



geofísica
UNAM

MÉXICO
SSN
SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL

INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

Casa abierta al tiempo



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

CIRES, S. C.

Proyecto para la Integración de la Red Sísmica de la Ciudad de México

Objetivos:

1. Actualizar, estandarizar e integrar las estaciones sismológicas y acelerográficas que se encuentran dentro la Ciudad de México para conformar la Red Sísmica de la Ciudad de México (RESCDMX). La integración tiene como fin (1) monitorear y caracterizar la sismicidad local en la capital del país y (2) generar oportunamente mapas de intensidades y estimaciones de pérdidas y colapsos que contribuyan a una respuesta rápida y eficaz por parte de tomadores de decisiones.
2. Fortalecer la RESCDMX con la instalación de nuevas estaciones sismológicas y acelerográficas de superficie y de pozo. Estas estaciones permitirán (1) mejorar los tiempos de respuesta y reducir la incertidumbre en las aplicaciones orientadas a la mitigación del riesgo y (2) consolidar la infraestructura necesaria para el desarrollo de investigación sismológica en la Ciudad de México que se traduzca, entre otras cosas, en mejoras del reglamento de construcción y en políticas públicas relacionadas con el desarrollo, crecimiento y sustentabilidad de la ciudad.

Estado actual:

Al presente existen cuatro instituciones que operan seis redes acelerográficas y sismológicas en la Ciudad de México (Figura 1). La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) opera la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) y la Red Sísmica del Bachillerato (RESBAC) a través del Servicio Sismológico Nacional (SSN) del Instituto de Geofísica (IGEF), y la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería (IING). La primera está constituida por 32 estaciones sismológicas de banda ancha, de las cuales 19 también son acelerográficas; la segunda está conformada por 20 estaciones que incluyen un acelerómetro triaxial MEM y un sismómetro vertical de periodo corto; mientras que la tercera cuenta con 24 estaciones acelerográficas dentro de la Ciudad de México. La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) opera cinco estaciones acelerográficas y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) cuenta con 11 estaciones acelerográficas. Además, el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A. C. (CIRES) opera la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM), constituida por 81 estaciones acelerográficas, 3 de ellas cuentan con sensores de pozo. En conjunto, existen 173 estaciones, localizadas en el Valle de México para dar cobertura a la Ciudad



de México. Sin embargo, 105 de ellas requieren de alguna actualización en su infraestructura o equipo para cumplir con los estándares técnicos necesarios que permitan la transmisión continua de sus datos en tiempo real a un centro concentrador para una rápida detección y caracterización de la sismicidad, para la generación de mapas de intensidades y el cálculo de parámetros de movimiento del terreno, así como para estimaciones oportunas de daños para la toma de decisiones en situaciones críticas.

