



**Oficina Madrid**

C/ Mahón 10, 1º D, oficina 2  
28230 Las Rozas de Madrid  
Madrid (España)  
Teléfono: 916402879  
www.geognosia.com

**Oficina Huelva**

C/ Ayamonte nº 32  
21600 Valverde del Camino  
Huelva (España)  
Teléfono: 959555070  
CIF B-21358544

**ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS  
ELECTROMAGNETICOS EN BEMBIBRE  
(LEÓN).**

**IGME**

**ABRIL 2007**



**Oficina Madrid**  
C/ Mahón 10, 1º D, oficina 2  
28230 Las Rozas de Madrid  
Madrid (España)  
Teléfono: 916402879  
www.geognosia.com

**Oficina Huelva**  
C/ Ayamonte nº 32  
21600 Valverde del Camino  
Huelva (España)  
Teléfono: 959555070  
CIF B-21358544

# ÍNDICE

<b>1. Introducción y objetivos</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodología y equipo técnico</b>	<b>3</b>
<b>3. Resultados y conclusiones</b>	<b>6</b>
<b>APÉNDICE A: Breve explicación del método</b>	<b>25</b>
<b>APÉNDICE B: Instrumentación</b>	<b>27</b>
<b>APÉNDICE C: Modelos</b>	<b>34</b>
<b>APÉNDICE D: Figuras</b>	<b>37</b>
<b>APÉNDICE E: Reportaje fotográfico</b>	<b>83</b>



## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**



## **1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

El presente estudio fue realizado en Abril de 2007 en Bembibre (León).

La campaña consiste en realizar varios SEDT para chequear los órdenes de resistividad de los niveles de terciario y carbonífero, compuestos de conglomerados y areniscas, con más pizarras y carbón en el carbonífero. No se espera un gran contraste de resistividad, ya que en la zona se tienen datos de Sondeos Eléctricos Verticales.

Los SEDT son de diferente tamaño, ya que la profundidad del estudio es diferente en cada caso, necesitamos bucles más grandes sobre el terciario, ya que este puede tener espesores entre 40m y 200m e incluso superiores hasta llegar al carbonífero, y mas pequeños sobre el carbonífero.

Por lo tanto el objeto del estudio es tratar de ajustar rangos de resistividades a diferentes formaciones, estudiando una zona amplia. Ambos niveles tienen un rango de variación de resistividades entre 20Ohmm y 150Ohmm, aunque se espera que el carbonífero sea ligeramente más resistivo. La campaña tiene como propósito la parametrización de la cuenca terciaria de Bembibre.



## **2.- METODOLOGÍA Y EQUIPO TÉCNICO.**



## **2.- METODOLOGÍA Y EQUIPO TÉCNICO.**

El presente estudio ha sido dirigido e interpretado por Isla Fernández Rodríguez, licenciada en CC. Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (especialidad de geofísica). El trabajo de campo fue realizado por Yolanda Verges Leandro y dirigido por Emilio E. Mora Pérez, operador geofísico.

Para la realización de este estudio electromagnético en el dominio de tiempos se empleó un equipo para prospección electromagnética de la marca ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION que constaba de un receptor GDP-32, un transmisor ZT-30, un transmisor GGT-10 y demás equipos y accesorios necesarios para la realización de este tipo de estudios (para más detalle ver Apéndice B).

La realización del trabajo de campo siguió estos pasos:

- Se calibra internamente el receptor, para controlar que no tiene fallos internos. El receptor emite una señal de 1 voltio, y el mismo receptor lee esta señal. Si la medida es cercana a 1 voltio, es que no hay problemas. Esta medida de control se realiza una vez al comenzar cada campaña.
- Se sincronizan el receptor y el transmisor para que el receptor conozca la señal emitida por el transmisor y en todos los casos se mida en ausencia de corriente, y por lo tanto en ausencia del campo magnético primario. Esta sincronización se realiza cada día de trabajo, ya que cada vez que se apaga el receptor o la caja controladora del transmisor se pierde la sincronización.
- Se mide cada estación a tres frecuencias de emisión (4Hz, 8Hz y 16Hz) como método de control de errores (hay determinados tipos de ruidos externos que cambiando de frecuencias se pueden evitar). Cada medida se repite tres veces para discriminar las ventanas con ruido.
- Se comprueba en campo si en cada estación se ha llegado a la profundidad requerida a priori. La visualización de los datos en el campo permite determinar con cierta precisión



si los datos medidos son lo suficientemente limpios para llegar a una profundidad determinada, pero la determinación de la profundidad del estudio puede variar respecto a la estimada en campo con el receptor de manera notable después de depurar los datos y modelarlos con algoritmos más precisos que los que usa el receptor.

- En algún caso se tuvo que modificar un poco la posición propuesta para evitar el ruido electromagnético externo.
- En uno de los casos se realizaron dos medidas en la misma posición con dos tamaños de bucle diferentes para definir las primeras capas con mayor precisión con el bucle más pequeño.
- Todas las coordenadas de las medidas se presentan en UTM Huso 30 Norte DATUM ED50.

Una vez realizada la toma de datos en campo se pasa al procesado e interpretación de los perfiles en gabinete. Dentro de esta etapa podemos destacar:

- Se depuraron los datos y se modelaron las medidas tomadas en el centro del bucle. Se modelan todas las diferentes frecuencias y se decide para cual de ellas tenemos los datos más limpios.
- Todos los datos se modelan con diferente peso de suavizado y peso del modelo inicial para poder conseguir los modelos más cercanos al modelo geológico esperado (Para más información sobre el programa de modelado ver Apéndice C).



### **3.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

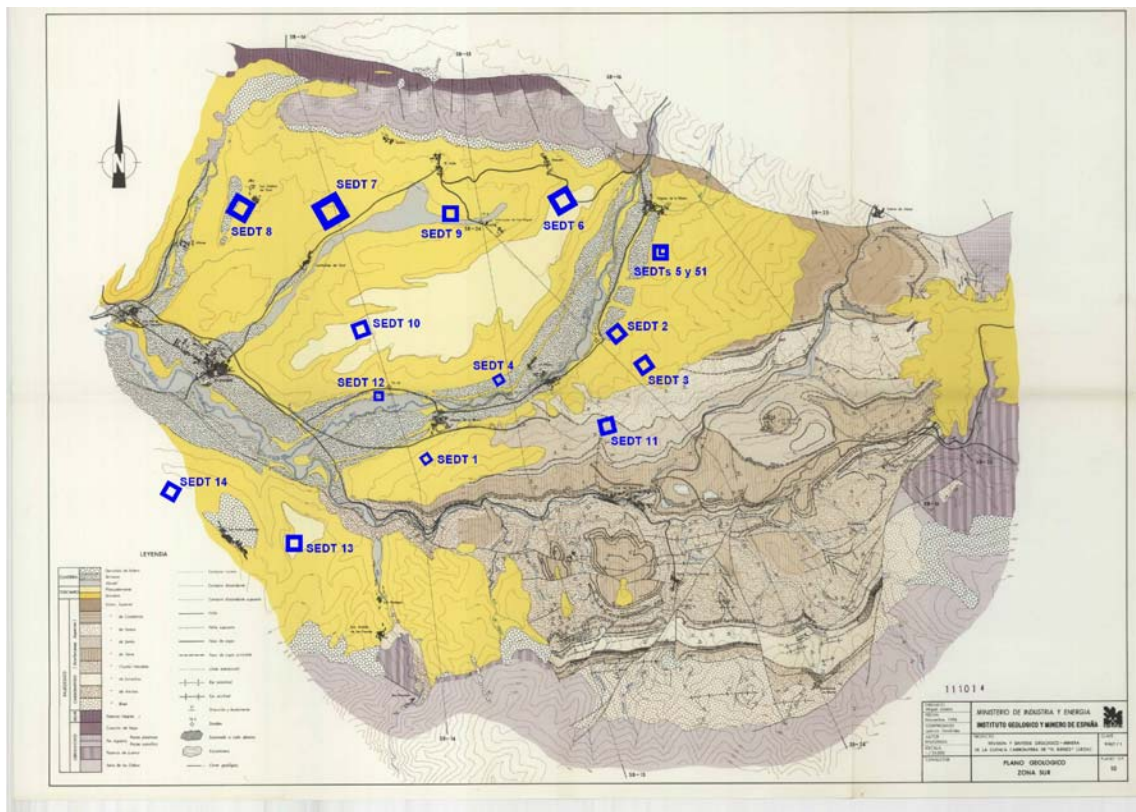


### 3.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

A continuación pasamos a describir cada bucle en la frecuencia de emisión para la que hemos obtenido los datos más precisos. Para esta frecuencia se han realizado diferentes modelos, usando distintos pesos de suavizado para cada modelo (Ver APENDICE C para obtener más información sobre los modelos), se presentan solo los que se han considerado más adecuados después del análisis de los datos y de la interpretación.

Las imágenes con las curvas de caída y las curvas modeladas, con la resistividad respecto a la profundidad se encuentran en el APENDICE D.

La localización de los bucles se presenta en la siguiente figura, sobre el mapa geológico de la zona.





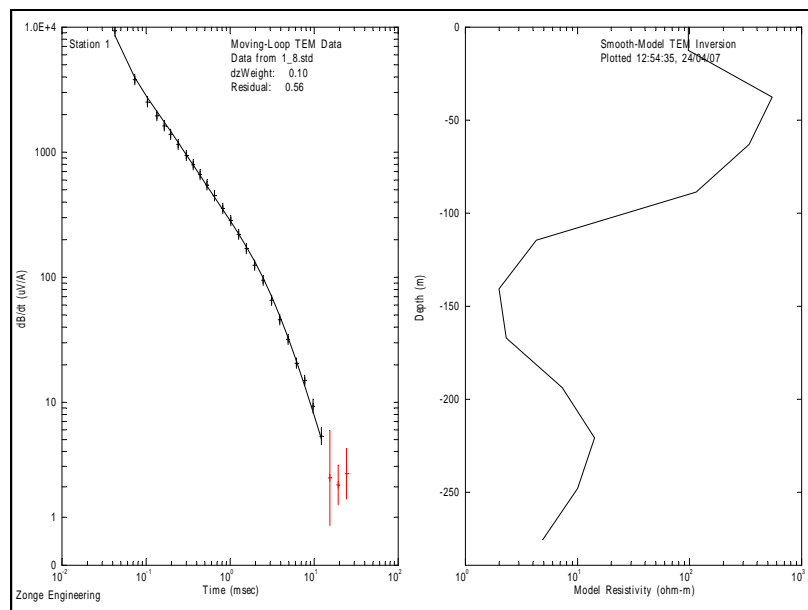
Las unidades de terciario de la cuenca de Bembibre están en colores amarillos. Las unidades de carbonífero son los tonos ocres a marrones. Los cuaternarios son tramas diversas en gris que ocupan las márgenes del río Boeza y otros, y se suponen de poco espesor. Otras unidades, ordovícico y silúrico van en gris y marrón oscuro en los bordes norte y sur del mapa.

## ESTACIÓN 1

**Bucle: 100X100**

**Frecuencia de Emisión: 8Hz**

**Coordenadas: 715985, 4720085**



0-40 metros

capa o conjunto de capas que varían 100Ohm-m hasta 600Ohm-m

40-90 metros

capa o conjunto de capas que varían desde 600Ohm-m hasta 100Ohm-m

90-120 metros

capa o conjunto de capas que varían desde 100 Ohm-m hasta 5 Ohm-m

120-140 metros

capa o conjunto de capas que varían desde 5 Ohm-m hasta 2 Ohm-m

140-170 metros

capa de unos 2 Ohm-m.

170-220 metros

capa o conjunto de capas que varían desde 2 Ohm-m hasta 10 Ohm-m

220 metros -

capa con tendencia a la disminución de la resistividad.



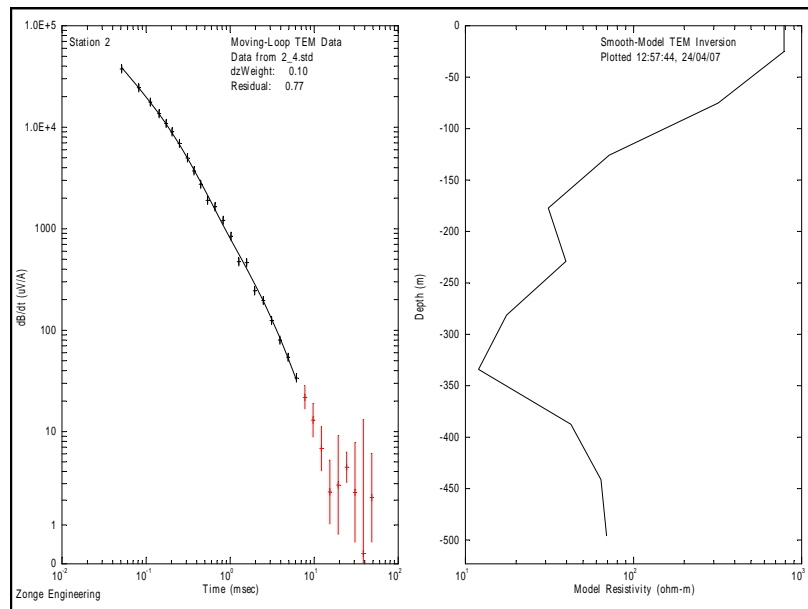
Hay datos limpios hasta mas de 250 metros de profundidad.

## ESTACIÓN 2

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 719280, 4722600**



0-175 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 800 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
175-225 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m 40 Ohm-m
225-340 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m 10 Ohm-m
340-440 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 10 Ohm-m 50 Ohm-m
440 metros -	capa con tendencia a un ligero aumento de la resistividad.

Hay datos limpios hasta cerca de 500 metros de profundidad.

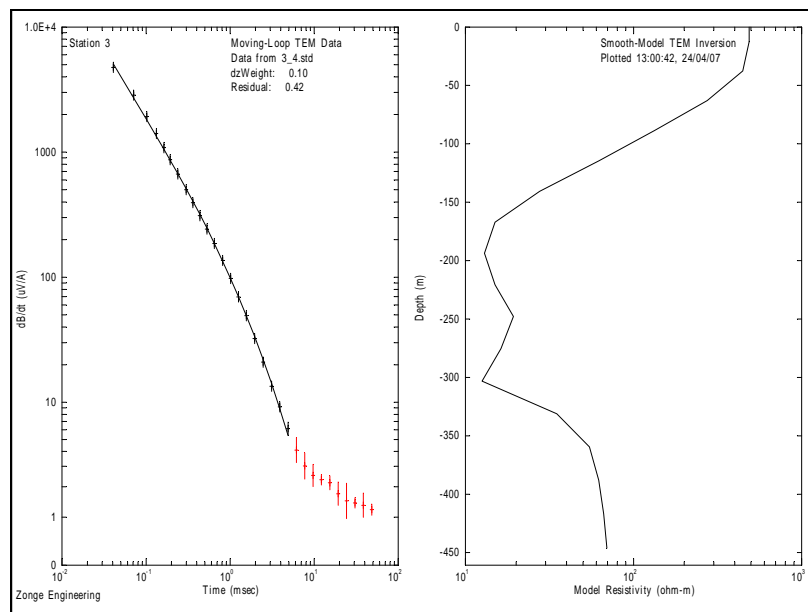


### ESTACIÓN 3

**Bucle: 100X100**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 719880, 4722035**



0-170 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 500 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
170-200 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m 20 Ohm-m
200-250 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m 15 Ohm-m
250-300 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m 20 Ohm-m
300-350 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m 60 Ohm-m
350 metros -	capa de unos 60 Ohm-m

Hay datos limpios hasta unos 450 metros de profundidad.

La información obtenida en este punto es muy parecida a la obtenida en la estación anterior.



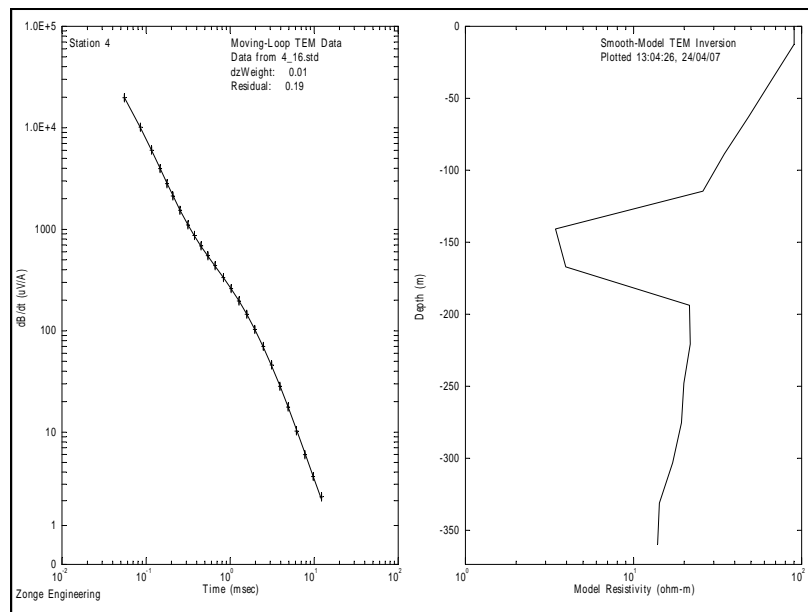
## ESTACIÓN 4

**Bucle: 100X100**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 717005 4721555**

**Observaciones: Antenas a unos 300m**



0-20 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 90 Ohm-m hasta 25 Ohm-m
20-30 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 25 Ohm-m hasta 3 Ohm-m
30-45 metros	capa de unos 3 Ohm-m.
45-60 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 3 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
60 metros -	capa de unos 20 Ohm-m.

Hay datos limpios hasta unos 350 metros de profundidad.



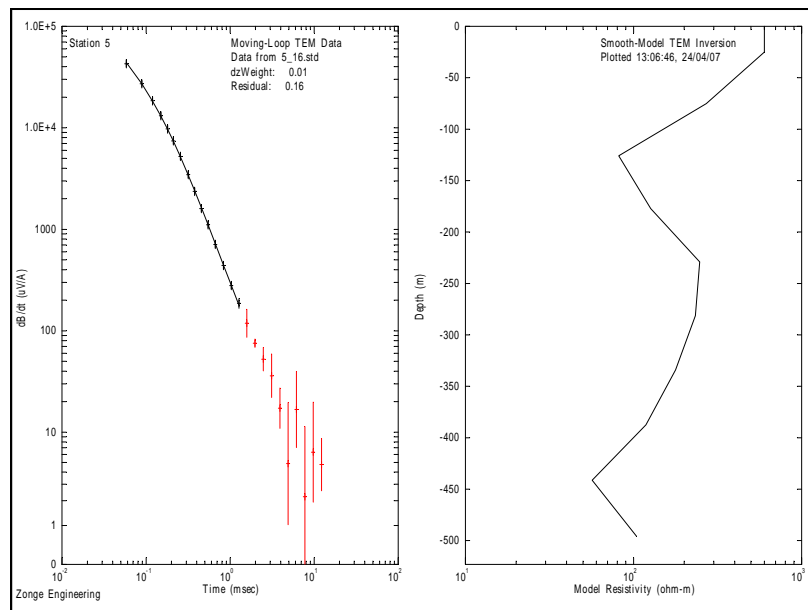
## ESTACIÓN 5

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 719935, 4723875**

**Observaciones: Rodeados por líneas de alta tensión.**



0-125 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 600 Ohm-m hasta 70 Ohm-m
125-220 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 70 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
220-440 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 60 Ohm-m
440 metros -	capa con una tendencia al aumento de la resistividad.

Hay datos limpios hasta cerca de 500 metros de profundidad.

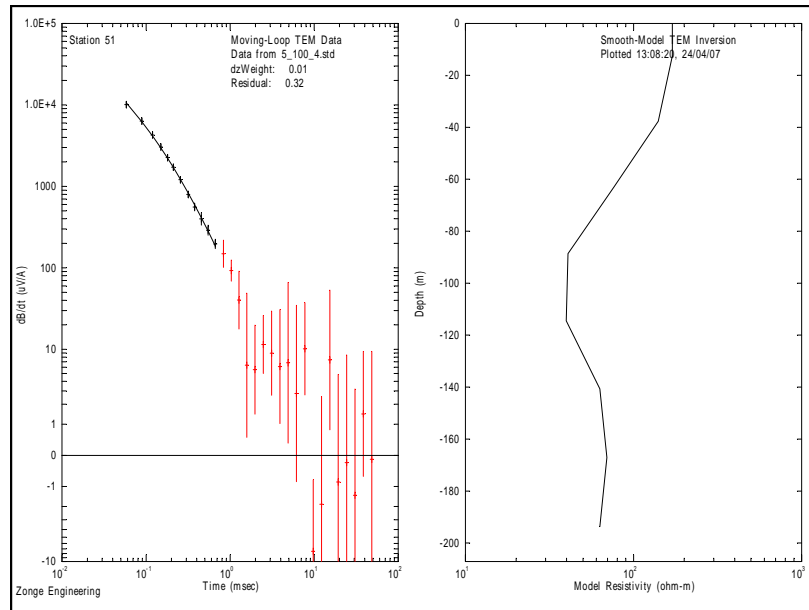
## ESTACIÓN 5

**Bucle: 100X100**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 719995, 4723915**

**Observaciones: Se repite el 5 con menor tamaño para evitar el ruido externo.**



- 0-85 metros            capa o conjunto de capas que varían desde 180 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
- 85-110 metros        capa de unos 40 Ohm-m.
- 110-140 metros      capa o conjunto de capas que varían desde 40 Ohm-m hasta 70 Ohm-m
- 140 metros -         capa de unos 70 Ohm-m.

Hay datos limpios hasta unos 190 metros de profundidad.

Este bucle al ser más pequeño que el anterior, discrimina más capas en los primeros 140 metros.

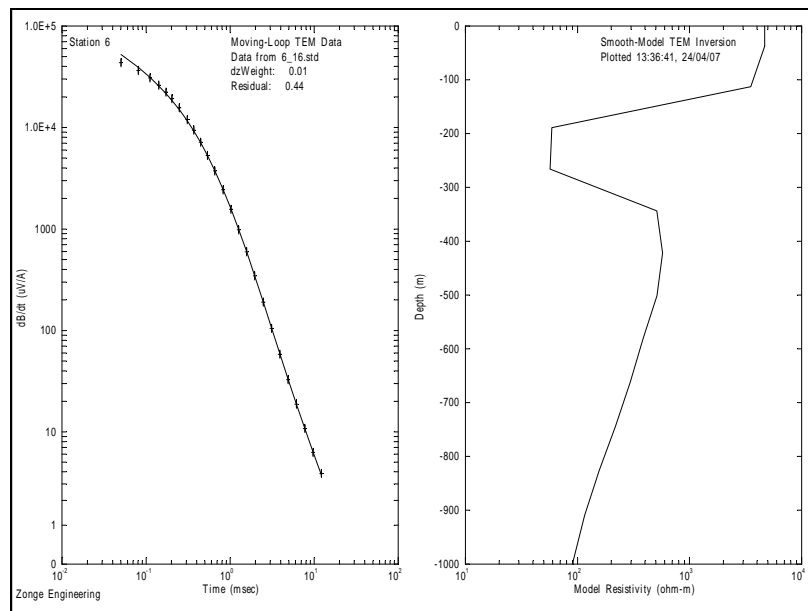
**ESTACIÓN 6**

**Bucle: 300X300**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 718295, 4724905**

**Observaciones: Se utiliza el transmisor con generador.**



0-120 metros	capa de unos 4000 Ohm-m
120-190 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 4000 Ohm-m hasta 500 Ohm-m
190-280 metros	capa de unos 50 Ohm-m
280-340 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 400 Ohm-m
340-420 metros	capa de unos 400 Ohm-m
420 metros -	capa con una tendencia a la disminución de la resistividad.

Hay datos limpios hasta unos 1000 metros de profundidad.

## **ESTACIÓN 7**

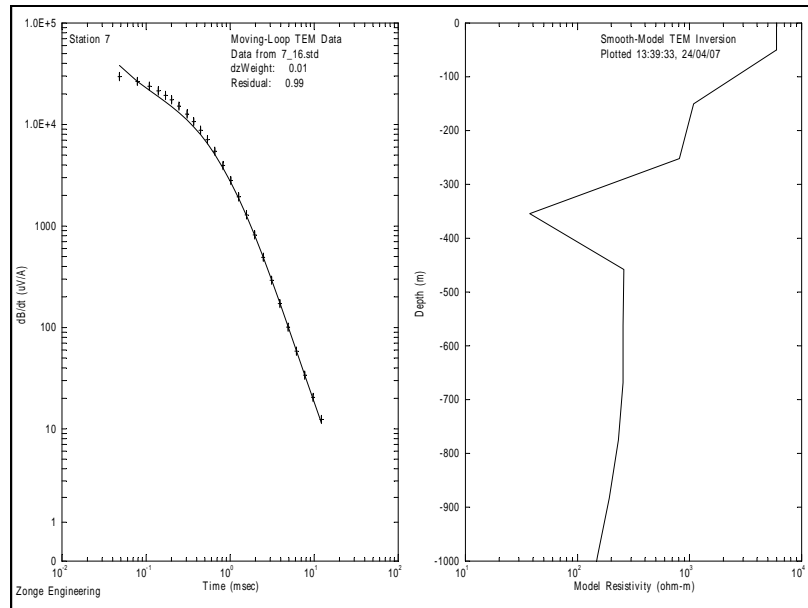
**Bucle: 400X400**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 714045 4724475**

**Observaciones: Se utiliza el transmisor con generador.**





0-150 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 6000 Ohmm hasta 900 Ohmm
150-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 900 Ohmm hasta 600 Ohm-m
280-350 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 600 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
350-450 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
450-680 metros	capa de unos 300 Ohm-m
680 metros -	capa con una ligera tendencia a la disminución de la resistividad

Hay datos limpios hasta unos 1000 metros de profundidad.

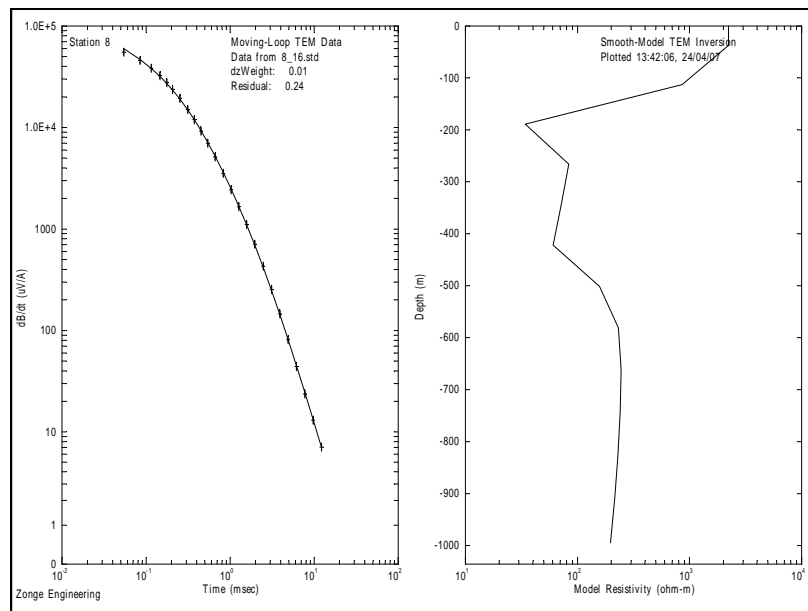
## ESTACIÓN 8

**Bucle: 300X300**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 712164 4724258**

**Observaciones: Antenas a unos 300m**



0-120 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 2000Ohmm hasta 900Ohm-m
120-190 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 900 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
190-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 90 Ohm-m
280-420 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 90 Ohm-m hasta 60 Ohm-m
420-590 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 60 Ohm-m hasta 250 Ohm-m
590 metros -	capa con una ligera tendencia a la disminución de la resistividad

Hay datos limpios hasta unos 1000 metros de profundidad.

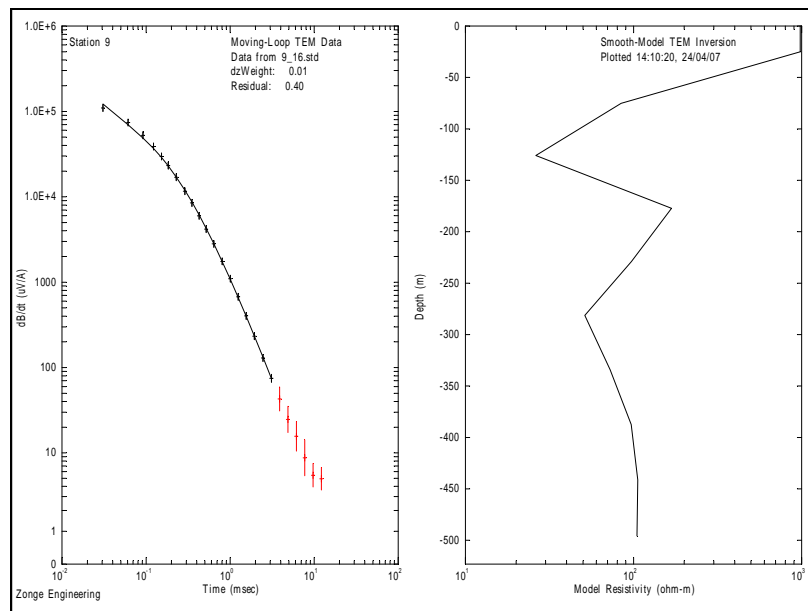
## ESTACIÓN 9

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 716185, 4724615**

**Observaciones: Líneas de Alta Tensión a unos 100m y 300m**



0-80 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1000 Ohm-m hasta 90Ohm-m
80-130 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 90 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
130-170 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
170-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 60 Ohm-m
280-390 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 60 Ohm-m hasta 100 Ohm-m
390 metros -	capa de unos 100 Ohm-m.

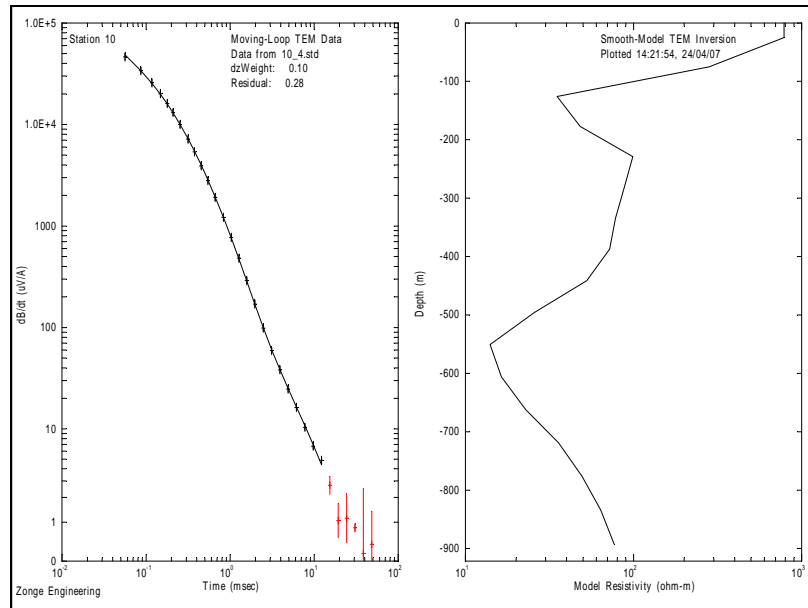
Hay datos limpios hasta unos 500 metros de profundidad.

## **ESTACIÓN 10**

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 714505, 4722300**



0-110 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 800 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
110-190 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 30 Ohm-m hasta 50 Ohm-m
190-210 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 100 Ohm-m
210-390 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 100 Ohm-m hasta 70 Ohm-m
390-550 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 70 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
550-710 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 15 Ohm-m hasta 40 Ohm-m
710 metros -	capa con una ligera tendencia a la disminución de la resistividad.

Hay datos limpios hasta unos 900 metros de profundidad.

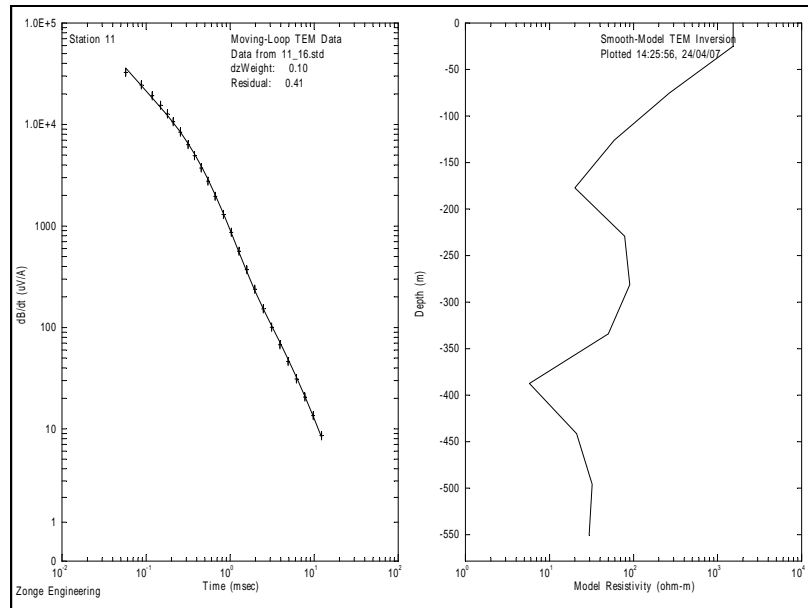
Esta medida es similar a la anterior.

## ESTACIÓN 11

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 719265, 4720855**



0-180 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1500 Ohm-m hasta 200 Ohm-m
180-230 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 100 Ohm-m
230-270 metros	capa de unos 100 Ohm-m
270-330 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 100 Ohm-m hasta 50 Ohm-m
330-390 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 5 Ohm-m
390-450 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 5 Ohm-m hasta 30 Ohm-m
450 metros -	capa de unos 30 Ohm-m

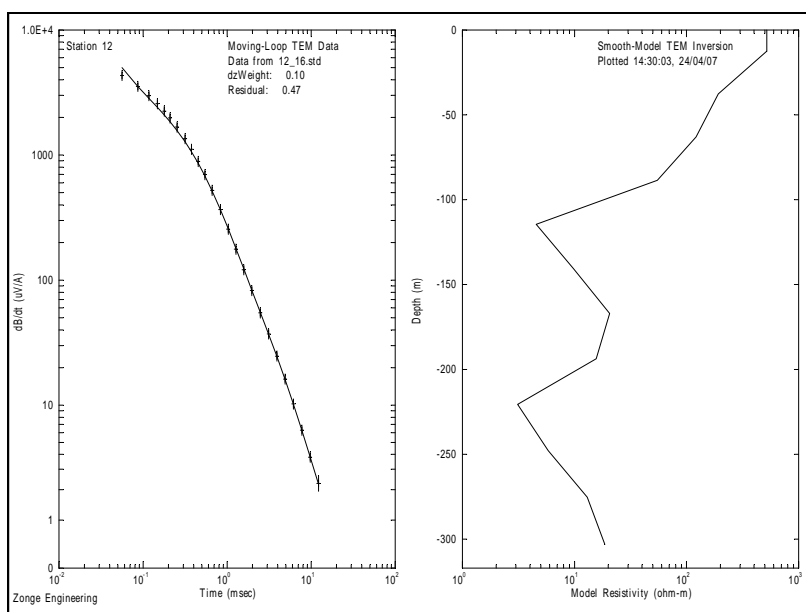
Hay datos limpios hasta cerca de 550 metros de profundidad.

## ESTACIÓN 12

**Bucle: 100X100**

**Frecuencia de Emisión: 16Hz**

**Coordenadas: 714960, 4721035**



0-30 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 500 Ohm-m hasta 200Ohm-m
30-90 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 50 Ohm-m
90-120 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 50 Ohm-m hasta 5 Ohm-m
120-170 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 5 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
170-190 metros	capa de unos 20 Ohm-m
190-220 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 20 Ohm-m hasta 3 Ohm-m
220-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 3 Ohm-m hasta 15 Ohm-m
280 metros -	capa con tendencia al aumento de la resistividad.

Hay datos limpios hasta cerca de 300 metros de profundidad.

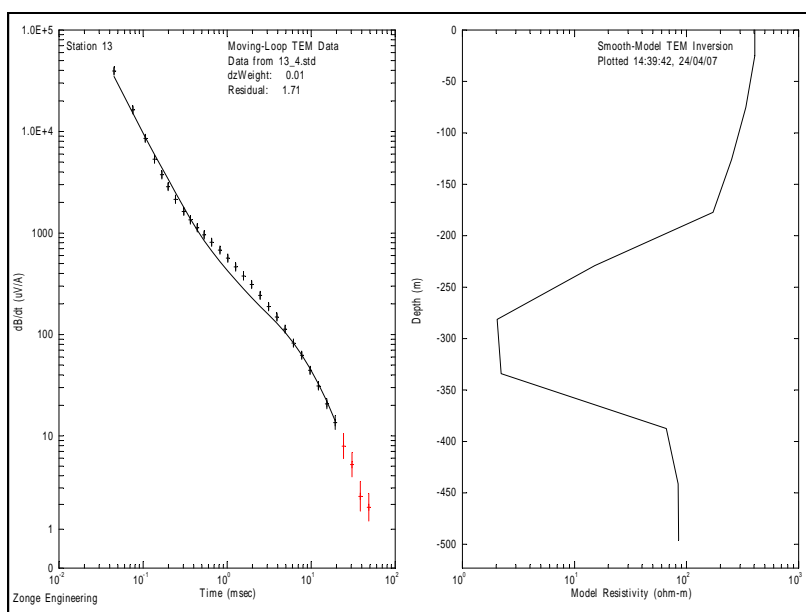
### **ESTACIÓN 13**

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 713870, 4718455**

**Observaciones: Líneas de Alta Tensión a unos 250m**



0-180 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 400 Ohmm hasta 200 Ohm-m
180-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 2 Ohm-m
280-340 metros	capa de unos 2 Ohm-m.
340-390 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 2 Ohm-m hasta 70 Ohm-m
390 metros -	capa de unos 80 Ohm-m.

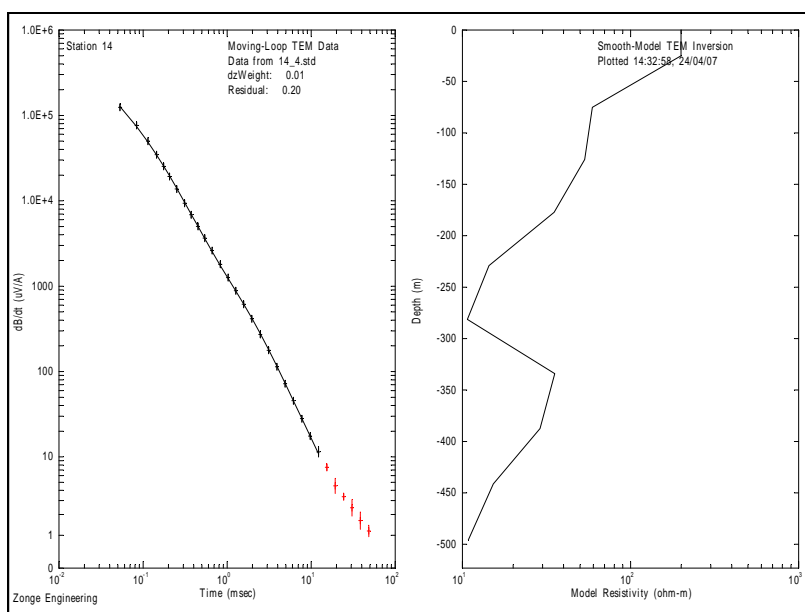
Hay datos limpios hasta cerca de 500 metros de profundidad.

## **ESTACIÓN 14**

**Bucle: 200X200**

**Frecuencia de Emisión: 4Hz**

**Coordenadas: 711140, 4719250**



0-70 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 200 Ohm-m hasta 0.3 Ohm-m
70-130 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 0.3 Ohm-m hasta 0.2 Ohm-m
130-180 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 0.2 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
180-230 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1.5 Ohm-m hasta 0.3 Ohm-m
230-280 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 0.3 Ohm-m hasta 0.2 Ohm-m
280-340 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 0.2 Ohm-m hasta 20 Ohm-m
340-390 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 1.5 Ohm-m hasta 0.3 Ohm-m
390-440 metros	capa o conjunto de capas que varían desde 0.3 Ohm-m hasta 0.2 Ohm-m
440 metros -	capa de unos 20 Ohm-m.

Hay datos limpios hasta unos 500 metros de profundidad.

Utilizando la información aportada por el cliente:

*“Hay 4 SEDTs emplazados aproximadamente en las cercanías, de antiguos sondeos mecánicos (SM) de Adaro. Son los SEDTs 2, 4, 9 y 12.*





*SED2: junto al SM TB-9 (centro del bucle a unos 250-300 del sondeo) en una zona baja no muy lejana al río Boeza, con su acuífero asociado y de cota similar. Este sondeo cortó 41 metros de recubrimiento terciario (conglomerados, brechas, arcillas y areniscas) y por debajo salen casi 540 metros más de columna en carbonífero, con litología similar, incluyendo más presencia de areniscas, y especialmente pizarras y eventuales pasadas de carbón y carboneros. Se supone que el carbonífero es más compacto y quizá con una resistividad levemente mayor que el terciario.*

*SED4: centro del bucle a unos 300m al N del SM TB-7. El sondeo cortó sólo carbonífero, aunque la zona está cartografiada en cuaternario, supuestamente de poco espesor (sería una terraza del río Boeza). El SED4 está desplazado ya sobre el contacto con el terciario, algo más arriba en una terraza del mismo río (puede haber un desnivel de 20-30 metros entre SM y SED4), de modo que podría detectarse algo de terciario, si resulta algún contraste.*

*SED9: centro del bucle a unos 400-500 m al NW del sondeo mecánico SM TB-8. El sondeo cortó terciario hasta los 171m que pasa a carbonífero. Esta zona se supone que debe tener terciario más potente (por ello, los bucles son más grandes hacia el norte de la cuenca), aunque el contacto discordante complica la “previsibilidad” en la profundidad del contacto. Se supone que el carbonífero constituía un fuerte paleorrelieve.*

*SED12: centro del bucle a unos 300m al suroeste del SM TB-10. Éste cortó 103 m de serie terciaria y continuó en carbonífero hasta los 450 m de columna total. El bucle se planteó en una zona más baja junto al río Boeza, cartografiada como cuaternario. La diferencia de cota es de unos 40 m menos respecto del SM.*

*El resto de los SEDs (salvo los SEDs 11 y 14) se planteó en zonas de recubrimiento terciario, con un sustrato de carbonífero de potencia variable debida al efecto del paleorrelieve. En general, la potencia del terciario podría ser mayor hacia el norte de la*



*cuenca (bucles más situados hacia el norte, generalmente de mayor apertura de ala) y hacia el oeste, a tenor de los SEVs realizados en el pasado.*

*El SEDT 11 se emplazó directamente sobre carbonífero, en una zona con tramos superiores en la serie carbonífera, mucha parte de la cual debe tratarse de las unidades de carbonífero que se ubican debajo de los niveles terciarios.*

*Los SEDTs 13 y 14 se emplazaron sobre terciario, aunque puede ser dudosa la presencia de carbonífero por debajo de éstos, especialmente del más occidental, el 14. En tal caso sería esperable encontrar materiales ordovícicos compuestos de pizarras y eventualmente, cuarcitas.”*

**Como conclusión cabe destacar que no se observa ninguna relación clara entre los cuatros sondeos cuya información ha sido aportada por el IGME, y los SEDT realizados en este estudio. No se pueden asignar rangos de valores de resistividad a los paquetes terciarios, ni se observan variaciones cerca del contacto conocido en los sondeos mecánicos entre el terciario y carbonífero.**



## **APÉNDICE A: Breve explicación del método**



El SEDT (Sondeos Electromagnéticos en el Dominio de Tiempo) es un método electromagnético en el dominio de tiempos, esto quiere decir que se mide en diferentes ventanas o aperturas de la antena en el tiempo. El equipo necesario consiste en un transmisor que inyecta corriente en un bucle (una antena hecha con un cuadrado de cable) 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 (una antena).

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 bastante llana en casi todos los casos, por lo que solo en el caso de las sierras 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 utilizaron bucles como transmisores de 100mx100m, 200mx200m, 300mx300m y 400mx400m.



## **APÉNDICE B: Instrumentación**

## **ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS. ZONGE ENGINEERING AND RESEARCH ORGANIZATION**

### **RECEPTOR MULTIFUNCIÓN GDP-32<sup>II</sup>.**

El ZONGE GDP-32II 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.



**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  $\mu$ s/hr (aproximadamente 0.03 mrad/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-32II 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-32II 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 pueden visualizarse gráficamente. Así mismo se puede mostrar la barra de error para un conjunto de medidas repetidas.

Otras características del GDP-32II 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.

### **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:

$F_0 > 20 \text{ kHz}$

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



**Antena TEM-3 de Zonge.**

## **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.



**Transmisor ZT30 y controlados de corriente XMT.**

## **TRANSMISOR GGT-10**

Zonge fabrica una completa serie de transmisores para los estudios geofísicos de prospección eléctrica y electromagnética con potencias que van desde mW hasta las decenas de kW e intensidades de salida que van desde los  $\mu\text{A}$  hasta los 50 A. Todos ellos están preparados para poder trabajar tanto en el dominio de frecuencias como en el de tiempos. Al tener tanto rango de posibilidades los transmisores Zonge pueden abarcar estudios desde escala de laboratorio hasta grandes profundidades (minería, hidrogeología, petróleo,...).

Son tres los transmisores de Zonge (serie GGT) que utilizan como fuente de energía un generador-motor: el GGT-3 (3 KVA), GGT-10 (10 KVA) y GGT-30 (30 KVA). Toda la serie GGT posee medidas de seguridad como el apagado automático del mismo y un panel en el que



se muestra la potencia de salida, la corriente de salida, la temperatura interna del transmisor y el tiempo del corte de corriente.

Como acabamos de mencionar el GGT-10 es un transmisor de media-alta potencia que utiliza como fuente de energía un generador-motor.



### **Transmisor GGT-10 de ZONGE Engineering and Research Organization.**

Algunas de sus características técnicas son:

- Transmisor de banda ancha y corriente constante para estudios en el dominio de tiempos y de frecuencias con bucles o dipolos.
- Tiempo de retraso de 125  $\mu$ s para bucles de 300\*300 metros.
- Máxima potencia de entrada 10 KVA.
- Voltajes de salida de 50 a 1000 V.
- Intensidades de salida de 0.2 a 20 A (opcional 30 A).
- Estabilidad de la corriente 0.2%.
- Rango de frecuencias: DC a 8 KHz.
- Control de encendido con dispositivo externo (recomendado Zonge XMT-32).



- Control de rangos de voltaje y selección de bucle o dipolo.
- Paneles analógicos de los voltajes de entrada y salida.
- Fuente de energía mediante generador trifásico de 120 VAC y 400 Hz (recomendado el motor-generador ZMG-7.5).
- Indicadores luminosos de ON/OFF, transmisión, polaridad,...
- Otros.



