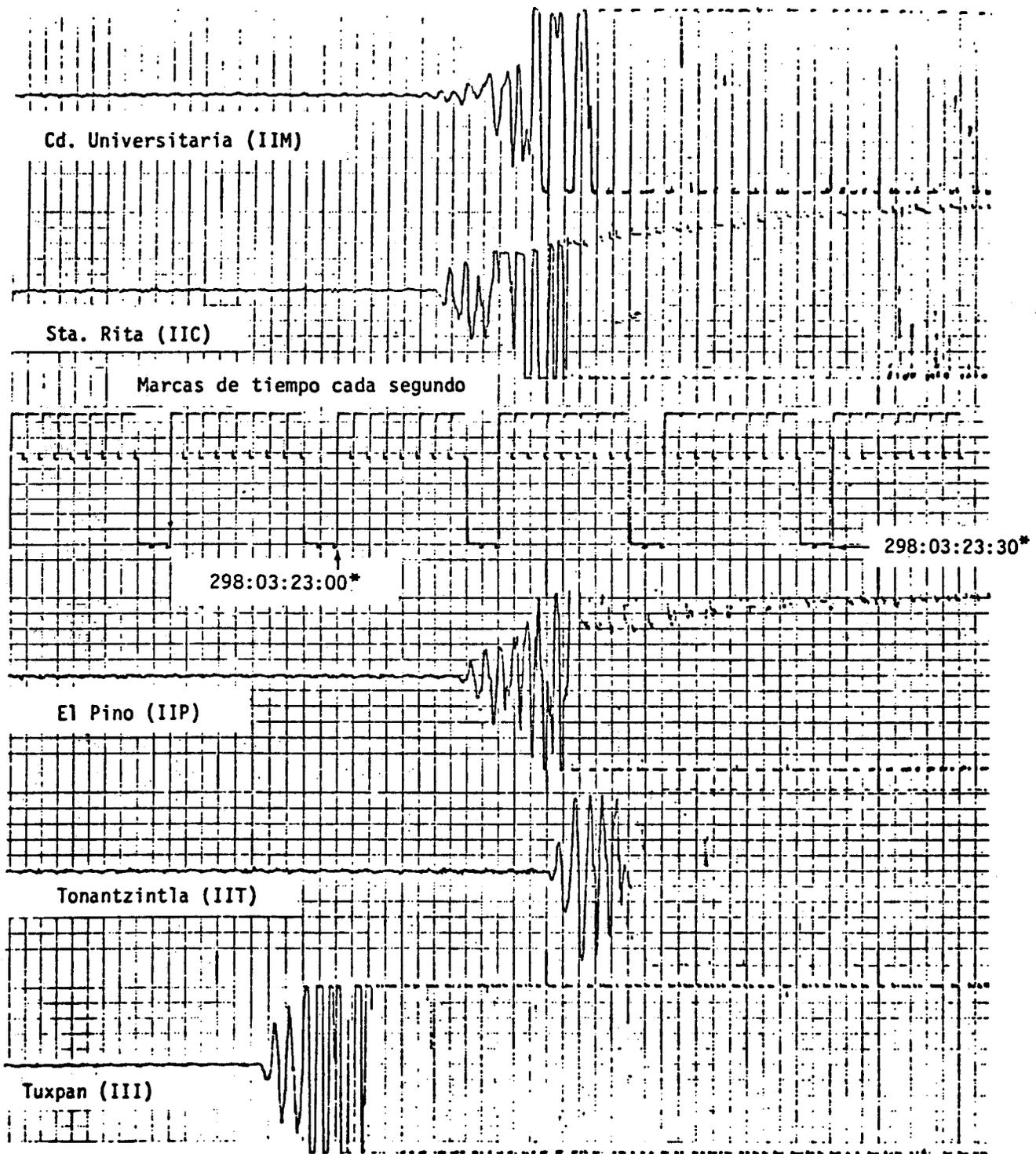


Fig 3 Inicio del sismo principal del 251081 (TMG) en las estaciones sismométricas de SISMEX.  
(\* =TMG + 50 ± 5 mseg)

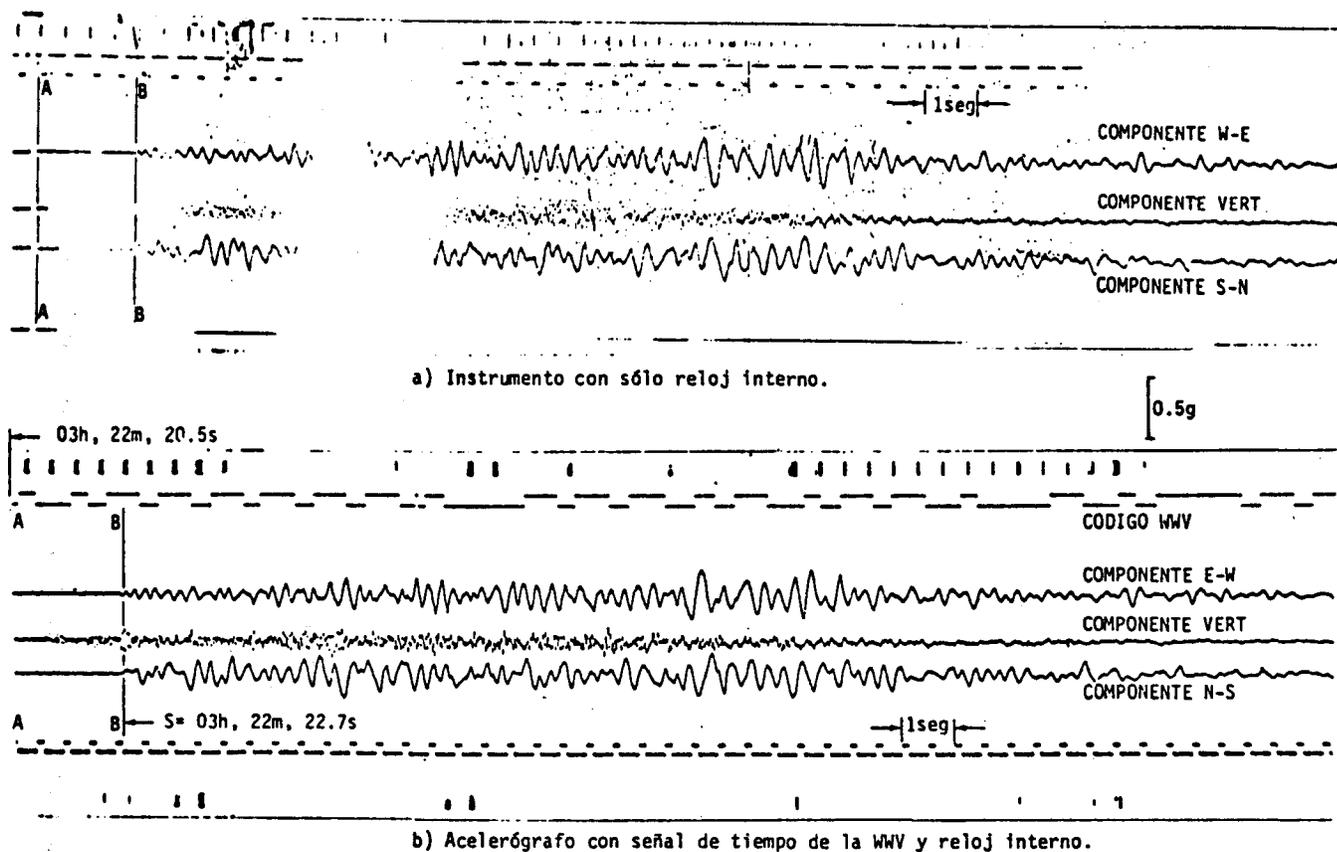


Fig 4 Acelerogramas del sismo del 25 de octubre de 1981 (TMG) en la caseta en el terreno libre de SICARTSA en Lázaro Cárdenas, Mich.

