

Sesión Regular

# **GEODESIA**

Organizadores:  
Enrique Cabral Cano  
Ramón García López

## GEOD-1

### MONITOREO DE DEFORMACIONES LOCALES DEL SUELO CON GPS E IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA, CASO SUBSIDENCIA EN AGUASCALIENTES

Esquivel Ramírez Rubén  
INEGI  
ruben.esquivel@inegi.org.mx

Este trabajo demuestra la eficacia del uso de métodos GPS para el estudio de deformaciones locales del suelo con la obtención de mapas mediante el modelado de las deformaciones observadas en puntos de monitoreo. En el caso de Aguascalientes, con el monitoreo GPS se detectaron hundimientos anuales, atribuidos a subsidencia por extracción de agua, superiores a 10 centímetros en los últimos años y desplazamientos horizontales en el borde de algunas grietas en el suelo.

Con la implementación de la técnica de Interferometría Diferencial con Radar de Apertura Sintética (DInSAR) se logra una mejor cobertura, con lo que se amplió la zona de estudio detectando nuevas áreas con hundimientos mayores a los detectados con GPS. En el método empleado los resultados del monitoreo GPS son un insumo para la validación y calibración de los resultados DInSAR.

## GEOD-2

### GPS DERIVED ESTIMATES OF INTERPLATE COUPLING ALONG THE NW MEXICAN SUBDUCTION ZONE: JALISCO

Graham Shannon<sup>1</sup>, DeMets Chuck<sup>1</sup>, Marquez Azua Bertha<sup>2</sup>, Sánchez Osvaldo<sup>3</sup> y Stock Joann<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Wisconsin, Madison

<sup>2</sup>Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>4</sup>California Institute of Technology, Pasadena  
segraham@uisc.edu

The northwest end of the Mexican subduction zone, off the coast of Jalisco and Colima, remains an important area of interest for seismic hazard. While much of the rupture areas from the 1932 June 3 and 18 Rivera subduction zone earthquakes have since ruptured in 1973, 1995, and 2003 events, a substantial part of the subduction interface (between Puerto Vallarta and Chamela) has not ruptured since 1932. To quantify the probability of a potential future rupture of this part of the subduction interface and better understand the earthquake cycle along the northwest end of the Mexican subduction zone, our group has made GPS measurements at ~30 campaign and continuous stations from 1995 to the present at stations throughout Jalisco and Colima. Here, we present evidence from 3-D finite element modeling of GPS coordinate time series at stations within ~100 km of Puerto Vallarta for significant interseismic elastic strain accumulation driven by strong frictional coupling across the subduction interface between Chamela and Puerto Vallarta. By implication, the probability is high that the subduction interface in this region will rupture again. Our observations and modeling indicate that measurable deformation still occurs in the study area due to decaying viscoelastic mantle flow in response to the Mw 8.0 Oct. 9, 1995 Colima-Jalisco earthquake. The presence of a transient viscoelastic signal in the GPS time series complicates our effort to estimate the magnitude and distribution of frictional coupling across the offshore subduction interface, necessitating a first-order correction for the viscoelastic deformation via our 3-D finite element model. A calculation of the maximum likely magnitude of a future subduction earthquake will be presented based on the rate of estimated elastic strain accumulation and area of the subduction interface that has not ruptured since 1932.

## GEOD-3

### DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE EFECTOS IONOSFÉRICOS Y DE MULTIRUTA PARA PSEUDO DISTANCIAS EN LA RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA (RGNA)

Vázquez Becerra Esteban, Barron Noriega Moisés,  
Moraila Valenzuela Carlos y López Moreno Manuel  
Universidad Autónoma de Sinaloa  
gvazquez@uas.uasnet.mx