## **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.

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, en el caso en que se hayan medido las estaciones en línea. Los resultados para una línea completa se presentan en una pseudo-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

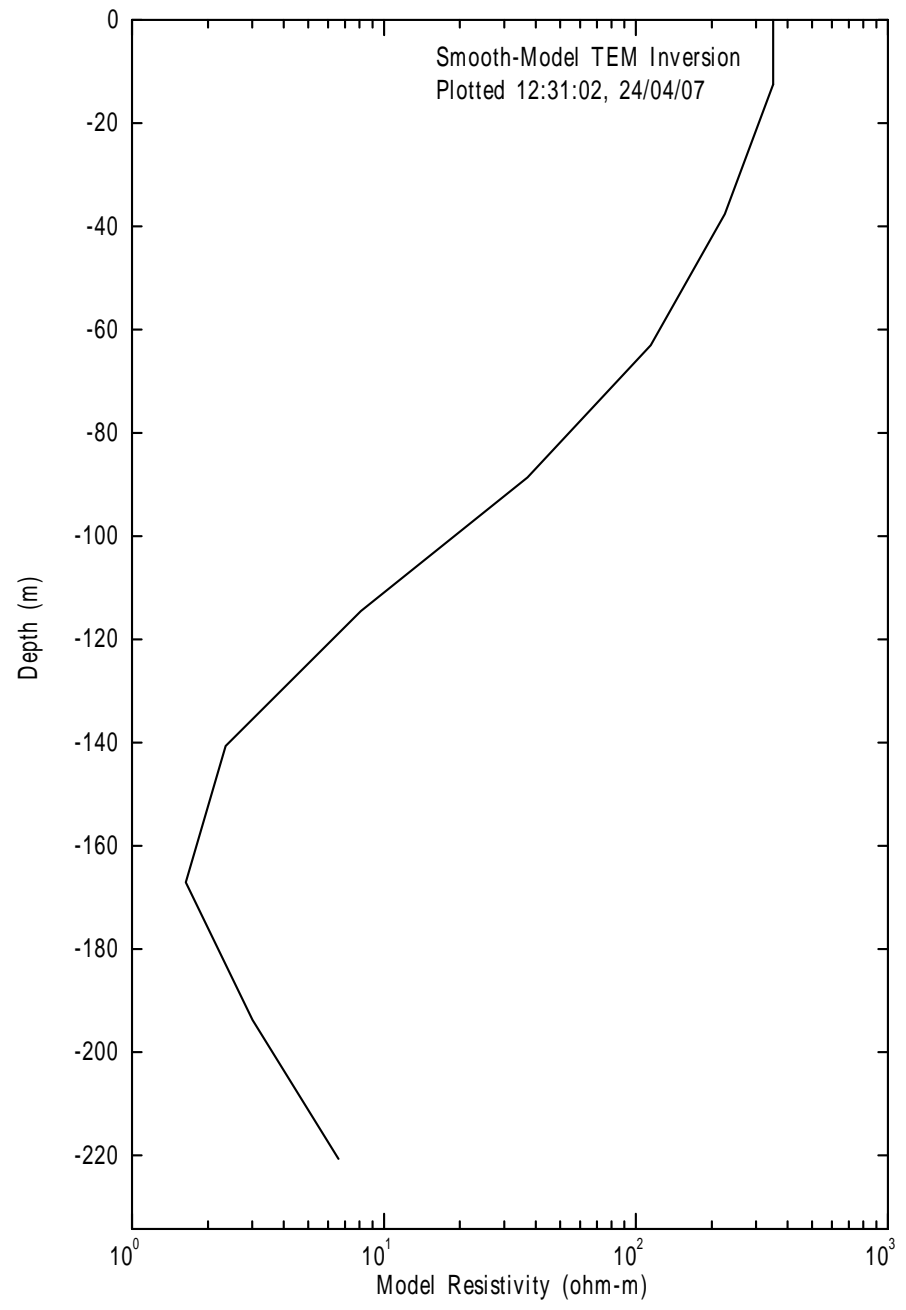
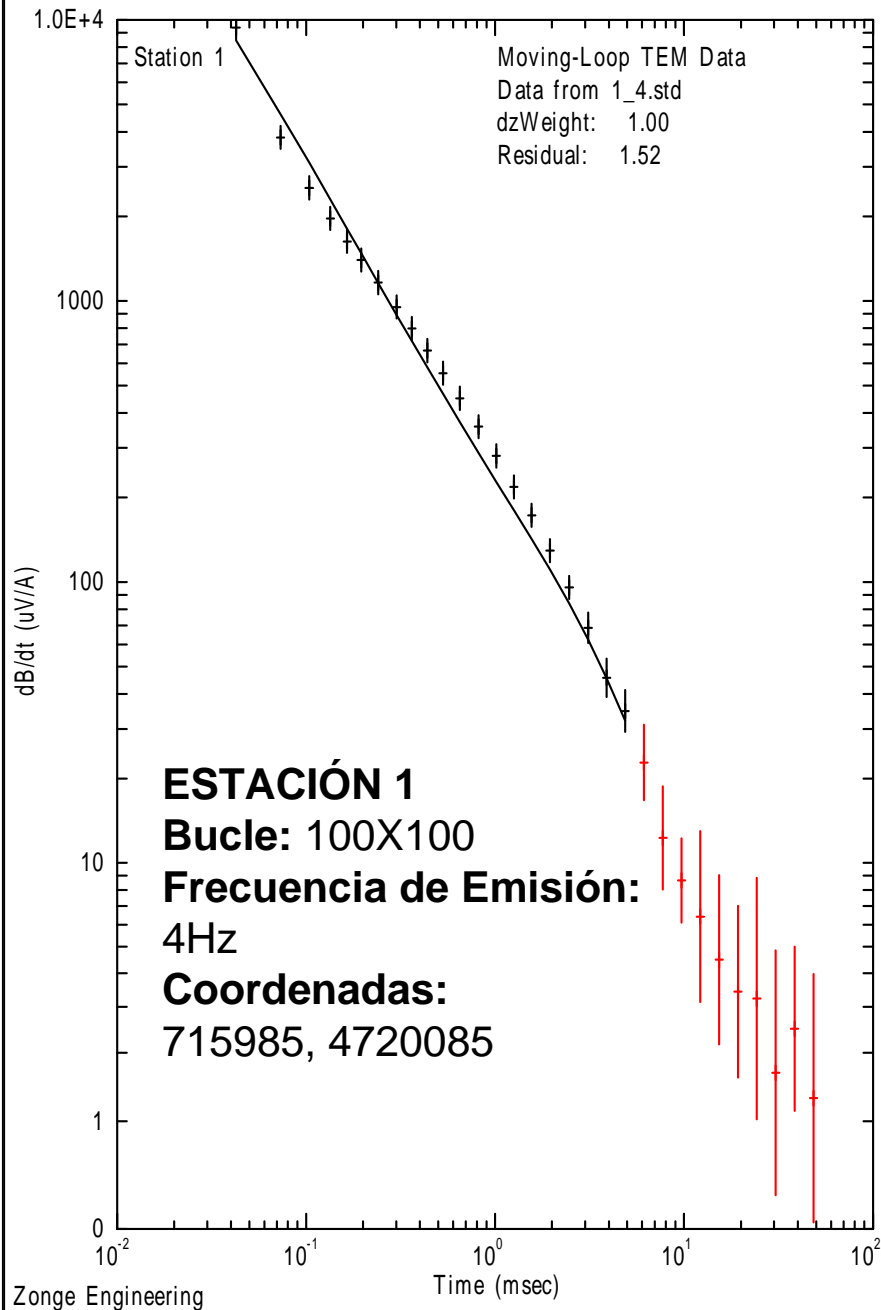
Mykle Raymond

April 2001

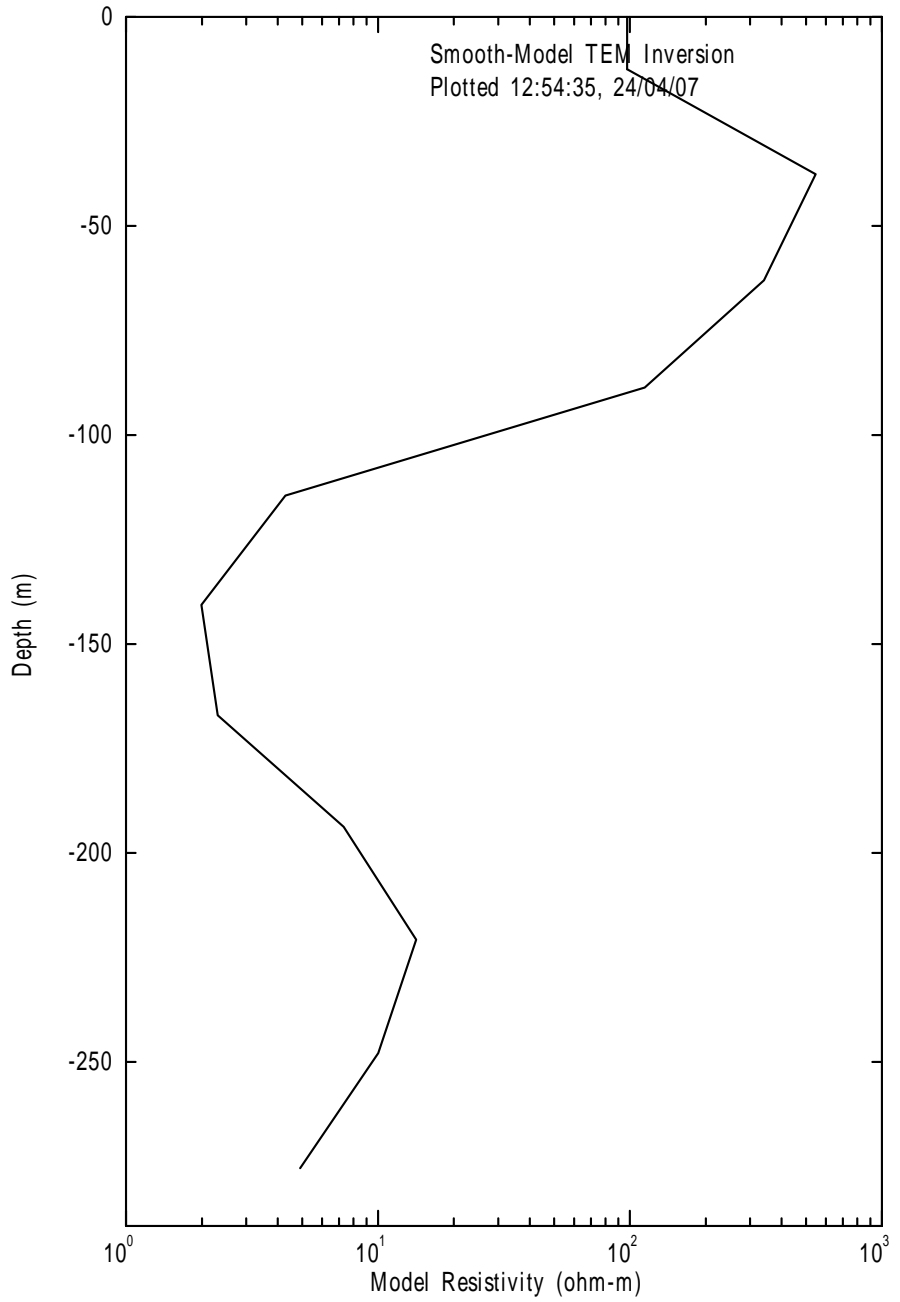
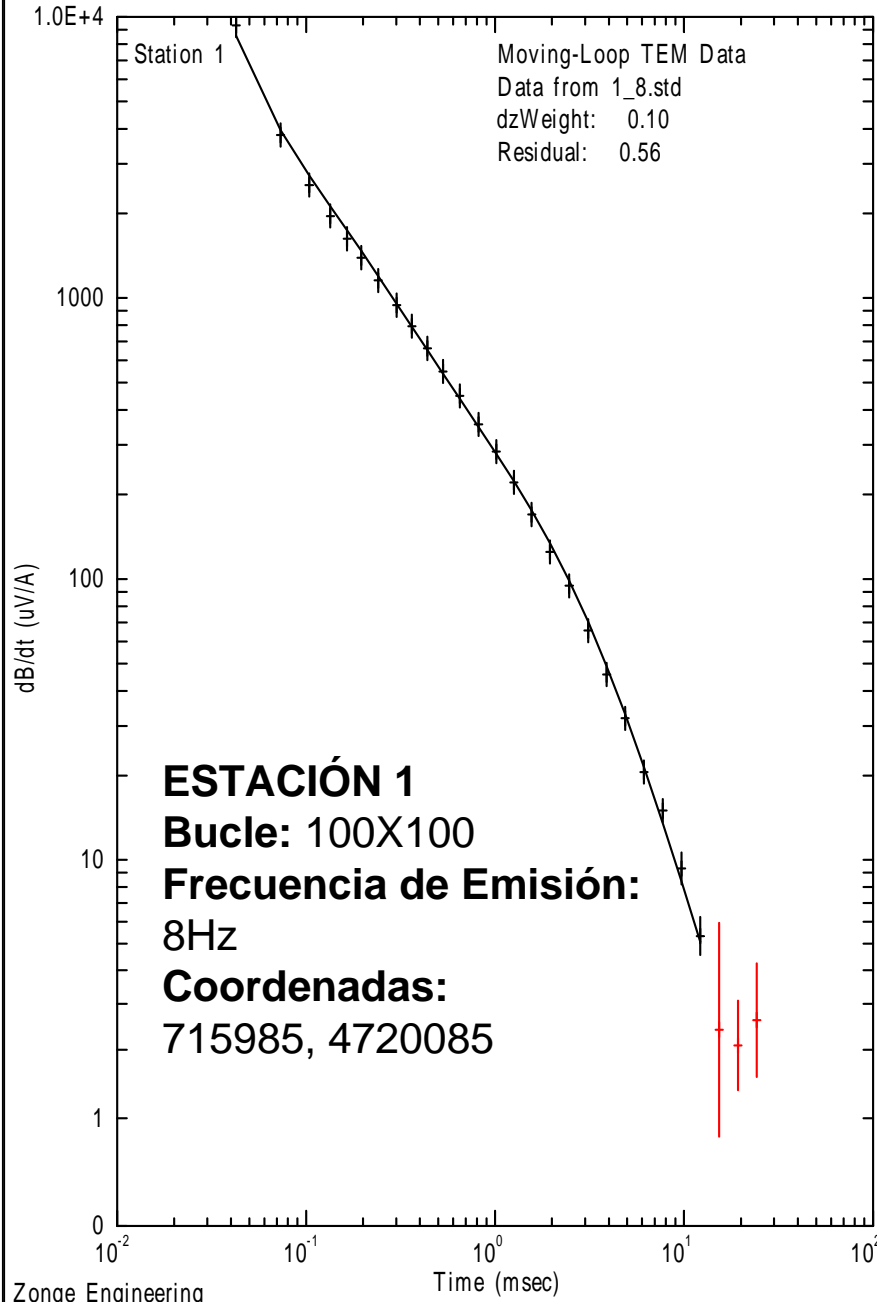
Zonge Engineering and Research Organization, Inc

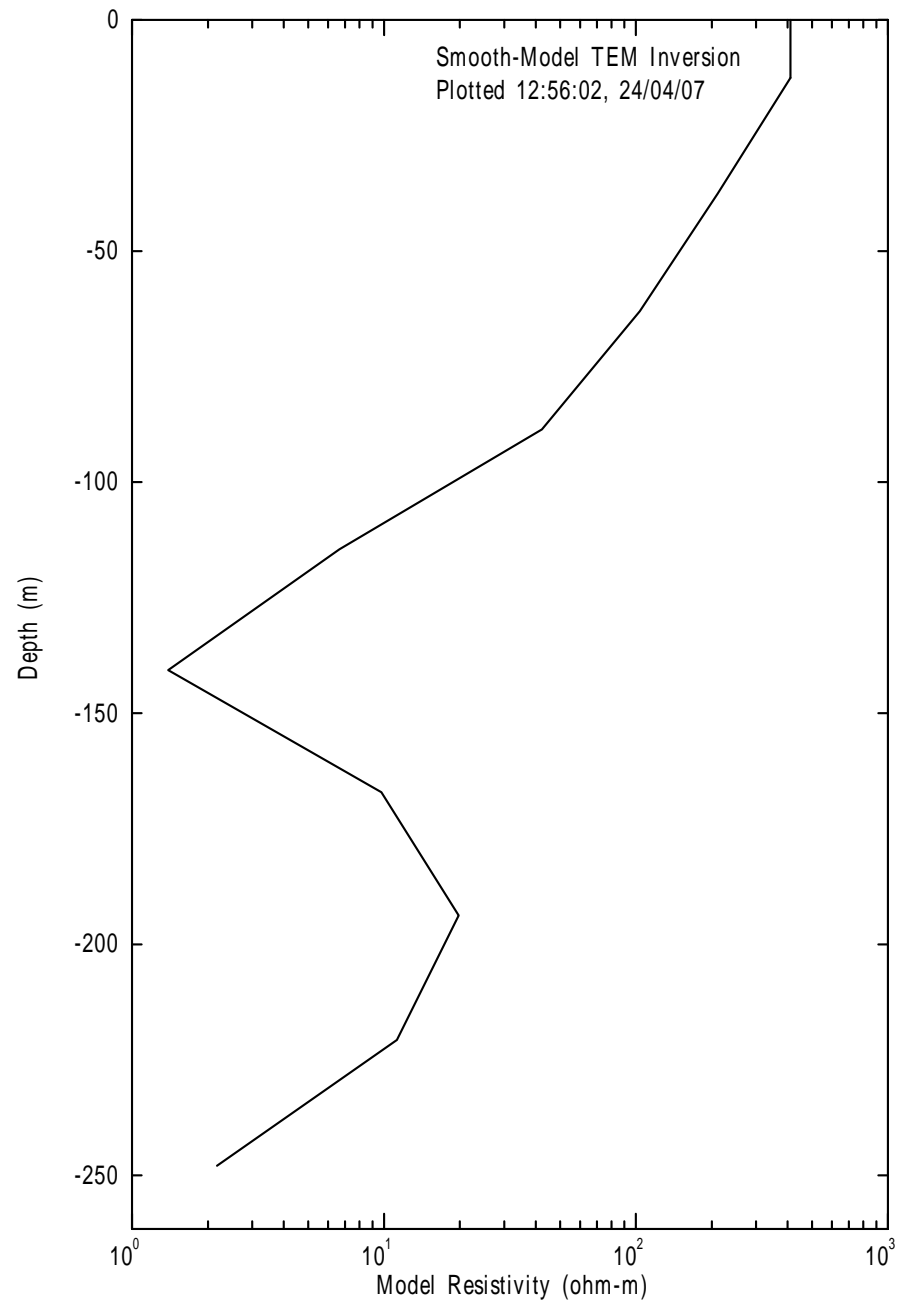
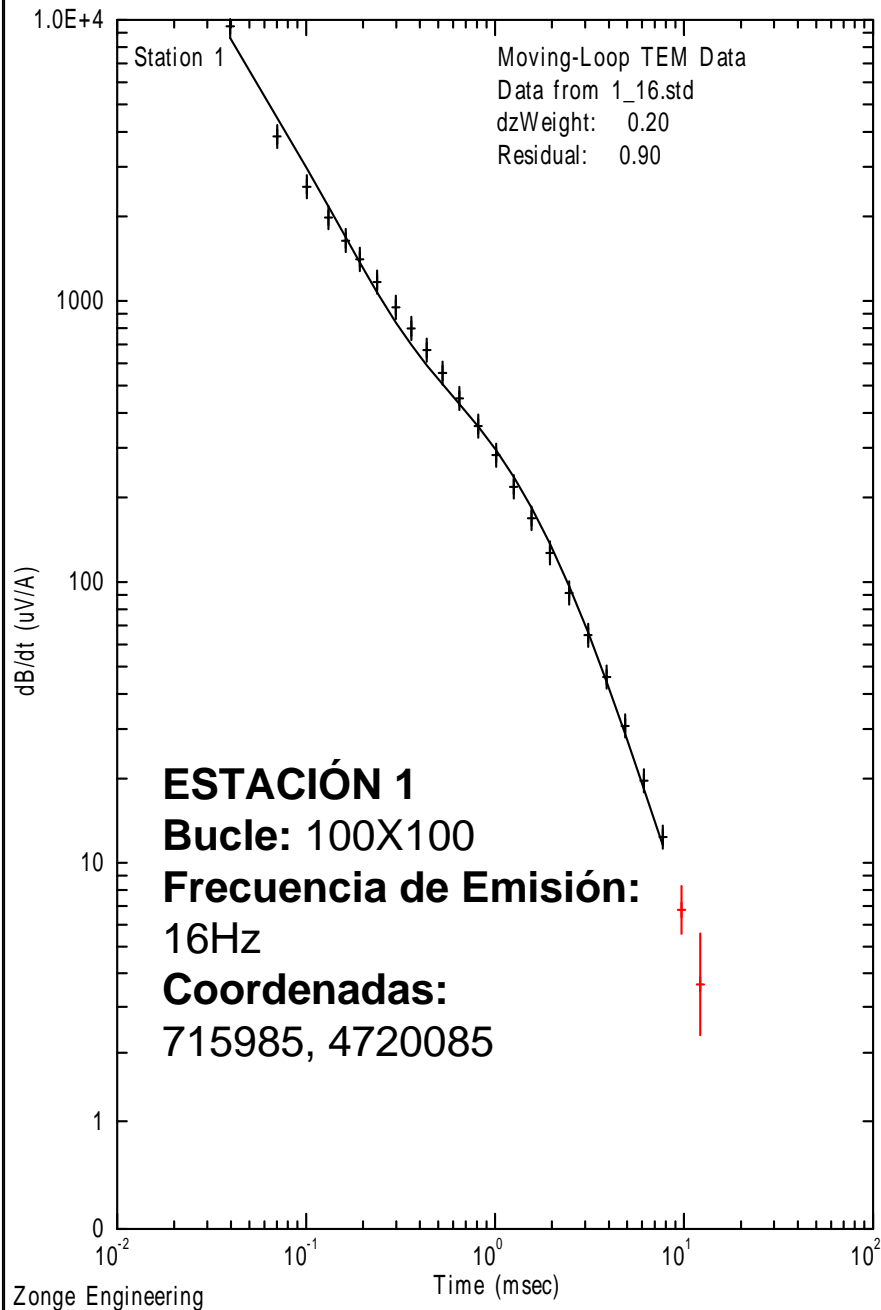


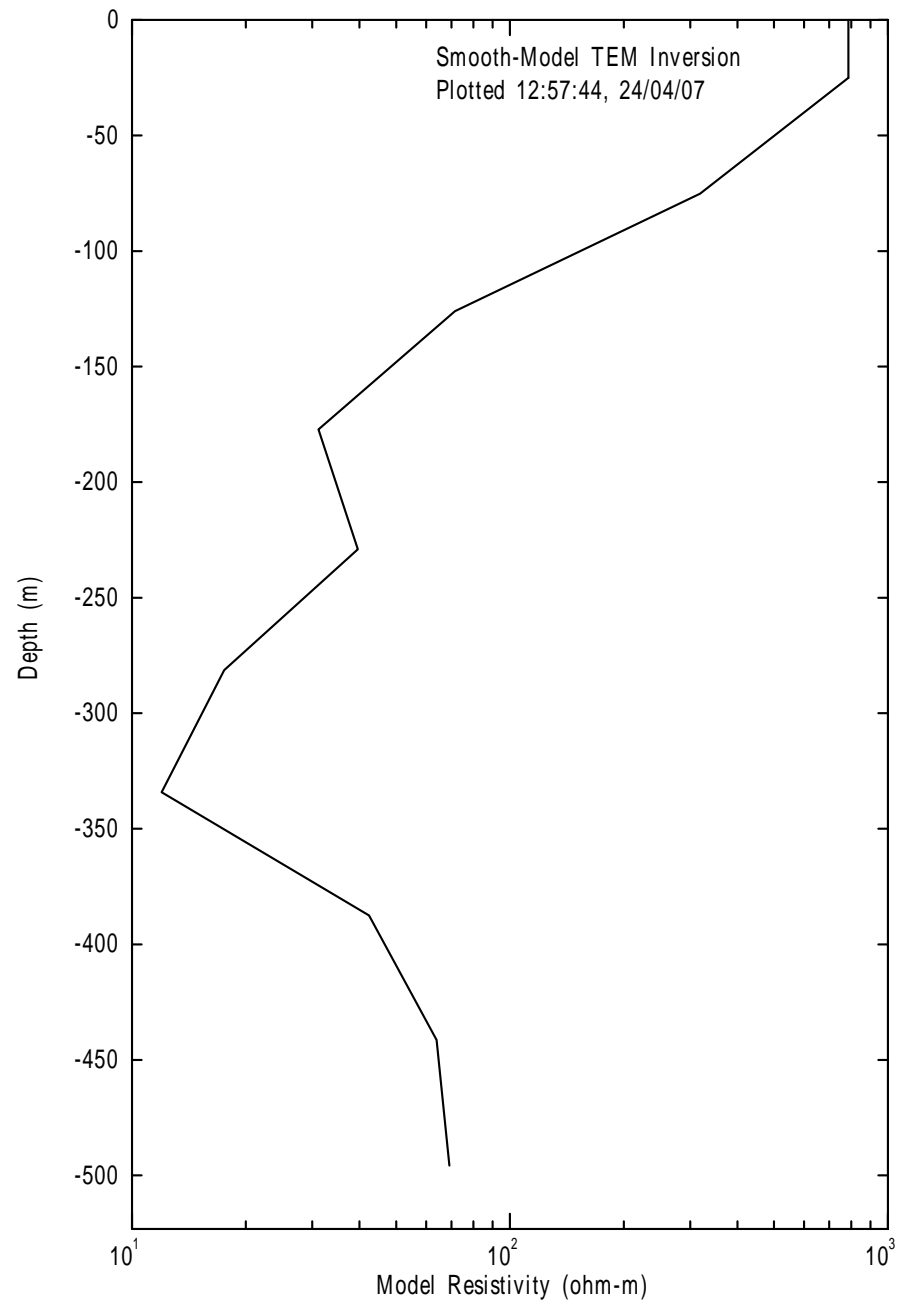
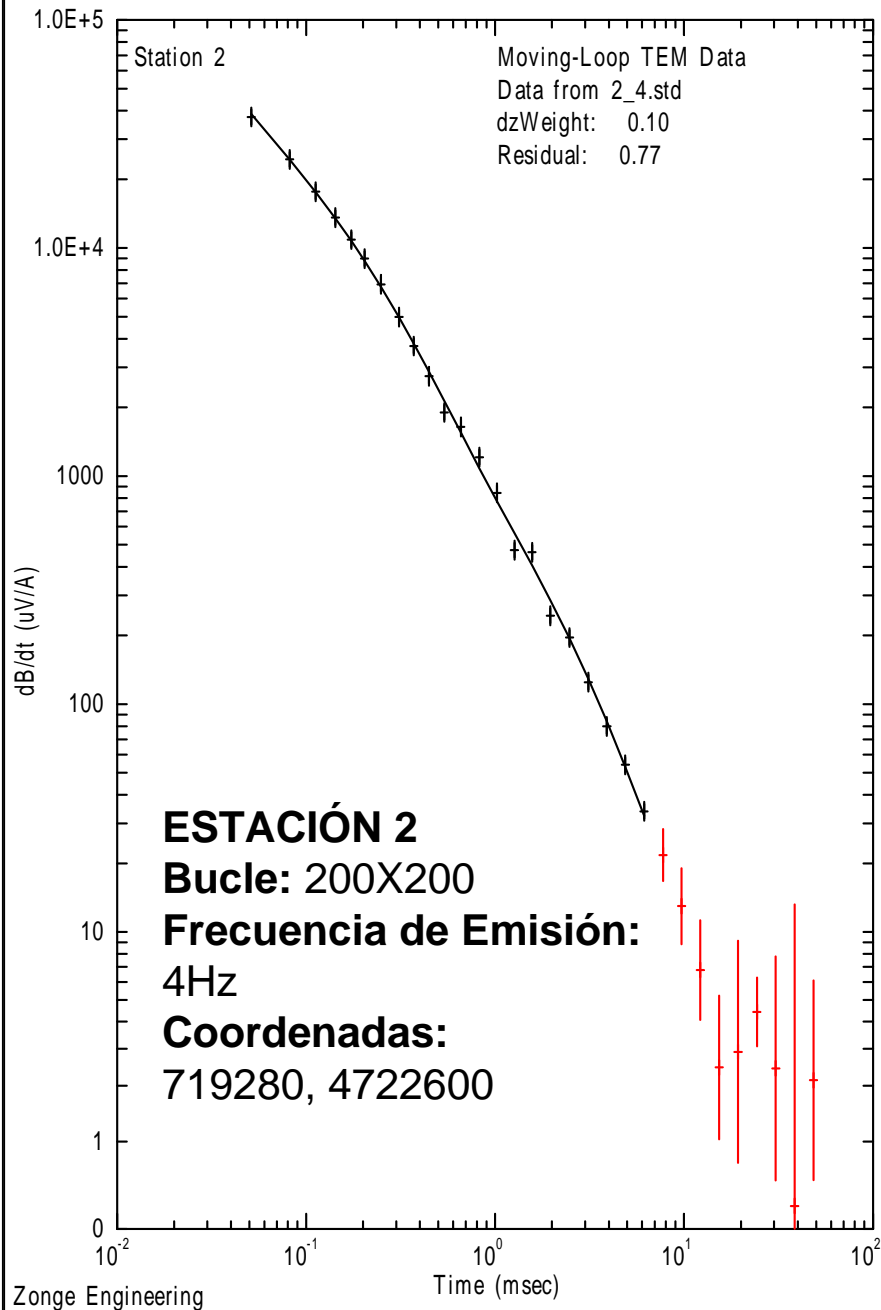
## **APÉNDICE D: Figuras**

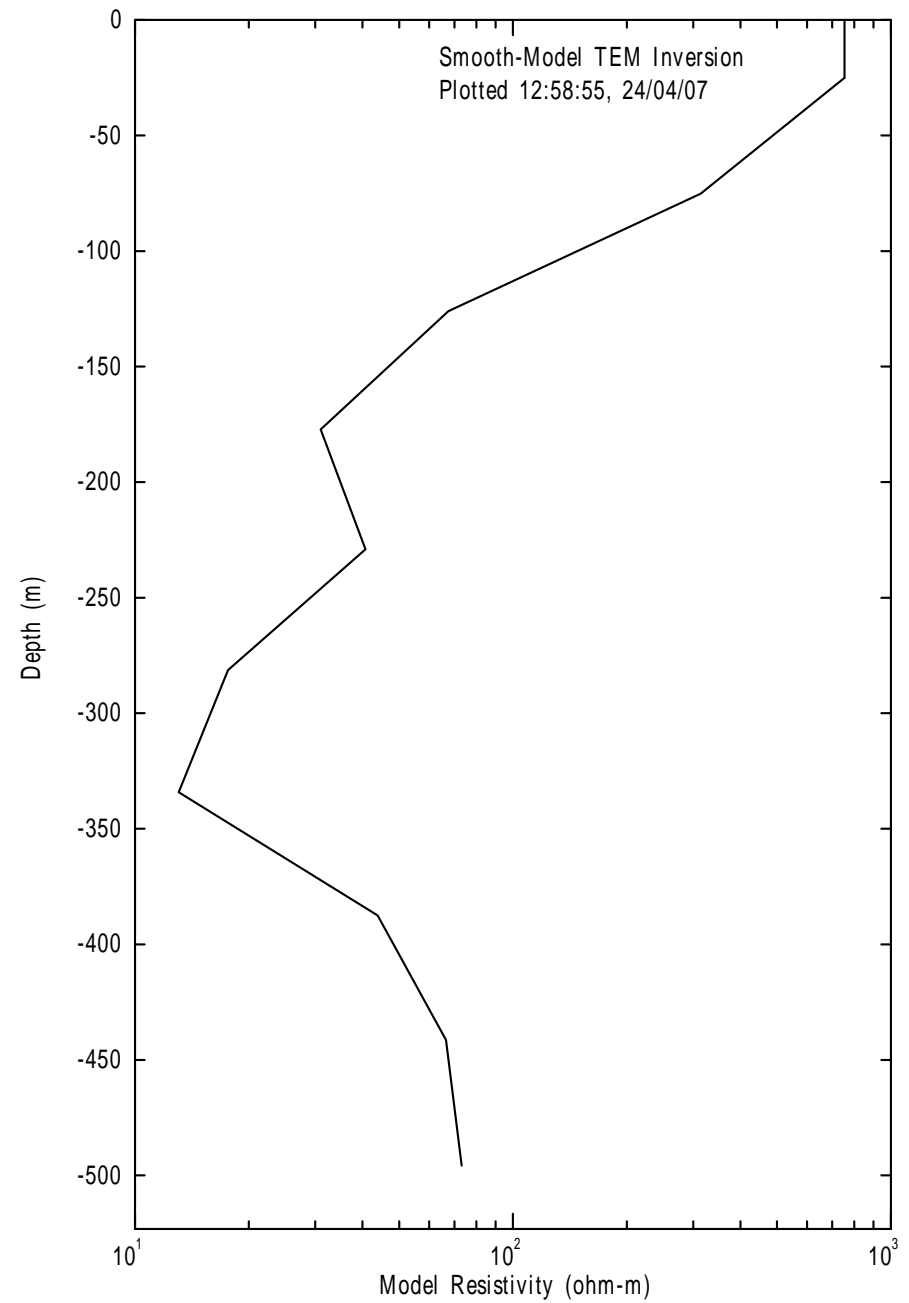
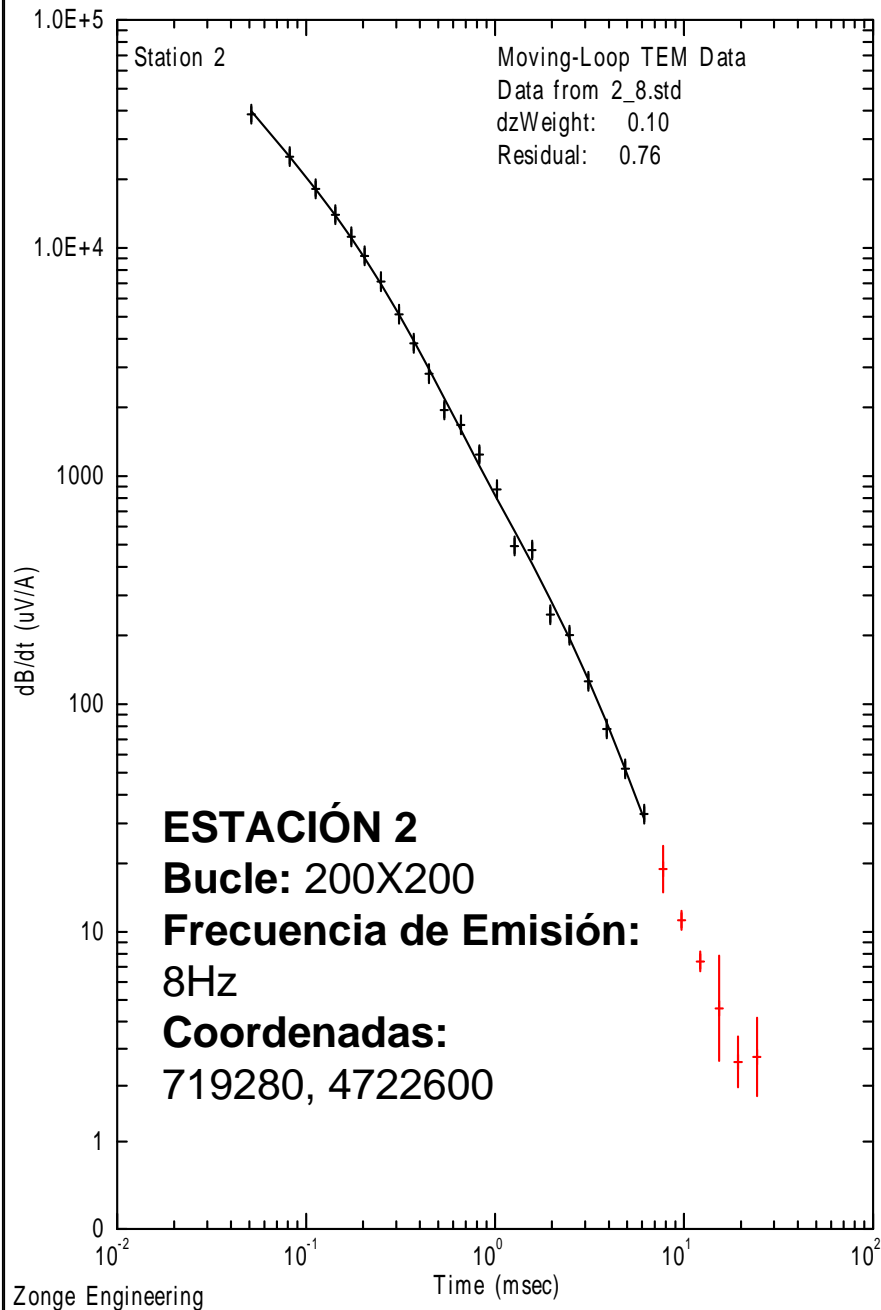


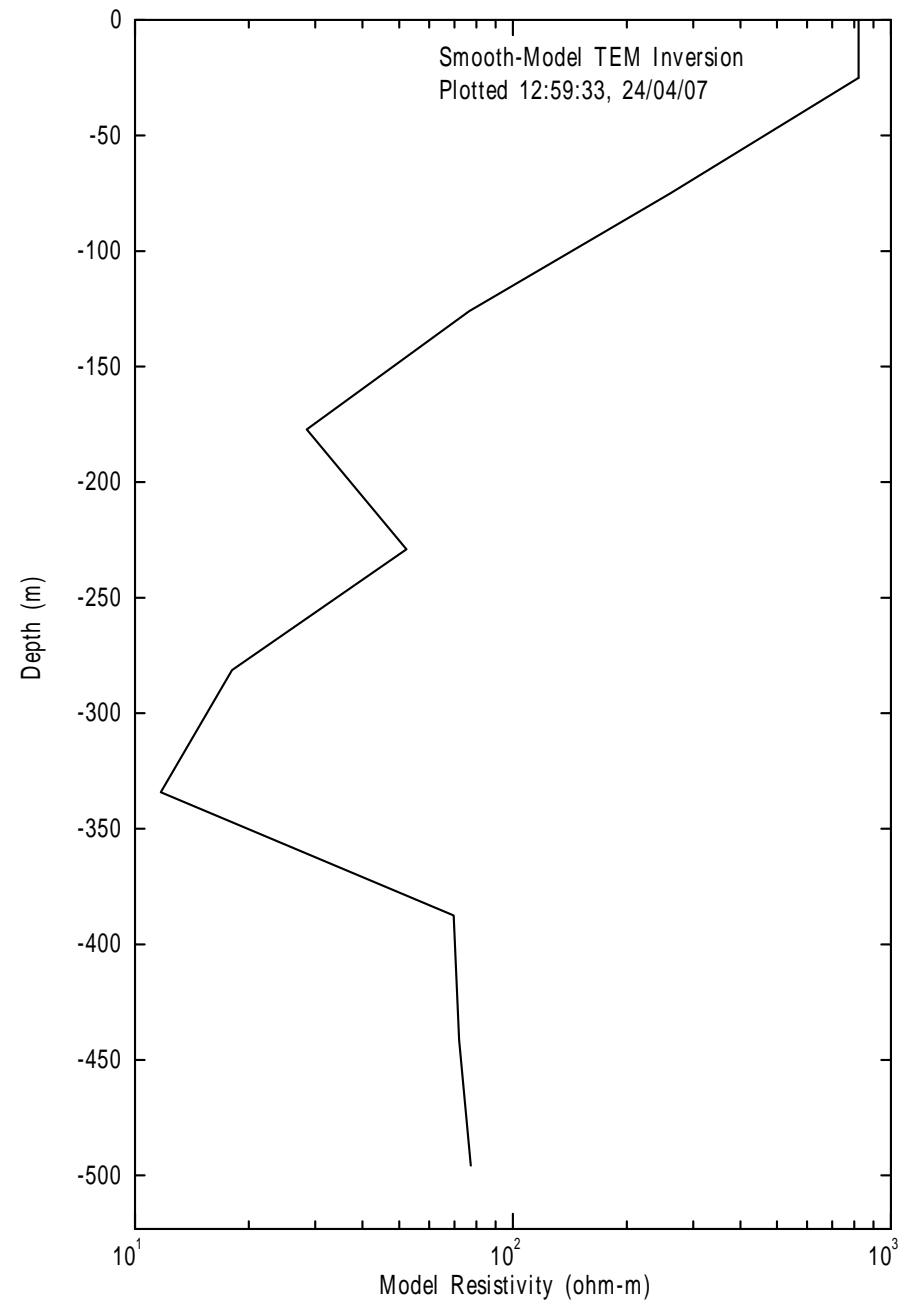
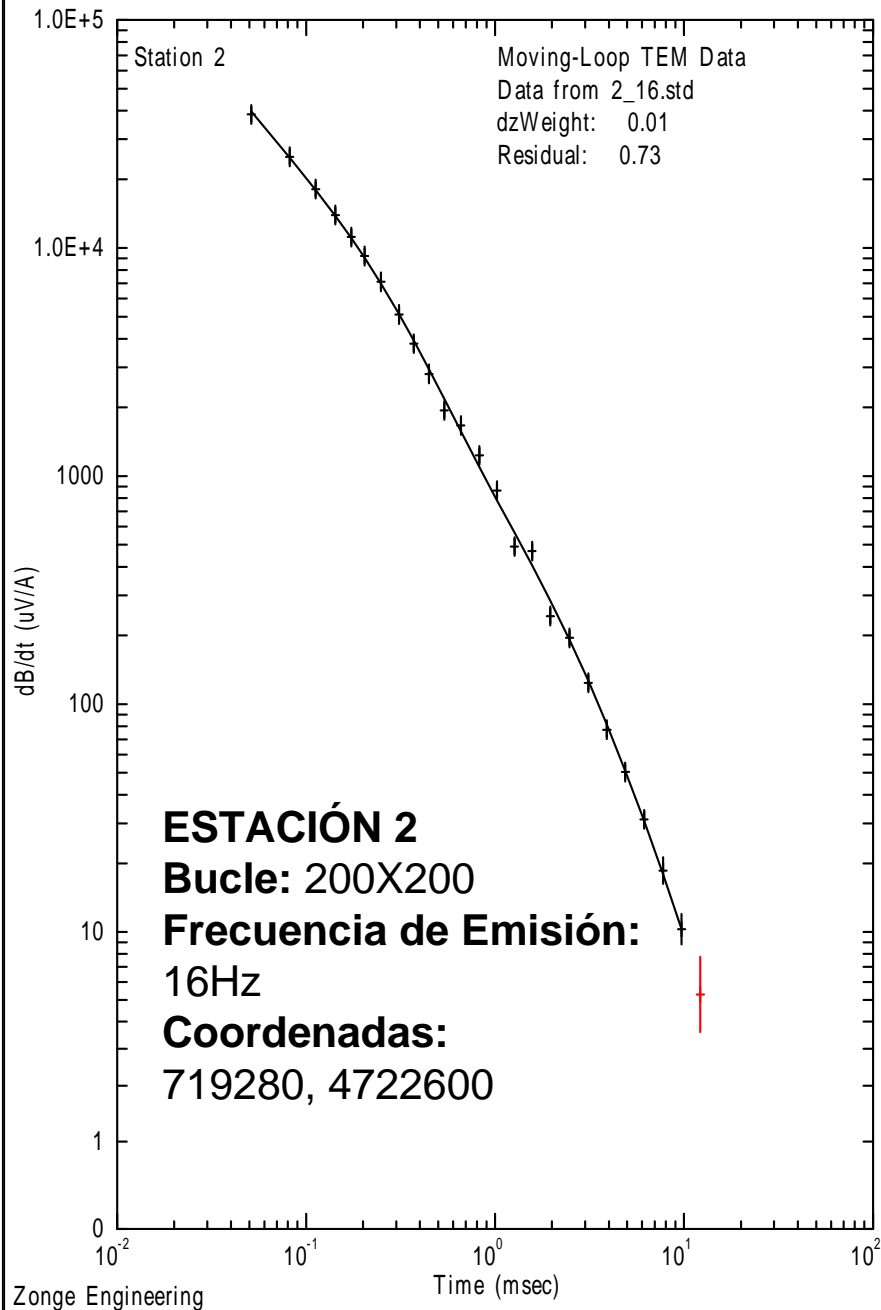


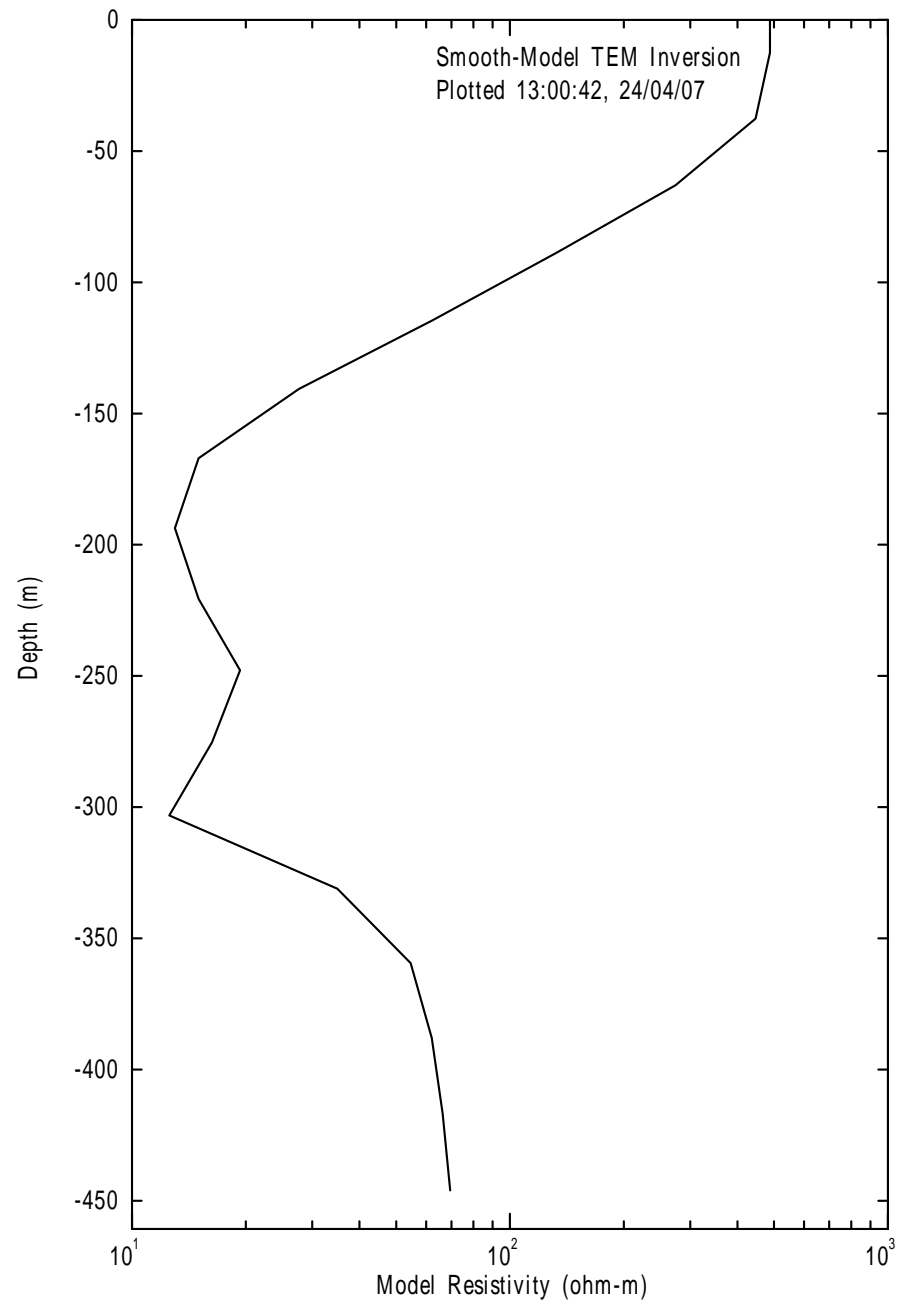
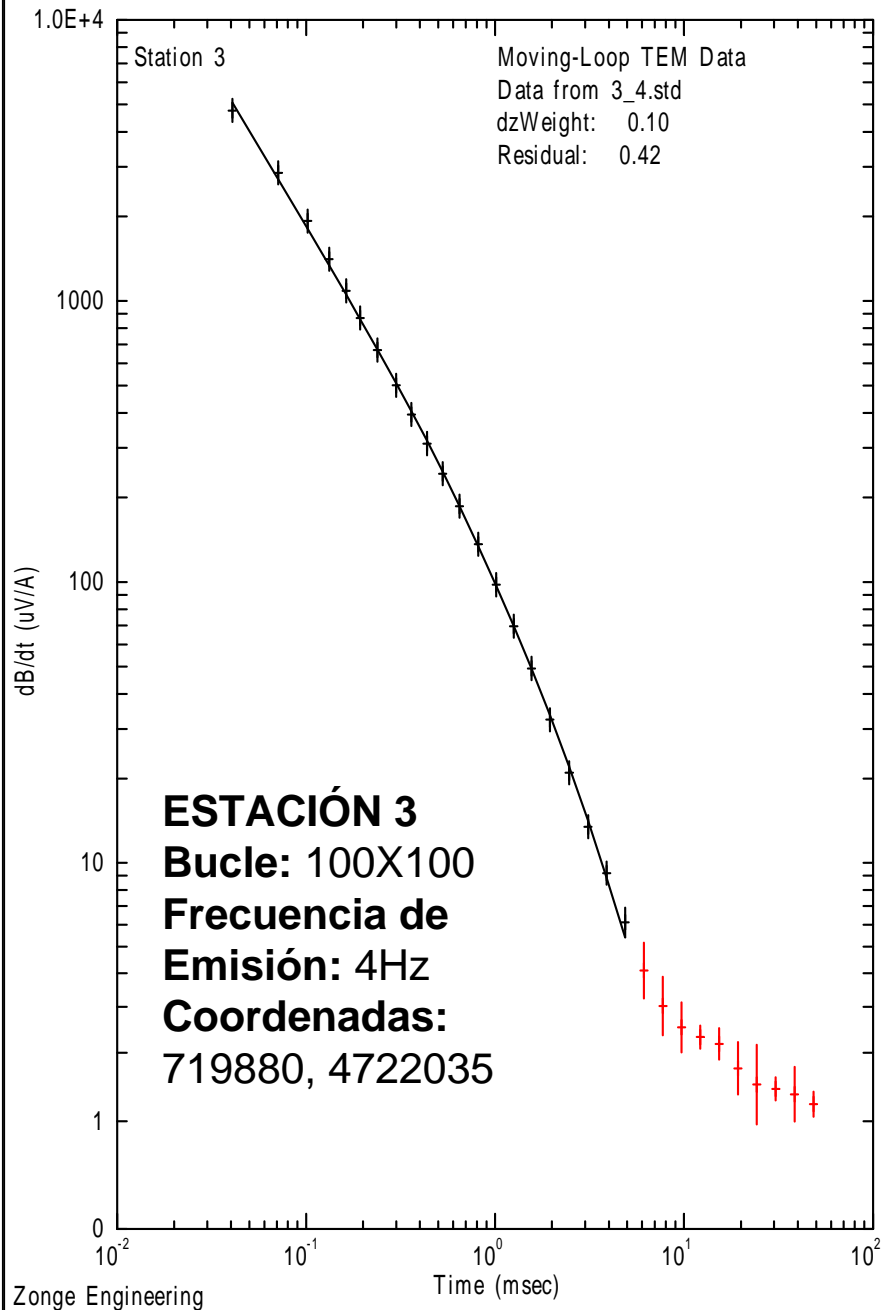