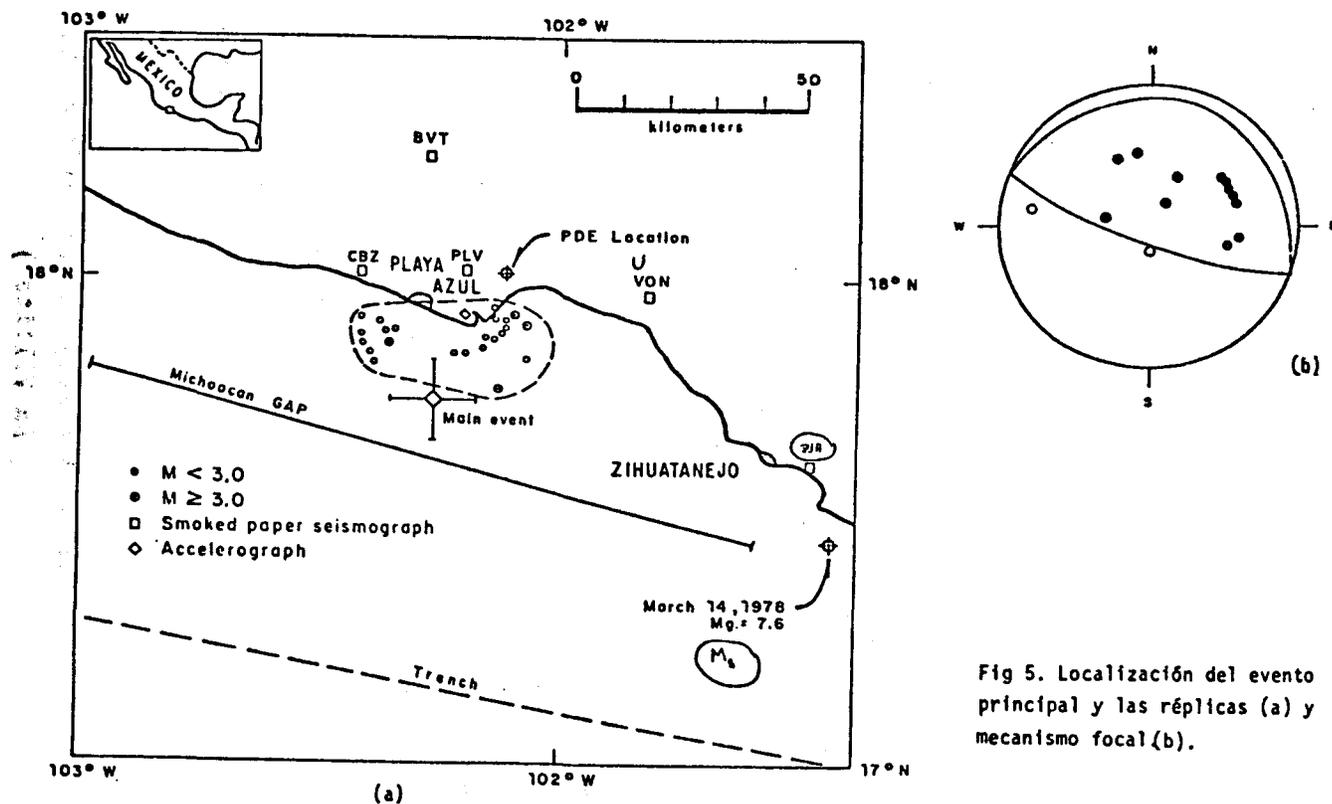


Fig 5. Localización del evento principal y las réplicas (a) y mecanismo focal (b).

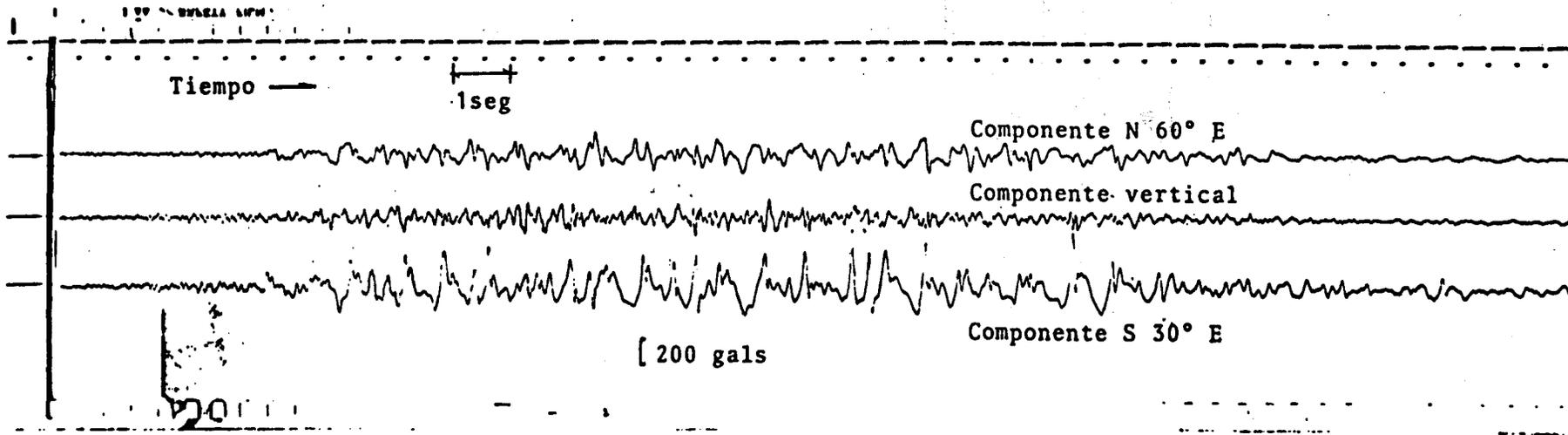


Fig 6a. Acelerograma obtenido en la corona de la cortina de la Presa José Ma. Morelos (La Villita)

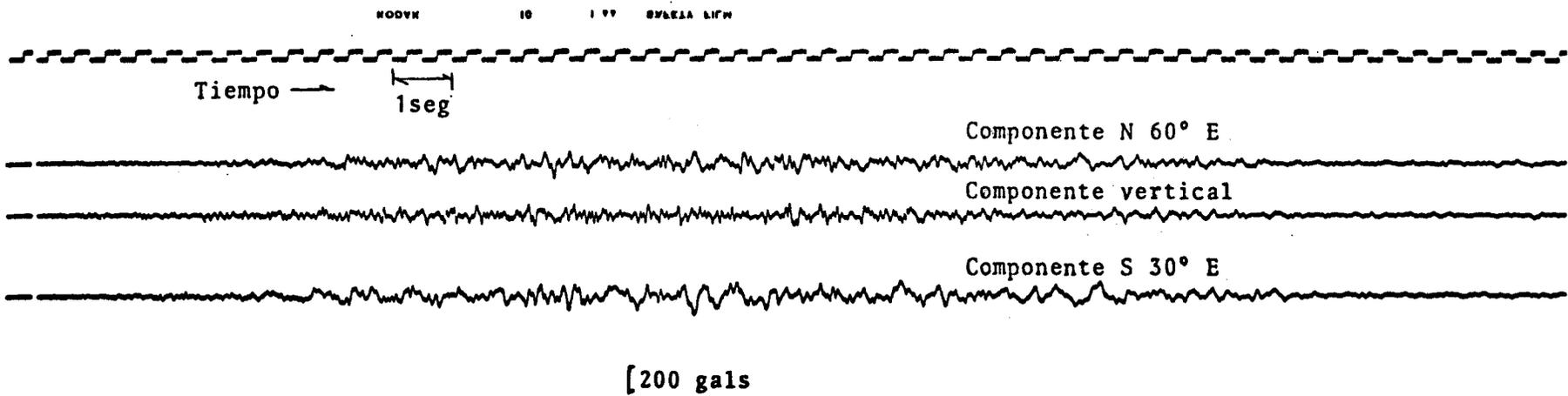


Fig 6b. Acelerograma obtenido en la base de la cortina de la Presa José Ma. Morelos ( La Villita )

