



# APLICACIÓN DEL FILTRADO DIGITAL PARA EL ESCLARECIMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOFÍSICA, EN UN AREA COMPLEJA DESTINADA AL EMPLAZAMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO DE ENVERGADURA

**Autores: Alfonso A. Lang Rodríguez<sup>(1)</sup> y José L. Cuevas Ojeda<sup>(2)</sup>**

(1) Empresa de Ingeniería Eléctrica para la Electricidad – UNE. MINBAS, La Habana, CUBA. Email: chinolang@inel.une.cu / chinolang2003@yahoo.com.mx

(2) Dpto. Geología Ambiental, Geofísica y Riesgos, Instituto de Geofísica y Astronomía, La Habana, CUBA. Telef. 271-0644, Fax: 273-9497, Email: jlcuevas@iga.cu;

## RESUMEN

En Cuba se lleva a cabo en la actualidad una verdadera Revolución Energética producto de las fuertes inversiones que se realizan en el sector de la industria eléctrica. Nuestro trabajo se inscribe en este marco y forma parte de los esfuerzos por garantizar el mayor conocimiento de las áreas destinadas para estas obras.

El emplazamiento donde se realiza el estudio geofísico que en este trabajo se presenta, estará formado por 8 máquinas de 18,3 MW, con un valor superior a varias decenas de millones de dólares y está ubicado dentro del perímetro de la Termoeléctrica Máximo Gómez Báez del Mariel. Las investigaciones realizadas en el lugar señalan la existencia de sedimentos carbonatados representados fundamentalmente por las rocas pertenecientes a las formaciones Güines, Jaimanitas, Jaruco, Capdevila y Vía Blanca, las cuales se encuentran muy afectadas por los movimientos tectónicos y por la actividad antrópica.

Se aplica un complejo de métodos geofísicos donde se hace uso de la tomografía eléctrica de superficie, y la Radiometría, para ayudar a esclarecer los distintos fenómenos físico-geológicos que se presentan, tales como grietas, fallas, oquedades rellenas o vacías y otros que por su envergadura puedan afectar o encarecer las cimentaciones de los distintos objetos de obras que se construirán.

Un uso especial se hace de distintas técnicas de Filtrado Digital de la información geofísica para la separación de zonas anómalas y la correlación de alineamientos coincidentes con algunos de los fenómenos antes señalados, que esclarecen el cuadro ingeniero-geológico.

## ABSTRACT

In Cuba a real revolution is actually taking place on the Power sector, all this supported by strong investments performed at every instance throughout this industry. The work described in this paper fits into this environment and is a contribution to the better understanding of building basement conditions.

The place considered for the geophysical study presented, involves eight generators outputting 18.3 MW each and valued in about ten millions dollars. It lies next to the Power Station Máximo Gómez Báez at Mariel. The site research performed highlights the presence of carbonated sediment mainly represented by Güines, Jaimanitas, Jaruco, Capdevila and Via Blanca formations; which are in turn really stressed by tectonic movements and men activity.

It has been applied a complex geophysical method derived of using surface imaging profiling and radiometry. It allows uncovering of the physical-geological phenomena present such as faults, karts and others, whose dimensions may jeopardize or increase the cost of buildings projected to be constructed.

A special use of techniques relating Digital Filtering of geophysical data allows cutting off of anomalous regions and also provides alignment correlation for some of the phenomena previously mentioned. That way the geological picture is quite clear.

## INTRODUCCION



El contenido de este trabajo lo conforma el resultado del estudio mediante la aplicación de un complejo de métodos geofísicos en el emplazamiento de los Generadores de 18.4 MW, situados en un área dentro de la CTE Máximo Gómez Báez del Mariel. Estos estuvieron regidos por la Tarea Técnica emitida por la especialidad de Ingeniería Geológica para la realización de los mismos, como parte del Proyecto multidisciplinario que fue llevado a vías de hecho. En una etapa posterior y por necesidad del proyecto, se reajustó esta tarea, finalizándose el trabajo con una tarea complementaria dirigida a profundizar en el estudio de la zona que ocuparán los tres primeros generadores.