Se realizó un estudio y análisis de la RGNA (Red Geodésica Nacional Activa) a cargo del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). Actualmente, la RGNA es una red geodésica conformada por 20 estaciones establecidas físicamente mediante monumentos permanentes a lo largo del territorio nacional donde se realizan mediciones a los GPS (Sistemas de Posicionamiento Global) en forma continua. Algunos de las fuentes potenciales de error que puede influir en el posicionamiento mediante GPS, son sin duda alguna los efectos ionosféricos y de multiruta. Por un lado, la ionosfera actúa como un medio dispersivo y su efecto es directamente proporcional al contenido total de electrones (Total Electron Content, TEC) afectando las

señales GPS. Por contraparte, el efecto de multiruta se origina cuando la señal GPS proveniente de los satélites es capturada por la antena del receptor GPS vía múltiples rutas. Este trabajo de investigación contempla un análisis riguroso de los efectos de la ionosfera y de multiruta para pseudo distancias en función del cálculo del error medio cuadrático de las variaciones de estos, con el objetivo de identificar las estaciones de la RGNA con menores y mayores índices de afectación. El análisis se plantea en forma de series de tiempo a partir del día 265 del 2005 al día 200 del año 2010, utilizando el software TEQC (Test of Quality Check) para el procesamiento de los datos GPS.

## GEOD-4

### ANÁLISIS EN LA DETECCIÓN DE ERRORES NO ALEATORIOS DE UNA RED GEODÉSICA GPS

García López Ramón Victorino, Loza Santos Irene, López Moreno Manuel, Balderrama Corral Rigoberto, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto y Vázquez Becerra Esteban  
Universidad Autónoma de Sinaloa  
rgarcia@uas.uasnet.mx

Se realiza un estudio comparativo y estadístico en el procesamiento de vectores y el ajuste por mínimos cuadrados de las mediciones GPS de una red geodésica con lados mayores de 50 km. Las redes estudiadas fueron las Redes Geodésicas Estatales de Sinaloa y de Sonora, empleándolas parcialmente (subredes) y en su totalidad. Con respecto al procesamiento se emplearon los programas PAGES y TOPCON TOOLS. Se desarrolló y aplicó un algoritmo de procesamiento para una cantidad limitada de puntos, que permitiera aplicar en forma independiente las pruebas estadísticas para redes geodésicas GPS, tales como la prueba global de la varianza unitaria y los test de detección de errores grosos como el test tau. Con respecto a este último se encontraron algunas inconsistencias en la aplicación. Las diferencias fueron de hasta 20 cm en coordenadas de vértices extremos de la red. En la aplicación de las técnicas de Baarda y desglose de datos (data snooping), los resultados fueron similares. Se realizó también un análisis en el efecto sobre la precisión de las coordenadas al variar las tolerancias de los errores absolutos y relativos de los vectores procesados. Se encontró que resulta difícil prever hasta cierto grado, solo en base a la precisión estimada del procesamiento, cuales vectores serán rechazados por los test estadísticos basados en los residuales producidos por el ajuste por mínimos cuadrados.

## GEOD-5

### ESTABLECIMIENTO Y ANÁLISIS DE UNA RED GEODÉSICA ALTIMÉTRICA. CASO PARTICULAR: ZONA URBANA DE LA CD. DE CULIACÁN, SINALOA

Trejo Soto Manuel<sup>1</sup>, Espinosa Cardeña Juan Manuel<sup>2</sup>, García López Ramón Victorino<sup>1</sup> y Cruz Castañeda Lenin Fernando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

<sup>2</sup>Departamento de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
mtrejos@uas.uasnet.mx

Las redes geodésicas altimétricas representan el punto de inicio de la recolección de información georeferenciada necesaria en la elaboración de cartas y perfiles topográficos, perfiles hidrológicos, entre otros, necesaria para caracterizar superficies de referencia altimétrica, en zonas de interés particular. Tales redes geodésicas altimétricas, sirven de apoyo en el estudio de movimientos superficiales originados por diversos factores, que representan un riesgo para el funcionamiento normal de grandes obras de ingeniería. La información altimétrica obtenida en dichas zonas, utilizada en combinación con datos de valores de la aceleración de la gravedad, así como con valores de alturas de puntos de las redes geodésicas obtenida por medio de receptores de GPS, con el propósito de generar una superficie geoidal local, representada con mayor confiabilidad, en función de la relación de precisiones con que se han obtenido los datos gravimétricos, altimétricos con GPS y nivelación geométrica, así como de la densidad de puntos en la zona.