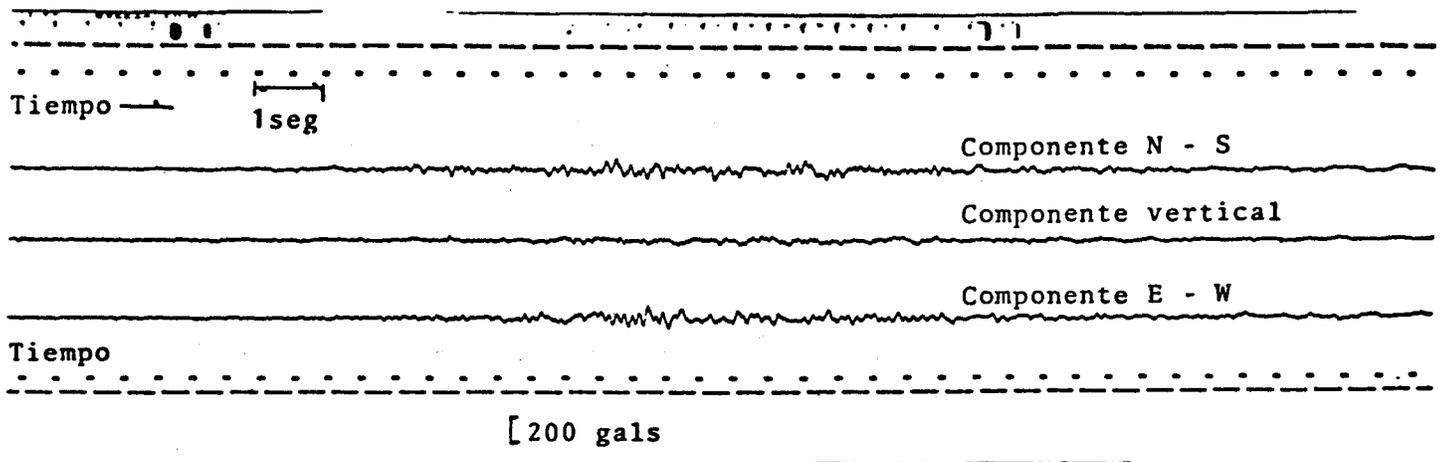


Fig 7a. Acelerograma obtenido en Apatzingan, Mich. (Campamento de la SARH )

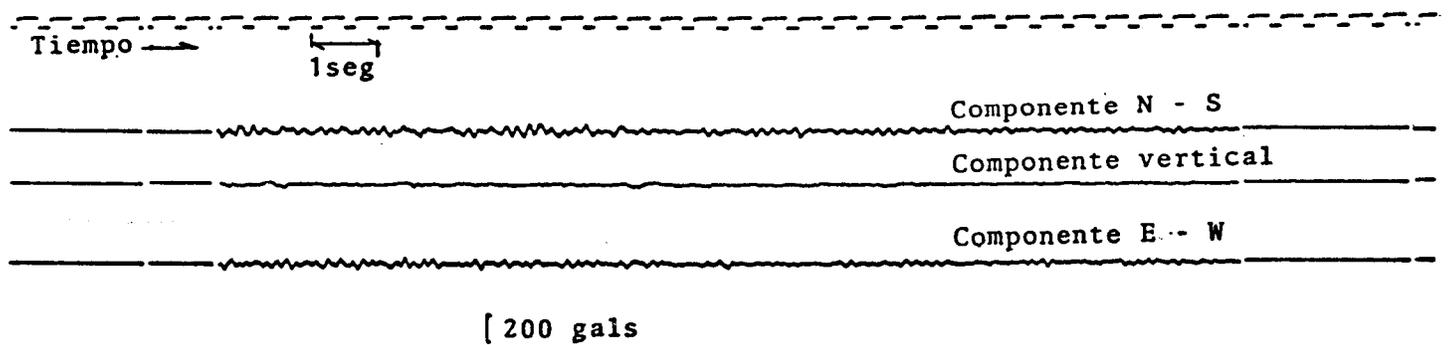


Fig 7b. Acelerograma obtenido en el Campamento de la SARH en Ciudad Altamirano Gro.

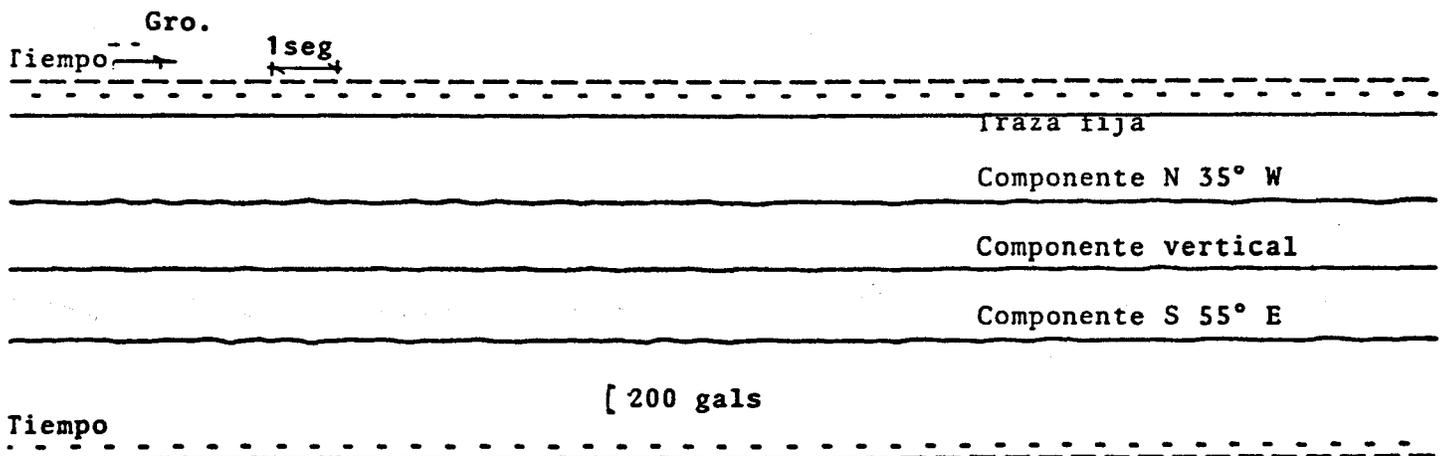


Fig 7c. Acelerograma obtenido en Chilpancingo Gro, en las oficinas del Proyecto Hidroeléctrico del Caracol, de la CFE