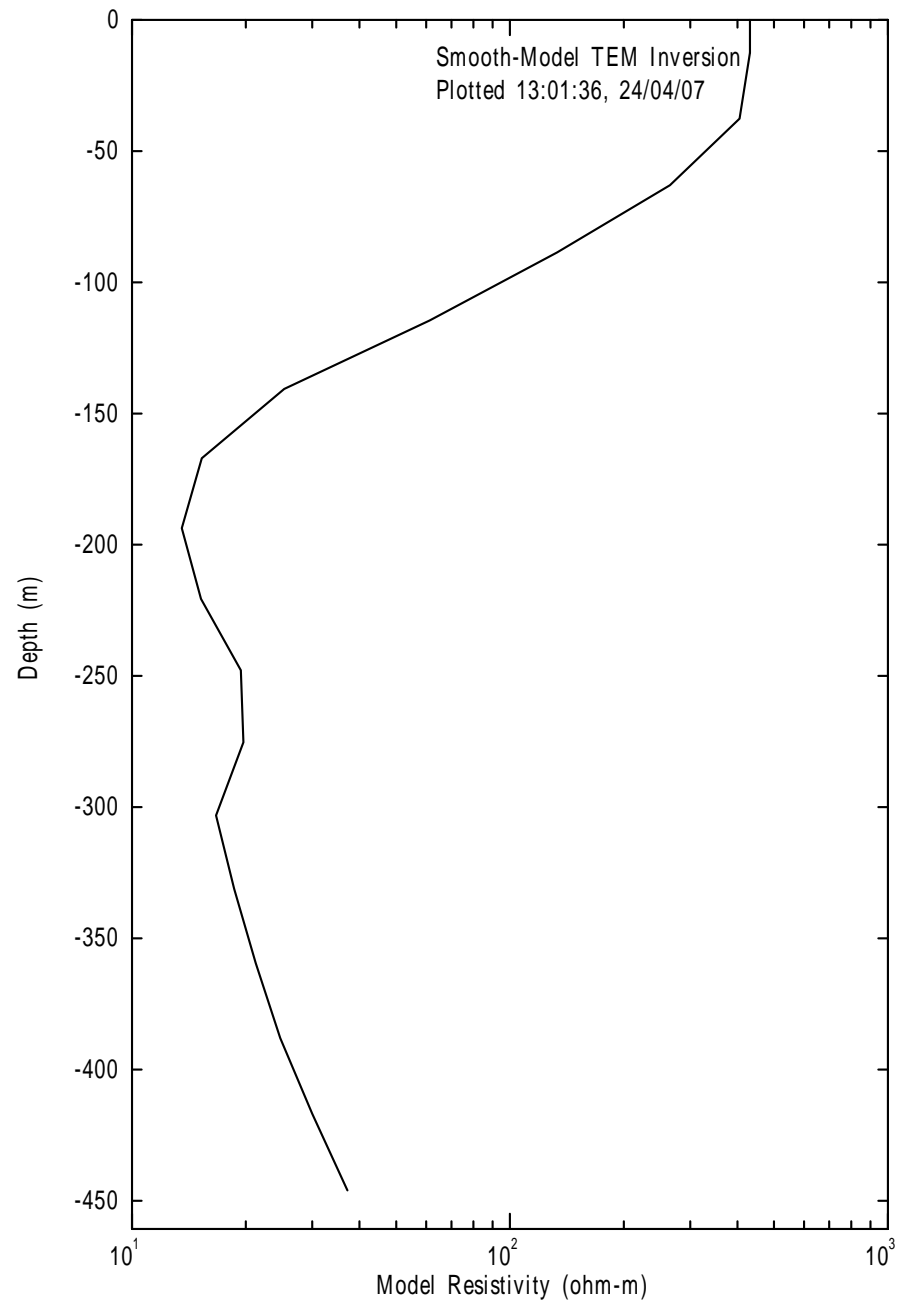
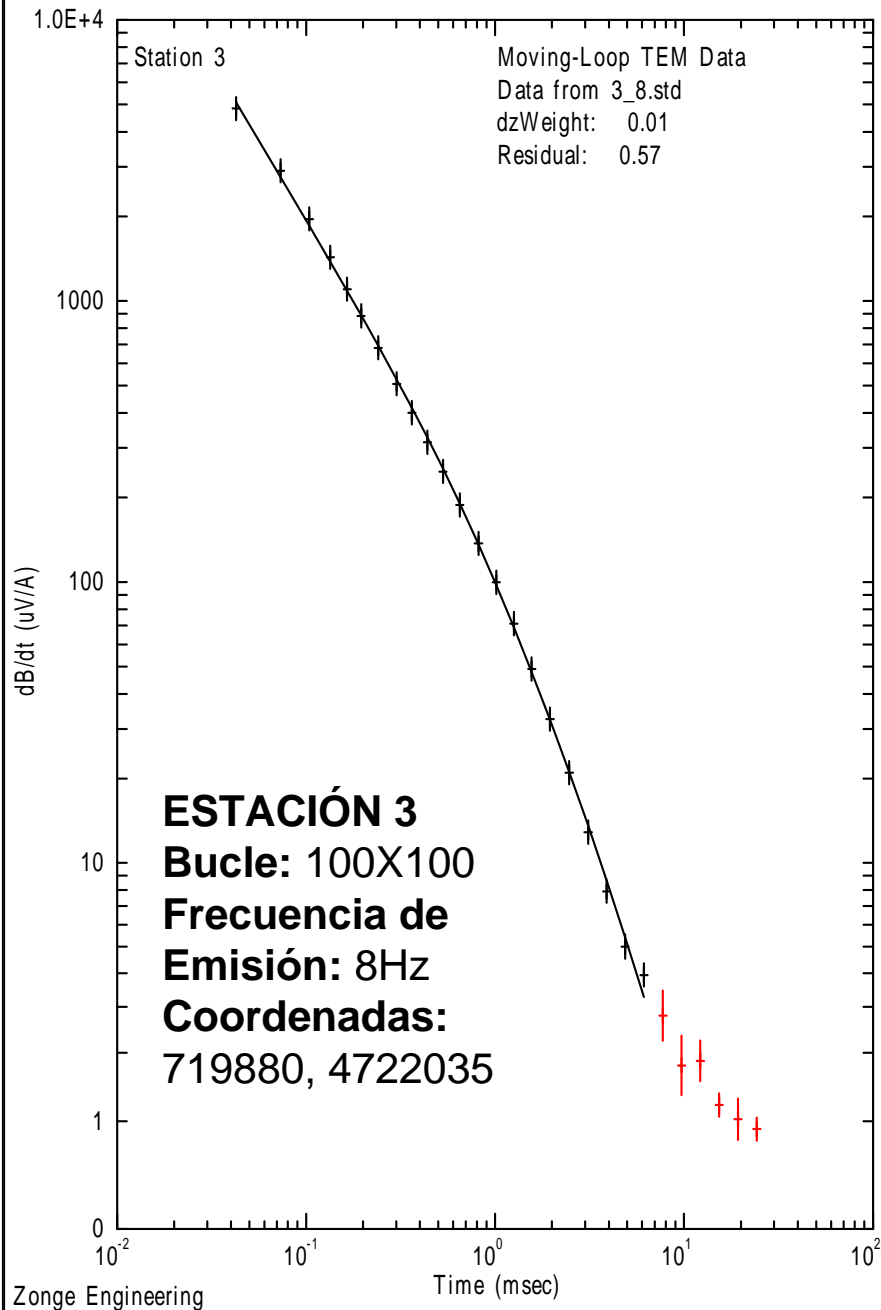


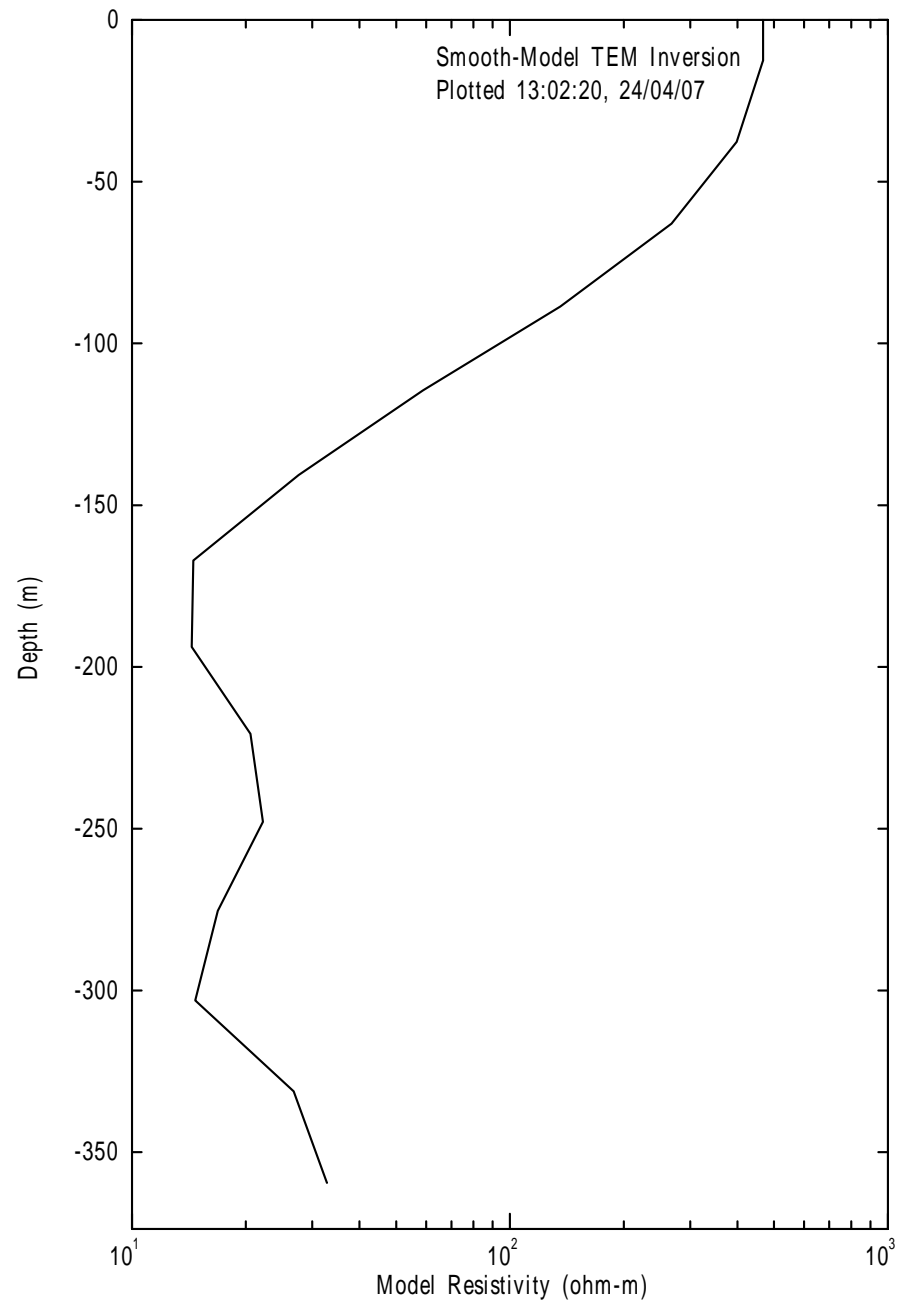
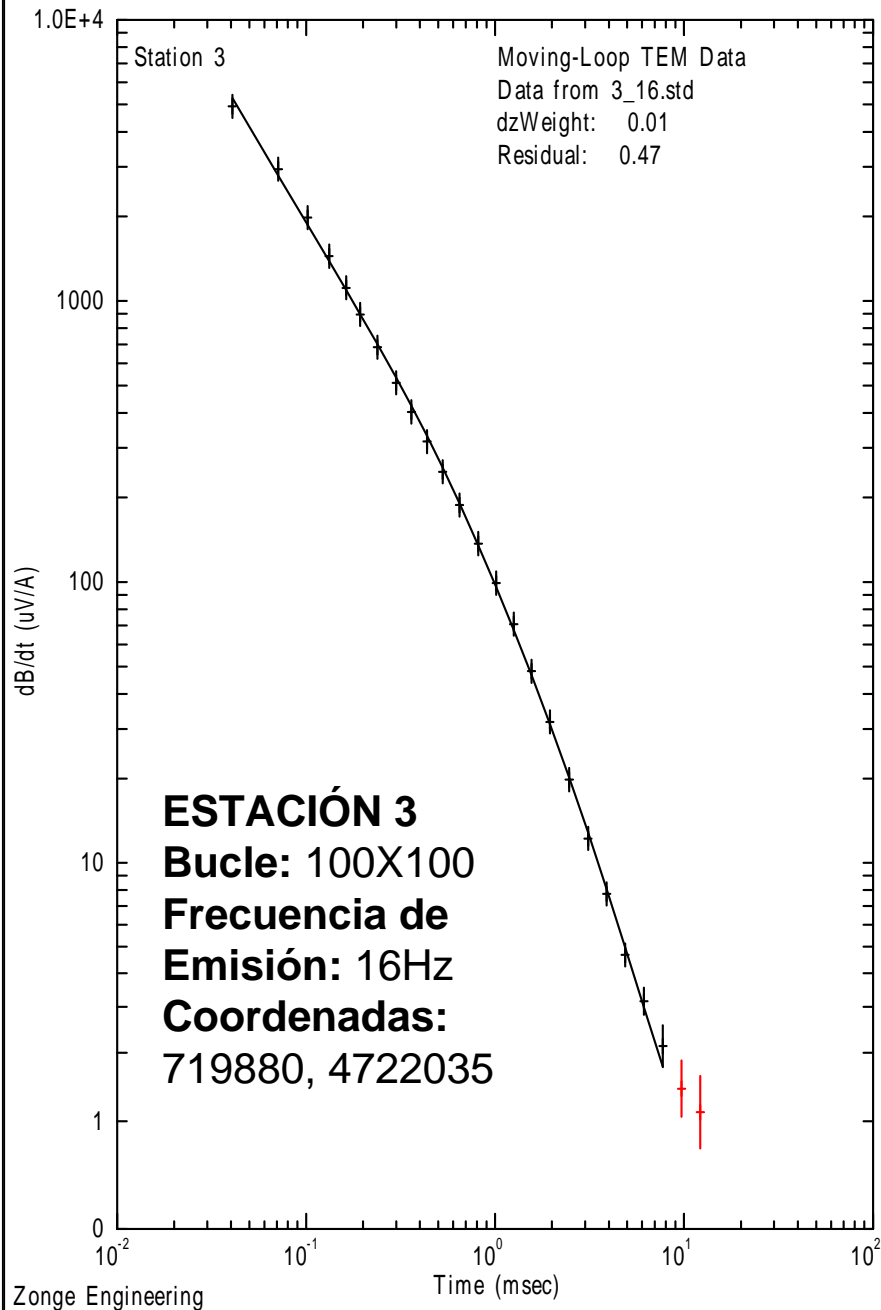




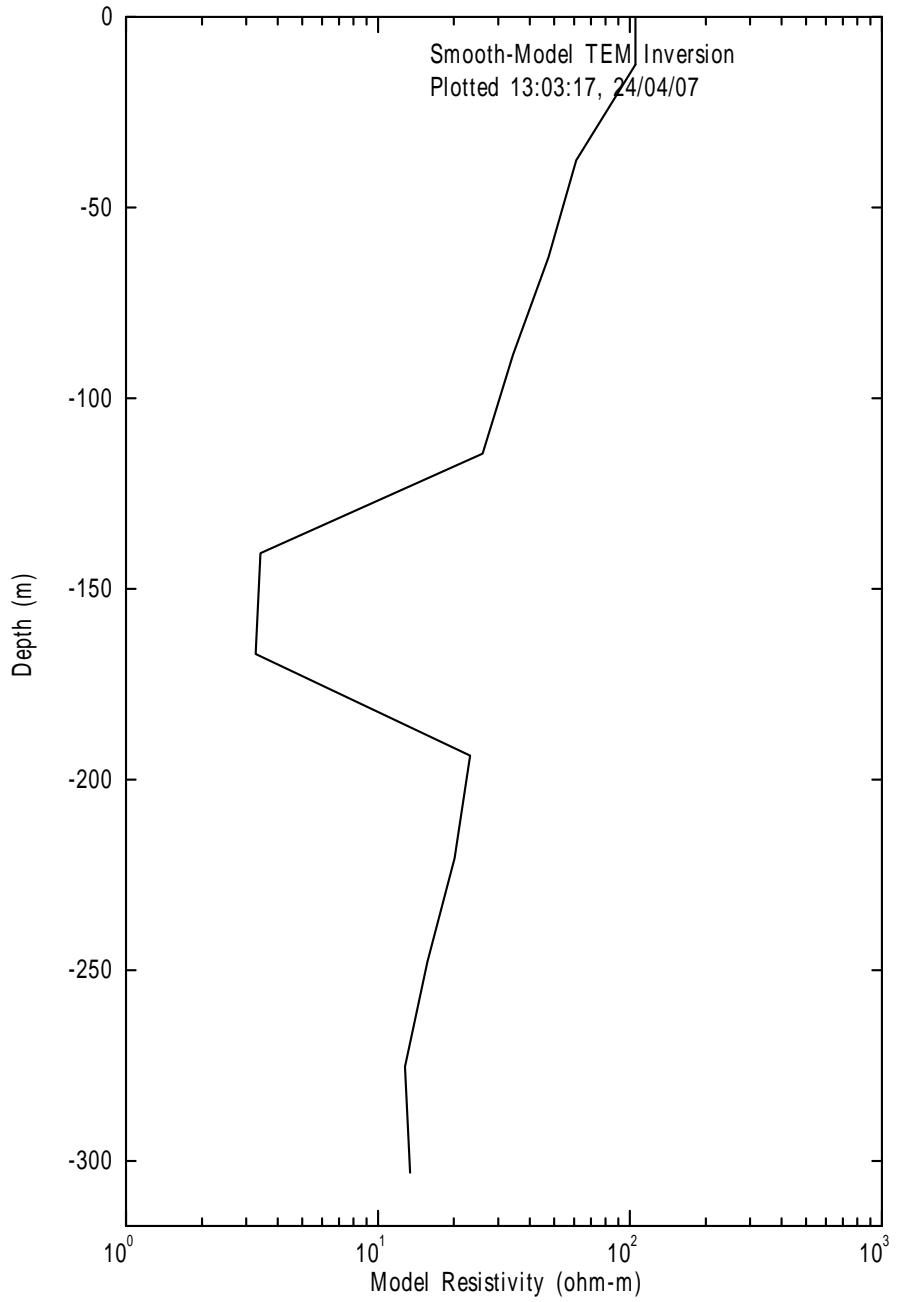
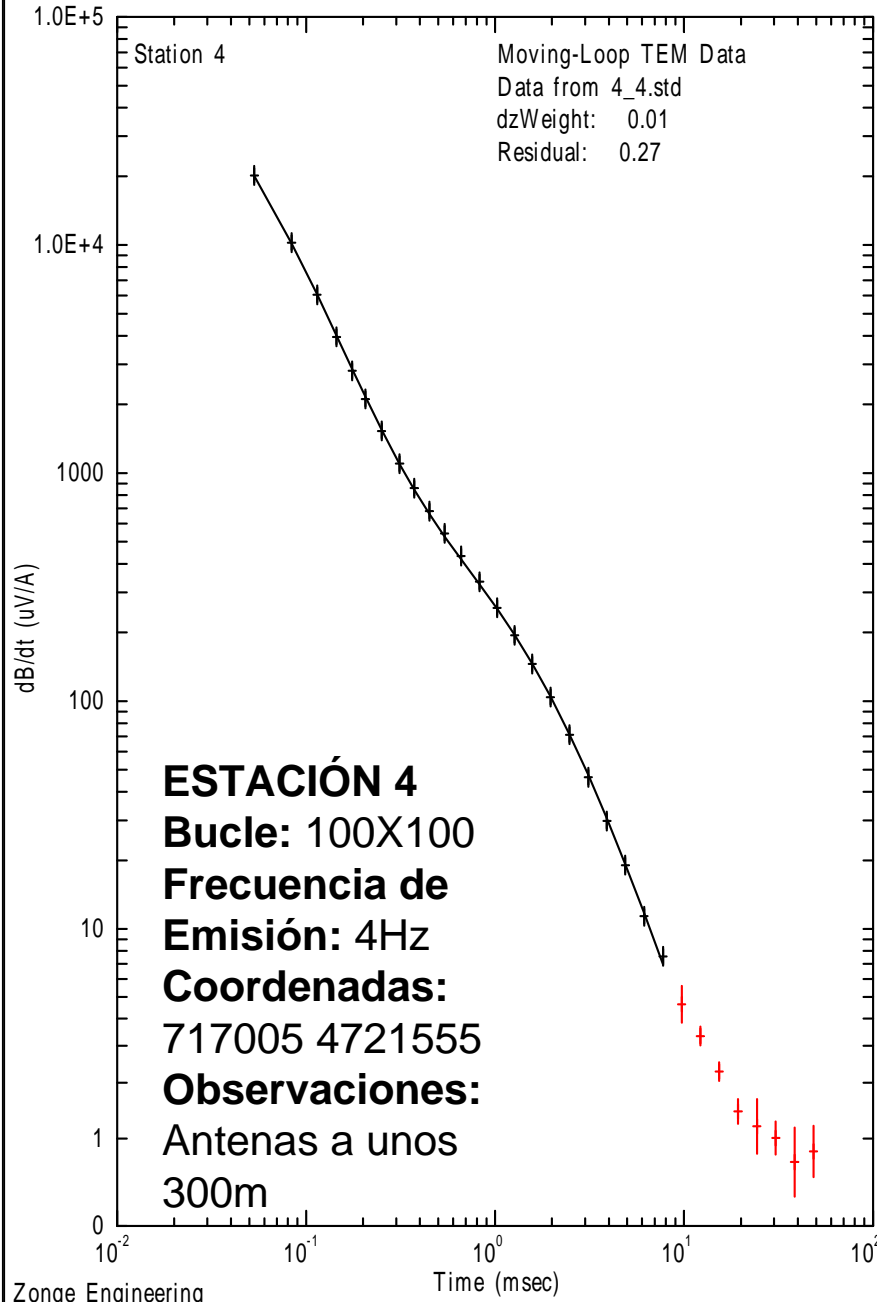


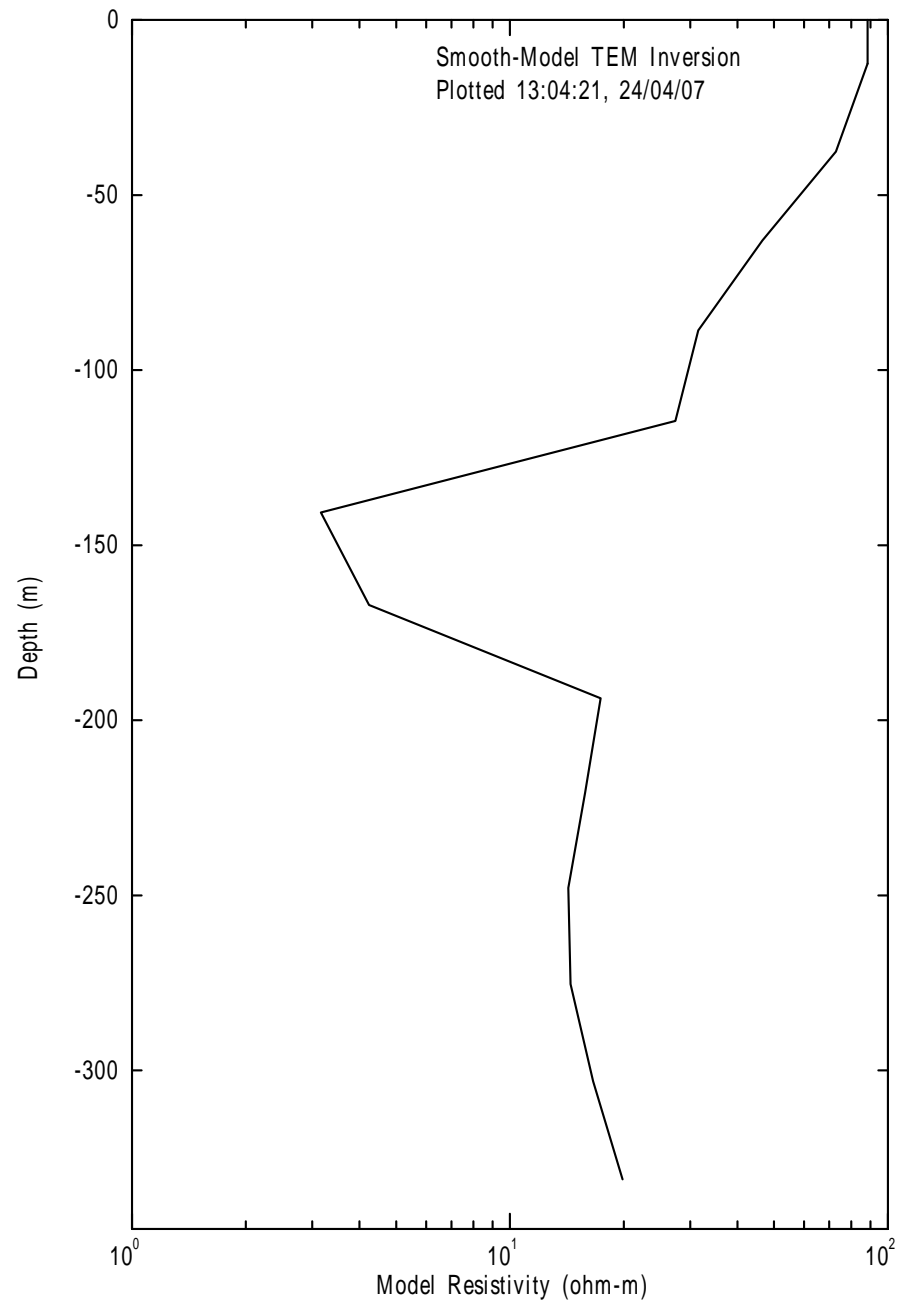
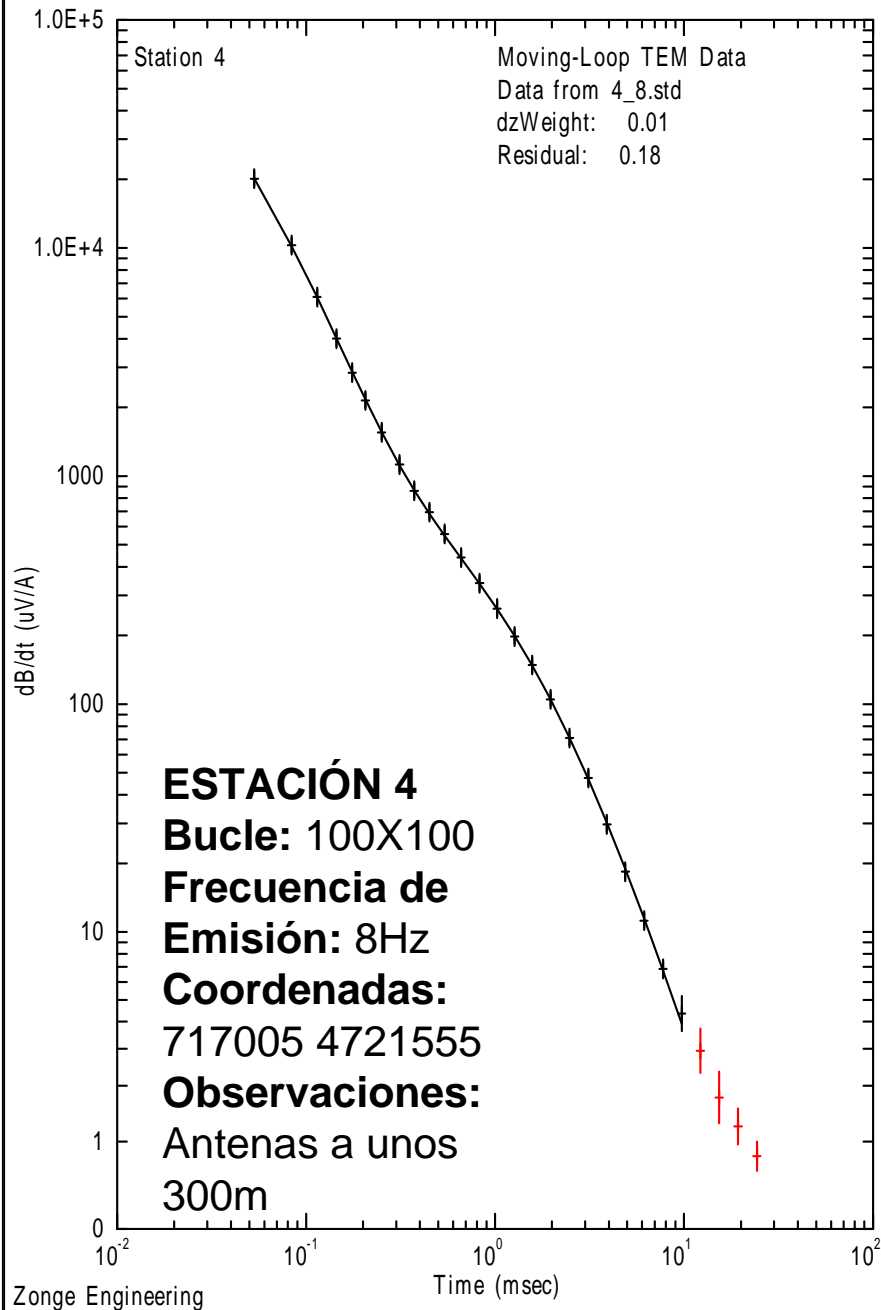


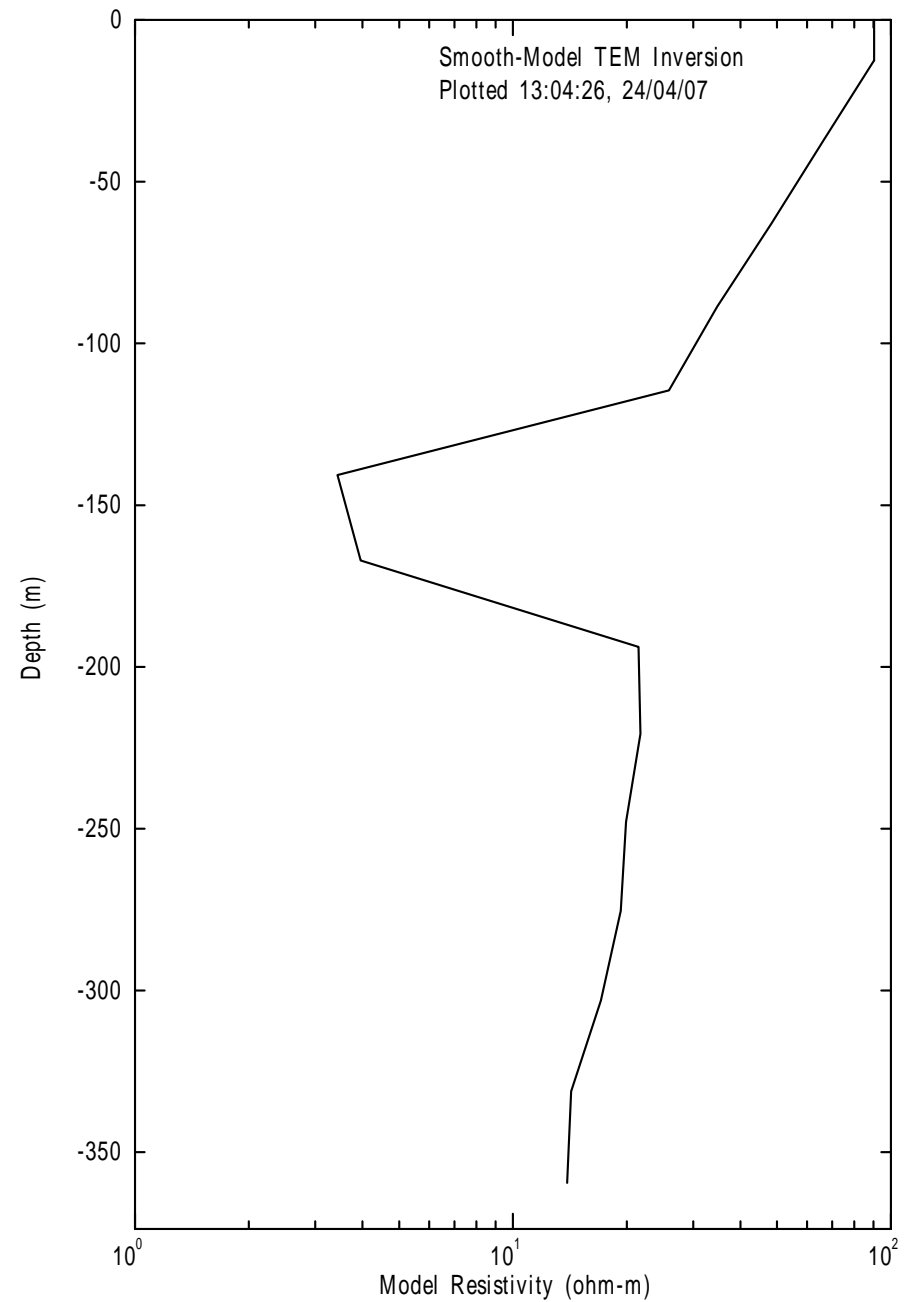
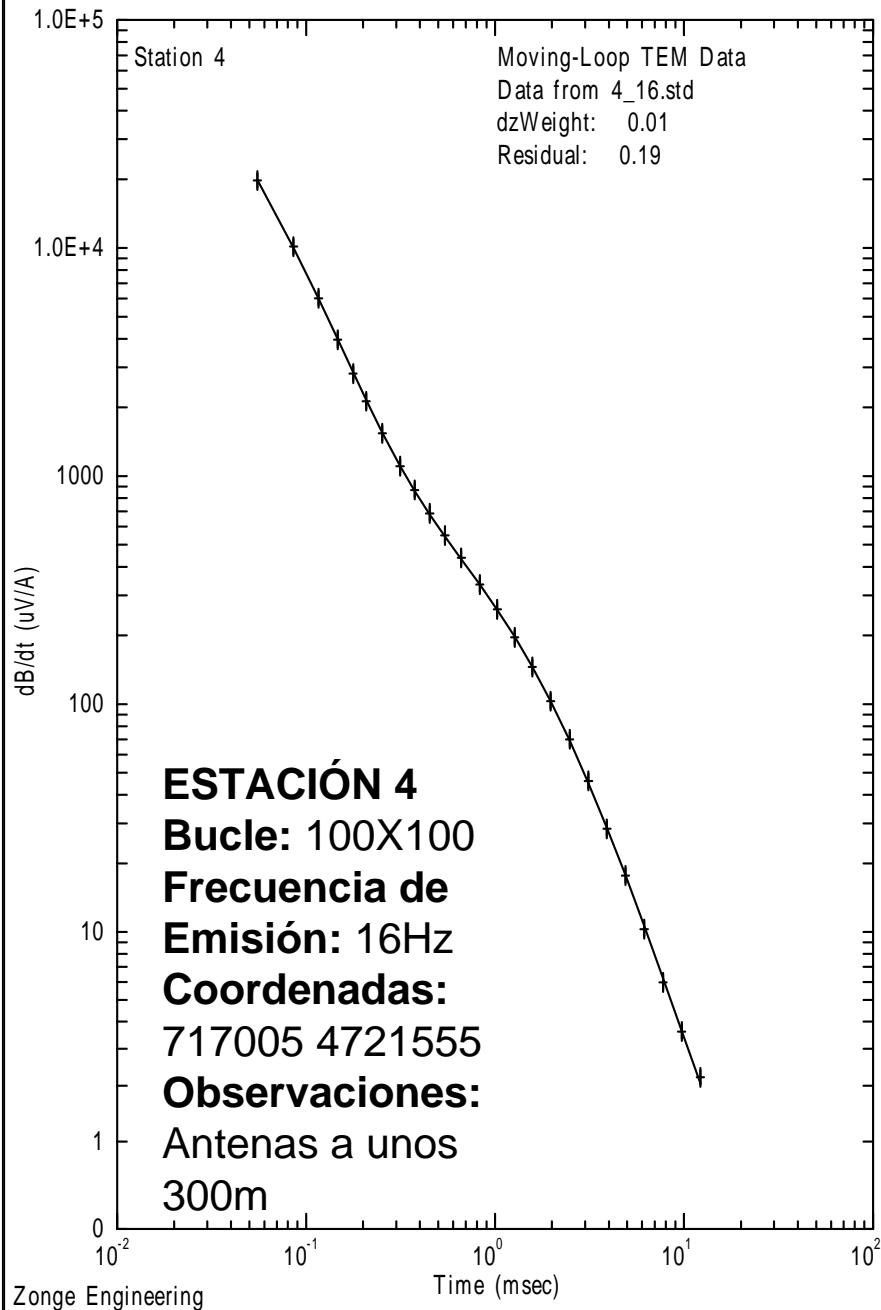


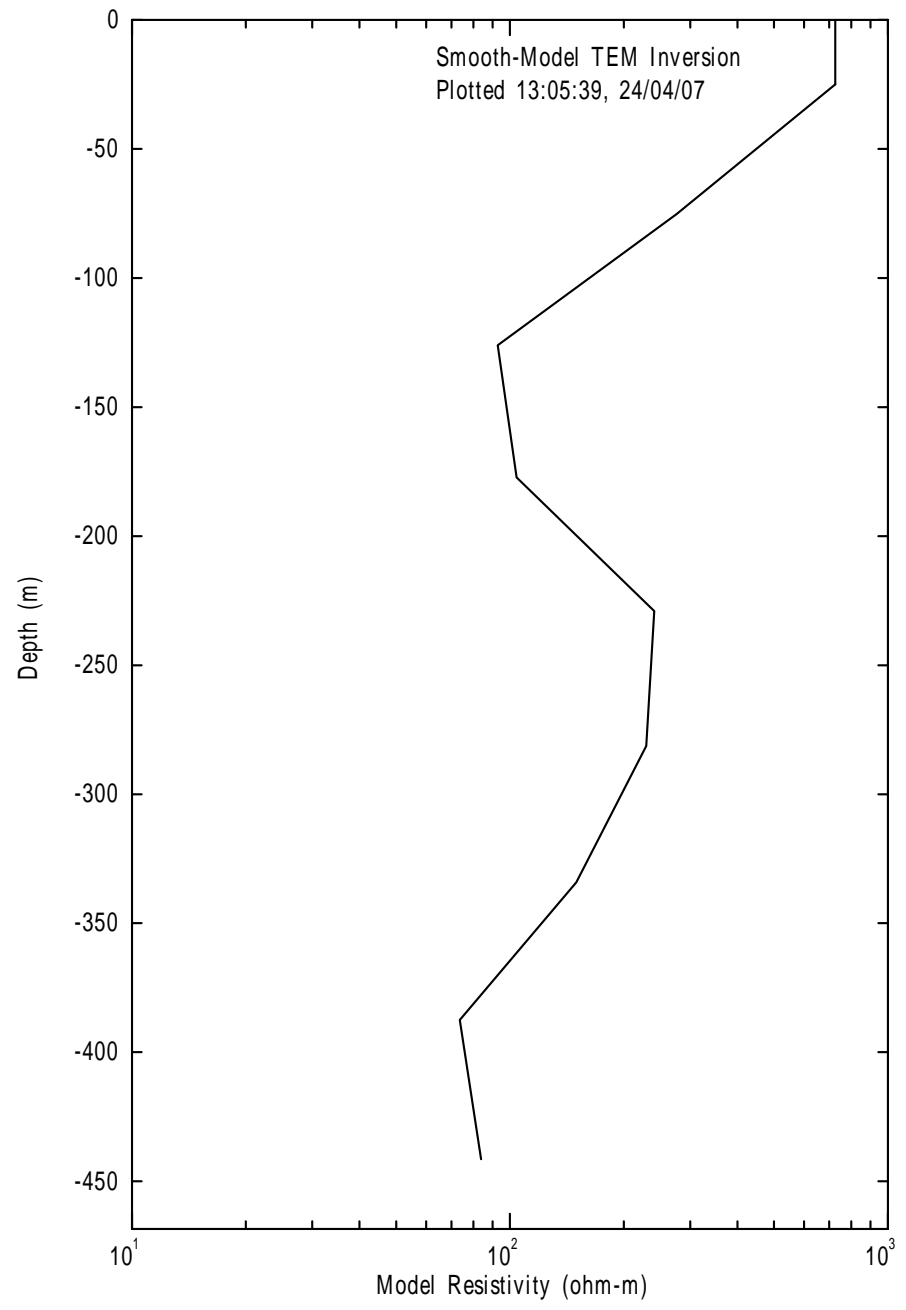
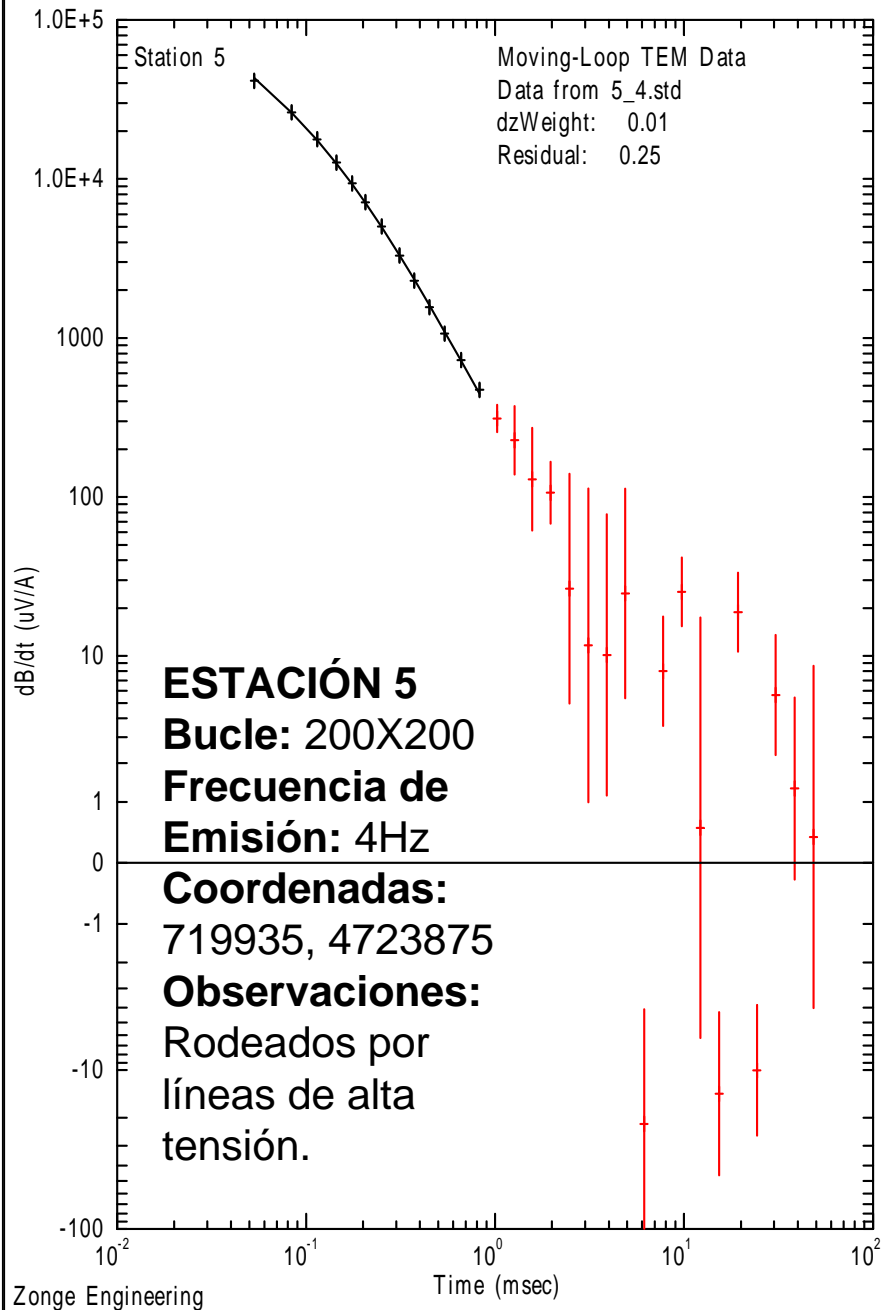


