

Sesión Especial

**AVANCES EN INSTRUMENTACIÓN  
Y MONITOREO DE  
PROCESOS GEOLÓGICOS  
EN CAMPO Y LABORATORIO**

Organizadores:

Mariano Cerca  
Bernardino Barrientos  
Damiano Sarocchi  
Lorenzo Borselli  
Dora Carreón-Freyre

SE27-1

**LASER REMOTE OPTICAL GRANULOMETRY (LROG): NUEVAS APLICACIONES DE LA TÉCNICA, LÍMITES Y PRECISIÓN DE LOS DATOS OBTENIBLES**

Sarocchi Damiano<sup>1</sup>, Rodríguez Sedano Luis Angel<sup>2</sup>, Sanchez-Marín Bautista Ilze<sup>3</sup>, Borselli Lorenzo<sup>1</sup>, Montenegro Rios Anibal<sup>4</sup> y Martínez Treviño Leslie<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencia de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería, UASLP

<sup>4</sup>Doctorado Institucional de Ciencia e Ingeniería de Materiales, UASLP  
sarocchi@gmail.com

El método Laser Remote Optical Granulometry (LROG) permite la medición a distancia de la granulometría en afloramientos compactos o inaccesibles aplicando métodos granulométricos ópticos a imágenes telefotográficas en las cuales se encuentra proyectada una unidad de medición de forma geométrica hecha por medio de un conjunto de láseres paralelos entre sí.

El instrumento, originariamente pensado para realizar análisis granulométricos, ha demostrado ser también útil para realizar otros tipos de análisis. Entre los diferentes usos que se la ha dado, además de la granulometría, destaca el estudio de la forma y de la fábrica aparente de los depósitos, así como medidor de distancias de precisión.

Se presentan una serie de tests que comprueban la reproducibilidad de los datos obtenidos y que evalúan la influencia de la distancia y de la óptica utilizada sobre las mediciones. Se han analizado una serie de afloramientos de forma remota y de los mismos afloramientos se han tomado muestras que han sido analizadas por medio de métodos tradicionales.

La comparación efectuada demuestra que el instrumento, debidamente utilizado, permite obtener datos confiables, precisos y reproducibles. Los errores asociados son perfectamente evaluables y se mantienen dentro de rangos aceptables. El estudio, además de mostrar la confiabilidad del método también nos indica sus límites naturales y permite efectuar un uso más apropiado.

SE27-2

**ZEBRA V. 1.2, UN SISTEMA Y SOFTWARE PARA LA MEDICIÓN EN LABORATORIO DE LA DEFORMACIÓN PERPENDICULAR A UNA SUPERFICIE**

Cerca Martínez Mariano<sup>1</sup>, Barrientos Bernardino<sup>2</sup> y Carreón Freyre Dora<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.

mcerca@geociencias.unam.mx

El uso de técnicas de medición de la deformación con una alta resolución espacial y temporal tiene una gran importancia para el desarrollo del modelado experimental de procesos tectónicos, volcánicos y de inestabilidad de medios granulares. En particular, la deformación perpendicular al plano de estudio es importante por que define el relieve que se forma durante la deformación. En este trabajo se presenta un sistema óptico, que se ha perfeccionado en los últimos años, y que se utiliza para el monitoreo de la deformación utilizando imágenes en escala de grises (las imágenes se pueden registrar en color y posteriormente convertirse a escala de grises); el sistema permite la obtención de cambios sutiles en el relieve experimental. El sistema consta de 3 partes: 1) un sistema de monitoreo que incluye el registro de imágenes mediante un sensor CCD y la proyección de luz estructurada; 2) el software ZEBRA v. 1.2 de procesamiento; 3) el post procesamiento para el análisis cuantitativo de la deformación. El software ZEBRA es un poderoso analizador de imágenes que permite hacer operaciones sobre las imágenes obtenidas durante el monitoreo. Para obtener el valor de elevación por cada pixel de una imagen, ZEBRA realiza una sustracción de las fases ópticas mediante la transformación de Fourier. Dicha sustracción utiliza una imagen de referencia a la que se aplica un filtro de frecuencias para obtener la fase deseada (el software permite el diseño del filtro de frecuencias que es una de los pasos críticos para la obtención de resultados adecuados). La sustracción se puede realizar sobre la superficie de la imagen con información relevante para lo que aplica una máscara espacial. Asimismo, el orden de los operadores o la imagen de referencia pueden intercambiarse para obtener otras deformaciones de interés (por ejemplo, las diferencias de activación entre fallas). El software permite el cálculo automatizado de series de imágenes. El cálculo de las alturas depende principalmente del ángulo de iluminación y del período de la luz estructurada. En el post-procesamiento se extrae la información de los desplazamientos y distorsión durante la evolución del relieve y se utiliza para analizar los experimentos. Para ilustrar el post-procesamiento se muestran resultados del análisis en tres casos de estudio: 1) las diferencias en la evolución de la deformación en un volcán experimental emplazado antes y durante el desplazamiento de una falla de basamento; 2) la formación de fracturas y fallas durante el proceso de subsidencia experimental; 3) la obtención del modulo de Young en un material elástico.

