

# IMPORTANCIA DE LA PROSPECCIÓN GEOMAGNÉTICA EN LA DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE IMPACTO DEL METEORITO DE CARANCAS

<sup>1</sup>Sofía Benavente Fernández, <sup>2</sup>José Ishitsuka Iba, <sup>3</sup>Domingo Rosales Corilloclla, <sup>3</sup>Erick Vidal Safor

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano Av. Ejército 329 Puno- Perú, E-mail: lubefe20@yahoo.com, <sup>2</sup>Instituto Geofísico del Perú, <sup>3</sup>Observatorio de Huancayo.

## INTRODUCCION

El día 15 de setiembre – 2007 a las 11:45 se produjo un impacto de meteorito en la comunidad de Carancas, distrito de Desaguadero, provincia de Chuchito, departamento de Puno; la ubicación de la zona de impacto de acuerdo a las coordenadas geodésicas está dada por: longitud Sur  $16^{\circ}39'52''$  y longitud Oeste  $69^{\circ}02'38''$ ; a una altitud de 3, 824 m.s.n.m.: producto del impacto se formó un cráter de 13,5 mts. de diámetro, los fragmentos dispersos del material eyectado, formados por suelo marrón rojizo con pátina gris fueron encontrados hasta un radio de 250 mts.

La importancia de la prospección geomagnética radica en que se basa en la detección de variaciones del campo geomagnético local debidas a la presencia de estructuras sub-superficiales, las anomalías detectadas son producto de las mediciones de campo que se realizaron con dos magnetómetros de protones, uno funcionando como estación base y el otro magnetómetro como estación móvil el cual está dotado de un GPS que permite darnos las coordenadas geocéntricas en cada punto en el cual es tomada la medición. Esta técnica es especialmente útil para obtener información sobre estructuras que hayan sido sometidas a altas temperaturas y localizaciones de minerales ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos que se encuentran en el suelo.

Los resultados se muestran en forma de mapas, en los cuales se puede observar una fuerte anomalía próxima al cráter producida por el meteorito; de acuerdo a la clasificación petrográfica ha sido clasificado como un meteorito de tipo condrita ordinaria.

El presente trabajo ha sido realizado en coordinación con el Instituto Geofísico del Perú y el Observatorio de Huancayo.

Palabras claves: prospección geomagnética, zona de impacto, material eyectado, condrita.



Foto 1: Vista del Cráter del Meteorito de Carancas

## PROSPECCION GEOMAGNÉTICA

El método de prospección geomagnética se basa en la detección de variaciones del campo geomagnético local debidas a la presencia de estructuras sub-superficiales. Las anomalías que se miden son debido a la magnetización inducida o remanente de los materiales. Esta técnica es especialmente útil para obtener información sobre estructuras que hayan sido sometidas a altas temperaturas y localizaciones de minerales ferromagnéticos, diamagnéticos y paramagnéticos que se encuentran en el subsuelo.

Las áreas de aplicación de este método son: 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, y también se viene trabajando en estudios para predicciones de terremotos (pulsos geomagnéticos).

## LOS MINERALES MAGNETICOS Y SU INFLUENCIA EN LA PROSPECCIÓN GEOMAGNÉTICA

Los minerales magnéticos contenidos en las rocas del suelo y subsuelo producen “anomalías magnéticas” que son detectados por medio de magnetómetros. Las variaciones magnéticas son producidas por las propiedades magnéticas de las rocas. En el magnetismo existe una clasificación de los materiales por su propiedad de ser atraídos o no por un imán, esta clasificación también se aplica de la misma manera para los minerales. Así, hay minerales diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos, los minerales diamagnéticos son repelidos por un campo magnético, los minerales paramagnéticos son débilmente influidos por un campo magnético, los minerales ferromagnéticos son fuertemente atraídos por un imán. Existen “**minerales meteoríticos**” que tienen una influencia importante en las variaciones de las mediciones magnéticas. De acuerdo con su composición mineral los meteoritos se clasifican en tres grupos: rocosos, rocosos-ferrosos y ferrosos.

Mínorológicamente, los meteoritos contienen cantidades variables de aleaciones de níquel-ferro, silicatos, sulfatos, y otras. Los meteoritos ferrosos se caracterizan por contener las aleaciones de kamacita ( $\alpha - FeNi$ ), taenita ( $\gamma - FeNi$ ) y tetrataenita ( $FeNi$ ), por medio de la prospección geomagnética, debido a su inusual presencia en la corteza terrestre, estos tipos de meteoritos pueden ser localizados y sus cráteres también pueden ser estudiados.

