

# EL CENTRO DE REGISTRO SÍSMICO DEL IIUNAM ANTE LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE: TEHUANTEPEC M8.2 Y PUEBLA-MORELOS M7.1

CITLALI PÉREZ YÁÑEZ

Y MIGUEL LEONARDO SUÁREZ

El reforzamiento de la infraestructura del Centro de Registro Sísmico (CRS) y el mantenimiento constante de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (RAII) han permitido monitorear de manera incesante la actividad sísmica del país, obteniendo información oportuna y útil para la planeación de acciones de emergencia ante la ocurrencia de sismos importantes. Tal fue el caso de los sismos de Tehuacán (Mw 8.2) del 7 de septiembre de 2017 y el de Puebla-Morelos (Mw 7.1) del día 19 del mismo mes, cuyos reportes preliminares de los parámetros del movimiento del suelo y estimaciones rápidas de niveles de exposición, publicados por el IIUNAM, permitieron dar a conocer, en menos de una hora, el panorama de las posibles afectaciones ocasionadas por dichos eventos sobre la infraestructura expuesta a niveles altos de la intensidad del movimiento del suelo.

**Plataforma de adquisición, procesamiento,  
almacenamiento y difusión de datos sísmicos.**

El CRS opera una importante infraestructura de cómputo y telecomunicaciones para administrar la información que se genera en el centro. La RAII compuesta por poco más de noventa estaciones acelerográficas de campo libre distribuidas en la zona centro y sureste del país, transmite al CRS el 35% de sus estaciones en tiempo real a través de internet. La plataforma implementada para la adquisición, procesamiento e intercambio de señales entre redes sísmicas en tiempo real se realiza a través del sistema Earthworm (ISTI, 2012), permitiendo recibir señales de alrededor de 80 estaciones acelerográficas en sus tres componentes tanto de la RAII como del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Mapas de intensidad y reportes de exposición en presas se calculan empleando el sistema GenMaps (Arroyo y Ordaz, 2010), el cual opera a partir de las señales sísmicas que se reciben en tiempo real en el CRS y de los parámetros epicentrales proporcionados por el SSN. El sistema se basa en modelos de atenuación pre-definidos y un método de interpolación bayesiano para obtener la distribución espacial de la intensidad del movimiento. Para la CDMX, ante un sismo intenso, se realizan estimaciones rápidas de daños que permiten contar con información oportuna de los niveles de exposición en edificaciones y la red principal de abastecimiento de agua potable. Además, proporciona una