Los objetivos precisos del estudio geofísico, pueden resumirse como sigue:

- Detección de grietas y formas cársticas vacías, rellenas por agua o materiales sueltos, de dimensiones superiores a los **0.50 m** hasta la profundidad de **5.00 m**.
- Confección de perfiles de resistividad real por las direcciones especificadas en la tarea técnica.
- Confección de los planos de isolíneas de Resistividades Eléctricas reales en el área para las siguientes **profundidades 2.00, 3.00, 4.00 y 5.00 m**.
- Estudio sísmico de cuatro perfiles en la zona de los tres primeros generadores.
- Obtención de la intensidad de radiación gamma de los suelos y rocas en la zona de los primeros generadores y en perfiles definidos para el apoyo al mapeo geológico.
- Estudio detallado mediante Tomografía Eléctrica entre pozos de secciones definidas en los ejes de los primeros generadores.
- Se ejecutó un complejo de métodos geofísicos, en correspondencia con los requerimientos técnicos de los objetivos antes señalados, el cual estuvo compuesto por:
  - **Tomografía Eléctrica 2D (T.E.2D).**
  - **Radiometría (RAD).**
  -

Los trabajos de campo se ejecutaron entre el 21 de Noviembre del 2005 y el 17 de Febrero del 2006. Los trabajos de gabinete por los requerimientos del proyecto fueron realizándose a la par de la obtención de los datos de campo, concluyéndose la elaboración final entre el 20 de Febrero y el 10 de marzo del 2006.

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación topográfica.

Para facilitar la ejecución del trabajo de campo fue fundamental el levantamiento y replanteo de los perfiles en el terreno, que como parte del proyecto concebido, realizó la comisión de topografía del CSIA. En este caso se trazó una red de estacas de 5 X 20 metros, es decir perfiles cada 5.00 metros y estacas a lo largo de los perfiles a 20.00 metros. Se ubicaron de esta forma 24 perfiles, denominados por la nomenclatura PG-1, PG-2, ..., PG-24.

Se entregó por parte de la comisión de topografía un plano donde se señalaron las coordenadas y cotas de cada una de las estacas ubicadas en el área.

### Tomografía Eléctrica en 2D.

El equipo con que se realizó la adquisición de la información de campo en los trabajos geoeléctricos fue el Scintrex Automatic Resistivity Imaging Sistem (**SARIS**), de procedencia canadiense, con mediciones en modo manual.



Se empleó un dispositivo de tipo **WENNER**, para realizar las mediciones. La base para realizar las secciones tuvo **25 electrodos**, espaciados a **1.00 m**, Se midieron hasta **6 niveles** para un total de **87 puntos** por sección. Las secciones se emplearon para detallar el corte en los primeros metros y se concatenaron **hasta 8 secciones por perfil** para lograr su recubrimiento total.

Las mediciones fueron realizadas de forma **manual**, utilizando el dispositivo conmutador **CPPM-25**. La distancia entre perfiles fue de **5.00 m**. El dispositivo empleado permitió tener información en el corte a través de las imágenes de resistividad eléctrica correspondientes. Debe señalarse que estaba previsto realizar las mediciones en los 25 perfiles replanteados pero que por decisión de la dirección del proyecto se midió hasta el perfil PG-15.

La interpretación de la información se hizo con el sistema **RES2INV** preparado por **Geotomo Software** para estos fines. La interpretación está basada en la inversión de los datos, es decir, la determinación del modelo de resistividades reales que producen las observaciones contenidas en cada imagen o sección. De esta forma se apreciaron las características del corte en cada punto, mediante la observación a profundidad real en las imágenes. En el proceso de interpretación, el error no fue mayor de un **12 %**.

### Radiometría.

El objetivo de la realización de este método fue el apoyo al mapeo geológico del área, a pesar del alto nivel antrópico de esta. Para ello se utilizó el radiómetro diferencial **ALOKA** de fabricación Japonesa, el cual brinda los valores de intensidad de radiación Gamma de suelos y rocas directamente. No obstante a lo anterior se ubicó un punto de control cercano al área para poder determinar los desajustes y variaciones de niveles de radiación que pudieran existir durante el período de medición. Estos trabajos en el punto de control no arrojaron variaciones de la intensidad de radiación sustanciales y la variación de la intensidad resultante en este punto no sobrepasó el **0.3 %** del valor promedio.

