

63114
II

**CAMPAÑA DE SEDT EN EL RIO TORDERA
PROYECTO "GEOELEC" (REN2002-04538-c02-02,
IGME-2003/17)**

**INFORME PREPARADO POR GEOGNOSIA S.L.L. PARA EL
IGME.**

[Este Informe constituye parte del ANEXO F del Informe IGME final del Proyecto GEOELEC]

diciembre 2004

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA	6
3. CRONOLOGÍA DEL TRABAJO	10
4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN	13
5. PERFIL PS1	19
6. PERFIL PS4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS	41
7. CONCLUSIONES	58
APÉNDICE A. EXPLICACIÓN DEL MÉTODO (SED-T)	63
APÉNDICE B. INSTRUMENTACIÓN	64
APÉNDICE C. MODELOS	67
APÉNDICE D. FORMATOS DE LOS DATOS	70
APÉNDICE E. IMÁGENES A3	74

1. INTRODUCCIÓN

La campaña ha sido realizada por Geognosia S.L.L., con la colaboración y participación de la Universidad de Castilla La Mancha.

Para su realización se han utilizado equipos de la firma Zonge, pertenecientes a la Universidad de Castilla La Mancha.

Dentro del Proyecto “Goelec” (REN2002-04538-c02-02, IGME-2003/17), se incluye el presente trabajo. El objetivo del Proyecto es la comparación de diferentes métodos Geofísicos para determinar que información se puede obtener de cada uno, como se complementan y cual es el más efectivo a la hora de estudiar una zona concreta. El objetivo concreto de este trabajo es la realización de una campaña de Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempos en el curso bajo del Río Tordera (provincias de Barcelona y Girona) en perfiles que coinciden con trabajos sísmicos y eléctricos anteriores. La campaña consta de tres fases:

1.- Determinación de los parámetros a utilizar durante la campaña. Incluye la definición del tamaño del bucle (100x100 metros o 50x50 metros), la intensidad de corriente, etc para conseguir una penetración suficiente para llegar a el basamento granítico sin alteración situado, según estudios previos, entre 100 y 150 metros.

2.- Medición a lo largo del perfil PS1, paralelo a la línea de costa, de 1500 metros de longitud. Las posiciones de los centros de los bucles quedarán (siempre que las condiciones del terreno lo permitan) distanciadas 50 o 100 metros , dependiendo del tamaño del bucle emisor, pudiendo variar para evitar ruidos por causa de alambradas, líneas eléctricas, casas o zonas de cultivo que pudieran estropearse por el paso. Las mediciones respecto al bucle emisor se harán en dos posiciones por bucle, en el centro del mismo y a 50 ó 100 metros del centro en la dirección longitudinal del perfil.

3.- Mediciones de prueba sobre el perfil PS4, que sigue el curso del río Tordera, para determinar los parámetros a utilizar a la hora de realizar en un futuro este perfil.

Todas las medidas están identificadas con un número de estación, y con sus coordenadas geográficas X e Y (en UTM Huso 30, Datum ED50). Estas coordenadas se han medido en campo con un GPS GARMIN 72.



Figura 1. Localización de los perfiles PS1 y PS4 sobre la fotografía aérea proporcionada por el IGME.

Los ficheros de datos se presentan en cuatro formatos, los datos del volcado directo del receptor al ordenador, dos formatos del pre-procesado con el software de Zonge, con extensiones z y fld (el primero ya que según información de la página de Interpex, las bases de datos de esta firma importan este formato, y la segunda ya que es el formato estandar de los equipos de Zonge que contienen toda la información de los datos volcados) y tem (formato compatible con las bases de datos del IGME). La explicación de los formatos y de los parámetros que se incluyen en los ficheros se encuentra en el Apéndice D.

En total se tomaron medidas en:

1 posición (estación 900) dentro del bucle de dimensiones 50mx50m (con una o varias vueltas de cable)

15 posiciones dentro del bucle de dimensiones 100mx100m en el perfil PS1

13 posiciones fuera del bucle de las mismas dimensiones

7 posiciones dentro del bucle de dimensiones 50mx50m como pruebas para la parametrización de futuros trabajos en el perfil PS4.

4 posiciones dentro del bucle de dimensiones aproximadas de 100mx100m como pruebas para la parametrización de futuros trabajos en el perfil PS4.

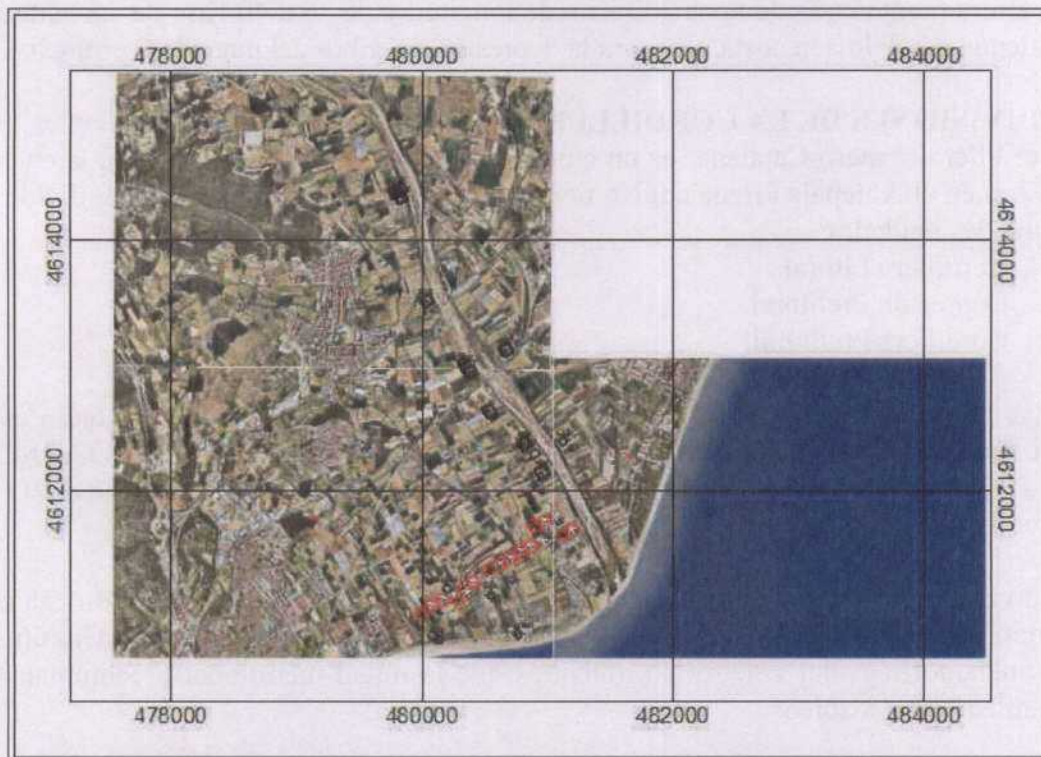


Figura 2. Localización de las medidas tomadas en campo.

2. INTRODUCCIÓN GEOLÓGICA.

Las estructuras geológicas que podemos encontrar entre las localidades de Blanes y Palafolls pertenece en rasgos generales al Conjunto conocido como Cadena Ibérica, siendo la Cordillera Costero-Catalana uno de los sectores en que esta puede dividirse, y la que ocupa la zona objeto de estudio.

La Cordillera Costero-Catalana trata de una serie de alineaciones montañosas de dirección NE-SO, que en algunos casos superan los 1000 metros de altitud, formando una barrera montañosas de unos 200 Km. de longitud y de 30 a 40 Km. de anchura que se extiende paralelo a la costa, y separa la depresión del Ebro del mar Mediterráneo.

SUBDIVISIONES DE LA CORDILLERA COSTERO-CATALANA

La Cordillera Costero-Catalana es un cinturón estrecho de sierras que cierra la cuenca del Ebro en el Antepaís Pirenaico. No tiene relieves demasiado elevados y se divide en tres grandes unidades:

- Cordillera Litoral.
- Depresión Prelitoral.
- Cordillera Prelitoral.

La más próxima al mar y donde se encuentran las localidades objeto de estudio es la Cordillera Litoral, de unos 150 Km. de longitud entre Gerona y Vilanova y la Geltrú, su altitud es moderada destacando Montnegre con 759 metros, sierra ligeramente al SO de Palafolls.

Esta división morfológica longitudinal de la Cordillera Costero-Catalana contrasta con su composición litológica, ya que la mitad N está constituida sobre todo por Granitos y rocas metamórficas del Paleozoico, mientras que la mitad meridional predominan los afloramientos mesozoicos.



Figura 3. Vista de parte del perfil PS1.

DESCRIPCIÓN LOCAL DE AFLORAMIENTOS

En la zona objeto de estudio aparecen como afloramientos casi exclusivamente rocas plutónicas ácidas variscas que intruyen en rocas paleozoicas de edades comprendidas entre cambro-ordovícico y el Carbonífero Medio. Los distintos macizos plutónicos se sitúan a lo largo de una faja de orientación ENE-OSO, si bien, la distribución y geometría de los afloramientos actuales, se debe esencialmente a la orogenia Alpina.

EMPLAZAMIENTO

El batolito de la Cordillera Costero-Catalana está formado por numerosas unidades intrusitas independientes. El emplazamiento de los diversos plutones se produjo principalmente por mecanismos de fracturación de las rocas encajantes, sin que ello implicara una deformación significativa de las mismas a pequeña escala. No es frecuente facies de enfriamiento brusco lo que implica una escasa diferencia de temperatura con el magma en el momento de intrusión.

RELACIONES TECTÓNICAS Y METAMÓRFICAS

Al Oeste de Palafolls se observa que los contactos intrusitos de los granitoides cortan sistemáticamente las principales estructuras deformativas originadas durante la Orogenia Varisca, mientras que las rocas plutónicas carecen generalmente de deformaciones tectónicas significativas. En la zona descrita aparecen varios afloramientos metamórficos de bajo grado en general compuestas de pizarras, cuarcitas y esquistos fundamentalmente.

PETROLOGÍA

En la zona de estudio aparece casi exclusivamente Granodioritas (cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y en ocasiones horblenda que suele ser equigranulares de tamaño de grano medio a grueso y Monzogranitos siempre presenta biotita pero en proporciones inferiores al 10% que en distintas zonas da lugar a Granitos en sentido estricto.

Cortando ambos municipios aparecen materiales cuaternarios en los márgenes del Río Tordera

REFERENCIAS

**Vera, J.A. (editor) (2004): Geología de España. SGE-IGME, Madrid, 890 p.
Mapa Geológico de España, Número 35, Barcelona. Instituto Geológico y Minero de España**

SONDEOS

La información proporcionada por el IGME y la Universidad de Barcelona acerca de los sondeos de la zona es la siguiente:

Sondeo B-2_b:

El Granito se encuentra a 74,2 metros de profundidad desde superficie.

Las coordenadas del sondeo son:

X 480553
Y 4611159

Piezómetro Laboratoris Fher:

El granito se encuentra a 42 metros desde superficie.

Las coordenadas del piezómetro son:

X 480900
Y 4612300

Sondeo Malgrat-1:

El sondeo llega a 155 metros y no llega al Granito.

X 480767
Y 4610850

Sondeo A-2-a:

El sondeo llega hasta 38,40 metros y no llega al granito.

X 480131
Y 4610807

Sondeo C-32:

El sondeo llega 13 metros y no llega al granito.

X 481125
Y 4612400

Sondeo ACA-2002-04

El sondeo llega la granito a 89 metros desde superficie.

X 480200
Y 4611214

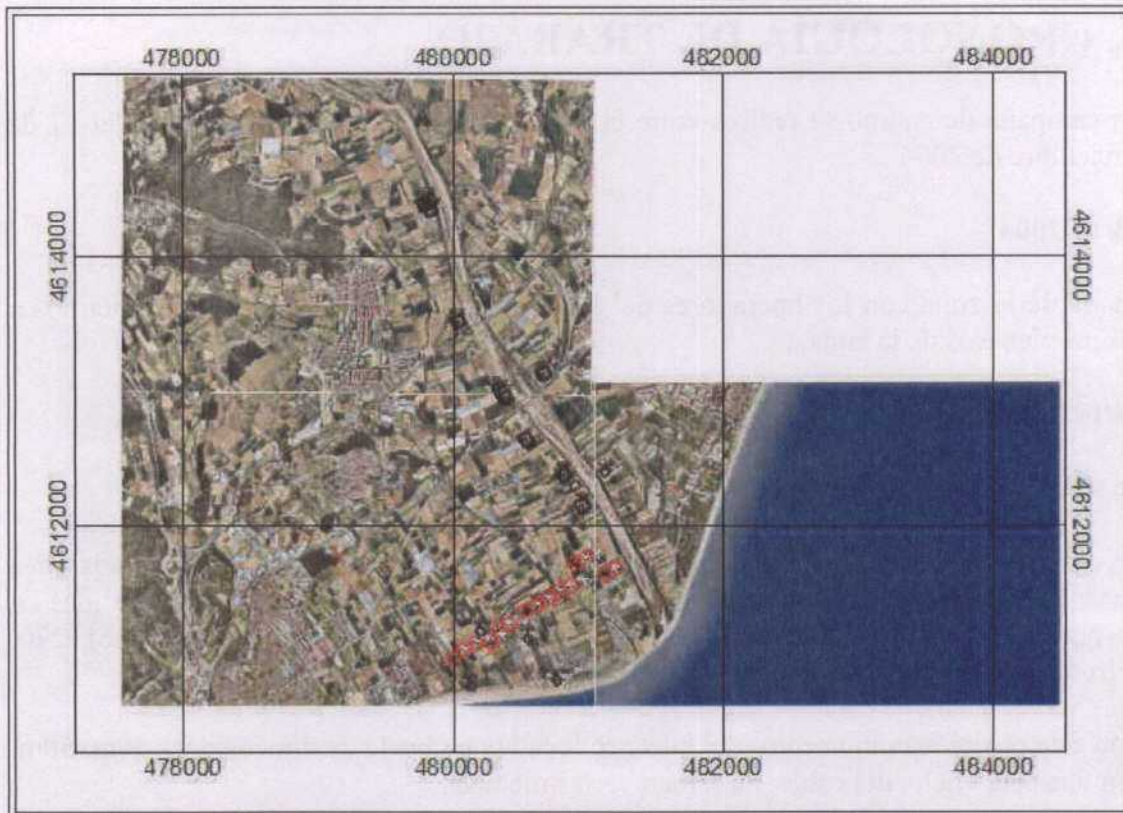


Figura 4. Localización de los sondes y de los SEDT medidos

MEDIDAS DENTRO DEL BUCLE DEL PERFIL PS1

0	481200	4611680	0
100	481135	4611640	0
200	480980	4611760	0
300	480890	4611710	0
400	480870	4611555	0
500	480790	4611515	0
600	480705	4611460	0
700	480620	4611410	0
800	480540	4611370	0
900	480415	4611270	0
1000	480340	4611220	0
1100	480280	4611130	0
1200	480170	4611130	0
1300	480080	4611080	0
1400	480000	4611010	0

MEDIDAS FUERA DEL BUCLE DEL PERFIL PS1

0	481200	4611680	0
100	481060	4611790	0
200	480980	4611760	0
300	480970	4611595	0
400	480870	4611555	0
500	480790	4611515	0
600	480700	4611460	0
700	480620	4611410	0
900	480415	4611270	0
1000	480360	4611180	0
1100	480260	4611160	0
1200	480170	4611130	0
1300	480080	4611080	0

MEDIDAS DE PRUEBA EN PERFIL PS4

1111	480540	4612640	0
2222	480040	4613520	0
3333	479830	4614420	0
444450	479785	4614400	0
4444	479785	4614400	0
444410	479830	4614355	0
5555	480960	4612150	0
6666	480820	4612380	0
7777	480395	4612955	0
8888	480360	4612985	0
9999	480670	4613135	0
9991	480340	4613020	0

3. CRONOLOGÍA DE TRABAJO

La campaña de campo se realizó entre el día 13 de Diciembre de 2004 hasta el 17 de Diciembre de 2004.

13/12/2004

Visita de la zona con los operadores del IGME, para localizar accesos, presentarnos a los propietarios de la zona...

14/12/2004

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor.

Se elige la localización más idónea para establecer el bucle de prueba que nos va a servir para la determinación de los parámetros a utilizar durante la toma de medidas en el perfil PS1. Las coordenadas de la posición elegida son 480415 y 4611270, corresponde al bucle con número de estación 900 dentro del perfil PS1:

Con esta posición como centro del bucle se localiza un bucle de dimensiones 50mx50m, con una sola vuelta del cable. Se toman varias medidas.

En la misma posición se toman más medidas con dos vueltas del cable en el bucle de 50mx50m.

Posteriormente se dan 3 vueltas de cable con el mismo tamaño de bucle, se toman varias medidas

Con este último bucle se cambia la frecuencia de emisión de 8Hz (frecuencia utilizada en todas las pruebas anteriores) a 4Hz y se toman varias medidas.

Se cambia el tamaño de bucle a 100mx100m con una vuelta de cable y se toman varias medidas.

Se determinan como los mejores parámetros de trabajo para este perfil:

Frecuencia de emisión: 8Hz.

Tamaño del bucle: 100mx100m.

Se miden las estaciones 1000, 1100, 1200 y 1300 dentro y fuera del bucle y la 1400 solo dentro.

15/12/2004

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor.

Se mide la estación 0 dentro y fuera del bucle y la estación 100 dentro.

Se mide la estación 9999, que corresponde a uno de los bucles de prueba a lo largo del perfil PS4, con tamaño del bucle emisor 100mx90m. En esta estación se toman muchas

medidas pero casi todas no son validas ya que parece que el receptor tiene un problema midiendo. Para resolver el problema se debe introducir el software interno. Se sincroniza de nuevo el receptor con el transmisor, se calibra internamente (con lo que se puede verificar si el receptor tiene o no algún problema) y después de verificar que el receptor esta en buen estado se toman 2 medidas en la misma posición llegando a la conclusión de que el problema con los datos son debidos al ruido ambiental. Solo se toman medidas dentro del bucle.



Figura 5. Estación de prueba 9999.

Se mide la estación 1111, correspondiente también a las pruebas para determinar los parámetros de trabajo en el perfil PS4. El tamaño del bucle, en este caso es de 50mx50m y se dan tres vueltas de cable. Se toman varias medidas dentro del bucle.

16/12/2004

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor.

Se miden las estaciones 2222, 3333 y 4444, todas ellas utilizando un bucle emisor de 50mx50m, una sola vuelta del cable y solo dentro del bucle. La estación 4444 se mide también con dos y tres vueltas de cable y con tamaño del bucle emisor de 100mx100m con una y dos vueltas. Todas estas estaciones son también para la determinación de los parámetros de futuros trabajos en el perfil PS4.

Se mide la estación 800 del perfil PS1 solo dentro del bucle con tamaño 100mx100m.

Se miden dentro y fuera del bucle las estaciones del perfil PS1 700, 600 y 500.

Se mide fuera del bucle la estación 400 del perfil PS1.

17/12/2004

Se sincroniza el receptor y el transmisor, y se calibra internamente el receptor.

Se termina de medir el perfil PS1, tomando datos en las estaciones 400 (solo dentro del bucle), 300 y 200 (dentro y fuera) y 100 solo fuera, todas ellas con el mismo tamaño de bucle emisor que el resto del perfil.

Se miden las estaciones de prueba en el perfil PS4 5555 y 6666 con tamaño de bucle emisor 100mx100m y 7777, 8888 y 9991 con tamaño de bucle emisor 50mx50m.

4. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN

Como control de calidad de todas las medidas a parte del tiempo de muestreo, (256 ciclos utilizando como frecuencia de emisión 8Hz y 128 ciclos utilizando 4Hz) se han medido en todas las estaciones por lo menos 3 repeticiones. El que las repeticiones sean o no similares ayuda a rechazar las ventanas de tiempos que no tengan la calidad suficiente.

Para definir los parámetros de adquisición se eligió la estación número 900 (con coordenadas del centro del bucle 480415 y 4611270) del perfil PS1, por la ausencia de estructuras cercanas que pudieran introducir ruido electromagnético.

En mucha parte del perfil PS1 existen estructuras que pueden introducir ruido por tener estructuras metálicas o en el caso de las líneas eléctricas por llevar corriente.



Figura 6. Vista parcial del perfil PS1.

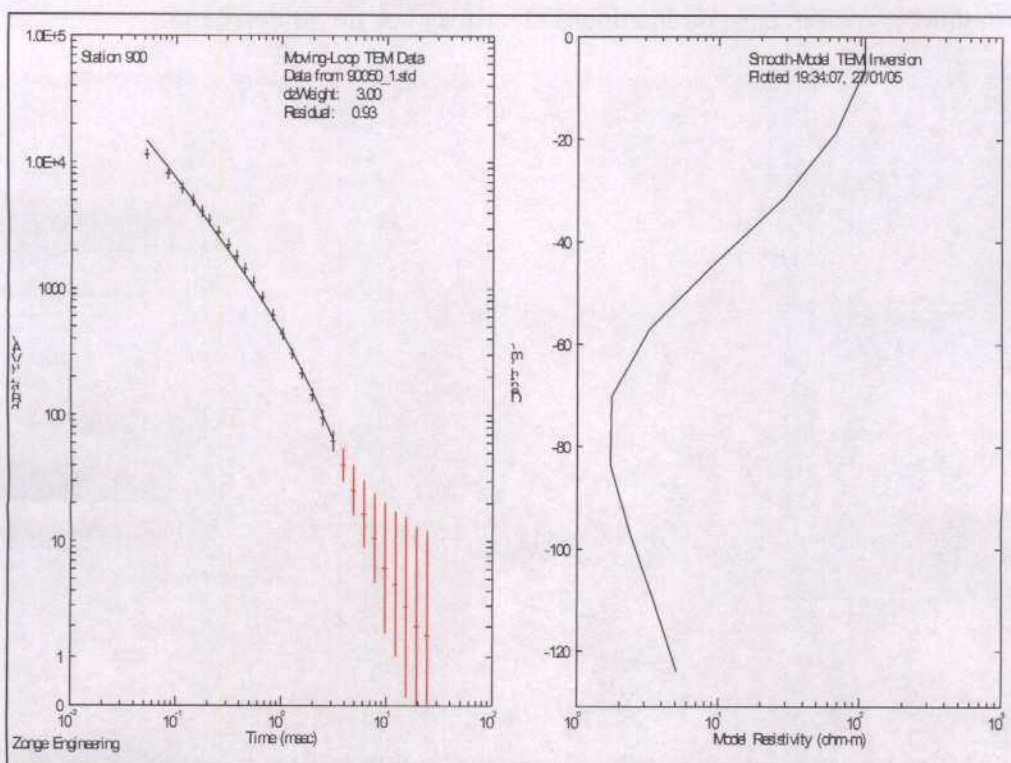
A la hora de determinar los parámetros que se iban a utilizar en las medidas en el resto del perfil se tuvieron en cuenta varias razones:

- La profundidad de penetración.
- La resolución de los datos.
- La operatividad en el campo.

