

**PROVINCIA DEL CHUBUT
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOFISICOS PARA
LA DETERMINACION DE SITIOS FAVORABLES
PARA LA OBTENCION DE AGUA SUBTERRANEA
EN CAMARONES**

Informe Final

Julio, 2019

Participantes:



Empresa: PROINGEO S.A.



Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
1. ÁREA DE ESTUDIO.....	5
2. TAREAS DESARROLLADAS.....	9
2.1. Tomografía Eléctrica.....	9
2.1.1. Descripción del método de Tomografía Eléctrica (TE)	11
2.1.2. Proceso de interpretación.....	14
2.1.3. Resultados.....	14
2.2. Audiomagnetotelúrica.....	21
2.2.1 Descripción del método Audiomagnetotelúrica (AMT)	21
2.2.2. Trabajos realizados (AMT).....	24
3. HIDROGEOLOGIA.....	35
3.1. Geología e hidrogeología de la localidad de Camarones	35
3.2. Hidrogeoquímica	47
4. Conclusiones y recomendaciones	50
4.1. Conclusiones.....	50
4.2. Recomendaciones	52
5. BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXO 1	55
ANEXO 2	61
ANEXO 3	66

RESUMEN EJECUTIVO

La finalidad de este estudio fue realizar la exploración de aguas subterráneas en las afueras de la ciudad de Camarones, provincia del Chubut, mediante la utilización de métodos indirectos de prospección geoelectrica como son las Tomografías Eléctricas (TE) y la Magnetotelúrica (MT) en su versión Audiomagnetotelurica (AMT) del espectro MT de alta frecuencia, 1 a 70.000 Hz. El objetivo principal consistió en la determinación de las características litológicas y contactos del subsuelo mediante el análisis de sus características eléctricas (resistividad eléctrica " ρ "), obtenidas con las TE y los sondeos MT. La resistividad eléctrica es una propiedad inversa a la conductividad eléctrica y generalmente se expresa en ohm por metro (Ω -m).

La resistividad eléctrica de la mayoría de las rocas y sedimentos secos es elevada, por lo que actúan como malos conductores eléctricos. Este comportamiento cambia significativamente cuando las fisuras o los poros están ocupados por agua, lo que genera una disminución de la ρ , o lo que es lo mismo, en el aumento de la capacidad de conducción de la corriente eléctrica, convirtiéndolos en buenos conductores eléctricos.

Además del grado de saturación también incide en la resistividad eléctrica del medio el contenido salino del agua, a mayor salinidad, menor resistividad y viceversa. Los contrastes en las resistividades son los que permiten aplicar exitosamente los métodos de prospección geoelectrica.

El área de estudio se encuentra al SE de la provincia del Chubut en las cercanías de la localidad de Camarones. Las tareas se desarrollaron sobre la traza de siete perfiles cuya ubicación fue analizada en forma conjunta y consensuada con técnicos del Instituto Provincial del Agua (IPA) del Chubut.

La propuesta técnica para este estudio se basó en la información obtenida de las perforaciones existentes en la zona.

Se realizaron los siete perfiles de TE mediante el dispositivo Wenner alfa y distanciamiento entre pares de electrodos de 10 metros y con 16 separaciones de los mismos y siete sondeos de MT en su versión AMT sobre las trazas de los 7 perfiles mencionados.

Además se hizo un relevamiento topográfico para dar coordenadas a cada punto.

La interpretación de las TE se presenta en perfiles geoelectricos 2D que contienen los valores de las ρ verdaderas, estos perfiles se denominan pseudosecciones de resistividades verdaderas, y se puede apreciar en los mismos el comportamiento de las diversas capas dentro del perfil y sus profundidades.

Se presenta también una Tabla donde se delimitan unidades geoelectricas en base a sus valores de resistividad eléctrica y su posible correlación geológica realizada teniendo en cuenta la descripción de perforaciones anteriormente ejecutadas en el área.

Respecto de la MT, a partir de la información generada y procesada, se realizaron modelos inversos de capas (1D) para las siete estaciones en las que se observan los principales conductores geoelectricos.

Los modelos inversos 1D se presentan hasta 500 metros de profundidad y, debido al gran contenido de frecuencias del método AMT, se llega a una profundidad de investigación de más de 1000 metros. En general, se encuentra una capa entre 320 y 390 metros de profundidad, de ρ media, entre 5 Ohm-m y 30 Ohm-m interpretándose como un acuitardo libre. La capa infrayacente disminuye considerablemente su ρ , interpretándose como el acuitardo salobre, de ρ menor a 1 ohm-m. Las estaciones MT3 y MT6 no presentan capas de ρ asociables a acuitardo libre, lo que es consistente con la geología.

Teniendo en cuenta que los modelos MT presentan menor precisión en los primeros metros, se realiza una tabla comparativa de dichos modelos donde se observa que las profundidades y las tendencias de las ρ son consistentes.

Finalmente se destaca que los estudios realizados constituyen un gran aporte al grado de conocimiento del subsuelo de la región y sirven como una fuente de información indispensable para la ubicación de perforaciones (públicas o privadas) para abastecimiento de agua, y fundamentalmente la estimación de las profundidades de alumbramiento de la misma.

Complementariamente se realizó una sección geológica desde la costa hasta la parte alta de la meseta. En total unos 440 metros aproximadamente donde se observaron los cambios formacionales, pero principalmente las unidades litológicas. Este trabajo de detalle evidenció la presencia lateral del acuífero libre que se encuentra en explotación actualmente y suministra agua a la localidad de Camarones. Este acuífero libre en verano, con el aumento de la demanda local, disminuye su producción, aumentando la concentración de arsénico. Para disminuir este valor se lo mezcla con agua proveniente de una antigua perforación. Como está última tiene parámetros de aguas salobres, por un lado se disminuye la concentración de arsénico, pero aumentan los de salinidad.

En este trabajo se detectó mediante los métodos de geofísica aplicados, la continuidad lateral del acuífero libre ubicado en la base de la Formación Patagonia y como hidrapoyo las tobas de la Formación Sarmiento. Los trabajos de campo, la toma de muestras físico / químicas, junto a los estudios mencionados, permiten proponer la explotación de este acuífero, pero en forma escalonada, mediante la realización de una batería de pozos ubicados de forma tal que no generen un stress al mencionado acuífero.

INTRODUCCIÓN

Aquí se presenta el Informe Final correspondiente al proyecto Estudios Geológicos y Geofísicos para la determinación de sitios favorables para la obtención de agua subterránea en Camarones que ha sido solicitado por el Instituto Provincial del Agua de Chubut (IPA), y cuenta con la asistencia técnica y financiera del Consejo Federal de Inversiones (CFI).

El objetivo principal de este proyecto fue estudiar las características geoelectricas del subsuelo, la profundidad de los diferentes niveles acuíferos existentes en la zona de estudio, su espesor, el tipo posible de agua presente en los mismos (en función de los valores de resistividad detectados) definiéndose su potencial para ser exploradas mediante perforaciones.

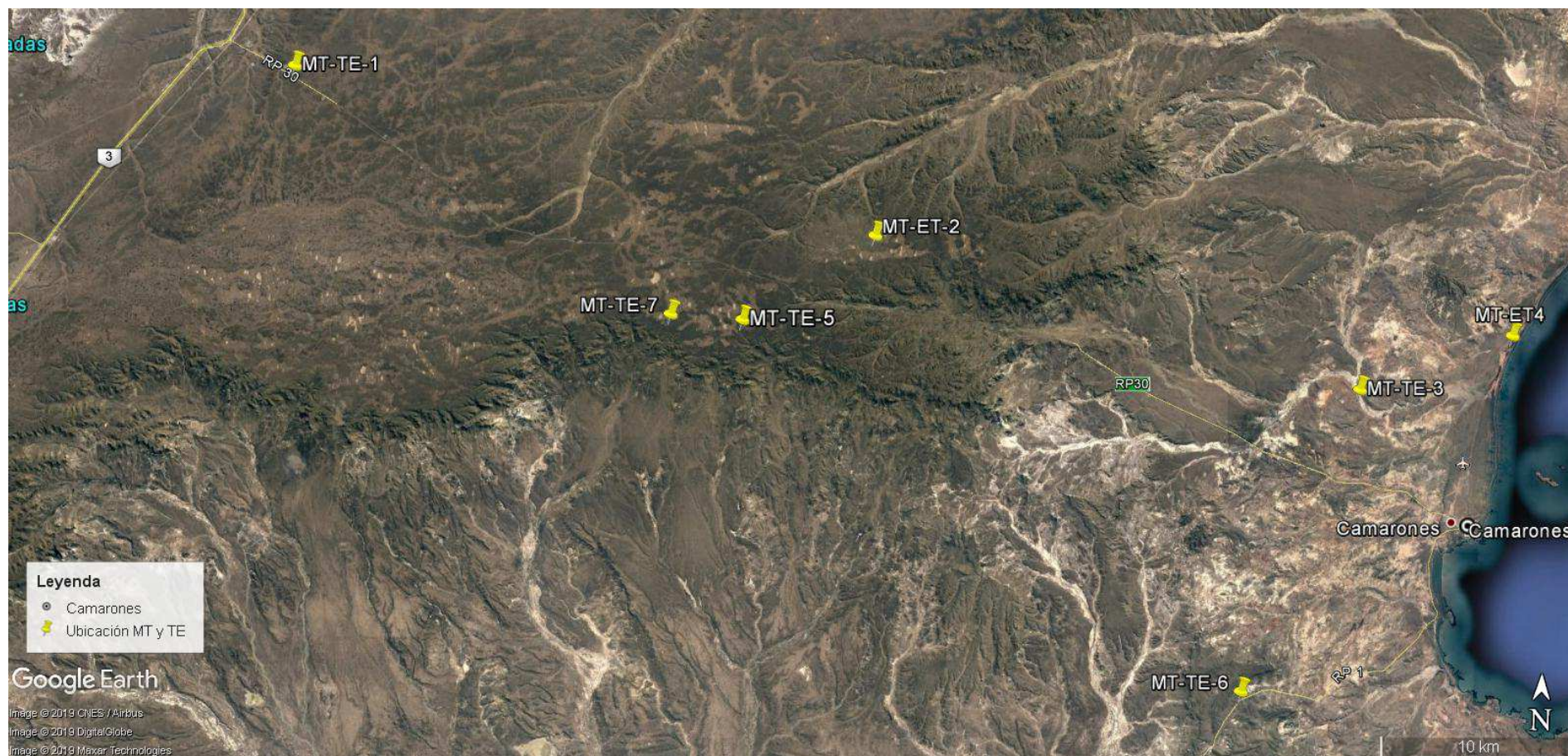
Se realizó la ejecución de la prospección geofísica en su totalidad, Audiomagnetotelurica (AMT) y Tomografía Eléctrica (TE), y la recopilación, revisión y ordenamiento de información de los antecedentes, como así también la interpretación de los datos obtenidos.

1. ÁREA DE ESTUDIO

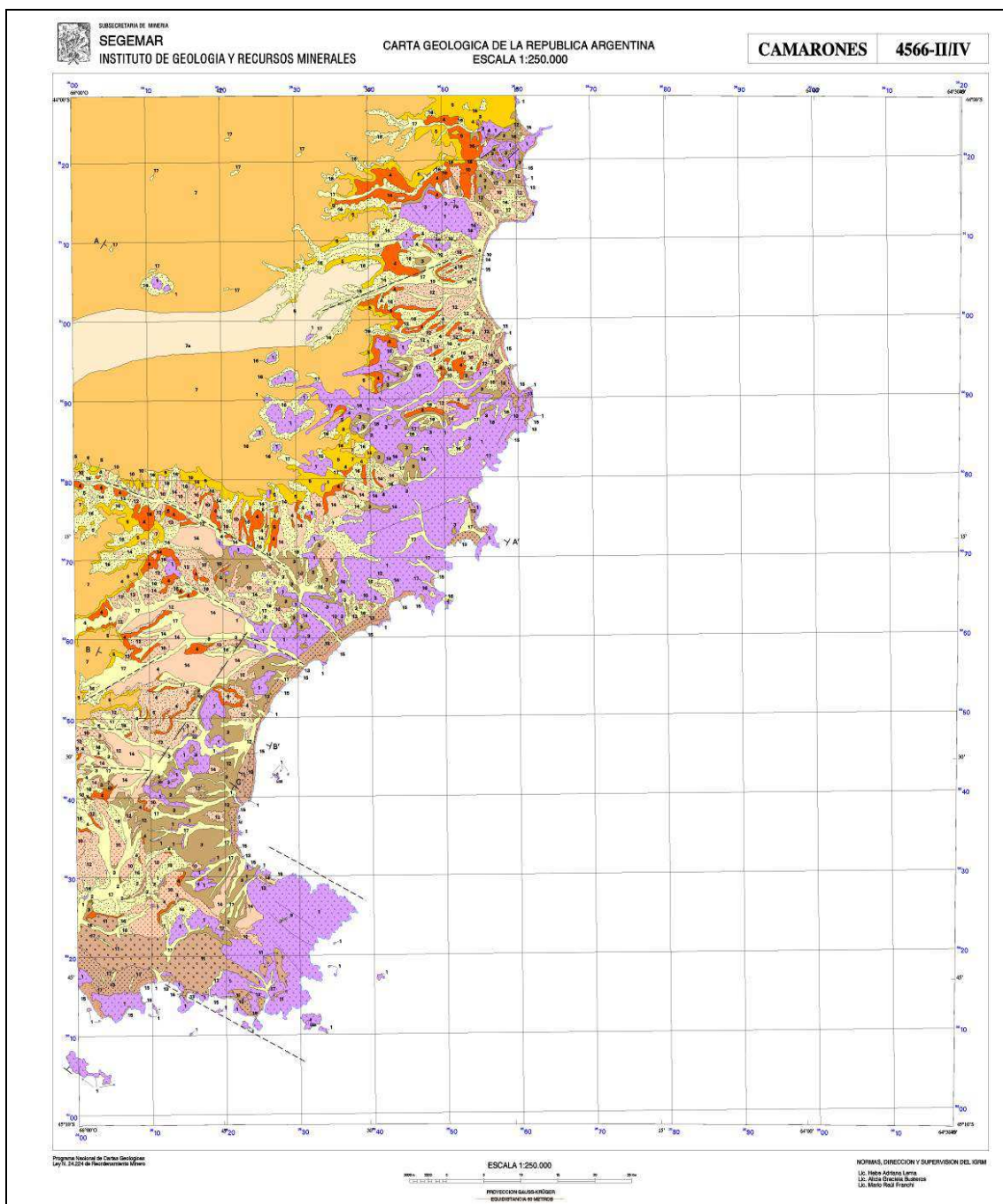
El área del estudio se encuentra al SE de la provincia del Chubut, en las cercanías del Municipio de Camarones. Los perfiles de Tomografía Eléctrica (TE) y Audiomagnetotelurica (AMT) se realizaron en 7 zonas seleccionadas en base a criterios geológicos / hidrogeológicos y geomorfológicos que permiten inferir la presencia de agua subterránea y en las que se encuentran afloramientos de las rocas ígneas del Complejo Marfil de edad Jurásica y de las rocas sedimentarias y volcanoclásticas del Terciario y Cuaternario. (Ver *Mapa 2 y 3*). La ubicación de estas zonas se detalla en la *Tabla 1* y se pueden visualizar en el *Mapa 1*.

Perfil	Latitud	Longitud
Perfil 1	44°36'38.00"S	66°28'13.00"O
Perfil 2	44°40'43.50"S	66°06'02.30"O
Perfil 3	44°44'26.00"S	65°47'12.00"O
Perfil 4	44°42'48.50"S	65°41'21.20"O
Perfil 5	44°43'06.50"S	66°10'59.30"O
Perfil 6	44°52'43.80"S	65°51'26.00"O
Perfil 7	44°43'01.00"S	66°13'43.30"O

Tabla 1. Detalle de ubicación de perfiles.

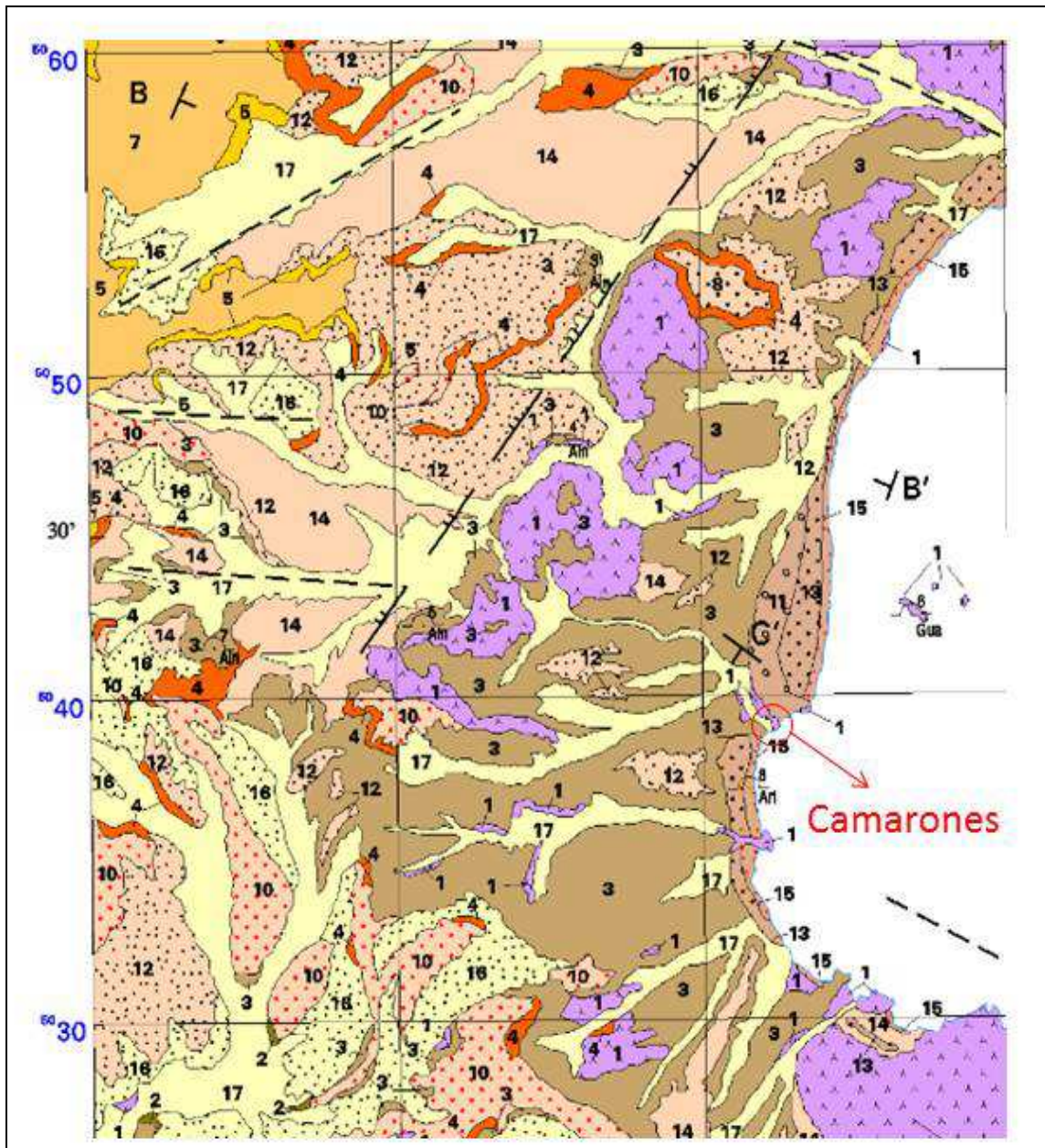


Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Mapa 2. Vista general de la Hoja Geológica 4566-II/IV

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Mapa 3. Vista de detalle de la Hoja Geológica 4566-II/IV. En color violeta se aprecian los afloramientos de las rocas ígneas del Complejo Marifil.

2. TAREAS DESARROLLADAS

Se ejecutaron las siguientes tareas:

2.1. Tomografía Eléctrica.

2.2. Audiomagnetotelurica (AMT)

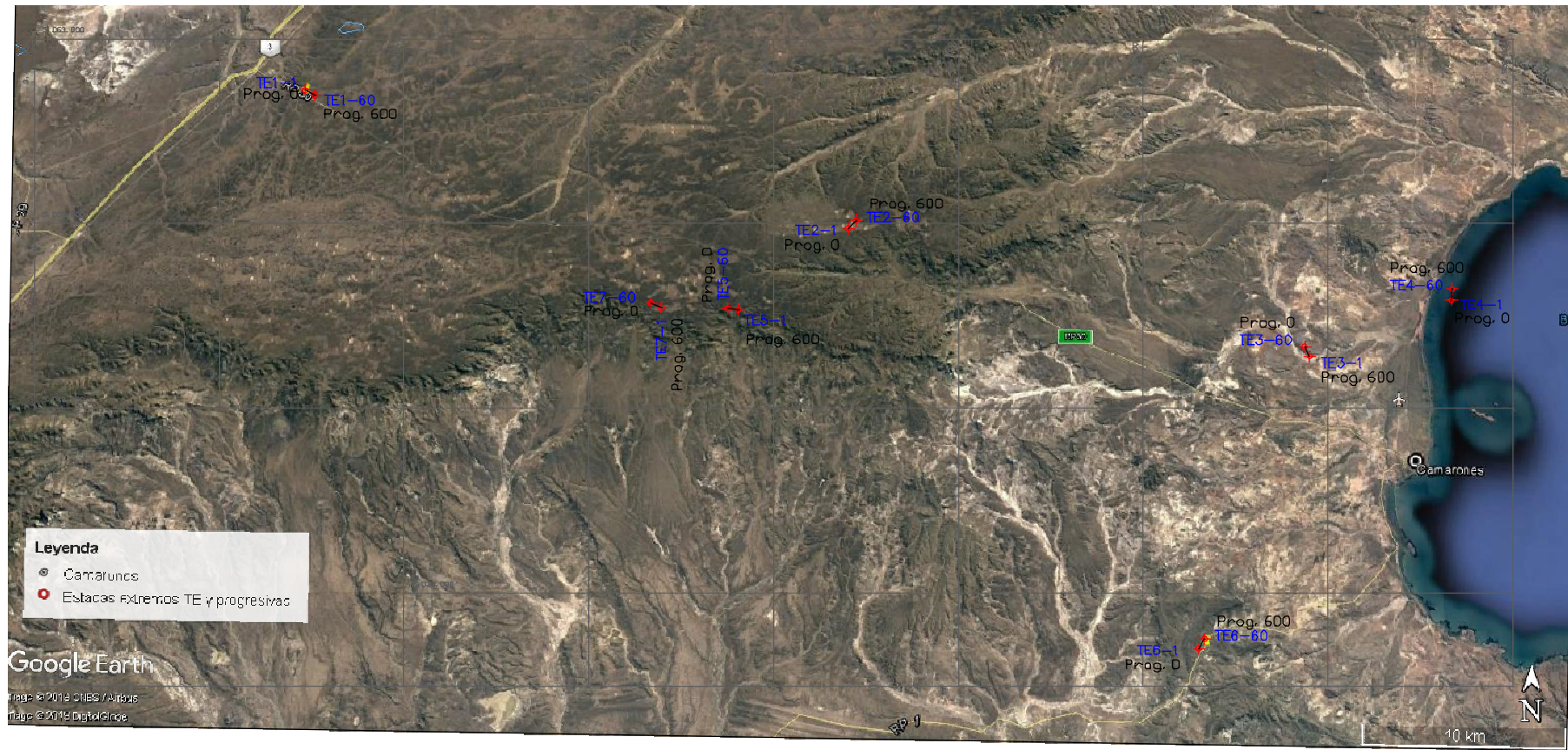
2.1. Tomografía Eléctrica

Se realizaron 7 Perfiles de Tomografía Eléctrica de 60 electrodos c/u separados 10 m y con 16 niveles de investigación en profundidad. Ver *Mapa 4*.

