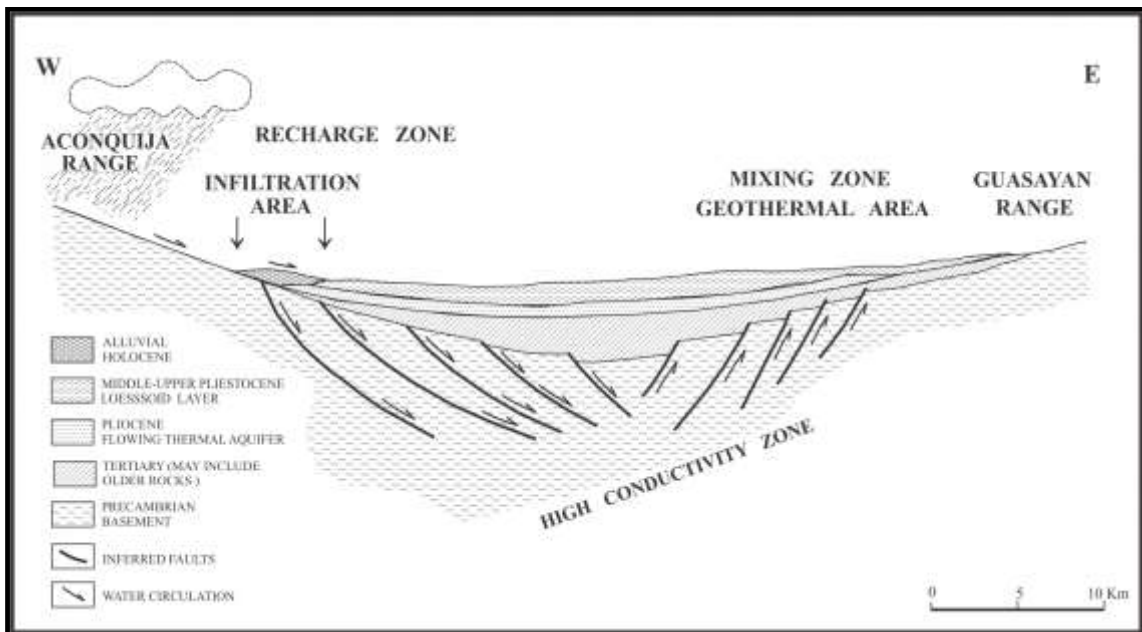


PROYECTO GEOTERMICO CUENCA V. ALBERDI – V. RIO HONDO

Prospección Geofísica AMT/MT de detalle Primera Etapa



Septiembre 2017

RELEVAMIENTO GEOFISICO DEL SECTOR SUD ESTE DEL DISTRITO GEOTERMAL CUENCA RIO SALI – DULCE

PROVINCIA DE TUCUMAN Y SANTIAGO DEL ESTERO

PRIMERA ETAPA

RESUMEN

A los efectos de continuar los estudios pertinentes al Acuerdo Marco de Cooperación y Asistencia Técnica entre la Provincia de Santiago del Estero, la Universidad Nacional de Santiago del Estero y el SEGEMAR, se lleva a cabo un plan de trabajo ajustado a normas internacionales Best Practices avaladas por la International Geothermal Association. Para ello se está cumpliendo un programa de prospección geofísica por el método AMT (Audio Magneto Telúrico) y Magneto Telúrico (MT) con registros del campo magnético y eléctrico natural en 21 (veinte y una) estaciones de medición como acto de una primera etapa de investigación profunda.

Sobre un área predeterminada del sector Sud Este del Distrito Geotermal, comprendida entre las localidades de la Lamadrid (Tucumán), Taco Ralo (Tucumán) y Arboles Grandes (Santiago del estero) en la frontera con la provincia de Tucumán, se ha enfocado una exploración geofísica de detalle con el objeto de identificar la yacencia de unidades de importancia hidrogeológica del mencionado campo geotermal.

Se han observado anomalías geoelectricas asociadas a rasgos estructurales, sean fallas como fracturas, que podrían acercar la hipótesis de constituirse en ámbitos de trampa estructural del reservorio termal, como así también por sí mismo vías de surgencia de los acuíferos profundos termales.

Las transectas de ubicación de las estaciones de medición fueron planificadas de manera tal de obtener información de detalle de la cuenca y en consideración de la información geológica de base que se dispone de esta área de interés que es de unos 500 km².

INTRODUCCION

Entre los días 5 a 18 de julio del corriente año se dio comienzo al desarrollo de una primera etapa del mencionado relevamiento geofísico de detalle.

A los efectos de parametrizar los resultados y asignar así un significado hidrogeológico a las anomalías que se detecten, se han ubicado algunas estaciones de medición AMT/MT cercanas a pozos con conocimiento registrado de la columna estratigráfica y posición de los acuíferos captados.

El estudio también conllevó definir ciertos aspectos estructurales que afectan tanto el basamento de la cuenca como de su cubierta sedimentaria, definiendo además la geomorfología profunda de la cubeta geotermal. Y con respecto al escenario regional, se estableció como las razones de existencia de una sub cuenca artesiana surgente termal el posible ascenso calórico mantélico que ha sido sustentado por estudios magnetotelúricos profundos (hasta 20 km) anteriores y ubicados abarcando una escala regional.

Bajo la conducción del SEGEMAR ha participado una comisión de profesionales geofísicos pertenecientes al Instituto Nacional de Geología Isotópica (INGEIS-CONICET) en las personas de la Dra. Cristina Pomposiello como directora científica de la misión, la Lic. Liliana Guevara como operadora del equipo de adquisición de datos y la participación de ayudantes de campo especializados, provistos tanto por el INGEIS como por la Delegación SEGEMAR de La Rioja.

El montaje de los arreglos de sensores magnéticos y dipolos eléctricos de medición ha exigido seleccionar sitios alejados de tendidos eléctricos, gasoductos, redes ferroviarias y carreteras con alto tránsito.

Se deja constancia que se han repetido mediciones consecuencia de perturbaciones electromagnéticas solares constatadas por los reportes diarios del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) del U.S. Department of Commerce, específicamente en los días 14 y 15 de julio.

BREVE RESEÑA GEOLOGICA

Entre el sistema serrano del Aconquija y la Sierra de Guasayán se extiende la llanura de Tucumán, que constituye una depresión estructural con una significativa acumulación de sedimentos neógenos y cuaternarios.

Desde el punto de vista estructural de control hidrológico e hidrogeológico profundo se considera a las Sierras de Aconquija como sector occidental de recarga de la cuenca orientando el sentido de escurrimiento de las aguas meteóricas hacia el oriente. Asimismo la dorsal sepultada conocida como Alto de la Mujer Muerta y el fallamiento terciario contiguo con rumbos NE-SO, actúan como elementos de contención de la migración de los acuíferos resultantes. En carácter de sub cuenca se presenta al Este la depresión de Río Hondo (pcia. de Santiago del Estero) donde se vaticina un fallamiento profundo que actuaría como medio de fluencia del sistema geotermal con las conocidas expresiones de las Termas de Río Hondo. El límite Oriental del sistema de cuenca artesiana lo representa la Sierra de Guasayán.

El escenario litoestratigráfico de interés contenido en esta cuenca y que es razón de definición de yacencia de los acuíferos a percibir mediante los estudios geofísicos se resume en:

Un basamento de cuenca dislocado en bloques por fallas normales está constituido por metamorfitas ígneas con filitas cuarzosas bandeadas, migmatitas, micacitas y gneiss (Hoja Geológica 2766-IV, Concepción, SEGEMAR, 2003.)

Apoyadas en discordancia se presentan sedimentitas del Mioceno Superior representadas por la Fm. Guasayán con secuencias de arcilitas verdes yesíferas, en parte amarillentas y castaño rojizas, que incluyen nódulos y niveles de yeso como evidencia de su origen por ingresión marina.

Suprayacentes también en discordancia, se manifiesta el Plioceno medio en la Fm. Las Cañas conformada por conglomerados, limonitas arcillosas y cineritas volcánicas.

La cubierta cuaternaria se presenta como Fm. Concepción del Plioceno integrada por conglomerados, areniscas y limolitas.

La distribución de acuíferos es casi omnipresente ya que hay evidencias de niveles en el mioceno con alta salinidad, el plioceno caracterizado por su conocido acuífero termal surgente, un pleistoceno con una unidad de buen caudal y acuíferos someros pertenecientes al holoceno generalmente no potables.

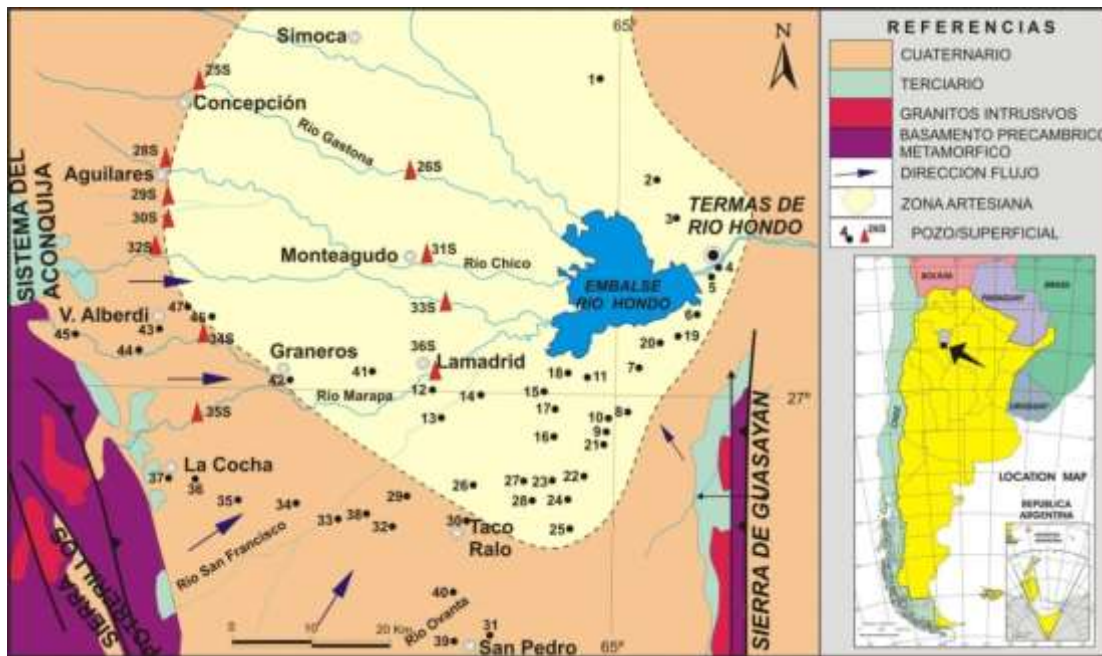


Fig. 1: Mapa geológico esquemático.

INSTRUMENTAL

Se empleó un equipo MT (Magneto Telúrico) portátil marca Geometrics modelo Stratagem EH4-II que permitió prospectar el subsuelo desde unos pocos metros hasta profundidades del orden del kilómetro.

Este equipo mide la señal natural, pero también cuenta con una antena emisora para obtener señales continuas del subsuelo, mejorando así la medición de datos en la banda de alta frecuencia (datos más superficiales). Esta antena es generalmente usada cuando existen niveles de ruido electromagnético que afectan la toma de datos en la zona de medición.

Este equipo está diseñado para medir la impedancia de la Tierra mediante la lectura simultánea de las fluctuaciones del campo eléctrico y magnético local. Estas mediciones son realizadas durante unos minutos, dependiendo de la cantidad de series de tiempos por banda y la banda de frecuencia observada.

El display del logger permite visualizar ubicación de puntos medidos, series de tiempo, curvas de campo magnético y eléctrico vs frecuencia en ambos ejes, con su amplitud, coherencia, fase y barras de error. También puede visualizarse la inversión 1D y 2D, ubicación de la antena, etc.

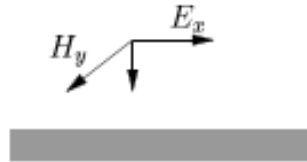
El equipo viene configurado para captar datos en el rango de frecuencia de 10kHz a 11.7 Hz, que es el rango que captan sus sensores de fábrica. No obstante se han realizado lecturas en el rango de 1 kHz a 0.1 Hz, aplicando sensores de mayor período con barras de campo Hx y Hy de mayor tamaño y arreglos de dipolos especiales impolarizables como se ilustran en las fotos a continuación.

DESCRIPCION DEL METODO

El método MT estudia la difusión en el interior de la Tierra de las ondas electromagnéticas naturales de baja frecuencia para encontrar un modelo de la resistividad eléctrica del subsuelo en profundidad.

Las fuentes naturales son los campos electromagnéticos principalmente originados en la ionosfera y magnetosfera. Solamente para las frecuencias más altas, hay un efecto atmosférico relacionado con las tormentas eléctricas. La mayor parte de la energía es reflejada en la superficie y una pequeña porción se propaga en el interior de la Tierra. En este método, la radiación incidente en la superficie puede ser considerada como onda plana.

Los campos electromagnéticos que se generan en respuesta a las ondas primarias incidentes proveen información indirecta de las propiedades eléctricas de la Tierra a profundidades desde decenas de metros hasta cientos de kilómetros, dependiendo drásticamente de la conductividad del suelo y del rango de periodos (o frecuencias) en el que se registra la señal. Distintas consideraciones pueden ser asumidas para evaluar la respuesta del subsuelo, la aproximación más simple que podemos analizar para entender las limitaciones del método, es la interacción de estos campos naturales con una Tierra perfectamente homogénea. La base de este método es esencialmente la observación de cómo se propaga una onda plana en un medio de conductividad (σ) uniforme. Para este caso la ecuación de propagación es obtenida de las ecuaciones de Maxwell:



$$\nabla_x \bar{E} = i\omega\mu_0 \bar{H} \quad y$$

$$\nabla^2 \bar{E} + i\omega\mu_0 \bar{E} = 0$$

Donde no aparece el término de la corriente de desplazamiento porque se desprecia debido a que se satisface que $\omega^2 \ll \omega\sigma$, la solución para este caso es

$$E_x = Ae^{-ikz}$$

Siendo E_x es la componente del campo eléctrico en la dirección x

$$H_y = A \frac{k}{\omega\mu} e^{-ikz}$$

y H_y la componente del campo magnético en la dirección y

x y y son direcciones horizontales perpendiculares entre sí (indistinguibles para este caso) y

$$k = (-i\omega\mu\sigma)^{\frac{1}{2}} = \frac{1-i}{\delta}$$

La velocidad de fase está dada por:

$$V = \omega\delta \quad \text{con} \quad \delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

Donde ω es la frecuencia en Hz, ϵ es la constante dieléctrica en F/m, σ es la conductividad en S/m, μ es la permeabilidad magnética en H/m y δ es la longitud de penetración de la onda en metros que disminuye al aumentar la conductividad del medio y la frecuencia de la onda incidente.

Dado que los campos medidos en superficie contienen la contribución del campo incidente y aprovechando la simplificación que brinda la hipótesis de onda plana, se define la impedancia Z que (o tensor de impedancia magnetoteléurico), bajo estas hipótesis, depende estrictamente de las características del subsuelo.

Para evitar la dependencia con la amplitud del campo incidente se define la impedancia como el tensor que resulta del cociente entre los campos eléctrico y magnético de forma tal que

$$Z_{xy} = \frac{E_x}{H_y} = (1-i)\sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}} \quad y \quad Z_{yx} = \frac{E_y}{H_x} = (1-i)\sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}} \quad (1)$$

Siendo $Z_{xy} = Z_{yx}$ para el caso homogéneo. Equivalentemente se define la resistividad aparente como

$$\rho_{xy} = \frac{Z_{xy} Z_{xy}^*}{\mu\omega} \quad y \quad \rho_{yx} = \frac{Z_{yx} Z_{yx}^*}{\mu\omega} \quad (2)$$

Donde el * indica que se ha tomado el complejo conjugado y en el caso homogéneo es simplemente una constante $\rho = 1/\sigma$

Es una práctica usual referirse a resistividad aparente (ρ) y fase (ϕ) en lugar de la impedancia. La fase de la impedancia es la diferencia de fase entre el campo eléctrico (E) y el campo magnético (H). Se utilizan ρ_{xy} y ρ_{yx} , para dos ejes horizontales perpendiculares (x, y), en la práctica se realiza orientando los sensores de E y H en las direcciones geomagnéticas NS y EO. Si el subsuelo se interpretaría como un conjunto de capas horizontales de diferente conductividad y espesor se tendrá una interpretación 1D de tal manera que la resistividad aparente y fase variarán con la frecuencia de acuerdo a los valores de resistividad y espesor de las sucesivas capas. La componente vertical del campo magnético es cero y la capacidad de inferir las propiedades de cada capa, más allá de la no unicidad de los modelos, es muy dependiente de los contrastes de conductividad y del espesor de las mismas.

Cuando existe variación lateral de la resistividad y una dirección de simetría de la estructura, el subsuelo se considerará 2D y el tensor de impedancia se rota de manera tal que una componente de E sea paralela a esta dirección y otra perpendicular (modo TE, transversal eléctrico y TM, transversal magnético) respectivamente.

Cuando la prospección requiere obtener detalles superficiales y variaciones laterales y en profundidad, se hace necesario describir el subsuelo como 3D, el tensor de impedancia se puede rotar en dirección de strike y otra perpendicular para poder comparar los resultados.

PROFUNDIDAD DE INVESTIGACION

La profundidad de investigación alcanzada dependió de la resistividad eléctrica y período de la señal.

La profundidad de penetración ("Skin depth") (es una profundidad correspondiente a un medio homogéneo de un valor promedio de resistividad) da una estimación aproximada de la profundidad promedio alcanzable. Se expresa en función de la resistividad (ρ) y el periodo (T) a través de la relación:

$$\delta = 500\sqrt{\rho.T}$$

Significa que los tiempos de registro deben ser adecuados para que la estadística sea razonable en función al error de los mismos. Además si se necesita investigar a profundidades grandes deberá contemplarse la resistividad característica de la zona.

Si bien la profundidad de penetración se utiliza para estimar una penetración promedio de la señal, hay que tener en cuenta que δ brinda una estimación de la máxima (teóricamente posible) penetración de la señal, o sea la señal penetrará menos en un subsuelo real. De todos modos, este límite máximo es muy útil para planificar las mediciones necesarias para alcanzar una dada profundidad, eligiendo adecuadamente periodos más largos y mayor tiempo de medición por sitio.



