

Sesión especial

**EVALUACIÓN DE PROCESOS DE
SUBSIDENCIA DEL TERRENO
EN EL MUNDO: GRUPO DE
TRABAJO DE SUBSIDENCIA
DEL TERRENO DE LA UNESCO**

Organizadores:

Dora Carreón Freyre
Pietro Teatini
Devin Galloway
John Lambert

SE07-1 PLÁTICA INVITADA

**USING SURFACE DATA FOR
SUBSURFACE CHARACTERIZATION**

Fokker Peter y Candela Thibault
TNO
peter.fokker@tno.nl

Surface subsidence is the signature of natural or anthropogenic subsurface processes. In the case of deep processes as the depletion of gas reservoirs or the exploitation of geothermal resources, the signature at the surface extends over spatial dimensions of the order of the depth of the activities. The elastic response of the overburden rocks leads to a smooth and blurred signature of what is occurring locally at depth. This makes interpretation of surface movement in terms of a quantification of the subsurface processes and governing parameters difficult. This presentation will highlight the difficulties encountered during such inverse modeling efforts and demonstrate a way forward using a number of recent field applications. Measurements are typically leveling, GPS, and PS-InSAR; interpretation methods range from linear models with few parameters to non-linear models using large numerical dynamic subsurface models. The presentation will continue to describe possible applications for reservoir management, including situations where the driving forces for the decision-making are economical or environmental. A general workflow will be given for handling and constraining a case in which many uncertainties exist. Finally, the presentation will sketch a way forward integrating slow surface movement data with data from induced seismicity, which extends spatially and temporally the scale of the measurement window. Indeed, well data as logging and production provide measurements on a local scale; subsidence provides data on reservoir scale; and microseismicity focuses on the behavior of localized faults that may be bordering or compartmentalizing the reservoir.

SE07-2 PLÁTICA INVITADA

**SUGGESTIONS TO CONSTRUCT A
WORLD MAP ON LAND SUBSIDENCE**

John Lambert
Deltares
john.lambert@deltares.nl

Like of other topics, the amount of available information on land subsidence is enormous and quickly growing. Thanks to internet, the accessibility of literature and information is growing quickly, but – however this, land subsidence is still mainly recognized as a local or regional issue and not – like sea-level rise – as a worldwide challenge. Surfing the internet we will find world maps on a huge variety of topics but, a world map on land subsidence is still lacking. This paper describes three attempts to make a start with global subsidence mapping. A first attempt was done by Keith Prince (USGS), already in the 20th century. More recently, attempts were made by Kevin Hung from Taiwan and the author from the Netherlands. Trying to make such a land subsidence map, all encountered a similar problem: how to make such a map complete and reliable? The attempts and preliminary results will be showed and possible future developments and improvements will be discussed.

SE07-3

**ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS GRIETAS DEL TERRENO
APARECIDAS TRAS LA INUNDACIÓN DEL 28/09/2012,
EN PUERTO LUMBRERAS (MURCIA, SE ESPAÑA)**

Mulas Joaquín¹, Herrera Gerardo¹, Tomás Roberto², Fernández-Merodo Jose Antonio¹, Bejar Marta¹, Jorda Bordehore Luis³, García-López Davalillo Juan Carlos¹, Aragón Rueda Ramón¹ y Mateos Ruiz Rosa María¹
¹Instituto Geológico y Minero de España, IGME
²Universidad de Alicante
³j.mulas@igme.es

Tras la retirada de las aguas de inundación del 28 de septiembre de 2012, aparecen grietas de hasta 400 m, en una zona del municipio de Puerto Lumbreras, ubicado en la región de Murcia, en el sureste de España. El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) realizó un informe para el Ayuntamiento de Puerto Lumbreras, para determinar las características geológicas y geotécnicas del terreno donde se produjeron las grietas. Además se plantearon una serie de actuaciones para profundizar en el conocimiento del fenómeno, sobre la seguridad de las personas y de la única vivienda en construcción en contacto con la grieta, así como unas recomendaciones para las futuras construcciones en la zona. El mecanismo de desarrollo de las grietas mostraba un fenómeno de piping por horadación diferencial en unos materiales que no son expansivos, con abundancia mayoritaria de finos, sobre todo limos, siempre más del 50% y arena fina de contenido muy variable que puede llegar al 40%. Se observa un desmoronamiento en masa de los materiales que tienen por encima los conductos subterráneos previos (piping) y de las paredes que quedan en las grietas. El acrecentamiento del hueco se ha debido producir hasta que el flujo de agua procedente de la inundación cesó. Se tomaron una serie de muestras, no de forma exhaustiva, para hacer ensayos geoquímicos (pH, SAR (Ratio de Absorción de Sodio), ESP (Porcentaje de Sodio intercambiable) y test de Crumb) y evaluar aproximadamente la susceptibilidad a la erosión interna de