Se determinaron las coordenadas de los extremos de los perfiles en Sistema WGS84. Ver *Tabla 2*.

	EXTREMO	LATITUD	LONG	ALT ELIP
TE1	1	44 36 36.8	66 28 13.7	438
	60	44 36 46.1	66 27 50.4	438
TE2	1	44 40 42.5	66 06 01.5	397
	60	44 40 28.9	66 05 42.7	397
TE3	1	44 44 26.4	65 47 07.1	325
	60	44 44 09.5	65 47 20	332
TE4	1	44 42 41.3	65 41 19.8	8
	60	44 42 28.2	65 41 17.7	8
TE5	1	44 43 05.5	66 10 32	406
	60	44 43 03.3	66 10 58.7	406
TE6	1	44 52 59.1	65 51 39.9	91
	60	44 52 42	65 51 24.6	91
TE7	1	44 43 00.9	66 13 41.*	412
	60	44 42 52.7	66 14 06.9	412

Tabla 2. Coordenadas extremos de perfiles



Mapa 4. Ubicación de las TE y Progresivas

2.1.1. Descripción del método de Tomografía Eléctrica (TE)

Introducción

El método de Tomografía Eléctrica (TE) o Tomografía Geoeléctrica o Calicateo Eléctrico, en su modalidad de Resistividad de Alta Resolución, es una técnica de relevamiento recientemente desarrollada para la investigación de áreas con anomalías superficiales complejas.

En años recientes, se ha producido una tendencia manifiesta hacia el empleo de métodos de resistividad eléctrica en estudios de zonas de geología y anomalías complejas, medioambiente y proyectos de infraestructura, aplicaciones que están jugando un rol significativamente importante en el mundo moderno. Las siguientes características son de fundamental importancia en tales aplicaciones:

- ✓ Elevada resolución para profundidades someras y medias.
- ✓ La cobertura areal es considerablemente mayor que la lograda con los métodos tradicionales, tales como perforación, sondeos mecánicos, calicatas, trincheras.
- ✓ Los resultados son presentados en forma tal que posibilitan una fácil comprensión por parte de Geólogos, Ingenieros, Geotécnicos u otros especialistas.

Para cumplir con tales requerimientos todo el proceso de manejo de datos debe ser sistematizado tanto en las etapas de adquisición, procesamiento, interpretación y presentación de resultados, a fin de coleccionar la mayor cantidad de información posible en el menor tiempo y con la menor probabilidad de error.

Dispositivo empleado

La TE consiste en obtener una serie de medidas de resistividad aparente con un micro dispositivo tetraelectrónico, en este caso se ha empleado el dispositivo Wenner Alfa (Wna), pues crea un campo eléctrico mucho más grande que cualquier otro dispositivo electrónico, con muy buena resolución vertical de anomalías, emplea una separación constante entre electrodos, en este caso de 10 m y se van variando las distancias entre los pares de electrodos emisor-receptor por adición de 10 m cada vez, de tal forma que el resultado final será una sección o corte con investigación a varios niveles de datos o profundidades, denominada pseudosección.

Cada tipo de dispositivo tiene sus ventajas y desventajas de acuerdo al objetivo que se quiera investigar, a la topografía y a las condiciones geológicas en general.

La técnica de campo consiste en extender en el terreno un cable multicanal y configurar en forma axial el dispositivo electrónico elegido, en este caso Wna, es decir se conectaran al terreno una serie de electrodos a los que se les hace circular una corriente de a pares midiéndose el potencial eléctrico generado por esa corriente en otro par electrónico.

Luego de emitir con un par se traslada la emisión a otro par. Por otra parte, el mismo conjunto de electrodos de emisión se emplea como de recepción en otro momento del relevamiento, pudiéndose calcular la resistividad aparente en todos los perfiles de TE.

A continuación se visualiza un gráfico del dispositivo Wna, en el mismo se ven las mediciones para 6 niveles o separaciones de pares de electrodos, y 3 ejemplos con $a = 5\text{m}$, $2a = 10\text{m}$ y $3a = 15\text{m}$, niveles 1, 2 y 3 y su punto de atribución del valor medido. Ver *Figura 1*.

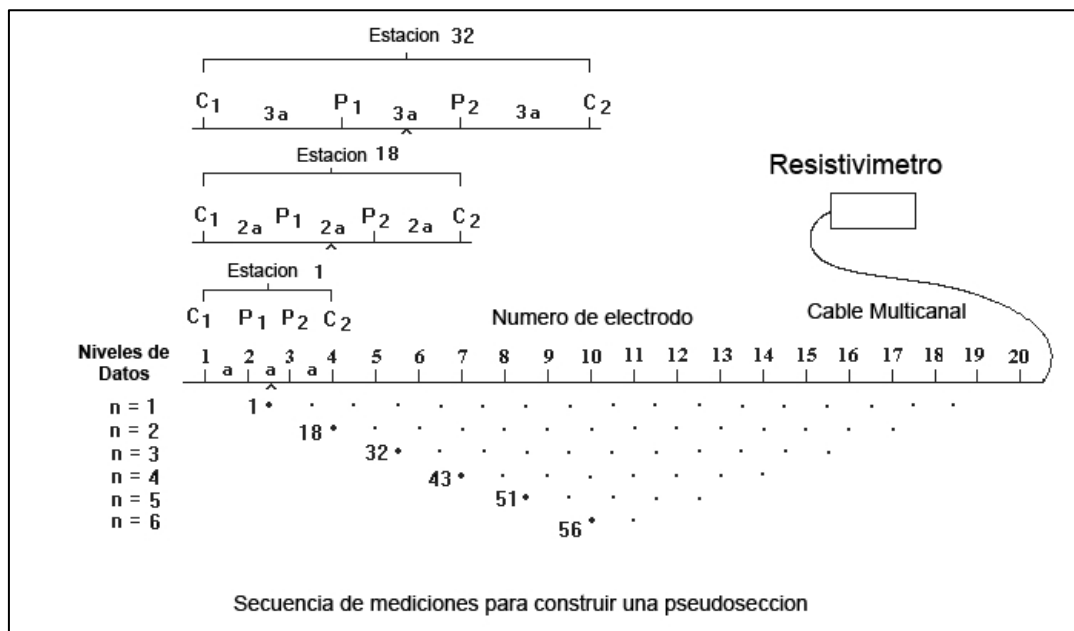


Figura 1. Grafico del dispositivo Wna.

El procedimiento de campo empleado fue extender el cable con capacidad máxima de 60 canales separados cada 10 m

Una vez extendido el cable se procedía a hincar en el suelo, frente a cada conector del cable multicanal, un electrodo de cobre, de ese material con el fin de atenuar los potenciales naturales, conectándolo al canal correspondiente del cable multicanal. Si hacía falta se regaba con agua salada la zona próxima de cada electrodo de cobre hincado a fin de disminuir la resistencia eléctrica del terreno para poder inyectar la mayor cantidad de corriente para realizar, de este modo, una lectura segura de los potenciales creados en el par correspondiente de electrodos debido a la corriente circulante entre otro par electródico.

El instrumento utilizado permite realizar la selección de pares de envío de corriente y de lectura de potencial en forma automática pre programada, con lo cual, una vez instalado el cable y los electrodos, los envíos de corriente, la compensación de potenciales naturales del terreno y las lecturas de las diferencias de potencial eléctrico son realizadas en forma automática, registrándose los valores medidos en forma digital para cada pseudosección medida, con lo cual se evitan errores humanos al realizar un numero grande de mediciones, ya sea por mala elección de los pares electródicos o anotaciones. Ver *Fotografía 1 y 2*.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Fotografía 1. Equipamiento.



Fotografía 2. Cable interconexión electrodos.

2.1.2. Proceso de interpretación

Los resultados se vuelcan en pseudosecciones de resistividades aparentes, como vemos en la *Tabla 3*, esta pseudosección es la correspondiente al modelo de resistividades eléctricas y profundidades verdaderas interpretadas con el programa Zondres2D. Como se aprecia, la misma está conformando de este modo una malla en dos dimensiones.

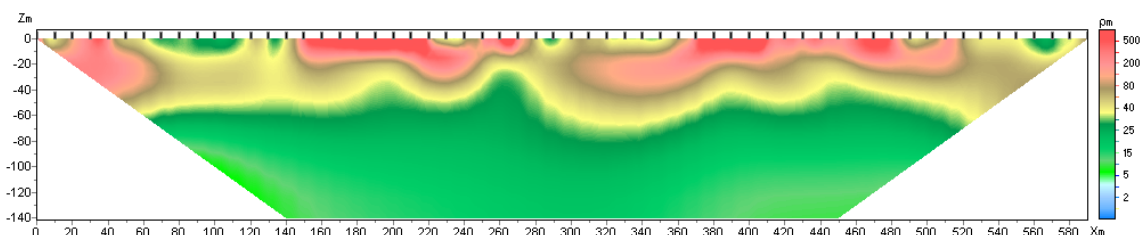


Tabla 3. Pseudoseccion modelo.

La pseudosección constituye una sección con curvas de isorresistividad que reflejan cualitativamente la variación espacial (2D) de la resistividad aparente en el perfil investigado. En la parte superior están marcadas las ubicaciones de los electrodos, en este caso se trabajo con 60 electrodos, en la parte izquierda las profundidades interpretadas en metros, en el eje inferior las progresivas en metros y en la parte derecha una escala de colores que indica el rango de valores de la resistividad eléctrica en ohm-m.

La longitud del perfil, profundidad de penetración y la resolución buscada determinan la separación interelectródica “a”, en este caso de 10 m, porque con esta distancia se combinan la investigación del subsuelo a profundidades convenientes, en este caso unos 140 m de profundidad, con la longitud del perfil a investigar.

La pseudosección de resistividades aparentes, por último y como factor esencial, se somete a un modelado 2D mediante el empleo de un programa computacional de elementos finitos y diferencias finitas, en este caso se utilizo el programa Zondres2D que transforma la pseudosección de resistividades aparentes 2D en una sección de resistividades y profundidades verdaderas 2D, que posteriormente se correlaciona con información geológica, perforaciones, freáticos, etc., a fin de delimitar y cualificar las anomalías en profundidad.

2.1.3. Resultados

Procesamiento e Interpretación en TE

El resultado obtenido es un conjunto de datos de resistividad aparente dispuestos en forma de pseudosección, a partir de los cuales se efectúa una interpretación cualitativa, permitiendo inferir la existencia de sectores subterráneos anómalos.

Posteriormente, y una vez identificados los mismos, se lleva a cabo un post-procesamiento efectuando un modelado 2D introduciendo los datos en el programa que calcula por rutinas de inversión la resistividad verdadera y profundidad del subsuelo. Las capas que muestran los gráficos son capas geoeléctricas y no geológicas.

Debe tenerse en cuenta que las superficies de separación del corte geoeléctrico no coinciden siempre con los límites geológicos determinados por caracteres litológicos, genéticos y estructurales en general, de tal modo que puede suceder que un subsuelo homogéneo, desde el punto de vista geológico, se subdivida en varios horizontes geoeléctricos y a la inversa, que varios horizontes geológicos se unan en uno solo geoeléctrico. Esto se debe a que en el corte geoeléctrico influyen características tales como el contenido de humedad, composición química, granulometría, salinidad, etc.

El software de interpretación elige una escala que permite una buena visualización de las diferentes capas geoeléctricas para cada TE, esta escala es automática y diferente para la interpretación de cada pseudosección. En este caso hemos construido una escala de 0 a 500 ohm-m (Ver *Tabla 4*) y la hemos utilizado en todas las TE a los efectos de facilitar la visualización y correlación de todos los perfiles geoeléctricos. Por lo tanto el mismo color se corresponderá con el mismo rango de resistividad en todos los gráficos.

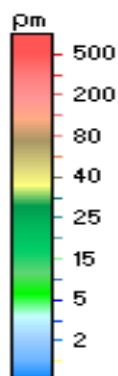


Tabla 4. Escala de colores de resistividad utilizada

De acuerdo a los antecedentes y resultados obtenidos se realizó una tabla de valores geoeléctricos (Ver *Tabla 5*) en las que se detalla, en base a las resistividades eléctricas interpretadas, a que medio geológico presente en el área podrían pertenecer:

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

Unidad	Intervalo promedio de resistividad (ohm-m)	Interpretación probable de la unidad geoelectrica
1	<1	Capas de ultra baja resistividad, lixiviados, materiales arcillosos, con líquidos intersticiales muy salobres
2	1 - 3	Capas de muy baja resistividad, lixiviados, materiales arcillosos, con líquidos intersticiales menos salobres que la anterior
3	3 - 10	Capas de bajas resistividades, materiales arcillosos, con líquidos intersticiales poco salobres
4	10 - 30	Capas de resistividades medias bajas. Arcillas no saturadas, limos saturados con agua salobre.
5	30 - 80	Capas de resistividades medias. Limos saturados con agua poco salobre. Puede haber presencia de medio poco arenoso con gravas y areniscas
6	80 - 200	Capas de resistividades medias. Limos no saturados, arenas y gravas saturadas, tobas y areniscas
7	200 - 500	Capa de resistividades medias altas. Limos no saturados, arenas y gravas saturadas, tobas y areniscas

Tabla 5. Identificación y delimitación de unidades geoelectricas

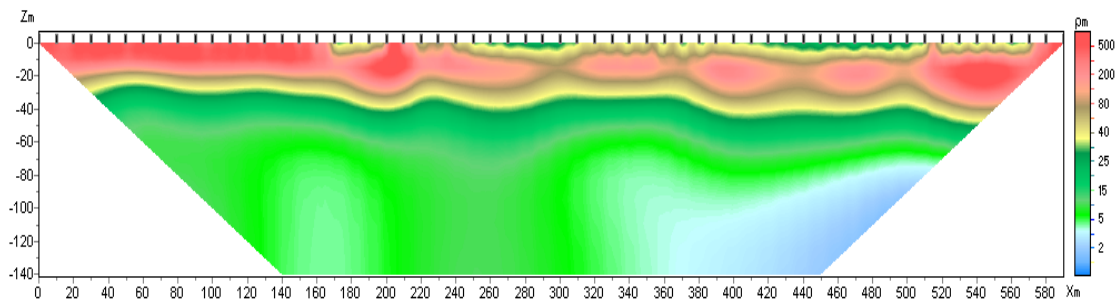
La presencia de rellenos heterogéneos con aguas intersticiales con diferentes valores de salinidad pueden modificar estos valores. La presencia de minerales conductores en la roca también lo hace. En ambos casos los valores obtenidos de una capa son significativamente menores a lo esperado, pudiendo confundirse con capas arcillosas. Los sedimentos superficiales húmedos disminuyen el valor de la resistividad de la capa, mas si en la misma hay contenido de sales.

Por lo que cada TE interpretada en el presente trabajo, ver *Anexo 2*, ha sido correlacionada considerando estos hechos. Igualmente entendemos que la escala propuesta será válida en la mayoría de las situaciones.

A continuación se presentan los perfiles interpretados:

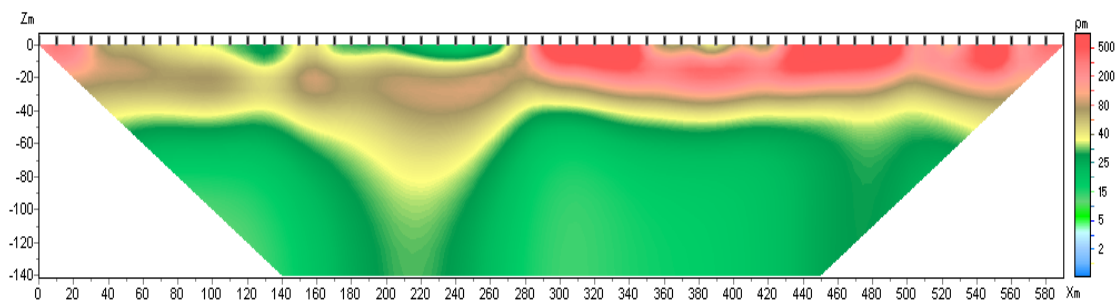
TE 1

En este Perfil se aprecian los mayores valores de resistividad eléctrica (ρ_r) en proximidades de la superficie hasta unos 25-30 m de profundidad a partir de la cual dichos valores disminuyen gradualmente en profundidad, siendo los más bajos en las mayores progresivas.



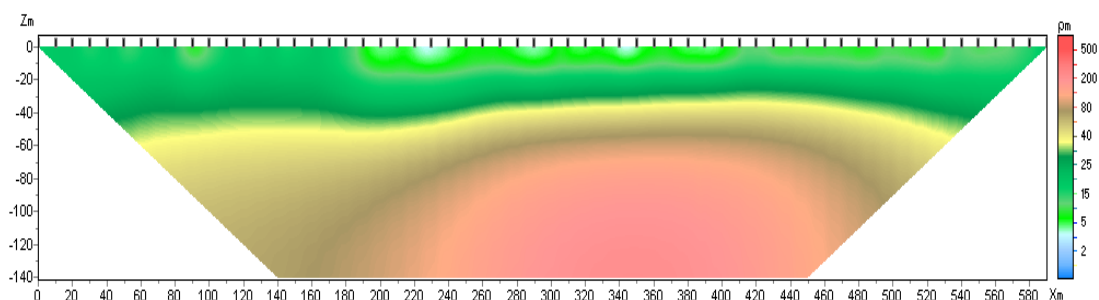
TE 2

Aquí también se aprecian los mayores valores de ρ_r del Perfil desde cercanías de la superficie, salvo una franja entre las Prog. 100 a 270 m con unos 10 m de profundidad, hasta unos 40 m de profundidad, habiendo una zona entre las Prog. 140 y 280 m donde los mismos se profundizan hasta 80 m. A partir de los 40 m de profundidad en un caso y de los 80 m en el otro hay una disminución gradual de los valores de ρ_r .



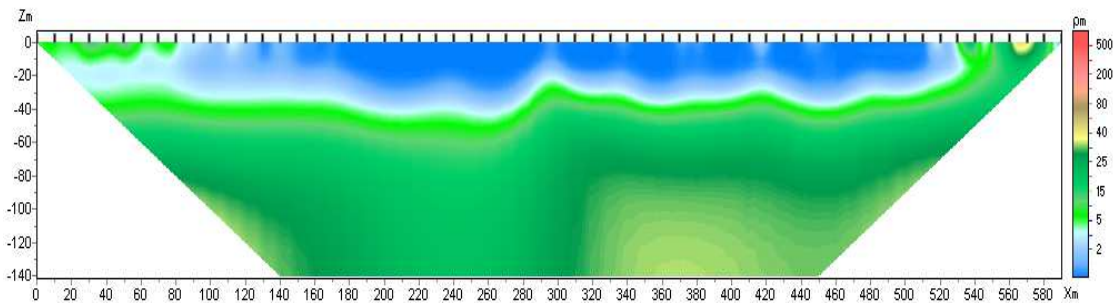
TE 3

En este Perfil se encuentran los menores valores de ρ_r desde la superficie hasta unos 40-50 m de profundidad, a partir de aquí la ρ_r aumenta gradualmente siendo mayor hacia las altas progresivas.



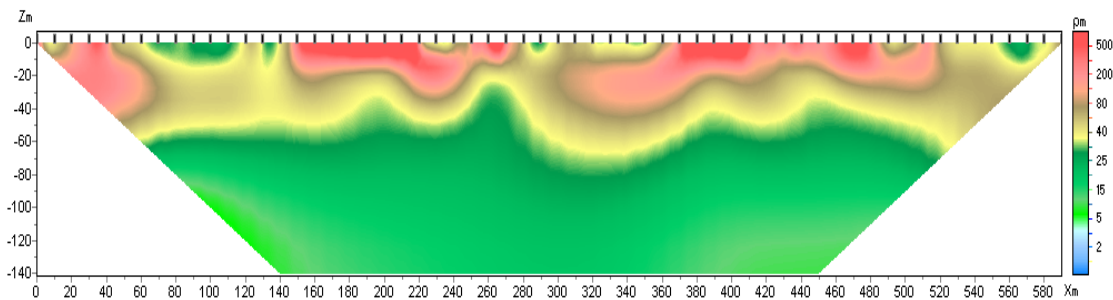
TE 4

Como en el caso anterior en este Perfil se encuentran los menores valores de τ desde la superficie hasta unos 40 m de profundidad, a partir de aquí la τ aumenta gradualmente siendo mayor hacia las altas progresivas. Los valores muy bajos de τ en superficie se deben a que este Perfil fue realizado en la cota mas baja próximo a la playa, es un área que cuando llueve se forma una laguna.



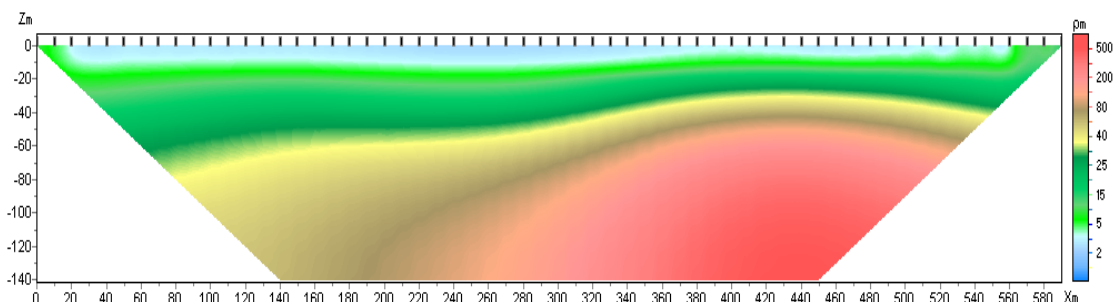
TE 5

Se aprecian los mayores valores de τ del Perfil desde cercanías de la superficie, salvo en lugares puntuales con unos 10 m de profundidad, hasta unos 40-60 m de profundidad. A partir de aquí hay una disminución gradual de los valores de τ con la profundidad.



