DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

ANEXOS

VOLUMEN II

NOVIEMBRE 2014

yo cuido el agua

LEY DE FOMENTO AL RIEGO

CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

ANEXO A:
METODOLOGÍA DE TRABAJOS DE TERRENO

CNR

DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA

PROCEDIMIENTO DE TERRENO

GeoHidrologia
Antonio Varas 621, Providencia, Santiago
Teléfono: +56 2 23816000
www.geohidrologia.cl

DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA

PROCEDIMIENTO DE TERRENO

ÍNDICE

1 **METODOLOGÍAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE TERRENO** **3**

1.1 MEDICIÓN DE CAUDALES 3

1.2 MUESTREO HIDROQUÍMICO E ISOTÓPICO 5

1.2.1 Equipamiento genera: **7**
1.2.2 Mediciones in-situ **8**
1.2.3 Consideraciones especiales según tipo de analito **8**
1.2.4 Isotopos **9**
1.2.5 Preservación y transporte de las muestras **9**
1.2.6 Seguridad **11**

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1: Ancho de la subsección (d_i) en función del ancho del cauce 4

Tabla 1-2: Parámetros hidroquímicos a determinar 6

Tabla 1-3: Descripción de tipos de recipiente 6

Tabla 1-4: "Holding Times" para diferentes tipos de parámetros 11

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1. Cálculo del caudal mediante el método Área-velocidad 4

Figura 1-2. Ejemplo de variación vertical de la velocidad en una sección de escurrimiento ... 5

1 METODOLOGÍAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE TERRENO

A continuación se describe, resumidamente, la metodología utilizada para levantar la información durante las campañas de terreno

1.1 MEDICIÓN DE CAUDALES

La estimación de los caudales pasantes se realizó por medio de la metodología denominada "área-velocidad". El caudal de una sección de aforo se calcula por medio de la sumatoria del producto entre el área de un conjunto de subsecciones (1 a N) y la velocidad promedio de escurrimiento en la subsección correspondiente (Figura 1-1 y Ecuación 1). La velocidad de escurrimiento en las secciones de paso será medida con un molinete marca Global Water modelo FP111.

La elección de la sección a aforar (perfil transversal al cauce) tiene una gran incidencia en la calidad del aforo. Por ello cada sección a aforar debe cumplir, en lo posible, con los siguientes aspectos según las Normas Hidrométricas de la DGA (1978):

- Debe estar situada en un tramo recto del río con una sección uniforme y pendiente constante, donde no se produzcan embanques, socavaciones ni se divida en brazos. Se recomienda que el largo del tramo sea al menos tres veces el ancho de la sección hacia aguas arriba y aguas abajo.
- La sección debe tener una distribución pareja de velocidades, sin sectores de altas velocidades, aguas muertas, contracorrientes o remolinos, y sin escurrimiento turbulento.

Debido a las variaciones de la velocidad del escurrimiento dentro de la sección de aforo elegida y a los efectos de facilitar las operaciones en el campo, para la determinación del gasto se requiere dividir la sección de aforo en subsecciones. Las subsecciones se definen por la distancia existente entre dos verticales imaginarias (d_i en Figura 1-1). Dentro de las posibilidades observadas en terreno, el ancho de la subsección (d_i) debe ser definido de modo de asegurar que el caudal pasante en dicha subsección no sea mayor al 10% del caudal de la sección de aforo y debe considerar las reglas establecidas en la Tabla 1-1 (DGA, 1978).

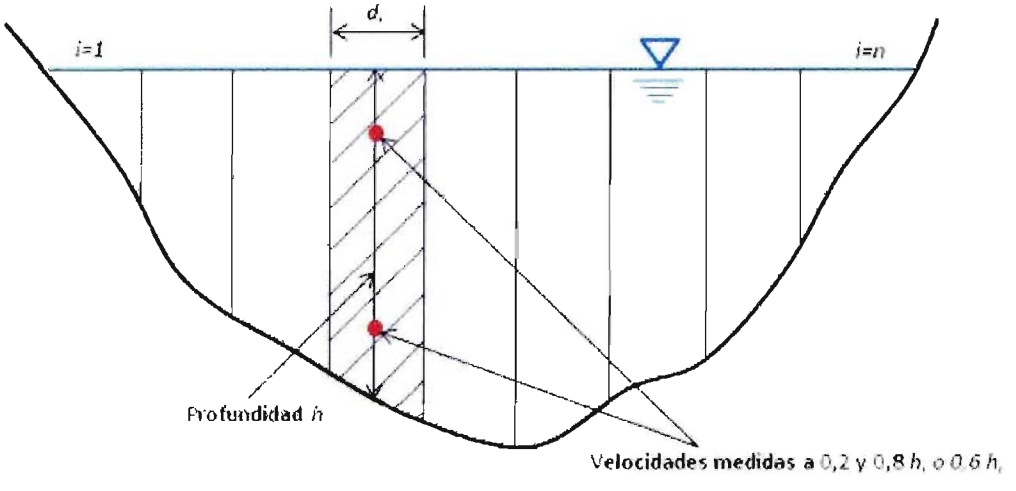
Tabla 1-1: Ancho de la subsección (d_i) en función del ancho del cauce

Ancho del Canal (m)	Ancho subsección (m)
Menos de 2	0,2
2 – 3	0,3
3 – 4	0,4
4 – 8	0,5
8 – 15	1
15 - 25	2

[Fuente: Normas Hidrométricas DGA, 1978]

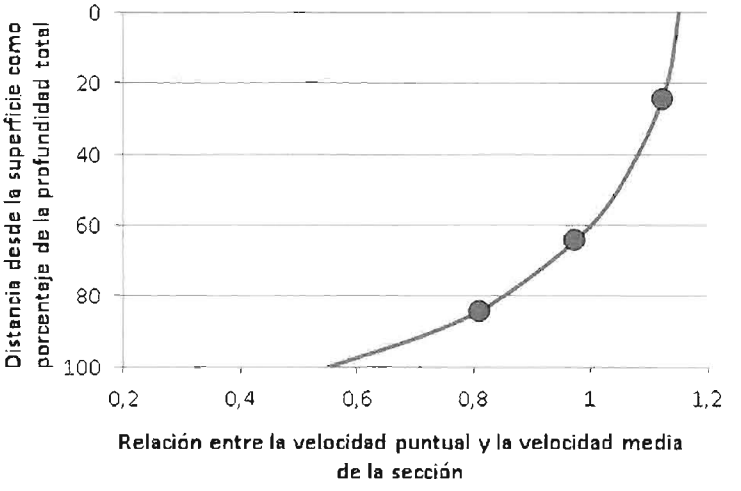
El caudal en un cauce de acuerdo a esta metodología (Figura 1-1), se determina realizando mediciones sucesivas de velocidad perpendiculares al sentido de escurrimiento (V_i) y profundidad del lecho del cauce (h_i) en cada una de las subsección de flujo definidas.

Figura 1-1. Cálculo del caudal mediante el método Área-velocidad



Tal como se muestra en el ejemplo de la Figura 1-2 la velocidad del flujo varía con la profundidad de la corriente. La velocidad crece desde cero en el lecho del río, alcanzando su máximo cerca de la superficie y su valor promedio a una profundidad cercana al 60% del total. Cuando la profundidad de la columna de agua es menor que 0,7 m, las observaciones deben ser realizadas sólo a 0,6 veces h_i (desde la superficie de agua). Para profundidades mayores, la velocidad debe ser medida a 0,2 y 0,8 veces h_i y promediar ambos valores para determinar la velocidad media de la sección vertical.

Figura 1-2. Ejemplo de variación vertical de la velocidad en una sección de escurrimiento



El caudal total se obtendrá entonces integrando la ecuación de continuidad en toda la sección (ecuación 1).

$$Q = \sum_{i=1}^{n} V_i \cdot d_i \cdot h_i \qquad \text{Ecuación 1}$$

donde V_i es la velocidad promedio en la sección i, d_i el ancho de la sección i, y h_i la profundidad de la sección i.

Para la medición de velocidad en cada subsección se considera:

- Determinar el ancho de la sección y calcular el espaciamiento o distancia entre cada vertical.
- En el punto medio de cada uno de los tramos definidos anteriormente se debe medir la velocidad de escurrimiento a 0,6 hi o 0,2 y 0,8 hi , dependiendo la profundidad del cauce.
- Por cada tramo se mide la velocidad del flujo a través de la columna de agua registrando la velocidad promedio de la columna. Finalmente la velocidad adoptada como valor representativo del punto debe ser el promedio de ambas estimaciones.
- Toda la información generada en terreno debe ser registrada sistemáticamente en formularios estándares previamente diseñados con el objetivo de facilitar la posterior interpretación de las mediciones realizadas.

1.2 MUESTREO HIDROQUÍMICO E ISOTÓPICO

Las campañas de muestreo de calidad de aguas superficiales se realizaron con el procedimiento que se detalla a continuación.

Como primera actividad se preseleccionaron los puntos a muestrear y para ello se indicó su localización por medio de una tabla con coordenadas UTM (WGS84) y en un mapa en planta.

Se tuvo cuidado de eliminar o minimizar cualquier cambio en la concentración de los parámetros a determinar, que pueda ser producido por el proceso mismo de muestreo. Además, se minimizó los cambios durante el intervalo entre el muestreo y el análisis sean mínimos. Los parámetros a determinar se presentan en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Parámetros hidroquímicos a determinar

Barrido de metales por ICP (mg/l)					
Analito	**límite det (mg/L)**	**Analito**	**límite det (mg/L)**	**Analito**	**límite det (mg/L)**
Ag	0,01	Cu	0,01	Sb	0,2
Al	0,2	Fe	0,03	Se	0,2
As	0,2	K	2	Si	0,05
B	0,1	Li	0,01	Sn	0,03
Ba	0,01	Mg	0,1	Sr	0,005
Be	0,05	Mn	0,005	Ti	0,01
Bi	0,2	Mo	0,03	Tl	0,2
Ca	0,05	Na	2	V	0,03
Cd	0,01	Ni	0,05	Zn	0,005
Co	0,01	P	0,3		
Cr	0,01	Pb	0,05		
Aniones mayores					
Analito	**límite detección**				
Carbonatos	1 mg/L CaCO3				
Bicarbonatados	1 mg/L CaCO3				
Sulfato	10 mg/l				
Cloruro	0.5 mg/l				
Bromuro	0.1 mg/l				

Posteriormente se contactó y coordinó con ALS (Laboratorio certificado , NCh-ISO 17.025, Of. 2005) el envío de los recipientes para ser retirados en Iquique. Los envases (botellas) para el muestreo fueron provistos por el laboratorio, no obstante se supervisaron que cada uno de los envases cumpliera con las exigencias y características establecidas en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Descripción de tipos de recipiente

Recipiente	Volumen y preservante
Metales totales	Plástico HDPE 500 ml / HNO3 al 10%
Isótopos	Plástico HDPE 250 ml sin preservante
Parámetros generales	Plástico HDPE 1L sin preservantes

1.2.1 Equipamiento genera:

A continuación se describe el equipamiento utilizado para el muestreo:

- Envases para el muestreo
- Brazo mecánico articulado o dispositivo equivalente, para sostener envases y acceder a flujos inaccesibles o peligrosos mediante recolección directa.
- Cooler herméticos bien cerrados y rotulados dentro del cual se mantendrá cadena de frío (ice-pack)..
- Multiparámetro HANNA modelo HI 991300 o similar (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, alcalinidad y temperatura), el cual debe ser limpiado con agua destilada y pipeta entre cada medición.
- Bomba peristáltica, matraz Kitazato y filtro de 0,45um
- Envases de precipitado graduado
- Bidón vacío
- Agua destilada
- Piseta
- Aspersor
- Cámara de fotos
- Fichas de muestreo
- Mapa rutero
- GPS con puntos de muestreo cargados
- Computador
- Conversor eléctrico para auto
- Mapas de puntos de muestreo con caminos y red de drenaje
- Procedimiento de muestreo impreso
- Caja de herramientas
- Rejillas de retención de sólidos gruesos (tamiz)

El equipo a utilizar para el muestreo debe encontrarse limpio antes de tener contacto con la muestra, para asegurarse que no constituye una fuente que pueda alterar la química de la muestra.

Los procedimientos de limpieza deben considerar que:

1. Todos los equipos y colectores de muestra deben limpiarse antes de su uso. Los materiales nuevos pueden tener residuos del proceso de manufactura. Materiales que han sido almacenados o transportados pueden tener polvo u otras sustancias extrañas.
2. El equipo debe ser descontaminado inmediatamente después de usarse.

3. Para prevenir la contaminación cruzada entre dos sitios de muestreo se debe enjuagar el equipo con agua destilada mientras aún esté húmedo por el muestreo. Luego se debe limpiar antes de transportarlo al siguiente punto de muestreo.
4. Para análisis de constituyentes inorgánicos los elementos de limpieza deben ser no metálicos, preferentemente de materiales incoloros o blancos de polipropileno, polietileno u otro plástico.

1.2.2 Mediciones in-situ

En cada punto muestreado se midieron parámetros fisicoquímicos del agua, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, potencial de óxido reducción (ORP o Eh) alcalinidad y temperatura, utilizando un equipo multiparámetro HANNA modelo HI 991300 o similar Los datos obtenidos durante las campañas fueron registrados en terreno. Los recipientes fueron rotulados en forma clara y durable de modo de no generar ambigüedades en el laboratorio.

1.2.3 Consideraciones especiales según tipo de analito

Para la determinación de los parámetros físico-químicos e iones (cationes y aniones) como precaución general los envases fueron ambientados, llenados completamente y luego cerrados con doble tapa, con el objetivo de limitar la interacción con el aire y la agitación durante su trasporte.

Para iones positivos (cationes, metales y metaloides):

1. Usar elementos de protección personal.
2. En caso de ser necesario ambientar matraz de kitasato con agua del punto de muestreo.
3. Tomar muestra con vaso precipitado y/o recipiente limpio previamente ambientado.
4. En caso de ser necesario filtrar usando bomba peristáltica, matraz de kitasato y filtro de 0,45um.
5. Abrir botella con preservante de ácido nítrico diluido al 10%. Los envases que proceden del laboratorio con preservantes en su interior NO deben ambientarse con el agua de muestreo.
6. Verter muestra en botella con preservante (alejar de la cara para no aspirar gases).
7. Los envases se llenan completamente sin rebalsar la muestra y se cierran lo más herméticamente posible.
8. Etiquetar según nomenclatura.
9. Especificar en la etiqueta si es filtrado o no.
10. Almacenar en *cooler*.
11. Mantener cadena de frío.

Para iones negativos (aniones) y parámetros físico-químicos:

1. Usar elementos de protección personal.
2. Utilizar envase sin preservante (natural).
3. Ambientar envase.
4. Colectar la muestra.
5. Dejar una película de agua por sobre la boca de la botella y luego colocar tapa interior, asegurándose que quede el menor oxígeno posible.
6. Etiquetar según nomenclatura.
7. Almacenar en *cooler*.
8. Mantener cadena de frio.

1.2.4 Isotopos

El muestreo de los isótopos de deuterio (δH^2 ‰) y oxígeno 18 (δO^{18} ‰) es simple, dado que ninguno se afecta en forma medible por procesos biológicos o químicos durante su *almacenamiento* y trasporte. La evaporación en botellas parcialmente llenadas puede ser un problema al momento de determinar sus valores, dado el enriquecimiento del líquido residual. Por ello como precaución general los envases serán ambientados, llenados completamente y luego cerrados con doble tapa. De tal modo se espera limitar la interacción con el aire y la agitación durante su trasporte. En el caso de muestras que contengan componentes volátiles orgánicos (descomposición materia orgánica libera CO_2), que pueden escapar durante el análisis, deberán ser claramente rotuladas para que sean pre-tratadas en el laboratorio. Los envases para el muestreo isotópico serán de plástico de polietileno de alta densidad (HDPE) de 250 cc, de cuello delgado y además se asegurará que los recipientes no puedan absorber, contaminar o modificar los parámetros específicos de análisis.

1.2.5 Preservación y transporte de las muestras

Las aguas son susceptibles de experimentar cambios debido a reacciones físicas, químicas y/o biológicas que pueden ocurrir entre el momento del muestreo y el análisis. A continuación se entregan las pautas a seguir cuando una muestra no puede ser analizada en terreno y tiene que transportarse para ser analizada en un laboratorio.

Para el caso de caracterización de los metales, metaloides y aniones se preservarán con ácido nítrico diluido aproximadamente en 10% v/v y deberán estar en contacto con el recipiente previamente por al menos 1 día.

I. Etiquetado de los envases

Se rotula cada envase (en la etiqueta o directamente en el envase) con la siguiente información:

1. Nombre de la muestra
2. Fecha y hora del muestreo
3. Lugar del muestreo (cuenca o nombre del lugar o coordenadas, etc.)
4. Tipo de muestra (subterránea/ superficial/ residual/ precipitación/ etc.)
5. Indicar si: Muestra natural (sin aditivos ni preservantes)

   Muestra con aditivos y/o preservantes

- Se protege la etiqueta de cada envase con cinta adhesiva transparente gruesa.
- Se anota en el registro interno de muestreo la información completa de la muestra para tener un respaldo. Se anotan además los resultados de las mediciones *in situ* de pH, conductividad y temperatura.

II. Transporte

Las muestras para isótopos de deuterio (δH^2 ‰) y de oxígeno 18 (δO^{18} ‰) fueron analizadas en el Laboratorio de Isotopos Ambientales de la CCHEN. Dado que fundamentalmente la evaporación puede ser un problema por enriquecimiento del líquido residual, como precaución los envases de HDPE serán ambientados, llenados completamente, luego cerrados con doble tapa

Los parámetros físico-químicos fueron analizados en ALS (NCh-ISO 17.025, Of. 2005). Los "Holding Times" (tiempo entre muestreo y análisis) de los distintos parámetros es diferente (Basado en Standar Method 21 y 22, Tabla 1-4). En concreto, el envío de las muestras de laboratorio se realizó vía 'Chile Express' al término de la campaña. Se estableció todos los resguardos para minimizar cambios debido a reacciones físicas, químicas y/o biológicas que puedan ocurrir entre el momento del muestreo y el análisis. El conjunto de muestras recolectadas fueron enviadas en un *cooler* hermético y debidamente sellado, dentro del cual se mantuvo su cadena de frío (ice-pack). Adicionalmente se generó una cadena de custodia de los *cooler* enviados que permitiría monitorear su traslado.

III. Envío de muestras al laboratorio

- El envío de las muestras al laboratorio debe gestionarse de tal modo que se asegure que éstas lleguen y sean recibidas.
- Se consideró importante ponerse en contacto previamente con el laboratorio para anunciar la llegada de las muestras.
- El envío se realizó embalando y protegiendo correctamente las muestras para evitar derrames. Las muestras fueron ir protegidas de la luz solar y se mantuvo cadena de frío.

Tabla 1-4: "Holding Times" para diferentes tipos de parámetros

PARÁMETRO	TIEMPOS DE ANÁLISIS
Alcalinidad	14 Días
Conductividad	30 Días
Solidos Disueltos totales	7 Días
pH	30 Días
Cloruro	30 Días
Nitrógeno amoniaco	7 Días
Nitrógeno Nitrito	48 Horas
Nitrógeno Nitrato	48 Horas
Sulfatos	30 Días
Metales totales	90 días
Metales disueltos	90 días
Coliformes fecales y totales	24 horas

1.2.6 Seguridad

El amplio rango de condiciones encontradas al muestrear aguas pueden exponer al personal a diferentes riesgos de seguridad y salud. Se deben tomar precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la boca o absorción a través de la piel. El personal de muestreo debe estar informado de las precauciones que deben tomarse durante las operaciones del muestreo.

Elementos de protección personal (EPP)

- Guantes de trabajo (para toma de muestra, por ejemplo; guantes quirúrgicos libres de contaminación)
- Lentes con filtro UV y/o antiparras herméticas
- Mascarilla que cubra las vías respiratorias (según indicación de la HDS del producto)
- Protector solar
- Gorro legionario
- Zapatos de trekking o zapatos de seguridad
- Chaleco reflectante
- Ropa de trabajo y abrigo (polera / camisa manga larga, polar, chaqueta térmica, etc.)
- Radio comunicacional o teléfono móvil
- Teléfono Satelital, en caso de no tener cobertura radial o de celular
- Guantes de látex
- Mascarilla
- Overol o delantal blanco
- Gorro plástico para el pelo

ANEXO B:
INFORME DEL ESTUDIO GEOFÍSICO

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Coc. Postal 6640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

GEOHIDROLOGÍA CONSULTORES LTDA.

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA: TÉCNICAS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA

PROYECTO EN SECTOR LAGUNAS DE AMUYO, REGION DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

MAYO 2014

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

ÍNDICE DE MATERIAS

		Página
I	INTRODUCCIÓN	1
II	METODOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA	4
	2.1 Transiente electromagnético, NanoTEM	4
	2.2 Tomografía Eléctrica	5
III	TRABAJOS DE TERRENO	6
	3.1 Registro de datos de NanoTEM	6
	3.2 Registro de datos de Tomografía Eléctrica	8
	3.3 Instrumental NanoTEM	8
	3.4 Instrumental Tomografía Eléctrica	10
IV	PROCESO DE INVERSION DE DATOS	11
	4.1 NanoTEM	11
	4.1.1 Modelos 1D de Resistividad NanoTEM	11
	4.1.2 Secciones 2D de Resistividad NanoTEM	12
	4.2 Tomografía Eléctrica	13
	4.2.1 Inversiones 2D de Resistividad Tomografía	14
	4.2.2 Secciones de Resistividad Tomografía	14
V	RESULTADOS	15
VI	CONCLUSIONES	18

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ubicación general del sector de estudio

Fig. 2. Planta general de estaciones NanoTEM sobre imagen Google Earth.

Fig. 3. Planta de estaciones NanoTEM sobre modelo elevación digital, imagen SRTM.

Fig. 4. Secciones NanoTEM abatidas sobre imagen Google Earth.

Fig. 5. Planta de líneas geofísicas en el área Laguna Roja, R1 y R2 de Tomografía, L1 de NanoTEM, sobre Topografía SRTM.

Fig. 6. Planta de líneas geofísicas en el área Laguna Roja, R1 y R2 de Tomografía, L1 de NanoTEM, sobre imagen satelital Google Earth.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

NanoTEM:

Fig. L1	Perfil de resistividad L1 modelado por método de Capas.
Fig. L1s	Perfil de resistividad L1 modelado por método de Smooth.
Fig. I -L1	Interpretación modelo de resistividad 1D, perfil L1.
Fig. L2	Perfil de resistividad L2 modelado por método de Capas.
Fig. L2s	Perfil de resistividad L2 modelado por método de Smooth.
Fig. I –L2	Interpretación modelo de resistividad 1D, perfil L2.
Fig. L3	Perfil de resistividad L3 modelado por método de Capas.
Fig. L3s	Perfil de resistividad L3 modelado por método de Smooth.
Fig. I –L3	Interpretación modelo de resistividad 1D, perfil L3.
Fig. L4	Perfil de resistividad L4 modelado por método de Capas.
Fig. L4s	Perfil de resistividad L4 modelado por método de Smooth.
Fig. I –L4	Interpretación modelo de resistividad 1D, perfil L4.
Fig. L5	Perfil de resistividad L5 modelado por método de Capas.
Fig. L5s	Perfil de resistividad L5 modelado por método de Smooth.
Fig. I –L5	Interpretación modelo de resistividad 1D, perfil L5.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal: 8640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

Tomografía Eléctrica:

Fig. R1. Sección de resistividad Tomografía, línea R1.
Zonificación de colores de resistividad del NanoTEM.

Fig. R2. Sección de resistividad Tomografía, línea R2.
Zonificación de colores de resistividad del NanoTEM.

Fig. R1b. Sección de resistividad Tomografía, línea R1.
Zonificación colores resistividad ajustada a datos tomografía.

Fig. R2b. Sección de resistividad Tomografía, línea R2.
Zonificación colores resistividad ajustada a datos tomografía.

ANEXOS:

ANEXO A: Sondeos individuales de NanoTEM,
curvas de transiente crudas y procesadas

ANEXO B: Inversiones 2D de resistividad Tomografía Eléctrica.

ANEXO C: Coordenadas perfiles Tomografía Eléctrica.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

I INTRODUCCIÓN

A petición de ***Geohidrología Consultores Ltda.*** Geodatos S.A.I.C. realizó un Estudio de Resistividad mediante las técnicas de Transiente Electromagnético (TEM), en el modo NanoTEM, y Tomografía Eléctrica. Las estaciones se distribuyen en 5 perfiles de NanoTEM y 2 perfiles de Tomografía, situados en el Sector de las Lagunas de Amuyo, Región de Arica y Parinacota, Comuna de Camarones, Chile (Figuras 1 y 2).

El objetivo del estudio es determinar las caracteristicas geoeléctricas de la sub-superficie que permitan obtener información de la estratigrafía, del nivel freático y principalmente de estructuras geológicas que pudieran condicionar la dinámica de aguas termales subterráneas.

La configuración de terreno empleada en este estudio para los 31 sondeos NanoTEM se denomina "Central Loop", y utiliza un loop de transmisión cuadrado de 50 [m] x 50 [m], con un loop de recepción cuadrado de dimensión 10 [m] x 10 [m] localizado en el centro del loop de transmisión. Con dicha configuración se espera alcanzar una profundidad teórica máxima cercana a los 60 metros.

Los resultados obtenidos mediante NanoTEM se procesan de forma independiente para cada estación, presentando modelos de resistividad unidimensionales, para luego generar secciones 2D que permiten visualizar la distribución de la resistividad en profundidad para cada perfil (Figuras L1 a L5, para los modelos de capas y Figuras L1s a L5s para los modelos suavizados).

El terremoto que sufrió el Norte Grande de Chile el día 1 de Abril del presente año 2014, con una magnitud de momento Mw 8.2, obligó a suspender el trabajo programado debido a que el área del proyecto está inserta en la zona de catástrofe bajo Estado de Excepción Constitucional. Dada la imposibilidad de acceder al área por

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

las condiciones en las que resultaron las vías y las numerosas remociones y deslizamientos que bloquean el acceso, se debió esperar el despeje y habilitación de éstas para la reanudación de las mediciones correspondientes al método de Tomografía Eléctrica.

Las mediciones de Tomografía se reanudaron a fines de Abril, con una combinación de arreglos Dipolo-Dipolo y Gradiente, usando una longitud dipolar de 5 metros y múltiplos de ella, lo cual permite obtener una profundidad de investigación máxima del orden de 50 metros, con una resolución de aproximadamente la mitad del dipolo en los niveles superiores (n=1-3). Los datos se presentan en forma de pseudosecciones de resistividad.

Los datos geoeléctricos de Tomografía fueron invertidos con un algoritmo numérico para obtener la distribución de la resistividad eléctrica del subsuelo en cada línea estudiada mediante modelos bidimensionales (2D) o secciones de resistividad.

Toda la información de este trabajo está contenida en forma digital en un disco compacto suministrado con el presente informe. En una etapa preliminar se le proporcionó al mandante un informe parcial relacionado con los resultados e interpretaciones de las mediciones NanoTEM.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640842, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

Imagen 1: Arriba: Zona de estudio, mediciones NanoTEM
Intermedio: Tomografía en sector Laguna Roja.
Abajo: Zona Afectada por Terremoto
(Propiedad de Geodatos SAIC)

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

II METODOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA

2.1. Transiente Electromagnético, NanoTEM

La técnica de TEM (Transiente Electromagnético), y en particular el NanoTEM, es un método electromagnético de prospección geofísica que funciona en el dominio temporal. Operacionalmente, consiste en la aplicación de una corriente eléctrica variable a una espira de cable aislado desplegado con una forma usualmente cuadrada sobre el terreno. Esta corriente genera un campo magnético (principal) que induce corrientes de conducción en el subsuelo. Luego se interrumpe la corriente y se mide el campo magnético (secundario) generado por las corrientes de conducción, el cual posee una respuesta transiente, es decir, dependiente del tiempo. Este transiente magnético se mide como voltaje inducido en un loop receptor o bobina receptora.

Las corrientes inducidas en el subsuelo se distribuyen en profundidad de acuerdo al mecanismo físico de difusión y el comportamiento que muestran depende de las resistividades, tamaños y formas de las estructuras geoeléctricas subsuperficiales. En zonas de bajas resistividades, la difusión de las corrientes es lenta, con una amplitud inicial pequeña, a diferencia de zonas con altas resistividades, donde se tiene una amplitud inicial mayor, pero el decaimiento es más rápido. El análisis numérico de la curva transiente, o de decaimiento en el tiempo del voltaje registrado, permite inferir información cuantitativa acerca de los parámetros geoeléctricos del subsuelo. La técnica NanoTEM es inductiva, es decir, evita el problema que enfrentan los métodos galvánicos al intentar inyectar corriente directamente al subsuelo en terrenos de muy alta resistencia de contacto; por ejemplo, costras salinas secas superficiales muy resistivas (como caliche), característico en ciertos lugares del norte chileno.

La curva transiente se mide en una serie intervalos de tiempo (ventanas) de pequeña duración (fracciones de segundo), obteniéndose así datos de resistividad aparente la cual está directamente relacionada al decaimiento de la curva transiente dentro de los

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

intervalos de registro. El equipo de medición genera una corriente alterna de tipo positiva-nula-negativa-nula, registrando el transiente durante los intervalos de corriente transmisora nula.

En el modo de NanoTEM se usan las frecuencias de 32 y 64 Hz mediante circuitos electrónicos de muy alta velocidad que permiten muestrear las curvas transientes con mayor detalle. Con esto se logra una mejor resolución de la estructura geoeléctrica más somera (correspondiente a tiempos menores o más cercanos). Se disminuyen también las dimensiones de las espiras transmisora y receptora en torno al punto de sondeo.

2.2. Tomografía Eléctrica

La técnica de Tomografía de Resistividad se aplicó con una combinación de arreglos Dipolo-Dipolo y Gradiente en dos perfiles, con un total de 760 m de largo (Fig. 2, Fig. 5), usando varias longitudes dipolares (múltiplos de la longitud mínima de 5 m) y hasta 8 niveles de medición, lo que da una profundidad promedio aproximada de investigación de 50 m.

Las mediciones se realizan automáticamente por el equipo en tendidos que abarcan el cable múltiple de 56 electrodos (275 m de longitud con estacado cada 5 m). Para las líneas de mayor longitud se realizan varios tendidos superpuestos en 50 %.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

III TRABAJOS DE TERRENO

3.1 Registro de datos NanoTEM

Se registró un total de 31 estaciones NanoTEM, distribuidos en 5 perfiles, con espaciamientos irregulares que varían entre los 50 y los 300 metros de separación entre sondeos que conforman un mismo perfil (Figura 2). El trabajo de terreno se ejecutó durante los días 25 y 26 de Marzo del 2014.

Las coordenadas y cotas se presentan en Sistema Coordenado Proyectado, DATUM WGS 84, método de proyección UTM Zona 19 Sur. La Tabla 1 resume las coordenadas de cada sondeo NanoTEM.

La topografía fue medida en terreno mediante GPS no diferencial, la que no presenta gran diferencia con las cotas obtenidas del modelo digital de elevación del terreno SRTM (Shuttle Radar Ropography Mission), misma cota que es empleada por el Software Google Earth en estas latitudes. Esta última referencia topográfica, será la que se empleará para las 5 secciones resultantes de la modelación de resistividad versus profundidad para cada una de las 31 estaciones NanoTEM.

Tabla 1: Perfiles y estaciones NanoTEM proyecto Lagunas de Amuyo.

Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estación [ID]	Cota [SRTM]
Perfil L1			
473263	7892230	1	3695.98
473271	7892309	2	3691.51
473277	7892377	3	3690.85
473296	7892443	4	3692.48
473301	7892522	5	3697.21
473302	7892605	6	3698.09
473296	7892677	7	3699.07
473303	7892749	8	3698.53

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estación [ID]	Cota [SRTM]
473338	7892798	9	3697.76
473374	7892843	10	3696.07
473408	7892882	11	3694.02
473448	7892940	12	3696.15
Perfil L2			
472759	7892569	13	3690.25
472760	7892615	14	3685.24
472768	7892654	15	3692.19
Perfil L3			
468928	7894206	16	3659.80
469122	7894257	17	3651.48
469293	7894305	18	3654.35
469592	7894449	19	3673.44
469680	7894678	20	3674.05
469709	7894892	21	3668.34
469724	7895096	22	3660.93
469744	7895203	23	3658.30
469744	7895322	24	3661.25
Perfil L4			
467263	7895654	25	3644.59
467361	7895753	26	3644.00
467509	7895925	27	3644.00
467586	7896037	28	3646.37
Perfil L5			
464915	7896400	29	3647.86
465047	7896398	30	3645.66
465206	7896408	31	3646.64

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

3.2 Registro de datos Tomografía Eléctrica

A raíz del terremoto acontecido el 1 de Abril de 2014 en el norte de Chile, las mediciones de Tomografía Eléctrica debieron postergarse debido a la imposibilidad de acceder a la zona de las Lagunas de Amuyo.

Por dichas razones, y atendiendo al plazo solicitado por el Cliente, en un gran esfuerzo logístico se logró terminar la campaña de terreno geofísica pendiente en un único día, el 5 de Mayo del 2014, por dos Operadores Geofísicos, a cargo de grupos de trabajo de 3 personas cada uno, movilizados en 2 vehículos 4x4 doble cabina y provistos de radios de intercomunicación, sistemas GPS, teléfonos satelitales, y equipo de apoyo general.

Se midió 760 m (nominales) en dos líneas de Resistividad, con los arreglos Dipolo-Dipolo y Gradiente, con longitud dipolar mínima de 5 m y 8 niveles de profundidad. Las coordenadas del perfil fueron tomadas con GPS diferencial (con cotas posteriormente ajustadas al promedio SRTM de la zona), y se presentan en el sistema UTM Datum WGS84, Zona 19 S. El Anexo C presenta las coordenadas de las líneas de Tomografía Eléctrica ejecutadas en el sector de Laguna Roja.

3.3 Instrumental NanoTEM

El personal de campo estuvo formado por un operador geofísico especializado y un ayudante técnico. El equipo de apoyo logístico estuvo formado por 2 vehículos 4WD e instrumental GPS. El equipo de apoyo técnico incluye computadora portátil y radios de intercomunicación. El equipo geofísico de adquisición de datos de transiente electromagnético es marca *"Zonge Engineering and Research Organization"*, compuesto por:

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

- Receptor digital multipropósito modelo GDP-32
- Transmisor NanoTEM modelo ZT-20, con baterías como fuente de energía
- Computador de campo y equipo de apoyo

El receptor funciona en un intervalo de frecuencias desde DC hasta 8 KHz y puede ser utilizado para métodos eléctricos y electromagnéticos como TEM, NanoTEM, IP (en los dominios del tiempo y de la frecuencia), CSAMT, AMT, etc. El instrumento posee filtros digitales controlados por software. Los datos son grabados en la memoria de estado sólido del receptor y transferibles electrónicamente a computadoras.

Las mediciones de NanoTEM se obtuvieron con la configuración "Central Loop", en la cual la antena transmisora es una espira cuadrada de cable aislado desplegada sobre la superficie del terreno. La antena receptora corresponde a otra espira de dimensiones inferiores y con el cable tendido paralelamente al anterior. Los parámetros de medición fueron los siguientes:

Tabla 2. Parámetros de Mediciones de NanoTEM.

Antena transmisora	Espira de 50 m x 50 m
Configuración	'Central Loop'
Frecuencias de repetición	32 y 64 Hz
Antena receptora	Espira de 10 m x 10 m
Variable medida	Componente vertical del campo magnético

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

3.4 Instrumental Tomografía Eléctrica

Los datos de resistividad fueron registrados con un equipo de "*Advanced Geosciences Inc.,AGI*", Austin- USA, compuesto por:

- Receptor SuperSting R8 (8 canales)
- Transmisor interno de 200 W
- Sistema de cable multi-electrodo con 56 electrodos
- Unidad central de interruptores (*Switch Box*)
- Baterías 12 V como fuente de poder

Posee filtros digitales controlados por software para rechazar ciertas señales no deseadas como ruido atmosférico, telúrico y cultural. Los datos se van almacenando automáticamente en un sistema de archivo orientado al trabajo y pueden ser enviados hacia un dispositivo sistema Android (Tablet), ya que cuenta con conectividad Wi-fi para la transferencia de datos, o bien descargado a través de un cable a la laptop de terreno.