SE27-3

**EL USO DE TAMBORES ROTATORIOS EN LA SIMULACIÓN DE FLUJOS CON ALTAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS**

Caballero García Ana María Lizeth<sup>1</sup>, Sarocchi Damiano<sup>2</sup>, Soto Enrique<sup>3</sup> y Borselli Lorenzo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología/Fac. Ingeniería UASLP

<sup>3</sup>CADET UNAM

<sup>4</sup>Fac. Ingeniería UASLP

lizethcaballero@yahoo.com.mx

Los tambores rotatorios son de gran aplicación en la simulación de flujos con altas concentraciones de sedimentos. Dichos tambores tienen la característica de generar flujos constantes y uniformes, lo que los hace ser una herramienta idónea para simular el transporte de los flujos de escombros. El presente trabajo se centra en el estudio de los flujos de escombros mediante experimentos analógicos utilizando un tambor rotatorio conocido como máquina de Los Ángeles. Este enfoque tiene la ventaja de simular el fenómeno en condiciones controladas y evita las particularidades de cada ambiente de generación y, en el caso de simulaciones numéricas, las simplificaciones relacionadas con la granulometría de los sedimentos involucrados y/o asumir flujos bidimensionales. Para ello, se utilizaron cuatro mezclas con concentraciones de sedimentos en el rango de los flujos de escombros con diferente contenido de material fino. El objetivo fue estudiar de manera precisa las interacciones clasto-clasto y clasto-fluido, los cuales son unos de los factores más importantes en la dinámica de estos eventos. Los resultados apuntan a nuevos datos acerca de los procesos internos que actúan dentro de las mezclas y muestran buena concordancia con las características granulométricas, morfológicas y reológicas observadas en flujos de escombros naturales. El resultado más importante es el desarrollo de la bimodalidad granulométrica de las mezclas, observada comúnmente en los depósitos producidos por los flujos de escombros y que ha sido explicada hasta ahora por la incorporación progresiva de material, fenómeno conocido como bulking, o por la depositación selectiva de material grueso. Los resultados de estos experimentos muestran que esta característica puede ser atribuida a procesos internos, en particular a un proceso de fragmentación que actúa durante el transporte. Dicha hipótesis tiene implicaciones importantes en el comportamiento reológico y puede constituir un nuevo enfoque para el estudio de los flujos de escombros.

SE27-4

**MEDICIÓN SIMULTÁNEA DE DESPLAZAMIENTO 3D Y ROTACIÓN**

Barrientos Bernardino<sup>1</sup>, Mares Carlos<sup>1</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>2</sup>,

Cerca Martínez Mariano<sup>2</sup> y Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Óptica, CIO

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>3</sup>Delegación Iztapalapa

bb@cio.mx

Se propone un método óptico para la medición puntual de desplazamientos 3D (a lo largo de los tres ejes cartesianos) y rotacional (en sus tres componentes: azimutal, latitudinal y longitudinal) basado en un apuntador láser y un espejo plano. El método es robusto y simple, de tal forma que se puede utilizar para el monitoreo de desplazamientos de la superficie del terreno en tiempo real. Se presenta un caso de aplicación en un fallamiento gravitacional en una ladera inestable del Peñón del Marqués en la Delegación Iztapalapa del D.F. Para esto, la fuente de luz se posiciona en el bloque que de la falla que se desea monitorear, y a su vez, el espejo plano en un punto cercano a la misma en el bloque considerado "estable". El haz de luz proveniente del apuntador es dividido en dos partes, una se hace reflejar por el espejo plano y otra pasa directa a una pantalla de vidrio esmerilado, donde se combina con la reflejada por el espejo. La exactitud de las mediciones dependen de la distancia total recorrida y su precisión es del orden de mm. Los resultados obtenidos muestran que el desplazamiento del bloque desplazado tiene componentes en las tres direcciones.

SE27-5

### METODOLOGÍA PORTABLE DROP INFILTRÓMETRO (PDI) POR LA MEDICIÓN (NO DESTRUCTIVA) EN SITIO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL SUELO: SATURATED CONDUCTIVITY (KS) Y NET CAPILLARY DRIVE (G)

Borselli Lorenzo<sup>1</sup>, Puente Castillo Wendy Lorena<sup>2</sup> y Ortiz Rodríguez Azalea Judith<sup>3</sup><sup>1</sup>Instituto de Geología, UASLP<sup>2</sup>Posgrado en Ciencia en Geología Aplicada, Universidad Autónoma de San Luis Potosí<sup>3</sup>Posgrado Institucional En Ingeniería Y Ciencias De Materiales (DICIM), Universidad Autónoma de San Luis Potosí

lborselli@gmail.com

La medición en campo de los parámetros hidrológicos básicos como conductividad de saturación (Ks), net capillary drive (G) (Smith and Parlange, 1978; Smith, 1990) es una de las necesidades fundamentales para la aplicación de los modelos hidrológicos que por ejemplo son necesarios para el cálculo de la capacidad de infiltración, la transformación de la lluvia en un volumen de escorrentía superficial (Philip, 1969; Smith, 1990). Estos parámetros tenían importante aplicaciones en modelado hidrológico y geomorfológico geotécnico para la evaluación de peligros geológicos.