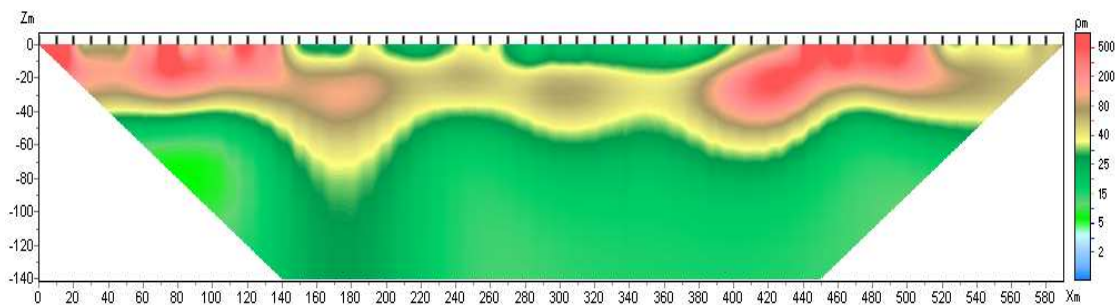
TE 6

Como en el caso muy parecido a este del Perfil 3, encontramos los menores valores de τ desde la superficie hasta unos 40-60 m de profundidad, a partir de aquí la τ aumenta gradualmente siendo mayor hacia las altas progresivas. En este perfil la parte mas superficial posee muy bajos valores de τ .



TE 7

Se aprecian los mayores valores de ρ del Perfil desde cercanías de la superficie, salvo una franja entre las Prog. 160 a 400 m con unos 10 m de profundidad, hasta unos 40-50 m de profundidad, habiendo una zona entre las alrededor de la Prog. 180 m donde los mismos se profundizan hasta 80 m. A partir de los 40-50 m de profundidad en un caso y de los 80 m en el otro hay una disminución gradual de los valores de ρ .



Instrumental utilizado

Se utilizó el instrumental marca AIDU modelo ADUK-2A, ver *Fotografía 3*, compuesto de un resistivímetro DZD-6A, un trasductor múltiple de 120 canales DUK-2A, un detector de 120 canales y cuatro cables multicanal para conectar hasta 120 electrodos.



Fotografía 3. ADUK-2A.

Receptor DZD-6A

Rango de tensión medida: $\pm 6V$

Precisión de tensión medida: $\pm 1\% \pm 1\text{ppm}$

Impedancia de entrada: $> 50M\Omega$

Precisión polarizabilidad aparente: $\pm 1\% \pm 1\text{ppm}$

Rango de medición de corriente: $5A$

Exactitud de medición de corriente: $\pm 1\% \pm 1\text{ppm}$

El filtro de rechazo de 50 Hz es superior a 80 dB.

Rango de compensación SP: $\pm 1V$.

Transmisor

La tensión de alimentación máxima: $900V$

La corriente de alimentación máxima: $5A$

Ancho del pulso de alimentación es de 1-59 segundos.

Otros

Temperatura de ejecución: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, humedad $\leq 95\%$.

Temperatura de almacenamiento: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fuente de alimentación del instrumento: baterías estándar.

Peso: $6,3\text{ kg}$

Volumen: $310 * 210 * 200\text{ mm}$

Especificaciones principales del transductor múltiple de conmutación:

Número total de electrodos: hasta 120 canales. Los modelos de configuraciones: de cuatro polos: WN, SB-1, SB-2, dipolo-dipolo, perfilado combinado, diferenciada, de dos polos método CT, de tres polos: roll-up, trielectrónica simple y combinada. Etc.

Elección del factor de intervalo del espaciamiento: para establecer el intervalo del factor mínimo n (MIN) y el máximo n (MAX) que por el trabajo se requiera. La integración de 80 caracteres en la pantalla LCD de 16 teclas puede hacer una forma operacional de diálogo hombre - PC que tienen que ver con las funciones de configuración del modelo de trabajo, la introducción de parámetros, la detección del estado, y el seguimiento del proceso en ejecución mediante la visualización de los parámetros de medición.

Capacidad de aislación: $500 M\Omega$

Tolerancia a la tensión: $450 V\text{ DC}$

La corriente máxima permitida: $2A$

Otros:

Temperatura: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ Humedad: $\leq 95\%$

Volumen: $300 * 200 * 160\text{ (mm)}$

Peso: $5,5\text{ kg}$

Fuente de alimentación: baterías standard

2.2. Audiomagnetotelúrica

2.2.1 Descripción del método Audiomagnetotelúrica (AMT)

Consideraciones generales

En el caso de los métodos eléctricos o electromagnéticos la propiedad a determinar es la resistividad eléctrica (o su inversa: la conductividad). El conocimiento de la distribución de la resistividad eléctrica de la tierra es un pilar fundamental en la exploración, pues aporta información sobre saturación de agua, rocas consolidadas, tipo de rocas, y/o grado de fracturación de las mismas, determinación de cuerpos, estructuras geológicas y cualquier tipo de anomalía detectable basándose en el contraste de la resistividad eléctrica.

Breve descripción del método

El método MT emplea la difusión en el interior de la tierra de las ondas electromagnéticas naturales en un amplio rango de frecuencias para encontrar un modelo de la resistividad eléctrica del subsuelo en profundidad. Las fuentes naturales de los campos electromagnéticos son esencialmente originadas en la ionósfera para las frecuencias más altas (audio magnetotelúrica) típicamente entre 1hz a 10^4 hz y en la magnetosfera para las frecuencias mas bajas de magnetotelúrica, típicamente entre 1hz a 10^{-4} hz. Bajo la hipótesis de campo lejano, el campo electromagnético (EM) puede ser considerado en superficie como ondas planas. Los campos EM que se generan en respuesta a las ondas primarias incidentes proveen información indirecta de las propiedades eléctricas de la Tierra a profundidades desde pocos metros hasta cientos de kilómetros, dependiendo de la conductividad del suelo y del rango de frecuencias en el que se registra la señal.

El principio de funcionamiento del método es el denominado efecto skin, por lo tanto la profundidad de investigación está determinada por el valor de la frecuencia de las señales, o sea a menor frecuencia mayor penetración, dependiendo también del corte geológico del terreno, por lo cual no se puede establecer a priori para cada frecuencia una penetración determinada.

Los datos registrados son guardados en una tarjeta de memoria y transferidos a una computadora portátil. Se analizan las series temporales correspondientes a las distintas componentes de los campos eléctrico y magnético de forma visual para detectar zonas de ruido o ausencia de correlación. Se aplican diferentes métodos de procesamiento de las series para calcular la transformada de Fourier, crosspower, estimación de coherencia y técnicas robustas que permitan obtener el tensor de impedancia de 4 elementos complejos que caracterizan los parámetros eléctricos del medio, la dimensionalidad y la presencia de posibles distorsiones producidas por cargas eléctricas en cuerpos superficiales.

A partir de este tensor de impedancia se calculan la resistividad aparente y la fase para cada frecuencia. Estas curvas de resistividad aparente y fase se interpretan con modelos de capas (1D) o con un modelo que incluya variaciones en profundidad y en una de las coordenadas horizontales (2D), según sean las características estructurales de la zona, con lo cual se obtiene una interpretación de profundidades y resistividades eléctricas del subsuelo, las que relacionadas con la geología del área nos dará un modelo geológico de la misma.

Al medir también la componente vertical del campo magnético, Hz, se calcula la función de transferencia magnética que es un vector que relaciona las componentes horizontales con la vertical del campo magnético. Su valor muestra, si existen, discontinuidades laterales en la resistividad del medio.

Procesamiento

- Programa KMS-820
Este programa es para la adquisición de datos y descarga de los mismos a una computadora para su posterior procesamiento.
- Programa KMS-200 MT - Procesamiento con KMS-200
El software de procesamiento está basado en el código robusto desarrollado por Gary Egbert para una estación MT. Estas rutinas han sido usadas por varios grupos de trabajo tanto en la actividad académica como en la actividad privada, y han demostrado ser un excelente software de procesamiento de datos MT.
En el procesamiento robusto, la estimación de la función de transferencia se realiza en 3 etapas:

Etapas 1: Estimación de los coeficientes de Fourier para segmentos cortos de tiempo. Para esto se toma una ventana temporal de pequeña longitud, 128 datos, luego se aplican técnicas llamadas *downsampling* donde el usuario define los factores de decimación en el programa **kms_dnff.exe**

Etapas 2: Estimación robusta de las funciones de transferencia con el programa que calcula el Espectro de potencias (Cross spectra y Auto spectra).

Etapas 3: Conversión a Formato EDI. Las funciones de transferencia y la estimación de los errores dados por el algoritmo de Egbert pueden ser convertidas al formato EDI por un tercer programa llamado **zss2edi.exe**. La conversión a este formato le permite la lectura con otros programas comerciales. También se obtiene un archivo ASCII con valores de resistividad aparente y fase pudiendo obtener así una salida gráfica.

Estructura

El software necesita una estructura en las carpetas donde se archivan los datos, archivos de configuración y parámetros del sistema como por ejemplo las calibraciones de las bobinas magnéticas y las salidas del procesamiento.

Test de Consistencia

En aquellos casos donde las curvas son ruidosas, y como parte del procesamiento, cuando se detecta que la resistividad aparente esta sesgada hacia valores menores debido al ruido, efecto denominado “bias”, se utiliza el algoritmo D+ para corregir este efecto.

Este algoritmo puede mejorar los valores de resistividad. Se obtienen las curvas suavizadas donde la resistividad aparente es consistente con la fase medida.

Determinación de dimensionalidad

Una vez calculadas las resistividades aparentes y los ángulos de fase correspondientes es posible hacer simplificaciones basadas en la naturaleza del medio. Hay casos donde el terreno se comporta como un medio unidimensional (homogéneo). En éste caso hay solamente un valor de resistividad aparente y uno de fase para cada frecuencia, los cuales dependen solamente de variaciones verticales de la conductividad del subsuelo. En el caso bidimensional, si la medición se llevó a cabo en los ejes principales, es decir a lo largo y perpendicularmente a una estructura regional, entonces la resistividad aparente y la fase corresponden a los dos modos de polarización de los campos, TE y TM. Encontrar la dirección de la estructura es parte del proceso de interpretación puesto que proporciona las características estructurales del medio.

Software utilizado

Se ha utilizado el código OCCAM (Constable et al., 1987, Geophysics 52, 3,289) incluido en el módulo de Inversión 1D del software Winglink®. Este algoritmo es muy eficiente en el sentido que previene la aparición de capas con resistividades eléctricas extremas que pueden no ser verdaderas y superan las limitaciones del método experimental.

La estrategia donde se consigue la suavidad al aumentar el número de capas, conduce a este tipo de inversión que es esencialmente estable y rápida y permite definir las capas principales correspondientes a un conjunto de datos. Para la inversión 2D, se ha utilizado el código desarrollado por Randy Mackie, incluido en el módulo de Inversión 2D del software Winglink®, el cual resuelve el problema inverso 2D a través del método de gradientes no lineales conjugados (NLCG).

2.2.2. Trabajos realizados (AMT)

Fueron ejecutados 7 sondeos de Audiomagnetotelúrica (AMT) en proximidades de la ciudad de Camarones, con la finalidad de determinar el corte eléctrico del subsuelo con el objetivo de brindar información anticipada del mismo para el seguimiento de las futuras perforaciones a fin de determinar las profundidades de las mismas cuando atravesen las capas interpretadas y poder saber de este modo donde se encuentra las zonas de interés ya que a partir de aquí no se justificaría continuar con las perforaciones.

El método consiste en medir los campos naturales eléctricos y magnéticos inducidos en el subsuelo por la actividad de la radiación solar y su interferencia con la ionosfera y también por tormentas eléctricas, en un amplio rango de frecuencias, de acuerdo a la profundidad de investigación a que se quiera llegar, en este caso se llegó a más de 500 m.

Se hacen modelos 1D para lograr obtener capas con un contraste de resistividades eléctricas con el fin de determinar el corte resistivo del subsuelo y poder interpretar al mismo.

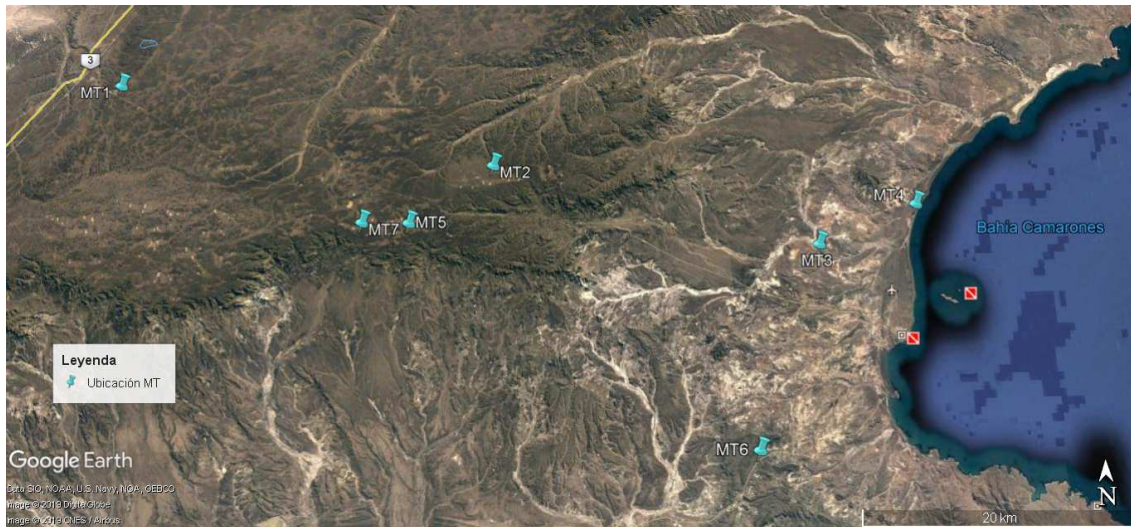
La información recopilada se relaciona, por un lado, con las características topográficas del sitio, para lo cual se contó con información obtenida del Google Earth. El otro aspecto a cubrir fue el de la información geológica. En este sentido se tuvo en cuenta los antecedentes de las perforaciones de diversos sitios de la provincia.

A los fines de la investigación, para que la adquisición de datos no se viera muy afectada por fuertes ruidos o perturbaciones a los campos eléctricos y magnéticos, y con la finalidad de obtener resultados geofísicos interpretables, se buscó sitios lo más alejados posible de las fuentes de interferencias.

Cabe destacar que el área se encuentra en una zona de relieve irregular, próximo al océano atlántico, lo cual constituye también una fuente de interferencia.

La ubicación de los 7 sondeos ejecutados se aprecia en la imagen del plano correspondiente. Ver *Mapa 5*.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Mapa 5. Ubicación de perfiles MT.

La ejecución de los sondeos se realiza de acuerdo a la metodología general del trabajo de campo se puede resumir de la siguiente manera:

- Al llegar a los lugares se instalaban las estaciones de AMT, se medía la misma mediante los sensores magnéticos constituidos por las bobinas Lemi 118 para el rango de frecuencias de 1 a 70.000 Hz.
- Luego se medía la estación de MT para lo cual solo se cambiaban las bobinas Lemi 118 por las Lemi 120 para el rango de frecuencias de 0.00001 a 1.000 Hz
- La instalación de la estación se realiza según el esquema mostrado en el siguiente croquis, ver *Figura 2*, donde Hx, Hy y Hz son los sensores magnéticos y Ex e Ey los dipolos para medir el campo eléctrico, estos últimos se mantenían tanto para las mediciones AMT como las MT.

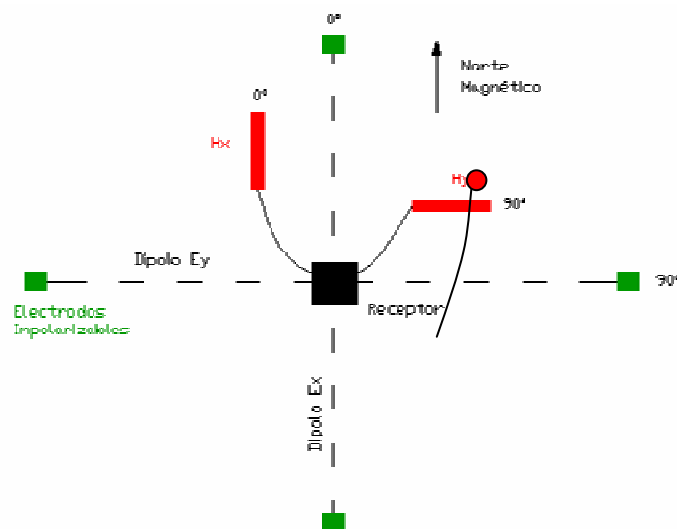


Figura 2. Instalación AMT.

- La longitud de los dipolos entre electrodos impolarizables fue de 60 m para todos los sondeos, salvo el 21 que fue de 50 m. El norte magnético fue determinado mediante una brújula Wild montada sobre trípode, centrada en el origen del sistema donde se ubica el Receptor marca KMS modelo 820 con número de serie 11-0009. Una vez replanteado el norte magnético se replanteaban las posiciones de los electrodos impolarizables, ver *Fotografía 4*, marca Lema, modelo 701 números de serie del par 0743/0745 y 1010/1100.



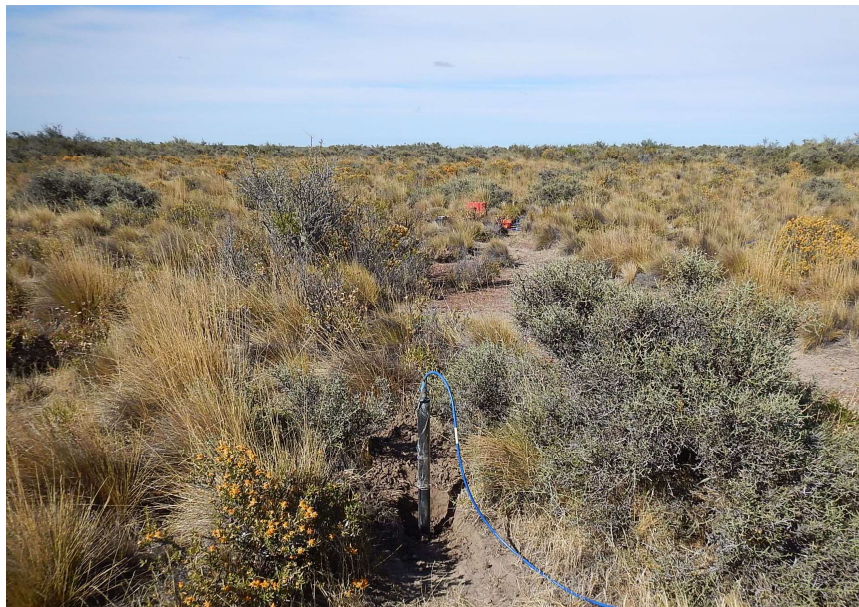
Fotografía 4. Electrodo impolarizable marca Lema modelo 701AMT.

- Se utilizaron las bobinas del magnetómetro de inducción marca Lema modelo 118 con números de serie 0008, 0019 y 0020, ver *Fotografías 5* y *6*, para la medición de los campos magnéticos horizontales (x, y) y vertical (z), que registran entre 1 Hz a 70 kHz, lo que permite realizar una exploración completa a partir de proximidades de la superficie. Luego se instalaban las bobinas del magnetómetro de inducción marca Lema modelo 120 con números de serie N476, N477 y N478, ver *Fotografías 7* y *8*, para la medición de los campos magnéticos horizontales (x, y) y vertical (z), que registran entre 0,00001 Hz a 1 kHz.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Fotografía 5. Bobina vertical Lemi 118.



Fotografía 6. Bobina vertical Lemi 118.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Fotografía 7. Bobina horizontal Lemi 120.



Fotografía 8. Bobina horizontal Lemi 120.

- Se registró con las frecuencias de muestreo de 10 khz en AMT en un lapso de tiempo suficiente para obtener una buena estadística de los datos, por lo general 45 minutos.
- Se controlaron los datos registrados in-situ mediante un sistema Wi-Fi que posee el equipo.

Las señales recibidas son amplificadas, filtradas, digitalizadas y guardadas en una tarjeta de memoria del receptor KMS-820, ver *Fotografía 9*.

El tiempo en el receptor está controlado mediante un sistema GPS.

Para medir el campo eléctrico, se utilizan 2 líneas cuyos extremos están en contacto con el medio mediante electrodos impolarizables Lema 701 formando dos líneas eléctricas ortogonales, una de las cuales se orienta hacia el norte magnético.



Fotografía 9. Receptor KMS-820 y Conexiones.

Resultados

Modelos inversos 1D

Una vez procesadas las series temporales se determina el tensor de impedancia que depende de la frecuencia y a partir de este último se calculan las resistividades aparentes (ρ_{xy} y ρ_{yx}) y las fases del tensor de impedancia (ϕ_{xy} y ϕ_{yx}) en función de la frecuencia. Realizados estos pasos, se está en condiciones de calcular el modelo inverso 1D de cada estación. Ver *Anexo 3*.