Se realizaron mediciones **del perfil PG-1 hasta el perfil PG-10**, en una red de 5.00 x 5.00 metros y otras en coordinación con los geólogos en perfiles dentro del área destinados al mapeo.

Toda la preparación y procesamiento de la información primaria así como el dibujo de los anexos gráficos se realizó con los **Sistemas STADISTICA, SURFER 8.0 y AUTOCAD 2002** soportado sobre **WINDOW**.

En la **Tabla I** que a continuación se muestra se definen los volúmenes y sus características..

**Tabla I.-Volúmenes de los trabajos y sus características.**

Método	UM	RED (m)	Volumen	Dist e/ Observaciones o Receptores (m)	Características
T.E.2D	PF	5x1	9 222	1.00	Dispositivo de tipo WENNER, con 6 niveles de medición.
T.E.P	PF	1x1	4 226	1.00	Dispositivo de tipo POLO-POLO, con medición pozo-pozo y pozo-superficie.
RAD	PF	5x5	526	5.00	Medición de intensidad Gamma.

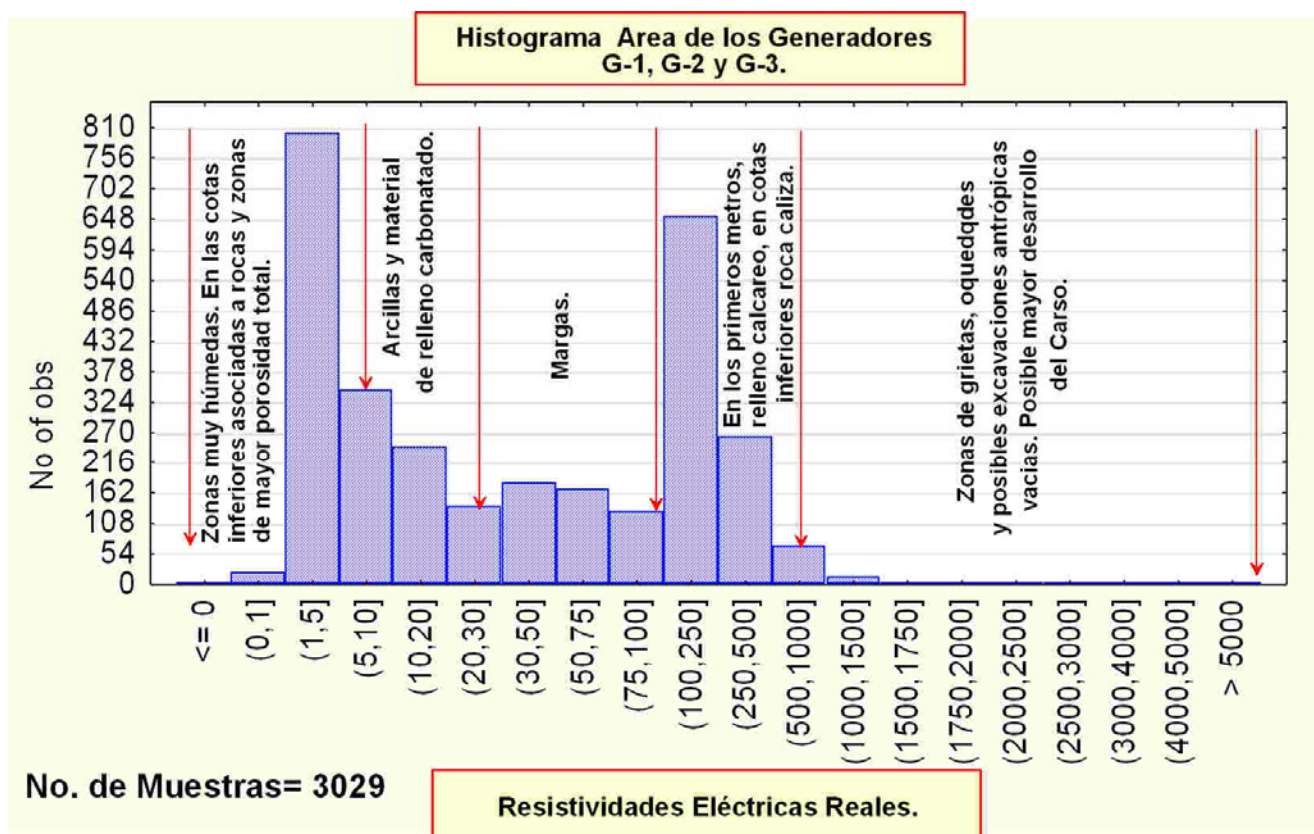
## RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados de los trabajos geofísicos en esta área se encuentran plasmados en los 18 Anexos gráficos elaborados a partir de la elaboración de la información de cada método aplicado. Se conoce desde los inicios del proyecto y por la experiencia de otros trabajos realizados en esta lugar que la geología es compleja, sumándose a esto factores antrópicos y medioambientales que la han complicado mucho más.