Inicialmente, como se ha explicado en la introducción, se pensaba que el basamento granítico sin alterar se encontraba entre 100 y 150 metros de profundidad, por lo que se pensó que con un bucle de 50mx50m pudiera ser suficiente, aunque se contempló desde la solicitud de la campaña la posibilidad de que fuera necesario utilizar un bucle de 100mx100. Se comenzaron las pruebas con un bucle de 50mx50m, ya que un bucle de este tamaño es más operativo en el campo, y hace posible evitar más fácilmente las estructuras que son causa de ruido.

Estación 900 con un bucle de 50mx50m con 1 vuelta de cable:

Intensidad de corriente: 4.6 A
 Rampa de Caída: 120 usg
 Ganancia: 0500 (según definición de Zonge)
 Frecuencia de emisión: 8Hz

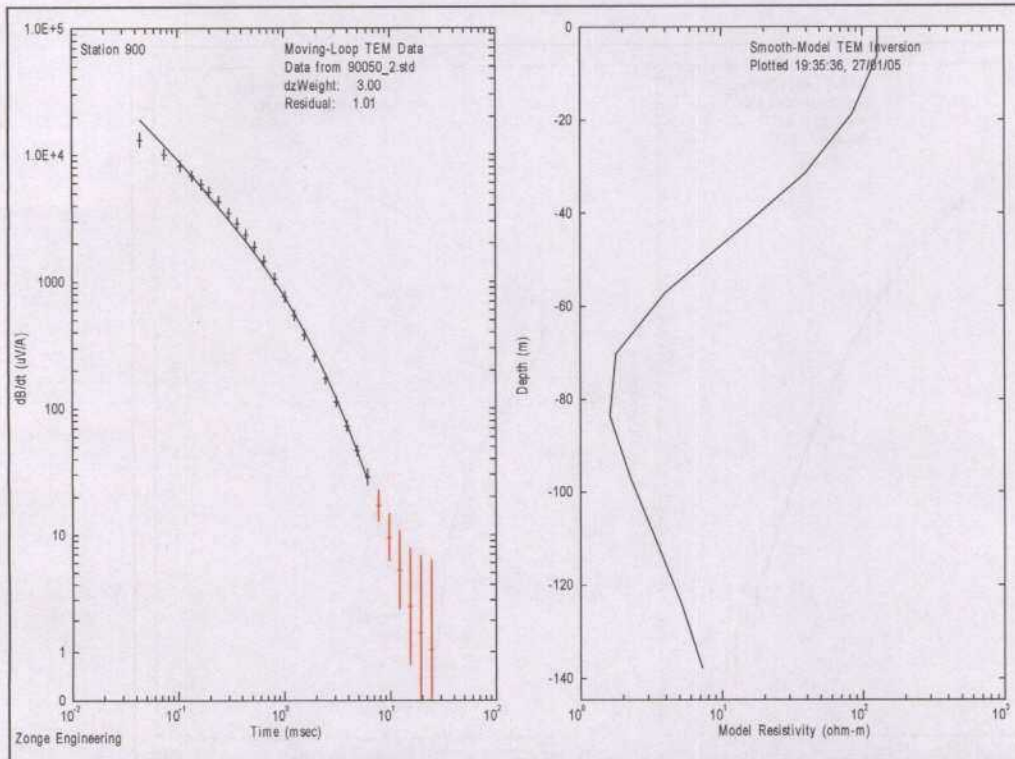


Viendo la curva de caída y la resistividad calculada a través de un modelo de inversión suavizado, podemos comprobar que con suficiente calidad de datos (las medidas en rojo son las que tienen error en las diferentes repeticiones que se han tomado) solo llegamos a 120 metros de profundidad y no hemos llegado al basamento.

Para aumentar la calidad de los datos sin aumentar el tamaño del bucle (para evitar lo mas posible estructuras a lo largo del perfil que pudieran introducir ruido electromagnético) se tomaron unas cuantas medidas con el mismo tamaño de bucle emisor pero dando 2 vueltas de cable al bucle.

Estación 900 con un bucle de 50mx50m con 2 vueltas de cable:

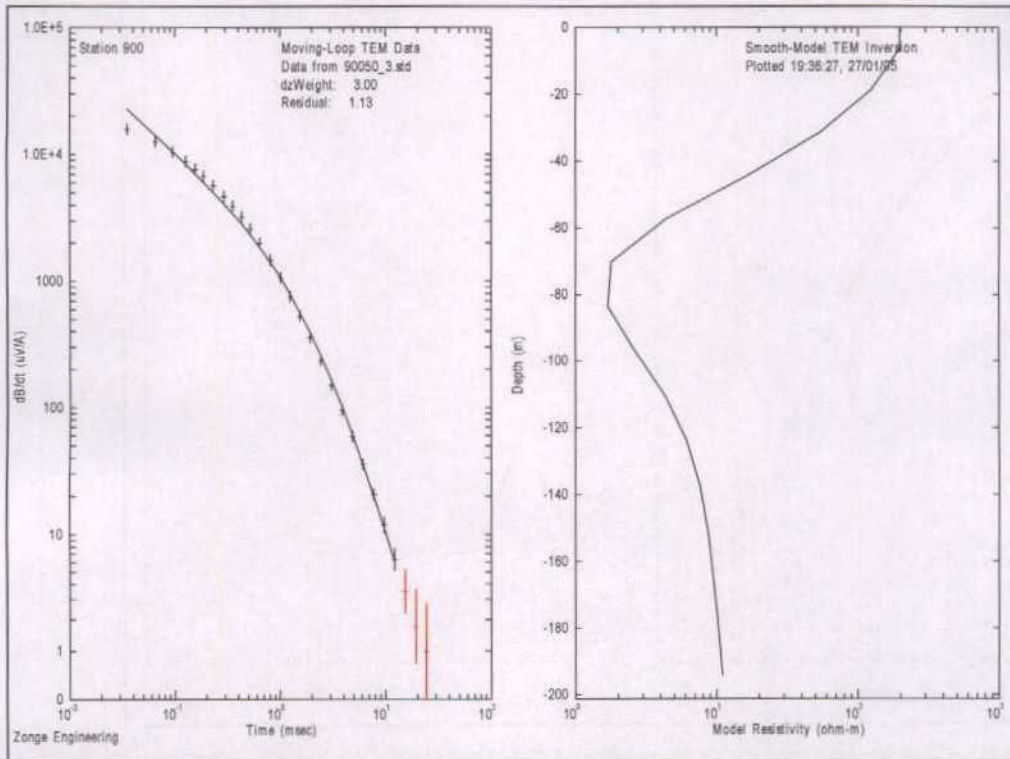
Intensidad de corriente: 6.2 A
Rampa de Caída: 220 usg
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Frecuencia de emisión: 8Hz



Vemos en la imagen que aumentamos con suficiente calidad de datos la profundidad, pero aun no llegamos a la profundidad de 140m y todavía no vemos el basamento.

Estación 900 con un bucle de 50mx50m con 3 vueltas de cable:

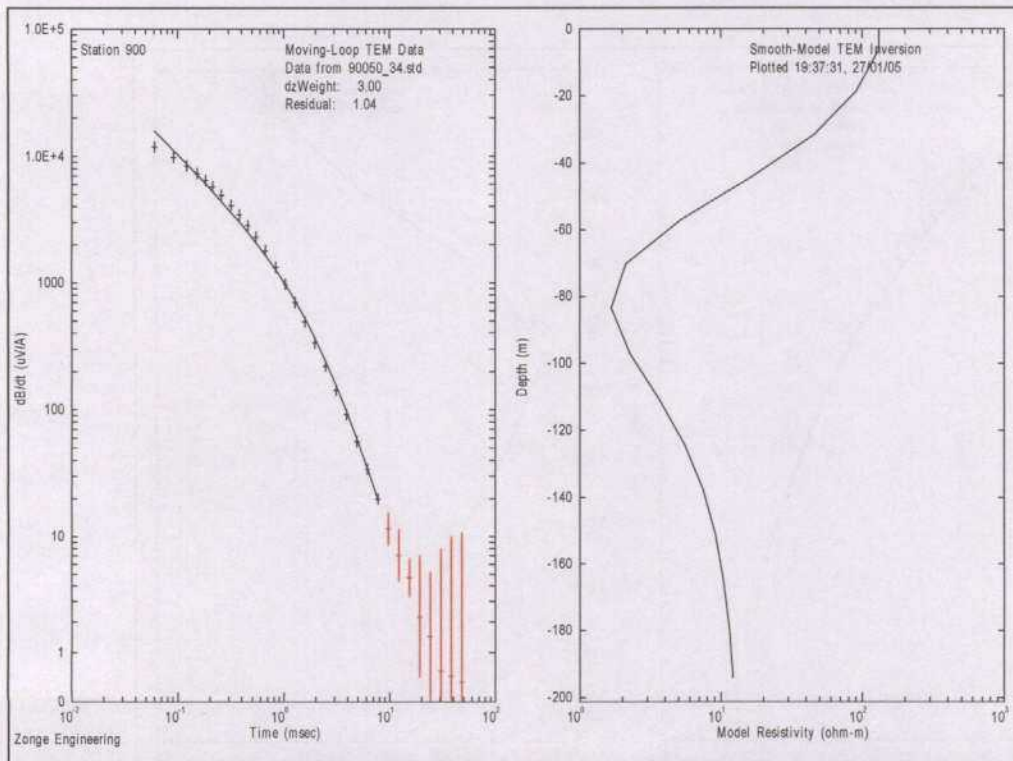
Intensidad de corriente: 6.2 A
Rampa de Caída: 290 usg
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Frecuencia de emisión: 8Hz



Con esta nueva configuración vemos que aumentamos la profundidad hasta unos 200 metros, pero aún no vemos claramente el basamento, empieza una tendencia al aumento de la resistividad con la profundidad.

Estación 900 con un bucle de 50mx50m con 3 vueltas de cable:

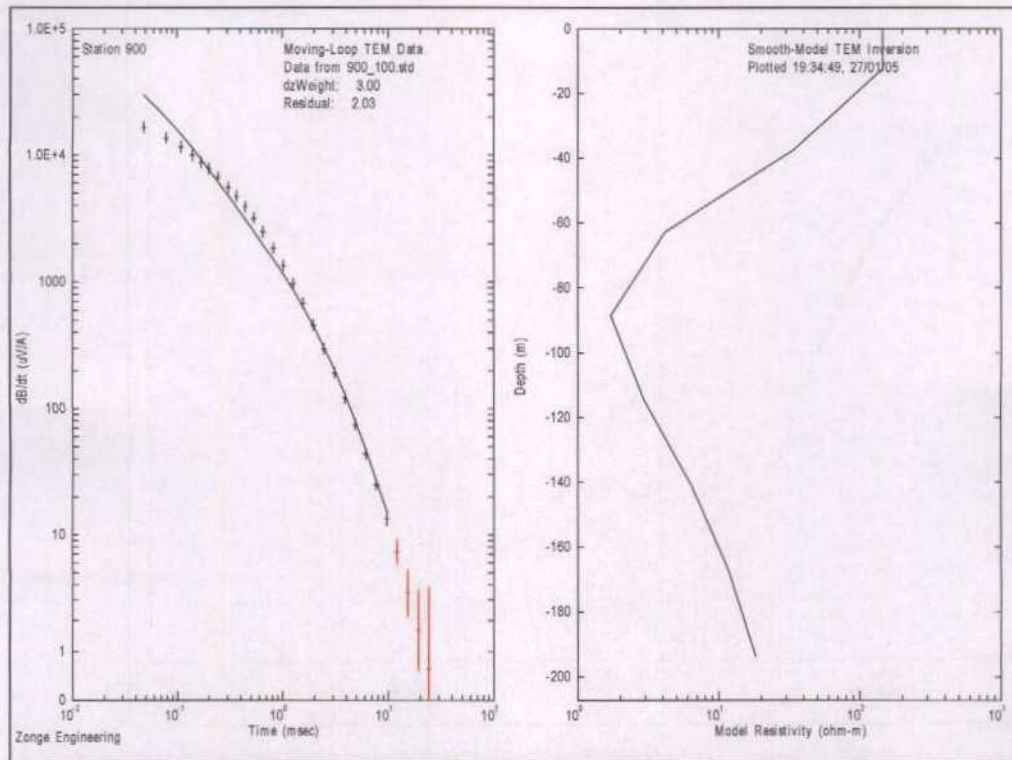
Intensidad de corriente: 6.6 A
Rampa de Caída: 290 usg
Ganancia: 0400 (según definición de Zonge)
Frecuencia de emisión: 4Hz



Las curvas de caída para las frecuencias de emisión de 8Hz y 4Hz son muy similares, tenemos información de tres ventanas mas para los últimos tiempos, pero no aportan nueva información ya que la repetibilidad de las medidas no es buena en las últimas ventanas.

Estación 900 con un bucle de 100mx100m con 1 vuelta de cable:

Intensidad de corriente: 6.1 A
Rampa de Caída: 155 usg
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)
Frecuencia de emisión: 8Hz



En esta imagen ya es claro el aumento de resistividad a unos 200 metros de profundidad, el valor de 10ohm-m no es un valor creíble para un basamento, pero teniendo en cuenta que es un modelo de inversión suavizado, es más importante la tendencia cualitativa que el valor numérico.

Después de analizar cada configuración es claro definir como tamaño de bucle en el resto del perfil 100mx100m., como frecuencia de emisión 8 Hz (por lo tanto 256 ciclos de tiempo de muestreo) y con una sola vuelta de cable al bucle.

Para evitar el problema de las estructuras causantes de ruido en el resto del perfil se desplazaron los bucles de su posición original lo mínimo posible en cada caso. En solo una medida se tuvo que variar la dimensión del bucle pasando a ser 100mx80m, por proximidad a la valla de un Camping.

5. PERFIL PS1

El perfil PS1, localizado perpendicular al río Tordera y paralelo a la línea de costa, tiene 1500 metros de longitud.



Figura 7. Localización propuesta del perfil PS1.

Sobre este mismo perfil se había hecho previamente un perfil eléctrico y uno sísmico.



Figura 8. Localización de las medidas electromagnéticas tomadas en campo.

El perfil realizado se separa algo de la alineación propuesta, ya que por las alambradas, sistemas de riego, zonas sembradas, líneas eléctricas y casas se tuvieron que mover las posiciones de los bucles, para evitar el ruido que todo esto podría introducir en las medidas.

Por las pruebas en la estación 900, se decide utilizar los siguientes parámetros:

Frecuencia de Emisión:	8Hz
Tamaño del Bucle:	100mx100m
Vueltas del cable:	1 vuelta

En todas las estaciones se respetan estos parámetros, menos en la estación 100 que el tamaño del bucle emisor utilizado es 100mx80m, debido al muro de un Camping.



Figura 9. Vista parcial del principio del perfil PS1.

Se han tomado medidas en el centro de cada bucle y a 100 metros fuera del bucle en la dirección perpendicular en la posición de la estación anterior. La razón por la que el estudio se ha completado con medidas fuera del bucle, es porque la medida depende del acoplamiento de las estructuras con la posición del bucle emisor y de la antena receptora. En caso de geologías horizontales o sub-horizontales no debe haber diferencia entre las formas de las curvas dentro y fuera del bucle, pero en caso de geologías verticales o sub-verticales dentro del bucle puede tener un mal acoplamiento, por lo que el campo secundario medido será de muy baja intensidad, y no ocurriría lo mismo fuera de bucle.

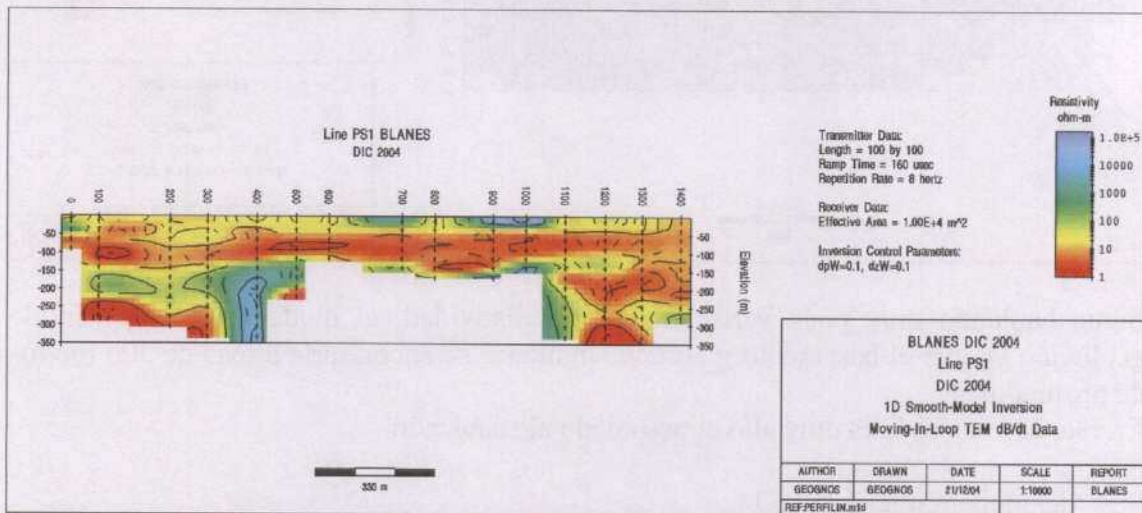
Se han generado varios modelos inversos con los datos de las medidas tomadas dentro del bucle, la diferencia entre los modelos radica en la variación de los pesos del modelo inicial y del suavizado:

Cuanto mayor es el peso del modelo inicial el modelo se parece más a l modelo que se crea como inicial.

Cuanto menor es el peso del suavizado los modelos pueden tener cambios más bruscos y más se ajustan a los datos brutos.

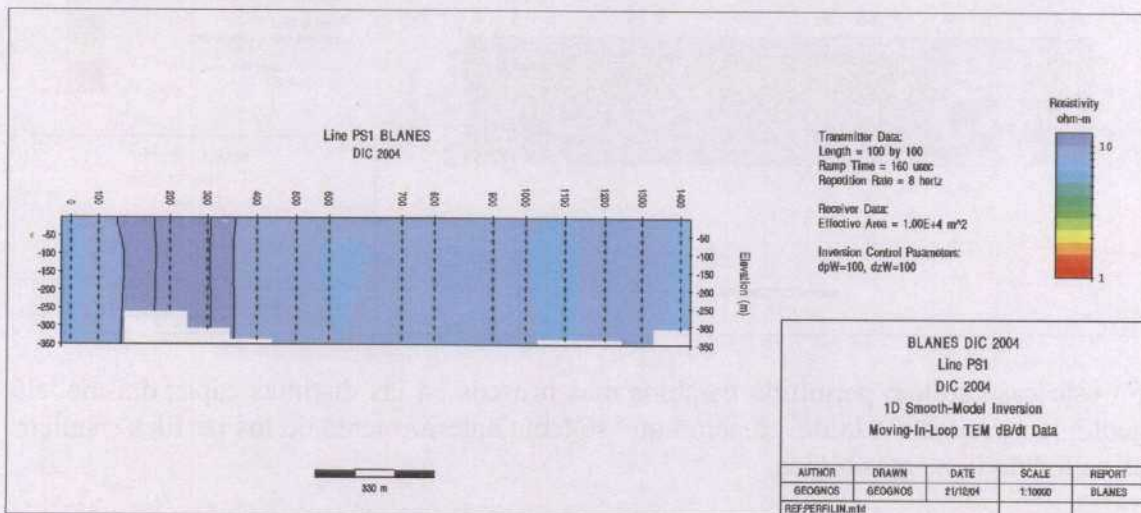
A continuación se presentan los modelos con diferentes pesos:

Peso del modelo inicial 0.1
 Peso del suavizado 0.1



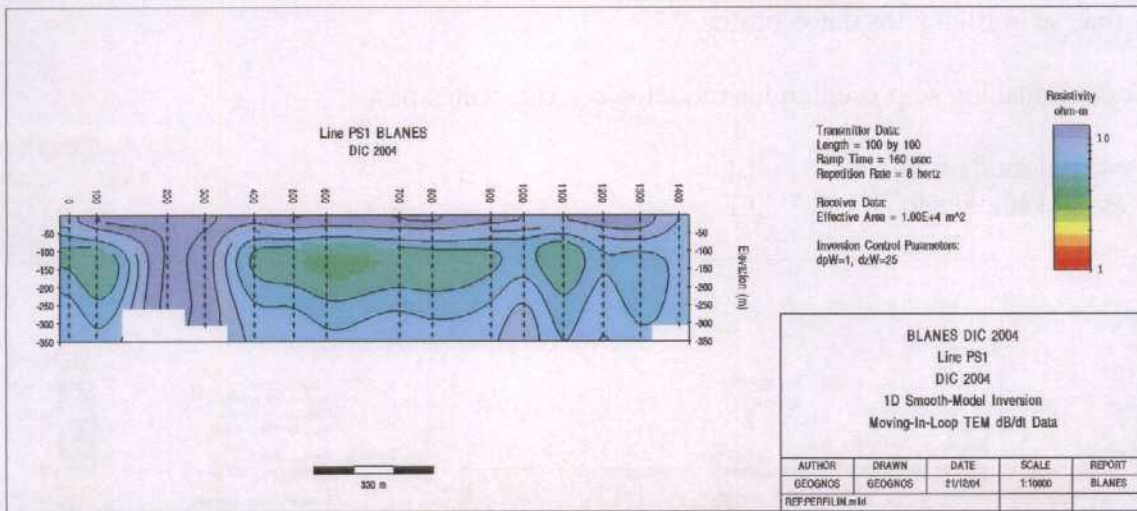
Dando mucho peso a los datos obtenemos un modelo con un error muy bajo pero sin ningún sentido geológico.

Peso del modelo inicial 100
 Peso del suavizado 100



En este caso el peso del suavizado es demasiado alto y hay muy poca variación en los valores de resistividad.

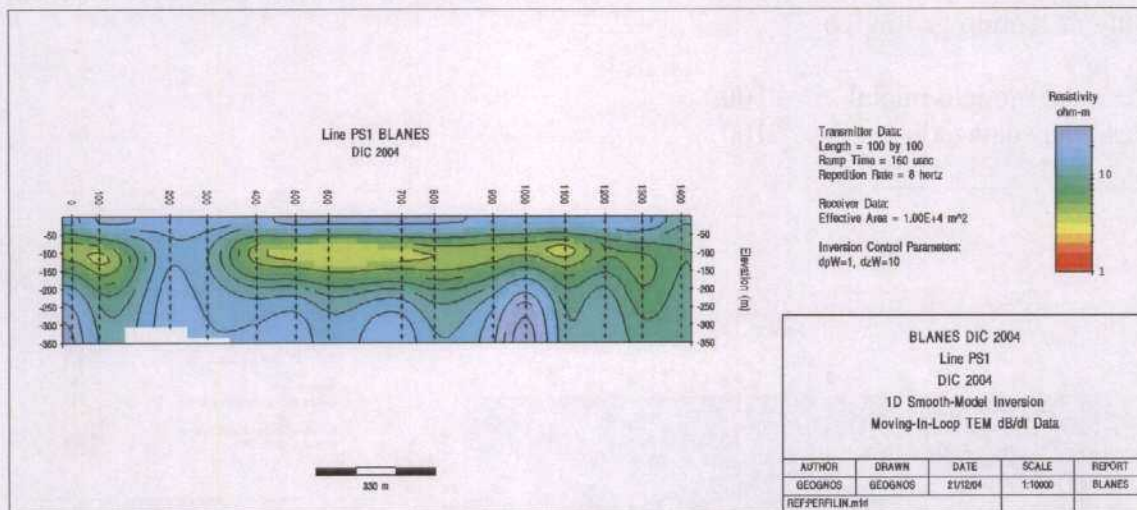
Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 25



Sigue habiendo muy poca variación en la resistividad, el modelo no tiene sentido geológico ya que el basamento granítico sin alterar se encontraría a más de 300 metros de profundidad.

