

LA ESTACIÓN DE POZO Y SUPERFICIE, SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

LEONARDO RAMÍREZ GUZMÁN, MAURICIO AYALA HERNÁNDEZ, RICARDO VÁZQUEZ LARQUET, LUIS ALBERTO AGUILAR CALDERÓN, MIGUEL LEONARDO SUÁREZ, GERARDO CASTRO PARRA, ALEJANDRO MORA CONTRERAS, HÉCTOR SANDOVAL GÓMEZ, ISRAEL MOLINA ÁVILA, DAVID ALMORA MATA, JUAN MANUEL VELASCO MIRANDA, MARCO ANTONIO MACÍAS CASTILLO, CITLALI PÉREZ YAÑEZ, ANA LAURA RUIZ GORDILLO, MARÍA DEL ROSARIO DELGADO DIANCE, CRISTIAN ROBERTO TEJADA MALPICA, MIGUEL ÁNGEL GARCÍA ILLESCAS, BARUO DANIEL ALDAMA SÁNCHEZ, MOISÉS CONTRERAS RUIZ ESPARZA Y MIGUEL CARRILLO LUCÍA

Durante muchos años el registro del sismo del 19 de septiembre de 1985 en la estación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), ubicada en la zona de lago de la Ciudad de México (ver figura 1), ha sido una referencia en la Ingeniería sísmica mundial. Los valores del espectro de respuesta, en su momento considerados únicos, trajeron discusiones sobre los mecanismos que originaron amplitudes y duraciones en el movimiento del terreno. La estación a unos kilómetros de la zona de mayores daños durante el sismo de 1985 se convirtió desde entonces en punto de comparación del movimiento para eventos futuros.

La estación cobra relevancia en la actualidad, pues sus registros son detonadores de diversos procedimientos establecidos en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF). Además, se ha instalado un sensor de pozo, el más profundo con que cuenta la Ciudad de México hasta el momento de la publicación de este documento. En este artículo documentamos el trabajo que ha realizado la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) del Instituto de Ingeniería (II) al respecto, junto con el reporte del primer registro a más de cien metros de profundidad en nuestra capital.

Breve Historia de la Red Acelerográfica del II y la estación SCT y los sismos del 19 de septiembre

El II UNAM ha instrumentado al país con acelerógrafos desde los años sesenta, como una respuesta al interés creciente en disponer información útil para evaluar el comportamiento de las estructuras, con lo cual ha mejorado la cobertura de monitoreo sísmico nacional. Pevio a los sismos de 1985 y en colaboración con instituciones de los Estados Unidos la recién creada Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica, ahora UIS, instaló la red de Guerrero, y en ese mismo periodo emprendió un cambio de instrumentos analógicos a digitales, en esa coyuntura se equiparon una serie de estaciones en la Ciudad de México, entre ellas SCT (ver figura 2A) que antiguamente formaban parte de una red de telemetría y registro analógico.

Los trabajos originales de instalación de equipo digital en SCT, ubicada en el entonces Centro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), concluyeron el 13 junio de 1984 (ver figura 2B), no sin algunos percances, asociados al equipo, que quedaron corregidos unos meses después. Su primer registro importante fue el sismo M8.1 del 19 de septiembre de 1985 (figuras 2C y 2D); este sismo ha sido el desastre más importante que ha sufrido la Ciudad de México.

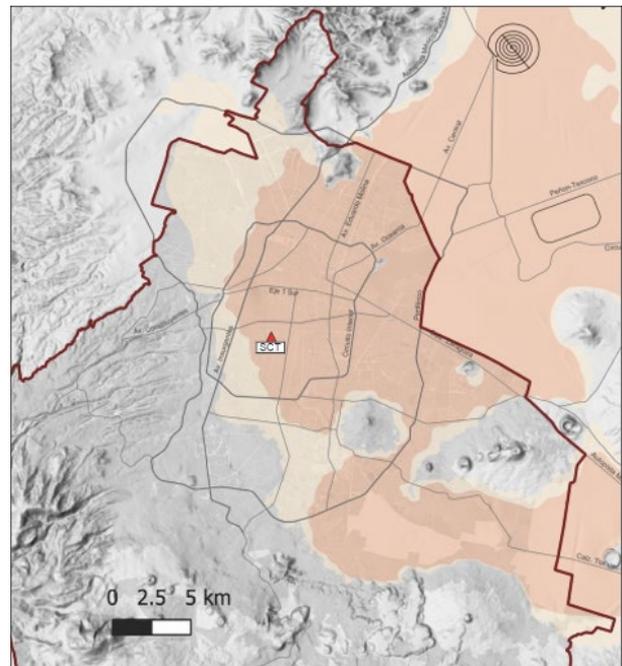


Figura 1. La estación SCT. Ubicación en el contexto de la zonificación geotécnica

