

SE09-1

### EL SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA PARA LA CIUDAD DE MÉXICO: LA EVALUACIÓN DE SU DESEMPEÑO Y UNA ESTRATEGIA PARA MEJORARLA

Iglesias Mendoza Arturo<sup>1</sup>, Singh Shri Krishna.<sup>1</sup>, Pacheco Alvarado Javier E.<sup>1</sup>, Santoyo García-Galeano Miguel A.<sup>1</sup> y Ordaz Schroeder Mario<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM  
amg@ollin.igeofcu.unam.mx

Si bien la Ciudad de México se encuentra a no menos de 300 km de la interfase entre las placas de Cocos y Norteamérica, esta ciudad ha sufrido importantes daños por sismos provocados en el contacto mencionado. La principal razón de estos daños es la dramática amplificación sufrida por las ondas sísmicas en el Valle de México.

La gran distancia entre la fuente de este tipo de temblores y la Ciudad de México, representa una excelente oportunidad para contar con un sistema de alerta temprana. En 1993, el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES) implementó un sistema de alerta sísmica ("Sistema de Alerta Sísmica", SAS) que ha venido operando y manteniendo desde entonces a base de un gran esfuerzo tecnológico. El SAS, cubre gran parte de la costa de Guerrero, incluyendo la zona conocida como "la brecha de Guerrero" que representa un peligro importante para la ciudad de México.

Llevando a cabo una evaluación del desempeño del SAS desde 1993 hasta el 2004, se encontró una alta tasa de fallas debida principalmente a:

a) El algoritmo de discriminación entre los eventos pequeños (que apenas son perceptibles en la ciudad) de los eventos grandes que originan importantes aceleraciones y por lo tanto daños materiales y pérdidas humanas.

b) La cobertura limitada del SAS (solamente la costa de Guerrero).

Derivado del análisis de cerca de 1000 acelerogramas registrados cerca de los epicentros, se propone una estrategia diferente. Esta consiste en el cálculo de Arms para una ventana de 10 segundos después del arribo de S. El uso de un filtro pasabandas (entre 0.2 y 1.0 Hz) sobre los sismogramas permite establecer una mejor correlación entre Arms y Amax en la ciudad de México. Este filtro está basado en el hecho de que las ondas sísmicas sufren amplificación sobre esta banda de frecuencias, especialmente en aquellas zonas propensas a sufrir daños.

Esta propuesta presenta mejor comportamiento que el SAS con respecto de falsas alertas y fallos (eventos importantes para los cuales no se disparo el sistema). Además de lo anterior, nuestros resultados muestran que, con la estrategia probada, se necesitaría menor número de estaciones por área cubierta, lo que representa un importante ahorro económico y logístico y por lo tanto una mejor manera para extender el sistema a otras zonas de alto potencial sísmico.

SE09-2

### DETERMINACIÓN DEL TENSOR DE MOMENTO SÍSMICO PARA EVENTOS DE LA CUENCA DE MÉXICO

Ortega Ruiz Roberto<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>2</sup> y Jiménez Jiménez Zenón<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad La Paz, CICESE

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM  
ortega@cicese.mx

La sismicidad originada en la Cuenca de México, aunque de baja magnitud, representa un aspecto importante dentro de los riesgos geológicos que afectan a la región dado que ahí se concentra casi el 20% de la población nacional además de ser el centro político y económico del país. En este trabajo presentamos resultados de ~10 años de registros sísmicos dentro del valle con equipos instrumentales de período corto y algunos de banda ancha; estos resultados se enfocan principalmente en la caracterización del tipo de fallamiento en algunas zonas dentro de la cuenca. Si bien se ha determinado en el pasado los mecanismos focales de algunos sismos moderados (M ~3.5) por el método de polaridades de primeros arribos, en este trabajo pretendemos complementar esta técnica con la determinación del Tensor de Momento Sísmico (TMS) modelando las formas de onda registradas en estaciones de banda ancha. La determinación del TMS para eventos moderados requiere de un análisis detallado. Se ha desarrollado de esta manera un método que calcula un conjunto de soluciones TMS a partir del modelado conjunto de formas de onda y de polaridades de primeros arribos. El método está basado en una búsqueda global minimizando los errores en las normas L1 y L2 de las cuales se elige aquélla que es acorde con la distribución de polaridades de todas las estaciones que registran el sismo. Se implementó un programa de cómputo que muestra las soluciones con los errores mínimos y que permite escoger visualmente el mecanismo más adecuado. El cálculo de los parámetros focales producto de la determinación del TMS nos permitirá determinar el estado de esfuerzos regional prevalente en la Cuenca de México.