## INTERPRETACION DE LAS ANOMALIAS GEOMAGNÉTICAS

Objetos y rocas generalmente obtienen su magnetismo por la inducción magnética, cuando se pone una materia dentro de un campo magnético, las piezas magnéticas se alinean con la declinación e inclinación del campo aplicado. La magnetización inducida del material depende de la susceptibilidad magnética  $\mu$ , y de la magnitud del campo aplicado  $H$ , por lo que el momento magnético para una esfera magnetizada de radio  $r$  viene dado por la siguiente relación:  $M = JV = (H\mu)(4\pi r^3)$

y la anomalía producida es igual a la generada por un dipolo magnético de momento  $M$  en el centro de la esfera. La amplitud de una anomalía encima de un objeto depende del momento  $M$  y la profundidad del centro del objeto. La forma de la anomalía depende de la profundidad del objeto, la inclinación del campo  $H$  y generalmente posee valores positivos y negativos (ver: grafico 01).

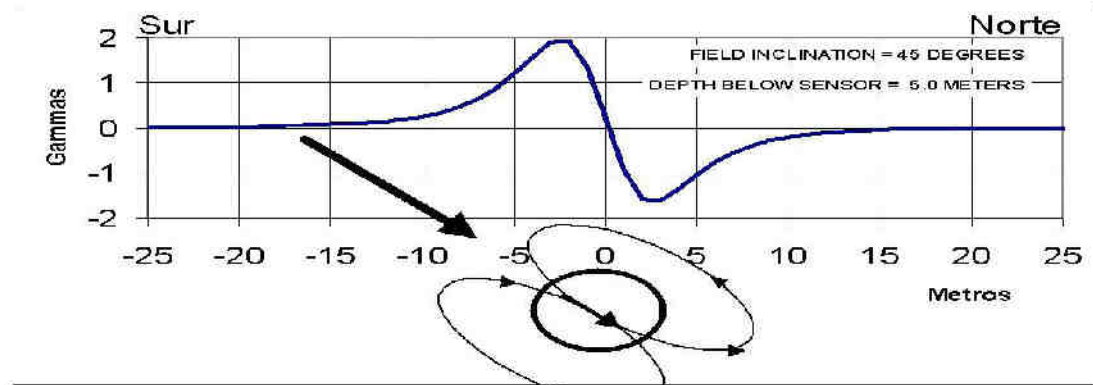


Gráfico 01: Forma de anomalía magnética encima de un dipolo magnético

## INSTRUMENTOS UTILIZADOS

### MAGNETOMETRO BASE

- Tipo Magnetómetro de precisión de protones

### SISTEMA DE MAGNETOMETRO MOVIL

- Tipo Magnetómetro de protones Overhauser

### REFERENCIA DE POSICIÓN

- Tipo GPS

- Modelo Foretrex 101

### ALMACENAMIENTO DE DATOS

- Tipo Palmtop PC

Software PGFieldMag

## PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Se instaló el magnetómetro de protones SCINTREX como "estación base" a una distancia aproximada de 50 metros del cráter, cuyas coordenadas son: Latitud  $16^{\circ} 39' 50.9''$  Sur, Longitud  $69^{\circ} 02' 37.7''$  Oeste. Se sincronizó los relojes de los dos magnetómetros por medio del GPS, y se configuró para que ambos magnetómetros realicen una muestra por segundo. La parte electrónica del magnetómetro móvil, la computadora y la batería contienen dentro de sus componentes elementos magnéticos por lo que es necesario separarlos lo más posible del sensor. Por eso, se necesitan dos personas para realizar las mediciones: uno lleva todos los componentes electrónicos junto con la batería y el otro lleva el sensor con el GPS.

Se preparó el magnetómetro móvil con un sensor a 5 cm sobre la superficie, y a una distancia fija de 120 cm sobre el sensor se instaló el GPS.

Los datos son almacenados en la memoria de los magnetómetros (base y móvil), y por medio de los puertos serie (RS-232) que tienen los magnetómetros son pasados a una computadora.

## RESULTADOS

### CARACTERÍSTICAS TOPOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS DEL TERRENO

El levantamiento magnético se realizó utilizando un magnetómetro base registrando la variación diaria de la intensidad total del campo magnético, y un magnetómetro móvil con sistema de posicionamiento satelital GPS, con el cual se hizo un muestreo arbitrariamente un área al rededor del cráter con la finalidad de observar las características topológicas (ver: gráfico 06) y magnéticas (ver: gráfico 07) del terreno.

