

GEOF-01

HOW DEEP DO MAGNETIC SUSCEPTIBILITY METERS SENSE INTO ROCK SAMPLES?

Francisco J. Esparza, Sóstenes Méndez Delgado and Enrique Gómez Treviño
CICESE
UANL

We present a systematic, rigorous mathematical approach for understanding how much of a rock sample actually affects a given magnetic susceptibility measurement. This requires an understanding of the effect of the two basic components of a magnetic susceptibility meter. Namely, we need to take into account the composed effect of a source and a receiver of magnetic fields. Our analysis leads to a compact integral formula that relates the actual measurement to the depth profile of magnetic susceptibility within the rock, in such a way that the former is simply a weighted spatial average of the latter. The degree of penetration of a given measurement is then readily quantified by the weighting function of the corresponding instrument. We present expressions for this weighting function for a variety of possible transmitter-receiver arrays. Our starting point is Maxwell's equation for the nonexistence of magnetic monopoles, which we apply to hypothetical magnetic monopoles that are later converted to dipoles and to other types of current sources commonly used in existing instruments.

GEOF-02

MEDICIÓN DE VARIOS PARÁMETROS DE LA SEÑAL DE POTENCIAL ESPONTÁNEO USANDO UN MULTÍMETRO CON MEMORIA E INTERFACE

J.A. Randall Roberts
Universidad de Guanajuato

Algunas de los problemas que afrontan estudios de potencial espontáneo (P.E.), en la exploración geofísica incluyen los componentes de la señal y sus cambios con el tiempo. A pesar de que se intenta hacer estudios de P.E. en áreas de poco o nulo ruido eléctrico natural ha sido difícil de evaluar esto en el diagnóstico de las mediciones. Otro problema es la variación de la lectura con el tiempo; hay lecturas estables y otros muy variables; los motivos de ello pueden ser por muchas causas, uno de los comunes es la resistencia de contacto de electrodos de tipo no polarizable aunque se usan multímetros con impedancias de miles de mega ohmios. La toma de todos estos parámetros, sobre todo en secuencias de tiempos muy cortos es difícil hasta imposible en forma manual; la posibilidad de conseguir multímetros con memoria e interface con una computadora y programas que facilite la toma de información y su posterior graficado. Graficas de cambio de voltaje sobre tiempo muestran pequeñas oscilaciones que representan décimos de un mV; la instrumentación puede representar promedios junto con máximos y mínimos a determinados intervalos de tiempo. Un interesante análisis de la medición es la separación de un segmento de corriente alterna (CA) de la continua (CC); normalmente la primera es muy pequeña (2-3%) reflejado a un efecto de frecuencia (0.02 – 0.2 Hz), sin embargo la frecuencia tiende a aumentar con la presencia de mayor componente de CA. La posibilidad de una ciclicidad de la misma CC puede ser importante en un efecto semejante a potencial inducida sin la inyección de corriente artificial. La medición de la corriente en el campo CC proporciona

valores en el orden de 0.25 micro amperes en la presencia de tensiones en el orden de 12 mV. A la vez se toma un monitoreo de la resistencia de contacto que debe de estar a menos de 10 K ohms. P.E. es un excelente método para la exploración geofísica, pero faltan más conocimientos de los múltiples parámetros de la señal.

GEOF-03

HONNISS: UN PROGRAMA DE INVERSIÓN DE SONDEOS SCHLUMBERGER CON UN NÚMERO GRANDE DE CAPAS

Joel E. Rodríguez Ramírez, Francisco Esparza Hernández y Enrique Gómez Treviño
CICESE

HONNISS es un programa que invierte sondeos eléctricos verticales del tipo Schlumberger, con un número grande de capas (*i.e.* 1000). Para tal efecto, el programa utiliza un algoritmo de red neuronal artificial tipo Hopfield. La red efectúa la minimización de una función de error definida por mínimos cuadrados, entre los datos de campo y la respuesta no-lineal del modelado directo de algún modelo sintético. Mediante un proceso iterativo el programa evoluciona los estados de algún modelo inicial, hacia un estado final estable (modelo regularizado). El estado final de la dinámica representa a su vez un error *rms* mínimo (no global), entre los datos y la respuesta (no-lineal) del modelo. Se presenta el funcionamiento de la red neuronal, inversiones sintéticas e inversiones de datos de campo. (para mayor información ver: <http://www.cicese.mx/~joel/honniss/HONNISS.html>).

GEOF-04

MÉTODO PARA LA SIMULACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO EN MEDIOS 3D HETEROGÉNEOS ANISÓTROPOS

Evgueni Pervago y Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo

Con base en la técnica de ecuaciones integrales, se propuso el método de la solución numérica del problema directo del campo eléctrico con corriente continua en medios 3D heterogéneos con anisotropía de resistividad arbitraria. El modelo generalizado del medio heterogéneo anisótropo esta compuesto por regiones homogéneas anisótropas. El potencial eléctrico en cada región se presenta como la suma del potencial de las fuentes primarias y del potencial secundario producido por las cargas superficiales distribuidas en las fronteras entre regiones. El potencial del campo secundario se presenta como la integral superficial de las cargas eléctricas en las fronteras. La descripción de los potenciales primario y secundario con las funciones de Green para medios anisótropos correspondientes al tensor de resistividad en cada región, permite evitar la consideración de las cargas secundarias volumétricas relacionadas con la anisotropía de resistividad. El sistema de las ecuaciones integrales se obtiene usando las condiciones de frontera para el potencial y la componente normal de corriente. Aproximando las superficies de fronteras como una maya de elementos triangulares con la distribución lineal de la densidad de las cargas secundarias, las ecuaciones integrales se transforman en el sistema de las ecuaciones lineales. La solución del sistema permite encontrar la densidad de las cargas secundarias y restablecer el campo eléctrico en cada región. La verificación del método y la selección de parámetros de la maya fue realizado en los modelos 1D

con capas horizontales y con capas cilíndricas, comparando los resultados del modelado numérico con las soluciones analíticas.

Se presentan los ejemplos de la aplicación del método para la simulación de los sondeos eléctricos verticales azimutales y continuos con dispositivos para mediciones tensoriales sobre una estructura con el contacto inclinado entre la capa superior isotropa y el basamento con diferentes direcciones del eje de anisotropía. Además, el método fue usado para el modelado del campo eléctrico en un pozo horizontal ubicado en el medio horizontalmente estratificado.

GEOF-05

SONDEOS EM EN EL DOMINIO DEL TIEMPO CON ANTENAS ELÉCTRICAS EN LA ZONA PRÓXIMA

Aleksandr Mousatov
Instituto Mexicano del Petróleo

Los sondeos electromagnéticos (EM) en el dominio del tiempo generalmente se realizan usando los dispositivos con dipolos magnéticos (o bobinas con dimensiones finitas) para transmitir y medir el campo electromagnético. En este caso la señal registrada en el receptor corresponde al campo magnético transitorio como la respuesta de un sistema lineal a la excitación del campo electromagnético por la corriente en forma de la función de escalón.

En este trabajo se analizan las posibilidades de realizar los sondeos electromagnéticos utilizando un pulso de corriente transmitido por un dipolo eléctrico. Con base en las soluciones del problema directo (usando la aproximación del pulso de corriente por la función de Dirac), para el dipolo - transmisor eléctrico en un medio homogéneo transversalmente isotopo fue obtenida la respuesta impulsiva en el dominio del tiempo para los componentes del campo eléctrico. Las expresiones muestran que el campo eléctrico tiene una relación con los componentes horizontal y vertical del tensor de conductividad en un rango amplio de variaciones de tiempo y distancias entre los puntos transmisor - receptor (T-R). Esta relación se mantiene inclusive cuando la separación entre las antenas T-R tiende a cero (para las mediciones a partir de un retraso que rebasa la duración del pulso de corriente). La tensión del campo eléctrico en este caso es proporcional al raíz cuadrado de la conductividad horizontal y depende del coeficiente de anisotropía. Para incrementar la sensibilidad del dispositivo a la conductividad del medio se puede medir la derivada espacial de la tensión del campo eléctrico en el punto de observación.

Los sistemas con las antenas eléctricas permiten usar la metodología de medición cuando el transmisor y receptor están ubicados en el mismo punto de observación. Con esta metodología se puede obtener un perfil continuo de sondeos electromagnéticos con una alta densidad de los puntos de observación que incrementa la resolución espacial. La técnica considerada permite disminuir los problemas de la transportación de los dispositivos de medición a lo largo del perfil y puede ser aplicada para las investigaciones tanto terrestres superficiales y acuáticas como en pozos.

GEOF-06

PHYSICAL PRECONDITIONS OF DIFFERENT FIELD'S COMPONENTS MEASUREMENTS AT ELECTROMAGNETIC LOGGING FOR ANISOTROPY PARAMETERS' ESTIMATION

Alexandre Karinski
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: akarinsk@imp.mx

The sources of the field in electromagnetic logging usually are the transmitter antennas, which in the theory can be approximated by magnetic dipoles. We analyze the influence of anisotropic medium parameters to electrical and magnetic fields of the magnetic dipole. One of physical phenomena's, those determine the difference between the electromagnetic field for isotropic and anisotropic media, is the following. In the anisotropic medium (in contrast to the homogeneous isotropic one) the volumetric charges are induced. The distribution of these charges depends on an anisotropy coefficient and the field source orientation. Under the influence of electric field of these charges the electric currents and their magnetic field appear. As a result, the medium anisotropy gives rise to change both electrical \mathbf{E} , and magnetic \mathbf{H} fields. On the magnetic dipole axis in anisotropic medium orthogonal to this axis components of \mathbf{E} and \mathbf{H} vectors exist.

The calculation results for homogeneous anisotropic medium, have shown, that there is difference in the influence of such medium parameters on different electrical and magnetic field components. Specifically, on the magnetic dipole axis under the certain conditions one of these components depends only on anisotropy coefficient and the dipole orientation. The difference in the medium anisotropy influence on different field components allows to solve the inverse problem and determine anisotropic medium parameters on the measured values of these components.

On the base of the forward problem solution for an arbitrary oriented magnetic dipole at the presence of an anisotropic layer in isotropic surrounding the mathematical simulation was realized. Its results have shown that the profiling curves for the orthogonal to dipole axis field components have the complicated form near to bed boundaries. These distortions, caused by the polarization of boundaries, influence to the electrical component a lesser degree in comparison with the magnetic component, orthogonal to dipole axis. The simulation made for one of high-frequency probes MPR has shown, that at small angles of the probe axis to bed boundaries the anisotropy influence on apparent resistivity ρ_a values depends on frequency and measured characteristic. But at such angles the shape of profiling curves near to boundaries becomes complicated.