En este caso se esperaba que los métodos geofísicos tuviesen, como resultó cierto, limitaciones por las razones anteriores, además de la cercanía de las aguas subterráneas, sobre todo para los geoelectricos. No obstante existen algunos resultados positivos que serán expuestos seguidamente que obedecen en gran medida al empleo de técnicas muy elaboradas de interpretación de los materiales que se están aplicando en los últimos tiempos en los trabajos de la especialidad.

### III.1.- Trabajos de Geoelectricidad.

La Resistividad eléctrica de los suelos y rocas del área fue obtenida mediante diferentes variantes de los métodos eléctricos empleados. Como premisa fundamental de la interpretación que se realiza en este trabajo mostramos a continuación una muestra y su comportamiento estadístico así como su posible asociación con los fenómenos ingeniero-geológicos que ocurren en el lugar.



**Nota:** La correspondencia de los rangos de resistividades que se muestran, debe ser consiliada con los resultados de las perforaciones.

Fig. No.1.-Comportamiento estadístico de la Resistividad Eléctrica.





Como puede apreciarse se distinguen rangos y modas muy definidas con las cuales se han hecho las asociaciones que pueden observarse. Estos resultados se han cogido como base para la interpretación de los materiales geoelectrónicos elaborados.

Específicamente en las **Figuras No. 2 y 3**, se brindan los planos de Resistividades Eléctricas Reales para **3.00 y 4.00 metros de profundidad**. En ellos a pesar de ser someros pueden distinguirse zonas de anomalías tanto de máximos como de mínimos y se han establecido mediante la correlación entre perfiles (**Uso del Sistema IMAG-PC, Instituto de Geofísica ACC**) y el filtrado digital implementado en el **SURFER 8.0**, direcciones predominantes en la correlación de estas anomalías, algunas de las cuales pueden coincidir con las fallas y grietas existentes, véanse las **Figuras No. 4 y 5**.



Fig. No. 2.- Modelo de resistividades reales para la cota + 0.50 (h= 3.00 m).



Fig. No. 3.- Modelo de resistividades reales para la cota - 0.50 (h= 4.00 m).