Foto 1: Logger de medición Stratagem con batería de alimentación de 12 volts.

Arreglo de medición en campo AMT (Audio Magneto Telúrico):

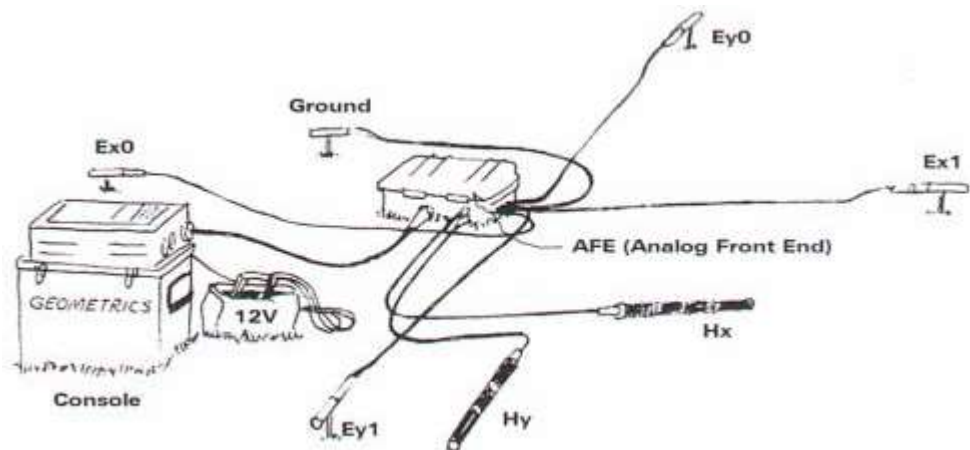


Fig. 7: Arreglo de medición para el sistema AMT (Audio Magneto Telúrico).

Arreglo de medición para mediciones de baja frecuencia MT:



Foto 2: Nodo de conexión de los 2 sensores magnéticos (barras Hx y Hy) con orientación N-S y E-W, y los 4 dipolos (Ex e Ey) con orientación N-S y E-W.



Foto 3: Imagen de un electrodo impolarizable correspondiente al arreglo de registros para bajas frecuencias MT.



Foto 4: Imagen de la barras de lectura del campo magnético de bajas frecuencias. La barra izquierda está señalizada para ubicarse en sentido E-W y la barra de la derecha para una ubicación en sentido N-S.

TRABAJO DE CAMPO

CALIBRACION DE LOS EQUIPOS

Los equipos requieren de ciertos cuidados de calibración. Los sensores tienen una curva de calibración que realiza el fabricante. En general, en estos sensores, que son de muy buena calidad, tienen muy pequeñas diferencias entre las distintas calibraciones, de todas formas las calibraciones son individuales.

Antes de la campaña en el receptor Stratagem se utilizó un generador de señales para producir señales conocidas (sinusoidales, cuadradas, etc.) para revisar así las mediciones de los canales pudiéndose comparar con señales observadas en un osciloscopio y se revisaron las amplificaciones.

En el campo se colocan los sensores magnéticos paralelos entre sí a una distancia de 4 o 5 metros y se observa si los registros son aproximadamente iguales en las 3 bandas de registro HF y 2 LF.

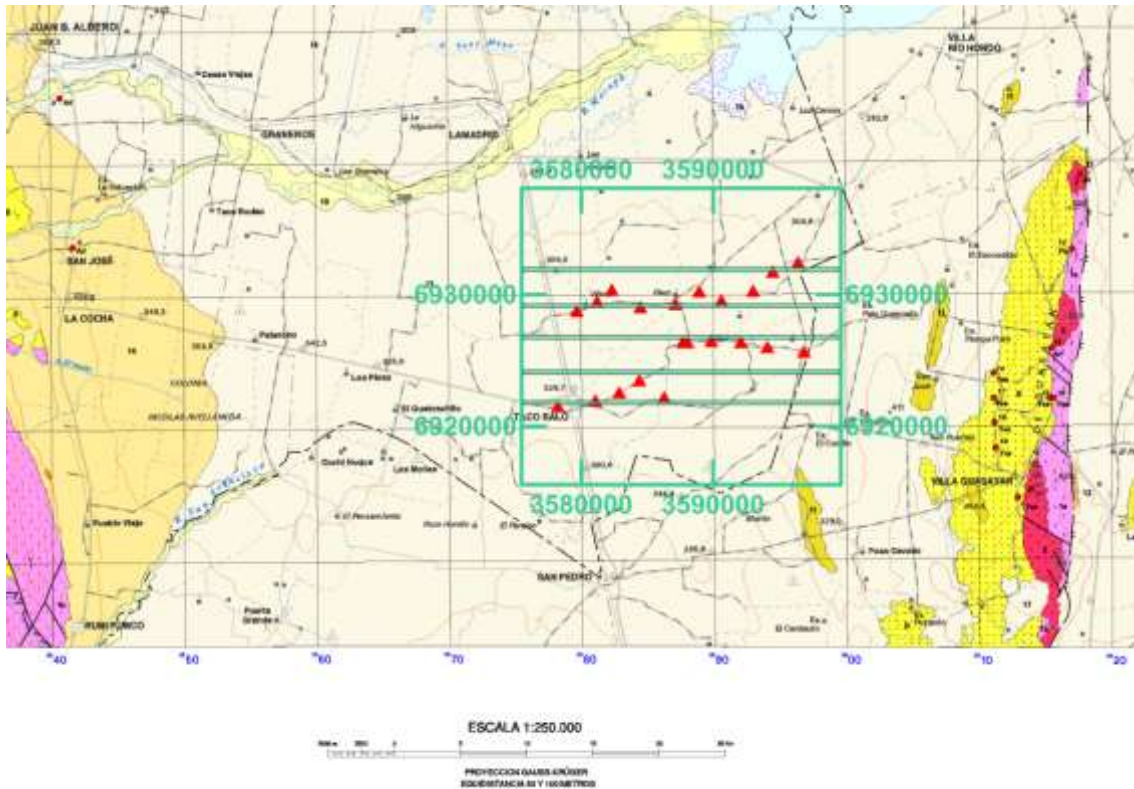


Fig. 8. Ubicación de los sitios de muestreo

CARACTERISTICAS DE REGISTRO

Se midieron 21 (veinte y una) estaciones en las siguientes bandas de frecuencia:

- Alta frecuencia: 2 bandas de 10 Hz a 1000 Hz y 750 Hz a 92.000 Hz, bajo el método y arreglo AMT.
- Bajas frecuencias: 2 bandas de 50 Hz a 1000 Hz y 0.10 Hz a 100 Hz, bajo el método y arreglo MT.
- Para cada estación se hicieron dos (2) series de registro por banda, siendo el promedio de ocho (8) mediciones.

En cada estación se registró 2 series de datos por banda, siendo el promedio de 8 mediciones.

El tiempo de colección por banda fue de aproximadamente 10 minutos.

Se repitieron aquellos registros que presentaban ruido para asegurar la calidad de los datos.

El software que se aplicó es el IMAGEN, desarrollado por Geometrics de Silicon Valley, San José, California, USA., que procesa series de tiempo, aplica FFT, obtiene inversión, como también puede configurar las mediciones de campo, filtros de tensión urbana, ganancias, límites de coherencias, intervalos de resistividad, profundidad de investigación, intervalos de frecuencias, etc.

Sector de interés - Grilla cada 5000 m

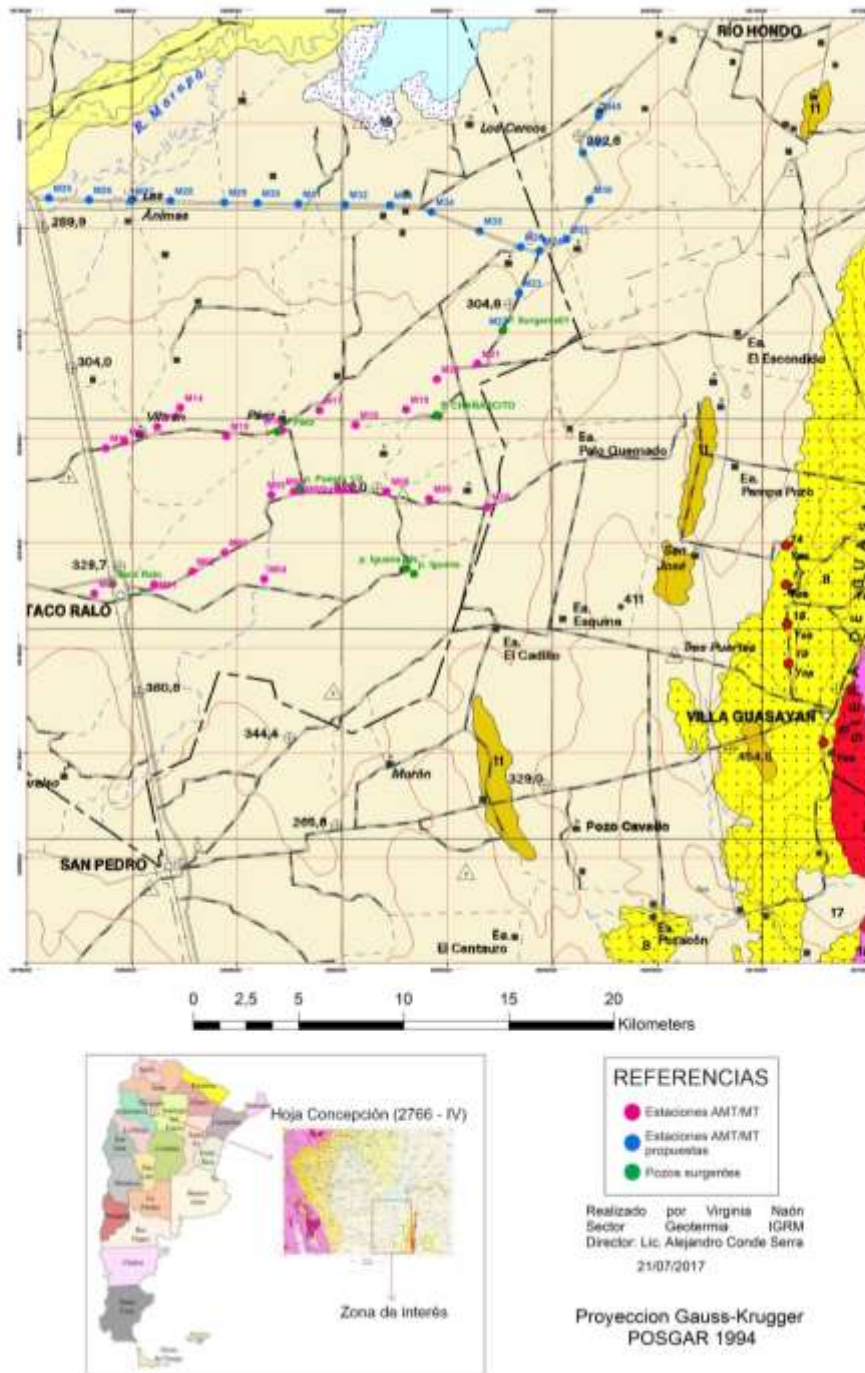


Fig. 9: Plano con las estaciones MT

PROCESAMIENTO

La inversión de datos, selección de los registros y curvas x fue una tarea desempeñada en gabinete por la Dra. Alicia Favetto con participación de la Dra. Cristina Pomposiello y la Lic. Liliana Guevara, todo ello aplicando las siguientes metodologías mediante software específicos.

Durante las labores de campo y en gabinete, se utilizaron los siguientes softwares.

En las estaciones de lectura AMT/MT:

Xacq19 para programar la adquisición de datos. Este programa permitió el registro de los datos temporales de los campos eléctricos y magnéticos para los distintos intervalos de muestreo. Permitted a su vez ver los registros on line.

Mmt .exe de EMI Instruments Inc.

Se utilizó para bajar los datos organizados en un compilado para cada perfil. Permitted corregir errores en el encabezamiento y agregar especificaciones. Armó los datos en archivos separados y con formato binario.

Acq24 de EMI Instruments Inc. Permitted ver los canales con las mediciones de las series temporales y hacer un procesado para obtener la resistividad aparente y fase en función de la frecuencia.

IMAGEM de Geometrics

Se empleó para adquirir datos y para procesar in situ. Permitted la selección de datos durante el proceso de adquisición. Además obtuvo las pseudo-secciones de distintas propiedades a medida que se compuso el perfil.

INVERSION

Además de los programas mencionados utilizando elementos de procesado filtrado y corrección de ruido, cálculo la coherencia para $(H_x$ y E_y) y $(H_y$ y $E_x)$ se usó el **software Winglink (Geosystem)** para editar, rotar y ver la consistencia entre Amplitud y Fase del Tensor de impedancia con los algoritmos D+ y Sutarno.

Todas las inversiones fueron realizadas por medio del código MODEM.

El procesamiento amerit el análisis de las Series Temporales de los campos $E(t)$ y $H(t)$ y determinación del Tensor de impedancia , Z (T).

El resultado de todos los métodos de procesamiento contuvieron las componentes de Fourier del registro. Se consideraron los siguientes puntos:

- Primeramente el editado de la serie temporal, remover los segmentos contaminados por el ruido. Muchos problemas son ocasionados por determinado tipo de ruido que es fácil de detectar a simple vista. Por lo tanto se puede limpiar la serie de estas zonas donde se sospecha contaminación.

- En segundo lugar el "stacking", donde el espectro de potencia para segmentos de datos independientes son en general obtenidos con FFT (Algoritmo de Transformadas de Fourier rápida) generalmente de 512-4096 puntos por muestra (N). Se obtienen $(N-1)/2$ frecuencias como máximo, la frecuencia mínima depende de la longitud de la serie elegida y la frecuencia máxima depende del intervalo de muestreo. Estos resultados son sumados o "stacked" para mejorar la relación señal-ruido. El espectro final fue esencialmente suavizado promediando con los vecinos con la función de Parzen, los espectros de potencia de cada segmento se almacenan. El espectro de potencia brindó la información del módulo de Z y por lo tanto la resistividad aparente

$$|Z|^2 = \frac{EE^*}{HH^*} \quad \text{y} \quad \rho_a = \frac{1}{\omega\mu} \left| \frac{E}{H} \right|^2$$

Se incluyó un análisis robusto con peso basado en los errores, y la introducción de una "función de perdida" la cual redujo el efecto de los puntos "outliers" (Egbert & Booker, 1986). El análisis robusto mejoró significativamente la determinación del tensor de impedancia en casi todos los casos.

Una vez procesadas las series temporales se determinó el tensor de impedancia. A partir de este tensor se calcularon las resistividades aparentes (ρ_{xy} y ρ_{yx}) y las fases (ϕ_{xy} y ϕ_{yx}), para dos ejes horizontales perpendiculares (x,y) orientando los sensores de H y los dipolos de E en las

direcciones geomagnéticas NS y EO. Se prueba la compatibilidad entre ellas (resistividad aparente y fase) lo cual permitió corregir errores derivados principalmente de la heterogeneidad superficial del subsuelo que no afecta la fase como el efecto estático (“*static shift*”) y otras distorsiones.

MODELADO 3D UTILIZANDO EL CODIGO ModEM

La inversión 3D de datos MT se realizó utilizando el código ModEM de Egbert y Kelbert 2012. El procedimiento de inversión se basó en gradientes de conjugado no lineales (NLCG) y el programa fue paralelizado (usando MPI) para trabajar en plataforma Linux. Este código permitió invertir el tensor de impedancia (Z_{ij}) El modelo inicial se construyó utilizando el software Grid3D proporcionado por Naser Meqbel (comunicación personal). Además, este software se utilizó para la visualización de datos y también para aplicar un método de interpolación para obtener los mismos periodos para todos los sitios.

Modelos 3D

El modelo inicial se construyó con una grilla que consta 52x72x59 celdas en dirección x, y, y z (incluyendo topografía). Se utilizó un sistema de coordenadas con los ejes x e y apuntando hacia el norte y el este geográficos, respectivamente. La resistividad inicial se adoptó 100 ohm-m. El tamaño de las celdas fue elegido de 800 m x 800 m en el área de interés (donde existen estaciones MT) y las celdas límites aumentaron con un factor de 1,2. El espesor de la capa superior fue de 15 m, y el espesor de cada capa posterior aumentó con un factor vertical de 1,2 desde una profundidad de 420 m hasta 5000m.

En este estudio se eligieron 35 períodos entre 0.001 a 2.51 segundos. Se invirtió la impedancia completa y las funciones de transferencia magnética vertical. Los error para las impedancias se fijaron 5% de $|Z_{xy} * Z_{yx}|^{1/2}$ Después de 107 iteraciones el ajuste medido por error cuadrático medio normalizado (NRMS) entre los datos medidos y los predichos por el modelo alcanzó un valor de 1,6.

RESULTADOS E INTERPRETACION

El modelo 3D obtenido permitió describir las características de la resistividad eléctrica de las distintas formaciones sedimentarias y del basamento cristalino. Se reconoce una primera capa conductora asociada a la unidad del Pleistoceno que contiene el acuífero superficial (niveles de agua freática). La resistividad varió entre 0.5 a 5 ohm-m y su espesor fue variable, alrededor de 150 metros.

Por debajo de esta unidad con acuífero se halló una capa más resistiva alrededor de 10 ohm-m y con un espesor variable de entre 350 m al este y 500 m oeste. Esta capa corresponde a la Formación Las Cañas del Plioceno que contiene el Complejo Termal Surgente.

Subyacente una unidad muy conductora con resistividades menores a 1 ohm-m y con un espesor variable que se profundiza hacia el oeste. Esta electrounidad corresponde a la Formación Guasayán del Mioceno.

Por debajo de esta secuencia electroestratigráfica y litológica es de esperar hallar un basamento cristalino con resistividades mayores a las determinadas en este modelo.

A continuación se presentan las figuras que describen estos resultados. Se presentan cortes verticales hasta 5000 y 2000 metros. En los dos perfiles del sur se han marcado zonas donde con signos de interrogación porque no se define bien la estructura y se piensa densificar esta zona con más estaciones en la Etapa II denominada Segunda Campaña Geofísica.

También se muestran un cubo con cortes verticales y corte diagonales para distinguir las distintas zonas con anomalías conductoras y resistivas.

Por últimos se presentan cortes horizontales entre la superficie y hasta 1100 m con el objetivo de ver las variaciones laterales a distintas profundidades. Esta información se correlaciona con la información de los pozos.