En este caso todavía es muy alto el peso dado al suavizado.

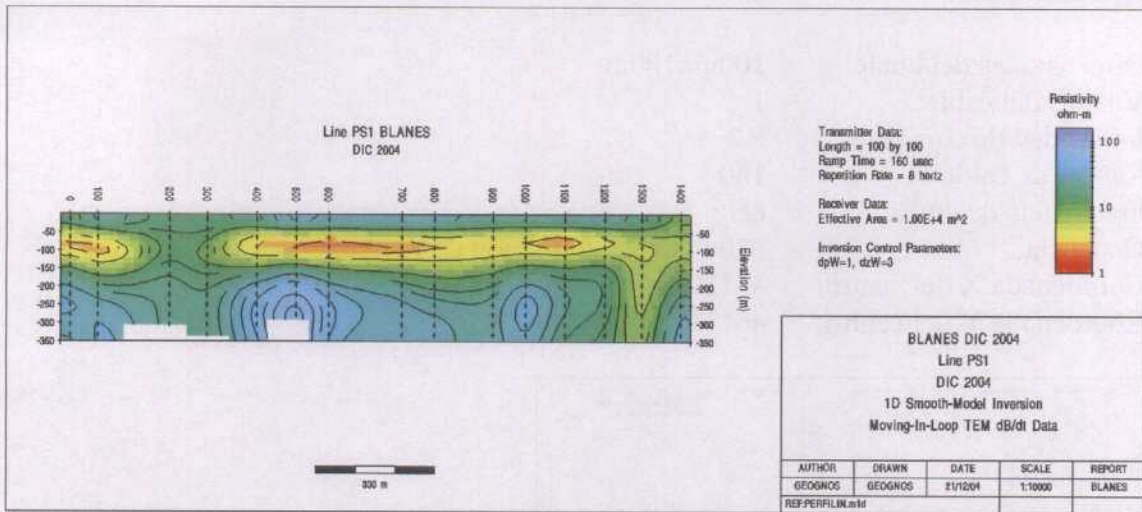
Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 10



En este caso se han permitido cambios mas bruscos en las distintas capas del modelo geológico, respecto a la información que se tenía anteriormente de los perfiles sísmicos este modelo tiene más lógica.

Según este modelo excepto en las estaciones 200 y 300, donde no vemos la capa conductiva que vemos en el resto de estaciones, el basamento granítico sin alterar se encontraría a unos 250 metros de profundidad.

Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 3

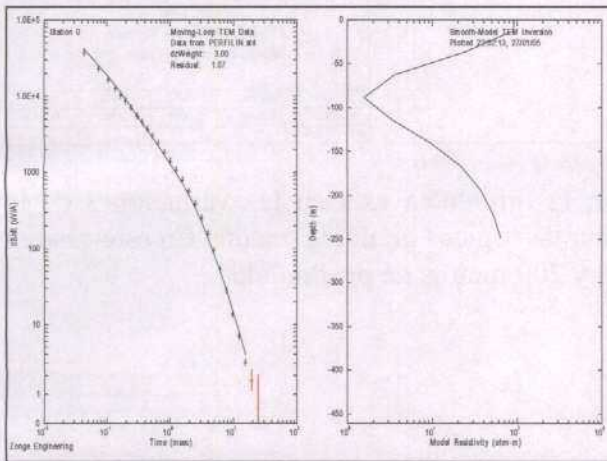


Este modelo es muy parecido al anterior, la diferencia esta en las variaciones de la resistividad, los valores de este modelo son más lógicos geológicamente. En este caso el basamento se encontraría entre 150 metros y 200 metros de profundidad.

A continuación se presentan las curvas de caída de las 15 estaciones

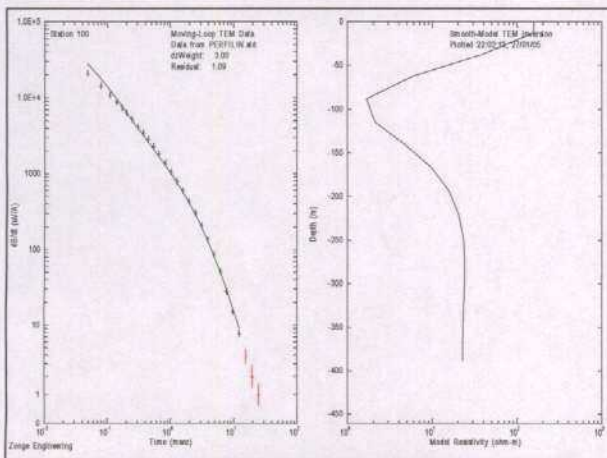
Estación 0000:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 481200
Coordenada Y del centro: 4611680



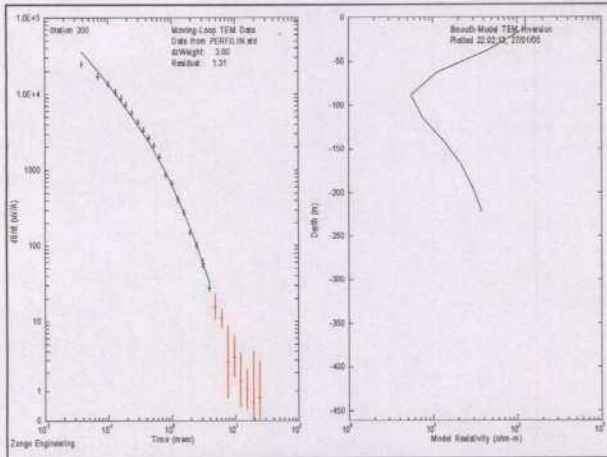
Estación 100:

Dimensiones del bucle: 100mx80m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 481135
Coordenada Y del centro: 4611640



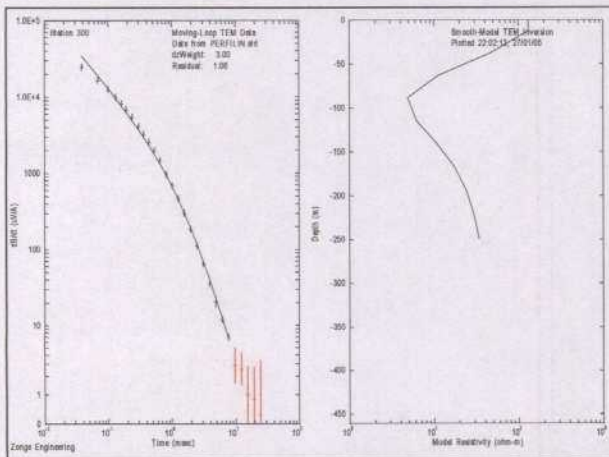
Estación 200:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480980
Coordenada Y del centro: 4611760



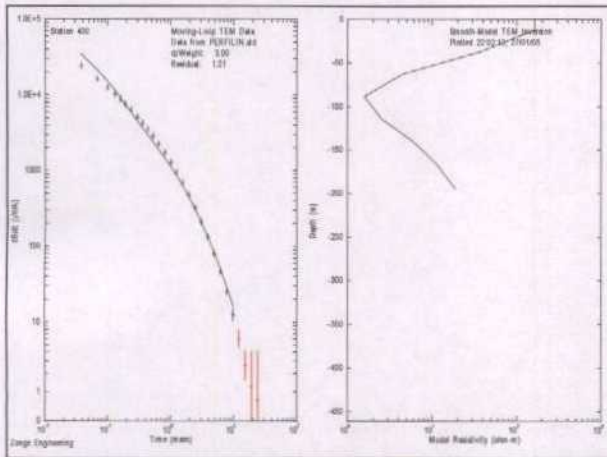
Estación 300:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480890
Coordenada Y del centro: 4611760



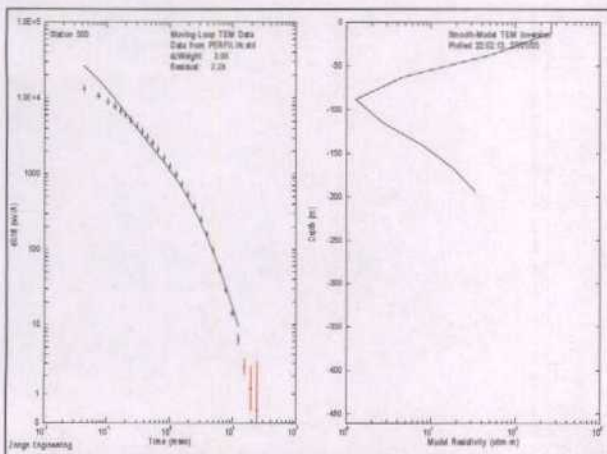
Estación 400:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480870
Coordenada Y del centro: 4611555



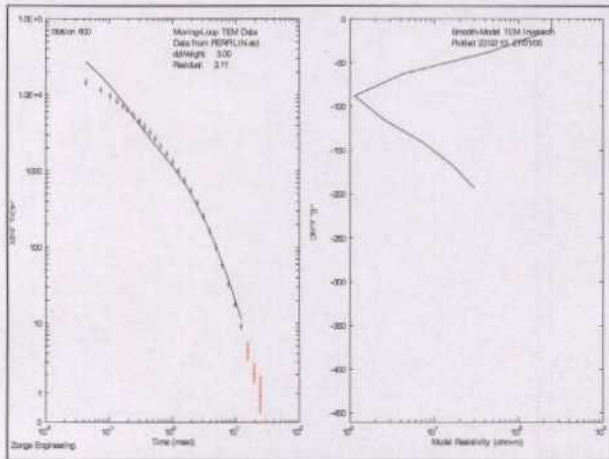
Estación 500:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480790
Coordenada Y del centro: 4611515



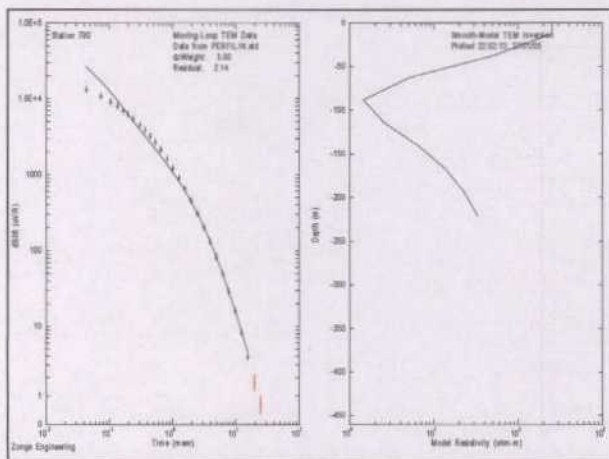
Estación 600:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480705
Coordenada Y del centro: 4611460



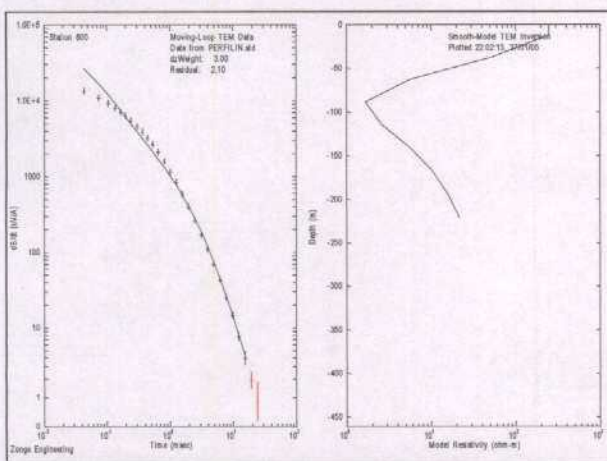
Estación 700:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480620
Coordenada Y del centro: 4611410



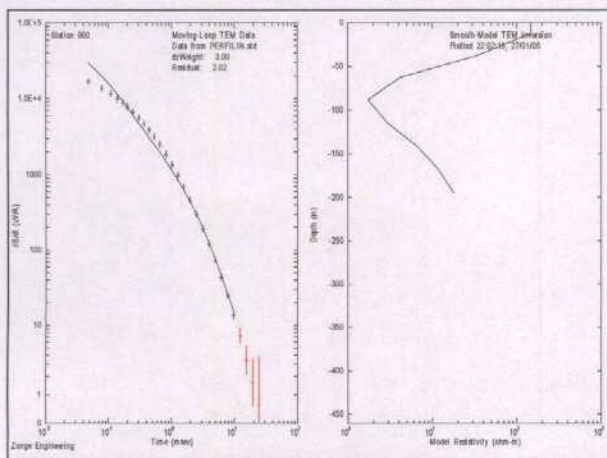
Estación 800:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480540
Coordenada Y del centro: 4611370



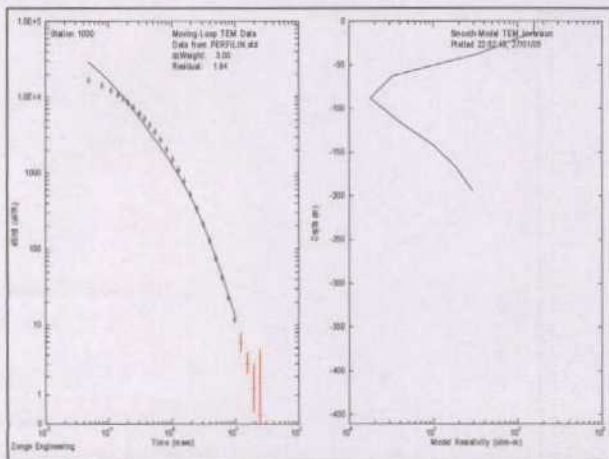
Estación 900:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480415
Coordenada Y del centro: 4611270



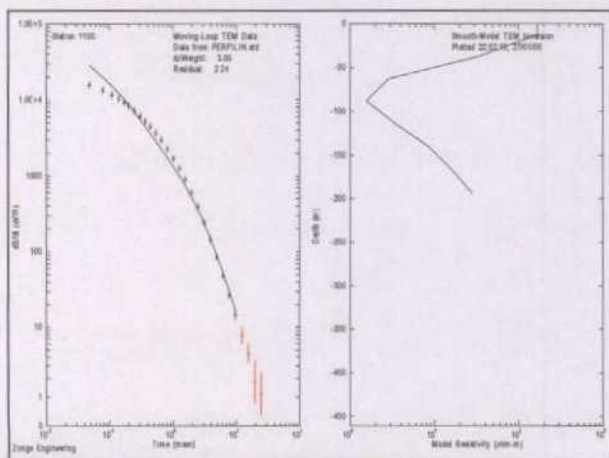
Estación 1000:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480340
Coordenada Y del centro: 4611220



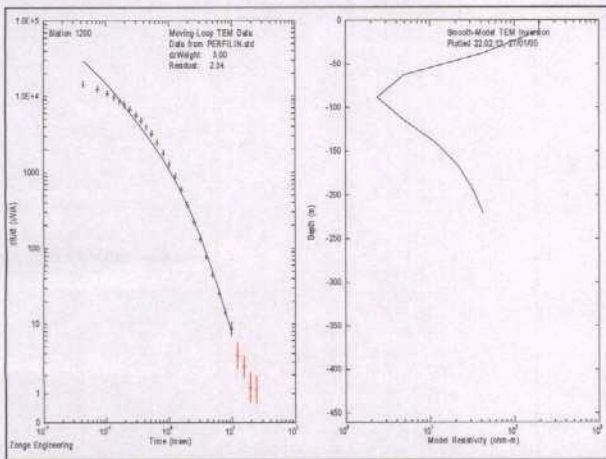
Estación 1100:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480280
Coordenada Y del centro: 4611130



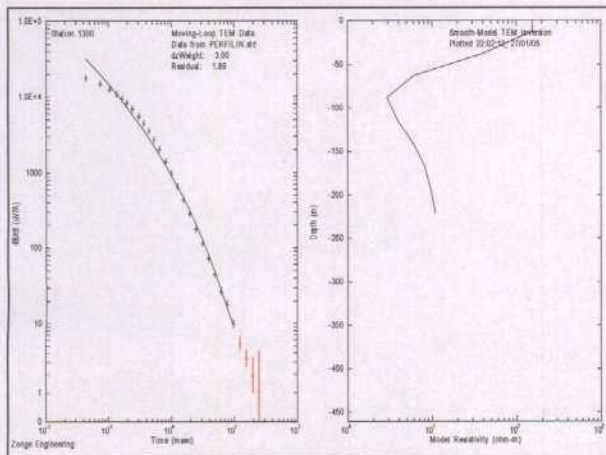
Estación 1200:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480170
Coordenada Y del centro: 4611130



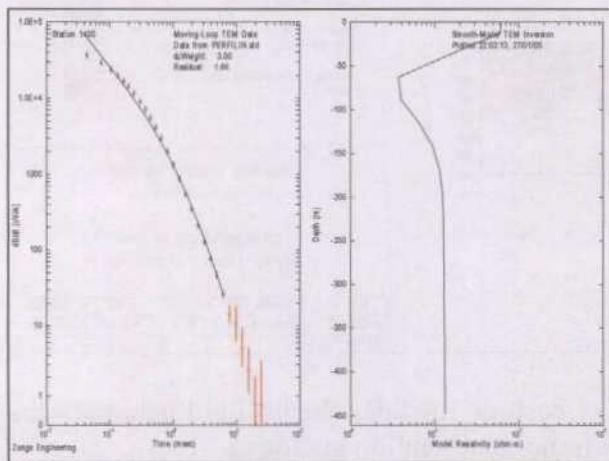
Estación 1300:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480080
Coordenada Y del centro: 4611080



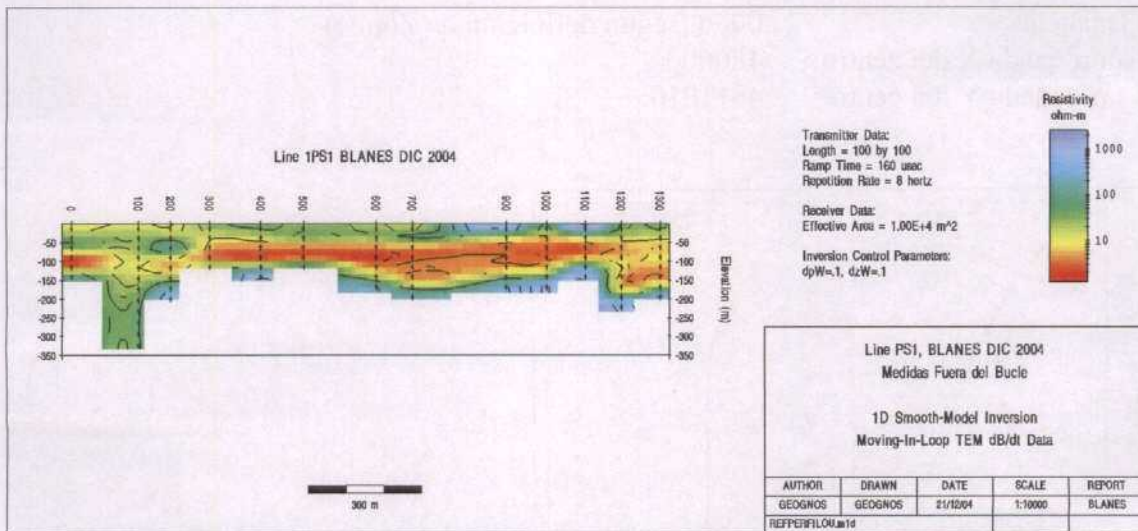
Estación 1400:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480000
Coordenada Y del centro: 4611010



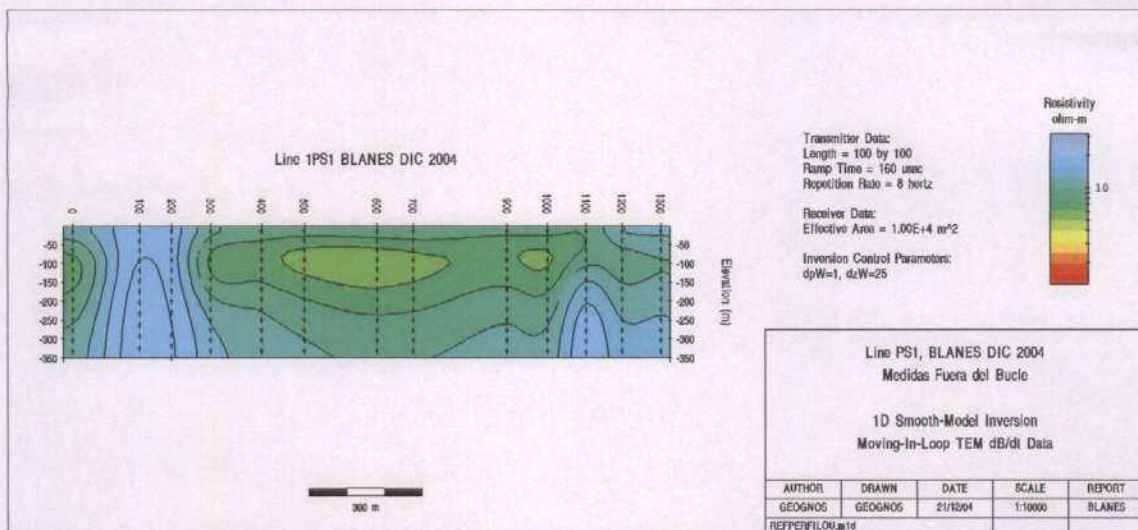
También se han generado diferentes modelos con los datos tomados fuera del bucle. Siguiendo el mismo criterio que para las medidas dentro del bucle se presentan varios ejemplos:

Peso del modelo inicial 0.1
 Peso del suavizado 0.1



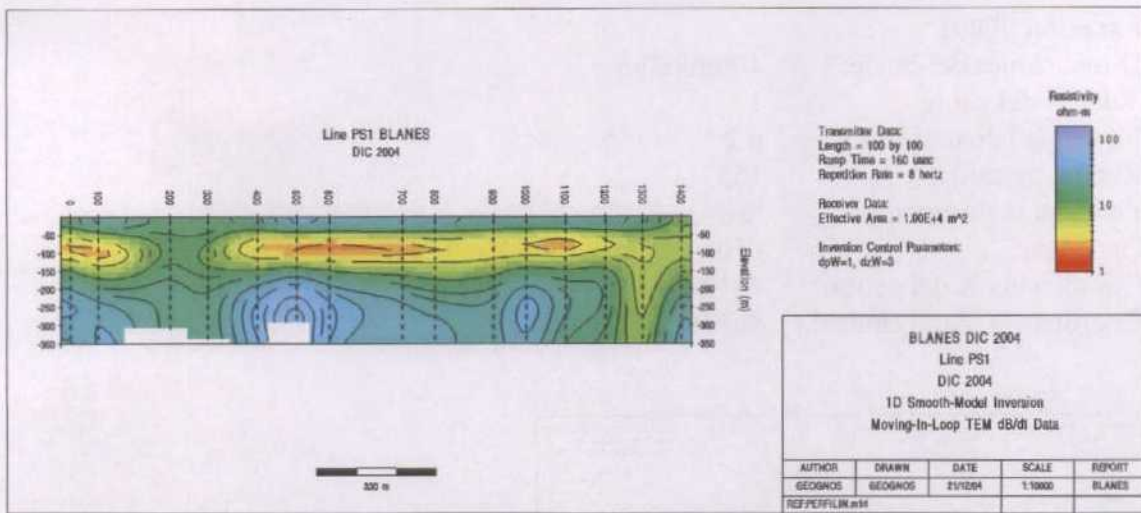
En este modelo ocurre lo mismo que en el caso de medidas dentro del bucle para los mismos parámetros el error es muy bajo pero no tiene sentido geológico.

Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 25



El modelo está demasiado suavizado y no hay contraste de resistividad.

Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 3

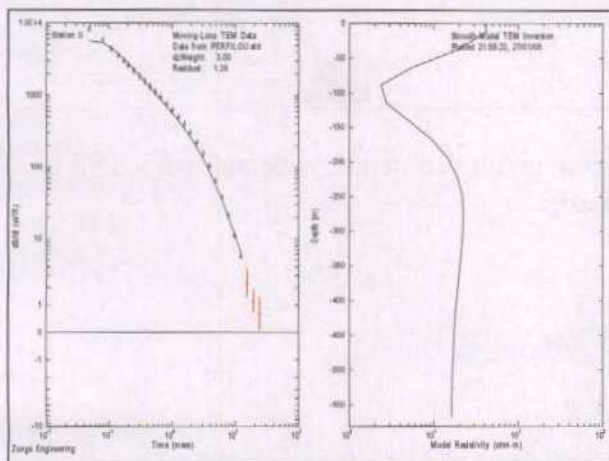


Este modelo nuevamente es el más lógico geológicamente y de nuevo tenemos el basamento a unos 200 metros de profundidad.

A continuación se presentan las curvas de caída de los datos tomados fuera del bucle en el perfil PS1.

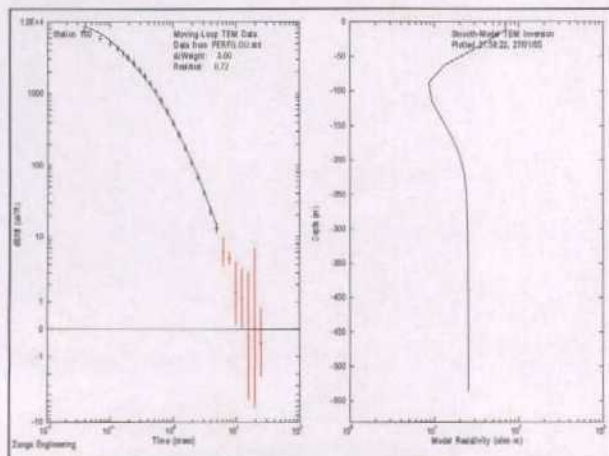
Estación 0000:

Dimensiones del bucle: 100mx80m
 Vueltas del cable: 1
 Intensidad de corriente: 6.2
 Rampa de caída: 155
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
 Coordenada X del centro: 481200
 Coordenada Y del centro: 4611680



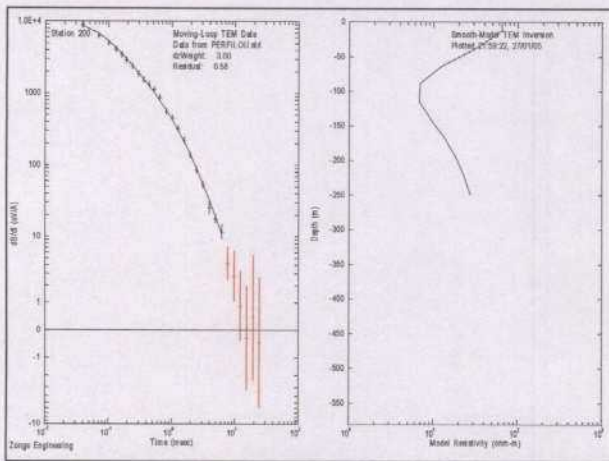
Estación 100:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
 Vueltas del cable: 1
 Intensidad de corriente: 6.5
 Rampa de caída: 165
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
 Coordenada X del centro: 481060
 Coordenada Y del centro: 4611790



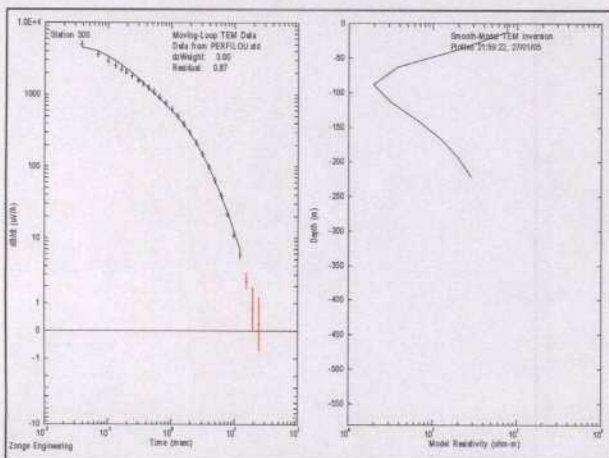
Estación 200:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480980
Coordenada Y del centro: 4611760



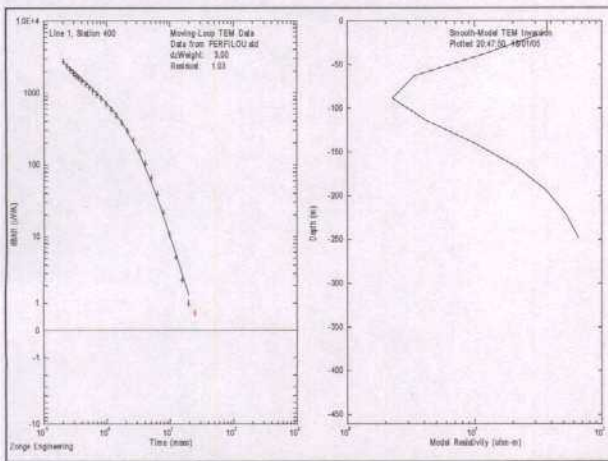
Estación 300:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480970
Coordenada Y del centro: 4611595



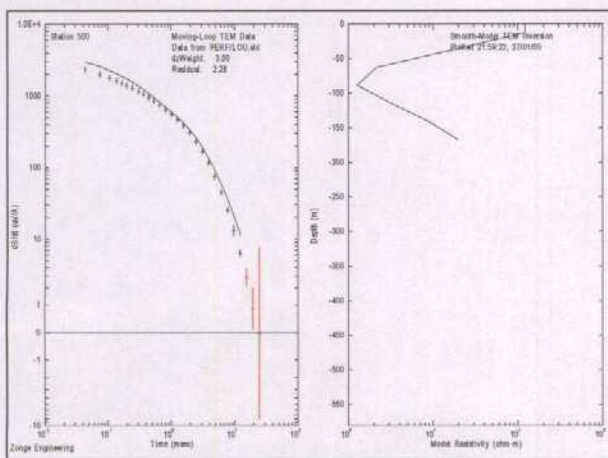
Estación 400:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 041o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480870
Coordenada Y del centro: 4611555



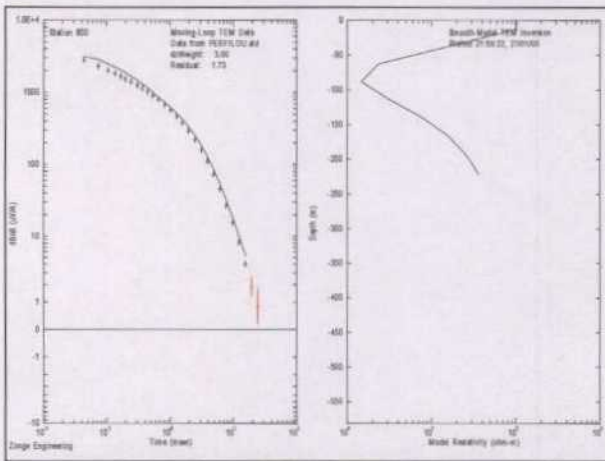
Estación 500:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480790
Coordenada Y del centro: 4611515



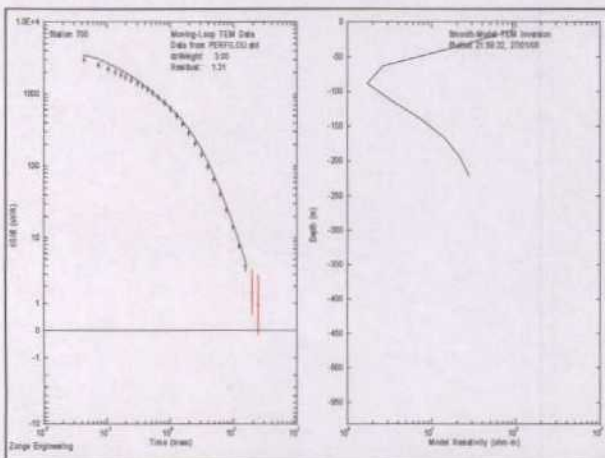
Estación 600:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480700
Coordenada Y del centro: 4611460



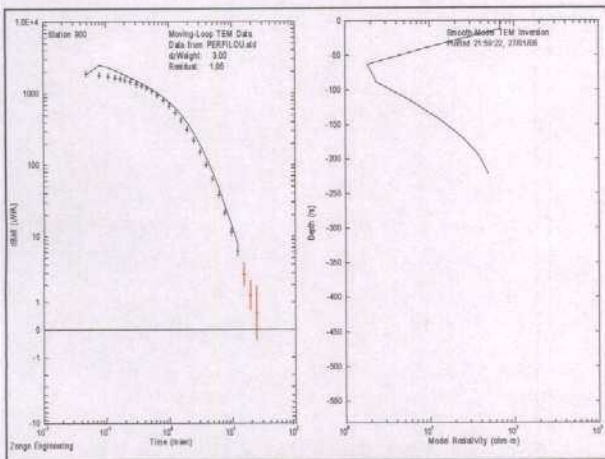
Estación 700:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 061o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480620
Coordenada Y del centro: 4611410



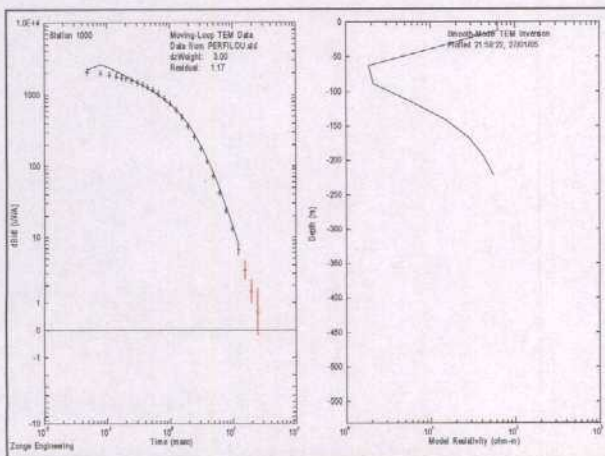
Estación 900:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480415
Coordenada Y del centro: 4611270



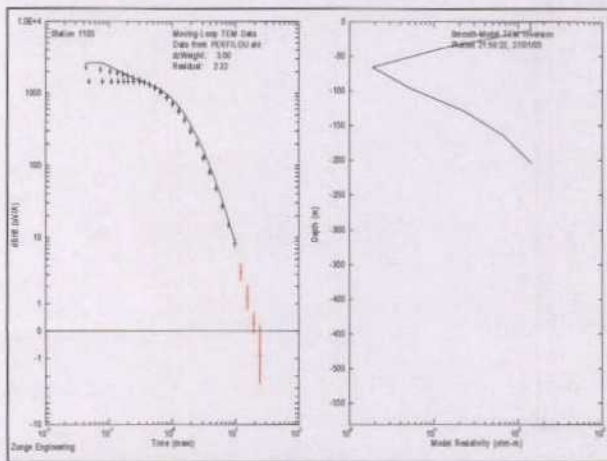
Estación 1000:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480360
Coordenada Y del centro: 4611180



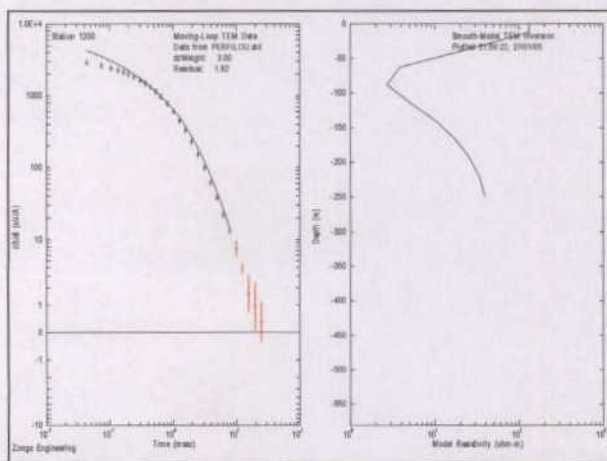
Estación 1100:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480260
Coordenada Y del centro: 4611160



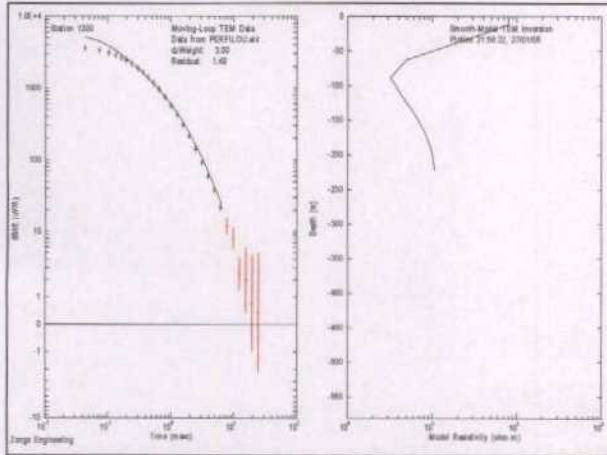
Estación 1200:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480170
Coordenada Y del centro: 4611130



Estación 1300:

Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.2
Rampa de caída: 160
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480080
Coordenada Y del centro: 4611080



6. PERFIL PS4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

La última fase del estudio propuesto consistía en la determinación de los parámetros más favorables para futuros trabajos electromagnéticos sobre el perfil PS4.

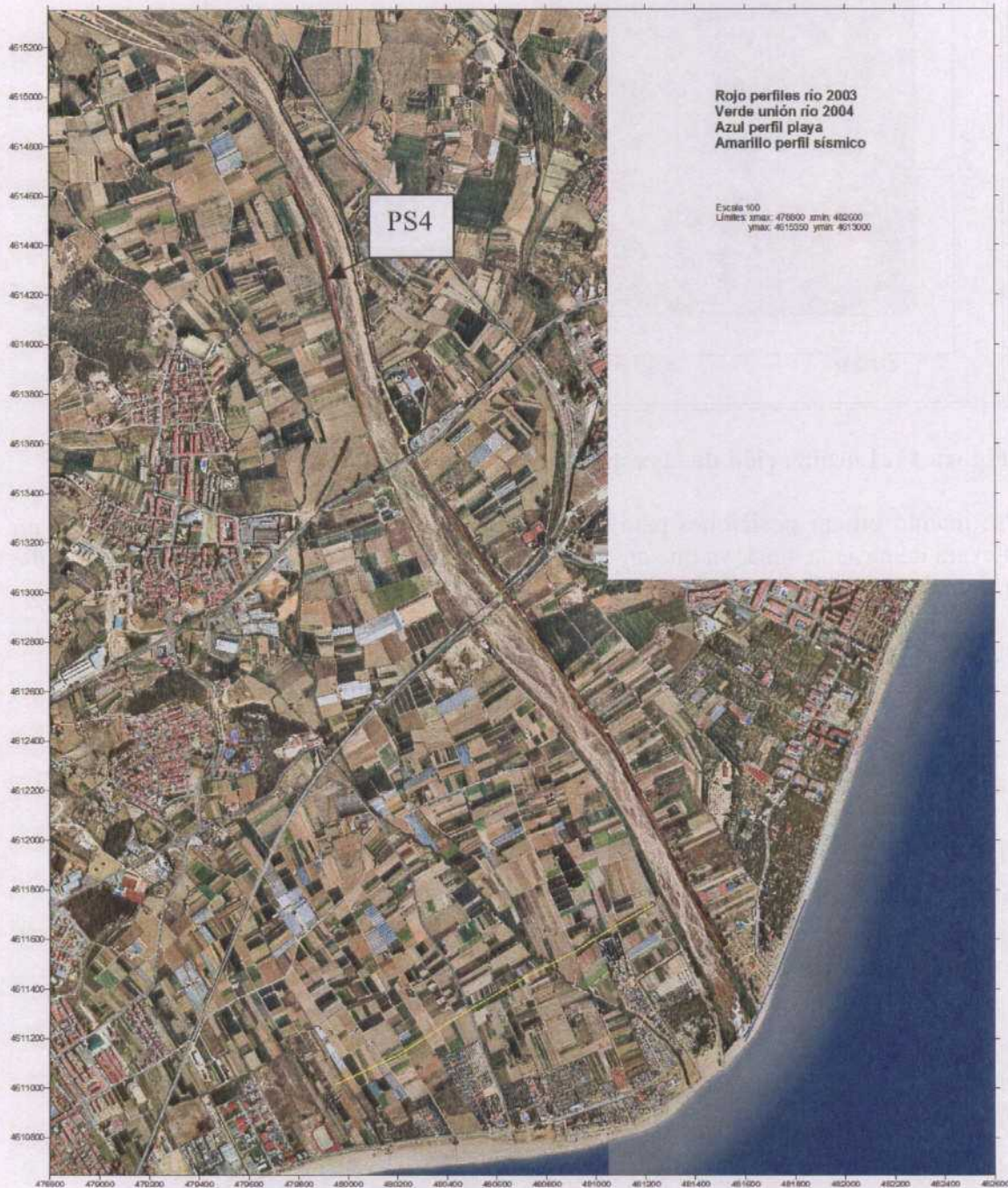


Figura 10. Localización del perfil PS4 sobre la foto aérea.

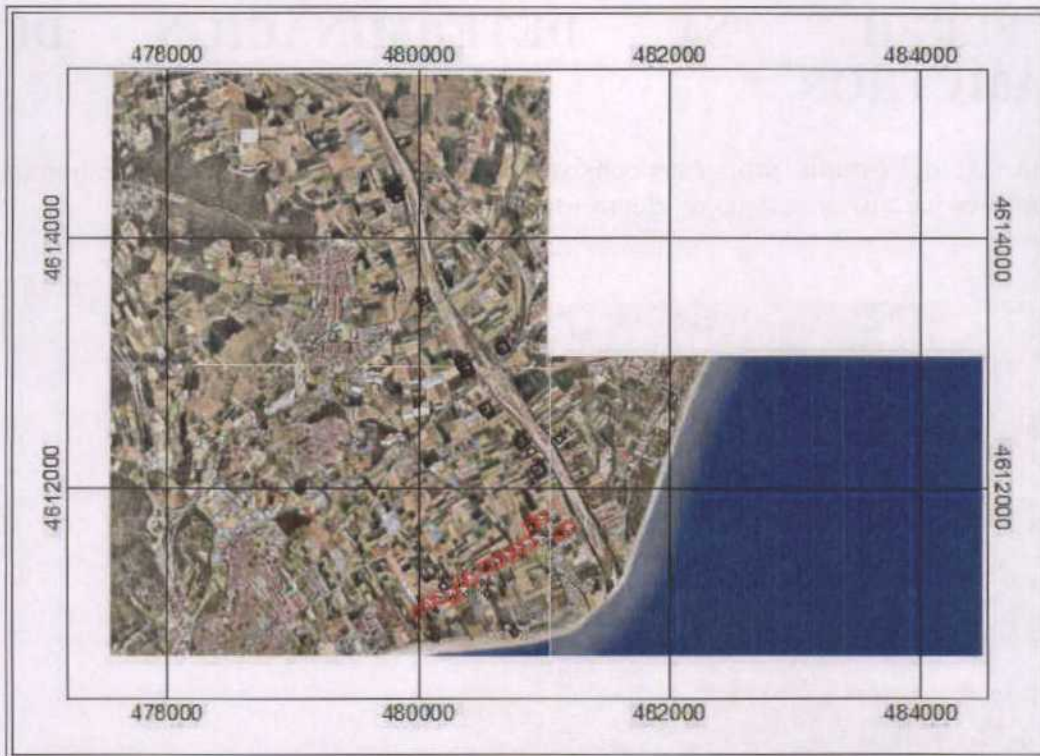


Figura 11. Localización de las estaciones de prueba sobre el perfil PS4.

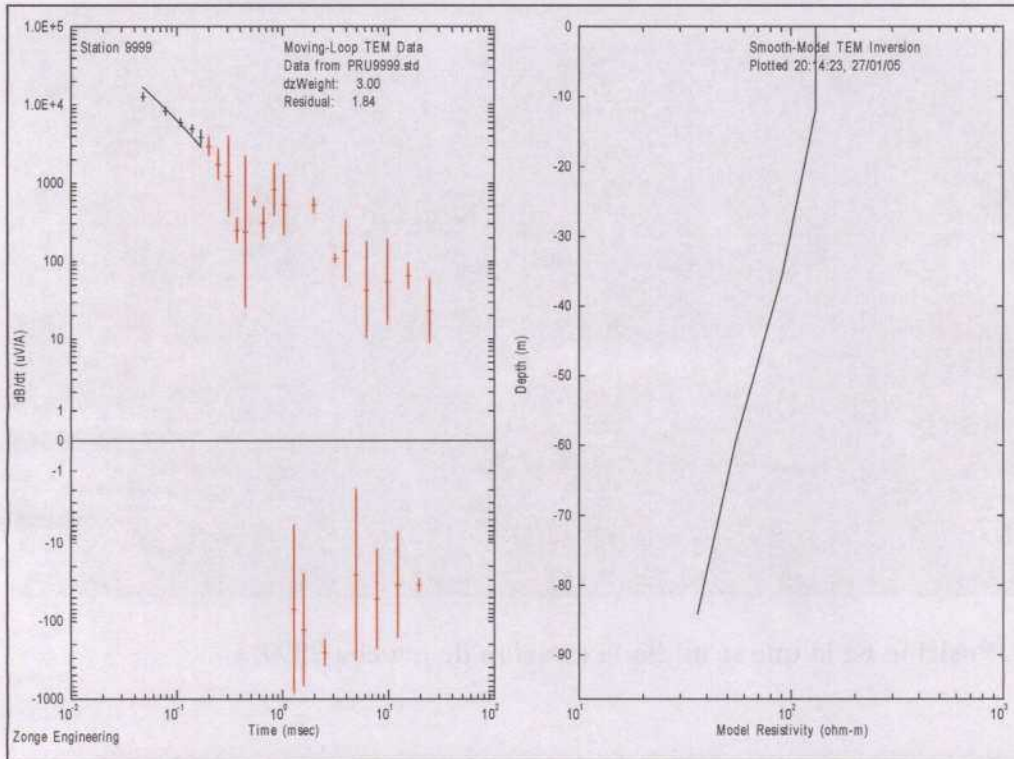
Se intentó buscar posiciones para las estaciones prueba en las que el Rio Tordera no llevara demasiada agua, ya que en el momento en el que se realizó la campaña el río iba muy crecido.



