

Instrumentación sísmica del estado de Puebla

Raúl Serrano Lizaola*

Introducción

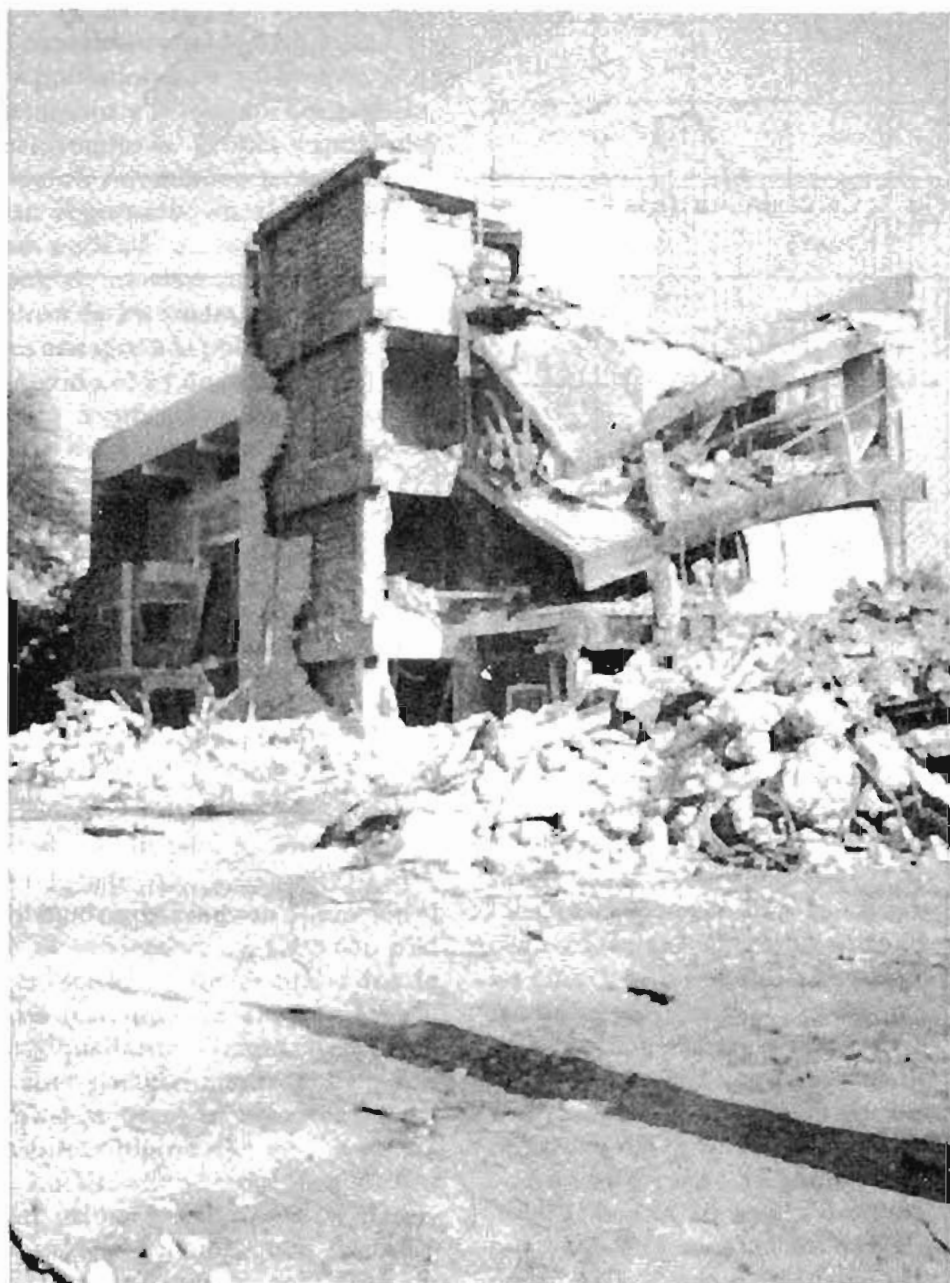
El sur del estado de Puebla se localiza en la proximidad de una de las zonas de mayor actividad sísmica del territorio nacional, mientras que la ciudad capital de esta entidad es, por su ubicación, vulnerable ante la zona sismogénica de la costa del Pacífico.

Ante la exigua existencia de instrumentación sísmica en este estado y con el fin de conocer verazmente su sismicidad, el Área de Ingeniería Sísmica y Sismología, perteneciente al Centro de Investigación en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Puebla, instaló la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP), así como la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP).

Actualmente, RESEP cuenta con siete estaciones sismológicas, situadas en la zona sísmica y peninsular de la entidad. Con ellas se obtiene el registro instrumental de sismos de pequeña y mediana magnitud (2 a 5.5 grados en la escala de Richter), así como también su localización epicentral y su cálculo de magnitud.

Por otra parte, RACP está integrada por tres estaciones acelerográficas, localizadas en aquellos sitios de la ciudad de Puebla, donde la estratigrafía del suelo es representativa de las zonas que acusan la mayor concentración de población dentro del área urbana. Los instru-

* Responsable del Área de Ingeniería Sísmica y Sismología del Centro de Investigación en Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Puebla.



mentos de esta red permiten detectar la presencia de macrosismos (sismos de magnitud mayor a los 4.5 grados en la escala de Richter).

El objetivo de este trabajo consiste en describir someramente dichas redes de instrumentación sísmica, en lo referente a su equipo integrante, formas de operación, mantenimiento y procesamiento de datos. Además, se reporta la actividad sísmica registrada por RESEP durante el período de diciembre de 1985 a junio de 1987, y, finalmente, se exponen los objetivos que se persiguen con la operación de éstas.

Red Sísmica del Estado de Puebla

El estado de Puebla es una región de la República Mexicana cuya fisonomía es altamente compleja, pues presenta grandes elevaciones y plegamientos, en contraste con la existencia de depresiones, fracturas y dislocaciones. Dicha fisonomía es producto del efecto de movimientos de la corteza terrestre que aún continúan desarrollándose, con la consecuente inestabilidad manifestada por una importante sismicidad cuyos orígenes son tectónico, volcánico y debido a acomodamientos superficiales.

Por su relativa cercanía a la zona sísmogénica del sureste del país (figura 1), este estado resulta muy vulnerable a los macrosismos profundos y de consecuencias devastadoras, generados durante el mecanismo de subducción, debido al fenómeno de la tectónica de placas, consistente en la penetración de la llamada Placa de Cocos por debajo de la Placa Continental Americana, a lo largo de la costa del Pacífico, en el litoral comprendido de Jalisco a Chiapas. Además de esta sismicidad de origen tectónico, se presenta otra de origen volcánico debido a la presencia del Eje Volcánico (figura 2), del que sobresalen las elevaciones del Popocatepetl e Iztaccíhuatl, pertenecientes a la Sierra Nevada, así como también de la Malintzi y del Citlaltépetl ó Pico de Orizaba.

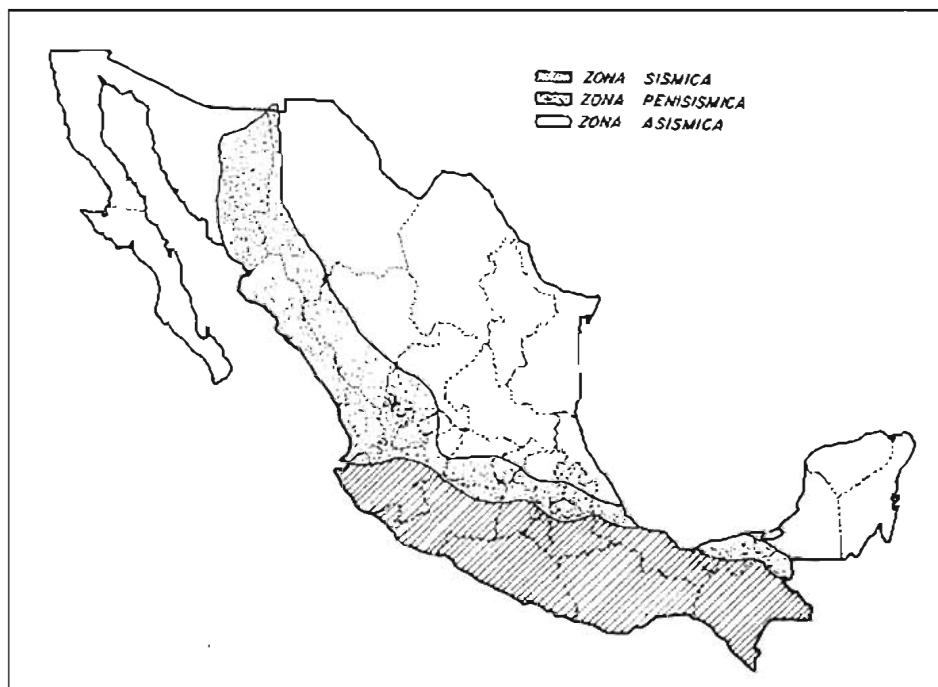


Fig. 1: Carta sísmica de la República Mexicana.