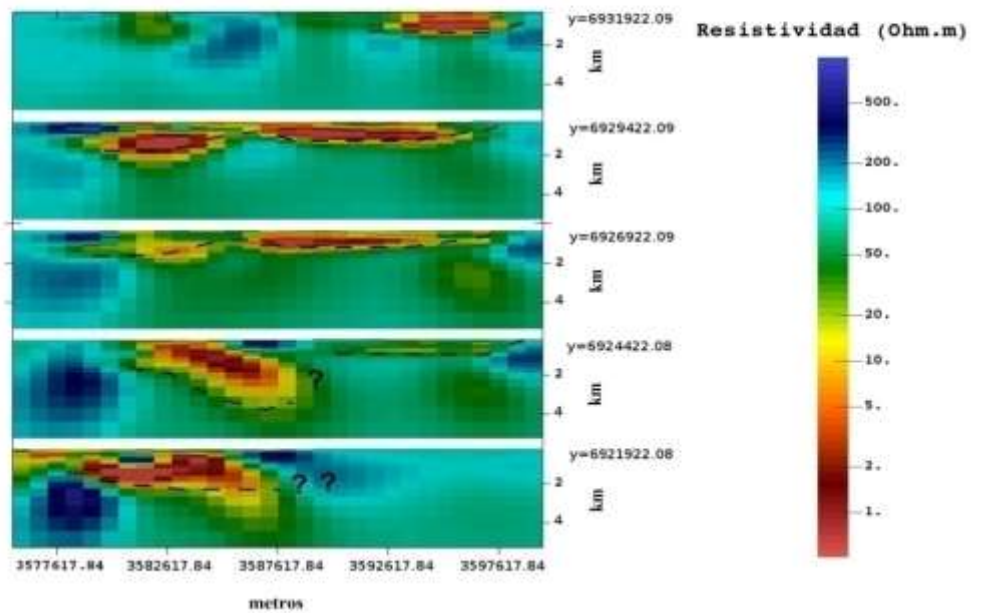
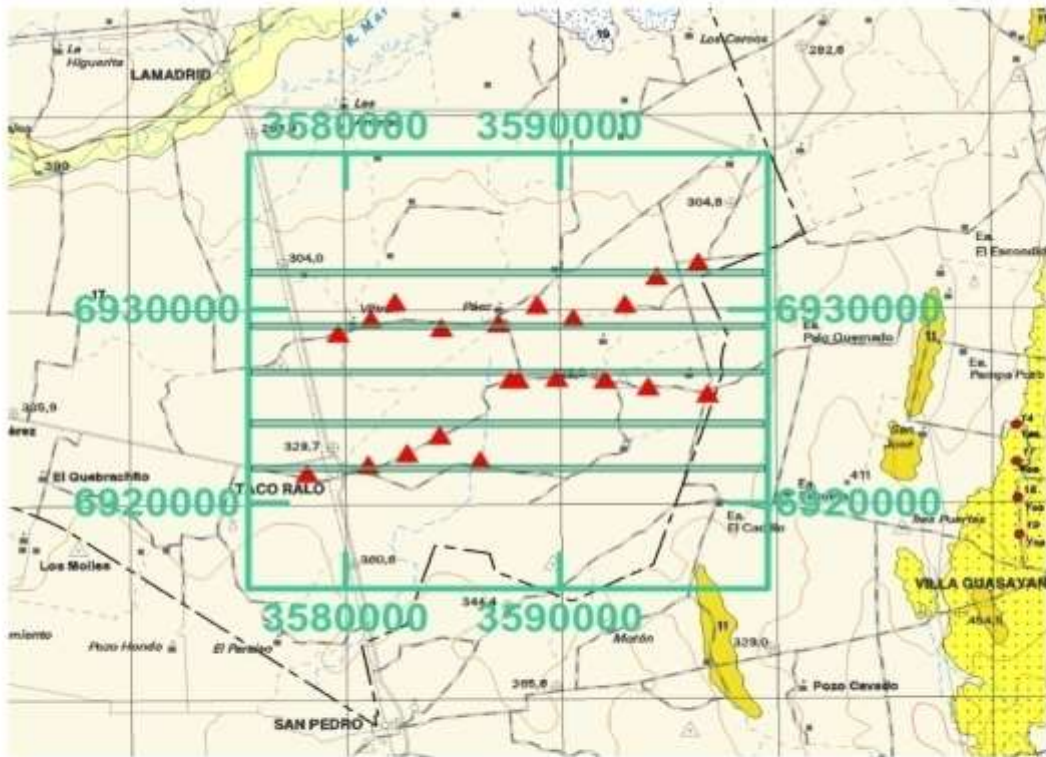


Fig.10.: Cross sections donde se evidencian sedimentos y por debajo el basamento. Todas las secciones ilustran hasta o los 5000 metros.

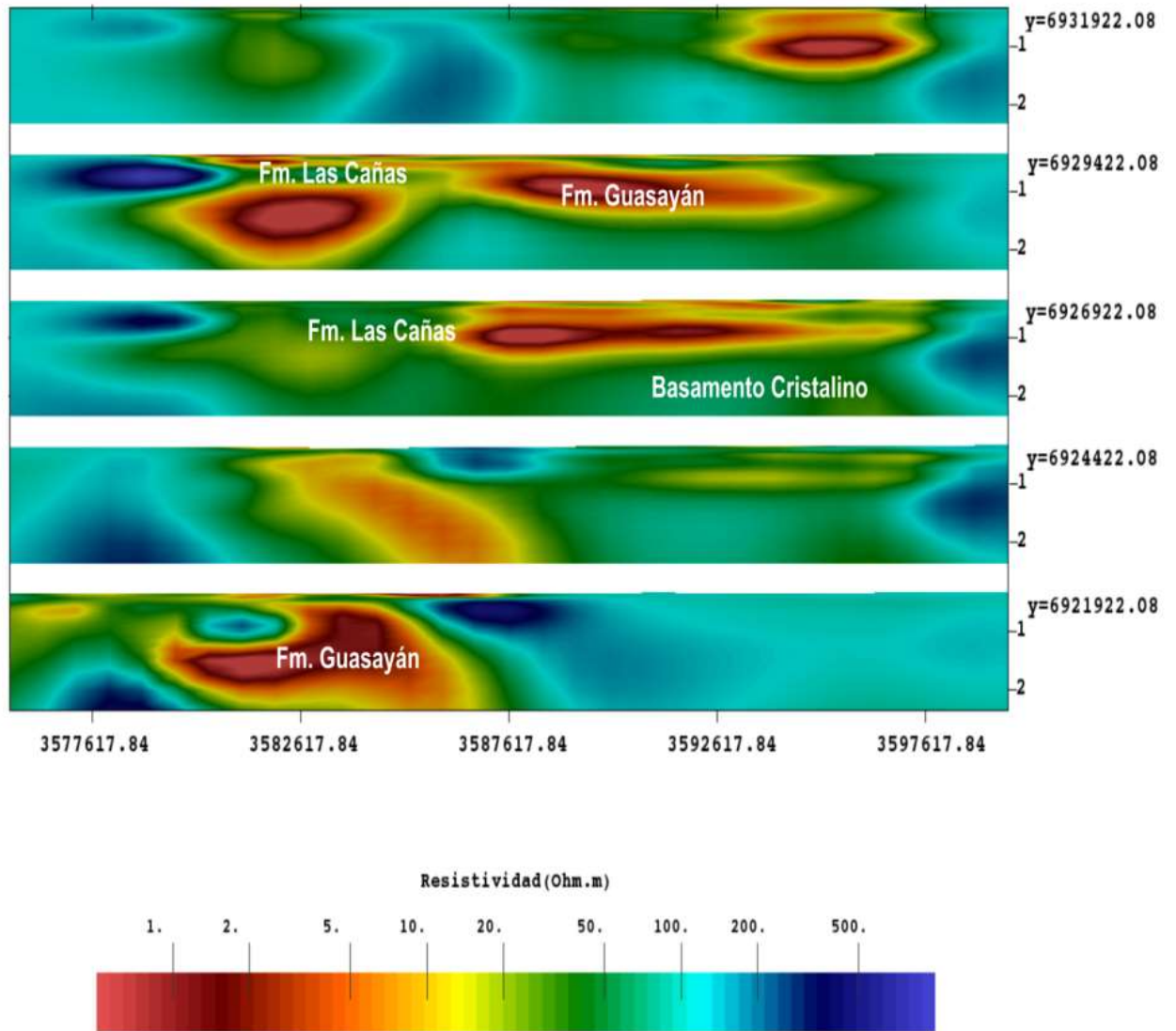
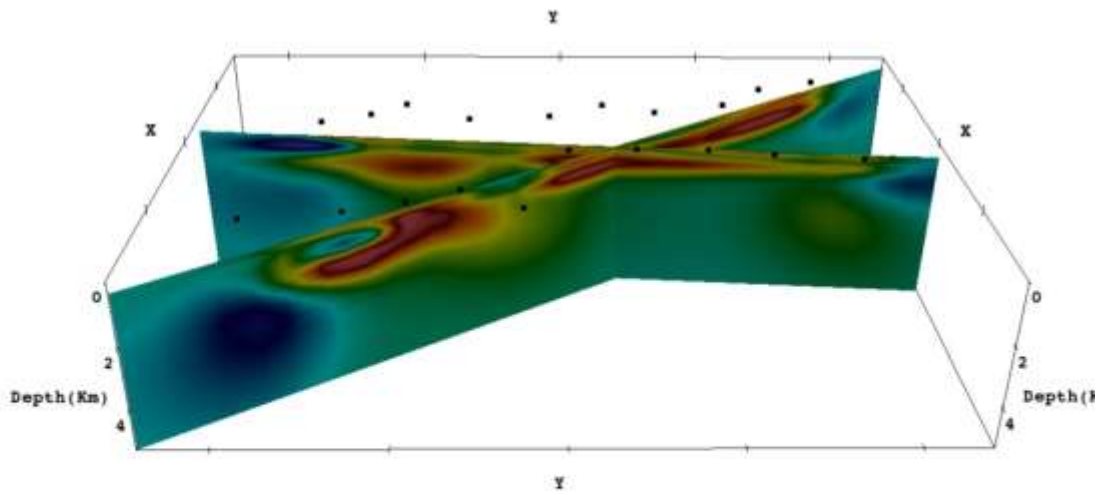
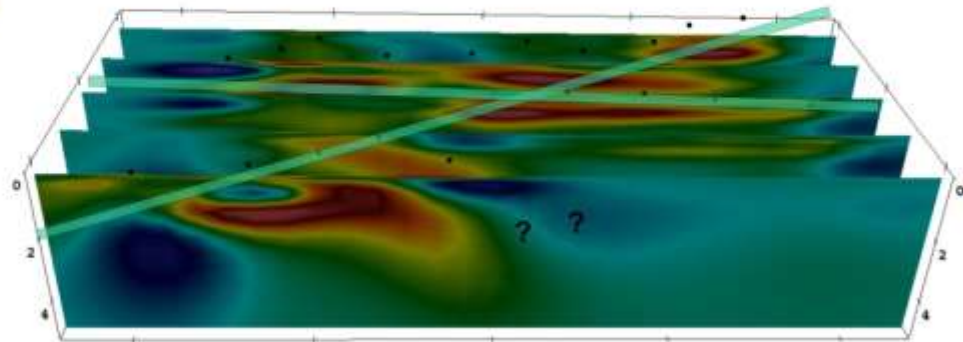
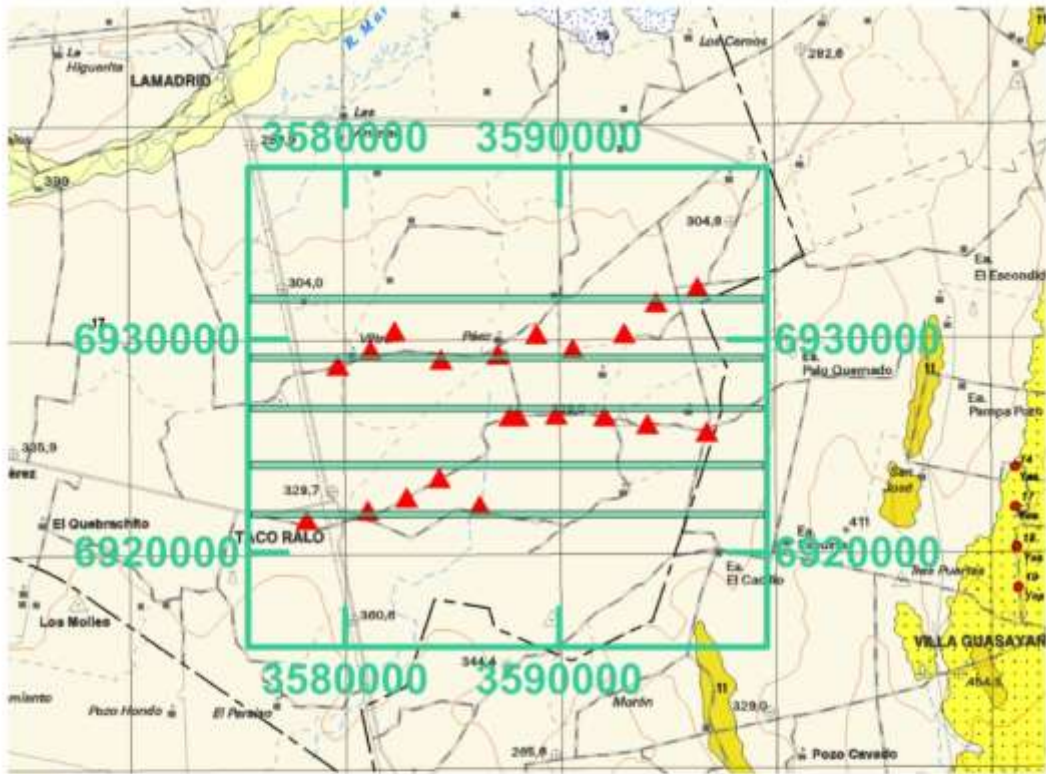


Fig. 11.: Cross sections hasta 2000 m para ver el detalle superficial

La Fig. 12, abajo y a continuación, ilustra block diagrams con secciones W-E Figura 8 y cross sections diagonales con lecturas hasta 5km proyectando las electronidades conductoras.



Resistividad (Ohm.m)

1. 2. 5. 10. 20. 50. 100. 200. 500.



PROYECCIONES A LA HORIZONTAL XY DE LAS ANOMALIAS GEOELECTRICAS EN LAYERS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE REGISTRO

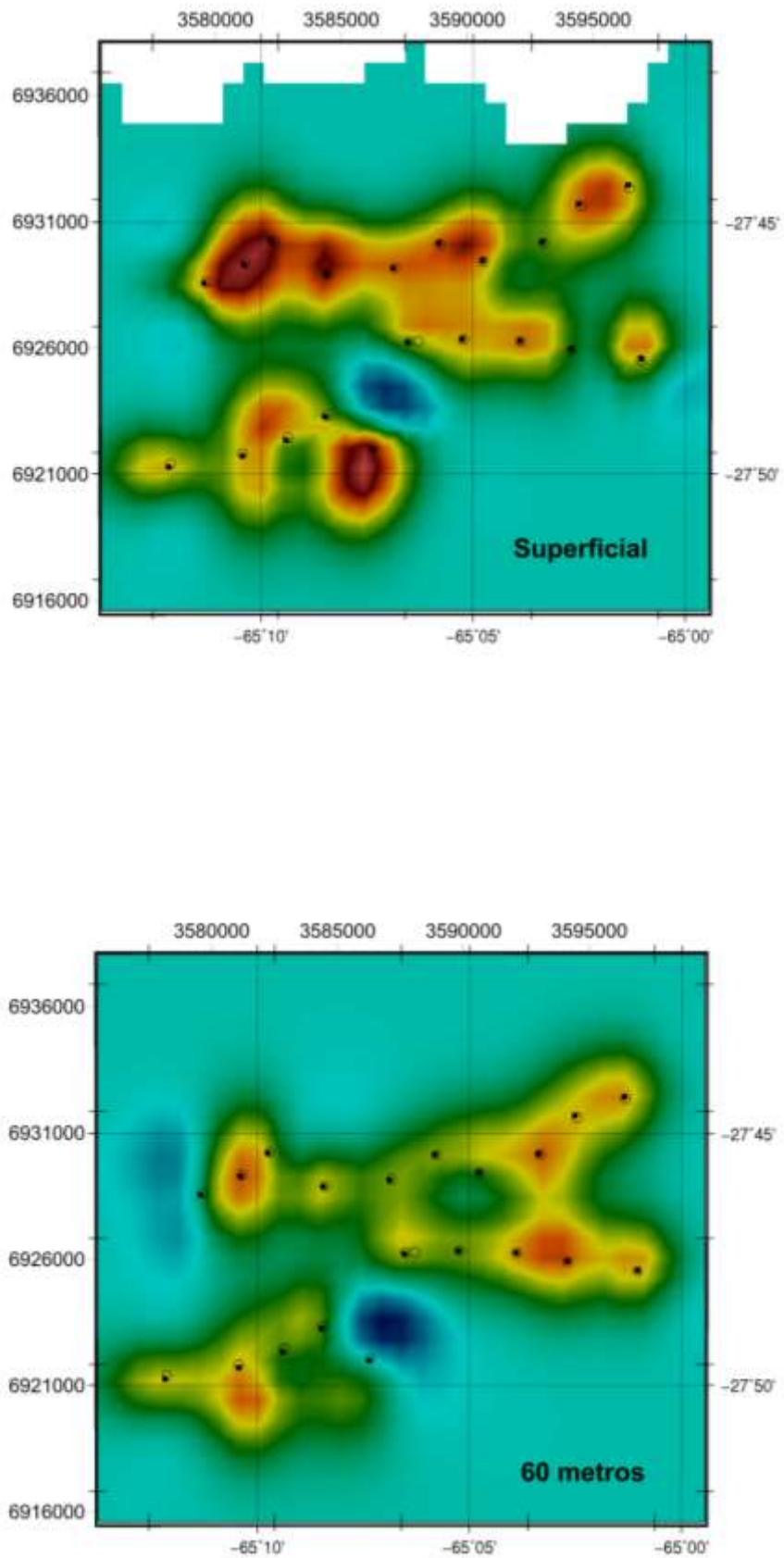


Fig. 13.: Obsérvese el lineamiento u orientación NE-SW probablemente asociado a un control estructural.