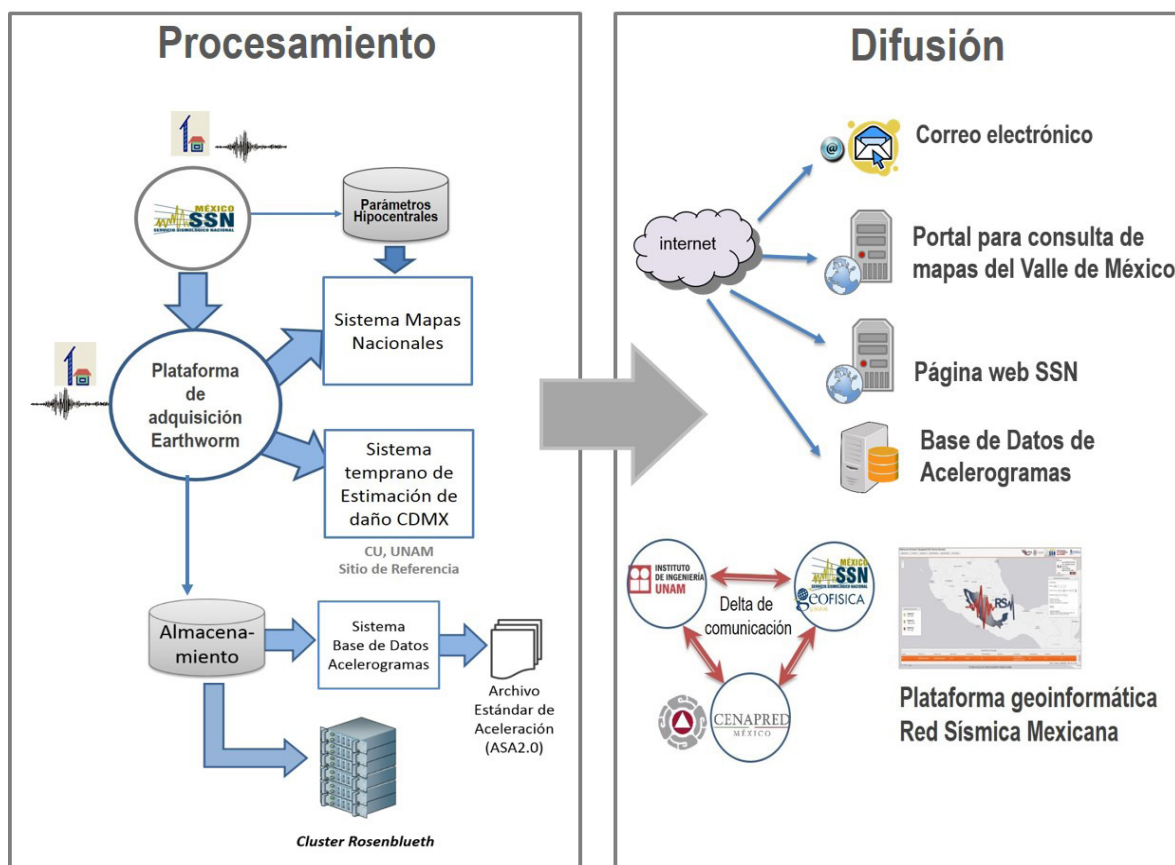


Figura 1. Esquema general de la plataforma de adquisición, procesamiento, almacenamiento y difusión de datos sísmicos

idea aproximada del total de población afectada. Los cálculos en la CDMX se realizan con el Sistema de Evaluación de Daño Temprano para el Valle de México (Ordaz *et al*, 2017), el cual se basa en cocientes de espectro de respuesta promedio pre-calculados en sitios de suelo blando respecto al terreno firme de la estación en Ciudad Universitaria (CU). La información generada se distribuye vía correo electrónico a una lista particular de usuarios y sitios *web*, a su vez que se integra a la plataforma geo-informática de la Red Sísmica Mexicana (RSM) por medio de enlaces redundantes de fibra óptica y radio entre el SSN, el IIUNAM y el CENAPRED, para proveer reportes de infraestructura expuesta por nivel de intensidad, útiles para la toma de decisiones y manejo de la emergencia por parte del CENAPRED. En el CRS también se opera el sistema de distribución de datos acelerográficos a través de la aplicación *web* “Base de Datos de Registros Acelerográficos de la Red Sísmica Mexicana” (<http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM>) y el clúster Rosenblueth, compuesto por 976 procesadores y 2.1 TB de RAM, cuyo uso está destinado a la investigación y al procesamiento sísmico avanzado. La figura 1 esquematiza la plataforma descrita.

### Productos e Información ante los sismos de septiembre

El papel del CRS cobra mayor importancia ante eventos de magnitud considerable, ya que se tiene el compromiso institucional de generar y entregar los mapas de intensidad y reportes preliminares de infraestructura durante los primeros 50 minutos después de ocurrido el sismo.

Posteriormente, se realiza el análisis y revisión de la información generada para llevar a cabo, junto con la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS), la planeación y la toma de acciones en la recuperación de datos en campo y medición de réplicas. La comunicación estrecha con el SSN y el análisis de los datos con investigadores de la Coordinación de Ingeniería Sismológica y de Estructuras fue crucial en especial por las repercusiones en la Ciudad de México, aunado a información proporcionada por el CIRES, para entender mejor el fenómeno y llevar a cabo una actualización de los mapas de intensidades. La Secretaría Técnica de Telecomunicaciones e Informática del IIUNAM tuvo un papel importante en la difusión de reportes preliminares y entrevistas alusivas a los sismos.