estos terrenos. Los resultados de los mismos, parecen indicar, que hay variabilidad en la participación del factor dispersivo. El ensayo de Crumb ha dado que no son dispersivos. Sin embargo los valores de pH, SAR y ESP; parecen indicar que en algunos puntos su contribución puede ser importante. Solo en la parte sur de la grieta dio un grado apreciable de colapsabilidad. Dichos análisis se han completado con la utilización de datos INSAR, GPS, Georadar y de modelización de la subsidencia del terreno de la zona. Tratando de que sirvan de argumentos para poder discernir si en la naturaleza de la aparición de la grieta esta es de tipo neotectónico, sedimentario, hidrodinámico, por subsidencia del terreno, antrópica (antiguas construcciones lineales enterradas, zanjas, acequias) o una conjunción de varios.

SE07-4

**3D FACIES-BASED GEOMECHANICAL
MODEL TO SIMULATE LAND SUBSIDENCE
IN THE BEIJING PLAIN, CHINA**

Zhu Lin¹, Gong Huihui¹, Dai Zhenxue², Wang Rong³, Gambolati Giuseppe⁴ y Teatini Pietro⁴
¹College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, China
²Earth and Environmental Sciences Division, Los Alamos National Laboratory, USA
³Beijing Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, China
⁴Dept. of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Padova, Italy
hi-zhulin@163.com

The northern part of the Beijing Plain, where many wellbores were drilled since the 1960s to supply drinking water to the capital, is composed of a heterogeneous alluvial fan laid down over the Quaternary. Overexploitation of the groundwater resources has been responsible for a severe land subsidence, which amounted up to 80 cm between the mid-1950s to 2013 in this part of the plain. The heterogeneous architecture of the subsurface system has strongly affected land subsidence. With the aim of characterizing land subsidence in a statistical framework, we propose an integrated modelling approach, which couples three-dimensional (3D) stochastic simulated hydrofacies distributions with Monte Carlo finite-element (FE) groundwater flow and geomechanical simulations. A 3D FE mesh, which is composed of 598'661 nodes and 3'483'030 elements, has been developed and populated with the outcome of hydrofacies modelling. Four main facies, including sub-clay and clay, fine sand, medium-coarse sand, and gravel, each of them characterized by a proper hydraulic conductivity and compressibility, has been taken into account. A multi-zone transition probability approach has been used to build-up a number of 100 facies statistical realizations starting from almost 700 borehole stratigraphies. The undisturbed condition dated 1965 has been used as initial condition and the distribution of the pumping rates and piezometric records available from 1965 to 2012 were used to calibrate the regional groundwater flow model. Using an explicitly coupled approach, the geomechanical model has been sequentially applied to compute the horizontal and vertical movements of the land surface. The computed land subsidence has been compared with the available measurements derived from levelling and InSAR. The calibrated modelling approach will be applied to evaluate the expected land subsidence in the Beijing Plain over the next decade under different realistic scenarios of groundwater pumping.

SE07-5

**EVOLUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA DEFORMACIÓN
ASÍSMICA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN EL VALLE
DE MEXICALI, EN EL PERIODO 1993 – 2014, REVELADA
USANDO LA TÉCNICA DE INTERFEROMETRÍA SATELITAL**

Sarychikhina Olga y Glowacka Ewa
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
osarytch@yahoo.com