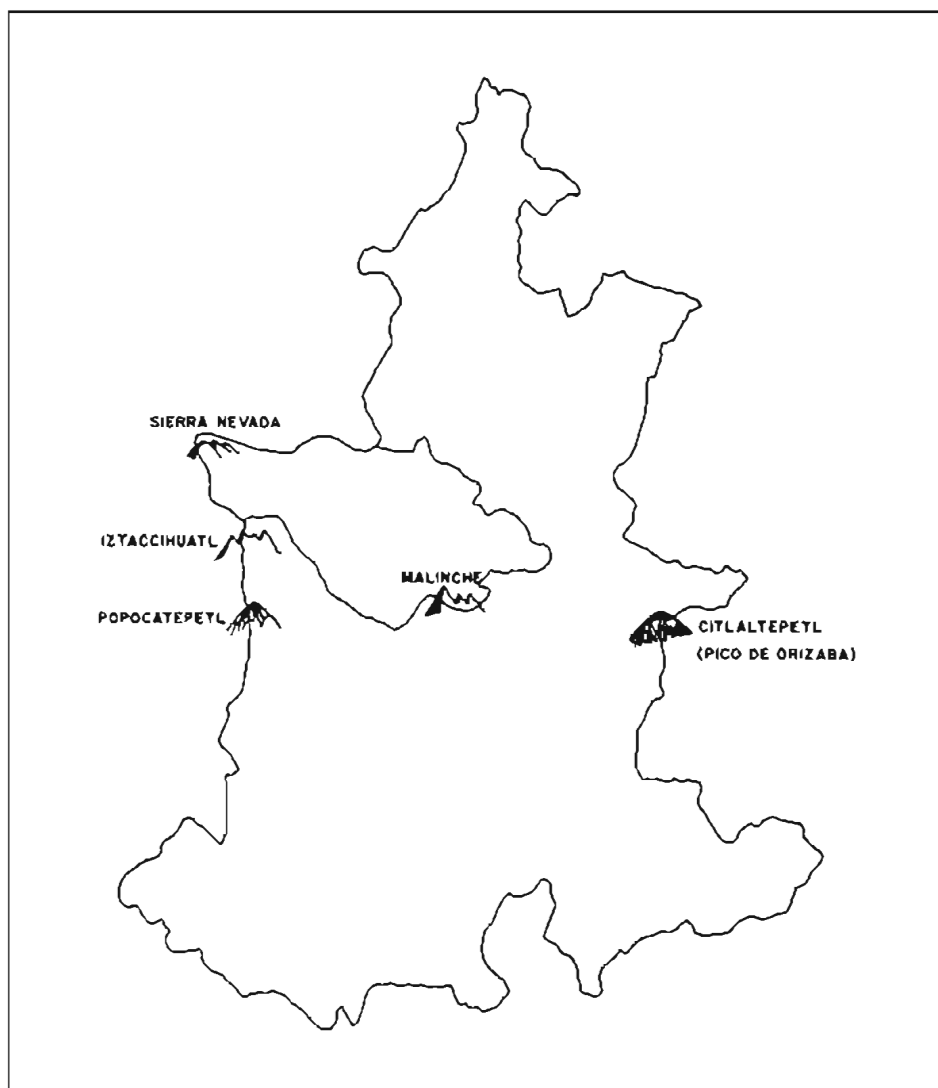


Fig. 2: Eje volcánico.

La historia sísmica del estado revela grandes desastres ocasionados por macrosismos. Durante los últimos cincuenta años se registraron en esta entidad varios sismos de magnitud mayor a los 6.5 grados en la escala de Richter y de una intensidad superior a los VIII de Mercalli, como los ocurridos el 10 de febrero de 1928, el 26 de julio de 1937, el 11 de octubre de 1945, el 24 de mayo de 1950 y el 28 de agosto de 1973⁵. Este último ha sido el más destructivo del siglo presente, habiendo ocasionado más de 500 muertes, 1600 heridos y cuantiosos daños materiales en las poblaciones de Ciudad Serdán, Tehuacán y otros muchos lugares, incluyendo la propia capital del estado⁴. Además, recientemente se han registrado, en el suroeste de esta entidad, un número considerable de movimientos telúricos, algunos de los cuales causaron grandes estragos a la población, como el ocurrido el 24 de octubre de 1980.

La zonificación sísmica del estado de Puebla, actualmente vigente, señala una considerable extensión del mismo, ubicada en su parte sur, como de gran actividad sísmica, mientras que las porciones central y norte están contempladas como zonas penísísmica y asísmica, respectivamente (figura 3).

Ante la evidente carencia de instrumentos sismológicos que permitieran realizar estudios sobre la sismicidad regional en y de esta entidad, se instaló la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP)¹⁴, habiéndose iniciado su operación el 29 de noviembre de 1985 con sólo tres estaciones, de las cuales dos de ellas (Chiautla de Tapia y Molcaxac) quedaron situadas dentro de la zona sísmica, mientras que la tercera (Cuyoaco) se ubicó en la penísísmica (figura 4).

La situación geográfica de las tres primeras estaciones se determinó de tal manera que con ellas se cubriera gran parte del área de la zona altamente sísmica así como una porción de la penísísmica, y que, lo más importante, su po-

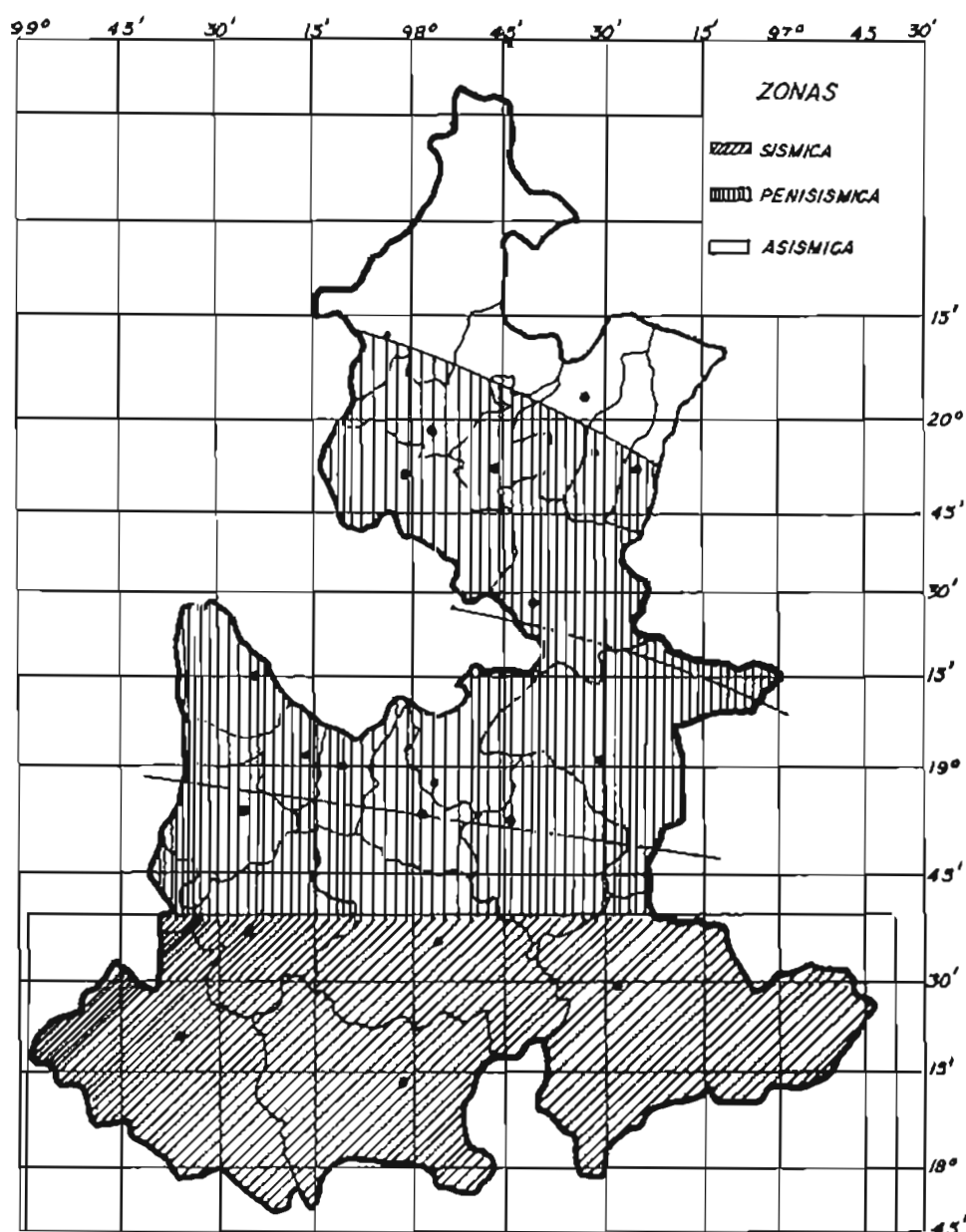


Fig. 3: Zonificación sísmica del Estado de Puebla.

sición triangulada permitiera la localización epicentral de los sismos cuyo origen se localizara dentro de los límites de la entidad o en sus inmediaciones.

