

LA OBSERVACIÓN SÍSMICA EN LA UNAM Y SU INTEGRACIÓN A LA RED SÍSMICA MEXICANA

*Mtro. Leonardo Alcántara Nolasco
Técnico Académico Titular C en el Instituto de Ingeniería de la UNAM*

*Dr. Carlos Miguel Valdés González
Investigador Titular en el Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM*

La observación sísmica en la UNAM y su integración a la Red Sísmica Mexicana

Resumen

Se presenta una breve reseña de las actividades que la Universidad Nacional Autónoma de México ha realizado durante más de 100 años para el monitoreo del fenómeno sísmico. Tales acciones han estado bajo la responsabilidad de los Institutos de Geofísica e Ingeniería mediante la operación del Servicio Sismológico y la Red Acelerográfica. También se señalan los trabajos de colaboración realizados con el Gobierno Federal para implementar el proyecto denominado la Red Sísmica Mexicana, el cual ha permitido mejorar la cobertura nacional de observación sísmica así como la generación de información pronta y oportuna que incluye en forma inmediata los reportes sísmicos de magnitud y localización epicentral; así como los mapas de intensidad del movimiento tanto a nivel nacional como a nivel local en el valle de México.

Abstract

In this paper we present those activities that National University Autonomous of Mexico has carried out during more than hundred years of monitoring the seismic phenomena. Such actions have been in charge of the institutes of Geophysics and Engineering Institutes by means of Mexican Seismological Service and the Accelerograph Network. It is also mentioned the joint venture with the Federal Government to implement the project called Mexican Seismic Array which has permitted to improve seismic observation coverage and the generation of appropriate and relevant information as well. Such is the case of the seismic reports that include epicentral location and earthquake magnitude and in the other hand the Shakemaps in the country and particularly in Mexico's valley.

Palabras clave: Red Sismológica, Red Acelerográfica, Servicio Sismológico Nacional, mapa de intensidad sísmica

Keywords: Seismological Network, Accelerograph array, Mexican Seismological Service, Shakemaps

Antecedentes

Uno de los fenómenos naturales que mayor impacto causa en nuestra sociedad es el sísmico y para entender su origen y consecuencias es fundamental contar con una infraestructura de medición y observación adecuada que permita, a partir de los registros obtenidos, precisar su área de ocurrencia y las intensidades a las que se someten las estructuras. Derivado de ello, se podrán hacer las recomendaciones sobre el uso del suelo y de una edificación segura; y finalmente, implementar las medidas preventivas que permitan tanto mitigar su efecto como atender la emergencia provocada por un terremoto.

La situación expuesta siempre ha sido un asunto de interés de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por lo que gran parte de los esfuerzos realizados en nuestro país, para estudiar el fenómeno sísmico, han tenido su origen en esta casa de estudios. Tal es el caso de la observación sísmica en México la cual inicia con la fundación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) en 1910 y su incorporación a la UNAM nueve años más tarde. Posteriormente, en los años sesenta, en pleno auge de la construcción de los grandes proyectos hidroeléctricos, surge la instrumentación acelerográfica o de temblores fuertes como fue conocida en su época y cuyo objetivo era estudiar la respuesta dinámica de dichas estructuras cuando son sometidas a la acción sísmica. A partir de entonces, la UNAM ha mantenido un esfuerzo

sostenido para mejorar la cobertura de observación sísmica en el país a un grado tal, que sin dudas, hoy en día cuenta con la infraestructura más importante para tal fin.

Como parte de ese continuo esfuerzo, en los últimos años, la Secretaría de Gobernación (SEGOB) y la UNAM celebraron, con vigencia indefinida, un convenio de colaboración en materia de Protección Civil con el objeto de establecer las bases de coordinación entre la SEGOB y la UNAM a fin de que ambas partes coadyuven en el ámbito de sus respectivas competencias a organizar y desarrollar actividades de investigación científica y tecnológica destinadas a la prevención y protección de la población, la mitigación de riesgos frente a fenómenos naturales y antropogénicos, e impulsar y llevar a cabo los proyectos, estudios e inversiones necesarias para ampliar y modernizar la cobertura de los sistemas de alerta temprana y prevención de los distintos fenómenos naturales entre otros. Para lo cual, se estableció como medida la implementación del proyecto denominado la Red Sísmica Mexicana (RSM) y cuyo objetivo principal es reforzar y modernizar la infraestructura de observación de sismos con que cuenta el país e integrarla mediante un Sistema de Información y procesamiento de datos en tiempo real.

En esta primera etapa del proyecto de la RSM participa la UNAM por medio de sus Institutos de Geofísica (IGEOF) e Ingeniería (II-UNAM), por parte de la SEGOB colaboran la Coordinación Nacional de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y complementa el grupo el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico AC (CIRES).