La variedad de requerimientos de apoyo altimétrico en zonas urbanas, así como la necesidad de modernizar, establecer y/o restablecer el soporte altimétrico dentro de estas, exige la aplicación de metodologías actualizadas y adecuadas al desarrollo tecnológico, tanto en los instrumentos de recolección de información, accesorios, etc., como en la capacidad de los sistemas de computo, que permiten el uso de esquemas de elaboración matemática efectivos, así como la inclusión recurrente de puntos de densificación sin disminuir sus precisiones en relación a los puntos de apoyo de enlace.

El presente trabajo recoge las experiencias en el desarrollo del proyecto de establecimiento de una red geodésica altimétrica en la zona urbana de la Cd. de Culiacán, Sinaloa, donde se experimento con metodologías de proyección y elaboración matemática de los resultados geodésicos. Se aplicaron metodologías de medición distintas a los modelos comunes, los cuales no siempre resultan óptimos para la obtención de la precisión requerida en los resultados de las mediciones.

GEOD-6

### COLECCIÓN, ANÁLISIS Y MANEJO DE VARIABLES DE PAISAJE MULTIESCALA MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO ESTATAL-REGIONAL

Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto, López Moreno Manuel, García López Ramón Victorino, Balderrama Corral Rigoberto y Vázquez Becerra Esteban  
*Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 tiohary@uas.uasnet.mx

Los datos georeferenciados, espaciales, geoespaciales o geográficos están compuestos por dos elementos: (i) un objeto geográfico real, sobre el cual se observa algún fenómeno y (ii) una variable o atributo temático, que puede ser medido y que puede adoptar diferentes modalidades en cada observación. La información georeferenciada, se caracteriza por su capacidad de manejar datos espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente, como imágenes ó mapas que están destinados a resolver problemas asociados a un territorio en específico.

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) son un conjunto de herramientas que facilitan la recolección, manejo y análisis de datos. En particular, la potencialidad de los SIG está fundada en su capacidad para superponer capas de información de diferentes disciplinas (Focus, 2007; Buzai, 2008). Incluyen funciones para el manejo de datos espaciales tales como, almacenamiento, visualización, consultas, análisis de datos y modelización. De esta manera, los SIG dan acceso a toda la información guardada dentro de las diferentes bases de datos y formatos. Los SIG actuales son abiertos y flexibles. Se puede trabajar con datos casi de cualquier fuente en el dominio geoespacial.

(Fattorelli, 1999) destaca la potencialidad que presentan los SIG en los estudios de ordenamientos y expone casos en los que utilizó dicha tecnología para el tratamiento de la temática ambiental. En cuanto a la observación espacial, (Chuvieco, 2002) enumera una serie de ventajas para el estudio de las problemáticas territoriales: cobertura global y exhaustiva de la superficie terrestre, perspectiva panorámica, observación multiescala y multitemporal, información sobre regiones no visibles del espectro, cobertura repetitiva, transmisión inmediata y formato digital. De esta manera, los SIG dan acceso a toda la información guardada dentro de las diferentes bases de datos y formatos. Los SIG actuales son abiertos y flexibles. Se puede trabajar con datos casi de cualquier fuente en el dominio geoespacial (Gentili, 2009).

Este trabajo tiene como objetivo la Integración de un sistema de información geográfico del estado de Sinaloa para la elaboración de la cartografía cualitativa y cuantitativa necesaria en la instrumentación de Ordenamientos Ecológicos y territoriales (regional), analizar las variables multiescala y generar modelos para la creación de mapas de predicción.