SE09-3

### DETERMINACIÓN DE UNA ESCALA DE MAGNITUD PARA TEMBLORES CORTICALES EN LA PARTE CENTRAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO

Chavacán Avila Marcos<sup>1</sup>, Lermo Samaniego Javier Francisco<sup>1</sup> y Quintanar Robles Luis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM  
MchavacanA@iingen.unam.mx

La caracterización sismotectónica en el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) y en especial en la Cuenca de México (CM), es poco conocida por la escasa cobertura sismológica que hasta hace 20 años existía en la zona. Otro problema que impide un mejor conocimiento de la sismicidad (y por ende del peligro sísmico) de la CM, es la falta de una escala de magnitud adecuada. Los catálogos existentes reportan la magnitud de duración (Md) utilizando diferentes valores (Lee et al., 1972; Havskov y Macías, 1983) las cuales sobreestiman su valor con respecto a la magnitud de momento (Mw). En este trabajo se propone una nueva escala de magnitud utilizando 22 sismos locales que fueron registrados en una estación sismológica de banda ancha localizada en terreno firme dentro de la CM:

$$Md^* = -1.61947 + 0.00052 D + 2.336177 \log 10(T)$$

La escala obtenida es una Md corregida, calculada a partir del método clásico de Lee et al. (1972) y calibrada con Mw. La relación empírica obtenida reduce considerablemente la sobreestimación observada de la magnitud de los eventos locales en la CM.

SE09-4

### SISMOLOGÍA URBANA. LA CONTRIBUCIÓN DEL AMBIENTE URBANIZADO EN EL MOVIMIENTO DE CAMPO LIBRE

Cárdenas Soto Martín<sup>1</sup> y Chávez García Francisco<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM  
martinc@servidor.unam.mx

Los efectos de interacción suelo-estructura (ISE) en el comportamiento dinámico de los edificios han sido estudiados extensivamente. Sin embargo, la radiación de ondas producida en la interface suelo-cimentación ha recibido poca atención. Estudios recientes señalan que la ISE en un ambiente urbano puede modificar el movimiento del terreno registrado en el llamado "campo libre". Esas modificaciones serán importantes cuando dos condiciones estén presentes: a) edificios localizados en suelos blandos y b) coincidencia entre los periodos de vibrar del edificio y aquellos de las capas superficiales del suelo. Ambas condiciones están presentes en la zona de lago de la ciudad de México. En este estudio exploramos la posible influencia de la presencia de los edificios en el movimiento de campo libre. Presentamos los resultados del análisis de mediciones de vibración ambiental en y entorno a dos edificios situados en suelos blandos de la ciudad de México. El objetivo fue identificar las modificaciones al movimiento de campo libre causado por los edificios circundantes. Los resultados a partir de mediciones de vibración ambiental, muestran que la estimación de la función de transferencia (definida por la amplitud relativa y frecuencia predominante del cociente espectral del componente horizontal entre vertical) en sitios dentro de la ciudad presenta variaciones importantes, tanto entre componentes horizontales como en la amplificación para puntos muy cercanos entre sí. Estos resultados son confrontados con aquellos obtenidos en un área libre de estructuras. En el caso de sitios densamente urbanizados, dichas variaciones desaparecen con las prácticas usuales de calcular promedios entre componentes horizontales y de aplicar un suavizado espacial a las mediciones antes de elaborar curvas de isoperiodos, las cuales son una de las bases para conformar códigos de construcción. No fue posible identificar ondas radiadas desde los edificios. El campo de ondas de la vibración ambiental resulta de las contribuciones de diferentes efectos. Es posible también que el movimiento del terreno incluya contribuciones de otros edificios, dada la densidad de estructuras en la ciudad de México. Además, los efectos de ISE son esperados a ser mayores en la frecuencia donde los efectos de sitio son considerables, lo cual hace difícil separar los dos efectos. Finalmente, los resultados de este estudio sugieren que el movimiento sísmico del suelo registrado en la vecindad de los edificios debe ser tratado con precaución antes de considerar a éste como representativo de las condiciones de campo libre.

