

cuantos kilómetros del epicentro; 32 años después del sismo de 1985 la red acelerográfica del IIUNAM creció a cerca de 90 estaciones acelerográficas, de las cuales 36 transmiten sus datos en tiempo real. La distribución actual comprende la región costera del Océano Pacífico que va desde Tepic en Nayarit hasta la región de Tehuantepec en Chiapas. También se colocaron estaciones hacia el interior del continente y en ciudades como Acapulco, México, Guadalajara, Puebla y Oaxaca. En el Golfo de México se instalaron algunas estaciones que permiten el monitoreo sísmico en las ciudades más importantes de Veracruz y Tabasco.

Debido a su extensión y para facilitar las actividades de operación y mantenimiento, la red acelerográfica del IIUNAM se ha dividido en 10 subredes:

- Red de Guerrero con 17 acelerógrafos
- Red de Acapulco con 6 acelerógrafos
- Red de Oaxaca y ciudad de Oaxaca con 19 acelerógrafos
- Red del Valle de México con 5 acelerógrafos
- Red de Puebla y ciudad de Puebla con 10 acelerógrafos
- Red de Guadalajara con 4 acelerógrafos
- Red del Centro (Guanajuato, Estado de México y Tlaxcala), 4 acelerógrafos
- Red del Oeste (Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit) con 15 acelerógrafos
- Red del Golfo (Veracruz y Tabasco), 5 acelerógrafos
- Red del Sureste (Chiapas), 4 acelerógrafos

La figura 1 muestra la distribución espacial que conforman la red acelerográfica actual del Instituto de Ingeniería, los triángulos rojos indican las estaciones que no transmiten en tiempo real y los triángulos verdes las que sí cuentan con dicho sistema.

El crecimiento de la Red Acelerográfica del IIUNAM (RA-IIUNAM) columna vertebral del sistema de monitoreo de movimientos fuertes ha sido paulatino tanto en recursos humanos como en infraestructura, de tal suerte que cuando ocurrió el sismo del 19 de septiembre de 2017 ($M=7.1$) también se tuvo la oportunidad de contar con el registro del movimiento del terreno de un sismo del tipo intraplaca, con localización epicentral entre los estados de Puebla y Morelos, a una distancia de 120 km de la Ciudad de México. La calidad y número de registros obtenidos durante este sismo aunado a los del sismo de 1985 forman parte de una recopilación importante para dar respuesta a lo sucedido en los estados de Morelos, Puebla, pero sobre todo en la Ciudad de México, donde la mayor afectación resultó en otras zonas diferentes a las afectadas en el sismo de 1985.



Figura 2. Estación acelerográfica autónoma típica de campo libre

Actualmente el acervo de registros de aceleración de temblores asciende a 12,246 registros de tres componentes, generados por temblores que oscilan entre magnitud de 3.1 y 8.2, dicho acervo puede ser consultado en la aplicación web <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM>.

El crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y el desarrollo de la tecnología en el último lustro han hecho posible la transmisión de las señales sísmicas en forma continua; así los datos registrados llegan casi en tiempo real al Centro de Registro Sísmico (CRS), ubicado en la planta baja del edificio 1 del IIUNAM, en el que a su vez se alberga el centro de cómputo. Al llegar las señales registradas y enviadas desde cada estación remota al CRS son administradas por el sistema de adquisición de datos sísmicos llamado Earthworm. Estas señales quedan agrupadas y almacenadas en archivos de datos que alimentan posteriormente al sistema de generación de mapas de intensidades para la región epicentral correspondiente al sismo ocurrido los cuales presentan, por medio de una escala de colores, un panorama general de la severidad del movimiento del terreno poco tiempo después de la ocurrencia de un evento sísmico importante.

UNIDAD DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA



Figura 3. Acelerógrafo, modem, batería, regulador y cargador de batería

El sistema de generación de mapas se alimenta con las señales provenientes de estaciones acelerográficas remotas, así como la magnitud y localización epicentral reportado por el Servicio Sismológico Nacional; y para el Valle de México se estima a partir de las aceleraciones espectrales obtenidas en la estación acelerográfica de Ciudad Universitaria. Los sistemas también generan automáticamente notificaciones vía correo electrónico y a sitios FTP.

Las estaciones acelerográficas del IIUNAM están desplantadas principalmente sobre afloramientos de roca y están compuestas de una caja metálica empotrada en una base de concreto armado y de una torre metálica, donde se instala el sistema de posicionamiento global (GPS) y las celdas solares, como se muestra en la figura 2. En el interior de la caja se resguarda el acelerógrafo, así como el regulador de voltaje y las baterías que abastecen de energía al equipo y en su caso el modem del servicio de internet, figura 3. Básicamente el GPS mantiene al equipo sincronizado en referencia al tiempo universal, las celdas solares proporcionan energía a la batería y el modem permite la transmisión de los datos registrados por el acelerógrafo, en tiempo real, desde el sitio instrumentado hasta el CRS.

Las actividades de operación y mantenimiento a cada una de las estaciones son realizadas por personal académico adscrito a la Unidad de Instrumentación Sísmica de la coordinación de Ingeniería Sismológica, con formación de ingeniería en electrónica o mecatrónica, dicho personal acude al menos dos veces por año a cada estación acelerográfica y en el caso de las estaciones que transmiten en tiempo real se recurre, además de las dos visitas por año, en cuanto el acelerógrafo presente alguna falla de transmisión. En el caso de la administración de las señales en el Centro de Registro, el personal encargado de esta actividad tiene la formación de ingeniería en computación, y parte de su actividad consiste en preparar las bases de datos para alimentación de los sistemas de generación automática de los mapas, además de monitorear que los sistemas automáticos estén corriendo adecuadamente, para que ante la ocurrencia de un temblor no presenten ninguna falla y que todos los productos se generen correctamente. Para el caso de las estaciones que transmiten en tiempo real, existe una estrecha relación entre el personal de mantenimiento con el de administración, para que en su momento se reporte qué estaciones han dejado de transmitir para darle seguimiento y ya sea que el problema se resuelva desde el CRS o sea necesario trasladarse al lugar de instalación de la estación. En el futuro se tiene contemplado acondicionar cada vez más estaciones acelerográficas con el sistema de transmisión en tiempo real y adicionalmente que cuenten con una caseta de resguardo en lugar de una caja metálica.

Entre los beneficios que han proporcionado las redes acelerográficas se puede mencionar que han permitido conocer el fenómeno sísmico y con ello seguir dando respuesta a muchas de las interrogantes del porqué en unas zonas o ciudades el movimiento del suelo es mayor que en otras, son la materia prima para la generación de los mapas de intensidad. En el caso de la Ciudad de México también han servido de base para la elaboración de los reglamentos de construcción. En el caso de los sismólogos este tipo de redes han permitido conocer los mecanismos de falla de la corteza terrestre, la caracterización de la estructura cortical, las magnitudes de los sismos y las áreas de ruptura.

Personal de la Unidad de Instrumentación Sísmica: Leonardo Ramírez, Citlali Pérez, Ana Ruiz, Rosario Delgado, Héctor Sandoval, Leonardo Alcántara, Miguel Leonardo, Cristian Tejada, Marco Macías, Miguel Torres, Gerardo Castro, Luis Aguilar, David Almora, Israel Molina, Alejandro Mora, Ricardo Vázquez, Juan Velasco, Mauricio Ayala, Servando Cortes, Eric Tejada, Jessica Villegas e Iván Flores.