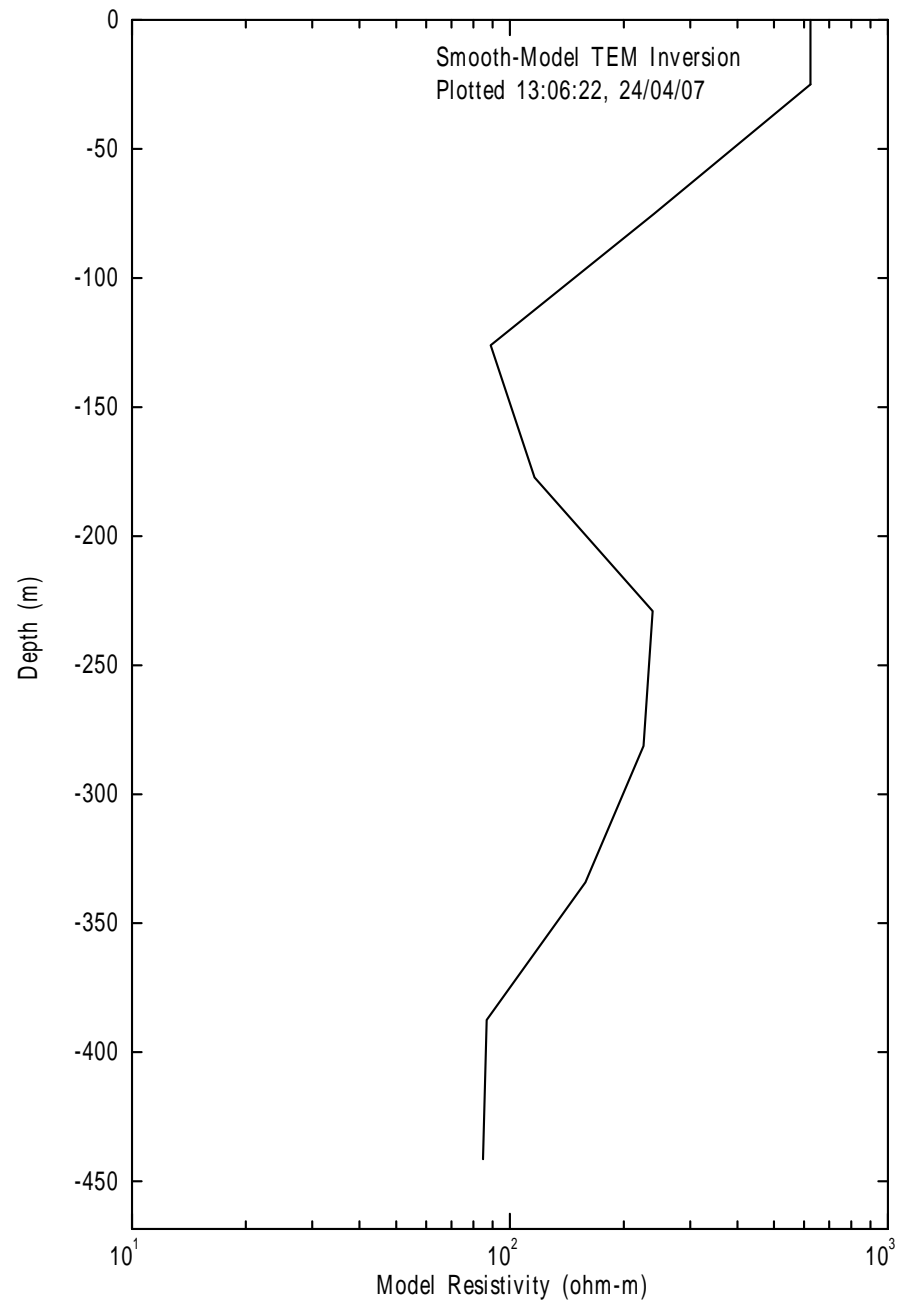
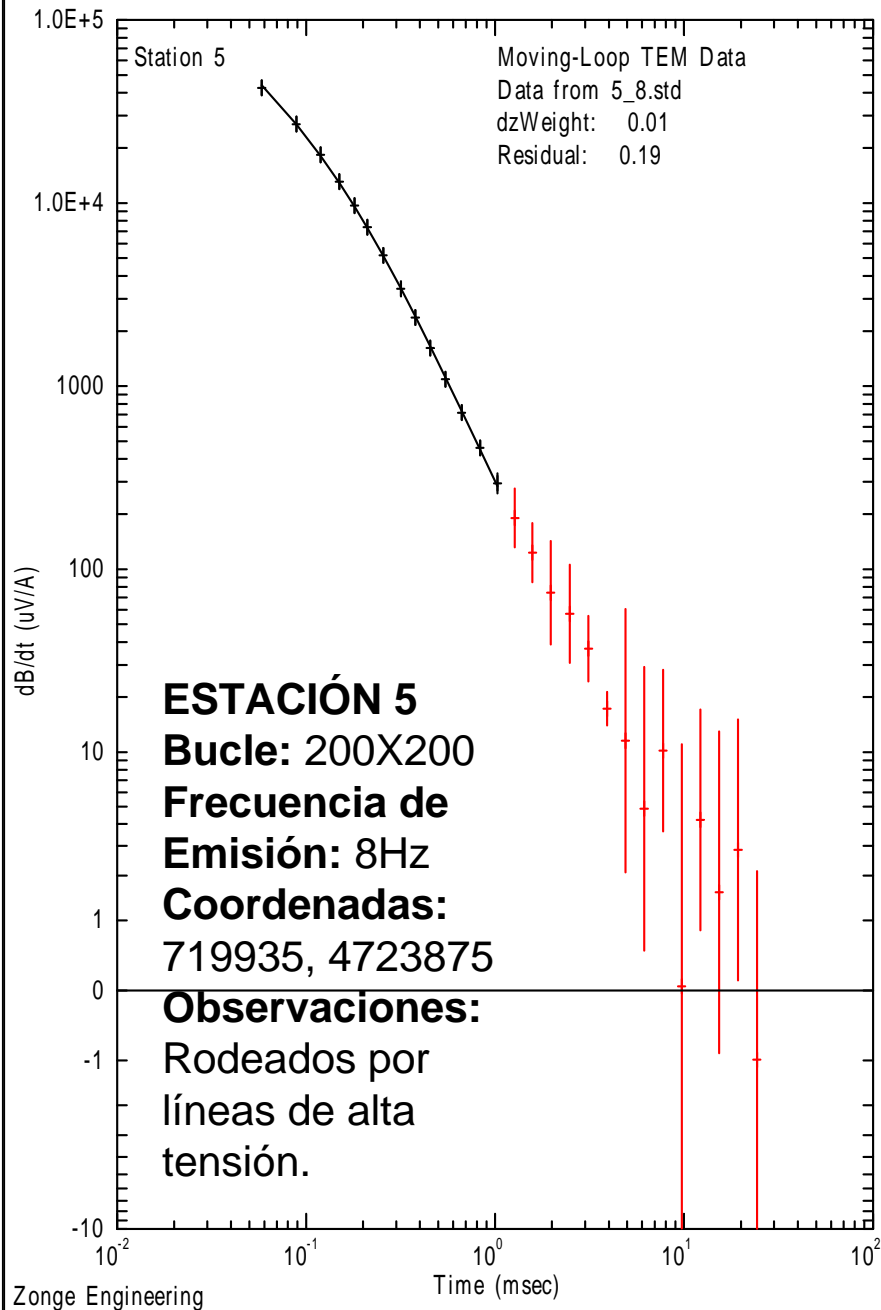


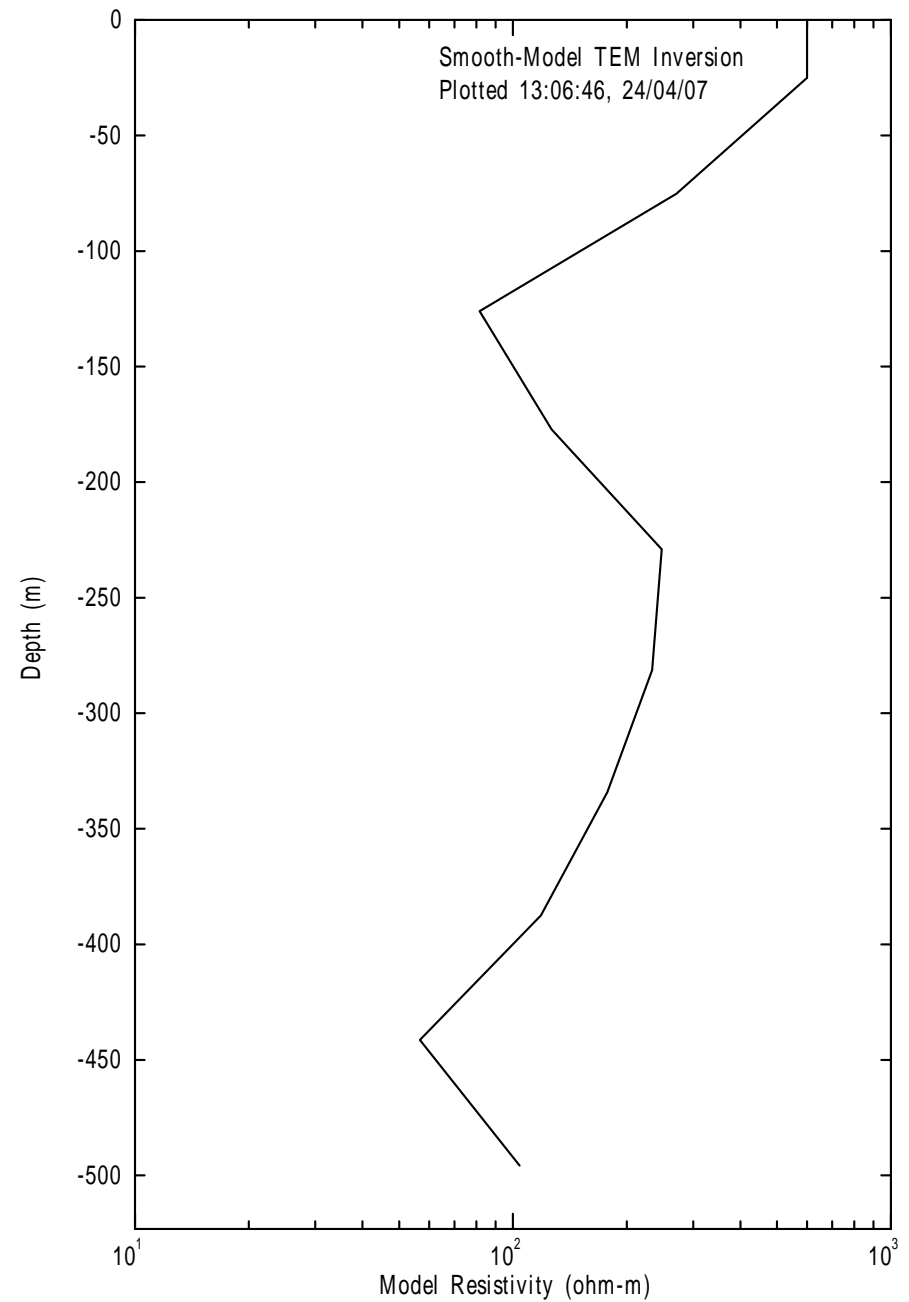
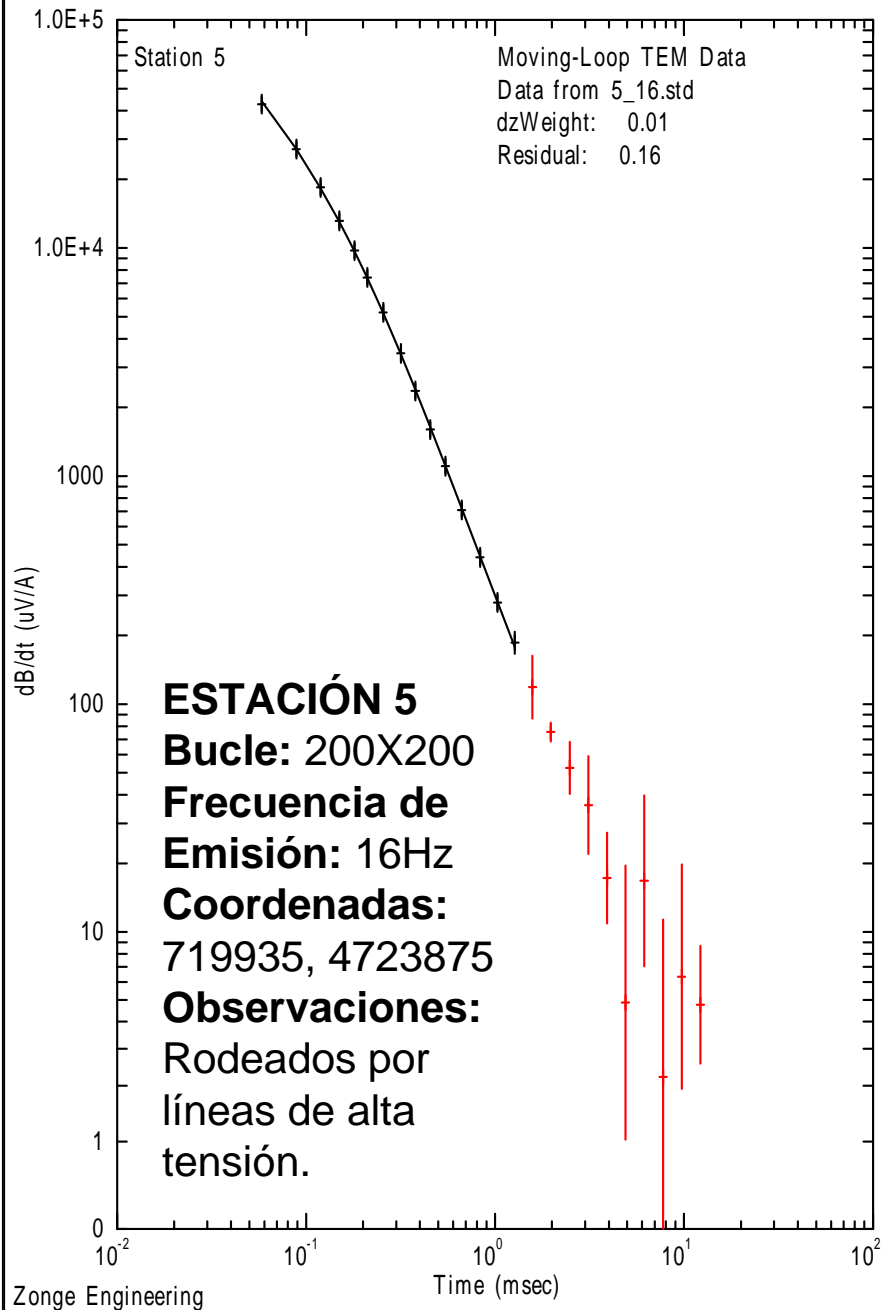


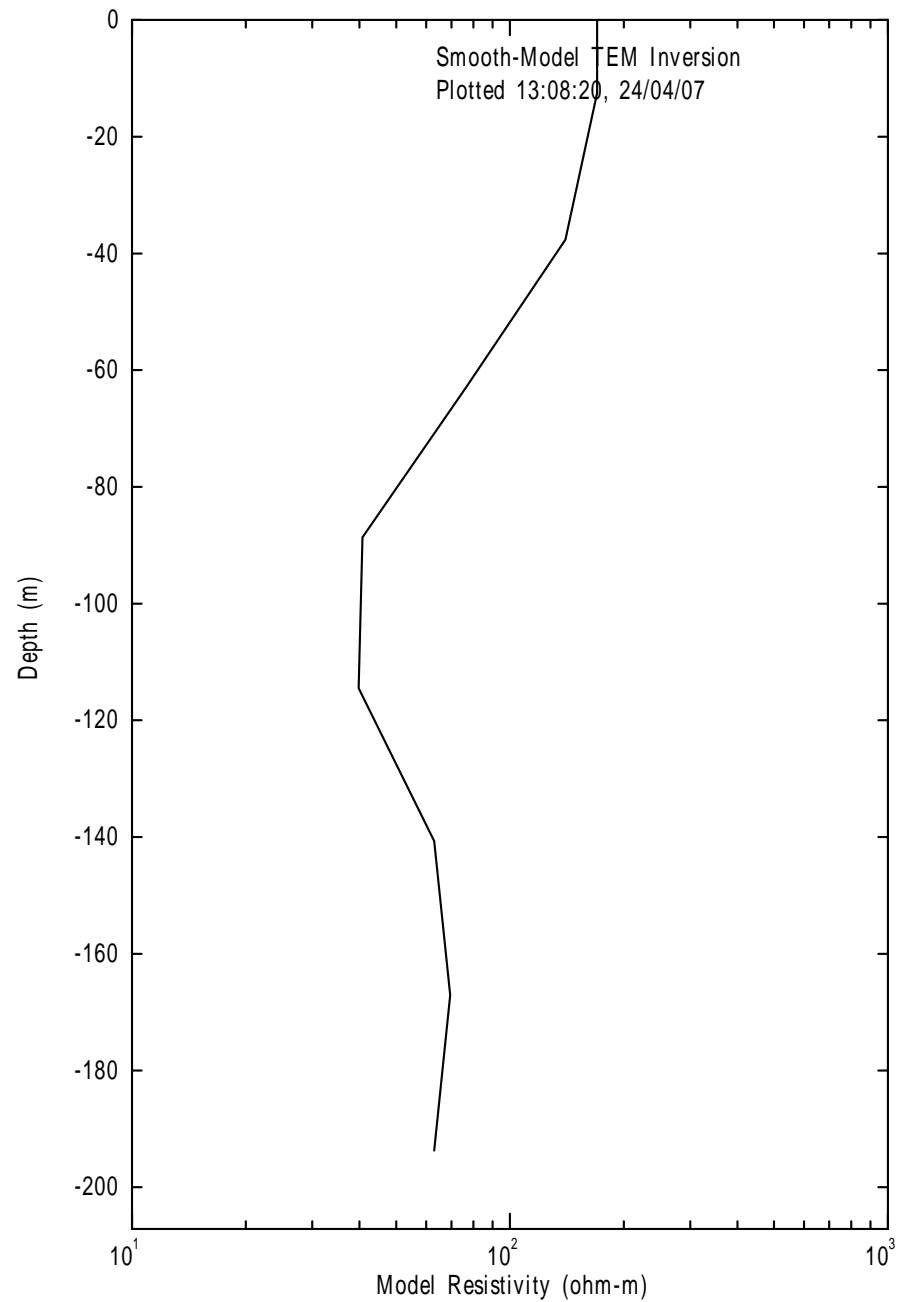
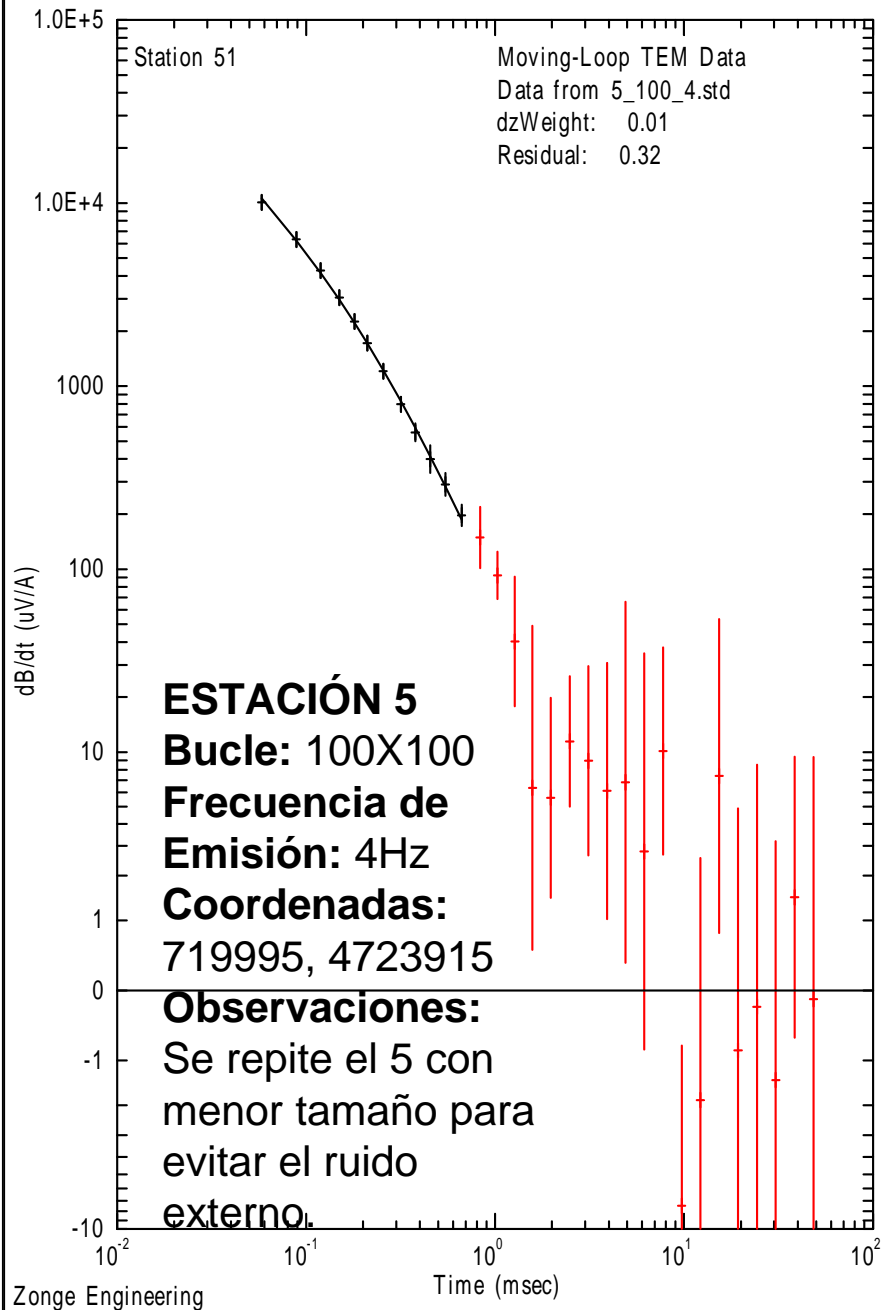


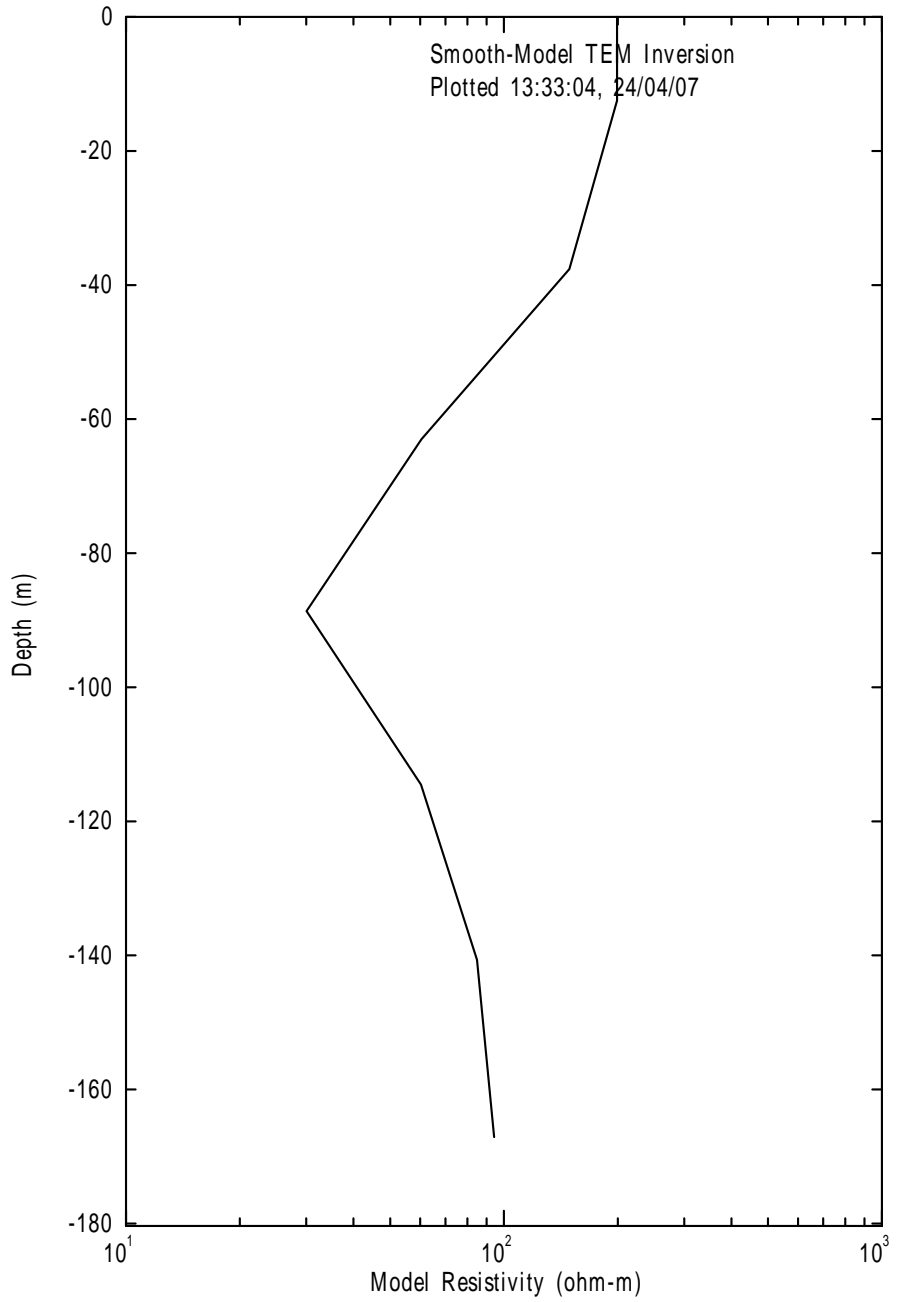
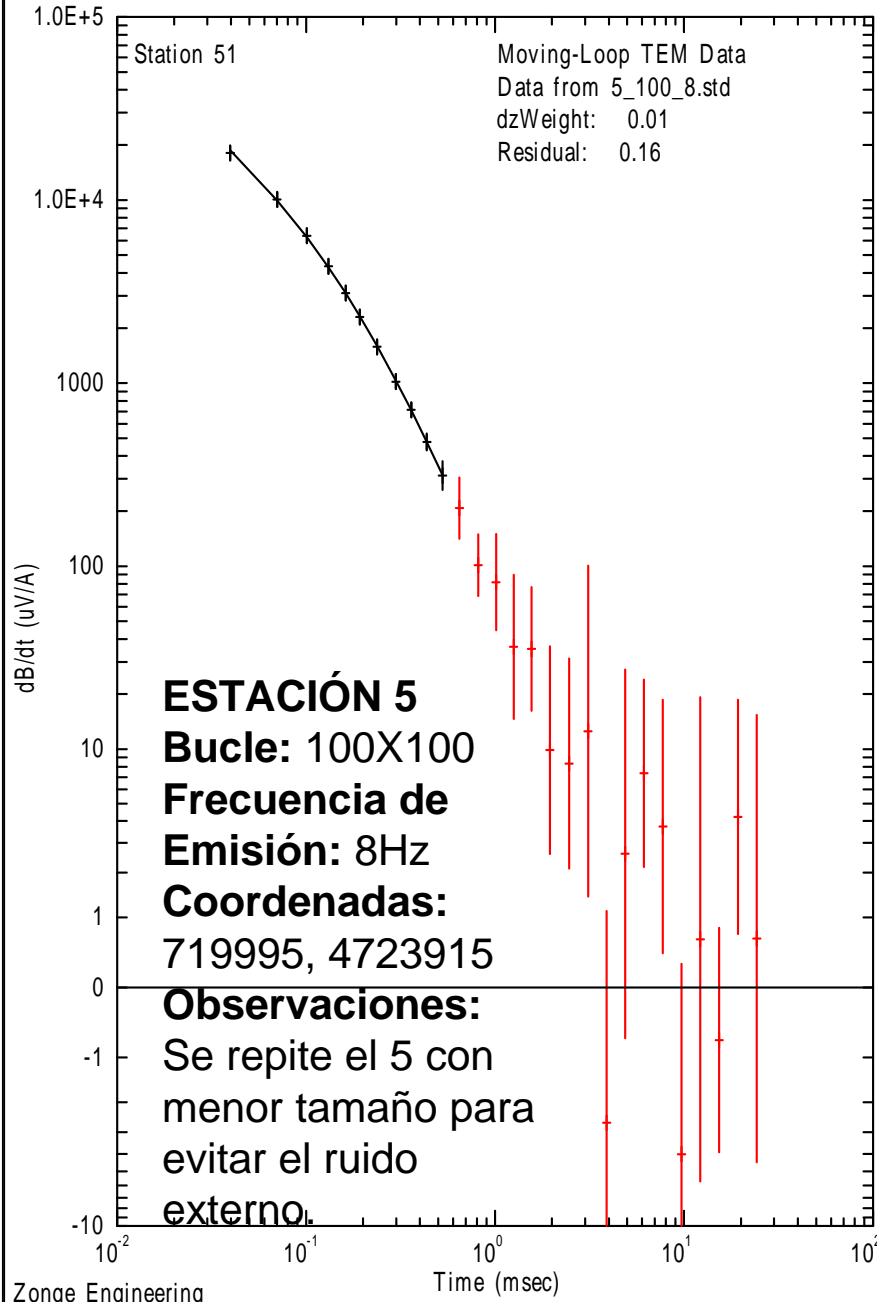




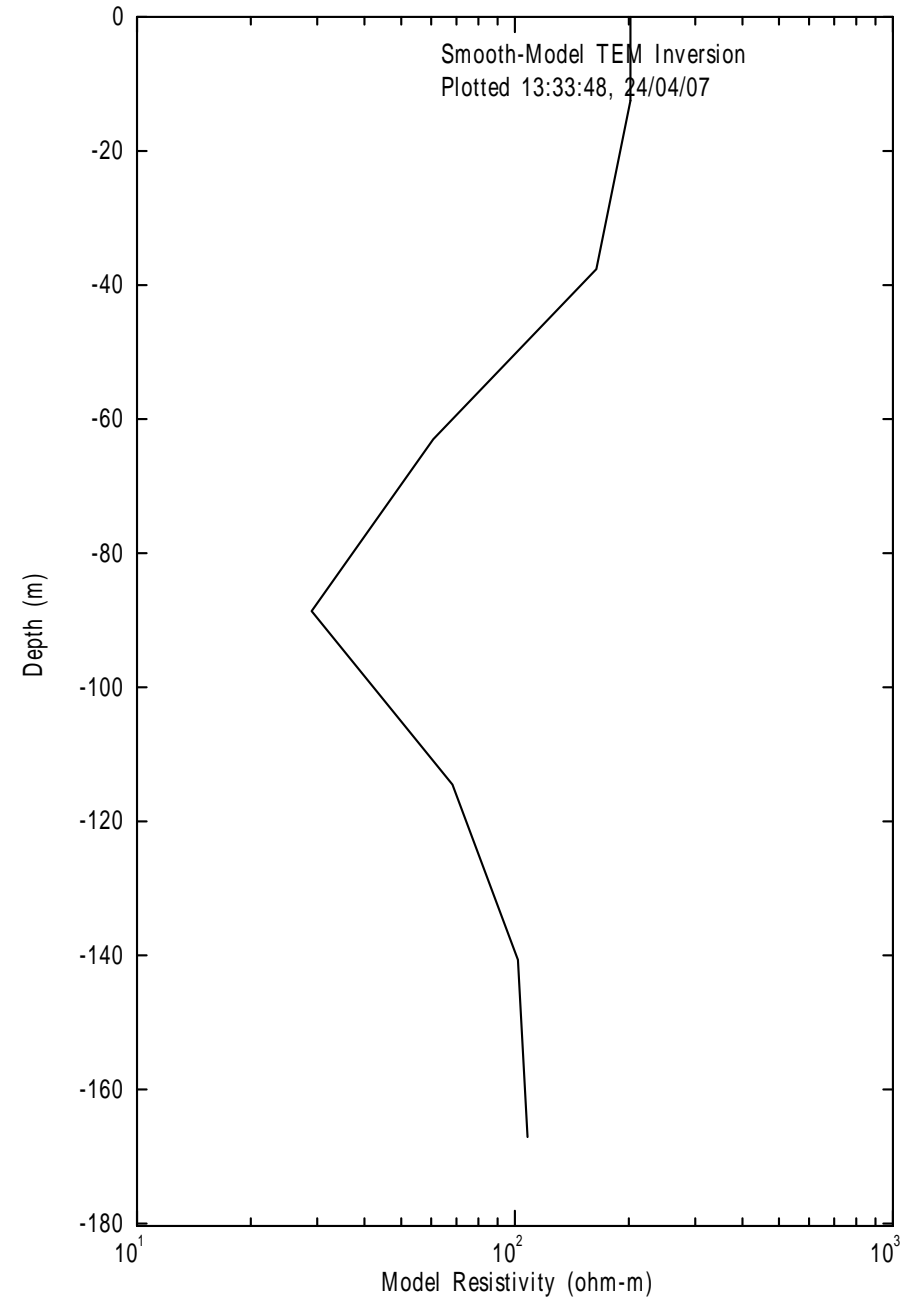
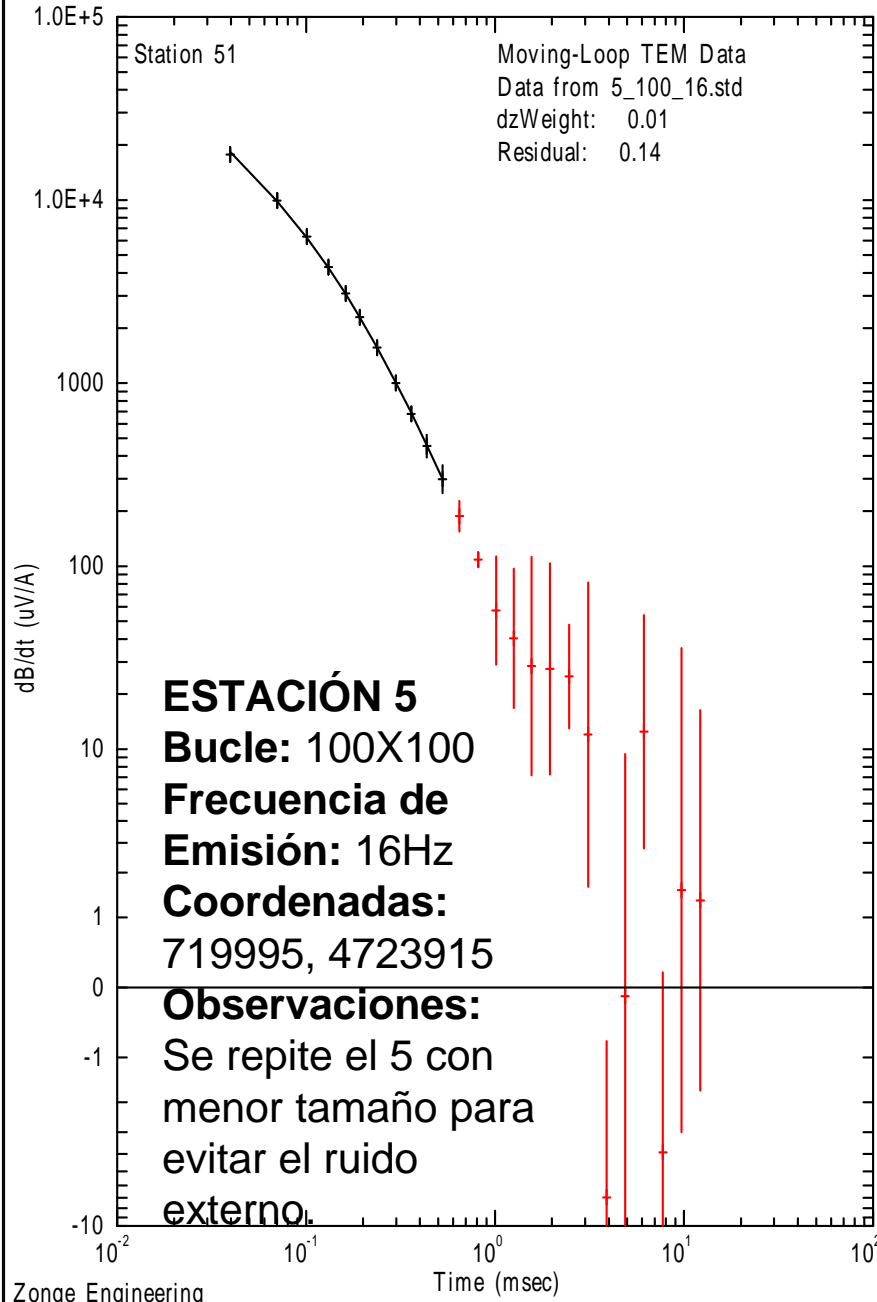


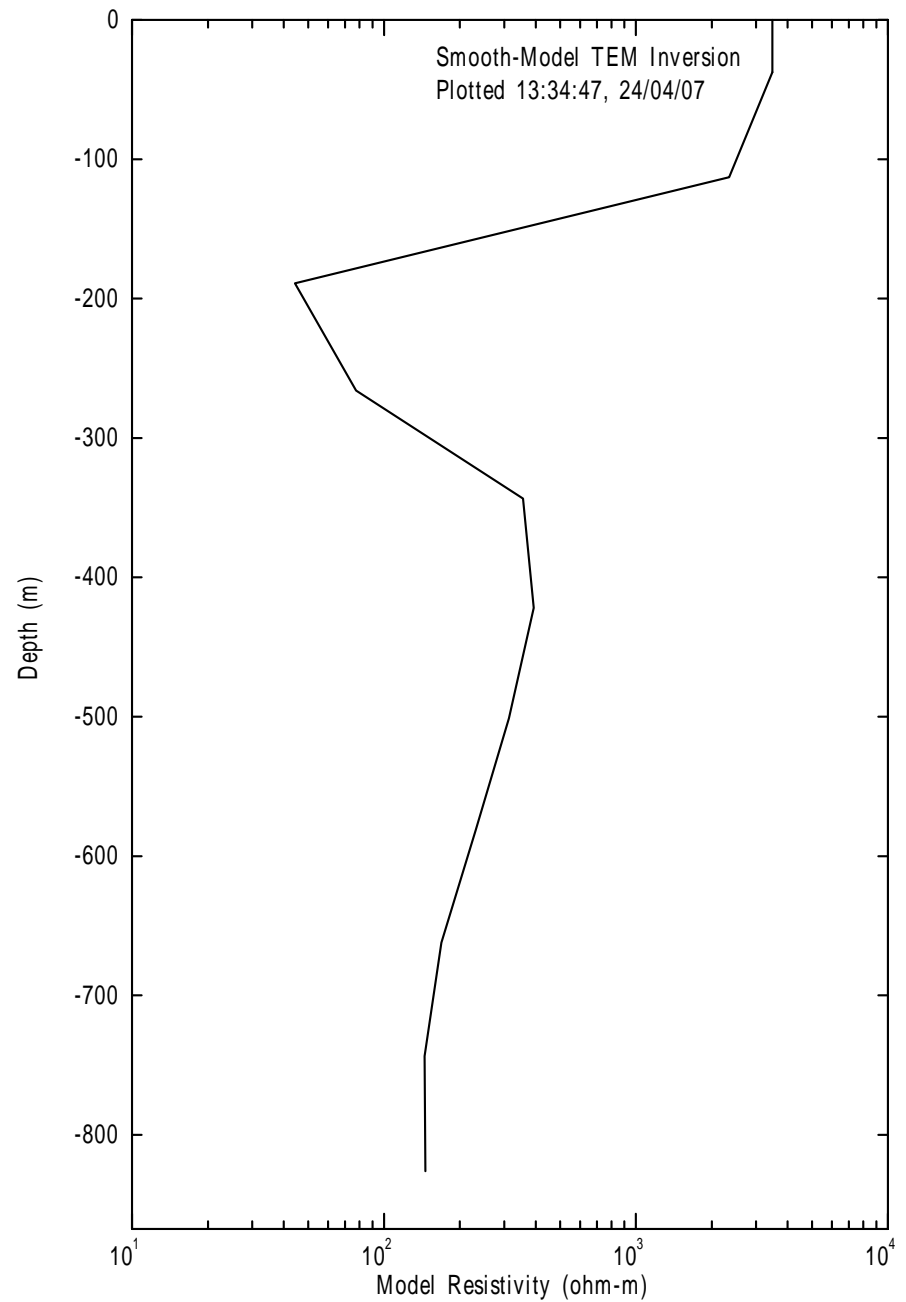
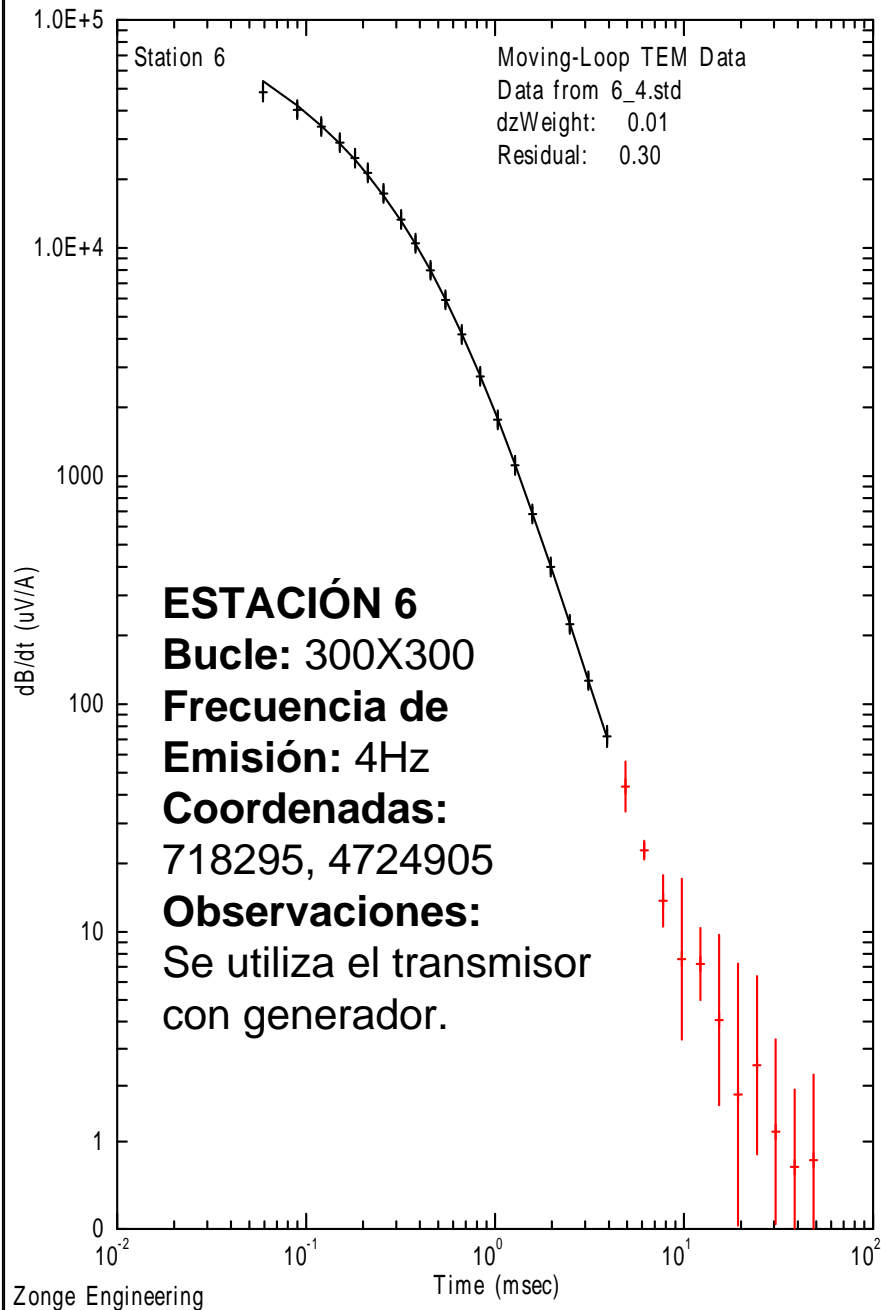


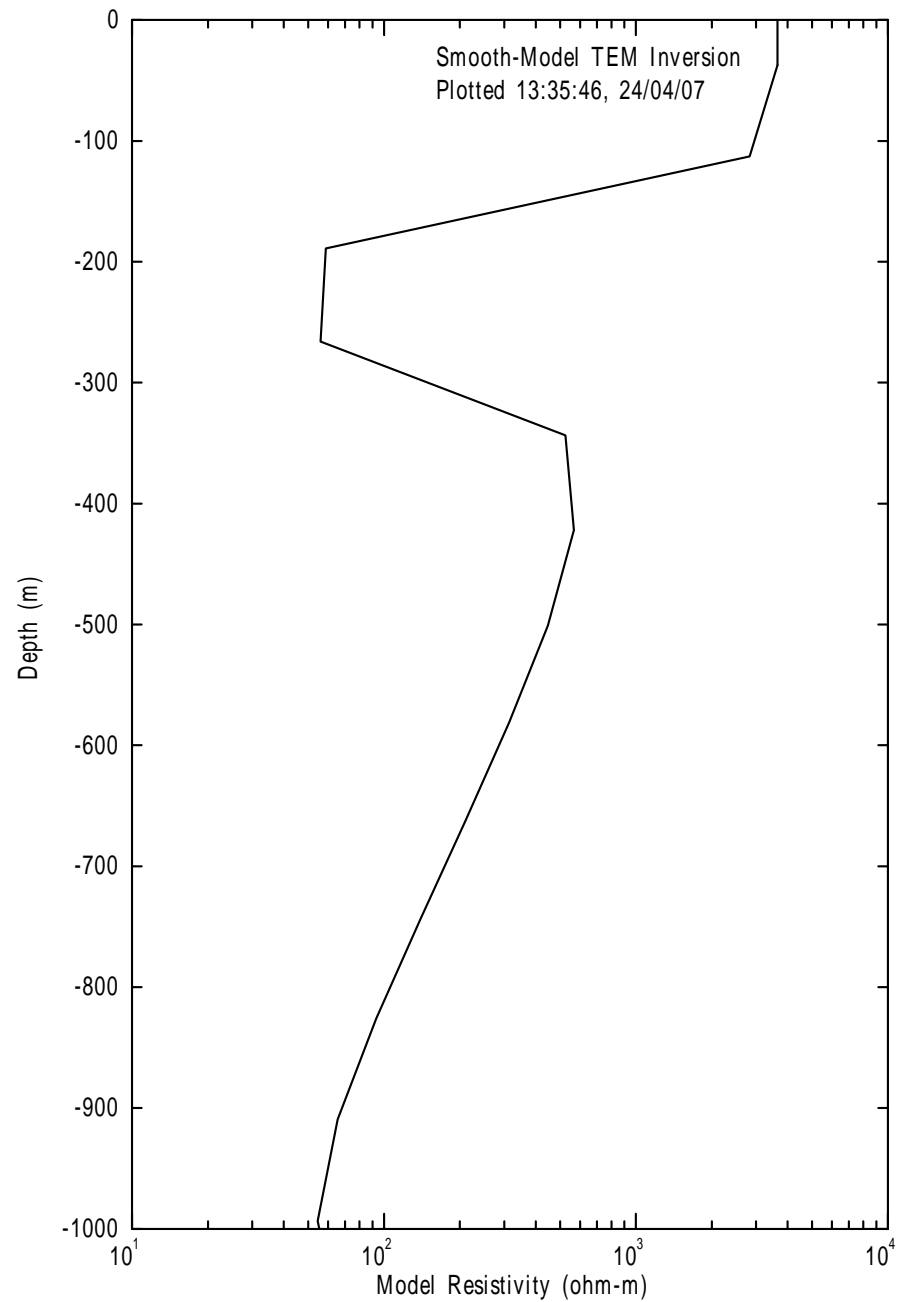
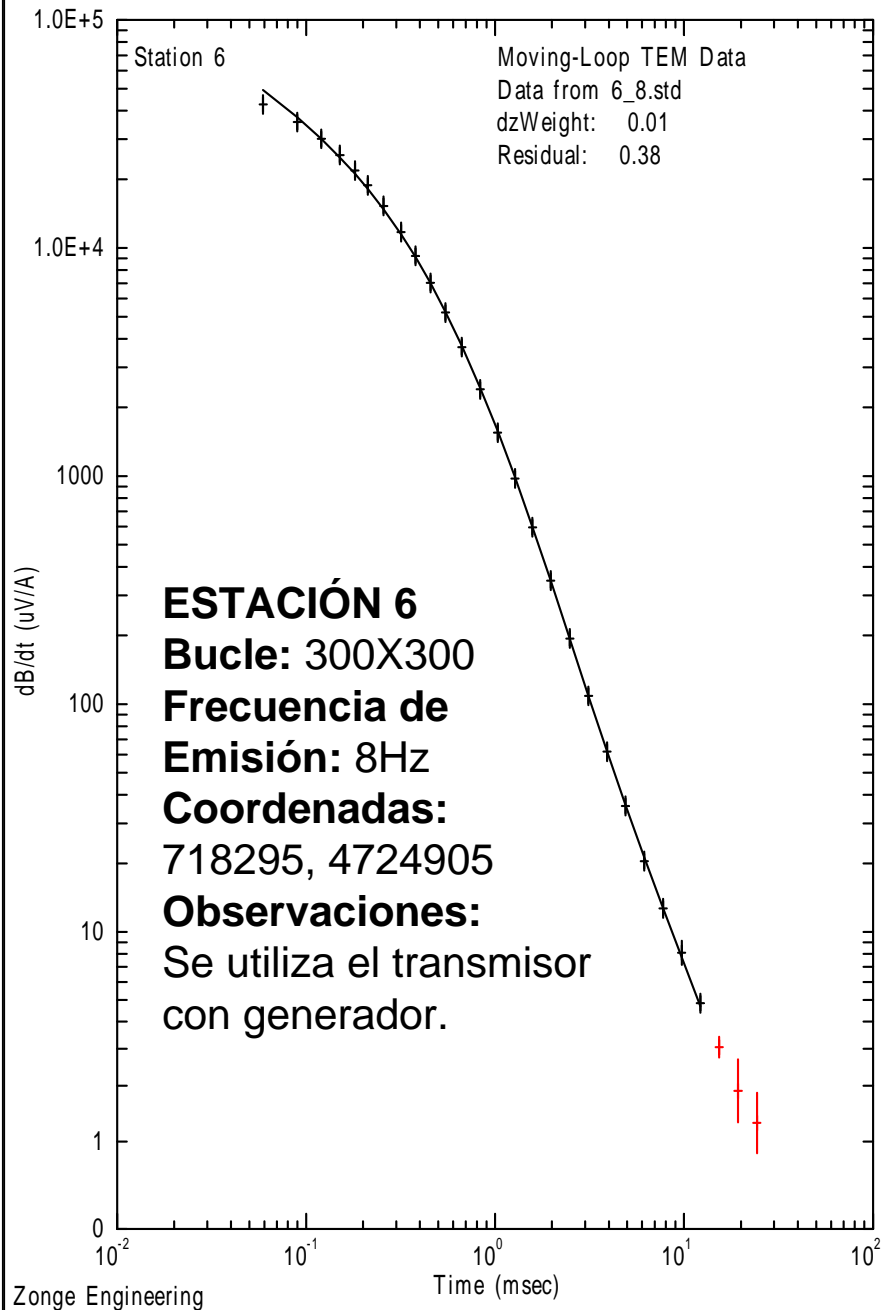