GEOD-7

### ANÁLISIS FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL DE LAS IMÁGENES AEREA A ESCALA 1:20 000 DE ZONAS URBANAS

Aguilar Villegas Juan Martín, Trejo Soto Manuel y Arana Medina Anibal  
*Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 agularv@uas.uasnet.mx

En la actualidad, los territorios urbanos son estudiados mediante métodos modernos, que permiten determinar sus características geográficas de manera rápida y precisa. Esto da la posibilidad de analizar y planificar las diferentes alternativas físico-geográficas que permitan un mejor desarrollo urbano.

Una de las metodologías más requeridas hoy en día, es la metodología de procesamiento fotogramétrico digital de imágenes obtenidas desde el aire, para la interpretación geográfica del territorio, con múltiples aplicaciones prácticas en zonas urbanas, desde el cartografiado hasta la obtención de datos espaciales para los sistemas de información geográfica de las mismas.

El presente trabajo de investigación, analiza las características y propiedades de la metodología fotogramétrica aplicada al procesamiento de imágenes aéreas a escala 1:20 000, con el propósito del estudio del territorio urbano de la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Esta propuesta contempla la georeferenciación de las imágenes utilizando coordenadas geodésicas de puntos terrestres, obtenidas mediante receptores de GPS y coordenadas fotogramétricas de puntos obtenidos de ortofotos previamente elaborados. Para los trabajos de procesamiento fotogramétrico de las imágenes se empleó el uso de un sistema fotogramétrico digital, el cual permite determinar las precisiones geométricas en la determinación de la orientación de las imágenes, así como de la fototriangulación aérea y del modelo planimétrico y altimétrico del territorio, con lo cual, es posible determinar el grado de confiabilidad del estudio geográfico de una zona determinada, y por ende, si dicho estudio es adecuado para una determinada aplicación.

Se pretende que el presente trabajo, posibilite el análisis de las ventajas y desventajas de la metodología fotogramétrica digital, así como las posibilidades que brindan las imágenes aéreas a escala 1:20 000, para los estudios geográficos del territorio en zonas urbanas de nuestro país.

GEOD-8 CARTEL

### ANÁLISIS MULTIESCALAR DE LAS RELACIONES DE LA COBERTURA DEL SUELO, VARIABLES GEOGRÁFICAS Y ANTRÓPICAS DEL ESTADO DE SINALOA: UNA APROXIMACIÓN SIG

López Moreno Manuel, García López Ramón Victorino, Guzmán Galindo Tiojari Dagoberto, Balderrama Corral Rigoberto y Vázquez Becerra Esteban  
*Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 manuelm@uas.uasnet.mx

El presente trabajo se centra en el análisis de las relaciones de la diversidad de cubiertas del suelo y un conjunto de variables geográficas, climáticas, geológicas, topográficas, y antrópicas seleccionadas a priori. La diversidad de cubiertas es uno de los atributos más comúnmente utilizados para analizar la heterogeneidad del paisaje (Forman & Gordon 1986, Forman 1997, Pino & Rodà 1999) y presenta, además, relaciones evidentes con la riqueza de especies que puede albergar aquí (Blondel & Aronson 1999, Pino et al. 2000). El objetivo del presente estudio es doble: por un lado determinar cuáles son las variables territoriales asociadas a la diversidad de cubiertas y, por otro, comprobar si estas variables se mantienen constantes al variar la escala de análisis. Ambos objetivos tienen implicaciones importantes en la toma de decisiones a diversas escalas territoriales que ayuden a la gestión y a la conservación de los paisajes como hospedantes de especies y procesos ecológicos.