Tabla 3. Parámetros de Mediciones de Tomografía Eléctrica.

Parámetro	Valor
Dominio de medición	Tiempo
Período del ciclo de medición	3.6 seg.
Arreglo de Electrodos	Combinación de Dipolo-Dipolo y Gradiente
Longitud Dipolar Mínima (a)	5 m
Número máximo de niveles (n) D-D	8

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

IV PROCESO DE INVERSIÓN DE DATOS

4.1 NanoTEM

La inversión de la curva de resistividad de un sondeo NanoTEM permite obtener las resistividades y espesores de un modelo estratificado del subsuelo (modelo 1D) bajo la estación. La medición a lo largo de una línea posibilita detectar cambios laterales de los parámetros geoeléctricos, lo que se puede representar en un perfil o sección (2D) de resistividad.

Para las inversiones de los datos se usó el sistema IX1D de Interpex, el cual posee dos métodos de inversión. El algoritmo 'layered model' permite variar interactivamente un modelo de pocos estratos (modelo de capas reducidas), pero suficiente para un ajuste apropiado de la curva teórica a la observada.

Por su parte, el algoritmo denominado 'smooth model' realiza una inversión semi-automática, entregando un gran número de capas delgadas (modelo de capas múltiples), con una variación relativamente continua de la resistividad.

En ambientes estratificados es más representativo el primer tipo de modelo. Comparativamente, en general el segundo puede contener más detalles de la variación de la resistividad con la profundidad, mientras que el primero puede dar mayor precisión de las profundidades de las interfaces de los estratos.

4.1.1 Modelos 1D de Resistividad NanoTEM

En los modelos1-D individuales obtenidos en las estaciones NanoTEM, se presentan conjuntamente los modelos de capas ('layered model') representado como línea de color rojo, mientras que en línea verde pardo se presenta la sección de resistividad obtenida a partir de los modelos unidimensional suavizados ('smooth model').

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

En el Anexo A se presenta el comportamiento de cada una de las 31 estaciones NanoTEM de resistividad, en el siguiente formato:

1. En la parte superior aparecen dos ventanas, la de la izquierda corresponde a la curva transiente procesada, cómo resultan tras el proceso y manipulación de los datos, en los cuales se han eliminado los tiempos tardíos de la totalidad de las curvas, lo que facilita la interpretación del transiente, eliminado ruidos que afectan las mediciones, como la presencia de alumbrados, tendidos, entre otros factores. A la derecha se observa el modelo unidimensional de la resistividad eléctrica (escala logarítmica) en función de la profundidad (escala lineal).

2. En la parte inferior se hace referencia a los datos crudos (datos RAW de terreno. Esta curva inicial del lado izquierdo se presenta para fines de dar a conocer la calidad del dato, pues permite apreciar los efectos sobre el transiente EM de ruidos en la zona, lo que en particular para este estudio no fue un inconveniente, pues en general los datos presentaron poco ruido que pudiera interferir en las mediciones, por lo que pocos datos fueron removidos. En el lado derecho no aparece información (línea roja colapsada al eje de la profundidad), pues no ha habido inversión que produzca un modelo 1D de resistividad, ya que el objetivo de esta figura es mostrar el output del equipo, sin manipulación de quien procesa.

4.1.2 Secciones 2D de Resistividad NanoTEM

Dada la proximidad y distribución de las estaciones en cada perfil de los tres sectores, ha sido posible presentar los resultados como secciones 2D de resistividad eléctrica en función de la profundidad (interpolaciones matemáticas físicamente validas), denominando los perfiles L1 a L5 para el modelo de capas, y L1s a L5s para el modelo suavizado (multicapas o smooth).

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

Se recomienda que, para un análisis detallado de la variación de resistividades en el subsuelo, se revisen los modelos multicapas (smooth), pues presentan las fluctuaciones continuas de dicha propiedad geoeléctrica, mientras que para un análisis discreto del subsuelo, se puede recurrir al modelo de capas, el que es favorable cuando se presenta un claro contraste de resistividades.

4.2 Tomografía Eléctrica

En Resistividad se miden valores aparentes de resistividad, que son función de las propiedades geoeléctricas del subsuelo bajo los sensores y de la geometría del arreglo de electrodos. Los valores reales de resistividad se determinan mediante procesos de modelamiento *forward* o inversión.

La profundidad de investigación depende de la longitud dipolar y de la distancia entre los dipolos transmisor y receptor del arreglo de electrodos. La resolución está controlada por la longitud dipolar (usualmente es ½ de la longitud dipolar, en los niveles superiores, n=1 a 3).

Los datos de Resistividad fueron invertidos con el sistema EarthImager2D de AGI, que acepta diversos arreglos de electrodos y combinaciones de ellos (Polo-Polo, Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo, Gradiente, Wenner, etc.) y también incorpora la topografía en el modelamiento.

Para reducir el efecto del ruido presente en los datos, se aplicó a los datos una remoción automática de valores negativos y *spikes* (muy altas frecuencia y amplitud). Luego, durante el procedimiento de inversión, se descartaron los puntos de bajo ajuste.

Como criterio de convergencia de las inversiones se usó el error RMS (*root mean squared*) porcentual (error promedio sobre todos los datos) y la norma L2 (raíz

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

cuadrada de la suma de los errores ponderados), asumiendo en el presente caso un nivel de ruido de 5 % en los datos. En ambos casos, el error se refiere a la diferencia entre el dato medido y el dato calculado, siendo el objetivo de la inversión reducir estas diferencias mediante la variación del modelo (resistividad en cada celda de la red bidimensional). El valor RMS disminuye con las iteraciones, pero puede llegar a ser elevado sólo por algunos puntos con diferencias muy altas; por otra parte, la inversión converge si el valor L2 es menor o igual a 1. En el presente caso, se aplicó una combinación de ambos criterios.

4.2.1 Inversiones 2D de Resistividad Tomografía

El Anexo B muestra las inversiones de resistividad para ambos perfiles de tomografía eléctrica. Cada figura consta de 3 ventanas; desde arriba: pseudosección de Resistividad medida, pseudosección de Resistividad calculada y sección del Modelo de Resistividad. En las pseudosecciones, la zonificación de colores de la resistividad se ajusta automáticamente a los valores extremos de cada perfil por separado, permitiendo una mejor comparación entre las pseudosecciones observada y calculada. Para las secciones resultantes (panel inferior de las inversiones), se eligió una paleta de colores similar a la del NanoTEM (mismos valores extremos), para fines de comparación entre métodos.

4.2.2 Secciones de Resistividad Tomografía

Las secciones de Tomografía Eléctrica en el área Laguna Roja se presentan con dos zonificaciones de colores de la resistividad: figuras R1 y R2, con la misma zonificación del NanoTEM; y figuras R1b y R2b, con zonificación ajustada a los propios datos de Tomografía, con el fin de apreciar mayor detalle estructural.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Diaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

V RESULTADOS

El objetivo general del presente trabajo geofísico es la determinación cuantitativa de las propiedades eléctricas del subsuelo en el área de estudio. Estas propiedades geoeléctricas dependen, en general, de la mineralogía (litología) y microestructura (porosidad, granulometría de sedimentos, fracturamiento/alteración de las rocas), las cuales varían significativamente según la profundidad y ambiente geológico en el que se encuentra emplazado el proyecto. Afecta de manera importante a la resistividad el tipo de fluidos que contengan las rocas (geoquímica, grado de saturación, salinidad, pH, etc.) como también la temperatura (especialmente en las zonas termales).

A partir de las secciones de resistividad 2D se generaron las figuras I-L1 a I-L5, que corresponden a las interpretaciones de cada perfil NanoTEM en términos de posibles litologías o unidades del subsuelo, asociadas a los valores de resistividad observados.

En general, en los perfiles NanoTEM se han reconocido e interpretado básicamente 3 unidades geoeléctricas, descritas sucintamente como sigue a continuación, las que presentan comportamientos diferentes según las cercanías a las diferentes lagunas.

a) **Unidad de Media-Alta Resistividad**: Este dominio somero se presenta resistivo en todos los perfiles del sector, con valores de resistividad comprendidos en un amplio rango desde los 50 y 1000 [Ohm-m]. Manifiesta continuidad lateral en cuanto a la potencia, siendo de baja potencia (inferior a 10 metros de espesor). El comportamiento de menor resistividad eléctrica de esta unidad pudiera asociarse a la presencia de ***Sedimentos con bajo contenido de Humedad asociados a Depósitos Aluviales/Fluviales*** que rellenan las quebradas.

b) **Unidad Baja Resistividad**. Este dominio de baja resistividad se puede apreciar en todos los perfiles ejecutados, pero presentando diferencias en los valores de

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

resistividad según el área, extendiéndose desde el piso de la unidad descrita en el punto a) hasta la profundidad de investigación alcanzada (60 metros en promedio) en los perfiles L1 a L4, y de potencia acotada en el perfil L5.

En el perfil L1, este dominio se extiende aproximadamente desde el techo de la primera unidad (5-10 metros de profundidad) hasta la profundidad de investigación obtenida, presentando resistividades comprendidas entre los 2-8 [Ohm-m]. Destaca la presencia de algunos núcleos altamente conductores con resistividades eléctricas en torno a 1 [Ohm-m], los que se observan a partir de la estación 6 hacia al Este del perfil, coincidiendo con la proximidad de la Laguna Roja. Este aumento de conductividad pudiera asociarse a soluciones con ***mayor grado de salinidad y/o incremento de temperatura,*** dado los antecedentes de alteraciones hidrotermales en el área (Ah(r)) y presencia de depósitos salinos (Qs) que circulan por las rocas volcánicas permeables de la zona.

En los perfiles L2, L3 y L4 esta unidad se aprecia igualmente de menor resistividad eléctrica que la unidad somera descrita en a) pero comparativamente menos conductora que el dominio correspondiente en el perfil L1, con valores comprendidos entre los 11 y 47 [Ohm-m]. Esta unidad pudiera interpretarse como ***Rocas Volcánicas alteradas/fracturadas.*** En estos tres perfiles es posible apreciar una discretización vertical de dicho dominio conductor, observándose comparativamente más conductor hacia el techo de éste, lo que probablemente pudiera asociarse a diferencias ***en el contenido de humedad y/o saturación***, condicionando la capacidad de almacenar/transmitir agua.

En el caso del perfil L5, el dominio conductor presenta baja potencia (aproximadamente 5 metros de espesor) y acotado por unidades comparativamente más resistivas situadas por arriba y por debajo de ésta. Se observa con resistividades comprendidas entre 8 y 19 [Ohm-m]. Pudiera

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

asociarse a ***Rocas Ígneas de menor permeabilidad (secuencias piroclásticos)***.

c) **Unidad Alta Resistividad**: Esta unidad de profundidad intermedia cuyo techo se sitúa a aproximadamente 15 metros, presenta resistividades eléctricas que fluctúan entre los 327 y 920 [Ohm-m] y sólo se observa claramente a lo largo del perfil L5. Esta unidad pudiera corresponder a ***Rocas Volcánicas.***

En relación a los resultados de Tomografía Eléctrica en el área Laguna Roja (Figuras R1 y R2, con misma zonificación del NanoTEM; Figuras R1b y R2b, con zonificación ajustada a los propios datos de Tomografía), se aprecia una unidad somera resistiva de baja potencia, seguida de un dominio conductor, lo cual se relaciona bien (cualitativa y cuantitativamente) con los sondeos individuales de la línea L1 NanoTEM, en los cuales existe cruce con ambos perfiles de tomografía. Entre las estaciones 145-150 del perfil R1 existe el cruce con el perfil NanoTEM L1 (cercano a las estaciones 9-10), mientras que el cruce con la Línea L1 entre las estaciones 5-6 se produce alrededor de la estación 50 del perfil R2 (Figura 5).

Las secciones de Resistividad Tomografía muestran variaciones laterales significativas de resistividad que no se observan en las secciones TEM, ya que este último método está orientado a detectar principalmente variaciones en función de la profundidad.

Las secciones de Tomografía (figuras R1, R2, R1b y R2b) muestran estructuras sub-verticales hacia el borde Noreste de la Laguna Roja (estaciones 160, 250 y 290 del perfil R1, y la más evidente entre las estaciones 330-335 del perfil R2). Dichas estructuras pueden asociarse a fallas o fracturas que controlan eventuales flujos de soluciones, explicando los afloramientos de agua termal.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

VI CONCLUSIONES

Es posible observar a partir de la **Figura 4** (perfiles 2D NanoTEM abatidos en planta), los distintos comportamientos geoeléctricos de las cinco secciones NanoTEM ejecutadas a lo largo del Rio Camarones. Se aprecia que el comportamiento de las unidades de profundidad intermedia se torna comparativamente más resistivo hacia el extremo poniente del área de estudio, lo que pudiera asociarse a la disminución de la conductividad eléctrica en el agua que satura los sedimentos/rocas.

Se estima un error del orden del 10 % en la definición del valor de las resistividades y espesores de cada dominio identificado. Los modelos suavizados muestran una variación continua de la resistividad con la profundidad. En los modelos de capas se ha dejado el menor número de capas que ajusta apropiadamente los datos.

Respecto de los resultados obtenidos mediante Tomografía Eléctrica en el Sector de las Lagunas de Amuyo, (figuras R1 y R2, área Laguna Roja) es posible apreciar una unidad somera resistiva de baja potencia, seguida de un dominio conductor, lo cual se relaciona bien (cualitativa y cuantitativamente) con los sondeos individuales de la línea L1 NanoTEM en los cuales existe cruce con ambos perfiles de tomografía. Entre las estaciones 145-150 del perfil R1 existe el cruce con el perfil NanoTEM L1 (cercano a las estaciones 9-10), mientras que el cruce con la Línea L1 entre las estaciones 5-6 se produce en las cercanías de la estación 50 del perfil R2 (Fig. 5).

Al comparar las secciones de Resistividad obtenidas mediante NanoTEM y Tomografía, se puede notar una diferencia importante que corresponde a la presencia de variaciones de resistividad laterales en las secciones de Tomografía que no es posible apreciar en las secciones de TEM, ya que este último método está orientado a detectar principalmente las variaciones en función de la profundidad.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 840 7200, Fax: (56-2) 235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

En las secciones de Tomografía, (Figuras R1, R2; R1b y R2b) se pueden apreciar algunas estructuras aproximadamente verticales hacia el borde Noreste de la Laguna Roja (estaciones 160, 250 y 290 del perfil R1, y la más evidente entre las estaciones 330-335 del perfil R2). Dichas estructuras pudieran asociarse a fallas o fracturas que pueden controlar eventuales flujos de soluciones y explicar el agua termal que aflora.

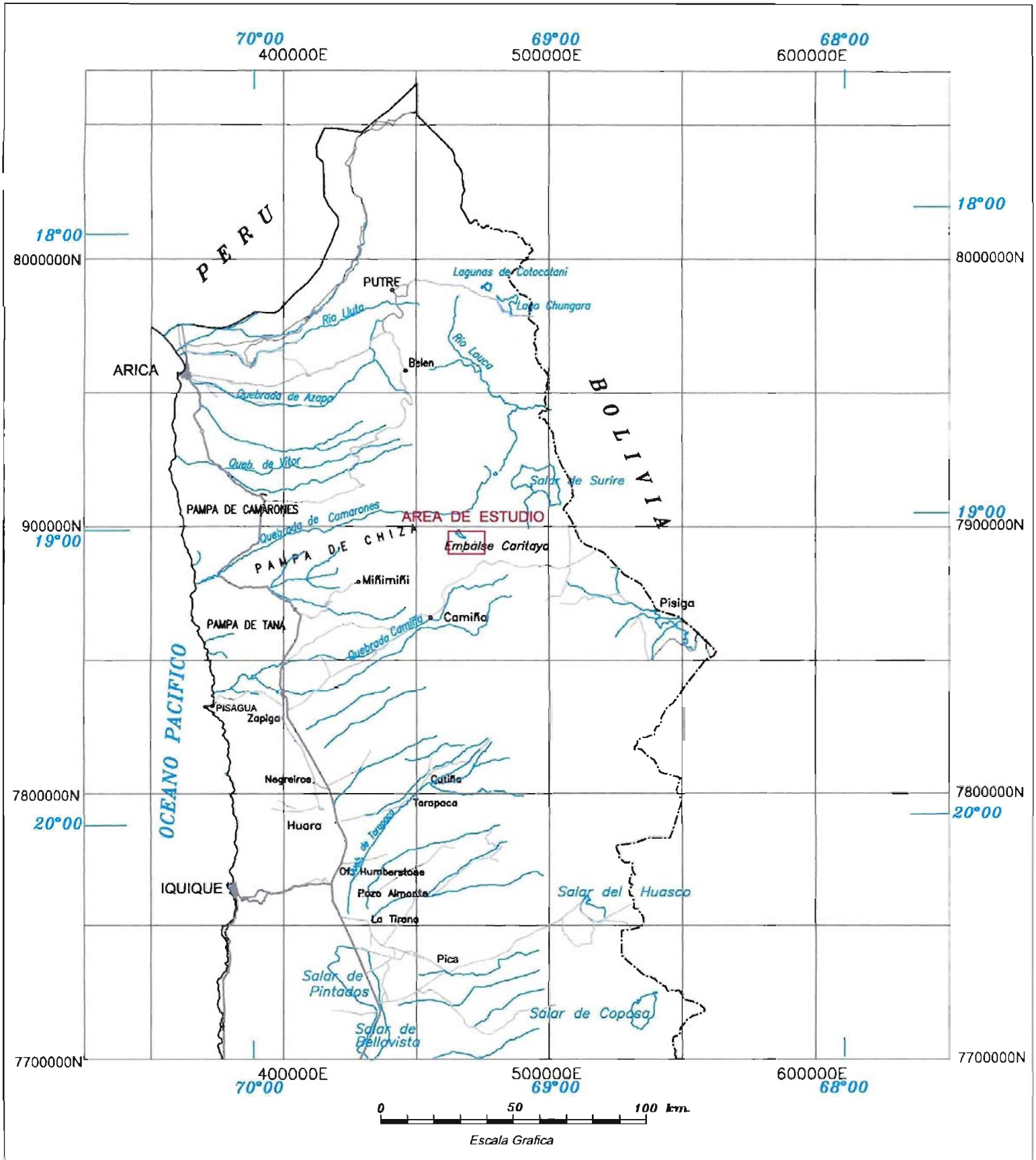
Las conclusiones obtenidas mediante técnicas geofísicas, pudieran complementarse y enriquecerse a medida que se cuente con mayor información hidrogeológica y otros antecedentes como sondajes con descripción litológica, geoquímica, entre otros aspectos, que permitirían caracterizar de mejor forma las unidades descritas anteriormente, así como también correlacionar el parámetro de resistividad eléctrica con otros de interés como porosidad, permeabilidad, contenido de humedad, salinidad, temperatura, etc. permitiendo inferir y caracterizar el subsuelo y el comportamiento general de los flujos subterráneos predominantes en las inmediaciones de cada una de las Lagunas de Amuyo.

Se considera importante contrastar los resultados obtenidos con la geología superficial en detalle y actualizada de la zona, pues no se cuenta con información a escala que permita discriminar adecuadamente algunas unidades geoeléctricas.

Una integración de estos resultados geofísicos de Resistividad con información geológica-geoquímica de detalle del sector podrá proporcionar una interpretación de mayor valor para los objetivos del estudio.

GEODATOS SAIC
Santiago, Mayo 2014.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO

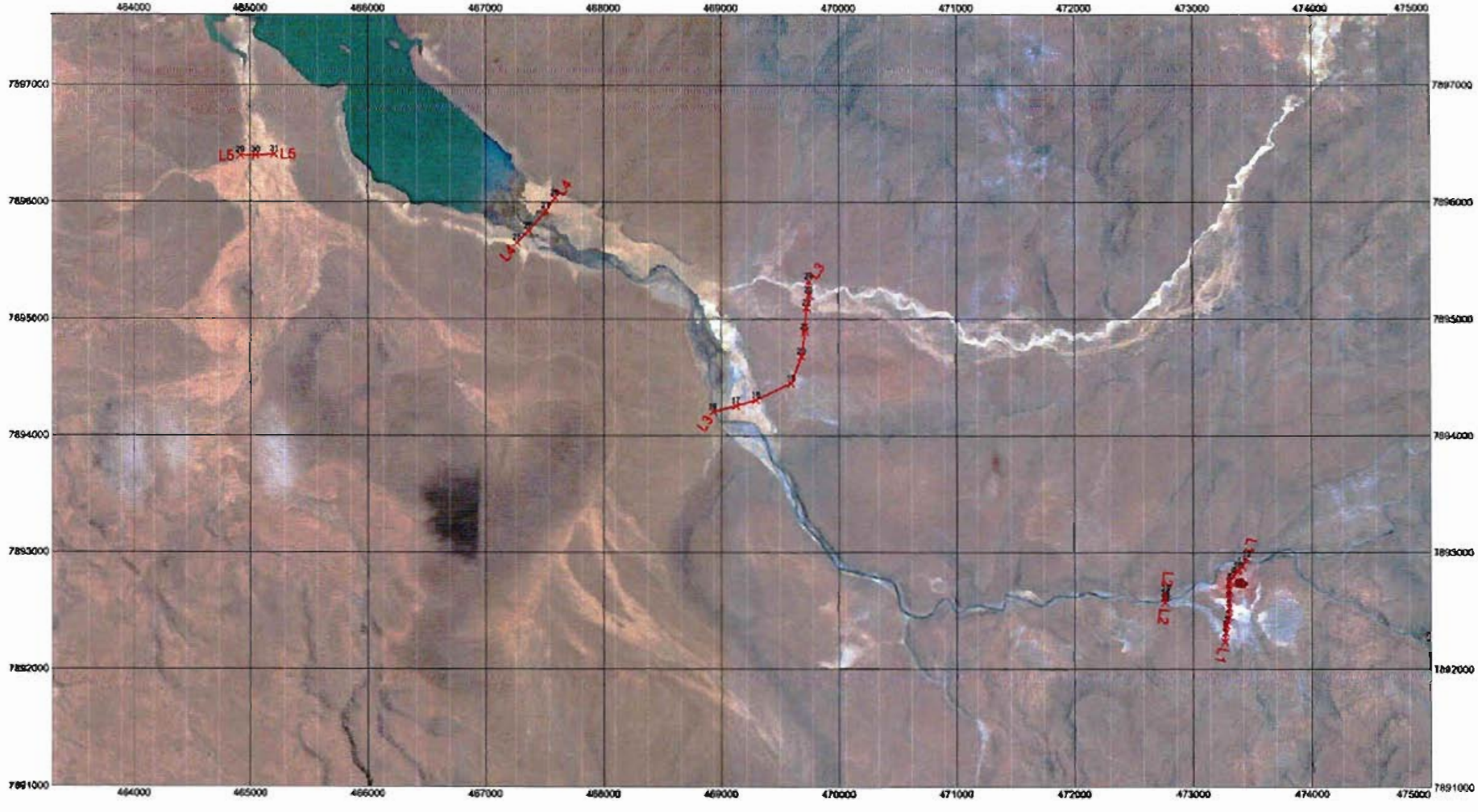
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA

CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA - CHILE

UBICACION GENERAL AREA DE ESTUDIO

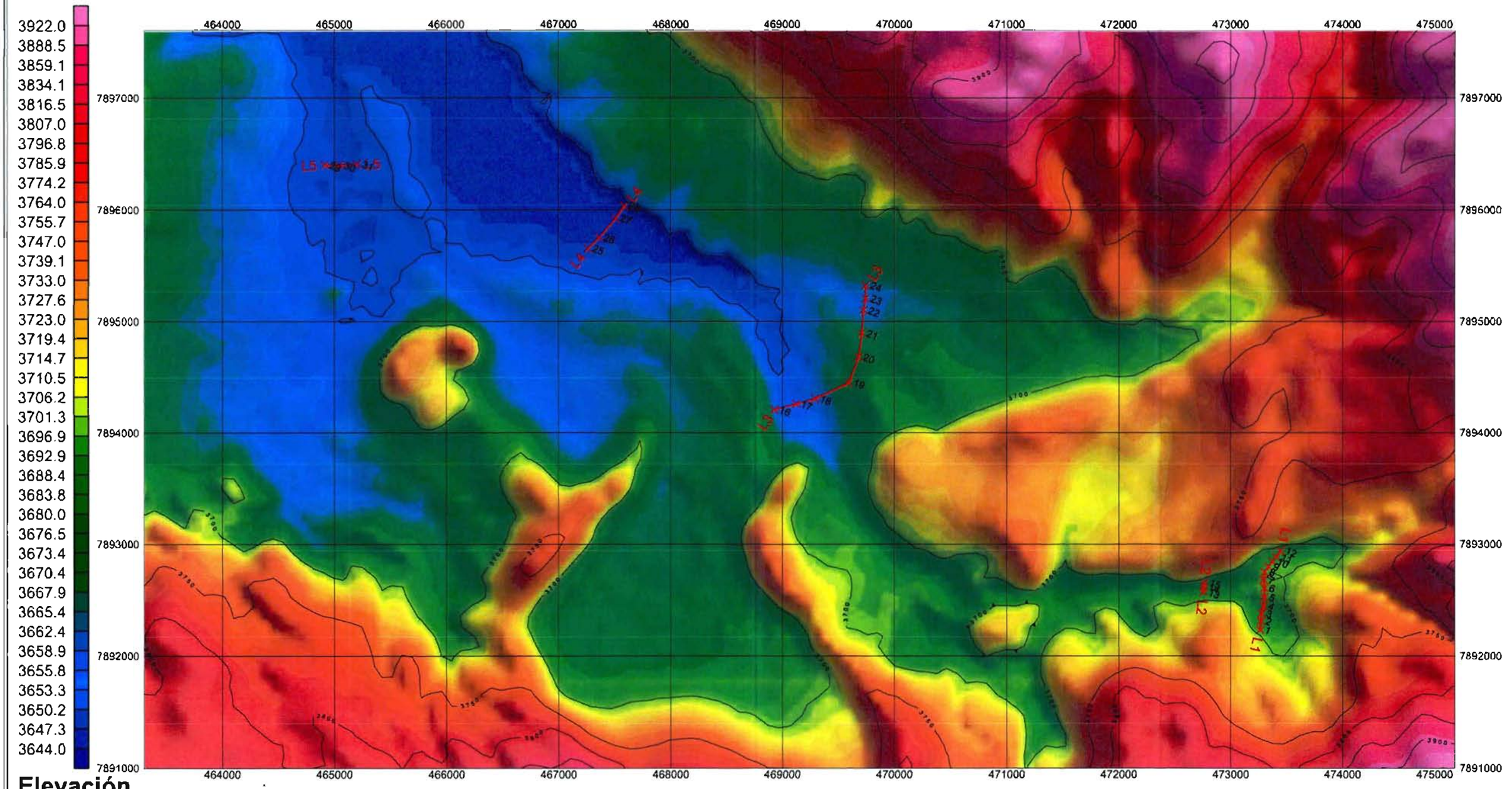
GEODATOS S.A.I.C.

FIG. 1



Scale 1:25000

GEOHIDROLOGIA		
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA - CHILE		
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, NANOYOM Y TOMOGRAFÍA PLANTA DE UBICACIÓN PERFILES NANOTEM SOBRE IMAGEN GOOGLE EARTH		
GEOSATOS S.A.I.C.	FIG. 2	MARZO 2014



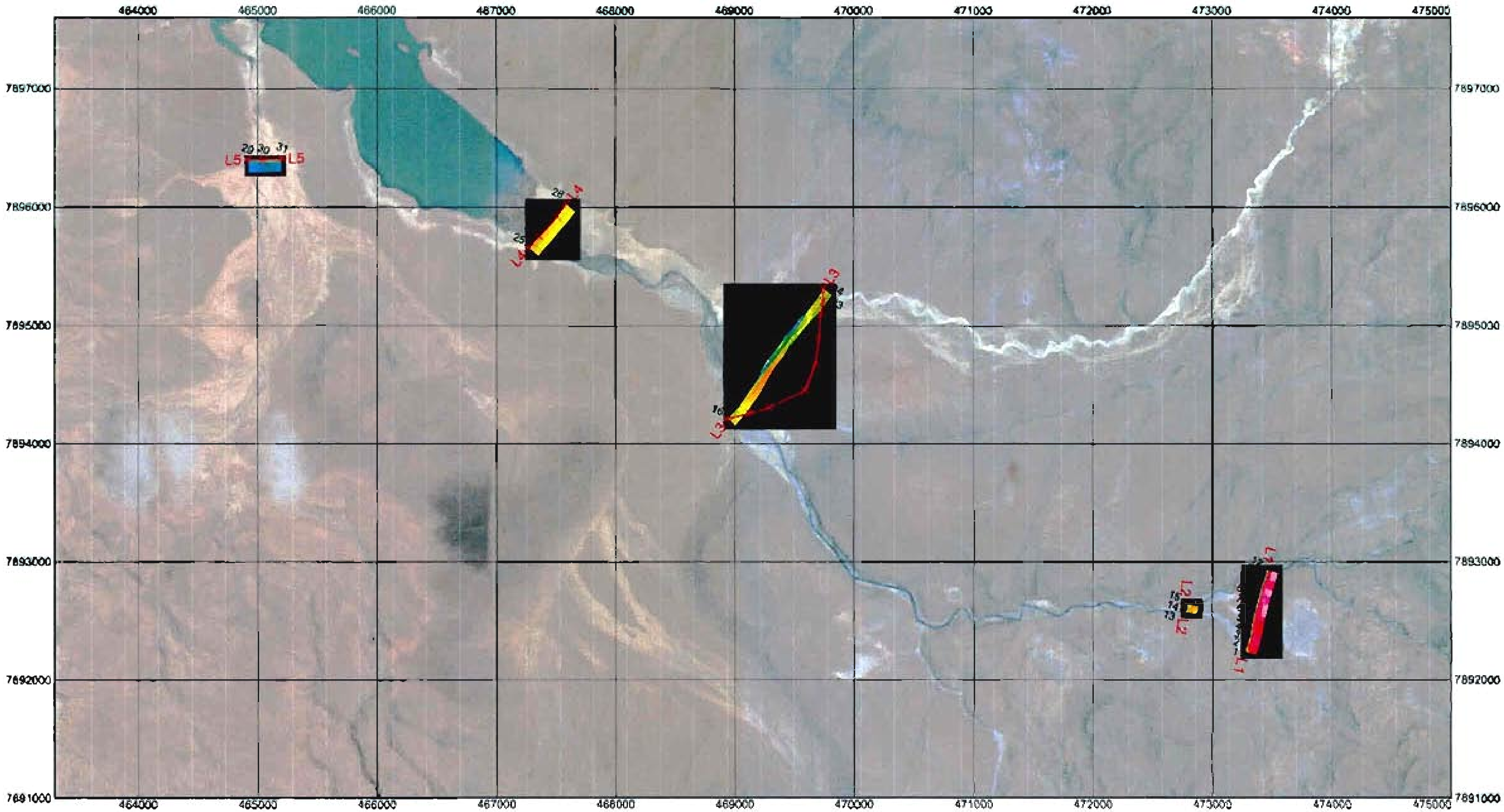
GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA - CHILE

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA

PLANTA DE UBICACIÓN PERFILES NANOTEM SOBRE MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL IMAGEN SRTM

GEODATOS S.A.I.C. FIG. 3. MARZO 2014



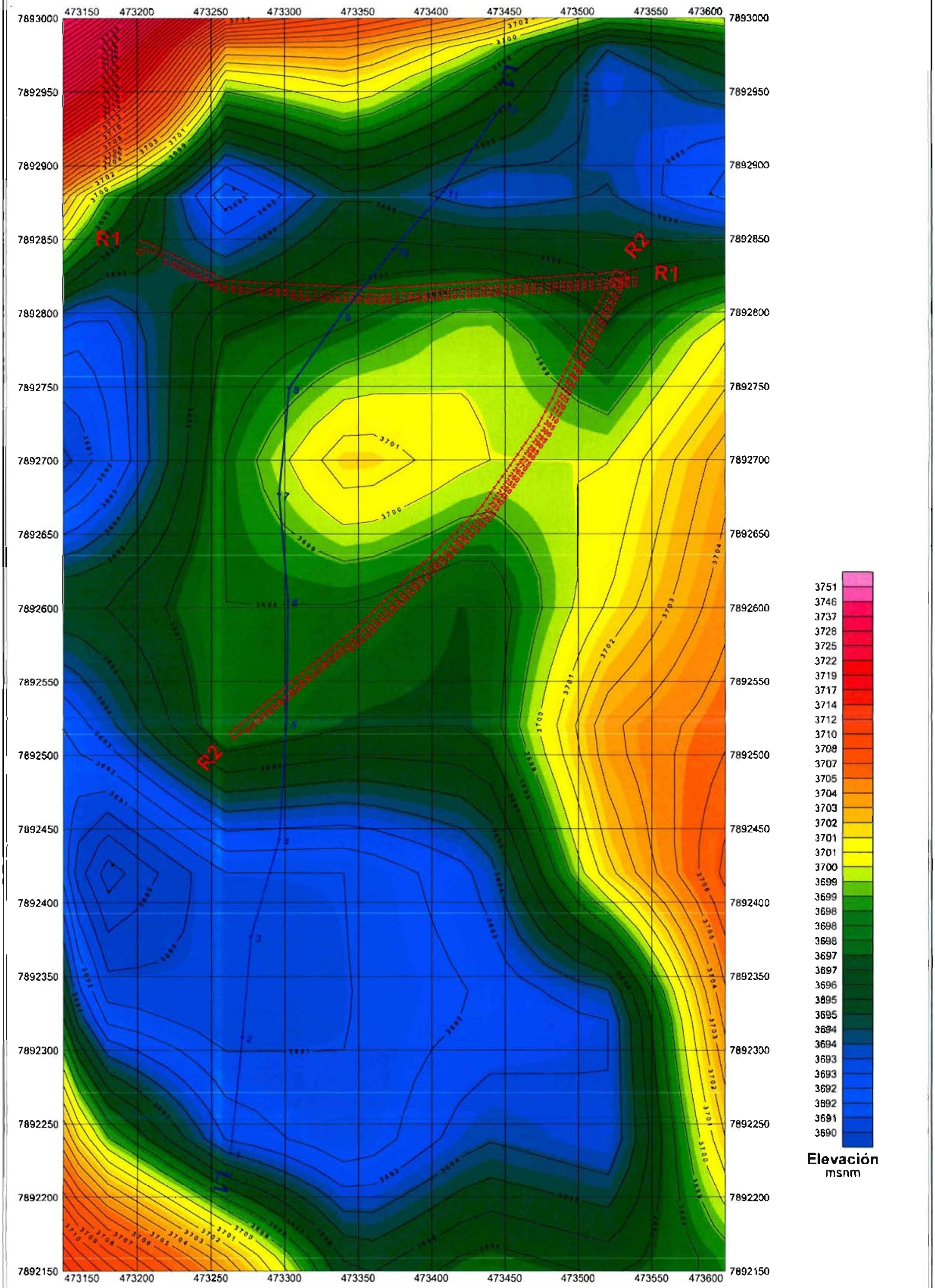
Scale 1:25000

GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO
CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA - CHILE

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFÍA
PLANTA DE UBICACIÓN PERFILES NANOTEM ABATIDOS SOBRE IMAGEN GOOGLE EARTH

GEODATOS S.A.I.C. | FIG. 4 | MARZO 2014



Scale 1:2000

25 0 25 50 75 100

(meters)