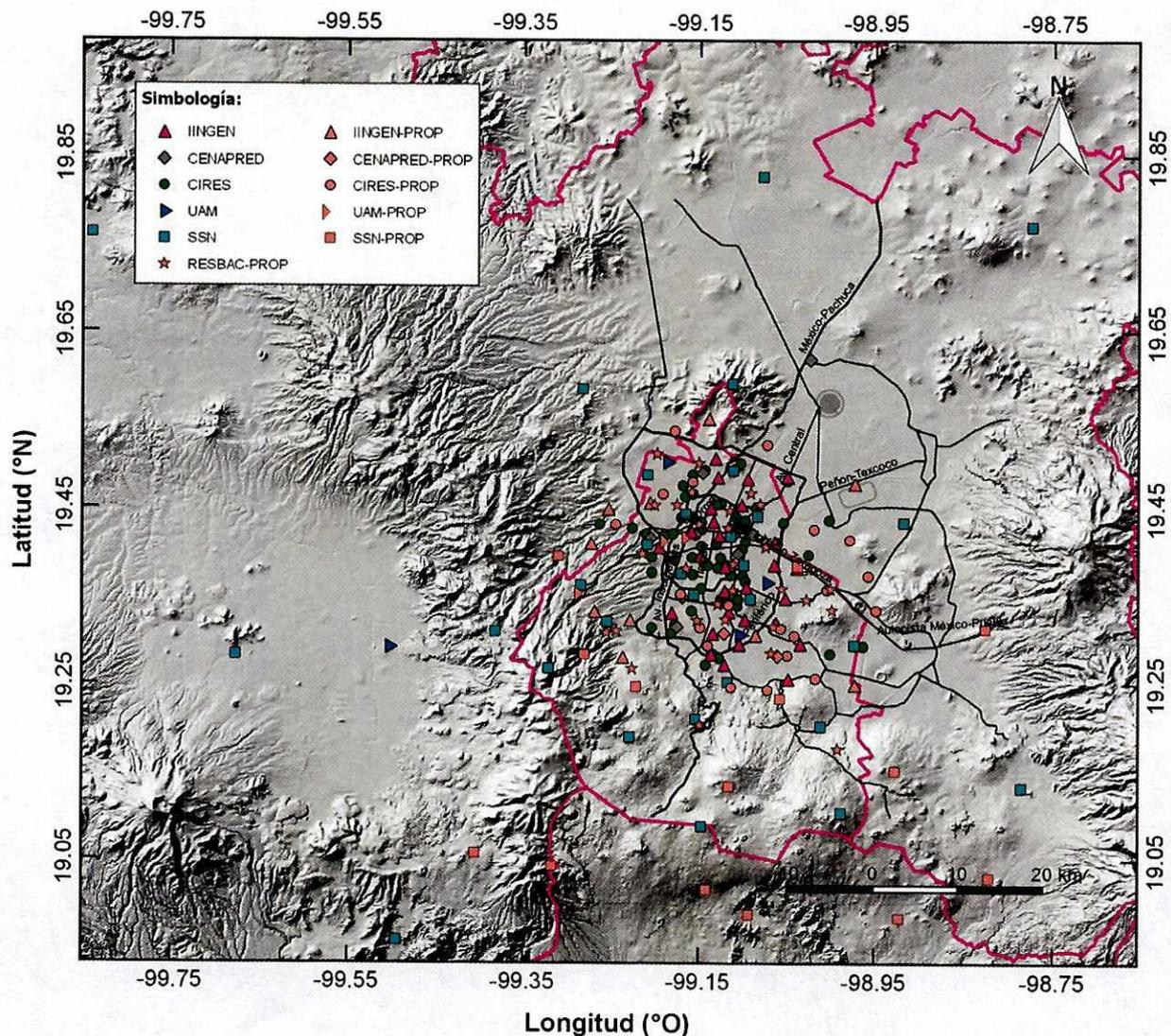


Figura 1. Localización de estaciones sismológicas y acelerográficas existentes (colores) y propuestas (naranja) en el Valle de México que dan cobertura a la Ciudad de México que integrarán la Red Sísmica de la Ciudad de México.



Propuesta:

La propuesta se divide en dos fases. La primera es de corto plazo y consiste en la actualización (estandarización) e integración de las estaciones sismológicas y acelerográficas existentes en la Ciudad de México con el objetivo de generar productos en tiempo real útiles para la ciudad. La segunda, dividida en tres etapas, se plantea a mediano plazo y consiste en el reforzamiento de la red con el objetivo de mejorar los productos en tiempo real, así como la generación de conocimiento nuevo que, entre otras cosas, contribuya a la adecuación y mejora continua de los reglamentos de construcción y a la generación de políticas públicas que coadyuven a la prevención.

Fase 1: Conformación de la Red Sísmica de la Ciudad de México

Se propone que el conjunto de redes sismológicas y acelerográficas que operan dentro de la Ciudad de México se integre para conformar la Red Sísmica de la Ciudad de México (RESCDMX). Esta integración permitirá que los datos de las 173 estaciones sean transmitidos continuamente y en tiempo real al SSN, entidad responsable del monitoreo de la sismicidad nacional, y al Instituto de Ingeniería de la UNAM, institución responsable de la generación de mapas de intensidades en la Ciudad de México. Si bien la integración de la RESCDMX supone beneficios inmediatos para la ciudad en caso de un sismo importante (local o lejano) al reducir la incertidumbre en los productos generados necesarios para la atención a la sociedad, la ciudad también se beneficiará del trabajo de investigación que desarrollen las instituciones implicadas en la RESCDMX y brindará a la comunidad científica insumos importantes para resolver problemas fundamentales en sismología e ingeniería sísmica que plantea la Ciudad de México y su subsuelo.

