

INTRODUCCIÓN A LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Versión 2.7.2 - WWW.GEOFISICA.CL



Registro de Propiedad Intelectual nº 148.917

Introducción a la Prospección Geofísica

Registro de Propiedad Intelectual nº 148.917

INDICE

1. Introducción ____ P3
 2. Métodos Gravimétricos ____ P3
 3. Métodos Sísmicos ____ P4
 4. Prospección Eléctrica ____ P6
 5. Prospección Magnética ____ P7
 6. Otros métodos de Prospección ____ P9
- Anexo 1: La Máquina Generadora de Terremotos ____ P11
- Anexo 2: Reactores Nucleares Naturales ____ P16
- Anexo 3: Meteorito Veas-01 ____ P22
- Anexo 4: Preguntas Frecuentes ____ P25



1. INTRODUCCIÓN

La Geofísica es la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se producen en nuestro planeta, destacando entre estos, el electromagnetismo, la propagación de ondas mecánicas en la corteza terrestre y la gravedad. Esta ciencia puede definirse como la aplicación de la física y la geología al estudio de los materiales que componen la corteza terrestre y de los campos de fuerza que surgen de ella y ejercen su influencia hacia el exterior.

El campo de estudio de las prospecciones corresponde a los efectos producidos por rocas y minerales metálicos en áreas anómalas (desviadas del background), destacando entre estos: la fuerza de atracción gravitatoria, la desintegración radiactiva, las corrientes eléctricas espontáneas, la resistencia eléctrica de los suelos, la rapidez de las ondas sísmicas, etc.

El mapeo de una anomalía geofísica puede significar el descubrimiento de una formación geológica apta para la explotación industrial. Además, la información punto a punto entregada por una prospección permite caracterizar cuantitativamente el terreno prospectado de acuerdo con ciertos parámetros físicos, lo que es un valioso apoyo para tomar decisiones correctas relacionadas con el uso del suelo.

2. MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS

En el caso de estar en un terreno con topografía plana, tendremos que cualquier anomalía de gravedad se deberá a desviaciones de la densidad del subsuelo respecto de la “densidad base”. En otras palabras, las anomalías gravitatorias son originadas por variaciones en la distribución de la densidad másica punto a punto (3D). Por otro lado, si la topografía es compleja, las anomalías de gravedad podrán estar relacionadas ya sea con la geometría del terreno y/o con la distribución de densidades, dado que $g = g(r, \rho)$.

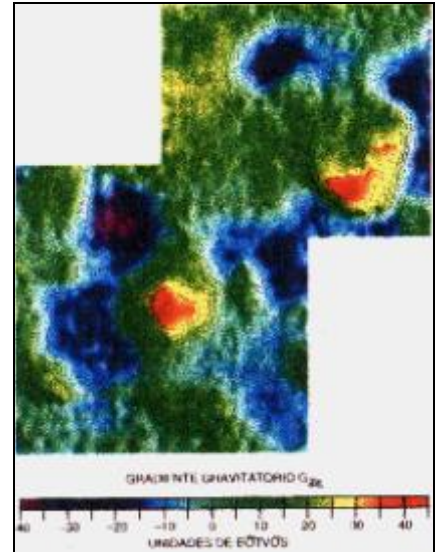
TÍPICO LEVANTAMIENTO GRAVIMÉTRICO

A) Fase de Terreno.

Definir una malla y en cada nodo medir la aceleración de gravedad.

B) Correcciones.

i) Deriva del instrumento: el gravímetro no es perfecto, razón por la cual se utiliza una estación de amarre para cuantificar la deriva del cero (se asume lineal).



Mapa de anomalías gravitatorias

ii) Corrección topográfica: un cerro incrementa la aceleración de gravedad, mientras que una cuenca la hace disminuir. Todos los datos deben llevarse a topografía plana

iii) Otras correcciones: por latitud, de Faye, de Bouguer, etc.

C) Mapa final: isoanómalas de gravedad.

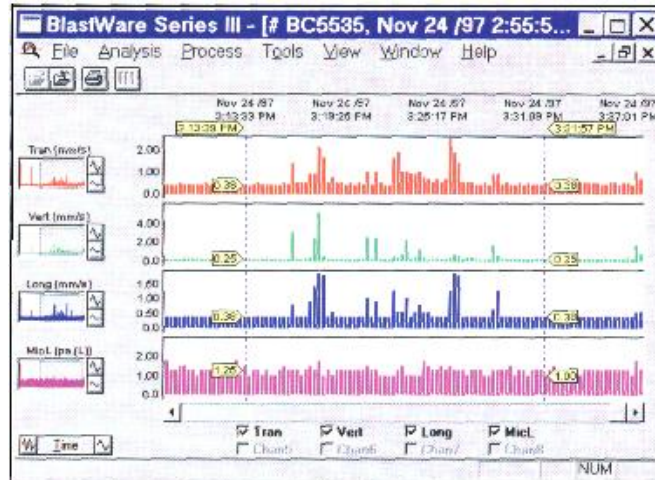
El mapa resultante muestra las variaciones sufridas por la aceleración de gravedad como resultado exclusivo de las diferentes densidades de las rocas. Puede ser conveniente realizar un análisis estadístico de la gravedad y mostrar las desviaciones respecto del background ("gravedad residual")

3. Métodos Sísmicos

El registro e interpretación de los sismos naturales motivó a los Geofísicos a adaptar la tecnología "pasiva" y convertirla en **Prospección Sísmica**, donde el microsismo puede ser generado por una explosión ("tronadura"), golpe de martillo, caída de un objeto muy masivo, etc.

El análisis de muchas curvas camino/tiempo permite encontrar las primeras llegadas de diversas ondas mecánicas. A partir de estos datos se puede deducir directamente:

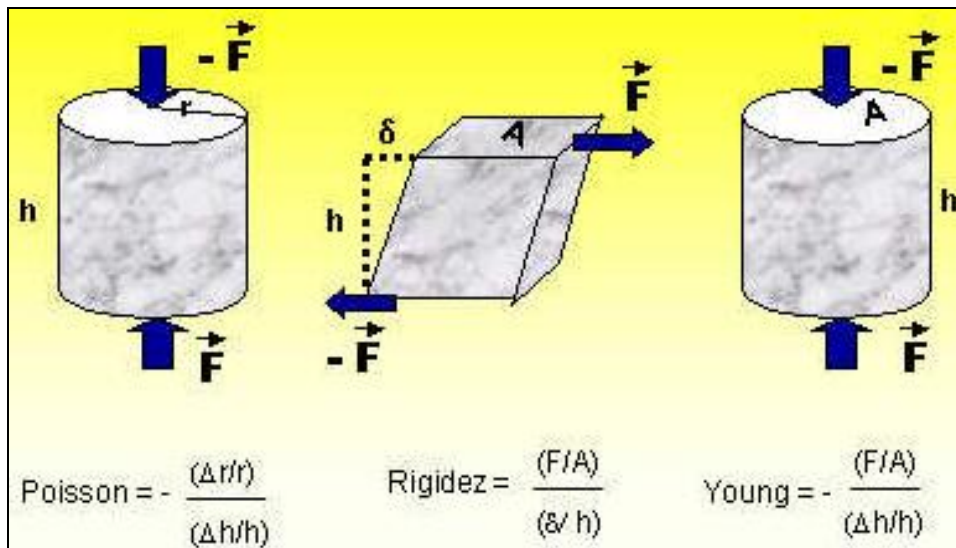
- Rapidez de cada onda
- Espesor de cada estrato
- Subtopografía



Software de Prospección Sísmica

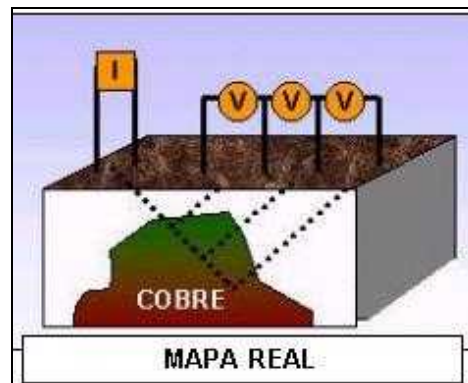
En una “segunda iteración” basada en los cálculos anteriores, es posible encontrar los módulos elásticos:

- Módulo de Young
- Módulo de Poisson
- Módulo de Corte, etc.