A partir de la fecha indicada y hasta septiembre de 1989, cuando por razones de carácter financiero se detuvo su actividad, RESEP vino operando de manera ininterrumpida, con una eficiencia del 95%, habiendo incrementado el número de sus observatorios en cuatro más (figura 4), de los cuales dos se incorporaron a la zona sísmica (Chila de la Flores y Coxcatlán) y los dos res-

tantes a la penísísmica (Xilitzintla y Puebla).

De esta manera, la Universidad Autónoma de Puebla se convierte en una de las pocas instituciones de educación superior del país, en especial de provincia, dedicadas a realizar estudios de sismicidad regional.

Descripción de la red sísmica del estado de Puebla

Cada uno de los observatorios sismológicos en operación está equipado con los siguientes aparatos:

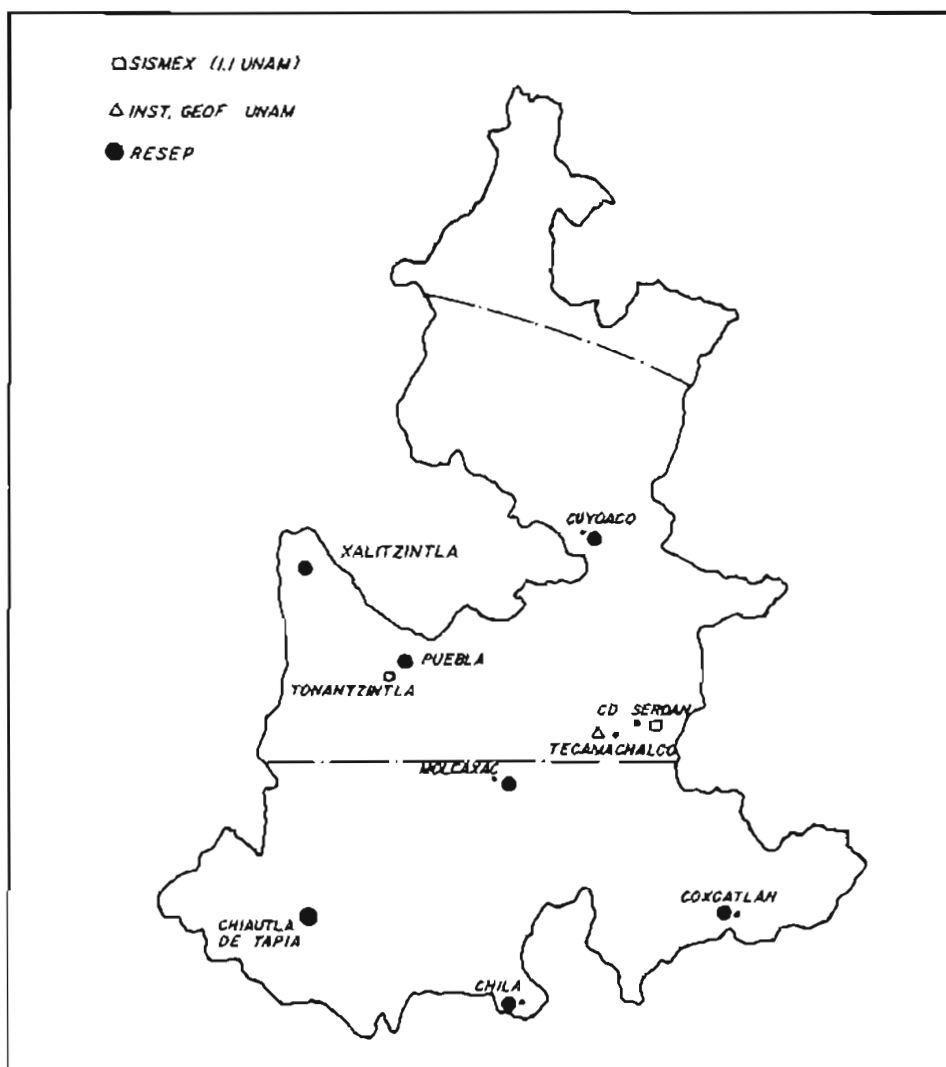


Fig. 4: Estaciones sismológicas en el Estado de Puebla.

- Un sismómetro de período corto tipo Ranger SS-1, marca Kinemetrics.
- Un sismógrafo MEQ-800-B, marca Sprengnether.
- Un radio receptor de la señal de tiempo universal WWV, marca Radio Shack.

Los sismómetros son sensores que registran directamente el movimiento del terreno (figura 5), cuya señal es transmitida mediante un cable conector al sismógrafo, el que la reproduce inmediatamente por medio de un estilete que actúa sobre una hoja de papel ahumado colocada sobre su cilindro giratorio (figura 6). Estos aparatos son de una sola componente y están instalados de tal manera que solo registran el movimiento vertical del terreno, permitiendo, además, el registro de la tensión liberada como

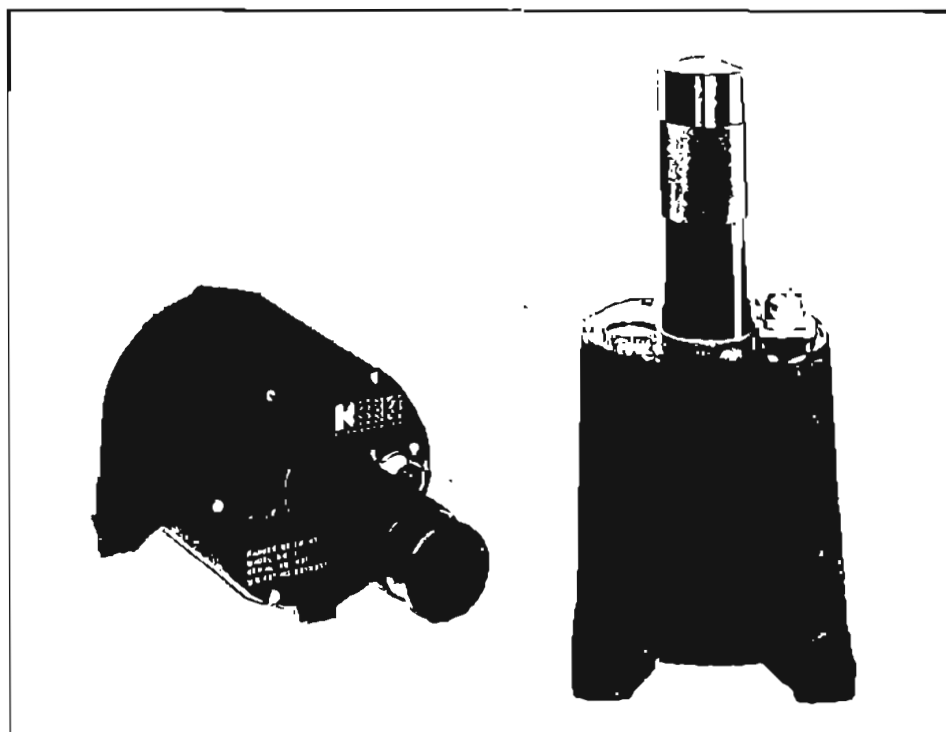


Fig. 5: Sismómetro Ranger SS-1.

consecuencia del movimiento sísmico.

Los sismógrafos son de tipo analógico y graban, como ya se dijo, el movimiento sísmico sobre papel ahumado. Estos aparatos poseen un reloj digital integrado, cuya función consiste en introducir una señal grabada que permite conocer la hora exacta con la que arriban los sismos en el lugar de observación. La energía requerida para el funcionamiento de este equipo se suministra con baterías externas. En la figura 6 se muestra un sismógrafo, mientras que en la tabla 1 se resumen las características de operación del mismo.