Sin embargo, un primer diagnóstico revela la necesidad de remplazo de equipos obsoletos o con fallas y de infraestructura en algunas de las estaciones. Sólo 68 estaciones, operadas por la UNAM, contribuyen actualmente a la detección de la sismicidad y a la generación de mapas de intensidades en la Ciudad de México. La actualización de las 105 restantes es indispensable para satisfacer los estándares requeridos que permitan generar y transmitir datos con las características técnicas mínimamente necesarias para la detección de la sismicidad local y la generación de mapas de intensidades y estimación de daños en momentos críticos.

Para alcanzar los objetivos planteados se requiere también infraestructura de cómputo en el Centro de Monitoreo del SSN y en el Puesto Central de la Unidad de Instrumentación Sísmica del IING que permita (1) recibir y almacenar los datos de todas



las estaciones en tiempo real y generar los productos para la ciudad en tiempo quasi-real; y (2) distribuir estos datos a los miembros del Grupo de la RESCDMX para su posterior análisis y generación de conocimiento en beneficio de la sociedad y la ciencia en general. En total se requiere de una inversión de \$36,261,000.00, desglosados por red en la Tabla 1.

Tabla 1. Presupuesto para la Fase 1.

Institución	Sub-red	Número de estaciones existentes	Número de estaciones que requieren una actualización	Monto para actualización de estaciones en la red
IING-UNAM	VM	24	5	\$1,640,000.00
IGEF-UNAM	RSVM	32	11	\$6,006,000.00
IGEF-UNAM	RESBAC	20	20	\$800,000.00
UAM	RS	5	5	\$1,000,000.00
CENAPRED	Ciudad de México	11	8	\$12,010,000.00
CIRES A.C.	RACM	81	56	\$10,605,000.00
SSN e IING	Centro de Datos y Puesto de Control			\$4,200,000.00
			TOTAL	\$36,261,000.00

Fase 2. Fortalecimiento de la Red Sísmica de la Ciudad de México

El fortalecimiento, constante desarrollo y sostenibilidad de la RESCDMX es una responsabilidad ineludible en una ciudad con más de 21 millones de habitantes, donde el peligro y el riesgo sísmico son de los más altos del mundo. Si bien la integración en la Fase 1, de las estaciones sísmicas existentes, supondrá un avance significativo, el problema sismológico en la Ciudad de México es tan grande que resulta insuficiente. Con un esfuerzo relativamente pequeño, los beneficios en la comprensión y caracterización de la sismicidad en la urbe serán extraordinarios. Por ello se proponen tres acciones: (1) la instalación de nuevas estaciones sismológicas (de banda ancha y de periodo corto) y acelerográficas de superficie; (2) la recuperación de estaciones sísmicas en el subsuelo de la ciudad (i.e., dentro de pozos) a diferentes profundidades; y (3) la instalación de estaciones nuevas de pozo.



1. Nuevas estaciones sismológicas y acelerográficas

Al presentar la Ciudad de México sismicidad local pequeña, se requiere de sismógrafos adicionales que permitan su detección y caracterización para delinear fallas activas dentro de la ciudad y su potencial de generación de sismos de magnitudes mayores. Esto implica la instalación de estaciones sismológicas de banda ancha y de periodo corto. Las primeras permitirán la caracterización completa de la fuente sísmica, mientras que las segundas brindarán mayor cobertura a menor costo, brindando mejores niveles de detección de la sismicidad pequeña.