SE09-5

### ANÁLISIS DE SUBSIDENCIA EN LA CD DE MÉXICO: UNA COMPARACIÓN DE RESULTADOS PROVENIENTES DE ERS-1/2 Y ENVISAT-ASAR

Cabral Cano Enrique<sup>1</sup>, Miralles Wilhelm Fernando y Dixon Timothy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup> Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami  
ecabral@igeofcu.unam.mx

Este trabajo analiza la subsidencia en la Ciudad de México por medio de Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) usando imágenes de archivo ERS-1/2 y ENVISAT-ASAR programadas. Las tasas de extracción de agua subterránea en la Cuenca de México han excedido la recarga natural, provocando un abatimiento del nivel entre 0.1-1.5 m/año, reduciendo la presión de fluido de poro en el acuífero/acuitardo y eventualmente induciendo una compactación de las arcillas con la consecuente subsidencia del suelo. Este proceso, aunque ha sido reconocido por más de un siglo, se ha acelerado en los últimos 50 años debido a la expansión urbana en la Cuenca de México.

La Ciudad de México ha tenido una cobertura de imágenes ERS-1/2 en la última década mucho mayor que el promedio comparado con otras ciudades del centro de México. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el lapso entre imágenes capturadas no es adecuado y se presenta una falta de coherencia, no siendo aceptables para aplicaciones de monitoreo y determinación de posibles variaciones estacionales en las tasas de subsidencia.

Las nuevas imágenes Envisat-ASAR programadas han mejorado sustancialmente esta situación y han permitido una cobertura periódica del área de estudio. Estos datos han permitido una mejor definición temporal de la subsidencia que se presenta en la Cuenca de México. Los resultados muestran que la subsidencia afecta un área mayor de la que se ha detectado con métodos tradicionales topográficos. El análisis de InSAR indica que la subsidencia en la Cd de México muestra tasas que llegan a los 380 mm/año en la zona Este, mientras que la zona del Centro Histórico muestra tasas cercanas a los 115 m/año durante la segunda mitad del la década de los 90's. El análisis de InSAR a partir de imágenes Envisat-ASAR indica que estas tasas de subsidencia se mantienen para el 2004. Los datos de niveles piezométricos muestran una caída en el nivel que es concurrente con la subsidencia de una manera casi lineal. El modelado de estos datos utilizando la teoría de consolidación de Terzaghi muestra una correspondencia con la subsidencia observada y provee de una buena aproximación para determinar la compresibilidad del acuitardo. El monitoreo continuo de los patrones espaciales y temporales de la deformación superficial utilizando las técnicas descritas, puede llevar a la implementación de acciones de mitigación que son necesarias para prevenir la integridad estructural y la calidad del agua en el sistema acuífero de la Cuenca de México.

SE09-6

**LA ESTRUCTURA CENOZOICA DE LA PORCIÓN SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA GRAVIMÉTRICA DE 3D**

Díaz Molina Oscar, Cabral Cano Enrique, Chávez Segura Rene Efraín y Correa Mora Francisco  
Instituto de Geofísica, UNAM  
oscard@igeofcu.unam.mx

Este trabajo describe la interpretación estructural de un modelo gravimétrico de 3D para una región que cubre la mayor parte de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Estos resultados se correlacionan con la información de subsuelo de Pérez-Cruz (1988) para obtener una visión de la estructura del subsuelo de la porción sur de la Cuenca de México lo cual nos ha permitido reconocer varias fallas cenozoicas que definen su estructura. La imagen gravimétrica muestra fuertes indicios de sistemas de fallas normales con orientación E-W y NE-SW las cuales ejercen un control sobre el depósito de paquetes sedimentarios y volcánicos bajo la ciudad de México. Algunas de las fallas reportadas previamente como es el caso de la falla Mixhuca representan solo un segmento de un sistema mayor que define un alto estructural (Alto Mixhuca) que se extiende sobre una gran parte de la Ciudad de México. Este estilo estructural se continua al sur hacia la región de Xochimilco-Chalco donde se define un geometría de graben y horst que afecta el paquete de basaltos de edad Mioceno-Oligoceno. Se presentan además los resultados preliminares de la modelación de nuevos transectos gravimétricos que cruzan estas estructuras.