La mayoría de las técnicas de medición de la tasa de infiltración superficial en suelos (y rocas) producen alteración en el medio físico que ellas intenten medir. Por ejemplo las técnicas de doble cilindro, de "tension infiltrometer" y de simulador de lluvia, determinan una destrucción parcial y fuerte alteración de la superficie medida. Una alternativa válida es representada por una reciente técnica de medición no - invasiva y sin energía de impacto y consecuentemente sin la alteración de la superficie que se quiere medir; el "drip infiltrometer" (Or D., 1996; Al-Jabri et al., 2002; Ben-Asher et al., 2003) que se basa en la teoría de Wooding(1968) para la infiltración en charcos. La técnica de medición del drip infiltrometer es basada en la medición de la extensión de la área de un charco de agua que fluye en la superficie a baja energía (drip = gota). Si se conoce el gasto constante del flujo de agua en el charco y su superficie así como las condiciones de humedad inicial, se puede calcular la conductividad saturada Ks y el net capillary drive (G) y la sortivity (S) del material (Al-Jabri et al., 2002; Ben-Asher et al., 2003). Para completar la medición es necesario medir el contenido de humedad volumétrica de campo, que se mide generalmente con equipo TDR-(time domain reflectometry). La técnica implementada de PDI (portable drip infiltrometers además permitir una medición confiable sin destrucción de la superficie que se va a medir permite una aplicación en cualquier tipo de superficie, irregulares con o sin vegetación. Una parte importante de la metodología desarrollada estuvo la creación de un algoritmo de "constrained non linear fitting", basado en método de optimización global con algoritmo genético tipo "differential evolution" (Storn & Price, 1997); Borselli & Sarocchi, 2009) que permite el cálculo de los parámetros Hidráulico del suelo Ks y G.

Se va a presentar la metodología experimental, y su aplicaciones y resultados en dos diferentes proyectos de investigaciones para la evaluación del riesgo geomorfológico y geotécnico en los estados de San Luis Potosí y Colima.

SE27-6

### RESULTADOS DE MEDICIÓN DE LA DEFORMACIÓN DEL SUBSUELO MEDIANTE UNA ESTACIÓN DE MONITOREO MECÁNICO EN LA COLONIA JACARANDAS DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA

Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>1</sup>, Alcántara Duran Carlos Felipe<sup>2</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>3</sup>, Barrientos Bernardino<sup>4</sup> y Mares Carlos<sup>4</sup><sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG<sup>2</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, Delegación Iztapalapa<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM<sup>4</sup>Centro de Investigación en Óptica, CONACYT  
rgutierrezc@yahoo.com

En el año 2010 la Delegación Iztapalapa, en colaboración con el Centro de Geociencias de la UNAM y el Centro de Investigación en Óptica del CONACYT, inició la instalación de la primera Estación de Monitoreo de la Deformación Superficial (EMDS) de tipo mecánico ubicada al centro de la delegación. Debido a los resultados de este prototipo, para el 2013 se cuenta ya con siete estaciones de tipo mecánico y una estación de sistema óptico, instaladas a lo largo del territorio delegacional. Estas estaciones están enfocadas a la obtención de datos con el fin de determinar la dinámica superficial y proponer posibles medidas de mitigación para disminuir los efectos del fracturamiento.

Se presentan los resultados de la primera EMDS en la colonia Jacarandas, que manifiesta deformación diferencial, fracturamiento con una dirección preferencial y desplazamientos en diferentes direcciones. Esta estación cuenta con dos instrumentos mecánicos de medición; el primero está formado por un marco seccionado cuyos postes se encuentran anclados a los bordes de los bloques en movimiento. El registro de los desplazamientos verticales y horizontales se realiza a través de una placa reticulada, mientras que la apertura se mide a través de un micrómetro. El segundo instrumento está formado un

elemento horizontal soportado por dos postes, unido a uno de ellos mediante una bisagra en donde se registra la variación angular que se genera a partir del cambio relativo de alturas entre ambos postes. Los sistemas de medición se colocaron de manera perpendicular a la trayectoria principal de la fractura y está diseñado para registrar desplazamientos verticales y horizontales.

En la zona de estudio predominan limos de alta plasticidad, arcilla mayor al 30% con cenizas volcánicas, con un contenido de agua variable entre el 50 al 90%, presentando fracturamiento NE-SW y desplazamiento vertical de hasta 2 m, derivado de la deformación diferencial. En el análisis se presentan los resultados de las lecturas obtenidas en tres direcciones, presentando una tendencia de movimiento hacia el Noreste y un cambio en la dirección del bloque caído hacia el Sur. De igual manera se realizó el registro de la deformación en perfiles de Radar de Penetración Terrestre (RPT) y de sísmica de ondas superficiales (MASW). La información puntual en el sitio de la EMDS es complementada con imágenes de percepción remota (interferometría, InSAR) y nivelaciones topográficas con el fin de identificar los patrones generales de deformación. Los resultados obtenidos han permitido establecer medidas de mitigación adecuadas como la reubicación de dos edificios de una escuela primaria pública y la propuesta de restricción del paso vehicular en la zona, para crear un andador peatonal con el fin de reducir vibraciones que acentúen la deformación del suelo en la zona.

SE27-7

### EXPERIMENTAL GRANULAR FLOWS SHED LIGHT ON DYNAMICS OF TRANSPORTATION AND SEDIMENTATION OF NATURAL CONCENTRATED PYROCLASTIC AND VOLCANIC FLOWS

Sulpizio Roberto<sup>1</sup>, Sarocchi Damiano<sup>2</sup>, Bartali Roberto<sup>2</sup> y Rodríguez Sedano Luis Angelf<sup>2</sup><sup>1</sup>Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, DSTG<sup>2</sup>Instituto de Geología (UASLP)

roberto.sulpizio@uniba.it

Gravity-driven flows in volcanic areas comprise some of the most complex and hazardous natural phenomena, and can occur either during explosive eruptions or during volcanic quiescence. They include generation of pyroclastic density currents, debris avalanches, and volcaniclastic flows, which have different dynamics of transportation and emplacement. The comprehension of the physics of these natural phenomena is far to be satisfactory, and this faces with the need of detailing their behaviour. Among volcanic gravity-driven flows the study of those characterised by high-particle concentration is exceedingly important, since they encompass some of the most destructive volcanic phenomena. In all these phenomena the same basic forces govern motion, but differing mixture compositions, initial and boundary conditions yield varied dynamics and deposits. Examples range from dry rock avalanches, in which pore fluid may play a negligible role, to liquid-saturated debris flows and gas-charged pyroclastic density currents, in which fluids may enhance bulk mobility. New insights on behaviour of granular flows come from laboratory experiments carried out using a 5 m flume facility engineered at the Instituto de Geología (UASLP, Mexico). The flume is equipped with different sets of sensors and the spreading area is bordered with glassy walls in order to observe the deposit aggradation. The experimental runs are carried out using real volcanic particles combined to form synthetic grain size distributions. First results highlight some fundamental processes in particle transportation and deposit aggradation that are compared with real deposits