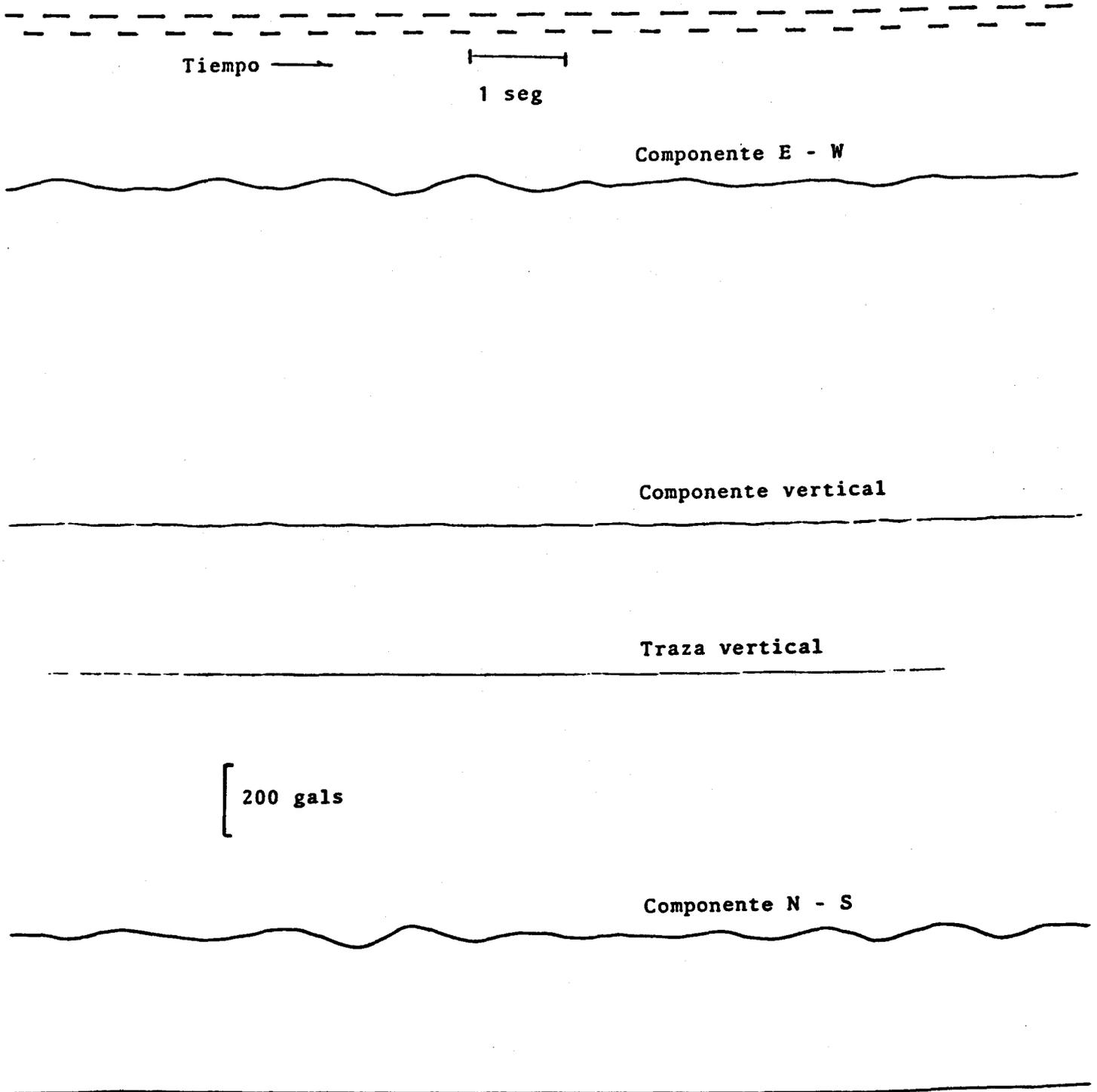


Fig 8. Acelerograma obtenido en la Alberca Olímpica

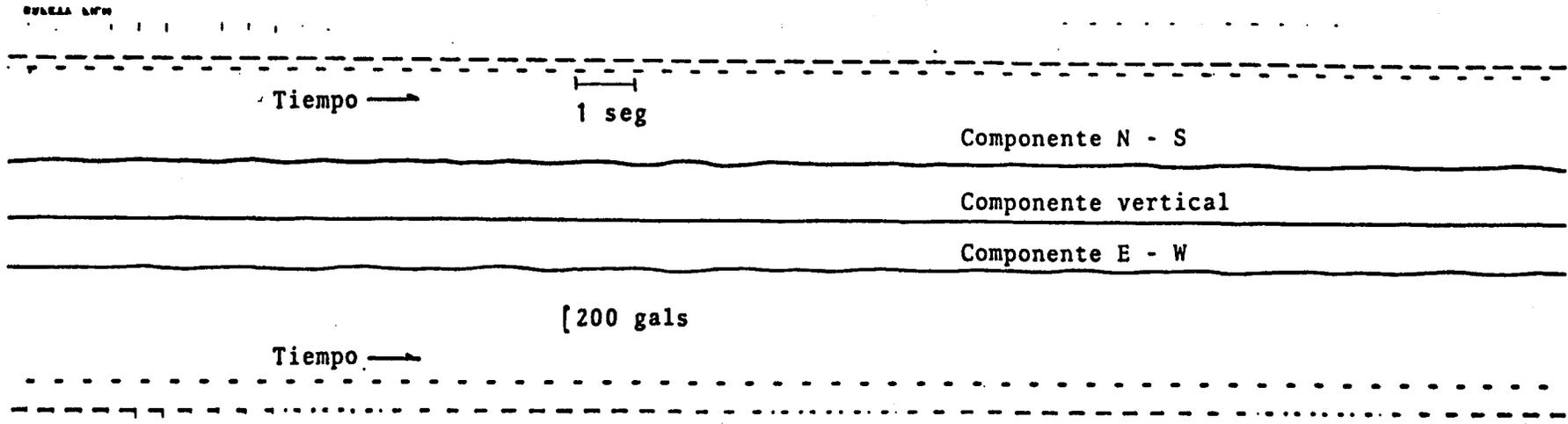


Fig 9a. Acelerograma obtenido en el sótano del edificio prisma de la --  
Lotería Nacional

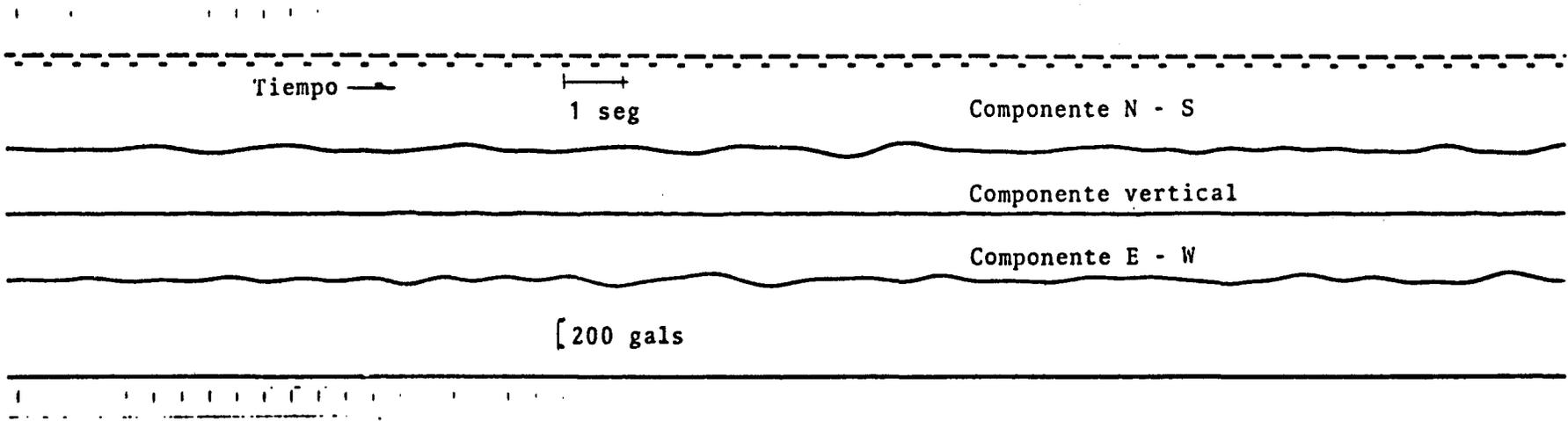


Fig 9b. Acelerograma obtenido en el piso 24 del edificio prisma de la  
Lotería Nacional