El radio receptor (figura 7) resulta imprescindible para el control en el tiempo de los registros sismológicos.

Finalmente, en la figura 8 se muestra el plano constructivo correspondiente a las casetas que albergan el equipo sismológico.

Operación y mantenimiento de la red sísmica

Los sismogramas, esto es, los registros obtenidos por el sismógrafo so-

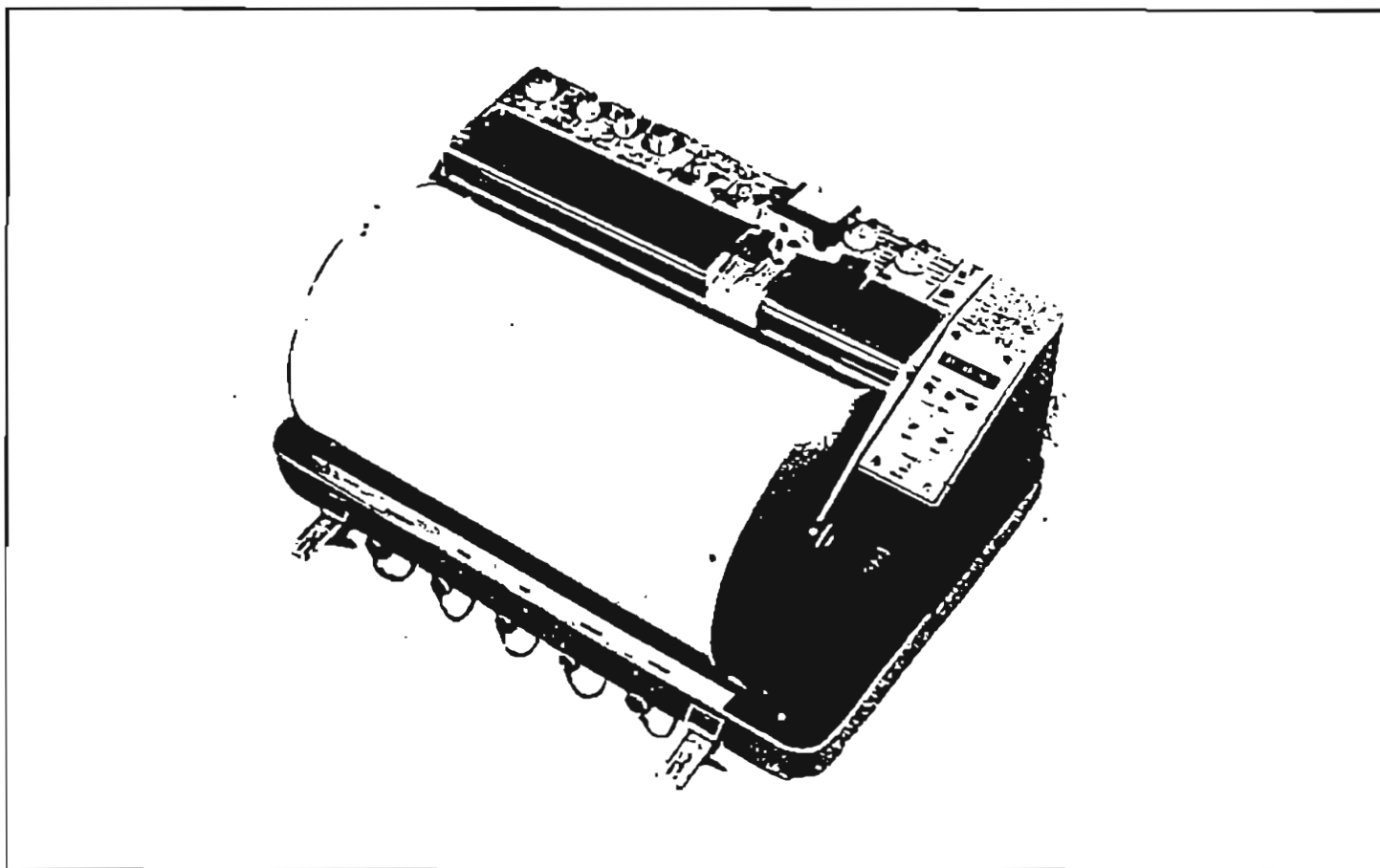


Fig. 6: Sismógrafo portátil MEQ-800-B.

bre papel ahumado (figura 9 a 11), son removidos del cilindro giratorio cada veinticuatro horas y fijados con laca, permaneciendo almacenados diariamente y por espacio de siete días en su estación correspondiente. Esta labor la realizan operarios capacitados específicamente para ella, quienes radican en la po-

blación donde se ubica el observatorio sismológico.

La calibración del tiempo (GMT) en el reloj digital integrado al sismógrafo se efectúa semanalmente, operación que es aprovechada para verificar que el nivel de carga de las baterías de alimentación energética sea el requerido para el adecuado

funcionamiento del equipo sismológico.

Las actividades de control, mantenimiento y operación de las estaciones sismológicas las realizan brigadas de estudiantes en cumplimiento de su servicio social, quienes son organizados y adiestrados por los integrantes de RESEP. Toda eventualidad presentada en el equipo o funcionamiento de una estación se reporta inmediatamente, contándose con el apoyo del laboratorio de la Escuela de Electrónica de la UAP para la reparación y el permanente mantenimiento técnico del equipo.

Procesamiento de datos

Los sismogramas almacenados en cada estación son trasladados semanalmente al centro de operaciones de RESEP, localizado en la Escuela de Ingeniería Civil de la UAP, donde son interpretados por los analistas de datos.

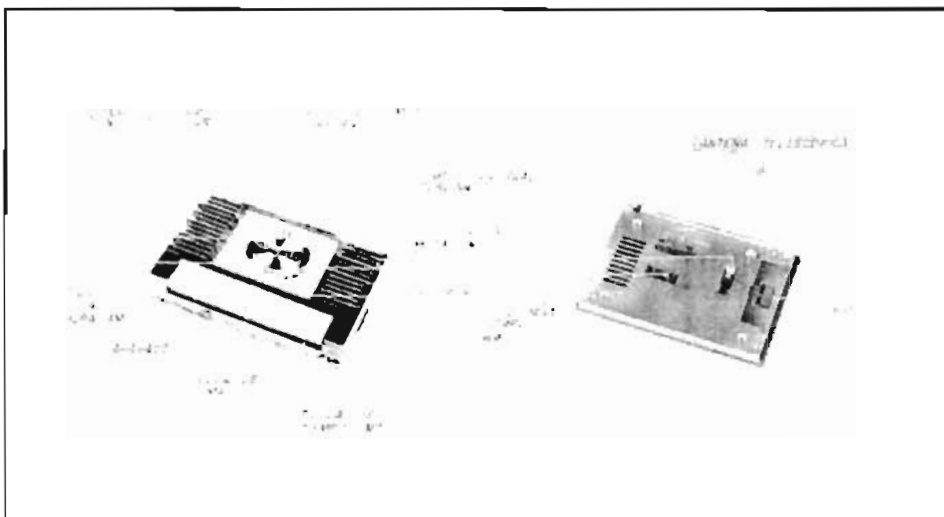


Fig. 7: Radio receptor de tiempo WWV.

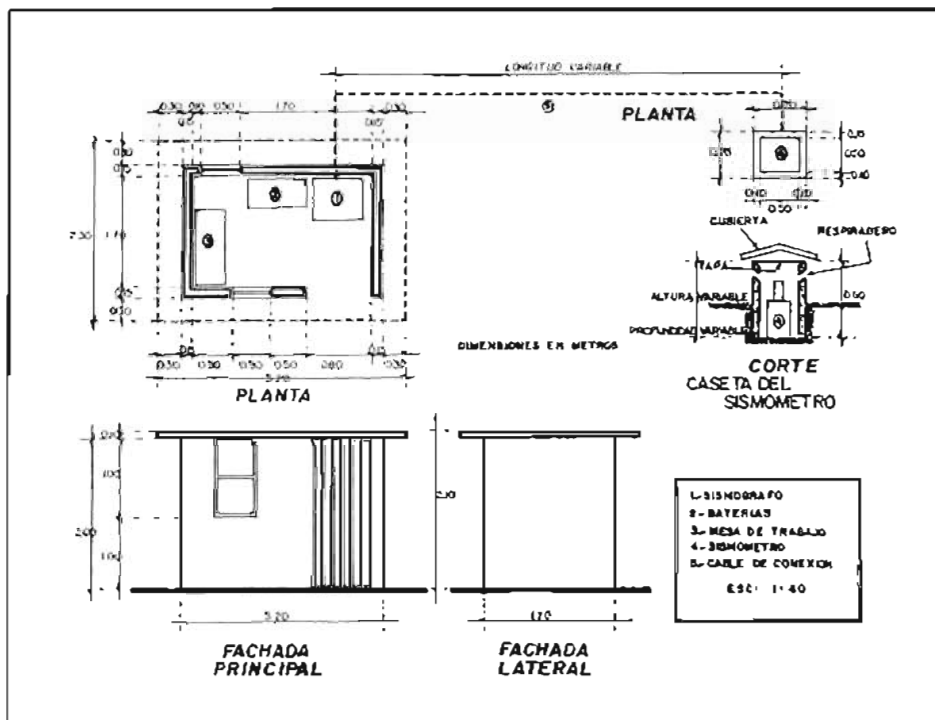


Fig. 8: Plano de una caseta sismológica.