Figura 12. Vista del Rio Tordera durante el tiempo de la campaña de campo.

La primera estación de prueba es la estación número 9999:

Dimensiones del bucle: 100mx90m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.1
Rampa de caída: 155
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 030o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480340
Coordenada Y del centro: 4613020



Como se ve en esta imagen solo las cinco primeras ventanas de tiempos no tienen error, según el modelo calculado tendríamos información hasta unos 80 metros, y no tendríamos valores resistivos. Solo cinco ventanas de datos no son suficientes para hacer un modelo, este que se muestra es solo orientativo.

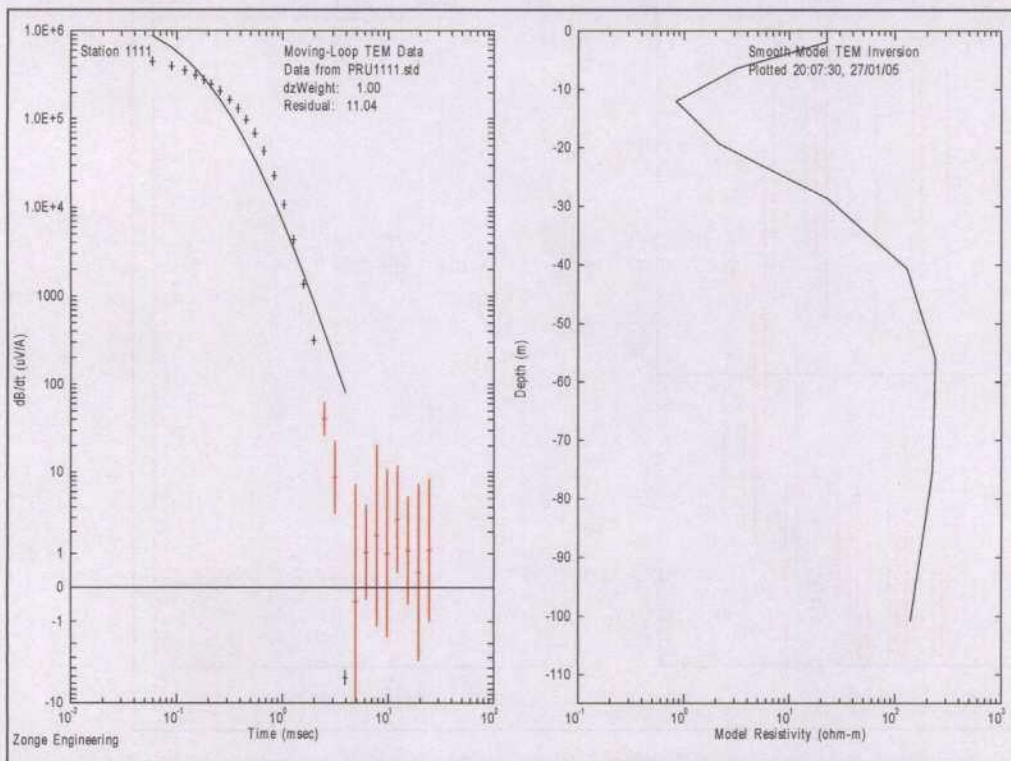
La posición que se eligió para esta medida no fue la adecuada ya que estábamos muy cerca de varias líneas eléctricas, de una vía del tren, de una desalinizadora, y con la posibilidad conocida a posteriori de que hubiera grandes tuberías metálicas enterradas.



Figura 13. Posición en la que se midió la estación de prueba 9999.

La segunda estación de prueba es la estación número 1111:

Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 3
Intensidad de corriente: 6.3
Rampa de caída: 175
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 000o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480540
Coordenada Y del centro: 4612640

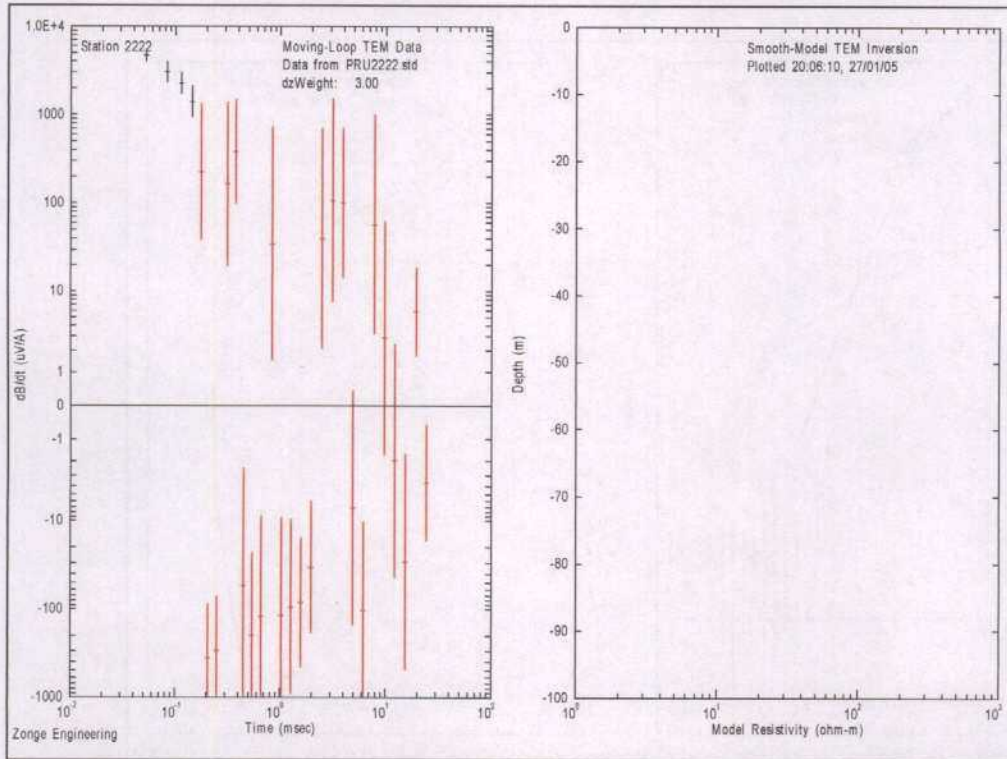


En este caso vemos en la imagen que claramente se llega al basamento a unos 30 metros de profundidad según el modelo.

Esta estación se midió en el otro lado del río respecto a la estación 9999, un poco más cerca de la desembocadura. En este lado del río se midió con mucho menos ruido.

La tercera estación de prueba es la estación número 2222:

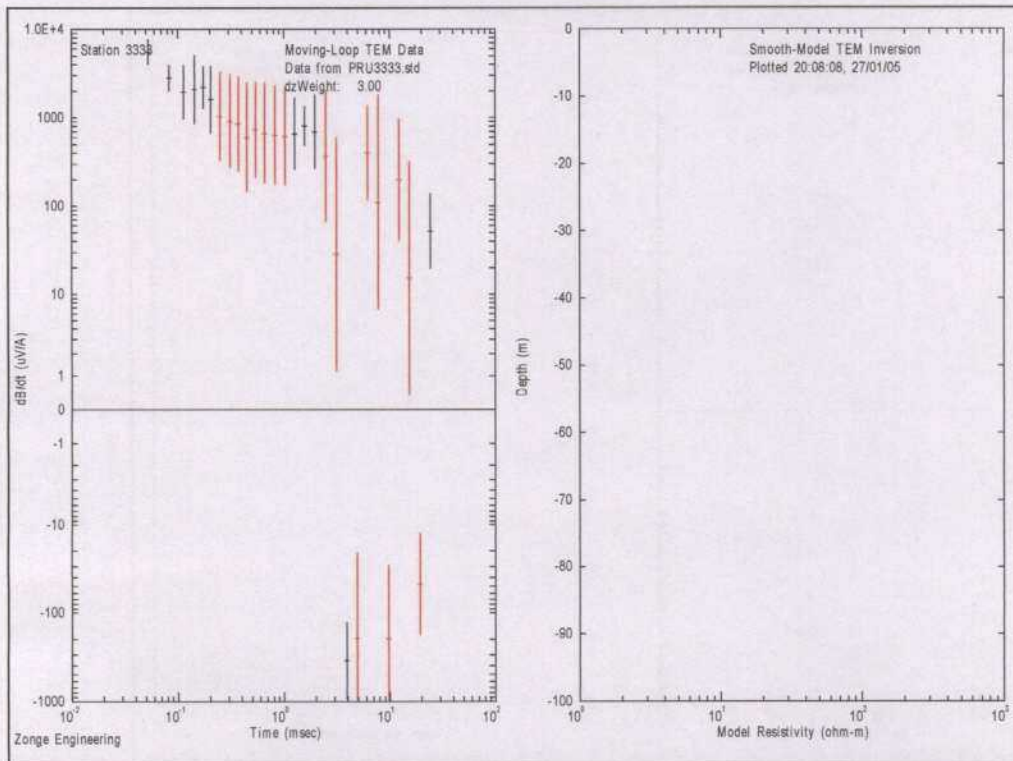
Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.7
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480040
Coordenada Y del centro: 4613520



Es un caso similar al de la estación 9999, excepto las cuatro primeras ventanas todas las demás tienen mucho ruido, vuelve a ser un ruido ambiental.

La cuarta estación de prueba es la estación número 3333:

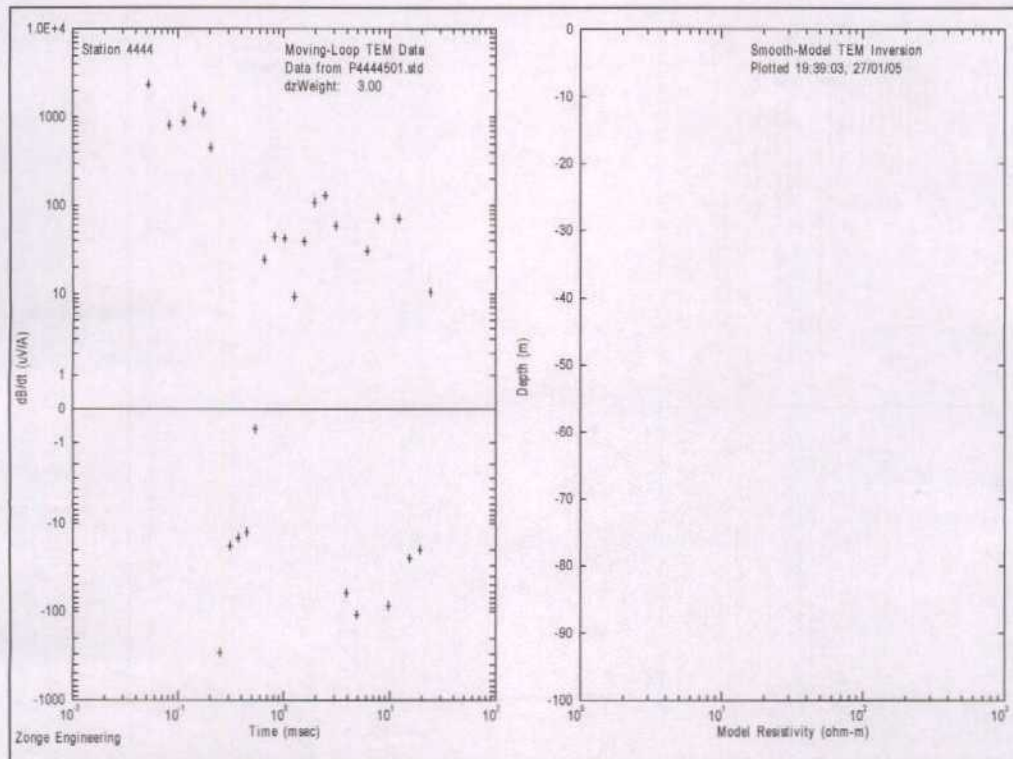
Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.8
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 020o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 479830
Coordenada Y del centro: 4614420



En este caso, como en varias de las estaciones anteriores, solo podemos utilizar las tres primeras ventanas, otra vez debido al ruido ambiental aunque en este caso no se veía ningún elemento cercano que pudiera ser la causa. Había una línea eléctrica pero más lejos que en otras estaciones en las que no hemos tenido este tipo de medida.

La quinta estación de prueba es la estación número 4444:

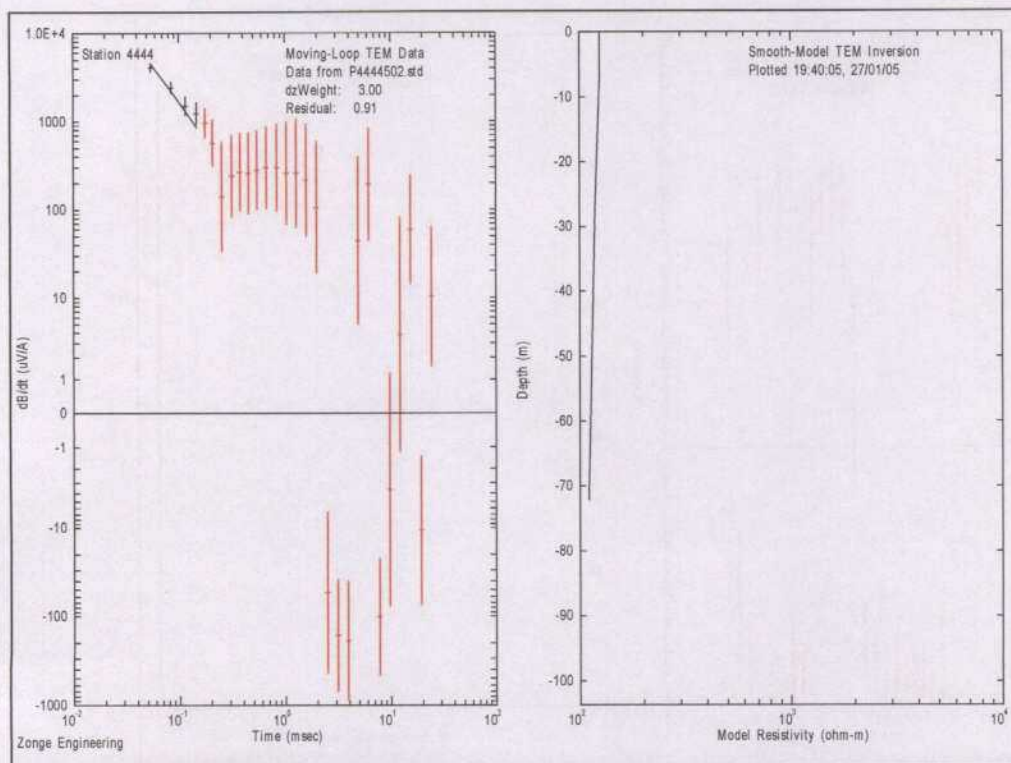
Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.6
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 060o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 479785
Coordenada Y del centro: 4614400



Esta estación está 50 metros en la dirección perpendicular al río, de la estación 3333, más lejos de la línea eléctrica. Se intentó evitar el posible ruido ambiental debido a la línea eléctrica. Los datos siguen teniendo mucho ruido.

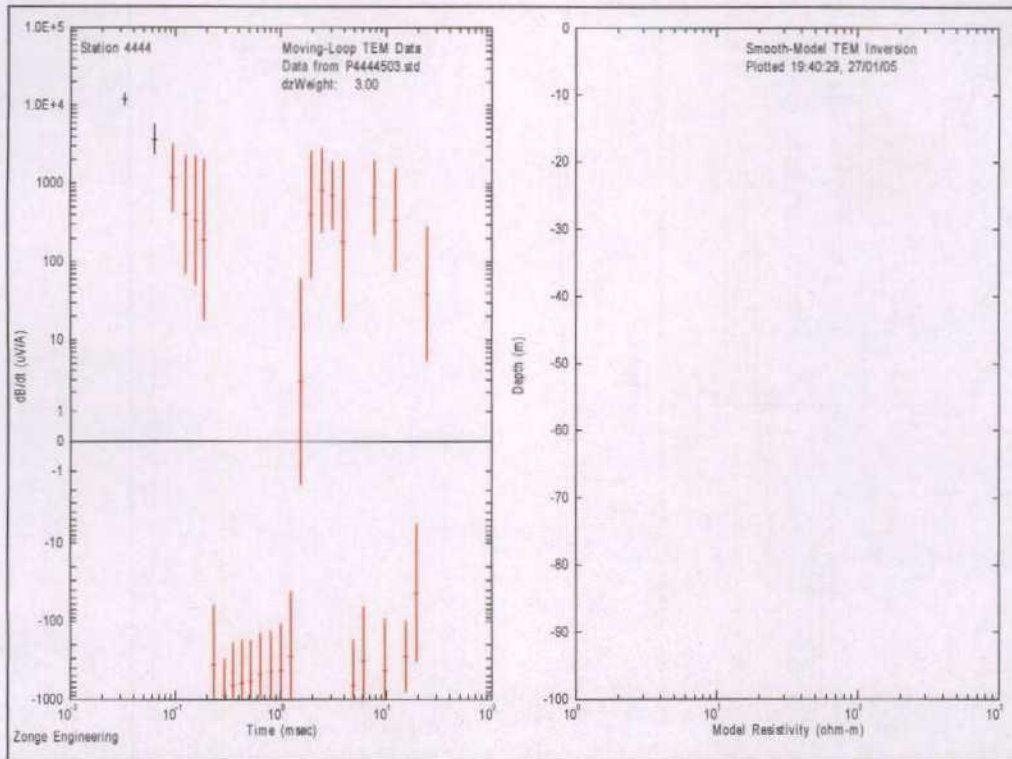
Solo se tomo una medida con una vuelta de cable ya que era de muy mala calidad, por lo que en esta misma localización se tomaron medidas con 2 y 3 vueltas de cable, y por último con un bucle de 100mx100m, para ver si mejoraba la calidad de los datos:

Dimensiones del bucle: 50mx50m
 Vueltas del cable: 2
 Intensidad de corriente: 6.2
 Rampa de caída: 210
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 004o (según definición de Zonge)



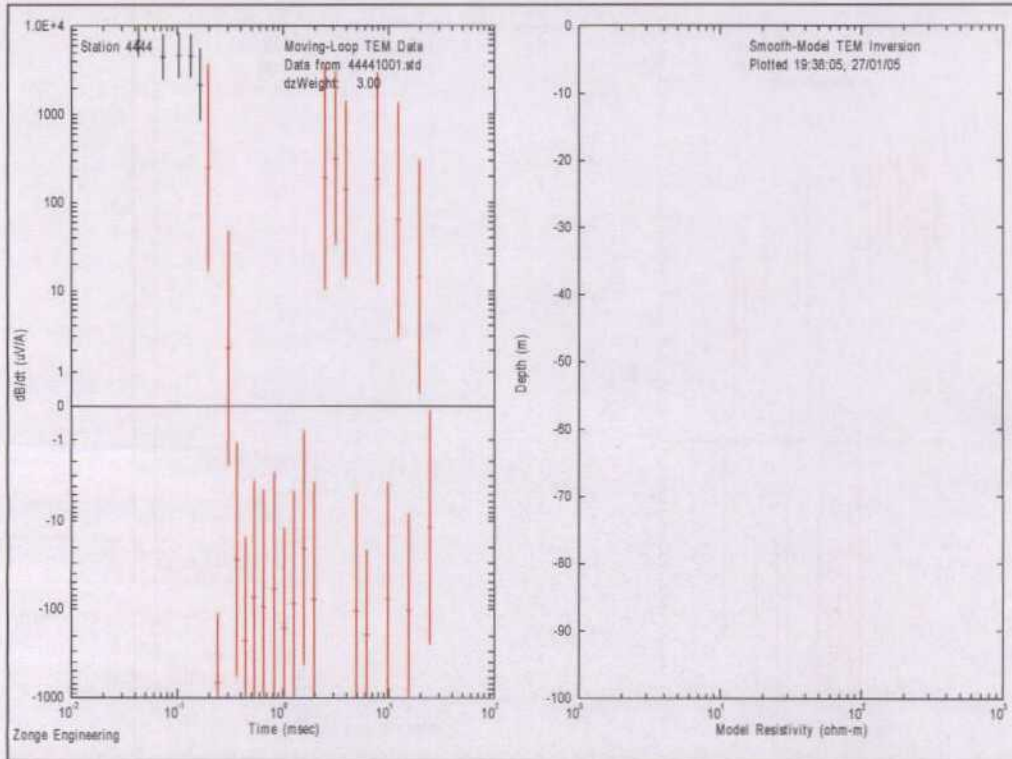
Mejora un poco pero la repetibilidad de las medidas es mala desde la cuarta ventana.

Dimensiones del bucle: 50mx50m
 Vueltas del cable: 3
 Intensidad de corriente: 4.2
 Rampa de caída: 262
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 004o (según definición de Zonge)

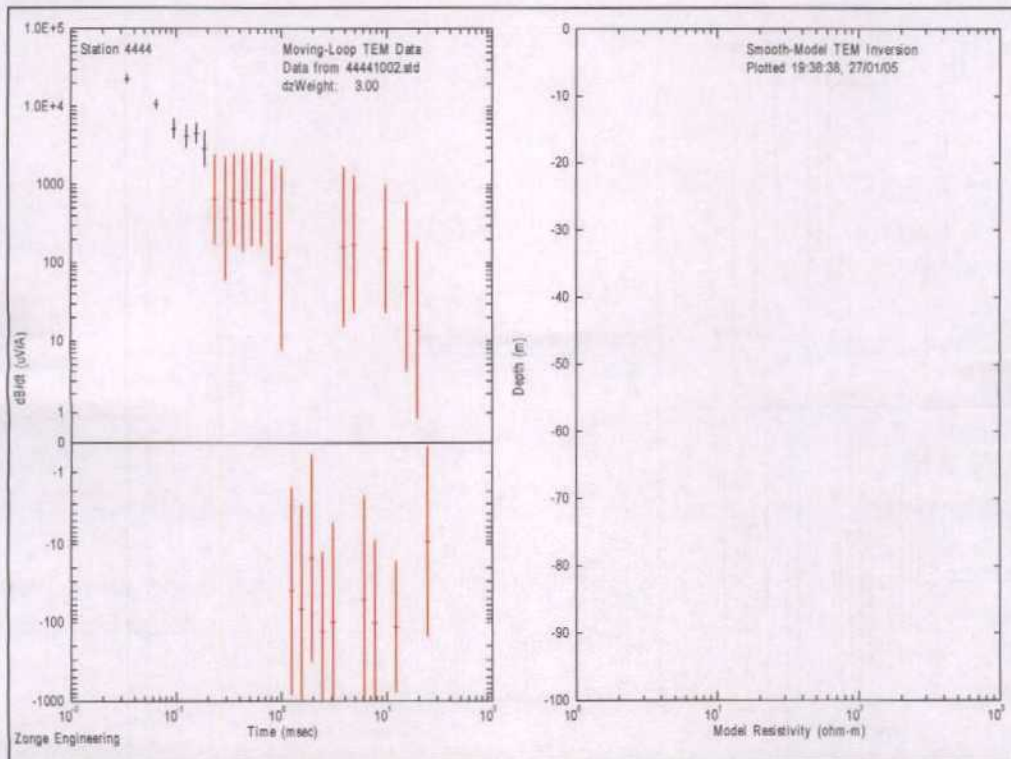


Con tres vueltas tampoco mejora visiblemente.