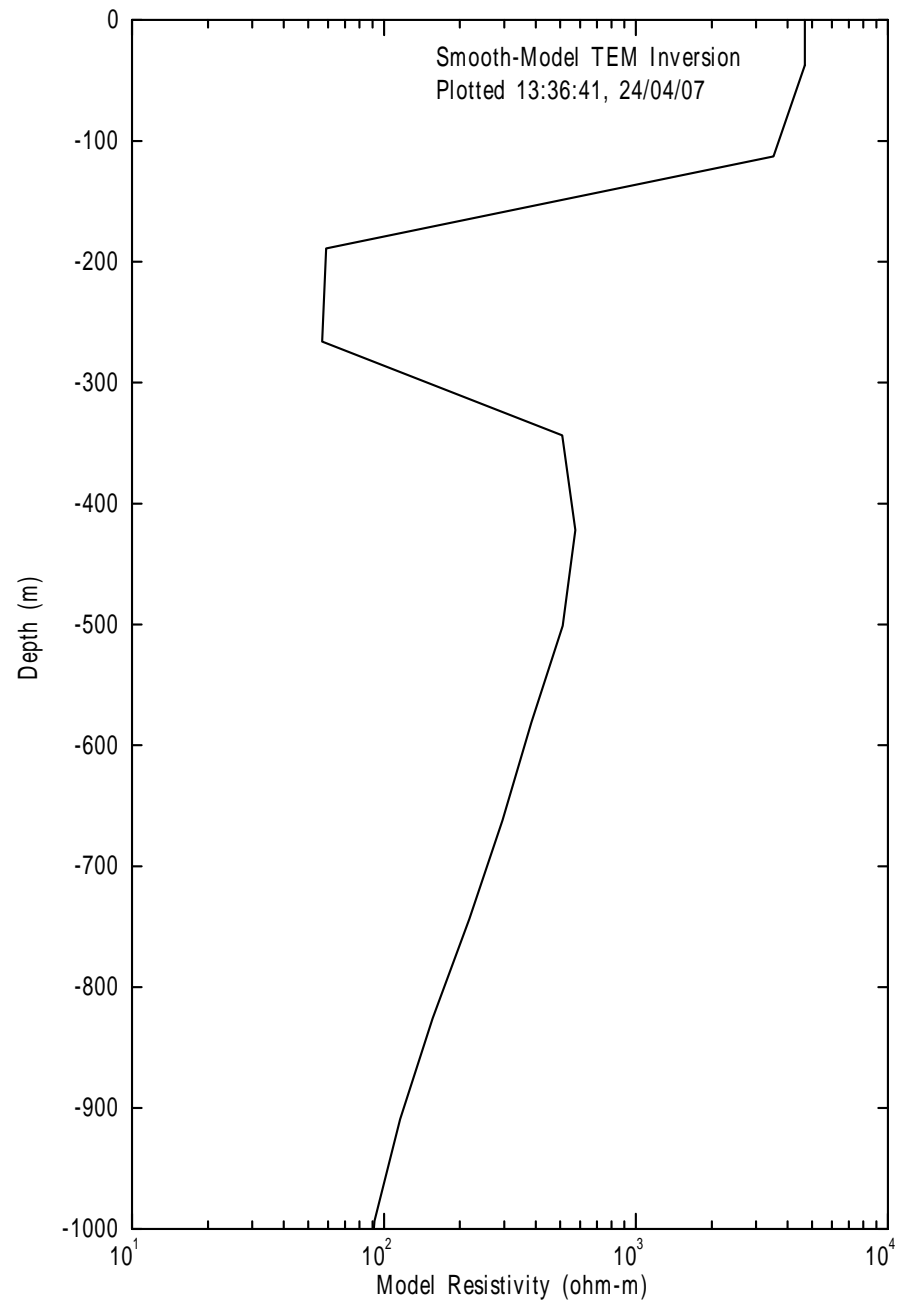
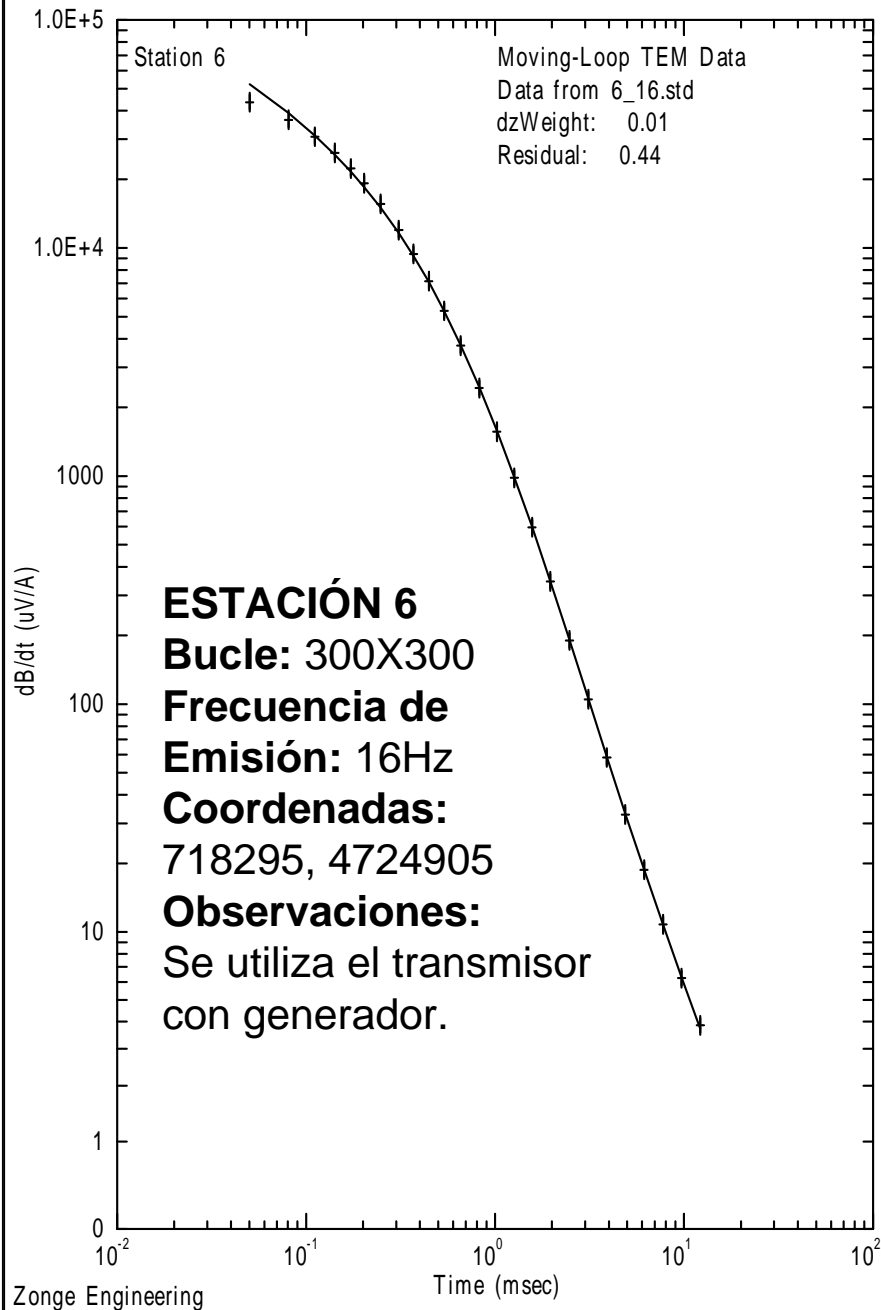


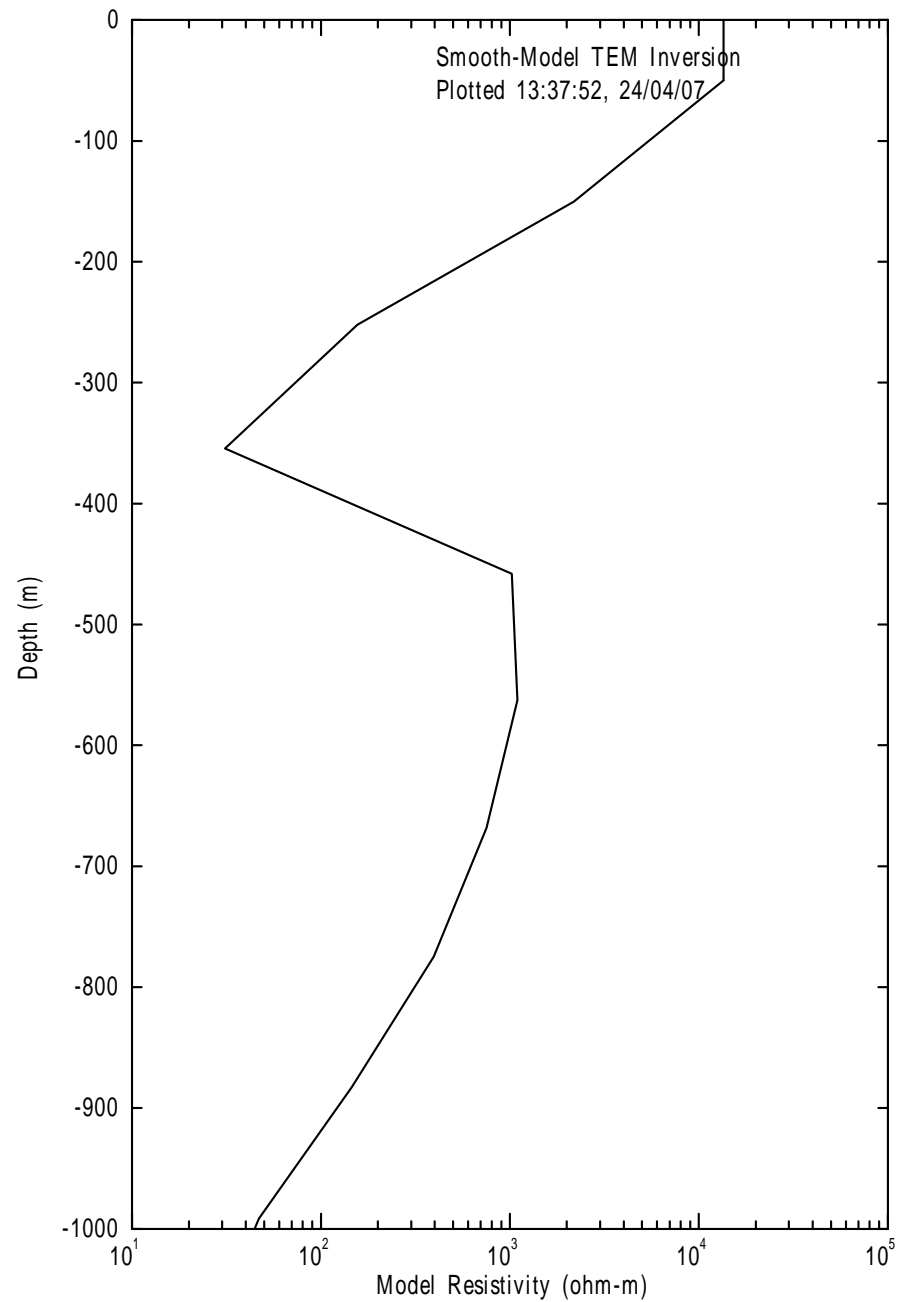
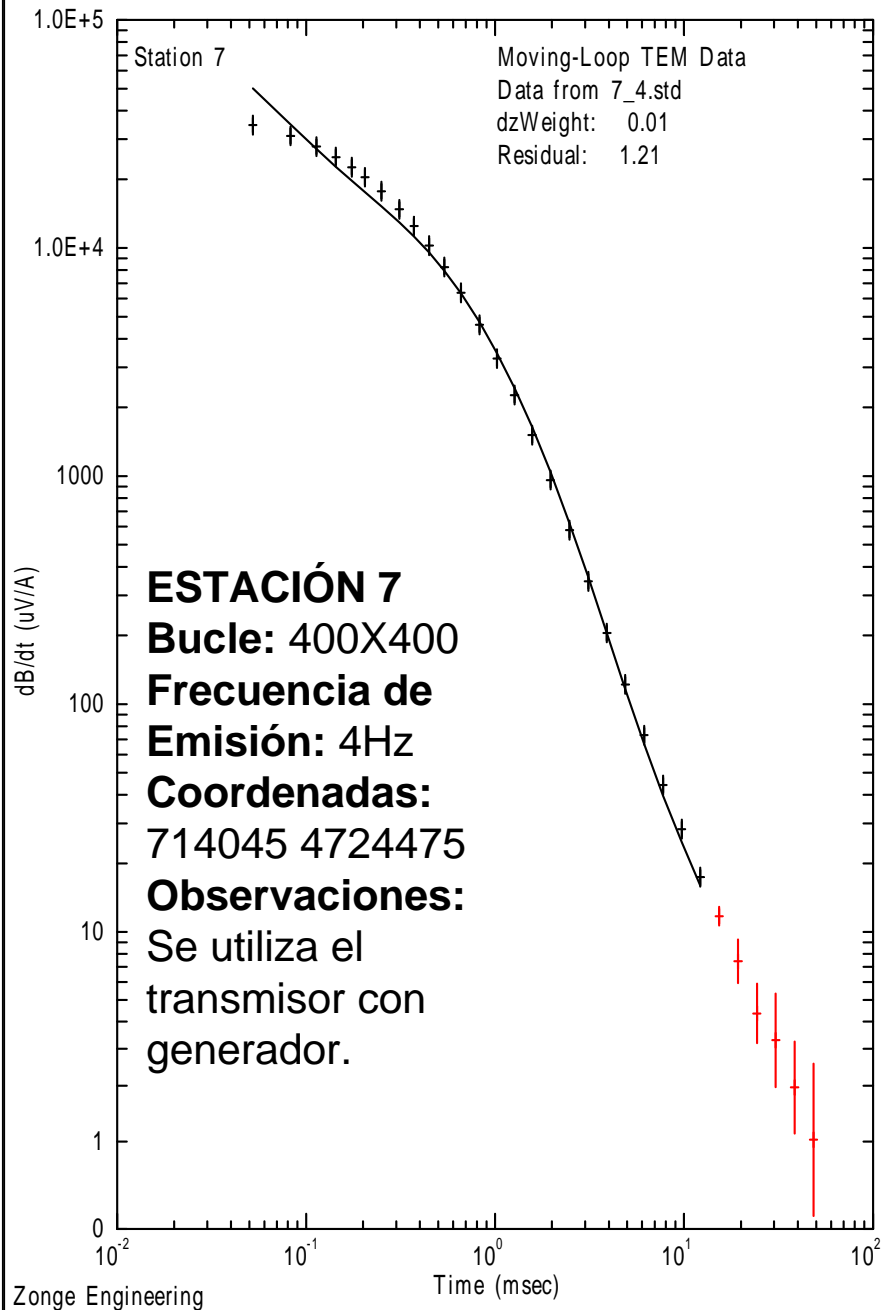


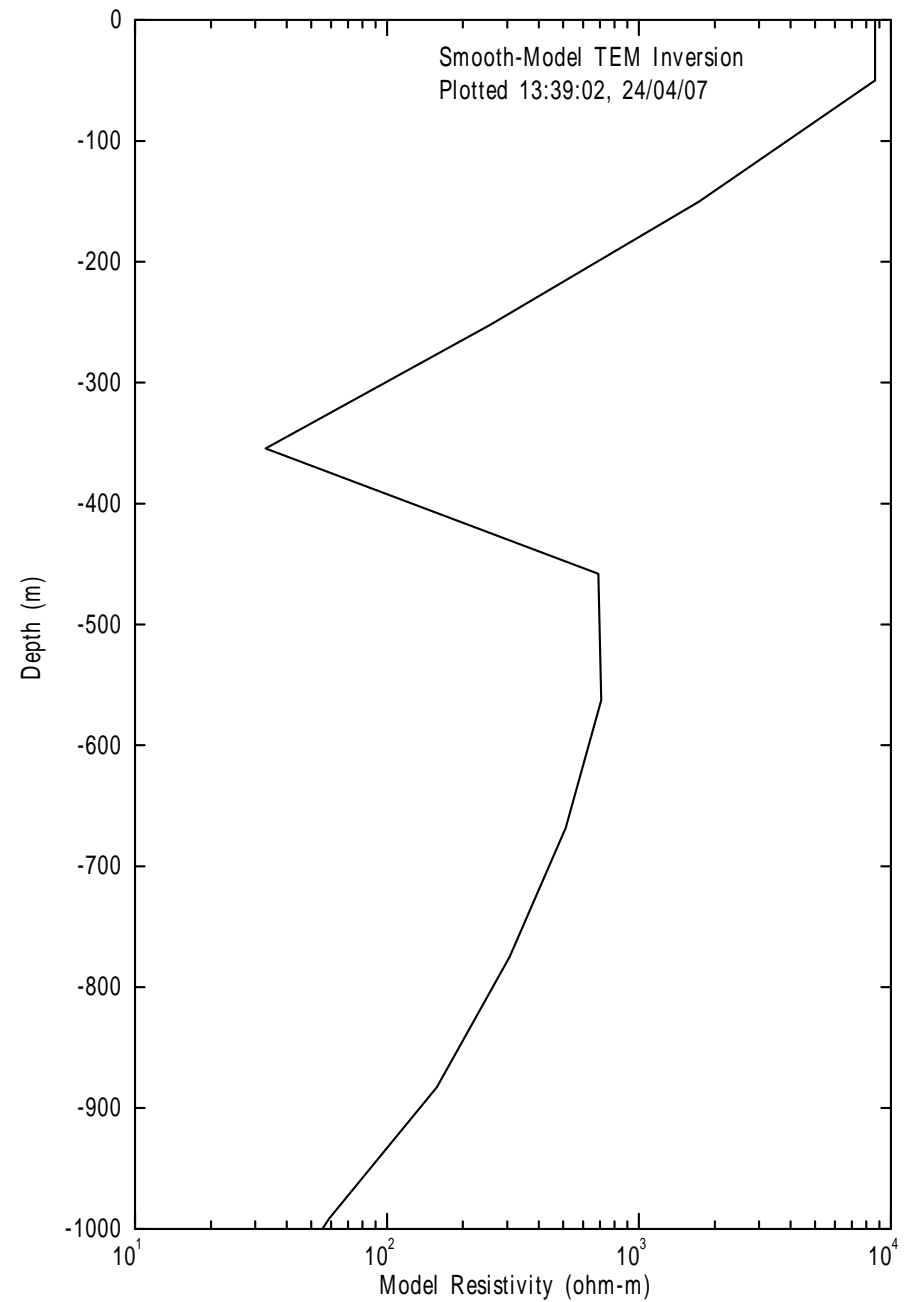
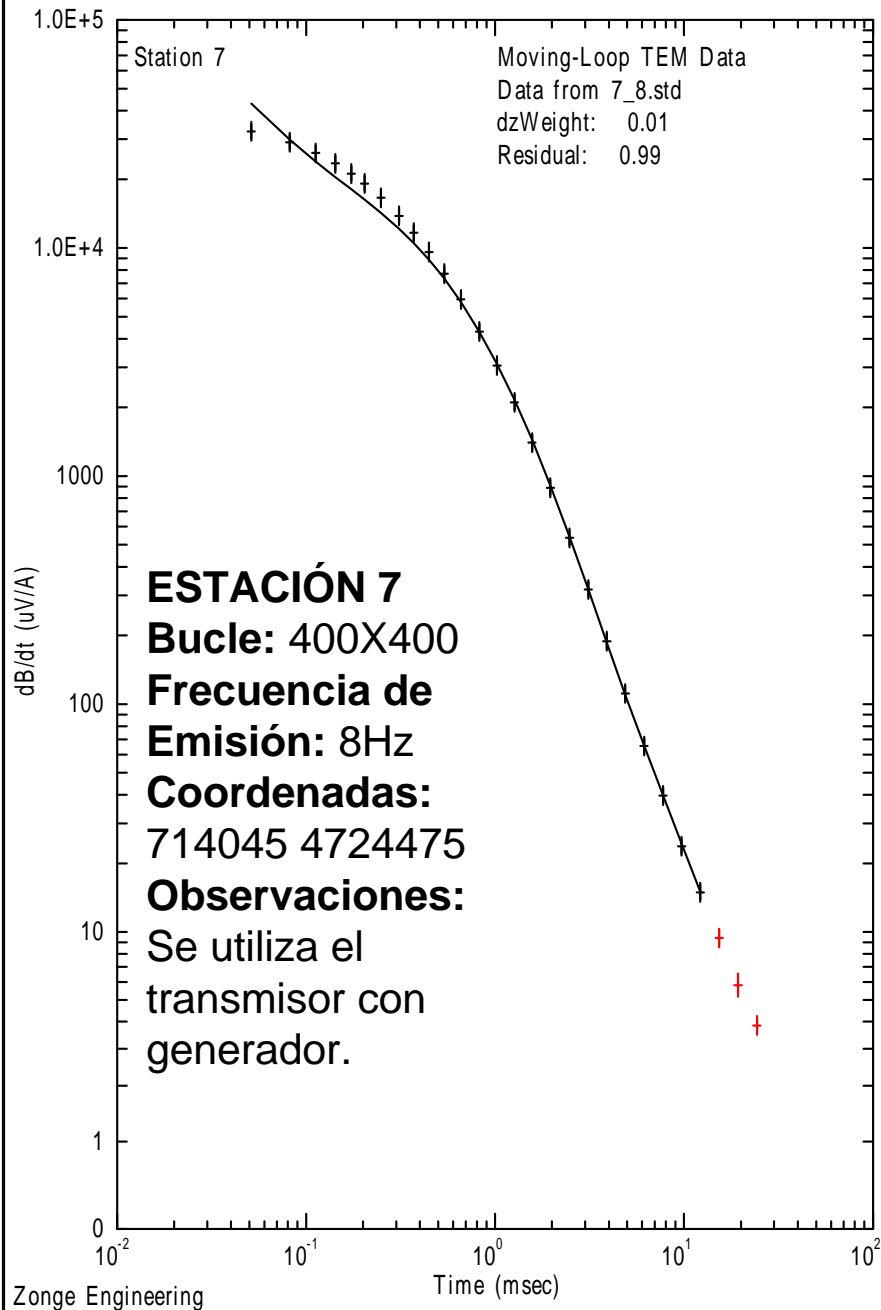


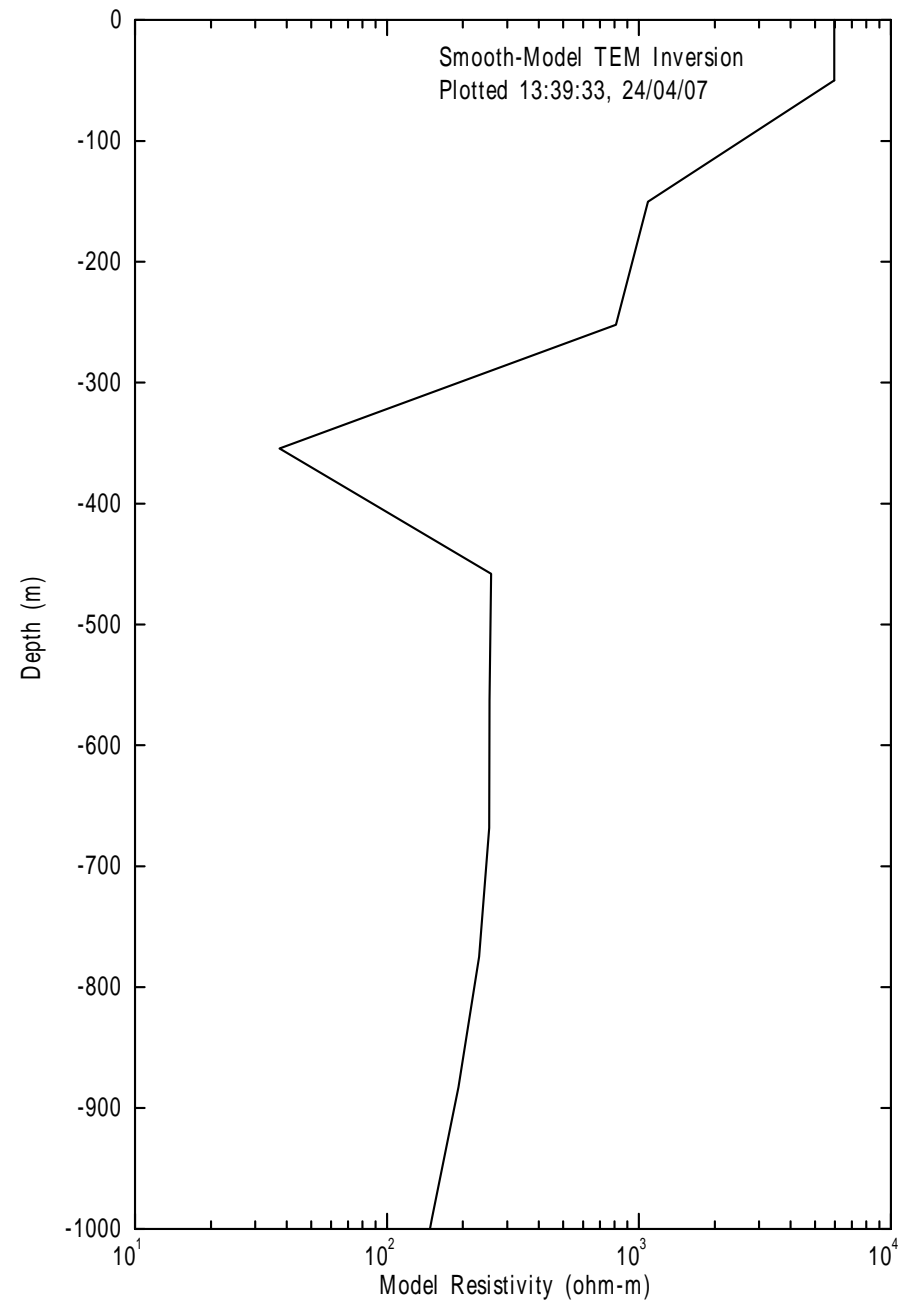
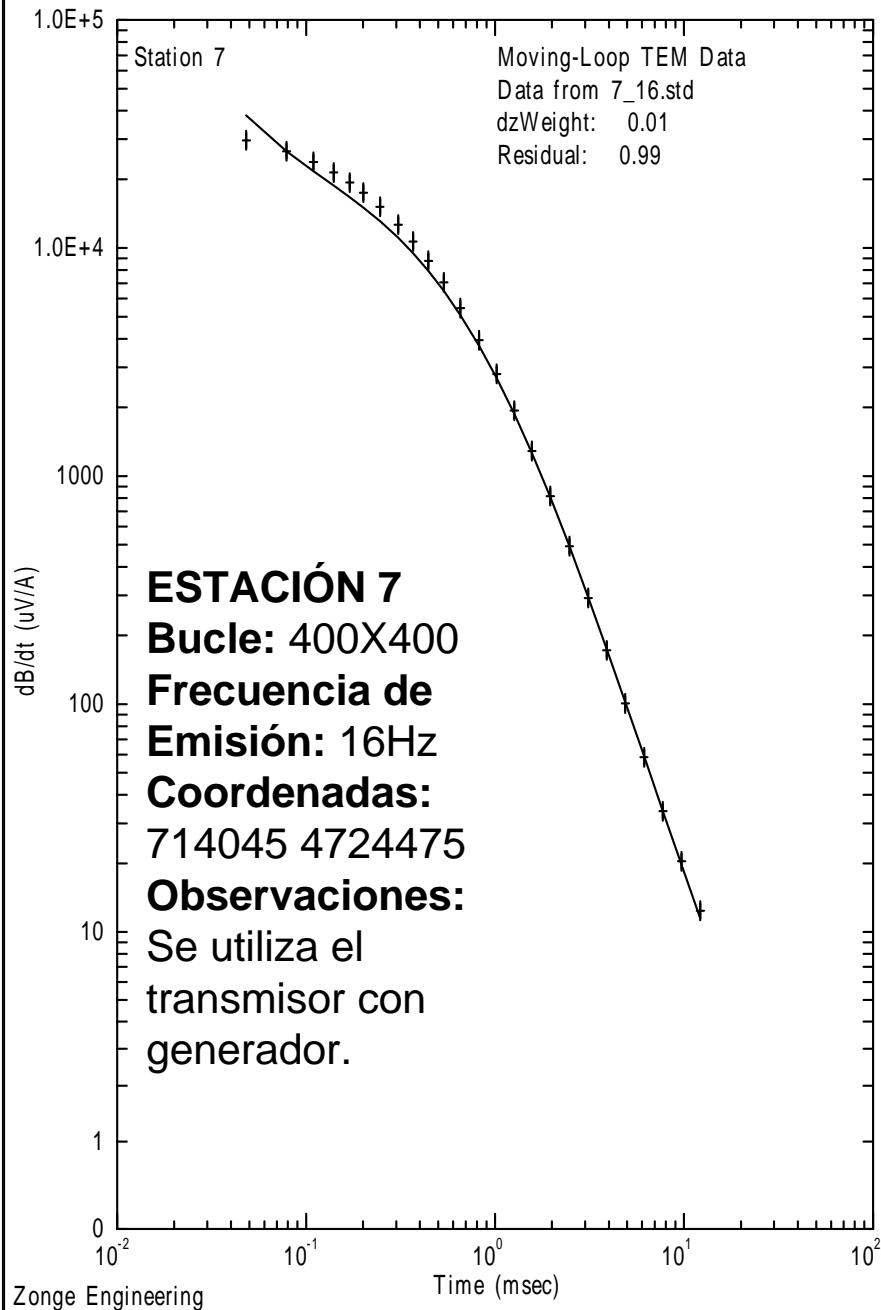


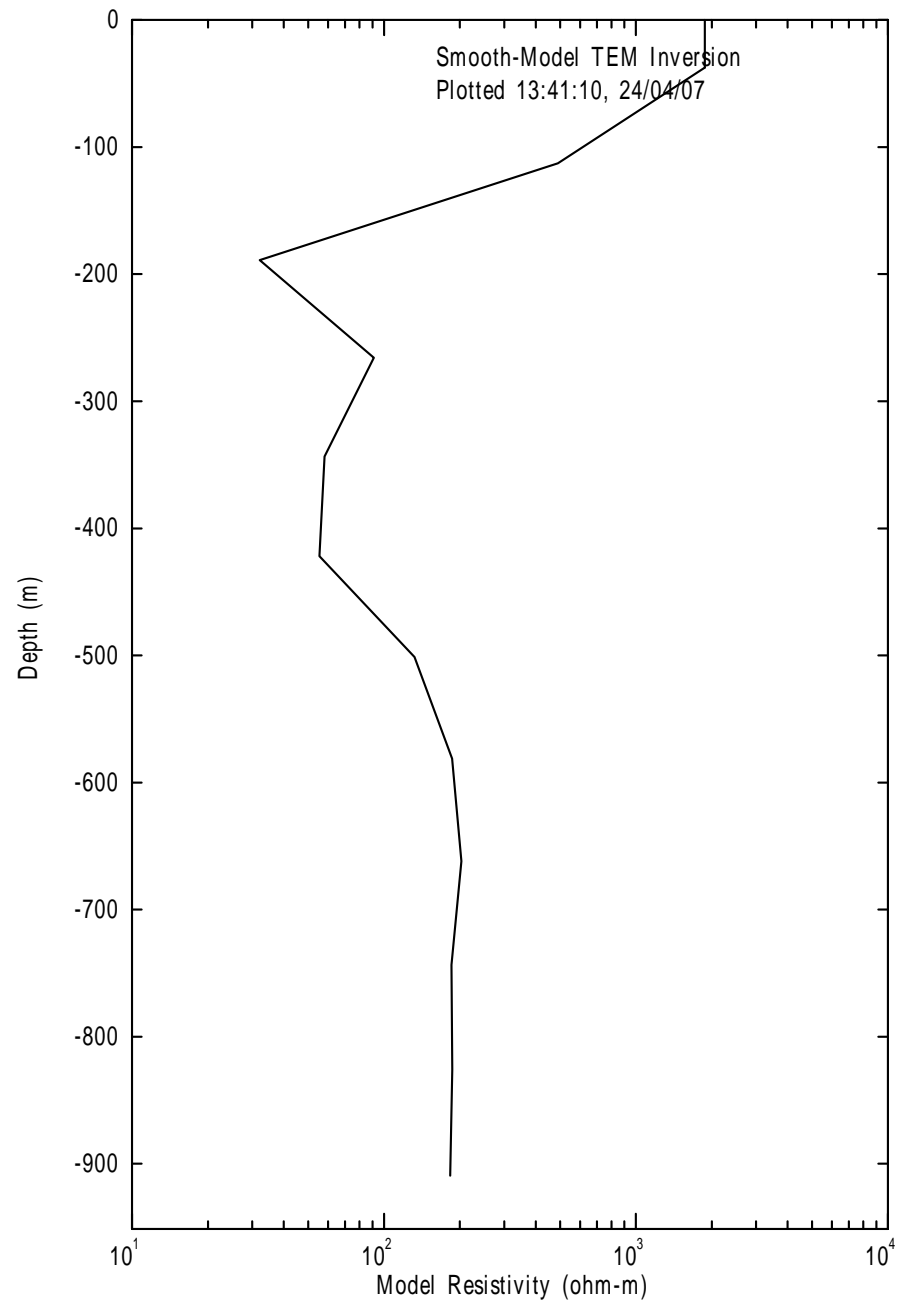
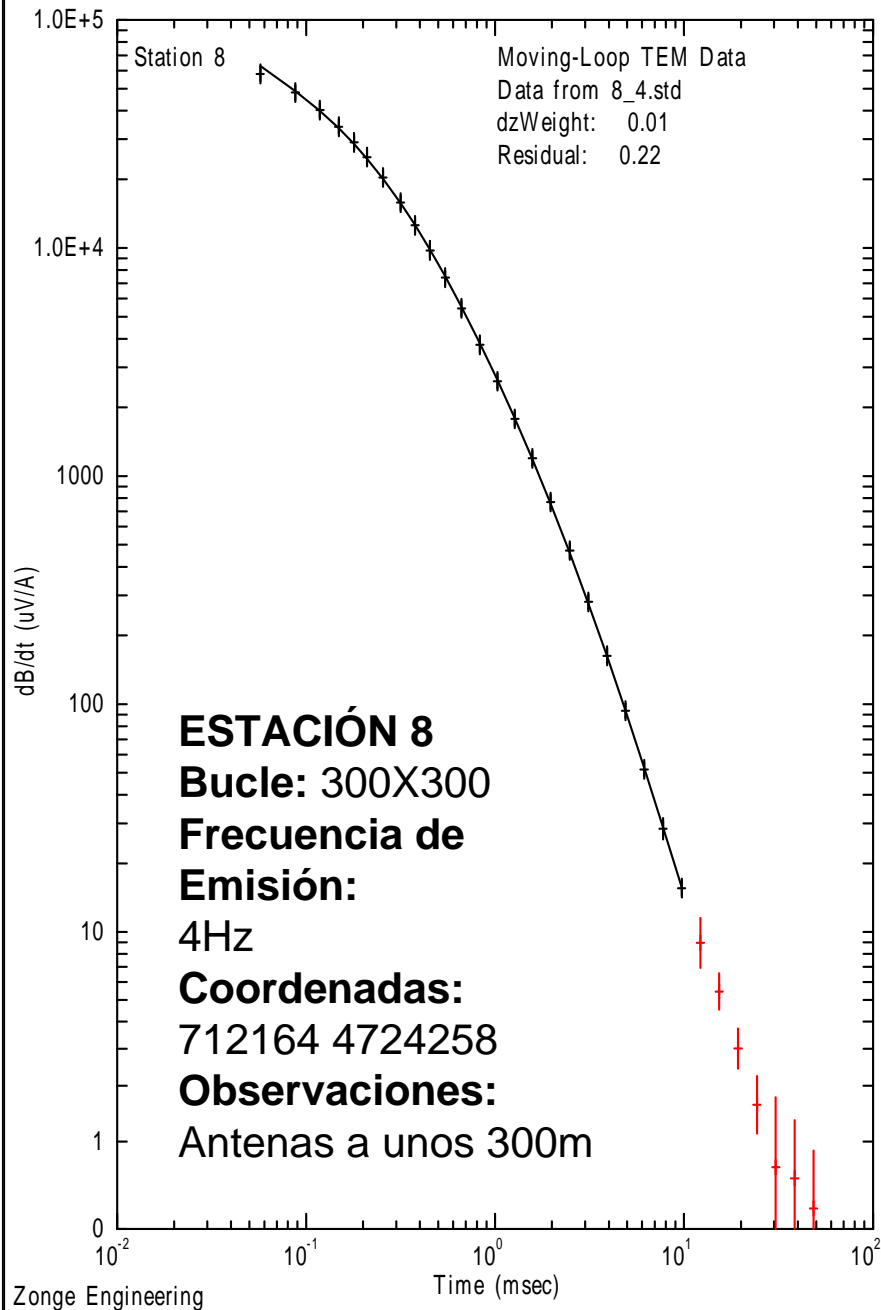




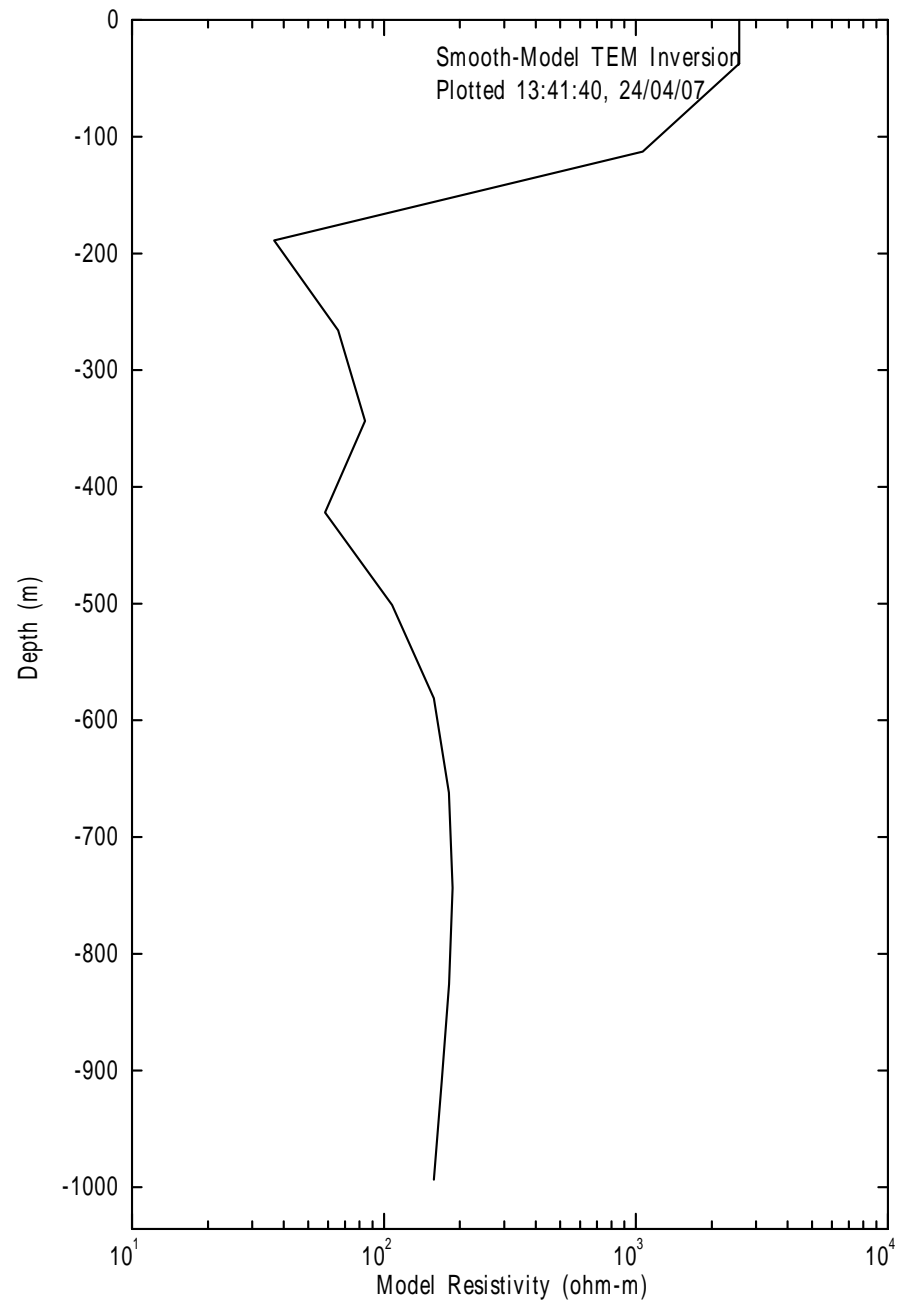
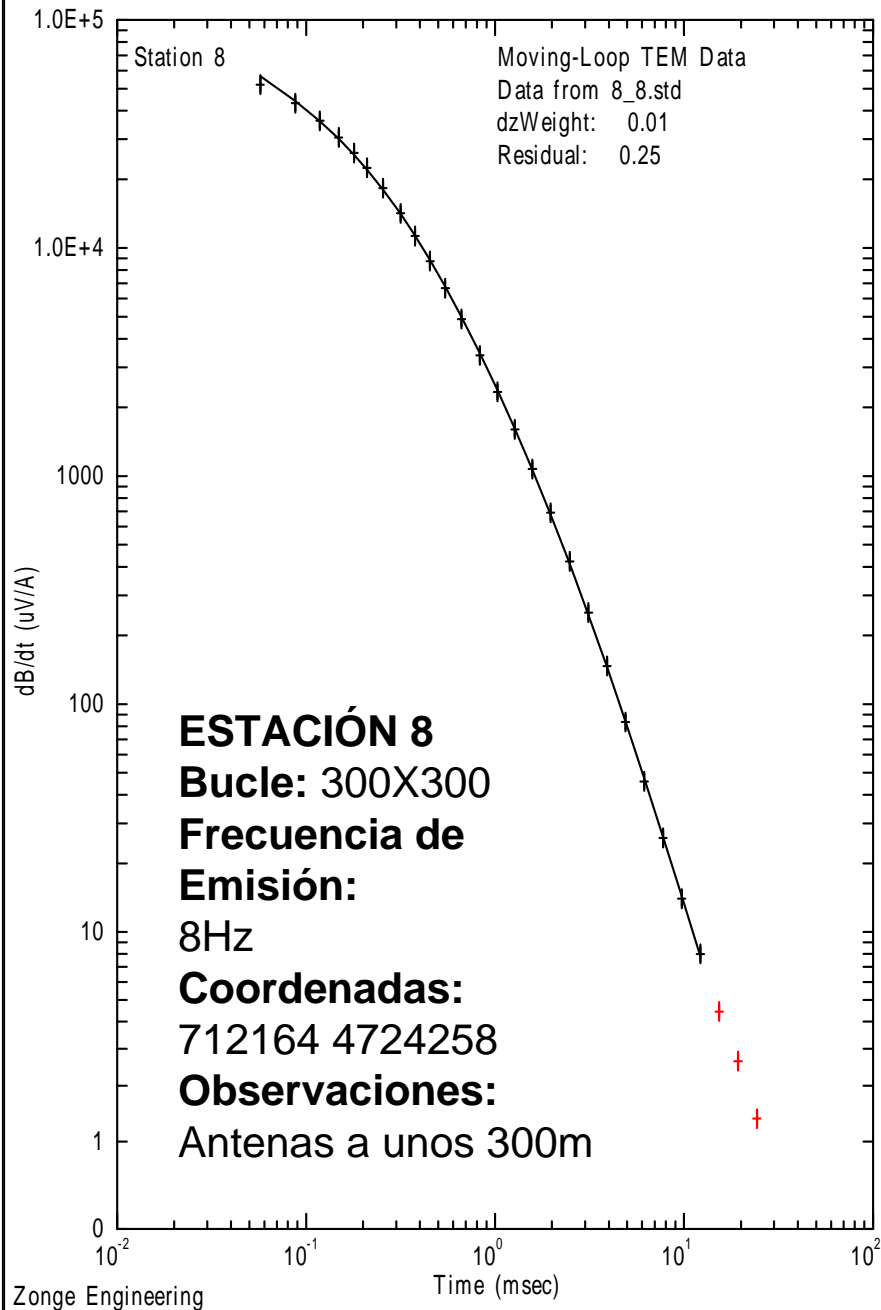