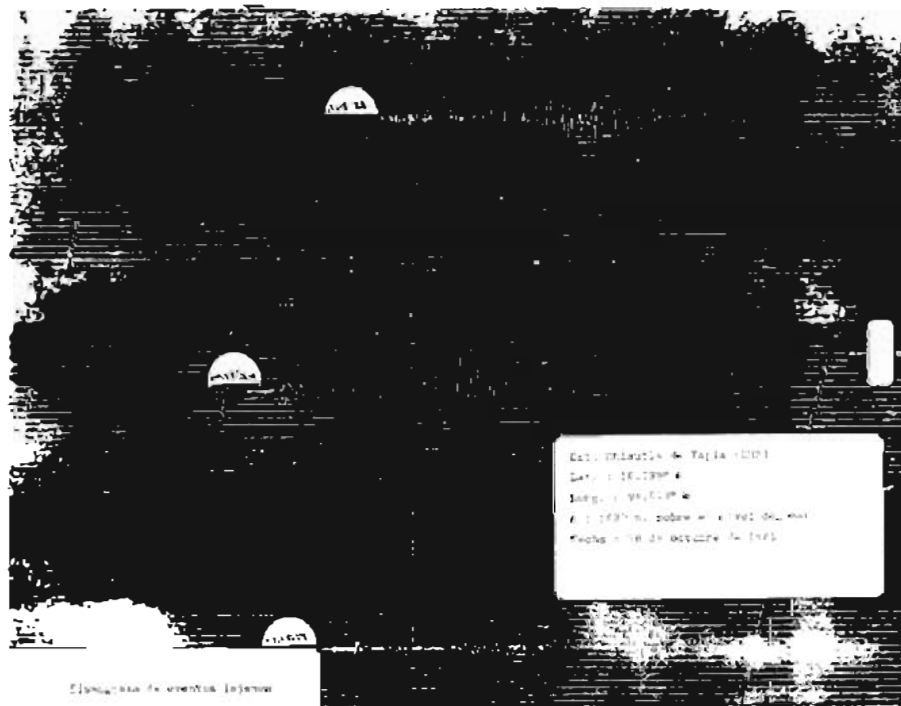


Fig. 9: Sismograma de eventos lejanos.

El procesamiento de la información registrada por las estaciones integrantes de RESEP consiste en las actividades siguientes: lectura de sismogramas, localización epicentral y cálculo de magnitud.

La lectura directa de los sismogramas permite determinar la diferencia entre los tiempos de arribo

de las ondas sísmica secundaria (onda S) y primaria (onda P), esto es, S-P, para todos y cada uno de los eventos registrados (figura 9 a 11). Si el valor de esta diferencia no es mayor de 20 segundos, se considera que el origen de este evento se localiza dentro del área geográfica del estado de Puebla,

procesándose esta información en una microcomputadora a fin de localizar el epicentro del sismo. Si esa diferencia es superior a los 20 segundos, se considera que el evento tiene su origen fuera de los límites de la entidad, enviándose los sismogramas pertenecientes a este caso al Servicio Sismológico Nacional, donde, con la ayuda de los datos provenientes de otras redes del país, pueda ser localizada su posición epicentral.

La localización epicentral "exacta" se obtiene con el programa de cómputo HYPO-BASIC¹³ para lo que deben suministrarse los datos siguientes: fecha, hora-origen, latitud y longitud aproximadas, y tiempos de arribo de las ondas P y S. Los resultados que proporciona el programa son: fecha, hora-origen, latitud, longitud y profundidad del epicentro, así como también la magnitud sísmica y la región dentro de la que se localiza el sismo.

La información registrada y procesada por RESEP se difunde trimestralmente mediante su Boletín Sismológico Preliminar, el que se distribuye dentro de la comunidad científica incorporada a instituciones de educación superior y gubernamentales.

De esta manera, RESEP contribuye al estudio de la sismicidad tanto regional como nacional, pudiéndosele contemplar como una extensión de las redes sísmicas existentes en el país.

Actividad sísmica registrado por RESEP en el estado de Puebla

El primer estudio realizado sobre la sismicidad del estado de Puebla y sus inmediaciones⁴, abarca el periodo comprendido del año de 1523 a octubre de 1973 y consta de dos partes: la primera, para el lapso de 1523 a 1911, basada en datos históricos, reporta únicamente macrosismos, un total de 108, mientras que la segunda, para el periodo de 1911 a octubre de 1973, sustentada

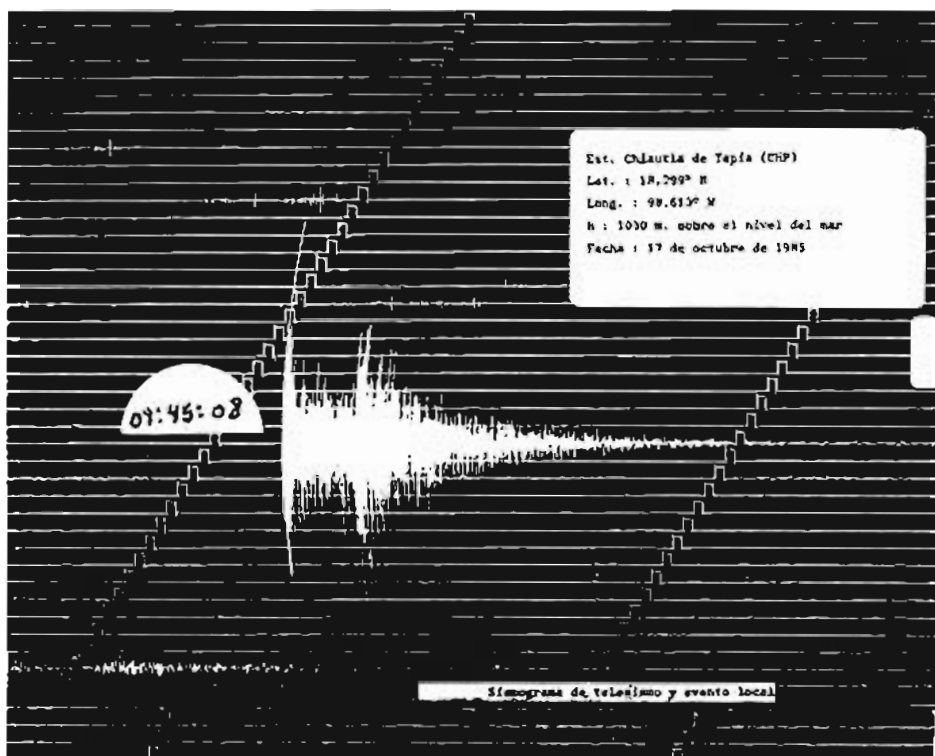


Fig. 10: Sismograma de telesismo y evento local.

en información instrumental, registra la ocurrencia de 123 sismos de magnitud mayor a los 3.0 grados en la escala de Richter.

Posteriormente y con base en los boletines preliminares del Sistema de Información Sismotelemétrica de México (SISMEX) y de la Red Sísmica de Apertura Continental (RESMAC), se detectaron 104 eventos sísmicos para el período de 1976 a febrero de 1983⁸. Esto evidencia, sin embargo, la escasa información instrumental para el estado de Puebla.

El monitoreo de la actividad sísmica realizado por RESEP durante el lapso de diciembre de 1985 a junio de 1987, registró un total de 122 sismos dentro del área geográfica comprendida entre los paralelos 17°40' y 21°00' de latitud norte y los meridianos 96°20' y 99°40' de longitud oeste⁷.