Módulos Elásticos

4. Prospección Eléctrica



Arreglo Dipolo Dipolo

La Prospección Eléctrica puede ser pasiva o activa. Es pasiva cuando se estudian los potenciales eléctricos espontáneos que surgen debido reacciones químicas naturales que ocurren en el subsuelo (generalmente en las interfases de rocas distintas) y es activa cuando el potencial eléctrico estudiado surge como respuesta un estímulo aplicado (inyección de corriente).

4.1 Método Pasivo: Autopotencial

El Método del Potencial Espontáneo (“Self-Potential”) se basa en la recepción de las corrientes naturales que ocurren en la corteza terrestre debido a:

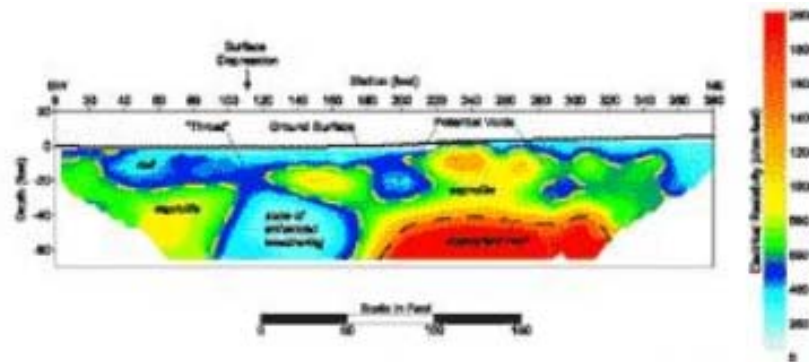
- Reacciones químicas espontáneas
- Presencia de agua subterránea (un flujo de agua siempre crea una corriente eléctrica)
- Iones libres que se desplazan por efecto del magnetismo terrestre, etc.

4.2 Métodos Activos

i) El Método de la **Resistividad** es utilizado en minería, geología e hidrología y permite estudiar anomalías de resistividad eléctrica, lo que se correlaciona con la ausencia o presencia de cuerpos mineralizados, agua subterránea, grado de fracturamiento de las rocas, etc.

ii) El Método de la Polarización Inducida (“Efecto IP”)

Este método cuantifica las propiedades capacitivas de la corteza terrestre, ya que ciertas formaciones mineralizadas (como los sulfuros diseminados) actúan como “mini-condensadores”, lo que influye en el tiempo que tarda en descargarse el terreno (α [Capacidad Eléctrica]).



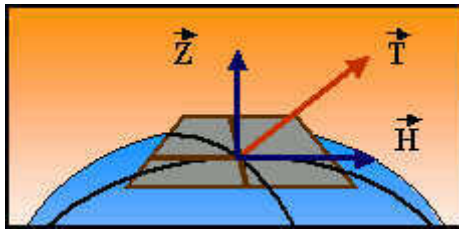
Sección transversal dipolo dipolo de resistividad aparente

5. Prospección Magnética

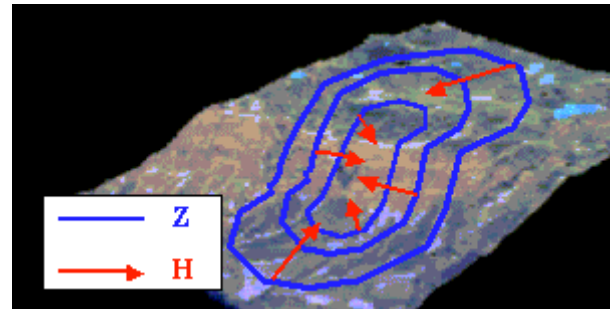
Este método de prospección detecta anomalías o desviaciones del valor normal del Campo Geomagnético debido a la presencia de minerales ferromagnéticos, diamagnéticos y/o paramagnéticos. La mayoría de las rocas contiene pequeñas cantidades de óxidos de hierro, de modo que si cristalizan a partir de un magma y en presencia de un CM externo (el terrestre), los Momentos Magnéticos finalizarán orientados, lo que redundará en una anomalía magnética.

NOTA: Así fue cómo se descubrió que a largo plazo (cientos de miles de años) el Campo Magnético Terrestre se debilita, hasta anularse y luego se refuerza en sentido inverso. Las capas geológicas muestran minerales imantados con los momentos magnéticos apuntando no hacia el Norte de Canadá (Sur Magnético actual), sino hacia la Antártica.

Por otro lado, los artefactos y estructuras metálicas creadas por el hombre también generan anomalías magnéticas, razón por la cual este método también se utiliza en Arqueología.



$$\mathbf{T} = \mathbf{H} + \mathbf{Z}$$



Isolíneas de Z y H

Áreas de Aplicación

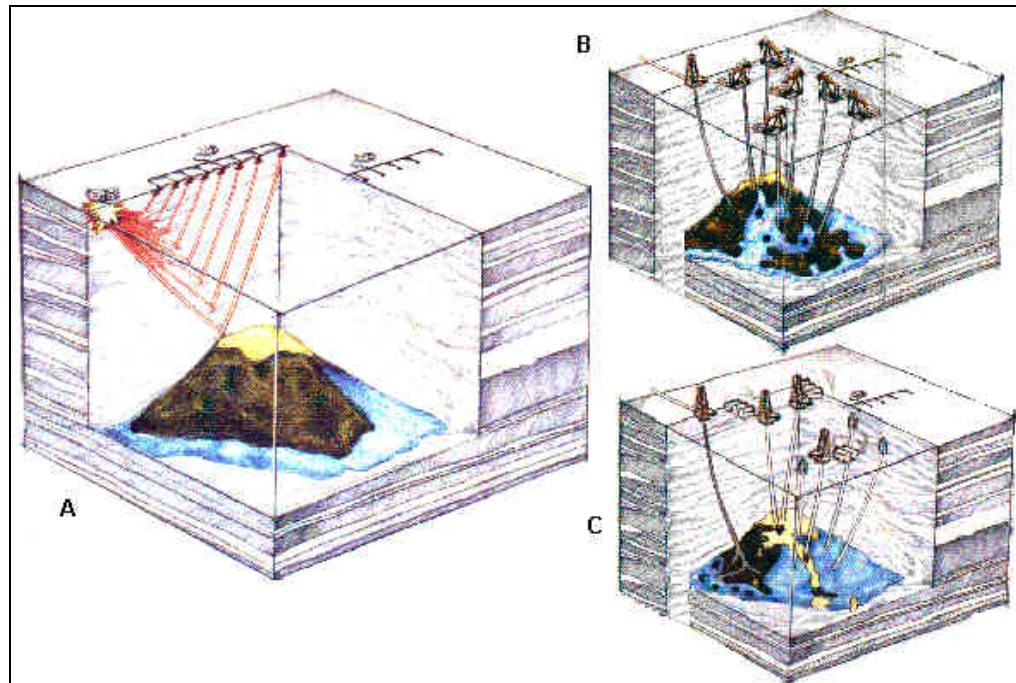
- Petróleo (trampas de hidrocarburos)
- Minería
- Obras civiles
- Arqueología
- Descubrimiento de meteoritos y estudio de sus cráteres
- Geología (seguimiento de estructuras subterráneas)
- Estudio de anomalías generadas por dispositivos electrónicos, etc.
- Predicción de terremotos (pulsos magnéticos de $\nu < 1$ KHz; ver el QuakeSat:
<http://www.quakefinder.com/quakesat.htm>)

INTERPRETACIÓN

- La orientación de los vectores H (proyección horizontal de \mathbf{B}) permite ubicar los extremos del dipolo
- Graficar T (el módulo de \mathbf{B}) a lo largo de un perfil también permite delimitar el cuerpo magnético ("Perfil Abatido")
- Graficar simultáneamente H y Z (proyección vertical de \mathbf{B}) a lo largo de un perfil permite conocer la inclinación del dipolo
- El gráfico de Z a lo largo de un perfil permite conocer la profundidad a la que se encuentra el dipolo.