A continuación se presenta, *Cuadro 1*, un resumen de los principales conductores encontrados por medio de prospección Magnetotelúrica, así como sus respectivos apoyos hidrogeológicos:

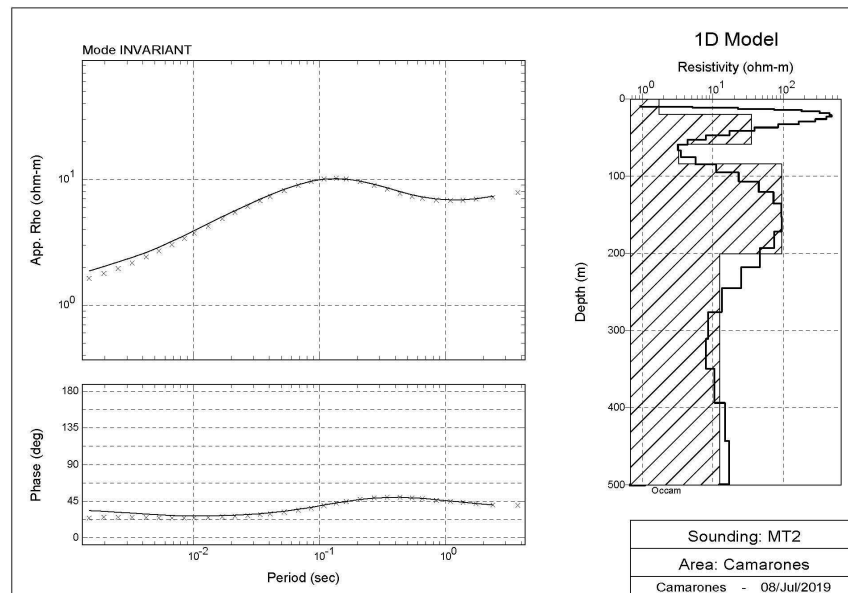
Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

Estación	Cota	Acuitardo libre			Acuitardo salobre		
		Desde (m)	Hasta (m)	Resistividad (Ohm m)	Desde (m)	Hasta (m)	Resistividad (Ohm m)
MT1	438	388	373	15	373	298	<0.1
MT2	397	377	337	30	337	312	3
MT3	327		-		327	315	0,3
MT4	8	-62	-82	30	-82	-187	0,1
MT5	406	366	326	3	326	246	<0.1
MT6	91		-		91	66	2
MT7	412	387	357	5	357	332	1

Cuadro 1. Cuadro de conductores.

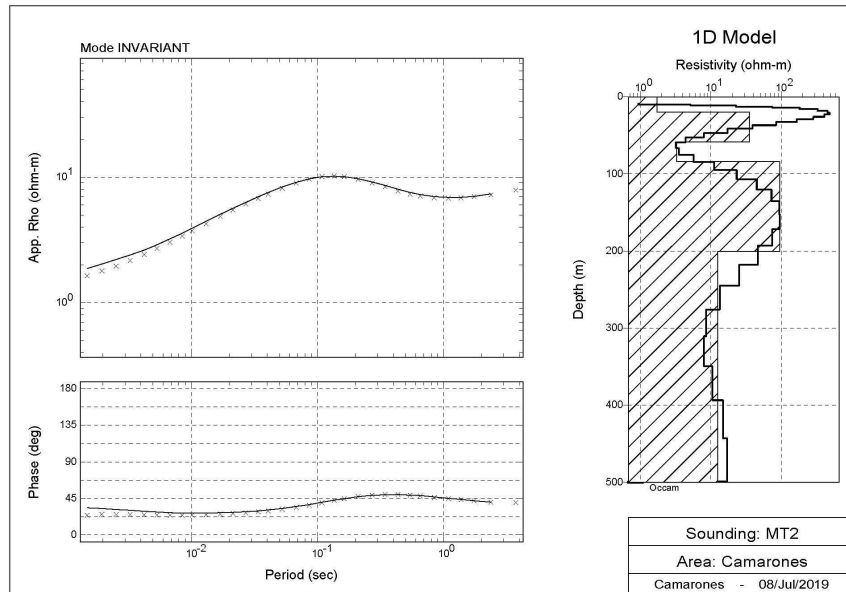
MT1

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, encontrándose una posible capa saturada con agua dulce, cuya resistividad eléctrica es igual a 15 Ohm-metro, entre 388 m y 373 metros de profundidad, donde se encuentra una posible capa saturada con agua salada de resistividad eléctrica menor a 0.1 Ohm-metro, hasta 298 metros de profundidad.



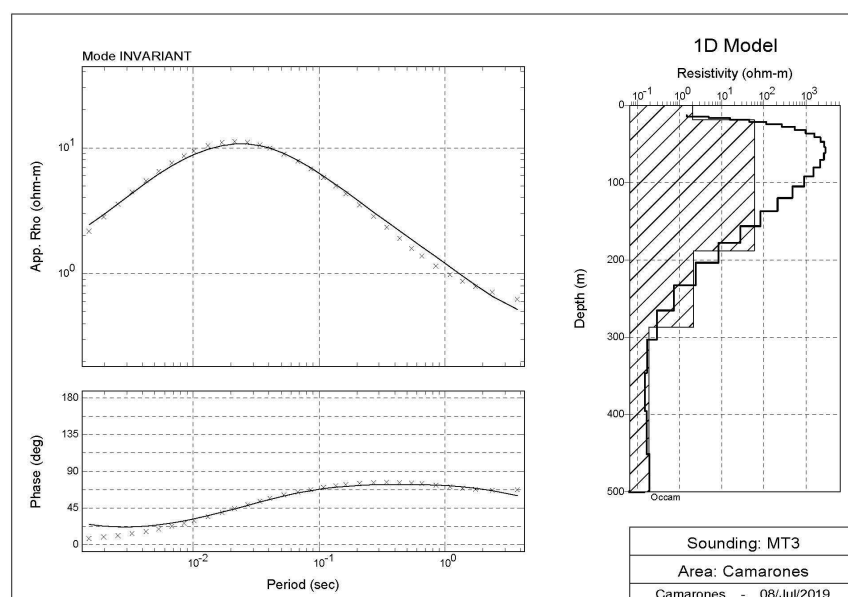
MT2

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, encontrándose una posible capa saturada con agua dulce, cuya resistividad eléctrica es igual a 30 Ohm-metro, entre 377 m y 337 metros de profundidad, donde se encuentra una posible capa saturada con agua salada de resistividad eléctrica igual a 3 Ohm-metro, hasta 312 metros de profundidad.



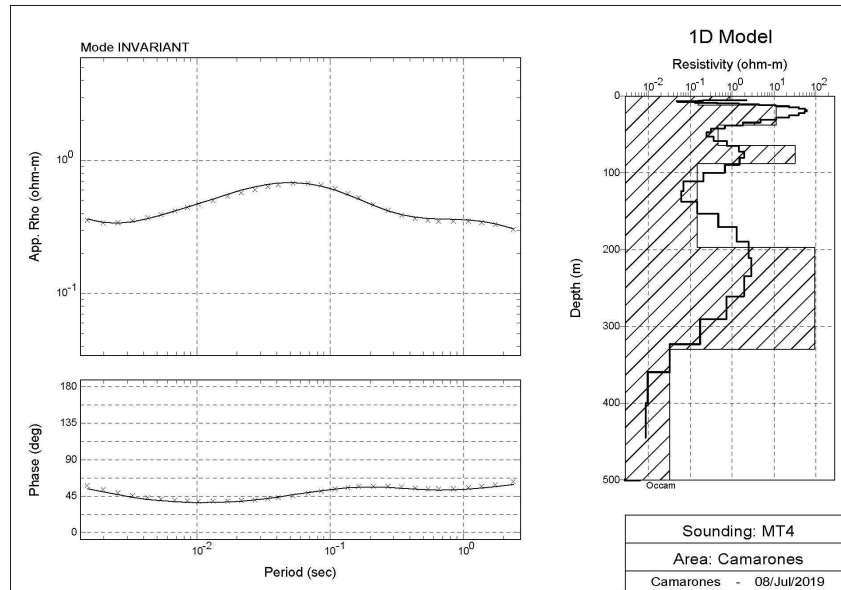
MT3

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, sin encontrarse una posible capa saturada con agua dulce en la zona somera.



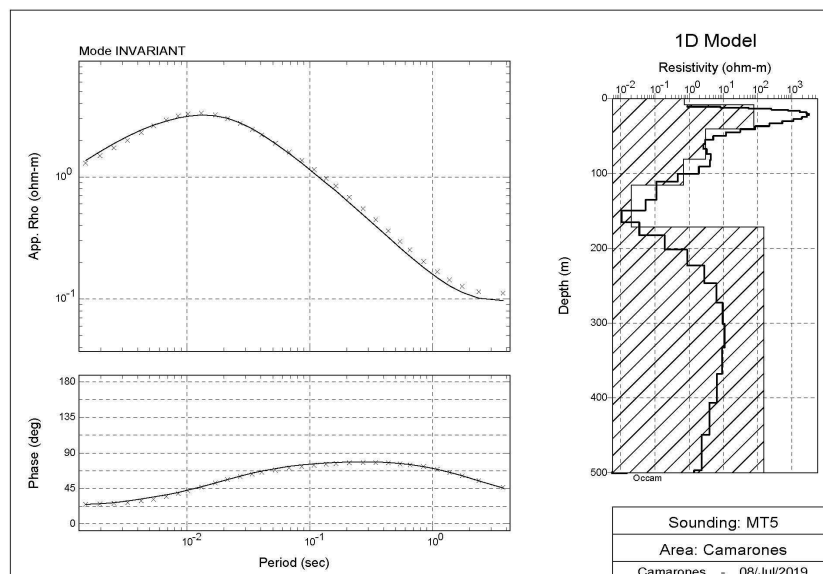
MT4

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, encontrándose una posible capa saturada con agua dulce, cuya resistividad eléctrica es igual a 30 Ohm metros, entre -62 m y -82 metros de profundidad, donde se encuentra una posible capa saturada con agua salada de resistividad eléctrica igual a 0.1 Ohm-metro, hasta -187 metros de profundidad.



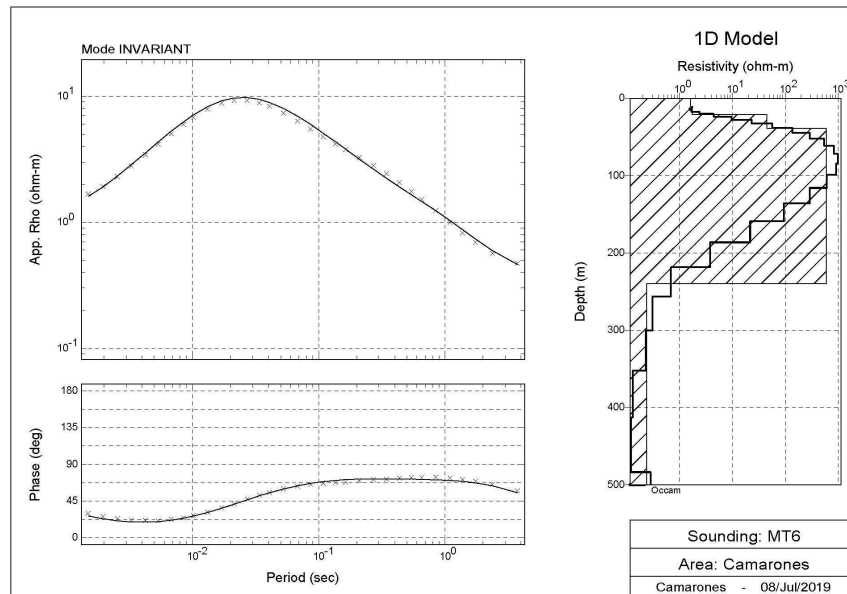
MT5

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, encontrándose una posible capa saturada con agua dulce, cuya resistividad eléctrica es igual a 3 Ohm metros, entre 366 m y 326 metros de profundidad, donde se encuentra una posible capa saturada con agua salada de resistividad eléctrica menor a 0.1 Ohm-metro, hasta 246 metros de profundidad.



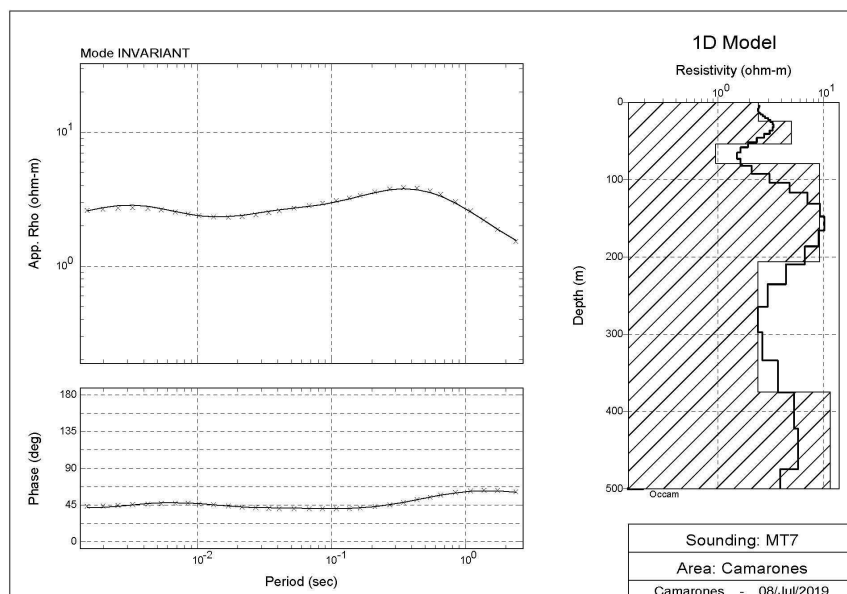
MT6

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, sin encontrarse una posible capa saturada con agua dulce en la zona somera.



MT7

Se presenta este modelo inverso 1D hasta 500 metros de profundidad, encontrándose una posible capa saturada con agua dulce, cuya resistividad eléctrica es igual a 5 Ohm metros, entre 387 m y 357 metros de profundidad, donde se encuentra una posible capa saturada con agua salada de resistividad eléctrica igual a 1 Ohm-metro, hasta 332 metros de profundidad.



Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

En el *Cuadro 2*, se comparan las profundidades y resistividades encontradas tanto con tomografía eléctrica como con prospección magnetotelúrica, es decir, en el empalme de las últimas capas de las tomografías eléctricas y las capas más someras a partir de 5 metros de profundidad definidas por las estaciones magnetotelúricas cercanas, observándose que las profundidades y las tendencias de resistividades son consistentes:

TE			MT		
Línea	Profundidad (m)	Resistividad (Ohm m)	Estación	Profundidad (m)	Resistividad (Ohm m)
1	438	400	MT1	438	4
	416	40		408	1
2	397	200	MT2	397	30
	372	40		347	3
3	327	10	MT3	325	2
	285	30		305	50
4	8	1	MT4	8	1
	-17	10		-7	10
5	406	5	MT5	406	1
	391	80		397	70
6	91	2	MT6	91	1,5
	76	10		66	50
7	412	15	MT7	412	2
	397	40		392	5

Cuadro 2. Correlación TE-MT en la zona donde se empalman.

Se puede observar que las profundidades y la tendencia de valores de resistividad son consistentes.

Conclusiones

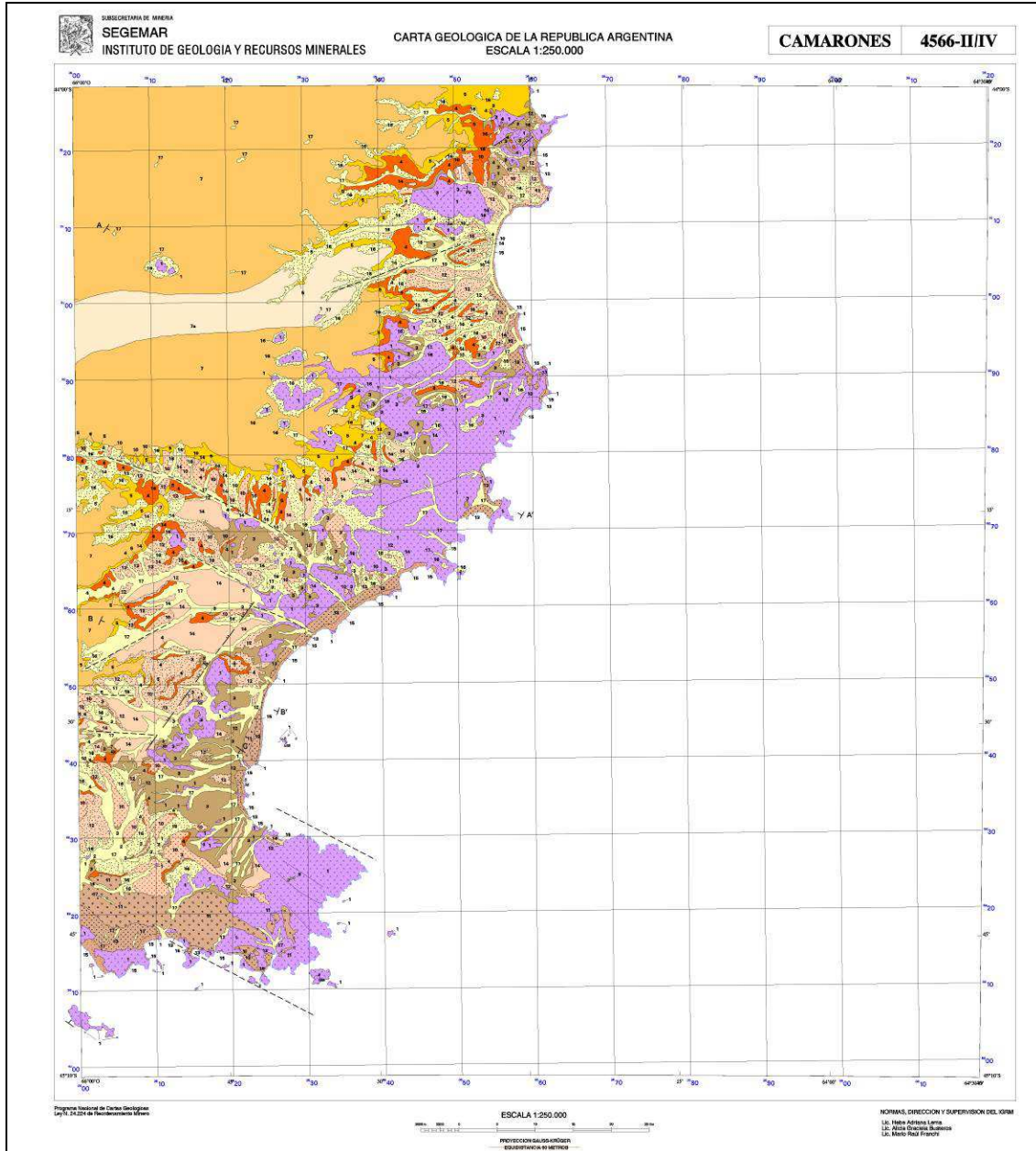
Los modelos inversos 1D se presentan hasta 500 metros de profundidad y en la banda de frecuencias de AMT, llegan a una profundidad de investigación de más de 500 metros. En general, excepto la estaciones 3 y 6 hay una capa de resistividad eléctrica media, de 5 a 30 ohm-m, entre 320 a 390 metros de profundidad, interpretándose como acuífero libre. La capa infrayacente disminuye considerablemente su resistividad eléctrica, interpretándose como el acuitardo salobre, de resistividad eléctrica menor a 1 ohm-m

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. Geología e hidrogeología de la localidad de Camarones

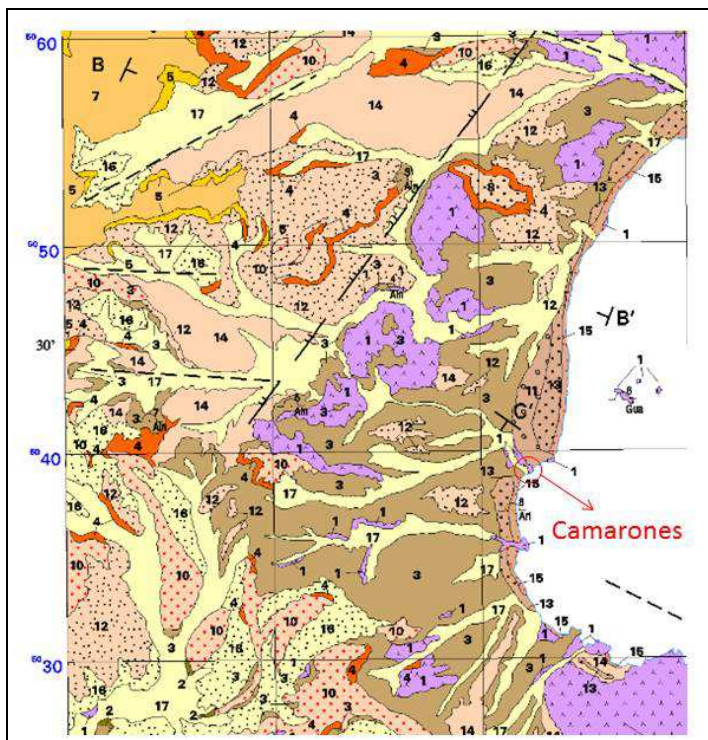
Los afloramientos presentes sobre la costa del área de estudio, y que se extienden a lo largo de varios km de la misma, corresponden a un basamento volcánico riolítico de la Formación Marifil, de edad Jurásica, y culminan con afloramientos de rocas de edad Cuaternaria del, ver *Mapa 6 y 7* en la Meseta Montemayor. Lema et. al., 2001, en la Hoja Geológica 4566-II y IV describen a las unidades intermedias como una secuencia sedimentaria con alternancia de sedimentos marinos y continentales que comienzan en el Terciario inferior y culminan en el cuaternario con los Rodados Patagónicos. Ver *Cuadro 3*.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Mapa 6 - Vista general de la Hoja Geológica 4566-II/IV

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Mapa 7 - Vista de detalle de la Hoja Geológica 4566-II/IV. En color violeta se aprecian los afloramientos de las rocas ígneas del Complejo Volcánico Marifil.

CUADRO ESTRATIGRAFICO

CENOZOICO	CUATERNARIO		PLEISTOC.		HOLOCENO	16	17	18
					SUPERIOR	14		15
					MEDIO	12		13
					INFERIOR	10		11
						8	9	
			PLIOC.		SUPERIOR	7		
					INFERIOR	7a		
					SUPERIOR	6		
					MIOCENO	5		
					OLIGOCENO	4		
				EOCENO	3			
		PALEOC.		SUPERIOR	2			
				INFERIOR	1			
				JURASICO	1			

- 18 Depósitos de playas litorales. Arenas.
- 17 Depósitos aluviales y de bajos y lagunas. Gravas, arenas y limos; conglomerados, areniscas y limolitas friables.
- 16 Depósitos coluviales. Arenas y limos, gravas subordinadas.
- 15 Formación Zarzón El Pinter. Conglomerados y areniscas consolidados a friables; gravas, arenas y limos con conchillas.
- 14 Depósitos que cubren la superficie de pedimentación inferior. Conglomerados y areniscas friables; gravas finas y arenas muy gruesas a finas.
- 13 Formación Caleta Malaspina. Conglomerados, coquinas, areniscas y calizas coquinoideas.
- 12 Depósitos que cubren la superficie de pedimentación intermedia. Conglomerados y areniscas semiconsolidadas.
- 11 Depósitos de cordones y terrazas ubicados entre 40 y 110 ms.n.m. Conglomerados, coquinas y calizas coquinoideas.
- 10 Depósitos que cubren la superficie de pedimentación superior. Conglomerados, areniscas y areniscas calcáreas.
- 9 Depósitos del cerro Unión. Conglomerados, areniscas, areniscas coquinoideas.
- 8 Depósitos que cubren el pedimento del cerro Meseta. Conglomerados.
- 7 Formación Montemayor. Conglomerados polimíticos. a- Pelitas, areniscas y conglomerados friables a semiconsolidados.
- 6 Formación Isla Escondida. Areniscas, areniscas calcáreas, pelitas.
- 5 Formación Patagonia. Areniscas calcáreas, coquinas, areniscas y pelitas volcánicas; areniscas y arcillitas.
- 4 Formación Samiento. Tobas y chonitas mesocénicas a ácidas, areniscas y arcillitas tobáceas.
- 3 Formación Río Chico. Arcillitas montmorilloníticas con niveles aluniticos. Conglomerados, areniscas y areniscas volcánicas silicificadas y ferruginizadas.
- 2 Formación Salamanca. Arcillitas y areniscas. Arcillitas y limolitas ferruginosas; areniscas glauconíticas y calcáreas.
- 1 Complejo Marifil. Pírolitas, leucorolitas, ignimbritas y pórfiros riolíticos, tobas, brechas.