SE27-8

### MONITOREO DE LA DEFORMACIÓN SUPERFICIAL EN EL SECTOR NORESTE DEL PEÑÓN DEL MARQUES, DELEGACIÓN IZTAPALAPA

González Hernández Marcos<sup>1</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>2</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>3</sup>, Tovar Medina César Moisés<sup>2</sup>, Centeno Salas Felix Antonio<sup>2</sup> y Flores García Walter Antonio<sup>2</sup><sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG<sup>2</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG, Iztapalapa.<sup>3</sup>Centro de Geociencias de la UNAM, Campus Juriquilla  
mgonzalhe@gmail.com

El Peñón del Marques es una estructura volcánica de origen monogenético localizada en el extremo oriente de la Ciudad de México, en la Delegación Iztapalapa. En esta zona se presentan problemas relacionados con sus condiciones geológicas: taludes y laderas inestables, subsidencia del terreno y fracturamiento del subsuelo.

El fracturamiento afecta gran parte de la infraestructura y equipamiento urbano por lo que se colocó una Estación de Monitoreo de Deformación Superficial (EMDS) de tipo mecánico en el flanco noreste del Peñón. La estación está orientada de manera perpendicular a la trayectoria principal de una fractura con orientación NW-SE y ha permitido la obtención de datos de desplazamiento en tres direcciones: vertical, horizontal y apertura (X,Y,Z).

Los resultados obtenidos por esta estación de monitoreo en un periodo de 3 meses muestran que su mayor desplazamiento es en el sentido vertical pero está acompañado de un desplazamiento horizontal con una

componente lateral derecha. Para una mejor interpretación de los registros de desplazamiento se realizaron estudios de prospección geofísica, cartografía, topografía. Así mismo se llevo a cabo un Sondeo Geotécnico Mixto con recuperación de muestra intacta que permitió la determinación en laboratorio de las propiedades mecánicas de la secuencia geológica en la zona de estudio hasta 40 m de profundidad. La integración de la información obtenida ha permitido establecer que flanco NE del Peñón se encuentra afectado por un proceso de remoción en masa asociado a la subsidencia diferencial del terreno, debido a la heterogeneidad de materiales geológicos que consisten en heterogéneos depósitos volcánicos (lavas, depósitos de caída y flujos Piroclásticos) intercalados con materiales arcillo-limosos de alta plasticidad. Las variaciones laterales en las condiciones de deposición de estos materiales explicarían las variaciones en el desplazamiento horizontal de la secuencia.

SE27-9 CARTEL

**REDECVAM: RED GEOTÉCNICA EN EL VALLE DE MEXICALI**

Glowacka Ewa<sup>1</sup>, Sarychikhina Olga<sup>2</sup>, Marquez Ramírez Víctor Hugo<sup>2</sup>, Nava Pichardo Fidencio Alejandro<sup>2</sup>, García Arthur Miguel Angel<sup>2</sup>, Farfán Sánchez Francisco<sup>2</sup>, Orozco Luis<sup>2</sup> y Brassea Ochoa Jesús María<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias de la Tierra, CICESE

<sup>2</sup>CICESE

glowacka@cicese.mx

Para estudiar la distribución espacial y temporal de las deformaciones de la corteza en el Valle de Mexicali, el CICESE, desde 1996, mantiene una red de medidores de deformación. En 2013, después de sufrir inundaciones, robos, vandalismo, desahucio y reubicaciones, REDECVAM (Red de monitoreo de deformaciones de la Corteza en el Valle de Mexicali) incluye 2 grietómetros, 7 inclinómetros (dos en pozo), todos con registro semi-continuo, y dos testigos. Los instrumentos están instalados sobre, o muy cerca, de las fallas conocidas. Todas estas instalaciones fueron hechas mediante proyectos financiados por CONACYT.

Los grietómetros trabajan actualmente con intervalo de muestreo de 20 minutos y su precisión es de 0.1mm, mientras que los inclinómetros miden deformación cada 4 minutos, con precisión de 1 y 100 radian; se recupera los datos de grietómetros y inclinómetros con una laptop cada 30 – 90 días. La posición de testigos se revisa cada 2- 3 meses, con precisión de ±1mm.

La meta principal de la red es monitorear, en espacio y tiempo, el proceso de subsidencia causado por extracción de fluido en el campo geotérmico Cerro Prieto, en un ambiente tectónico que es complicado por tratarse de la frontera de dos placas tectónicas. Los resultados del monitoreo permiten estudiar también cómo subsidencia, sismos, creep y eventos de slip episódico influyen en la actividad de las fallas tectónicas.