La propuesta de integración de la RSM se basa en la implementación de las siguientes acciones:

- Ampliar la cobertura del Servicio Sismológico Nacional del IGEOF con 9 estaciones de Banda Ancha y los sistemas de comunicación satelital.

- Instalación de un Sistema de Información Sísmica en Tiempo Real

- Reforzar y modernizar las redes acelerográficas del CENAPRED, II-UNAM y CIRES, así como la instalación de nuevas estaciones para mejorar la cobertura actual.

- Reforzar los sistemas de comunicación de estaciones acelerográficas para contar con información oportuna de las intensidades producidas por un sismo.

- Integrar la información generada por las redes sísmicas en una Base Nacional de Datos sobre Sismos ocurridos en México.

En el artículo se presenta una breve descripción de las actividades que la UNAM ha realizado para mejorar su infraestructura de observación sísmica dentro de las cuales se encuentran las asociadas al proyecto de la RSM.

Observación sísmica en la UNAM

Servicio Sismológico Nacional

El primero de abril de 1904 se reunieron en Estrasburgo, Francia, dieciocho países, entre ellos México, con el fin de crear la Asociación Sismológica Internacional y mejorar la instrumentación sísmica a nivel mundial. Para cumplir con los compromisos adquiridos en esa reunión, el gobierno mexicano decreta la fundación del SSN el 5 de septiembre de 1910 el cual queda a cargo del Instituto Geológico Nacional; de esta manera entre los años 1910 y 1923 se instalan en el país las primeras nueve estaciones sismológicas. El SSN pasó a ser parte de la UNAM en 1929 y desde 1948 su central quedó adscrita al IGEOF-UNAM. Las responsabilidades del SSN están reflejadas en los estatutos de su creación por decreto oficial los cuales le encomiendan "proporcionar información oportuna sobre la ocurrencia de sismos en el territorio nacional además de determinar sus principales parámetros como son la magnitud y el epicentro. Por otra parte también se encarga de proporcionar la información necesaria para mejorar nuestra capacidad de evaluar

y prevenir el riesgo sísmico y volcánico a nivel nacional”.

El SSN cuenta en la actualidad con 58 estaciones sísmicas en operación, divididas en 4 subredes de monitoreo mismas que se describen a continuación:

a) Red Nacional de Observatorios Sismológicos de Banda Ancha (RNOS). Está integrada por 38 estaciones de monitoreo (figura 1) de las cuales 9 han sido instaladas recientemente como parte de los trabajos para la ampliación de la cobertura del SSN, en el marco del proyecto de la RSM. Existen 25 estaciones transmitiendo sus datos vía satélite y las restantes lo hacen utilizando radios de espectro disperso, líneas dedicadas y conexiones de internet como se muestra en la figura 2.

Las 9 estaciones de banda ancha consideradas en el proyecto de la RSM son: Ahuacatlán, Nayarit (ANIG), Maruata, Michoacán (MMIG), Hermosillo, Sonora (SIG), Hidalgo de Parral, Chihuahua (HPIG), Casas Grandes, Chihuahua (CGIG), Linares, Nuevo León (LNIG), Pijijiapan, Chiapas (PCIG), Santa Rosalia, Baja California (SRIG) e Irapuato, Guanajuato (IGIG).

Adicionalmente, la UNAM financió la instalación de las estaciones de Mexicali y San Pedro Mártir en Baja California y con la colaboración del gobierno de Chiapas las de Tapachula y Tuxtla Gutiérrez.

b) Red Sismológica Convencional (RSC). La constituyen 7 estaciones analógicas de periodo corto las cuales están ubicadas principalmente en la costa central del Pacífico Mexicano. Estas envían sus señales en tiempo real directamente a la Estación Central localizada en el IGEOF-UNAM por medio de la red de microondas TELECOMM o mediante el uso de líneas telefónicas privadas.

c) Red Hidroacústica de Isla Socorro (RHIS). Consta de 3 estaciones mismas que transmiten sus datos en tiempo real al Telepuerto del SSN mediante el uso del satélite Telstart 5 de Intelsat.

d) Red del Valle de México (RVM). La componen 8 estaciones localizadas en la zona metropolitana de la ciudad de México. Transmiten sus señales mediante el uso de radios de espectro disperso, microondas y líneas privadas. Esta red está en proceso de renovación y se incrementará con 6 estaciones.

Red Acelerográfica del II-UNAM

Desde su inicio la implementación de la red del SSN ha permitido determinar la localización epicentral y la magnitud de los eventos sísmicos en territorio nacional; no obstante dicha información no es suficiente para entender el tipo de daños que ocurren en las estructuras cuando son sometidas a este tipo de solicitaciones. Sin embargo, es hasta después del sismo de San Marcos de 1957 ($M=7.5$) cuando los ingenieros mexicanos reconocen la necesidad de medir y estudiar las ondas sísmicas, generadas por temblores fuertes, desde su origen hasta su arribo a importantes núcleos de población, para estudiar la respuesta del suelo y especialmente la de las estructuras.