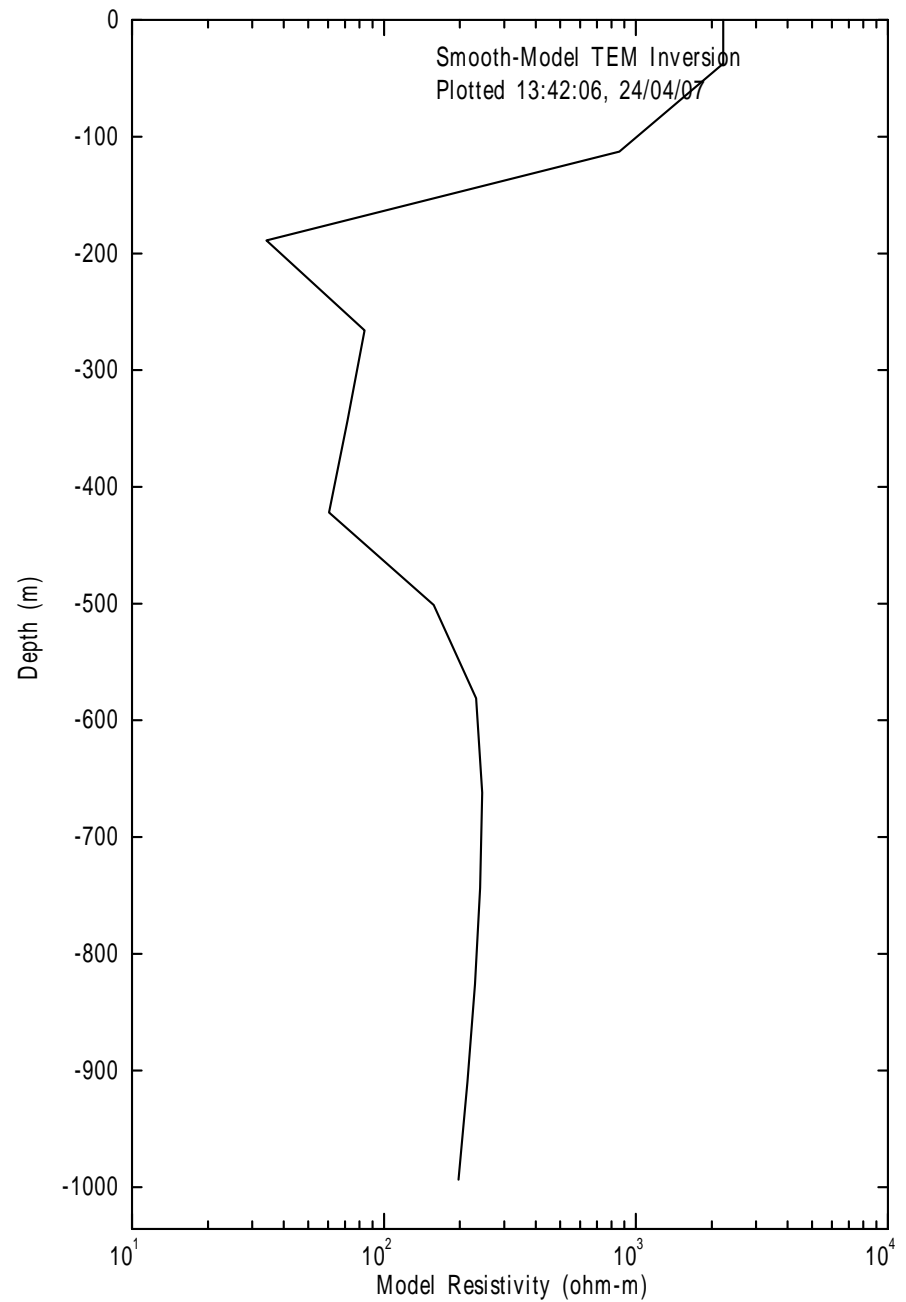
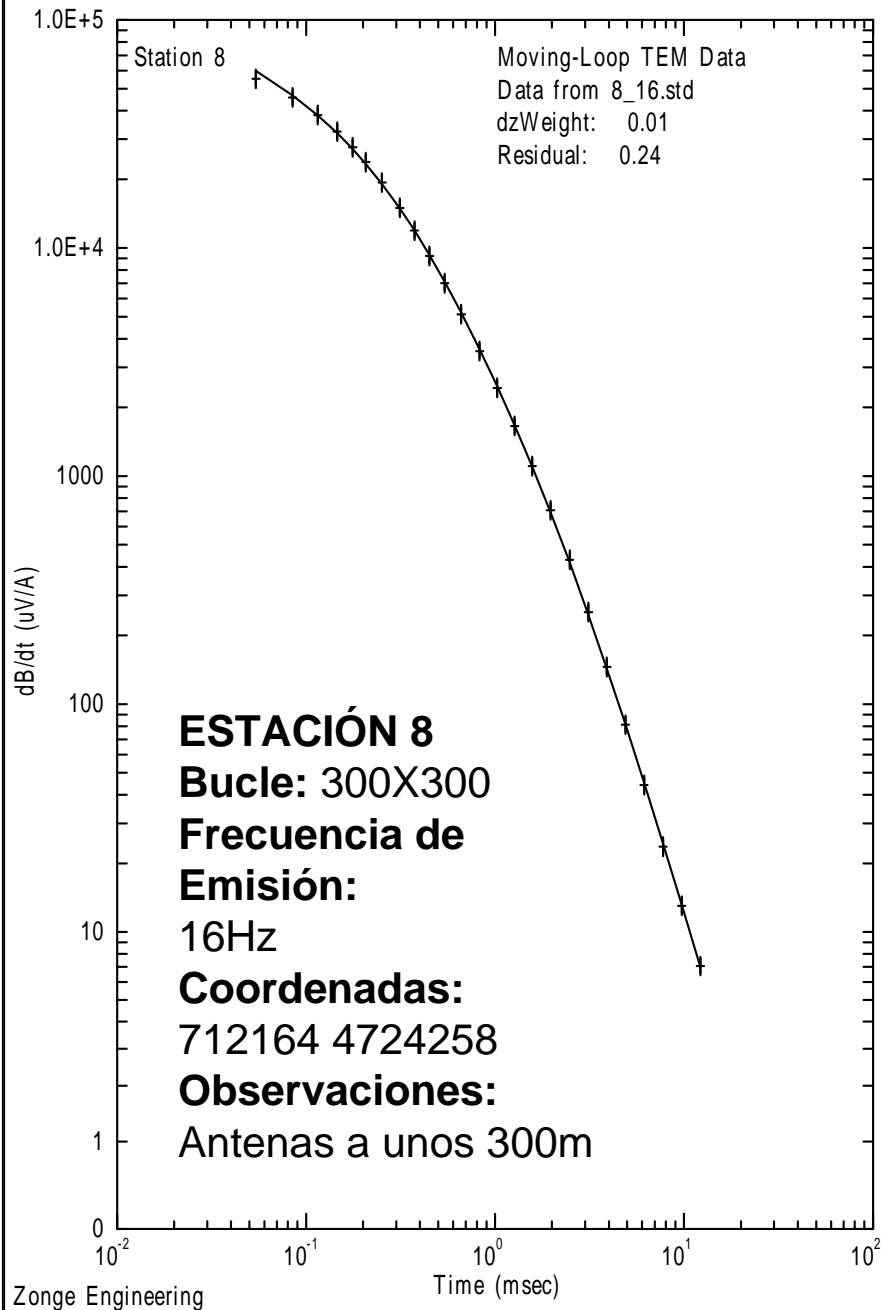


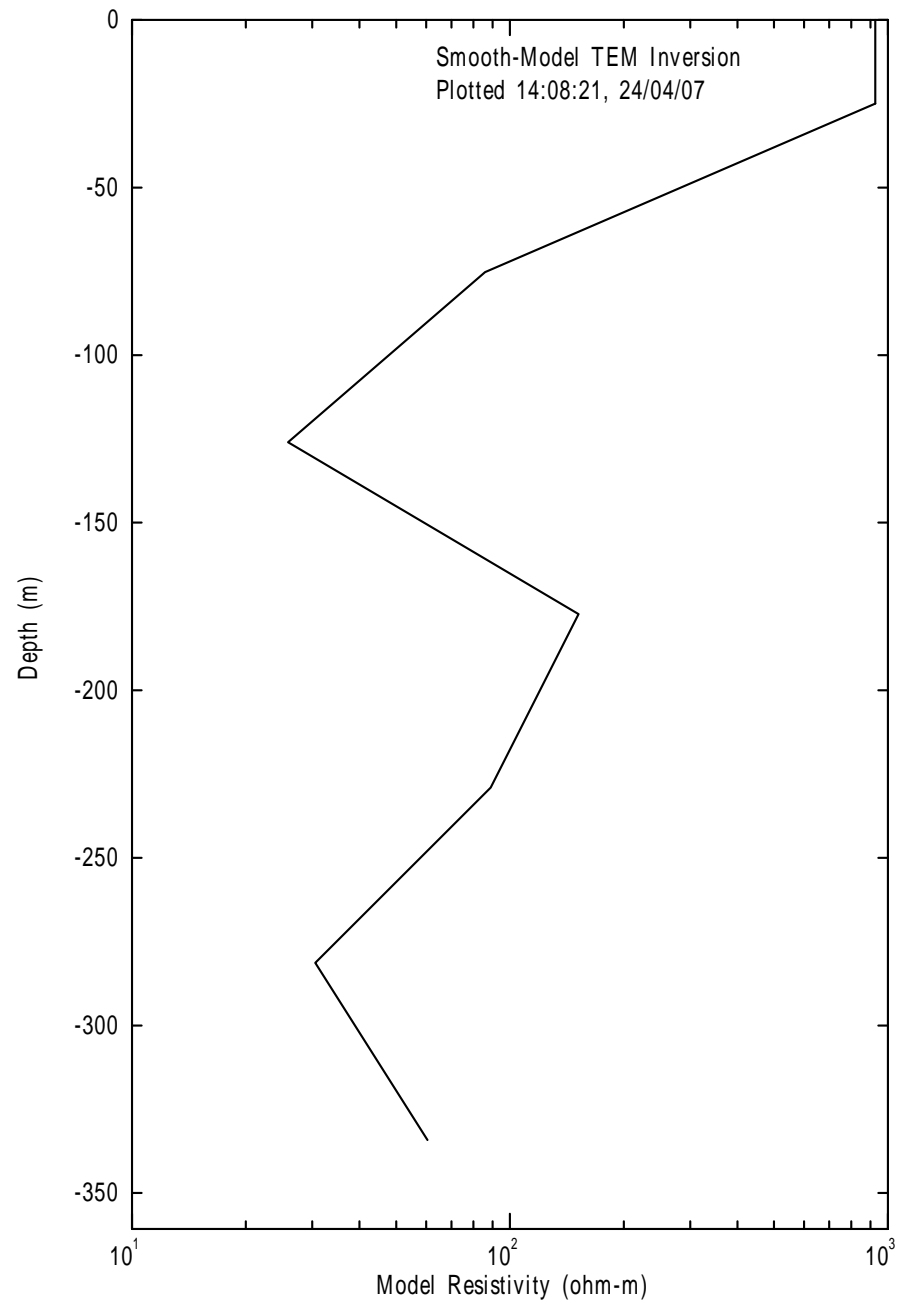
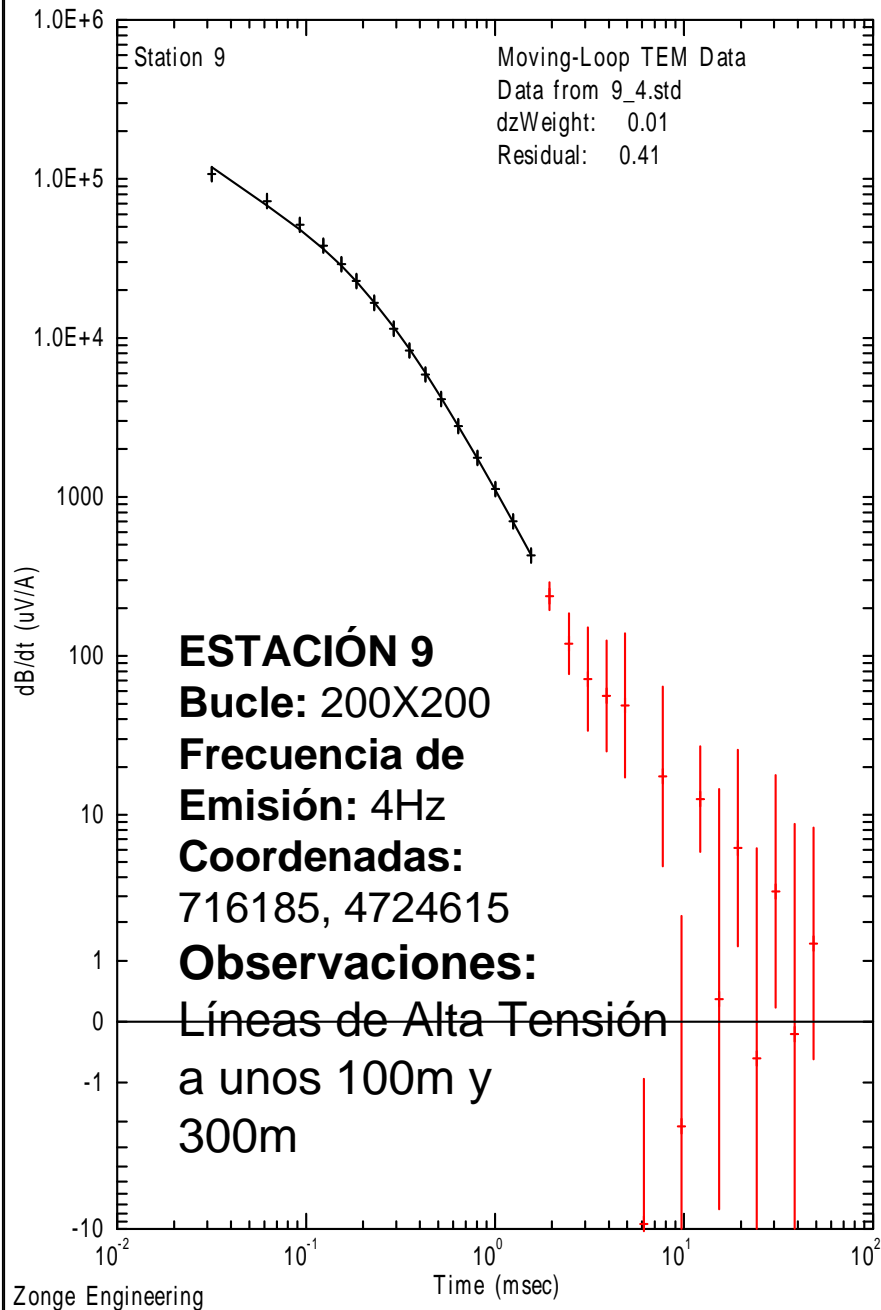


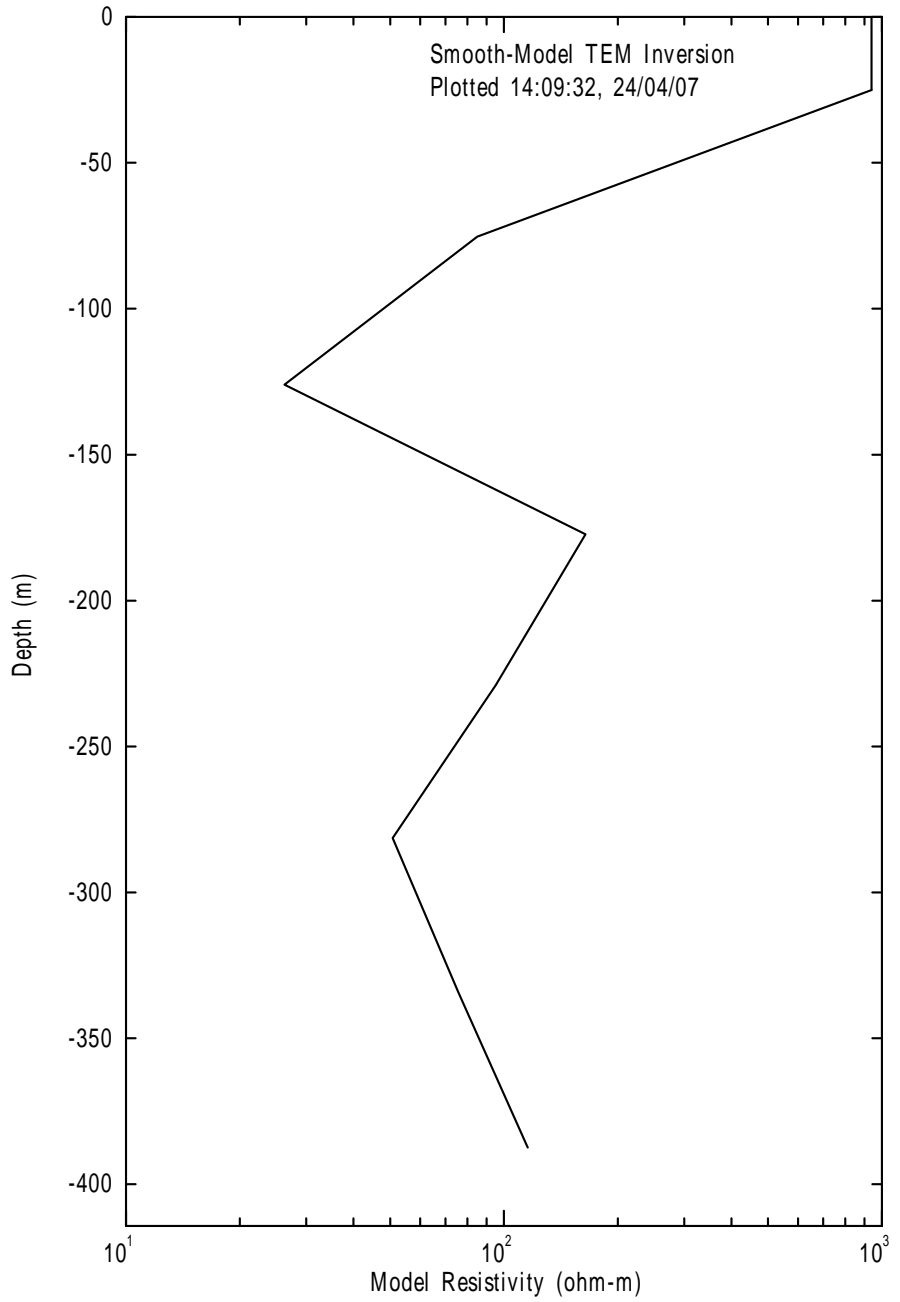
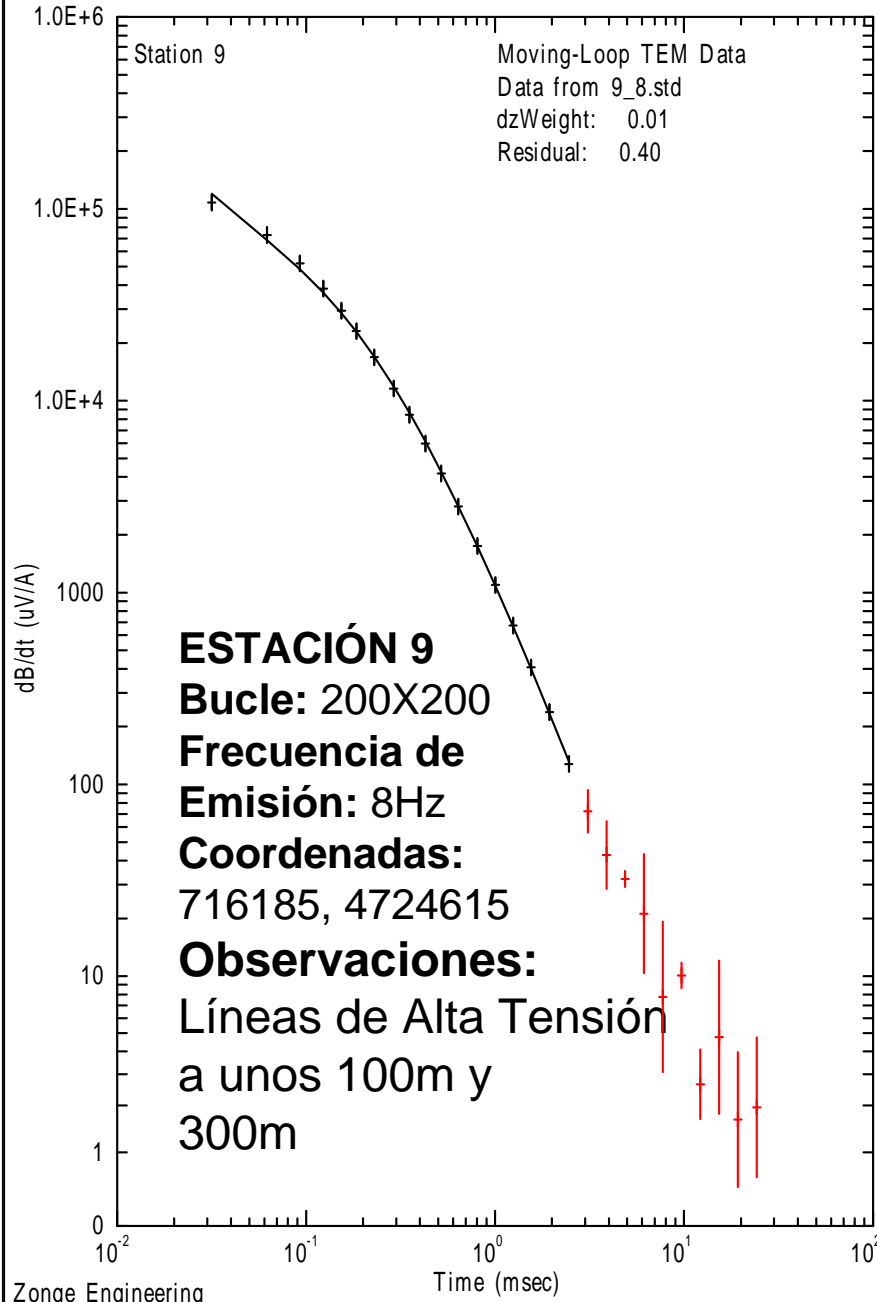


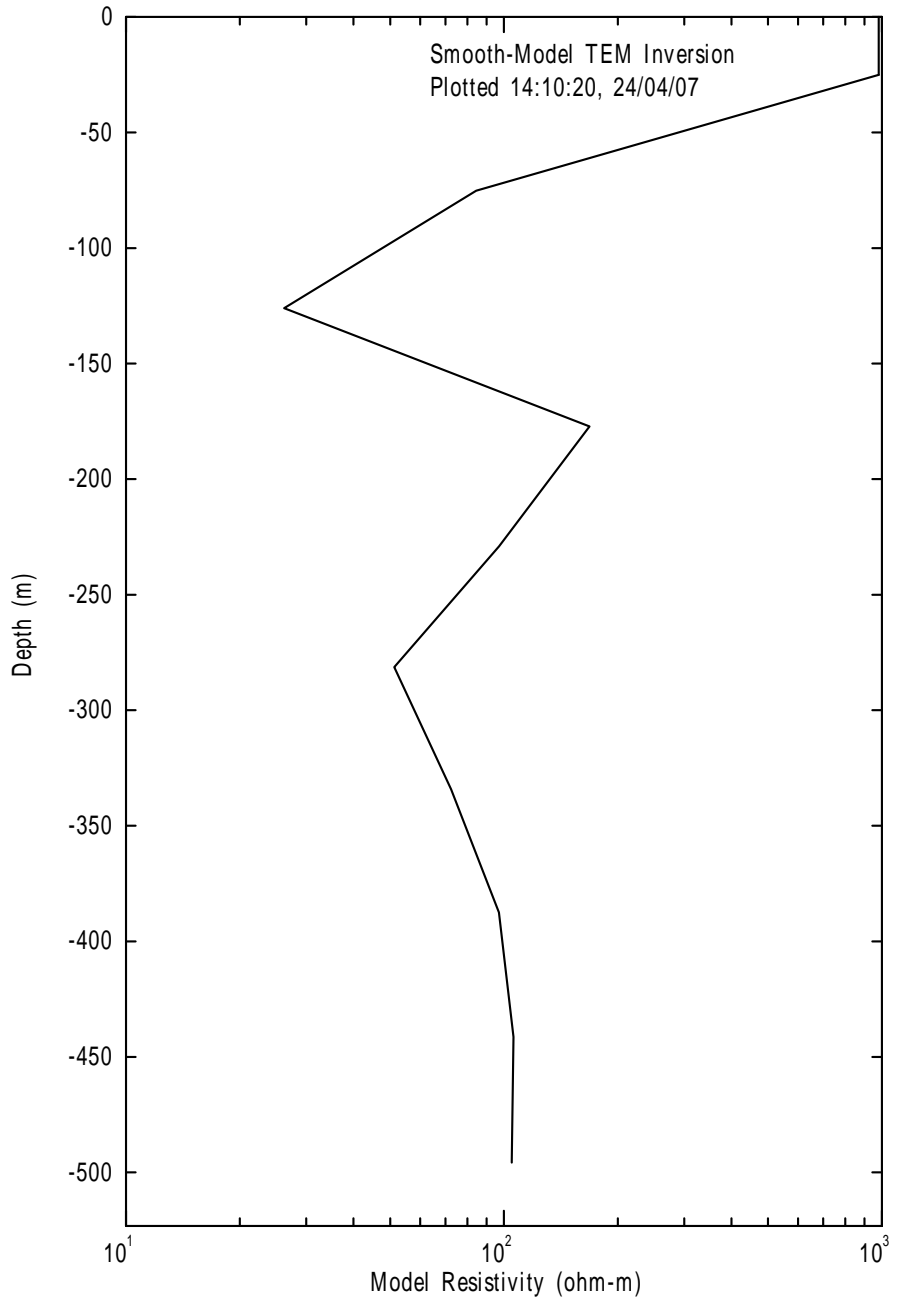
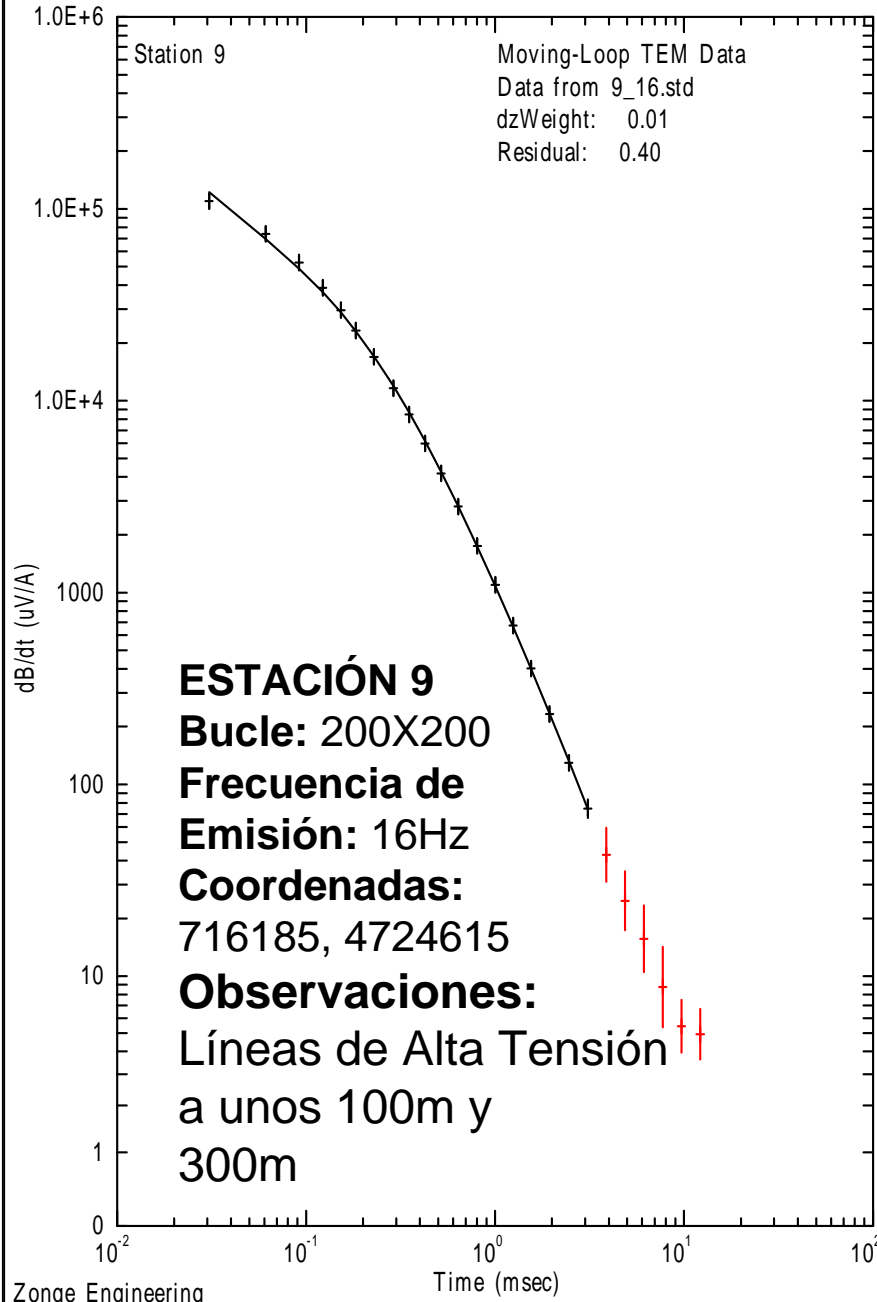


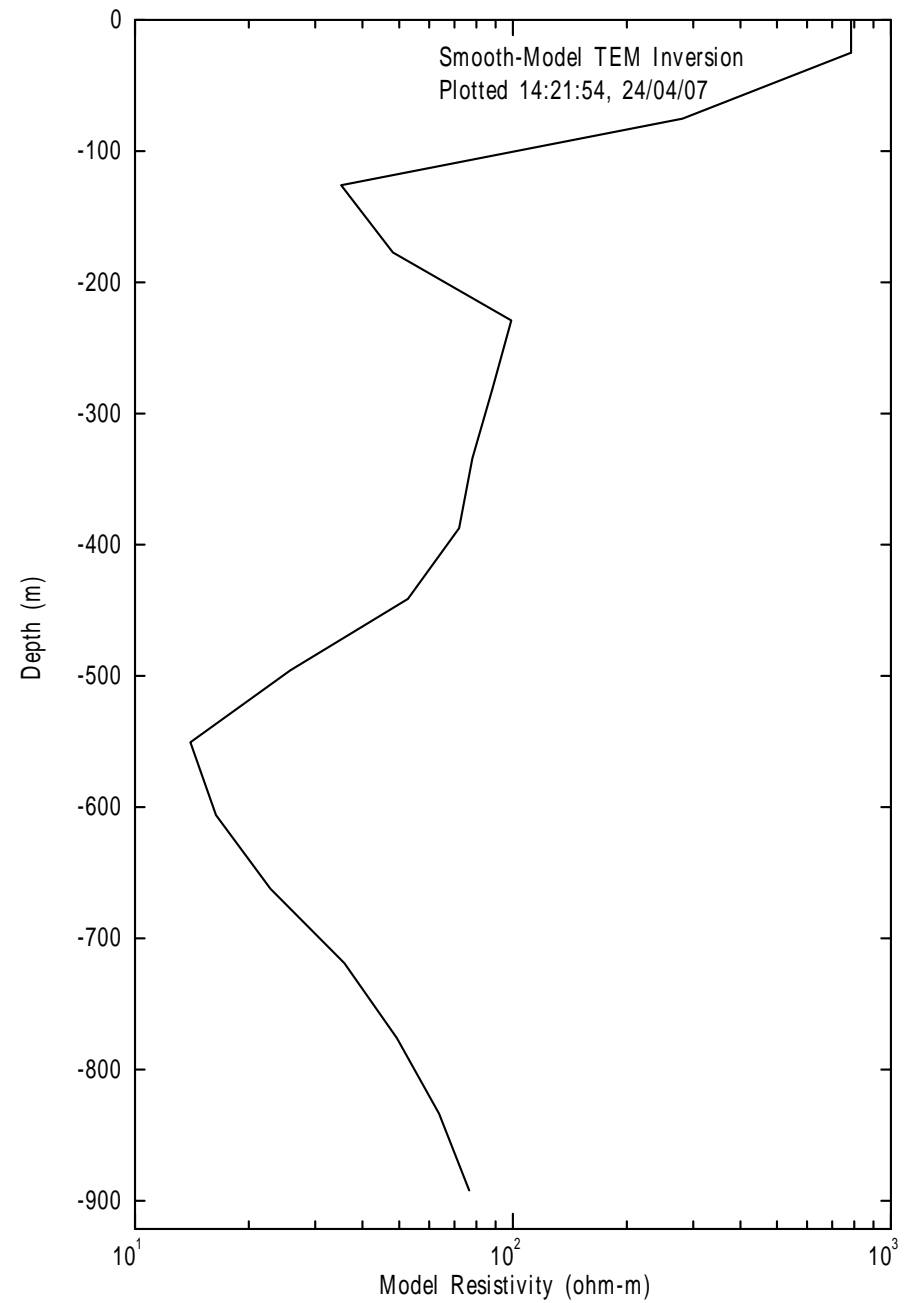
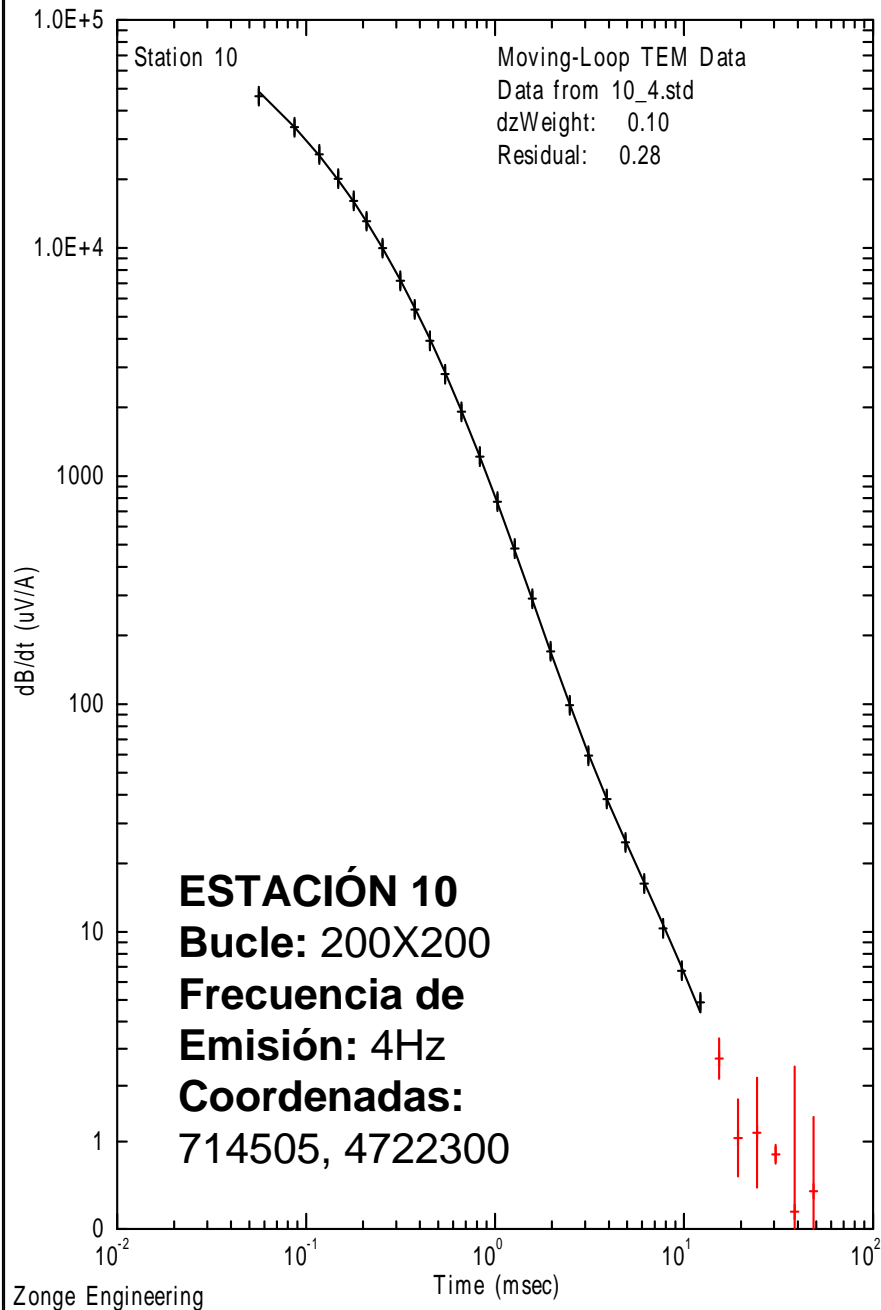


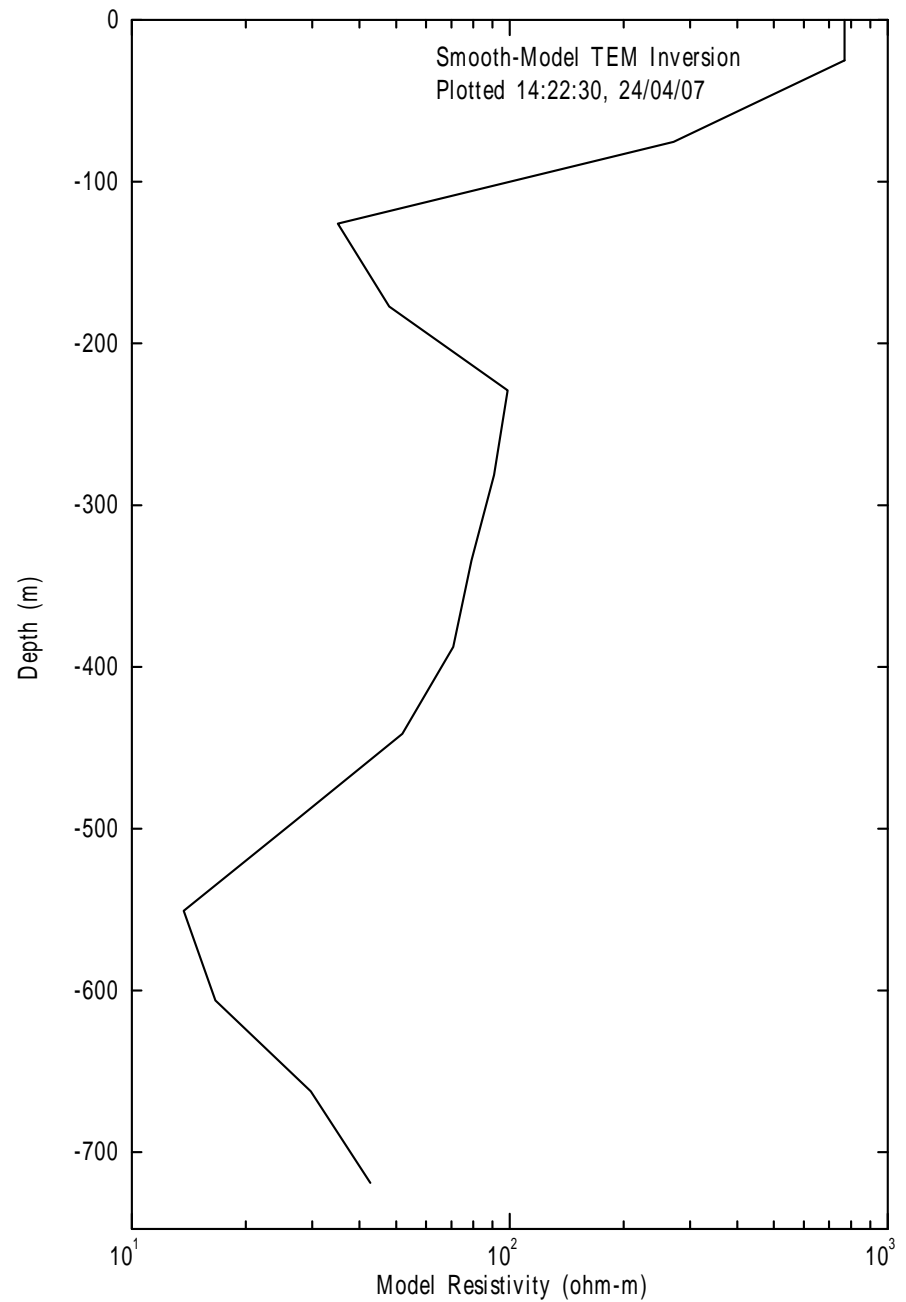
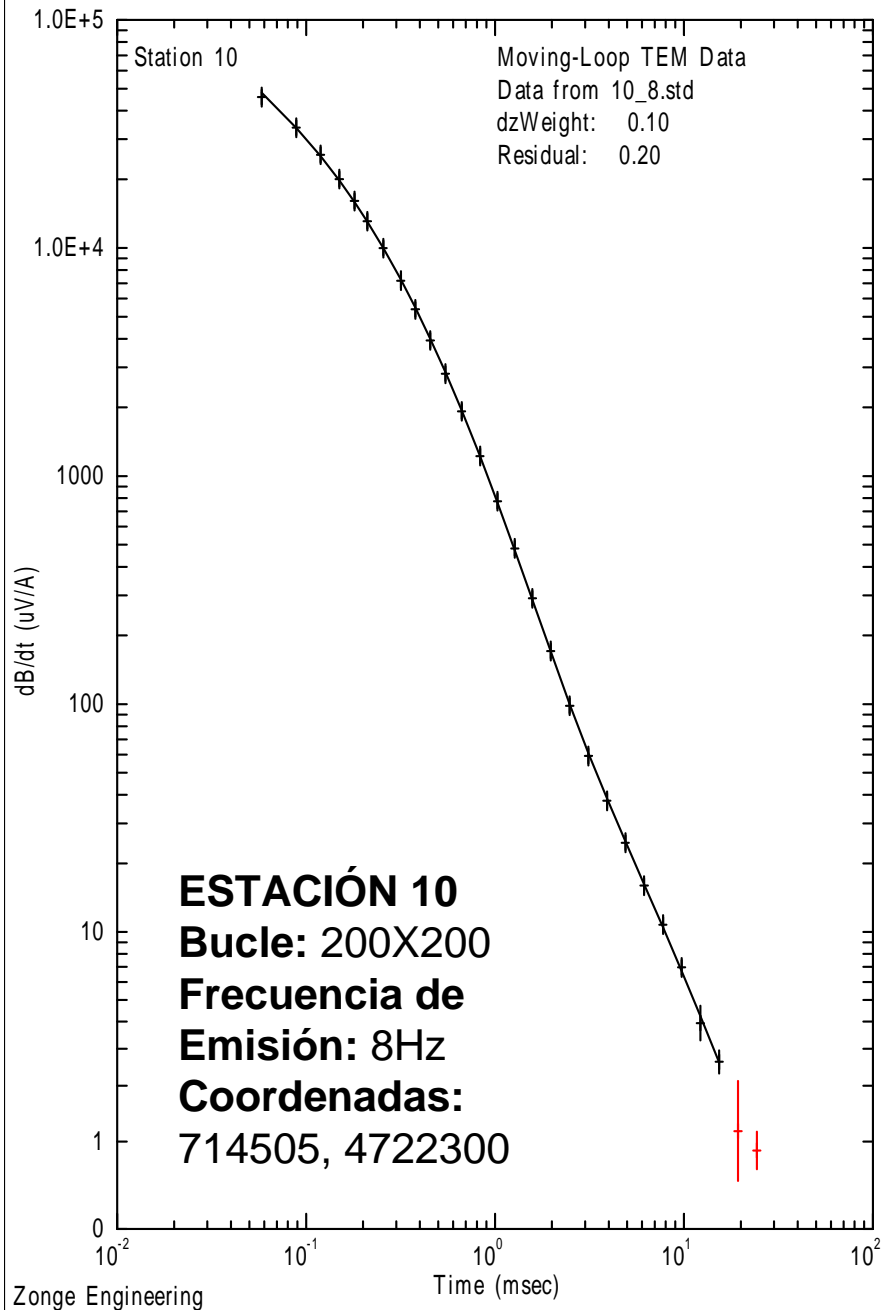