Las deformaciones de la superficie del terreno en el Valle de Mexicali, Baja California, están causadas por los efectos combinados de la tectónica activa y la actividad humana, principalmente la explotación de yacimiento geotérmico en el campo geotérmico de Cerro Prieto. Esta deformación de la superficie ha afectado en forma gradual la estabilidad de la infraestructura local, causando daños a las vías del ferrocarril, carreteras, canales de riego, campos agrícolas y otras instalaciones. En el presente trabajo, realizamos la reconstrucción de la evaluación espacio-temporal de la deformación asísmica que ha afectado el Valle de Mexicali durante el periodo 1993 – 2014, usando un amplio conjunto de imágenes SAR satelitales de banda C (ERS – 1, ERS – 2, ENVISAT and RADARSAT – 2). Se aplicó la técnica de DInSAR convencional junto con el procedimiento de apilamiento de las interferogramas diferenciales. Los mapas de la velocidad promedio de desplazamiento en la línea de vista del radar (LOS) fueron generados para varios periodos: 1993-1997, 1998 - 2000, 2004, 2005, 2007, 2009 y 2012 a 2014. Los resultados revelaron que el área de estudio ha sido afectada por importante deformación del terreno, principalmente subsidencia, durante todo el periodo de análisis. Se ha detectado altas tasas de subsidencia de hasta 18 cm/año. Los principales cambios en la velocidad y el patrón espacial de la deformación ocurrieron entre 2000 y 2005 y entre 2009 y 2012. Estos cambios tienen una buena correlación en tiempo y espacio con cambios en la producción en el campo geotérmico de Cerro Prieto. Comparación de los mapas de la velocidad promedio de desplazamiento en LOS de diferentes geometrías de adquisición de las imágenes, y la descomposición

del desplazamiento en LOS en las componentes vertical y horizontal (este-oeste), revelaron la presencia de desplazamiento horizontal importante que corresponde primordialmente al movimiento horizontal del terreno dentro y fuera de los márgenes de la zona de subsidencia hacia las zonas con mayor tasa de hundimiento, como se puede esperar para un fenómeno de subsidencia.

SE07-6

ESTUDIO SOBRE ALGUNOS ASPECTOS HIDROMECÁNICOS DE LA FALLA ORIENTE, UNA ESTRUCTURA POSIBLEMENTE REACTIVADA POR EL PROCESO DE SUBSIDIENCIA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

Hernández Martín¹, Pacheco-Martínez Jesús¹, Campos-Moreno Guillermo E.¹, De Lira-Gómez Pedro¹, Carreón Freyre Dora² y Ochoa González Gil³

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, UAA

²Centro de Geociencias, UNAM

³ITESO

mhernandez@correo.uaa.mx

La falla Oriente que limita al semi-graben de Aguascalientes con dirección preferencial N-S, es una estructura tectónica antigua y recientemente reactivada muy probablemente por la subsidencia que actualmente ocurre en el centro del graben. Se trata de una falla normal con desplazamiento diferencial superficial máximo del orden de los dos metros y una abertura por erosión de más de un metro. La actividad de la falla es evidente a través de los daños en edificaciones y sobre todo por la constante reparación de pavimentos en las calles y avenidas por la que ésta atraviesa. Esta falla podría estar jugando un papel importante no solo en el proceso del fracturamiento superficial ya que la gran mayoría de las fracturas y fallas que afectan al valle son casi paralelas a ella, sino porque podría constituir una forma de contacto hidráulico entre la superficie y los acuíferos locales. Como parte de una serie de investigaciones concentradas en esta falla, para este estudio se aplicaron una serie de experimentos para determinar su respuesta hidromecánica ante los esfuerzos hidráulicos y mecánicos impuestos, utilizando nivelación superficial y geofísica de resistividad. Derivados de estos experimentos, en un periodo de 6 meses de medición se registraron desplazamientos verticales del orden de 13 milímetros en el bloque caído, mientras que el bloque elevado presenta pequeños cambios de deformación superficial, aunque en algunos puntos se observan pequeñas elevaciones como respuesta a la dinámica del desplazamiento. En cambio, mediante la inclusión controlada de agua potable a la falla y la aplicación de perfiles de resistividad, antes, durante y después del vaciado de agua, se observa una compleja respuesta hidráulica ante el flujo subsuperficial que aún se analiza y discute.