Cuadro 3 - Cuadro litoestratigráfico del área de estudio.

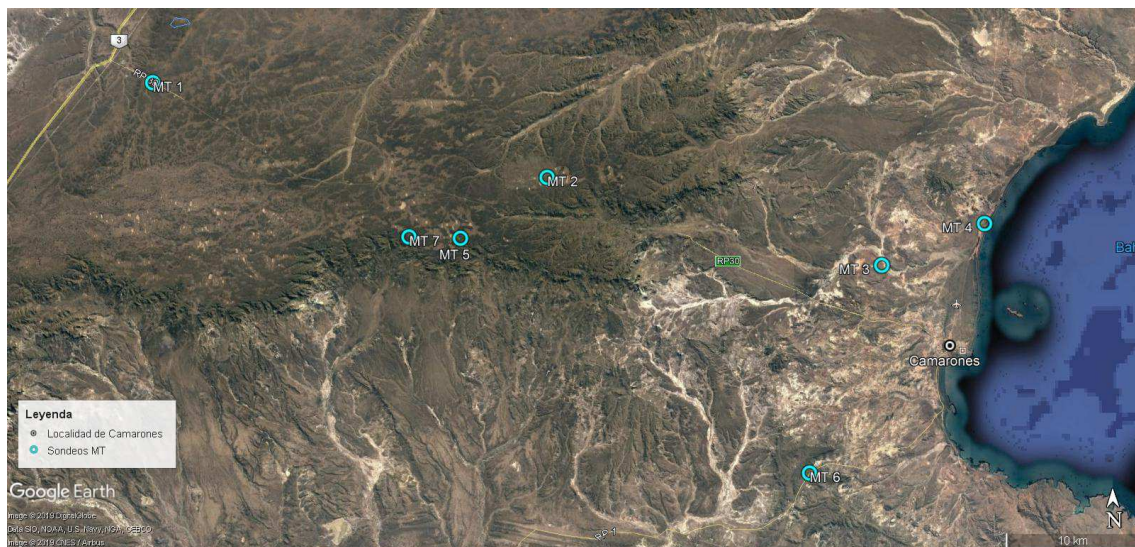
Las rocas del Complejo Volcánico Marfil poseen afloramientos sumamente extensos en toda la Patagonia, principalmente sobre la costa atlántica y se caracterizan por la alternancia de ciclos volcánicos explosivos, con depósitos de riolitas, brechas volcánicas, ignimbritas y tobas.

En el área de la localidad de Camarones estas rocas presentan un color rojizo con zonas de alteración argílica, de color blanquecino. La costa recortada de la comarca de cabos y bahías obedece a los afloramientos resistentes a la erosión de estos depósitos.

Se realizó un perfil integrado a lo largo de la RPN° 30 con el fin de poder observar la estratigrafía de la zona, y en particular detectar posibles rocas que pudieran ser portadoras, o reservorios, de agua de acuerdo a sus características litológicas o presencia de diaclasamiento. Ver *Cuadro 3*.



Fotografía 10 - Vista de las riolitas de la Fm Marfil, en afloramiento presente sobre la traza de la RPN°30



Mapa 8 - Ubicación de los Sondeos MT.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

Del análisis de los valores de resistividad de los modelos 1D de Audio Magnetotelúrica MT3 y MT6, ver *Imagen 1* y *2*, se aprecia que no existen, a priori, posibilidades de hallazgo de aguas subterráneas en la Fm. Marifil.

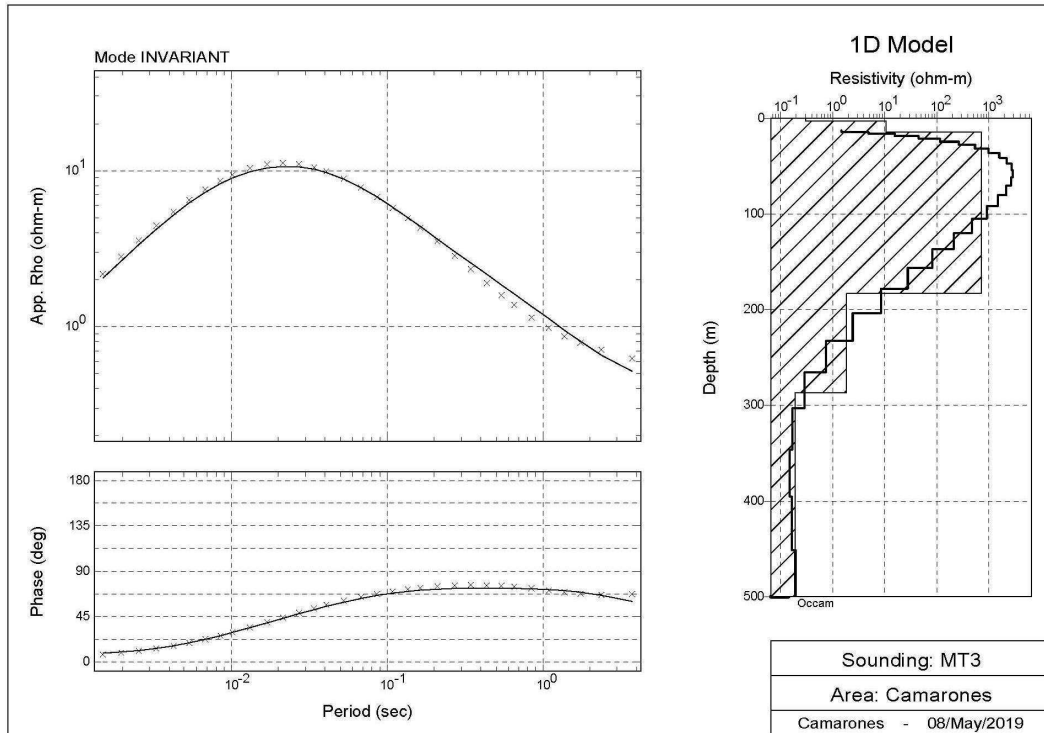


Imagen 1 - Modelo 1D MT3

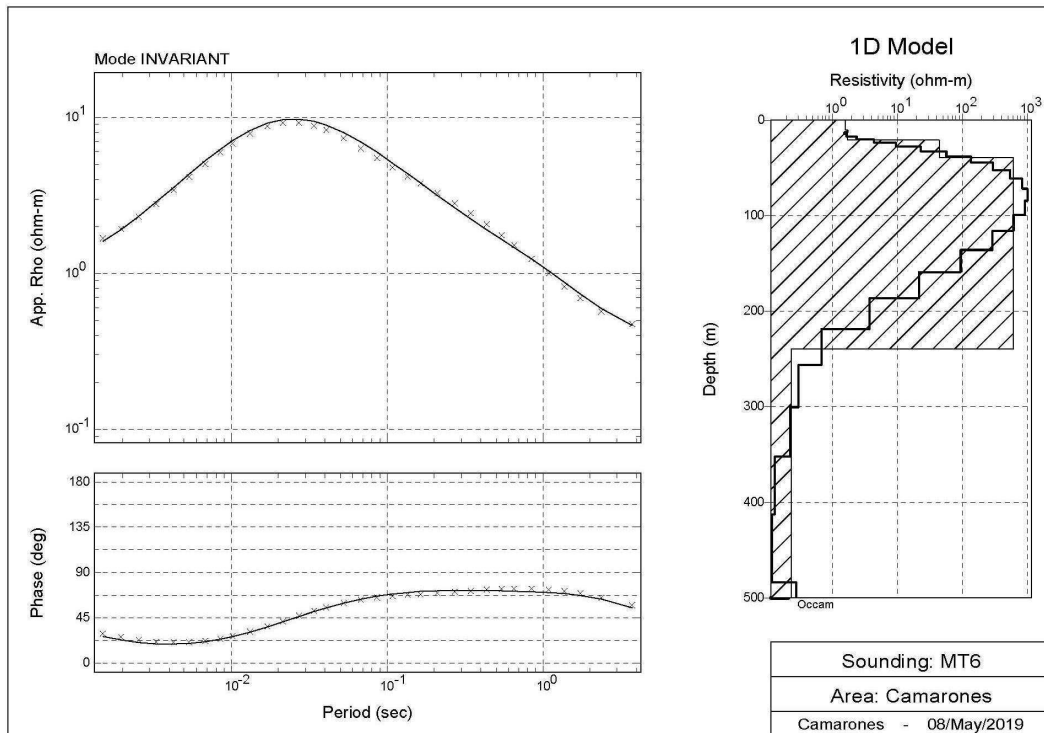


Imagen 2 - Modelo 1D MT6

Sobre la Fm. Marifil se apoyan en discordancia angular los depósitos marinos litorales de la Formación Salamanca de edad Daniana (Lesta y Ferello, 1972). Ver *Fotografía 11*.

Se la puede observar con claridad en el sector estudiado desde el Cañadón de Lema al sur, hasta la Bahía Bustamante al norte con una continuidad lateral manifiesta. En este sector afloran areniscas con troncos petrificados en la base; niveles glauconíticos y lentes, o concreciones de fosfatos, coincidiendo con lo descrito en la literatura (Castro y Tourn, 2003).

Sobre el perfil confeccionado se la distingue por la presencia de arcilitas color verde oscuro con alternancia de areniscas grisáceas, correspondientes a un ambiente albufera o pantano.



Fotografía 11 - Niveles de la base de la Formación Salamanca.

En total las sedimentitas mencionadas poseen un espesor de unos 25 metros aproximadamente. Desde el aspecto hidrogeológico esta unidad no presenta importantes bancos de areniscas, además su porosidad primaria se encuentra rellena por cemento calcáreo. No se evidenció la presencia de mallines, aguadas o vertientes asociados a estas rocas en toda el área de estudio. Desde el punto de vista geofísico también se descarta esta unidad, los resultados no arrojaron indicios de la posible presencia de agua subterránea.

La secuencia sedimentaria continúa con la Formación Río Chico de edad Paleocena Superior y se trata de una secuencia de sedimentos fluviales con amplias planicies de inundación. Esta secuencia se encuentra en discordancia erosiva con la formación infrayacente, que si bien en el área de estudio no se puede apreciar, se la puede observar en la zona de Puerto Viser y en la Estancia Las Violetas.

Desde el punto de vista paleoambiental se trata de sistemas fluviales meandríformes, con paleocorrientes Oeste - Este, desarrollados en amplios valles. Esta formación está ampliamente distribuida en todo sector del centro y este de la Provincia del Chubut. Litológicamente responde a ciclos grano y estrato decrecientes, típicos de estos ambientes fluviales. Se inicia la secuencia con depósitos arenosos de hasta 5 metros de espesor (facies de canal fluvial) a limos arcillosos y arcillas de hasta 10 metros de potencia, los cuales obedecen a un paleoambiente de planicie de inundación. Se caracteriza por sus colores rojizos y su continuidad lateral. Hacia términos superiores de la secuencia sedimentaria hay un aumento de las facies finas que evidencian un ambiente de depositación de tipo lagunar y tal vez de colmatación de cuenca sedimentaria.

En el perfil sobre la RPNº30 estas rocas se apoyan directamente en discordancia sobre la formación Jurásica. Sobre este perfil se puede observar con claridad la ciclicidad de la secuencia sedimentaria. Si bien el contacto con la formación Sarmiento que la suprayace está cubierto se estima que el espesor de la Formación Río Chico podría estar entre los 75 y los 100 metros. Ver *Fotografía 12*.



Fotografía 12 - Vista de la Fm Río Chico. Nótese la estratificación tabular y los colores castaños rojizos que la distinguen.

Desde el punto de vista hidrogeológico se mantienen reservas sobre esta unidad como portadora de aguas aptas para su explotación para consumo humano, no solo por las observaciones de campo, sino porque además los resultados geofísicos arrojaron indicios de la posible presencia de agua subterránea salobre en los modelos 1D de Audio Magnetotelúrica MT1 y MT5. Ver *Imagen 3 y 4*.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

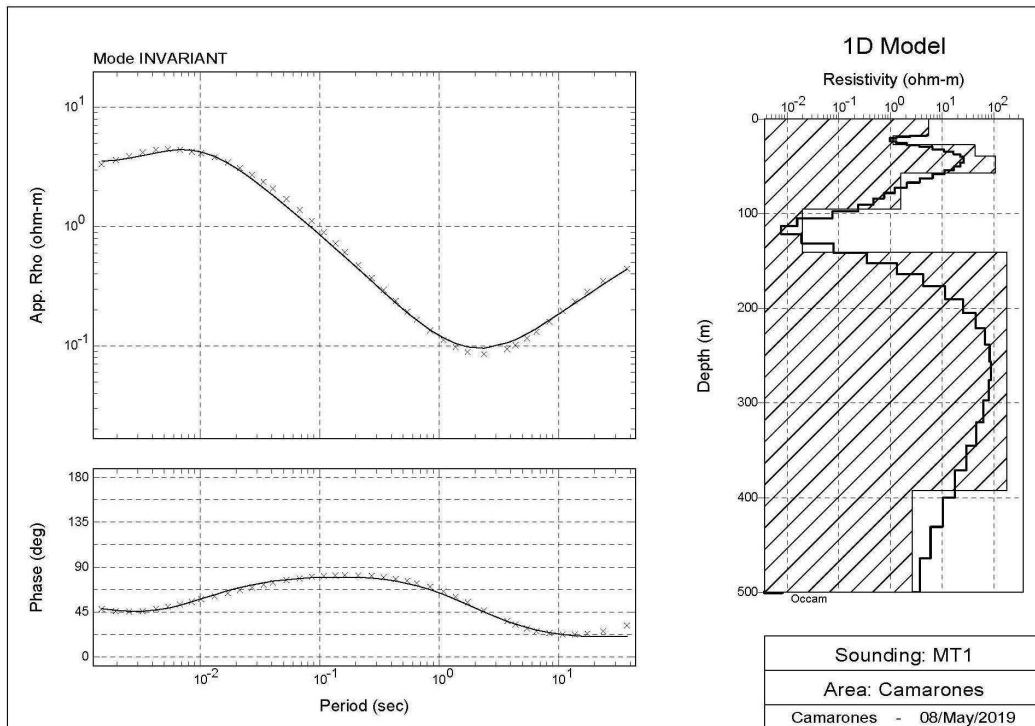


Imagen 3 - Modelo 1D MT1

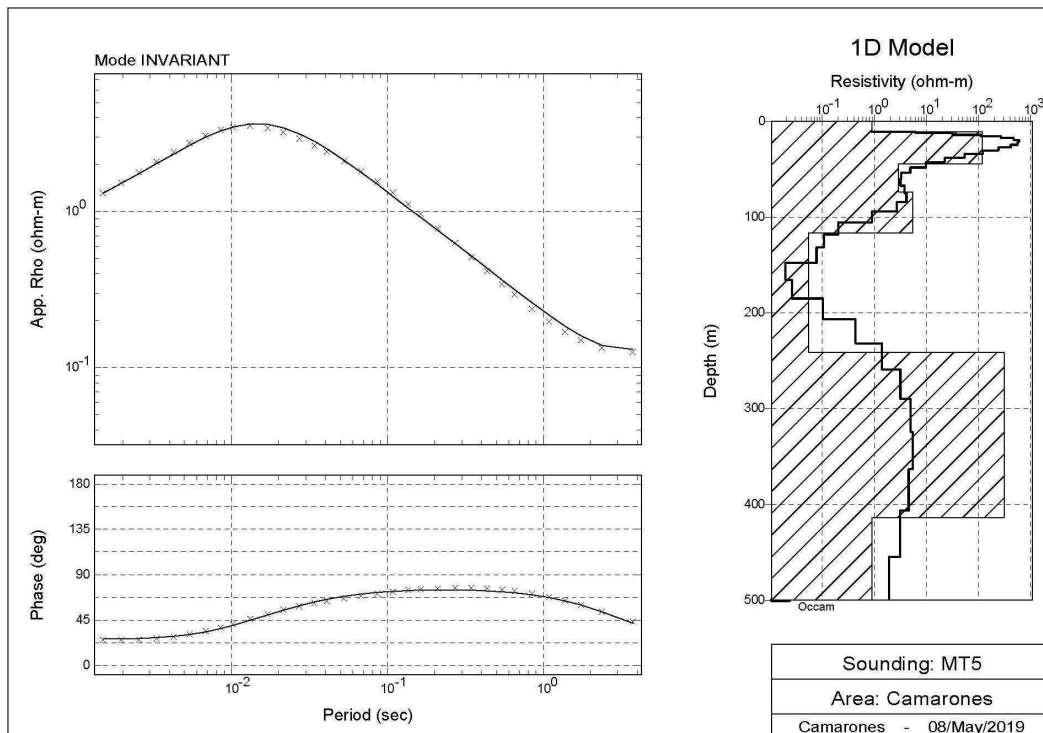


Imagen 4 - Modelo 1D MT5

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

Esta posible presencia de aguas salobres no se manifiesta en los modelos 1D de Audio Magnetotelúrica MT7 y MT2, cercanos al MT5. Ver *Imagen 5 y 6*.

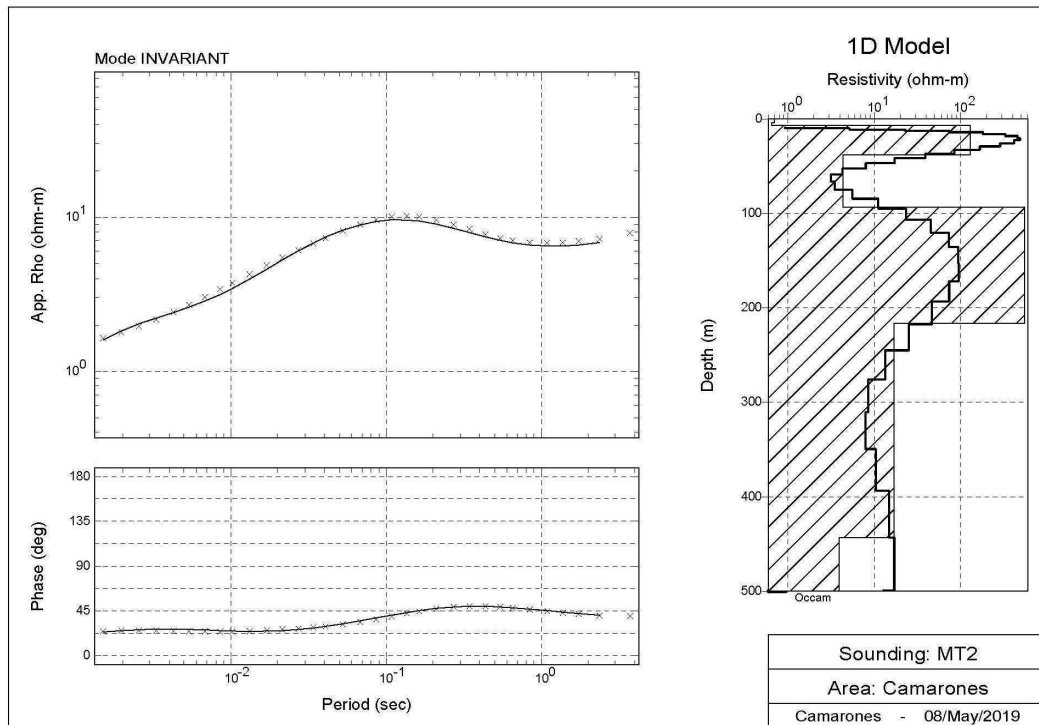


Imagen 5 - Modelo 1D MT2

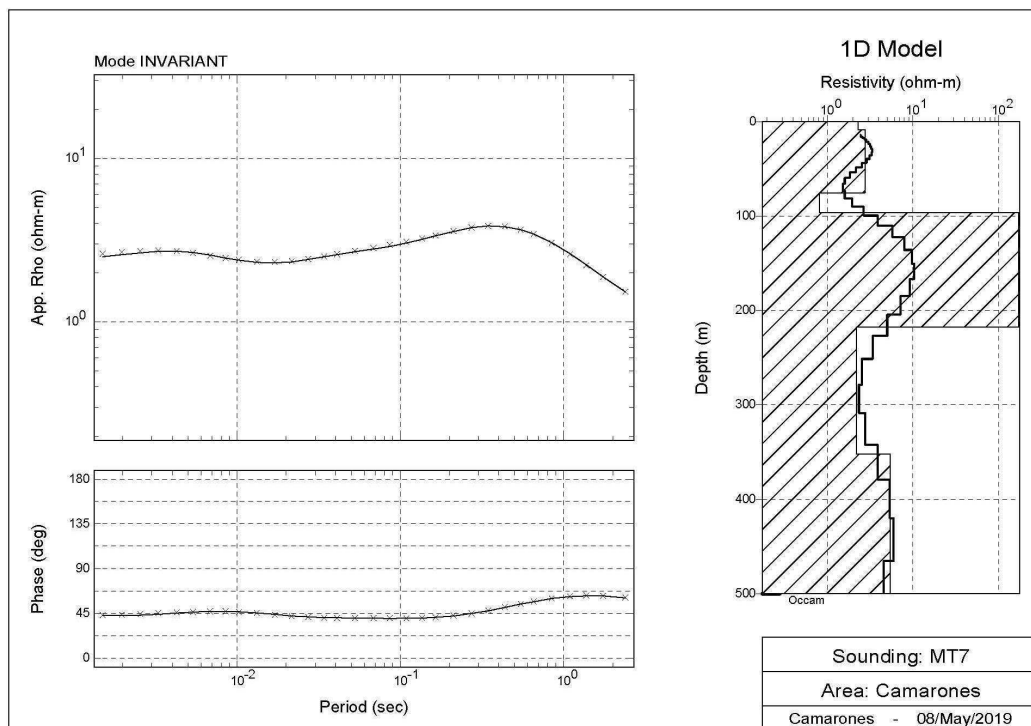


Imagen 6 - Modelo 1D MT7

Por lo tanto, se presupone que se trata de un acuitardo salobre con escasa continuidad lateral y que, como ya fue mencionado, en un principio y para este estudio se descartaría el mismo para la búsqueda de agua potable para abastecer a la localidad de Camarones.