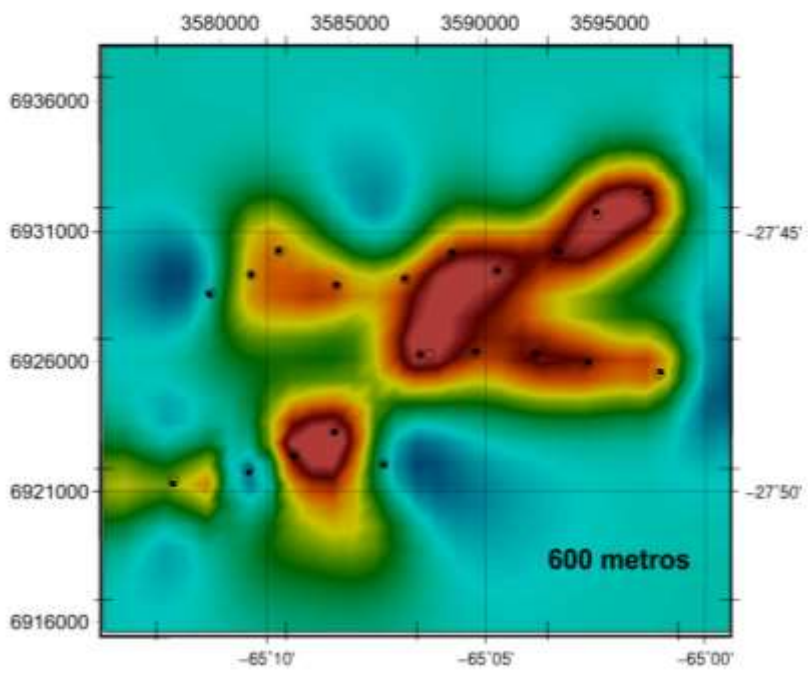
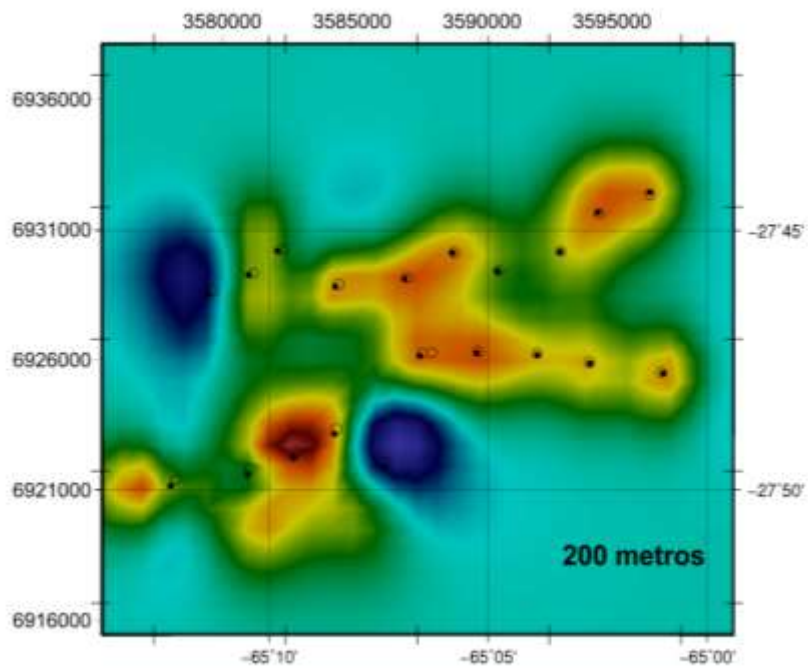


Fig. 14.: El lineamiento está acentuado sobre el conductivo que a esa profundidad se presupone responde a la unidad miocena.

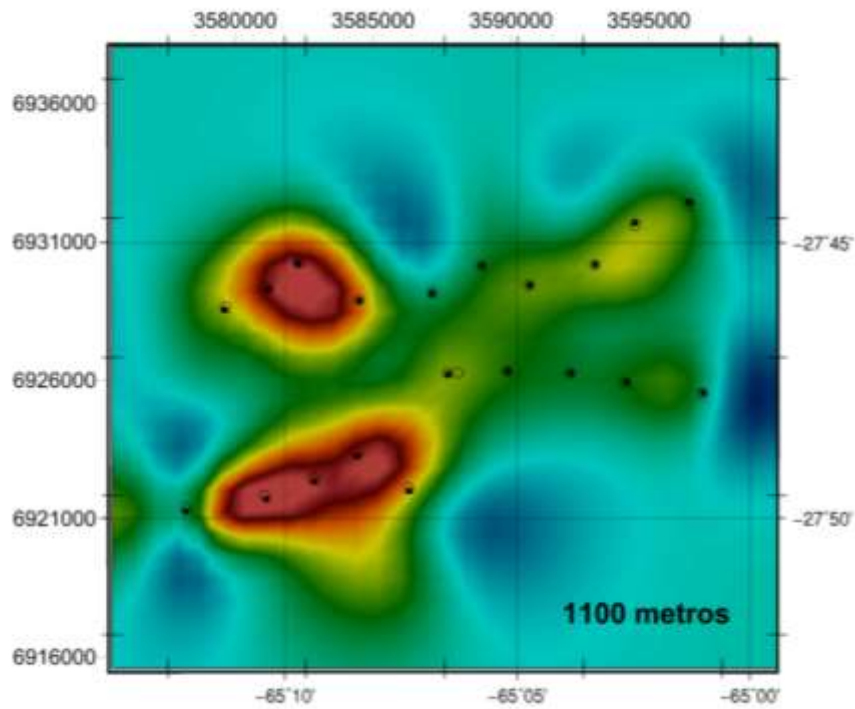


Fig. 15.: Hay un acotamiento de la unidad miocena presupuesta y aparentemente reflejada por esta anomalía conductiva.

Es importante resaltar que en el límite del basamento y el paquete sedimentario de la cuenca, se observa una variación en el valor de la resistividad eléctrica significativa. El método ha resuelto de una manera notable la unidad resistiva como basamento y el relleno de cuenca como alternancia de unidades conductoras. No obstante el valor del basamento es menos resistivo de lo que debe ser según otros modelos de prospección donde están en juego estas litologías de cuenca. Se justifica teóricamente este comentario en la Figura 16 (Egbert & Kelber,) Geophys. J. Int. (2012) 189, 251–267)

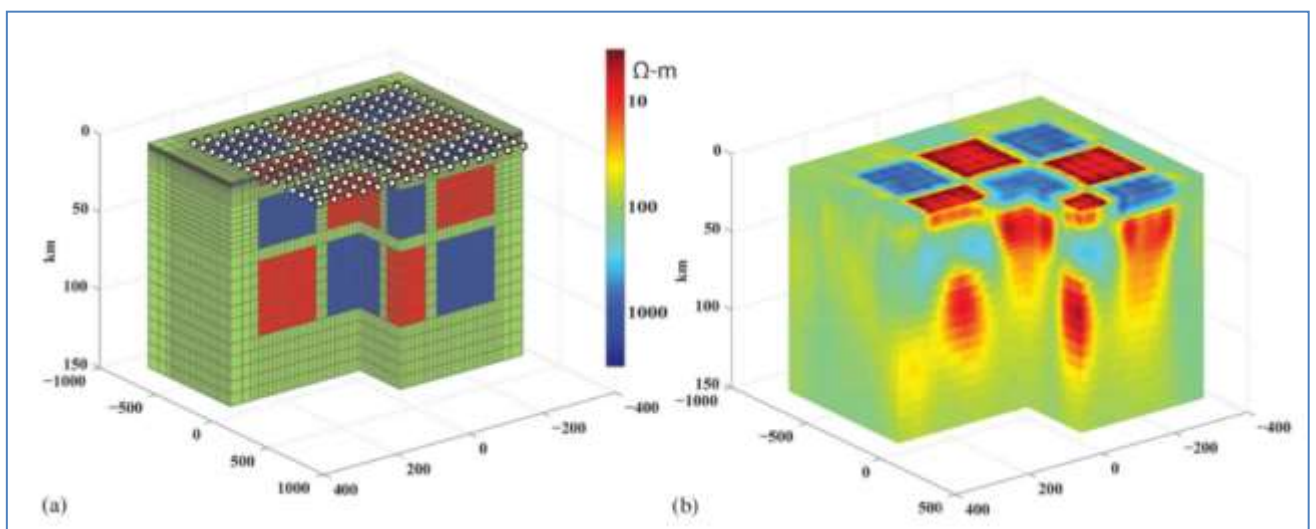


Fig. 16.: (a) modelo teórico (b) respuesta de la inversión 3D.

COMENTARIOS SOBRE LOS PRÓXIMOS ESTUDIOS

Ejecución de una Segunda Etapa de relevamiento geofísico aplicando las técnicas de AMT/MT prevista para el mes de septiembre.

El área a relevar se señala en el mapa a continuación destacando los eventuales sitios de ubicación de las próximas estaciones AMT/MT (triángulos negros):

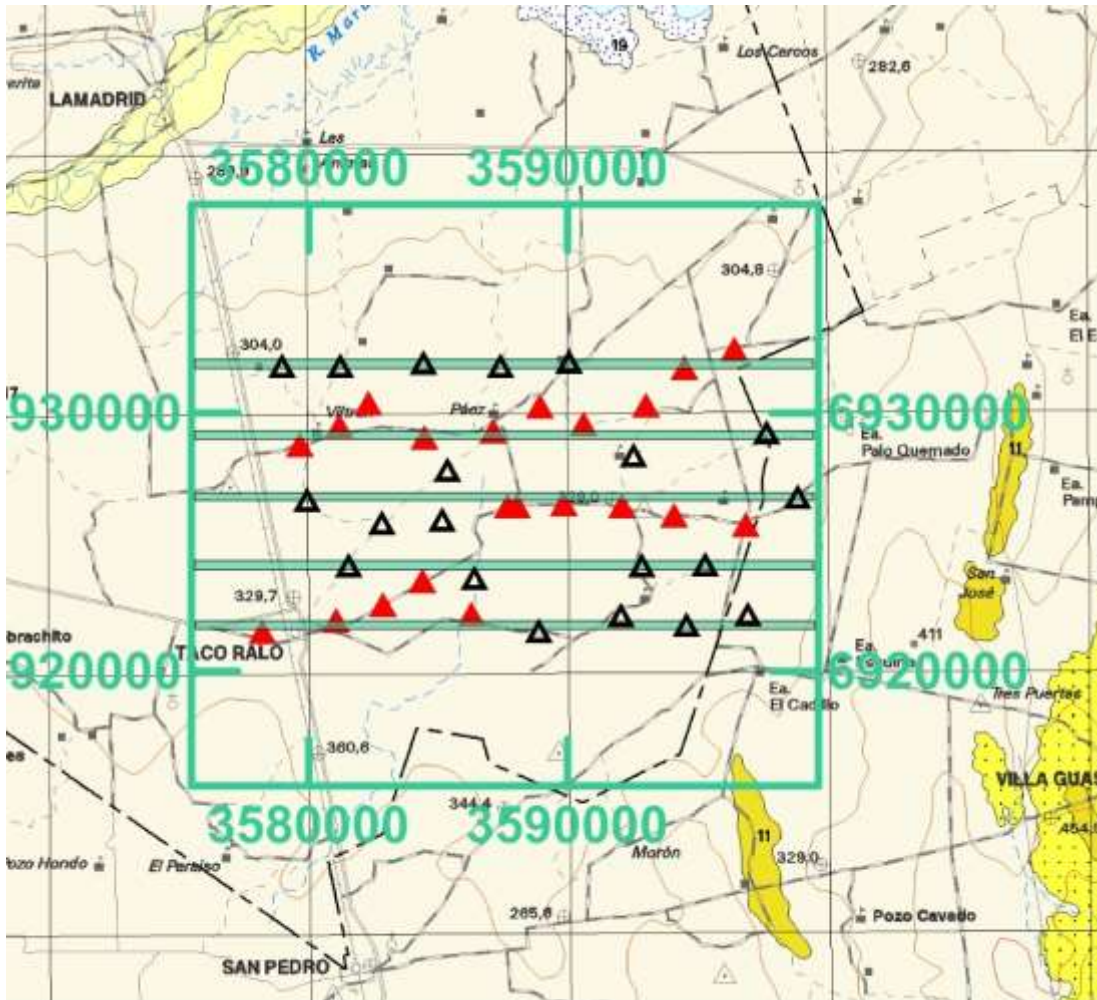
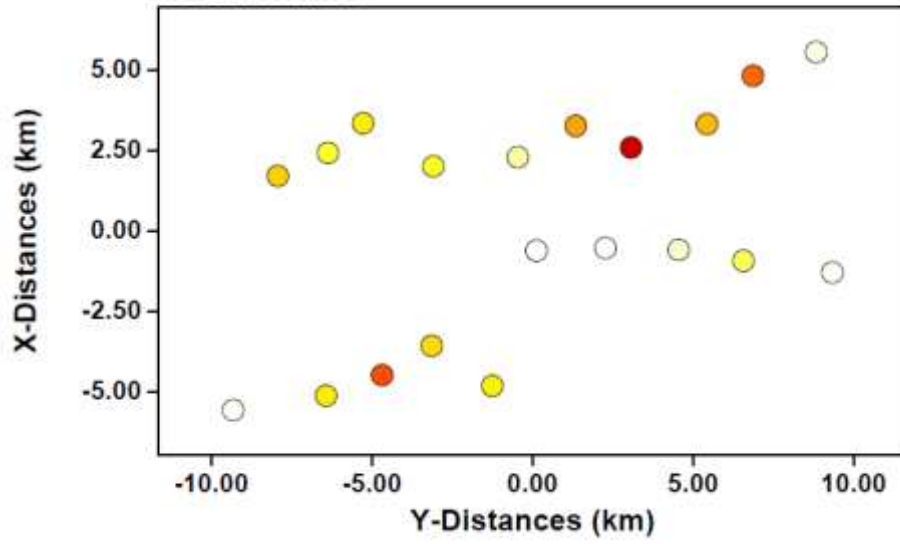


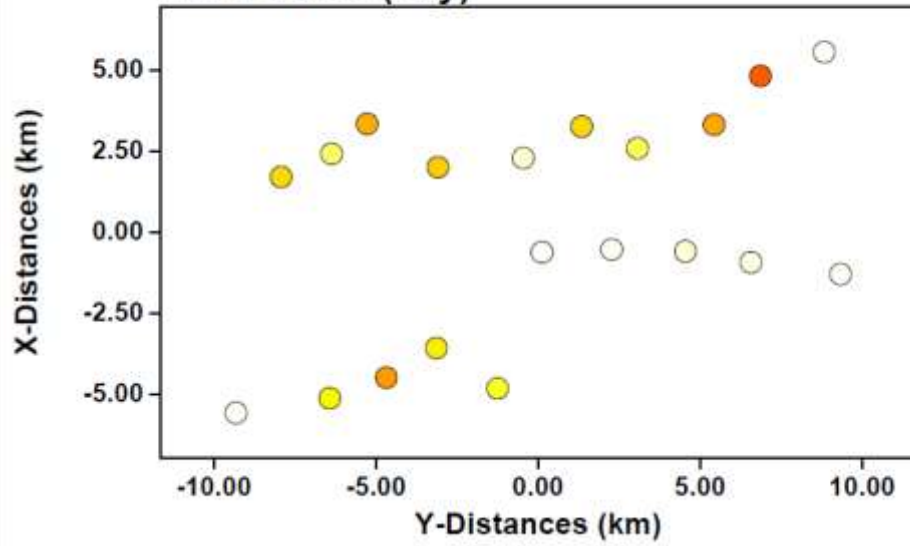
Fig17.: Sitios propuestos en la Etapa II

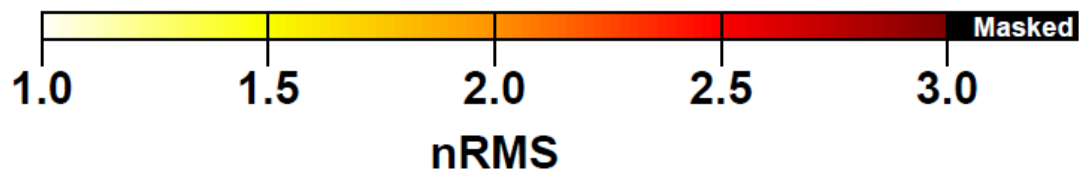
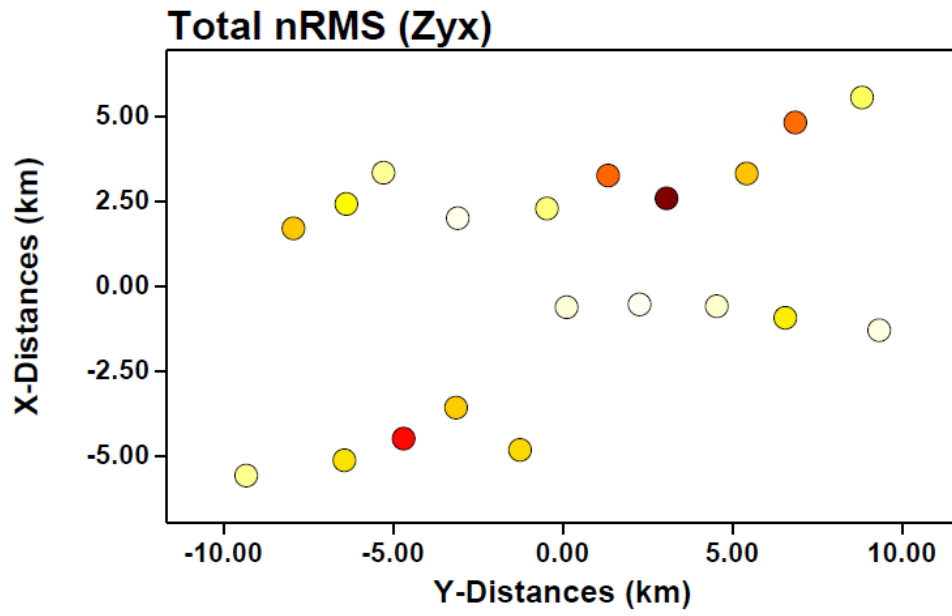
AJUSTES DE DATOS MEDIDOS Y PREDICHOS POR EL MODELO