Durante la interpretación conviene recordar que según una de las Ecuaciones de Maxwell, no existen los monopolos magnéticos. En otras palabras, el Perfil Abatido de T mostrará siempre dos máximos

correspondientes a los dos polos del "magneto" (salvo que el dipolo se ubique verticalmente).



Extracción de petróleo en el siglo XXI

6. Otros Métodos de Prospección

a) Métodos Radiométricos

En este caso se utilizan sensores radiactivos (como un contador Geiger-Müller), lo que permite medir procesos radiactivos naturales y artificiales.

- Ejemplo de proceso radiactivo natural: desintegración del potasio 40 en suelos arcillosos.
- Ejemplo de proceso radiactivo artificial: estudio de los fotones reflejados vía interacción Compton cuando se utiliza una fuente radiactiva de Cs-137.

b) Métodos Geoquímicos

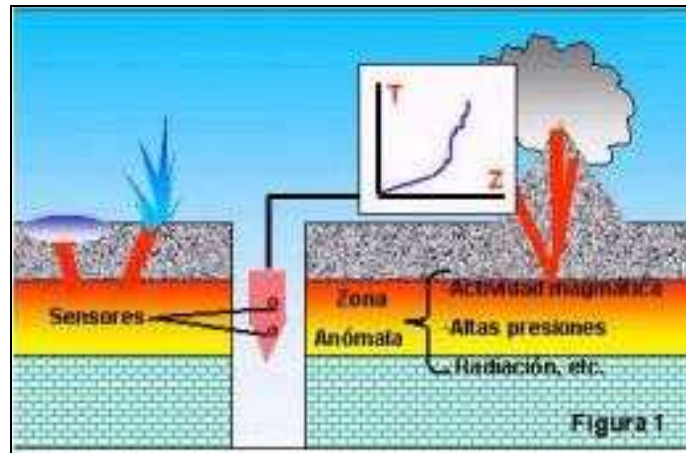
Estudio de muestras (normalmente extraídas de los nodos de una grilla) para su posterior análisis químico, lo que incluye la determinación de las concentraciones de los diversos elementos químicos.

Algunas pruebas:

- Estudios microscópicos de la estructura cristalina
- Cromatógrafo de gases
- Espectrógrafo óptico de emisión
- Determinación de la distribución isotópica mediante espectrómetros de gases.

c) Métodos Geotérmicos

Estudio de los gradientes de temperatura del terreno mediante sensores térmicos (efecto Seebeck y efecto Peltier)



d) Extracción y análisis de testigos

Perforación de pozos y extracción de muestras a distinta profundidad con el objetivo de caracterizar físicamente el terreno. Evidentemente si las perforaciones se realizan en los nodos de una grilla, será posible obtener una visión 3D del subsuelo.

Anexo 1. La Máquina Generadora de Terremotos

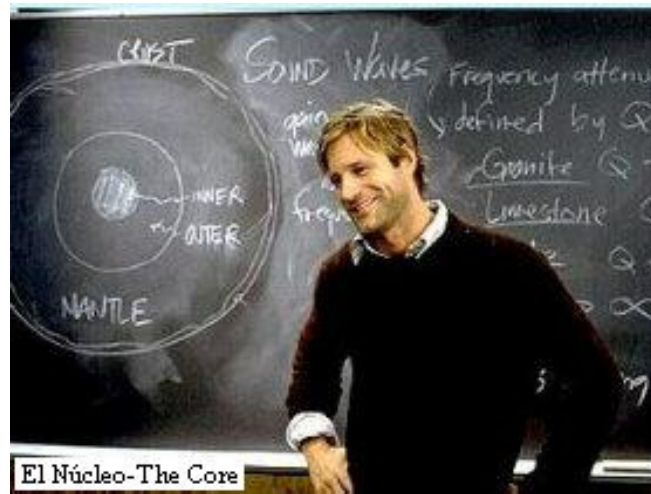
En la película *El Núcleo* se muestran las catastróficas consecuencias asociadas a la disminución de la velocidad angular del núcleo de nuestro planeta. La rotación del núcleo permite la existencia de la magnetósfera, la cual nos protege de radiaciones que son muchísimo más intensas que los rayos UV. En forma tangencial y rápida en la película también se explica el porqué de la disminución de la velocidad de rotación del núcleo: un equipo ultrasecreto de militares estadounidenses había desarrollado una MGT que los provocaba mediante Pulsos ElectroMagnéticos. Así podían atacar subrepticamente a cualquier país "*enemigo*" (Afganistán, Corea del Norte, etc.). Sin embargo, a los militares se les pasó la mano y las ondas de choque dieron en contra del núcleo, provocando su ralentización.

¿Ficción?

Actualmente muchos científicos saben como provocar terremotos con una eficiencia de 67% (3 intentos provocan en promedio de 2 sismos). Todo comenzó en los años 70 cuando un equipo de científicos soviéticos realizaba un mapeo geoeléctrico en la inestable zona de Tajikistán. Los dipolos presentaban longitudes de varios kilómetros y las corrientes inyectadas eran inmensas. Mientras realizaban las mediciones se sucedieron numerosos sismos, pero nadie los correlacionó con la inyección de corriente... hasta 1993.

I) En 1993 el Geofísico ruso **Nikolai Tarasov** del Instituto de Física de la Tierra de Moscú se percató de la correlación que había entre la inyección de la corriente y el comienzo de un sismo, lo cual era "ilógico": la energía transportada por la corriente era un millón de veces menor que la energía liberada por un sismo. Este es el mismo razonamiento que se usa (¿o usaba?) para asegurar que las pruebas nucleares no pueden provocar terremotos. Pero quedaba una posibilidad: tal vez la energía de la corriente no se transforma en un sismo, sino que se ocupa sólo en "gatillararlo". Animado por esta hipótesis, Tarasov buscó antecedentes que pudieran apoyarla o refutarla

y consiguió información de otro mapeo geoelectrico realizado en 1980 en Tien Shan.



¿Nikolai Tarasov?

Finalmente realizó la estadística y descubrió que la inyección de corriente intensa era capaz de gatillar un sismo en 2/3 de los casos. Como suele suceder con las investigaciones de punta, Tarasov no tardó mucho en ser reclutado por Estados Unidos y actualmente trabaja en un equipo que investiga la MGT.

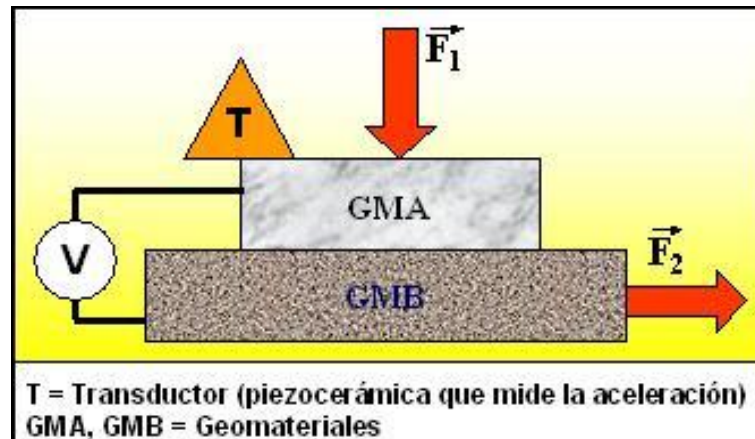
II) Fenómenos Sismoeléctricos

Muchos científicos han reportado fenómenos eléctricos relacionados con la ocurrencia de un sismo. Algunos de estos fenómenos corresponden a verdaderas señales "precursoras" que permitirían contar con alertas tempranas. Imaginemos el noticiero del tiempo acompañado de un comentario del tipo "Y para mañana el análisis del infrarrojo nos revela que la probabilidad de un sismo mayor que grado 6 es de 60%. Le aconsejamos tomar las precauciones debidas...".