SE27-10 CARTEL

**MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DE FRACTURAMIENTO EN SAN LORENZO TEZONCO, DELEGACIÓN IZTAPALAPA, MEDIANTE UNA ESTACIÓN MECÁNICA**

Centeno Salas Felix Antonio<sup>1</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>2</sup>, Carreón Freyre Dorá<sup>3</sup>, Tovar Medina César Moises<sup>2</sup>, González Hernández Marcos<sup>2</sup> y Flores García Walter Antonio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG

<sup>2</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos - Delegación Iztapalapa.

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

fcentenos@yahoo.com.mx

Este trabajo presenta los resultados del monitoreo de un sistema de fracturamiento que ha sido estudiado mediante una instrumentación mecánica puntual. Con ella se determinaron desplazamientos verticales y horizontales de las fracturas mediante micrómetro y regla respectivamente. La instrumentación de monitoreo se localiza en la Colonia San Lorenzo Tezonco, Delegación Iztapalapa, en donde mediante mediciones periódicas se registraron desplazamientos verticales y horizontales sobre la trayectoria de una fractura que se deriva de la deformación de la zona.

Con la finalidad de caracterizar la rigidez de la litología superficial, se estimo la velocidad de onda de corte, levantando un perfil con la técnica de dispersión de ondas sísmicas MASW. Complementariamente se realizó un sondeo geotécnico de penetración estándar, con el cual se caracterizaron las propiedades del subsuelo observándose una serie de contactos litológicos de materiales limo-arcillosos y volcánicos (flujos de escoria, depósitos de caída y lavas) esta se correlacionó con el modelo del perfil MASW. Los resultados de la instrumentación mecánica indican que la velocidad de desplazamiento en la fractura ha sido mayores en el eje horizontal que en el eje vertical. Integrando todos los resultados se determina que posiblemente los desplazamientos son debidos al desarrollo de un proceso de remoción en masa asociado a la subsidencia y fracturamiento del subsuelo.

SE27-11 CARTEL

**ANÁLISIS DE VIBRACIÓN Y SONIDO EN AVALANCHAS GRANULARES A ESCALA Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA DEL FLUJO Y LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES**

Rodríguez Sedano Luis Angel<sup>1</sup>, Sarocchi Damiano<sup>2</sup>, Borselli Lorenzo<sup>2</sup>, Segura Cisneros Oscar<sup>3</sup>, Moreno Chávez Gamaliel<sup>3</sup>, Bartali Roberto<sup>3</sup> y Montenegro Rios Anibal<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>3</sup>Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencias de los Materiales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>4</sup>Doctorado Institucional en Ingeniería y Ciencias de los Materiales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

googlears@gmail.com

El estudio de los flujos granulares ha fascinado por generaciones a los científicos y, a pesar de que se han dado pasos adelante, no existe hasta la fecha un total entendimiento de este tipo de fenómenos. Quedando aun muchas dudas por resolver este es un campo de investigación sumamente atractivo y desafiante. Con el avance de la tecnología se han podido desarrollar nuevos aparatos y metodologías que han permitido progresar significativamente en temas específicos como reología, segregación y sedimentación de flujos granulares.

El uso de canaletas experimentales se ha difundido en varios centros de investigación debido a su gran eficiencia al simular a escala reducida, flujos granulares en ambientes totalmente controlados. Uno de estos aparatos, construido en México, es el Simulador de Flujos granulares (GRANFLOW-SIM) del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Una canaleta experimental modular de más de 5 metros de largo y 0.30 metros de ancho, equipada con una amplia gama de sensores que incluyen barreras laser para el estudio de la cinemática de las avalanchas; celdas de carga para el estudio dinámico de la distribución del volumen y masa del flujo en movimiento; sensores piezoeléctricos y micrófonos para estudiar el tipo de interacción entre partículas y la temperatura granular del flujo; cámaras fotográficas y de video para estudios de velocimetría óptica y para ver en cámara lenta el desarrollo de los fenómenos. La variedad de sensores y la modularidad de esta canaleta permiten el desarrollo de diversos estudios sobre flujos granulares tanto secos como húmedos.

En este trabajo se reportan los resultados preliminares obtenidos en el estudio de flujos granulares con clastos de diferente densidad (Andesitas y Pómez) a través del análisis de las vibraciones y del sonido que estos emiten mientras fluyen por la canaleta experimental. Estudios previos han demostrado que es posible reconocer diferentes etapas de un flujo piroclástico en movimiento usando infrasonido y ondas sísmicas. Las señales captadas por piezoeléctricos y micrófonos han sido examinadas y procesadas por medio de filtros de frecuencia.

Se ha realizado un estudio sistemático con mezclas monodispersas de diferentes clases granulométricas y diferente densidad individuando las frecuencias características de las vibraciones y sonido generadas. Posteriormente se han realizado estudios para reconocer dichas frecuencias en el conjunto de frecuencias producidas por una avalancha constituida por material polidisperso. Se estudiaron también los cambios de frecuencia producidos por la agregación de material de diferente densidad.

A pesar de que se trate de un campo totalmente por explorar, los resultados preliminares proporcionan información extremadamente interesante y muestran la gran potencialidad de este campo de estudio en el campo de la sedimentología experimental.