Para los sismos de septiembre, en menos de 10 minutos, se recibieron los primeros mapas de intensidad de movimiento

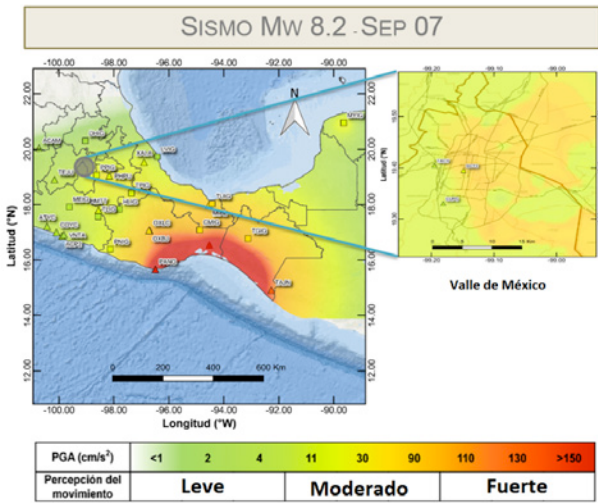


Figura 2. Distribución espacial de parámetros de movimiento a nivel nacional y en la Ciudad de México correspondiente al sismo del 7 de septiembre de 2017, Mw 8.2

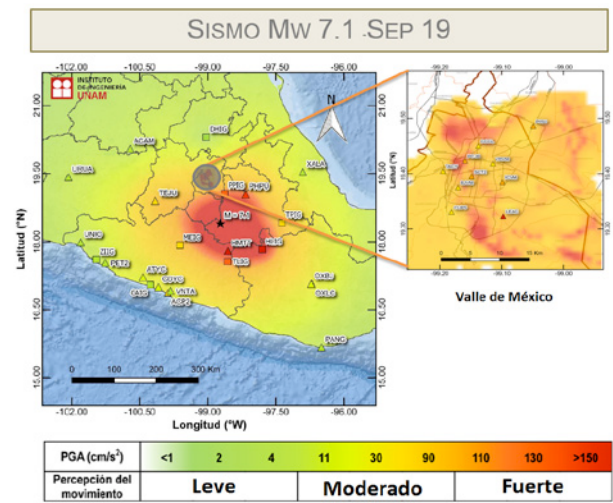


Figura 3. Distribución espacial de parámetros de movimiento a nivel nacional y en la Ciudad de México correspondiente al sismo del 19 de septiembre de 2017, Mw 7.1

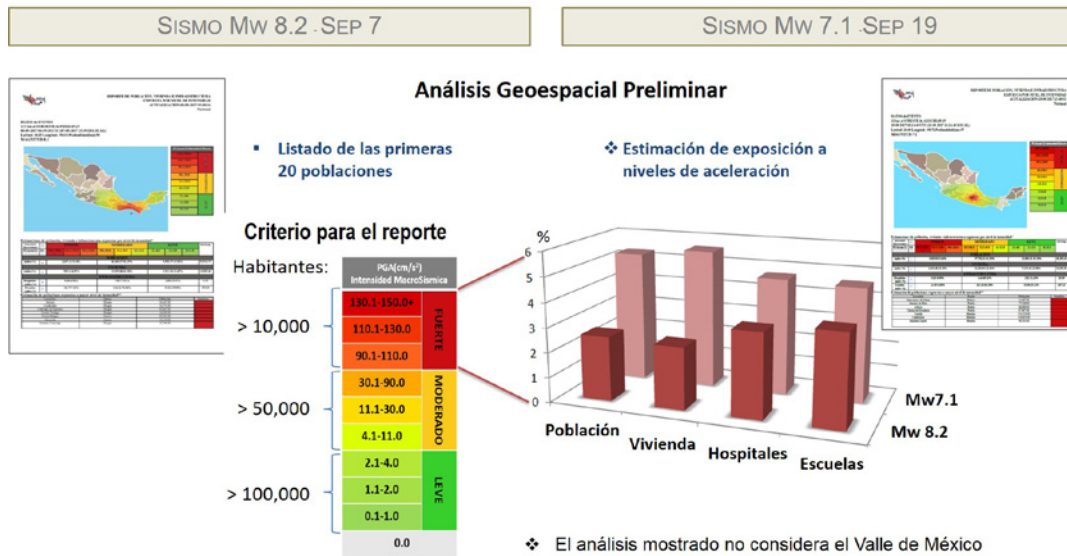


Figura 4. Reportes preliminares de infraestructura expuesta al movimiento sísmico para los sismos de Tehuantepec y Puebla-Morelos. Los reportes automáticos presentan un listado de las localidades expuestas por nivel de intensidad a manera de un semáforo macrosísmico. La infraestructura y población estimada muestran mayor impacto del sismo de Puebla-Morelos (M7.1) respecto al de Tehuantepec (M8.2)

para la CDMX, reportando la aceleración máxima y la aceleración espectral para periodo de 1 segundo en Ciudad Universitaria, así como la distribución espacial para diversos periodos estructurales (8.9 cm/seg<sup>2</sup> a nivel del suelo y 29 cm/seg<sup>2</sup> para un edificio entre 8-12 pisos para el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre, mientras que para el de