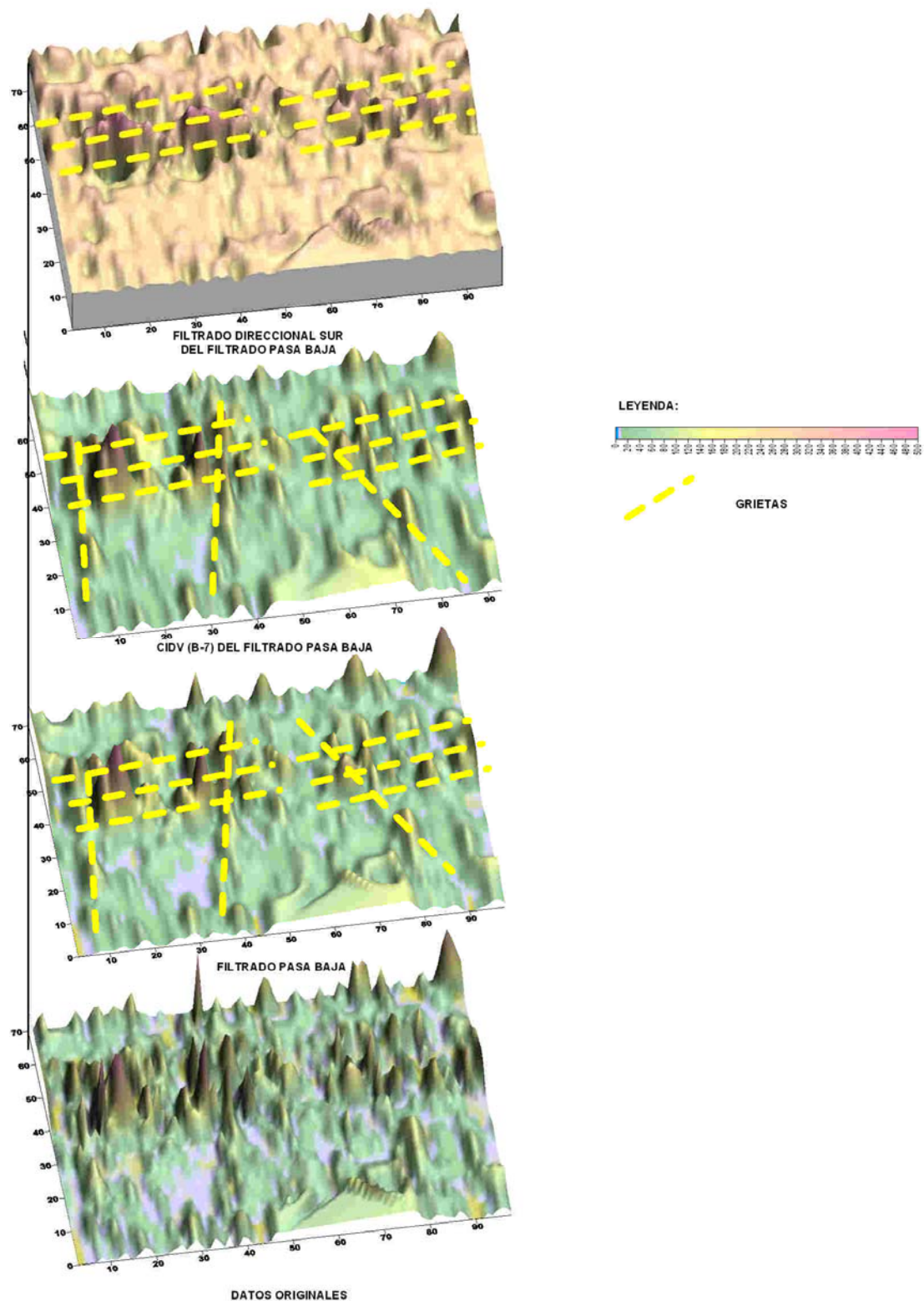


Fig. No. 4.- Filtrado del modelo de resistividades reales para la cota + 0.50 (h= 3.00 m).