Por lo que en 1960 se inicia la instrumentación para el registro de temblores fuertes al instalarse los dos primeros acelerógrafos en la Ciudad de México, uno en la Alameda Central y otro en Ciudad Universitaria. Posteriormente, en 1978 se establece la importancia del potencial sísmico de la denominada brecha de Guerrero, por lo que el II-UNAM y la Universidad de San Diego (California) deciden poner en marcha el proyecto llamado la Red Acelerográfica de Guerrero. Tal hecho resultó totalmente afortunado ya que permitió registrar los sismos del 19 y 21 de septiembre de 1985 ($M=8.1$ y 7.6). Si bien, se registró por primera vez un evento de gran magnitud a unos cuantos kilómetros del área de ruptura, también se perdió una excelente oportunidad de obtener información sobre el comportamiento de suelos y estructuras tanto en regiones muy próximas al epicentro como en la ciudad México fuertemente afectada y localizada

a 400 km de la fuente sísmica.

Lo anterior establece una nueva cultura de la instrumentación sísmica en México y varias instituciones se dan a la tarea de instalar estaciones acelerográficas en sitios que pueden ser severamente afectados por los eventos sísmicos. En particular, el II-UNAM implementa un proyecto constante de expansión de su red que permite mejorar la cobertura de registro sísmico, especialmente en la región costera del Pacífico mexicano. Tal proyecto es fortalecido con la implementación de la RSM puesto que incluye la instalación y puesta en operación de 35 nuevas estaciones (Alcántara et al., 2007). Esto permitió mejorar la cobertura de registro en la costa del Pacífico, desde Nayarit hasta Tapachula, en la costa del Golfo de México, en la región central del país y en algunas ciudades como Oaxaca, Puebla y Acapulco. Actualmente la red está integrada por 110 estaciones de las denominadas de campo libre (figura 3) y su distribución es mostrada en la figura 4.

Sistema de Información Sísmica

Como parte de las acciones del proyecto de la RSM se consideró la integración de las redes de registro sísmico entre el IGEOF, el II-UNAM y el CENAPRED mediante la implementación del Sistema de Información de la RSM. Para tal efecto, fue necesario reforzar o en su caso dotar de la infraestructura de comunicación requerida para transmitir, en tiempo real, tanto las señales del SSN a la Estación Central del IGEOF como los datos acelerográficos al Puesto Central de Registro del II-UNAM. Para ello, como ya se mencionó se utilizaron enlaces satelitales, transmisión mediante señales de radio, microondas, líneas telefónicas privadas y comunicación vía internet. El contar con esta infraestructura de comunicación en tiempo real ha permitido tener los siguientes productos:

a) Reportes de la actividad sísmica

Debido al monitoreo que se realiza durante las 24 horas del día los 365 días del año, se realizan reportes diarios de rutina de la actividad sísmica en el país. También se publican reportes extraordinarios ante la ocurrencia de un sismo de magnitud mayor a 5 o de algún otro que sin alcanzar dicho valor haya sido sentido notablemente por los pobladores de una determinada región. Tal actividad ha permitido registrar y catalogar en el periodo enero-noviembre de 2009 la cantidad de 1,974 sismos de magnitud mayor o igual a 3.5.

Los reportes preliminares se publican, en un tiempo no mayor a 5 minutos, en el sitio web del IGEOF <http://www.ssn.unam.mx> e incluyen el valor de la magnitud, la localización epicentral y la profundidad del sismo; así como su fecha y hora de ocurrencia. Además dicha información es ilustrada mediante un mapa de localización (figura 5).

b) Mapa de intensidad sísmica en el valle de México

Para estimar las intensidades que produce un temblor en el valle de México se desarrolló el Sistema Automático de Publicación de Mapas de Intensidad Sísmica (SAPS-II) (Ordaz, 2006), el cual se activa de manera automática al finalizar el registro de la estación acelerográfica ubicada en Ciudad Universitaria (CU). Se generan 4 mapas, el primero representa las intensidades que un observador sentiría al estar ubicado al nivel del terreno natural; los siguientes 3 representan las intensidades que se experimentarían en las azoteas de estructuras de 2 a 3, 8 a 12 y 15 a 20 niveles.

Una vez generados los mapas el SAPS-II realiza su notificación y envío, a los usuarios autorizados, utilizando la red Internet, los sistemas de telefonía celular y de radio-localización. El tiempo que al sistema le toma realizar estas actividades es de aproximadamente 10 minutos una vez terminado el registro en CU.