SE09-7

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE FRACTURAMIENTO EN SEDIMENTOS. CASOS DE ESTUDIO EN LA CUENCA DE MEXICO**

Carreón Freyre Dora Celia  
Centro de Geociencias, UNAM  
freyre@geociencias.unam.mx

El fenómeno de fracturamiento de sedimentos en cuencas volcánicas es ampliamente conocido y ha sido el objeto de estudio en México desde 1947 en que Nabor Carrillo realizó el primer análisis para fracturamiento por tensión, debido a la depresurización ocasionada por la extracción de agua subterránea. Desde entonces especialistas en diferentes áreas han reportado casos de fracturamiento tanto en la Cuenca de México como en otras cuencas del centro del país. Se han llevado a cabo cartografías detalladas que han sido relacionadas con patrones estructurales regionales, se han realizado modelos numéricos para evaluar el estado de esfuerzos del sistema y modelos analíticos para relacionar cuantitativamente el potencial de fracturamiento con el agua extraída en un sistema acuífero. Sin embargo, todavía no se ha generado un mapa de riesgo de fracturamiento en una zona urbana en el que se puede delimitar la magnitud del daño real y potencial causado por este fenómeno y que por tanto sea útil para llevar a cabo una delimitación adecuada del uso de suelo y para proponer una estrategia de mitigación. Cabe remarcar que en este trabajo se entiende por Riesgo al producto de la probabilidad de que ocurra un fenómeno por el monto de los daños causados por el mismo. Así, la cartografía de un sistema de fracturamiento no es suficiente para establecer una zona de riesgo ya que no permite evaluar cuantitativamente la causa del mismo, ni sus

condiciones de propagación y en consecuencia tampoco la probabilidad de que afecte una determinada zona. El modelado numérico y/o analítico tampoco es suficiente si se basa en hipótesis alejadas de la realidad, como el planteamiento de medios elásticos, isotropos e infinitos. Para poder ser utilizado el modelo debe integrar las heterogeneidades geológicas del sistema y además considerar las variación de sus propiedades con el tiempo. Debido a su complejidad, este fenómeno es tema de investigación en muchas partes del mundo y la tendencia es integrar análisis multidisciplinarios para caracterizar casos específicos de fracturamiento. Se ha demostrado que existen tantos tipos de fracturamiento como variación en las condiciones geológicas, mecánicas e hidráulicas de un determinado lugar.

En este trabajo se propone una metodología de análisis del fracturamiento encaminada hacia la evaluación cuantitativa de su origen y de sus condiciones de propagación. Se reportan los resultados obtenidos en campo y laboratorio para diferentes sitios de la Cuenca de México: en la Delegación Iztapalapa, en la Subcuenca de Chalco y en la zona central de la Ciudad de México. Como trabajo de campo se integraron la cartografía geológica del sitio y del fracturamiento existente, el registro litológico de pozos y la prospección con Radar de Penetración Terrestre, mediante un Sistema de Información Geográfica. Para el trabajo de laboratorio se utilizaron técnicas de análisis Edafológicas, Sedimentológicas y de Mecánica de Suelos para determinar las propiedades de una determinada unidad estratigráfica. Los resultados presentados comparativamente permiten evaluar las condiciones de variación de los factores que han inducido el fracturamiento en los sedimentos lacustres de la Cuenca.

SE09-8

**LA GEOLOGÍA AMBIENTAL Y LA PREVENCIÓN DE DESASTRES EN LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DEL PAÍS Y LA CUENCA DE MÉXICO**

Sánchez Pérez Juan y Garrido Uribe José Luis  
Comisión Federal de Electricidad  
juan.sanchez@cfe.gob.mx

En este trabajo se comentan las fuertes precipitaciones que afectaron a la Ciudad de México en enero de 2000, así como los efectos de los huracanes Paulina (en Guerrero y Oaxaca) en 1997 y Mitch (en Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Honduras, C.A.) en 1998.

Las lluvias torrenciales de febrero de 2000 afectaron la zona de Chalco, Estado de México, donde se tuvieron precipitaciones de más de 350 mm en 24 horas, las cuales ocasionaron que el río "La Compañía" tuviera grandes escurrimientos de agua y que rompiera el canal por donde fluye, lo cual ocasionó inundaciones en la zona, con tirantes de agua de hasta 2 m. Además, de los impactos socio-económicos tan agudos en la zona, sólo se han tenido paliativos para el problema y en la temporada de lluvias 2004 han ocasionado nuevas fisuras en el bordo del canal, a pesar de los intentos por solucionar de una vez por toda el problema.