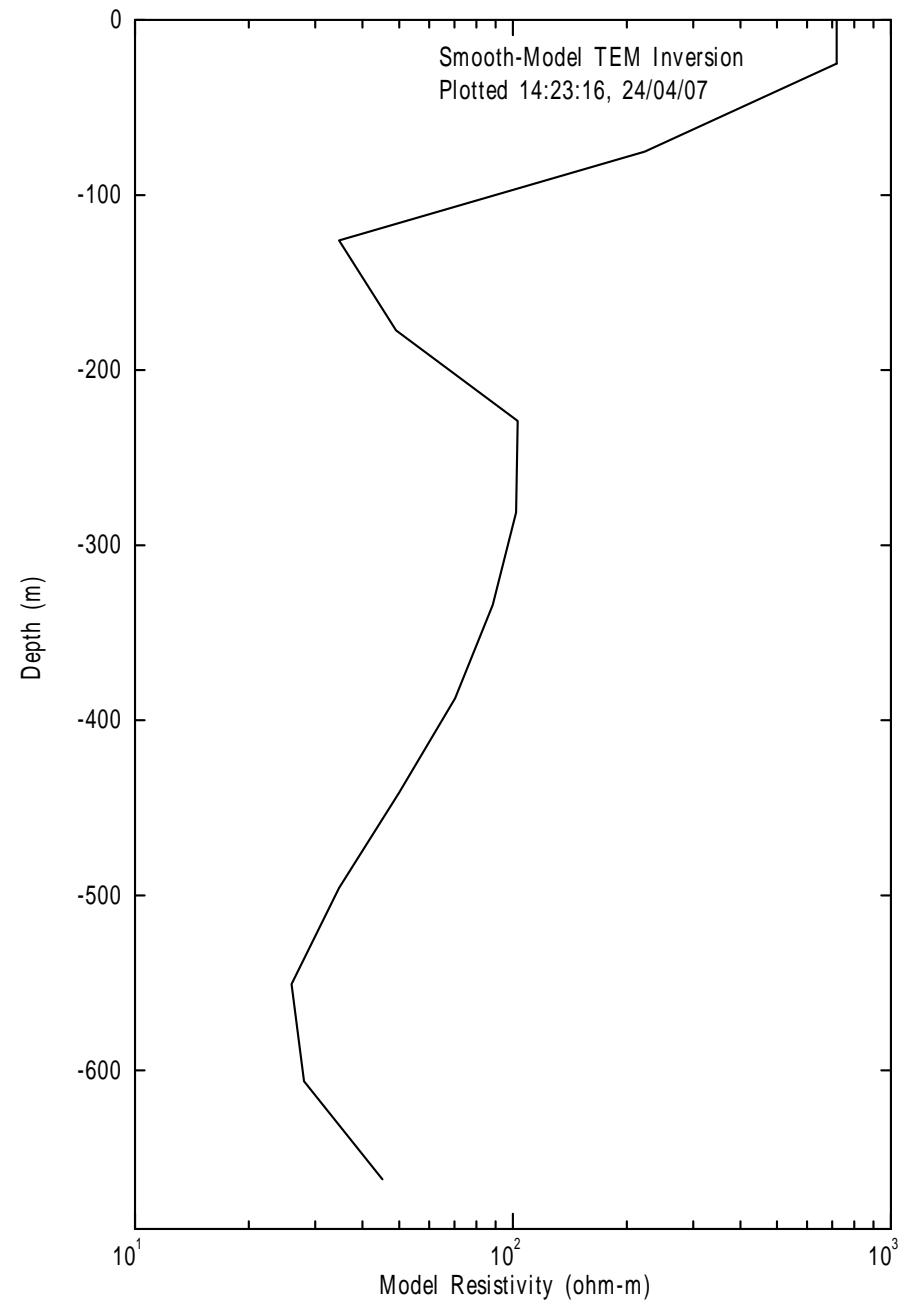
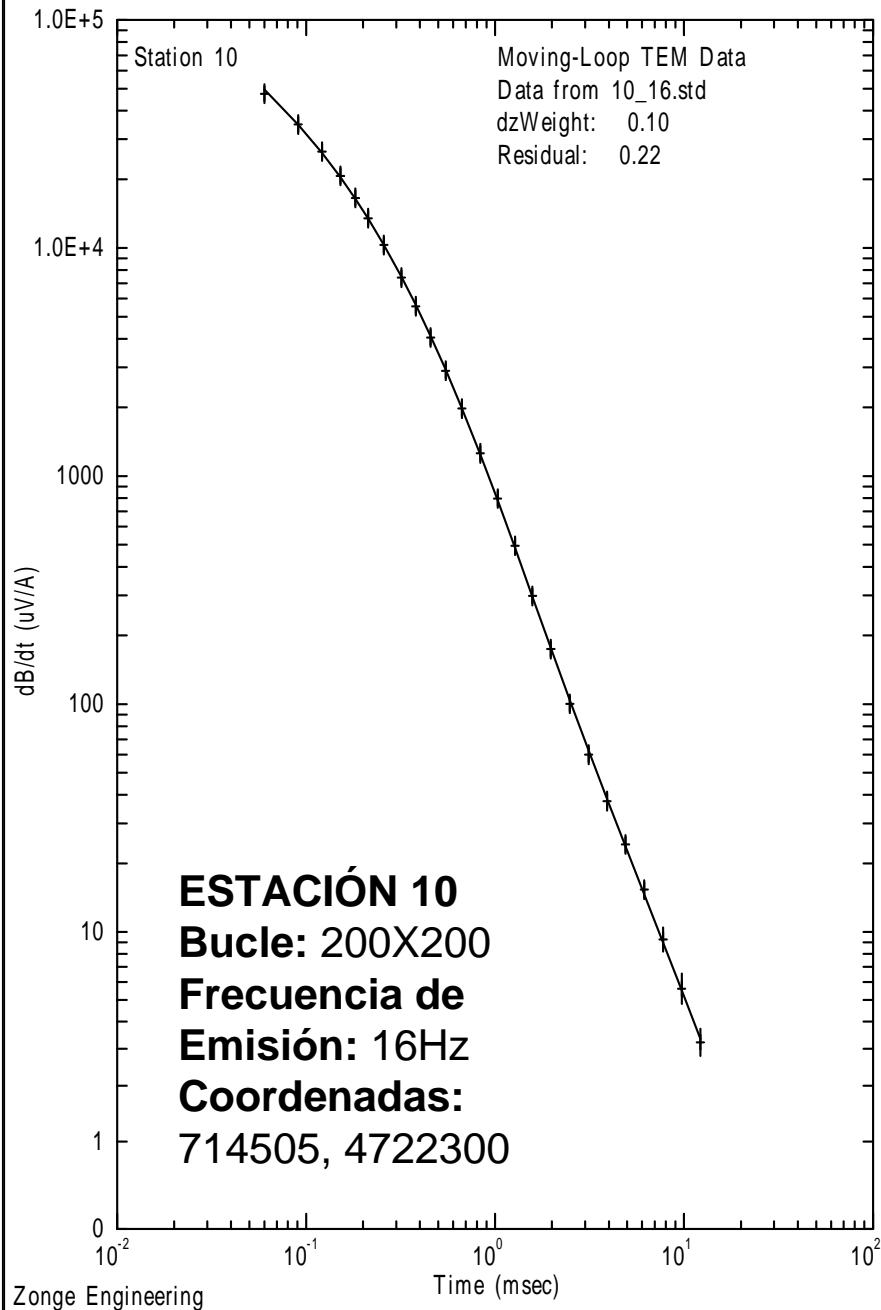




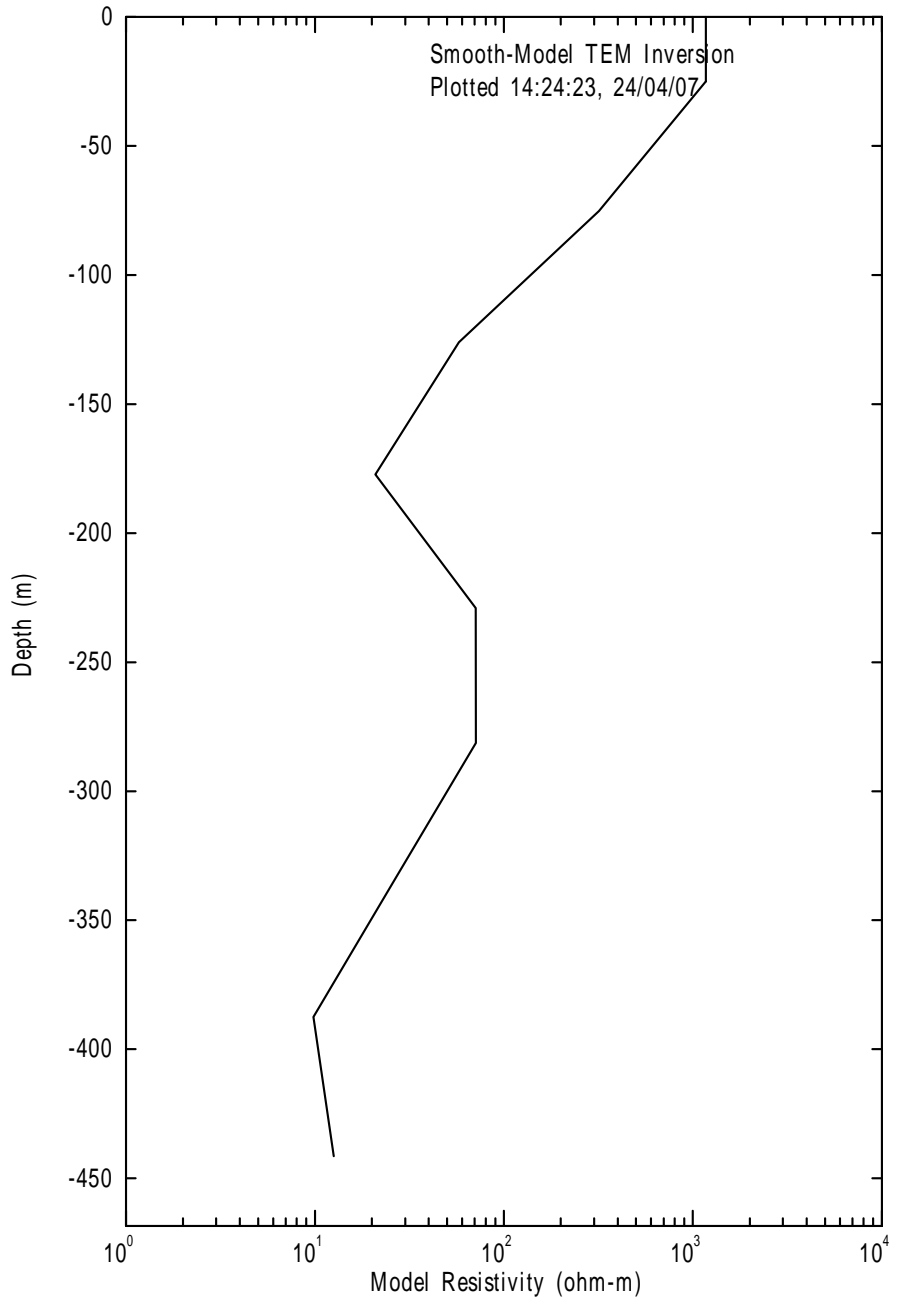
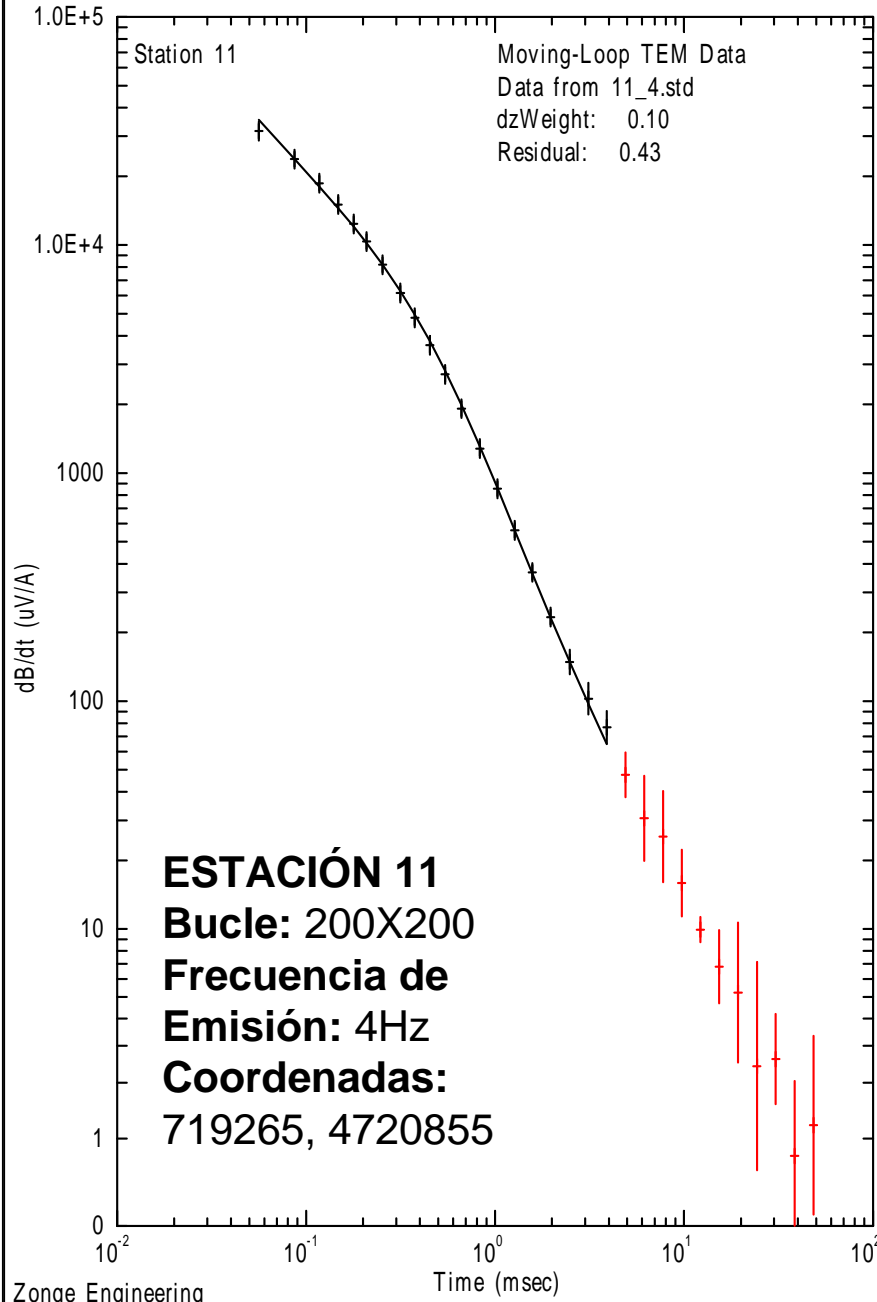


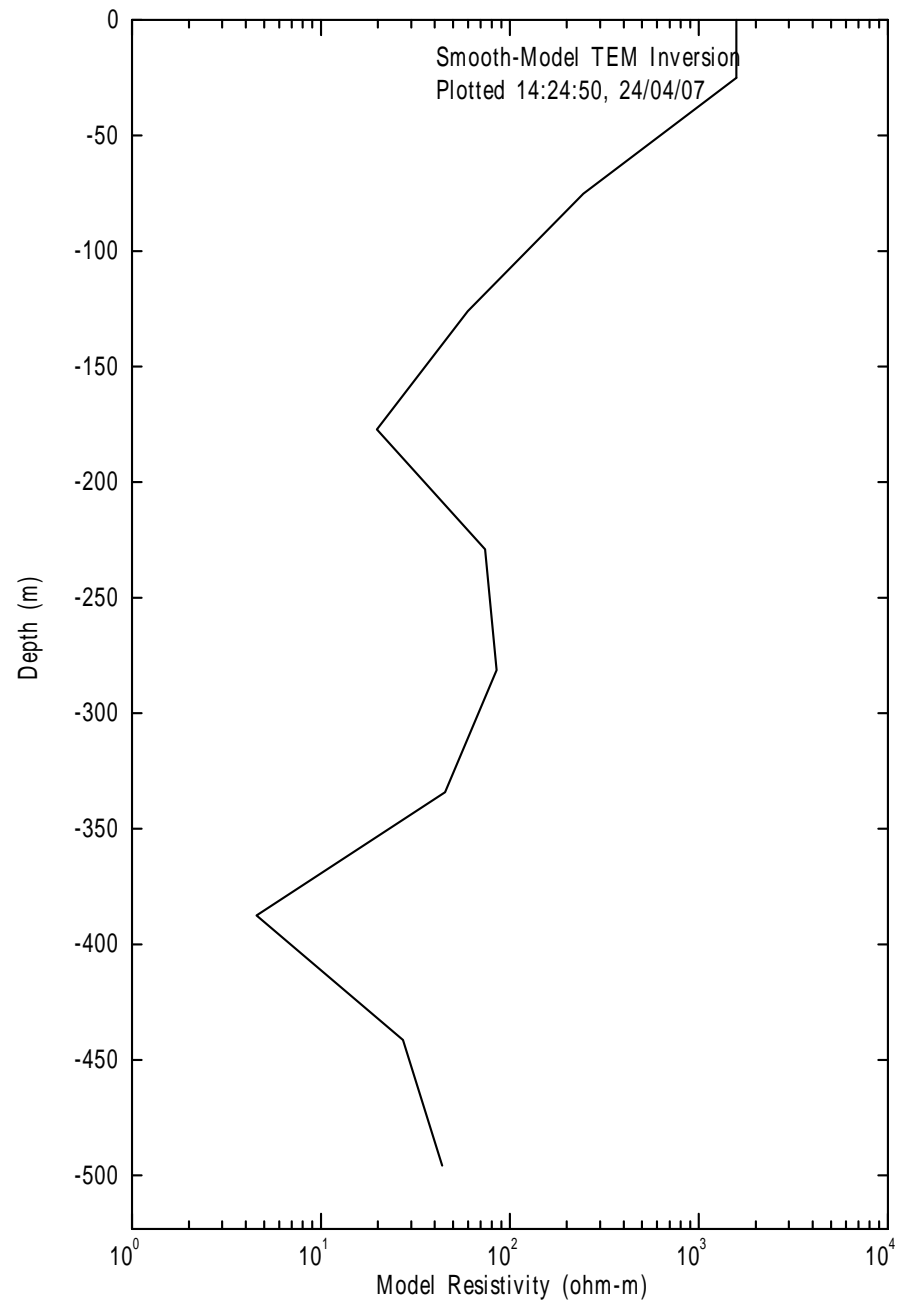
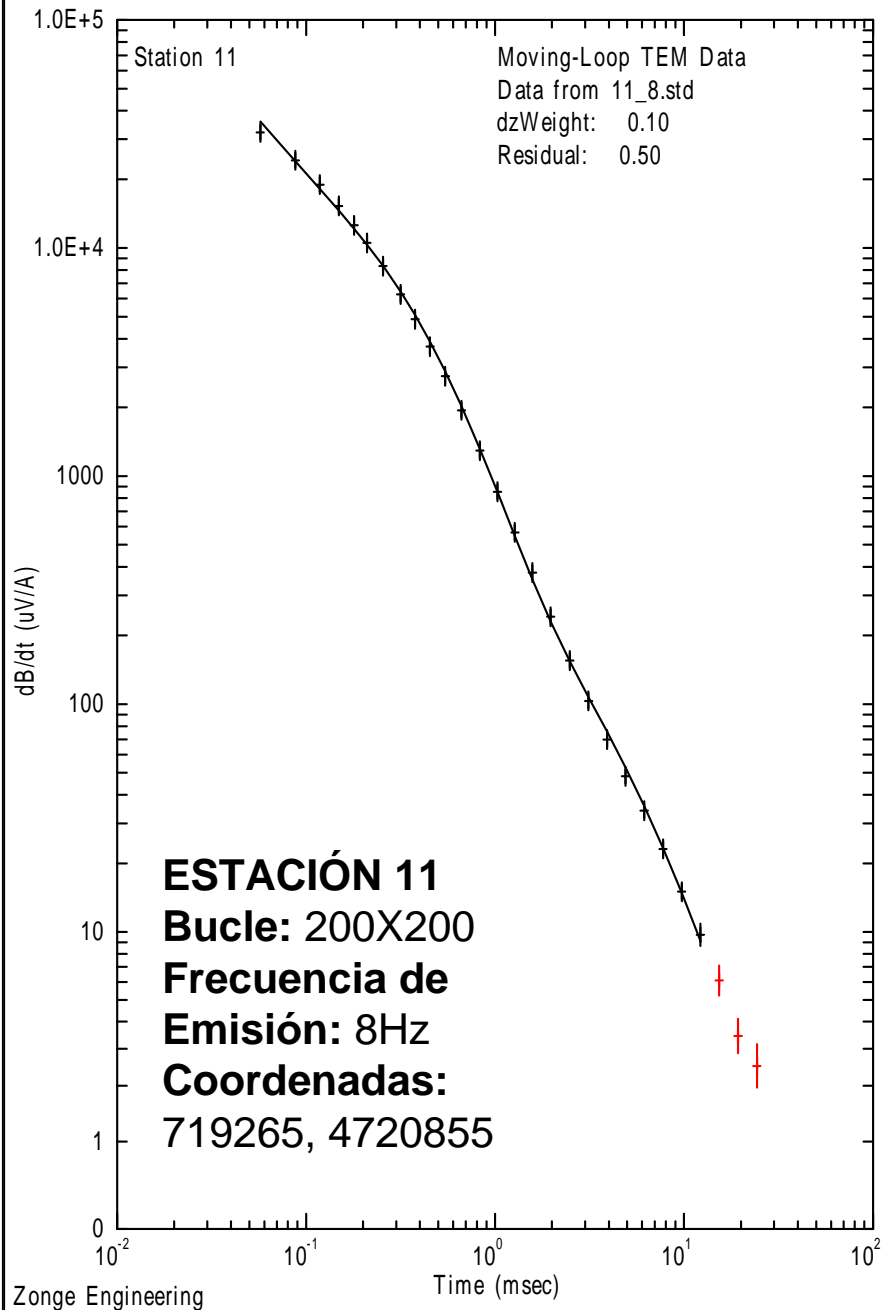


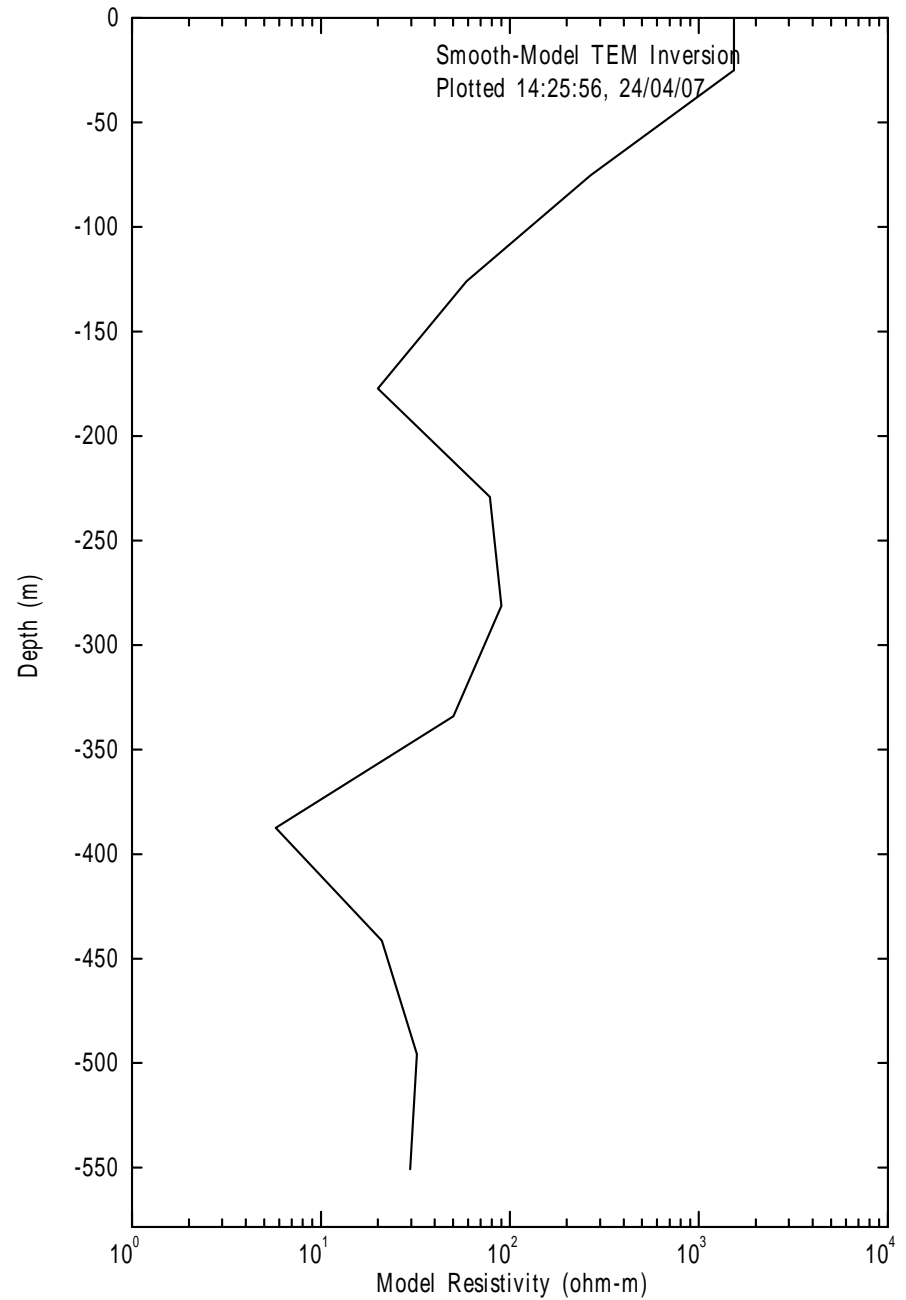
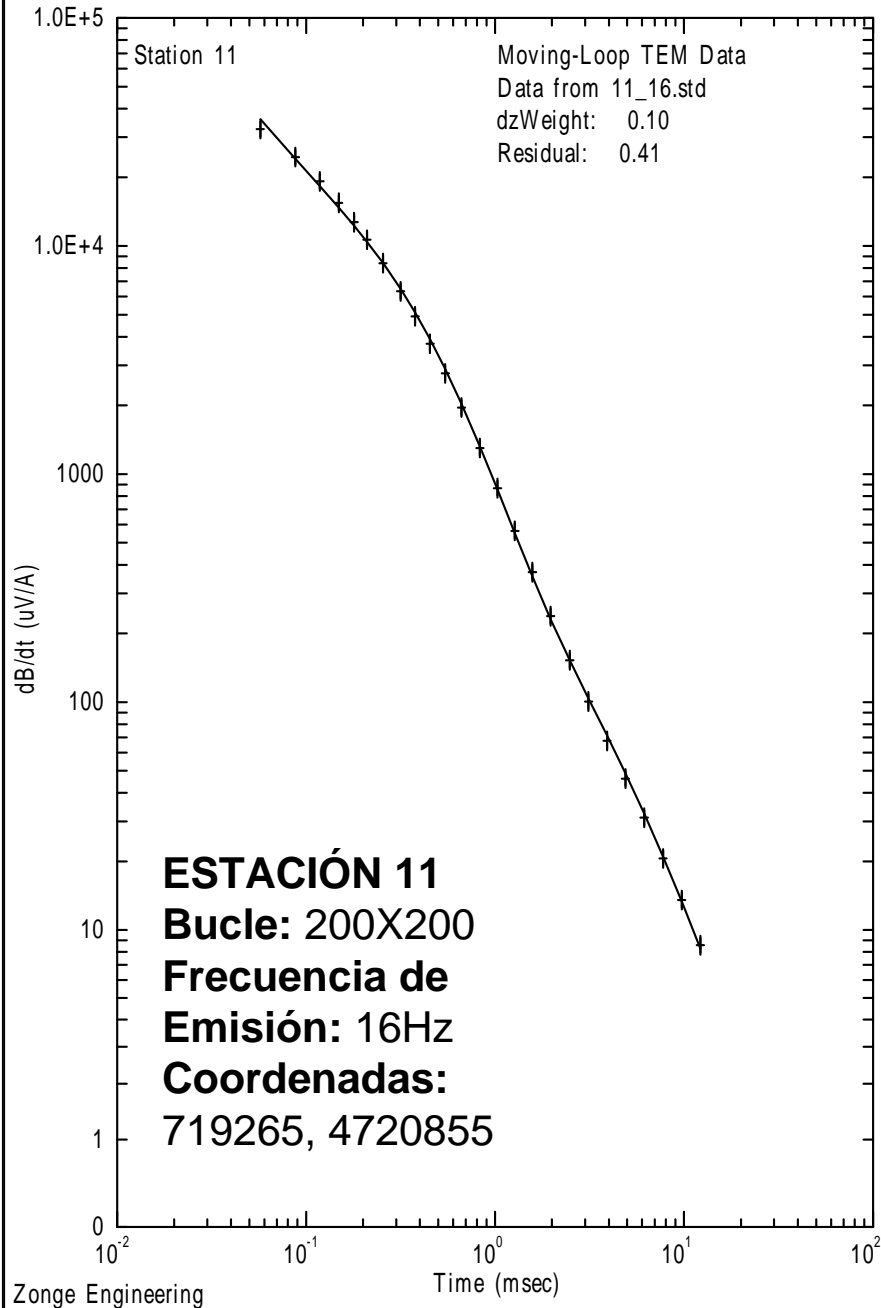


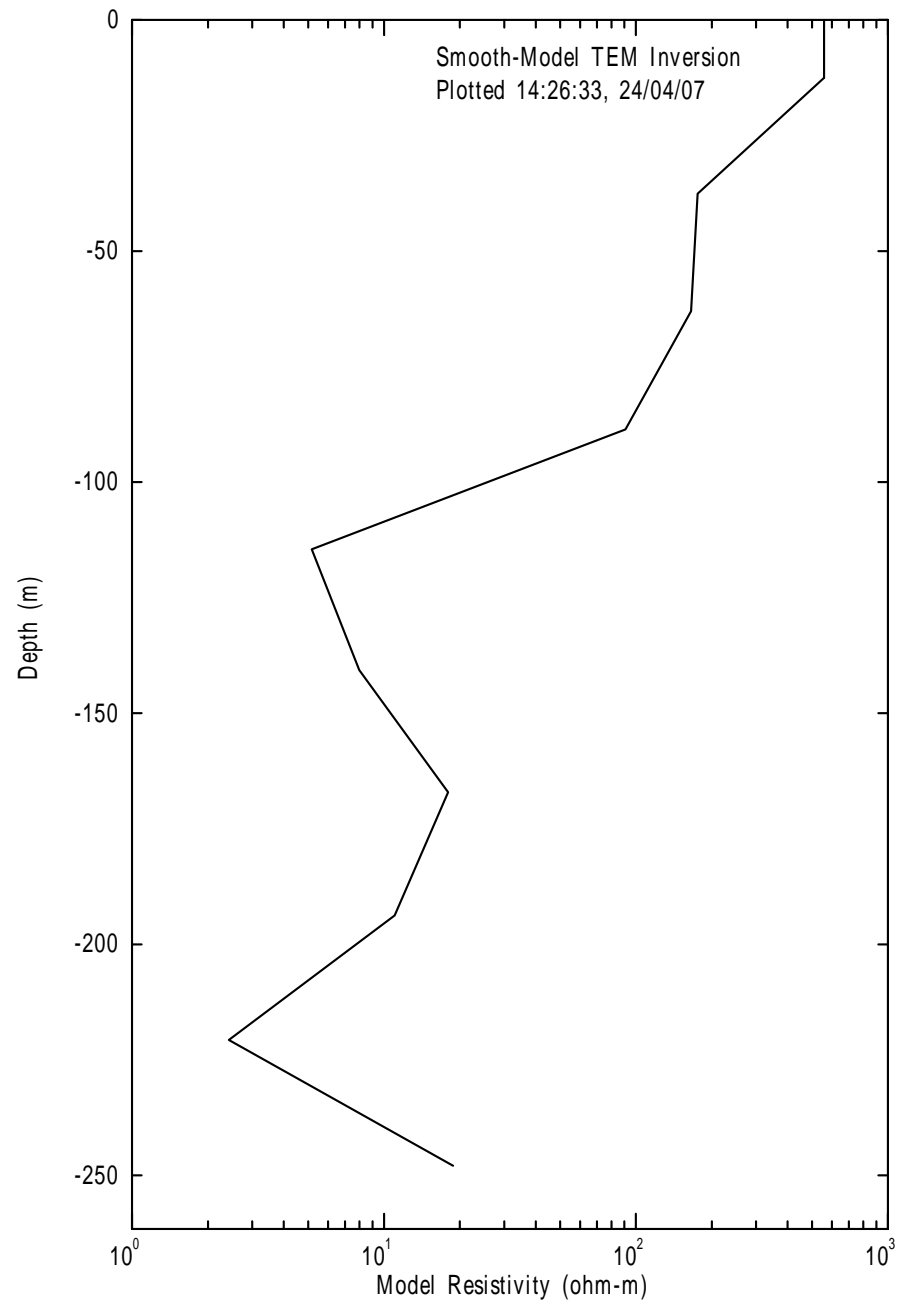
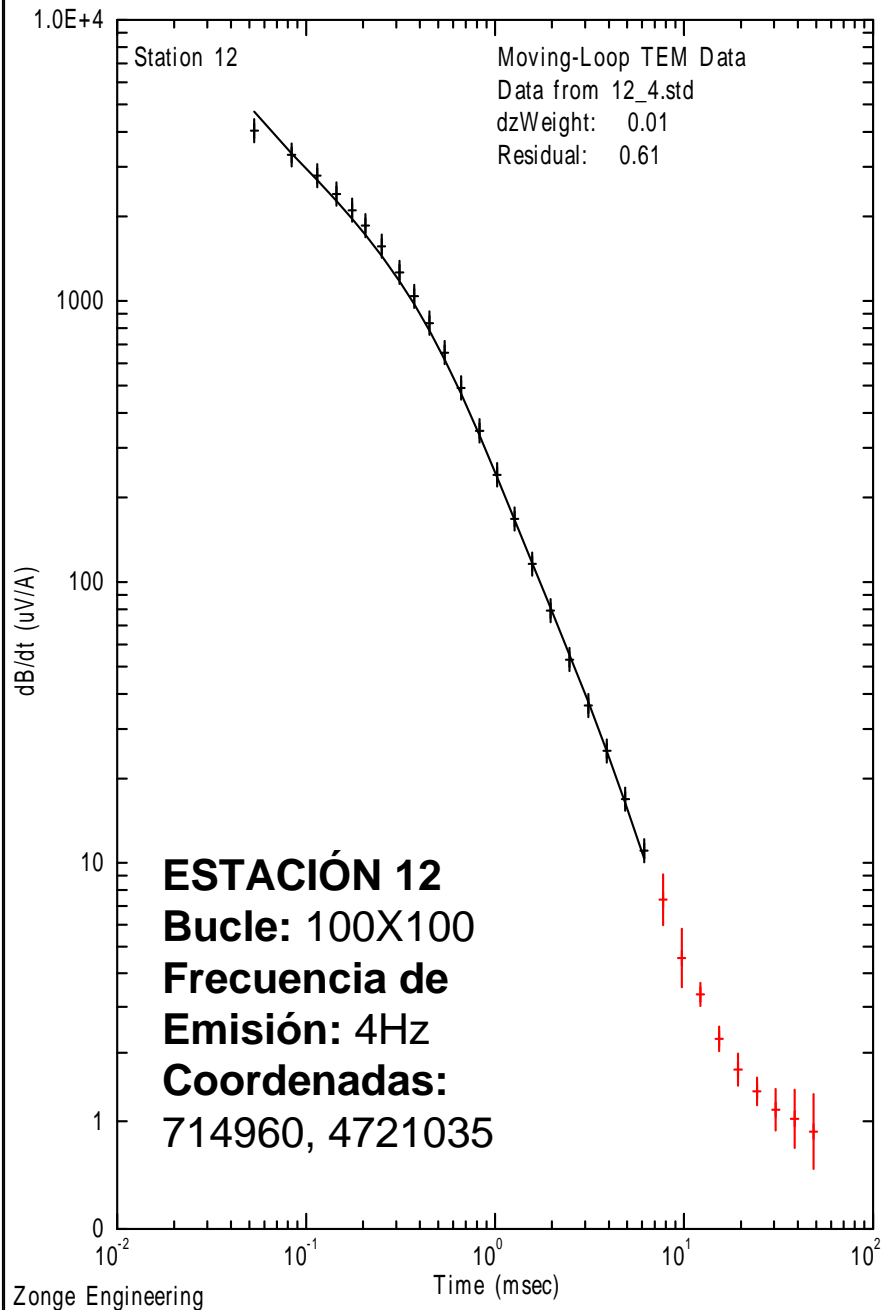


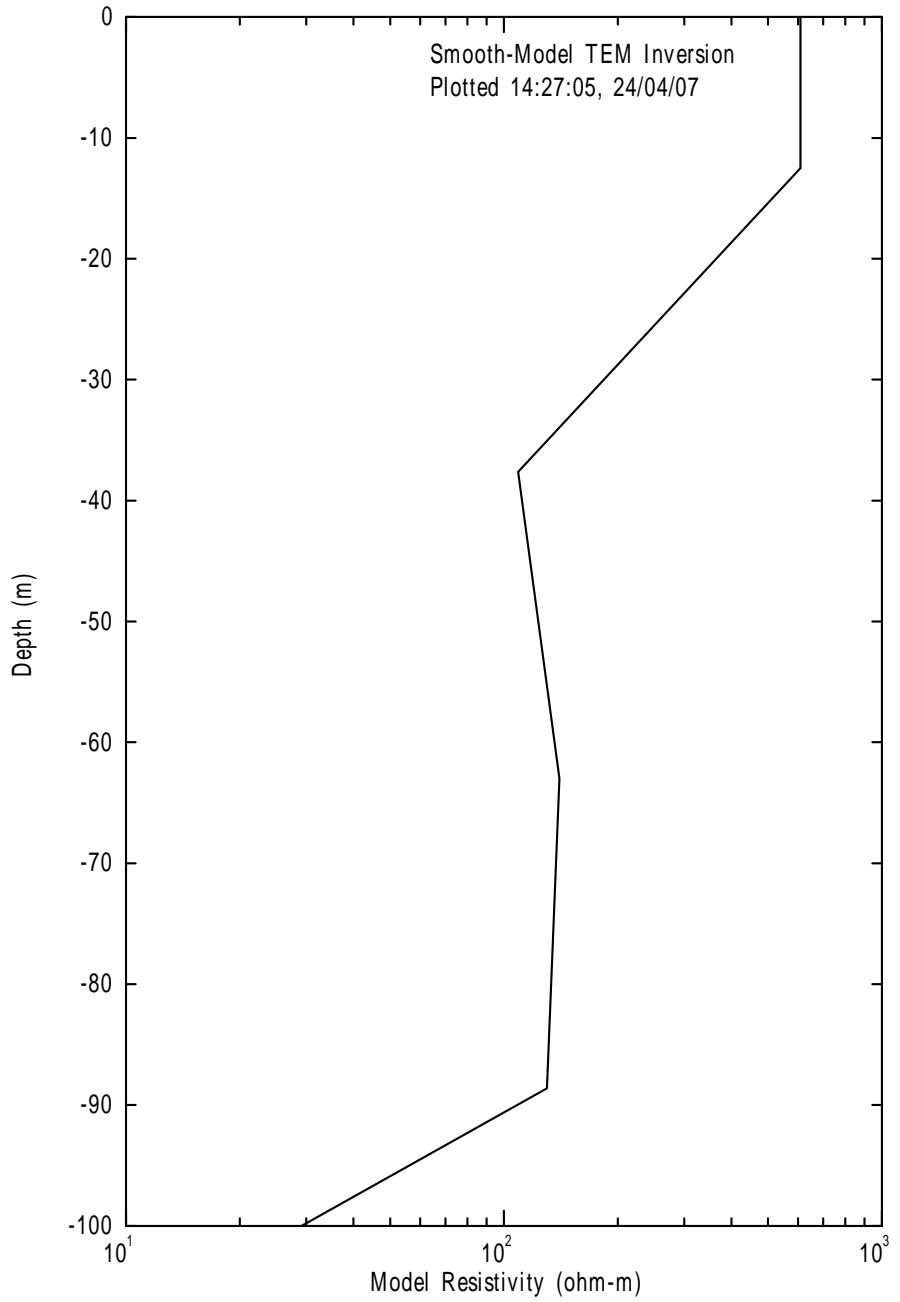
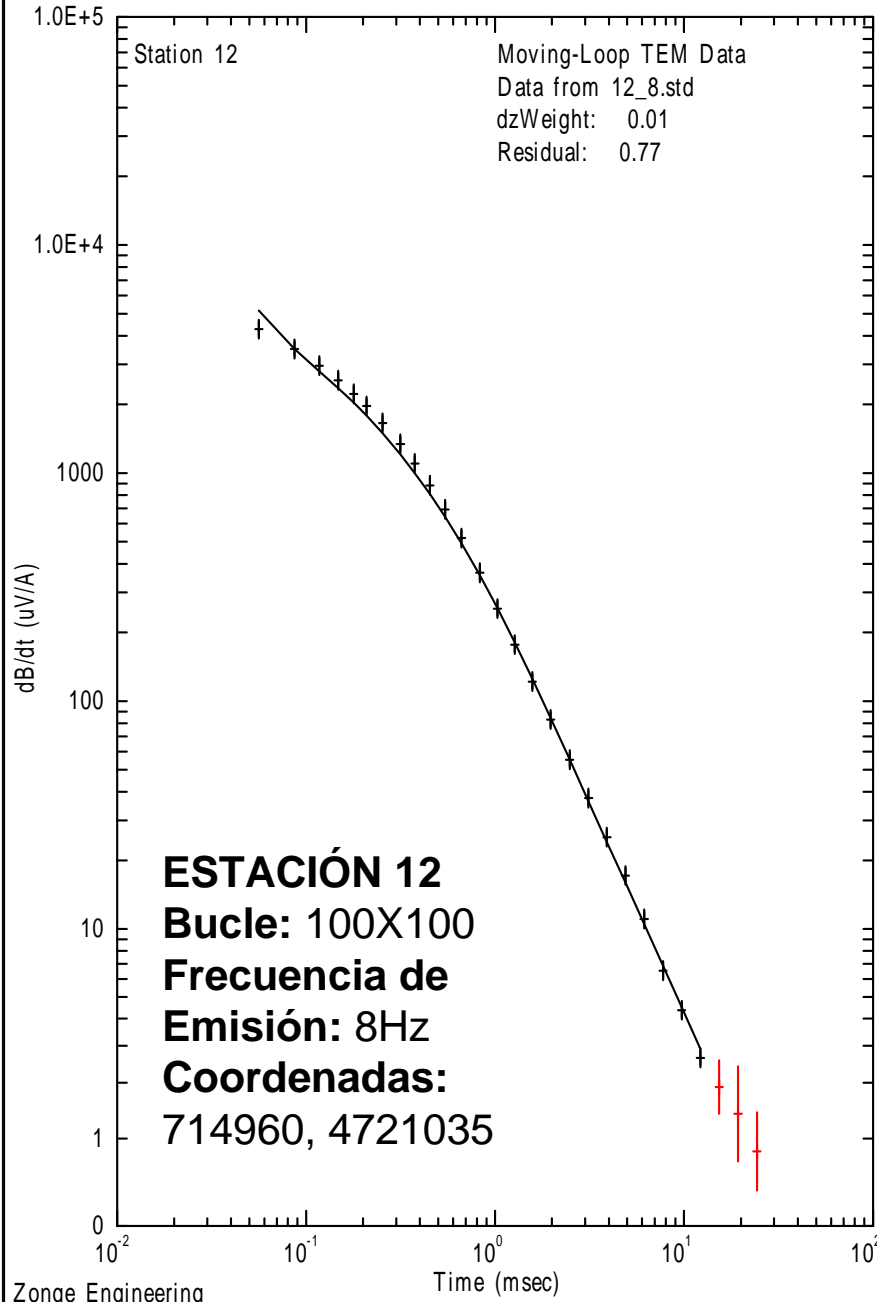


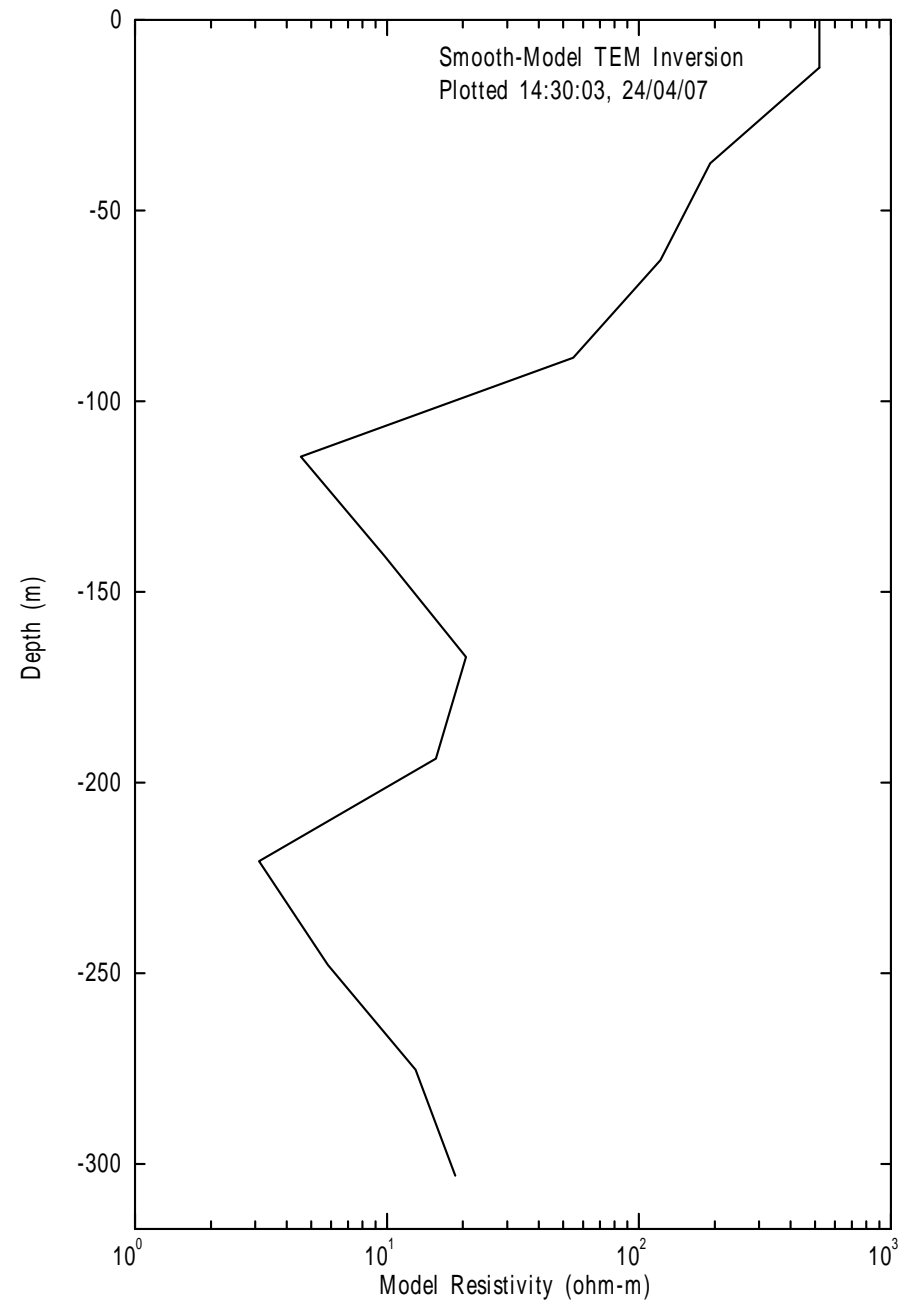
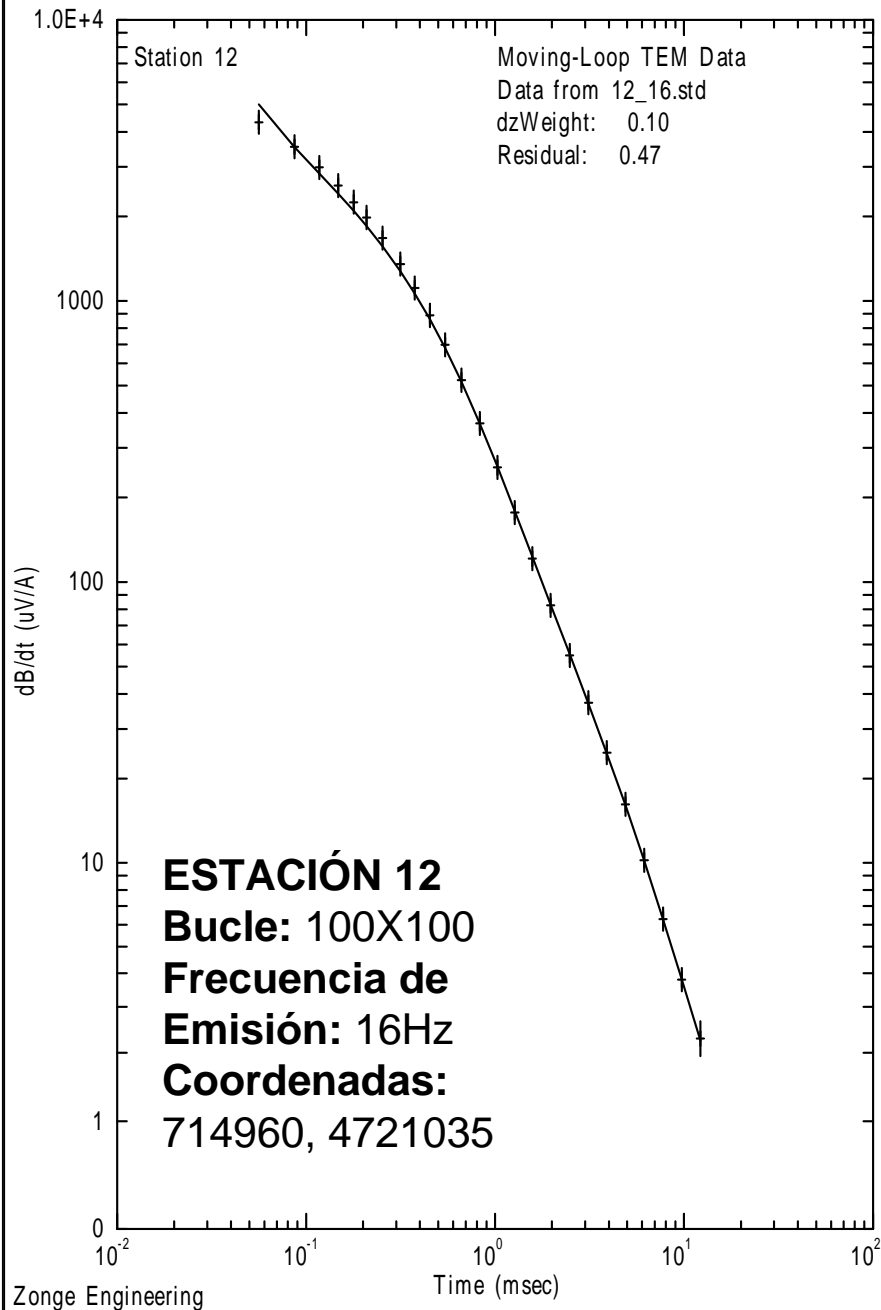