SE07-7 PLÁTICA INVITADA

LAND SUBSIDIENCE IN SEMARANG (INDONESIA): IMPACTS AND DISASTER RISK REDUCTION

Abidin Hasanuddin Z.¹, Andreas Hs¹, Gumilar Is¹, Yuwono BsDs² y Sidiq TsPs²
¹Faculty of Earth Science and Technology, Institute of Technology Bandung, Bandung, Indonesia
²Dep. of Geodetic Engineering, University of Diponegoro, Semarang, Indonesia
hzaabidin@gd.itb.ac.id

Semarang is the capital city of Central Java province, located in the northern coast of Java island, Indonesia. Semarang is the capital city of Central Java province, located in the northern coast of Java island, Indonesia. Topographically, Semarang consists of two major landscapes, namely lowlands and coastal areas in the north, and hilly regions in the south. Two rivers run through the city, one on the east side and another on the west which essentially dividing the city into three parts. It has been reported for many years that several places in Semarang are subsiding at different rates. The results obtained from Leveling surveys, GPS surveys, InSAR and Microgravity technique over the period between 1999 and 2016 show that land subsidence in Semarang has spatial and temporal variations with typical rates of about 3 to 10 cm/year. The northern region of Semarang along the coast exhibits higher rates of subsidence compare to its southern region, and this subsidence is believed to be caused by the combination of natural consolidation of young alluvium soil, groundwater extraction, load of buildings and constructions, and perhaps also tectonic activities. The impacts of subsidence in Semarang can be seen in the field in various forms such as wider expansion of coastal and/or inland flooding areas, cracking of permanent constructions and roads, tilting of houses and buildings, 'sinking' of houses and buildings, changes in river canal and drain flow systems, and increased inland sea water intrusion. These impacts can be categorized into infrastructure, environmental, economic, and social impacts; and their related potential losses are actually quite significant. The collateral impact of coastal subsidence in Semarang, in the form of coastal flooding during high tides is also quite damaging. This repeated coastal flooding in several areas along the coast will deteriorate the structure and function of building and infrastructures, badly influences the quality of the living environment and life, and also disrupts economic and social activities in the affected areas. Rapid urban development, relatively young alluvium soil, and relatively weak mitigation and adaptation initiatives, are risk increasing factors of land subsidence in Semarang. Therefore a disaster risk reduction system of land subsidence in Semarang is urgently required. This

paper discusses and analyses the characteristics of observed land subsidence in Semarang; and its possible disaster risk reduction system, especially related to the aspects of risk assessment, prevention, mitigation, adaptation and preparedness, and disaster risk governance.

SE07-8

INVESTIGACIÓN, PRÁCTICA PROFESIONAL Y LEGISLACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO POR SUBSIDIENCIA EN AGUASCALIENTES, MÉXICO

Pacheco-Martínez Jesús¹, Cabral Cano Enrique², Wdowski Shimon³, Hernández-Marín Martín⁴, Ortiz-Lozano José Ángel¹ y Zermeno De León Mario Eduardo¹

¹Departamento de Construcción y Estructuras, CCDC de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

²Departamento de Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, UNAM

³Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami

⁴Departamento de Geotecnia e Hidráulica, CCDC de la Universidad Autónoma de Aguascalientes
jesus.pacheco@edu.uaa.mx