GEOF-07

EMPLEO DE LA ACELERACION RELATIVA DEL SISTEMA GRACE PARA LA DETERMINACION LOCAL DEL CAMPO DE GRAVEDAD TERRESTRE

Ramon V. Garcia Lopez
Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autonoma de Sinaloa

Se realiza un análisis acerca de la factibilidad de utilizar mediciones in-situ de las diferencias de perturbación del campo de gravedad através del sistema GRACE para la determinación del

geoide. El método investigado se basa en la inversión de integrales. El problema resulta ser impropriamente condicionado por lo tanto, se requiere de aplicar regularización. Los principales métodos de regularización estudiados son el de Tikhonov, descomposición del valor singular, y los métodos de gradiente conjugado.

En la búsqueda del mejor parámetro regularizador, el método de la curva-L fue analizado y proporciono buenos resultados al considerar solo errores aleatorios en las mediciones. Sin embargo, cuando se consideraron errores de modelo, el método no produjo resultados satisfactorios. Un método adaptativo con respecto a la geometría fue formulando para obtener un parámetro regulador cercanamente optimo.

Finalmente, se aplico regularización de Tikhonov combinada con suavizado de B-spline. El método proporciono errores de un geoide local (removiendo un campo de referencia de grado y orden 20) de alrededor de 12 cm, para una resolución de grado 1.2°. Todas las simulaciones fueron realizadas usando el modelo geopotencial EGM96.

GEOF-08

EN LA SOLUCION DE LA INTEGRAL DE STOKES PARA LA OBTENCION DE ONDULACIONES DEL GEOIDE

Carlos R. Moraila V.

Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Autonoma de
Sinaloa

La ecuación de Stokes es evaluada analíticamente utilizando los métodos de integración numérica directa y transformadas de Fourier de una dimensión (1D FFT).

La formula de Stokes utilizando integración numérica proporciona una sencilla evaluación, pero computacionalmente se incrementa el tiempo de calculo. Por otro lado, La aplicación de 1D FFT puede grandemente incrementar la velocidad de las evaluaciones, provee esta técnica aplicada a Stokes una consistente solución, denotando la utilización de este método para el calculo del geoide en grandes regiones.

Los resultados obtenidos de los dos métodos, definidos como ondulaciones del geoide, son comparados entre si para verificar la consistencia entre ambos algoritmos de integración.

Los cálculos están basados en un conjunto de anomalías de gravedad comprendidos en la zona $26 < < 29, 107 < > 109$ regularmente espaciados sobre una malla. Fueron generados utilizando el modelo geoidal EGM96 con grado y orden 360. Se utilizo la técnica de remover y restaurar un campo de referencia de orden y grado 18.

Además, como un ejemplo practico se utilizaron un conjunto de anomalías de gravedad observadas comprendidos dentro de la misma zona.

Las ondulaciones del geoide calculadas con los datos analíticos son comparadas con las ondulaciones obtenidas con los datos medidos y la precisión obtenida es del orden de unidades de centímetros.

GEOF-09

ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA INSTALACIÓN DE UN OBSERVATORIO MAGNÉTICO ESTÁNDAR EN JURIQUELLA, QUERÉTARO

Hernández Ordoñez Rodrigo¹, Lora de la Fuente Carlos¹,
Cifuentes Nava Gerardo¹, Hernández Quintero Esteban¹ y
Pérez Enríquez Roman²

¹ Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

² UNICIT, Instituto de Geofísica, UNAM

Durante julio del 2000 y julio del 2001 en el Campus Juriqueilla, Qro, de la Universidad Nacional Autónoma de México se realizaron levantamientos magnetométricos con la finalidad de determinar si es un lugar apto para el emplazamiento de un observatorio magnético estándar.

Se presentan los resultados preliminares de tres diferentes áreas, basados en el estudio de las componentes magnéticas de intensidad total "F" de los terrenos, de declinación "D" e inclinación "I" del pilar provisional de referencia, así como las orientaciones astronómicas y referencias geográficas de estos.

Bajo los estándares establecidos en la International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA), por el Working Group for Magnetic Observatories (Div V, WG 1), se encuentra una porción del campus que presenta las mejores condiciones sobre las demás para el emplazamiento de un observatorio magnético moderno.

GEOF-10

OBSERVACIONES MAGNÉTICAS EN TIEMPO CASI- REAL: INTERMAGNET EN MÉXICO

Cifuentes Nava Gerardo y Hernández Quintero Esteban
Geomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

Con la incorporación de nueva electrónica, sensores y software para la adquisición instantánea del registro del campo geomagnético en el Observatorio Magnético de Teoloyucan, México cuenta con su primer observatorio magnético tipo INTERMAGNET.

Se presentan los avances, modificaciones y calibraciones del equipo de observación, adquisición y registro que conforman la estructura de un sistema INTERMAGNET; así como el software de administración de datos con formato estándar y de control de tiempo del sistema. El diagrama del proceso para la publicación de datos reportados y definitivos para el proyecto internacional se desarrolla de la forma más sencilla posible, para que con pocos recursos, un observatorio magnético con registro digital pueda incorporarse de forma sencilla y económica al proyecto.

Los primeros resultados son satisfactorios para que el comité ejecutivo analice y dictamine el estado y la futura inclusión del Observatorio Magnético de Teoloyucan al sistema para el año 2002.

GEOF-11

RESULTS OF THE ULF MAGNETIC FIELD MEASUREMENTS DURING THE SEISMIC PERIOD AT IZU PENINSULA, JAPAN

A. Kotsarenko¹, M. Hayakawa², O. Molchanov³, S. Koshevaya⁴ and V. Grimalsky⁵

¹ UNICIT, Institute of Geophysics, UNAM

² University of Electro-Communications, Chofu, Tokyo, Japan

³ NASDA, Tokyo, Japan

⁴ Autonomous University of Morelos

⁵ National Institute for Astrophysics, Optics, and Electronics, Puebla, Mexico

Results of the ultra low frequency (ULF) emission observed in Japan during seismic activity near Izu peninsula at the summer period of 2000 are reported. Data were collected from the network of magnetometer stations located at the distances 60 - 180 km from the seismo-active region.

Statistical characteristics were studied for different frequency bands in a frequency range 10^{-6} -5 Hz. A comparison between ULF wave activity and ΣK_p as well as polarization ratio (Z/H) were applied to recognize signals of seismic-related origin from ionospheric ones. Algorithms to reduce the level of the artificial noise were included in data processing methods.

Evolution of running mean values for components themselves and polarization ratios reveals some peculiarities which could be interpreted as possible magnetic precursors. It is shown that seismic waves have a certain correlation with Z/G ratios and gradients of ULF magnetic fields. The spectral ratios at some frequency bands get definite maximum values in about two days before the earthquakes with $M_s=6.4$.

GEOF-12

BATIMETRÍA DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DE CUATRO CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS: ANÁLISIS DE DATOS

Manuel Aragón Arreola, José Frez Cárdenas y Arturo Martín Barajas

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Km 107 Carret. Tijuana-Ensenada, Ensenada, B.C. México

E-mail: maragon@cicese.mx

Las mediciones de batimetría de dominio público de la parte norte del Golfo de California provienen de dos cruceros oceanográficos realizados por la Universidad de Oregon (OREGON 81 y OREGON 84). Recientemente el B/O Hespérides (CORTES 96: Universidad Complutense, CICESE, CSIC Barcelona) y el B/O Francisco de Ulloa (ULLOA 99: CICESE, Caltech, LDEO) realizan campañas de sísmica de reflexión en donde también se obtuvieron mediciones de batimetría.

Esta presentación conjunta los datos que provienen de los cuatro cruceros mencionados para producir un mapa batimétrico de la parte norte del Golfo de California en el área comprendida entre los 29° y 32° latitud norte y 115° a 112° longitud oeste. Se toma en cuenta la base mundial cada 2' producida por Sandwell y Smith (1996) en donde se estimó la batimetría con los datos de los cruceros OREGON 81 y 84 filtrados por el campo gravimétrico.

El uso de algunos paquetes comerciales para interpolar y visualizar los datos batimétricos arroja superficies en que las líneas de las expediciones aparecen claramente marcadas. El propósito de este trabajo y de nuestra presentación adjunta es explorar métodos de interpolación, suavización, inversión y visualización que resuelvan este problema.

Los datos batimétricos están en formato latitud/longitud/profundidad. OREGON 81 y CORTES 96 fueron grabados con 7 cifras significativas, precisión en latitud ± 10 m, en longitud ± 100 m. OREGON 84 y ULLOA 99 fueron grabados con 8 cifras significativas, precisión en latitud ± 1 m, en longitud ± 10 m. OREGON 81 (875 datos) y OREGON 84 (2,079 datos) aportan puntos bien distribuidos en toda el área de estudio; CORTES 96 aporta 11,797 datos en 6 líneas que cubren parcialmente el centro del área; ULLOA 99 (143,023 datos) cubre apropiadamente el centro y el oeste del área estudiada.

El manejo y la visualización de los datos se realizó en Matlab® 5.3. Se aplicaron, entre otros, los métodos de trazadores cúbicos sobre celdas rectangulares y kriging sobre una base de datos homogeneizada, incluyendo la acción regularizante de la base de datos mundial. En la homogeneización se ubicaron y corrigieron datos contradictorios.

La batimetría producto de este trabajo se presenta como una malla de 15'x15' en proyección de Mercator. Las rutinas para generar esta interpolación u otras se harán públicas, al igual que los archivos que contienen la batimetría resultante. Estas rutinas permiten el cambio de parámetros tanto de filtrado, suavizado, tensión y proyección cartográfica. Se comparan los resultados obtenidos con Matlab con la interpolación realizada con otros programas comerciales.

En la batimetría se define claramente la Cuenca de Wagner, orientada NNE-SSW; la depresión de Consag, orientada NNW-SSE; la Cuenca Delfín Superior orientada NE-SW, que en realidad son dos cuencas separadas por un alto batimétrico; la Cuenca Delfín Inferior, orientada NE-SW, asimétrica, con fuertes pendientes hacia el SE y suaves hacia el NW; se distingue también una cadena de montes submarinos que bordea el flanco oeste de las Cuencas Delfín superior e inferior; se distingue otra cuenca somera cuyo depocentro se ubica entre las Islas Angel de la Guarda y Tiburón.