SE27-12 CARTEL

**MEDICIÓN DE DESPLAZAMIENTO 3D DE CAMPO COMPLETO**

Barrientos Bernardino<sup>1</sup>, Mares Carlos<sup>1</sup> y Cerca Martínez Mariano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones en Óptica, CIO

<sup>2</sup>Centro de Geociencias, UNAM

bb@cio.mx

En una gran variedad de experimentos físicos de tipo geológico, es necesaria la medición precisa de la deformación, por ejemplo en modelos diseñados para el análisis de desplazamientos de la corteza terrestre o de deslizamientos de suelos en terrenos inestables. Dependiendo del alcance del experimento, puede ser necesario contar con información de desplazamiento que no solamente provenga de un punto del objeto sino de toda una región del mismo, e incluso que se cuente simultáneamente con las tres componentes de desplazamiento 3D (a lo largo de los tres ejes cartesianos), para cierto instante de tiempo. En este trabajo se aplica una variación de un método óptico basado en proyección de franjas, el cual permite obtener el campo completo de desplazamientos mediante el análisis de imágenes en color. Las tres componentes de deformación se obtienen por medio de la separación de la información espacial en los tres canales de color RGB. Las ventajas de esta técnica incluyen que la información de las componentes de deformación finita

en- y fuera- del plano se obtienen simultáneamente (en una imagen) y, por lo tanto se puede aplicar a fenómenos que ocurren rápidamente (fracciones de segundo). Se reportan resultados preliminares de la aplicación de esta técnica en laboratorio.

SE27-13 CARTEL

### GRANULOMETRÍAS ÓPTICAS DE DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS MEDIANTE SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES POR GMM

Moreno Chávez Gamaliel<sup>1</sup>, Sarocchi Damiano<sup>2</sup>, Arce Román Edgar<sup>3</sup> y Rodríguez Sedano Luis Angel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>DICIM, UASLP

<sup>2</sup>Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>4</sup>Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México  
gamalielmch@gmail.com

Los flujos piroclásticos son flujos granulares que se originan en los alrededores de los volcanes como consecuencia de erupciones o por derrumbes de material piroclástico. Estos flujos se mueven por gravedad y debido a su alta velocidad, energía y temperatura, además de ser cubiertos por una densa nube de polvo, son fenómenos muy difíciles de estudiar durante su desarrollo. Sin embargo es uno de los fenómenos naturales más destructivos, por eso su estudio es de capital importancia. Una de las principales fuentes de información sobre los flujos piroclásticos son los depósitos que se forman una vez culminado el evento. La granulometría es la característica más importante de los depósitos, el tamaño de las partículas está relacionado directamente con el arrastre, transporte y sedimentación, además un exhaustivo análisis granulométrico da indicadores clave sobre cambios en los regímenes de deposición. Para llevar a cabo este análisis existen distintas técnicas, que van desde las clásicas que consisten en el muestreo en campo y el estudio granulométrico en laboratorio (tamizado), que a pesar de los avances tecnológicos en la instrumentación de laboratorio el estudio requiere bastante tiempo y supervisión, hasta técnicas ópticas que consiste en tomar fotografías de las paredes del depósito, para después hacer el estudio estereológico mediante métodos manuales, como el análisis de Rosiwal. El problema surge debido al elevado número de partículas que es necesario analizar en los depósitos para obtener un dato significativo. Estos análisis semi-manuales hacen la granulometría óptica una actividad larga y tediosa.

El procesamiento digital de imágenes en conjunto con métodos ópticos permite automatizar el análisis, efectuando un extensivo análisis granulométrico en gran cantidad de afloramientos y en tiempos cortos. Esta investigación tiene como objetivo realizar la segmentación de imágenes mediante el algoritmo GMM (Gaussian Measure Models). Éste algoritmo tiene dos características importantes, que es robusto y no requiere parámetros de inicialización. Estas propiedades son fundamentales por el caos natural que presentan las imágenes, el procesamiento se realiza en tres dimensiones correspondientes a los planos R-G-B, obteniendo campos gaussianos de 4-D. Los resultados obtenidos mediante el análisis automático son comparados con granulometrías realizadas manualmente, con el test de Kolmogorov-smirnov.

SE27-14 CARTEL

### DESARROLLO DE UN CONMUTADOR ELECTRÓNICO TIPO SWIFT PARA OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE ESTUDIOS DE GEOELÉCTRICA

Ortega Ruiz Mauricio Alberto<sup>1</sup>, García Garduño Víctor<sup>2</sup>, Herrera Rafael<sup>2</sup> y Ortega Ruiz Roberto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Electronica, UVM

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, UNAM

<sup>3</sup>CICESE Unidad La Paz

ortega\_mauricio@hotmail.com

Se desarrolló un conmutador electrónico basado en relevadores programados para activar la secuencia correcta de las señales de los electrodos destinados a emitir la corriente (A y B) y los electrodos de potencial (M y N). Este dispositivo se ha desarrollado en una placa de circuito impreso que se programa por el operador y conmuta la secuencia de electrodos destinada al estudio geoelectrónico. Actualmente se trabaja en realizar una conectividad y control directo a partir de un resistivímetro convencional de cuatro entradas A,B, M y N, el conmutador electrónico se encarga de enviar correctamente las señales a un arreglo multielectrónico a través de cables de hilos múltiples de alto voltaje, además se utilizan sistemas automáticos de disparo para que el instrumento realice las mediciones y se guarden internamente en memoria, toda vez que se use instrumentación convencional con posibilidades de almacenamiento interno. Este instrumento mejora los sondeos eléctricos verticales unidimensionales en sitios donde las variaciones laterales son importantes (cavidades, zonas de contaminación, etc.) En general, en todas las diferentes técnicas de medición de resistividad se inyecta una corriente en el suelo y se mide el potencial entre dos puntos donde se colocan los electrodos. En este trabajo, además se consideran nuevas tendencias en la instrumentación geoelectrónica, como el análisis completo de las formas de onda registradas

para la medición de potencial, o la lectura simultánea de múltiples canales de potencial, haciendo mas eficiente el trabajo de campo. Finalmente, se hacen recomendaciones para instituciones de investigación o de docencia a fin de tener instrumentos de bajo costo de alta resolución.