El catálogo de eventos registrados durante el período arriba señalado indica la presencia de una significativa actividad sísmica manifestada en el estado de Puebla (122 eventos en cerca de 20 meses), siendo los resultados más significa-

tivos los que a continuación se resumen:

- El rango de magnitudes osciló entre los 2.1 y los 5.2 grados en la escala de Richter (77 eventos con una magnitud intermedia de 3.6 a 4.5 grados), resultando la de mayor

frecuencia la de 3.6 grados (20 veces).

- La mayoría de los sismos fueron superficiales (66 a una profundidad menor de 30 km), mientras que solo algunos de ellos fueron intermedios (50 con profundidad entre 30 y 60 km) y muy pocos resultaron ser profundos (6 a una profundidad mayor de 60 km). El sismo de mayor profundidad alcanzó los 77 km.

- En lo referente a su distribución espacial, sólo 32 sismos tuvieron su origen dentro del área geográfica del estado de Puebla. Conforme a las diferentes regiones en que se ha dividido el área de monitoreo, se localizaron 15 sismos en la región de Chiautla, 9 en la de Atlixco, 6 en la de Teziutlán, 5 en la de Ciudad Serdán, 5 en la de Tehuacán, 5 en la de Acadán de Osorio y 4 en la de Puebla. Los restantes movimientos telúricos se ubicaron en las regiones comprendidas entre los límites de la entidad con los estados de México (26), Guerrero (12) y Oaxaca (6)⁷.

- Durante el mes de mayo de 1986 se registró el mayor número de eventos (16), los que se localizaron en los límites del estado de

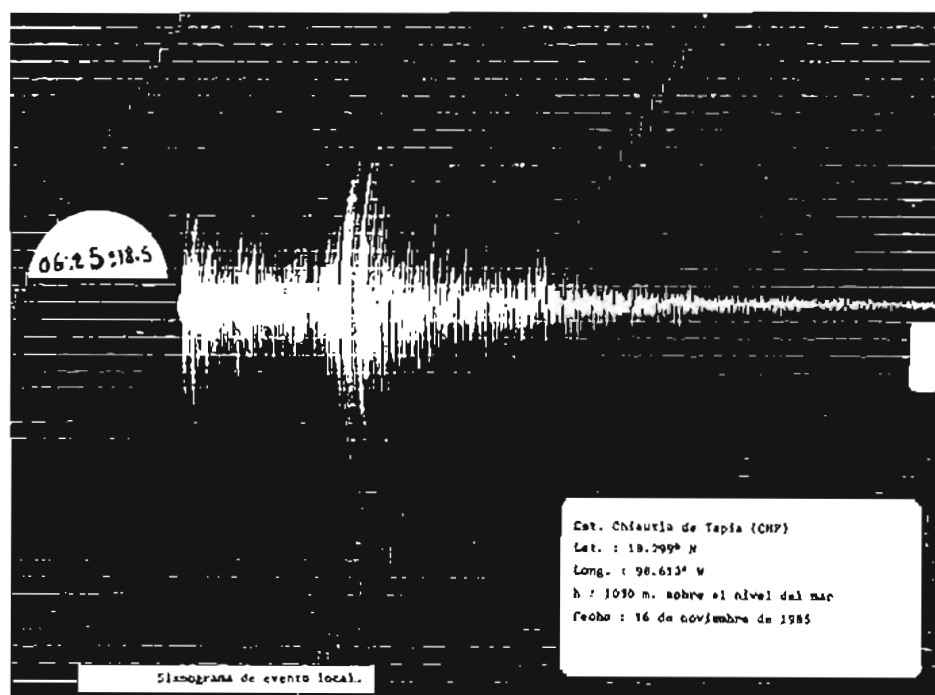


Fig. 11: Sismograma de un evento local.

Puebla con los de México y Tlaxcala y cuya magnitud osciló entre los 3.6 y los 4.2 grados en la escala de Richter. Este enjambre de temblores puede asociarse a la actividad volcánica propia de la región definida, la que en lo futuro deberá estudiarse cuidadosa y atentamente.

Además, dada la importancia que encierra la actividad sísmica observada en los límites de Puebla y Tlaxcala, se pretende extender RESEP a este último estado, con lo que se crearía así la Red Sísmica Interstatal Puebla-Tlaxcala¹².

Objetivos de RESEP

Además de conocer la actividad sísmica manifestada dentro del contorno del estado de Puebla, se persiguen, con el funcionamiento de RESEP, los objetivos siguientes:

- Obtener los sismogramas de todos los eventos que arriben a las estaciones sismológicas.
- Localizar los epicentros de los sismos cuyo origen esté dentro de los límites del estado de Puebla, o en su vecindad, y calcular su magnitud.
- Difundir los resultados de la medición sísmica mediante el Boletín Sismológico Preliminar de RESEP.
- Conformar un catálogo de eventos sísmicos para el estado de Puebla.
- Proporcionar los sismogramas de aquellos eventos, cuyo epicentro se encuentre fuera de la entidad, al Servicio Sismológico Nacional, apoyando así la localización epicentral de los mismos y complementando la información proporcionada por otras redes nacionales.
- Zonificar sísmicamente el estado de Puebla en base a las características de su actividad sísmica.
- Realizar estudios de sismicidad tanto local como regional.
- Detectar probables fuentes sísmicas y fallas activas.
- Realizar estudios de microrregionalización.

• Estudiar la actividad volcánica del estado de Puebla.

La Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla

La ciudad de Puebla, con una población cercana a los dos y medio millones de habitantes y cubriendo un área urbana de aproximadamente 45 km², ocupa el cuarto lugar de importancia a nivel nacional, caracterizándose por un acelerado crecimiento y por consiguiente inversiones elevadas en infraestructura del orden tanto civil como industrial.

Encontrándose localizada en el Valle del Atoyac, a una altura de 2,162 m.s.n.m. y estando rodeada por las elevaciones del Popocatepetl e Iztaccíhuatl al oeste y la Malintzi al noroeste (figura 12), esta urbe, conforme a su posición geográfica,

se ubica en la zona peninsular del estado de Puebla (figura 3), lo que la hace susceptible de sufrir grandes estragos producidos por macrosismos debido a su relativa cercanía de la costa del Pacífico, principalmente por el tramo que abarcan los estados de Guerrero y Oaxaca.

Siendo los sismos fenómenos naturales, inevitables y aún impredecibles, el recurso principal para contrarrestar sus efectos destructivos consiste en diseñar y construir estructuras que resistan sin peligro los embates de las aceleraciones del terreno generadas por ellos.

Los aparatos diseñados precisamente para captar movimientos severos del terreno y proporcionar una descripción cuantitativa y completa de la historia de la aceleración alcanzada por el terreno, desde que se inicia su movimiento hasta que cesa por completo, lo son

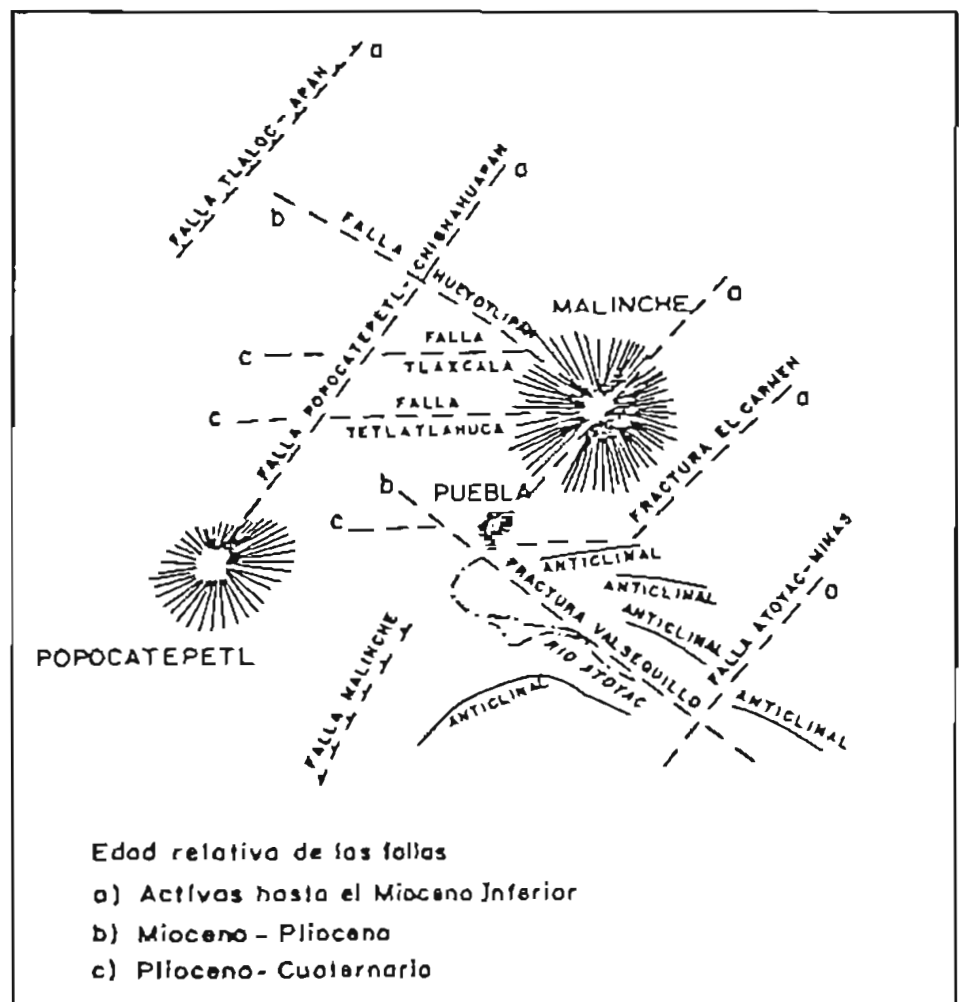


Fig. 12: Tectónica del valle de Puebla.