Verticalmente la secuencia sedimentaria continúa con depósitos de tobas, chonitas y escasas areniscas de la Formación Sarmiento, de edad Eoceno – Oligoceno, descripto por Chebli en el año 1973 (Lema et. al., 2001).

Esta Formación posee una gran distribución areal en las provincias del Chubut y Santa Cruz, y en general sus afloramientos se caracterizan por sus colores blanquecinos, muy distintivos en las zonas medias de las diferentes mesetas altas. En este caso en la Meseta Montemayor la Formación Sarmiento se extiende continuamente a lo largo de toda la meseta desde Trelew hasta Comodoro Rivadavia. Ver *Imagen 7*.



Imagen 7 - Vista de la Fm Sarmiento, se puede apreciar un contacto erosivo por canal fluvial sobre paleosuelo (línea punteada amarilla).

Los sedimentos finos y compactos hacen difícil diferenciar los límites secuenciales, pero en algunos casos se pueden distinguir paleosuelos con bioturbaciones de raíces o esporádicos canales fluviales excavados en planicies cubiertas por las lluvias de cenizas. Ver *Fotografía 13*.



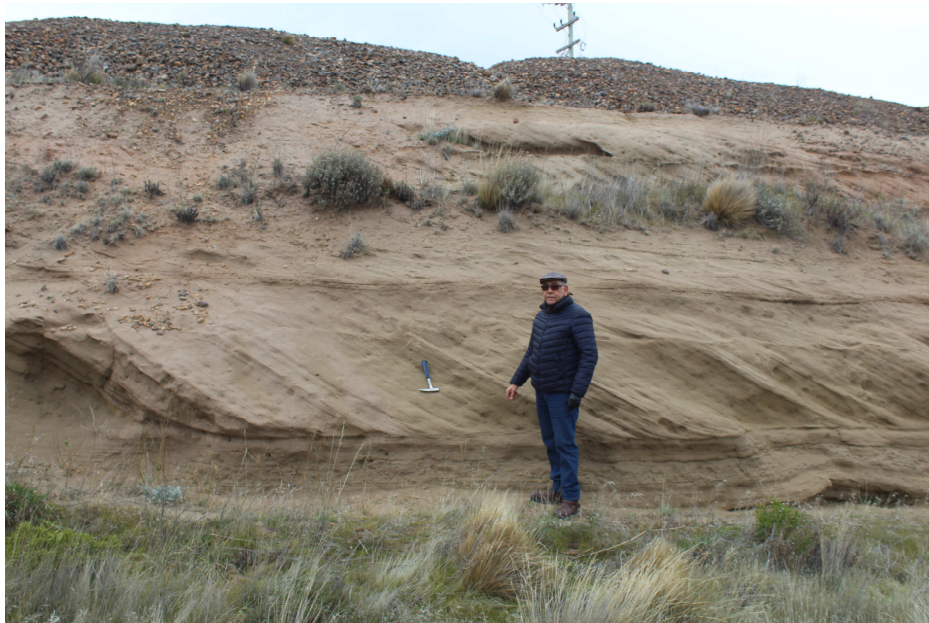
Fotografía 13 - Vista de paleosuelo de la Fm Sarmiento. Nótese la presencia de bioturbaciones y el alto grado de compactación de las chonitas.

Hacia el techo de la Fm. Sarmiento, y en contacto con la Fm. Patagonia, la litología está representada por depósitos arcillosos, caracterizados por la presencia de vertientes de agua, abundante humedad y el desarrollo de vegetación actual.

No se espera que esta unidad contenga aguas subterráneas, pero si es evidente que constituye un hidroapoyo debido a las numerosas vertientes que se dan a lo largo de la línea de cota de los 350 metros sobre nivel del mar (m.s.n.m) en todo el faldeo Este de la Meseta Montemayor.

La Formación Patagonia es de edad Oligoceno – Mioceno, se formó en un ambiente marino y en la región tiene una potencia que oscila entre los 45 y 50 metros, con un alto porcentaje de areniscas medias a finas (Camacho, 1974). A lo largo de la RPNº30 se pueden observar esporádicos bancos de areniscas con estructura interna en artesa y areniscas muy bien seleccionadas en estratos tabulares de color castaño claro. Estas casi no presentan matriz y son muy friables, denotando la ausencia de algún tipo de cemento. Ver *Fotografía 14*.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Fotografía 14 - Vista de la Fm. Patagonia. Corresponde a facies de areniscas medias de ambiente marino litoral.

Desde el punto de vista hidrogeológico esta unidad es la que presenta las mayores expectativas de éxito respecto a la búsqueda de una fuente de agua subterránea para el abastecimiento sustentable de la localidad de Camarones.

La perforación realizada por la Provincia del Chubut (ver *Fotografía 15*), y actualmente utilizada para el abastecimiento de la localidad de Camarones, tiene una profundidad de aproximadamente 30 metros y se ubica dentro de esta unidad litológica.



Fotografía 15 - Vista del pozo y la planta de bombeo actual.

3.2. Hidrogeoquímica

Se realizó un muestreo de las aguas provenientes de 5 pozos de agua y una vertiente, ver *Fotografía 16 y 17*, ubicados a lo largo de la traza del perfil relevado. Los pozos censados a lo largo del perfil tienen toda la misma profundidad dentro de la Formación Patagonia. Ver *Tabla 6*.

Las vertientes observadas en campo están en la base de la Fm. Patagonia y el techo de Formación Sarmiento.

Muestras	Coordenadas S	Coordenadas O	Proveniencia
1	44° 35'36.9"	66° 30'37.9"	Perforación
2	44° 37'52"	66° 25'20"	Perforación
3	44° 41'12'4 "	66° 13'16.5"	Perforación
4	44° 42'39.4"	66° 08'39.4"	Perforación
5	44° 42'07"	66° 07'03"	Perforación
6	44° 42'39.9"	66° 06'57.1"	Vertiente

Tabla 6 – Coordenadas de ubicación de las muestras de agua.



Fotografía 16 – Vista de toma de Muestra M6 en vertiente, cota 355 m.s.n.m.

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Fotografía 17 – Toma de muestra de agua M5 en cota 368 m.s.n.m.



Mapa 9 – Mapa de ubicación de las muestras de agua recolectadas.

A continuación, *Tabla 7*, se detallan los resultados de los análisis químicos realizados. En el *Anexo 1* se adjuntan los protocolos de laboratorio originales.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Alcalinidad Bicarbonatos [mg/L]	209	140	186	243	282	59
Alcalinidad en Carbonatos [mg/L]	0	13	8	0	0	0
Alcalinidad Total [mg/L]	209	153	194	243	282	59
Arsénico [mg/L]	0,02	<0,01	<0,01	0,01	0,02	< 0,01
Cloruros [mg/L]	465	125	118	86	105	8
Conductividad [μS/cm]	2160	750	730	720	870	150
Dureza Total [mg/L]	165	42	54	61	59	32
Fluoruros [mg/L]	2,8	1,11	1,35	1,58	1,96	<0,01
Magnesio [mg/L]	19	4	5	5	6	3
PH	7,8	9	8,8	8,1	8,2	7,3
SDT [mg/L]	1405	382	436	436	488	-
Sulfatos [mg/L]	400	26	22	14	22	<1
Hierro [mg/L]	0,04	0,03	0,01	0,01	0,04	0,76
Calcio [mg/L]	35	9	13	16	13	8
Residuo Seco [mg/L]	1440	408	482	504	582	-

Tabla 7 – Resultados análisis.

Muestra N° 6: Muestra tomada de un mallín. Agua surgente con muy baja salinidad y PH neutro. Coloración parduzca muy probablemente asociada a la presencia de hierro coloidal. No se detecta Arsénico ni Fluoruros.

Muestra N° 1: Perforación. Muestra de características salinas. Con preponderancia de los aniones sulfatos y cloruros. SDT: 1405 ppm. Presencia de arsénico 0,02 ppm y altos valores de fluoruros: 2,8 ppm. Altos valores de Dureza y sales de calcio.

Muestras N° 2, 3, 4 y 5: De características similares por el tenor y tipo de las sales disueltas. SDT: De 382 a 488 ppm.

Preponderancia de los bicarbonatos. PH alcalinos en particular muestras 3 y 2 por presencia de carbonatos (PH 8,8 a 9). Muestras 2 y 3 no se detecta arsénico con flúor en valores de 1,11 y 1,35 mientras que las muestras 4 y 5 tienen indicios de arsénico 0,01 y 0,02 respectivamente y 1,58/1,96 de flúor

En general se observa la ausencia de Arsénico o bien presencia de indicios. Se utilizó el método de screening, el cual que es válido para detectar la presencia/ausencia. Para contar con un valor más preciso debe analizarse la muestra por técnicas de absorción atómica o espectrometría de masas.

Se observa una asociación marcada entre los tenores de Arsénico y Flúor, seguramente aportados por los sedimentos derivados de rocas volcánicas.

Se debe recordar que teniendo en cuenta las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 2006 los valores máximos permitidos de Arsénico del CAA se fueron reducidos del valor histórico de 0,05 ppm (50 µg/L) a 0,01 ppm (10 µg/L). Dado que es imposible cumplir con esa exigencia en vastas regiones del norte del país (NOA, NEA, Sur de Santa Fe y Córdoba, Oeste, Norte y Sur de la Provincia de Buenos Aires, entre otras) ya que está muy extendida su presencia y los costos de tratamiento para su eliminación son altos, se adoptó como solución de compromiso y hasta avanzar con los estudios de base de Hidroarsenicismo y Saneamiento básico en la República Argentina de la Subsecretaría de Recursos Hídricos mantener los valores normativos originales (0,05 ppm).

Con respecto a los valores de Fluoruro, para las condiciones meteorológicas de la región los valores admisibles van de 0,7 a 1,2 ppm.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Los resultados han permitido distinguir dos acuíferos en la zona de estudio, ver *Imagen 8 y 9*. El más profundo, probablemente ubicado en la Formación Río Chico, presenta altos valores salinos, tal como se observa en los valores de resistividad obtenidos de los estudios de Magneto Telúrica y Tomografía Eléctrica. Cabe destacar que no se observa la presencia de este nivel lateralmente lo que hace suponer que el mismo sea un acuitardo con escaso potencial productivo.

El segundo acuífero se encuentra en la parte alta de la Meseta Montemayor. Hidrogeológicamente se trataría de un acuífero libre ubicado en las arenas de la Formación Patagonia y su hidroapoyo serían las tobas y arcillas de la Formación Sarmiento.

Este acuífero se recargaría en parte por la infiltración generada por las lluvias y nevadas que se dan en la zona, la precipitación promedio anual según el Servicio Meteorológico Nacional es de 237,30 mm., y debido a la permeabilidad de la Formación Patagonia el agua continuaría su movimiento vertical y al llegar al techo de la Formación Sarmiento comienza a moverse en sentido de la pendiente regional, es decir al Este. Esto se evidencia en el corte de la barda Este de la Meseta, entre los 370 y 330 m.s.n.m., en el que se pueden observar numerosas vertientes, e incluso grandes establecimientos ganaderos.

Cabe destacar que los balances hídricos convencionales (Ej.: Método Thornthwaite) no se ajustan a zonas áridas y semiáridas, ya que se basan en una disponibilidad óptima de agua en el suelo.

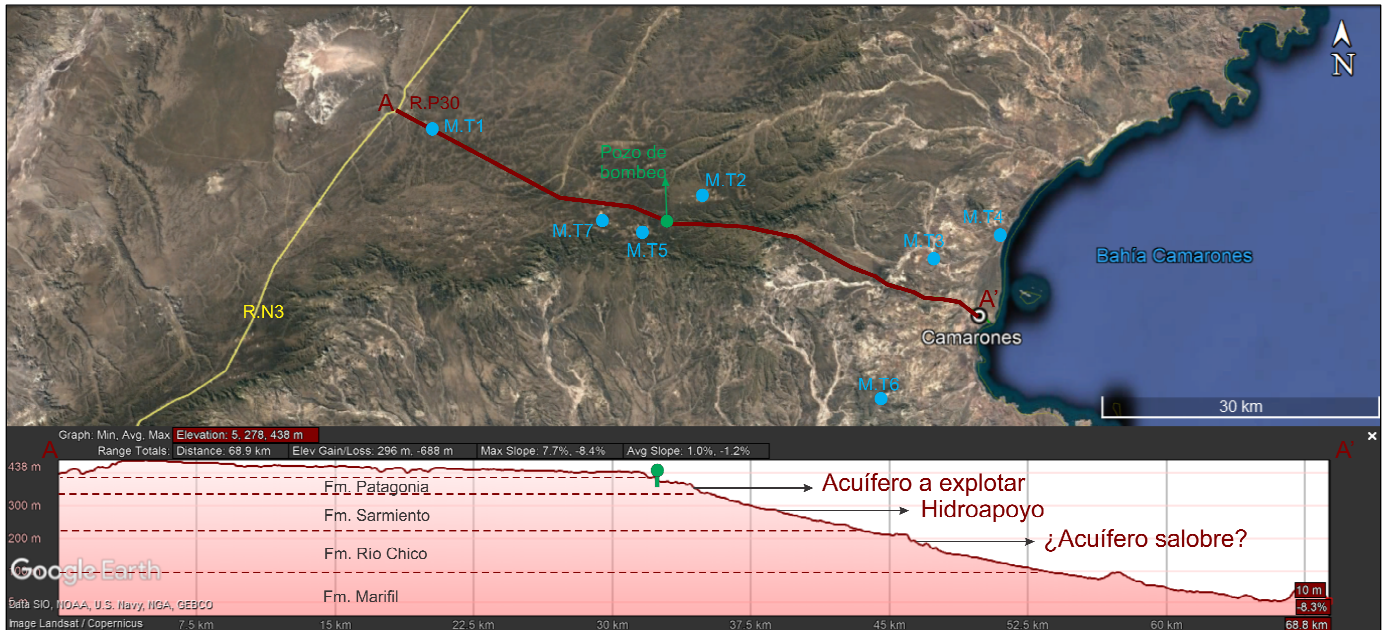


Imagen 8 – Niveles acuíferos interpretados en el área de estudio.

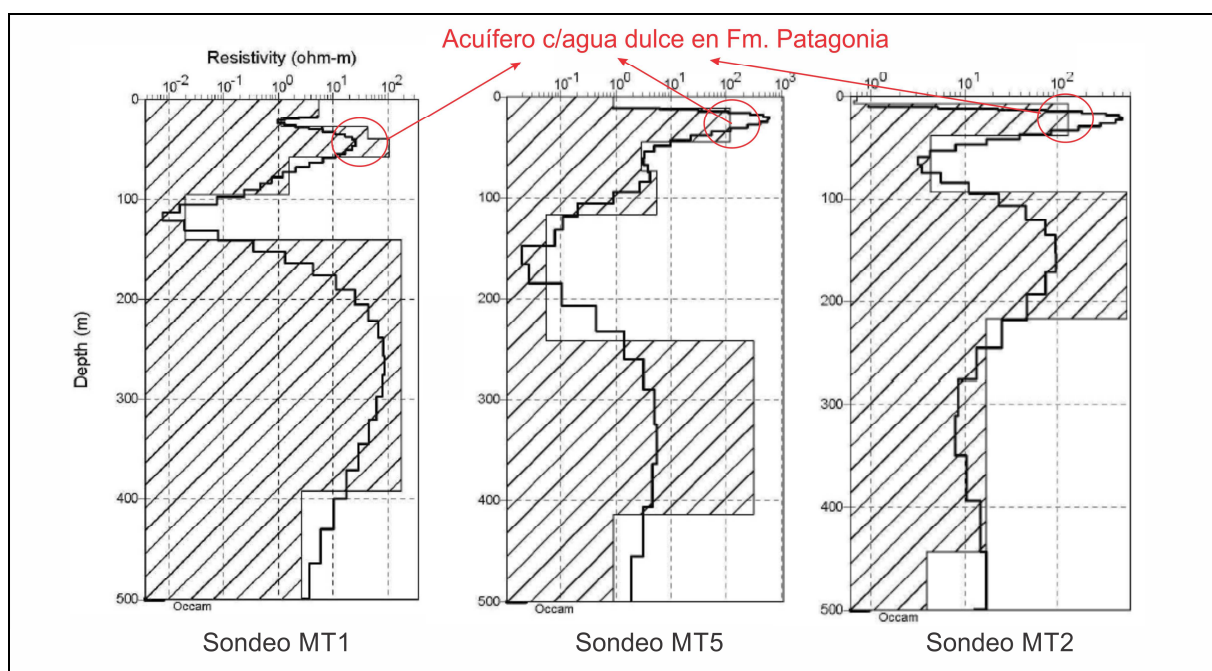


Imagen 9 – Acuífero interpretado para explotar en el área de estudio.

Un párrafo aparte merece la Formación Marfil. Si bien en una primera aproximación se pensó que la formación podría ser portadora de agua subterránea en fracturas y diaclasas, esta hipótesis ha sido rechazada. En primer lugar, los estudios geofísicos MT3 y MT6 realizados con el fin de apreciar su comportamiento en el subsuelo no arrojaron indicios de la presencia de aguas subterráneas. Por otro lado, las observaciones de campo tampoco permitieron apreciar un comportamiento estructural acorde a la posibilidad de infiltración de agua en diaclasas o fracturas. Finalmente, la evidencia de procesos hidrotermales como la argilización de la roca y la presencia de mineral de Alunita (Hayase et al. 1971) generarían, que, en caso de encontrarse agua subterránea, la misma podría no ser apta debido a su elevado contenido salino, derivado de estos procesos geoquímicos.

Los análisis químicos de las muestras han permitido inferir que los niveles de Arsénico son bajos y los de Flúor moderados, pero dentro de lo establecido en la legislación provincial vigente.

Según Servicios Públicos de la Municipalidad de Camarones, los niveles de Arsénico en el agua que se obtiene del pozo de abastecimiento actual se elevan en la época de verano, coincidiendo con un menor caudal de agua en el mismo. Es decir que se puede inferir que al disminuir el caudal se diluiría en menor medida el Arsénico presente y alcanzaría valores elevados para el consumo humano. Para abatir esta problemática, cuando el agua obtenida de este pozo excede los valores permitidos, la misma se diluye con el agua proveniente de una perforación cercana, pero que aumenta la salinidad final debido a que proviene de una mayor profundidad. Esta perforación es la que se utilizaba antiguamente por la localidad de Camarones para su abastecimiento, pero debido a su elevado contenido salino debió buscarse una nueva fuente. Lamentablemente no se cuenta al momento de realización de este estudio con los datos de profundidad de esta perforación.

En cambio, en el invierno en épocas de lluvias y nieves el caudal aumenta y los parámetros de Arsénico descienden y son aptos para el consumo humano. Como conclusión sobre esto podemos asumir que debido a un stress hídrico ocurrido durante el verano el agua del pozo actualmente explotado cambia sus parámetros físico/químicos. El As presente es de origen natural y derivaría de las rocas volcánicas presentes en el área de estudio.

4.2. Recomendaciones

De las conclusiones de los párrafos superiores, y en base a los resultados de la interpretación de los estudios geofísicos, el relevamiento de campo y análisis hidrogeológico de la zona de estudio se recomienda la realización de 3 perforaciones aguas arriba y lateralmente, de hasta 50 metros de profundidad cada una, ubicadas entre los sondeos MT5 y MT2, y la perforación actual de bombeo, a una distancia tal que no realice interferencia de bombeo con el mismo (> a 1000 metros) pero teniendo en cuenta su factibilidad técnica y económica para su conexión al sistema de acueducto existente.

En estas perforaciones será fundamental la realización de un control y registro geológico constante durante las mismas, perfilajes eléctricos, ensayos hidráulicos de larga duración y un muestreo de aguas y análisis fisicoquímicos completos de las mismas, con el objetivo de conocer detalladamente el perfil litológico, las unidades hidrogeológicas presentes, la calidad fisicoquímica de las aguas y los caudales de explotación para que el abastecimiento de agua a la localidad de Camarones se realice de forma sustentable y de acuerdo a la normativa vigente.

5. BIBLIOGRAFÍA

Castro, L. & Tourn, S. (2003). Direct Application Of Phosphate Rocks And Glauconite As Alternative Sources Of Fertilizer In Argentina. *Exploration And Mining Geology*, 12(1-4), 71-78. <http://Dx.Doi.Org/10.2113/0120071>

Lema, H., A. Busteros Y M. Franchi, 2001. Hoja Geológica 4566-II Y IV, Camarones. Provincia Del Chubut. Instituto De Geología Y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 261, 44 P. Buenos Aires.

Lesta, P. Y Ferello, R., 1972: Región Extraandina Del Chubut Y Norte De Santa Cruz. En *Geología Regional Argentina* (Academia Nacional De Ciencias; A. Leanza Eds.): P. 601-654. Córdoba.

Organización Mundial De La Salud–OMS. 2006. Guías Para La Calidad Del Agua Potable. Primer Apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera Edición.

Loke, M.H., (1994). The inversion of two-dimensional resistivity data. Unpubl. PhD thesis, Un. Of Birmingham.

Orellana E., (1972). *Prospección Geoelectrica en corriente continúa*. Paraninfo, segunda edición, Madrid, España, p. 24 – 72

Sasaki, Y. 1992 Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, 40: 453-463.

Loke M.H., Baker R.D., (1996). Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by quasi- Newton method. *Geophysical Prospecting*, v. 44, p. 131- 52

Bhattacharya, B. B. y Sen, M. K., 1981. Depth of investigation of collinear electrode arrays over homogeneous anisotropic half-space in direct current methods. *Geophysics*, v. 46, p. 768-780.



Egbert, G. D. and Booker, J. R. (1986). Robust estimation of geomagnetic transfer functions. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 87(1):173–194.

Vozzoff, 1972. The Magnetotelluric Method in the exploration of sedimental basins, *Geophysics* Vol 37 No. 1.

Constable S.C.; Parker R.L.; Constable C.G., 1987. Occam's inversion: A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. *Geophysics*, 52, 3, pp 289-300.

Rodi, W. and Mackie, R. (2001), Nonlinear conjugate gradient algorithm for 2-D magnetotelluric inversion. *Geophysics*, 66, 174-178.

Egbert, G. D. (1997). Robust multiple-station magnetotelluric data processing. *Geophysical Journal International*, 130(2):475–496.