SE27-15 CARTEL

### INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA ÓPTICO DE MEDICIÓN DE DEFORMACIÓN EN ZONAS DE FRACTURAMIENTO - CASO DE ESTUDIO: PEÑÓN DEL MARQUÉS, DELEGACIÓN IZTAPALAPA MÉXICO D.F.

Tovar Medina César Moises<sup>1</sup>, Barrientos Bernardino<sup>2</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>3</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>4</sup>, Zacarías Ramírez Said Ricardo<sup>3</sup> y Blancas Domínguez José Daniel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Óptica

<sup>3</sup>Delegación Iztapalapa

<sup>4</sup>Centro de Geociencias

cesar.1982@live.com.mx

La calle de Luis García se ubica en la Zona Urbana Ejidal Santa Martha Acatitla Sur de la Delegación Iztapalapa. Su cruce con la calle de Salvador Escalante es un punto de especial estudio y por la marcada deformación que presenta (escalonamientos abruptos de terreno cuyo orden de magnitud supera los 100cm) se definió como el sitio adecuado para la implementación del sistema de medición sobre la trayectoria de una fractura principal. Además de que se cuenta con nivelaciones topográficas y prospecciones geofísicas históricas a lo largo de esta (de 2008 a 2012).

Durante 2011 se llevaron a cabo pruebas de campo para definir la factibilidad de instalar un sistema óptico de medición láser, que permitiera obtener valores de desplazamiento vertical, horizontal y de apertura. Se definió un sistema triangular tomando como eje central la trayectoria de una fractura, basado en una serie de mediciones y pruebas de amplitud y longitud para establecer el rango de medición y colocación de los instrumentos y dispositivos láser.

Los instrumentos constan de bases metálicas de aluminio y equipo óptico protegidos con cajones de estructura metálica y forrados con panel durock. Estos se encuentran aplanados y recubiertos a su vez con material impermeabilizante para la protección contra el polvo y la temperatura. Cuentan además con adecuaciones de ventilación y reducción de humedad para brindar las mejores condiciones posibles de operatividad y prolongar la vida útil de los instrumentos. Los componentes fueron distribuidos en las azoteas de tres viviendas con un punto fijo de control y otro más de emisión de la señal láser hacia dos puntos receptores y de registro de datos. La instalación de los mismos contó con la participación y el apoyo vecinal para el resguardo de los equipos.

Posteriormente a la instalación, el sistema contó con una etapa de calibración y prueba de los equipos para ajustar su funcionamiento de acuerdo con el diseño establecido y adaptado a las condiciones del sitio. La alimentación de energía eléctrica es proporcionada por los vecinos con una toma de corriente de 125V. La recolección de los datos se lleva a cabo por dos lecturas diarias con 12 horas de intervalo entre cada una (12:00 pm y 00:00 am) con descarga automatizada de datos a través de puerto USB. Los desplazamientos se calculan por medio de procedimientos geométricos y mediante la correlación de las mediciones y su procesamiento con software matemático, se pueden presentar los valores de desplazamiento en milímetros.

En esta primera etapa se dedujo que los desplazamientos verticales resultan mayores que los horizontales, debido principalmente al control de un mecanismo de fracturamiento actuante en la zona. Estos resultados se complementaron con una serie de perfiles topográficos que confirman el mismo comportamiento sobre la trayectoria principal de la fractura. Con la finalidad de generar datos de manera continua y precisa, el sistema cuenta con revisiones periódicas de mantenimiento, calibración de los dispositivos y alimentación de energía.

SE27-16 CARTEL

### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN MECÁNICA DE MONITOREO PARA LA MEDICIÓN DEL FRACTURAMIENTO DEL SUBSUELO - CASO DE ESTUDIO: "LA PLANTA" AL SUR DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA, D.F.

Aguilar Verdugo Jose Arturo<sup>1</sup>, Gutiérrez Calderón Raúl Iván<sup>1</sup>, Carreón Freyre Dora<sup>2</sup>, Centeno Salas Felix Antonio<sup>3</sup> y Tovar Medina César Moises<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG

<sup>2</sup>Centro de Geociencias UNAM, Campes Juriquilla

<sup>3</sup>Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos, CERG

rayo.arty@gmail.com

El sitio identificado como La Planta, se localiza en el extremo sur de la Delegación Iztapalapa en la Ciudad de México. La Estación de Monitoreo, se colocó sobre el andador del Deportivo Cinturón Verde, en las coordenadas UTM 493 ,348 .4372 de Latitud Norte, y 2, 133, 115 .5097 de Longitud Oeste. Esta es

una de las zonas de alta deformación y afectación a la infraestructura urbana, debido a sus características geológicas y a la extracción de agua subterránea.

Los resultados obtenidos a partir del monitoreo a lo largo de casi un año se complementaron con estudios geofísicos de RPT multifrecuencial para caracterizar la estructura del subsuelo, además de emplear dispersión de ondas sísmicas (MASW), para determinar la velocidad de la onda de corte. Con este último método, se presentan velocidades de onda relativamente bajas las cuales corresponden a secuencias limo-arcillosas alternadas con depósitos volcánicos.