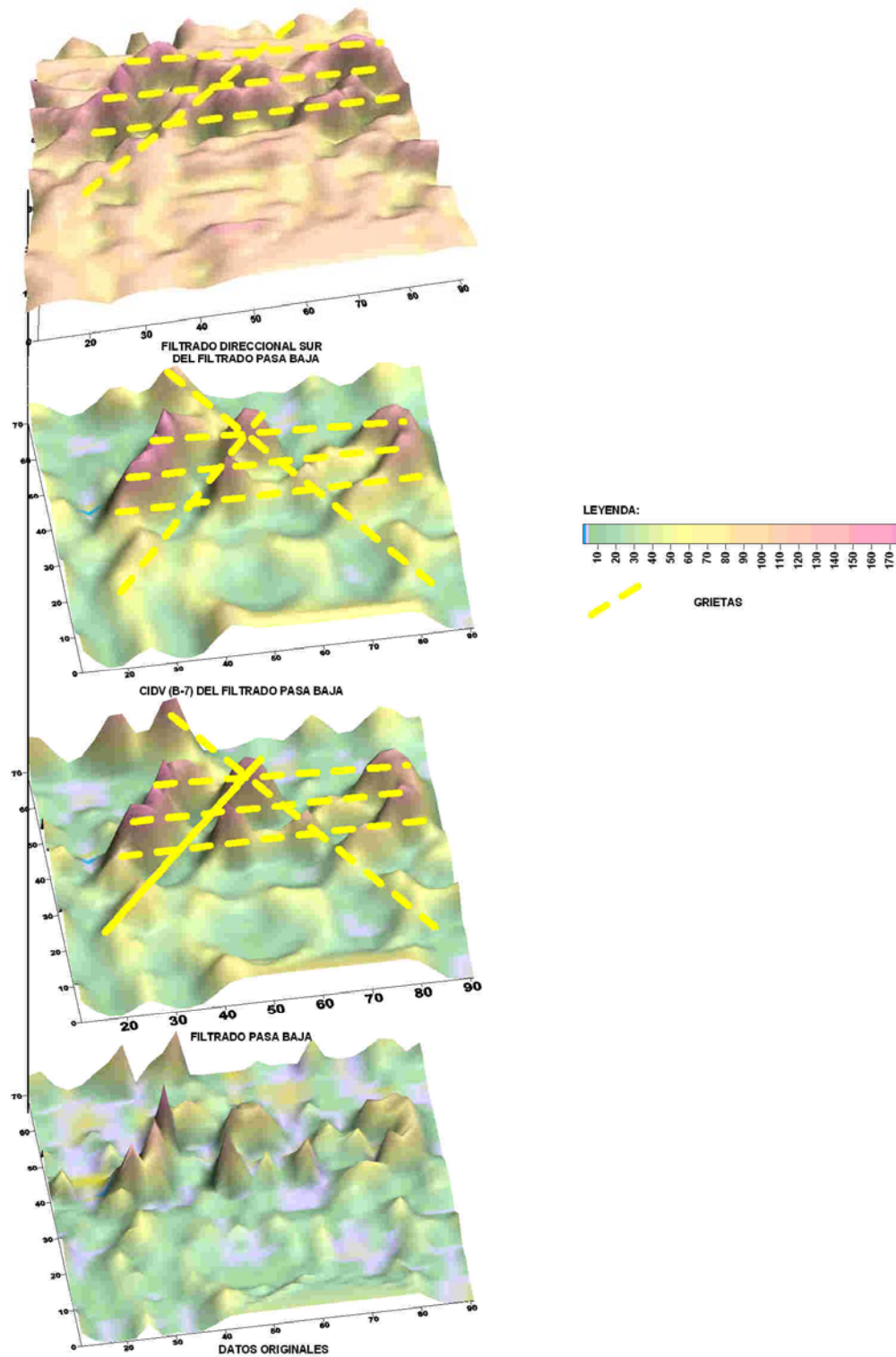


Fig. No. 5.- Filtrado del modelo de resistividades reales para la cota - 0.50 ( $h=4.00$  m).

## Radiometría.

La intensidad de radiación de los suelos y rocas del área se encuentra en correspondencia con el origen sedimentario de los mismos, estos no son altos de manera general, como puede apreciarse en la **Figura No. 6**. Del procesamiento estadístico de los valores medidos se infiere que para el área, los valores anómalos por defecto son aquellos menores de  $3.5 \times 10^{-3}$  mR/h y por exceso los que sobrepasan el valor de  $4.5 \times 10^{-3}$  mR/h.

A partir de esta clasificación se confeccionó el mapa de intensidades de radiación para la zona que cubren los 10 primeros perfiles geofísicos.

A esta información se le aplicó también el **IMAG-PC** y el filtrado digital soportado en el **SURFER 8.0**. En la **Figura No. 6**, se puede ver el resultado de las mediciones de Radiometría, las anomalías existentes así como la posible correlación de las mismas, de acuerdo al filtrado digital realizado.

Las anomalías de mínimo corresponden con zonas donde la presencia de rocas carbonatadas es mayor o en otros casos con lugares donde el lavado por las aguas que se infiltran de los materiales arcillosos ha sido mayor. Las anomalías de máximos deben estar asociadas a un mayor desarrollo de la arcillosidad.