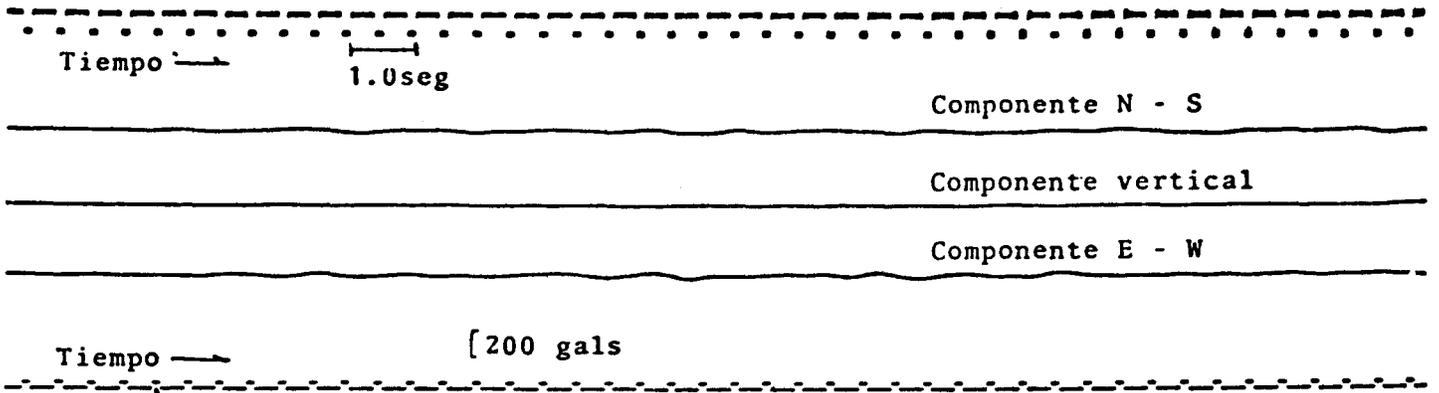


Fig 10a. Acelerograma obtenido en el centro del lago de Texcoco

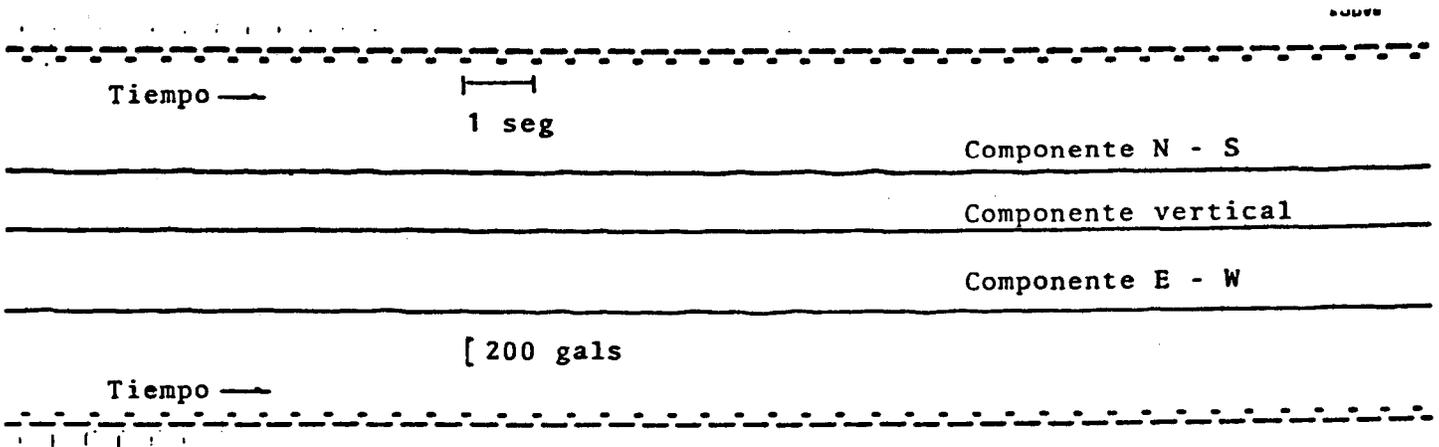


Fig 10b. Acelerograma obtenido en Chimalhuacan estado de México

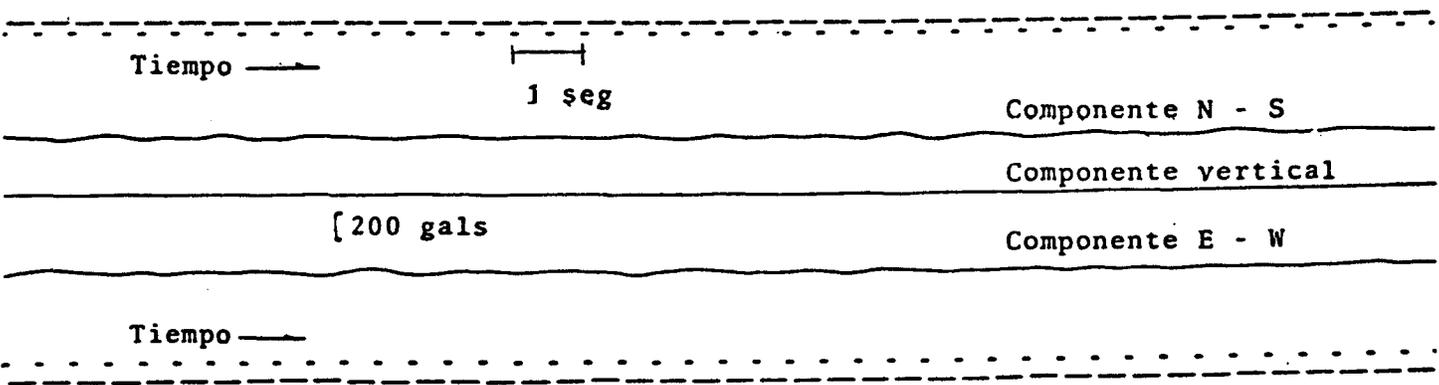


Fig 10c. Acelerograma obtenido en Sosa Texcoco

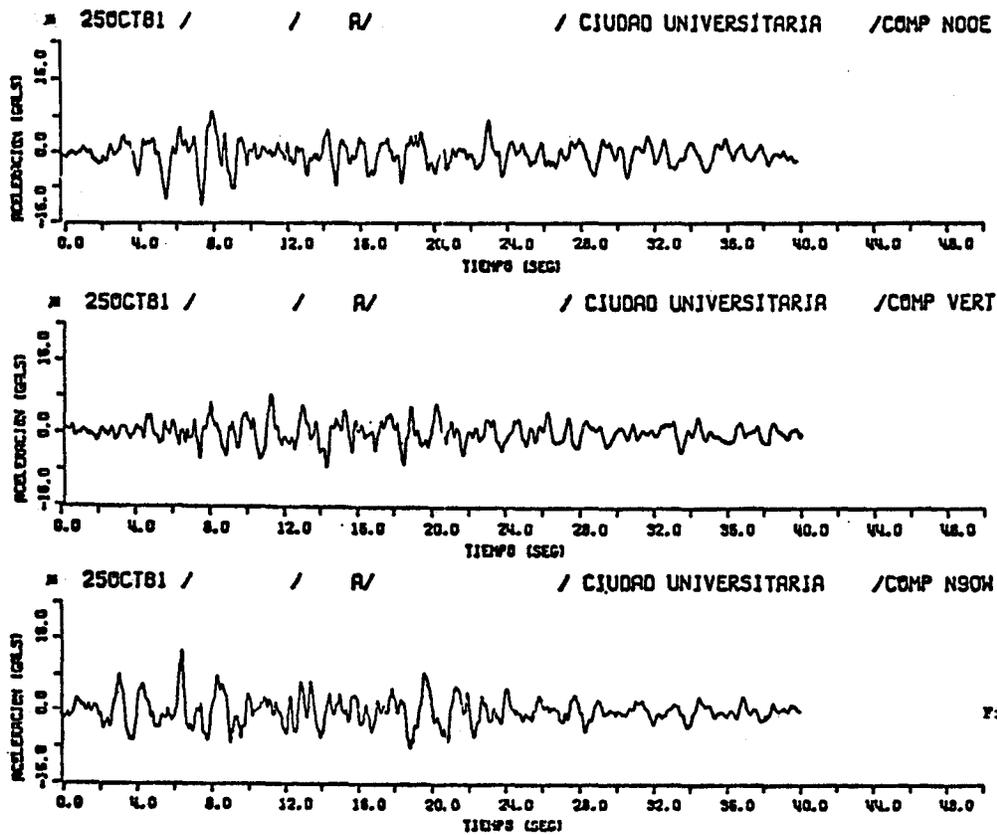


Fig 11.