Total nRMS

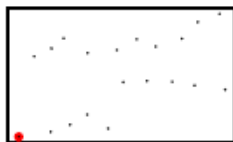
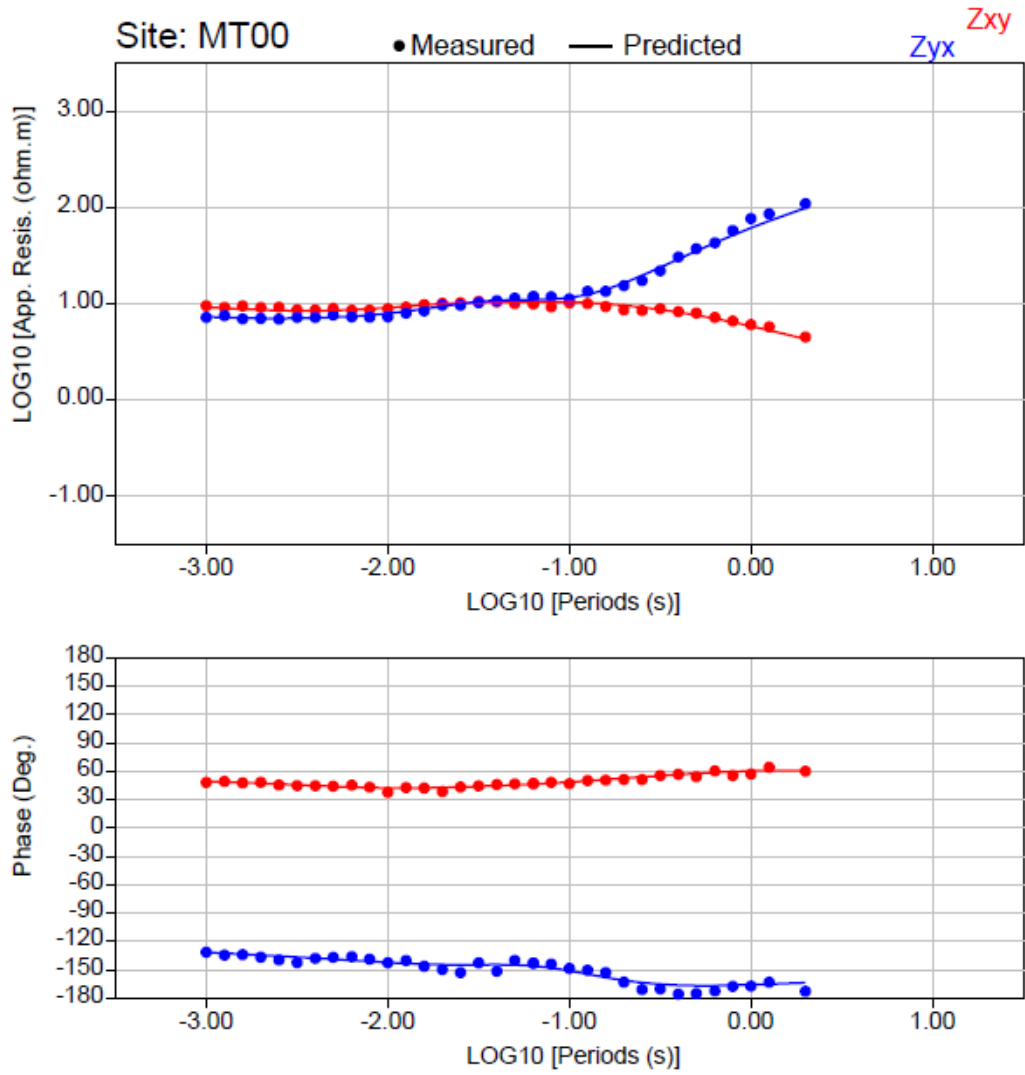


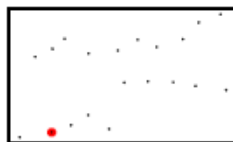
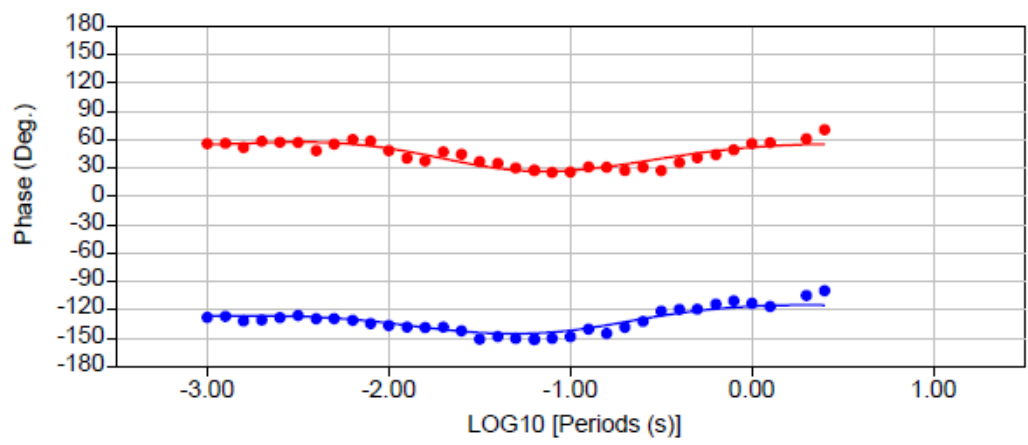
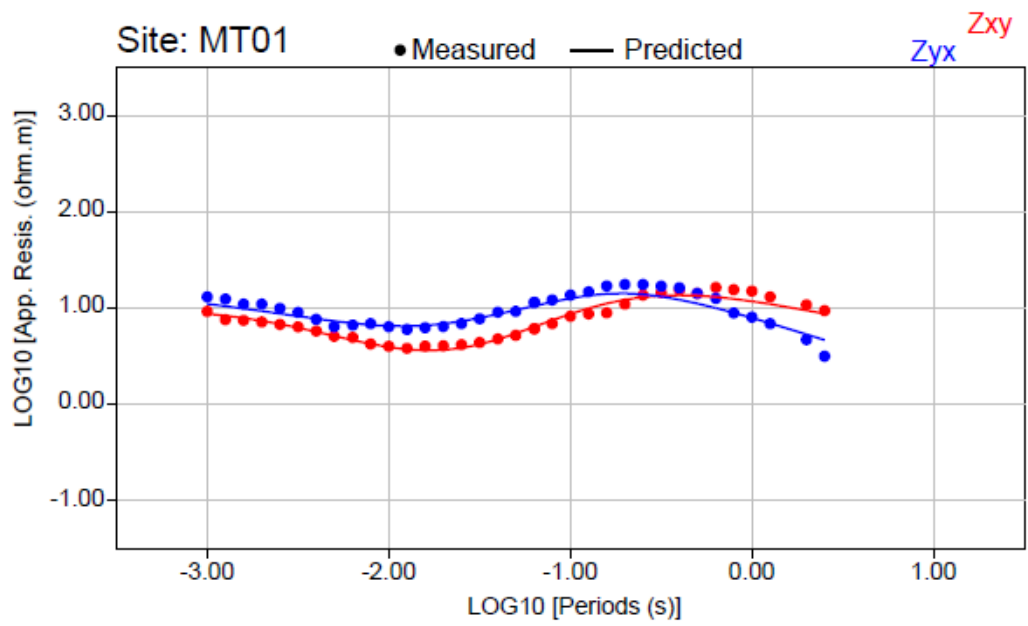
Total nRMS (Zxy)

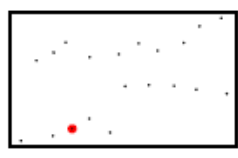
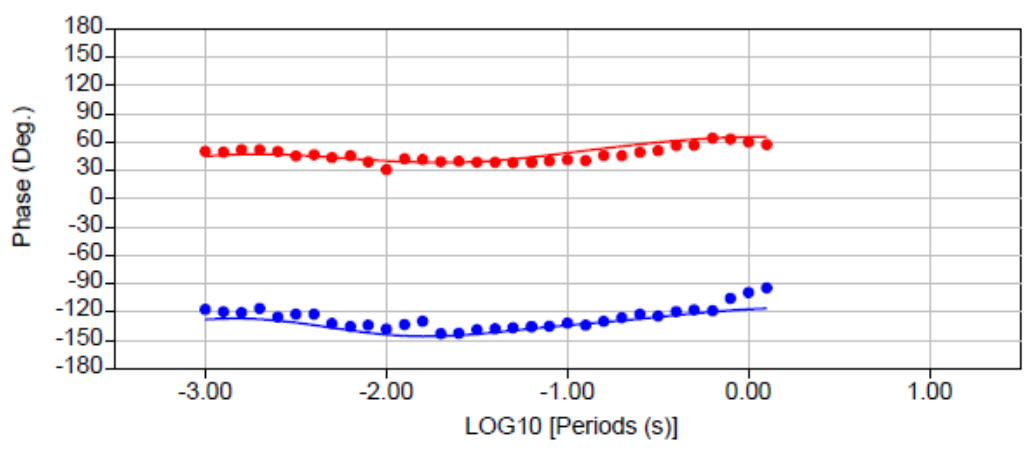
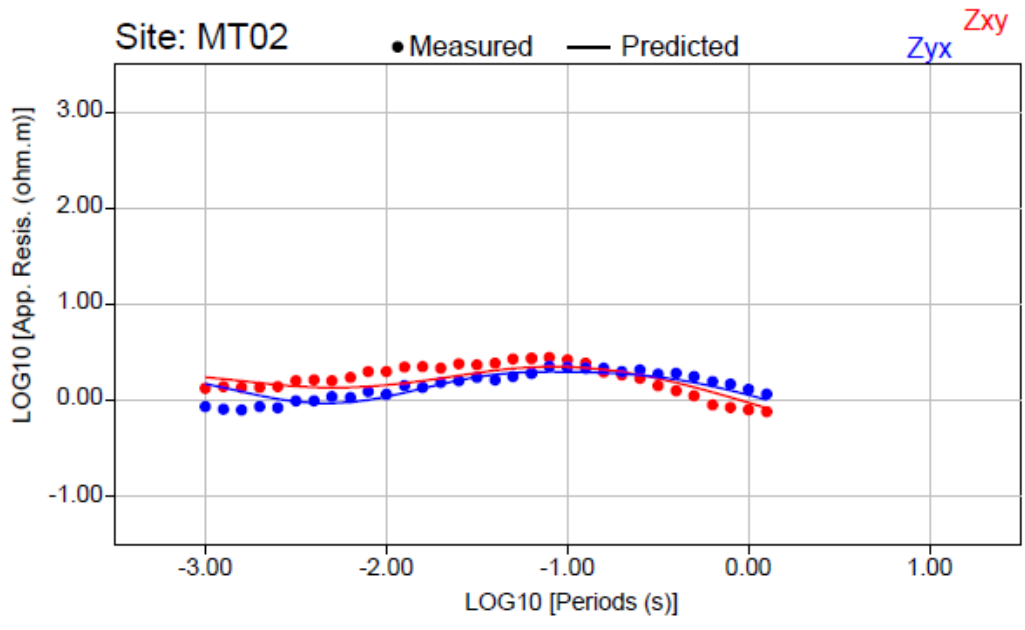


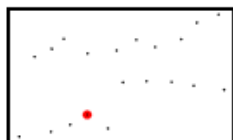
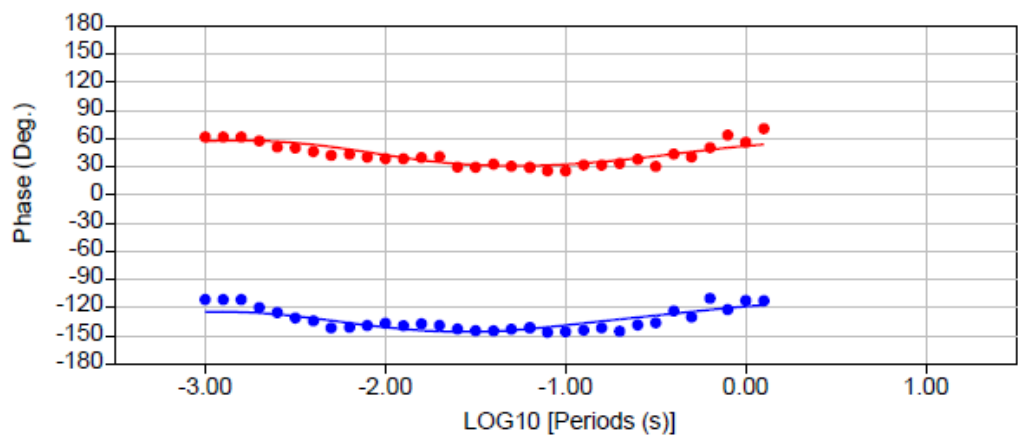
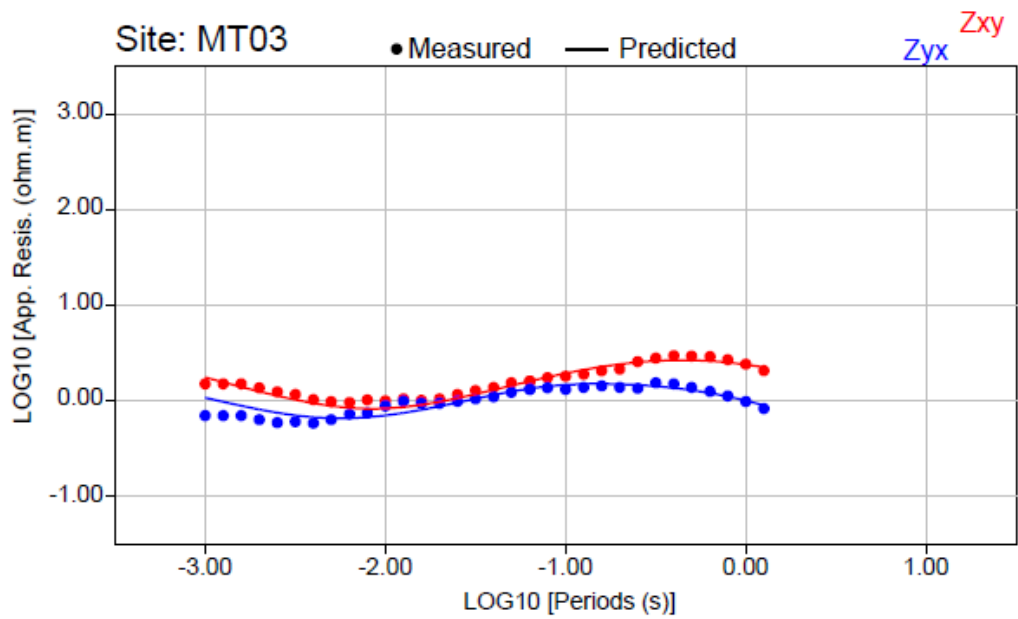


Curva de cada estacion , Resistividad y Fase.
Puntos: datos medidos linea: ajuste





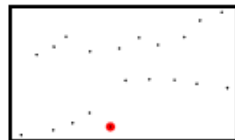
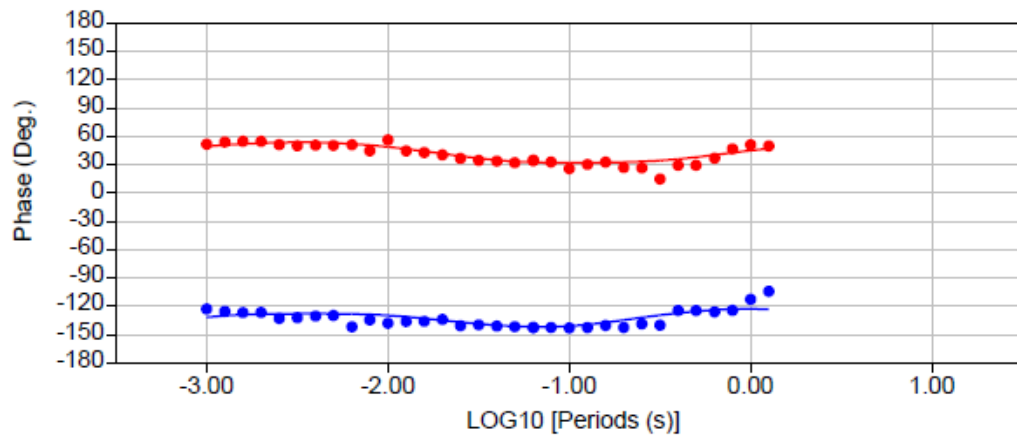
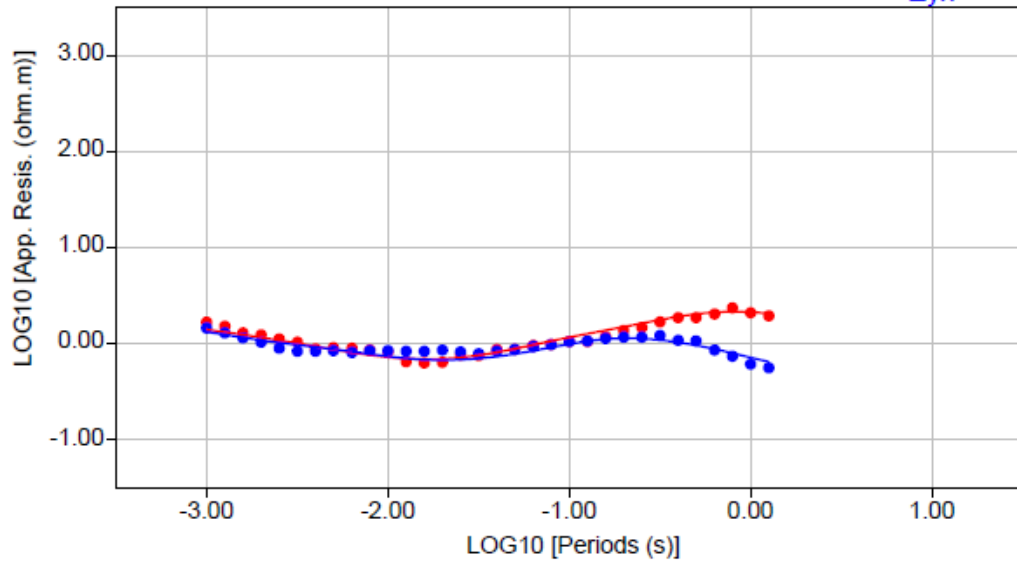