El Huracán Paulina tuvo sus principales efectos en el Arroyo Camarón (Acapulco), así como en los ríos Omitlán, Papagayo, Ometepec y San Pedro, en los cuales se tuvieron grandes flujos de agua; en la estación hidrométrica El Puente de CFE, a 280 msnm, se tuvieron tirantes de agua de hasta 5,50 m y caudales de 900 m<sup>3</sup>/s; en el Río Papagayo, cerca de la costa, el gasto máximo fue de 1100 m<sup>3</sup>/s, unos 600 m<sup>3</sup>/s más que el normal. La carretera hacia Xochistlahuaca, cuenca del Ometepec, fue afectada por grandes deslizamientos que arrastraron los gneises intemperizados del

Complejo Xolapa (Pxo) y los flujos de agua rebasaron el cauce de los principales arroyos. En el río San Pedro han sido afectados cuatro puentes carreteros desde el año 1892. En la parte baja de la cuenca del Río Ometepec, el agua subió hasta 1,5 m y afectaron la planta de bombeo que surte de agua potable al poblado del mismo nombre.

En Oaxaca las principales afectaciones fueron en las zonas del río La Arena, Tres Ríos y Bahías de Huatulco. En varias regiones del país se tienen estudios geológico, geohidrológicos y geotécnicos, para proyectos de la CNA y de la CFE, a nivel de Factibilidad Geológica, que de construirse aumentarían la infraestructura hidráulica de los estados que son afectados por inundaciones y otros que sufren por la carencia de agua durante el estiaje.

Asimismo el Huracán Mitch, arrastró grandes volúmenes de agua y sedimentos el Río Novillero, Chis., con los que destruyó el poblado Valdivia, con pérdidas importantes de vidas humanas y materiales para la nación.

Finalmente, se proponen algunos trabajos geológico ambientales en las cuencas hidrológicas afectadas recientemente, a fin de identificar zonas de riesgo y planear un uso de suelo más adecuado. También se recomiendan trabajos preventivos, como la construcción de presas, vasos reguladores, diques y muros de contención, con el propósito de utilizar de forma más eficiente e integral los recursos de agua, contribuir al desarrollo sustentable de las regiones y evitar afectaciones a obras de ingeniería civil importantes.

SE09-9

### **EVALUACIÓN DE PELIGROS Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL DISTRITO FEDERAL**

Wintergerst Toledo Luis y Avila Bravo Verónica  
Dirección General de Protección Civil, Gobierno del Distrito Federal  
lwintergerst@df.gob.mx

El punto de partida para la puesta en práctica de las acciones de Protección Civil y estrategias de prevención y mitigación es un diagnóstico de riesgos y el conocimiento de los orígenes causas y efectos de los fenómenos que causan daño, lo anterior significa, conocer las características de los eventos que pueden afectar y la forma en que inciden en los asentamientos humanos e infraestructura. Una manera efectiva para integrar dicha información son los mapas de peligros y riesgos.

La experiencia nos ha conducido a hacer uso de una metodología de trabajo que implica el análisis del riesgo en las siguientes fases principales:

1. Detección de los fenómenos perturbadores que causan el peligro.
2. Estudio y análisis de los fenómenos perturbadores identificados, reconociendo dónde, cuándo y como afectan.
3. Construcción de mapas de peligros, que plasman en un plano la posible trayectoria y distribución de los procesos que afectan una región dada y que podrían representar una amenaza para la sociedad.
4. Elaboración del mapa de riesgos, donde se refleja el impacto que tienen los fenómenos naturales en los habitantes y la sociedad como un todo, infraestructura, economía, etc. al momento de ocurrir un fenómeno perturbador.

5. Mitigación y prevención, incluye medidas para la reducción de la vulnerabilidad o la intensidad con que impacta un fenómeno entre otras: planeación de uso de suelo, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil, implementación de planes de monitoreo y alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, preparación para atender emergencias (refugios temporales, simulacros, rutas de evacuación, etc.).

6. Verificación o comprobación de las medidas tomadas y su efectividad en la mitigación del riesgo y puesta en práctica de los planes de emergencia.

La Dirección General de Protección Civil, se ha basado en estas fases que van desde la detección del fenómeno hasta la comprobación de la efectividad de las obras y acciones llevadas a cabo describiendo un proceso que debe concluirse.

La metodología de construcción de mapas de riesgo geológico, es uno de los lazos que unen fuertemente el estudio de fenómenos naturales y las geociencias con la sociedad. Reconocer la distribución de la ocurrencia de los procesos naturales permite a las autoridades y a la población planear la mitigación de los riesgos.