El fracturamiento de terreno debido a subsidencia por extracción de agua conocido en Aguascalientes desde finales de la década de 1970. Los primeros reportes en la década de 1980 hacen referencia únicamente a las afectaciones causadas por las fallas y fracturas del terreno sobre las construcciones e infraestructura urbana, sin mencionar zonas de hundimiento o la magnitud de los mismos. Fue hasta la década del 2000 cuando se tuvieron registros de una estación GPS, información de la variación del nivel del agua subterránea, y datos de varias nivelaciones de bancos de nivel distribuidos en la ciudad de Aguascalientes, que se pudo probar que la esta se estaba hundiendo y que los mayores hundimientos tenían lugar en las zonas donde le abatimiento del nivel de agua subterránea era mayor. Por otra parte, la similitud morfológica de las fallas causadas por subsidencia diferencial con las fallas que se generan como resultado de un evento sísmico, causó que los profesionistas de la práctica en Aguascalientes, les atribuyera a las fallas asociadas a subsidencia un comportamiento sísmico. Esta confusión trascendió hasta ser incluida en la normativa de construcción local, en la cual se incluyó una zonificación del riesgo sísmico basado en la cercanía con las fallas y fracturamientos asociadas a subsidencia. En el mismo orden de ideas, actualmente el código urbano estatal y el municipal requieren para la liberación de licencias de construcción la realización de un estudio geológico y geofísico para la detección de posibles discontinuidades geológicas activas o potencialmente activas. El estudio es requerido para cierta tipología de construcciones sin considerar si el proyecto a desarrollar se encuentra realmente en una zona sujeta a subsidencia. Lo anterior implica que se ha estado requiriendo estudios geológicos y geofísicos en zonas donde no son necesarios, o al menos no con los alcances que dictan los códigos. En este trabajo se presenta los avances en el estudio de la determinación del peligro, la vulnerabilidad y la evaluación del riesgo asociado a subsidencia para la ciudad de Aguascalientes. Se presenta un mapa de zonificación del peligro por subsidencia de la ciudad de Aguascalientes. La metodología para generar esta zonificación incluyó el uso de tecnologías de Percepción Remota (análisis y procesamiento de imágenes de Radar Satelitales) y Métodos Geofísicos potenciales. El mapa de zonificación resultante incluye recomendaciones específicas del tipo de estudio geotécnico que se debe realizar de acuerdo con el nivel de peligro de cada zona.

SE07-9

EVALUACIÓN DE LOS HUNDIMIENTOS Y FRACTURAMIENTO ASOCIADOS CON UN DESPLAZAMIENTO DE LADERA A PARTIR DE UN ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO Y DE GEORADAR, CASO DE ESTUDIO CRESTÓN CHINO, ZACATECAS

Escalona-Alcázar Felipe de Jesús, Bluhm-Gutiérrez Jorge, Pineda-Martínez Luis Felipe, Valle-Rodríguez Santiago, Huerta-García Josefina, Rodríguez-González Baudelio y Lugo-Zazueta Raúl Ernesto
Universidad Autónoma de Zacatecas, UAZ
fescalona@hotmail.com

En este trabajo se presentan los efectos, las características y el análisis de un deslizamiento de ladera ubicado en la parte sur del Crestón Chino, en la ciudad de Zacatecas. El deslizamiento de ladera está en su mayor parte urbanizado por lo que los afloramientos son escasos, hay dos colonias y dos vialidades con moderado tránsito vehicular: en tanto que el espacio no urbanizado está cubierto por pastizal. El área de estudio es la ladera de un cerro que tiene una pequeña meseta; las pendientes varían de unos pocos grados a más de 15° y está limitada por dos arroyos con bordes escarpados. En la ladera sur del Crestón Chino se han identificado al menos tres deslizamientos de ladera que se depositaron a lo largo de paleocauces, de los que, solo uno de ellos está urbanizado. A lo largo del deslizamiento urbanizado es común la remoción de los sedimentos poco consolidados que lo forman que, aunado a la pendiente, causan hundimientos, fracturamiento y pequeños colapsos. El impacto que tienen en la infraestructura ocurre de forma muy lenta; no obstante, durante la temporada de lluvias los efectos son más evidentes en algunos sitios. El más notorio es una vialidad, actualmente cerrada a la circulación vehicular, en donde han ocurrido al menos tres hundimientos y colapsos. La parte más afectada es la vialidad, sin embargo, en las casas cada vez es más notorio el fracturamiento y pequeños hundimientos. Aunque se han hecho reparaciones, el

frente de erosión continúa avanzando a lo largo del deslizamiento. El deslizamiento está formado por al menos tres eventos de depósito. El inferior tiene un espesor visible de 8 m, está formado por clastos de riolita con diferentes texturas cuyo tamaño promedio es de 40 cm de diámetro, aunque puede haber hasta de 80 cm; la matriz es de arena gruesa y está oxidada. Los estratos de conglomerado están interstratificados con arenisca conglomerática oxidada. Los sedimentos de esta etapa están moderadamente consolidados. El espesor del depósito del evento intermedio es de 5 m. Los sedimentos de este evento también son de riolita cuyo tamaño varía de 2 cm a 30 cm está soportado por clastos, no está oxidado y está bien consolidado. El evento superior tiene un espesor mínimo de 3 m y muestra una distribución heterogénea de los clastos cuyo tamaño varía de la arena gruesa hasta 80 cm de diámetro. Este evento está poco consolidado. A fin de conocer la distribución del deslizamiento se realizaron tres perfiles con un georadar, antena de 100 Mhz. En los radargramas se pudieron identificar los tres eventos de depósito, aunque su distribución lateral hacia el oeste no fue posible definirla. El análisis de este deslizamiento permitirá definir sus características internas y su formación, así como los factores morfológicos que controlan su distribución y sus efectos en las obras de infraestructura. De esta forma las autoridades encargadas de la planeación del desarrollo urbano tendrán una herramienta de prevención en sitios con características similares.