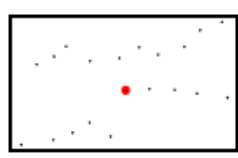
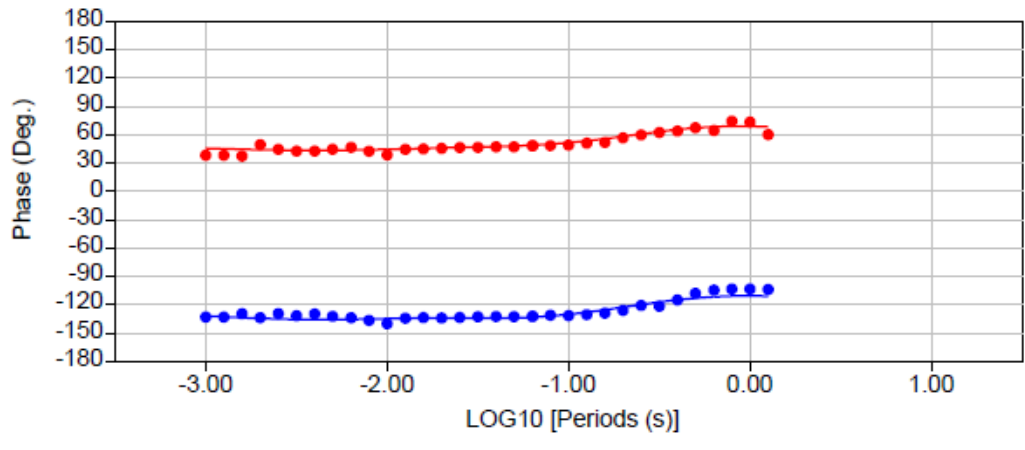
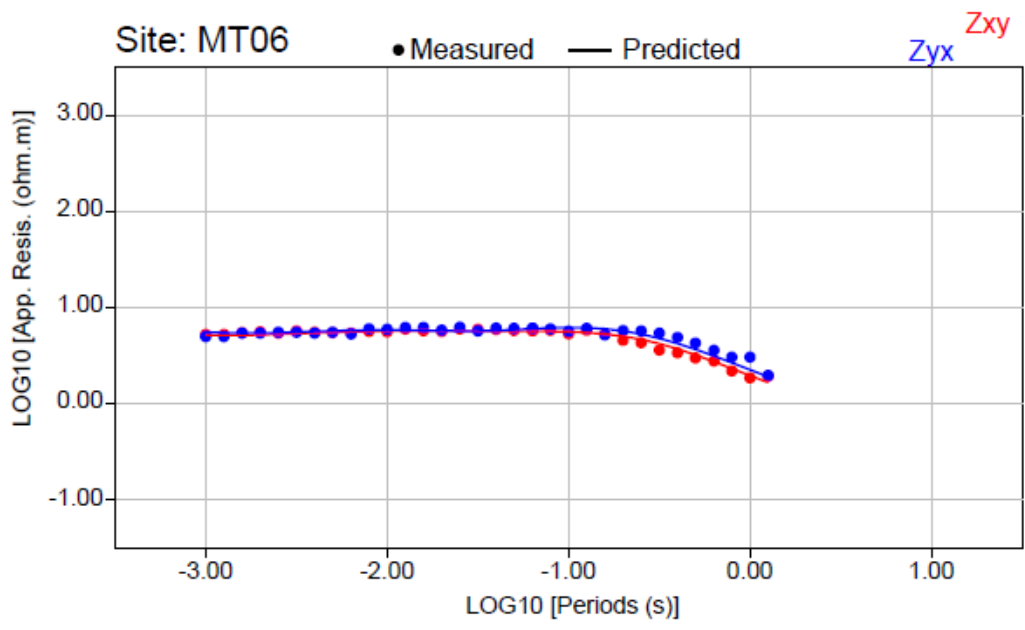


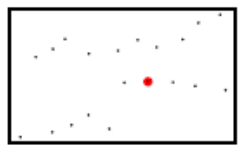
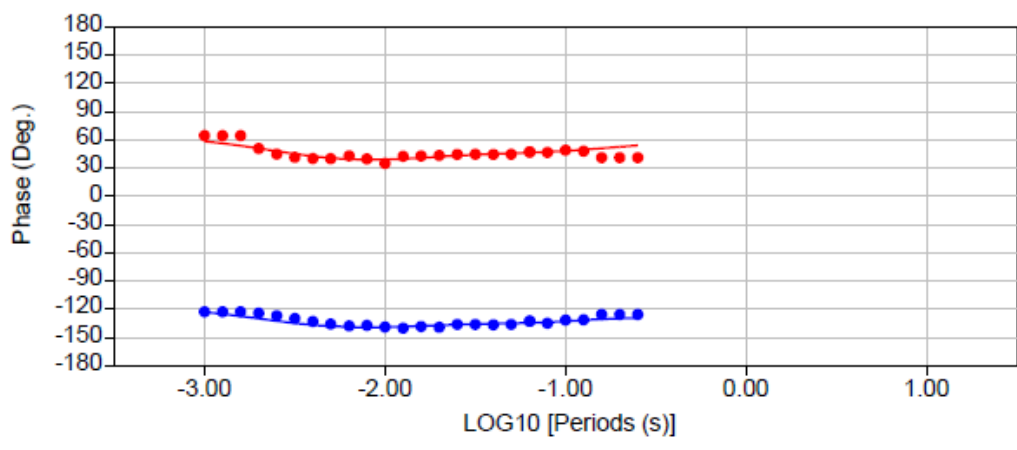
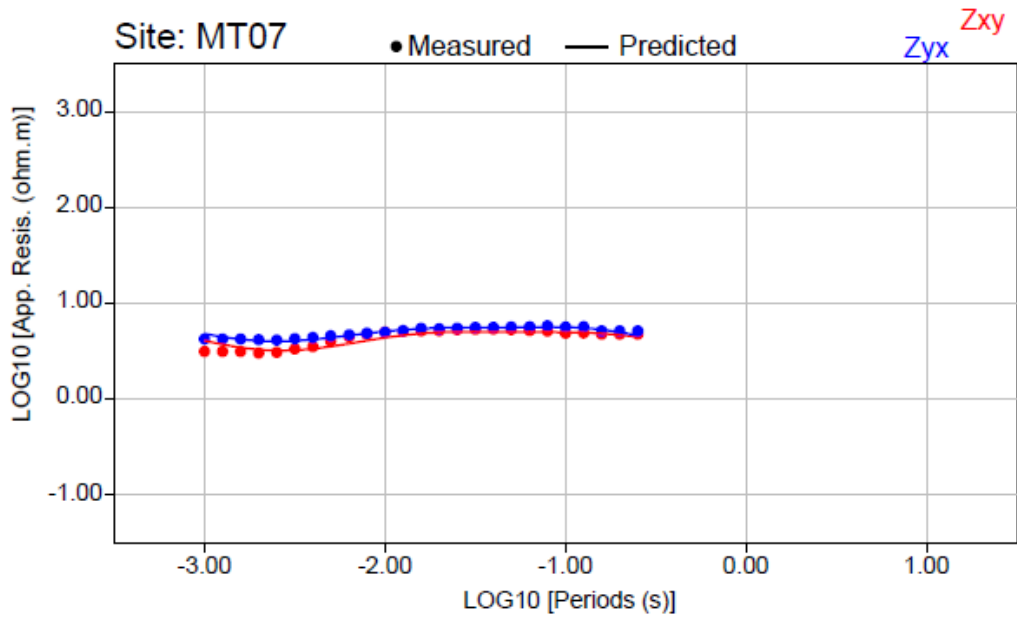
Site: MT04

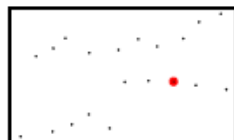
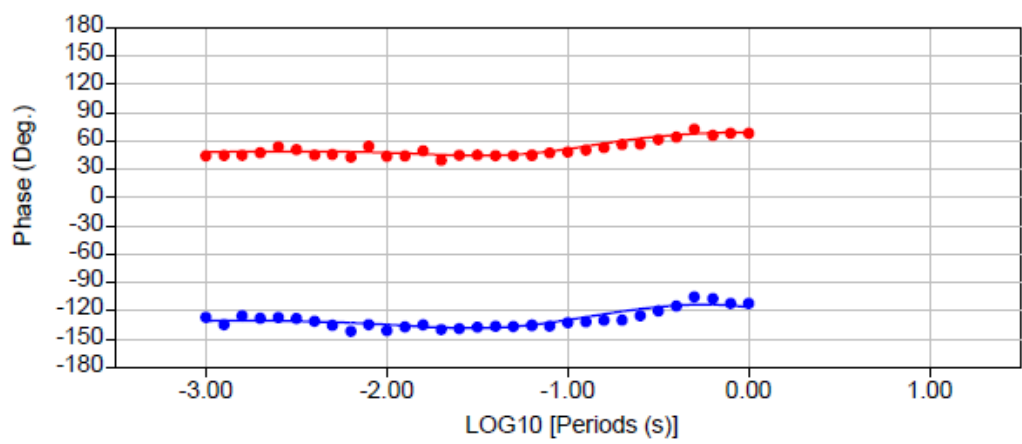
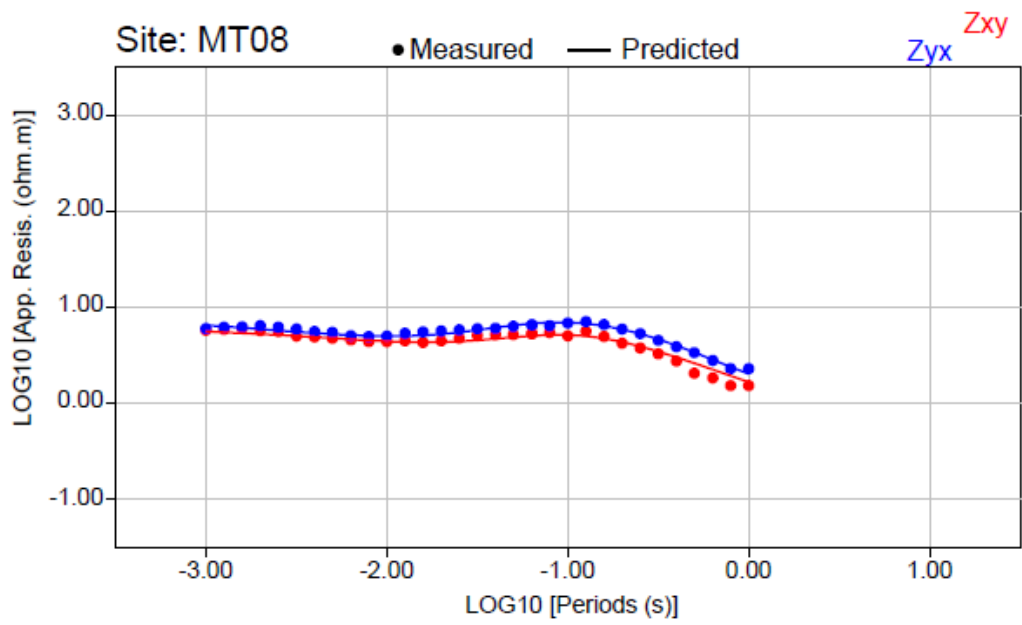
• Measured — Predicted

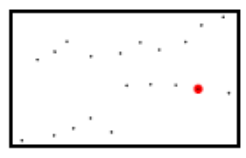
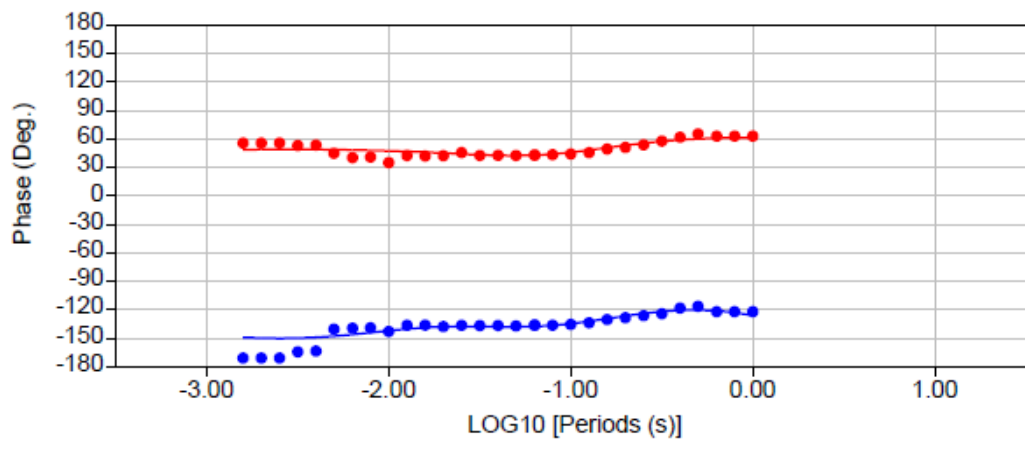
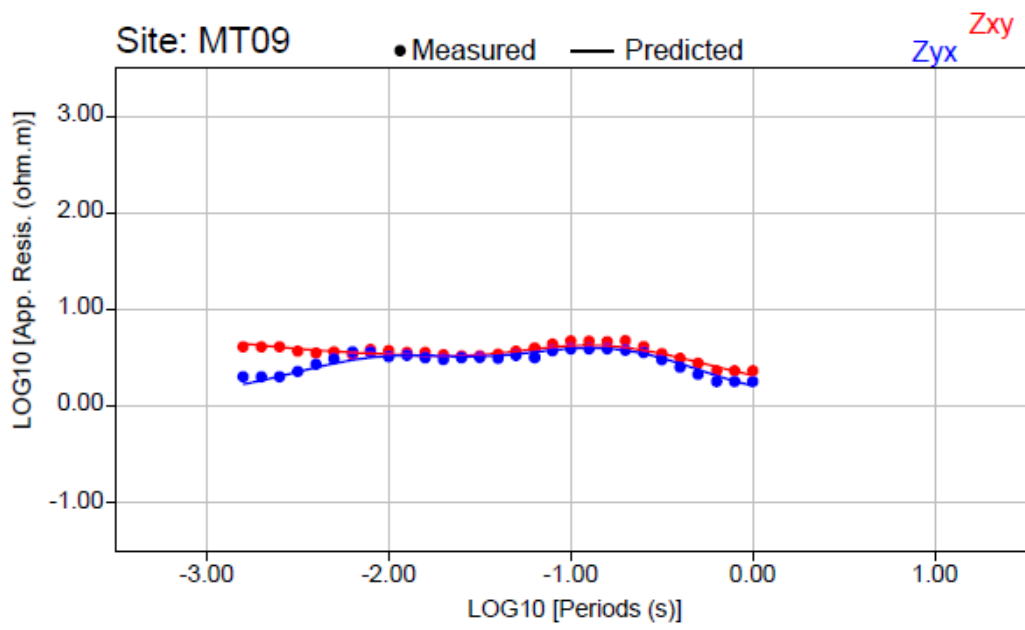
Zyx Zxy

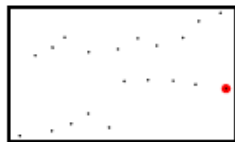
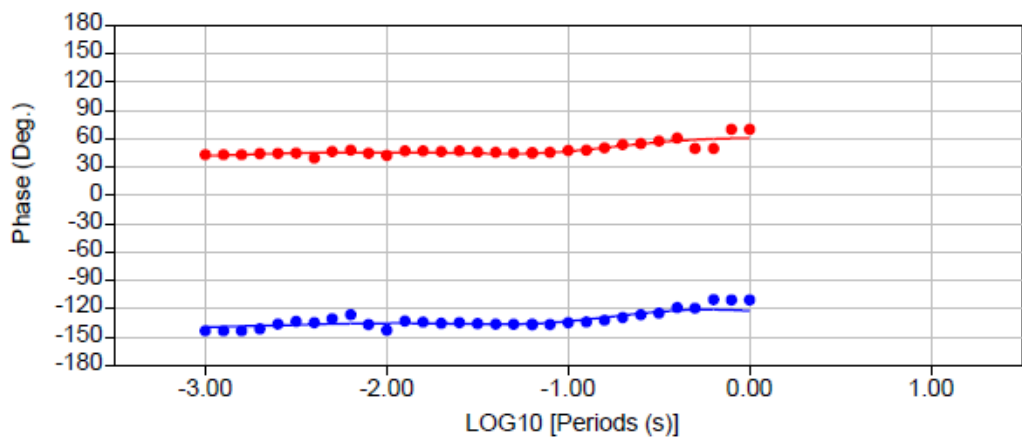
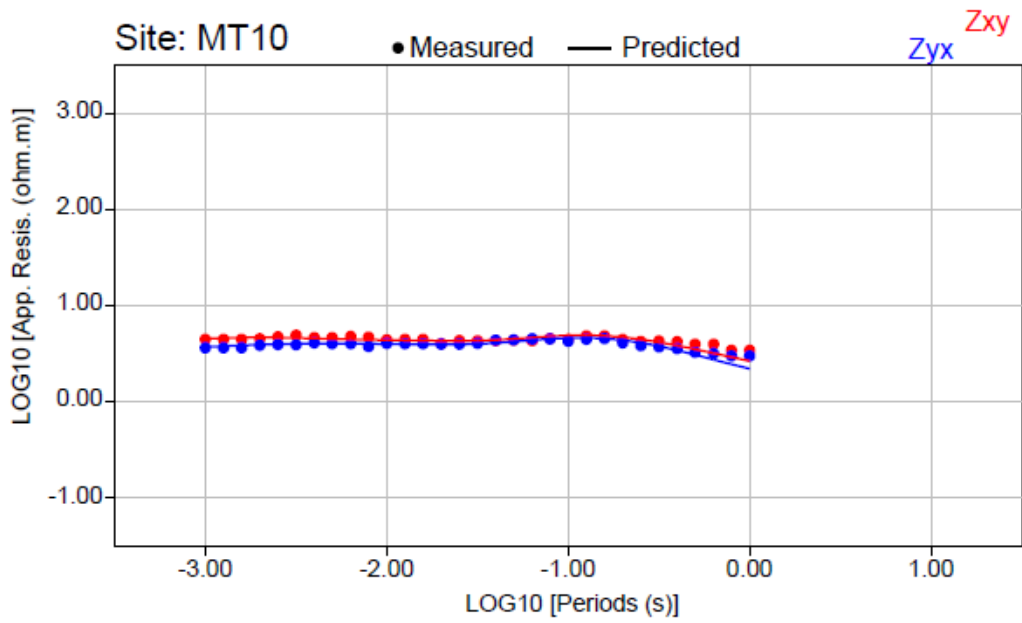