Ver más: <http://pasadena.wr.usgs.gov/step>

A continuación se enumeran algunos fenómenos sismoeléctricos.

i) Durante el año 2001, los científicos alemanes Röder, Büttner y Zimanowski reportaron como puede aparecer una señal eléctrica antes de la ocurrencia de un movimiento telúrico. El experimento se grafica en la siguiente figura:



Cuando F_2 sea mayor que la fuerza de roce estática, el transductor T tendrá que indicar cierta aceleración. Lo interesante es que PREVIO al movimiento aparecía una señal eléctrica claramente identificable en V. Estos científicos verificaron sus observaciones en el volcán Estrómboli de Italia. Según sus conclusiones, el aumento de F_2 polariza la interfase entre los dos geomateriales.

Posteriormente ocurren microgrietas que exponen la roca fresca, causando acumulación de carga eléctrica, lo que corresponde a la señal precursora. Finalmente durante el sismo ocurre el deslizamiento y la descarga eléctrica del sistema.

ii) Bolas de Fuego

Durante algunos terremotos se han observado esferas luminosas que "florecen" de la tierra y que dejan una estela de brillo difuso en el cielo (similar al "Fuego de San Elmo" que se ha observado en los mástiles de los barcos durante las tormentas eléctricas). Es posible que el origen de estas bolas sea una mezcla de piezoelectricidad y Efecto Corona.

iii) El Síndrome de "Alicia en el País de las Maravillas

Científicos japoneses reportaron ciertas extrañas señales que precedieron al terremoto de Kobe (1995):

- Llamas de vela con forma de U
- Relojes cuyos segundos se detenían o aumentaban su rapidez de rotación
- Multitudes de peces y gusanos alineándose por iniciativa propia

Lo más destacable de estos hechos es que todos pudieron ser reproducidos en el Laboratorio de Geofísica Cuántica de Osaka, utilizando para ello métodos puramente eléctricos.



Demostración pública sobre seguridad antisísmica en Japón

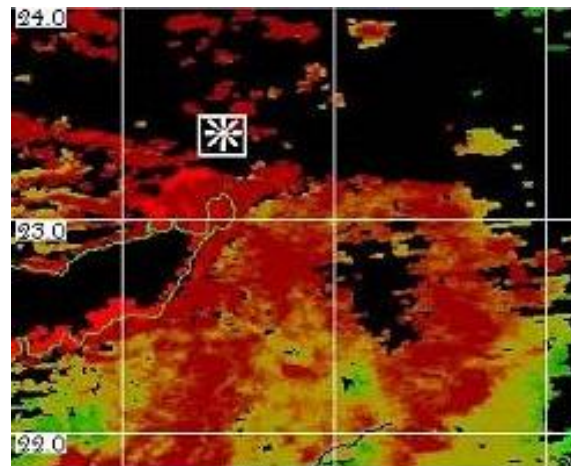
iv) Ondas de Radio

En 1991, mientras un equipo de científicos estadounidenses investigaba cómo la estática natural interfería con las comunicaciones satelitales, el detector de Corralitos (México) mostró una persistente señal de radio de UltraBaja Frecuencia ($\lambda \sim 100$ Km). La señal era 20 veces más intensa que lo normal, de modo que se tomó como una falla del detector. Sin embargo, un par de horas más tarde ocurrió un fuerte sismo y se verificó que la fuente de la señal anómala se encontraba a menos de 5 millas de éste.

v) Interferencia en una Tomografía Computarizada

En 1989, el Tecnólogo Mike Grayson se encontraba realizando TCs en un hospital de Newcastle (en New South Wales) cuando las imágenes

empezaron a presentar una extraña interferencia. Diecisiete minutos más tarde ocurrió un terremoto que derrumbó gran parte del hospital, incluyendo la sala de escaneo. Según Grayson: "Si llegase a ver esa imagen de nuevo, sería el primero en salir corriendo del edificio".



Anomalía infrarroja en la India previo al terremoto de Gujarat (26 En 01)

III) Hipótesis

Para completar el cuadro nos corresponde ahora explicar el porqué de estos fenómenos sismoeléctricos.

- i) Se piensa que al inyectar corriente, la energía de ésta pudiera incidentalmente calentar el agua subterránea, aumentando así la presión del subsuelo. Si este aumento de presión ocurre en una zona "adecuada", se podría provocar un deslizamiento de rocas, gatillando de este modo un terremoto (con una relación energética causa-efecto de 1 a 1 millón \pm)
- ii) La corteza de la Tierra está repleta de rocas piezoeléctricas, las que se polarizan frente a un aumento de presión. Luego, la polarización puede ser detectada en un radio de un par de kilómetros con electrodos de apenas 50 cm, lo que nos permitiría visualizar las señales eléctricas precursoras y estar alertas frente a un potencial sismo. A la inversa, si se aplica corriente a rocas piezoeléctricas, estas comenzarán a **vibrar**, lo que bajo ciertas condiciones "adecuadas" podría ser capaz de gatillar un terremoto.

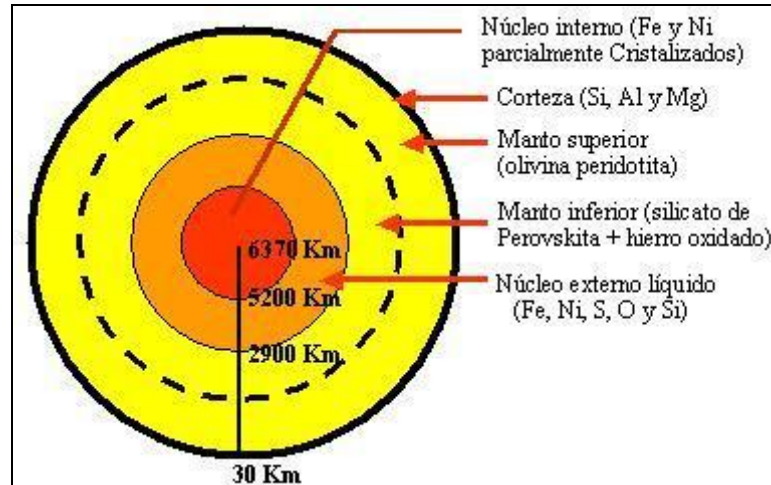
Anexo 2. REACTORES NUCLEARES NATURALES

I) La Teoría del "Georreactor" de J Marvin Herndon

i) El Modelo Estándar del Interior de la Tierra.

El siguiente es el modelo estándar que explica la configuración de la Tierra junto con la existencia de la Magnetósfera:

- El manto se comporta como un *fluído*
- El núcleo corresponde a una esfera sólida de hierro y níquel parcialmente cristalizada



MODELO ESTÁNDAR DEL INTERIOR DE LA TIERRA

- La presión gravitatoria provoca que el núcleo emita calor - El calor del núcleo "sobrecalienta" el manto, lo que genera movimientos convectivos en éste
- Los movimientos convectivos del manto mantienen al núcleo en rotación
- La rotación del núcleo (= carga en movimiento) genera el Campo Magnético Terrestre

ii) Fenómenos que objetan la exactitud del Modelo Estándar

El Modelo Estándar se tambalea al enfrentarlo con ciertos fenómenos que podríamos llamar "anómalos":

- Júpiter, Saturno y Urano irradian cantidades elevadas de calor generado

internamente. La explicación tradicional dice que este calor proviene del colapso gravitatorio que originó cada uno de estos planetas. Sin embargo, estos planetas son *gaseosos*, es decir, su composición disipa fácilmente el calor, por lo que en la actualidad este fenómeno no tendría que ser observado

- El satélite Io de Júpiter presenta actividad volcánica. Sin embargo, la gravedad es insuficiente para provocar este fenómeno

- Parece ser que hace millones de años la Luna y Marte tuvieron

Magnetósfera. ¿Por qué en la actualidad no la tienen? Además, hay evidencia que parece indicar que el interior de la Luna y Marte no está congelado. ¿De dónde proviene la energía necesaria para mantener el calor interno de estos cuerpos celestes?