Giroux, Bernard, Michel Chonteau, Marc Descloitres, Michel Ritz, 1997. Use of magnetotelluric method in the study of the deep Maestrichtian aquifer in Senegal *Journal of Applied Geophysics*, Volume 38 Issue ID: 2, 77-96.

Jones, A. G. (2012). Distortion of magnetotelluric data: its identification and removal, in *The Magnetotelluric Method: Theory and Practice*, edited by A. D. Chave and A. G. Jones, chapter 6, pages 219–302. Cambridge University Press, UK.


Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

ANEXO 1

PROTOCOLOS DE LABORATORIO

Informe de Ensayos		
Departamento Provincial Laboratorio		
Dirección de Salud Ambiental		
Ministerio de Salud		
Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019		
Numero de Muestra: 3680 /19		
Datos del Solicitante		
Solicitante:	GALLASTEGUI RICARDO	
Dirección del Solicitante:	PARTICULAR	
Remite:	PARTICULAR	
Datos de la Muestra		
Tipo muestra:	AGUA	
Muestra:	AGUA DE PERFORACION	
Identificación:	MUESTRA Nº 1	
Entrada:	CONTROL	Fecha entrada: 24/06/2019
Realizo muestreo:	GALLASTEGUI RICARDO	Lugar extracción: CAMARONES
Localidad:	CAMARONES	
Fecha extracción:	21/06/2019	Hora extracción:
Cloro residual:		Tiosulfato:
Elaborado por:		Domicilio:
Provincia:	CHUBUT	
Marca:		
Tipo envase:	BOTELLA	Cantidad: 1
Peso volumen:	1.5 L	Peso escurrido:
Fecha elaborado:		Fecha vencimiento:
Registro establecimiento:		Registro producto:
Lote:		Partida:
Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.		
Fecha de inicio de análisis: 24/06/2019		
Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019		
Ensayos solicitados:	Método:	Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA		209 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA		0 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA		209 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA		0.02 mg/L en As
Cloruros / AGUA		465 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA		2160 µS/cm
Dureza total / AGUA		165 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA		2.8 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA		19 mg/L en Mg ++
pH / AGUA		7.8
Sólidos disueltos totales / AGUA		1405 mg/L
Sulfatos / AGUA		400 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA		0.04 mg/L en Fe
Calcio / AGUA		35 mg/L en Ca ++
Residuo seco / AGUA		1440 mg/l
Observaciones:		
ND: No Detectable		
Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciere de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio		
BERWYN 226 - TRELEW - CHUBUT - CP 9100 - TEL/FAX: 0280 - 4427421/4421011		

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones




Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio

Dirección de Salud Ambiental

Ministerio de Salud



Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019

Numero de Muestra: 3681 /19

Datos del Solicitante

Solicitante: GALLASTEGUI RICARDO
 Dirección del Solicitante:
 Remite: PARTICULAR

Datos de la Muestra

Tipo muestra: AGUA
 Muestra: AGUA DE PERFORACION
 Identificación: MUESTRA Nº 2
 Entrada: CONTROL Fecha entrada: 24/06/2019
 Realizo muestreo: GALLASTEGUI RICARDO Lugar extracción: CAMARONES
 Localidad: CAMARONES
 Fecha extracción: 21/06/2019 Hora extracción:
 Cloro residual: Tiosulfato:
 Elaborado por: Domicilio:
 Provincia: CHUBUT
 Marca:
 Tipo envase: BOTELLA Cantidad: 1
 Peso volumen: 1.5 L Peso escurrido:
 Fecha elaborado: Fecha vencimiento:
 Registro establecimiento: Registro producto:
 Lote: Partida:

Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.

Fecha de inicio de análisis: 24/06/2019	Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019
Ensayos solicitados:	Método: Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA	140 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA	13 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA	153 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA	<0.01 mg/L en As
Cloruros / AGUA	125 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA	750 µS/cm
Dureza total / AGUA	42 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA	1.11 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA	4 mg/L en Mg ++
pH / AGUA	9.0
Sólidos disueltos totales / AGUA	382 mg/L
Sulfatos / AGUA	26 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA	0.03 mg/L en Fe
Calcio / AGUA	9.0 mg/L en Ca ++
Residuo seco / AGUA	408 mg/l

Observaciones:

ND: No Detectable

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio

BERWYN 226 – TRELEW – CHUBUT – CP:9100 – TEL/FAX: 0280 – 4427421/4421011



CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio

Dirección de Salud Ambiental
Ministerio de Salud

Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019

Numero de Muestra: 3682 /19

Datos del Solicitante

Solicitante: GALLASTEGUI RICARDO
Dirección del Solicitante:
Remite: PARTICULAR

Datos de la Muestra

Tipo muestra: AGUA
Muestra: AGUA DE PERFORACION
Identificación: MUESTRA Nº 3
Entrada: CONTROL
Realizo muestreo: GALLASTEGUI RICARDO
Localidad: CAMARONES
Fecha extracción: 21/06/2019
Cloro residual:
Elaborado por:
Provincia: CHUBUT
Marca:
Tipo envase: BOTELLA
Peso volumen: 1.5 L
Fecha elaborado:
Registro establecimiento:
Lote:

Fecha entrada: 24/06/2019
Lugar extracción: CAMARONES
Hora extracción:
Tiosulfato:
Domicilio:
Cantidad: 1
Peso escurrido:
Fecha vencimiento:
Registro producto:
Partida:

Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.

Fecha de inicio de análisis: 24/06/2019

Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019

Ensayos solicitados:	Método:	Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA		186 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA		8 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA		194 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA		<0.01 mg/L en As
Cloruros / AGUA		118 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA		530 µS/cm
Dureza total / AGUA		54 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA		1.35 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA		5 mg/L en Mg ++
pH / AGUA		8.8
Sólidos disueltos totales / AGUA		436 mg/L
Sulfatos / AGUA		22 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA		0.01 mg/L en Fe
Calcio / AGUA		13 mg/L en Ca ++
Residuo seco / AGUA		482 mg/l

Observaciones:


ND: No Detectable

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio

BERWYN 226 – TRELEW – CHUBUT – CP:9100 – TEL/FAX: 0280 – 4427421/4421011

57

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones




Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio

Dirección de Salud Ambiental

Ministerio de Salud



Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019

Numero de Muestra: 3683 /19

Datos del Solicitante

Solicitante: GALLASTEGUI RICARDO
Dirección del Solicitante:
Remite: PARTICULAR

Datos de la Muestra

Tipo muestra: AGUA
Muestra: AGUA DE PERFORACION
Identificación: MUESTRA Nº 4
Entrada: CONTROL **Fecha entrada:** 24/06/2019
Realizo muestreo: GALLASTEGUI RICARDO **Lugar extraccion:** CAMARONES
Localidad: CAMARONES
Fecha extracción: 21/06/2019 **Hora extracción:**
Cloro residual: **Tiosulfato:**
Elaborado por: **Domicilio:**
Provincia: CHUBUT
Marca:
Tipo envase: BOTELLA **Cantidad:** 1
Peso volumen: 1.5 L **Peso escurrido:**
Fecha elaborado: **Fecha vencimiento:**
Registro establecimiento: **Registro producto:**
Lote: **Partida:**

Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.

Fecha de inicio de análisis: 24/06/2019	Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019
Ensayos solicitados:	Método: Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA	243 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA	0 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA	243 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA	0.01 mg/L en As
Cloruros / AGUA	86 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA	720 µS/cm
Dureza total / AGUA	61 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA	1.58 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA	5 mg/L en Mg ++
pH / AGUA	8.1
Sólidos disueltos totales / AGUA	436 mg/L
Sulfatos / AGUA	14 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA	0.01 mg/L en Fe
Calcio / AGUA	16 mg/L en Ca ++
Residuo seco / AGUA	504 mg/l

Observaciones:

ND: No Detectable


Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio

BERWYN 226 - TRELEW - CHUBUT - CP-9100 - TEL/FAX: 0280 - 4427421/4421011




CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio
Dirección de Salud Ambiental
Ministerio de Salud



Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019

Numero de Muestra: 3684 /19

Datos del Solicitante

Solicitante: GALLASTEGUI RICARDO
Dirección del Solicitante:
Remite: PARTICULAR

Datos de la Muestra

Tipo muestra: AGUA
Muestra: AGUA DE PERFORACION
Identificación: MUESTRA Nº 5
Entrada: CONTROL
Realizo muestreo: GALLASTEGUI RICARDO
Localidad: CAMARONES
Fecha extracción: 21/06/2019
Cloro residual:
Elaborado por:
Provincia: CHUBUT
Marca:
Tipo envase: BOTELLA
Peso volumen: 1.5 L
Fecha elaborado:
Registro establecimiento:
Lote:

Fecha entrada: 24/06/2019
Lugar extracción: CAMARONES
Hora extracción:
Tiosulfato:
Domicilio:
Cantidad: 1
Peso escurrido:
Fecha vencimiento:
Registro producto:
Partida:

Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.

Fecha de inicio de análisis: 24/06/2019

Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019

Ensayos solicitados:	Método:	Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA		282 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA		0 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA		282 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA		0.02 mg/L en As
Cloruros / AGUA		105 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA		870 µS/cm
Dureza total / AGUA		59 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA		1.96 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA		6 mg/L en Mg ++
pH / AGUA		8.2
Sólidos disueltos totales / AGUA		488 mg/L
Sulfatos / AGUA		22 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA		0.04 mg/L en Fe
Calcio / AGUA		13 mg/L en Ca ++
Residuo seco / AGUA		582 mg/l

Observaciones:

ND: No Detectable

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio

BERWYN 226 - TRELEW - CHUBUT - CP:9100 - TEL/FAX: 0280 - 4427421/4421011

Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones



Informe de Ensayos

Departamento Provincial Laboratorio

Dirección de Salud Ambiental
Ministerio de Salud



Fecha de impresión: miércoles 3 de julio de 2019

Numero de Muestra: 3685 /19

Datos del Solicitante

Solicitante: GALLASTEGUI RICARDO
 Dirección del Solicitante:
 Remite: PARTICULAR

Datos de la Muestra

Tipo muestra: AGUA
 Muestra: AGUA MALLIN
 Identificación: MUESTRA Nº 6
 Entrada: CONTROL Fecha entrada: 24/06/2019
 Realizo muestreo: GALLASTEGUI RICARDO Lugar extracción: CAMARONES
 Localidad: CAMARONES
 Fecha extracción: 21/06/2019 Hora extracción:
 Cloro residual: Tiosulfato:
 Elaborado por: Domicilio:
 Provincia: CHUBUT
 Marca:
 Tipo envase: BOTELLA Cantidad: 1
 Peso volumen: 1.5 L Peso escurrido:
 Fecha elaborado: Fecha vencimiento:
 Registro establecimiento: Registro producto:
 Lote: Partida:

Los datos consignados de la muestra son suministrados por el Solicitante.

Fecha de inicio de análisis: 27/06/2019	Fecha de finalización de análisis: 01/07/2019
Ensayos solicitados:	Método: Resultado: Unidad:
Alcalinidad en bicarbonatos / AGUA	59 mg/L en CaCO3
Alcalinidad en carbonatos / AGUA	0 mg/L en CaCO3
Alcalinidad total / AGUA	59 mg/L en CaCO3
Arsénico / AGUA	<0.01 mg/L en As
Cloruros / AGUA	8 mg/L en Cl ⁻
Conductividad / AGUA	150 µS/cm
Dureza total / AGUA	32 mg/L en CaCO3
Fluoruros / AGUA	<0.01 mg/L en F ⁻
Magnesio / AGUA	3 mg/L en Mg ++
pH / AGUA	7.3
Sulfatos / AGUA	<1 mg/L en SO4=
Hierro / AGUA	0.76 mg/L en Fe
Calcio / AGUA	8 mg/L en Ca ++

Observaciones:

ND: No Detectable

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida y el Laboratorio declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hiciera de este informe. El presente certificado solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita del Laboratorio.

BERWYN 226 - TRELEW - CHUBUT - CP:9100 - TEL/FAX: 0280 - 4427421/4421011

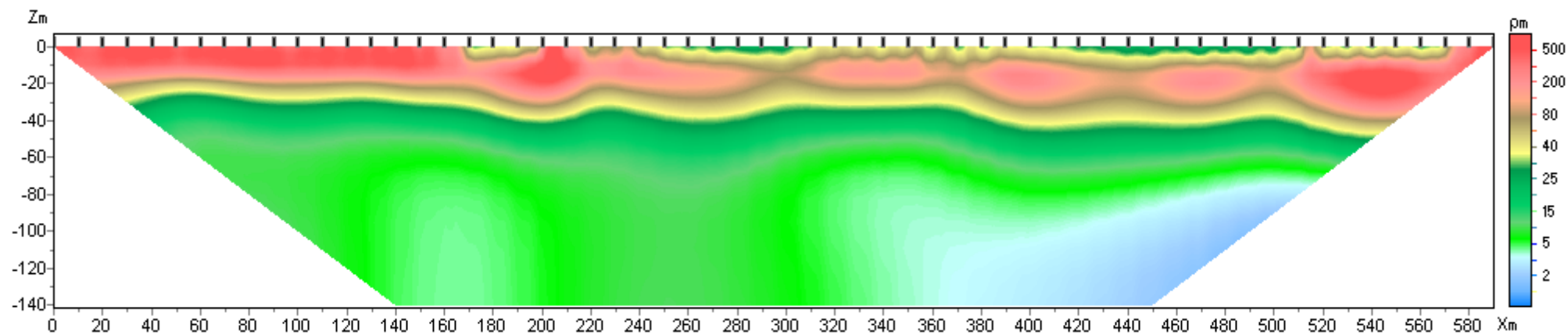


Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

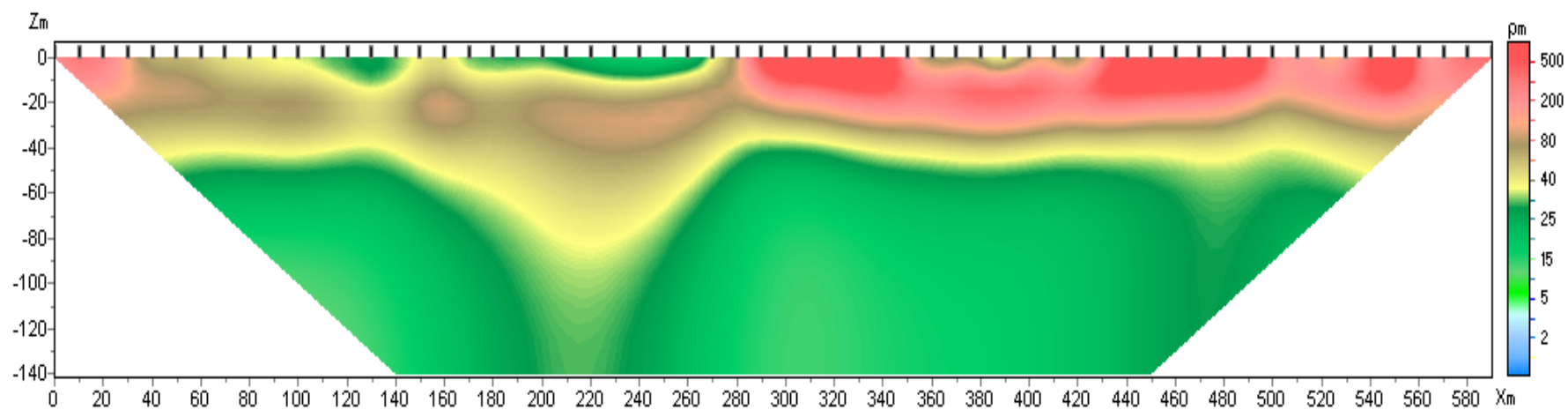
ANEXO 2

PSEUDOSECCIONES

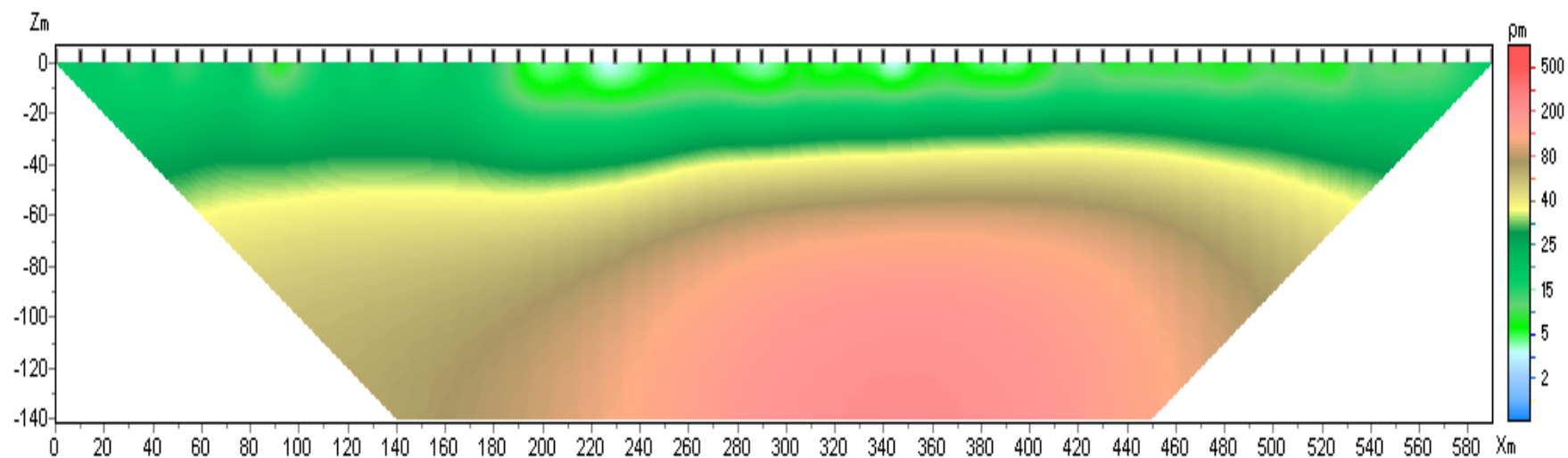
TE 1



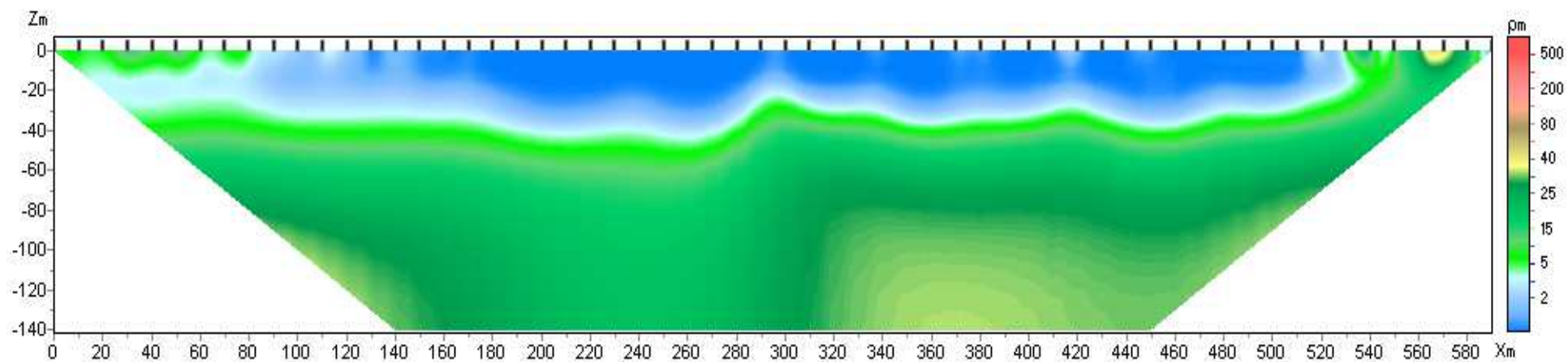
TE 2

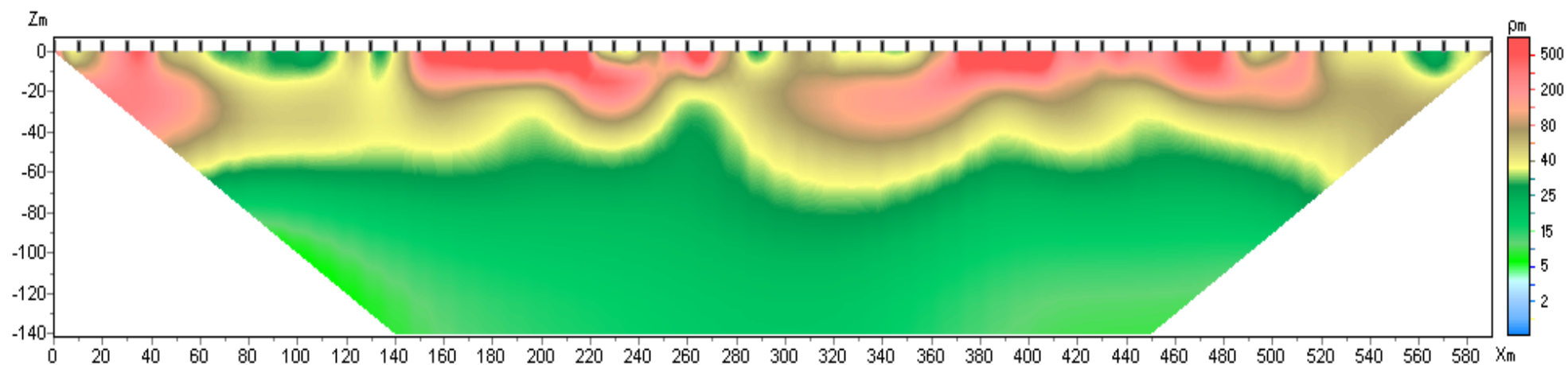
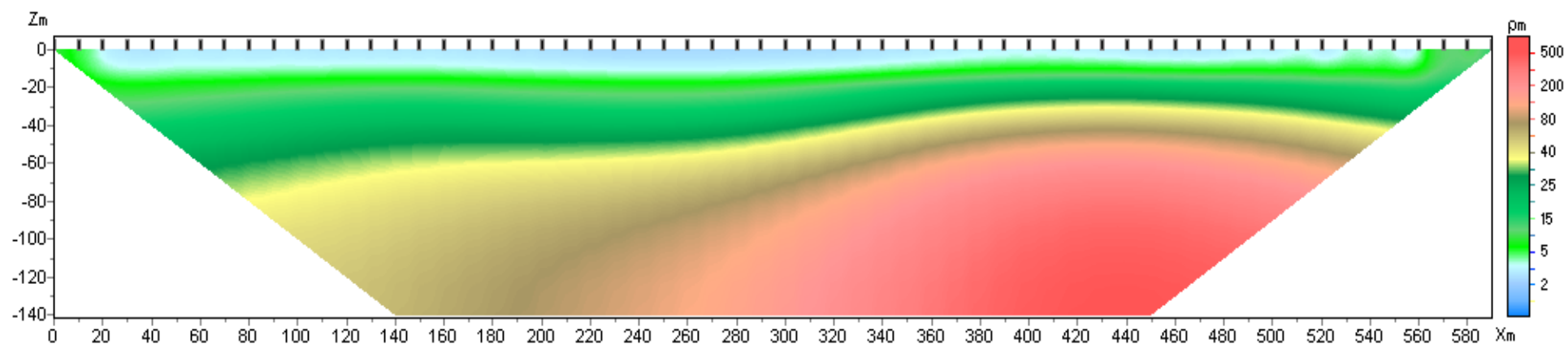