GEOF-13

BATIMETRÍA DEL NORTE DE BAJA CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DE CUATRO CAMPAÑAS OCEANOGRÁFICAS: FORMACIÓN DE MAPAS

Frez, J., y M. Aragón

División Ciencias de la Tierra, CICESE

E-mail: jofrez@cicese.mx

Las mediciones de batimetría están afectas a varios errores y pueden no ser suficientemente completas como para definir características con claridad, es decir, por varios puntos de observación que cubren un área significativa. Al formar mapas con mallas regulares y a través de algún esquema de interpolación, suelen aparecer efectos no controlados debido a la aplicación mecánica de ese esquema; esto sucede indirectamente al usar algunos paquetes computacionales de visualización. Por ello, es necesario filtrar observaciones inconsistentes, resolver el efecto de datos contradictorios que no muestran con claridad las

inconsistencias “verdaderas”, optimizar el uso de la información conectando observaciones que no resuelven adecuadamente algunas características y utilizar toda la información geodésica y geofísica a la mano. En otra ponencia, describimos y analizamos las observaciones batimétricas tomadas en el norte del Golfo de California (entre las latitudes 29°N y 32°N y longitudes 112°W y 115°W) por expediciones realizadas en 1981, 1984, 1996 y 1999 y se hace notar algunos problemas para formar un mapa resultante en una malla regular.

En esta presentación, hacemos énfasis en la aplicación de filtros de suavización y de esquemas de inversión iterativa para tratar de obtener un mapa libre de inconsistencias a través de un compromiso entre estabilización y pérdida de información. En un paso previo, aplicamos filtros que eliminan inconsistencias; algunas de ellas son autoevidentes por su singularidad y su eliminación es trivial. Para las inconsistencias que resultan de parte o de todo un transecto de cruceo, aplicamos un filtro polinomial mínimo-cuadrático a cada punto de la malla regular. En cuanto al proceso de inversión, Sanwell y Smith (1996) regularizan los datos con el auxilio de las observaciones gravimétricas; el mapa mundial obtenido por ellos (con un paso de 2') se utiliza como solución inicial en nuestro problema. Para tomar en cuenta la información “nueva” (cruceos de 1996 y 1999), diseñamos varios esquemas recursivos. El que presentamos es uno que pondera los datos por distancia, acimut y precisión asignada a cada observación. Se describen varios experimentos computacionales en que se aplican los esquemas mencionados junto con comprobaciones de los resultados; en particular, se usa el criterio de consistencia entre las estimaciones y las mediciones hechas cerca de puntos de intersección de cruceos.

La solución “preferida” se visualiza y se hace una correlación elemental entre los rasgos batimétricos más destacados y aquellos morfológicos conocidos en la región de estudio.

GEOF-14

SONDEOS TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS CON POLARIZACIÓN INDUCIDA SOBRE UN PÓRFIDO CUPRÍFERO

Sergio Peralta Ortega, Carlos Flores Luna y Jaime Calderón
González

Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra,
CICESE

Se presentan resultados de la inversión de sondeos transitorios electromagnéticos realizados en el yacimiento de El Arco, B.C. considerando el efecto de polarización inducida (PI). Los sondeos fueron realizados sobre un perfil de más de 1.5 km de longitud. La fuente consistió de 12 espiras rectangulares de 300 x 150 m sobre el yacimiento y dos más fuera de éste. El voltaje transitorio inducido en una bobina horizontal receptora fue medido con el equipo Geonics TEM57. Los sondeos de bobina central fueron invertidos con un algoritmo linealizado de mínimos cuadrados a modelos de semiespacios homogéneos y estratificados. El fenómeno de PI es incorporado en estos modelos al considerar que la resistividad se comporta de acuerdo con el modelo Cole-Cole, el cual está definido por cuatro parámetros en cada medio (resistividad DC, cargabilidad, constante de tiempo y exponente c).

Comparando los modelos con las concentraciones de sulfuros (publicados por Echavarrí y Rangin, 1978 y Farías, 1978), se encontró que la constante de tiempo y la resistividad DC son los parámetros Cole-Cole que tienen una mayor correlación positiva con la zona más mineralizada. En la gráfica de cargabilidad vs. constante de tiempo, propuesta por Pelton et al (1978) para realizar discriminación mineral, los puntos de este yacimiento caen dentro de las regiones esperadas de acuerdo con las concentraciones y texturas observadas. Estos resultados son promisorios pues indican la factibilidad de hacer discriminación mineral con sondeos electromagnéticos transitorios.

GEOF-15

DEVELOPING A GEOPHYSICAL APPROACH TO EVALUATE THE RECONSTRUCTION OF QUATERNARY FORMATIONS IN THE PLAYA EL FRESNAL REGION, NORTH CHIHUAHUAN DESERT, MEXICO

Maillo J.M.¹, Ortega Ramírez J.², Fortier G.¹, Bandy W.²,
Valiente Banuet A.³, Urrutia Fucugauchi J.², Anderson L.¹ and
Martínez Estrella F.J.⁴

¹ Department of Geology and Geophysics, University of Calgary,
Calgary, Canada

² Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.

³ Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.

⁴ ESIA, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.

In the context of an ongoing multidisciplinary investigation of the El Fresnal valley, Chihuahua, a multi-method geophysical survey program has been initiated. Its initial objective is the establishment of the most appropriate protocol to assess and complement the geomorphological and geological interpretation of the area, and to detect and characterize potential shallow groundwater resources.

The El Fresnal valley is a half-graben/tilted-block system with a playa-lake on the basin floor, and bordered by piedmonts classified as alluvial fans. It is characterized by a geomorphic asymmetry with gentle slopes on the eastern hanging wall and steeper slopes on the western footwall. This asymmetry has affected the development of alluvial fans: numerous short, steep drainage catchments in the footwall mountains formed a bajada of small alluvial fans while much more extensive and more gently sloping catchments are common in the hanging wall area.

To investigate the shallow formations, a combination of standard electrical resistivity sounding, two-dimensional resistivity imaging and ground penetrating radar was used. Most of the survey lines are confined to a long traverse crossing the basin from East to West, roughly perpendicular to the structural axis. The two main challenges encountered during the surveys are the difficulty of access and the high electrical conductivities found are very shallow depths in most areas. The worst affected method is GPR, which will most likely prove of limited use except for very detailed work. Electrical surveys yield more useful results, in particular some evidence of groundwater at depths ranging from 2 to 10 m.

At this point the best geophysical approach seems to be the combination of fast, relatively deep vertical soundings for determining the overall geoelectrical structure and high-resolution 2-D imaging profiles that provide information on lateral variations.

High-resolution refraction and reflection seismic could prove extremely useful if an integrated approach is to be maintained, as is most desirable in modern near-surface geophysical exploration. This option will be tested in future field seasons.

GEOF-16

GRAVIMETRIA DEL AREA DE CABORCA, SONORA

Jorge Ramírez-Hernández¹, César Jacques-Ayala², Juan García Abdeslem³ y Francisco J. Grijalva-Noriega²

¹ Instituto de Ingeniería, UABC, Mexicali, B.C.

² Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo, Son.

³ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE, Ensenada, B.C.

Durante 1998 y 1999 se llevaron a cabo la primera y segunda campaña gravimétrica en el área de Caborca. En total, se cubrió, una extensión de 4800 km² que incluyen 818 estaciones gravimétricas con distanciamiento entre estaciones de 1-1.5 km, la cota de las estaciones se obtuvo con sistema GPS y la corrección topográfica se realizó utilizando el modelo digital del terreno de INEGI. La finalidad del presente estudio es aportar información sobre la profundidad y extensión de las cuencas cenozoicas de interés en el estudio de la disponibilidad de agua y manejo de los recursos hídricos subterráneos.

Geológicamente el área de Caborca, noroeste de Sonora, tiene una historia muy compleja abarcando un período de más de 1800 Ma. En esta zona se encuentran, en contacto el terreno Caborca y el cratón de Norteamérica. El terreno Caborca se localiza en el lado sur-suroeste y está formado por rocas ígneas y metamórficas con edades de 1800 a 1100 Ma. Del lado norte-noreste del contacto tectónico se encuentra el cratón de Norteamérica constituido por rocas ígneas y metamórficas con edades que varían de 1600 a 1100 Ma. En el Cretácico Tardío se produjo un levantamiento tectónico al que se asocia la formación de cuencas continentales que acumularon gruesos depósitos clásticos deformados durante el Cretácico por la orogenia Laramide.

El mapa de anomalía residual obtenido para toda el área muestra una serie de bajos gravimétricos que están relacionados con las cuencas continentales referidas y que desde el punto de vista geohidrológico corresponderían a la base impermeable del acuífero.

La interpretación preliminar de la anomalía durante la primera fase del estudio (1998) mostró un bajo gravimétrico con orientación SW-NE que corresponde espacialmente con el contacto inferido entre el terreno Caborca y el cratón de Norteamérica. Los datos de la segunda campaña proporcionan una mayor cobertura espacial que corrobora esta correspondencia.

A su vez se presentan los resultados del modelado bidimensional de la anomalía residual a lo largo de tres perfiles, dos con orientación SE-NW, perpendicular al alineamiento del bajo gravimétrico, el tercero con la misma orientación pero ubicado más al Oeste sobre la región costera de Caborca. Este último perfil cruza un bajo gravimétrico de -16 mGals que podría estar relacionado directamente con la profundización del relleno sedimentario en el que se aloja el acuífero de Caborca. Se discuten los resultados de la modelización con la geometría de la cuenca y con la disponibilidad de agua al sistema hidrológico.

GEOF-17

INVERSION EN 2D DE DATOS GRAVIMETRICOS DE LA CUENCA SEDIMENTARIA LAGUNA SALADA, BAJA CALIFORNIA

Martin Atienza B.¹, García Abdeslem J.¹ y Osete Lopez M.L.²
¹ Depto. de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

² Depto. de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España.

Se ha utilizado el método iterativo de inversión de Marquardt-Levenberg para determinar varios modelos de la geometría y la distribución del contraste de densidad de la cuenca Laguna Salada a lo largo de dos perfiles gravimétricos. Para cada modelo, las fronteras de la estructura vienen descritas por polinomios de diferentes grados y el contraste de densidad viene dado por un polinomio de segundo grado que depende tanto de profundidad z como de la dirección de perfil x .

El primer perfil de datos gravimétricos que hemos modelado tiene una longitud de 28 km y cruza transversalmente la cuenca sedimentaria por su parte central en dirección ENE. Los modelos obtenidos sugieren una estructura con forma de semigraben con mayor subsidencia hacia la margen oriental de la cuenca, alcanzando una profundidad máxima de 2.7 km. El contraste de densidad muestra el basculamiento de los sedimentos de la cuenca de acuerdo a la estructura de semigraben sugerida por los modelos, presentando una variación muy suave, desde -0.67 g/cm^3 en superficie, debido a la presencia de sedimentos no consolidados en esta zona, hasta alcanzar -0.1 g/cm^3 cerca de la frontera inferior.