GEOD-9 CARTEL

### GEOREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES AÉREAS DE ARCHIVO, MEDIANTE COORDENADAS OBTENIDAS CON GPS

Aguilar Villegas Juan Martín, Arana Medina Anibal, Saucedo Rivera Juan Sergio y Monjardín Armenta Sergio Alberto  
*Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 agularv@uas.uasnet.mx

El presente trabajo, muestra el estudio metodológico realizado para la georeferenciación de imágenes aéreas de archivo, de las cuales, no se contaba con los datos de los puntos de apoyo terrestre del levantamiento fotogramétrico original. Para ello, se presenta la alternativa de obtención de coordenadas geodésicas con GPS, de algunos puntos estratégicos seleccionados previamente en dichas imágenes. Se determina su precisión mediante el ajuste matemático de la red de puntos medidos, utilizando un sistema fotogramétrico digital. En función de los resultados obtenidos de la georeferenciación, se analizan las posibilidades de uso de dichas imágenes en el estudio geográfico territorial.

GEOD-10 CARTEL

### DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LAS COORDENADAS GEODÉSICAS OBTENIDAS MEDIANTE EL PROCESAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL DE FOTOGRAFÍAS AEREA A ESCALA 1:20 000

Aguilar Villegas Juan Martín, Arana Medina Anibal, Saucedo Rivera Juan Sergio y Monjardín Armenta Sergio Alberto  
*Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 agularv@uas.uasnet.mx

Este estudio, ilustra los trabajos del procesamiento fotogramétrico digital de fotografías aéreas a escala 1:20 000, así como las precisiones con que se realizan cada uno de ellos, para finalmente obtener la precisión de las coordenadas geodésicas de sus puntos de interés. Esto con la finalidad de sustentar geoméricamente sus posibilidades de uso en los diferentes estudios geográficos, así como también, para el cartografiado territorial y la obtención de ortofotos. Dichos trabajos del procesamiento de las imágenes, se realizan con ayuda de los sistemas fotogramétricos digitales.

GEOD-11 CARTEL

### ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO PARA EL CÁLCULO DE ALTURAS ORTOMÉTRICAS EN ZONAS URBANAS A PARTIR DE LA NIVELACIÓN GPS Y EL EMPLEO DE MODELOS GEOPOTENCIALES

García López Ramón Victorino<sup>1</sup>, Molina Saucedo Edgardo<sup>2</sup>, Trejo Soto Manuel<sup>1</sup>, Balderrama Corral Rigoberto<sup>1</sup>, Arana Medina Anibal<sup>1</sup> y López Moreno Manuel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa

<sup>2</sup>Centro de Ciencias de Sinaloa

rgarcia@uas.uasnet.mx

Se presenta un análisis de precisión del empleo de mediciones GPS de redes geodésicas urbanas GPS, combinadas con datos de nivelación diferencial de segundo orden de una red geodésica vertical urbana, con el propósito de calcular las alturas geoidales de los vértices de apoyo vertical a levantamientos topográficos y cartográficos. Las alturas son estimadas mediante interpolación

ya sea en forma lineal o polinomial, pudiéndose aplicar a puntos de ubicación arbitraria sobre la zona. También se estudia la incorporación de modelos geopotenciales como el EGM96, EGM2008 y los modelos mexicanos GGM06, GGM08.

El procedimiento de cálculo se aplica en el área de la ciudad de Culiacán, utilizándose una malla de puntos con separación de arco de un minuto. Para el área de estudio se encontró que el efecto de las masas topográficas en N es significativo. La altura o cota de referencia a priori requerida se estableció a partir de un modelo de alturas de la zona. Se realizan también análisis de comparación con el modelo EGM96 y los recientes modelos de INEGI para México. Algunos resultados indican que es posible establecer un modelo local de alturas geoidales con precisión centimétrica para zonas de extensiones menores de los 10 kilómetros.

se han aplicado los esquemas de medición y análisis de la estabilidad de la red altimétrica establecida en dicha zona.