Dimensiones del bucle: 100mx100m
 Vueltas del cable: 1
 Intensidad de corriente: 6
 Rampa de caída: 160
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 003o (según definición de Zonge)
 Coordenada X del centro: 479830
 Coordenada Y del centro: 4614355



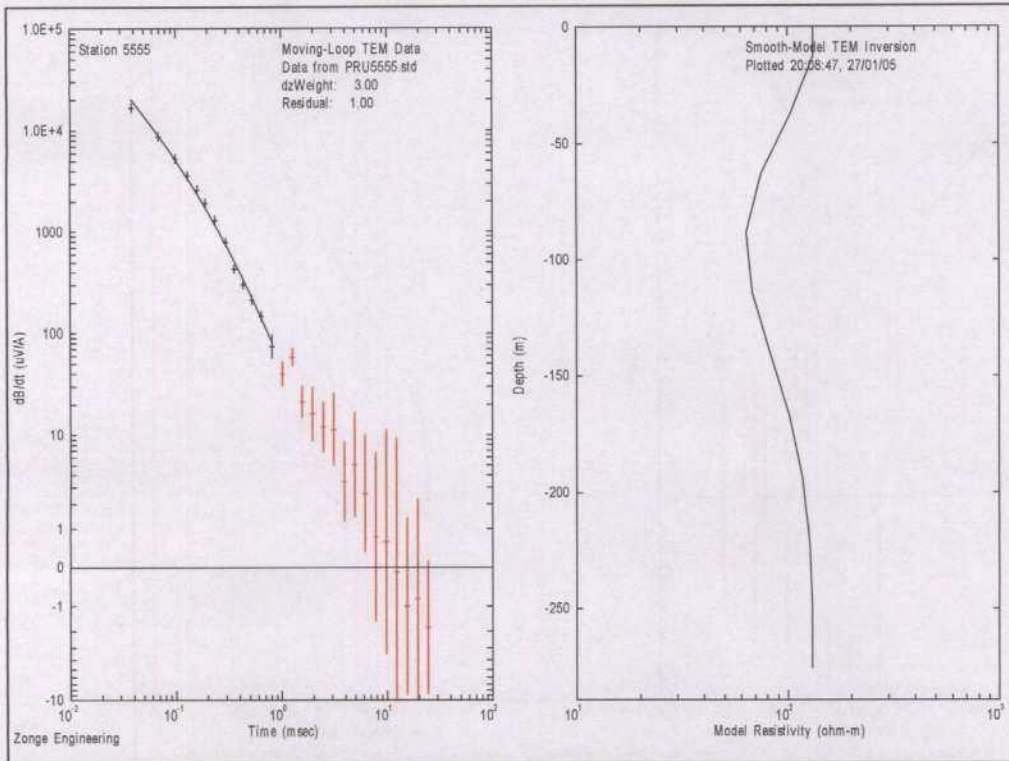
Dimensiones del bucle: 100mx100m
 Vueltas del cable: 2
 Intensidad de corriente: 5
 Rampa de caída: 230
 Frecuencia de emisión: 8Hz
 Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
 Coordenada X del centro: 479830
 Coordenada Y del centro: 4614355



Como vemos ninguna de las dos últimas imágenes tienen datos con menos ruido.

La sexta estación de prueba es la estación número 5555:

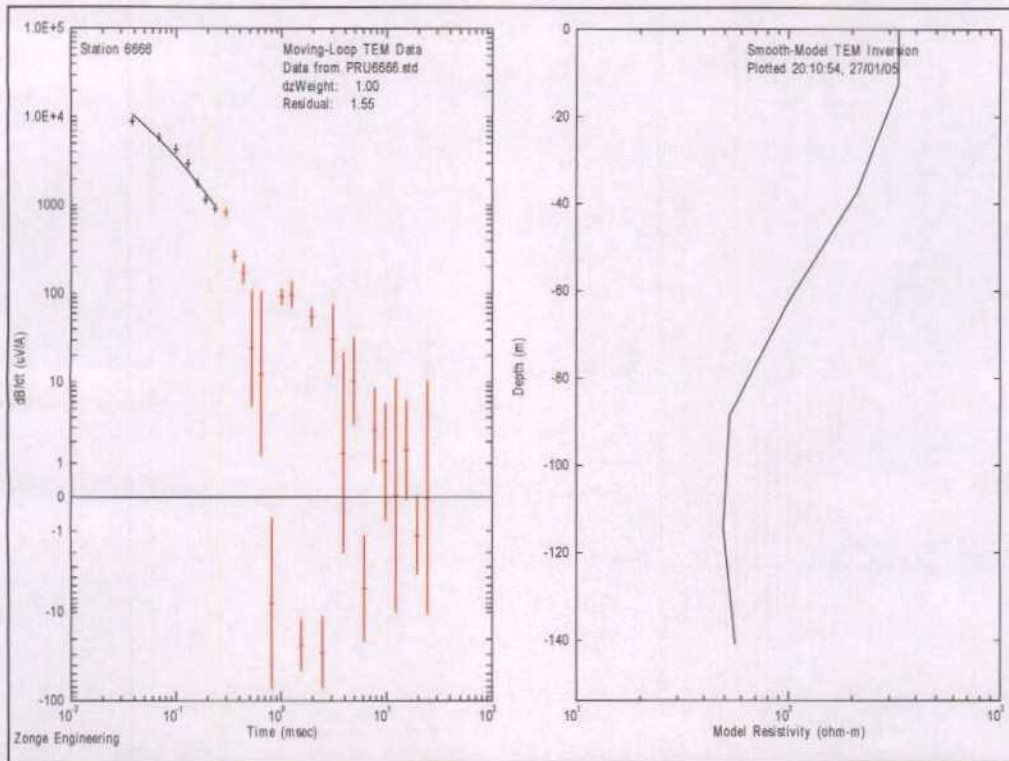
Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 040o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480960
Coordenada Y del centro: 4612150



En esta estación vemos que el basamento esta muy cerca de superficie desde los 20 metros de profundidad tenemos valores cercanos a 100ohm-m, pero esta profundidad puede ser aún menor si tenemos en cuenta que el tipo de modelo esta suavizado y la tendencia a aumentar la resistividad, con un pequeño aumento cerca de los 100 metros, la tenemos desde la primera ventana.

La séptima estación de prueba es la estación número 6666:

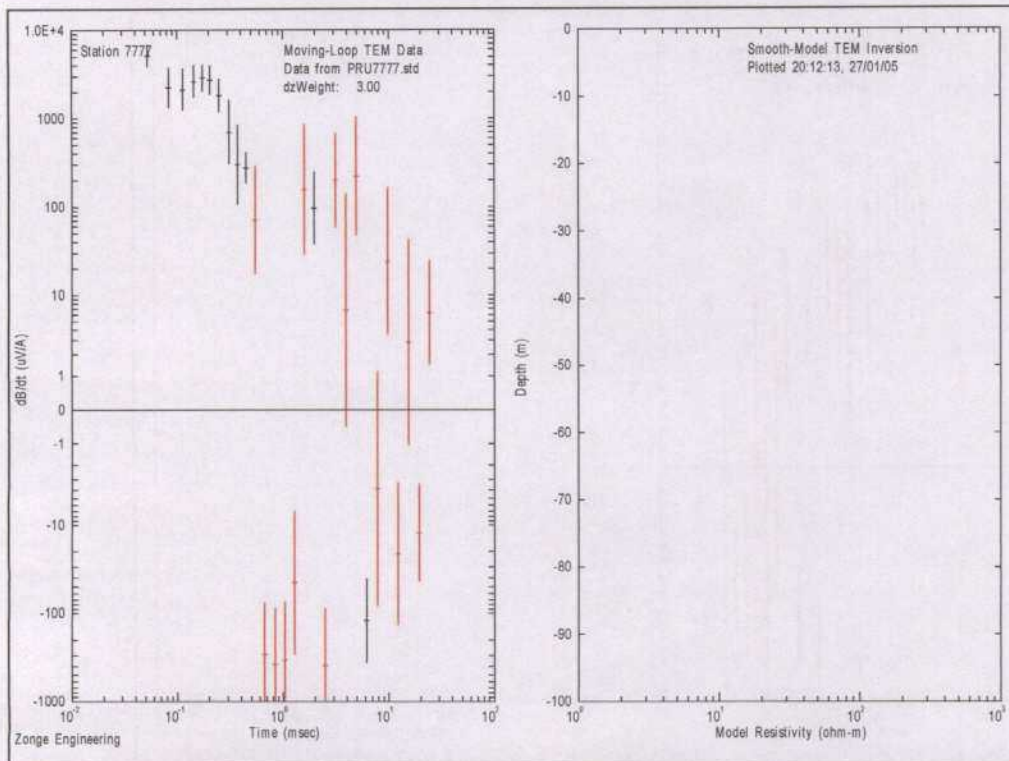
Dimensiones del bucle: 100mx100m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 6.5
Rampa de caída: 165
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480820
Coordenada Y del centro: 4612380



En este caso los datos no son tan limpios como la estación anterior, pero comenzamos con valores relativamente altos de resistividad, no como en el perfil PS1. Hay una tendencia a bajar la resistividad, y hasta los 140 metros no vemos ninguna tendencia al aumento, no esta claro si llegamos al basamento, pero solo son 8 ventanas limpias, la cercanía a un transformador eléctrico puede ser la causa del ruido. Aunque el cambio de pendiente en la ventana 5 indica un aumento en la resistividad, aunque el modelo por ser de suavizado y tener muy pocas ventanas limpias no lo ajusta muy bien se puede afirmar que cerca de superficie comienza el basamento granítico sin alterar a unos 80 metros.

La octava estación de prueba es la estación número 7777:

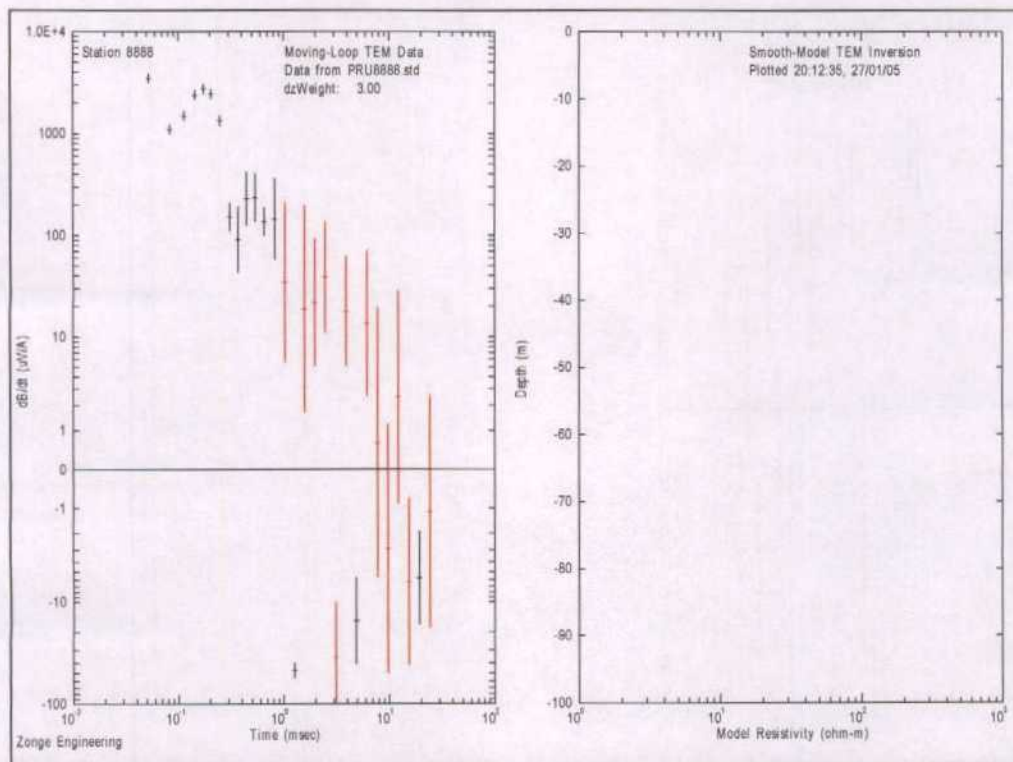
Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.8
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480395
Coordenada Y del centro: 4612955



Las 8 primeras ventanas tienen una repetibilidad relativamente buena, aunque tienen una tendencia ascendente en la curva de caída, lo que indica que algo está introduciendo un campo electromagnético que no es el secundario creado por el bucle emisor. Esta estación está muy cerca de una carretera y de varias líneas eléctricas. Para evitar el efecto de ruido ambiental tomamos otras dos medidas, separadas 50 metros a lo largo del margen del río, alejándonos de las líneas eléctricas (estaciones 8888 y 9991)

La novena estación de prueba es la estación número 8888:

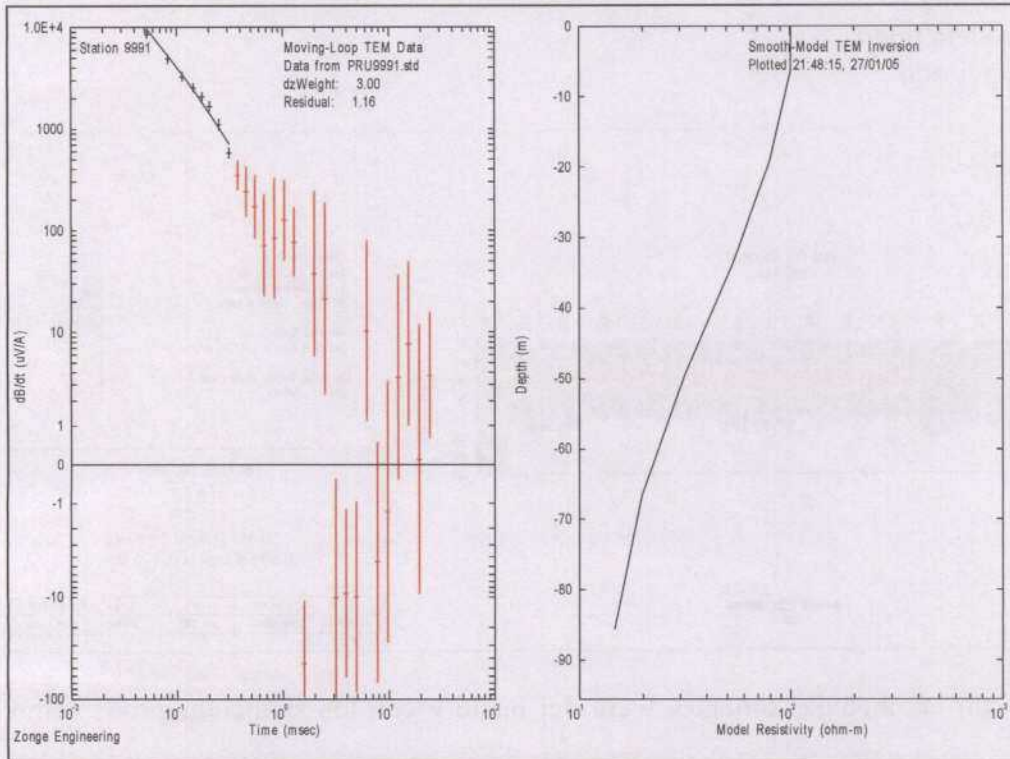
Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.8
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480360
Coordenada Y del centro: 4612985



A 50 metros las medidas no mejoran.

La décima estación de prueba es la estación número 9991:

Dimensiones del bucle: 50mx50m
Vueltas del cable: 1
Intensidad de corriente: 4.8
Rampa de caída: 120
Frecuencia de emisión: 8Hz
Ganancia: 050o (según definición de Zonge)
Coordenada X del centro: 480340
Coordenada Y del centro: 4613020



Sin embargo en esta estación vemos que si ha mejorado y que el efecto de ruido ambiental visto en las dos estaciones anteriores ya no se ve en esta. No es lo suficientemente limpia todavía para ver la profundidad a la que se encuentra el basamento, aunque se puede estimar que es precisamente a unos 80 metros donde comienza, ya que la curva de caída cambia de pendiente un poco antes de entrar en ruido, y además nos sirve de información a la hora de parametrizar el futuro trabajo sobre el perfil PS4.

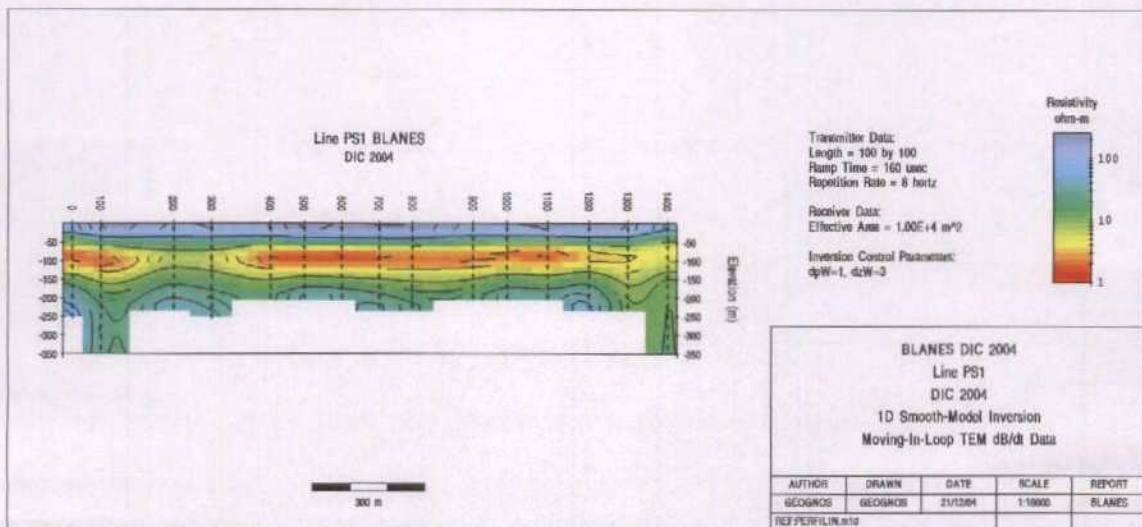
7. CONCLUSIONES

Perfil PS-1:

Como conclusión del perfil PS-1 se presentan los siguientes modelos (se ha sido más estricto limpiando los datos de ruido en estos modelos que se presentan a continuación por eso no son exactamente iguales que los presentados anteriormente):

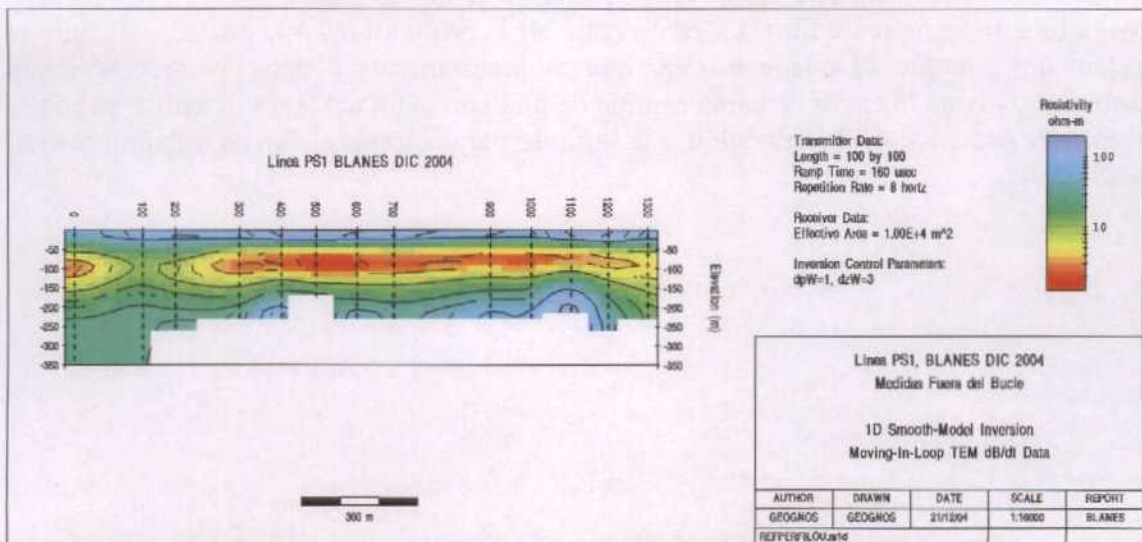
Calculado con las medidas tomadas en el centro del bucle, y con los siguientes pesos como parámetros:

Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 3



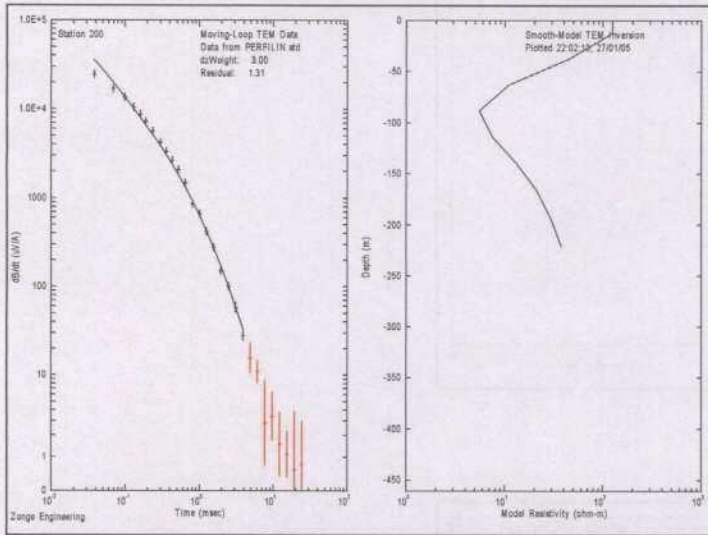
Calculado con las medidas tomadas fuera del bucle y con los siguientes pesos como parámetros:

Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 3

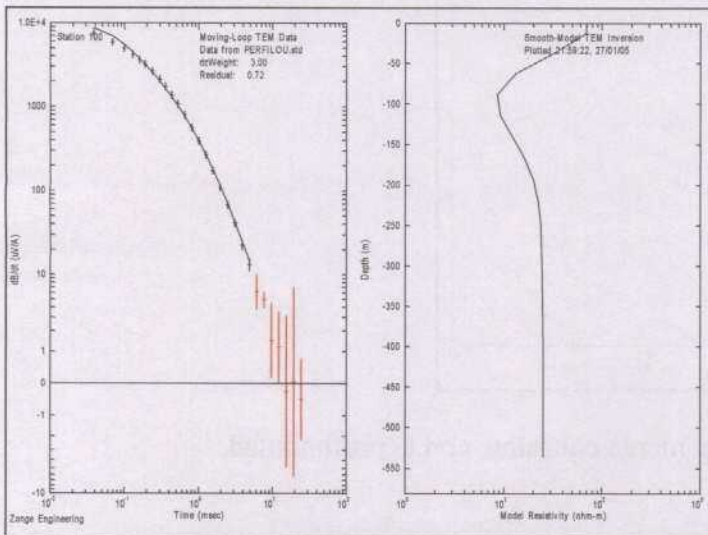


Ambos modelos son muy similares, el basamento según los dos modelos se encontraría a unos 150 metros, profundidad a la que empieza a aumentar la resistividad, en casi todo el perfil, excepto en las estaciones 100 y 1300.