El segundo perfil tiene una longitud total de 17.5 km y cruza transversalmente la parte norte de la cuenca, en dirección NE. Los modelos obtenidos muestran una estructura de semigraben más pequeña y menos profunda que los modelos obtenidos en el primer perfil. La máxima subsidencia también se presenta hacia la margen oriental de la cuenca y alcanza una profundidad máxima de 2 km. En cuanto al contraste de densidad obtenido para este perfil de datos, los modelos presentan el basculamiento de las capas sedimentarias hacia el oriente, con valores que varían entre -0.67 g/cm^3 en superficie hasta 0.0 g/cm^3 en profundidad.

GEOF-18

UNA CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL CRÁTER DE CHICXULUB A PARTIR DE UN ESTUDIO DE SU CUBIERTA SEDIMENTARIA TERCARIA

Campos Enriquez J.O., Chávez García F.J., Acosta Chang J.G., M. Takafumi, Ramos-López J.I.
 Instituto de Geofísica, UNAM
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 Tokyo University

Con base en un estudio sísmico de refracción estudiamos la estructura cortical somera del cráter de impacto de Chicxulub (Yucatán, México). Realizamos un análisis de dispersión de ondas Rayleigh a lo largo de un perfil de aproximadamente 150 km de largo. El perfil corre del centro del cráter con una dirección E-W, cruzando el anillo de cenotes. La profundidad muestreada por las

ondas Rayleigh corresponde a la litología terciaria. Dos y tres estratos fueron determinados (profundidades entre 200 y 500 m). El espesor del primer estrato incrementa hacia la cuenca central, desde menos de 100 m inmediatamente fuera, a más de 200 m en la zona de terrazas. El primer estrato otra vez tiene aproximadamente 100 m en la porción central del cráter. En el centro del cráter este estrato tiene una velocidad baja (alrededor de 1 km/s). La velocidad es ligeramente mayor en el resto del perfil pero menos de 1.2 km/s. La velocidad del segundo estrato es aproximadamente 1.2 km/s y en algunas partes mayor. Este estrato también incrementa su espesor conforme nos acercamos a la cuenca central. El espesor cambia de alrededor de 150 m fuera de la cuenca, a 200-250 m en la vecindad del borde del cráter. El incremento en espesor de los dos primeros estratos conforme nos aproximamos al anillo de cenotes desde el exterior del cráter es consistente con la existencia de una cuenca central. La disminución del espesor del primer estrato en el centro del cráter parece indicar la presencia de un alto estructural consistente ya sea con un anillo de picos o un alto estructural. Los estudios sísmicos reportados hasta ahora no han aportado mucha información sobre la presencia de dicho alto estructural. Sin embargo resultados preliminares de estudios magnetotéluricos en progreso parecen confirmar la existencia del alto estructural central. Se observa una alta correlación entre la distribución de velocidades determinada del análisis de dispersión y la información gravimétrica.

GEOF-19

**CENTRAL STRUCTURAL HIGH AT THE
CHICXULUB IMPACT CRATER IN YUCATAN,
HINTED FROM MAGNETOTELLURIC
MEASUREMENTS**

Jorge A. Arzate, Oscar Campos-Enriquez and Alexander Jording

Unidad en Ciencias de la Tierra, UNAM

E-mail: arzatej@unicit.unam.mx

A magnetotelluric (MT) survey was carried out recently in the Yucatan Peninsula to follow up suggested structure from a previous MT study in the region. A total of 15 long period MT soundings were completed in the surroundings of the Chicxulub crater and along a new profile. The total number of stations now adds up to 37, which can be accommodated in three profiles more than 100 km long each, crossing the sinkhole's main ring and ending at the coast, in the town of Chicxulub. The Profiles AA' (NS) and BB' (W40N) were part of a previous survey campaign, but their extent did not reach the coast before the new data set was acquired. The new profile (CC'), runs E10N from the coast at Celestún to the town of Kinchil, then its orientation changes northwards to E50N up to the coast at Chicxulub. Although the data set cannot yet be regarded as a 3-D set due to the sparing of the data along three specific paths, the 2-D inversion of the three profiles provide useful details of specific structural features related to the upper crust and cavity characteristics.

Two-dimensional models using Mackie's inversion algorithm are currently being worked out for each profile from the simultaneous inversion of the TE and TM modes. Preliminary results constrain the maximum diameter of the crater to about 190 km and depict important differences regarding to the slump zone and a central resistive feature which is associated to the crater central uplift.

GEOF-20

**ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA
TRANSFORMACIÓN SERIE-PARALELO DEL
TENSOR DE IMPEDANCIA**

José M. Romo y Enrique Gómez Treviño
Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

El tensor de impedancia utilizado en el método magnetotélurico puede representarse, mediante una transformación matemática, en un conjunto de cuatro parámetros complejos que corresponden a un modelo físico simple, pero completamente general. Las corrientes eléctricas inducidas en un medio cuya resistividad varía en las tres direcciones (3-D), pueden considerarse que fluyen ya sea cruzando fronteras entre distintas resistividades o bien que viajan principalmente a lo largo de ellas. La transformación serie-paralelo reduce el tensor a dos impedancias, una llamada serie y la otra paralelo, ambas relacionadas directamente con el modelo de corrientes que cruzan o fluyen a lo largo de fronteras. Junto con las impedancias serie y paralelo, la transformación produce dos parámetros complementarios que proveen información sobre la dirección de las corrientes. Las principales características de la transformación se ilustran con datos sintéticos producidos con modelos en dos y tres dimensiones, así como con ejemplos de su aplicación a datos reales.

GEOF-21

**FLUIDS RELEASE FROM THE SUBDUCTED COCOS
PLATE AND PARTIAL MELTING OF THE CRUST
DEDUCED BY MAGNETOTELLURIC STUDIES IN
SOUTHERN MEXICO: IMPLICATIONS FOR THE
GENERATION OF VOLCANISM AND SUBDUCTION
DYNAMICS**

Alexander Jording, Luca Ferrari, Jorge Arzate, Hartmut Jödicke and Klaus Metzger
Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität,
Münster, Germany

Seismic data indicate that the Cocos plate is subducting sub-horizontally in the fore-arc region of the central Mexico. Seismicity, however, is absent beneath the Trans-Mexican Volcanic Belt (TMVB), so that the role of subduction in originating this volcanic arc has not completely agreed upon. Furthermore, although the subducting slab is continuous along the volcanic arc, it has a large gap between Veracruz and the San Andres Tuxtla volcanic field.

Here we present the results of two magnetotelluric profiles crossing the whole subcontinent to the central-southern part of the Mexican subduction system. The resistivity-depth structure of the subsurface provide insight into the processes controlling the magmatism. The western profile crosses the region of flat-subduction as well as the TMVB at the longitude of the active Popocatepetl volcano. The eastern profile crosses the region of a volcanic gap, with a moderate dip of the subducting slab. The MT images of the two profiles were obtained by the simultaneous 2D inversion of the TM and TE mode of the magnetotelluric transfer function.

The model of the western profile shows a low resistivity anomaly in the range of 30-60 Ohm-m until 60 km inland from the coastline, which is interpreted as a site of dehydration reactions

related to the breakdown of zeolite minerals. A much more elongated resistivity anomaly with resistivity values <20 Ohm-m is present in the continental crust below the volcanic arc, from about 15 km down to the Moho. Below the volcanic front the anomaly reaches the uppermost 20 km of the mantle. In this area the subducting plate is suggested to bend down, forming a mantle wedge. Pressure and temperature conditions in the depth of the slab seem to be consistent with the breakdown of chlorite with the release of water. Furthermore we propose that the fluids released by this reaction start to produce melting in the mantle wedge, which migrate upward and collect in the lower crust. The layer of partial melt in the lower crust deduced by our MT study matches with the zone of Late Pleistocene to Holocene volcanism at surface.

In the modelled eastern profile low resistivity anomalies related to dehydration reactions of zeolites and chlorite occur closer to the trench. Volcanism in the area crossed by the western profile occurs because the mantle wedge starts in a more inland position and flat subduction delays enough the breakdown of chlorite to meet the thermal conditions for melting of mantle peridotite. By contrast along the eastward profile the higher geothermal gradient of the moderately dipping slab produces dehydration in a more trenchward region, almost at the contact with the base of the continental crust, where the present temperature is insufficient to produce any melting.

GEOF-22

ESTIMACION DE LA ESTRUCTURA INTERNA FAJA VOLCANICA MEXICANA A TRAVÉS DEL COEFICIENTE DE POISSON

Flores Ruiz J.H.¹, Urrutia Fucugauchi J.², Martínez Angeles R.¹, Marines Campos R.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Geofísica, UNAM

De los datos de velocidades de las ondas P y S reportadas por Gomberg y colaboradores en el área de la Faja Volcánica Mexicana, FVM, se estimó el coeficiente de Poisson para las distintas profundidades donde existía un cambio notable entre las velocidades de las ondas P y S, con la finalidad de inferir la rigidez de la corteza terrestre debajo de la FVM.

Para la profundidad de 10 km el coeficiente de Poisson es 0.12, a 20 km aumenta a 0.19 y a 30 km tiene un valor de 0.36. A 40 km es de 0.38 y a 50 km es de 0.38. El valor promedio de la corteza es de 0.28. Este es un valor semejante al obtenido en el Cratón de Sudáfrica.

De los cálculos obtenido se interpretan, que en los primeros 20 km la corteza es rígida con un valor promedio del coeficiente de 0.15. Para profundidades entre 20 y 50 km, la corteza inferior presenta una zona de baja velocidad en ondas S, asociado a un valor promedio de Poisson de 0.37. Infiriéndose una menor rigidez en la corteza inferior, debido a los fluidos existentes a esas profundidades que podrían relacionarse a la fusión parcial de la corteza inferior la cual esta asociada a la actividad volcánica y alto régimen geotérmico debajo de la FVM. Causado por la expansión térmica resultado del levantamiento de la corteza muy relacionado a una gran actividad volcánica. El flujo de calor se incrementa de 26 mW/m² en el sureste de México a 91 mW/m² en la FVM.

GEOF-23

ISOSTASIA EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA

Juan García Abdeslem

División de Ciencias de la Tierra, CICESE

En el norte de Baja California el equilibrio isostático ha sido perturbado temporal y espacialmente como consecuencia de diversos procesos tectónicos, entre los que destacan: La acreción magmática durante la subducción de la placa Farallón, la extensión cortical al cesar la subducción, el actual proceso de rifting en el Golfo de California, acompañada por la incursión de las aguas oceánicas, y por la acumulación continua de sedimentos provenientes de las sierras peninsulares y del Río Colorado.