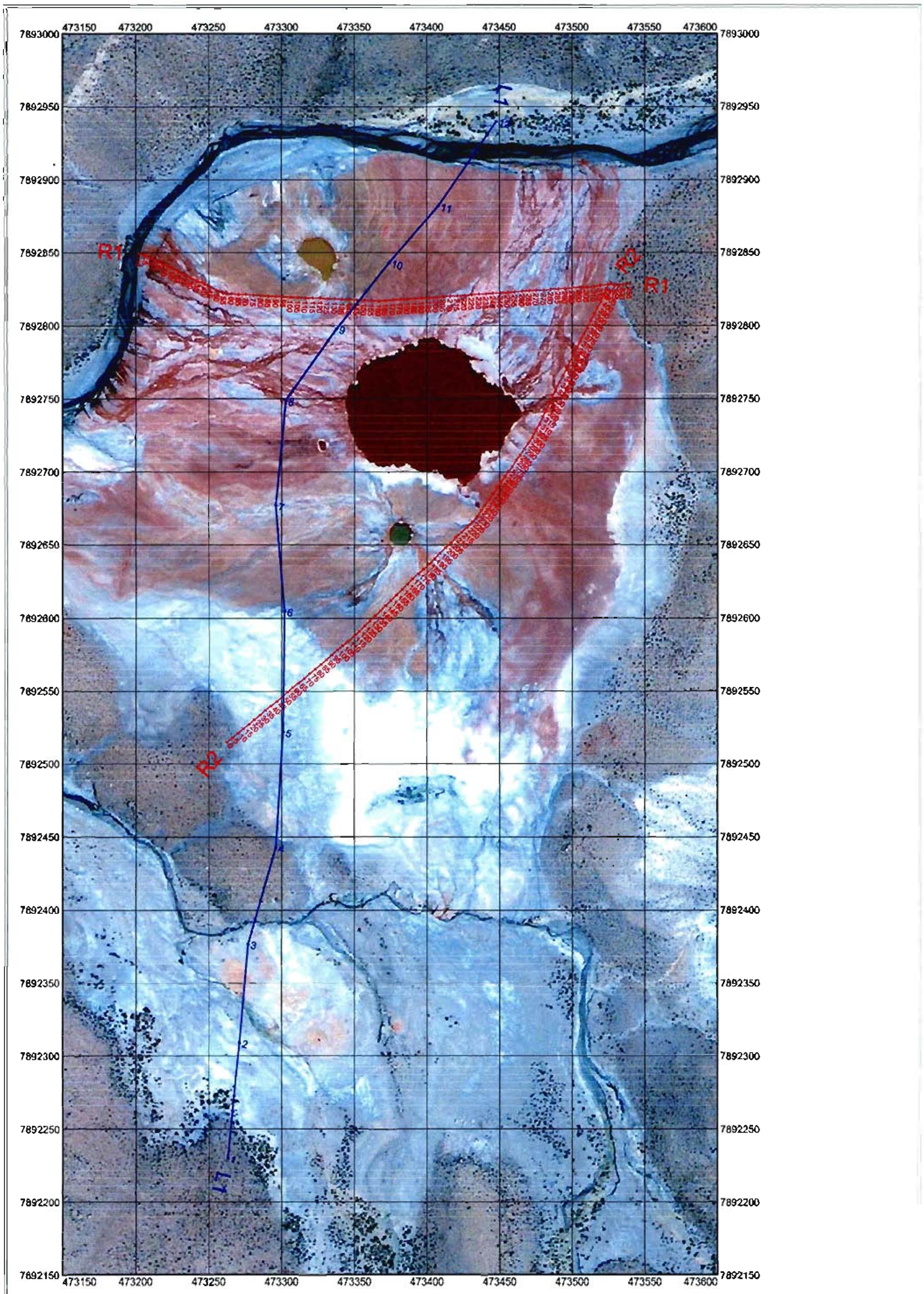
WGS 84 / UTM zone 19S

GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. 5 PLANTA LÍNEAS GEOFÍSICAS ÁREA LAGUNA ROJA
R1, R2: LÍNEAS TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
L1: LÍNEA NANOTEM
Topografía SRTM regrillada a 20 m

GEODATOS *MARZO 2014*



Scale 1:2000

25 0 25 50 75 100

(meters)

WGS 84 / UTM zone 19S

N

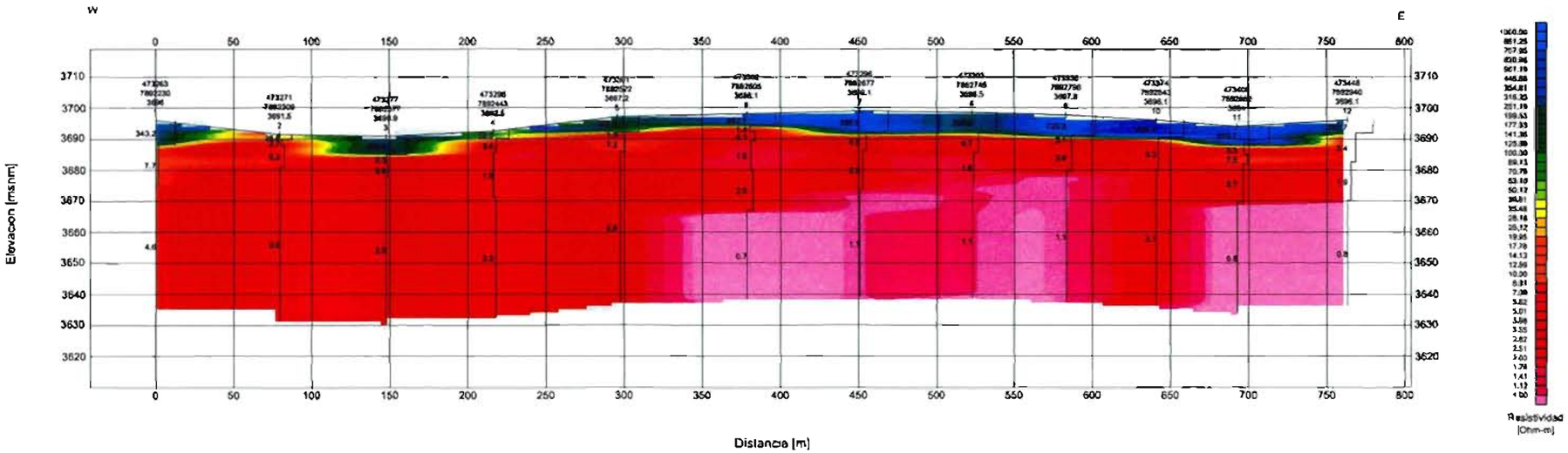
GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. 6 PLANTA LÍNEAS GEOFÍSICAS ÁREA LAGUNA ROJA
SOBRE IMAGEN SATELITAL GOOGLE EARTH
R1, R2: LÍNEAS TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
L1: LÍNEA NANOTEM

GEODATOS *MAYO 2014*

PERFIL NANOTEM L1 MODELO CAPAS



Vertical
Scale 1:1000

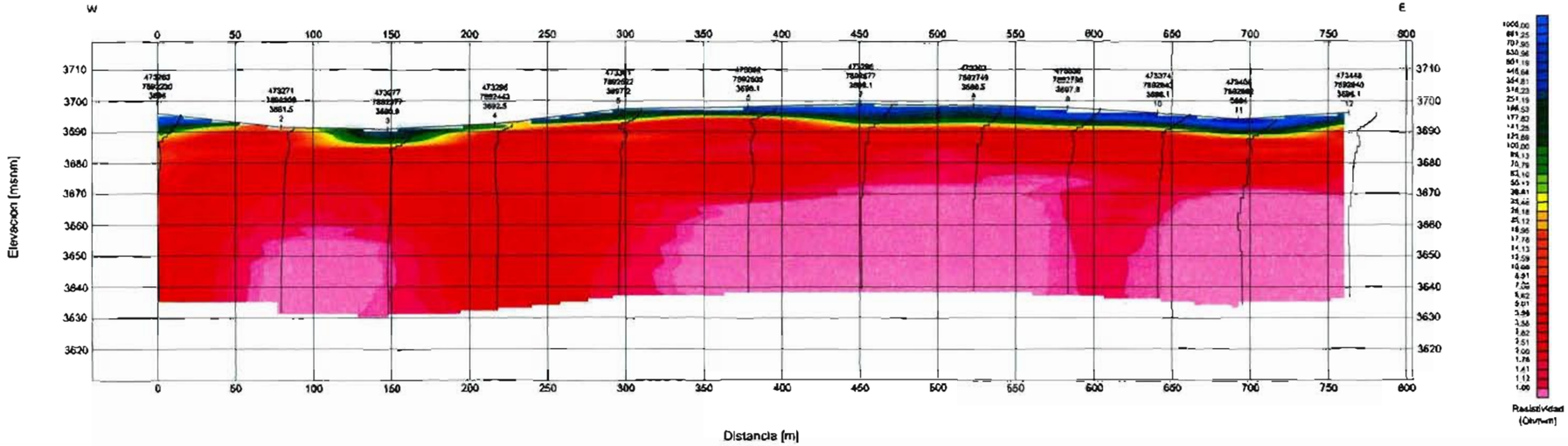
Rumbo del perfil : W-E

Horizontal
Scale 1:2000

PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L1 (STK 1-12)(MODELO CAPAS)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L1

PERFIL NANOTEM L1 MODELO SMOOTH



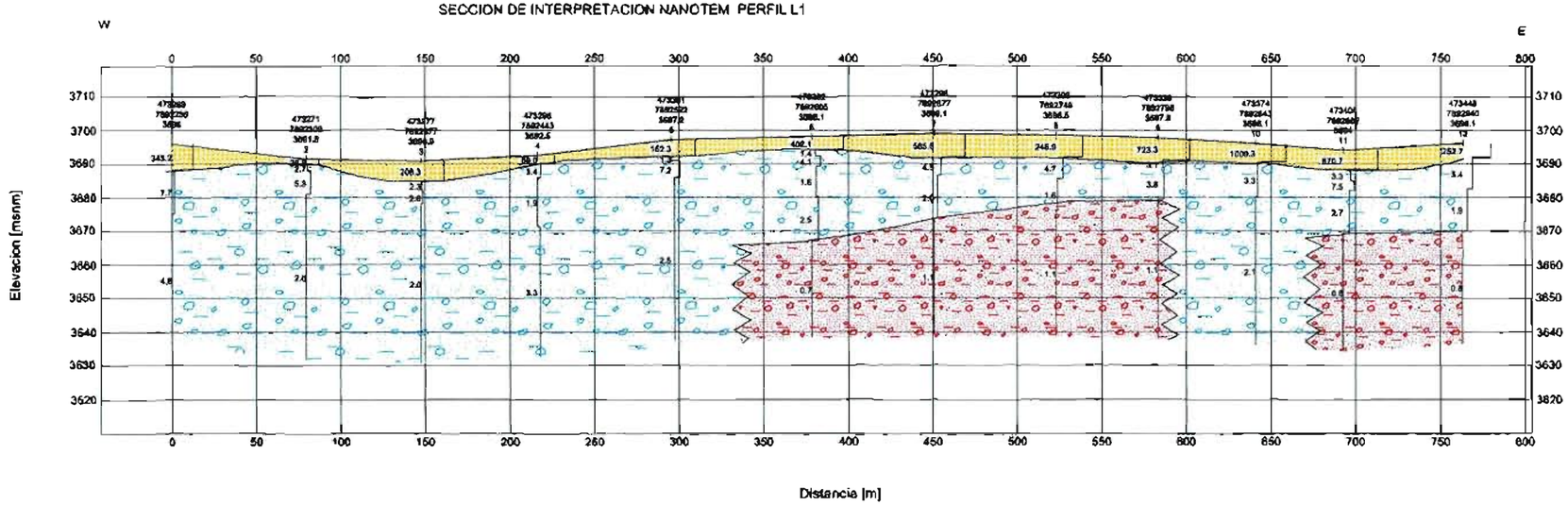
GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO
CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA
SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM
PERFIL L1 (STK 1-12)(MODELO SMOOTH)

MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L1s

SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM PERFIL L1



Leyenda

- Sedimentos secos aluviales y fluviales
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas
- Depositos salinos, alteración hidrotermal

Vertical
Scale 1:1000

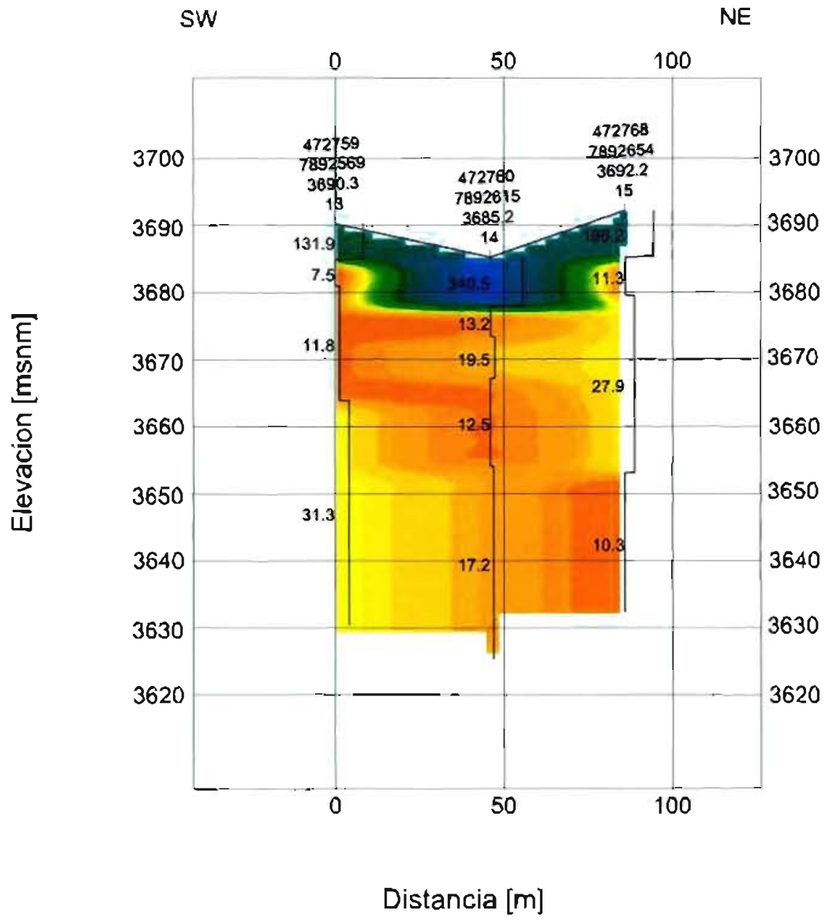
Rumbo del perfil : W-E

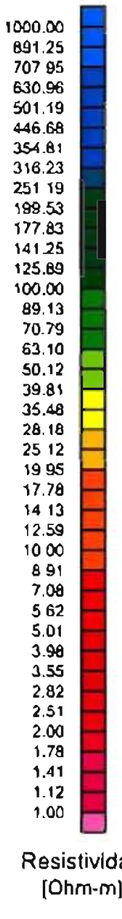
Horizontal
Scale 1:2000

PWGS84 Huso 19S

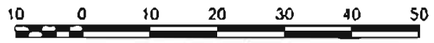
GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE INTERPRETACION, NANOTEM PERFIL L1
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. I-L1

PERFIL NANOTEM L2 MODELO CAPAS



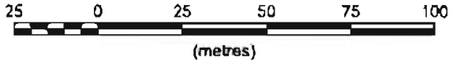


Vertical
Scale 1:1000



Rumbo del perfil : SW-NE

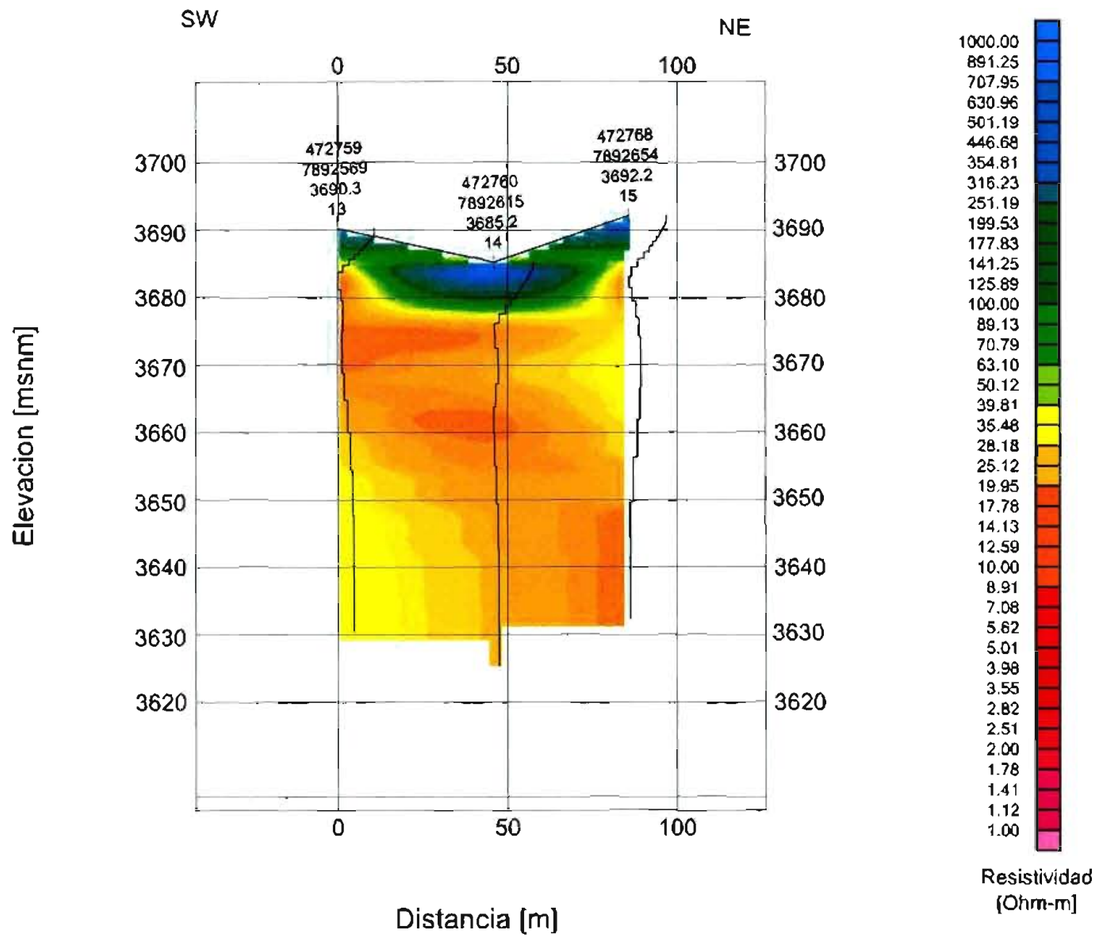
Horizontal
Scale 1:2000



PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L2 (STK 13-15)(MODELO CAPAS)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L2

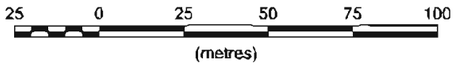
PERFIL NANOTEM L2 MODELO SMOOTH



Vertical
Scale 1:1000

Rumbo del perfil : SW - NE

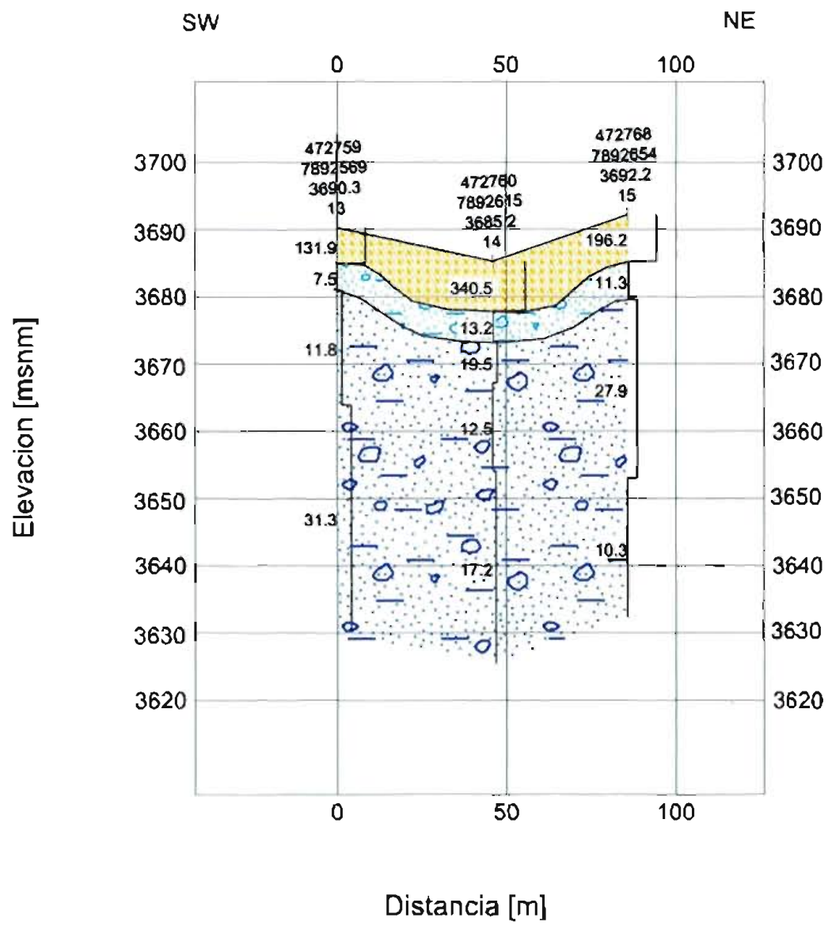
Horizontal
Scale 1:2000



WGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L2 (STK 13-15)(MODELO SMOOTH)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L2s

SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM PERFIL L2



Leyenda

- Sedimentos secos aluviales y fluviales
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas de menor permeabilidad

Vertical
Scale 1:1000

10 0 10 20 30 40 50
(metres)

Rumbo del perfil : SW-NE

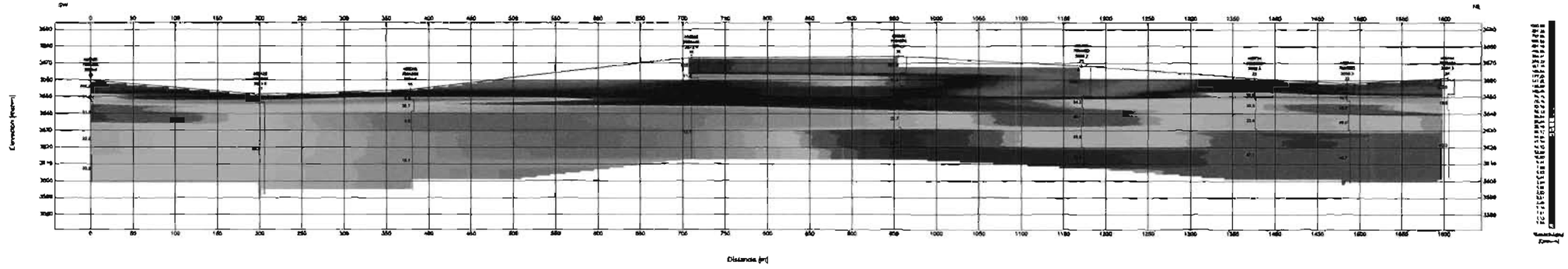
Horizontal
Scale 1:2000

25 0 25 50 75 100
(metres)

PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE INTERPRETACION, NANOTEM PERFIL L2
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. I-L2

PERFIL NANOTEM L3 MODELO CAPAS



Vertical
Escala 1:1000

Rumbo del perfil SW-NE

Horizontal
Escala 1:2000

Proyección Huso 19S

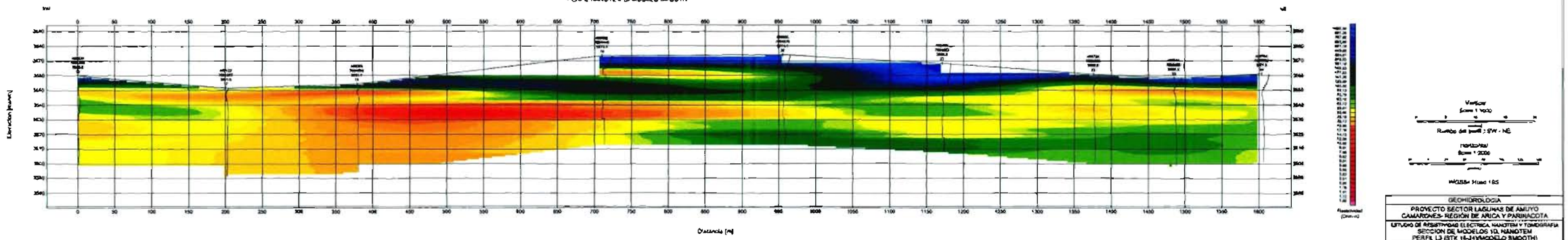
GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO
CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA
SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM
PERFIL L3 (STN 16-24)(MODELO CAPAS)

MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG L3

PERFIL NANOTEM L3 MODELO SMOOTH



GEOHIDROLOGIA

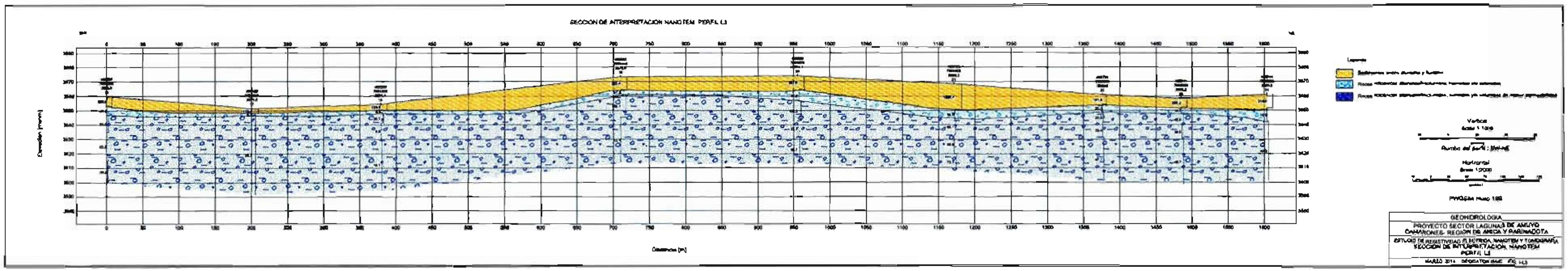
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA

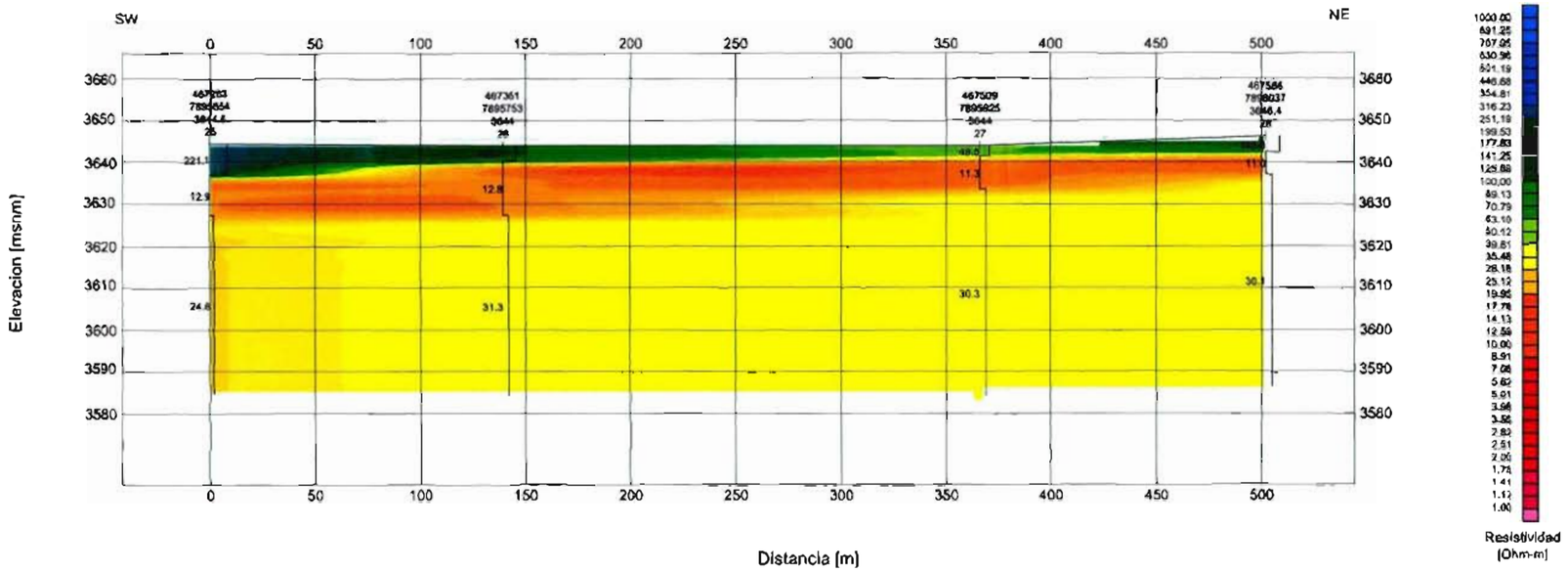
SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM

PERFIL L3 (STK 18-24)/MODELO SMOOTH)

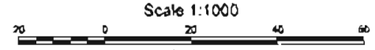
MARZO 2014 GEODATOS SAC FIG L3a


SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM PERFIL L3
Horizontal
GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO
CAMARONES- REGION DE ARICA Y PARINACOTA
SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM
PERFIL L3

PERFIL NANOTEM L4 MODELO CAPAS

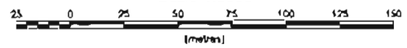


Vertical
Scale 1:1000



Rumbo del perfil : SW-NE

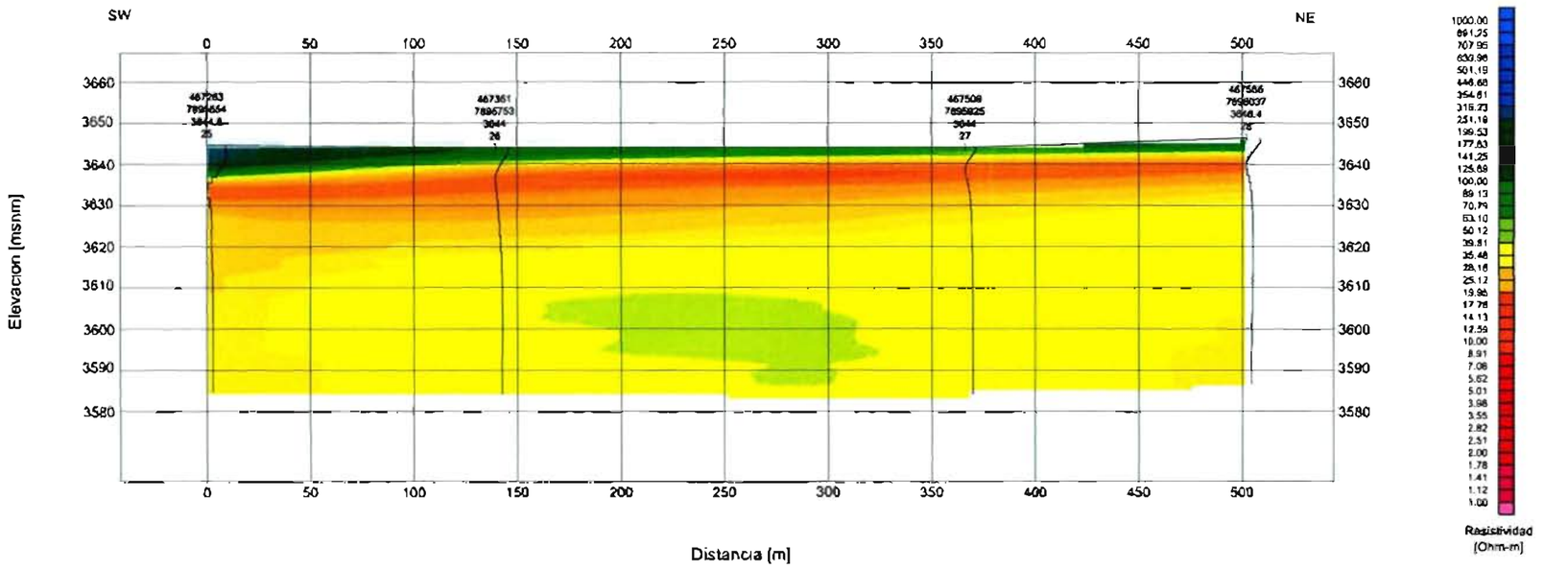
Horizontal
Scale 1:2000



PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L4 (STK 25-28)(MODELO CAPAS)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L4

PERFIL NANOTEM L4 MODELO SMOOOTH



Vertical
Scale 1:1000

20 0 20 40 60
(metros)

Rumbo del perfil : SW - NE

Horizontal
Scale 1:2000

25 0 25 50 75 100 125 150
(metros)

WGS84 Huso 19S

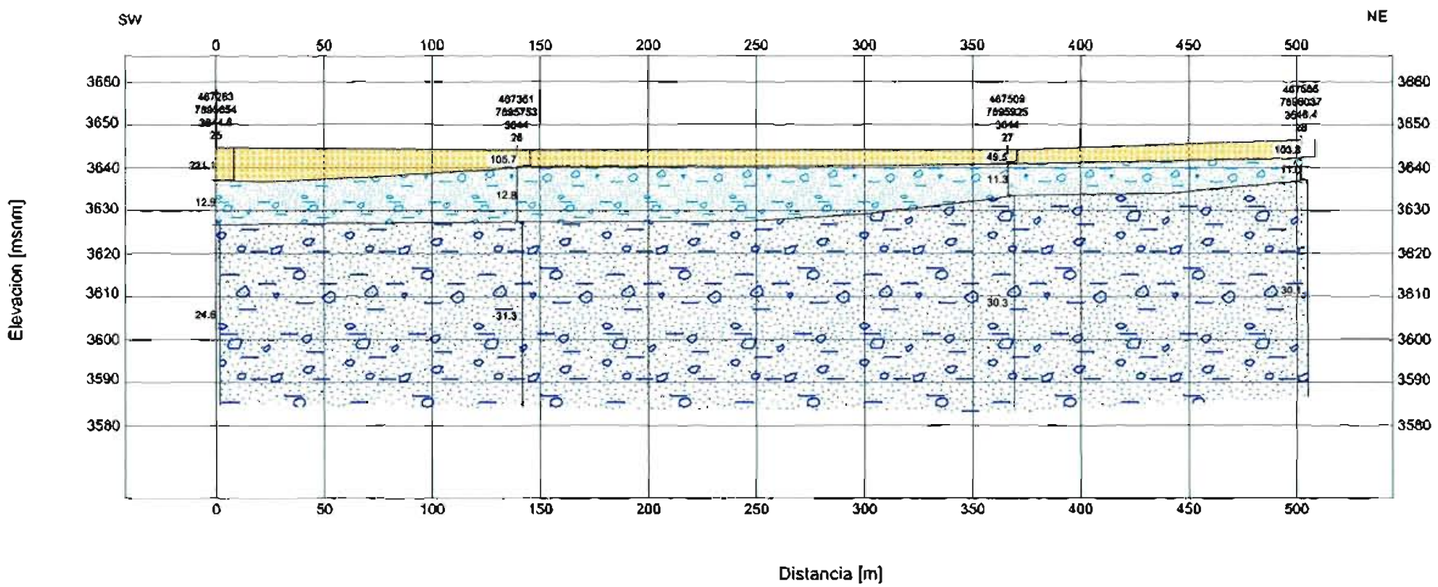
GEOHIDROLOGIA

PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO
CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA
SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM
PERFIL L4 (STK 25-28)(MODELO SMOOTH)

MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L4s

SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM PERFIL L4



Leyenda

- Sedimentos secos aluviales y fluviales
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas de menor permeabilidad

Vertical
Scale 1:1000

20 0 20 40 60
(metros)