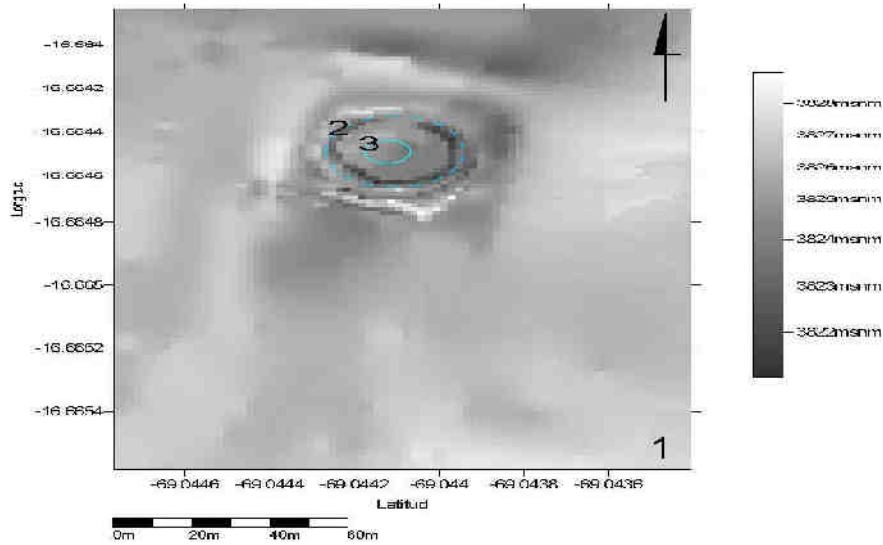


Grafico 06: Topología del terreno

Topología del terreno construida con datos obtenidos en distintos puntos con un GPS “1”, Cerco de alambre de púas al rededor del cráter “2”, Cráter formado por impacto de meteorito “3” (Instituto Geofísico del Perú Observatorio de Huancayo)

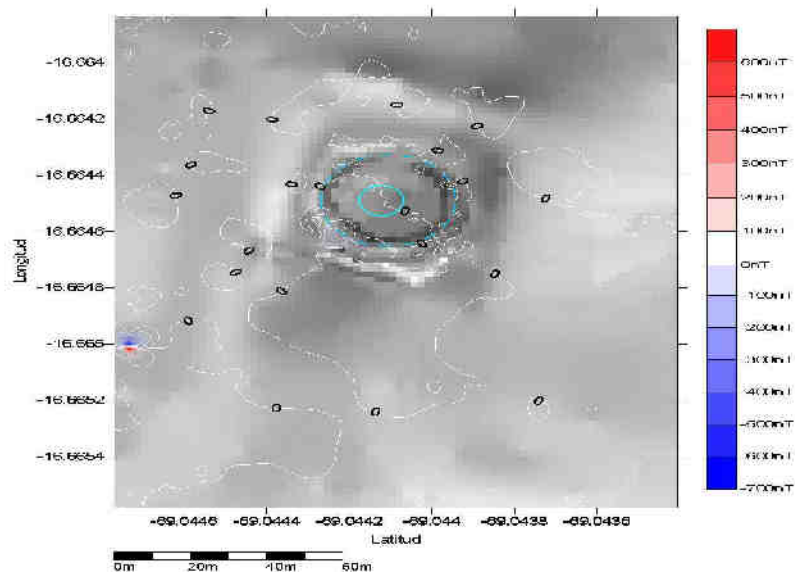


Grafico 07: Mapa de gradiente geomagnético del terreno alrededor del cerco perimétrico del cráter

En la grafica 07, se muestra el resultado de un muestreo rápido del comportamiento del campo magnético respecto a una base estática, para eliminar la variación diaria del campo magnético. Dando como resultado un comportamiento uniforme como se muestra en la grafica 07, las líneas equipotenciales denotan la uniformidad del terreno.(Instituto Geofísico del Perú Observatorio de Huancayo)

### MUESTREO EXHAUSTIVO

Grafico 08: Gradiente geomagnético del terreno donde se halla el cráter del grafico 08 se puede apreciar claramente la existencia de gradientes magnéticas generadas por objetos ferro magnéticos tales como:

- A. Cerco perimetrico de alambres de puas
  - B. Posible dipolo magnetico, probable fragmento de meteorito
  - C. Posible monopolo magnetico no identificado
  - D. Posible dipolo magnetico no identificado
- Instituto Geofisico del Perú Observatorio de Huancayo

### GRADIENTE GEOMAGNÉTICO MEDIDO EN ZONA DEL CRATER

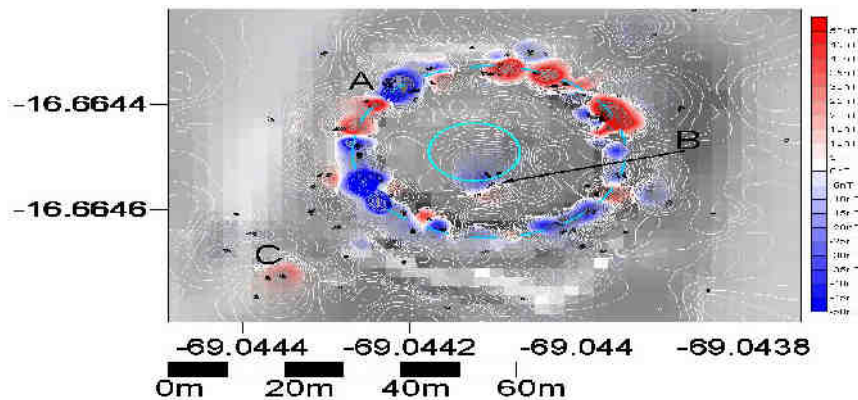


Grafico 09: Gradiente magnético del cráter formado por el meteorito

En el grafico 09, se muestra las anomalías magnéticas dadas a lugar por la presencia de materiales de propiedades ferro magnéticas mostrándose en primer lugar, anomalia “A” generada por el alambrado de púas que rodea el cráter, el cual genera grandes anomalías magnéticas, cerca al cráter se encuentra “B” un posible dipolo magnético que podría ser un fragmento importante de meteorito, y “C” aparentemente un monopolo magnético no identificado

### CONCLUSIONES

Del mapa de gradiente magnético obtenido basado se verifica que el terreno tiene poco contenido ferromagnético, por lo cual no presenta significantes anomalías magnéticas, siendo el gradiente casi uniforme.

Análisis previos de fragmentos de meteorito eyectado por el impacto revelan sus propiedades ferromagnéticas, las cuales deben ser evidentes en un terreno de estas características.

El estudio realizado de las anomalías magnéticas del terreno, por las circunstancias en las que se desarrollo están inconclusas, y solo se tienen datos bi-dimensionales del comportamiento del campo magnético, por lo que no se podría estimar la profundidad de las anomalías encontradas.

### RECOMENDACIONES

Retirar el alambre de púas al rededor del cráter, el cual evita el sondeo de anomalías magnéticas en las proximidades del cráter.

Realizar el mapa de gradientes con una grilla física de 10cm de porción en la zona donde se ha hallado el dipolo y a distintas altitudes (figura 10) anomalías “B”, “C” y “D”.

Realizar una nueva prospección geomagnética a alta resolución para determinar la profundidad a la que se encuentra el posible dipolo hallado en las proximidades del cráter.

### BIBLIOGRAFIA

- Macmillan S., and Quinn J. M. 2000a. The Derivation of World Magnetic Model 2000, Briths Geological Survey Technical Report, WM/00/17R
- Quinn J. M., Coleman R. J., Shiel D. L., Nigro J.M., The Joint US/UK 1995. Epoch World Magnetic Model, Naval Oceanographic Office Technical Report TR 314.

Gianibelli J. C. 1996<sup>a</sup>. Los Modelos del Campo Magnético Terrestre, Universidad Nacional de La Plata Argentina, cc-10.

Gianibelli J. C. 1996b. Sobre los Cambios Temporales en la Representación Dipolar y Cuadrupolar del Campo Geomagnético, Universidad Nacional de La Plata Argentina.

Breiner S. 1999. Applications Manual for Portable Magnetometers, Geometrics, San Jose, California.

Muniz B. L. 1997. El Geomagnetismo, UNAM, México.

web\_01 <http://www.quakefinder.com/quakesat.htm>, "satélite magnético para estudio de pronostico de terremotos mediante detección de señales ULF precursoras de terremotos".

web\_02 <http://greco.fmc.cie.uva.es>, "servidor web de minerales"