SE09-10 CARTEL

### **EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR DESLIZAMIENTO Y CAÍDA DE ROCAS EN LA PORCIÓN SUR DEL CERRO CHIQUIHUIE, DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, D.F.**

Carlos Valerio Victor<sup>1</sup>, García Palomo Armando<sup>2</sup> y López Miguel Celia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Geológico Metropolitano

<sup>2</sup> Instituto de Geología, UNAM  
huaterio@yahoo.com

El crecimiento irregular de la mancha urbana en el Distrito Federal ha ocasionado que se urbanicen zonas de laderas potencialmente inestables. Un caso típico es el cerro Chiquihuite, donde existen asentamientos irregulares que están en zonas de peligro por deslizamiento, volteo y caída de rocas. El Cerro Chiquihuite forma parte de la Sierra de Guadalupe y está localizado al norte del Distrito Federal, en la Delegación Gustavo A. Madero. Geológicamente se trata de un domo volcánico de carácter exógeno constituido por rocas dacíticas dispuestas en unidades de flujo con espesores variables, muy intemperizadas y fuertemente fracturadas y falladas.

Las colonias Candelaria Ticomán y San Juan y Guadalupe, ubicadas en la porción sur del cerro Chiquihuite están expuestas a deslizamiento y caída de rocas por lo que se llevó a cabo un estudio por parte del Servicio Geológico Metropolitano conjuntamente con la delegación Gustavo A. Madero. Como parte de la metodología se realizó un levantamiento a detalle y un inventario de los bloques potencialmente inestables, se tomaron datos de fracturamiento y se caracterizaron los sitios mediante fichas de control y mosaicos fotográficos. Una vez que se integró la información se realizaron dos tipos de zonificación: geológica y geotécnica. La primera consistió en sobreponer en un sistema de información geográfica variables como pendiente, litología y características del fracturamiento, con el fin de generar un mapa de peligros. La segunda zonificación consistió en la caracterización de zonas de bloques con el fin de identificar el mecanismo potencial de falla y establecer las soluciones geotécnicas. Los principales mecanismos de falla que se detectaron son:

deslizamiento rotacional y rodamiento de rocas. Por último se formuló una propuesta geotécnica de mitigación la cual incluía el diseño y el procedimiento constructivo.

SE09-11 CARTEL

**HACIA EL PLANO DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

García Palomo Armando<sup>1</sup>, López Miguel Celia<sup>2</sup>, Morales Barrera Wendy<sup>2</sup>, Valerio Carlos Victor<sup>2</sup>, Rueda Galeano Hernando<sup>2</sup>, Tapia Cruz Miguel Ángel<sup>2</sup>, Galván García Adriana Haydee<sup>2</sup>, Concha Dimas Aline<sup>1</sup> y Campos Milagros<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología, UNAM

<sup>2</sup> Servicio Geológico Metropolitano  
 apalomo@geologia.unam.mx

La Ciudad de México junto con el área conurbana es una de las ciudades mas pobladas del mundo, con un población mayor a los 20 millones de habitantes y con una gran expansión a futuro. Sin embargo, el entorno geológico en la que se encuentra ha traído desde hace tiempo problemas que han afectado a la población y a las obras civiles en general. Esta problemática seguirá en aumento si continúa el crecimiento urbano, sin control y planificación adecuada. Para ayudar a este grave problema, la Dirección General de Protección Civil del Departamento del Distrito Federal a través del Servicio Geológico del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, están llevando a cabo la realización del mapa de peligros geológicos del Distrito Federal. Dicho mapa incluirá en su primera etapa: 1) Peligros por deslizamiento de las laderas de las sierras que circundan a la ciudad. 2) Hundimientos y 3) Agrietamiento ambos localizados principalmente en la parte plana de la ciudad. Este mapa de peligros es fundamental ya que permitirá que las autoridades de Protección Civil: 1) Conozcan la localidad, extensión y tipo de peligro geológico que afectan a las diferentes delegaciones que constituyen al Distrito Federal a fin de llevar a cabo las políticas de mitigación en caso de una contingencia. 2) Tener las herramientas necesarias para una mejor planificación de las obras civiles a proyectar en la Ciudad de México y así evitar al máximo el crecimiento urbano hacia zonas de alto peligro, zonas de reserva ecológica o bien, hacia zonas de recarga de los mantos acuíferos.

SE09-12 CARTEL

**JERARQUIZACIÓN DE PELIGROS EN LA DELEGACIÓN ÁLVARO OBREGÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

Galván García Adriana Haydee, López Miguel Celia, García Palomo Armando y Morales Barrera Wendy  
 Servicio Geológico Metropolitano, Protección Civil, GDF  
 agalvan@geologia.unam.mx

La Delegación Álvaro Obregón se encuentra al poniente de la Ciudad de México, entre las coordenadas 19°14', 19°25'N y 99°10', 99°20'W. Limita al norte con la Delegación Miguel Hidalgo, al oriente con las Delegaciones Benito Juárez y Coyoacán, al sur con Magdalena Contreras y Tlalpan y al poniente con la Delegación Cuajimalpa y Estado de México. Su extensión territorial es de 96.17 km<sup>2</sup>, presenta una forma alargada con dirección NE-SW y el desnivel topográfico con respecto a la planicie lacustre es de 1,560 m.