Rumbo del perfil : SW-NE

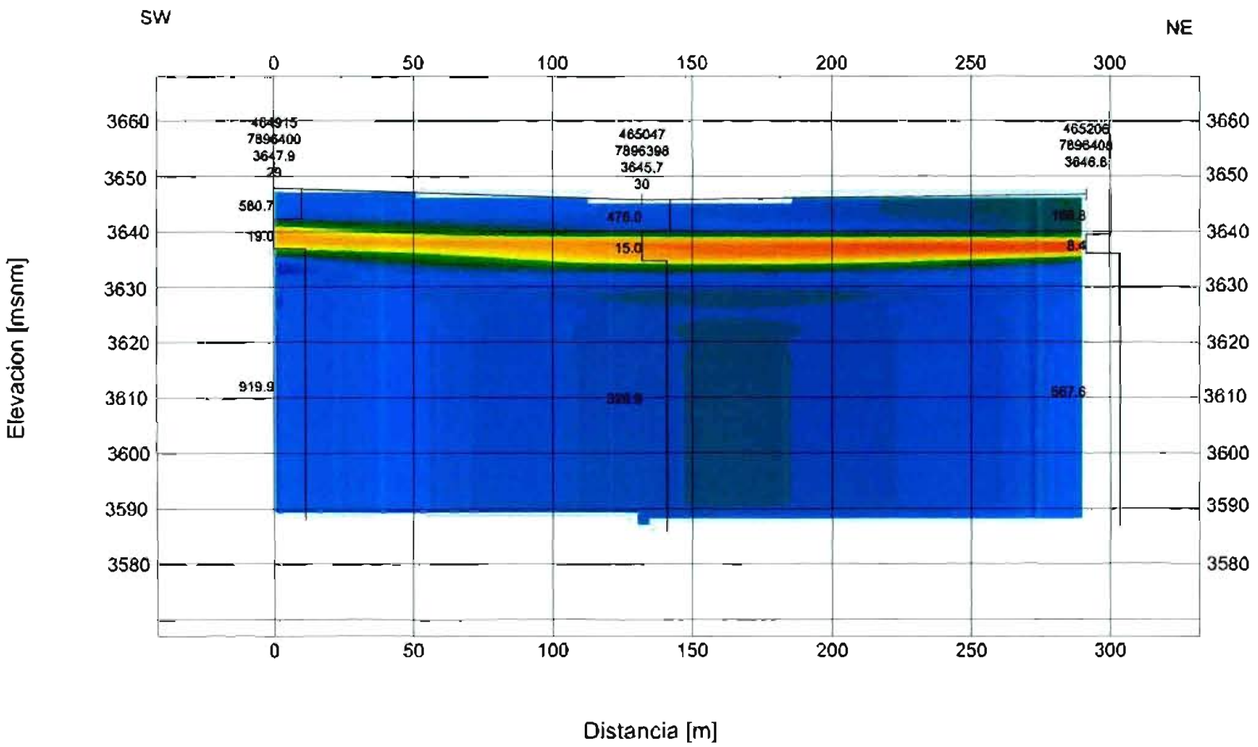
Horizontal
Scale 1:2000

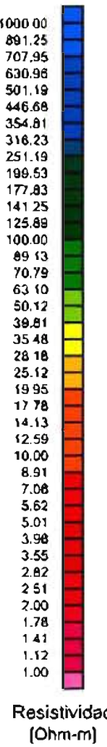
25 0 25 50 75 100 125 150
(metros)

PWGS84 Huso 19S

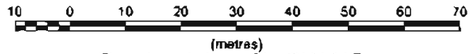
GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE INTERPRETACION, NANOTEM PERFIL L4
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. I-L4

PERFIL NANOTEM L5 MODELO CAPAS



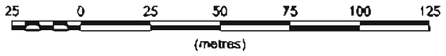


Vertical
Scale 1:1000



Rumbo del perfil : SW-NE

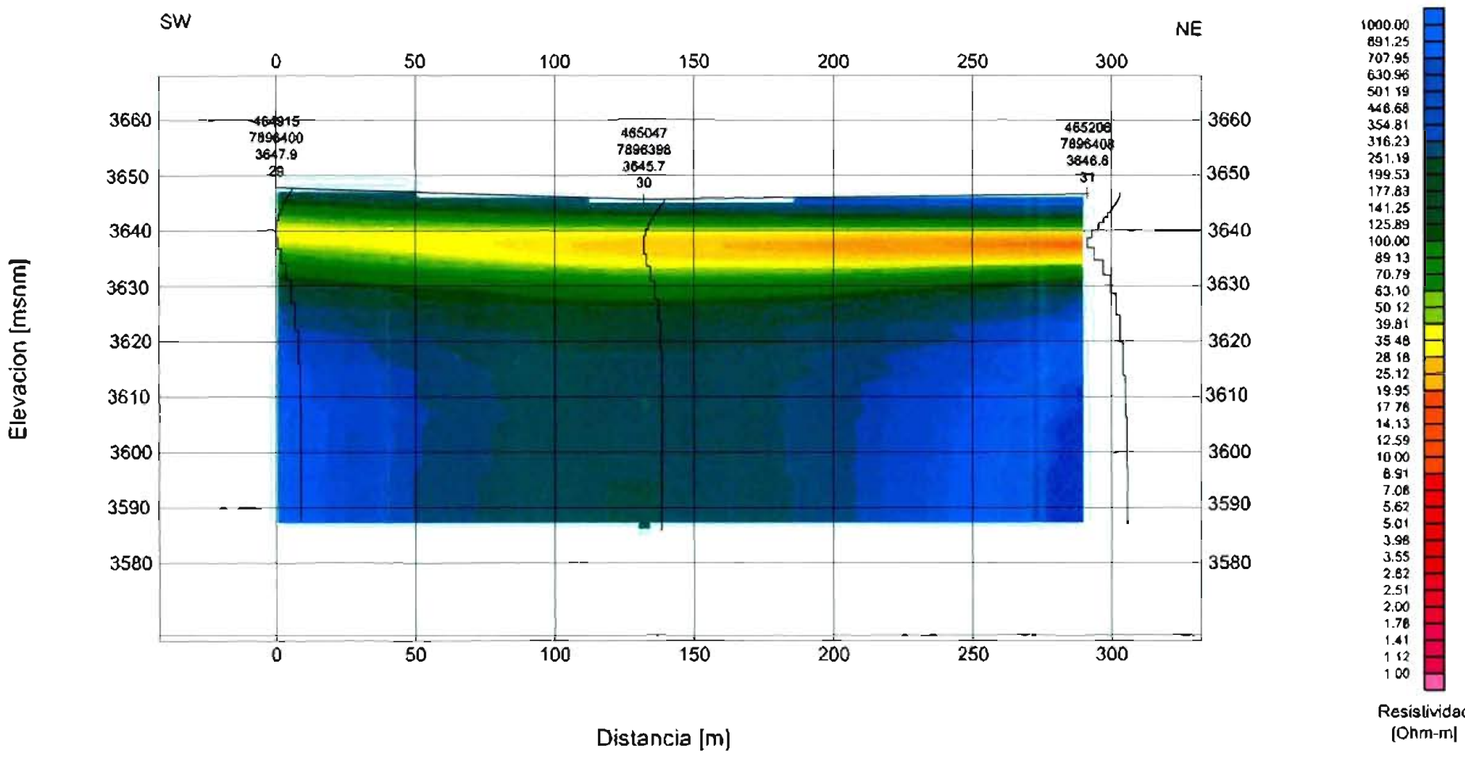
Horizontal
Scale 1:2000



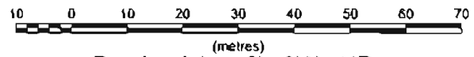
PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L5 (STK 29-31)(MODELO CAPAS)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L5

PERFIL NANOTEM L5 MODELO SMOOTH

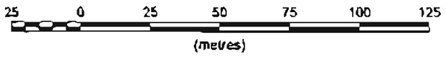


Vertical
Scale 1:1000



Rumbo del perfil : SW - NE

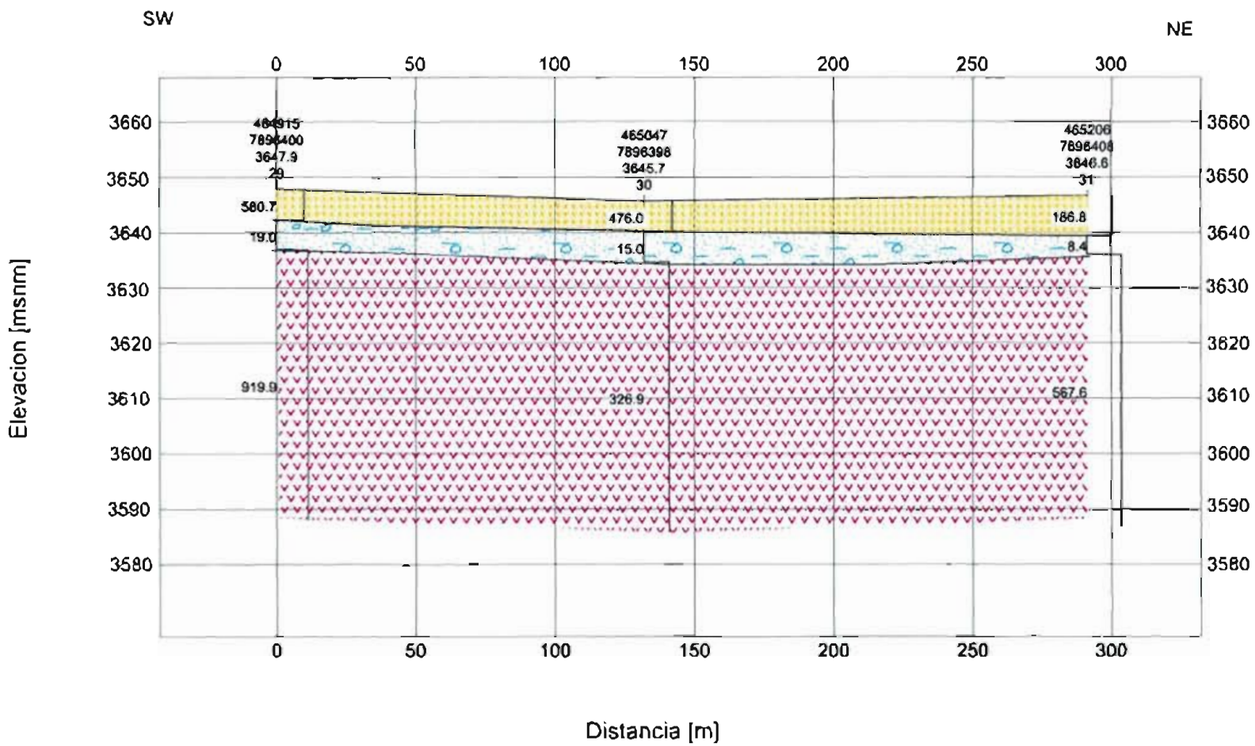
Horizontal
Scale 1:2000



WGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE MODELOS 1D, NANOTEM PERFIL L5 (STK 29-31)(MODELO SMOOTH)
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. L5s

SECCION DE INTERPRETACION NANOTEM PERFIL L5



Leyenda

- Sedimentos secos aluviales y fluviales
- Rocas volcánicas alteradas/fracturadas, humedas y/o saturadas
- Roca volcánica

Vertical
Scale 1:1000

10 0 10 20 30 40 50 60 70
(metres)

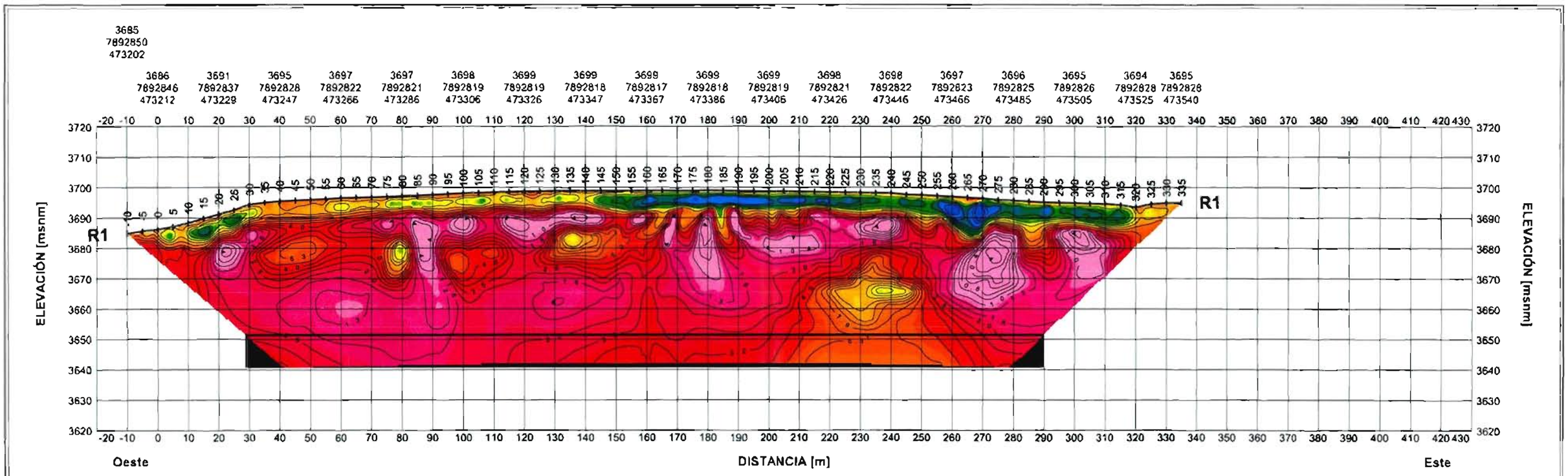
Rumbo del perfil : SW-NE

Horizontal
Scale 1:2000

25 0 25 50 75 100 125
(metres)

PWGS84 Huso 19S

GEOHIDROLOGIA
PROYECTO SECTOR LAGUNAS DE AMUYO CAMARONES- REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA
ESTUDIO DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, NANOTEM Y TOMOGRAFIA SECCION DE INTERPRETACION, NANOTEM PERFIL L5
MARZO 2014 GEODATOS SAIC FIG. I-L5



Scale 1:1000

20 0 20 40 60

(meters)

Resistividad

Ohm-m

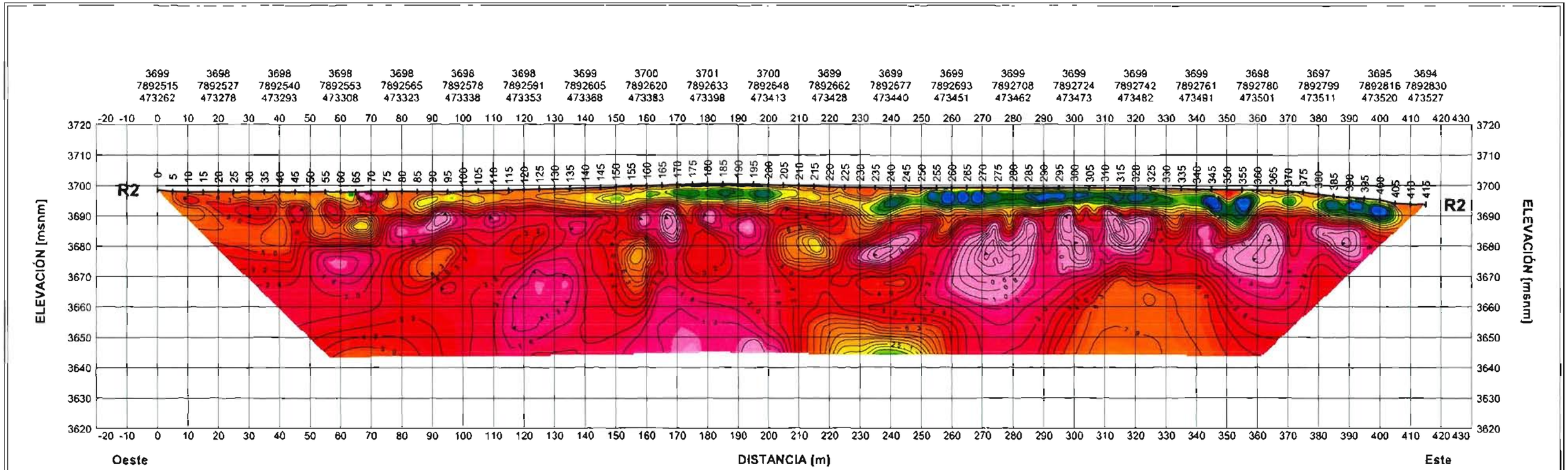
1.0 1.1 1.4 1.8 2.0 2.5 2.8 3.5 4.0 5.0 5.6 7.1 8.9 10.0 14.1 19.9 28.2 39.8 63.1 89.1 125.9 177.8 251.2 354.8 501.2 708.0 1000.0

GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. R1 SECCIÓN DE RESISTIVIDAD TOMOGRAFÍA, LÍNEA R1
(Con zonificación color resistividad del NanoTEM)
Coordenadas UTM WGS84 19S

GEODATOS *MAYO 2014*



Scale 1:1000

20 0 20 40 60

(meters)

Resistividad
Ohm-m

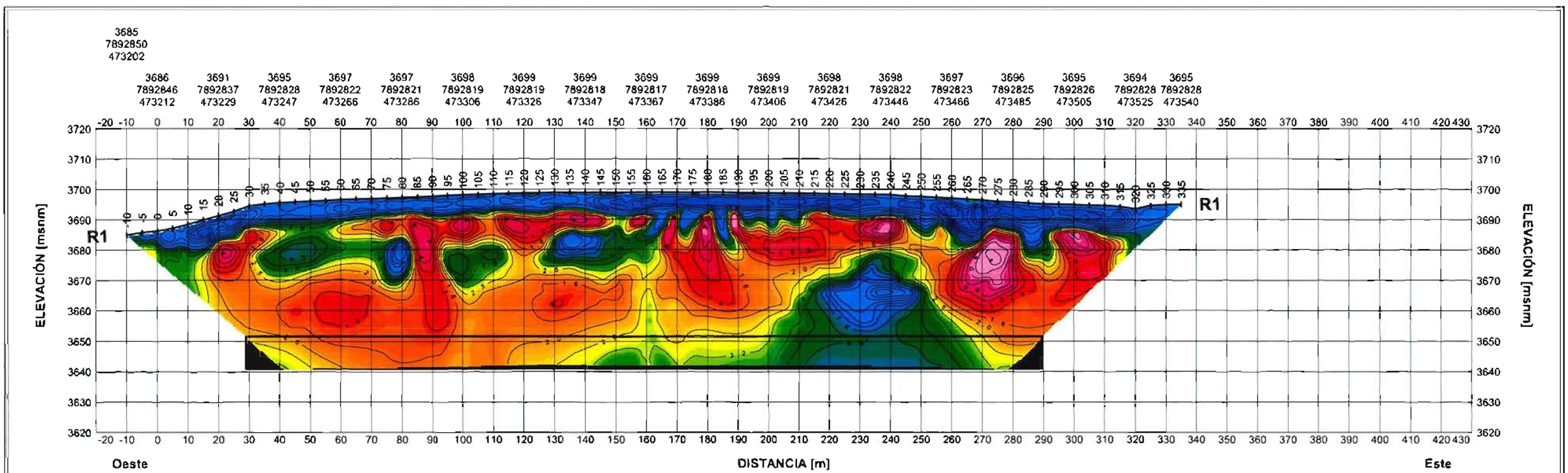
1.0 1.1 1.4 1.8 2.0 2.5 2.8 3.5 4.0 5.0 5.6 7.1 8.9 10.0 14.1 19.9 28.2 39.8 63.1 89.1 125.9 177.8 251.2 354.8 501.2 708.0 1000.0

GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. R2 SECCIÓN DE RESISTIVIDAD TOMOGRAFÍA, LÍNEA R2
(Con zonificación color resistividad del NanoTEM)
Coordenadas UTM WGS84 19S

GEODATOS *MAYO 2014*



Scale 1:1000

20 0 20 40 60

(meters)

Resistividad

Ohm-m

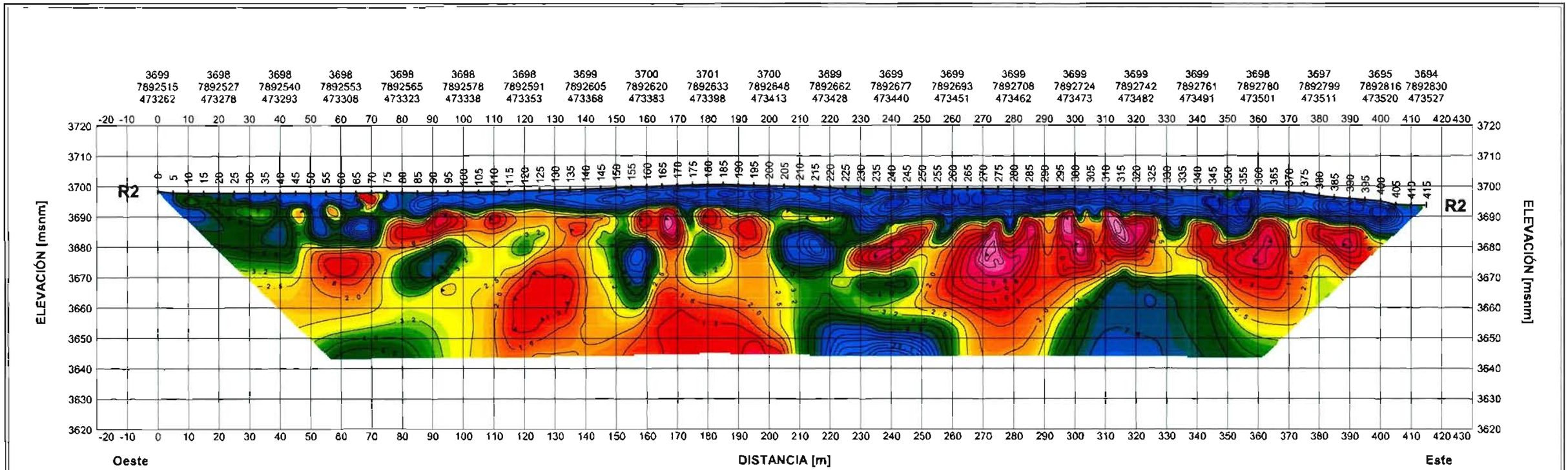
0.3 0.4 0.5 0.7 0.8 0.9 1.0 1.2 1.3 1.4 1.5 1.7 1.8 1.9 2.0 2.2 2.3 2.5 2.7 2.9 3.2 3.4 3.6 3.8 4.0 4.2 4.5 5.1 5.7 6.3 7.1 8.1 9.7 12.5 23.7 106.6

GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. R1b SECCIÓN DE RESISTIVIDAD TOMOGRAFÍA, LÍNEA R1
(Zonificación de resistividad ajustada a datos de Tomografía)
Coordenadas UTM WGS84 19S

GEODATOS *MAYO 2014*



GEOHIDROLOGÍA

ESTUDIO GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD
MÉTODOS NANOTEM Y TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
PROYECTO LAGUNAS DE AMUYO
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA, CHILE

FIG. R2b SECCIÓN DE RESISTIVIDAD TOMOGRAFÍA, LÍNEA R2
(Zonificación de resistividad ajustada a datos de Tomografía)
Coordenadas UTM WGS84 19S

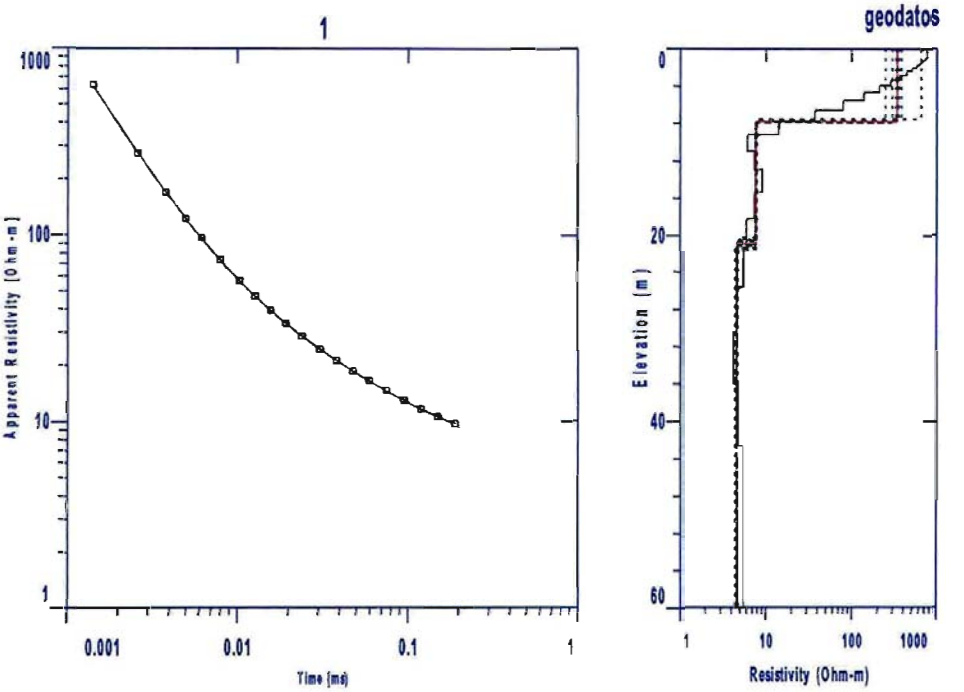
GEODATOS *MAYO 2014*

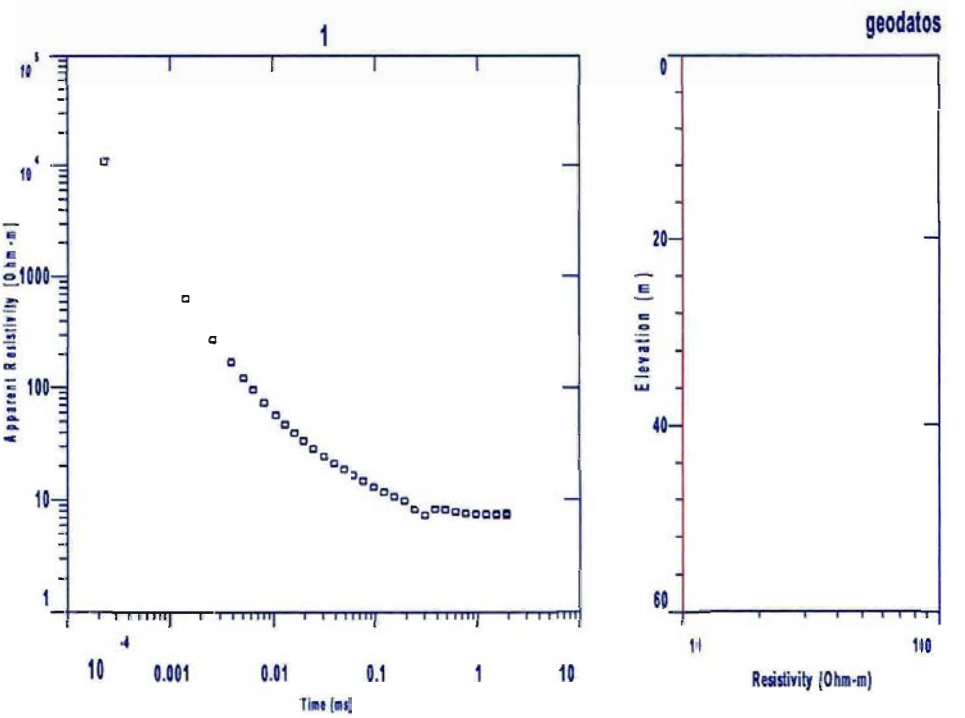
CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal 7500809, Santiago

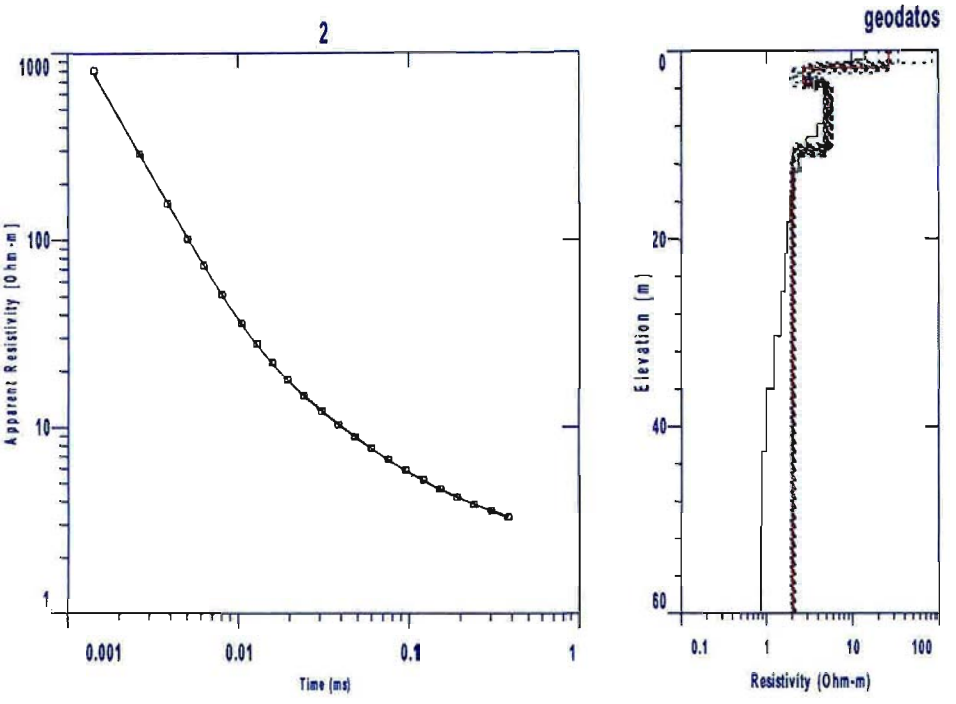
GEODATOS
Geofísica de Avanzada

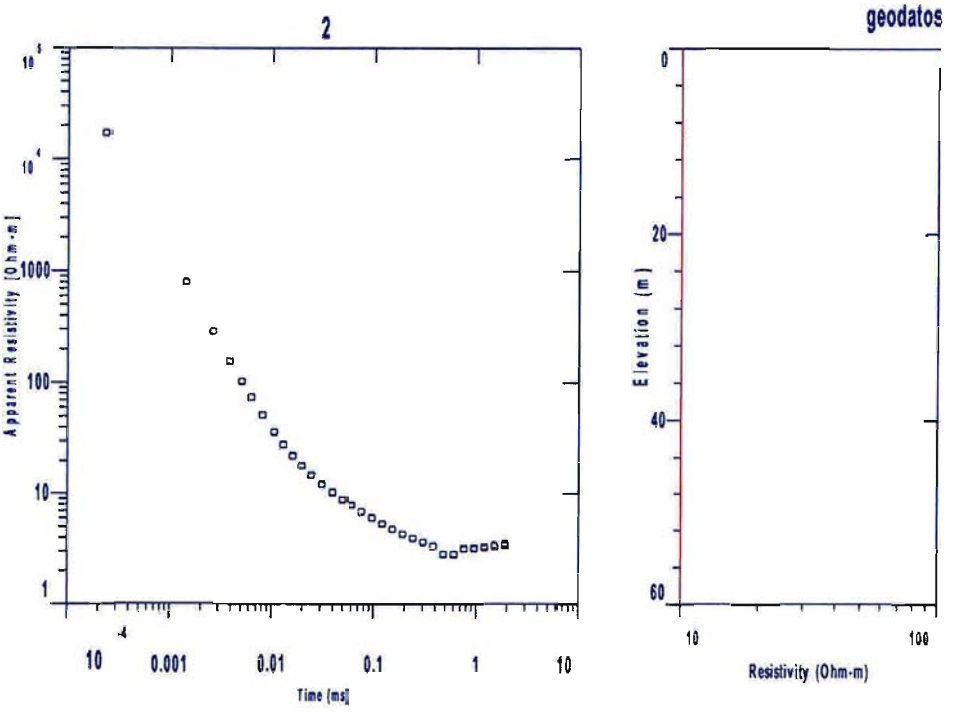
ANEXO A: SONDEOS INDIVIDUALES DE NANOTEM, CURVAS DE TRANSIENTE CRUDAS Y PROCESADAS

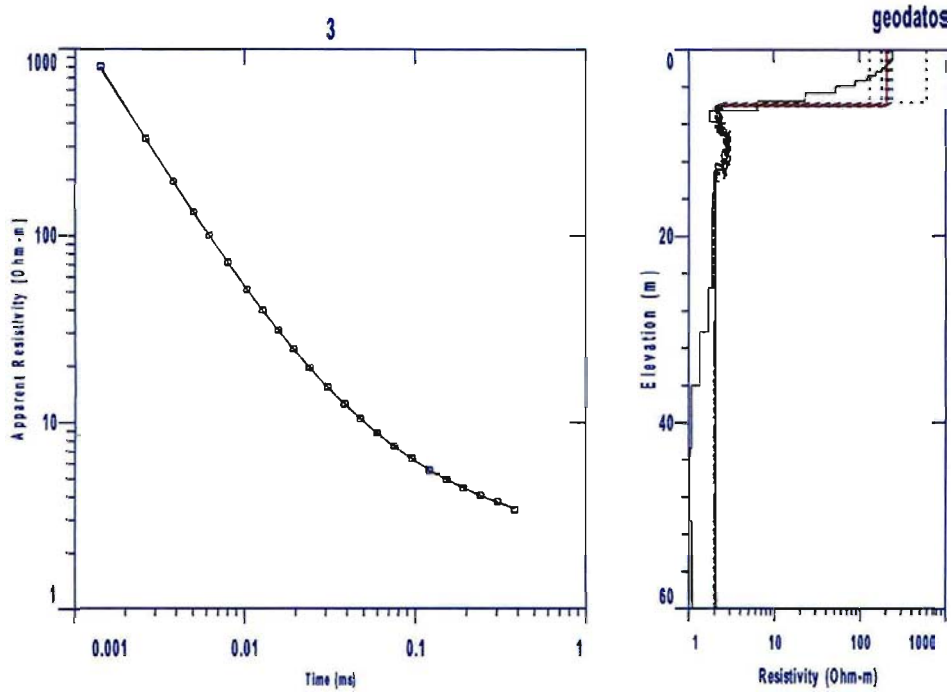
ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

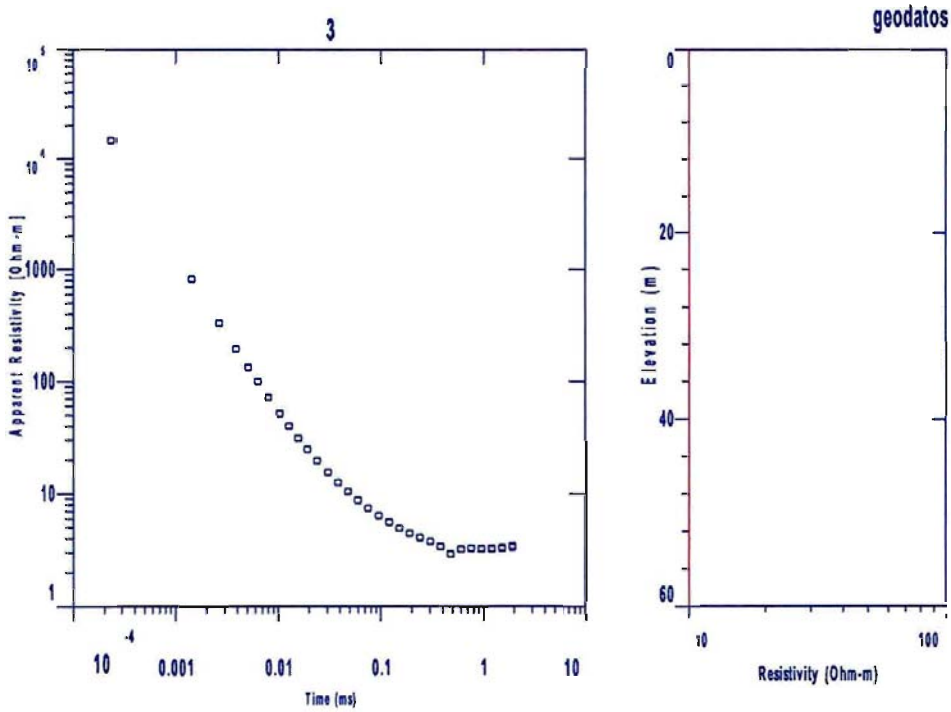

1
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time [ms]
Elevation [m]
0
20
40
60
1
10
100
1000
Resistivity [Ohm-m]