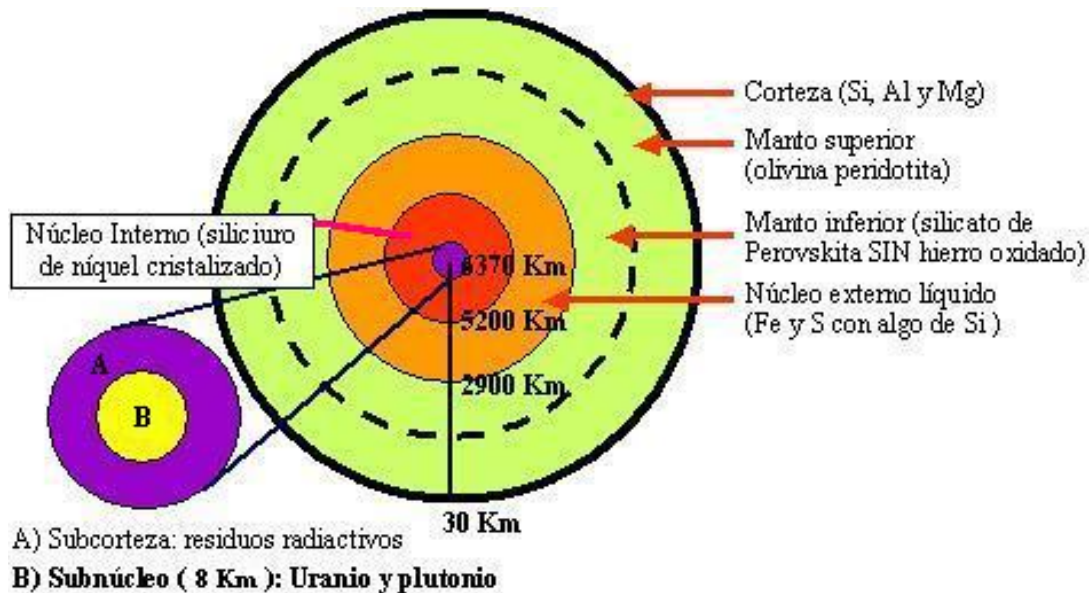
- Se cree que la Tierra primitiva se asemejaba a las "*condritas*". Pues bien, ciertos tipos de condritas contienen uranio en sus núcleos

- Las lavas y basaltos de Hawai e Islandia (provenientes del centro de la Tierra) presentan una razón anormalmente alta de helio 3 / helio 4 (el helio 3 es un subproducto de las reacciones nucleares)

iii) La Teoría del "Georreactor" planetario

Con toda esta información, el Geofísico Marvin Herndon concibió la posibilidad de que el núcleo primigenio de muchos cuerpos celestes pudiera corresponder a una esfera de uranio. Cuando los planetas eran masas metálicas líquidas, los elementos más pesados tenían que tender a migrar por gravedad hacia el centro con una mayor rapidez que los elementos más livianos. Y como el uranio es el elemento natural más pesado ($\rho = 19 \text{ ton/m}^3$) es lógico deducir que el núcleo primigenio de muchos planetas tiene que ser de uranio. Se sabe que el uranio es inestable y que se desintegra para convertirse en plomo. El calor liberado por la desintegración radiactiva del núcleo es suficiente para provocar movimientos convectivos en el manto. Esto es lo que los Ingenieros Nucleares conocen como "Reactor Regenerativo de Neutrones Rápidos". Como ya sabemos, los movimientos convectivos del

manto provocan la rotación del núcleo cargado eléctricamente, lo que a su vez sustenta la **magnetósfera** de nuestro planeta.



MODELO DEL GEOREACTOR PLANETARIO

En el 2001, Marvin Herndon y Daniel Hollenbach presentaron una simulación numérica del Georeactor Terrestre, obteniendo las siguientes conclusiones:

- El Georeactor está funcionando desde hace 4500 millones de años y ha consumido el 75% del uranio disponible, disminuyendo su radio desde 12 Km a 8 Km.
- Los productos de la fisión deben ser menos densos que el uranio, por lo que tenderán a migrar, cual espuma, fuera del núcleo.
- El Georeactor genera 4 TW de calor y produce una relación helio 3 / helio 4, similar a la observada en las lavas y basaltos de Hawai e Islandia
- Como el helio 3 es un subproducto de la fisión nuclear, la abundancia del helio 3 debe crecer a medida que se consume el uranio del núcleo
- El ritmo de la fisión no es constante y coincide con el comportamiento variable del campo magnético terrestre.

II) La Teoría de PK Kuroda (1956)

El uranio es utilizado como combustible en las centrales nucleares (y en la producción de armamento nuclear). Por el hecho de ser más inestable, el U 235 se fisiona mucho más fácilmente que el U 238 al interactuar con neutrones lentos. Luego, la actual abundancia isotópica del U 235 (0.72%) se utiliza como referencia comercial en los contratos de "enriquecimiento" de uranio, donde se alcanza una concentración "comercial" de $\pm 3.9\%$.

Según el Físico estadounidense PK Kuroda, en la naturaleza pueden ocurrir procesos **naturales** de fisión nuclear siempre que se conjuguen ciertas condiciones especiales:

- Concentración elevada de uranio
- Alta abundancia isotópica de U 235 (hace 700 millones de años existía el doble de U 235 que en el presente)
- Presencia de un "moderador de neutrones". Un moderador de neutrones natural (como un acuífero) corresponde a una sustancia capaz de hacerlos más lentos y que puede permitir que una reacción nuclear en cadena se sostenga en el tiempo. (Nota: un equipo científico europeo descubrió que el agua de Pumalín posee estroncio 90 y exceso de deuterio y tritio)
- Ausencia de "tierras raras" que dificultan la fisión.

A medida que retrocedemos en el tiempo, podremos observar un aumento en la concentración de U 235. Por lo tanto, la posibilidad de que ocurra fisión nuclear espontánea tiene que aumentar con la antigüedad del evento.

III) La Central Nuclear Fósil de Oklo

En 1972 el científico francés Bouzigue descubrió desperdicios de fisión nuclear, a saber, neodimio y samario, en envíos de uranio realizados por la Compañía Minera de Franceville. Los compradores pensaron en una posible "estafa", ya que la concentración de U 238 en el mineral (0.3%) era demasiado baja, como si el mineral **hubiese sido utilizado como combustible en una Central Nuclear...**

Rastreando el origen del mineral, se encontró que procedía del yacimiento

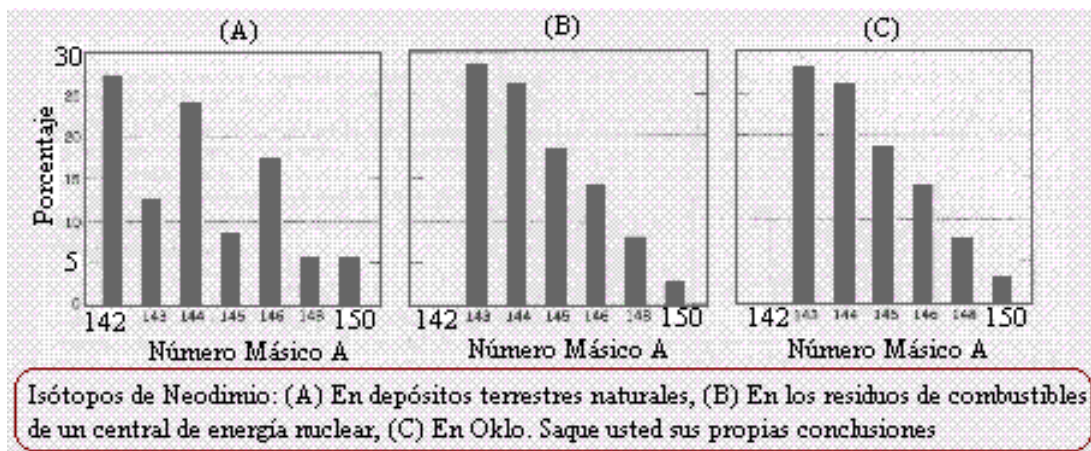
de uranio de Oklo (Gabón). Y, efectivamente, el uranio había sido utilizado en la producción de energía por fisión nuclear... **pero hace 1800 millones de años** (en ese entonces la concentración de U 235 era de ~ 3.8%)



Ubicación de Gabón en el Centro de Africa y al Este de Brasil.