En la figura 6 se muestran los mapas generados durante el sismo del 22 de mayo de 2009 ($M=5.7$) cuyo epicentro fue localizado a 26 Km al sureste de Chiautla de Tapia, Puebla. Se observa que al nivel del terreno natural las intensidades alcanzaron valores máximos de 30 cm/s^2 , dicho mapa es congruente con la información que posteriormente dieron a conocer los medios de comunicación. Los 3 mapas restantes presentan como se indicó las intensidades para estructuras que tienen de 2 a 20 niveles.

c) Mapa de intensidad sísmica a nivel Nacional

Para la generación de este mapa y a diferencia del producido en el valle de México, se requiere utilizar tanto las estaciones sismológicas como las acelerográficas, que se encuentran ubicadas en roca y que además transmiten su información en tiempo real, ya sea a la Estación Central del IGEOF o al Puesto Central de Registro del II-UNAM. Para el proceso de la información se da prioridad a los datos registrados en las estaciones más cercanas al epicentro como fue el caso del sismo del 22 de mayo de 2009 ($M=5.7$) y que se ilustra en la figura 7. Posteriormente se realiza una interpolación para estimar la intensidad del movimiento en sitios sin registro instrumental y el resultado se presenta en la figura 8. En ella se puede observar que los valores de intensidad máxima, en las proximidades del epicentro, fueron del orden de 100 cm/s^2 muy superiores a los experimentados en el valle de México. Finalmente, la distribución del mapa se realiza mediante mecanismos similares a los utilizados para el caso de los correspondientes al valle de México. Sin embargo, su generación y difusión requiere de un tiempo mayor debido a que es necesario el arribo de la información de varias estaciones a los centros de proceso.

Conclusiones

El esfuerzo realizado por la UNAM para observar y estudiar el fenómeno sísmico durante más de 100 años así como las recientes actividades de colaboración con el Gobierno Federal ha hecho posible consolidar el proyecto de la Red Sísmica Mexicana, lo que ha permitido coadyuvar con los Sistemas de Protección civil para atender la emergencia producida por un evento telúrico. Actualmente, el Instituto de Geofísica de la UNAM ha desarrollado sistemas automatizados para determinar en forma rápida y confiable la magnitud y la localización epicentral de un temblor; por su parte, el Instituto de Ingeniería de la UNAM proporciona una visión general, tanto a nivel nacional como en el valle de México, de la severidad del movimiento sísmico mediante la generación de los correspondientes mapas.

Reiteradamente la historia ha demostrado que México es un país que siempre ha sido impactado por sismos de gran intensidad mismos que han producido cuantiosas pérdidas humanas y que además han afectado gravemente su infraestructura; sin embargo, no es hasta después del sismo del 19 Septiembre de 1985 cuando se establece un profundo cambio con relación al estudio del fenómeno y a la forma de medirlo. Por lo que, si bien hoy en día la infraestructura de observación sísmica del país es mucho mejor, aún es insuficiente si se considera que existen regiones con poca o nula cobertura instrumental pero que lamentablemente tienen el potencial para generar sismos intensos o que sin tenerlo pueden verse afectadas. De tal manera que los esfuerzos futuros de corto y mediano plazo deberán enfocarse en contar con una Red Sísmica Mexicana de cobertura nacional.

Reconocimientos

El Servicio Sismológico Nacional y la Red Acelerográfica son proyectos que para su operación han recibido apoyo económico del Gobierno Federal como local. Por otra parte, la operación de esta vasta infraestructura de registro sísmico ha sido realizada gracias a las actividades del personal académico

por lo que por parte del Instituto de Geofísica nuestro reconocimiento a: Jesús Pérez Santana y Luis Quintanar; por parte del Instituto de Ingeniería a: David Almora, Miguel Torres, Citlali Pérez, Marco A Macías, Ricardo Vázquez, Ana Laura Ruiz, Juan M Velasco, Luis A Aguilar e Israel Molina. Finalmente, es importante reconocer el decidido apoyo, para la integración de la Red Sísmica Mexicana, de la Lic. Laura Gurza Coordinadora General de Protección Civil, así como de Roberto Quaas y Enrique Guevara del CENAPRED.

Bibliografía

Alcántara L., Alcocer S.M., Almora D., Torres M., Sandoval H., Macías M.A., Vázquez R., Ayala M., Velasco J.M., Castro G. (2007). "Instalación y puesta en marcha de 35 estaciones acelerográficas con equipo sísmico especializado de la Red Sísmica Mexicana", informe elaborado para la Secretaría de Gobernación, convenio SEGOB-UNAM 20305-820-20-VI-07, Instituto de Ingeniería, UNAM, México

Ordaz M. (2006). "Programa mapas en tiempo real", algoritmo desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, México

SSN (Servicio Sismológico Nacional) (2009), <http://www.ssn.unam.mx>