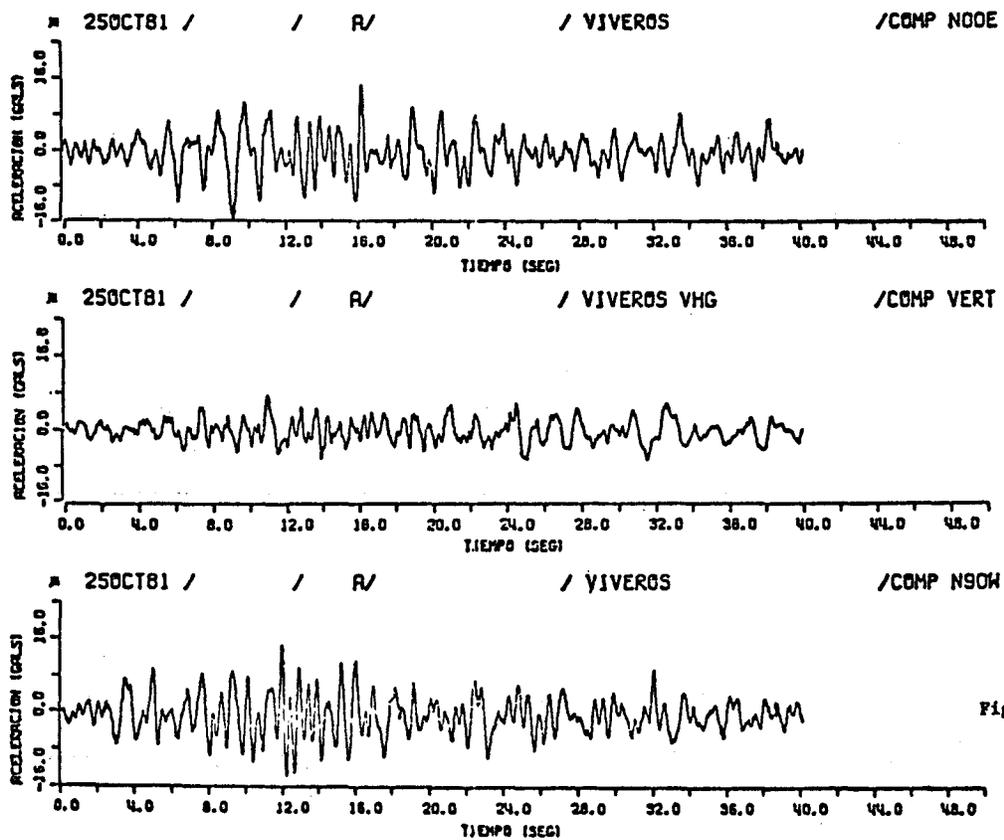


Fig 12.

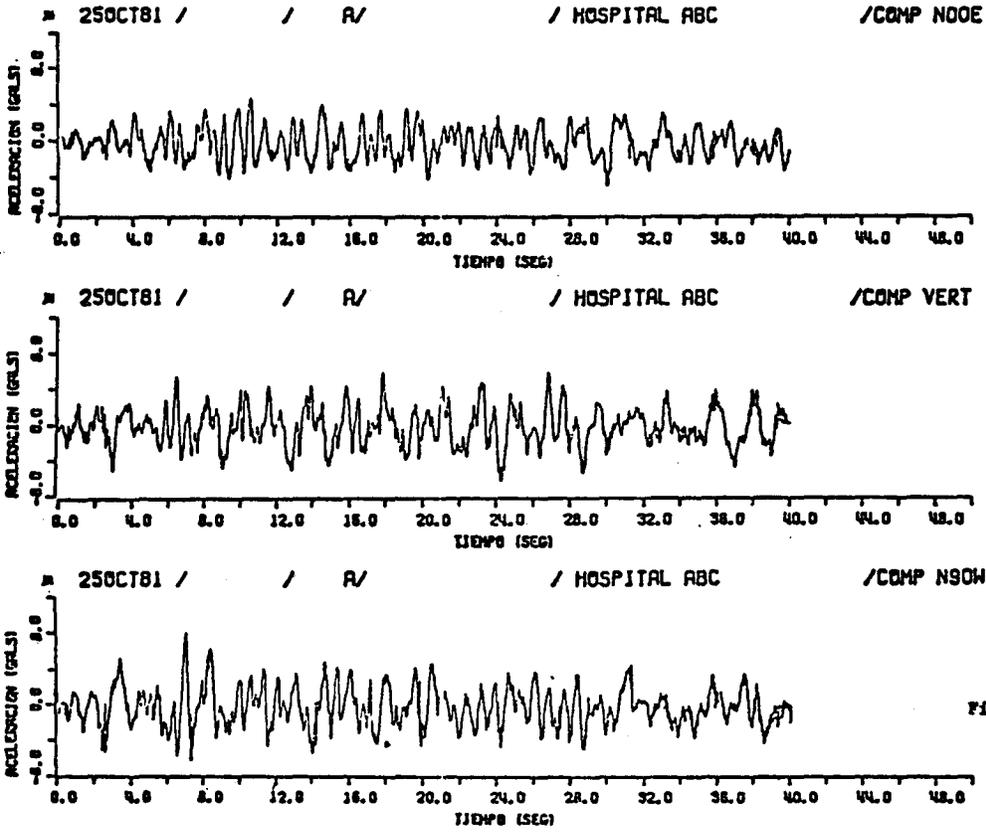


Fig 13.

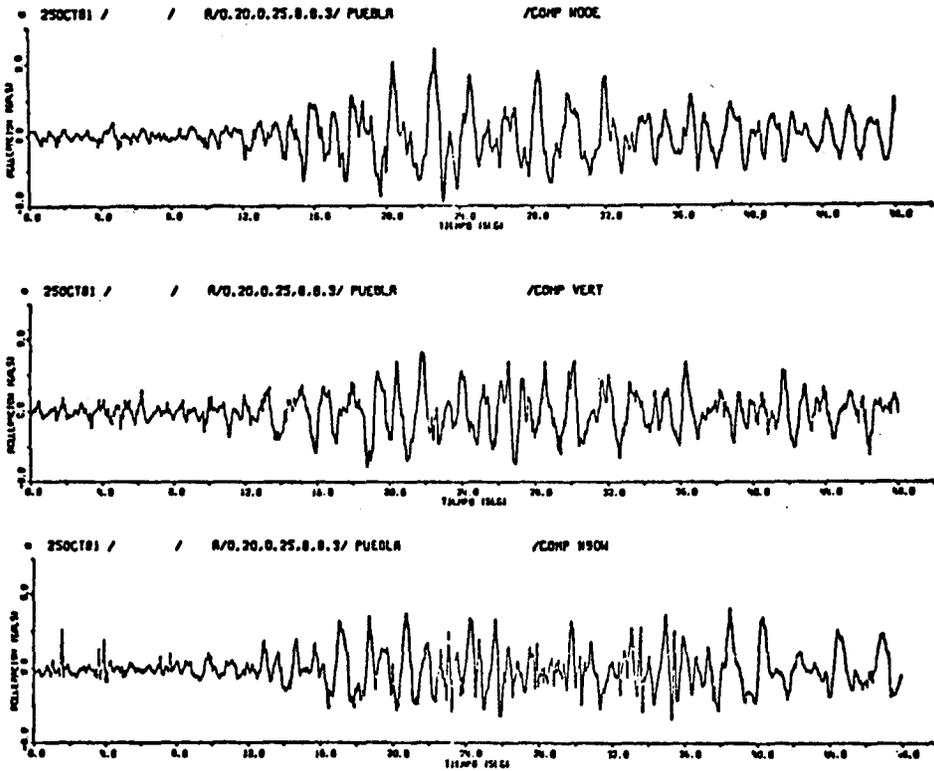


Fig 14.