Se presentan resultados de la fase inicial de un proyecto en curso, que tiene como propósito modelar la flexión de la litósfera, como respuesta a cambios en el balance de masa, con el fin de proponer un modelo de la estructura de la corteza para esta provincia geológica, acotado con datos geológicos e inferencias hechas a partir de la interpretación de los datos geofísicos disponibles.

GEOF-24

ESTUDIO REGIONAL DE LA CORTEZA CONTINENTAL EN LA ZONA TRANSISTMICA DEL SURESTE DE LA REPUBLICA MEXICANA

Flores Ruiz J.H.¹, Sandoval Ochoa J.H.², Marines Campos R.¹, Martínez Angeles R.¹, Lozada Zamaeta M.M.¹, Hernández Avila L.¹, Gutiérrez y Acosta J.¹ y Cerón Fernández A.¹

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Facultad de Ingeniería, UNAM

Se digitalizaron 6 perfiles gravimétricos de 220 a 550 km de longitud con una razón de muestreo de 5 km en la zona Sureste de la República Mexicana en la región del Istmo de Tehuantepec ubicada entre los paralelos 16 y 20° latitud Norte y entre los meridianos 91° y 97° de longitud Oeste. Se trata de evaluar el área con gravimetría, isostasia, el espesor cortical y la estructura interna bajo el área Transistmica.

Para ello se procesaron 3 perfiles cortos de 300 km aproximadamente de dirección general Norte-Sur, perfiles: Salina Cruz-Tuxtla, Laguna Superior-Coatzacoalcos y Tonalá-Dos Bocas y 3 perfiles largos de unos 500 km aproximadamente; dos de estos perfiles tienen dirección Este-Oeste y están sobre los paralelos 17° y 18° N respectivamente y el tercer perfil largo tiene una dirección NE-SW, que va desde Pijijiapan, Oaxaca hasta el puerto de Champoton, Campeche.

Para estimar el espesor cortical se digitalizó el relieve topográfico a intervalos cada 5 km y se procedió a determinar el espesor cortical en base al modelo isostático de Airy-Heiskanen.

Con el perfil más largo del paralelo 18° N que se ubica en la Planicie Costera del Golfo de México, se calculó una masa de rocas de la cobertura sedimentaria Cenozoica y de su basamento más antiguos alcanza un espesor de 30 km. En el perfil 17° N se calculó un espesor cortical promedio de 36 km excepto donde se ubica el punto del tercio occidental en el subsuelo de la zona baja de los Chimalapas, al pie del flanco norte de la Sierra Atravesada, donde

nace el Río Coatzacoalcos; ahí la corteza conserva un espesor menor a los 30 km, observado bajo el Litoral. Esto es debido a que el perfil 17°N cruza las partes espesas en el extremo occidental a las zonas montañosas de rocas pre-mesozoicas de la Sierra Madre de Oaxaca, en la porción media a la parte noroeste de la Sierra Madre de Chiapas de rocas del batolito pre-mesozoico y en el extremo oriental y al Cinturón plegado de Chiapas de rocas de la Cuenca Mesozoica de Chiapas-Guatemala, y finalmente cruza los pliegues frontales del norte de Chiapas con algunas rocas del Cenozoico, las altitudes promedian 800 m para ésta orografía y unos 50 m para la zona más baja del Istmo de Tehuantepec.

Los otros cuatro perfiles de orientación al norte, acusan una variación cortical de la región de 37 km en el perfil Salinas Cruz-Tuxtlas, se adelgaza a 32 km o menos en el perfil Lago Superior-Coatzacoalcos y vuelve a engrosarse hasta los 38 km en el perfil de Tonalá-Dos Bocas. Un espesor cortical semejante o mayor de los 38 km se observa para la mitad suroeste del perfil Pijijiapan-Champotón y con menos de 30 km de espesor hacia el noreste bajo la Llanura Costera de Campeche. Estos mismos cuatro perfiles y el perfil de latitud 18° N presentan en promedio negativo grado, aunque pequeño distinto de cero de compensación isostática, esto sugiere que la zona “no esta compensada isostáticamente” en un 100 % por lo consiguiente es considerada como una zona de gran actividad tectónica ya que existe movimientos verticales de los bloques de corteza con componentes horizontales en la cinemática de tectónica global de la región Transistmica.

La estructura interna se estimó a través de métodos espectrales de análisis del logaritmo de Potencia y estadísticos, por medio de promedios móviles de 3 puntos para atenuar las altas frecuencia y obtener la respuesta asociada a los cuerpos profundos, deduciéndose un modelo regional integrado de 4 capas para el área en estudiada; las profundidades bajo el nivel marino a las interfases entre las capas para los perfiles son: para los perfiles cortos de Salina Cruz-Tuxtlas, 31.69, 7.69, 3.68 y 1.87 km, Laguna Superior-Coatzacoalcos 21.31, 9.33, 3.01, 1.27 y Tonalá-Dos Bocas de 30.90, 14.78, 5.50 y 2.68 km y los perfiles largos de paralelo 17°N 47.73, 23.88, 8.86 y 4.61 km., paralelo 18°N 51.89, 17.04, 7.33 y 4.08 km y Pijijiapan-Champotón 37.16, 20.03, 9.15 y 4.45 km.

La síntesis comparativa de los resultados de las evaluaciones gravimétricas con índices del grado de compensación isostática , que se promedia por debajo del cero, sugieren una - bajo compensación isostática general. En términos relativos y regionales el modelado cortical corresponde a un actual levantamiento de las zonas orográficas altas, que sin considerar movimiento epeirogénico alguno, se acompaña con un rezago en ese levantamiento de la Planicie Costera y probablemente también la Plataforma Continental adedaña.

GEOF-25

SECCIÓN CORTICAL DE LA REGIÓN NORTE DEL ALTO GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE MODELADO GRAVIMÉTRICO, MAGNÉTICO E INTERPRETACIÓN DE SÍSMICA MULTICANAL

Espinosa Cardaña J.M.¹, Hurtado Artunduaga A.D.², González Fernández A.³, Martín Barajas A.³, Suárez Vidal F.³, Guzmán A.E.⁴ y Martínez Sierra, R.⁵

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Depto. de Geología, CICESE

⁴ Coordinación de Estrategias de Exploración, PEMEX

⁵ Activo Reynosa, PEMEX

Los datos gravimétricos marinos, magnéticos aéreos y de sísmica de reflexión que se presentan cubren un sector de la porción noroeste de la provincia extensional del Golfo de California. La interpretación de recopilaciones recientes de datos geológicos y geofísicos sugieren que en esta región se localiza el frente de la propagación de la oceanización continental y se ha denominado Zona de Transición Wagner.

A diferencia de trabajos previos, la sección cortical propuesta, incluye el escarpe del Golfo y el dominio de Basin-and-Range en Sonora, cruzando por la zona de falla o cuenca Consag, rasgo batimétrico que une a las cuencas Delfín, en el sur, con la cuenca Wagner, al norte.

En apoyo a la interpretación se han elaborado imágenes a color, realizadas con técnicas de filtrado espectral bidimensional, de los mapas de anomalías magnéticas y gravimétricas. El análisis cualitativo de las imágenes obtenidas permite inferir las posibles relaciones estructurales entre las principales fallas de los tres dominios que abarca el área de estudio. Por otra parte, la interpretación 2D, con técnicas de modelado directo e inverso, de los datos gravimétricos y magnéticos a lo largo de una sección sísmica, permite determinar tanto la profundidad del basamento como el espesor cortical. La sección de sísmica multicanal, con una penetración de al menos 5 segundos de tiempo doble, junto con la interpretación magnética, definen la topografía del basamento. La interpretación gravimétrica, cuyas densidades se deducen a partir de las velocidades sísmicas, permite confirmar la interpretación del basamento, así como ofrecer información del espesor cortical a lo largo del perfil. La profundidad de la base de la corteza magnetizada es acotada a partir de la inversión del espectro de densidad de potencia de anomalías magnéticas. Finalmente, discutimos dentro del contexto tectónico regional los resultados obtenidos.

ESTIMACION DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL OCCIDENTE DEL GOLFO DE MEXICO

Sandoval Ochoa J.H.¹, Flores Ruiz J.H.², Marines Campos R.², Martínez Angeles R.², Lozada Zumaeta M.M.², Hernández Avila L.², Gutiérrez y Acosta J.² y Cerón Fernández A.²

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

² Instituto Mexicano del Petróleo

El estudio de la estructura interna de la Plataforma Continental del Occidente del Golfo de México, se realizó por medio de 8 perfiles gravimétricos de 200 km de longitud costa afuera (Flores *et al.*, 2000). Infiriéndose dos sectores mayores de corteza continental nueva por denudación hacia el Golfo de México, desde el Mesozoico Medio.

Estos sectores corticales están constituidos de rocas sedimentarias en su mayoría depositadas en cuencas (receptáculos de detritos) generados por bloques fracturados por distensión y colapso, como efecto en México, de la Orogénia Palizada durante las postrimerías del Triásico y principios del Jurásico; los cuales forman sus basamentos pre-mesozoicos.

Estos sectores y otros bloques conforman una corteza continental antigua de ambiente sinrift de pilares y fosas como rocas sustentadoras de las secuencias de nuevos depósitos sedimentarios. Los procesos sedimentarios fueron amplios en el tiempo y en el espacio, progradaron desde las llanuras costeras a las plataformas, alcanzaron a los taludes "continentales" y caracterizaron un panorama regresivo.

Se construyó así, la nueva corteza continental encima de la margen de transición del continente al proto- océano del occidente del Golfo de México. La columna geológica nueva inició con lechos de rocas evaporíticas, carbonatadas profundas y someras aparentemente del Jurásico al Cretácico Medio; rocas pelágicas, hemipelágicas y turbidíticas del Cretácico Medio al Terciario Temprano; le siguen las rocas hemipelágicas y turbiditas arenosas del Terciario Temprano al Mioceno Medio y cierra la secuencia con depósitos de lutitas, hemipelágicos y turbiditas del Mioceno Tardío al Holoceno (Land *et al.*, 1976; Watkins *et al.*, 1977 y Buffler *et al.*, 1978). La tectónica salina y los deslizamientos por gravedad, en la nueva corteza continental no se hicieron esperar para el Terciario.

El primer sector cortical orientado de Norte a Sur (N-S) se extiende adelgazándose desde la Plataforma Continental frente a Matamoros, Tamaulipas (Perfil 1) con espesor de 21 km, hasta la zona submarina frente a Los Tuxtlas (Macizo de San Andrés), en la prolongación del Cañón de Veracruz, en la misma zona de la Plataforma Continental se hace angosta y el Manto se ha aproximado a unos 16 km de profundidad, a manera de una apófisis local elevada.