Un equipo de Geólogos, Geofísicos y Geoquímicos relizaron diversos estudios en Oklo. Cuantificaron la concentración de neodimio en el yacimiento, consideraron la Teoría de Kuroda y realizaron mediciones geocronológicas con los métodos de rubidio-estroncio, potasio-argón y uranio-plomo. Las conclusiones de los estudios se indican a continuación:

- Hace 1800 millones de años, Oklo contaba con las condiciones enunciadas por Kuroda
- El uranio se habría mineralizado en Oklo hace 1800 millones de años
- Hace 1800 millones de años la composición del mineral en Oklo era: 93% de U238, 3% de U235 y 4% de **Plutonio 239**
- El Reactor Nuclear natural de Oklo estuvo funcionando durante 500 mil años desde el momento de la mineralización del uranio, lo que consumió un total de 500 Kg de uranio con una potencia de salida de 100 KW.



Hasta aquí todo bien, pero nadie ha podido aclarar dos objeciones que hemos propuesto:

- ¿El plutonio no es un preparado SINTÉTICO? (para obtenerlo se requieren unos 100 millones de grados)
- ¿Por qué los desperdicios nucleares de Oklo se encontraron CONFINADOS en secciones muy bien delimitadas, siendo que lo normal es que en un proceso natural deberían encontrarse distribuidos homogéneamente en el terreno?

Anexo 3. Meteorito VEAS-01

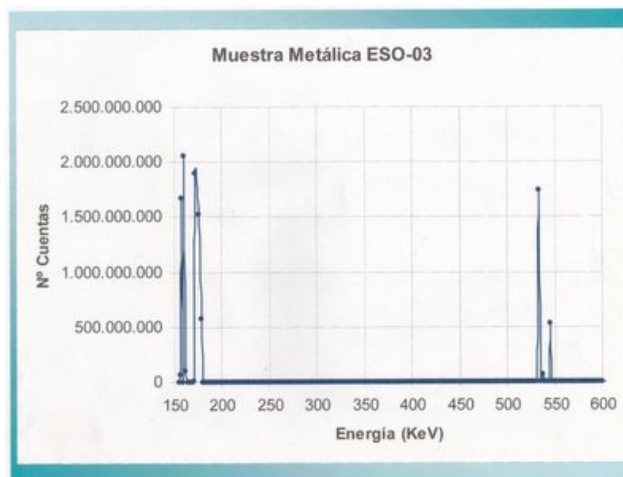
Información extraída de www.cefaa.cl

Domingo, marzo 05, 2006

Prompt Gamma y Veas-01

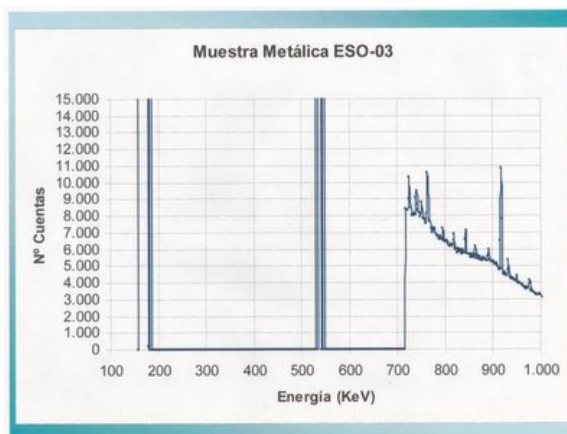
Como puede nuestro amable lector leer en el artículo anterior, cuando una muestra es irradiada frente a un haz de neutrones lentos, aparece un despliegue de energías que van entre **50 KeV** y los **11.000 KeV**, esto es, **11 MeV**. Dicho despliegue energético se produce en forma continua durante todo el rango de energías mencionado, tal como puede extraerse de las curvas incorporadas en el anterior artículo, incluyendo los **“peaks”** llamados de Aniquilación. La intensidad de esos mencionados “peaks” de energía no sobrepasan nunca las dieciocho mil (**18.000**) cuentas.

La siguiente imagen informa que, para la muestra metálica señalada por su sigla **ESO-3**, y luego de ser sometida a la acción de los neutrones lentos emanados del **Reactor de La Reina**, aparecen dos "gigantescos peaks", de intensidad lejos **superior a cualquier cosa antes vista**, en torno a dos rangos de energías bien delimitados.

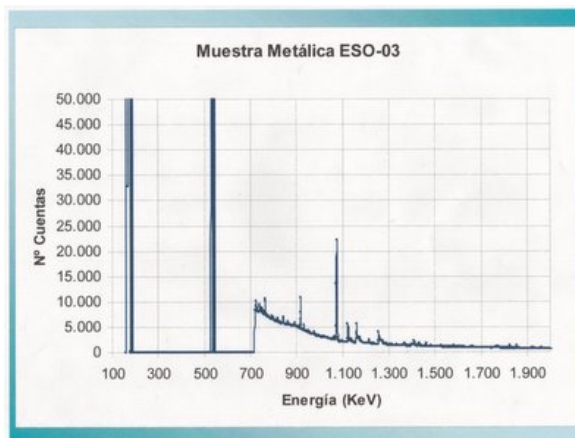


El primer rango está entre los **150 a 170 KeV**, con una intensidad que ampliamente supera los DOS MIL MILLONES DE CUENTAS (2.0 E(+9) cuentas). El segundo rango se encuentra comprendido entre los **530 a 545 KeV**, con una intensidad máxima en torno a las MIL SETECIENTAS MILLONES DE CUENTAS. Este comportamiento anómalo para cualquier

muestra metálica conocida, se suma al hecho de la inexistencia de algún tipo de “peak” de energía entre los **150 KeV** y los **720 KeV**. En otras palabras, y salvo los dos picos de energía de alta intensidad (medida en número de cuentas), existe una total absorción de las energías hasta los **720** kilo electron-volts. En la siguiente imagen se puede apreciar que, si reducimos la escala para visualizar el gráfico a menores intensidades, la “Ventana de Energía” es evidente hasta los antes mencionados **720 KeV**. A partir de dicha energía umbral, aparecen nuevamente los espectros normales de energía.

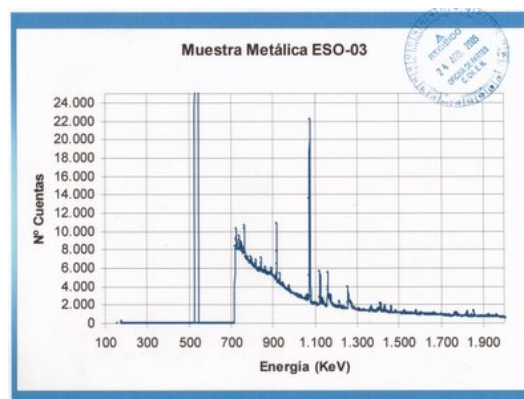


La figura que agregamos seguidamente muestra la forma del espectro de energías entre los **150 KeV** y los **2.000 KeV**.