Puebla-Morelos del 19 de septiembre, se registraron 58 cm/seg<sup>2</sup> a nivel suelo y 138 cm/seg<sup>2</sup> para periodo de 1 segundo; <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/webSAPS/>). El panorama reportado para el sismo del 19 de septiembre no fue muy alentador en los primeros minutos, afortunadamente fue la sobre-estimación de las intensidades espectrales que tiñeron

de rojo gran parte de la CDMX debido a que el modelo estaba basado en sismos de subducción interface. Posteriormente se realizó una corrección y el mapa resultante se modificó sustancialmente.

Alrededor de los 25 minutos de iniciados los eventos sísmicos, se contaba ya con los reportes automáticos, a nivel nacional, de los parámetros de movimiento registrado en las estaciones sísmicas con transmisión en tiempo real (aceleraciones y velocidades máximas del suelo, y aceleraciones espectrales para diferentes periodos). Cerca de 500  $\text{cm}/\text{seg}^2$  fueron registrados en la estación más cercana al epicentro del sismo de Tehuantepec; el sistema reportó a la CONAGUA que 20 presas estuvieron expuestas a intensidades mayores a 50  $\text{cm}/\text{seg}^2$ . Por otro lado, para el sismo de Mw 7.1, la aceleración máxima (170  $\text{cm}/\text{seg}^2$ ) se registró en la estación Huamuxtítlán y 60 presas fueron reportadas, de las cuales, 29 expuestas a intensidades superiores a 150  $\text{cm}/\text{seg}^2$ , alcanzando cuatro de ellas una estimación de 225  $\text{cm}/\text{seg}^2$ . Las figuras 2 y 3 muestran el panorama reportado para ambos eventos.

Los reportes automáticos de infraestructura expuesta, a manera de un semáforo macro-sísmico, arrojaron el listado de localidades con población mayor a 10,000, 50,000 y más de 100,000 habitantes que estuvieron expuestas a un nivel de aceleración considerado Fuerte (de 90 a más de 150  $\text{cm}/\text{seg}^2$ ), Moderado (de 4 a 90  $\text{cm}/\text{seg}^2$ ) y Leve (menos de 4  $\text{cm}/\text{seg}^2$ ) respectivamente. Los números estimados de población, vivienda, hospitales y escuelas expuestos a los tres niveles de aceleración (figura 4), muestran mayor impacto del sismo de Puebla-Morelos (M7.1), respecto al de Tehuantepec (M8.2), en el total de infraestructura y población expuesta del país.

Posteriormente se recuperaron los registros de 55 y 41 sitios para los sismos de Tehuantepec y Puebla-Morelos respectivamente. Esta información permitió mejorar la estimación de los mapas generados de manera preliminar, especialmente en la CDMX, lo que contribuyó a entender la distribución de daños en la ciudad y ayudando a los comités de emergencia y autoridades del CENAPRED en la toma de decisiones informadas. Asimismo, los registros de aceleración se pusieron a disposición de la comunidad del IIUNAM en el formato estándar ASA2.0 para fines e intereses particulares de los investigadores.

Los registros acelerográficos obtenidos y el monitoreo continuo de los sistemas, son producto de las labores llevadas a cabo por personal del área de instrumentación y procesamiento de la Unidad de Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería. |

---

## Referencias

- [1] ISTI Inc. (2012). Earthworm Central: Programa de adquisición y manejo de datos sísmicos en tiempo real. Instrumental Software Technologies, Inc. <http://www.isti.com/products/earthworm/>.
- [2] Arroyo D. y Ordaz M. (2010). GENMAPS: Herramienta computacional para el cálculo de mapas nacionales de intensidades sísmicas en tiempo real. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [3] Ordaz M., E. Reinoso, M. Jaimes, L. Alcántara y C. Pérez (2017). High-Resolution Early Earthquake Damage Assessment System for Mexico City on a Single-Station. Geofísica Internacional. 56(1), 117-135.