los acelerógrafos. La información recabada por ellos es indispensable para evaluar las fuerzas para las que deben diseñarse las construcciones civiles a fin de que resistan óptimamente los efectos sísmicos.

Una de las principales enseñanzas para la ciudad de México, derivadas de los sismos de septiembre de 1985^{6,9,10}, fue la evidencia de incrementar considerablemente el número de acelerógrafos instalados en dicha urbe, habiéndose pasado de escasos 10 aparatos a más de 80³. La necesidad de lograr una densa instalación de acelerógrafos en las principales ciudades en o cercanas a zonas sísmicas, ha sido reconocida por otros países como Japón y los Estados Unidos, donde sus ciudades con mayor riesgos sísmico cuentan con cientos de estos aparatos.

La casi inexistente instalación de instrumentos de medición sísmica en esta ciudad, que permitieran conocer la respuesta del terreno ante la manifestación de macrosismos, ha impedido establecer criterios adecuados con fines de diseño sismorresistente para la erección de todo tipo de construcciones dentro de su área urbana. Las consecuencias catastróficas sufridas en la ciudad de México y en otras ciudades importantes del país por los macrosismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, dejaron de manifiesto la imperiosa necesidad de cubrir con el mayor número de acelerógrafos, por lo menos aquellas ciudades del territorio nacional situadas en o cerca de zonas sísmicas¹¹. Solo así podrán determinarse criterios adecuados y racionales para el diseño sísmico de obras civiles.

Por lo anteriormente expuesto y como medida de respaldo a la labor de monitoreo de la actividad sísmica en el estado de Puebla, realizada por RESEP, se decidió instalar la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP), cuya operación data del 5 de noviembre de 1987².

Las estaciones integrantes de esta red acelerográfica se ubican en los sitios donde la estratigrafía del suelo es representativa de las zonas que acusan la mayor concentración de asentamientos humanos en el área urbana. Partiendo de una zonificación preliminar de suelos realizado para esta ciudad¹, se determinó estratégicamente la ubicación de los observatorios de RACP.

Actualmente, esta red consta de tres estaciones (figura 13). Una de ellas está ubicada en la zona norte de esta ciudad, dentro del área de la Central de Abastos, donde el terreno puede considerarse compresible. Otra se encuentra en la zona centro, dentro del Paseo Nicolás Bravo, siendo el suelo de muy baja compresibilidad (travertino). La última se aloja dentro

taciones se construyeron en forma subterránea. En lo futuro, RACP poseerá tres observatorios más, cuya ubicación tentativa será dentro del Parque Ecológico de esta urbe (zona oriente), del Parque Benito Juárez (zona centro-sur) y en la Colonia Emiliano Zapata (zona sur)².

Cabe resaltar aquí, que la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla es la única, a nivel de provincia, existente en el país.

Descripción de la red de acelerógrafos

El equipo que alberga cada observatorio consiste de:

- un acelerógrafo con respuesta de 0.5 ó 1.0 g. modelo DCA-333
- Una unidad reproductora y graficadora, modelo SMR-104

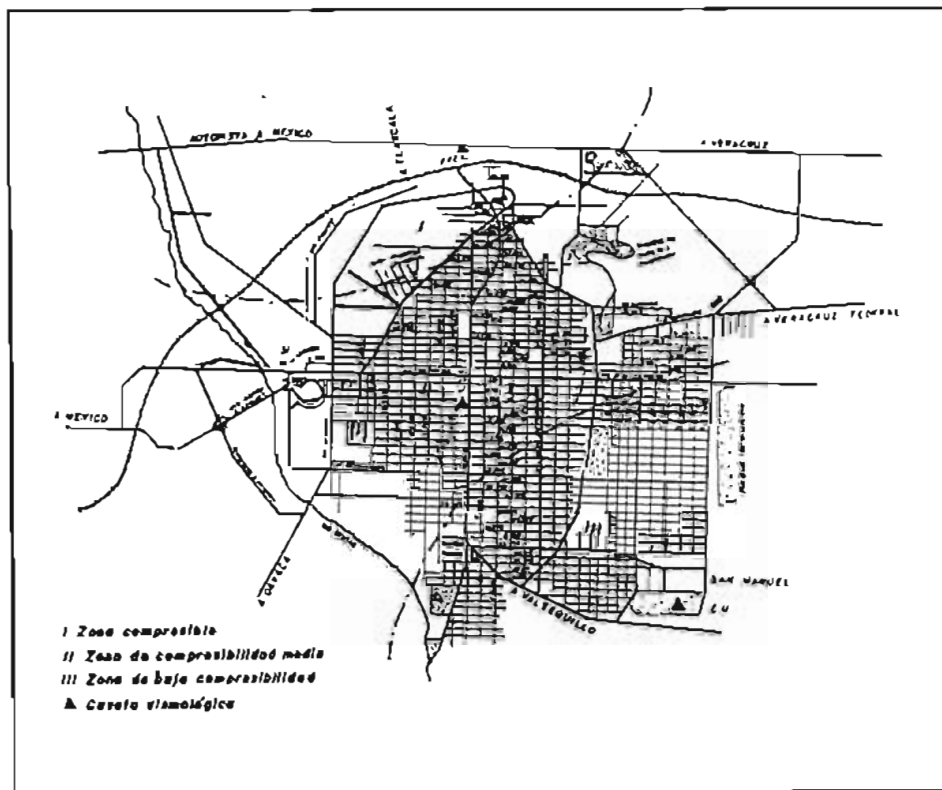


Fig. 13: Zonificación de suelos de la Ciudad de Puebla y localización de las estaciones acelerográficas.

del campus universitario, atrás de la Escuela de Ingeniería Civil, en donde el terreno es de transición de uno compresible a otro de baja compresibilidad. Por razones de estética urbana, las dos últimas es-

- Un calcular de espectros.

Todos estos aparatos son de marca Terra-Technology.

El acelerógrafo (figura 14 y 15) registra en cinta magnética la aceleración del terreno en tres direc-

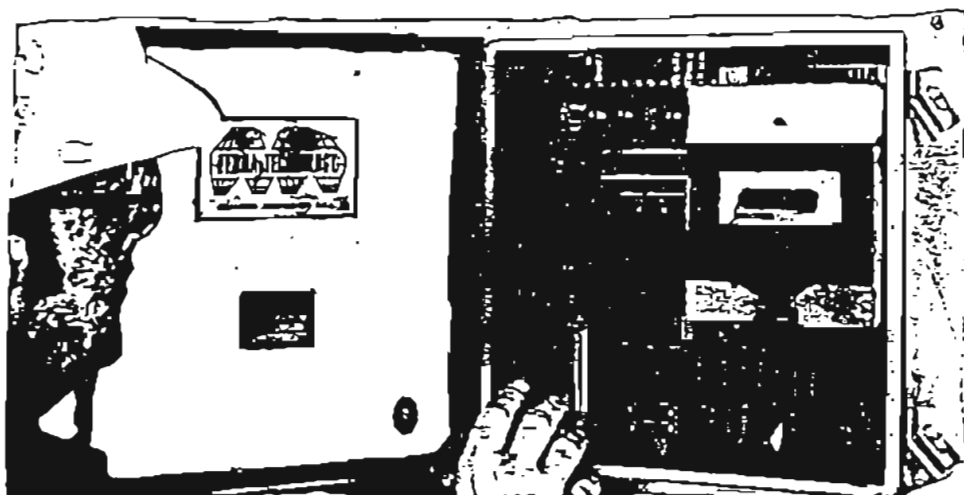


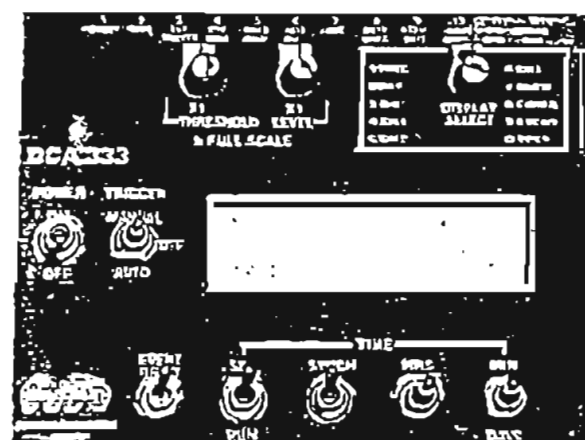
Fig. 14: Acelerógrafo DCA-333.