Como los científicos del Depto. de Investigación y Desarrollo de CCHEN, señores **Claudio Pereda** y **Carlos Henriquez**, no pudieron

interpretar estos gráficos satisfactoriamente, y evidentemente habiendo descartado un mal funcionamiento del detector (debido a que funcionó perfectamente para el proyecto de **Minas Antipersonales**, pero también además para las otras dos muestras de **Veas-01** así como para la detección de otros metales y sales probados por nosotros con posterioridad a la **Muestra ESO-3**), nuestro equipo mandó algunas de las siguientes gráficas a la **Dirección de la Comisión**, para que nos fueran ellas interpretadas oficialmente. Estos dos gráficos que se agregan, recepcionados el **24 de agosto de 2005**, presentan el timbre de recepción de la Comisión Chilena de Energía Nuclear en sus oficinas principales en **calle Amunátegui 95, Casilla 188-D**, Santiago de Chile.



Junto con estas gráficas, ese mismo 24 de agosto, y anexando la **Fotocopia** de la **Factura** que CCHEN nos envió, remitimos a la Dirección Ejecutiva una carta en donde verificábamos experimentalmente que, los datos originales con extensión **.CNF** adquiridos con **Software Geni 2000**, sufrían un pequeño corrimiento de sus energías cuando los mismos datos eran llevados a **Excel**. Esto implicaba, que los elementos que se buscaban con los gráficos en **Excel** aparecían diferentes a los visualizados por **Geni 2000**.

Anexo 4. Preguntas Frecuentes

i) 2 de Julio de 2002 – Prospección Geoeléctrica

Deseo saber 3 cosas: Qué aplicaciones tiene la energía eléctrica en la Geofísica, cuáles son los comportamientos eléctricos de los suelos y rocas y cuáles son las propiedades eléctricas de las rocas.

Respuesta:

- *Aplicaciones: La Prospección Geoeléctrica consiste fundamentalmente en aplicar un estímulo al terreno, es decir una corriente eléctrica, y medir el efecto, es decir, la diferencia de potencial. Las Ecuaciones de Maxwell aplicadas a esta situación permiten deducir la configuración del subsuelo.*

Areas de aplicación: estratigrafía, obras civiles, aguas subterráneas, minería, etc.

- *Comportamientos: El comportamiento del terreno presenta tres rasgos (circuito LRC): Comportamiento resistivo, comportamiento inductivo y comportamiento capacitivo.*

- *Propiedades: Las propiedades determinan el comportamiento. Los suelos se caracterizan por su resistencia (Ohm), su capacidad (Faradios) y su inductancia (Henry). Existen tablas con los valores típicos para cada tipo de roca.*

ii) 22 Sept 05 - Ruido en Geófonos

(...) Estoy haciendo una Maestría en Procesamiento de Datos Sísmicos en el campo de la industria petrolera. Visité su sitio y lo encuentro muy interesante. Me gustaría conocer sobre los últimos adelantos del Tratamiento de Ondas Ruido en los Cortes Sísmicos, así como conversar por E-mail con un especialista sobre el tema.

Respuesta:

*El problema de eliminación de ruido con **redes neuronales** es "clásico". Existe abundante información sobre el tema y muchas formas distintas de resolverlo. Por ejemplo, en la transmisión y recepción de señales digitalizadas entre teléfonos celulares, muchas empresas telefónicas eliminan el ruido mediante redes neuronales. Por otro lado, el ruido de imágenes de*

*Resonancia Magnética Nuclear también se puede eliminar con Redes Neuronales. En un modelo muy simple, (sismogramas: una dimensión espacial y una temporal) simplemente se le pide a una red neuronal retroalimentada que su salida sea "igual" a la entrada. Dependiendo de la arquitectura de la red, habrá cierto nivel de **pérdida de información**, correspondiendo esta pérdida de información justamente al **ruido** (pérdida de información "**favorable**"). El problema de pérdida de información fue inicialmente abordado por **Shanon** y actualmente es la base de la tecnología de transmisión y recepción de información basado en el mínimo "esfuerzo" (o mínima utilización de bits).*

iii) **21 Abr 05 - Prospecciones y riesgo de radiación**

Buscando por internet he encontrado vuestra página, la cual he encontrado muy interesante. Tengo una consulta y creo que quizá vosotros me podríais ayudar. Mi pregunta es si alguno de los métodos de prospección, conlleva algún riesgo de radiaciones para las personas que los realizan.

Respuesta:

** Tipos de Radiación:*

- Radiación Electromagnética (REM): corresponde a campos eléctricos y magnéticos oscilantes derivados de carga eléctrica acelerada*
- Desintegración radiactiva: corresponde a partículas emitidas (incluyendo fotones) originadas por la inestabilidad de los enlaces hadrónicos y/o férmicos del núcleo atómico*

** Riesgos de radiación*

Sólo hay que pensar si algún método de prospección geofísica genera REM o desintegración radiactiva.

Luego:

- Gravimetría: No hay riesgo de radiación*
- Magnetometría: Los aparatos detectan y generan REM de baja intensidad (inocuos)*
- Prospección sísmica: los microsismos pueden generar efectos piezoeléctricos, es decir, REM de baja intensidad (inocuo)*

- *Prospección eléctrica: Si los dipolos son grandes (~ 1 Km) y si la corriente aplicada es variable, puede llegar a generarse REM de regular intensidad. En todo caso la intensidad máxima puede ser del orden de magnitud de una radioemisora de corto alcance.*

- *Perfilaje de pozos: Las sondas pueden detectar y generar desintegración radiactiva de regular intensidad, por lo que es bueno contar con dosímetros. En este caso, la Comisión Chilena de Energía Nuclear exige seguir un protocolo muy estricto.*

iv) 9 de julio de 2004: Situación de la energía geotérmica en Chile

El estudio del potencial geotérmico en Chile comenzó en 1967 con investigaciones en El Tatio y Puchuldiza, si bien hay estudios del italiano Ettore Tocchi que se remontan a 1920. En 1980 CORFO dio a conocer el Inventario Geotérmico de Chile y en 1981 se entregaron los resultados de las investigaciones realizadas en El Tatio. Según mapeos geoeléctricos, el Hot-Field de El Tatio cubre al menos 30 Km² y la temperatura a 600 m de profundidad es cercana a los 250°C. Con estos datos se estima que El Tatio puede generar unos 100 MW como mínimo.

Además de El Tatio, están siendo estudiados Polloquere, Jurase, Chanchoco-Copahue, Petrohué y Alítar. Durante el 2003 ENAP, Codelco y la Compañía Francesa de Geotermia realizaron estudios en La Pacheta, La Torta y Calabozo (VII Región), siendo este último emplazamiento el más auspicioso, con un potencial de unos 400 MW.

v) 16 Ag 04: Energía Geomagnética

Estimados Señores, me permito consultarles sobre el Power Tube (www.powertubeinc.com). ¿Lo conocen? ¿Qué opinión tienen? ¿Es una buena alternativa? ¿Qué sugieren?



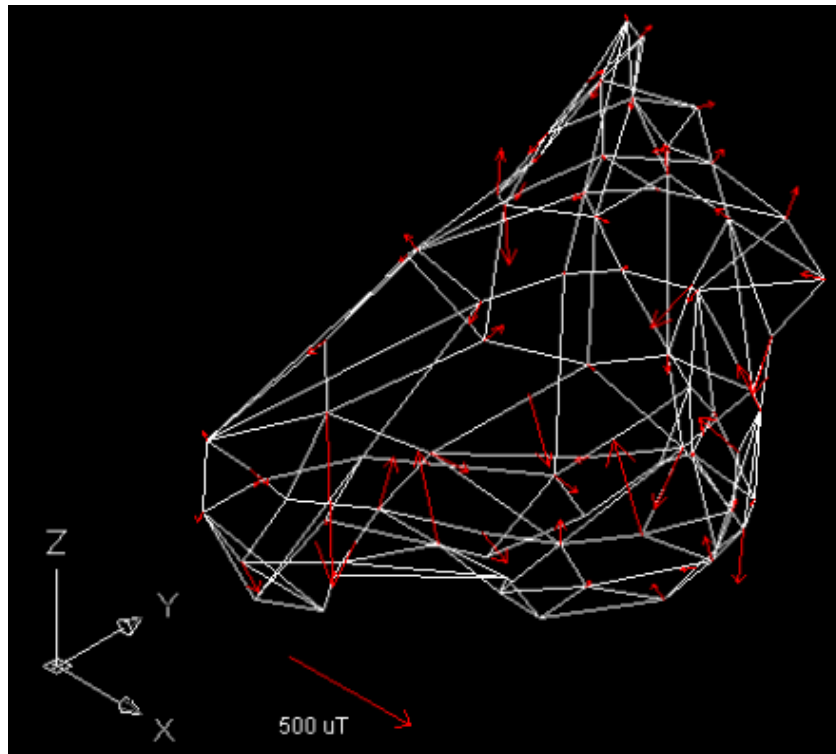
Power Tube

Respuesta:

Es interesante el dispositivo de la página del Power Tube. Sabemos que un aparato similar se utiliza desde 1999 en algunas minas de Sudáfrica para procesar y purificar materiales usando la energía GeoMágmatca de la Tierra. Actualmente la General Electric de USA está implementando un modelo similar, aunque van a tener muchos problemas legales debido a la exclusividad de la patente. La genialidad del Power Tube es la siguiente: a varios cientos de metros bajo la corteza (en especial en las zonas de subducción), la temperatura propia de la Tierra puede en ciertos casos superar los 200°C. Con esta energía se puede expandir un líquido dentro del interior de un tubo de material apropiado, el cual ascenderá hasta la superficie donde podrá intercambiar este calor con una turbina. El líquido (como el isobutano) al enfriarse se condensa volviendo a precipitar por la continuación del tubo inicial, el cual puede descender varios cientos de metros para volver a calentarse, repitiendo de este modo un ciclo muy cercano al ideal de Carnot de máxima eficiencia posible.

vi) 05 En 06 - Meteoritos

Desearía saber si Ud. puede **asesorarme** acerca de qué hacer con un meteorito de mi propiedad de aproximadamente 6000 gramos de peso, ya que tenía pensado iniciar una colección y debo desistir de ello por razones personales. Hace más de diez años que está en mi poder.



Campo Magnético de VEAS-01

Respuesta:

1.- *En primer lugar, es importante tener en cuenta la densidad del meteorito. Este dato se realiza masando en una balanza la piedra y determinando sus gramos exactos. Luego en un recipiente de agua de varios litros marque el nivel del agua, coloque en su interior, a continuación, la roca y marque el nuevo nivel de agua. Calcule el diferencial de volumen. La densidad será entonces la masa (el "peso" en kilos), dividido por el volumen de agua desplazado. Con este valor de densidad podemos estimar en algo el tipo de meteorito (siderito, litito o siderolito).*

2.- *Como el punto anterior es sólo una aproximación, es requisito practicar un*

análisis químico (multielemental) a un pequeño trozo del posible Meteorito, y determinar los porcentajes de Ni, Fe, Si, Mg, Mn, Cr, etc. Para ello es importante efectuar sobre este trozo: Espectrometría de Emisión Óptica, Análisis de Inclusiones y matriz por Microscopía Electrónica, además de la determinación de presencia de compuestos como Aluminosilicatos, CAIs, schreibersite, cohenita, melilita, etc.

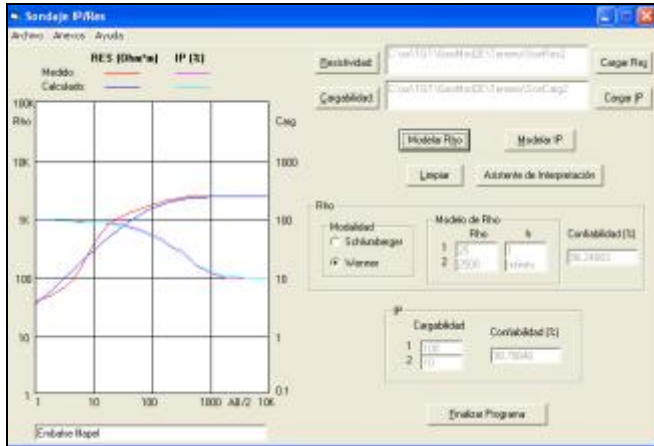
3.- Si existen ciertas inclusiones que contengan potasio, en ese caso, es posible datarlas por métodos de Ar/K.-

Para determinar el origen del meteorito es importante efectuar un análisis de las abundancias isotópicas del oxígeno (en sus tres isótopos, O-16, O-17 y O-18)

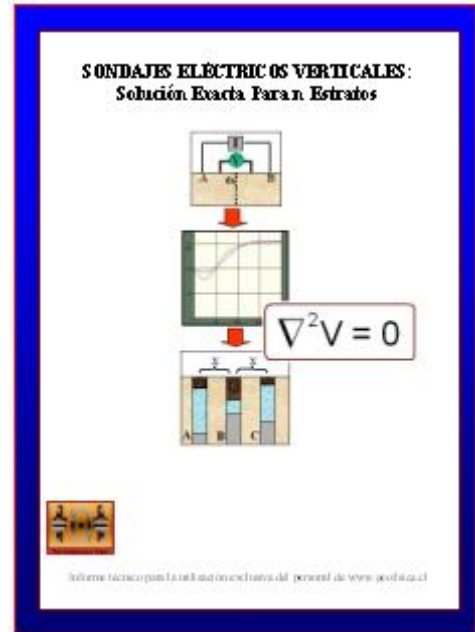
4.- Según sea su Meteorito un Siderito (100% metálico), Litito (100% roca y minerales pétreos) o un Siderolito (mezcla de metálico y pétreo), será posible determinar el precio de venta por gramo.

GeoMod IP/Res 2E y "SEV: Solución exacta para n estratos" (e-book)

GeoModelador para Sondajes de Efecto IP y Resistividad para 2 Estratos
(Versión Académica)



E-Book: Sondajes Eléctricos Verticales - Solución exacta para n estratos



Por US\$ 125 usted obtendrá el software [GeoMod IP/Res 2E](#), que le permitirá modelar sondajes Wenner y Schlumberger para medios biestratificados.

Además recibirá el e-book: [SEV-Solución exacta para n estratos](#), donde se explica matemáticamente el modo exacto y preciso para encontrar el potencial eléctrico superficial cuando se realizan Sondajes Eléctricos Verticales, ¡un conocimiento tan **poderoso** que pocos son capaces de enseñarlo en la Universidad!

Vea la sección Productos y Servicios de www.geofisica.cl

Fundamentos de Prospección Gravitatoria y Sísmica (Versión 1.2)



INDICE

1. Introducción

1.1 La Geofísica: En qué consiste la Geofísica

1.2 Prospecciones: Anomalías geofísicas

1.3 Métodos Gravimétricos

1.4 Métodos Sísmicos

2. Prospección Gravimétrica

2.1 Introducción

2.2 Ecuaciones fundamentales

2.2.1 El campo gravitatorio

2.2.2 Ley de Gauss gravitatoria

2.3 Esferoide y Geoide

2.3.1 El Esferoide

2.3.2 El Geoide

2.4 Medición de la gravedad

2.5 Prospección Gravitatoria

2.5.1 Correcciones

2.5.2 Cómo realizar una prospección gravitatoria

3. Prospección Sísmica

3.1 Introducción

3.2 Sismología

3.3 Ondas Mecánicas

3.3.1 Tipos de ondas

a) Ondas internas

b) Ondas superficiales

3.3.2 Mecánica del Medio Continuo

3.3.3 Valores de referencia

3.4 Prospección Sísmica

3.4.1 Ecuaciones para un medio biestratificado sin buzamiento

3.4.2 Cómo realizar una prospección sísmica

- Onda P y onda S

- Subtopografía y módulos elásticos

4. Ejercicios Resueltos

a) Aplicación de Gravimetría

b) Aplicación de Prospección Sísmica

5. Referencias

Vea la sección Productos y Servicios de www.geofisica.cl