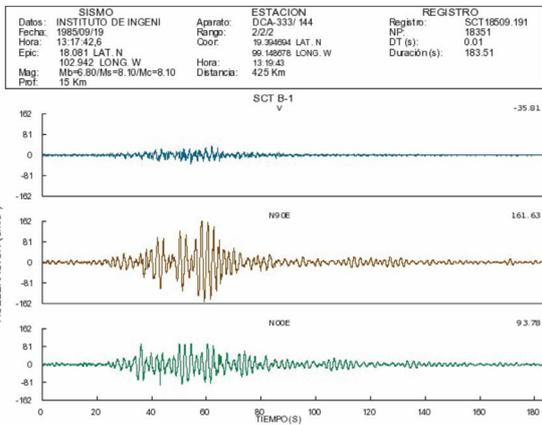
A)



B)

LUGAR DE INSTALACION MEXICO D.F.										ESTACION S C T														
NO. DE ID / DCA-333										NO. DE SERIE 152/144														
CARGADOR Pac 12250										BATERIA														
FECHA	HORA	OPER.	TIPO	VALOR	UNIDAD	FECHA	HORA	OPER.	TIPO	VALOR	UNIDAD	FECHA	HORA	OPER.	TIPO	VALOR	UNIDAD	FECHA	HORA	OPER.	TIPO	VALOR	UNIDAD	
1984	JUL 16	0	0	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9	0.6	13.2	12.9
1985	SEPT 19	0	0	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3	0.9	13.3	13.3

C)



D)

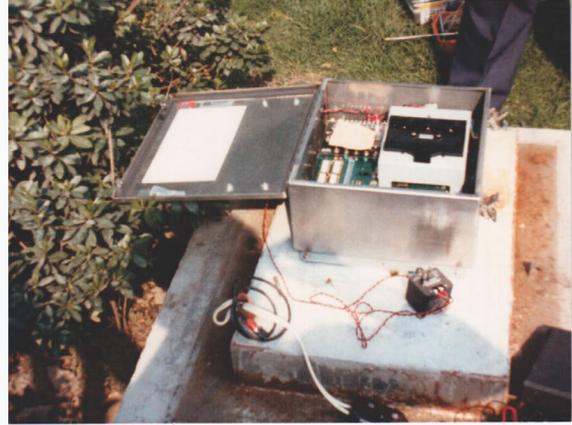


Figura 2. El monitoreo digital en SCT. A) Instalación y equipo de 1984, B) Primera bitácora de registro digital, C) Registro y D) Revisión y recuperación de la información del sismo M8.1 del 19 de septiembre de 1985

La visión de los investigadores que dirigieron la instrumentación acelerográfica en nuestro instituto tuvieron en sus manos los primeros registros en uno de los sitios con efectos de sitio casi únicos, la zona de lago de la capital. La figura 3 ilustra el espectro de respuesta del sismo de 1985, en el cual se aprecia que los valores de aceleración espectral de la media cuadrática de sus componentes horizontales alrededor de 2 s son muy cercanos a 0.8 g ($g = 981 \text{ cm/s}^2$). Este valor, explica parcialmente las grandes afectaciones a edificios cuyo periodo era cercano a 2 s. En la misma gráfica, se muestran los espectros para los sismos de la misma fecha, pero en 2017 y 2022.

Referencia e importancia de la estación SCT en el Reglamento de Construcción del DF (RCDF)

La estación ha sido utilizada para establecer de manera rápida las posibles afectaciones que un sismo intenso

puede ocasionar en la zona del lago en los artículos 71 Bis y 177 Bis del RCDF, de los cuales reproducimos parcialmente el primero:

“ARTÍCULO 71 Bis.- La renovación de la Constancia de Seguridad Estructural deberá realizarse mediante la Plataforma Digital de manera quinquenal o después de un sismo que rebase los 90 cm/s^2 de aceleración en el terreno registrada en la “estación acelerométrica SCT” de la red acelerográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en zona geotécnica III de la Ciudad de México o cuando lo determine la Administración.... Para el caso de edificaciones escolares, se deberá atender lo prescrito en el Artículo 71 QUATER, y para las demás construcciones del Grupo A y Subgrupo B1, lo prescrito en el Artículo 71 TER.”