SE07-10

DESARROLLO DE UN MAPA INTERACTIVO DE RIESGO FOR FALLAMIENTO ASOCIADO A SUBSIDENCIA DEL TERRENO EN LA CIUDAD DE CELAYA, MÉXICO

Nila Fonseca Ana Laura¹, González-Domínguez Fabiola¹, Alloy Adam², Ruangsirikulchai Arisa³, Cabral Cano Enrique³, Pierce Suzanne⁴ y Gentle John⁴

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Texas Advanced Computing Center, University of Texas at Austin
ananila@hotmail.es

El proceso de subsidencia en la zona del Bajío ha sido reconocido desde los años 80 y su efecto ha tenido gran impacto en la infraestructura urbana. Celaya es una de las ciudades que presenta mayor afectación como resultado de la extracción excesiva de agua en la región y su contrastante estratigrafía superficial. Una de las consecuencias es que la ciudad ha desarrollado un sistema activo de fallas normales que representan un riesgo para la infraestructura urbana. Al ser un proceso de evolución gradual su impacto es ignorado hasta que requiere atención inmediata. Es primordial entonces el análisis de estas zonas de riesgo, así como el desarrollo de herramientas que permitan al público en general, así como profesionales de la construcción tomar decisiones basadas en información geológica. Con este objetivo se desarrolló un mapa en línea que permite a los usuarios, obtener información asociada con el riesgo de subsidencia por áreas en Celaya y que posibilita mejorar la interacción entre disciplinas geocientíficas y socioeconómicas. El mapa de riesgo por fallas asociadas a subsidencia fue elaborado usando un mapa de velocidad de subsidencia derivado de la técnica InSAR, así como datos de población obtenidos de INEGI; los cuales permiten identificar zonas de riesgo al utilizar un análisis espacial de gradiente de subsidencia donde el nivel de riesgo es determinado mediante una matriz de riesgo de gradiente de subsidencia y población. Es decir los altos gradientes de subsidencia en conjunto con las altas densidades de población, delimitan las zonas de riesgo de este proyecto. La construcción de este mapa se hizo mediante el uso de herramientas de SIG, en las que se manipularon archivos de tipo Shape, así como Ráster, lo que permitió el uso de álgebra de mapas. Cuyo resultado fue publicado para ser accesible en línea. El mapa interactivo permite tener una visión asequible de zonas en la ciudad de Celaya dependiendo de su vulnerabilidad. Este proyecto es producto del programa Intelligent Systems in Geosciences (IS-GEO 2016) desarrollado entre la UNAM y Jackson School of Geosciences de la Universidad de Texas en Austin.

SE07-11

DEFORMACIÓN Y FRACTURAMIENTO ASOCIADOS A LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO EN LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Carreón Freyre Dora¹, González Hernández Marcos², Gutiérrez Calderón Raúl³, Cerca Martínez Mariano¹, Alcántara Durán Carlos Felipe³, Centeno Salas Félix⁴ y Jiménez Sánchez Alejandra³

¹Centro de Geociencias, UNAM

²Instituto Politécnico Nacional, IPN

³Centro de Evaluación de Riesgo Geológico, CERG, Delegación Iztapalapa

⁴Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

freyre@geociencias.unam.mx

La morfología de la Ciudad de México (CM) se debe a la interacción de procesos volcánicos y sedimentarios penecontemporáneos. En la zona oriente de ésta ciudad se tiene la más alta densidad poblacional y los mayores registros de afectación por fenómenos de fracturamiento y subsidencia del terreno de todo el país. En este trabajo se presenta un análisis comparativo de las propiedades físicas de secuencias lacustres y materiales volcánicos depositados en tres sitios de estudio dentro de la Delegación Iztapalapa (DI), que se ubican sobre una franja de transición entre la planicie lacustre y el piedemonte conformado por secuencias de depósitos