La estación 200 dentro del bucle tiene esa capa conductiva que refleja seguramente una intrusión marina menos acusada que en el resto del perfil, y la resistividad aumenta a menor profundidad, podría ser una falla, o un contacto litológico lateral, pero esta claro que en esta posición hay un cambio geológico.



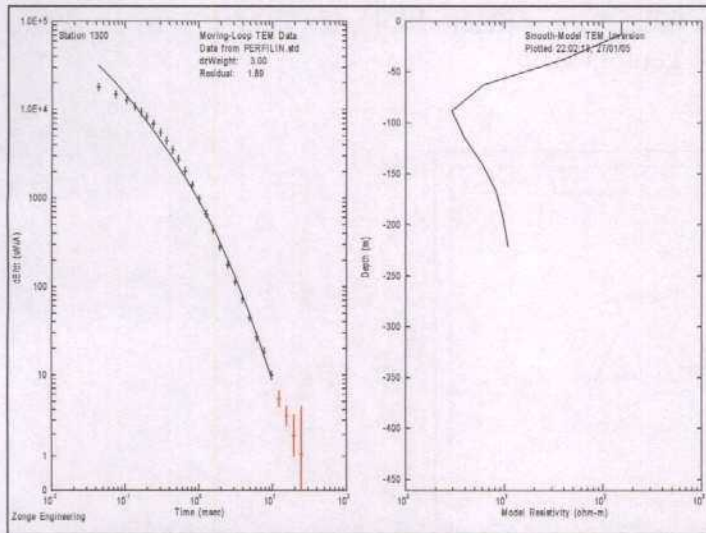
Estación 100, Fuera del bucle:



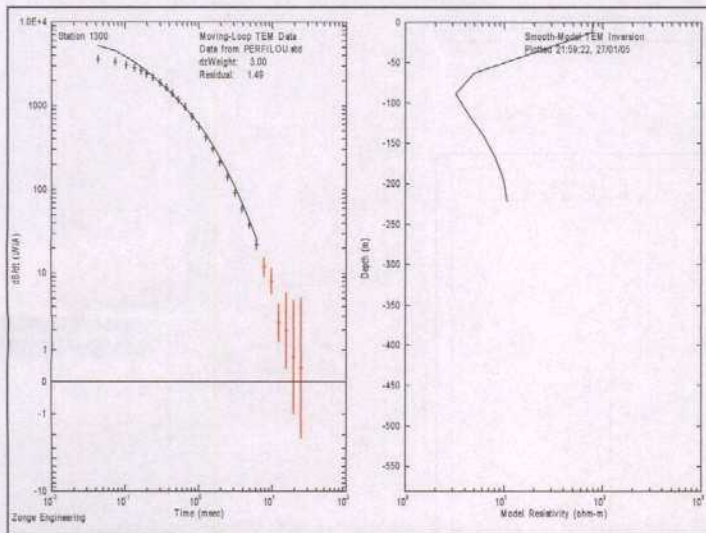
Cuando dentro y fuera del bucle no tenemos la misma información es síntoma de un cambio lateral. Es el caso de la estación 200 dentro del bucle y utilizando este mismo bucle como emisor la medida fuera, que corresponde a la posición 100 fuera del bucle.

La estación 1300 tiene unos datos muy limpios, tanto en medidas dentro y fuera del bucle. La intrusión marina en este caso llega a más profundidad que en el resto del perfil.

Dentro del bucle:

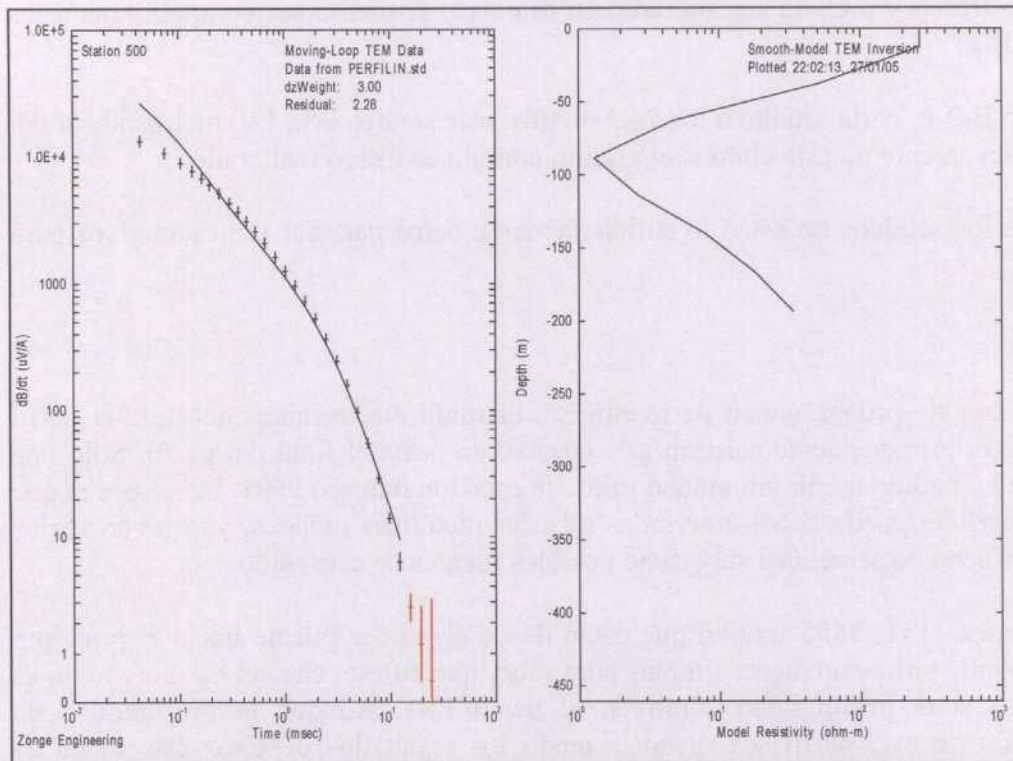


Fuera del bucle:



La resistividad se mantiene prácticamente constante con la profundidad.

La resistividad no aumenta con la profundidad como por ejemplo en la estación 500 dentro del bucle:



Según la información de los sondeos:



Figura 14. Localización de los sondeos y bucles medidos.

Los sondeos aca-2002-04 y B2b son los más cercanos al perfil. El primero corta granito a los 89 metros de profundidad, no sería compatible con los datos de los SEDT, pero según la información aportada por la Universidad de Barcelona, no está muy claro que sea granito fresco y pudiera ser alterado, en este caso sí podría ser compatible con los datos de SEDT.

El segundo B-2-b, corta granito a los 74,2 metros, este sondeo está 130 metros al sur del perfil, y nuevamente no está claro si el granito cortado es fresco o alterado.

El resto de los sondeos no están lo suficientemente cerca para ser representativos para este perfil.

Perfil PS4:

Las estaciones de prueba ponen de manifiesto el ruido electromagnético que el perfil tiene desde el primer puente cercano a la desaladora hasta el final del perfil. Solo una estación se ha podido medir sin mucho ruido, la estación número 9991. Se sospecha que bajo la superficie pueda haber enterradas tuberías metálicas grandes, ya que en varios bucles de prueba no se veía en superficie posibles fuentes de este ruido.

Las estaciones 1111, 5555 y 6666 que están desde el primer puente hacia el principio del perfil son lo suficientemente limpias para saber que en este caso el basamento no se encuentra a tanta profundidad como en el perfil PS1. Aunque la profundidad de investigación de este perfil sea menor, viendo los resultados de estas estaciones de prueba, se recomienda utilizar bucles de 100x100 metros en futuros trabajos sobre el perfil PS4.

A la hora de estudiar el perfil desde el primer puente hasta el final, se recomienda esperar a que el río Tordera lleve menos agua y localizar los bucles dentro del margen del río, separándolos lo más posible de las líneas eléctricas.

La información de sondeos en este caso nos vale para las estaciones de prueba 5555 y 6666, hay dos sondeos cercanos al piezómetro de laboratorio Fehr y el C32.

El piezómetro corta granito a 42 metros y al otro lado del río el sondeo C32, de solo 14 metros no corta el granito, si bien en las estaciones 5555 y 6666, el claro aumento de resistividad lo tenemos a 80 y a 100 metros de profundidad, toda la columna de resistividades son altas, podría ser compatible con la información teniendo en cuenta que en ambas estaciones hay una capa más conductiva alrededor de los 100 metros que podría ser debida a una intrusión de agua salada. Para esta interpretación necesitaríamos que el granito estuviera estratificado horizontalmente con diferentes grados de alteración.

Apoyando esta última teoría está que en ambas estaciones vemos un cambio cercano a los 40 metros.

APÉNDICE A

BREVE EXPLICACIÓN DEL MÉTODO.

El SEDT (Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempo) es un método electromagnético en el dominio de tiempos. El equipo necesario consiste en un transmisor que inyecta corriente en un bucle de distintas dimensiones (dependiendo de la profundidad a la que se quiere llegar en el estudio, el área a cubrir y los niveles de ruido ambiental) y un receptor.

La corriente que se inyecta en el bucle es una corriente en forma de ciclo alternando la polaridad. Las medidas en el receptor se miden durante el tiempo en que no se esta inyectando corriente, de forma que solo están presentes los campos secundarios. Se crea un campo magnético por la inyección de corriente en el bucle, y durante el tiempo en que no hay corriente se mide con la antena receptora el voltaje generado por la difusión de la energía inducida.

Normalmente los intervalos de tiempo de caída en que no se inyecta corriente varían desde 30 microsegundos a cientos de milisegundos para exploraciones profundas.

Es fundamental sincronizar el transmisor y el receptor, para realmente medir solo en los intervalos de tiempo en que no se esta inyectando corriente en el bucle.

La topografía del terreno si es abrupta puede afectar negativamente a las medidas, ya que se asume que el bucle transmisor y la antena receptora se sitúan sobre superficies paralelas. En este estudio la topografía es llana con lo que no tenemos este problema.

La configuración de campo que se utilice va a variar los resultados finales de las medidas tomadas en el campo. En este caso se utilizará un bucle como transmisor de uno 100x100 metros y de 50x50 metros, ya que queremos llegar a unos 200 metros de profundidad. Las medidas se pueden hacer dentro y fuera del bucle. Tomarlas fuera y dentro aporta información sobre la posición relativa de las estructuras sujetas a estudio respecto al bucle.

APÉNDICE B

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS. ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION

RECEPTOR MULTIFUNCIÓN GDP-32^{II}.

El ZONGE GDP-32^{II} es la cuarta generación de receptores GDP de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION. Es un receptor multicanal en el dominio de tiempos o frecuencias para campos eléctricos y magnéticos de fuente natural o controlada.



Figura 15. Receptor de Zonge (GPD32)

Para la sincronización temporal emplea un sistema de oscilador de cuarzo de alta precisión con reloj que mantiene unos tiempos muy estables de referencia con rangos de deriva típica de menos de $5 \mu\text{s/hr}$ (aproximadamente $0.03 \text{ m}\mu\text{r/hr}$ de deriva de fase en 1 Hz). Opcionalmente el oscilador puede incorporar un sistema global de posicionamiento (GPS) para reducir los errores temporales. Un reloj idéntico en un controlador de transmisor (XMT-32) puede ser sincronizado con uno o más receptores GDP y usado para conducir un transmisor, eliminando así la necesidad de una conexión física que proporcione la referencia de fase.

El receptor GDP-32^{II} puede adquirir datos para más de 16 canales analógicos independientes. Cada señal de entrada está condicionada por la ganancia aplicada a la señal y por un circuito de filtrado, después del cuál es muestreado y convertido a formato digital. El receptor GDP-32^{II} lleva incorporados programas que permiten al operador revisar los datos numérica y gráficamente en el campo. Un error medio (SEM) es calculado para cada medida así como la resistividad aparente para las distintas antenas y programas de adquisición. Las curvas de caída en el dominio de tiempos y el

espectro en el dominio de frecuencias puede visualizarse gráficamente. Así mismo se puede mostrar la barra de error para un conjunto de medidas repetidas.

Otras características del GDP-32^{II} son:

Es un receptor duro y hermético transportable por un operador.

Posee un procesador de 66 MHz y 586 MPU (opcional hasta 133 MHz).

Es un sistema de banda ancha en el dominio de tiempos y de frecuencias ($0.001 \leq f \leq 8192$ Hz).

Al ser un sistema multifunción permite realizar distinto tipo de estudios: resistividad, PI en Dominio de Tiempos o de Frecuencias, Resistividad Compleja, MTAFC, MT/AMT, SEDT/nanoSEDT,...).

Permite un gran almacenamiento de datos, más de 4 GB de disco duro.

Sistema "Ethernet" para el volcado de datos (0.5 a 1.2 MB/sg).

Sistema de operación remota mediante el puerto serie.

Fuente de calibración interna con Programas que permiten la calibración de los datos.

Control automático de ganancia y de Potencial Espontáneo.

TRANSMISOR ZT-30

ZONGE ha desarrollado 4 transmisores que utilizan fuentes de corriente continua como fuentes primarias de energía (además de los transmisores GGT que utilizan un motor como generador). Tres de estos transmisores fueron desarrollados para estudios SEDT y el cuarto para estudios de PI o resistividad a pequeña escala.

El ZT-30 utiliza fuente corriente continua (24-120 V) generando corrientes que pueden superar los 30 A. Dos o más baterías de coche pueden conectarse en serie de forma que pueden utilizarse como fuente de energía para estudios SEDT con un transmisor ZT-30. El ZT-30 puede también utilizarse como transmisor para estudios de PI/resistividad que necesiten poca energía en estudios en los que la intensidad no requiera ser regulada (PI en Dominio de Tiempos) o en los que la forma de la curva de corriente pueda ser medida directamente.

El ZT-30 es pequeño y de fácil transporte por una persona. Es un transmisor apropiado para estudios SEDT con objetivos a profundidades menores de 500 metros.

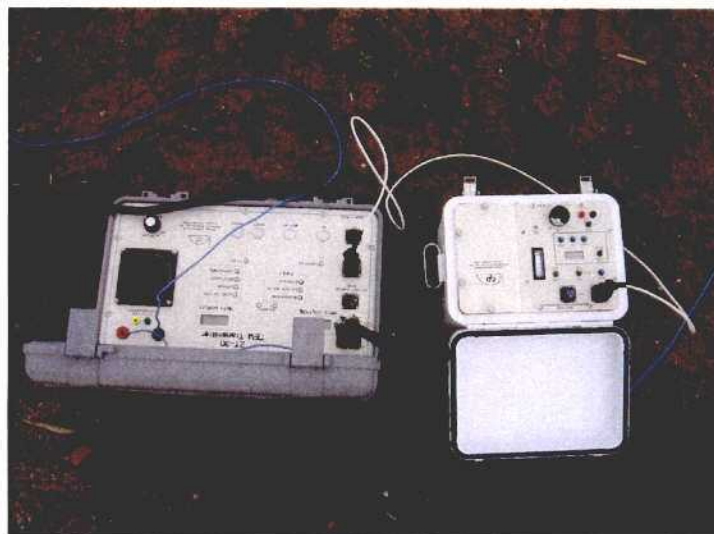


Figura 16. Transmisor ZT30 y controlados de corriente XMT.

ANTENA TEM-3

Con los avances en los equipos receptores se ha hecho necesario el incremento en la calidad de los sensores para el campo magnético. ZONGE fabrica un completo rango de bobinas de inducción basadas en detectores de campo magnético adaptados a las condiciones de cada aplicación. Poco ruido, poca potencia y estabilidad térmica son importantes objetivos para los sensores magnéticos aplicados a la exploración geofísica.

Alguna característica de la antena TEM-3 son:

$F_0 > 20 \text{ kHz}$

dB/dt respuesta $A_e = 10.000 \text{ m}^2$.



Figura 17. Antena TEM-3 de Zonge.

APÉNDICE C. MODELOS

Los modelos de inversión suavizados convierten los datos medidos (dB/dt) en perfiles de resistividad respecto a la profundidad. Los datos observados de tiempos y dB/dt se utilizan en cada estación para determinar el modelo de partida o inicial que es un modelo de capas horizontales.

El espesor de las capas se determina calculando la profundidad de penetración del campo fuente para cada ventana de tiempos. La resistividad de cada capa se ajusta iterativamente hasta que la diferencia entre el modelo y los datos observados se ajusta al error determinado, siempre que sea consistente con un contraste suavizado. El contraste suavizado limita la variación de resistividad entre las distintas capas.

Existen dos parámetros en los modelos que determinan el tipo de resultado, estos son el peso que se le da al modelo inicial y el peso que se le da al suavizado.

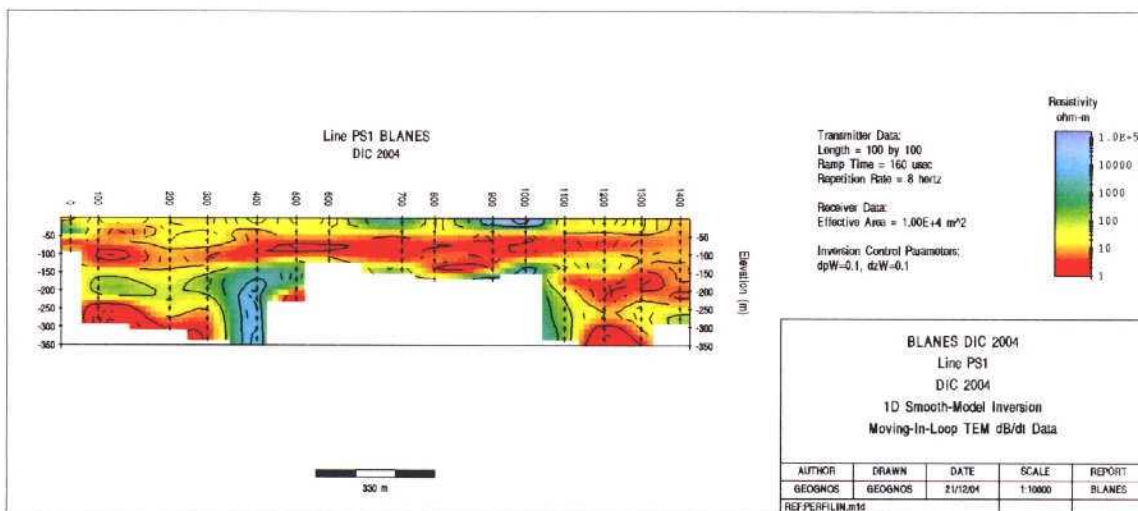
El peso del modelo inicial puede variar entre 0.001 y 100, siendo los valores más altos los que calculan modelos más parecidos al modelo inicial y los más bajos al contrario.

Cuanto más alto es el peso del suavizado, menos contrastes son permitidos en el modelo., si el valor es muy bajo los cambios serán muy bruscos.

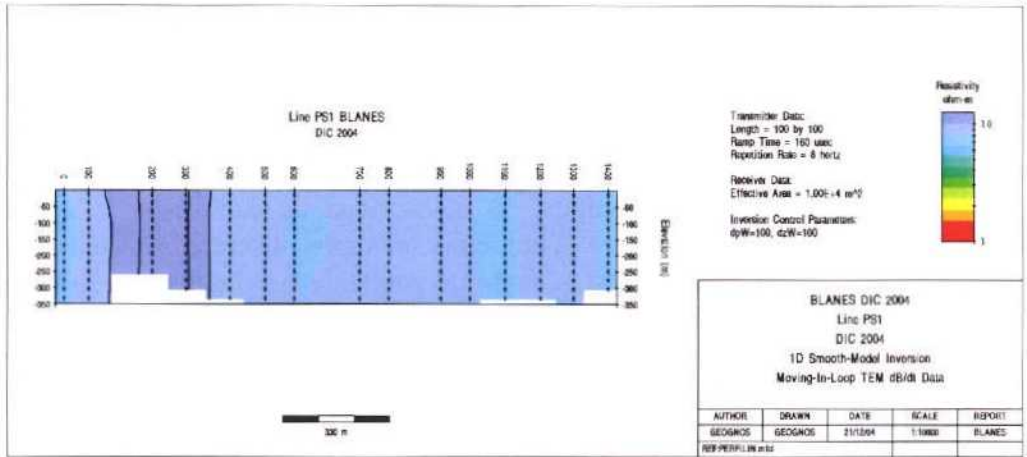
En todos los casos se debe jugar con estos parámetros para crear modelos con errores bajos pero reales geológicamente.