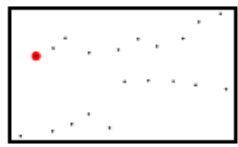
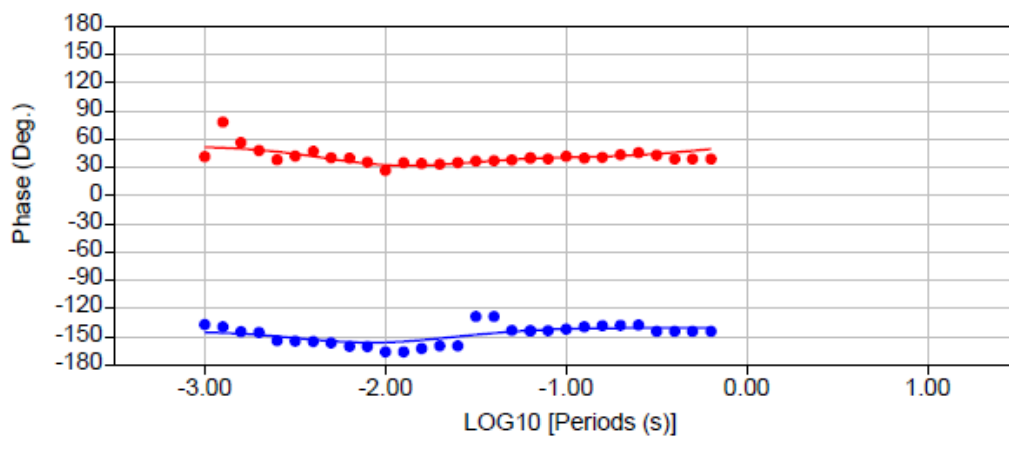
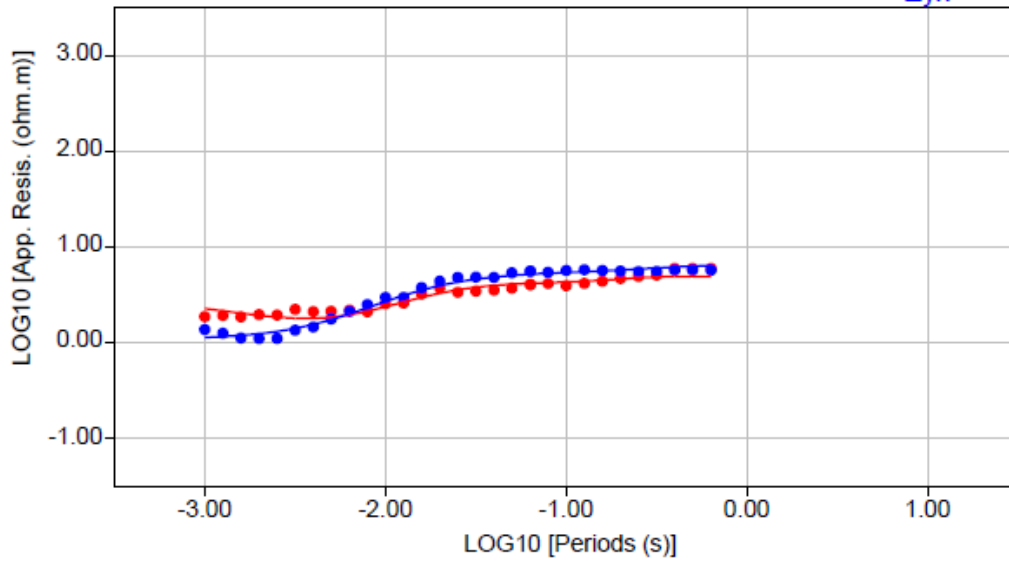




Site: MT12

• Measured — Predicted

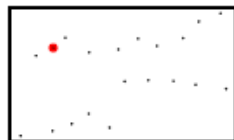
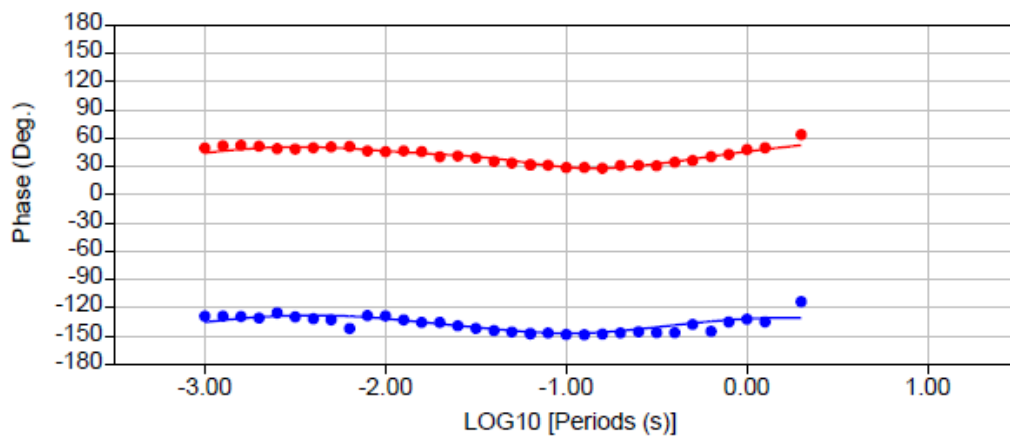
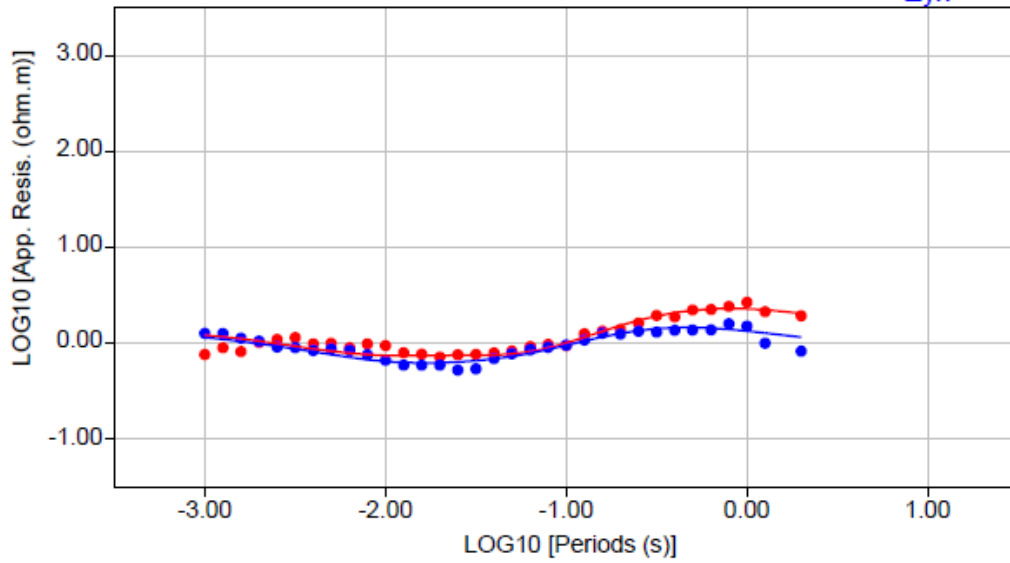
Zyx Zxy



Site: MT13

• Measured — Predicted

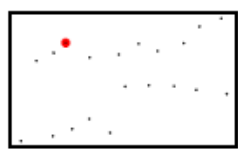
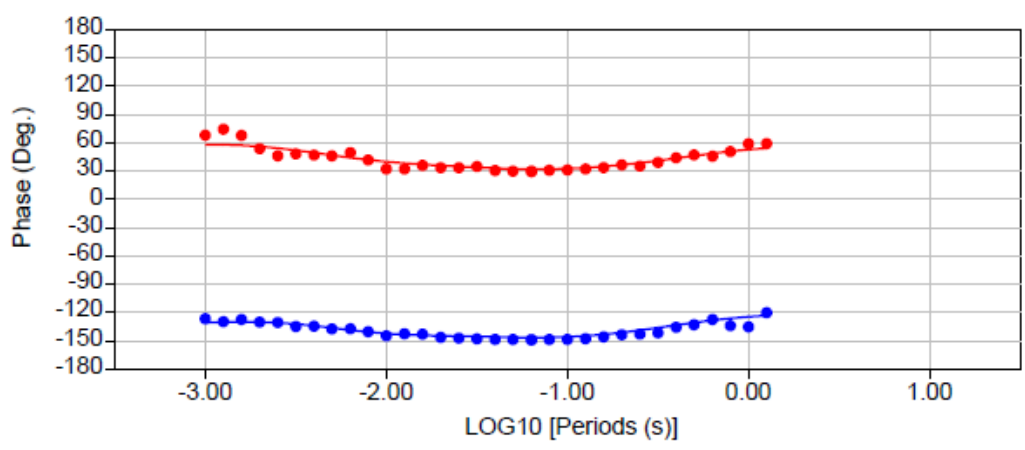
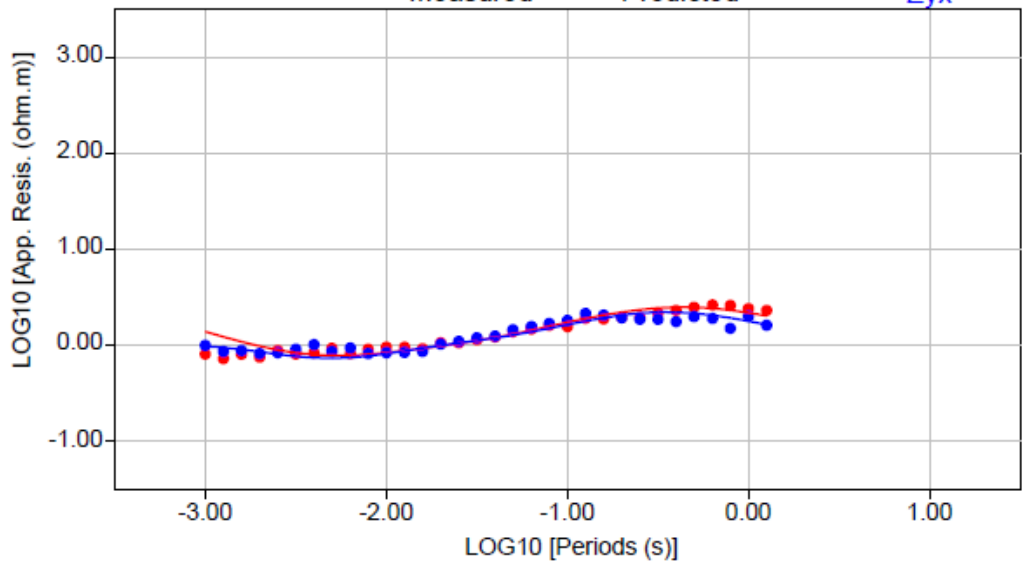
Zyx ^{Zxy}



Site: MT14

● Measured — Predicted

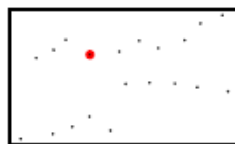
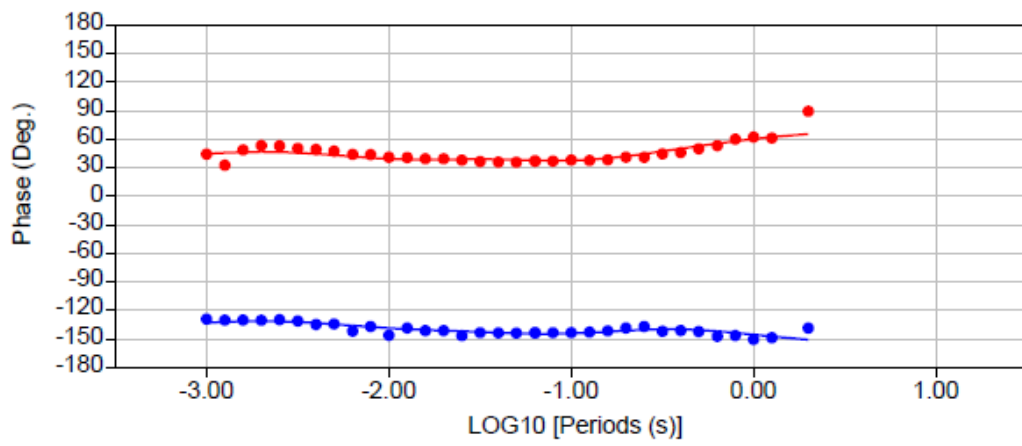
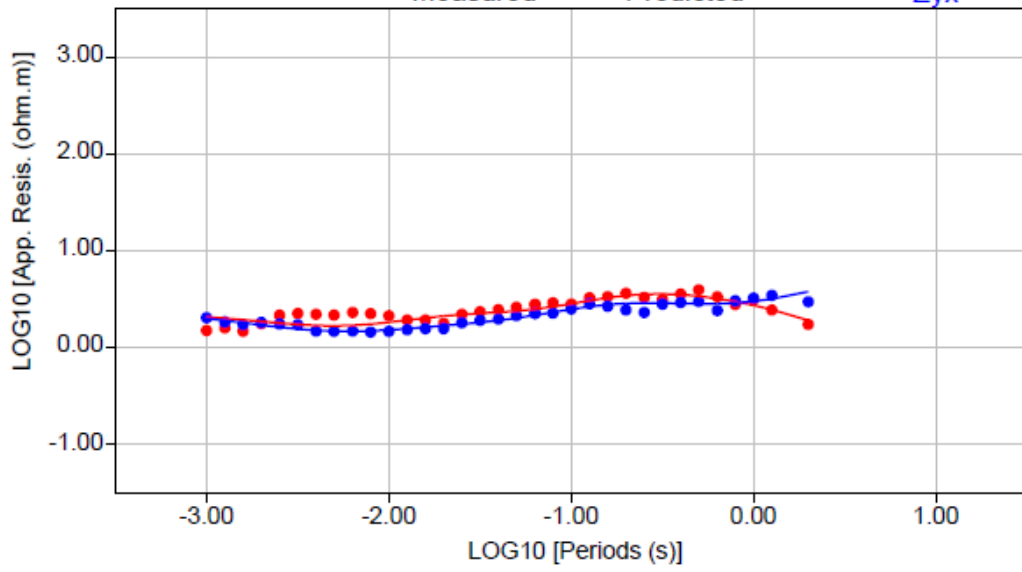
Zyx Zxy

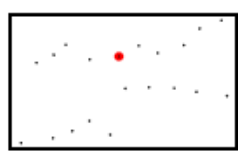
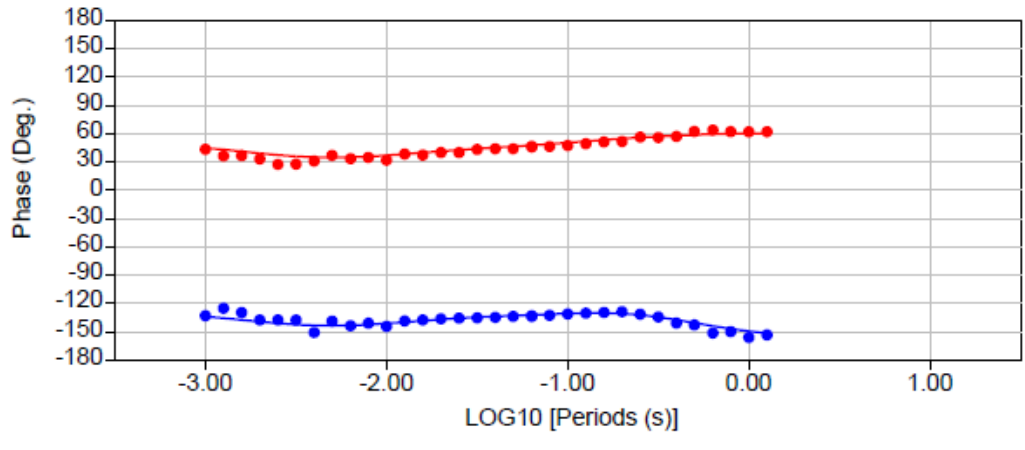
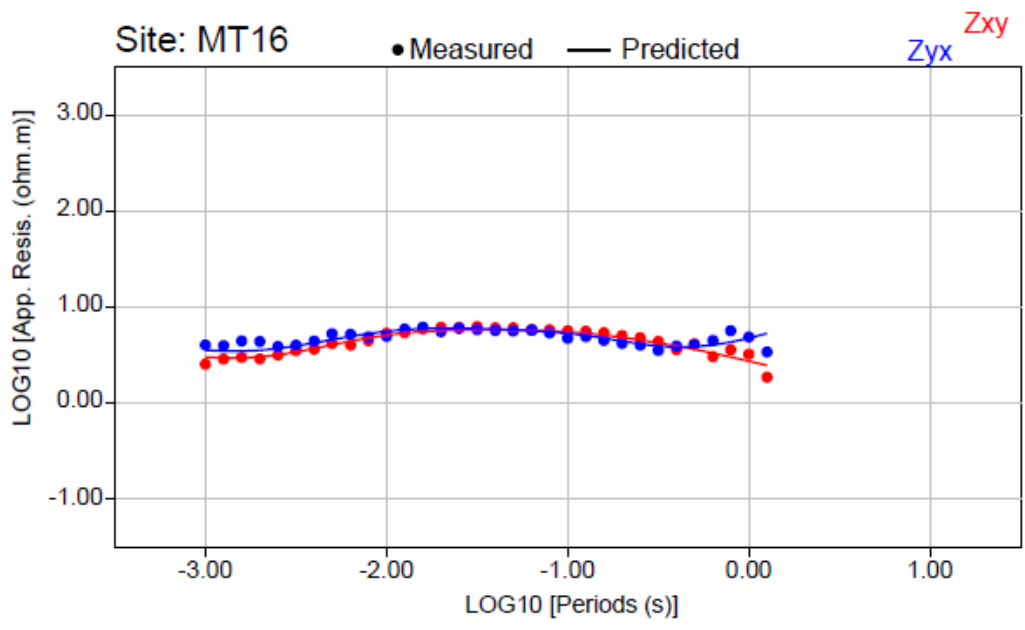