Por otro lado, la caracterización de la respuesta sísmica del subsuelo de la ciudad necesita urgentemente de cobertura en zonas altamente pobladas que carecen hoy de instrumentación. Sin ella, demarcaciones como Xochimilco, Tláhuac e Iztapalapa, entre otras, o zonas del poniente y norte de la ciudad, seguirán careciendo de la información necesaria (caracterización sísmica) para la adecuación de reglamentos de construcción. Por esta razón se propone la instalación de nuevas estaciones acelerográficas en dichas zonas, así como la densificación de instrumentos en lugares donde el peligro sísmico es particularmente grande. Entre otras cosas, esta densificación permitirá generar mapas de intensidades inmediatos con el detalle necesario que exige un subsuelo complejo como el de la Ciudad de México.

2. Recuperación de estaciones sísmicas de pozo

En una metrópoli donde el ruido sísmico antropogénico es enorme, estaciones de pozo resultan críticas para la detección de la sismicidad local y para la caracterización del suelo, que es el principal responsable de las enormes sacudidas que producen los sismos. Actualmente existen 11 sitios que pueden alojar un total de 25 sensores en pozos a diferentes profundidades, que van desde 7 m hasta 102 m, en la Ciudad de México. Siete de ellos pertenecen al CENAPRED, tres al CIRES y uno al SSN. Para que estos puedan incorporarse a la RESCDMX se requiere la rehabilitación de los siete sitios de CENAPRED y la adquisición de 13 sismógrafos y acelerógrafos de pozo.

3. Instalación de estaciones nuevas de pozo

Si bien se cuenta con 11 sitios, se requiere de al menos tres pozos más, sobre todo en zonas críticas como lo es la zona de mayor espesor de sedimentos del lago y donde se han presentado las mayores amplificaciones en los sismos del 19 de septiembre de 1985 y de 2017. Con sensores a profundidades hasta 500 m, con lo cual se espera caracterizar de manera detallada el efecto de los sedimentos.



geofísica
UNAM

MÉXICO
SSN
SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

AM
Casa abierta al tiempo



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



En total se estarían aumentando 79 estaciones acelerográficas, 46 de ellas también sismológicas (14 de banda ancha y 32 de periodo corto), y 3 estaciones de pozo, para dar cobertura a la Ciudad de México. Esto integraría una red sin precedente para la ciudad y comparable con ciudades densamente pobladas y con alto peligro sísmico, como Los Ángeles, California. La RESCDMX contaría con 255 estaciones: 255 acelerográficas, 98 sismológicas (de las cuales 46 serán de banda ancha) y 14 sensores de pozo. Este crecimiento para fortalecer a la RESCDMX está planteado en dos etapas, las cuales se describen a continuación.

Etapa 1: En esta etapa se rehabilitarían las siete estaciones de pozo de CENAPRED y se instalarían 65 estaciones de superficie nuevas.

Etapa 2: Durante esta etapa se instalarían 20 estaciones de superficie adicionales y tres estaciones nuevas de pozo.

En total, para la Fase 2 se requiere de una inversión de \$97,514,000.00. La distribución de los recursos por sub-red y etapa se desglosan en la Tabla 2.



Tabla 2. Presupuesto para la Fase 2.

Institución	Sub-red	Acciones	Monto
<i>Etapa 1</i>			
IGEF-UNAM	RSVM	Instalación de 14 estaciones sismológicas/acelerográficas	\$20,456,000.00
IGEF-UNAM	RESBAC	Instalación de 28 estaciones sismológicas/acelerográficas de bajo costo	\$2,080,000.00
IING-UNAM	VM	Instalación de 10 estaciones acelerográficas	\$9,348,000.00
UAM	RS-UAM	Instalación de 3 estaciones acelerográficas	\$2,500,000.00
CENAPRED	Ciudad de México	Rehabilitación de 13 sensores de pozo	\$23,500,000.00
<i>Total</i>			<i>\$57,884,000.00</i>
<i>Etapa 2</i>			
IING	VM	Instalación de una estación de pozo con 4 profundidades: 40, 70, 120 y 500 m	\$7,930,000.00
CENAPRED	Ciudad de México	Instalación de dos estaciones acelerográficas/sismológicas de pozo	\$15,860,000.00
CIRES A.C.	RACM	Instalación de 20 estaciones acelerográficas	\$15,840,000.00
<i>Total</i>			<i>\$39,630,000.00</i>
Total de la inversión en la Fase 2			\$ 97,514,000.00