El segundo sector aunque orientado de Oeste a Este (W-E) a partir de la zona de Los Tuxtlas (Perfil 5), hacia el oriente presenta un engrosamiento de la Corteza Continental Nueva desde 16 km bajo el área submarina frente a Dos Bocas, Tabasco (Perfil 6). Frente a Ciudad del Carmen, Campeche se alcanza un espesor máximo de 26 km, constituida la columna sedimentaria, no diferenciada de depósitos clásticos terrígenos y evaporíticos de 13 km de espesor con otros más de 13 km de espesor de basamento continental antiguo, bajo la columna nueva.

La secuencias geológicas que contienen las plataformas y taludes continentales tanto del Oriente de México como en la zona litoral de Tabasco y sur de Veracruz, presentan condiciones físicas muy distintas a aquellas que exigen los Sistemas Geológico-Petróleos del Norte del Golfo de México. Aunque todos los requisitos naturales de un Sistema como tal se cumplen, estos difieren grandemente en los lapsos del tiempo geológico y en los intervalos del espacio rocoso del depósito, de un sector al otro. Es decir, mientras que en un sector de la plataforma continental tras el Escarpe de Sigsbee dominan los descomunales espesores de depósitos Terciarios en ellos predominan un ambiente de tectónica salina muy activa con grandes componentes de emplazamiento horizontal en una variedad de estructuras asociadas y cuerpos de sal alóctona; toda la estructura individual tiene una distribución lateral muy amplia: la tectónica global ha sido en ese periodo muy quiescente. Por el contrario el sector de la plataforma, talud y la región de las Deformaciones Diapíricas Salinas del suroeste del Golfo de México; los depósitos Terciarios no son tan espesos. La tectónica salina casi en su totalidad es de movimiento vertical con pequeñas componentes laterales, en algunas localidades y asociadas a discontinuidades mayores. Predominan más bien, la tectónica global que para el Neógeno ha sido muy activa con los desplazamientos de los bloques dentro del sector, con un estado de esfuerzos transtensionales izquierdos. Finalmente, en el sector occidental del Golfo, la plataforma, el talud y la pendiente continental, las secuencias de depósitos Terciarios presentan los espesores descritos del NE y SE respectivamente, aunque con el adelgazamiento citado a partir de las zonas frente a Matamoros a Los Tuxtlas. La tectónica global ha prevalecido con la formación orogénica de las Cordilleras Mexicanas submarinas causada por el deslizamiento por gravedad con la caída hacia el Golfo profundo, entrando el Neógeno. La ausencia de sal suficiente ha inhibido a la tectónica salina.

El perfil 8 frente a Progreso, Yucatán se caracteriza por los espesores de la columna carbonatada y quizás con evaporitas sobre el Paleobasamento de la microplaca pre-mesozoica Yucateca aparentemente de condiciones tectónicas más estables que en los dos sectores descritos.

GEOF-27

MODELO DE RECUPERACION SECUNDARIA DEL CAMPO DE AGUA AFRIA, CHICONTEPEC POR MEDIO DE ELEMENTO FINITO

Flores Ruiz J.H.¹, Martínez Angeles R.¹, García Muñoz N.A.¹, Urrutia Fucugauchi J.² y Sandoval Ochoa J.H.³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ Facultad de Ingeniería, UNAM

El origen del Paleocanal de Chicontepec se presentó afines del Paleoceno y principios del Eoceno, a consecuencia de la erosión por corrientes submarinas de los mismos sedimentos del Paleoceno, Cretácico y Jurásico. Posteriormente el canal fue llenado por sedimentos arcillosos y arenosos en forma alternada, cubriendo un área aproximadamente de 123 km de longitud por 25 km de amplitud, lo que dio lugar a trampas estratigráficas localizadas a profundidades que varían desde 800 m en la porción norte, hasta 2500 m en la zona cercana a Tecolutla con un espesor neto de las formaciones productoras desde 400 m hasta unos pocos centímetros. Debido a las dimensiones de paleocanal, existe una amplia variación

de propiedades de la roca y fluidos del yacimiento, la densidad del aceite fluctúa de 18° en la parte sureste hasta 49° API en la parte norte.

El mecanismo de empuje predominante es por gas en solución.

El campo de Agua Fría, corresponde a una secuencia sedimentaria marina, turbidítica de ambiente nerítico externo y batial depositada en forma de lóbulos y abanicos submarinos de edad Paleoceno-Eoceno Inferior Temprano que en algunos lugares rebasa los 1700 m de espesor.

La roca generadora presenta facies arcillocarbonatadas de Jurásico Superior (Formaciones Santiago, Tamán y Pimienta). La roca almacenadora corresponde areniscas de grano medio a fino con porosidades promedio de 12%.

El modelo de recuperación secundaria por inyección de agua sea hace por medio de métodos variacionales usando Galerkin, en dos dimensiones para flujo en dos fases (mojado y no-mojado), en el medio poroso, tomado en cuenta las fuerzas capilares y gravitacionales.

La sección horizontal de yacimiento tiene unas dimensiones de 250 x 250 x 5 m y un volumen de poro de 3,750 m³. La porosidad es 12% y la permeabilidad absoluta de 2.0 Darcys.

Las $\mu = 800 \text{ Kg/m}^3$, $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$, $\nu = 4$ centipoises y $\nu = 1$ centipoises son los valores de las densidades y viscosidades del aceite y agua respectivamente.

La simulación en el primer caso es de 12 días con un volumen de poro (1.34 % V.P.) y en el segundo caso es de 150 días (16.06% V.P.) la relación entre los volúmenes de poros es de 1 a 12 veces.

El aceite recuperado para el primer ejemplo es 1629.40 m³ y para el segundo fue de 155645.60 m³ existiendo una relación de recuperación secundaria de 1 a 9.5 respectivamente.

GEOF-28

EL SISTEMA “LITOFAC” DE ANÁLISIS DE REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZO

Fidel Reyes Ramos y Fernando Castrejón Vacio
Yacimientos Naturalmente Fracturados, IMP

Se describe el sistema “Litofrac” de análisis de registros de pozos, el cual es parte del proyecto de “Geometría, origen y predicción de sistema de fracturas en formaciones naturalmente fracturadas en México”.

Este sistema integra las metodologías más utilizadas para analizar registros de pozos. Dentro de un primer grupo se han integrado los métodos más utilizadas en la industria como Litoporosidad, Midplot, Densidad Neutrón y Densidad Sónico. Del segundo, se tiene una secuencia de cálculos que permita al analista ir de un paso a otro con las revisiones pertinentes.

El conjunto de curvas calculadas incluye el cálculo de volumen de arcilla con diferentes métodos, la porosidad mediante el uso de diferentes registros y fórmulas; cálculo de volúmenes para tres, cuatro y cinco minerales que se pueden utilizar para comprender la composición de litologías complejas; cálculo de resistividad verdadera mediante un algoritmo lógico que se desarrolló en el

Instituto; se puede obtener con diferentes métodos el factor de formación; la saturación de agua y el índice de fracturamiento.

Se tiene un módulo que despliega las litofacies o tipologías probables de minerales que se encuentran a lo largo del pozo.

Los datos de entrada y las curvas calculadas se pueden desplegar con flexibilidad puesto que se ofrecen una serie de módulos para indicar la apariencia, color y orden con las que se imprimen. La forma como aparecen se empaquetan en “plantillas” o formatos que el usuario diseña y carga a su conveniencia.

GEOF-29

ESTUDIO DE LA CONVECCION EN FRACTURAS INTERCONECTADAS

Luna Rojero E.¹, Flores Ruiz J.H.¹, Pérez Rosales C.¹, Medina Ovando A.¹, Treviño C.² y Higuera J.F.³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Facultad de Ciencias, UNAM

³ Universidad Politécnica de Madrid

Los yacimientos naturalmente fracturados consisten de una gran cantidad de fracturas las cuales pueden estar interconectadas, parcialmente conectadas y no conectadas. El estudio de la convección es determinante para el tiempo de transporte y movimiento de la concentración de contaminantes transportados desde la fuente generadora a la posición crítica de la biosfera. En este trabajo, se demuestra teórica y experimentalmente que con gradientes geotérmicos de temperatura (30°C por cada mil metros), la convección natural en fracturas inclinadas siempre ocurre.

El experimento se realizó para varios diseños de fractura con un número de Rayleigh, (Ra), igual a 4, similar al caso de un yacimiento petrolífero. La medida del campo de velocidades en la fractura, se realizó utilizando velocimetría por imágenes de partículas (PIV), mediante el uso de una cámara digital y un sistema óptico; para el campo de temperaturas se utiliza una cámara térmica con resolución de .01°C.

La ecuación de la energía en la parte “sólida”, se resuelve utilizando el método integral de elemento frontera y para el fluido en la fractura, las ecuaciones de Navier-Stokes se resuelven con métodos asintóticos y diferencias finitas.

Se predice que las velocidades en las fracturas son de orden , para el caso de aceite en fracturas de .01 cm, la velocidad asociada es $3.4 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$ y para glicerina es 0.4 cm/seg . Se muestra que lo anterior también ocurre en sistemas de dos fracturas inclinadas interconectadas.

Estos estudios, se aplicarán en la evaluación de patrones convectivos generados en sistemas geológicos, con anomalía térmica in situ. Tal es el caso, de los yacimientos naturalmente fracturados, que existen en la mayor parte de la República Mexicana.

GEOF-30

OPTIMIZACIÓN NUMÉRICA DEL MÉTODO INDIRECTO DE ELEMENTOS DE FRONTERA

C. Ortiz Alemán¹, F.J. Sánchez Sesma², A. Gil Zepeda² y F. Luzón Martínez³

¹ Instituto Mexicano del Petróleo

² Instituto de Ingeniería, UNAM

³ Universidad de Almería, España

Se presentan algunos avances recientemente obtenidos en la optimización numérica del Método Indirecto de Elementos de Frontera (IBEM, por sus siglas en inglés) aplicado al estudio de la propagación de ondas sísmicas en medios tridimensionales. El método está basado en la representación integral del campo de ondas difractadas utilizando fuentes de estrato simple en las fronteras. El método se denomina indirecto debido a que los esfuerzos en las fuentes deben ser evaluados como un paso intermedio. Las condiciones de frontera dan lugar a un sistema de ecuaciones integrales para las fuentes en las superficies (fronteras). La discretización de las fronteras se basa en la rectificación aproximada de las superficies involucradas utilizando elementos circulares. Se reportan avances en la implantación de un algoritmo automático para la discretización de superficies suaves irregulares de forma arbitraria. Las formulaciones del método IBEM dan origen a grandes sistemas de ecuaciones lineales, que pueden ser convertidos en sistemas raros o porosos utilizando criterios de truncamiento que consideran las particularidades del fenómeno físico bajo estudio. La solución de dichos sistemas porosos, en lugar de los sistemas completos originalmente planteados, produce importantes ahorros tanto en el número de operaciones de punto flotante como en el espacio de almacenamiento requerido. Se discuten algunos ejemplos, donde se aplica el método y se ilustran los beneficios de las mejoras reportadas.