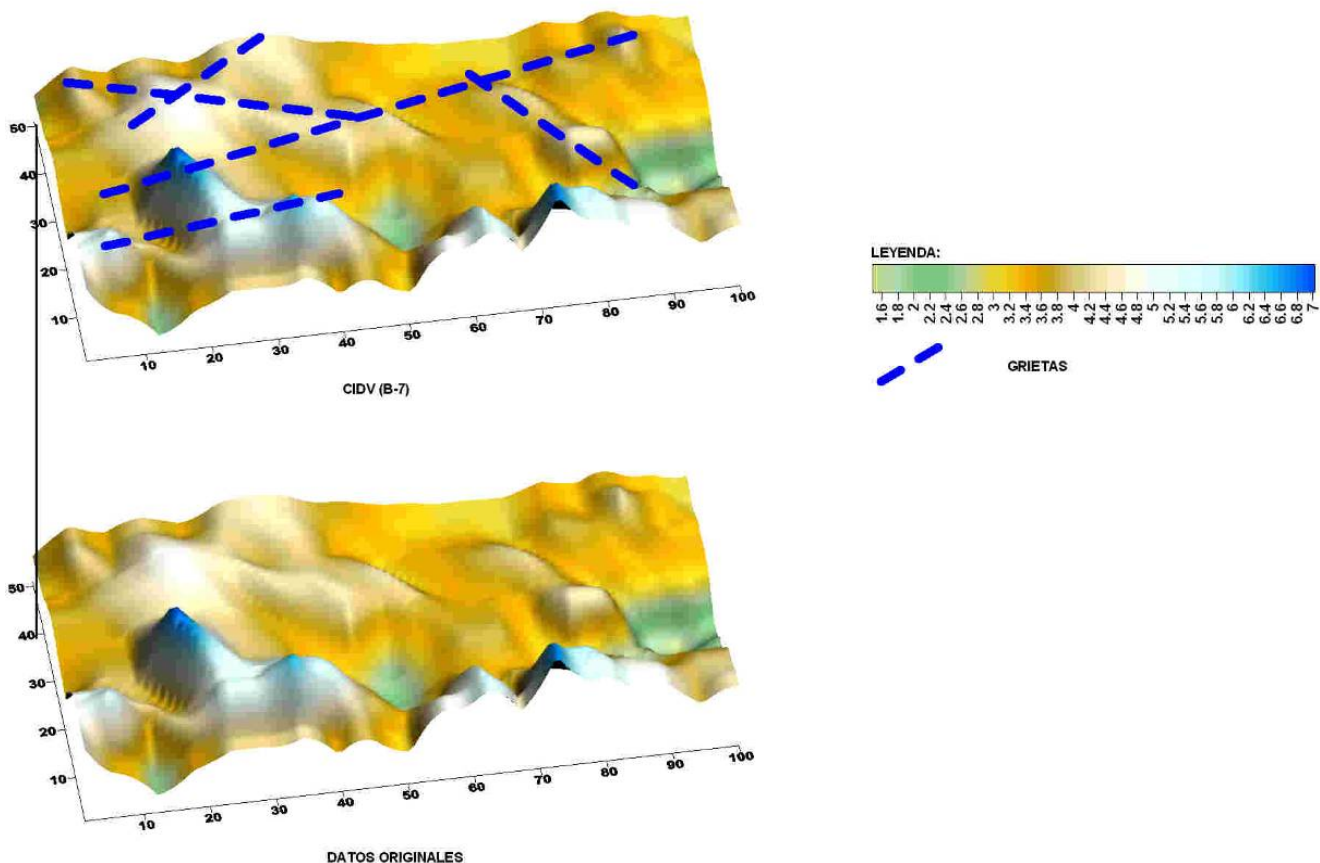


Fig. No. 6.- Filtrado de los datos de radiometría.





## CONCLUSIONES.

A partir de los resultados obtenidos puede concluirse que:

- ◆ Los trabajos de **T.E.2D** sobre el nivel de las aguas subterráneas, aportan información valiosa sobre las anomalías y su correlación.
- ◆ La Radiometría aporta información sobre las grietas principales y su posible correlación.
- ◆ El filtrado digital aclara sustancialmente la correlación de los principales fenómenos y estructuras existentes.

## RECOMENDACIONES.

- ◆ Realizar un estudio en 3D utilizando las técnicas de tomografía eléctrica para este caso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Autores varios, 2002. Estudio ingeniero-geológico para la construcción de la nueva chimenea de la CTE Máximo Gómez. CSIA INEL.
- Autores varios, 2003. Estudio ingeniero-geológico para la construcción de los nuevos conductos de la chimenea de la CTE Máximo Gómez. CSIA INEL.
- Autores varios, 2006. Estudio ingeniero-geológico para la construcción del GE-18.3 MW de la CTE Máximo Gómez. CSIA INEL.