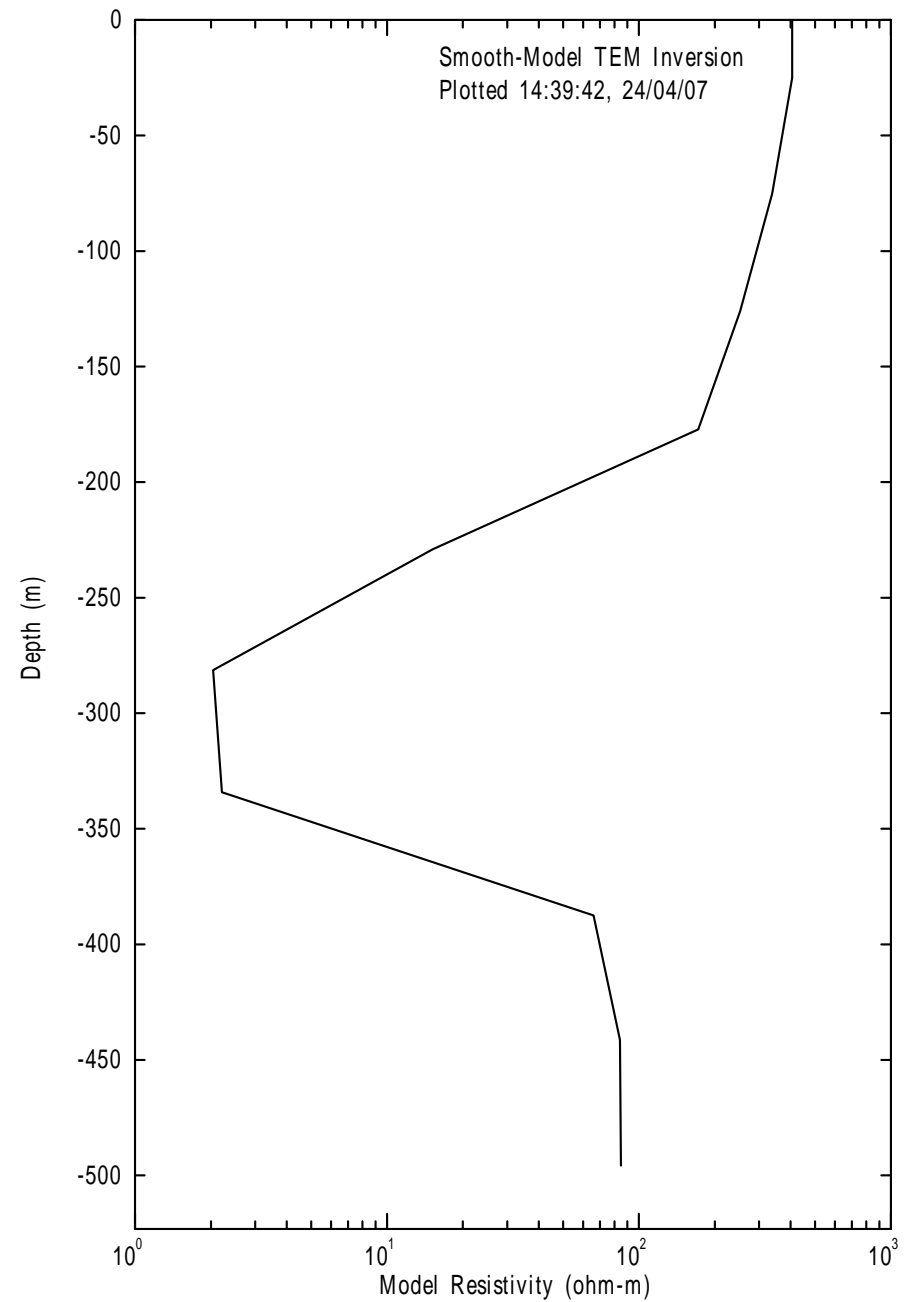
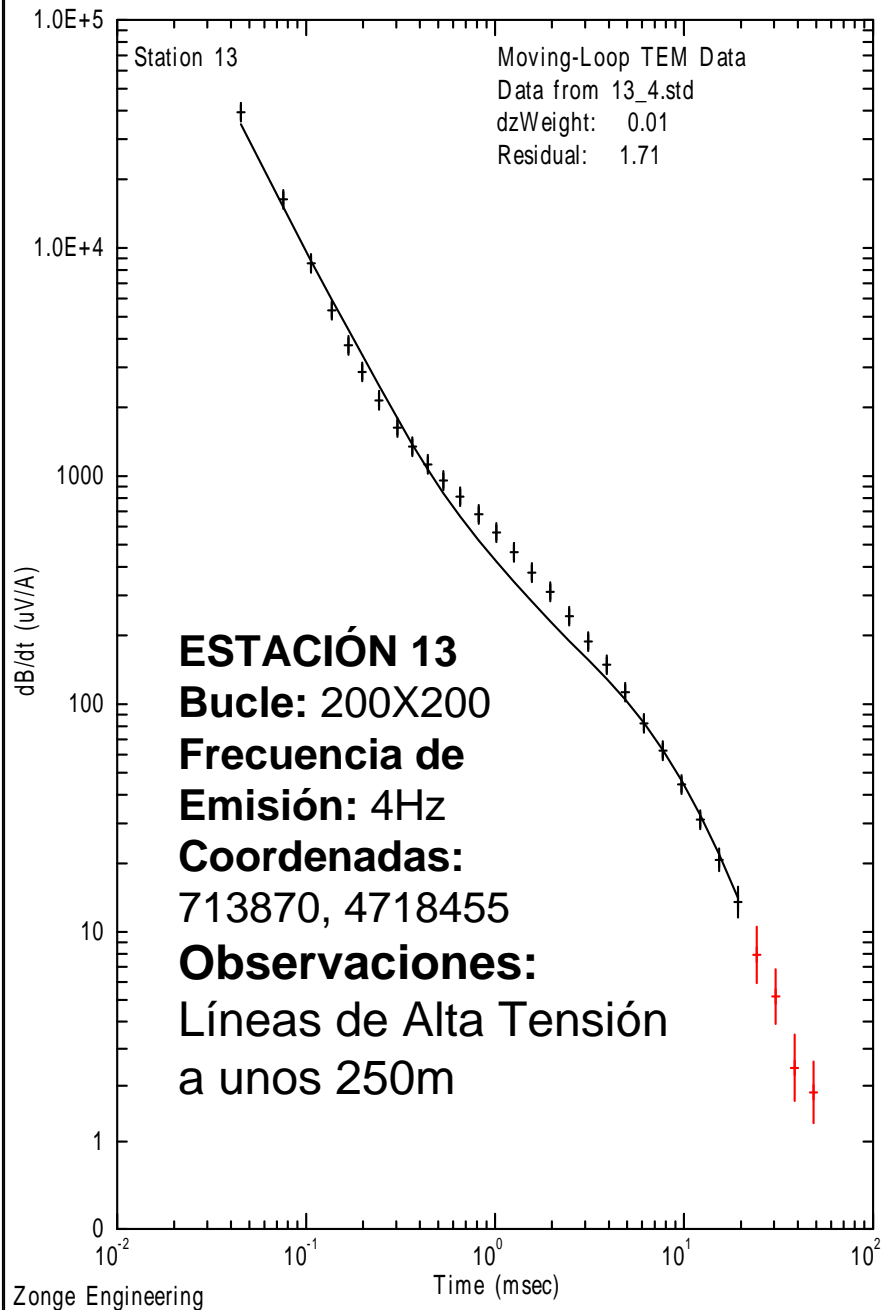


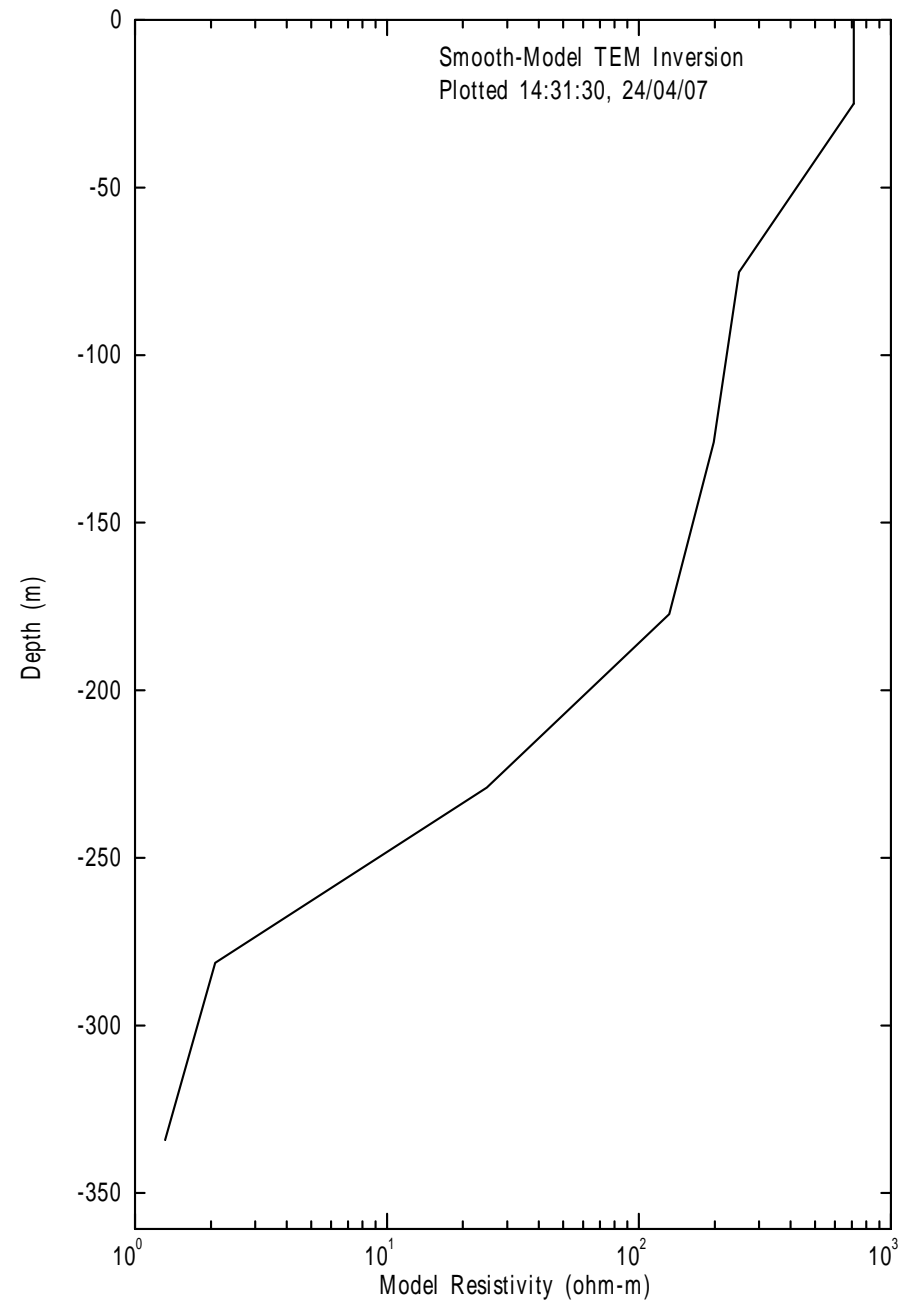
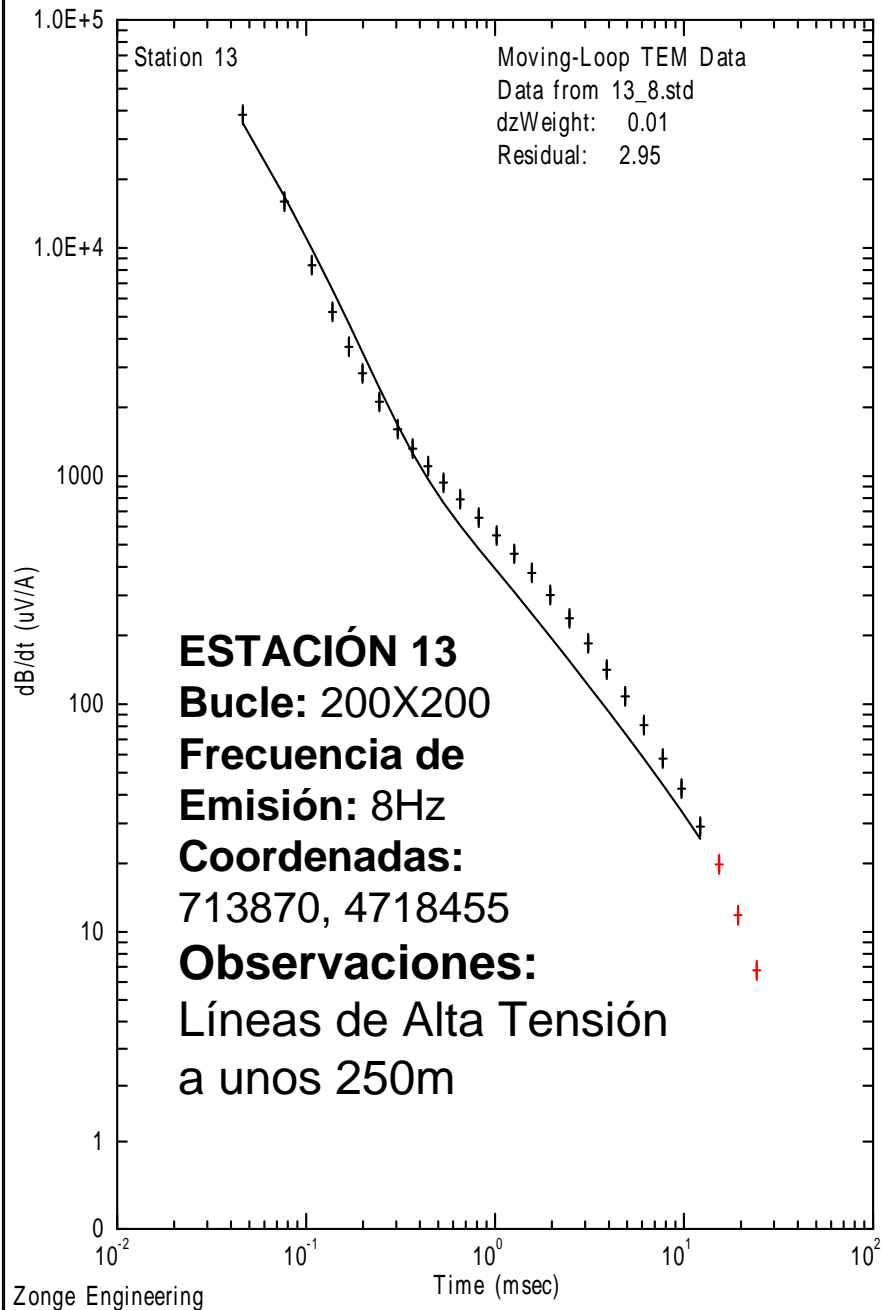




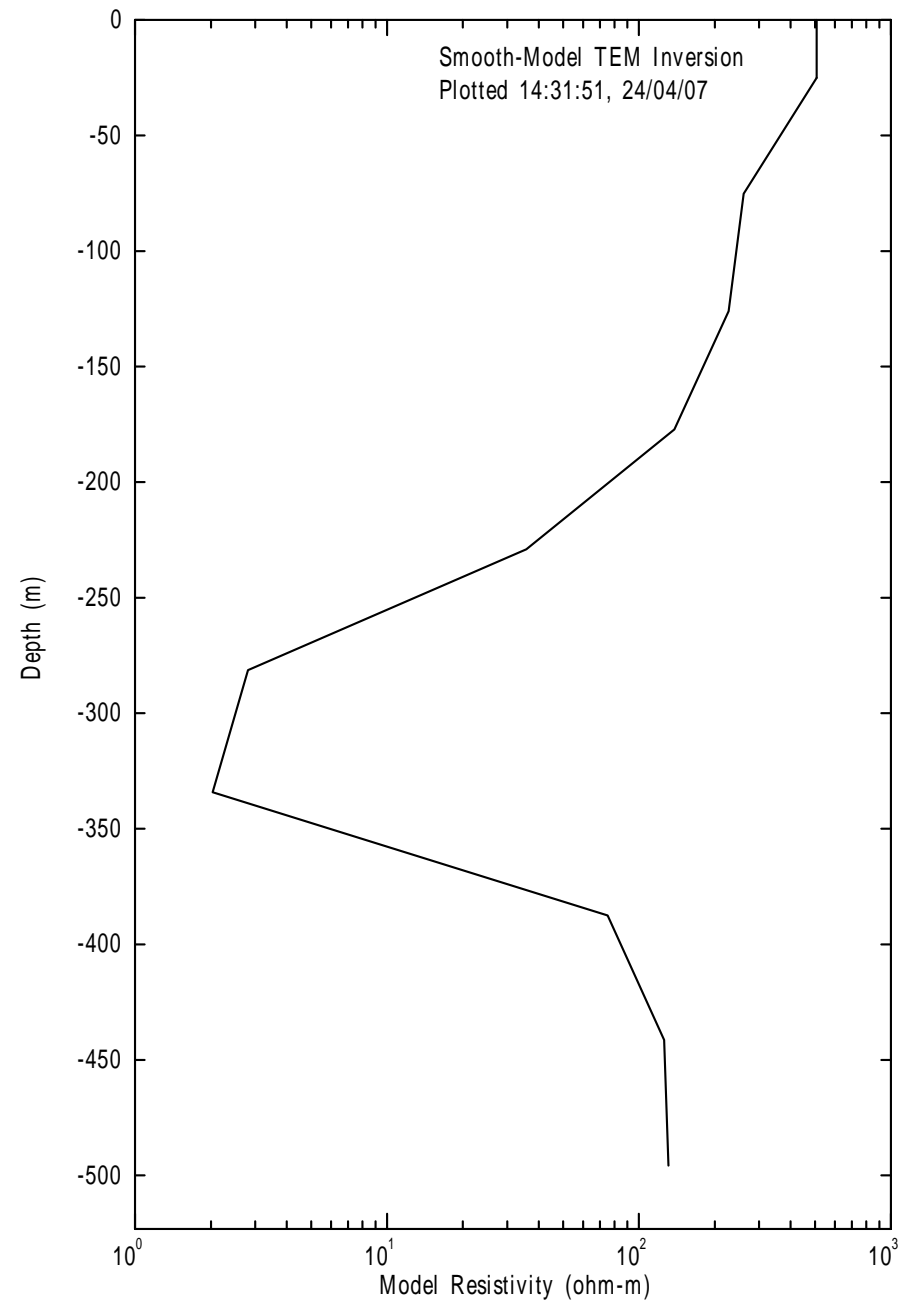
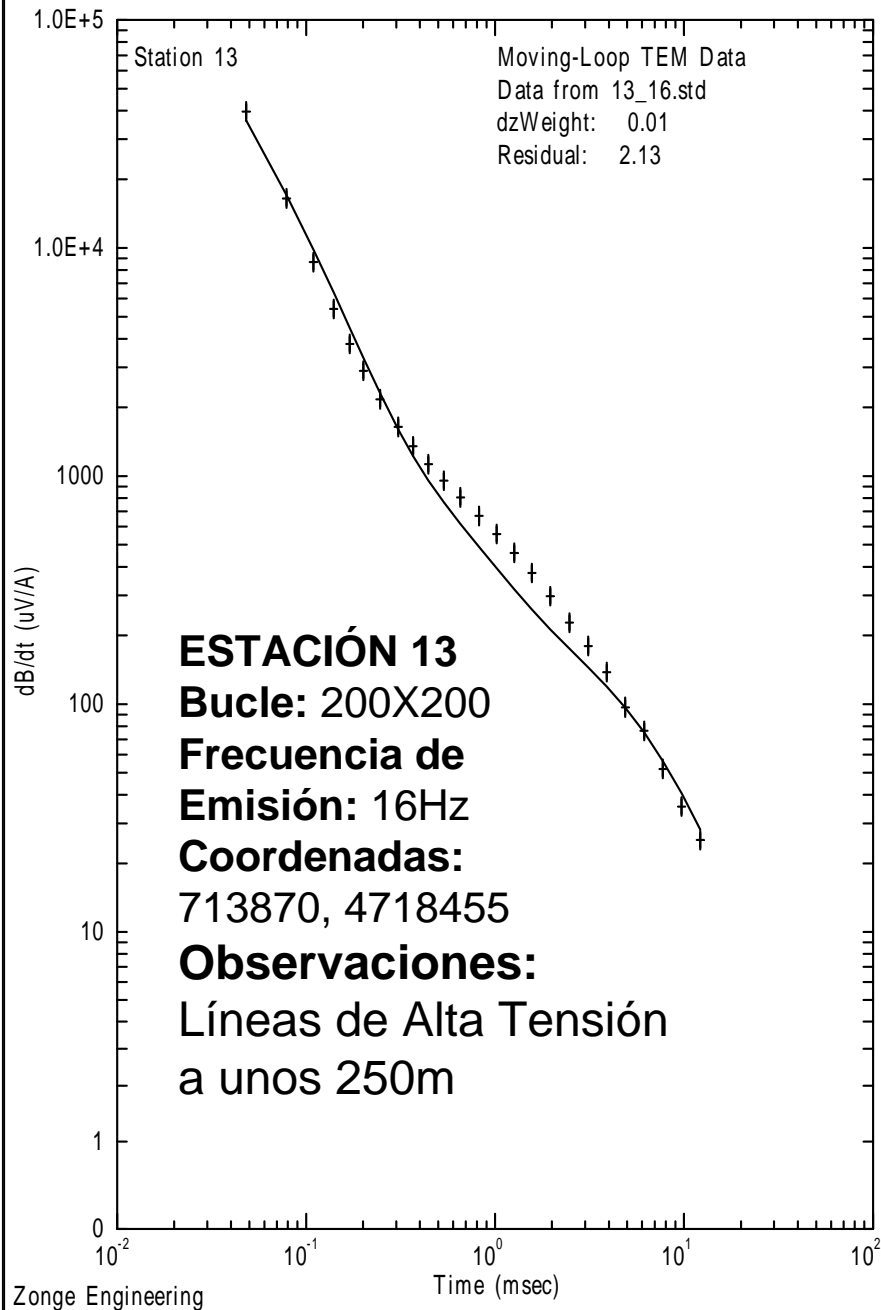


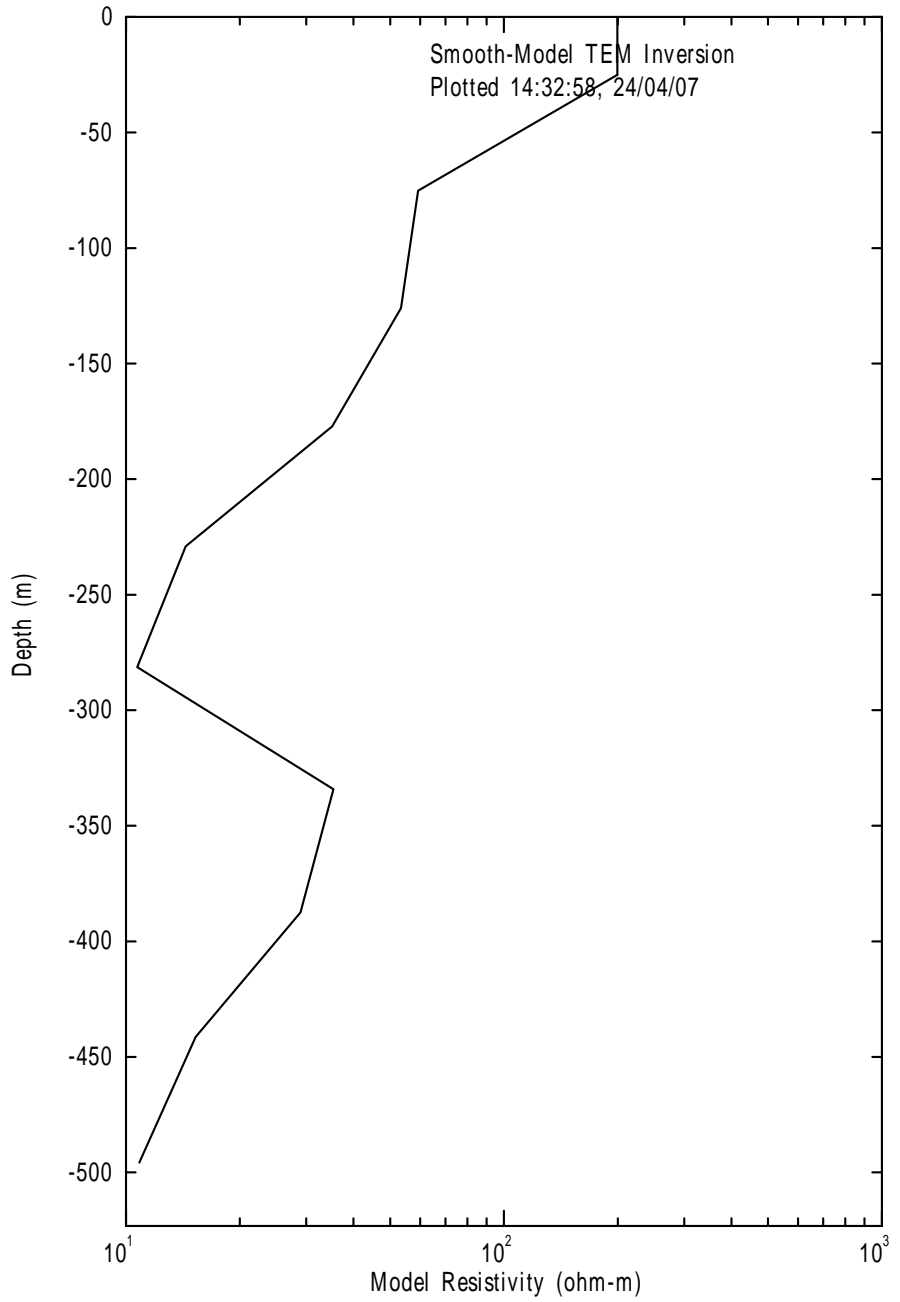
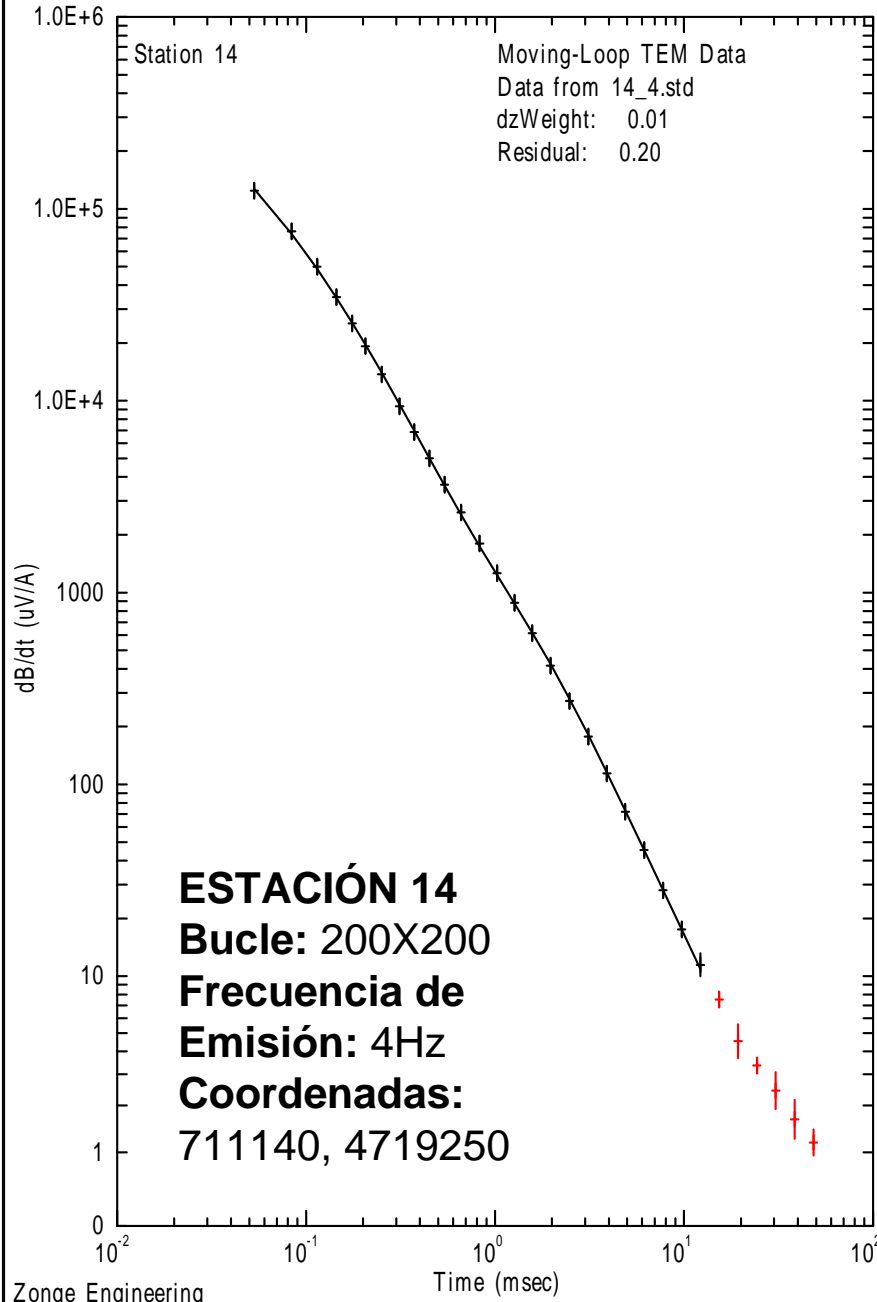


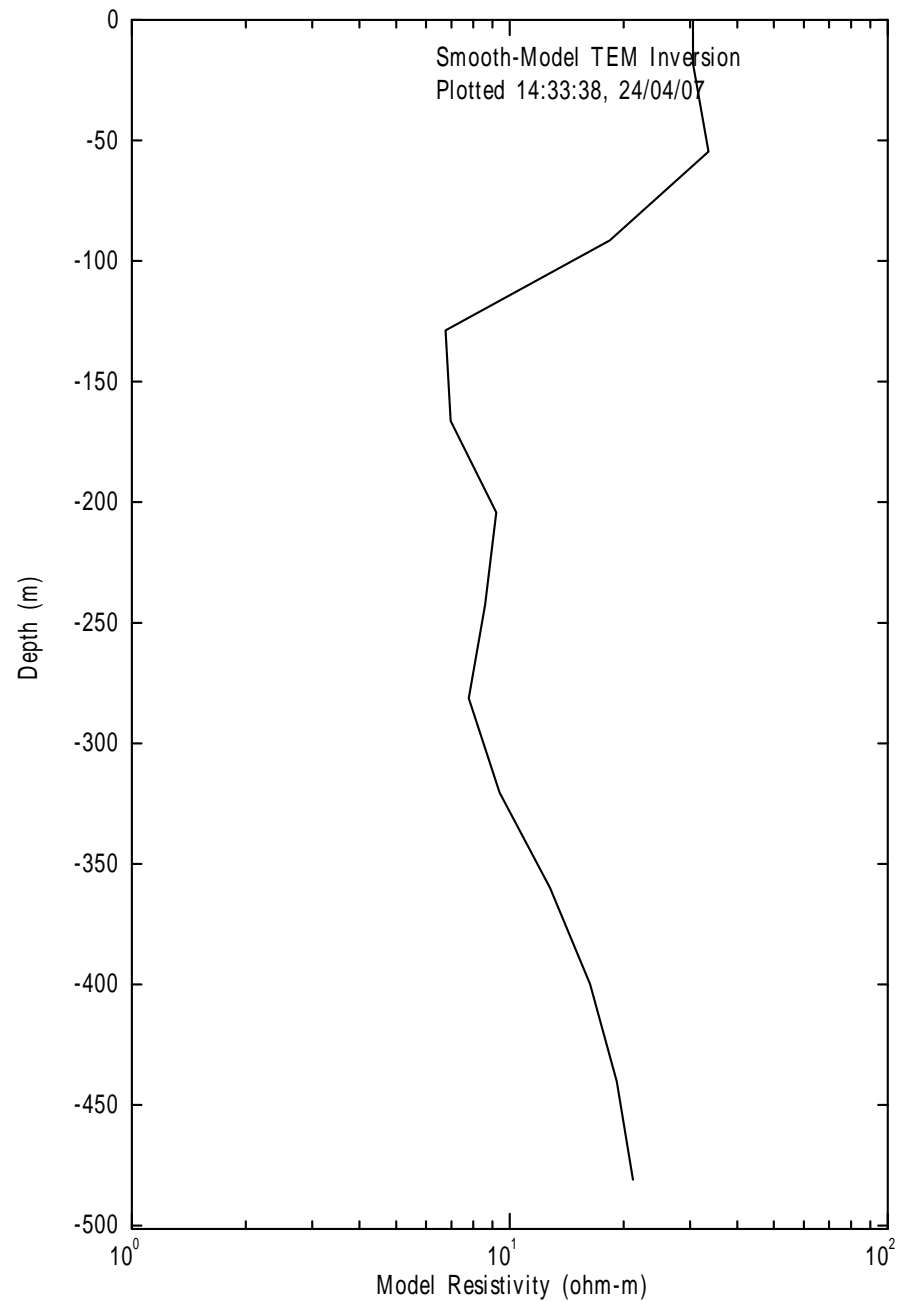
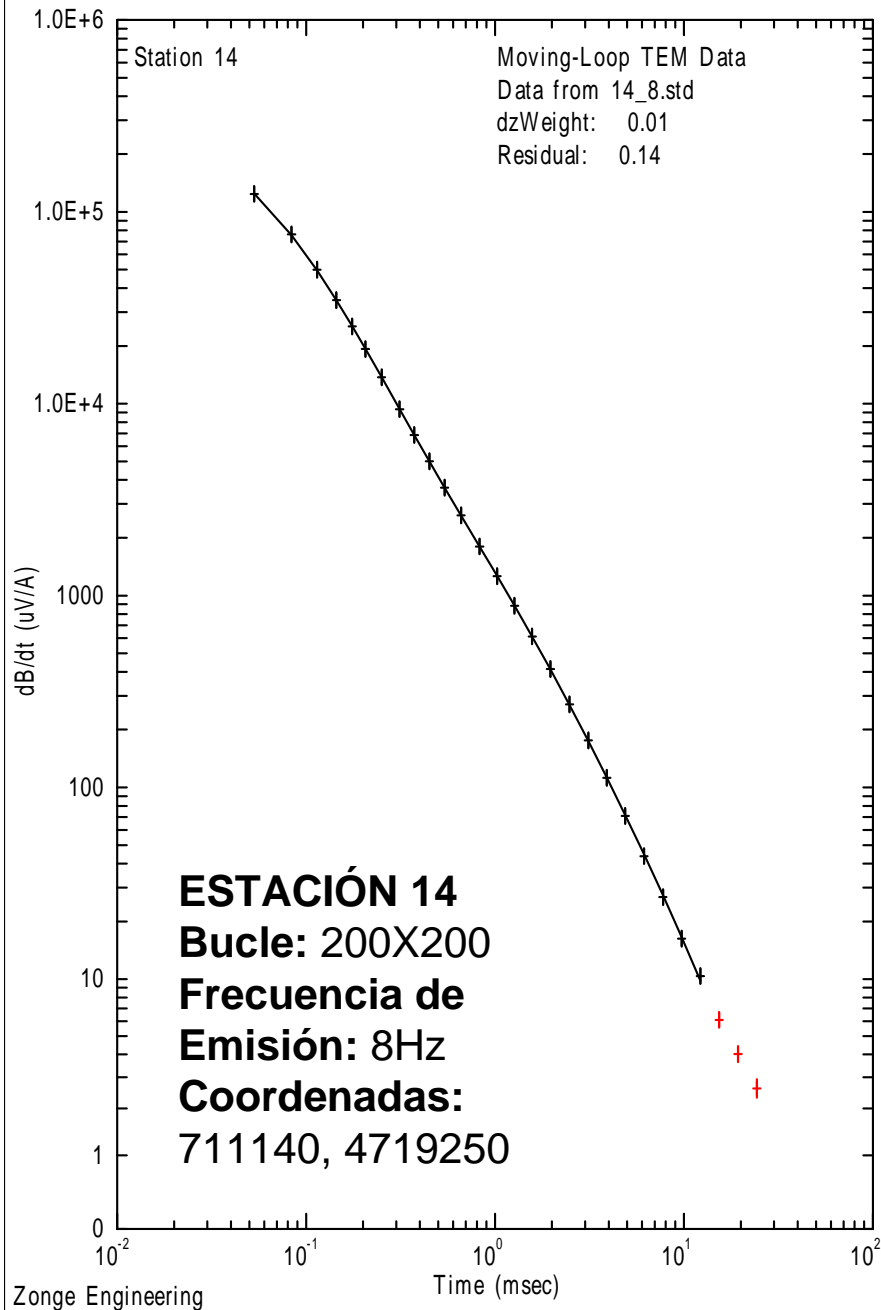


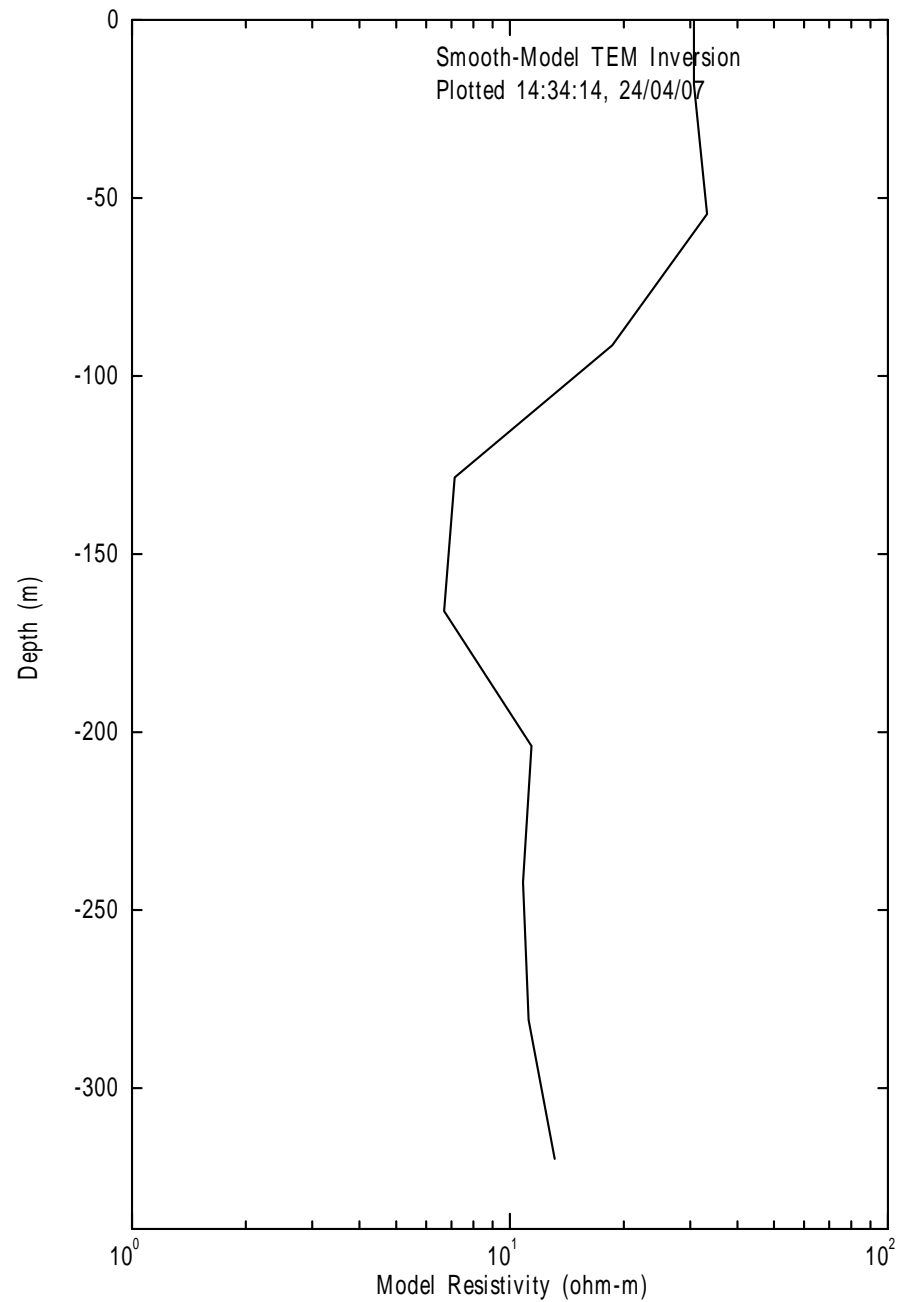
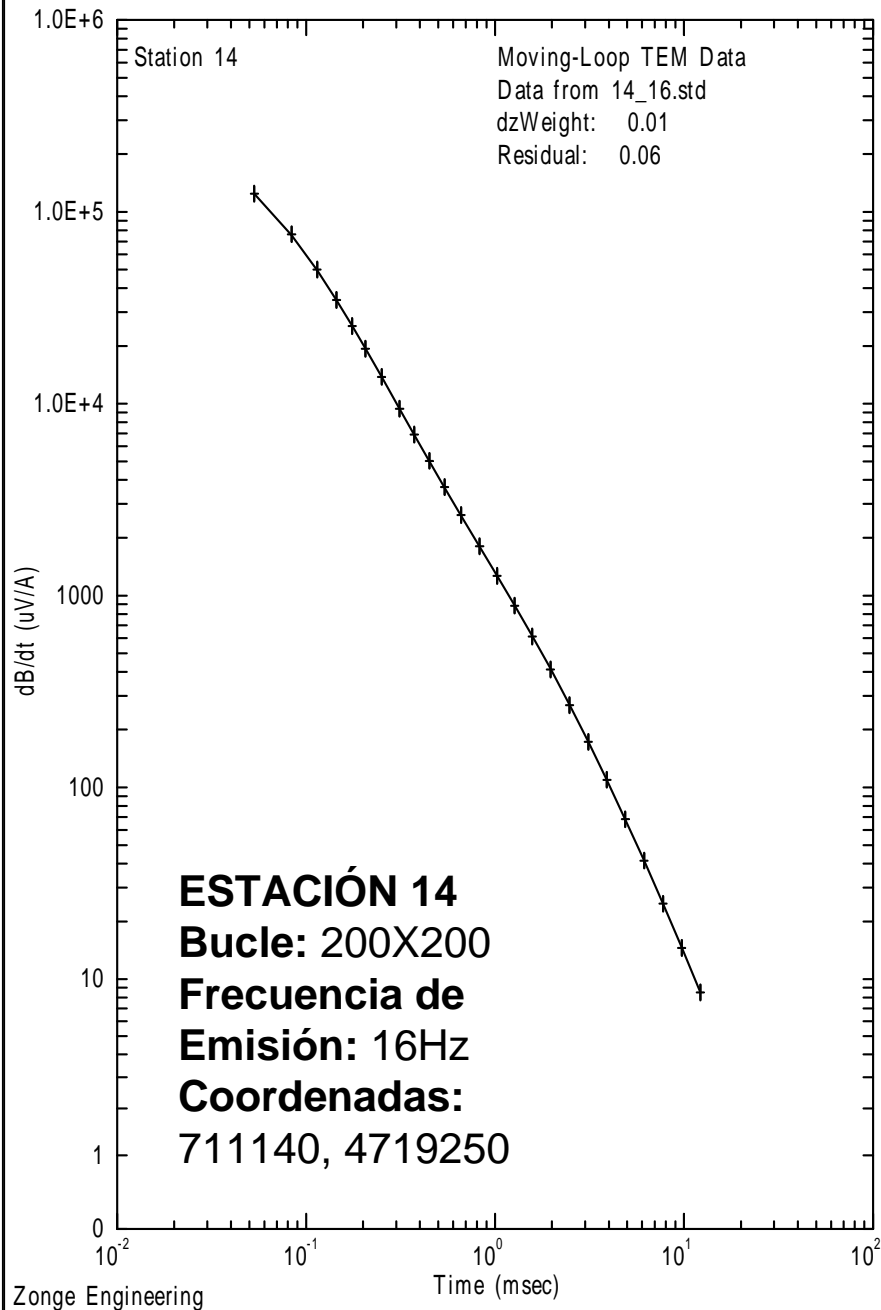














## **APÉNDICE E: Reportaje fotográfico**

## EQUIPO EN EL CAMPO



## ESTACIÓN 1



ESTUDIO:

**ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS  
ELECTROMAGNETICOS EN BEMBIBRE (LEÓN).**

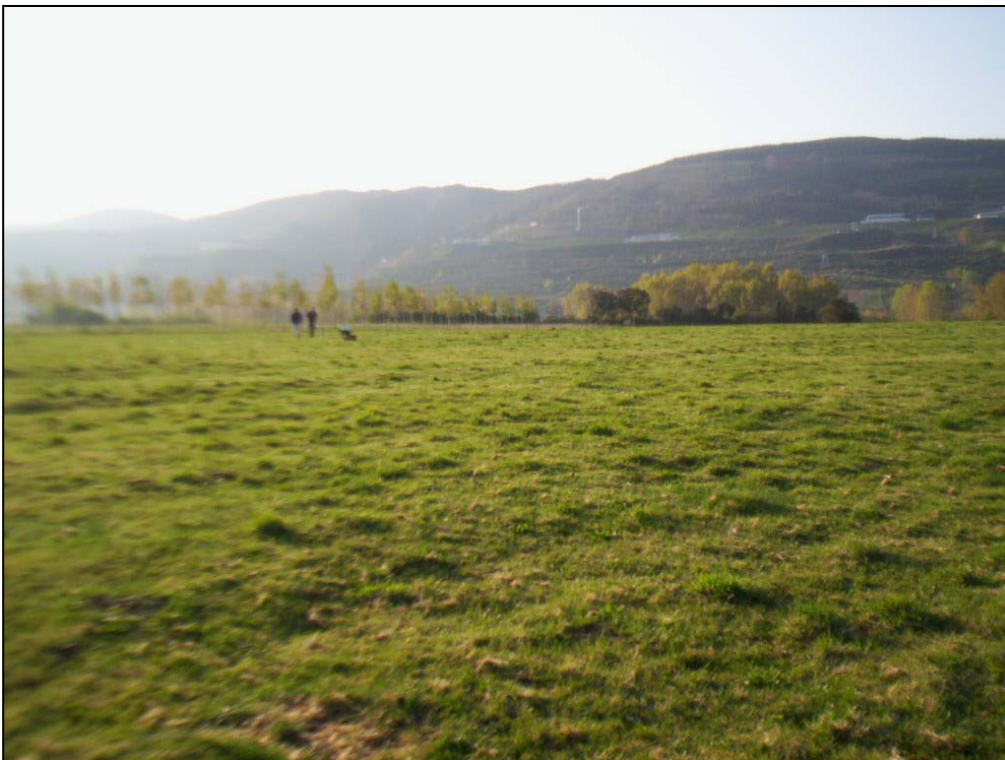
FECHA:

**ABRIL 2007**

## ESTACIÓN 2



## ESTACIÓN 4



ESTUDIO:

**ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS  
ELECTROMAGNETICOS EN BEMBIBRE (LEÓN).**

FECHA:

**ABRIL 2007**

## ESTACIÓN 16



## TRANSMISOR EN ESTACIÓN 3



ESTUDIO:

**ESTUDIO MEDIANTE SONDEOS  
ELECTROMAGNETICOS EN BEMBIBRE (LEÓN).**

FECHA:

**ABRIL 2007**