GEOF-31

LA IMPORTANCIA DEL BEOWULF EN GEOCIENCIAS

Gerardo Ronquillo J., Roland Martin., Marlene Roman G., Dimitri Komatitsch y Manuel Lozada Z.
YNF, IMP

Hoy en día las PCs se han vuelto más potentes, con costos más bajos. Como resultado las PCs en red son más poderosas que las clásicas estaciones de trabajo y otros sistemas. Además, en los últimos años, el sistema operacional Linux (Unix para Pcs) se ha vuelto extremadamente estable y poderoso, con la ventaja que es libre y disponible gratuitamente en la Red. Así mismo, actualmente existe gran variedad de software comercial en Linux para Beowulf (Cluster) tanto para procesamiento sísmico, interpretación sísmica, migración a profundidad, base de datos (Oracle Linux), Grafismo (AVS), Compiladores potentes Portland Group, Inc. (PGI) etc. Otro argumento importante reside en un mejor tratamiento de los inmensos volúmenes de datos manejados en Geociencias, principalmente en sismología, prospección petrolera y mecánica de fluidos. Para efectuar cálculos relacionados con modelos geológicos de escalas diferentes tanto en dos y tres dimensiones, se utilizan métodos de diferencias finitas y elementos espectrales en propagación de ondas sísmicas. Por ejemplo si se modela la propagación de ondas elásticas en un dominio físico de $6 \times 6 \times 12 \text{ Km}^3$, con 30 HZ de frecuencia y una velocidad sísmica de 3000 m/

s, la longitud de onda será aproximadamente de 100m y los intervalos de la malla de 7m. En términos de elementos espectrales esto significa 32 a 64 millones de elementos, similarmente para otros métodos. Para superar los requerimientos de calculo masivo, Universidades e Institutos de investigación, así como compañías, están interesados en aplicaciones científicas y comerciales, usando PCs conectadas en red. Se apoyan en comunicaciones de mensajes entre PCs para simular una gran computadora. El argumento principal a favor de este tipo de estructura de PCs en red es claramente su bajo costo, relacionado a su alta fiabilidad y a la impresionante eficiencia obtenida. Es sobre todo cuando uno piensa en los altísimos costos de las supercomputadoras clásicas que fueron muy populares en las instituciones de investigación en la última década, así como el costo alto del mantenimiento. Por tal motivo en el Instituto Mexicano del Petróleo, en el ámbito del Proyecto D.1341 del programa YNF, se elaboro un laboratorio experimental de un sistema integral de procesamiento de memoria distribuida basado en procesadores AMD Athlon 1GHz (20), con aproximadamente 12 Gbytes de memoria, espacio en disco disponible de 480 Gigabytes en IDE, 72 Gigabytes SCSI en el servidor etc. Con la finalidad de orientarse a estándares futuros, se implantaron y optimizaron códigos secuenciales desarrollados en el proyecto antes mencionado, basándose en las librerías MPI de intercambio de mensajes entre nodos (Message Passing Interface) en plataforma Linux. Se experimento inicialmente simulaciones de propagación de ondas en forma seriada y posteriormente en paralelo con MPI. En este trabajo se presentan la secuencia de la elaboración del laboratorio y algunos resultados de los experimentos numéricos efectuados.

GEOF-32 CARTEL

A GRAVITY ANALYSIS OF THE NORTHERN SIERRA MADRE OCCIDENTAL, MEXICO

Kevin L. Mickus
Southwest Missouri State University

The Sierra Madre Occidental (SMO) of northwestern Mexico is an extensive Cenozoic volcanic field that contains several kilometers of volcanic flows and ignimbrites. The underlying crustal structure and possible information about unknown sources is unknown due to the lack of geophysical studies especially seismic investigations. To obtain first-order information on upper crust to upper mantle structural variations, a gravity study using all readily available data was performed. This study included the construction of simple Bouguer, isostatic residual, band-passed filtered and edge enhancement gravity anomaly maps in order to separate near surface density variations from deeper sources and to determine the regional crustal structure. The simple Bouguer and isostatic residual gravity anomaly maps indicate that a regional gravity minimum of less than -200 mGals roughly outlines the extent of the exposed volcanic field. To obtain a better idea of the source of this gravity minimum, a two-dimensional gravity model was constructed perpendicular to the SMO. This model indicates that the broad gravity minimum is caused by a combination of the thick volcanic layers, a mid-crustal batholith and a thickened crust. While this model is not unique and needs detailed seismic detail to confirm it, this model agrees with other regional gravity models of large volcanic fields such as the Datil and San Juan volcanic fields in the United States.

GEOF-33 CARTEL

ELECTROSTATIC FIELD VARIATIONS IN THE LOWER IONOSPHERE DUE TO THE CHANGE OF NEAR-EARTH ATMOSPHERE CONDUCTIVITY

V. Grimalsky¹, S. Koshevaya², R. Perez-Enriquez³ and A. Kotsarenko³

¹National Institute for Astrophysics, Optics, and Electronics

²CIICAP, Autonomous University of Morelos

³UNICIT, Institute of Geophysics, UNAM

The penetration of perturbations of electrostatic field into the ionosphere from near-Earth atmosphere perturbations is analyzed. The electrostatic problem for the electric potential ϕ for the medium with three-dimensional spatial and temporal inhomogeneous anisotropic near-Earth conductivity $\sigma(x,y,z,t) = \sigma_0(z) + \Delta\sigma(x,y,z,t)$ is solved numerically:

$$\text{div}(\sigma(x, y, z, t) \cdot \nabla \phi) + \epsilon_0 \cdot \partial(\Delta\phi) / \partial t = 0.$$

In the ionosphere ($z > 50$ km), anisotropic conductivity depends only on a vertical coordinate z . The difference of electric potentials between the Earth's surface and upper ionosphere (200 kV between $z = 0$ and 300 km; fair weather field) is taken into account. The effective upper boundary condition (at $z \sim 150$ km) for the potential is derived. The iterational method with an operator factorization is used for numerical solving the equation. It is shown that the bell-like increase of near-Earth conductivity $Ds(x, y, z, t) = Ds_0(t) \times \exp(-(x^2 + y^2)/r_0^2 - (z/z_0)^2)$ with the spatial scales $z_0 \sim 10$ km, $r_0 \sim 50$ km, and $Ds_{0 \max} = 2.5 \cdot 10^{12}$ Sm/m, leads to the essential growth of electric field within the D- and lower E- layers of the ionosphere up till 3-5 times. The temporal variations of conductivity are accompanied also by perturbations of magnetic field. Such perturbations of conductivity can be due to aerosol release within several days before strong earthquakes. The pointed above phenomenon can be used as a possible precursor of earthquakes.

GEOF-34 CARTEL

ESTUDIO GEOELECTRICO POR TOMOGRAFÍA 2D EN EL B° CERROS COLORADOS, SAN LUIS, ARGENTINA

Aguilera H., A. Giaccardi, H. Ulacco y C. Gardini
Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina

El Barrio Cerros Colorados, situado en la localidad de Juana Koslay, se encuentra ubicado en un ambiente geológico de cuenca intermontana, caracterizado por la presencia de rocas de basamento ígneo-metamórfico y conglomerados, areniscas y arcilitas de edad terciaria.

Las condiciones primigenias del medio han sido afectadas de distinta manera por las obras civiles de acondicionamiento y construcción, tal el caso del desmonte y modificación topográfica, que han alterado significativamente las condiciones de drenaje natural, lo cual se ve reflejado en la degradación de las calles y veredas después de cada precipitación pluvial. A pocos días de su terminación, se comenzó a notar asentamiento diferencial con agrietamiento en las paredes y plateas de las viviendas, rápida inutilización de los pozos sépticos y ascenso del nivel freático.

Un estudio mediante SIG reveló que en el área existió una red de drenaje temporaria, de tipo efímero, cuyo efecto erosivo sobre el terreno habría labrado un sistema de cárcavas muy pronunciadas. Para situar con precisión la traza de sus ejes y el grado de modificación antrópica alcanzada, se consideró que la metodología de exploración del subsuelo por Tomografía Eléctrica 2D, era la más apropiada. Esta técnica permitió obtener distintas pseudosecciones verticales del terreno y vincularlo con las características laterales y verticales de los sedimentos.

Las pseudosecciones eléctricas se situaron en forma transversal al eje de los principales cauces establecidos mediante SIG. En cada una de ellos se define con claridad el perfil de las cárcavas, existiendo un elevado contraste resistivo entre el material de relleno y el suelo original.

Para el caso de los sectores donde se produjeron los mayores deterioros de las viviendas, se pudo establecer que las mismas habrían sido edificadas sobre un sistema de cárcavas con un ancho variable entre 6 a 10 metros y una profundidad estimada de 4 metros, cuyo material de relleno no habría sido compactado adecuadamente.

Los datos aportados por las tomografías eléctricas han permitido concluir, que las obras civiles de acondicionamiento realizadas durante la construcción del barrio, no tuvieron en cuenta las medidas de contingencia necesarias para evitar o atenuar los efectos negativos que esta modificación del paisaje produjo sobre el asentamiento urbano.

GEOF-35 CARTEL

GEOMETRY OF THE EL FRESNAL BASIN, NORTHERN CHIHUAHUA, MEXICO, AS INFERRED FROM THREE-DIMENSIONAL GRAVITY MODELING

Bandy W.L., J. Ortega Ramirez, J.M. Maillol and A. Valiente
Banuet

Instituto de Geofísica, UNAM

Instituto de Ecología, UNAM

Dept. of Geology and Geophysics, University of Calgary

In 1998, a multidisciplinary study of the El Fresnal basin, Chihuahua, Mexico was initiated to determine the relationship between the structure, vegetation and geomorphology of the basin and Quaternary paleoenvironment. As part of this study, 221 new gravity measurements were collected within the basin and combined with 506 pre-existing measurements from the surrounding area to determine the basin geometry and the depth of the sediment infill. A basement-depth model calculated from these data indicates that the El Fresnal Basin consists of two sub-basins separated by a basement high, which is presently buried by about 500 meters of sediments. The southern sub-basin, which lacks an axial playa lake, extends for 20 km in a N21°W direction and contains 800 meters of sediments. The geometry of the sub-basin is suggestive of a half-graben with the major normal fault located to the west. The northern sub-basin, within which lies the playa lake Laguna El Fresnal, extends for 20 km in a N10°E direction and contains 1500 meters of sediments. Like the southern sub-basin, its geometry is suggestive of a half-graben; however, unlike the southern sub-basin, the major normal fault is located to the east. The orientations of two sub-basins suggest that the southern sub-basin formed first, during the late Oligocene to early Miocene, followed by the formation of

the northern sub-basin sometime after the early Miocene when the orientation of the tensional stresses changed from WNW-ESE to E-W. Since the playa lake is now confined to the northern sub-basin, it appears that subsidence is presently occurring only in the northern sub-basin.