Como ejemplo:

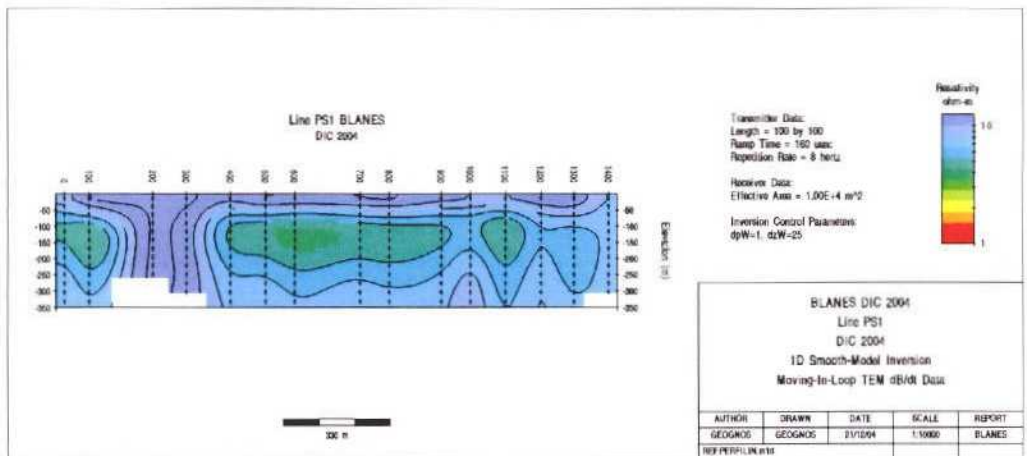
Peso del modelo inicial 0.1
 Peso del suavizado 0.1



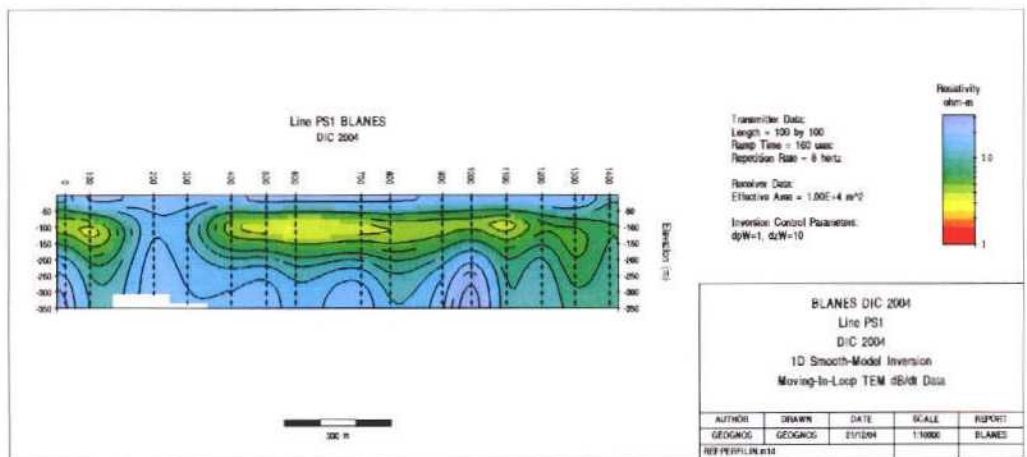
Peso del modelo inicial 100
 Peso del suavizado 100



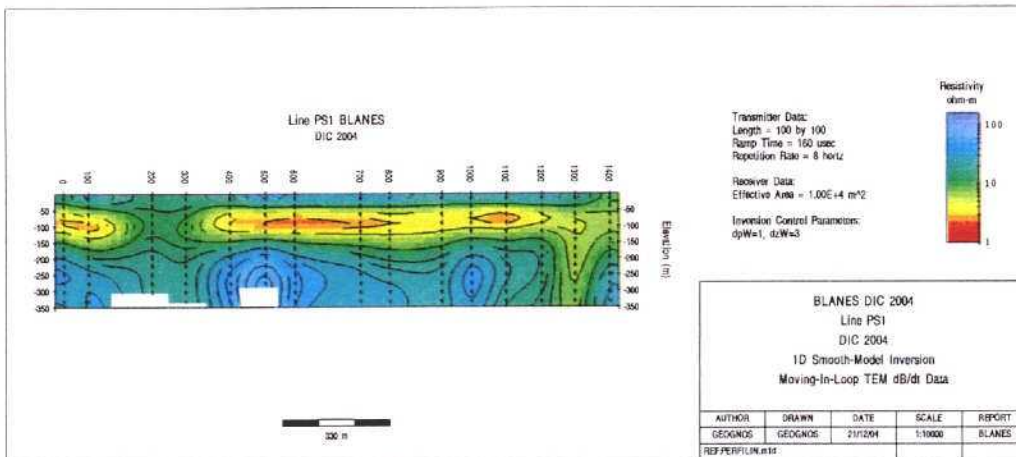
Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 25



Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 10



Peso del modelo inicial 1
 Peso del suavizado 3



El resultado de un modelo de suavizado es un conjunto de resistividades estimadas que varían suavemente con la profundidad. La variación lateral es calculada invirtiendo sucesivamente las estaciones a lo largo de un perfil. Los resultados para una línea completa se presentan en una seudo-sección con los contornos de resistividades. Para calcular los contornos se localiza por convenio, las resistividades en el punto medio de cada capa, formando una columna por debajo de cada estación.

Los modelos de suavizado no requieren modelos iniciales, estos se calculan a partir de los propios datos observados.

Los datos observados se preparan para la inversión con el programa TEMAVG, que lo que hace es cambiar el formato de los datos de volcado del receptor para que pueda ser leído por los programas de inversión de ZONGE. Todos los parámetros de la campaña, junto con los propios de los datos, pueden modificarse en el paso previo a la inversión, además de asociar los datos con sus coordenadas y borrar los datos de las ventanas de tiempos con ruido o mala repetibilidad.

Los modelos han sido creados por:

Scott MacInnes
 Mykle Raymond
 April 2001
 Zonge Engineering and Research Organization, Inc

APÉNDICE D. FORMATOS

Los datos de esta campaña se presentan en dos formatos distintos:

1. Formato con extensión txt. Son los datos directamente volcados del receptor.
2. Formato con extensión tem. Formato solicitado por el IGME.

Datos del volcado del receptor:

Son los datos como se vuelcan del receptor directamente. Tiene tres tipos de cabeceros y sus datos correspondientes:

1. Cabecera y datos de sincronización:

```
0110
SYNC0537 2004-12-14 9:09:54 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC
OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M
JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25 MAV Enabled
1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000
2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000
3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000
Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 0.0, Humidity 0.0, EPROM
030901BLD321
```

```
0111
SYNC0537 2004-12-14 9:28:03 12.7v D-D 0.0% 0.0 DegC
Tx 1 Rx 1 N 50, 5 ESys 1.000
1 Hz 8 Cyc Tx Curr 4.6
1 ON 1 1.2699 4.9 940.0 0100 0.76 0.00 0
2 ON 2 3.3819 10.01K 0000 0.01 6.59 0
```

El primer bloque es la cabecera y solo es información general del receptor.

El segundo bloque es la medida de sincronización. En este caso lo único importante es la diferencia de fase entre el receptor y el XMT (controlador de corriente del transmisor). Este datos se encuentra en la quinta fila y la quinta columna y las unidades son mrad (deben ser cercanas a 0).

2. Datos de calibración:

```
TEM 0618 2004-12-15 10:05:04 12.7v INL 58.2% 22.2 DegC
Tx 1400 Rx 1400 N OUT ICal 1.000
8 Hz 256 Cyc Tx Curr 6.2 244.1u 26u 30.52u
1 Hz 1400 0.9996 817.6u 0 0000 0.551u 0.00 0
```

Lo importante en este caso es comprobar que el valor de la columna 4 de la fila cuarta sea cercano a 1. Ya que lo que hace la calibración interna es introducir 1 Voltio y medir, si no hay problemas debe medir también 1V.

3. Cabecera y datos de medidas:

0277

TEM 0618 2004-12-15 10:36:50 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC
OPER isla TX ID 1 A-SP 50 M
JOB lanes LINE 1 E SPREAD 25
50% RxM 10000 TxX 100 TxY 100 #T 1
Tx Delay 160 Antenna Delay 15 Alias IN
Robust None
1 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 737 Passed 1.00000
2 DiffAmp Notch 50,3-5,9 S/N 594 Passed 1.00000
3 NanoTEM A/D 16-bit S/N 13 Passed 1.00000
Front Panel S/N 39, Cal S/N 10, Temp 21.1, Humidity 59.6, EPROM
030901BLD321

Nombre del campo Unidades Rango Tipo Anchura Final

Línea 1

Número de bloque Varía del 0 al 9999

Línea 2

Tipo de campaña – ej.: "TEM "
Número de versión: Varía del 0 al 9999
Rechazar el bloque: x o espacio
Fecha dd mmm yy
Tiempo hh:mm:ss
Voltaje Varía de 0 a 99.9
Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

Línea 3

Operador ej.: "Emilio"
Identificación del transmisor ej.: "UNO"
Espacio entre dipolos No se usa en SEDT

Línea 4

Identificación de trabajo ej.: "Blan"
Línea ej.: "1+00"
Dirección de la línea ej.: "N"
Identificación de la línea ej.: "A"

Línea 5

Duty Cycle % 50 or 100%
Área de la antena receptora Medida en m2 varía entre 1 y 999999
Longitud del bucle transmisor (X) Medida en m varía entre 1 y 9999
Longitud del bucle transmisor (Y) Medida en m varía entre 1 y 9999
Número de vueltas del bucle Varía entre 1 y 99
Referencia de la antena Varía entre .001 y 9.999

Línea 6

Tiempo de caída Medido en μ s y varía entre 1 y 9999
Retraso de la antena Medido en μ s y varía entre 1 y 9999
Filtro alias ej.: "OUT"

Línea 7+

Información de las tarjetas internas del receptor de los canales instalados. Una línea por canal.

0278

TEM 0618 2004-12-15 10:38:55 12.6v INL 59.6% 21.1 DegC

Tx 0.00000 Rx 0.00000 N OUT

8 Hz 64 Cyc Tx Curr 6.2 244.1u 26u 30.52u

1 Hz 0.000 1.8355m 817.6u 12.71 0300 2.342u 0.55 0

Wn Mag 1 Rho 1

43.14u 37.120m 230.66

73.66u 23.016m 130.06

104.2u 16.470m 91.224

134.7u 12.781m 70.398

165.2u 10.395m 57.485

195.7u 8.7489m 48.617

240.9u 7.0826m 39.592

302.1u 5.5856m 31.810

363.2u 4.6034m 26.619

438.7u 3.7164m 22.413

530.5u 3.0273m 18.723

650.4u 2.3922m 15.595

817.6u 1.8355m 12.709

1.015m 1.4101m 10.559

1.258m 1.0795m 8.8322

1.561m 801.39u 7.5123

1.954m 570.53u 6.4840

2.469m 388.01u 5.6764

3.107m 252.32u 5.1557

3.895m 157.32u 4.8466

4.881m 96.544u 4.6075

6.137m 53.352u 4.6720

7.730m 29.071u 4.7667

9.702m 13.762u 5.3735

12.19m 7.7523u 5.3882

15.34m 3.1980u 6.6263

19.30m 2.1866u 5.8236

24.28m -0.0415u 55.791

Línea 1

Número de bloque Varía del 0 al 9999

Línea 2

Tipo de campaña – ej.: "TEM "

Número de versión: Varía del 0 al 9999

Rechazar el bloque: x o espacio

Fecha dd mmm yy

Tiempo hh:mm:ss

Voltaje Varía de 0 a 99.9

Configuración ej.: "INL" (in loop/ dentro del bucle)

Línea 3

Operador ej.: "Emilio"

Identificación del transmisor ej.: "UNO"

Espacio entre dipolos	No se usa en SEDT
Línea 4	
Frecuencia	Medida en Hz ej.:" 1"
Ciclos de la medida	Varían entre 1 y 16384
Intensidad de corriente	Medida en Amperios Varía entre 0 y 99999
Retraso de muestreo	Medido en sg
Retraso del filtro alias	Medido en sg
Intervalo de muestreo	Medido en sg
Línea 5:	
Número de canal	Varía entre el 1 y el 8
Rechazo de medidas	X rechazada, espacio no rechazada
Tipo de canal	ej.:"Hz" (Componente z del campo magnético)
Número de estación	Varía entre 0 a +/- 99999
Tiempo de la ventana de referencia	Medido en sg
Resistividad de la ventana de referencia	Medido en ohm-m
Ganancias/Atenuación	ej.:"0600"
Error cuadrático medio	Medido en V/A
Potencial espontáneo	Medido en mV
Resistencia de contacto	Medida en ohm
Ganancia externa de la amplitud	Varía entre 1 y 9

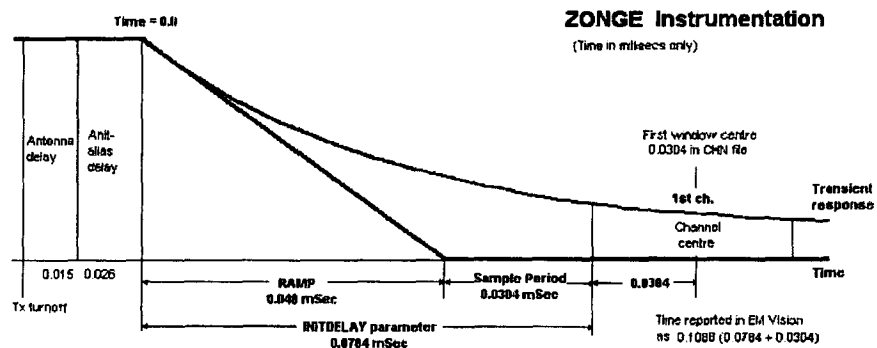
Línea 6:

Wn(Ventana de tiempos en sg) Mag 1 (dB/dt en V/A) Rho 1(Resistividad aparente calculada en ohm)

Línea 7 y siguientes

Datos
Tiempo en sg
Magnitud en V/A
Resistividad en ohm*m

Nota: Las ventanas de tiempo en los ficheros de volcado de los equipos de Zonge están referenciadas desde el final de la rampa mas los retrasos de la antena y del filtro alias. La siguiente imagen representa los tiempos después de convertirlos a formatos compatibles con datos de otros fabricantes.



APÉNDICE E. IMÁGENES A3

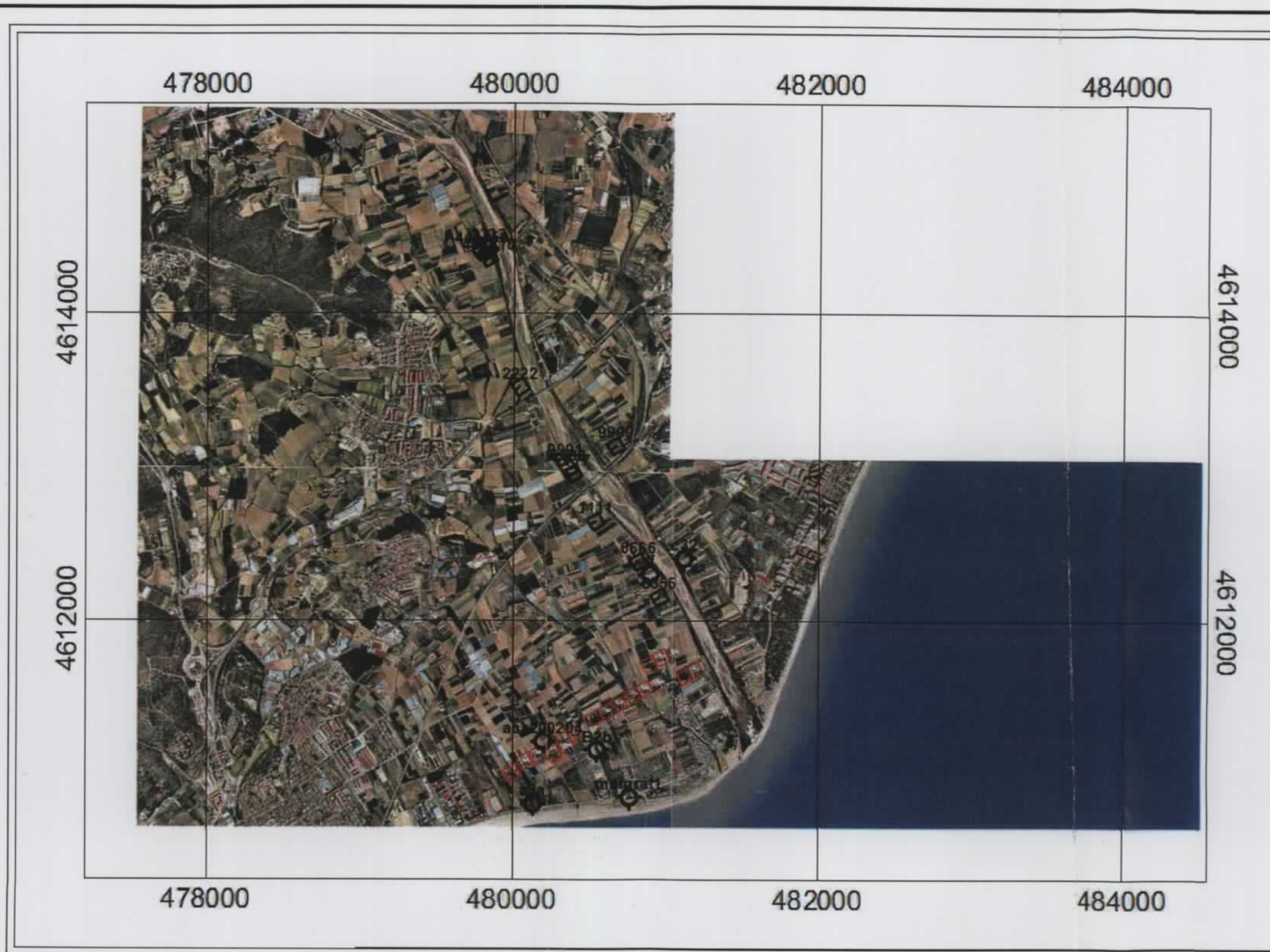


FIGURA 1.- LOCALIZACIÓN DE MEDIDAS DE SEDT Y SONDEOS





FIGURA 2.- LOCALIZACIÓN DEL PERFIL PS-1



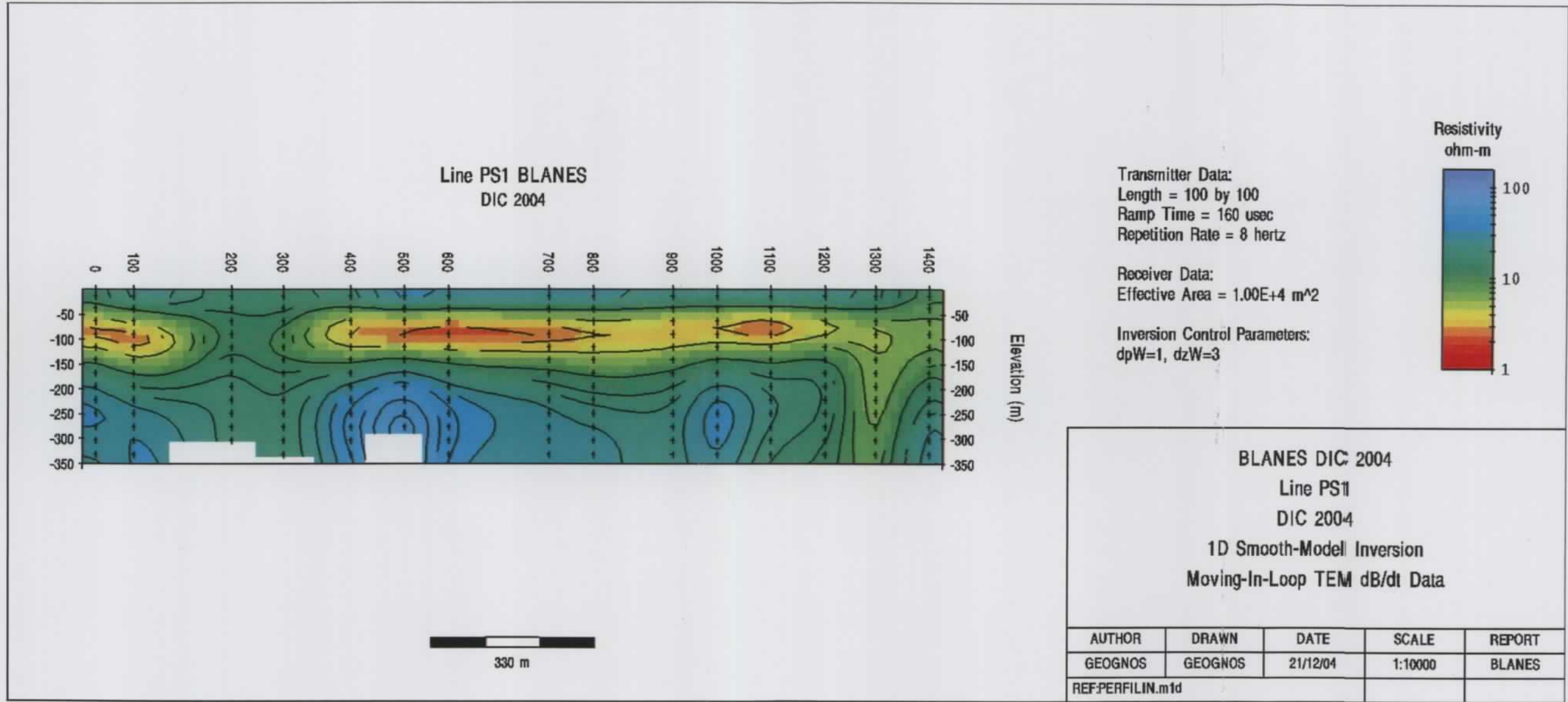


FIGURA 3.- MODELO DEL PERFIL PS-1. MEDIDAS DENTRO DEL BUCLE



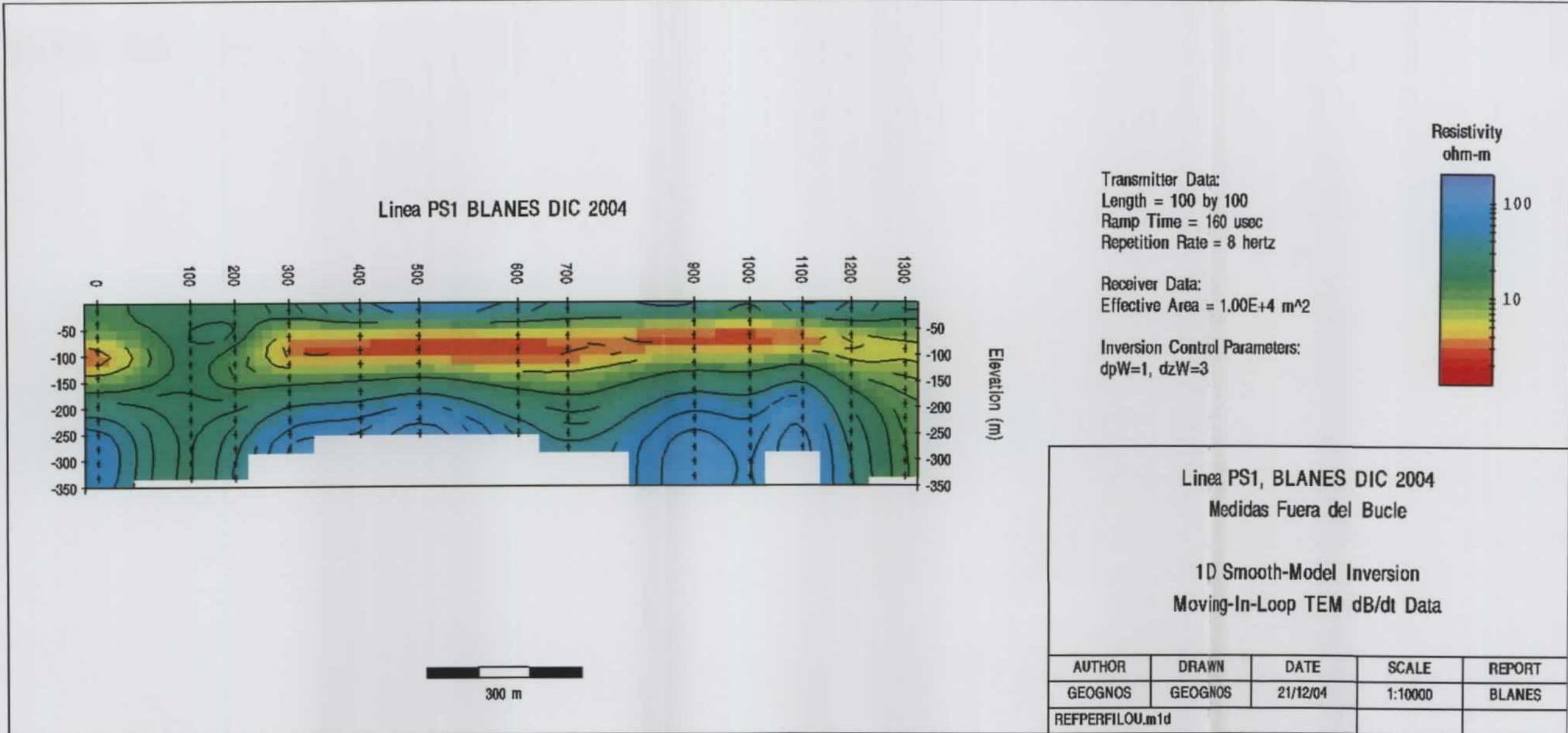


FIGURA 4.- MODELO DEL PERFIL PS-1. MEDIDAS FUERA DEL BUCLE