La delegación Álvaro Obregón geológicamente se localiza sobre las laderas del volcán San Miguel, perteneciente a la Sierra de las Cruces, el tipo de roca son derrames de lavas, productos piroclásticos y vulcanoclásticos fuertemente fracturados y afallados. Estas características, conjuntamente con la altimetría, pendientes, densidad de drenaje, ocasiona que la zona sea susceptible a presentar inestabilidad en los taludes. El crecimiento irregular de la mancha urbana ha ocasionado que las viviendas sean construidas en laderas abruptas que representan peligro por procesos de remoción en masa.

En base a estas características se propone la jerarquización de peligro en la delegación Álvaro Obregón, a partir de la utilización de Sistemas de Información Geográfica, para la elaboración de un mapa de peligros por deslizamiento.

SE09-13 CARTEL

**EVALUACIÓN, CARTOGRAFÍA, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE PELIGROS POR CAÍDA DE ROCAS EN EL CERRO EL PANAL, EN EL NORTE DEL DISTRITO FEDERAL**

Delgado Granados Hugo<sup>1</sup>, Herrera Castañeda Sergio Raúl<sup>2</sup>, Farraz Montes Isaac Abimelec<sup>1</sup>, Nieto Obregón Jorge<sup>2</sup>, Mendoza Rosales Claudia Cristina<sup>2</sup>, Cabral Cano Enrique<sup>1</sup> y Correa Mora Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM  
 hugo@geofisica.unam.mx

Se reportan los resultados de un estudio completo del flanco oriental del Cerro El Panal en la Delegación Gustavo A. Madero, en el Distrito Federal. La ladera está caracterizada por la presencia de bloques inestables de roca de diferentes tamaños. Se realizó el reconocimiento geológico, estudios geotécnicos, simulaciones por computadora, cartografía de peligros, diseño de protecciones y la verificación de las soluciones dadas para mitigar los peligros. Grandes asentamientos humanos han ocupado el piedemonte del Cerro El Panal, un lugar donde la caída de rocas es un proceso constante. El peligro geológico inherente a la caída de estos bloques de roca inestables representa un riesgo importante que afecta constantemente la vida y las propiedades de los vecinos. El reconocimiento geológico mostró que la inestabilidad de los bloques de roca se debe a la intersección de planos de las fracturas con la foliación de rocas dacíticas que conforman la sierra. Al realizar el catálogo de bloques inestables, se identificaron los posibles mecanismos de falla para cada bloque de roca. Para la evaluación de peligros se tomó en cuenta el concepto de probabilidad de alcance de las rocas al fallar y se utilizó el software Rockfall® para simular la caída aleatoria de bloques. Adicionalmente, se estudiaron las trayectorias preferenciales de las rocas al rodar por la ladera, utilizando un modelo digital de elevación y un simulador de computadora (Flow3D, desarrollado por la Universidad de Nueva York-Búfalo). Para las simulaciones por computadora se calibró el software con rocas encontradas durante el trabajo de campo. Las simulaciones por computadora permitieron construir un mapa de peligros, traducirlo en un mapa de riesgos y definir los lugares donde pudiesen construirse protecciones para salvaguardar la seguridad de la población circundante. Con base en estos análisis se diseñaron muros de protección que las autoridades decidieron construir. Desde entonces diferentes eventos de caída de rocas han ocurrido y el muro ha probado su eficiencia para mitigar el peligro.

SE09-14 CARTEL

**MÉTODO SPAC: UNA ALTERNATIVA PARA LA ESTIMACIÓN DE MODELOS DE VELOCIDADES EN EL VALLE DE MÉXICO**

Flores Estrella Hortencia<sup>1</sup>, Lomnitz Aronsfrau Cinna<sup>1</sup> y Yussim Guarneros Sergio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>2</sup> Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM  
hcflorese@yahoo.com.mx

En los últimos años se ha presentado un auge en el uso de los registros de microtemores, que se han convertido en una importante herramienta, que analizada con los métodos convenientes provee la información necesaria para estimar el modelo de velocidades, que es un elemento indispensable para estudios de microzonificación, localizaciones epicentrales o para modelar la respuesta de un sitio ante la incidencia de un evento sísmico.