Es clara la importancia de conocer el movimiento en el sitio, por lo cual la UIS emprendió un proyecto para reforzar la instrumentación mediante un sensor superficial adicional al existente y uno de pozo a 101.6 m de profundidad.

Instalación del sensor de pozo y primeros registros

La instalación del sensor de pozo y uno redundante en superficie requirió un proceso largo de gestión y apoyo tanto de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes como de la empresa CAV Ingeniería y Diseño que realizó la perforación del pozo. Los trabajos de perforación se realizaron en 2023 y la instalación del sensor se concluyó en la primera mitad de 2024. A la fecha, la estación SCT3, que incluye el sensor superficial y profundo, ha registrado sismos importantes. La figura 4 ilustra la estación y presenta un esquema de la misma. La figura 5 muestra el registro del sismo M5.2 del 26 de septiembre de 2024 con epicentro en Guerrero, que detonó la alerta sísmica operada por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C.

Conclusión y comentarios finales

El Instituto de Ingeniería es la institución responsable del monitoreo de movimiento de los sismos fuertes en México, cuya estación SCT es una referencia nacional e internacional. En este documento se presentó de manera sucinta la historia y el reforzamiento de la estación mencionada, incluyendo el sensor de pozo más profundo con el que cuenta la Ciudad de México. Esta nueva instalación universitaria, nos ayudará, sin duda, a tener una mejor comprensión del movimiento en la zona del lago y los efectos potenciales en una de las urbes más pobladas y probablemente con el riesgo sísmico más alto causado por efectos de sitio.

Agradecimientos

A las autoridades y personal de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que ha permitido la operación continua de la estación y al Ing. Ramón Velázquez Cabrera, Director General de CAV Ingeniería y Diseño, por su apoyo en la perforación del pozo.

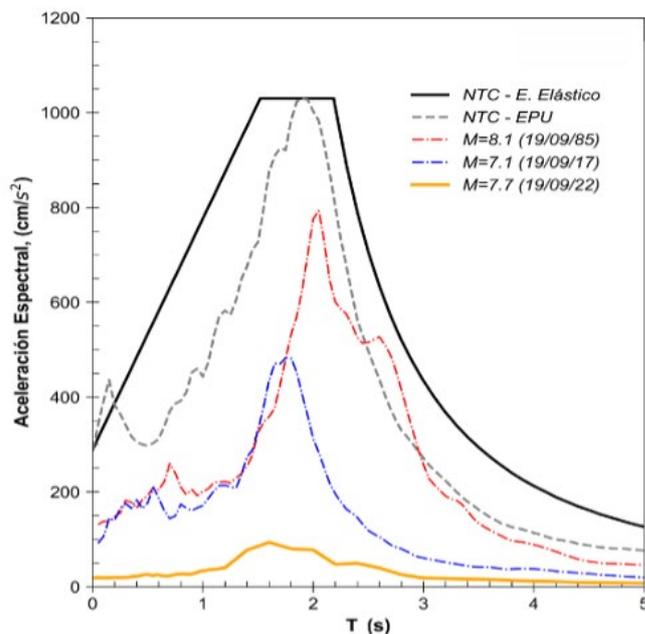


Figura 3. Espectros de respuesta (ER) del sismo registrado en la estación SCT2 con el espectro elástico de diseño (EDS) y de peligro uniforme (EPU) obtenidos del SASID. La línea discontinua de color rojo, azul y amarilla corresponden a los ER de los sismos del 19 septiembre de 1985, 2017 y 2022, respectivamente