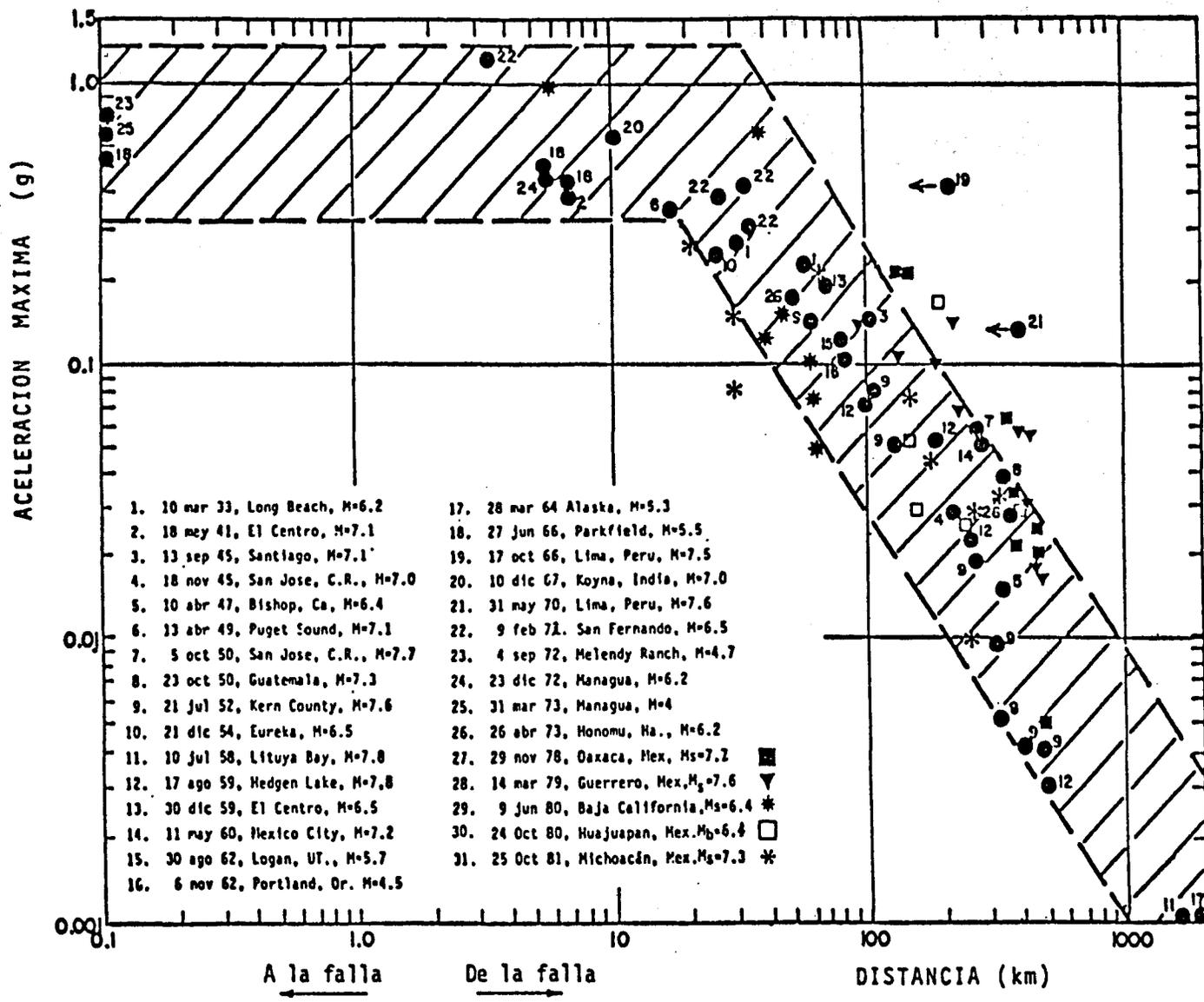
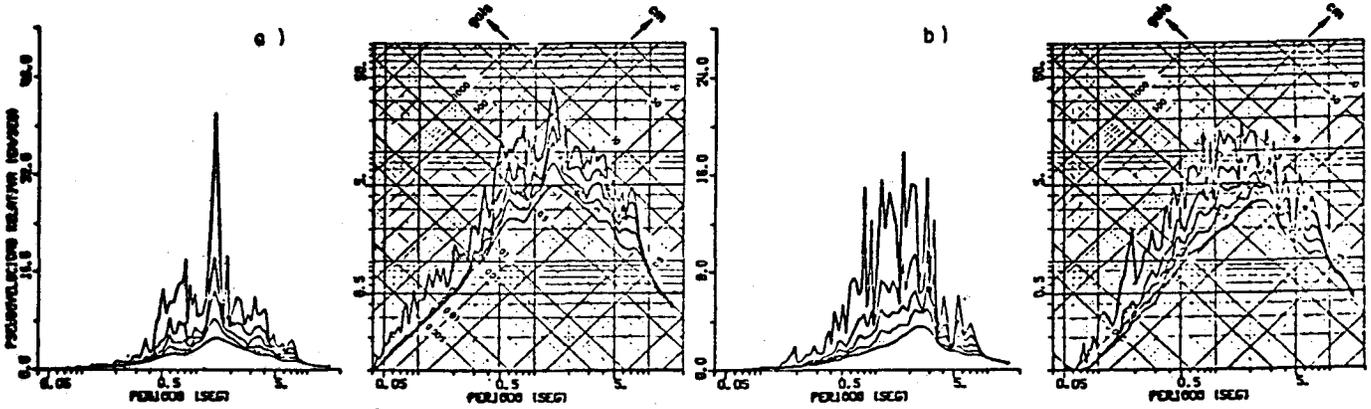
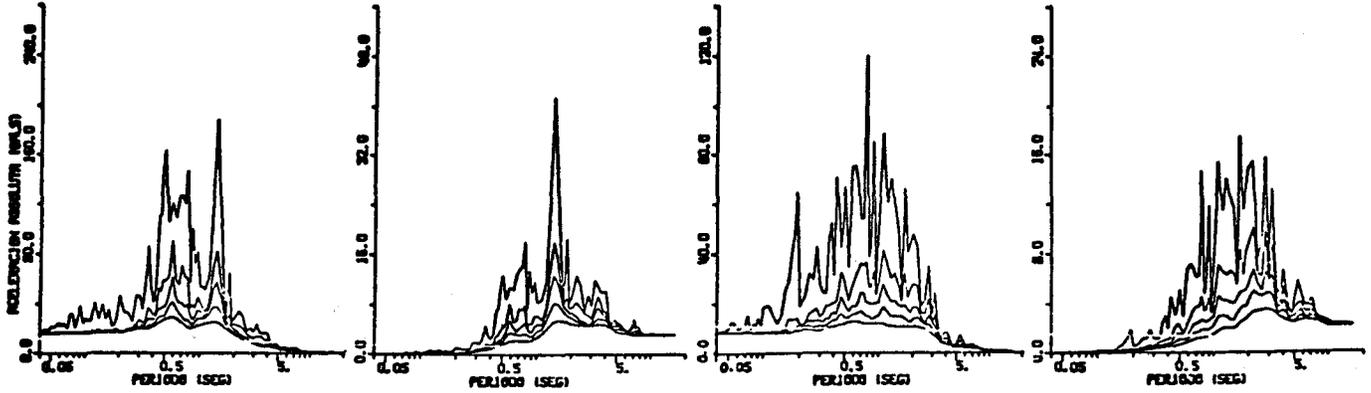


Fig 15. Atenuación de aceleración máxima registrada (ref 13 ) con datos de 5 sismos mexicanos.

# 25OCT81 / 032158 / R /  
/ VIVEROS /COMP NOOE  
ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(X) 0.2.5.10.20

# 25OCT81 / 032158 / R /  
/ VIVEROS /COMP VERT  
ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(X) 0.2.5.10.20



# 25OCT81 / R /  
/ VIVEROS /COMP N90W  
ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(X) 0.2.5.10.20

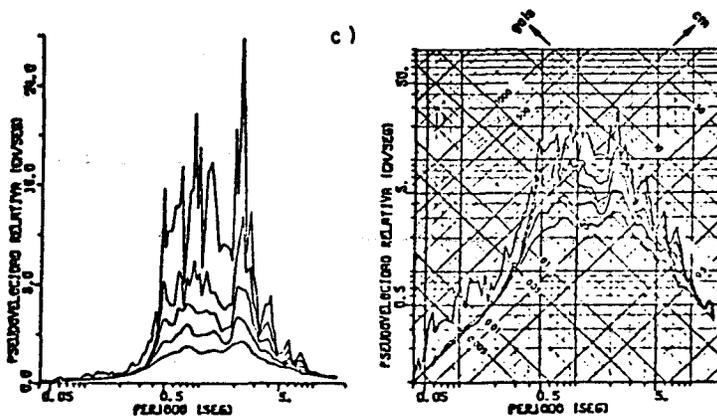
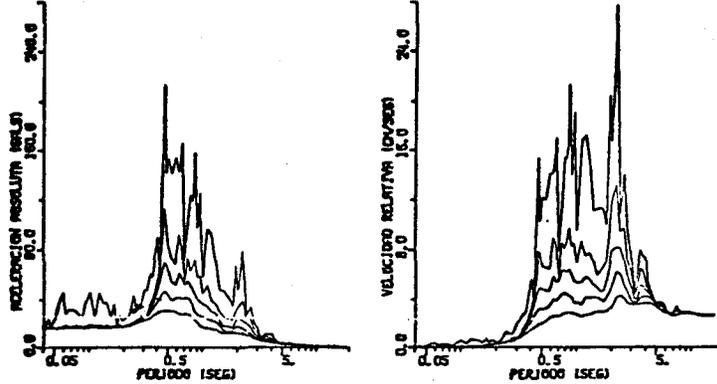


Fig 16.