#### GEOD-12 CARTEL

##### **CALIBRACIÓN Y COMPARACIÓN DE LÍNEA BASE UTILIZANDO MEDICIONES GPS Y DE TAQUÍMETRO ELECTRÓNICO**

Vázquez Becerra Esteban, Balderrama Corral Rigoberto y Cordero Chávez Mijail  
*Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 gvazquez@uas.uasnet.mx

Se realizó un experimento para calibrar y comparar una línea base corta, al realizar mediciones a los GPS (Sistemas de Posicionamiento Global) y con taquímetro electrónico. El experimento se llevó a cabo en el Campus de la Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Sinaloa, donde se establecieron dos monumentos de centrado forzoso. Para la realización de las mediciones se utilizaron receptores GPS geodésicos de la marca Topcon (Híper Lite +); Leica (SR-530); Ashtech (Z-12) y taquímetros electrónicos de la marca Topcon (GTS-236W); Leica (TCR-407); Pentax. Las mediciones con GPS se ligaron con respecto a una estación base previamente establecida en el edificio que guarda la Escuela de Ciencias de la Tierra de dicha universidad y las mediciones con taquímetro electrónico se realizaron directamente a partir de cada uno de los monumentos establecidos. El software que se utilizó para el procesamiento de los datos fue el que proporcionó el fabricante para cada uno de los equipos de medición antes mencionados.

#### GEOD-13 CARTEL

##### **MÉTODOS DE ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA ALTIMÉTRICO DE APOYO GEODÉSICO EN LA DETERMINACIÓN DE DEFORMACIONES VERTICALES EN ÁREAS DE RIESGO. CASO PARTICULAR: PRESA HIDROELECTRICA SANALONA, CULIACÁN, SINALOA**

Trejo Soto Manuel, Aguilar Villegas Juan Martín, Ortiz Bueno Candelario, Vidal Vega Ana Isela y Arana Medina Aníbal  
*Universidad Autónoma de Sinaloa*  
 mtrejos@uas.uasnet.mx

Al llevar a cabo observaciones de desplazamientos verticales en grandes obras de ingeniería, es necesario establecer un sistema altimétrico geodésico local. Los puntos de soporte geodésico altimétrico deberán establecerse de tal forma que garanticen estabilidad altimétrica a lo largo de todo el periodo del monitoreo y la determinación de posibles asentamientos en la zona de observación o de la obra de ingeniería a vigilar, con la suficiente precisión.

La experiencia acumulada en trabajos similares demuestra que a causa de diversos factores, los cuales, generalmente es difícil determinar con antelación, la estabilidad de los puntos de soporte geodésico se ve alterada. Con el objetivo de satisfacer la necesaria y suficiente precisión de los resultados de las observaciones al determinar asentamientos o deformaciones en zonas de riesgo u obras de ingeniería, se desarrolla un control de la estabilidad de puntos geodésicos de control vertical. Con este propósito, los puntos geodésicos de control vertical, son verificados desde el punto de vista altimétrico, manteniendo el mismo esquema y programa de mediciones en la nivelación geométrica.

Al llevar a cabo la elaboración matemática de los resultados de las mediciones recurrentes de nivelación, surgen una serie de problemas que no han sido tratados suficientemente en la literatura y práctica geodésica. Lo anterior está asociado, antes que nada, al problema de la elección del plano de origen de alturas, al cual se refieren los puntos geodésicos de control vertical y los mismos desplazamientos o deformación vertical, así como la estimación de la estabilidad de los mismos.

Con el fin de estimar la estabilidad de la base geodésica altimétrica, es necesario diferenciar la información obtenida, como resultado de las mediciones geodésicas, entre las propias deformaciones y los posibles errores de su determinación. Si los desplazamientos o deformaciones verticales, sobrepasan a los errores dados con una probabilidad a priori, estos se consideraran deformaciones o desplazamientos verticales. En caso contrario, es evidente, que tiene lugar la variación de la estabilidad de la base geodésica altimétrica.

El presente trabajo muestra los resultados del monitoreo de la presa hidroeléctrica Sanalona, ubicada en el municipio de Culiacán, Sinaloa; donde