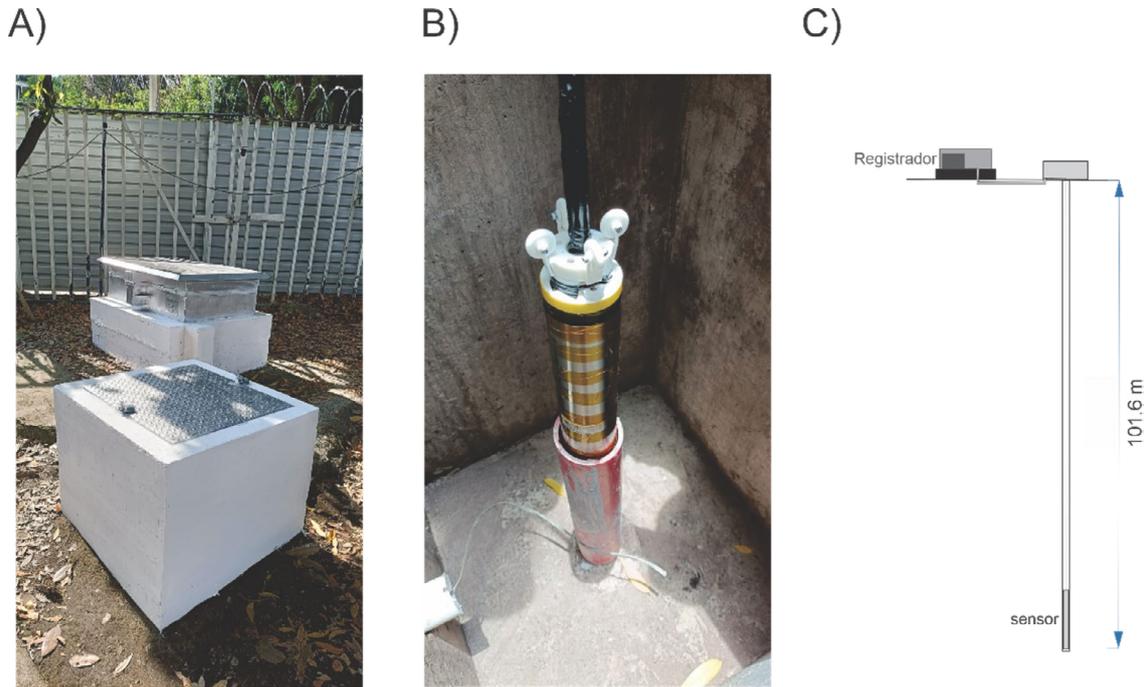


Figura 4. Estación SCT. A) Caseta con un acelerógrafo independiente y registrado con sensor interno y conexión a la estación de pozo cuyo registro se muestra. B) Acelerómetro de pozo instalado, y C) Esquema de la instalación

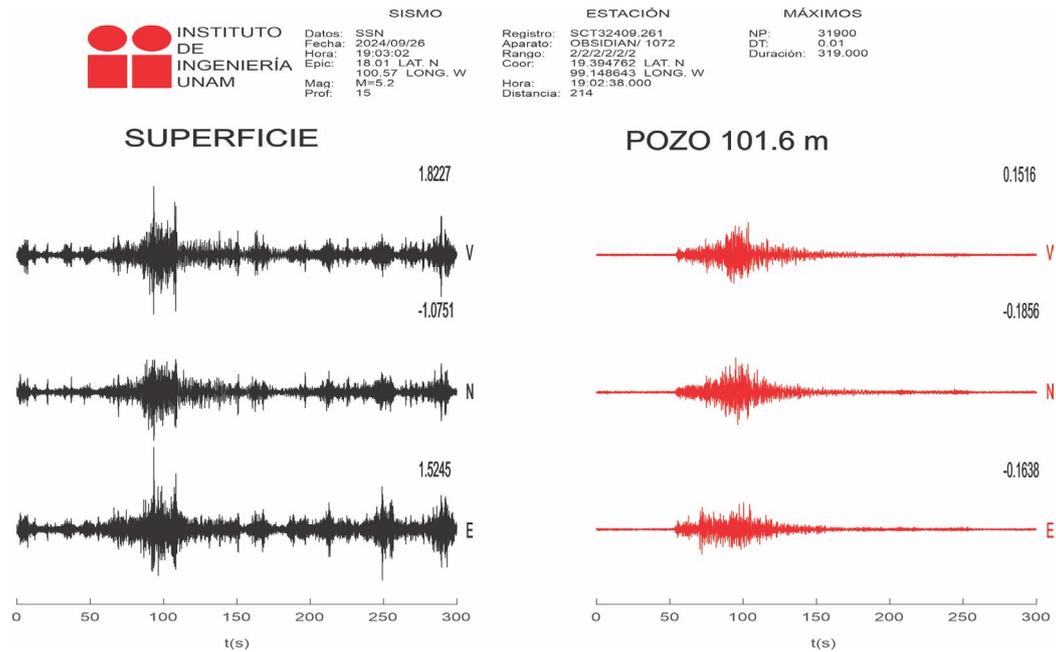


Figura 5. Registro de Aceleración en superficie y pozo en la estación SCT para el sismo M5.2 del 26 de septiembre de 2024 con epicentro en Guerrero