ciones (N-S, E-W y vertical), provocada por movimientos sísmicos fuertes (magnitud mayor a los 4.5 grados en la escala de Richter). El procesamiento de datos, consistente en la graficación y reproducción del registro, así como en la calibración y prueba para el acelerógrafo, la realiza el graficador analógico (figura 16).

El equipo descrito se caracteriza por su alta precisión, elevada velocidad de muestreo y por contar con memoria para el registro de pre-eventos más amplia que la de sus homólogos disponibles en el mercado.



Fig. 15: Tablero del acelerógrafo DCA-333.



Objetivos de RACP

La información recabada mediante los acelerogramas (figura 17), los que contienen el registro de macrosismos, constituye la base para alcanzar los siguientes objetivos vinculados con el funcionamiento de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla:

- Analizar las características de los movimientos registrados en cada sitio de operación con el fin de relacionar las condiciones locales del suelo con los registros obtenidos.



Fig. 16: Tablero del graficador analógico SMR-104.

- Zonificar la ciudad de Puebla con base en estudios geofísicos y en los registros recabados.
- Realizar estudios de riesgo sísmico.
- Calcular espectros de respuesta.
- Elaborar un conjunto de normas técnicas conducentes, a la reglamentación sísmica de la ciudad de Puebla.
- Diseñar una cartilla de autoconstrucción.

Conclusiones

El estado de Puebla se sitúa en una región de mediana actividad sísmica de nuestro país y está re-

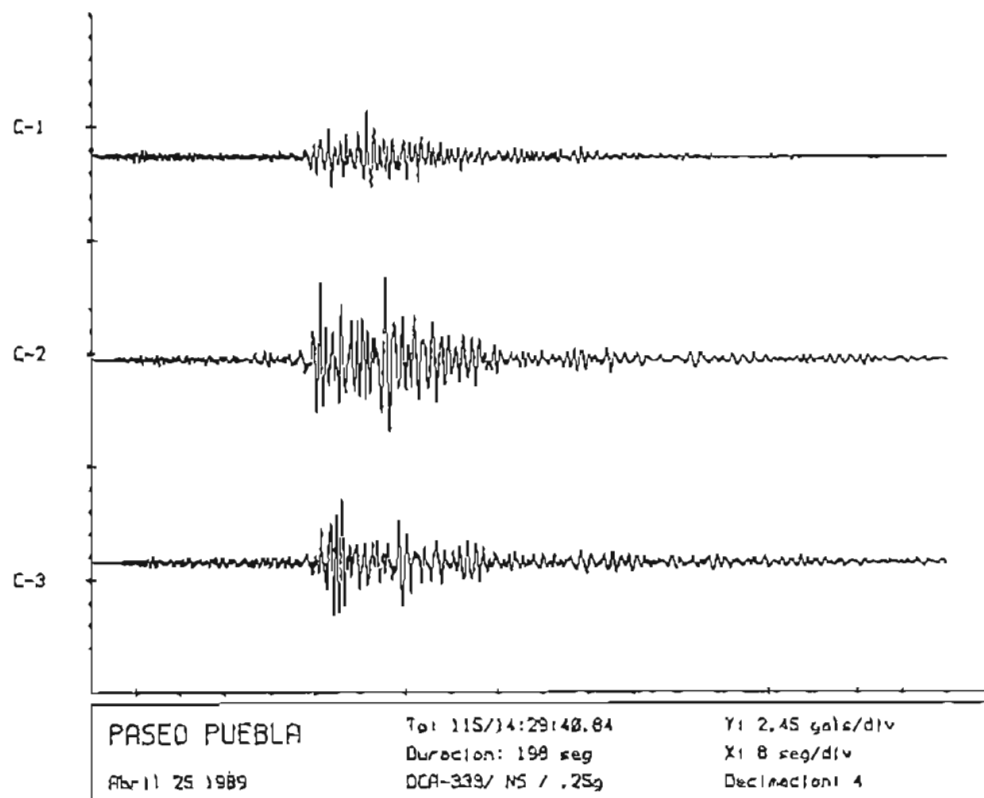


Fig. 17: Acelerograma registrado el 25 de abril de 1989 en la estación ubicada en el Paseo Nicolás Bravo.

lativamente cercano a otra de gran actividad. Actualmente, cuenta con cuatro centros urbanos importantes, incluida su capital, y sus crecimientos poblacional, económico e industrial son marcadamente acelerados. La sismicidad en su parte central refleja sismos superficiales, mientras que en la sur son intermedios y algunos profundos. En lo referente a la magnitud de sus eventos sísmicos, éstos son intermedios y su distribución espacial se concentra en los límites de la entidad con los de los estados de Oaxaca, Guerrero, México y Tlaxcala.

La necesidad del estudio de la actividad sísmica que se genera dentro de su área geográfica resulta evidente, así como también el fortalecimiento de su instrumentación sísmica. Cabe resaltar la eminente prioridad de recabar más información instrumental de temblores en el terreno, a profundidad y en estructuras, por lo que la inversión económica más redituable, para el país en general, será la que se desúne a la ampliación y al man-

tenimiento de las redes instrumentales existentes.

Referencias

¹Auvinet, G.: Zonificación de suelos de la Ciudad de Puebla, Memorias, VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, tomo II, pp. 183-210, Guanajuato, Gto., México, 1976.

²Avilés L., J.; Gante G., J. de; González P., C.; Serrano L., R.: Instalación de la Red de Acelerógrafos de la Ciudad de Puebla (RACP), Rep. Téc. 89-1, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1989 (reproducido aquí mismo).

³Espinosa A., J. M.; Contreras G., O. R.; Ibarrola A., G.: Nueva Red de Acelerógrafos para el D.F., Memorias, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. B-185 - B-199, Querétaro, Qro., México, 1987.

⁴Figueroa A., J.: Sismicidad en Puebla, Macrosismo del 28 de Agosto de 1973, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1974.

⁵Figueroa A., J.: Sismicidad en Puebla, VI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. 17-23, Puebla, Pue., México, 1983.

^{6,9,10}Fossas R., R.: Los sismos de México de los días 19 y 20 de septiembre de 1985. Pasado, presente y futuro, Revista

IMCYC, No. 179, pp. 27-37, México, 1986. Nieto R., J. A.: ¿Qué enseñanzas nos dejaron los sismos del 19 a 20 de septiembre de 1985?, Revista IMCYC, No. 174, pp. 19-23, México, 1986. Prince A., J.: Más instrumentos sísmicos: una necesidad imperiosa, Revista IMCYC, No. 176, pp. 19-23, México, 1986.

⁷González P.; Gante G., J. de; Sismicidad en el Estado de Puebla de diciembre de 1985 a junio de 1987, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, pp. B-68 - B-78, Querétaro, Qro., México, 1987.

⁸González R., Z.: Historia Sísmica del Estado de Puebla, Tesis Profesional, UNAM, México, 1981.

¹¹Rosenbluth D., E.; Meli P., R.: El sismo del 19 de septiembre de 1985. Sus efectos en la Ciudad de México, Revista IMCYC, No. 180, pp. 15-31, México, 1986.

¹²Serrano L., R.: Proyecto sobre la creación de la Red Sísmica Interestatal Puebla-Tlaxcala, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1987.

¹³Serrano L., R.; González P., G.: Instalación de la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP), Rep. Téc. 85-2, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1985 (reproducido aquí mismo).

¹⁴Serrano L., R.; González P., G.: Instalación de la Red Sísmica del Estado de Puebla (RESEP), Rep. Téc. 85-2, Centro de Investigación en Ingeniería, UAP, Puebla, México, 1985 (reproducido aquí mismo).