Uno de los métodos frecuentemente utilizados para el análisis de los registros de microtemores en países con un riesgo sísmico elevado, es el desarrollado por Aki (1957), llamado Spatial Autocorrelation Method o Método de Autocorrelación Espacial (SPAC, por sus siglas en inglés). Uno de los objetivos de este método es obtener los datos de la velocidad de fase de Ondas Rayleigh, a partir de los cuales se estima el modelo de velocidades del sitio.

En este trabajo se presentan las experiencias obtenidas en el análisis de registros de microtemores en dos sitios de la Ciudad de México: Ciudad Universitaria, localizada en Zona de Lomas, y la zona federal del Lago de Texcoco en el Estado de México, ubicado en Zona de Lago, de acuerdo con la división geotécnica del Valle de México (Marsal y Masari, 1969).

El análisis de los datos de microtemores estuvo dividido en tres etapas: la primera consistió en analizar la variación diurna de la amplitud y del contenido de frecuencias de los registros; la segunda fue estudiar la relación del coeficiente de correlación con la distancia entre estaciones; y, en la última etapa se aplicó el método SPAC a los registros obtenidos, utilizando un programa desarrollado en Matlab6 para tal fin; una ventaja de este programa es su fácil aplicación para obtener datos in situ con los que se puede conocer si la distancia entre estaciones del arreglo instrumental es la más adecuada para los objetivos del estudio.

Los resultados obtenidos son comparables con los modelos teóricos propuestos con otras técnicas indirectas (por ejemplo el método F-K) y, particularmente en el caso de la curva de dispersión del Lago de Texcoco se correlaciona con los datos del modelo de velocidades obtenido de manera directa por perforación. En ambos casos los modelos también concuerdan con la geología de ambas zonas.

SE09-15 CARTEL

**HACIA UN CATÁLOGO SÍSMICO COMPLETO PARA LA PARTE CENTRAL DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO (CVM)**

Lermo Samaniego Javier Francisco<sup>1</sup>, Quintanar Robles Luis<sup>2</sup>, Chavacán Avila Marcos<sup>1</sup> y Antayhua Vera Yanet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM  
jles@pumas.iingen.unam.mx

En este trabajo se presenta un catálogo de la sismicidad ocurrida desde 1887 al 2003, utilizando diversas fuentes de información, como son redes temporales, permanentes (SISMEX, SSN, CENAPRED) y estudios particulares. De acuerdo con este catálogo se pueden determinar las siguientes zonas sismogénicas: 1) región de Zimpan; 2) región de Sanfandila, Qro.; 3) región de Ixmiquilpan-Cardonal; 4) región de Actopan-Tepatepec; 5) región de Tula-Tlaxcoapan-Ajacuba; 6) región del volcán Tancítaro; 7) región Zinapécuaro-Maravatio ; 8) graben de Acambay; 9) subcuenca de Toluca; 10) cuenca del D.F.; 11) región de la Sierra Chichinautzin; 12) región de Apan-Zumpango; 13) región de Tlaxcala-Puebla; 14) Volcán Popocatepetl-Atlixco y 15) región de los Humeros, Ver.

Las zonas 1, 2 y 15 mencionadas, probablemente estén asociadas a la deformación de la provincia de valles y montañas, caracterizada por una extensión ortogonal a lo largo de fallas normales con dirección aproximadamente norte-sur. Esta afirmación se basa en la orientación de las réplicas y mecanismos focales de dos secuencias sísmicas analizados en las regiones 1 y 3 (temblores de Sanfandila, Qro. del 18 y 23 enero de 1998 (MI=4.1 y 3.7) y los temblores de Bellavista, Qro. del 3 y 5 junio de 1997 (MI=4.2 y 4.3), respectivamente). La actividad sísmica de las demás regiones, probablemente está asociada a la deformación del CVM; la cual esta caracterizada, por una extensión ortogonal a lo largo de fallas normales con orientación aproximada este-oeste. En las regiones 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 15 se ha podido confirmar esta orientación con base en las localizaciones de secuencias sísmicas registradas en cada una de ellas. En particular dentro de la cuenca de México, los sismos se pueden agrupar igualmente en alineamientos con tendencia este-oeste de diferentes longitudes; estos alineamientos tectónicos están apoyados por rasgos estructurales y mecanismos focales simples y compuestos desarrollados recientemente.