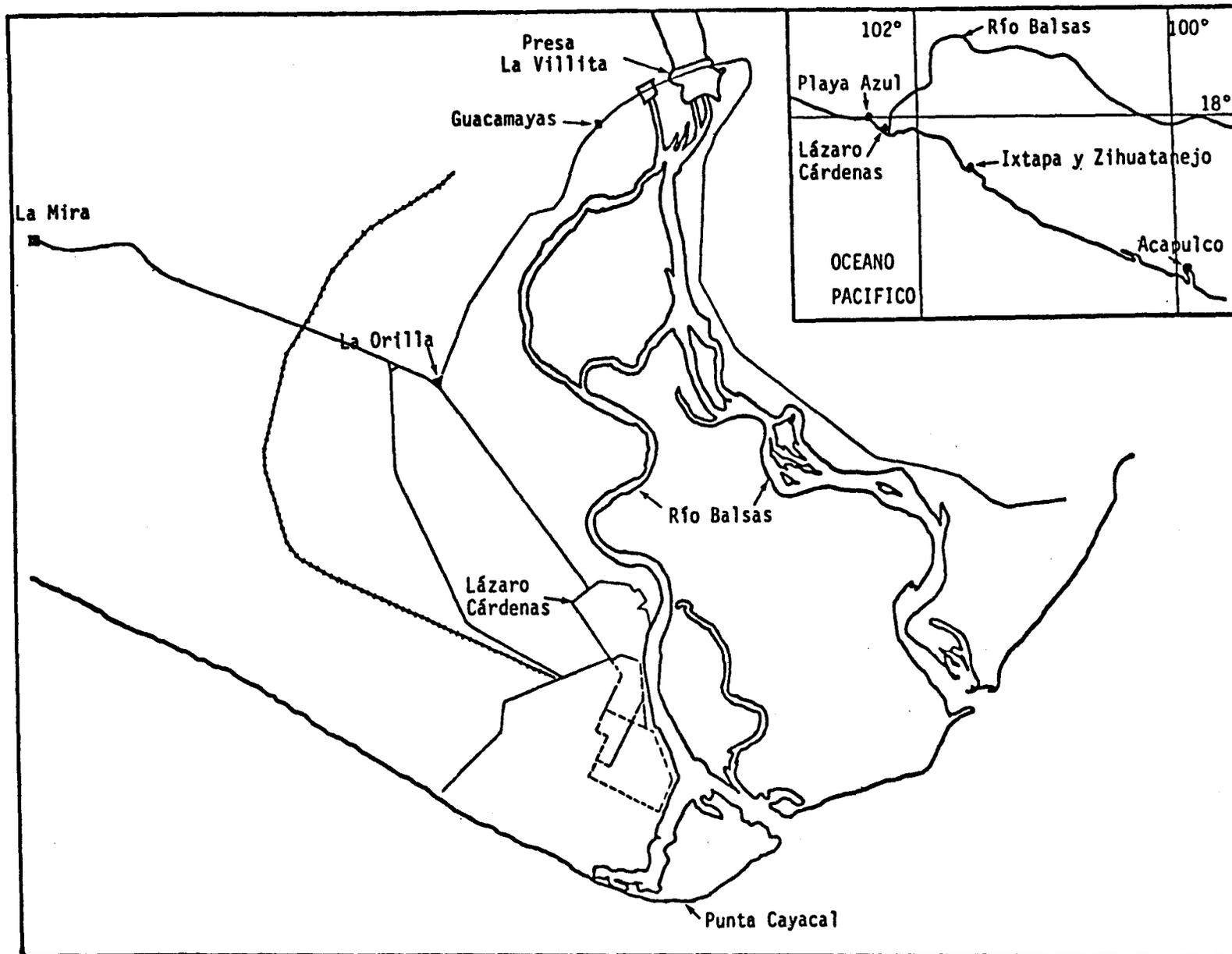


Fig 17. Croquis mostrando las poblaciones localizadas en la zona de país más próxima al epicentro del temblor del 25 de octubre de 1982.



Fig 18. Lázaro Cárdenas, Mich. Oficinas de Teléfonos de México. El falso plafón del voladizo exterior, hecho de cuadrícula de so<sup>l</sup>eras metálicas apoyada en elementos estructurales y malla de metal desplegado se derrumbó en varias partes.

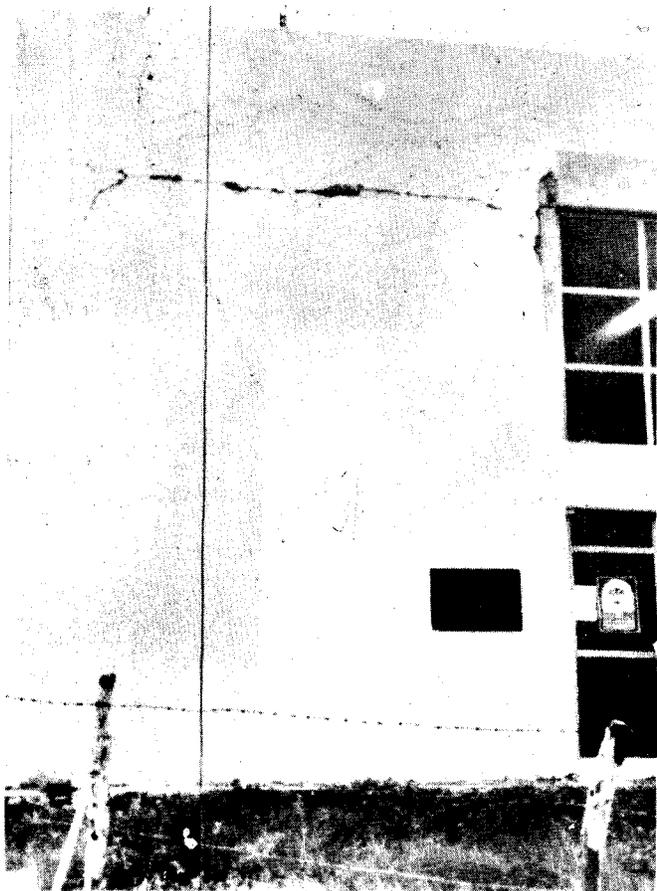


Fig 19. Grietas entre los elementos estructurales y muro exterior en el edificio principal - del campamento de SAHOP en La Orilla, Mich. Este tipo de daño se observó en todos los demás edificios de este campamento.

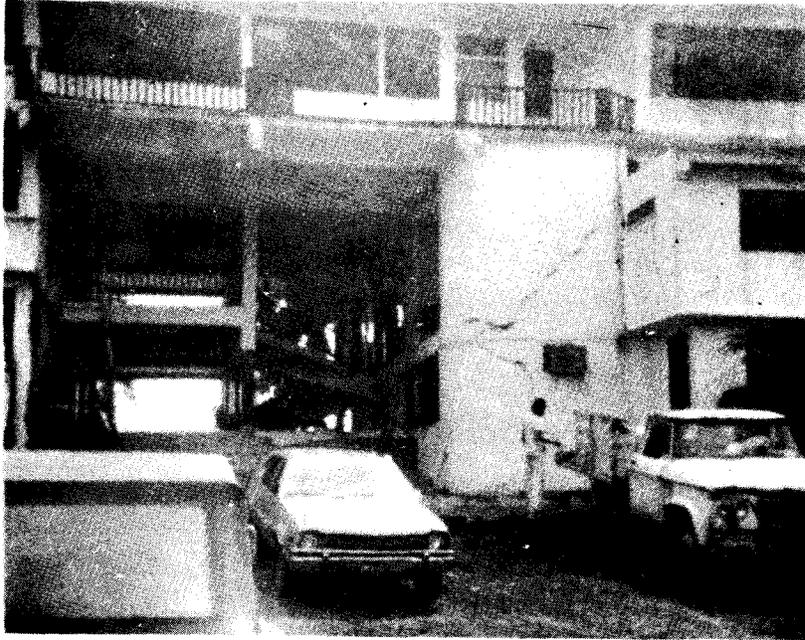


Fig 20. Hotel María Teresa en Playa Azul, Mich. Las grietas observadas hacen suponer que no existen suficientes elementos de confinamiento en estos muros. (Fotos del Ing. Nava)





Fig 21. Derrumbe parcial del hotel María Teresa en Playa Azul, Mich.  
(Fotos del Ing. E. Nava)





Fig 22. Hotel María Teresa en Playa Azul, Mich. En esta gráfica se aprecia el tipo general de construcción.