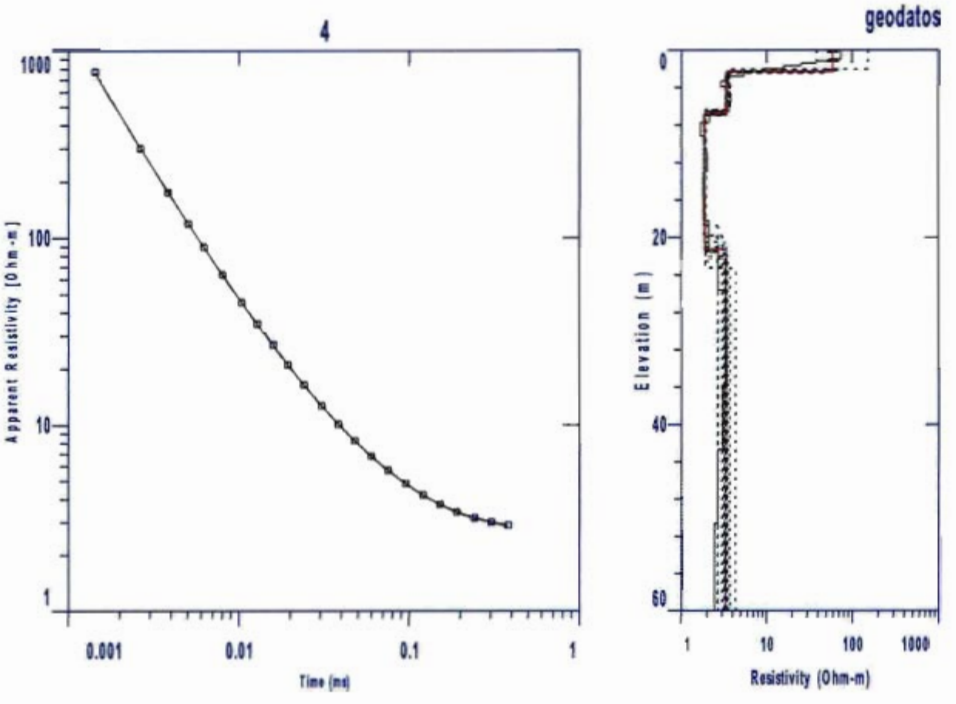

1
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
Time [ms]
Elevation [m]
0
20
40
60
Resistivity [Ohm-m]

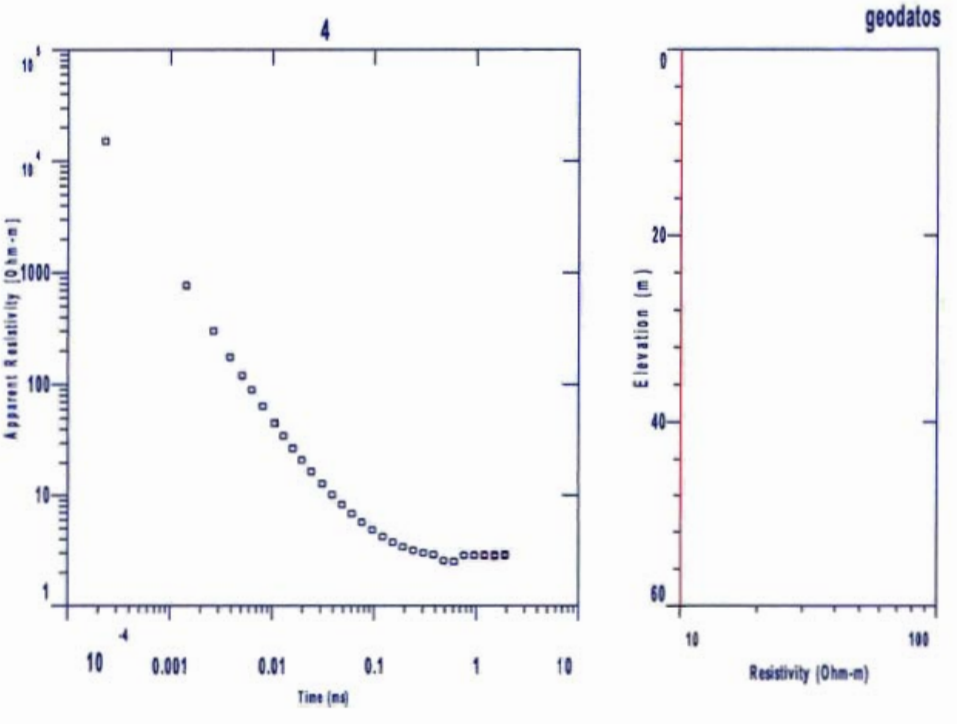

2
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
0.1
1
10
100
Resistivity (Ohm-m)

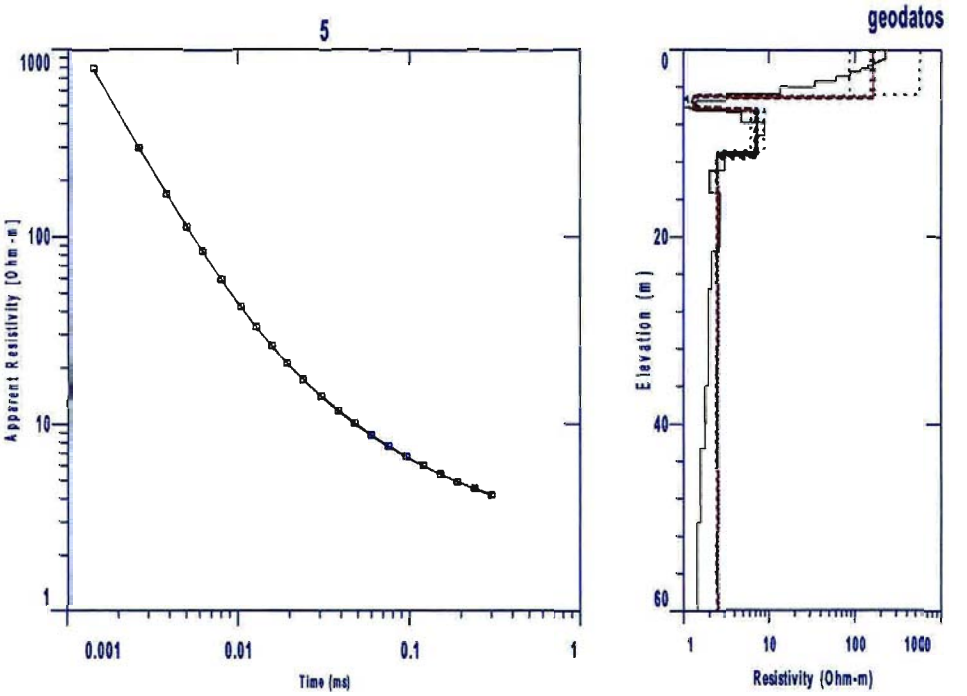

2
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time [ms]
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

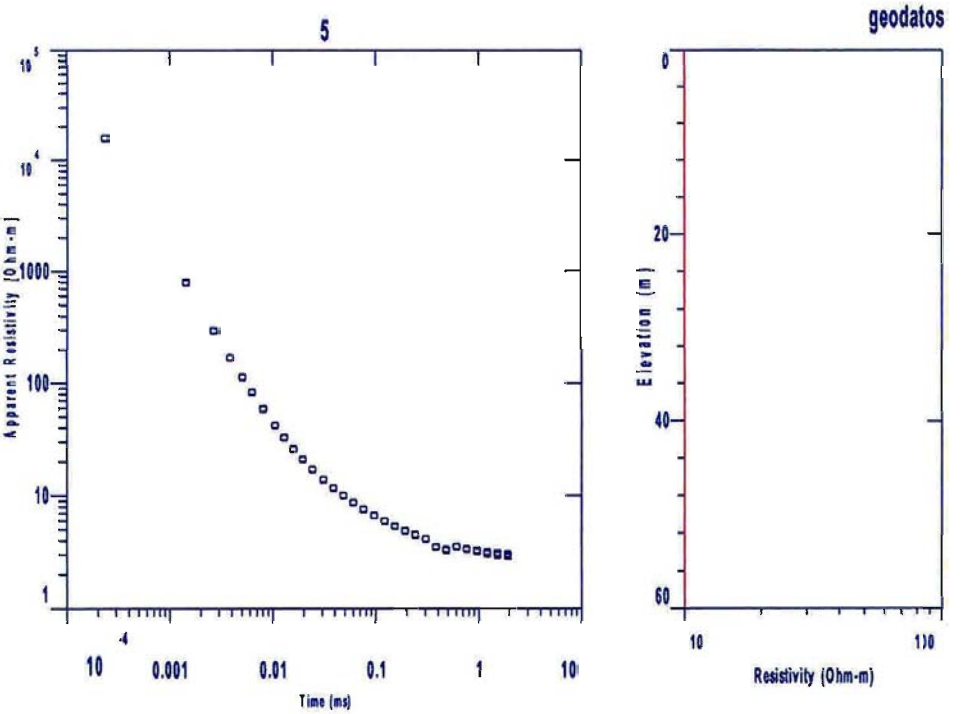

3
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

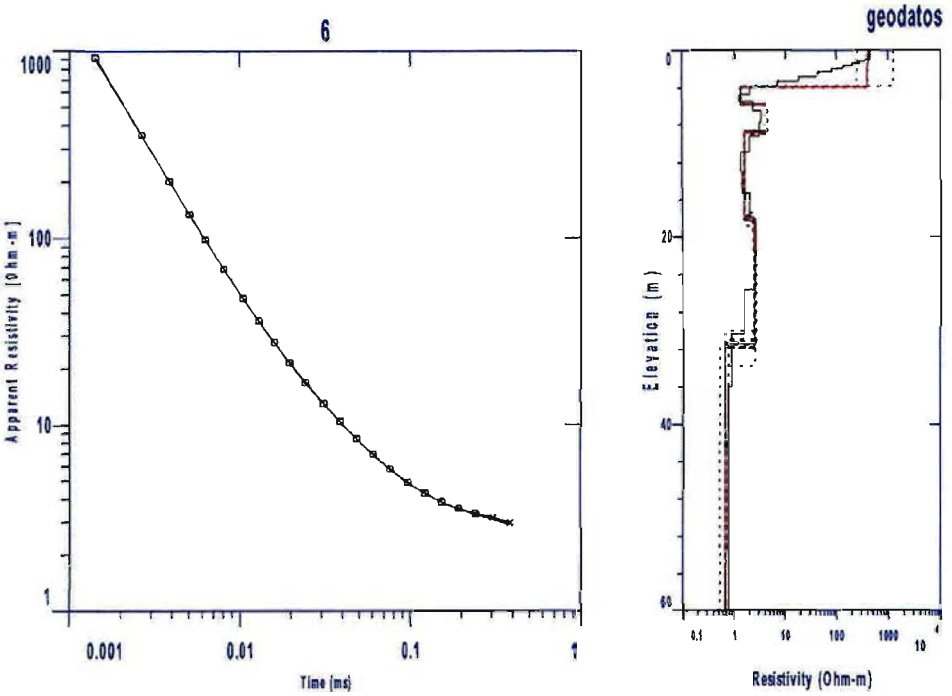

3
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
10^5
10^4
1000
100
10
1
10^-4
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

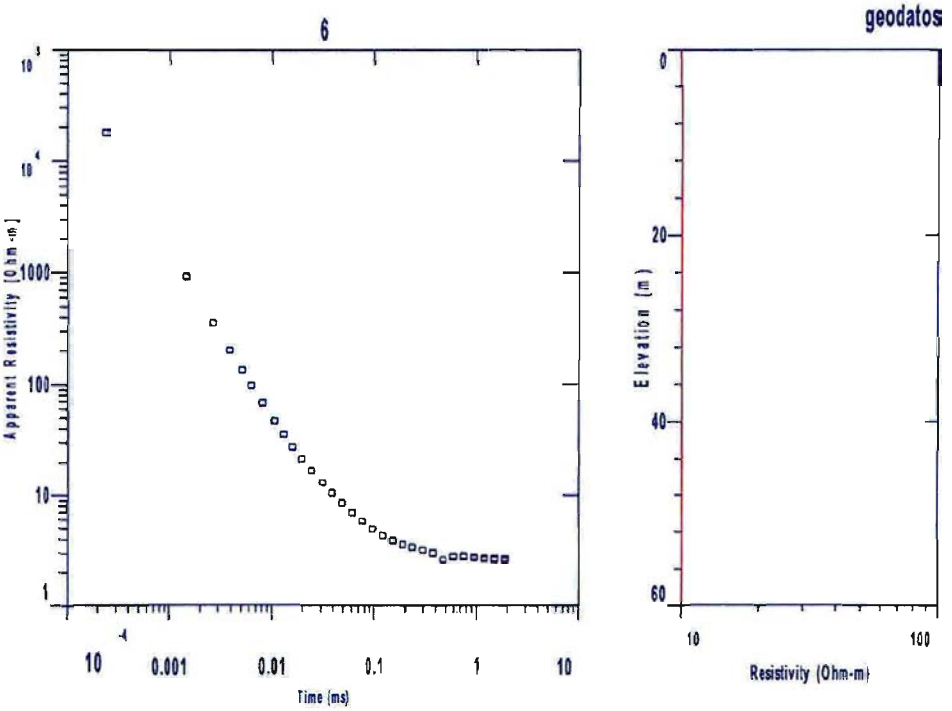

4
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

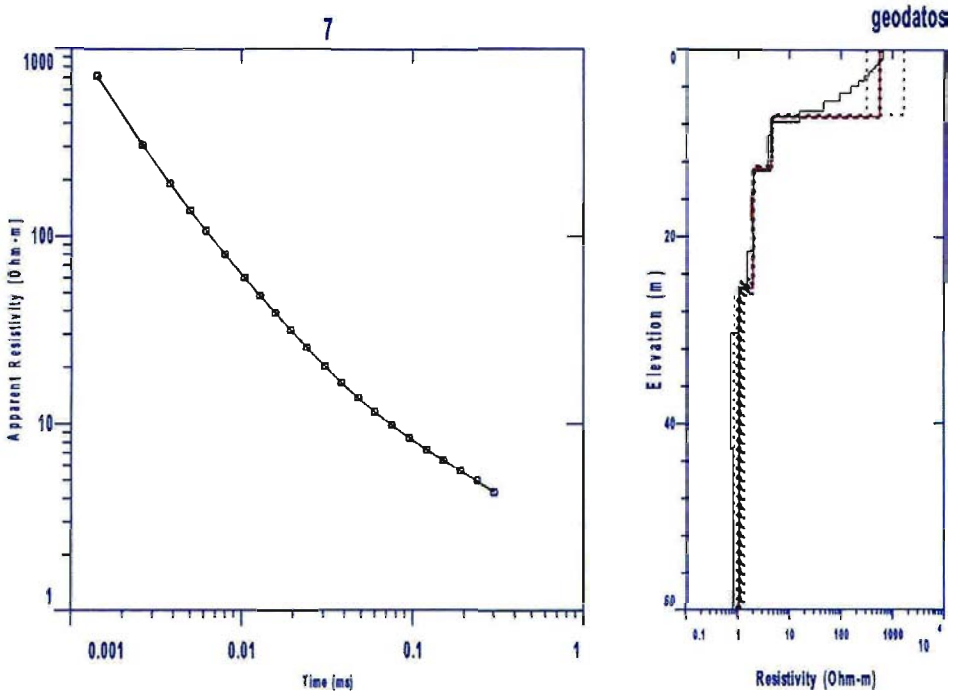

4
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

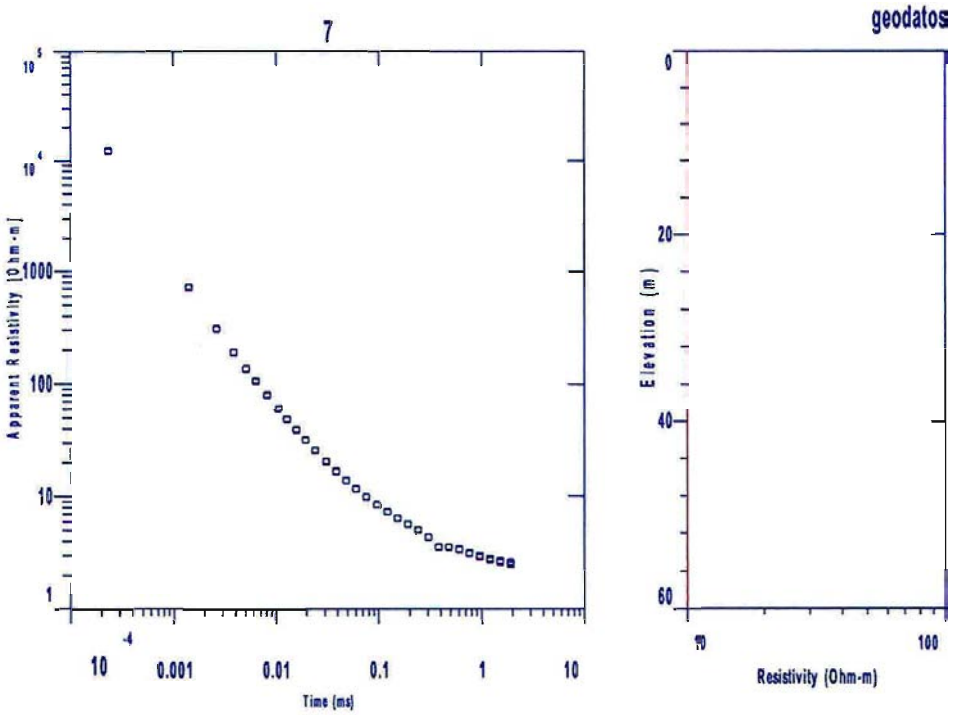

5
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

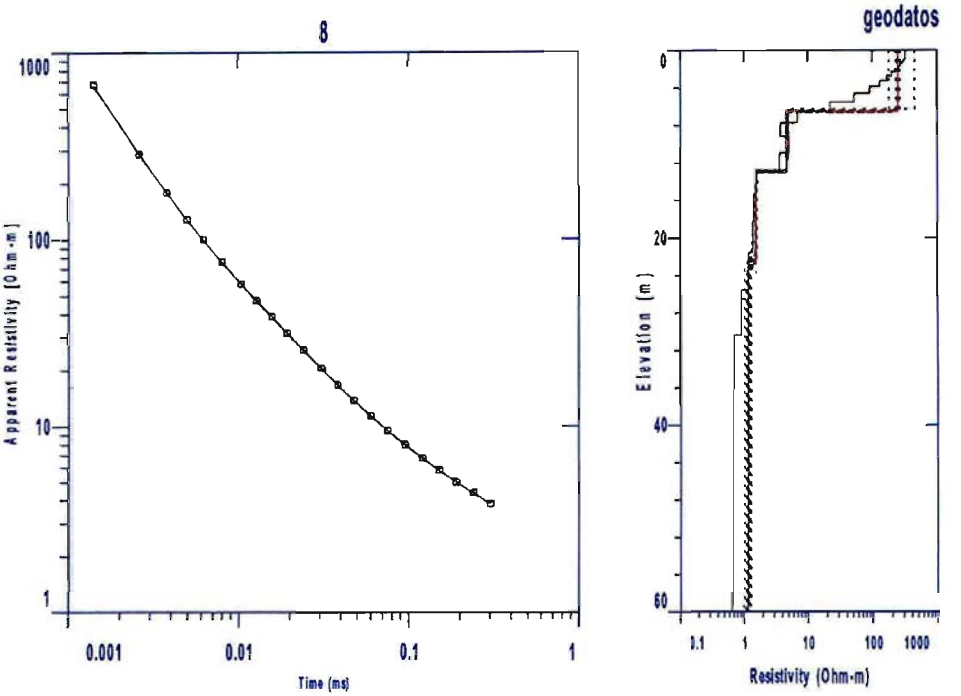

5
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

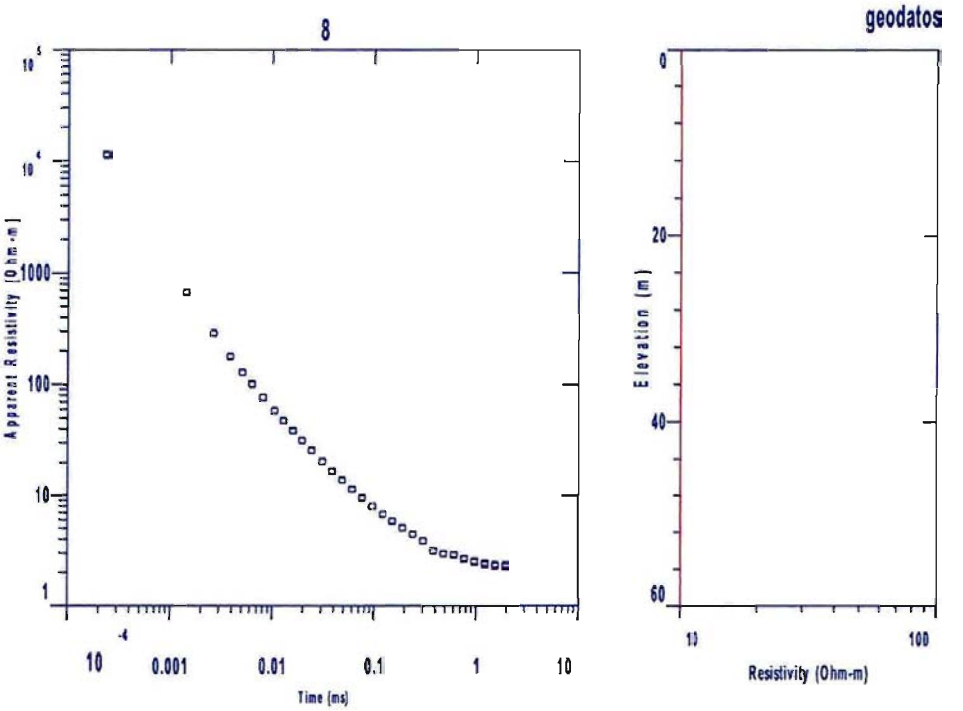

6
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
0.1
1
10
100
1000
10
Resistivity (Ohm-m)

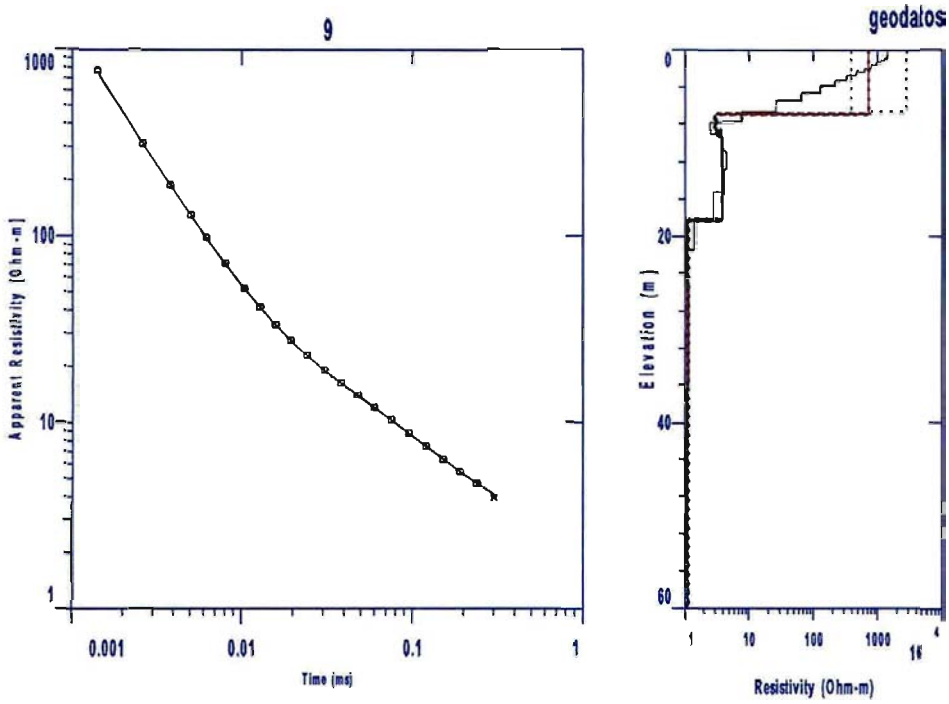

6
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10
1000
100
10
1
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

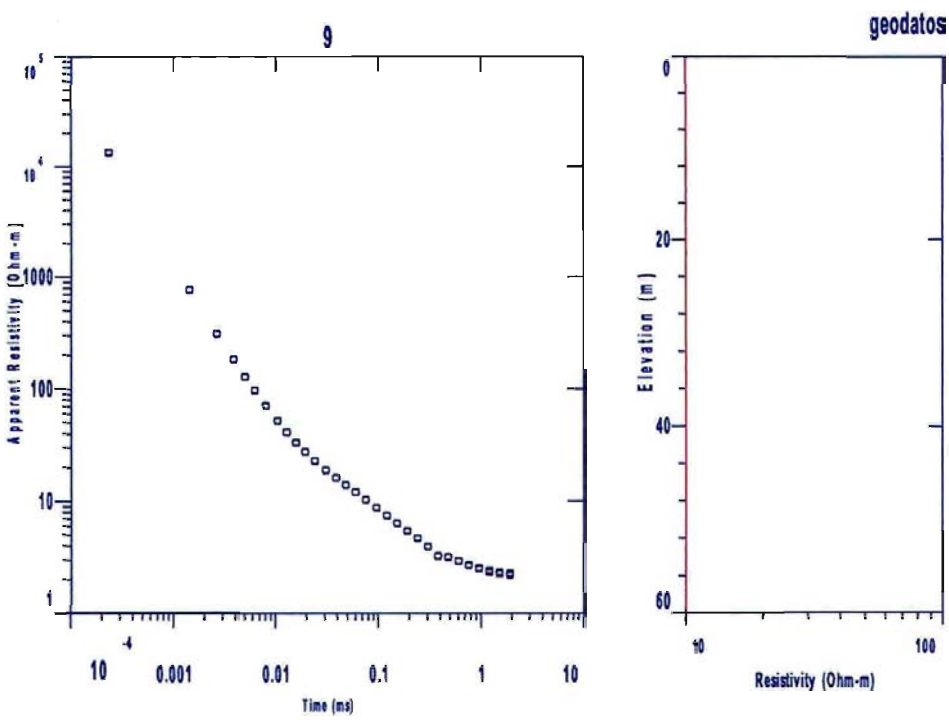

7
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

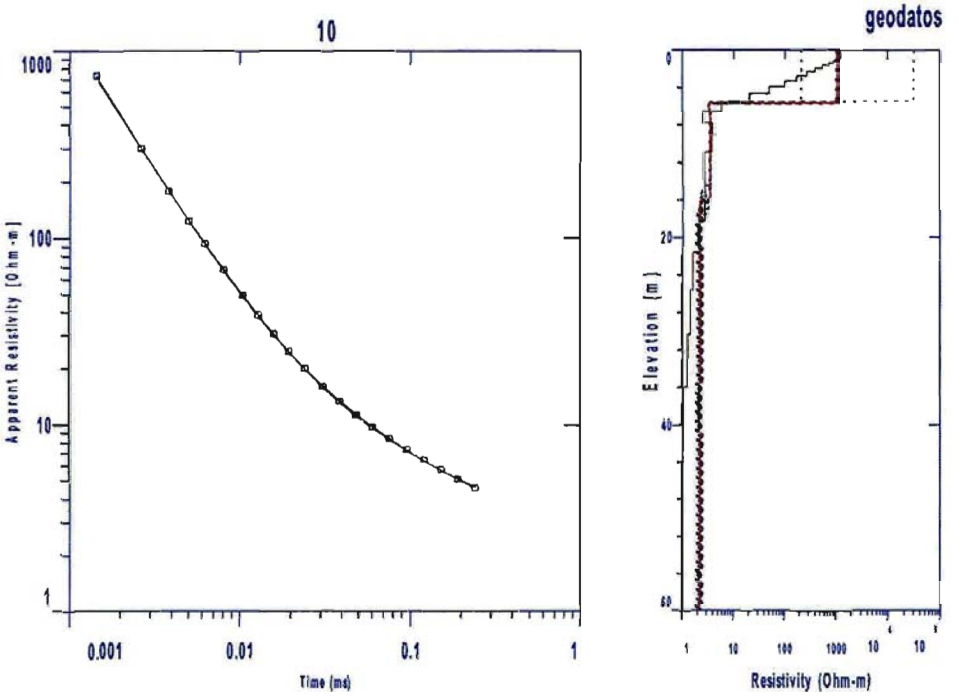

7
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

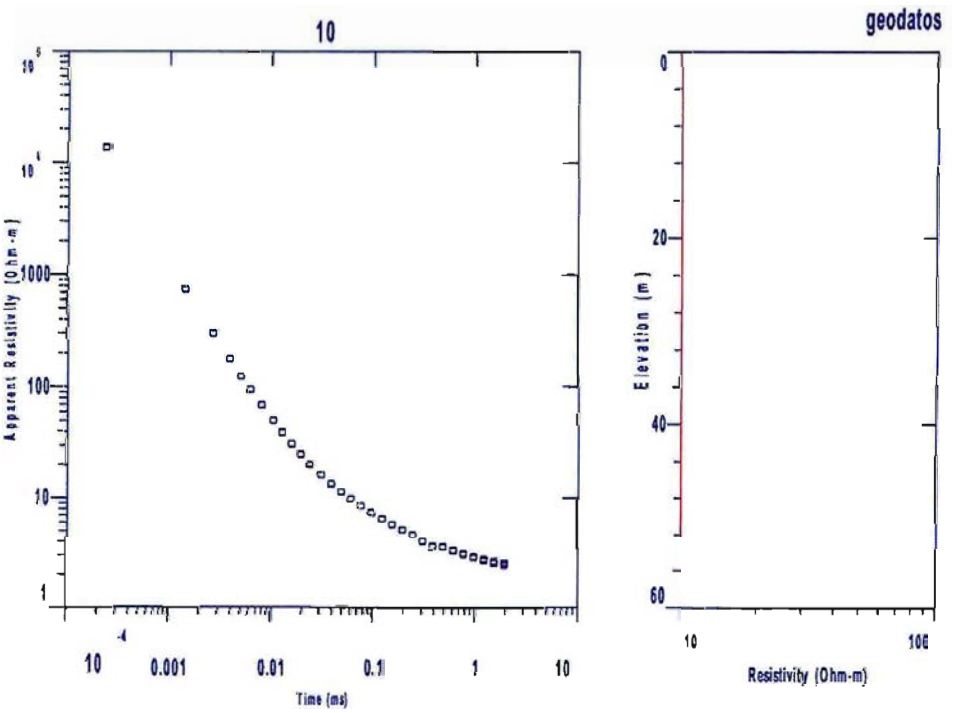

8
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
0.1
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