Los resultados obtenidos con el monitoreo indican que el bloque considerado como inestable presenta en la vertical (eje Z) un desplazamiento negativo (descenso), en el sentido horizontal (eje X) muestra un desplazamiento que favorece el de tipo lateral izquierdo, estos dos ejes representan los desplazamientos relativamente mayores. En cuanto a la apertura (eje Y) se observa mayor oscilación en los datos, lo que puede ser asociado a un comportamiento tanto de expansión como de contracción. El comportamiento irregular de los datos muestra que los desplazamientos relativos son en el contacto entre materiales limo-arcillosos y flujos piroclásticos o depósitos de caída.

perturbación mecánica longitudinal o en cizalla en un extremo de la muestra, con una presión controlable y repetible. La perturbación longitudinal forma ondas "P", mientras que el movimiento en cizalla producirá ondas "S" o transversales. También se tiene la capacidad de registrar los tiempos de aplicación y llegada entre extremos. Teniendo el dato del tiempo de propagación de las ondas, el cálculo de la velocidad se deduce mediante la medición del trayecto (longitud o diámetro) de la muestra. Para hacer los registros se utilizó un osciloscopio digital de dos canales, disparado externamente mediante una señal electrónica. Utilizando el modo de trazo único en el tiempo, es posible obtener el trazo del disparo conectando la señal a un canal del instrumento. La llegada de onda se obtiene mediante un geófono electromagnético de 4.5Hz, al cual se le hizo una adaptación mecánica y que se coloca en el otro extremo de la muestra. La onda del geófono es registrada en el trazo del siguiente canal del osciloscopio donde se puede medir el tiempo buscado. El sistema presenta repetibilidad en la presión de perturbación mecánica y rapidez de respuesta en el sistema electrónico. Los resultados obtenidos son congruentes con lo esperado. El análisis de la señal proporcionada por el geófono se presenta en el trabajo complementario de Cid Villegas y colaboradores.

SE27-17 CARTEL

### ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE PELIGRO GEOMORFOLÓGICO DE UNA PORCIÓN DE LA SIERRA DE SAN MIGUELITO, S.L.P.

Puente Castillo Wendy Lorena<sup>1</sup> y Borselli Lorenzo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geología - Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP

<sup>2</sup>Instituto de Geología-Universidad Autónoma de San Luis Potosí  
wendypuente7@hotmail.com

RESUMEN: La urbanización y demanda de mayor cantidad de inmuebles, ha llevado a la construcción de éstos hacia zonas geológicas de amenaza de peligros naturales, por esto los estudios geotécnicos son importantes para poder evitar o minimizar las consecuencias de estos. El objetivo de este trabajo es asociar las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos y suelos a zonas de peligros geomorfológicos, con la elaboración de mapas de peligros de la porción ubicada al noreste y centro de la Sierra de San Miguelito, S.L.P., donde algunos peligros geomorfológicos se encuentran en manera extrema y en éstas áreas se tienen planes para futuro desarrollo de urbanización. El área de estudio presenta afloramientos de riolitas e ignimbritas de edad Terciaria, caracterizadas por la presencia de horizontes de suelo tipo litosoles y regosoles de poco espesor con evidencias de fuertes procesos de erosión que contribuyen a la generación de escorrentía superficial, siendo la causa de frecuentes inundaciones en algunas colonias de la ciudad; en algunas áreas hay evidencias de caída y volcadura de bloques cerca de áreas urbanas. La etapa de gabinete de este trabajo dio inicio en enero del 2012, comenzando por el análisis, recopilación de información y digitalización de mapas; la etapa de campo dio inicio en marzo 2012 y terminó en agosto del 2013. Para llegar a la creación de estos mapas se aplicaron para los macizos rocosos los parámetros de resistencia al corte GSI (geological strenght index) (Hoek et al., 2002, Hoek y Diederichs, 2006; Zhang, 2010), datos que van a ser presentados en éste congreso y que van a ser comparados con los parámetros de RMR (Rock Mass Rating) de Bieniawski (1989); para suelos se aplicaron los parámetros de resistencia al corte de Mohr-Coulomb; para ubicar áreas surgentes de escorrentía e inundación, se aplicó el método de Portable Drop Infiltrometer (PDI) (Salem et al., 2005) donde se utilizaron los parámetros hidráulicos (Ks) y (G) (Smith and Parlange, 1978; Smith, 1990, Warrick, 1995) para calcular la capacidad de infiltración que determina la transformación de la lluvia en un volumen de escorrentía superficial (Philip, 1969; Smith, 1990). Para el mapa geomorfológico el análisis se extendió hacia el pasado, observando los procesos que estuvieron y los que se encuentran activos usando fotografías aéreas, se dibujaron polígonos para cada peligro sobre imágenes multitemporales tomadas de Google Earth, creación de un Modelo Digital de Elevación en escala de grises a través del software Arc Map versión 9.3 (A. Carrara et al., 1999, Lee, S. y Chou, U., 2003); con la finalidad de corroborar y documentar los peligros naturales que se encuentran siguen activos en el área de estudio.

SE27-18 CARTEL

### IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA MEDICIÓN DE ONDAS DE CUERPO VP Y VS EN MUESTRAS GEOLÓGICAS

Escalante González Jorge Antonio<sup>1</sup>, Cid Villegas Gonzalo<sup>2</sup>, Cerca  
Martínez Mariano<sup>3</sup> y Zúñiga Davila-Madrid Francisco Ramón<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geociencias, CGEO

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

<sup>3</sup>Centro de Geociencias, UNAM

jescalante@geociencias.unam.mx

El objetivo principal de este trabajo es presentar una implementación para medir las velocidades de propagación promedio de las ondas (Vp y Vs) en diferentes tipos de materiales geológicos. Para este fin, se utilizan muestras cilíndricas de núcleos de pozos de perforación. El sistema posee la habilidad de generar una