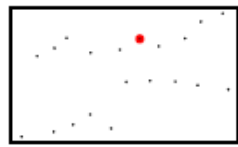
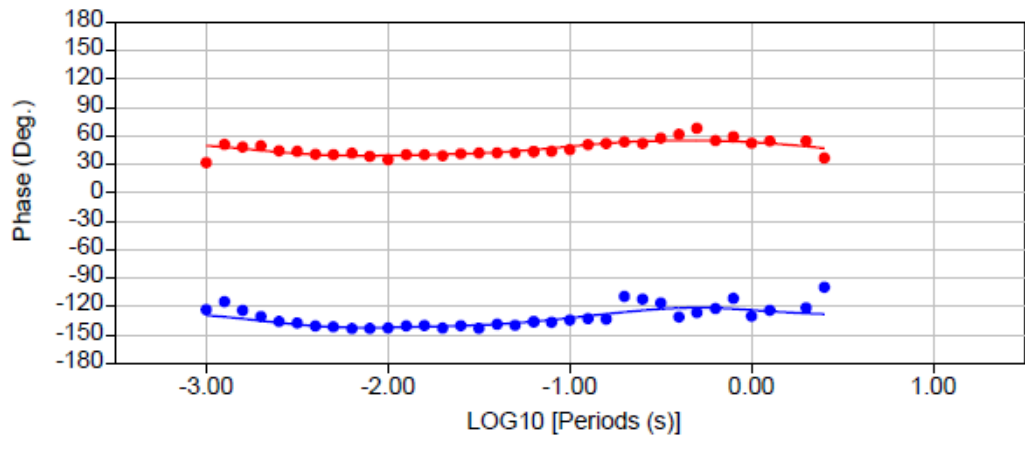
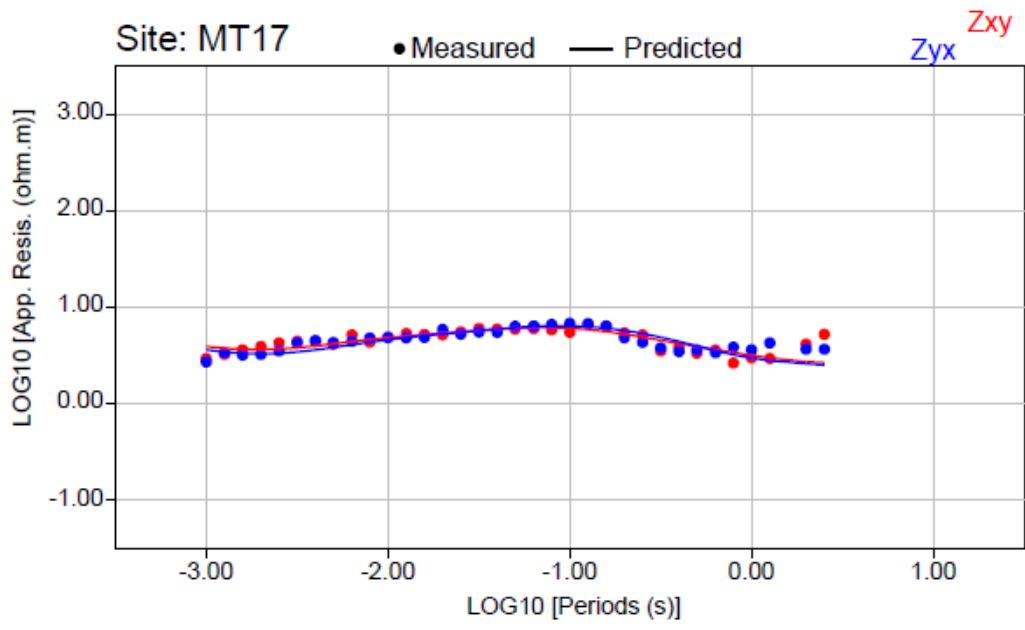
Site: MT15

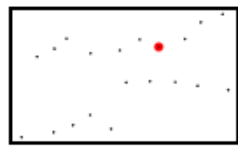
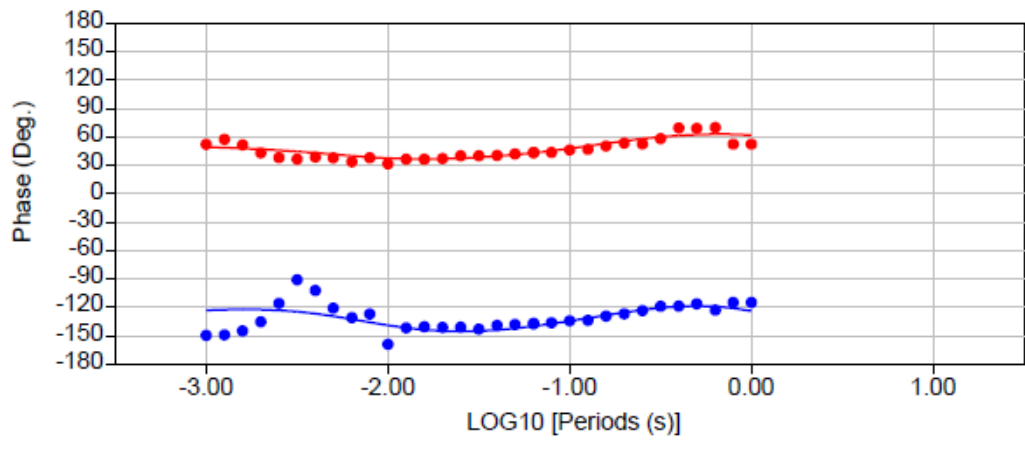
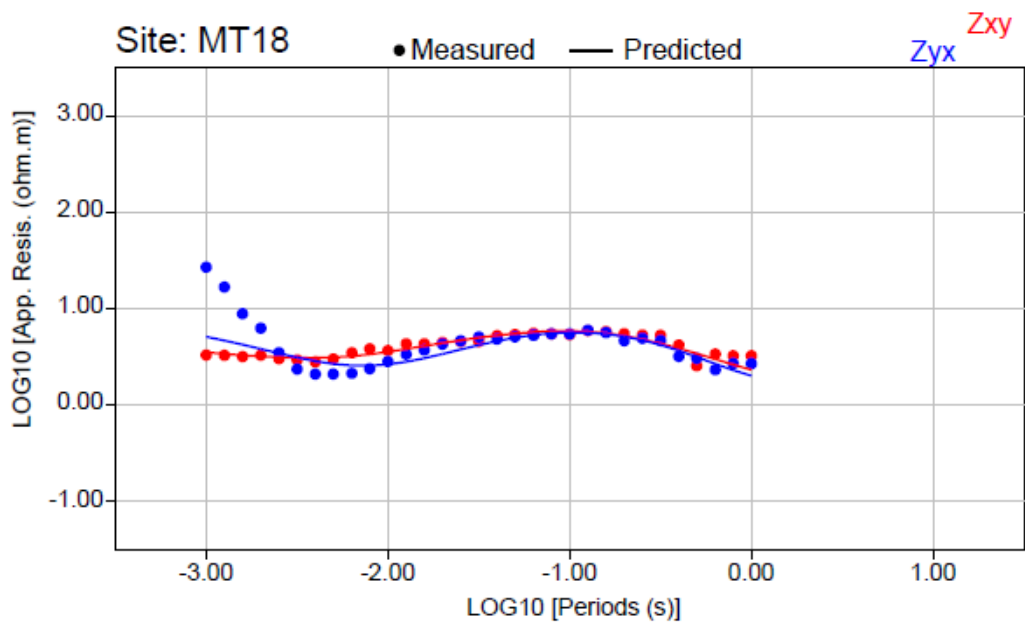
● Measured — Predicted

Zyx Zxy





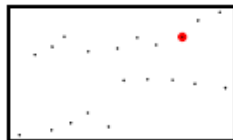
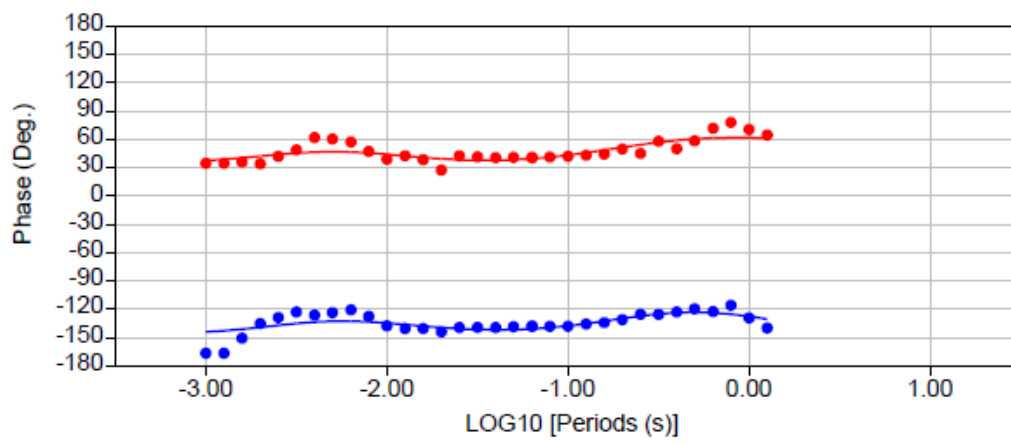
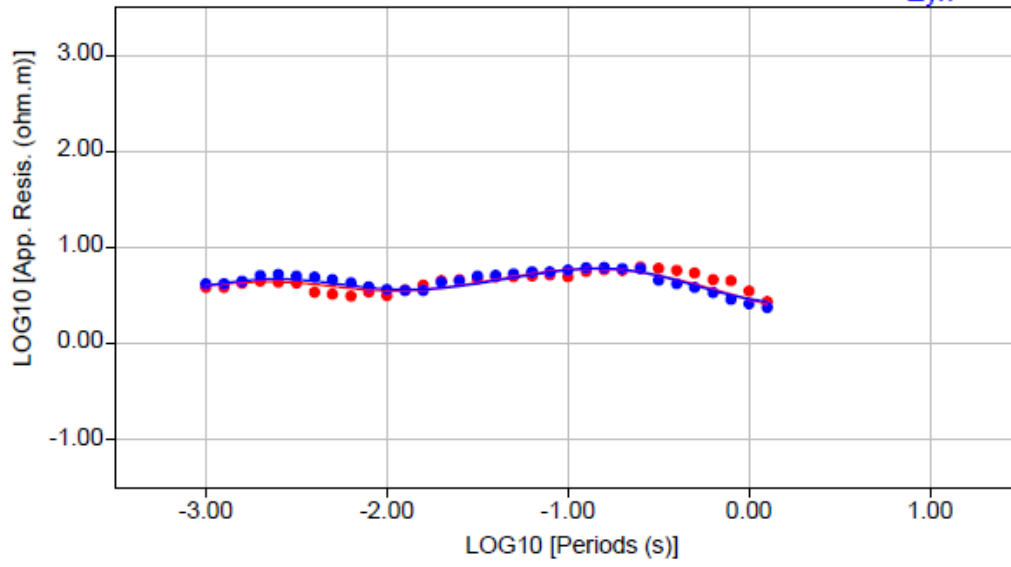


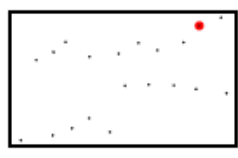
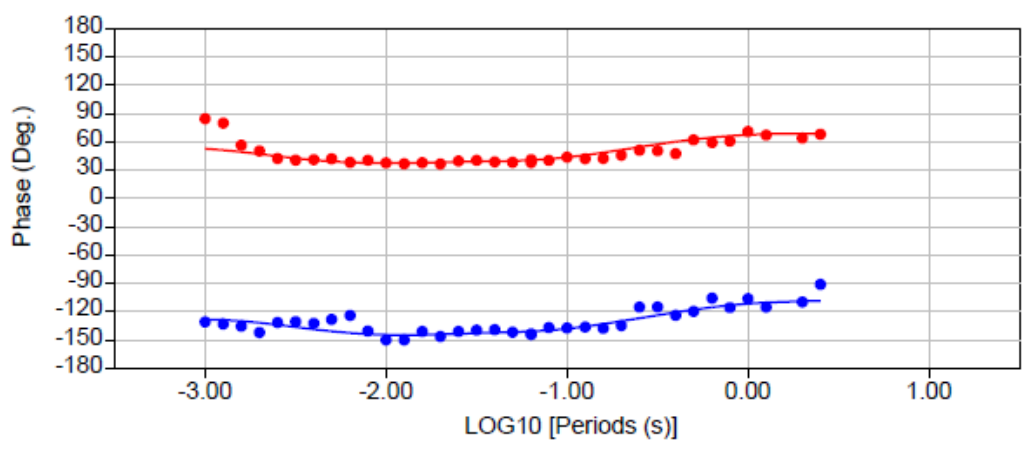
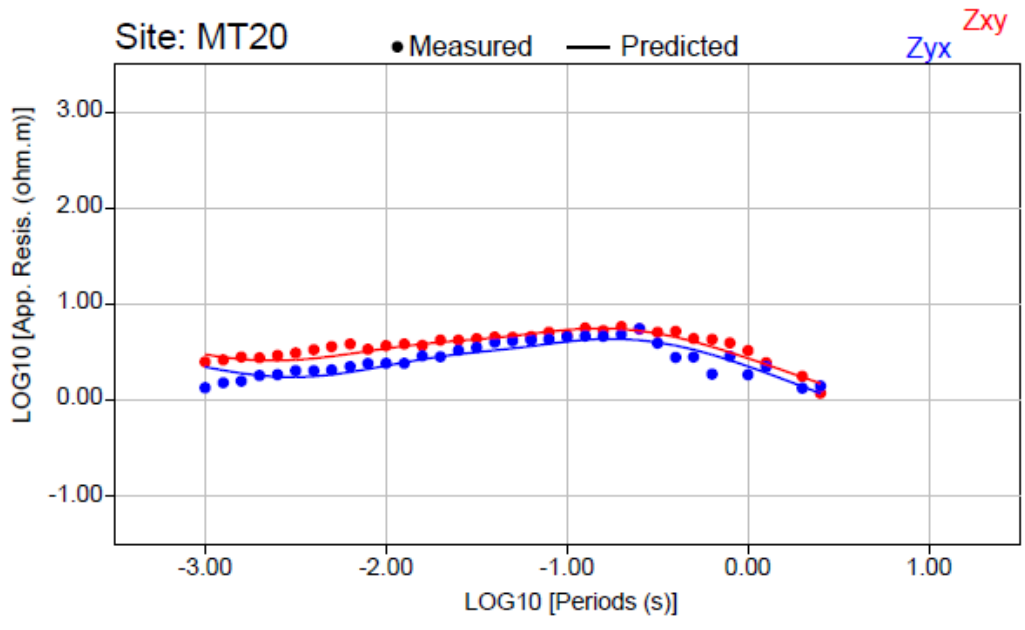


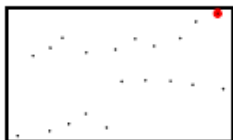
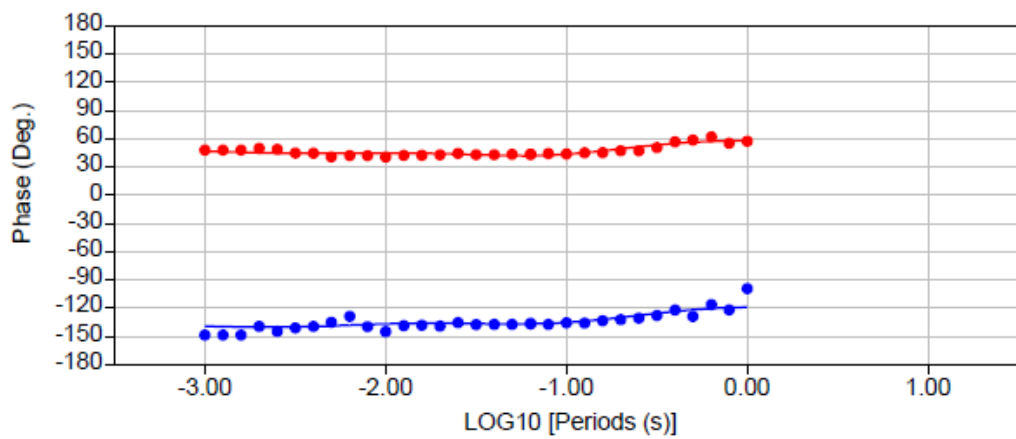
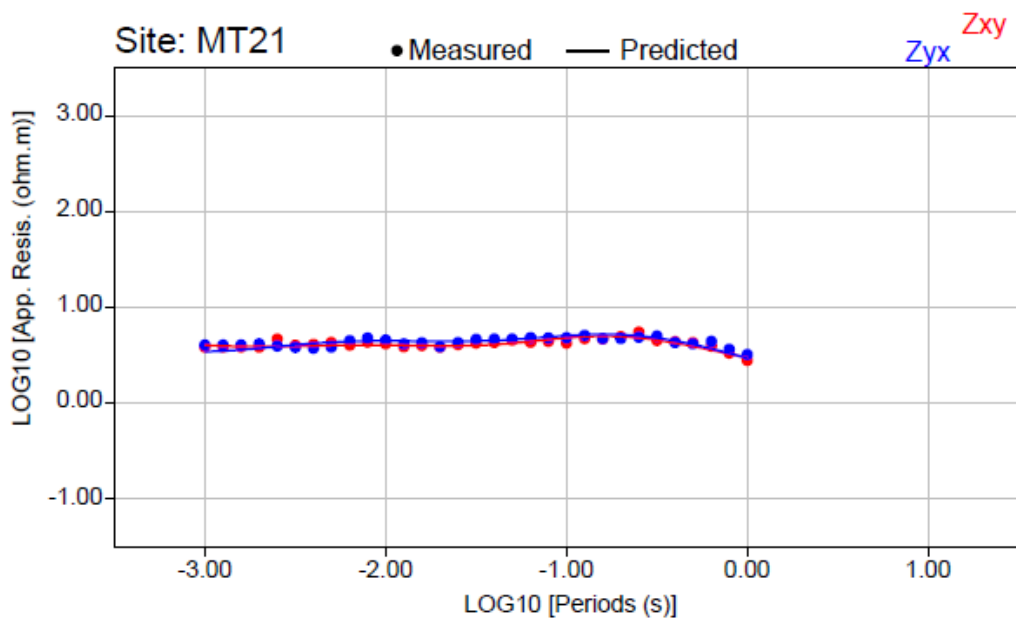
Site: MT19

● Measured — Predicted

Zyx Zxy







Dra. Cristina Pomposiello

Dr. Alicia Favetto

Lic. Liliana Guevara

Lic. Alejandro Conde Serra

Buenos Aires, 11 de septiembre de 2017.- INGEIS – CONICET, Servicio Geológico Minero Argentino.