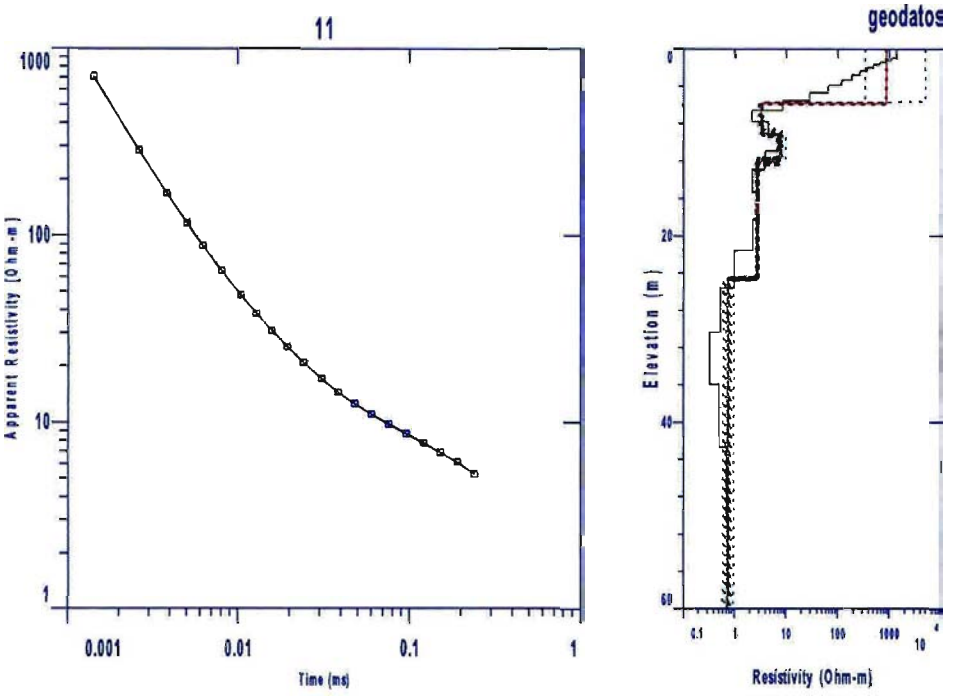

8
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

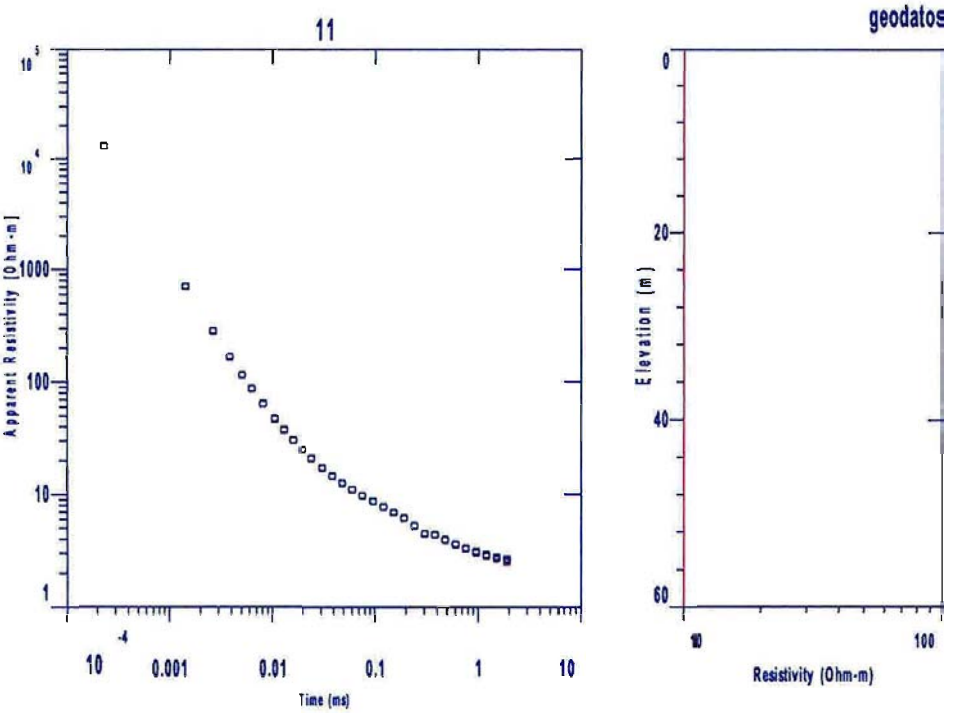

9
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

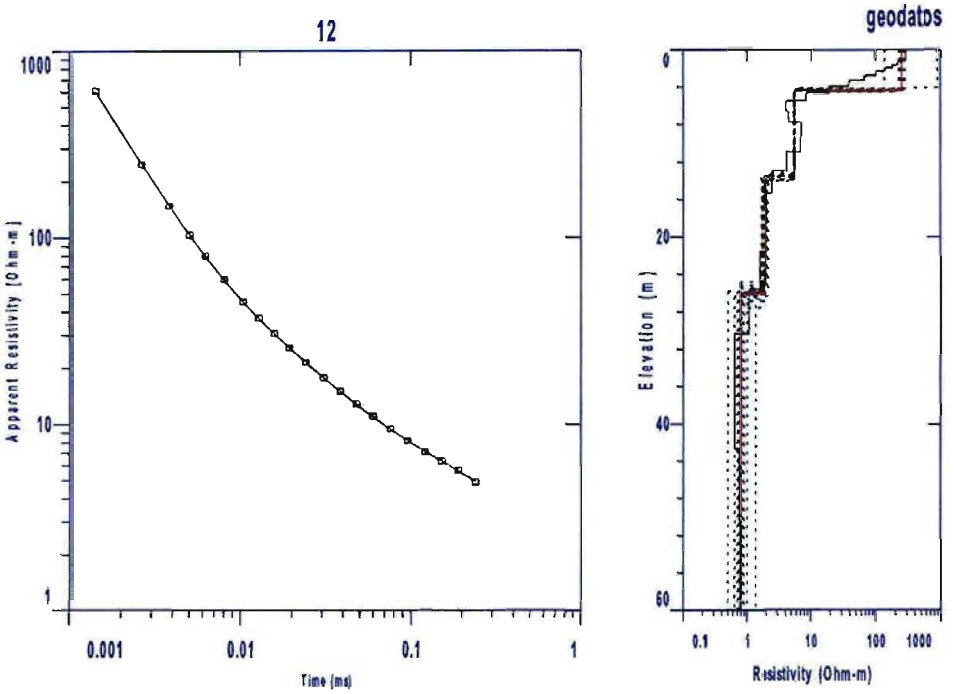

9
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

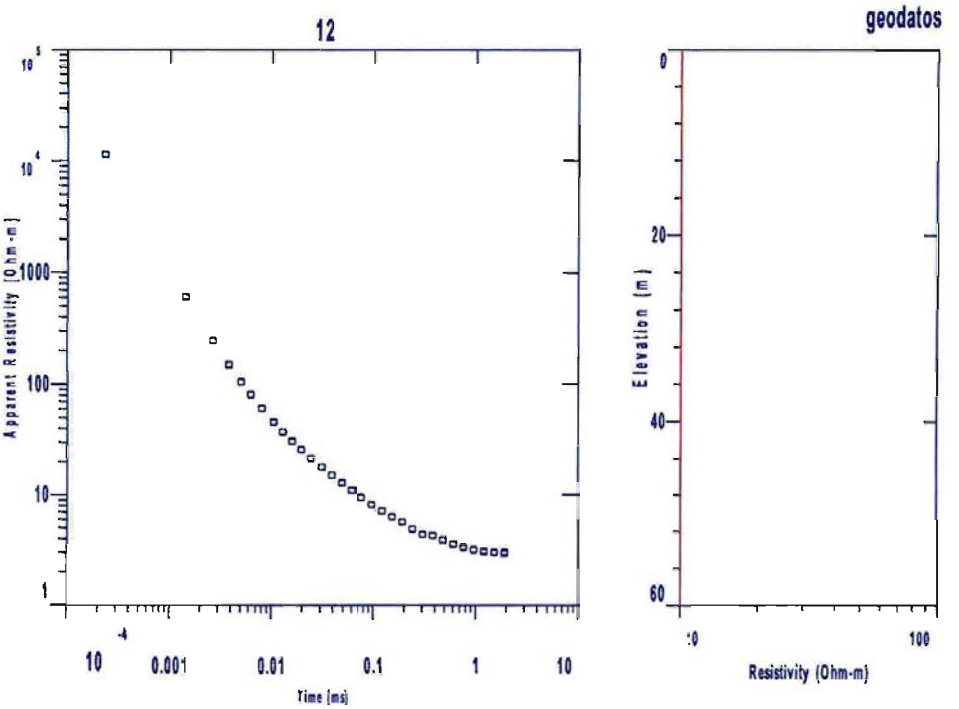

10
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

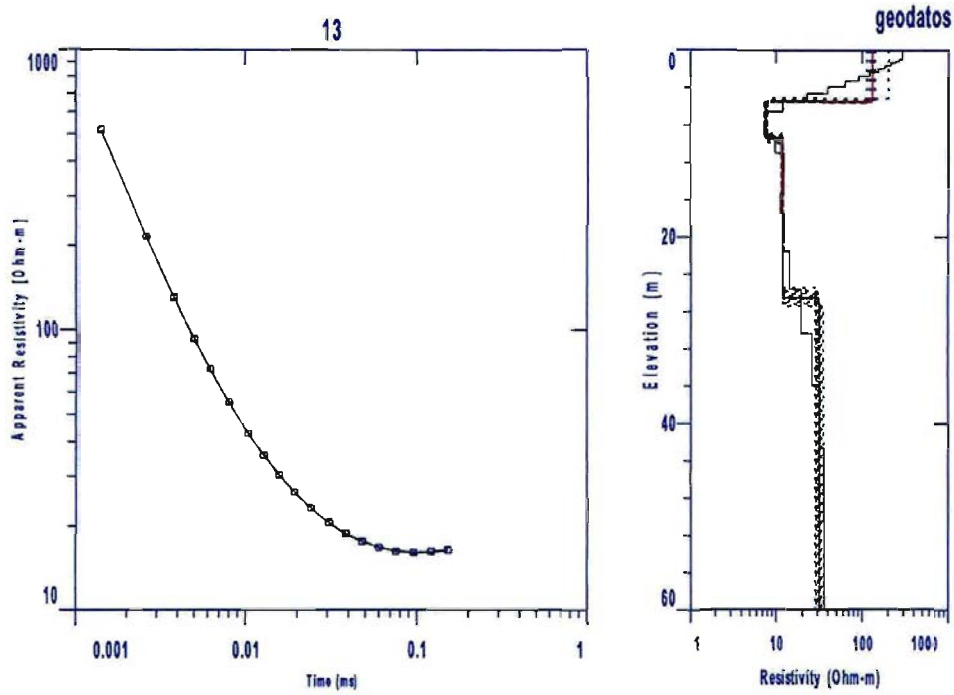

10
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

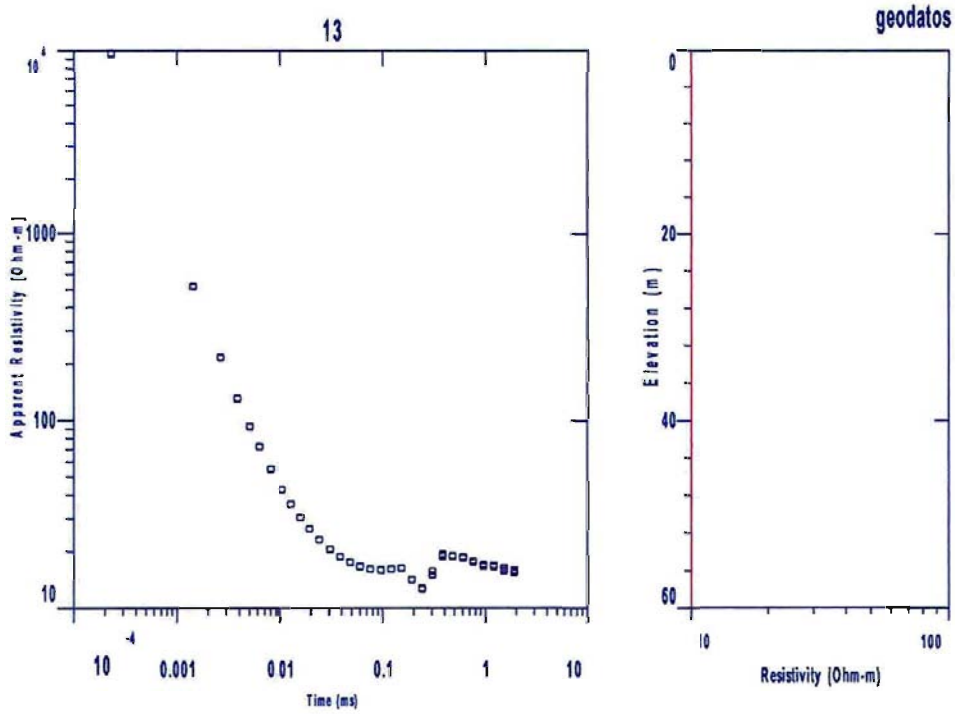

11
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

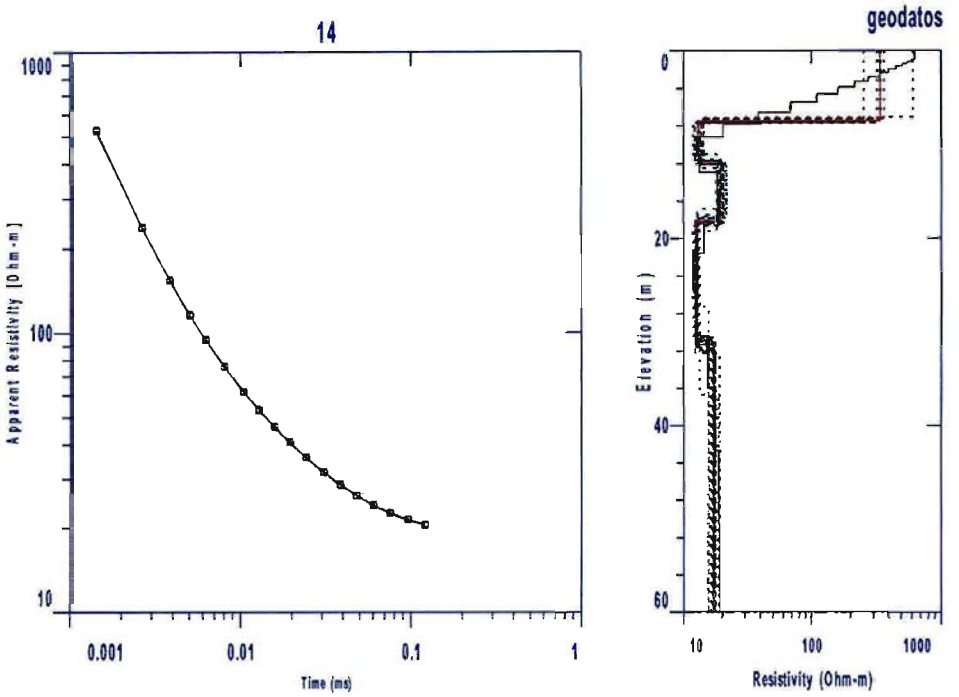

11
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

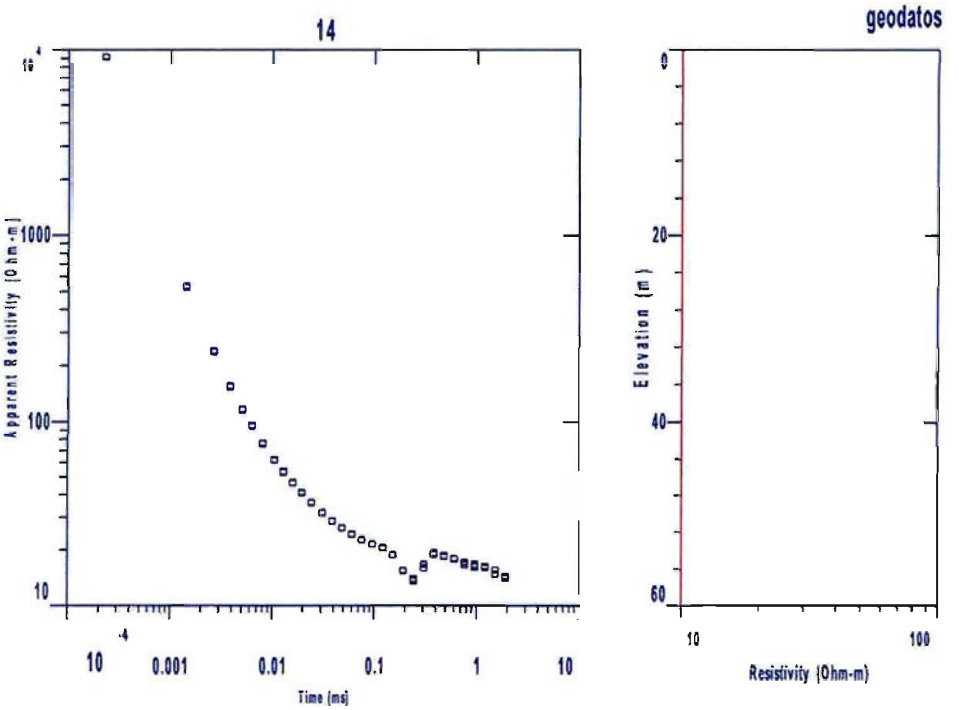

12
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

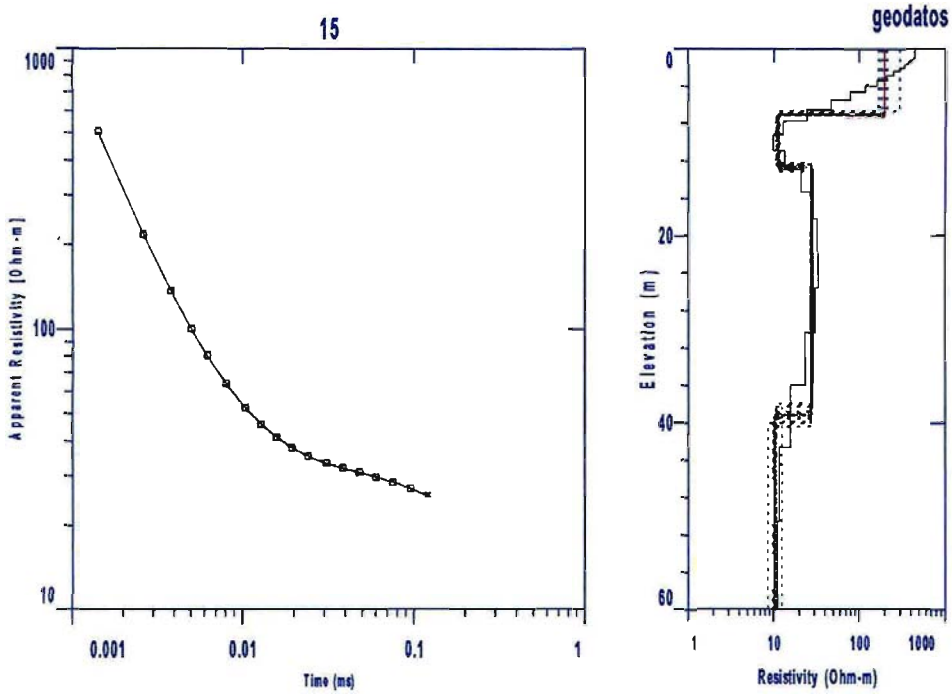

12
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

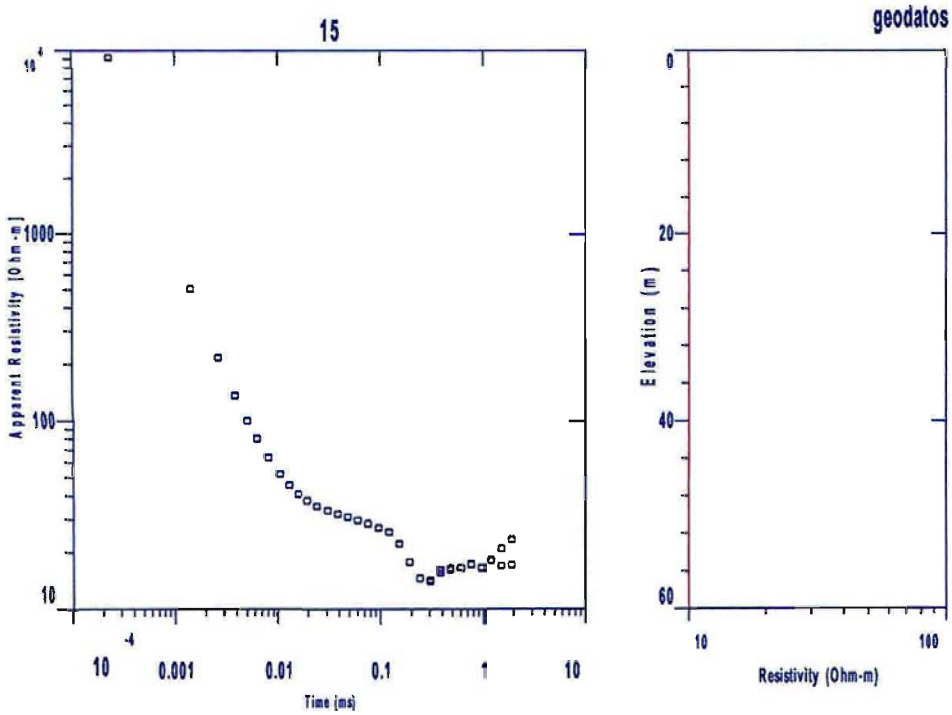

13
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

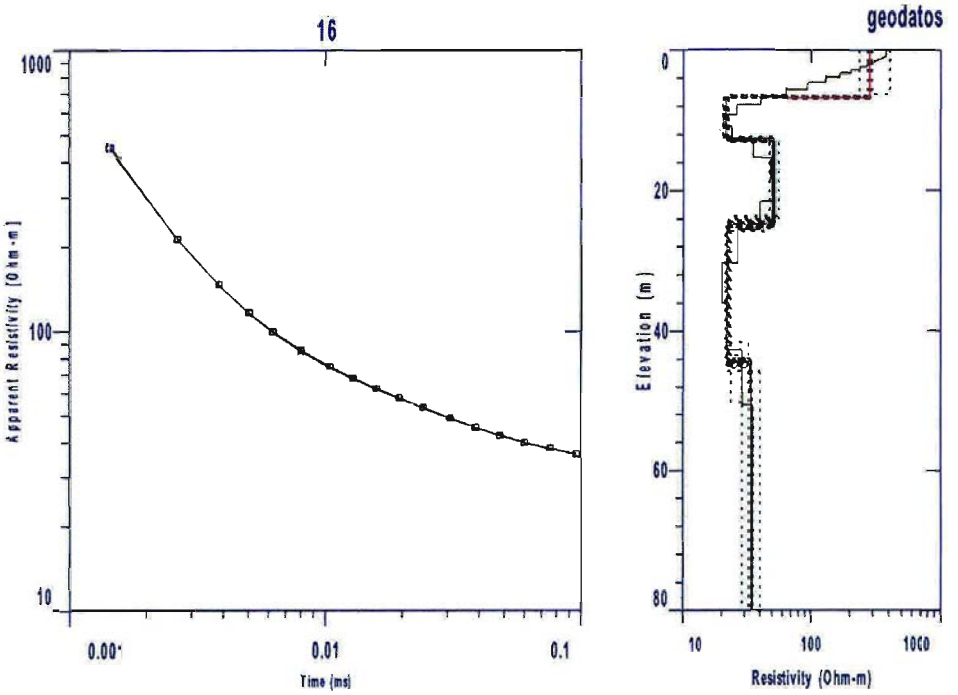

13
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

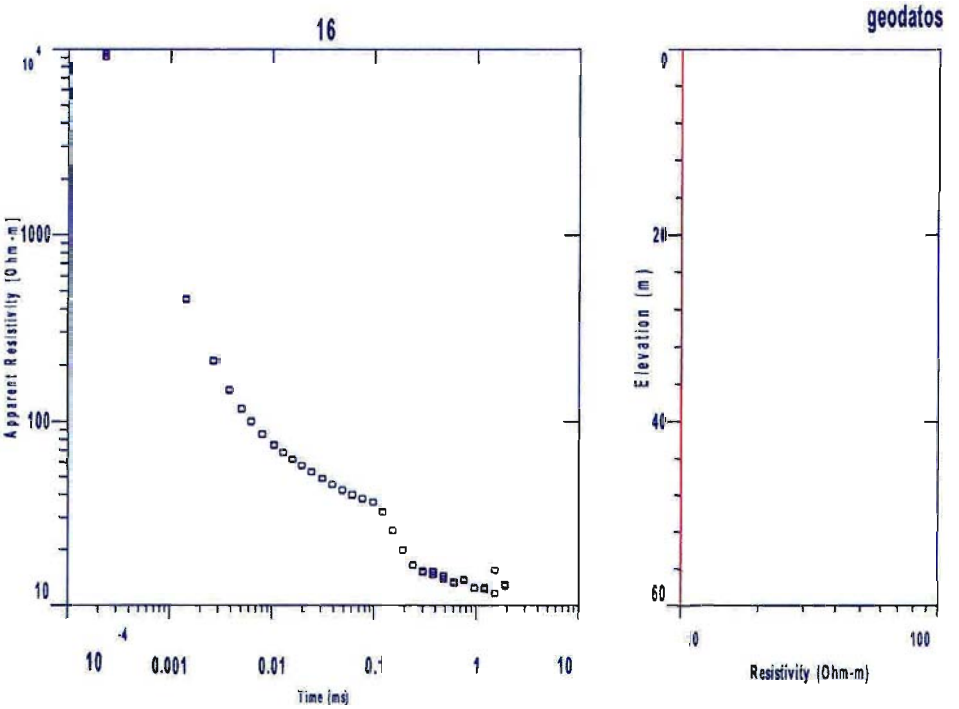

14
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

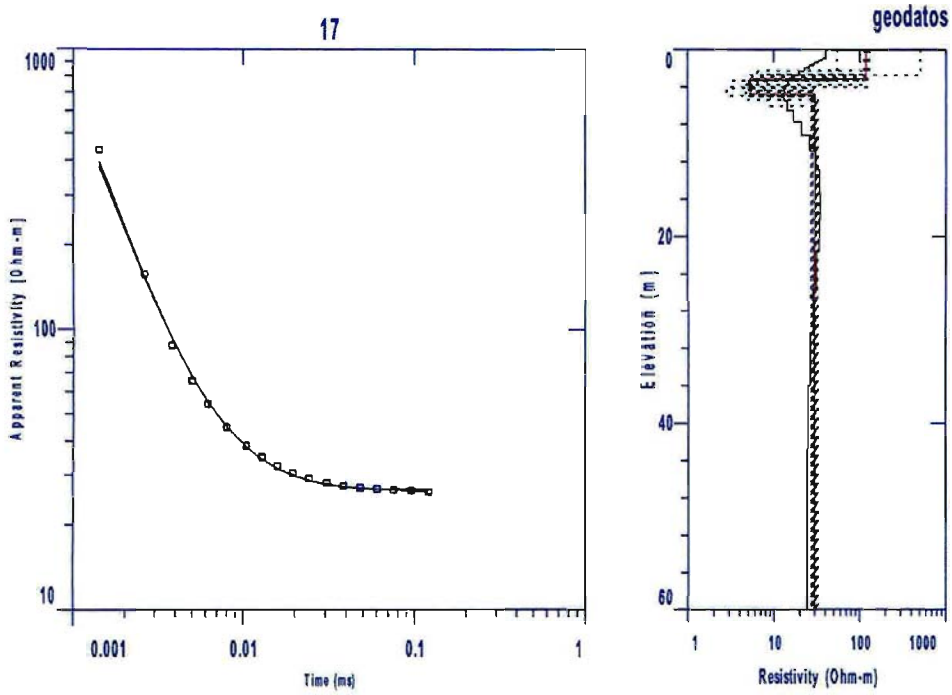

14
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

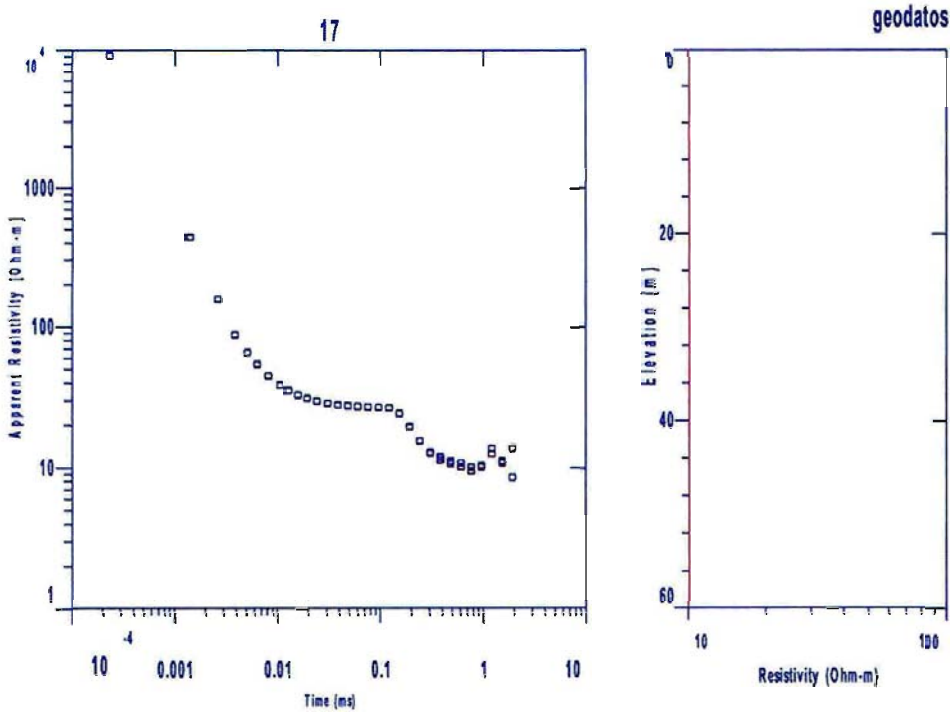

15
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

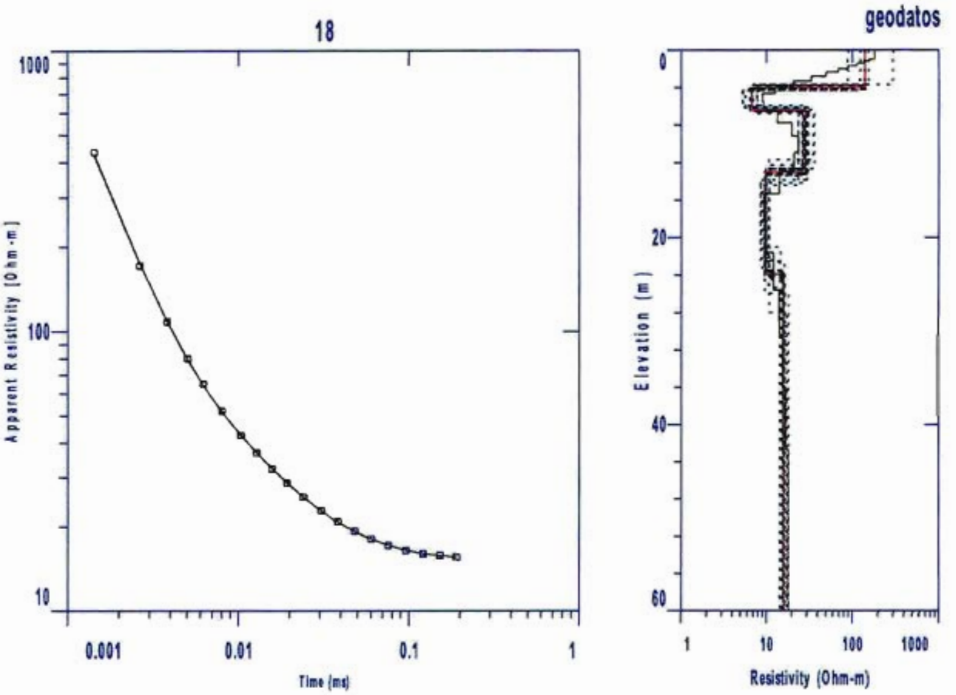

15
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

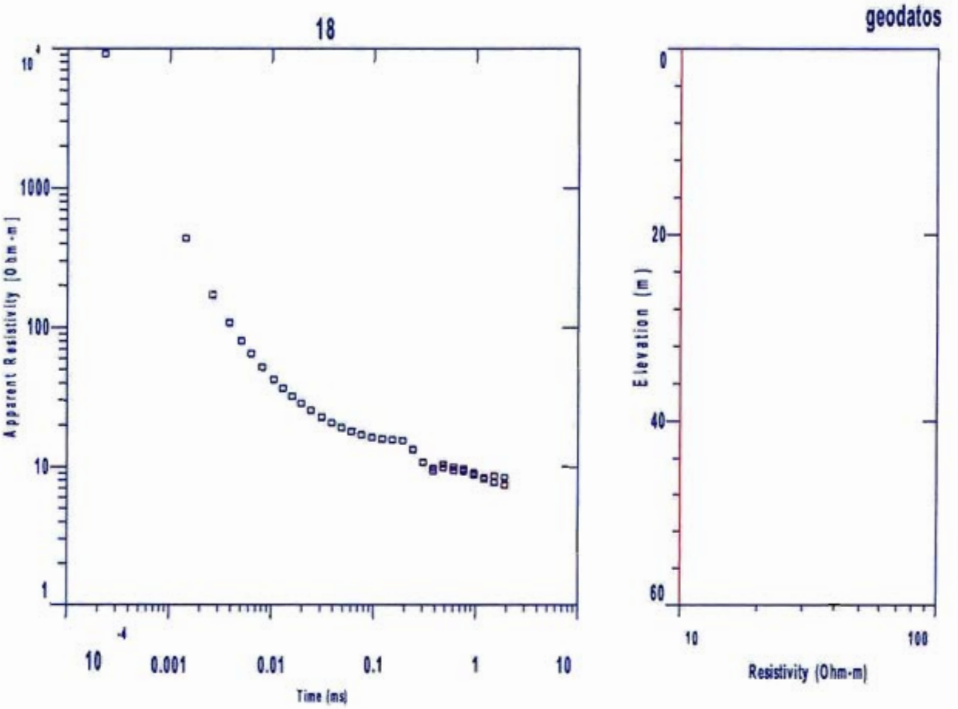

16
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity (Ohm-m)
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
80
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

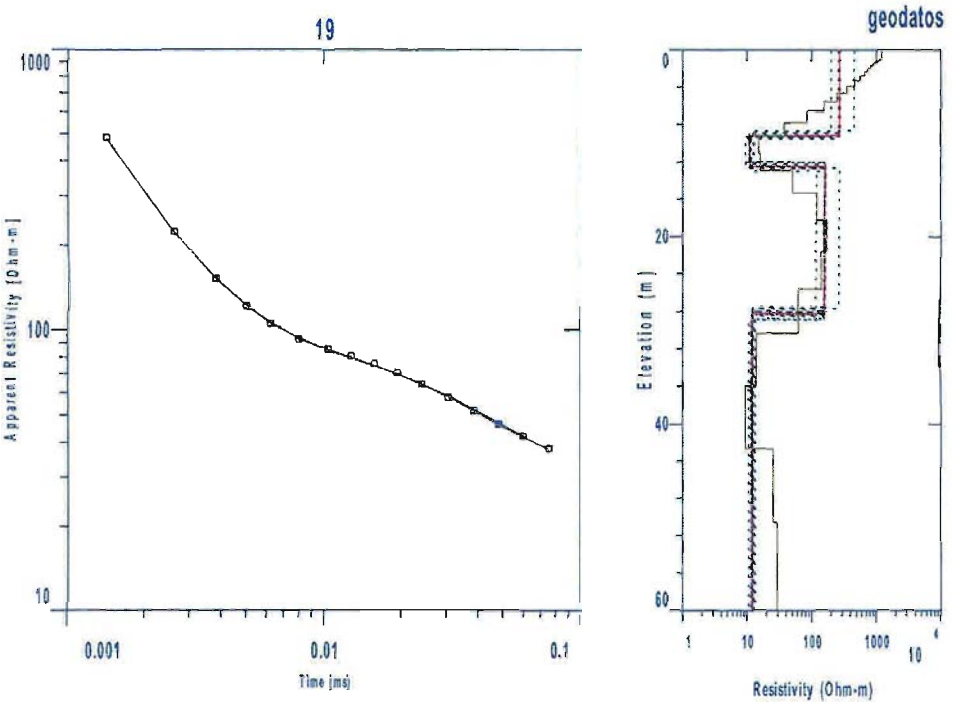

16
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity (Ohm-m)
0.001
0.01
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
100
Resistivity (Ohm-m)

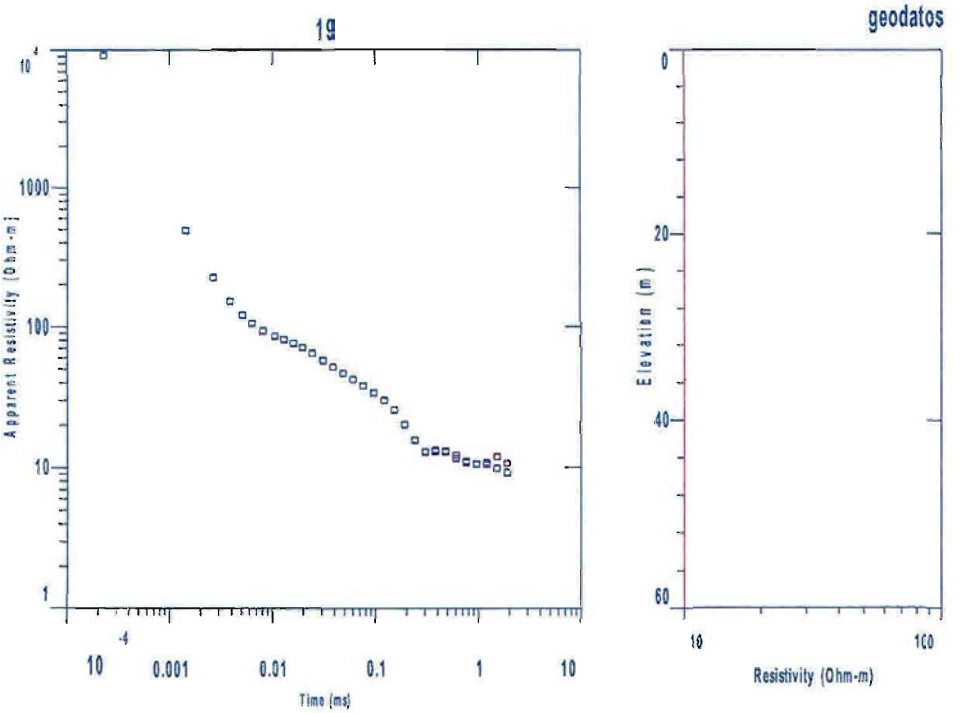

17
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

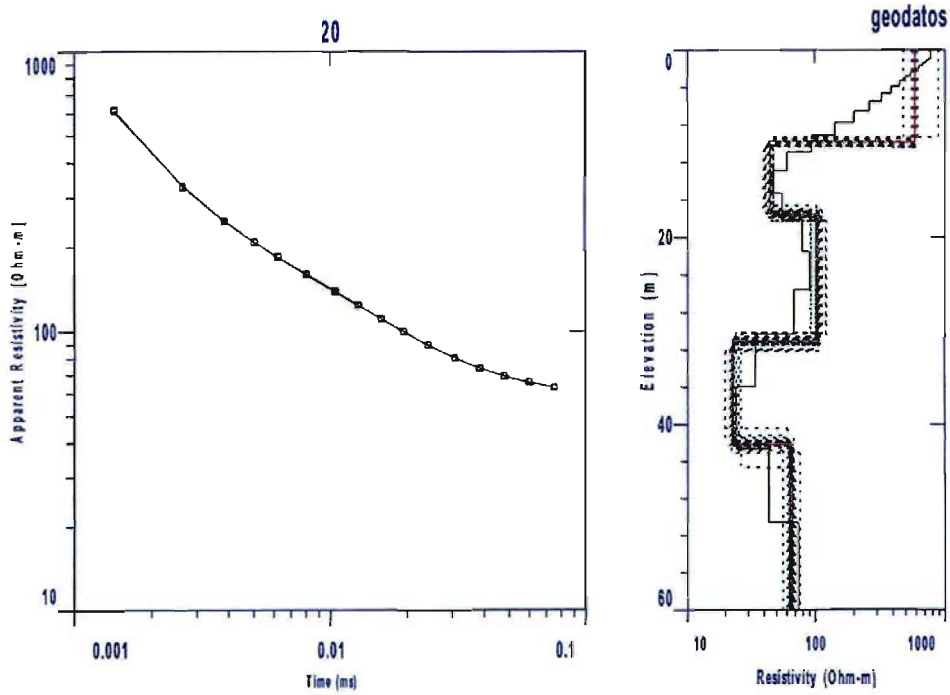

17
geodatos
10^4
1000
100
10
1
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10^-4
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