GEOF-36 CARTEL

LA TRANSFORMACION DE EULER EN LA PROSPECCION ARQUEOLOGICA

Edgar Angeles Cordero¹, Rene E. Chavez Sagura² y Andres Tejero Andrade¹

¹ Facultad de Ingeniería, UNAM

² Instituto de Geofísica, UNAM

La magnetometría es uno de los métodos geofísicos que auxilian a la Prospección Arqueológica en la detección de estructuras magnéticas asociadas a restos arqueológicos, que por lo general presentan una magnetización compleja debido a su origen antropogénico y no de origen natural, lo cual dificulta su interpretación por técnicas que dependen fuertemente de la magnetización. De esto surge la necesidad de una técnica de interpretación que no dependa de la magnetización, una de estas técnicas es la Deconvolución de Euler, cuyo parámetro de discriminación "El índice estructural" nos permite visualizar distintos modelos de solución, esto es mapas de distribución de soluciones de la ecuación de homogeneidad de Euler. Así que la solución no dependerá de la magnetización si no solo de la geometría de la fuente magnética, que para los objetivos arqueológicos representa una gran ventaja y rapidez para una interpretación preliminar del objeto buscado, y al no depender prioritariamente de la magnetización es posible aplicar esta técnica en datos magnéticos muy ruidosos.

Se aplicó esta técnica en dos estudios arqueológicos: En la detección de hornos de cerámica romanos (La Maja, Esp.) cuya naturaleza magnética es muy compleja por la magnetización termoremanente de los restos de cerámica esparcidos en el área de estudio. Y en la detección de cavidades en Teotihuacán (Edo. de Mex.) donde esta técnica es aplicada en un medio con extremo ruido magnético.

Se presentan mapas de anomalía, sus soluciones por Transformación de Euler y su correlación con otras interpretaciones de otras técnicas, como software's comerciales y levantamientos de Tomografía eléctrica.

GEOF-37 CARTEL

MODELADO DIRECTO DE SISMOGRAMA SINTETICO DE INCIDENCIA NORMAL USANDO LA ECUACIÓN DE PERTURBACIÓN DE LIPPMANN-SCHWINGE, Y SU APLICACIÓN

Juan Espinosa Luna y Rodolfo Almanza Mosqueda
Instituto Mexicano del Petróleo
Ingeniería de Yacimientos, Cd del Carmen

El modelado directo sísmico está basado en la solución de la ecuación de onda. Que puede ser solucionada aplicando métodos analíticos, teoría de rayos y métodos directos. Todos los métodos directos tienen en general que la solución numérica es calculada

para una particular función de la fuente, luego si conocemos la función de Green del medio, la respuesta sísmica puede ser calculada por una simple convolución con la función de la fuente.

Luego así los sísmogramas pueden ser representados por una convolución de la fuente con la función de Green asociada a el medio. Luego calculado la función de Green de la respuesta sísmica para diferentes fuentes se pueden obtener repitiendo todo el procedimiento numérico.

Expresiones analíticas de la función de Green existen solo en situaciones sencillas, Johnson (1974) calcula la función de Green por el problema de Lamb's en un punto de la fuente en un medio 3D de un espacio elástico por el método de Cagniard-de Hoop. Franssens (1983) calcula la función de Green en un medio isotópico de 2D con capas paralelas donde la solución está dada por una inversa integral de Fourier en el dominio del número de onda. Luco y Apsel (1983) y Apsel y Luco (1983) tienen la respuesta completa de un medio estratificado en el dominio del número de onda a frecuencia 3D mediante integrales de Hankel sobre el número de onda, las integrales son calculadas iterativamente para cada número de onda y cada frecuencia.

Nosotros presentamos un método para la determinación de la función de Green en un medio heterogéneo basado en el trabajo de Freter., 1995, mismo que está basado en la solución numérica de la ecuación de perturbación de Lippmann-Schwinger. Esta ecuación Integral es derivada para un medio heterogéneo donde la velocidad en cada capa es constante, se soluciona utilizando algunas propiedades de simetría de la función de Green. Dado que el método está formulado en el dominio de la frecuencia se presenta una forma fácil y elegante de la implementación del mecanismo de atenuación, el cual depende solo de la velocidad de perturbación.

Se presentan los resultados de varios modelos sintéticos estratificados.

GEOF-38 CARTEL

SEDIMENTARY COVER OF THE VALLE DE SANTIAGO MAARES: GEOPHYSICAL STUDY

Vsevolod V. Yutsis^{1,2}, Jorge A. Arzate Flores², Peter E. Schaaf³ and H. Bohnel²

¹ Moscow State University, Russia

² Unidad en Ciencias de la Tierra, UNAM

³ Instituto de Geofísica, UNAM

There are seven recent volcanic structures of the maar type located in the Valle de Santiago area. The complex of geophysical methods included micro gravimetric, magnetometric, vertical electric sounding; AMT-sounding and seismic refraction profiling investigated two of them. The purpose of studies consisted in the researching of structure and distribution of thickness of recent sediments of lake origin, which overlap in the internal parts of the craters the volcanic basement represented by basalts and tuffs. In the present work in the brief form the results of the complex interpretation of these data are represented. Were studied structures of San Nikolas and Sintora maares. The first is found approximately in 12 km to the West from the Valle de Santiago city (20°23.27'N and 101°15.22'W), and the second is located to the southwest from it (20°21.23'N and 101°12.35'W). Both craters have annular form. Exceeding the most elevated external sections of the structures above the internal basins is approximately 100-150 meters. The

central position in each basin occupies lakes with the depth not of more than 1-1.2 meters. According to geophysical data it is possible sufficiently confidently to separate the sedimentary cover from the volcanic rock of base. Thus, for instance, velocities of the transverse seismic waves change sharply from 400-800 m/s in the near the surface (upper) part of section to 2000-2700 m/s in acoustic basement. Density of unconsolidated sediments does not exceed 1.8 g/cm³, while the density of their underlying basalts composes 2.5 g/cm³. The difference of rock densities and heights of the points of measurements results the difference of the anomalous gravity field value along the distinct profiles in the range of 7-10 mGal. It was shown that the other physical characteristics of the sediments and underlying hard rocks like as electric resistance, magnetic susceptibility etc. is different too. On the basis of the complex analysis of geophysical data authors contoured the sedimentary basins, located in the center of each of the craters mentioned above. It was established that they have asymmetric form; moreover the points of their maximal thickness are displaced to the side of the highest and abrupt edges of structures. The thickness of sediments is from several meters on the periphery of craters to 30 meters even more in its center parts.

GEOF-39 CARTEL

GEOMETRIA DE LA CUENCA DE LA BAHIA DE ENSENADA MEDIANTE INVERSION CONJUNTA DE DATOS DE GRAVIMETRIA Y MAGNETOMETRIA

L.A. Gallardo, M.A. Pérez, E. Gómez-Treviño y A. González
 Depto. Geofísica Aplicada, CICESE
 Ensenada, B.C., México

El estudio de la cuenca de la bahía de Ensenada presenta, por un lado, un interés económico en relación con el acuífero que sostiene la zona agrícola del valle de Maneadero, y por el otro, un interés científico en relación con estructuras tectónicas como la falla de Agua Blanca. Debido al comportamiento suave del relieve del relleno sedimentario, la expresión de estructuras profundas en superficie y piso marino es muy pobre, siendo necesario recurrir a métodos geofísicos para su estudio. Se recopiló información de levantamientos aéreos, terrestres y marinos realizados en diferentes épocas por diferentes autores y con diferentes propósitos. Nuestro trabajo consistió en recopilarlos, digitalizarlos, reajustar correcciones en algunos casos y realizar la inversión. El modelo empleado para la inversión consiste de un conjunto de prismas que aglomerados forman la topografía superior e inferior de un cuerpo tridimensional (relleno sedimentario) en el subsuelo. Para resolver la inversión empleamos un algoritmo de programación cuadrática que nos permite ponerle condiciones de igualdad o desigualdad a las variables, permitiendo calcular por inversión no lineal las profundidades de los prismas, el contraste de magnetización (vectorial) y el contraste de densidad como función polinomial de la profundidad. Además permite incorporar de manera conjunta datos de gravedad y magnetismo terrestres, marinos y aéreos, conservando su altura original. Para efectuar la inversión se restó el efecto del mar, aislando la influencia de los sedimentos cuaternarios y del basamento subyacente, el cual consiste de rocas volcánicas de la formación Alisitos e intrusivos graníticos del Cretáceo. Pequeñas diferencias en los ajustes logrados a los datos revelan una ligera variación en la densidad de ambos grupos de rocas del basamento y una mayor diferencia en cuanto a magnetización. En general se logra un buen ajuste que revela detalles de la estructura de la cuenca, de la Isla de Todos Santos y del Valle de Maneadero.

GEOF-40 CARTEL

ACONDICIONADOR DIGITAL DE CAMPOS ELÉCTRICOS PARA UN SISTEMA DE REGISTRO MAGNETOTELÚRICO DE PERÍODO LARGO

Jesús Brassea Ochoa
 Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE.

Con la intención de tener un equipo que permita realizar sondeos magnetotelúricos de período largo, en los últimos años hemos trabajado en la construcción y prueba de un sistema portátil para el registro del campo geoelectromagnético en la banda de 100 a 100,000 s (0.00001 a 0.01 Hz).

El sistema se ha formado con un magnetómetro fluxgate de 3 componentes (SCINTREX FM-100B), un Acondicionador Analógico de Campos Eléctricos de dos canales (AAACE) con respuesta Pasa-Banda con frecuencias de corte de 10⁻⁵ Hz y 10⁻² Hz respectivamente (CICESE) y un sistema de adquisición de datos de 5 canales, 16 bits (DATATAKER DT-50). El AAACE requiere de componentes electrónicos con impedancias mayores a 10⁹ ohms, componentes cuyo funcionamiento son muy sensibles a los cambios de humedad del medio ambiente donde trabajan. En este trabajo presentamos el diseño, la construcción y prueba de un prototipo de Acondicionador Digital de Campos Eléctricos (ADCE) que no utiliza componentes de tan alta impedancia y que una de sus ventajas es no ser tan sensible a los cambios de humedad como el AAACE.