TE 3

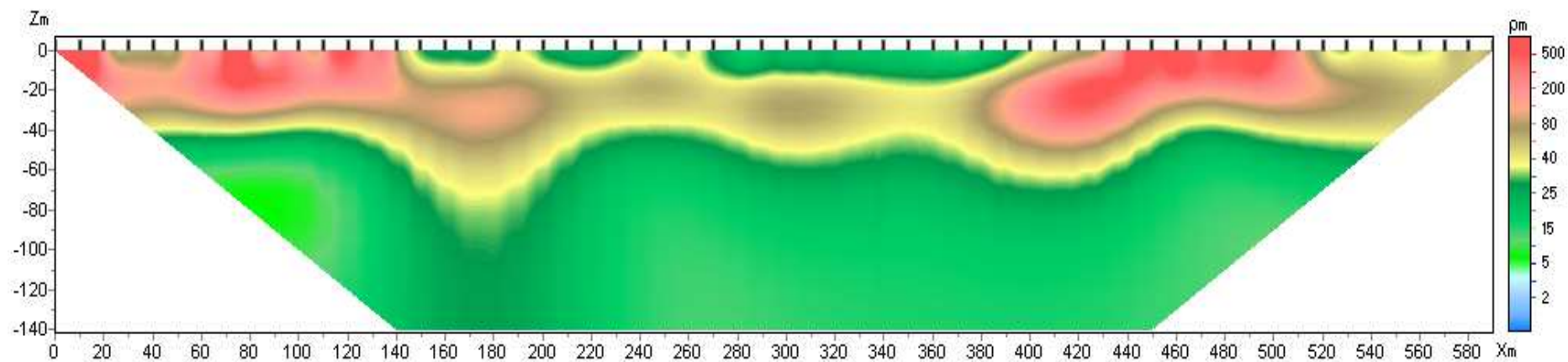


TE 4



TE 5**TE 6**

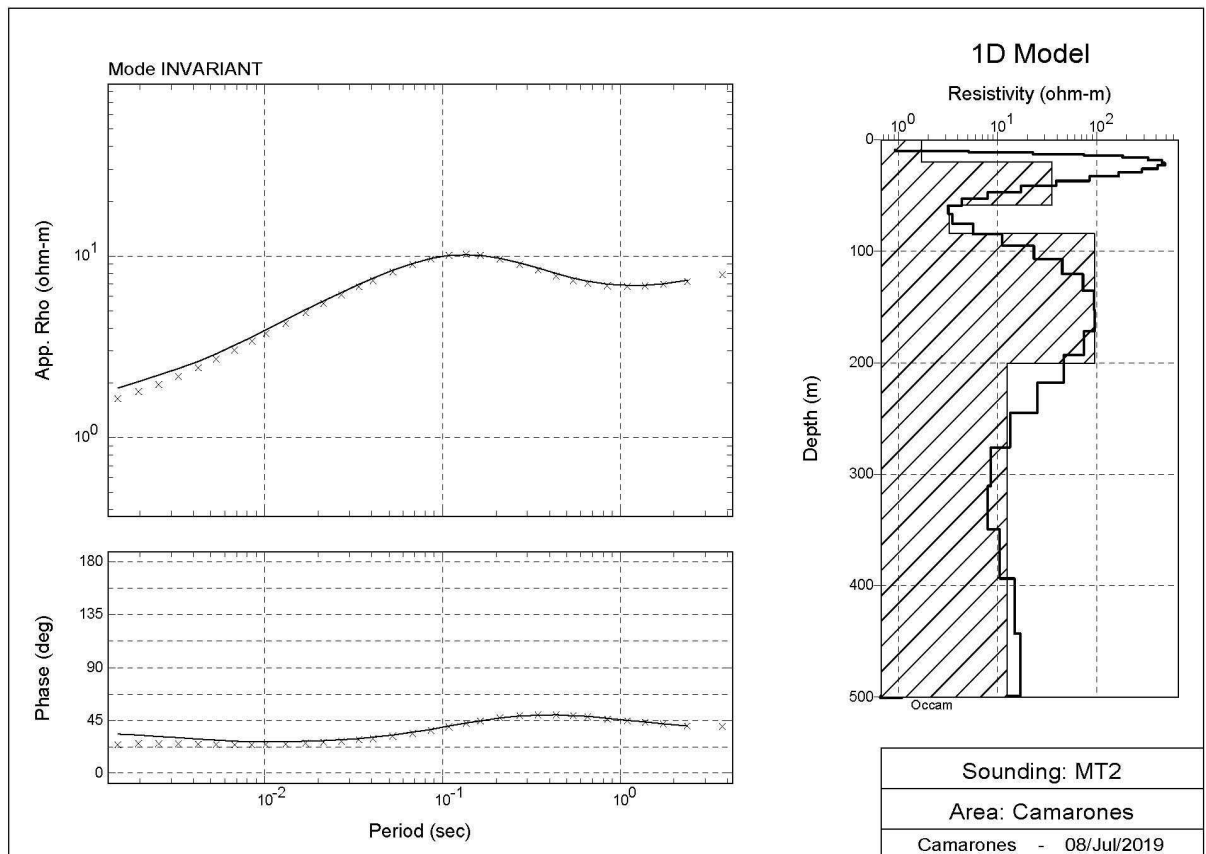
TE 7



ANEXO 3

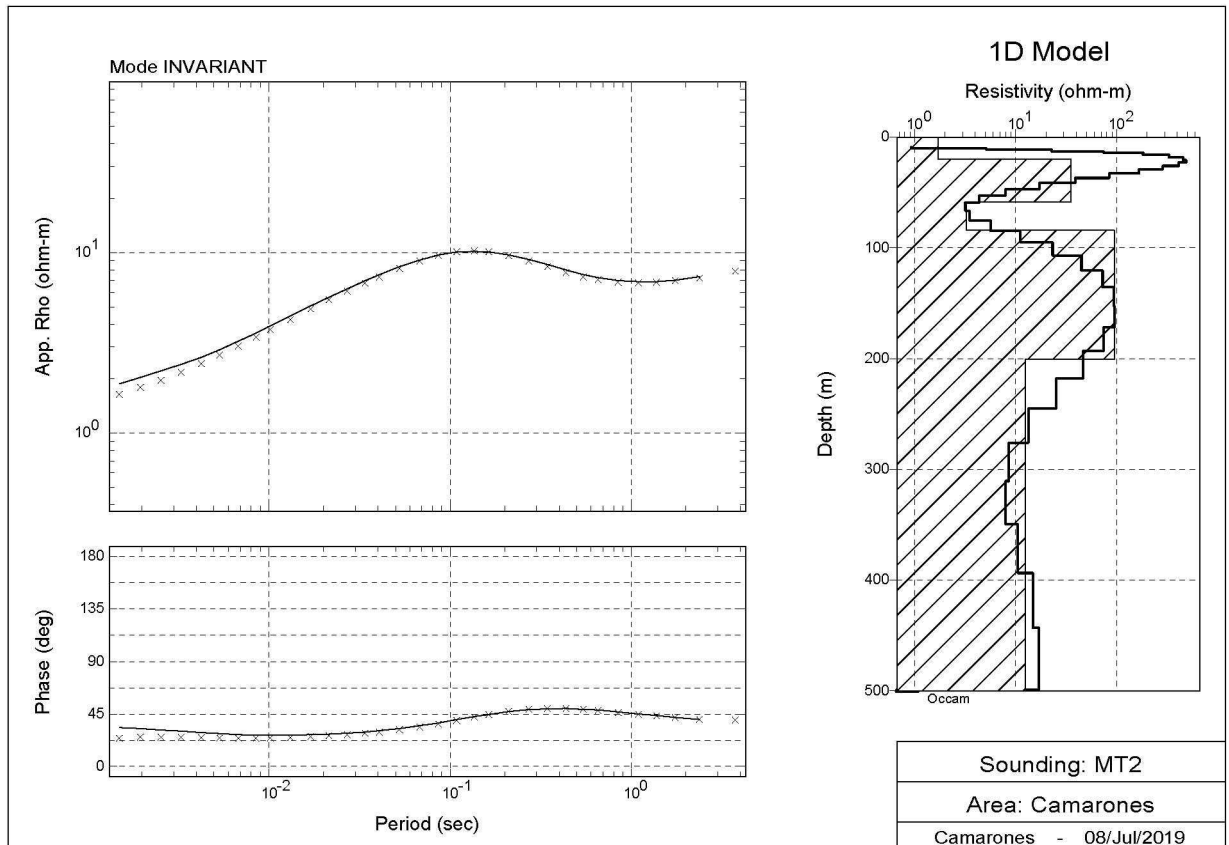
MODELOS INVERSOS 1D

MT1



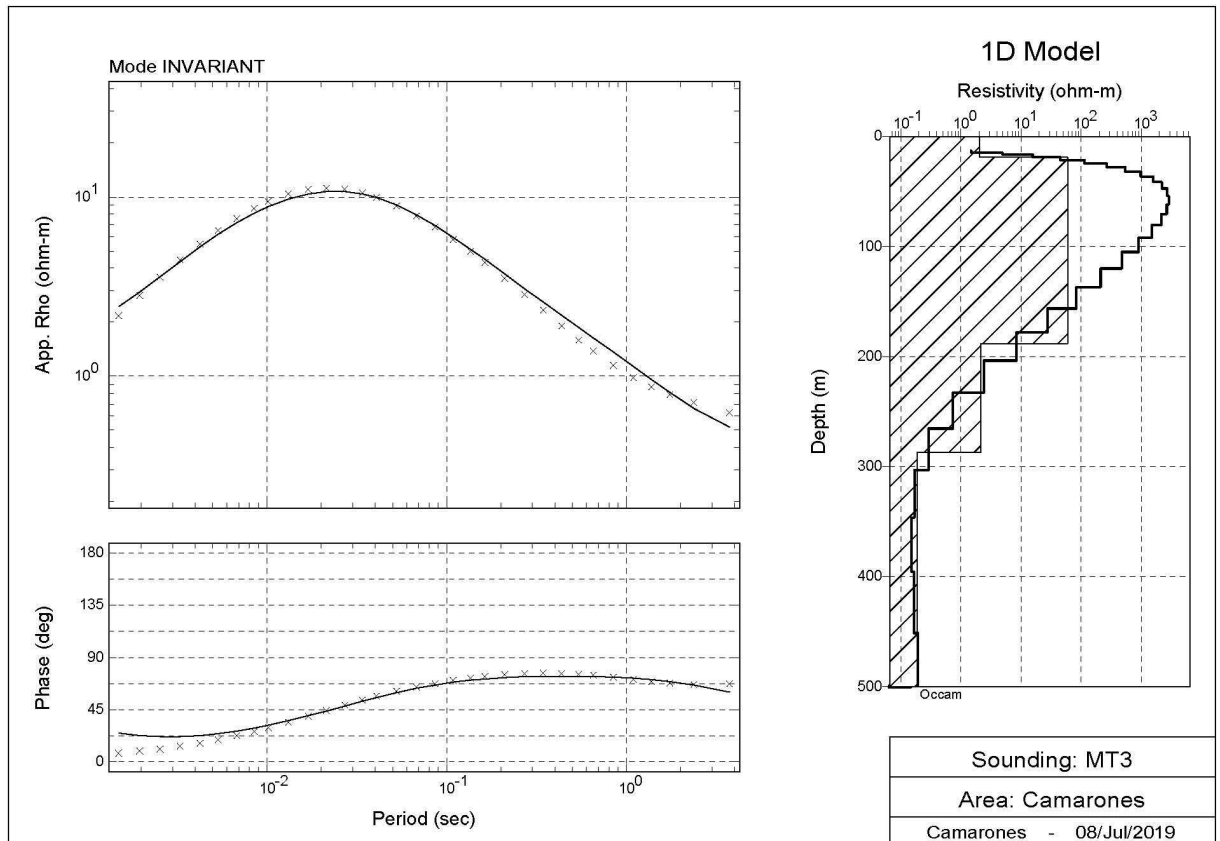
Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT2



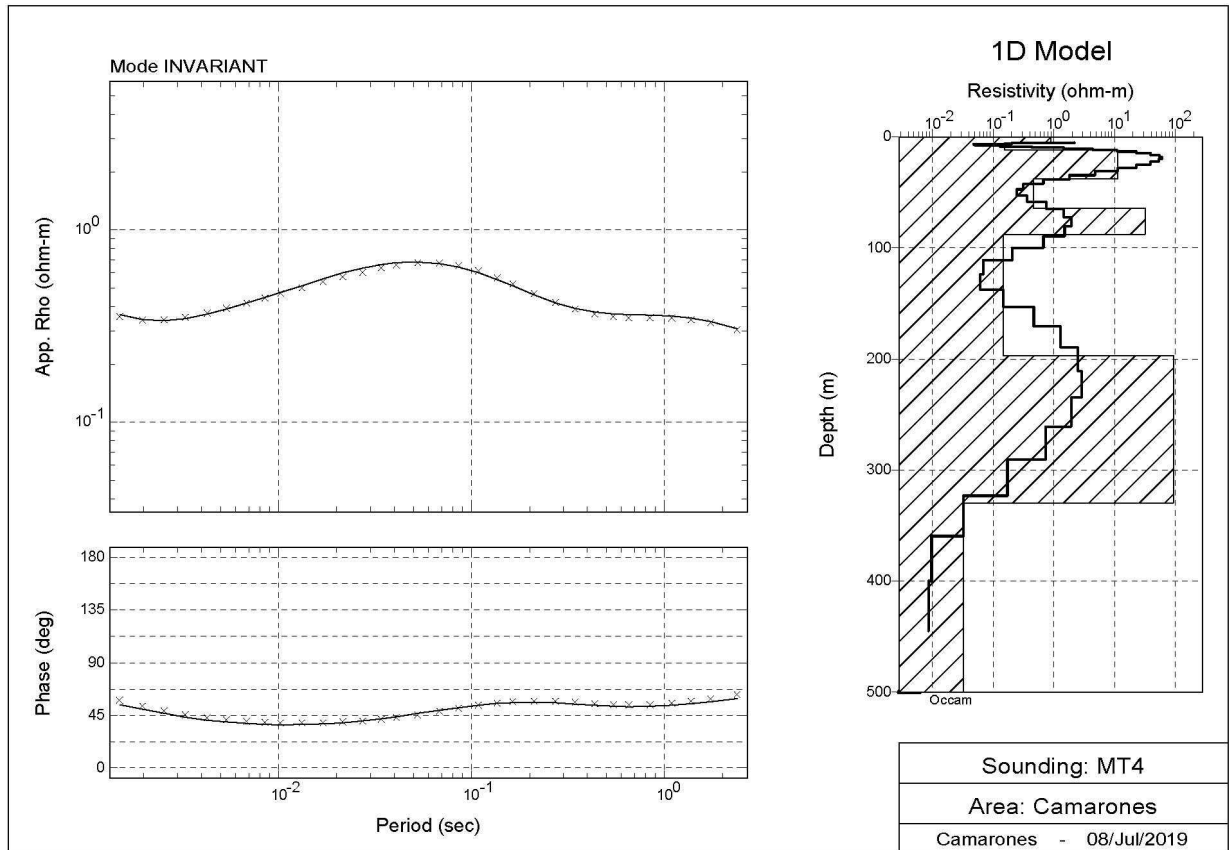
Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT3



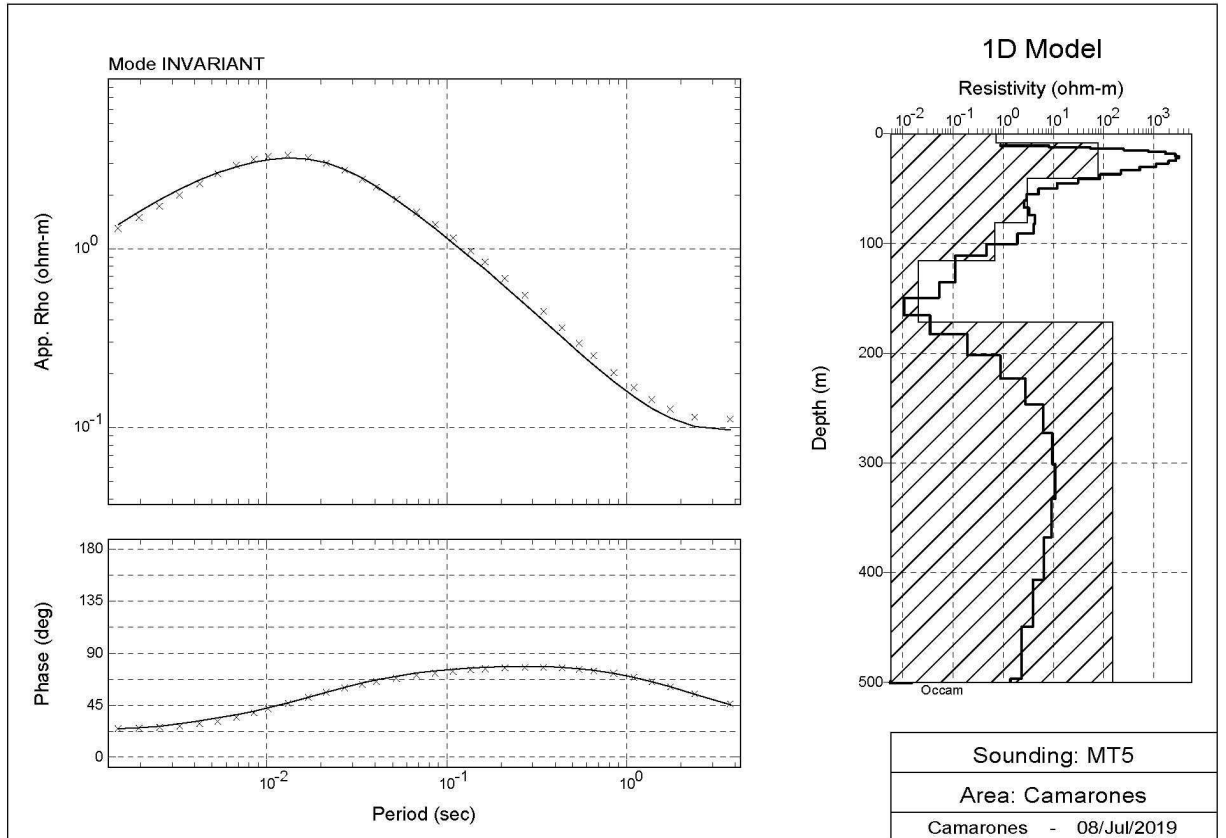
Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT4



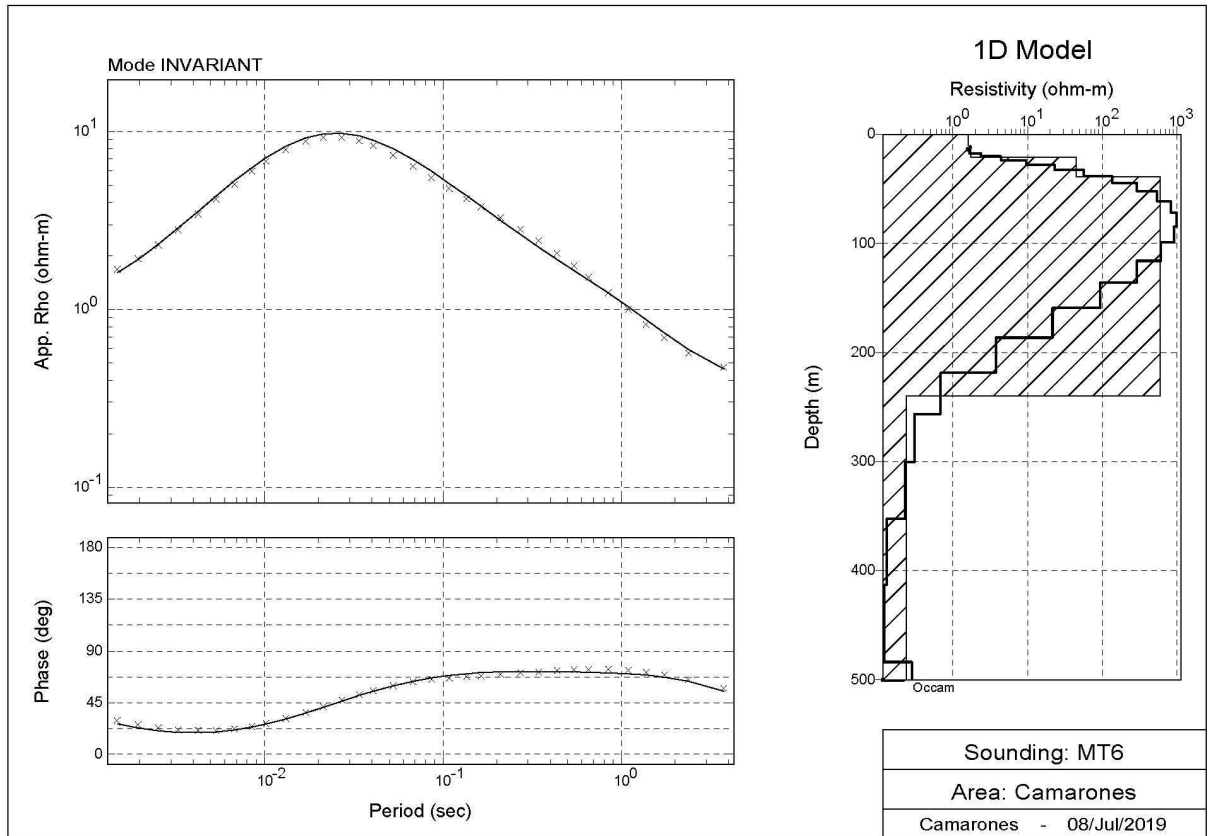
Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT5



Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT6



Estudios Geológicos y Geofísicos para la Determinación De Sitios Favorables para la Obtención de Agua Subterránea en Camarones

MT7