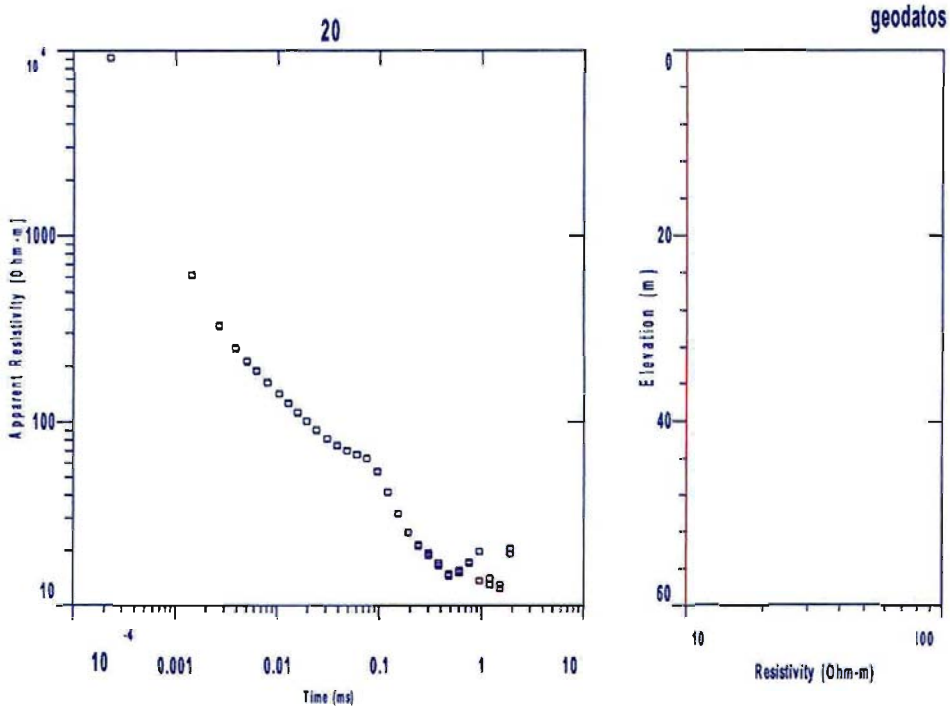

18
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

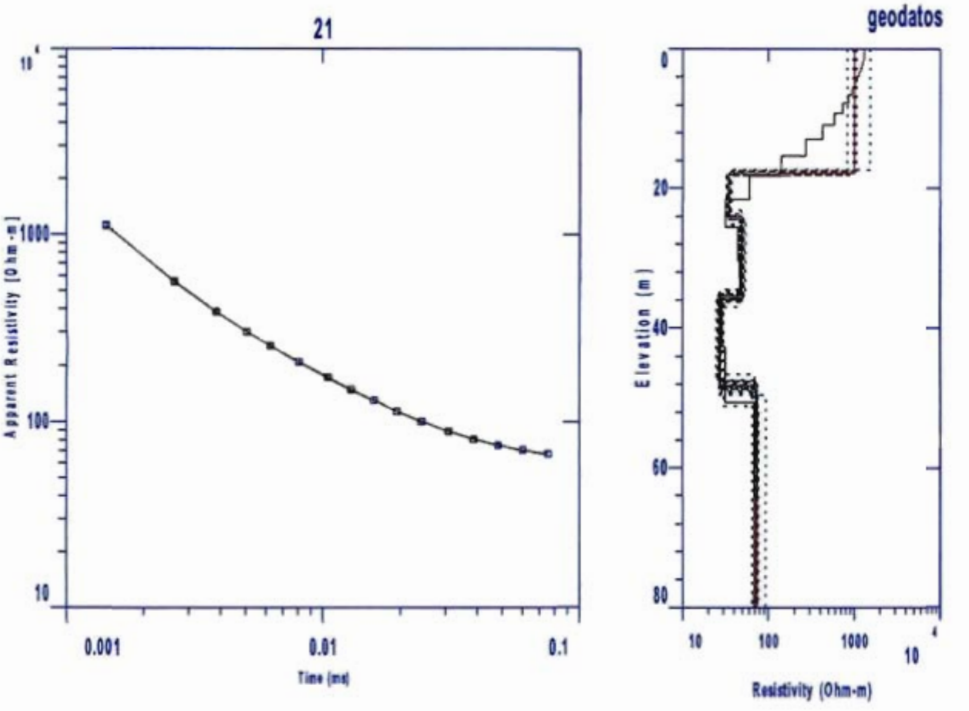

18
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

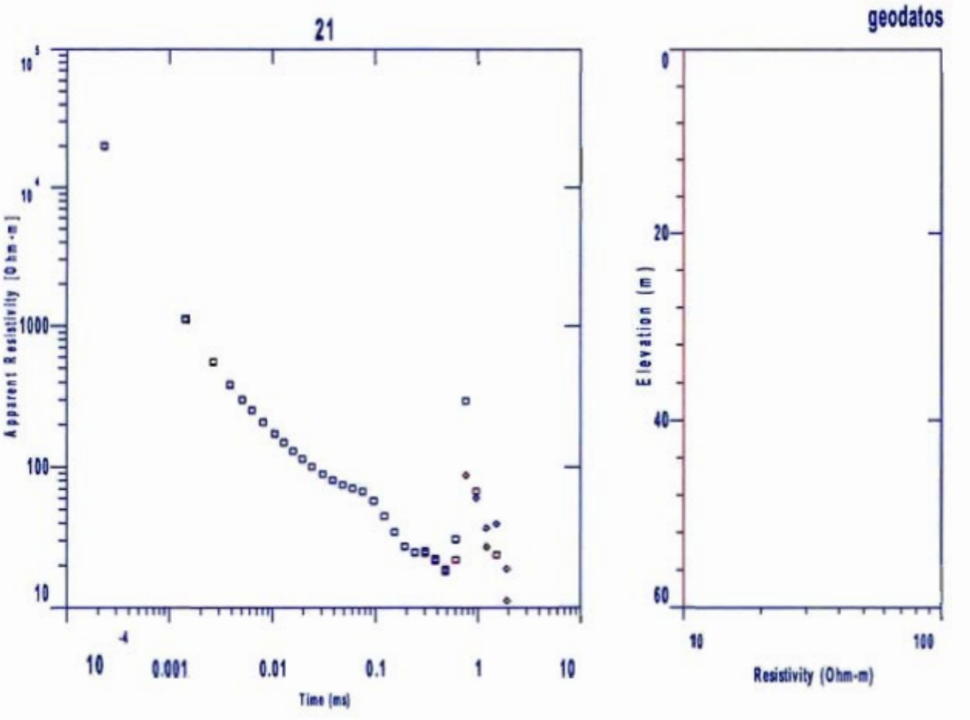

19
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
1
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

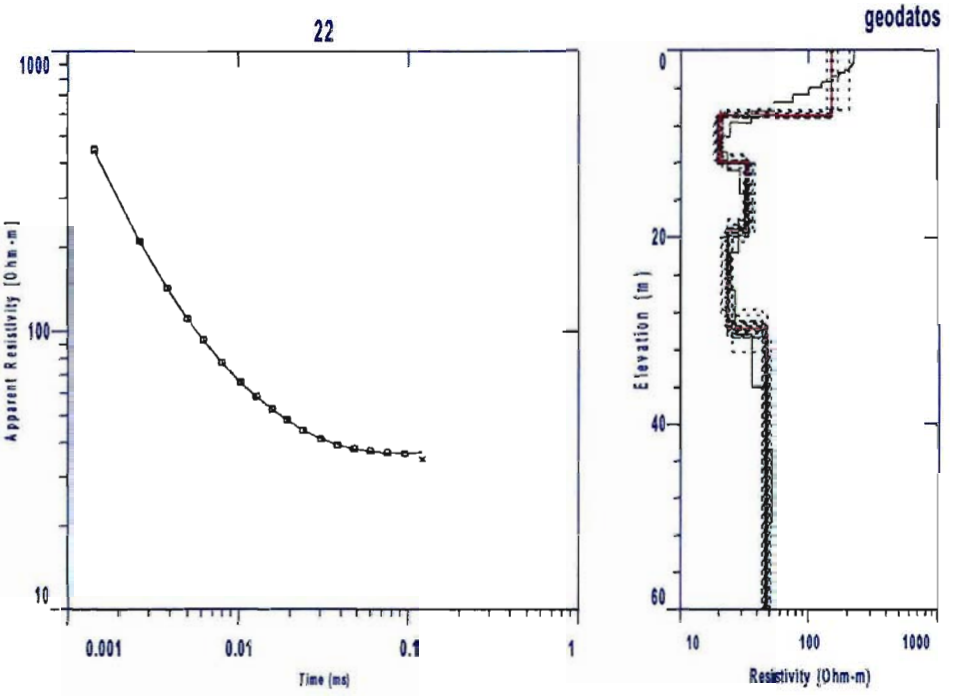

19
geodatos
1000
100
10
1
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

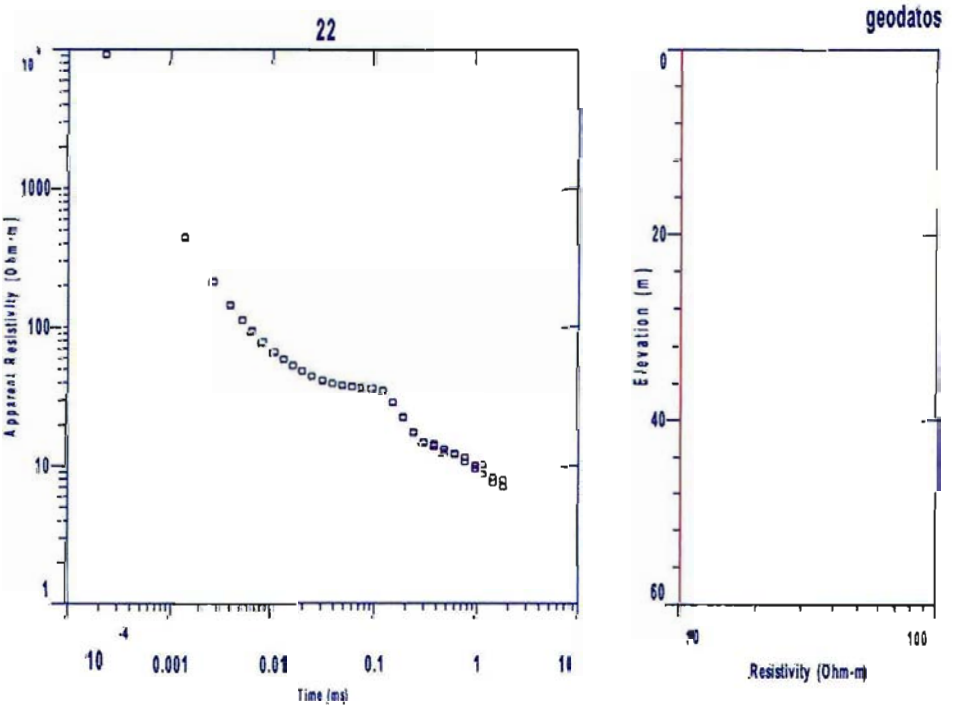

20
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

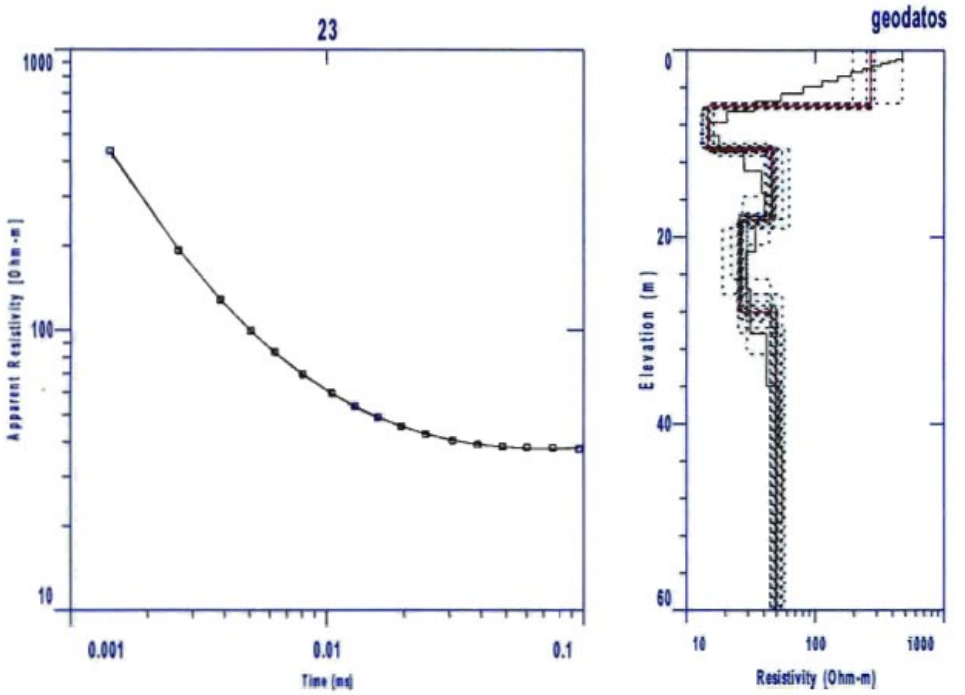

20
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

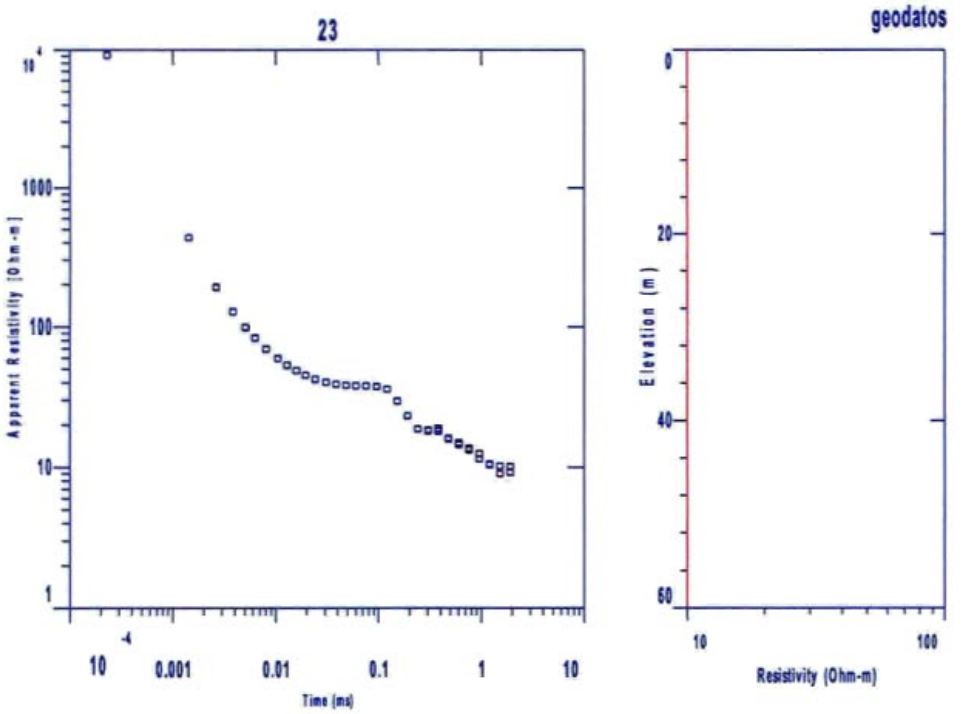

21
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

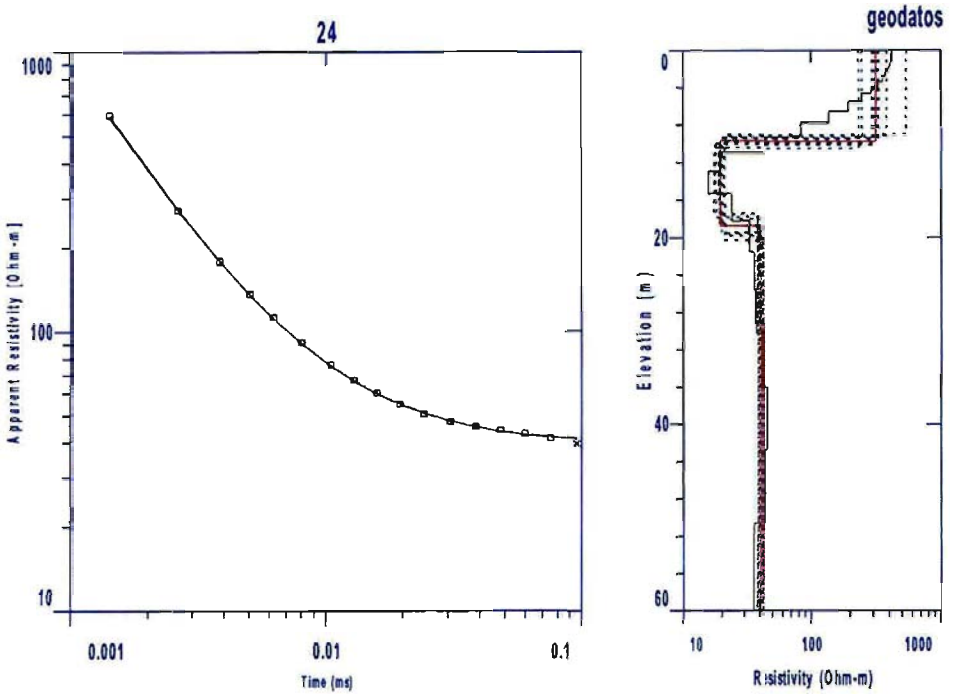

21
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

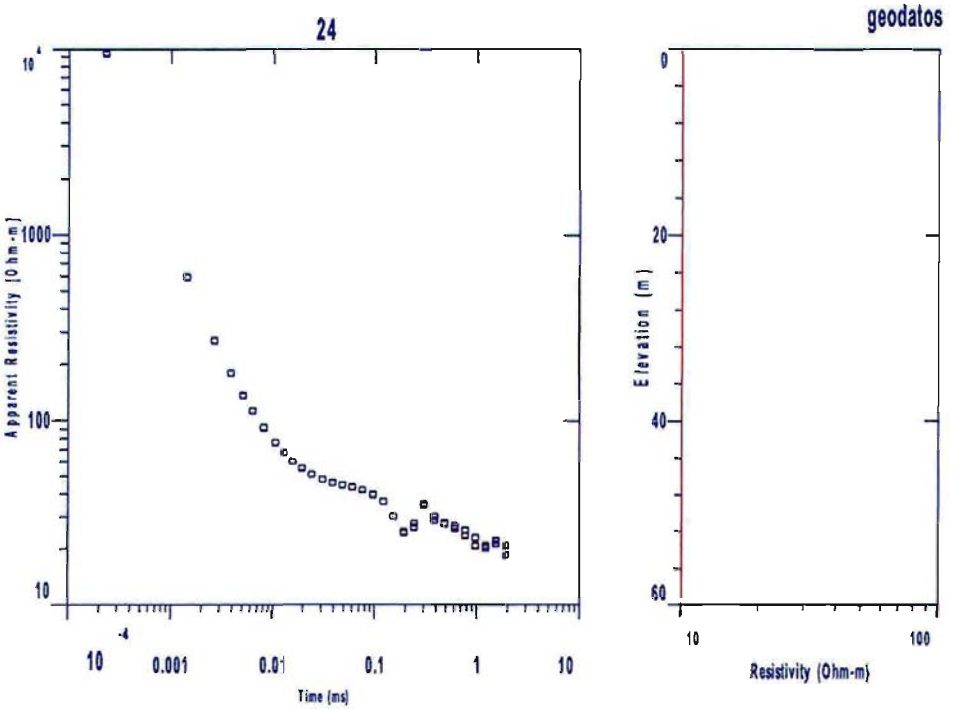

22
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

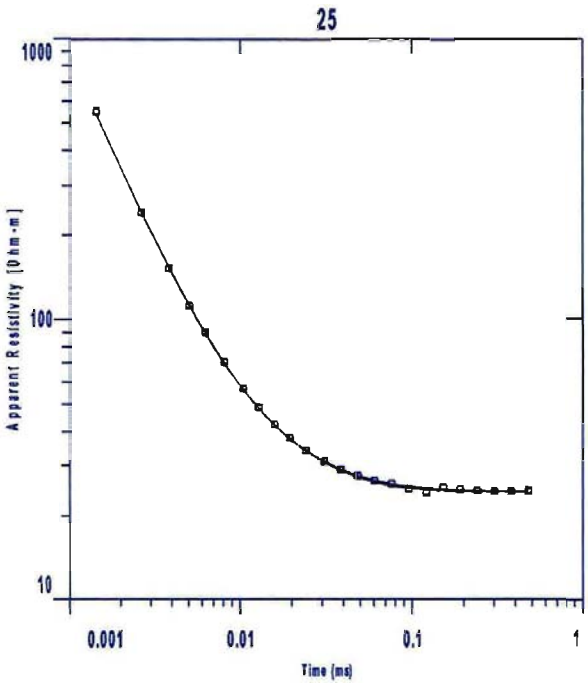

22
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
1
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
100
Resistivity (Ohm-m)

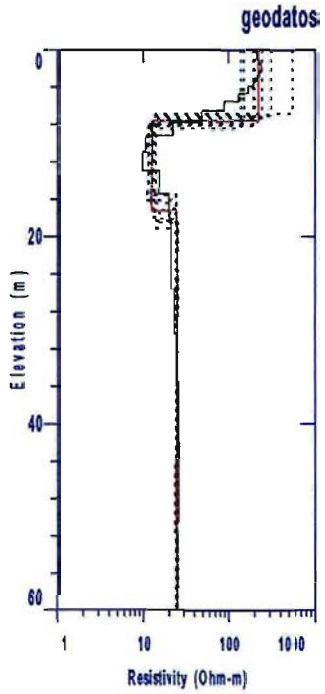

23
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

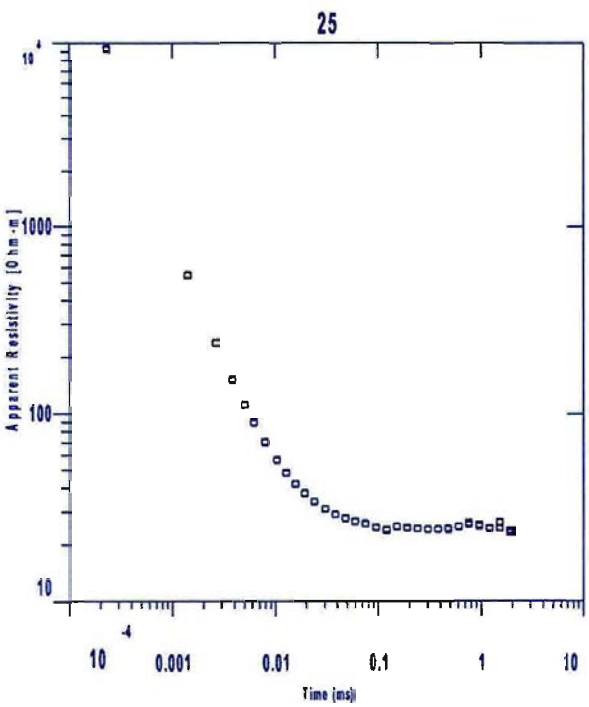

23
geodatos
10^4
1000
100
10
1
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10^-4
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

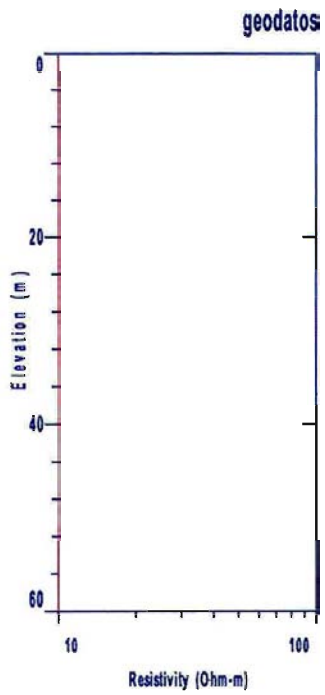

24
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity (Ohm-m)
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

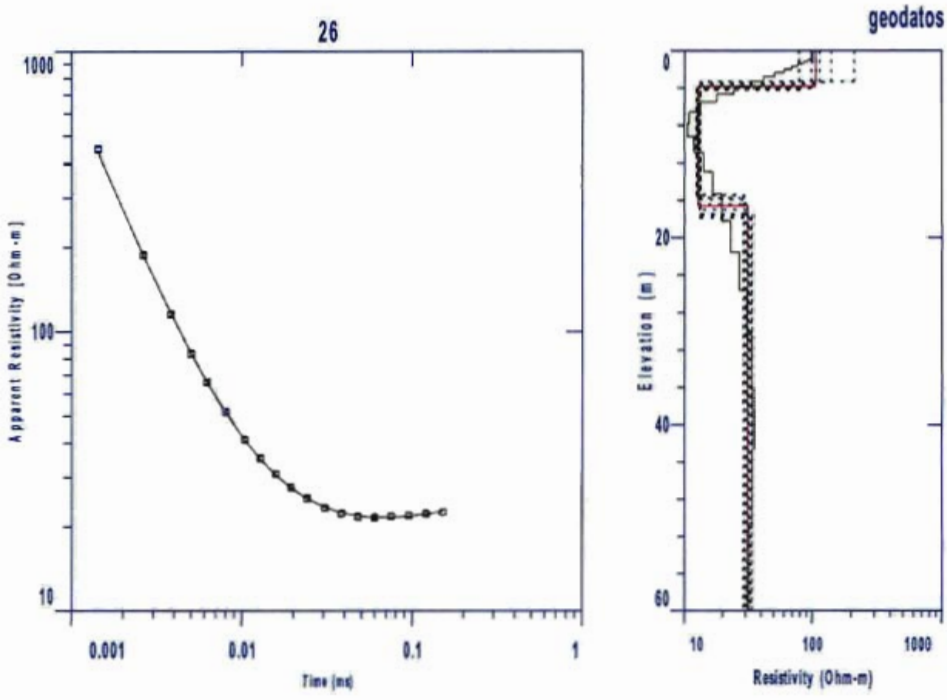

24
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

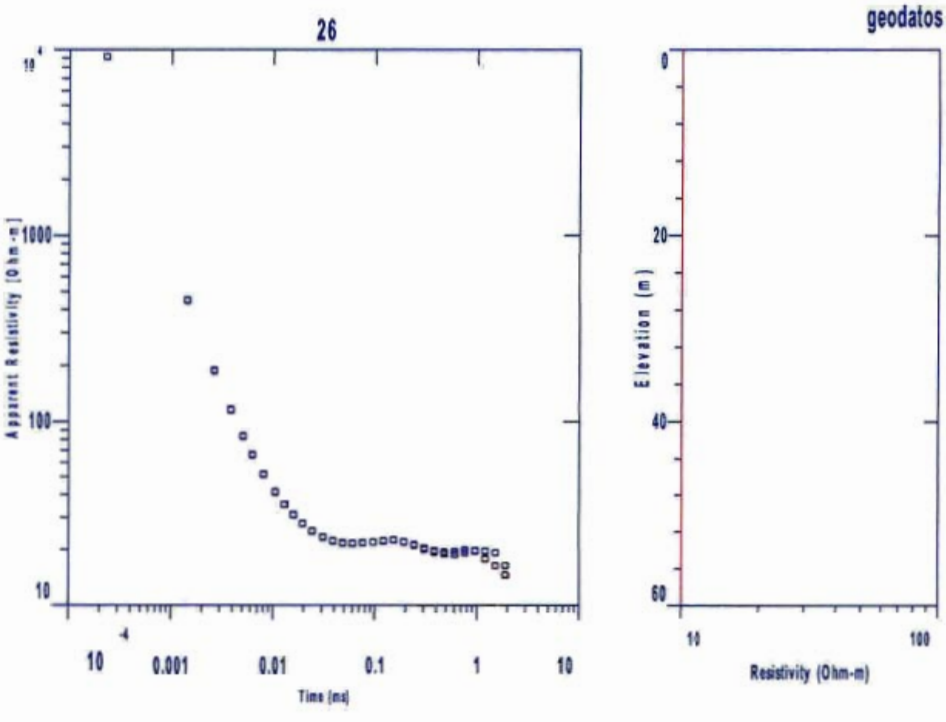

25
1000
100
10
Apparent Resistivity (Ohm-m)
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)

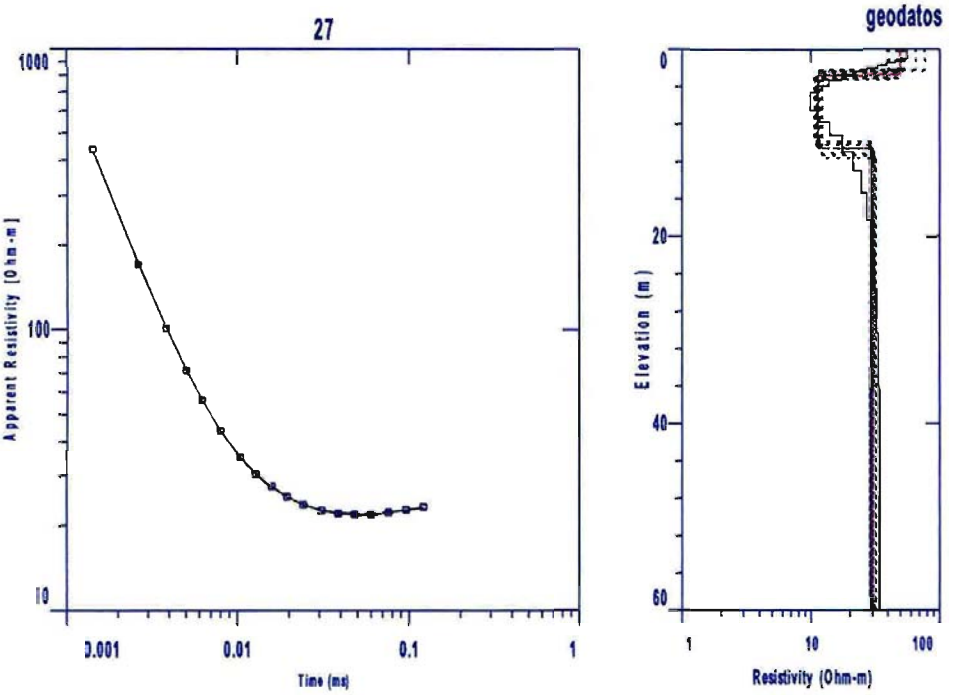

geodatos
0
20
40
60
Elevation (m)
1
10
100
1010
Resistivity (Ohm-m)

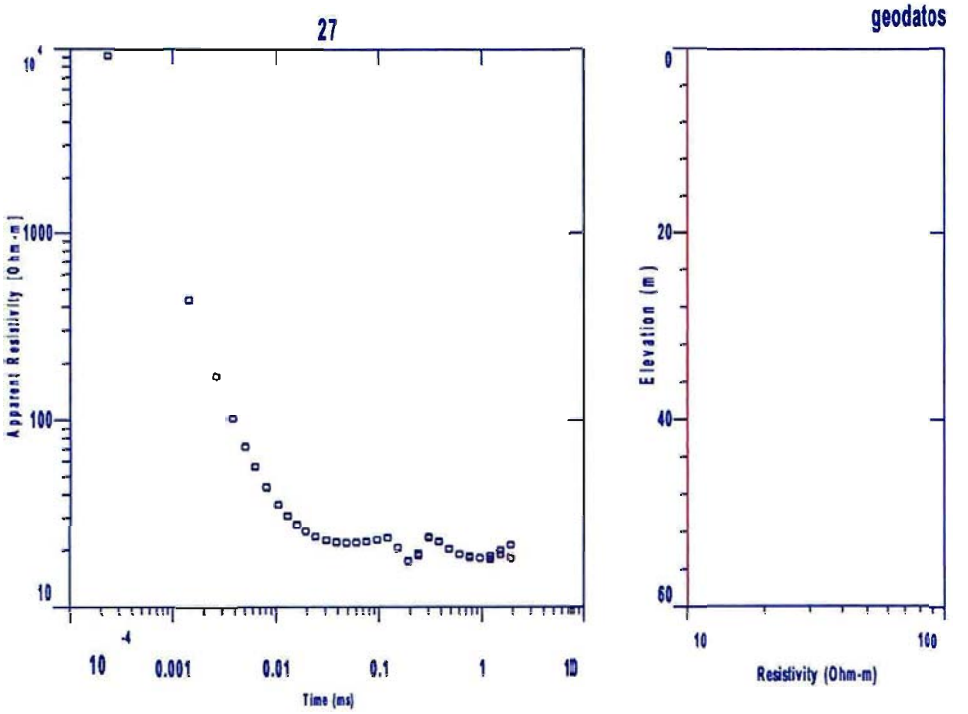

25
10^4
1000
100
10
Apparent Resistivity (Ohm-m)
10^-4
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)

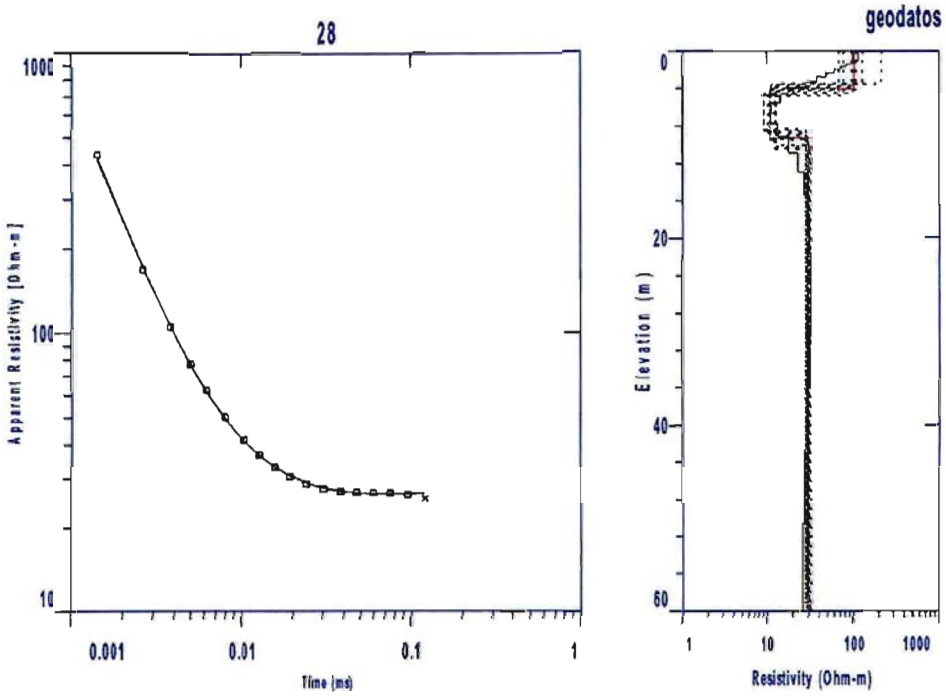

geodatos
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
Resistivity (Ohm-m)

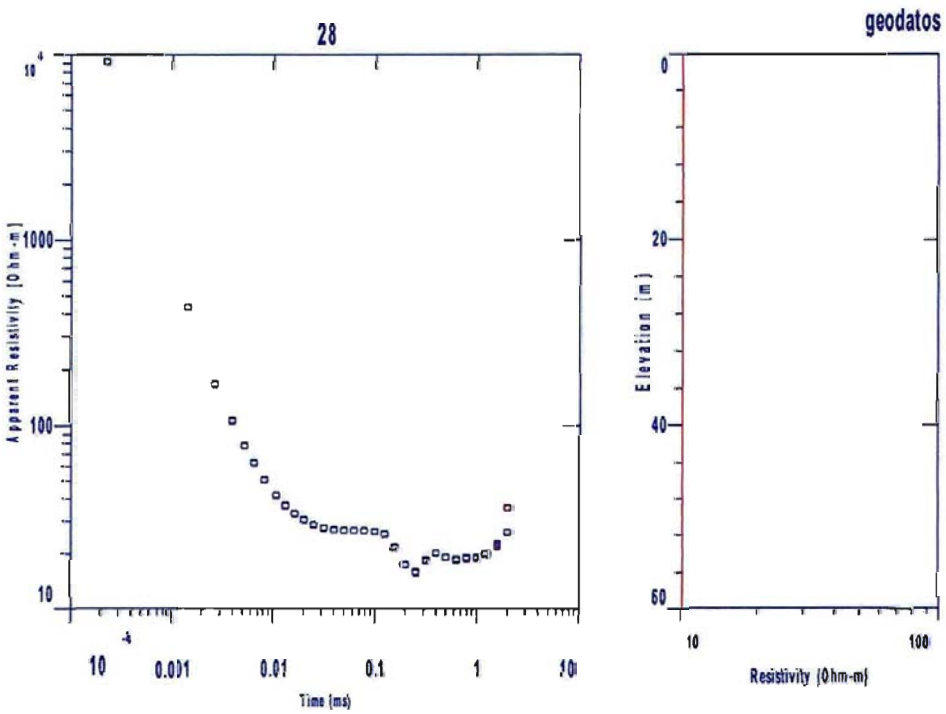

26
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)