volcánicos emitidos por los aparatos volcánicos cercanos. La caracterización física y de las secuencias estudiadas permite identificar la variabilidad en su comportamiento mecánico y explica la deformación diferencial de estos materiales, lo que da origen a distintos mecanismos de fracturamiento. El análisis de las secuencias estudiadas se complementó con cartografía, levantamiento topográfico, percepción remota y prospección con Radar de Penetración Terrestre (RPT), para determinar las condiciones de deformación del terreno para cada sitio de estudio.

SE07-12 CARTEL

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE CAUSAS DE SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Glowacka Ewa y Sarychikhina Olga
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
glowacka@cicese.mx

La subsidencia del terreno puede ser causada por numerosos procesos naturales y antropogénicos. Las causas naturales pueden ser, entre otras, la actividad tectónica (sísmica y asísmica), la compactación de los sedimentos que constituyen el terreno, el proceso de isostasia, el enfriamiento de cámaras volcánicas, la disolución de materiales profundos, mientras que las causas antropogénicas son principalmente relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales: la minería y la extracción del subsuelo de importantes volúmenes de petróleo, gas, agua y fluidos geotérmicos. La subsidencia del terreno causa daños a infraestructuras civiles: casas, tuberías, caminos y canales, etc, ocasionando importantes pérdidas económicas. Para poder controlar y/o mitigar los impactos (o efectos) de la subsidencia es necesario entender sus causas y mecanismos. Sin embargo la evaluación de causa y mecanismo de la subsidencia se vuelve una tarea complicada cuando esta ocurre en sitios con una tectónica activa, alto nivel de sismicidad e importante actividad humana. En el presente trabajo los autores hacen recopilación de los cálculos hechos por ellos mismos y otros autores en la zona de subsidencia alrededor del campo geotérmico Cerro Prieto, Valle de Mexicali, sitio con alta sismicidad natural, ubicado en la frontera entre placa tectónica de Pacífico y de América Norte. Para poder distinguir entre la subsidencia tectónica: cósmica e intersísmica, y antropogénica debido a la extracción de fluidos geotérmicos, se usaron los datos de nivelación, DInSAR con imágenes de diferentes satélites y temporadas, observaciones con instrumentos geotécnicos y modelación. Finalmente se puede concluir que independiente de método aplicado y periodo analizado la subsidencia antropogénica en la zona de estudio es responsable por al menos 70% de la subsidencia observada.

SE07-13 CARTEL

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE DINSAR PARA LOS ESTUDIOS DE LAS DEFORMACIONES DEL TERRENO EN EL VALLE DE MEXICALI USANDO LOS DATOS DE NIVELACIÓN

Sarychikhina Olga¹, Glowacka Ewa¹ y Robles Braulio²
¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE
²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
osarytch@yahoo.com

La subsidencia es un problema que afecta varios campos geotérmicos del mundo (e.g. Wairakei y Ohaaki en Nueva Zelanda, Geysers y Coso en EUA). En el Valle de Mexicali, Baja California, la extracción de fluidos geotérmicos en el Campo Geotérmico Cerro Prieto produce deformaciones de gran magnitud (Glowacka et al., 1996, 1999; Carne y Fabriol, 1999), causando considerables daños a la infraestructura local como carreteras, vías férreas, canales de riego y campos agrícolas. Dichas deformaciones han sido estudiadas mediante la técnica de Interferometría Diferencial del Radar de Apertura Sintética (DInSAR) que es una potente herramienta para la identificación y cuantificación de deformaciones de la superficie terrestre. Aplicando el procedimiento de apilamiento de interferogramas diferenciales fueron generados mapas de tasa promedio de desplazamiento en la línea de vista del radar (LOS) para diferentes períodos. En este trabajo se presenta la validación de los resultados obtenidos usando la técnica de DInSAR. La validación se realizó mediante la comparación de las tasas de desplazamiento vertical derivadas de DInSAR y de los datos de nivelación de precisión. La comparación se realizó para dos periodos: 1993 – 1997 y 2012 – 2014. Para la comparación los desplazamientos en LOS de DInSAR han sido convertidos a desplazamiento vertical. La comparación entre los datos de las dos técnicas independientes reveló que a pesar de algunas discrepancias, con diferencias promedio de ~1cm/año, la técnica de DInSAR proporciona mediciones confiables de las deformaciones de la superficie terrestre en el área de estudio.

SE07-14 CARTEL

CARTOGRAFÍA DE MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS A LA SUBSIDENCIA DEL SUBSUELO EN LA COLONIA EL EDÉN DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO

Hernández González Marcos¹, Carreón Freyre Dora²,
Gutiérrez Calderón Raúl¹ y Cerca Martínez Mariano²

¹Instituto Politécnico Nacional, IPN

²Centro de Geociencias, UNAM

³Centro de Evaluación de Riesgo Geológico, Delegación Iztapalapa
mgonzalhe@gmail.com

En la zona oriente de la Ciudad de México se tienen los mayores registros de afectación por los fenómenos de subsidencia y fracturamiento del terreno, como es el caso de la Delegación Iztapalapa (DI) donde más del 30% de la superficie total presenta daños derivados de los mismos. En el presente trabajo se muestran los resultados de estudios de cartografía y topografía realizados en la Colonia "El Edén", localizado hacia el noroeste de la DI. La topografía irregular aunada al contacto entre materiales con un comportamiento mecánico contrastante (materiales volcánicos no cohesivos, fácilmente erosionables y potencialmente colapsables y material limo-arcilloso de alta compresibilidad) propician un movimiento en masa que se desplaza por la acción de la gravedad. Este movimiento se acelera por el cambio en la pendiente ocasionado por la subsidencia del terreno. Los rasgos más significativos para la delimitación del área de afectación son la formación de fracturas de tensión con geometría circular, lineal y escalonada en la parte superior, mientras que hacia la parte baja se origina un proceso de compresión, que se pueden observar en la superficie con bardas onduladas, banquetas dañadas, postes y árboles inclinados. Para el caso de estudio se identificó un sistema de fracturas con longitudes superiores a los 200 metros en superficie, un área de afectación de 15 metros y un desplazamiento vertical entre 10 y 30 centímetros, además de mostrar una orientación preferencial NW-SE y una inclinación hacia el SW, estas condiciones se desarrollan dentro de una pendiente del terreno que oscila entre los 0 y 12°.

SE07-15 CARTEL

SOFTWARE R, HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DE MAPA DE RIESGO DE SUBSIDENCIA DE LA CIUDAD DE CELAYA, MÉXICO

González-Domínguez Fabiola¹, Nila Fonseca Ana Laura¹, Alloy Adam²,
Ruangsirikulchai Arisa³, Cabral Cano Enrique³, Pierce Suzanne⁴ y Gentle John⁴

¹Facultad de Ingeniería, UNAM

²Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

³Instituto de Geofísica, UNAM

⁴Texas Advanced Computing Center, University of Texas at Austin
fgondomi@gmail.com

La automatización de flujos de trabajo en el área de geociencias, es un campo con gran potencial. Siguiendo esta tendencia, se realizó un script en el software R para automatizar y facilitar la generación de mapas de riesgo derivados de mapas de velocidad de subsidencia. Esto, como parte de los proyectos realizados en la primera edición del curso de verano Intelligent Systems in Geosciences, ofrecido por la University of Texas at Austin y la Universidad Nacional Autónoma de México. En el proyecto de interés, se tomaron como datos de inicio un raster de velocidades de subsidencia obtenido con la técnica InSAR, censo de población con los respectivos AGEBS de la ciudad de Celaya, Guanajuato. Se logró a través del uso de las paqueterías raster, rgdal y shapefiles del software R para generar un mapa de riesgo basado en una matriz de densidad de población y gradiente horizontal de subsidencia del terreno, con una metodología conceptual basada en los trabajos de Cigna et al. (2012) y Cabral-Cano et al. (2015). La importancia de este script en R radica en que pueda reutilizarse teniendo como datos de entrada los de otras ciudades. De forma secundaria, R es un software flexible, ya que puede trabajar en plataformas de Linux y Windows. Si bien esto es una base, este código puede ser mejorado para tener resultados acordes a las necesidades del proyecto que se desee incursionar.