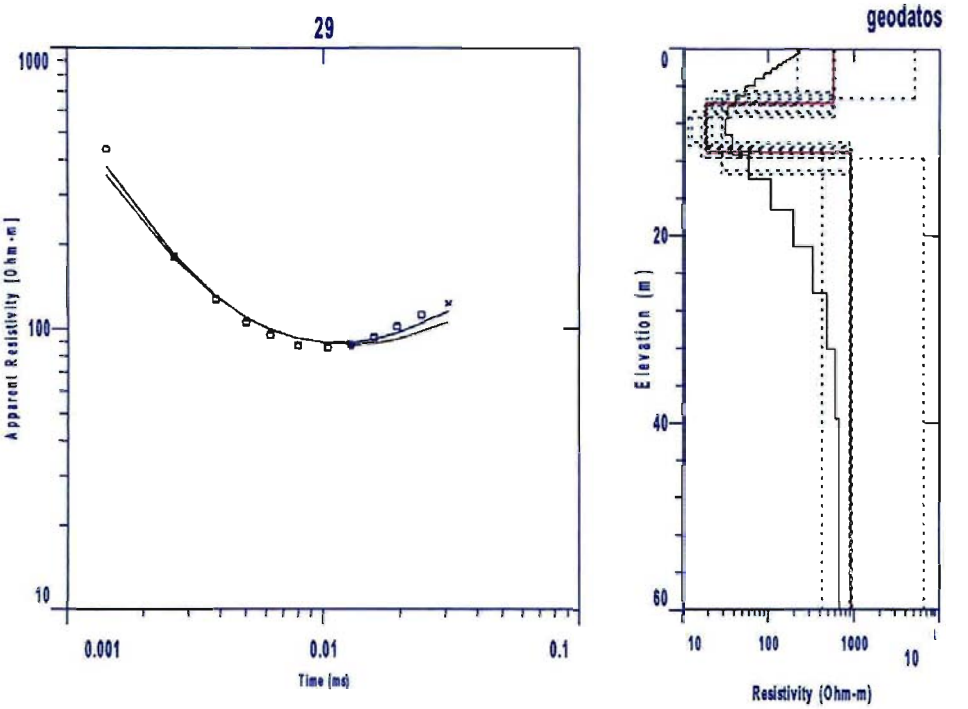

26
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
10
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

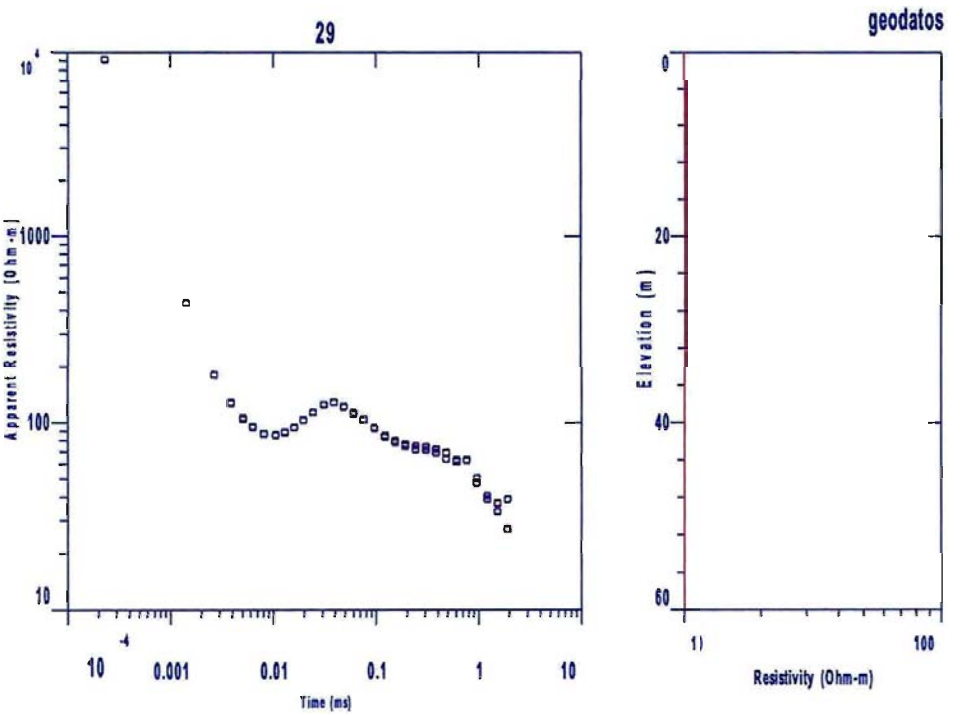

27
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
1000
100
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
1
10
100
Resistivity (Ohm-m)

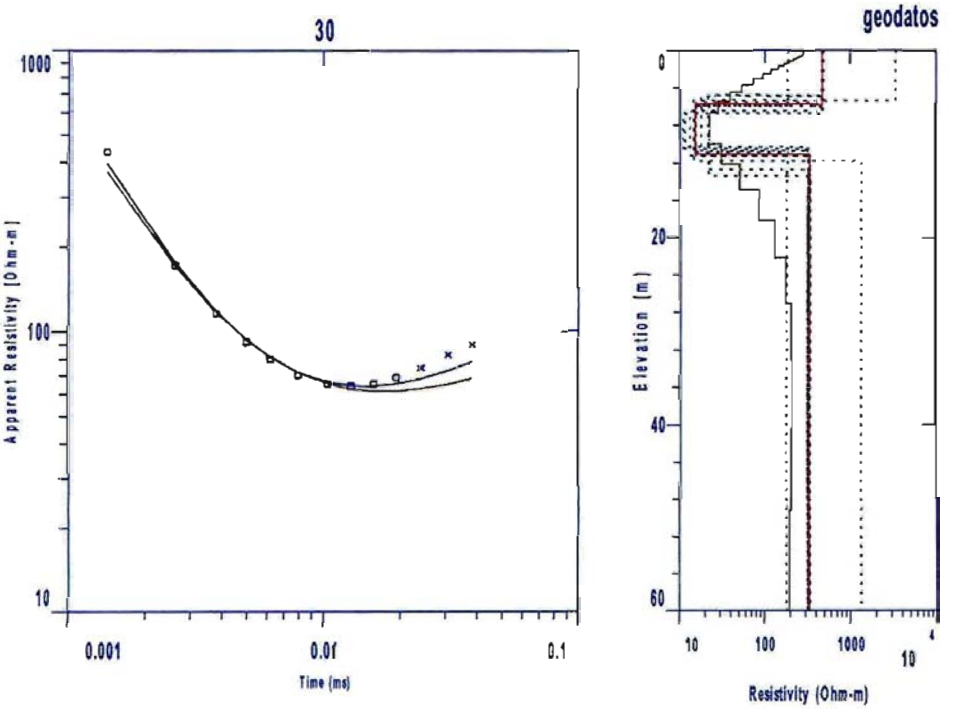

27
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
10
0.001
0.01
0.1
1
Time (ms)
Elevation (m)
0
20
40
60
10
100
Resistivity (Ohm-m)

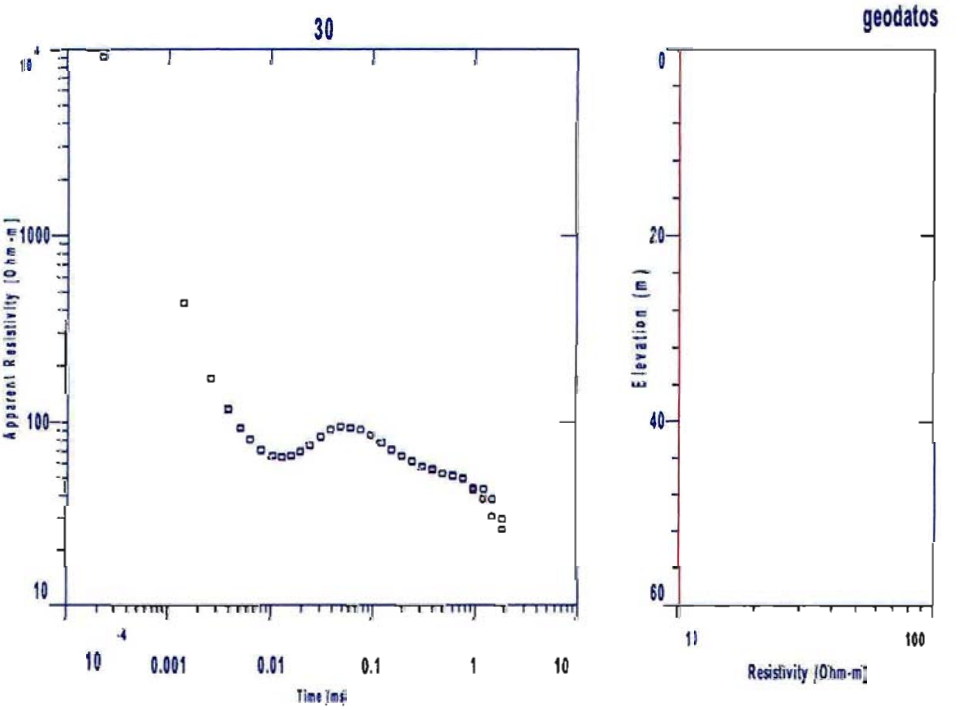

28
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

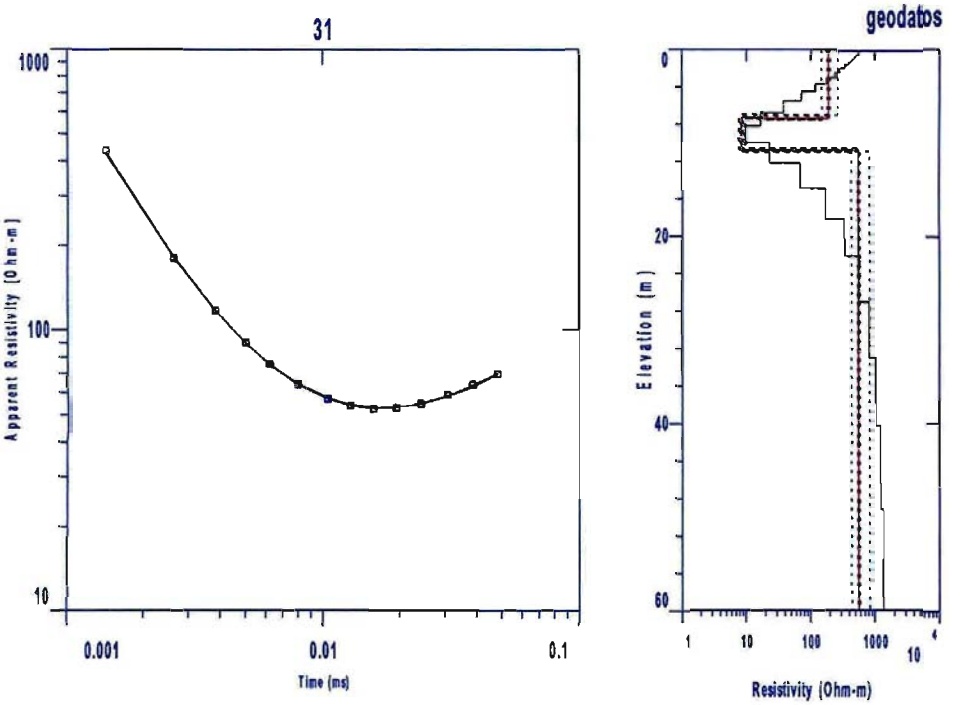

28
geodatos
Apparent Resistivity [Ohm-m]
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

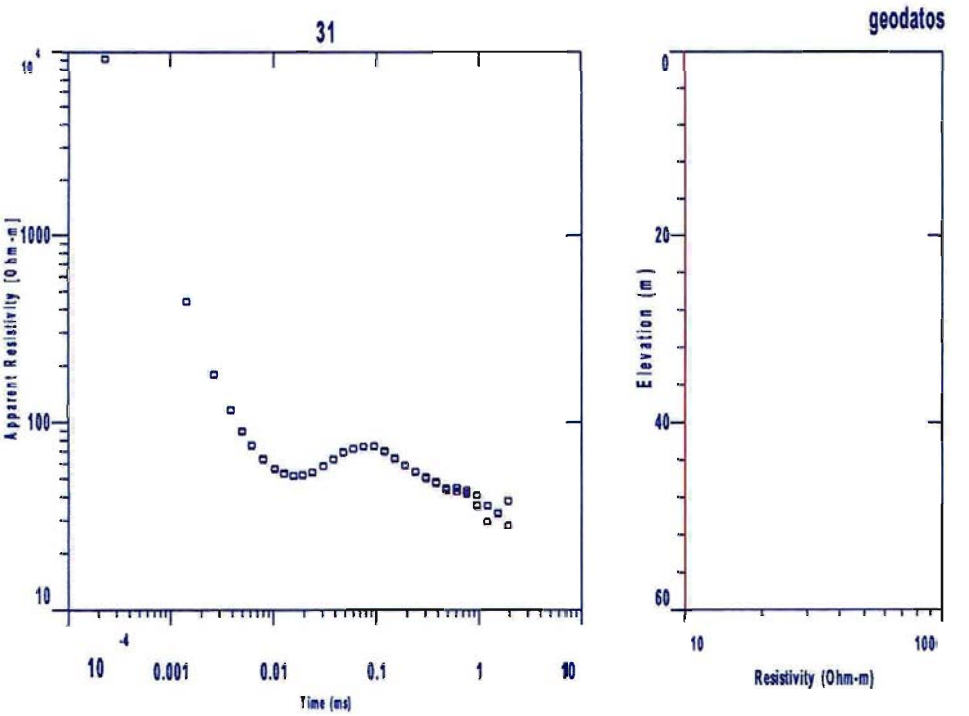

29
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
10
Resistivity (Ohm-m)


29
geodatos
10^4
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
10^-4
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
1
100
Resistivity (Ohm-m)


30
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
10
100
1000
Resistivity (Ohm-m)


30
geodatos
1000
100
10
Apparent Resistivity [Ohm-m]
0.001
0.01
0.1
1
10
Time (ms)
0
20
40
60
Elevation (m)
100
Resistivity [Ohm-m]


31
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)


31
geodatos
Apparent Resistivity (Ohm-m)
Time (ms)
Elevation (m)
Resistivity (Ohm-m)

CHILE/CASA MATRIZ
Roman Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal: 6640942, Santiago

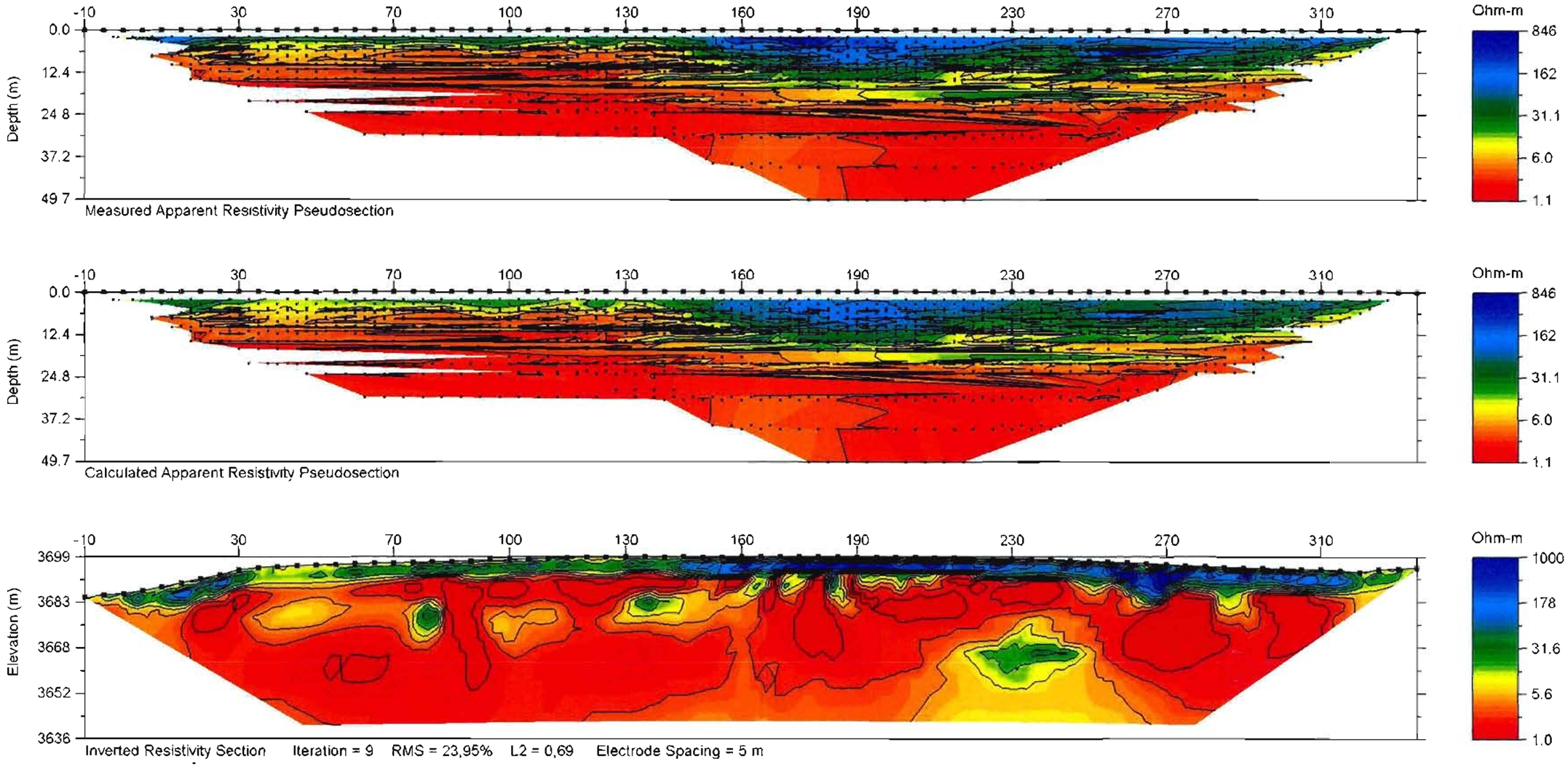
GEODATOS
Geofísica de Avanzada

ANEXO B

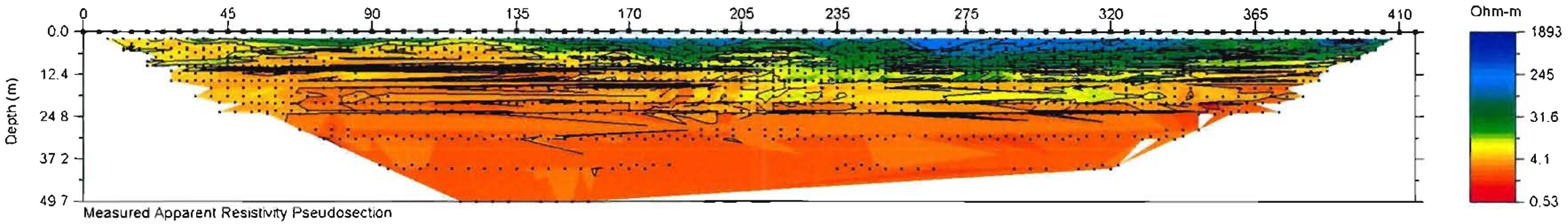
INVERSIONES DE RESISTIVIDAD TOMOGRAFÍA

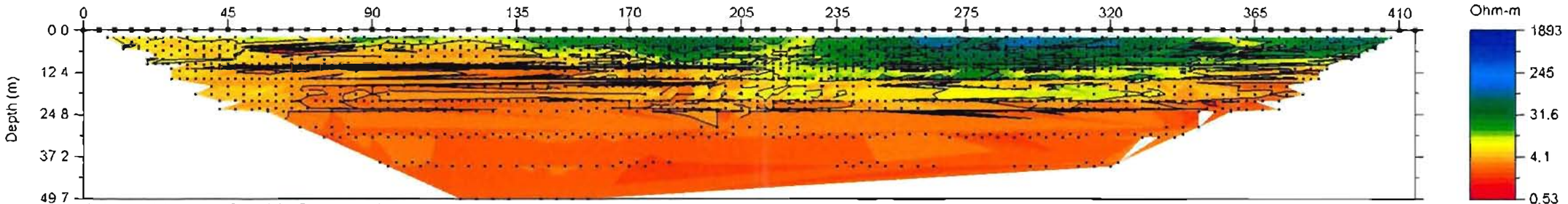
Programa EarthImager 2D, versión 2.4.0, AGI

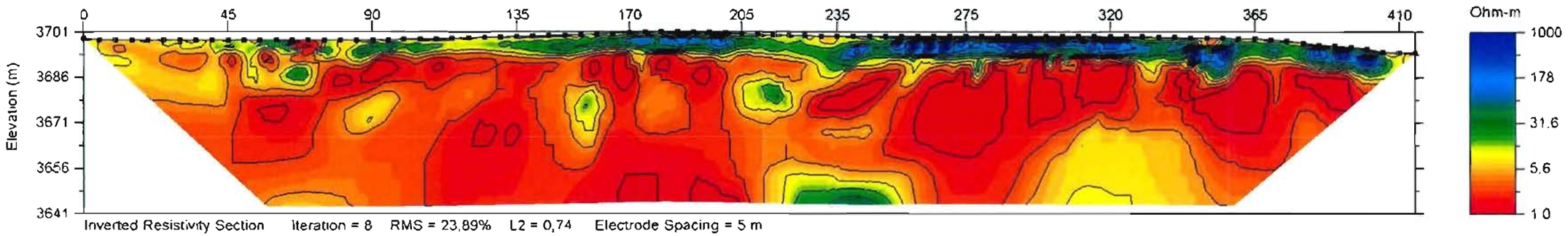
Inversión L1 Resistividad Tomografía



Inversión L2 Resistividad Tomografía







CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel.: (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal 7500809, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

ANEXO C: COORDENADAS PERFILES TOMOGRAFIA ELECTRICA

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 773, Providencia
Tel. (56-2) 2640 7200, Fax (56-2) 2235 5512
Cod. Postal 7500809, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estaca [ID]	Cota [msnm]	Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estaca [ID]	Cota [msnm]
Perfil R1				Perfil R2			
473201.98	7892849.54	-10	3684.88	473262.41	7892514.68	0	3698.52
473206.71	7892848.14	-5	3685.68	473266.22	7892517.83	5	3697.95
473211.62	7892845.81	0	3686.16	473269.88	7892520.92	10	3697.85
473215.71	7892843.50	5	3687.11	473273.57	7892524.17	15	3697.82
473219.69	7892841.13	10	3688.39	473277.61	7892527.48	20	3697.84
473224.71	7892839.40	15	3689.86	473281.27	7892530.69	25	3697.85
473229.00	7892837.02	20	3691.25	473285.12	7892533.64	30	3697.84
473233.42	7892834.59	25	3692.60	473288.78	7892536.92	35	3697.80
473237.60	7892832.45	30	3694.38	473292.70	7892539.93	40	3697.78
473242.20	7892830.64	35	3695.10	473296.71	7892542.93	45	3697.80
473247.01	7892828.39	40	3695.49	473300.40	7892546.26	50	3697.79
473251.12	7892826.44	45	3695.71	473304.15	7892549.42	55	3697.84
473255.65	7892824.05	50	3695.95	473307.51	7892552.54	60	3697.81
473260.11	7892821.99	55	3696.18	473311.55	7892555.66	65	3697.78
473265.69	7892821.77	60	3696.50	473315.66	7892558.97	70	3697.89
473270.53	7892821.20	65	3696.74	473319.27	7892562.18	75	3697.90
473275.33	7892821.27	70	3696.80	473323.10	7892565.06	80	3697.93
473280.57	7892820.73	75	3696.99	473326.91	7892568.39	85	3697.88
473285.67	7892820.59	80	3697.16	473330.69	7892571.60	90	3697.90
473290.72	7892820.02	85	3697.30	473334.31	7892574.76	95	3697.89
473296.10	7892819.94	90	3697.55	473338.02	7892578.04	100	3698.02
473301.20	7892819.77	95	3697.80	473341.86	7892581.22	105	3698.08
473306.09	7892819.40	100	3698.07	473345.69	7892584.27	110	3698.17
473311.18	7892819.25	105	3698.20	473349.51	7892587.58	115	3698.32
473316.23	7892818.98	110	3698.41	473353.24	7892591.02	120	3698.49
473321.47	7892818.79	115	3698.59	473356.77	7892594.59	125	3698.66
473326.48	7892818.84	120	3698.74	473360.63	7892598.21	130	3698.77
473331.34	7892818.18	125	3698.76	473364.15	7892601.64	135	3698.88
473336.45	7892818.27	130	3698.88	473367.85	7892605.18	140	3699.06
473341.51	7892817.96	135	3698.88	473371.52	7892608.65	145	3699.24
473346.57	7892817.67	140	3698.85	473375.20	7892612.24	150	3699.42
473351.68	7892817.56	145	3698.88	473379.03	7892616.05	155	3699.57
473356.85	7892817.20	150	3698.83	473382.91	7892619.73	160	3699.80
473361.69	7892816.98	155	3698.85	473386.55	7892623.19	165	3700.02
473366.85	7892816.69	160	3698.90	473390.00	7892626.88	170	3700.23
473371.32	7892817.12	165	3698.90	473393.93	7892630.46	175	3700.42
473376.54	7892817.51	170	3698.90	473397.76	7892633.39	180	3700.54
473381.53	7892817.90	175	3698.89	473401.34	7892637.05	185	3700.51
473386.47	7892818.04	180	3698.95	473405.19	7892640.63	190	3700.42
473391.32	7892818.37	185	3698.91	473408.83	7892644.28	195	3700.29
473396.46	7892818.75	190	3698.79	473412.73	7892647.86	200	3700.14
473401.45	7892819.05	195	3698.73	473416.38	7892651.16	205	3699.90

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

CHILE/CASA MATRIZ
Román Díaz 173, Providencia
Tel. (56-2) 2840 7200, Fax: (56-2) 2235 5512
Cod. Postal 7500809, Santiago

GEODATOS
Geofísica de Avanzada

Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estaca [ID]	Cota [msnm]	Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Estaca [ID]	Cota [msnm]
473406.24	7892819.30	200	3698.70	473419.73	7892655.13	210	3699.72
473411.12	7892819.75	205	3698.66	473423.63	7892658.49	215	3699.54
473416.07	7892820.07	210	3698.61	473427.54	7892661.95	220	3699.33
473420.87	7892820.31	215	3698.53	473431.17	7892665.60	225	3699.24
473425.95	7892820.67	220	3698.42	473434.55	7892669.18	230	3699.20
473430.91	7892820.97	225	3698.36	473437.26	7892673.40	235	3699.17
473435.95	7892821.53	230	3698.29	473439.84	7892677.28	240	3699.03
473440.75	7892821.62	235	3698.22	473442.63	7892681.12	245	3699.05
473445.51	7892822.26	240	3698.13	473445.40	7892685.00	250	3699.07
473450.79	7892822.24	245	3697.63	473448.18	7892688.78	255	3699.09
473455.67	7892822.52	250	3697.49	473450.71	7892692.69	260	3699.12
473460.58	7892822.99	255	3697.21	473453.63	7892696.45	265	3699.12
473465.67	7892823.45	260	3696.96	473456.19	7892700.26	270	3699.18
473470.49	7892823.76	265	3696.64	473458.63	7892703.65	275	3699.13
473475.32	7892824.08	270	3696.33	473461.52	7892707.92	280	3699.15
473480.60	7892824.04	275	3695.88	473463.99	7892711.41	285	3699.11
473485.29	7892824.75	280	3695.67	473467.02	7892715.70	290	3699.10
473490.49	7892825.07	285	3695.33	473469.57	7892719.45	295	3699.16
473495.16	7892825.35	290	3695.13	473472.68	7892723.52	300	3699.11
473500.08	7892825.73	295	3694.98	473474.96	7892728.32	305	3699.02
473505.07	7892826.19	300	3694.85	473477.56	7892732.70	310	3699.07
473510.06	7892826.03	305	3694.66	473479.67	7892737.53	315	3699.05
473515.12	7892826.55	310	3694.56	473482.26	7892741.86	320	3698.98
473519.46	7892827.39	315	3694.21	473484.43	7892746.78	325	3698.96
473524.53	7892827.99	320	3693.52	473486.50	7892751.69	330	3698.84
473529.84	7892827.70	325	3694.55	473488.84	7892756.51	335	3698.79
473534.86	7892827.92	330	3694.90	473491.34	7892761.21	340	3698.64
473539.71	7892828.42	335	3694.97	473493.65	7892765.77	345	3698.54
				473495.99	7892770.33	350	3698.48
				473498.35	7892775.25	355	3698.42
				473500.95	7892780.01	360	3698.37
				473503.15	7892784.70	365	3698.28
				473505.54	7892789.41	370	3697.95
				473507.91	7892794.14	375	3697.65
				473510.59	7892798.60	380	3696.93
				473512.94	7892803.33	385	3696.29
				473515.18	7892807.71	390	3695.93
				473517.40	7892812.08	395	3695.55
				473519.64	7892816.39	400	3695.05
				473521.91	7892821.26	405	3693.92
				473523.91	7892825.51	410	3693.73
				473526.58	7892829.70	415	3693.75

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification

ANEXO C:
CURVAS HIPSOMÉTRICAS

Tabla C-1: Altitud media y área por bandas de altitud

Altitud msnm	Altitud media msnm	Área km²	Área Acumulada km²	%
2250-2500	2.410	2,0	2,0	1
2500-2750	2.632	11,4	13,5	4
2750-3000	2.884	16,7	30,2	8
3000-3250	3.146	27,8	58,0	16
3250-3500	3.368	30,7	88,7	24
3500-3750	3.650	22,1	110,8	30
3750-4000	3.950	76,4	187,1	50
4000-4250	4.161	100,8	287,9	78
4250-4500	4.408	53,5	341,5	92
4500-4750	4.623	25,3	366,8	99
4750-5000	4.857	4,5	371,3	100
5000-5250	5.043	0,0	371,3	100
Cuenca	**3.907**	**371,3**		

Figura C-1: Curva hipsométrica de la cuenca

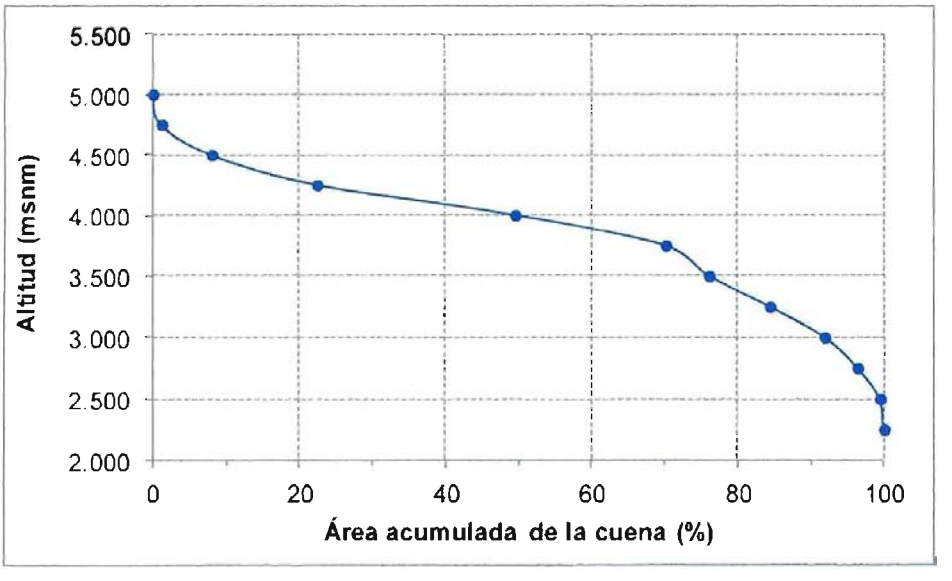
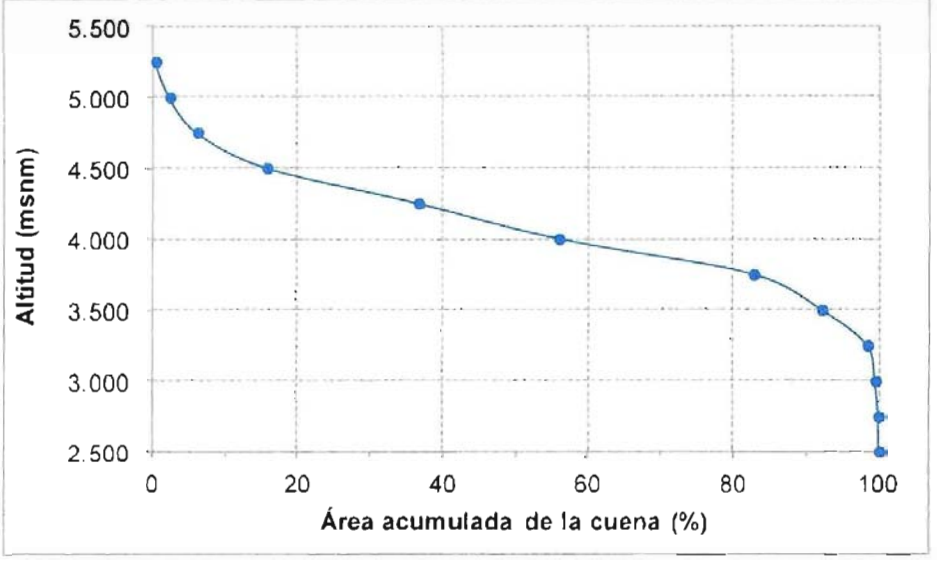


Tabla C-2: Altitud media y área por bandas de altitud

Altitud msnm	Altitud media msnm	Área km²	Área Acumulada km²	%
2500-2750	2.690	0,4	0,4	0
2750-3000	2.875	2,2	2,6	1
3000-3250	3.150	5,5	8,1	2
3250-3500	3.364	31,3	39,3	8
3500-3750	3.683	47,1	86,4	17
3750-4000	3.881	135,1	221,6	44
4000-4250	4.149	97,2	318,8	63
4250-4500	4.383	105,1	423,9	84
4500-4750	4.618	48,2	472,0	94
4750-5000	4.856	19,2	491,2	98
5000-5250	5.106	9,9	501,1	100
5250-5500	5.291	2,2	503,3	100
Cuenca	**4.111**	**503,3**		

Figura C-2: Curva hipsométrica de la cuenca



ANEXO D:
DATOS HIDROQUÍMICOS E ISOTÓPICOS

Comisión Chilena de Energía Nuclear
Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES NUCLEARES

GEOHIDROLOGIA CONSULTORES

Datos Isotópicos de Deuterio y Oxigeno -18 en agua

(Solicitante -Marcelo Solari)

09/04/2014

Cód.Lab	Fecha	Identificación	Fecha Análisis	$\delta\ ^{\circ}/_{oo}\ ^{2}H$	$\delta^{\circ}/_{oo}\ ^{18}O$
SGH-1		RC-6	07/04/2014	-76.2	-10.88
SGH-2		RC-9	07/04/2014	-77.5	-10.44
SGH-3		LAG-1	07/04/2014	-73.1	-6.47

Nota:Resultados expresados en $\delta\ ^{\circ}/_{oo}$ (delta por mil) referido a SMOW

Incerteza(μ) Oxígeno-18 es de +/- 0,08 $\delta\ ^{\circ}/_{oo}$ y en Deuterio es de +/- 1 $\delta\ ^{\circ}/_{oo}$

Evelyn Aguirre D.
Jefe de Laboratorio de Isótopos Ambientales

Comisión Chilena de Energía Nuclear
Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES NUCLEARES

GEOHIDROLOGIA CONSULTORES

Datos Isotópicos de Deuterio y Oxígeno -18 en agua

(Solicitante -Marcelo Solari)

11/06/2014

Cód.Lab	Fecha	Identificación	Fecha Análisis	$\delta\ ^{o}/_{oo}\ ^{2}H$	$\delta^{o}/_{oo}\ ^{18}O$
SGH-16		AF2-1	05/06/2014	-75.3	-10.92
SGH-17		AF2-2	05/06/2014	-77.4	-10.72
SGH-18		AF2-8R	05/06/2014	-71.5	-6.92

Nota:Resultados expresados en $\delta\ ^{o}/_{oo}$ (delta por mil) referido a VSMOW

Incerteza(μ) Oxígeno-18 es de +/- 0,08 $\delta\ ^{o}/_{oo}$ y en Deuterio es de +/- 1 $\delta\ ^{o}/_{oo}$

Evelyn Aguirre D.
Jefe de Laboratorio de Isótopos Ambientales

ID	Date	Hour	Commer	StationID	X	Y	Temp	pH	Eh	pe	DO	Cond	TDS
RC-1a	25/03/2014	11:40:58	Sin filtrar	RC-1	468788	7895133	14.44	8.28	280.7	4.92	60.6	3208	1604
RC-2a	25/03/2014	15:13:10	Sin filtrar	RC-2	470563	7892378	19.91	7.96	272.8	4.69	38.8	19370	9687
RC-3a	25/03/2014	15:46:50	Sin filtrar	RC-3	470496	7892667	21.14	8.49	242.9	4.16	66.1	3229	1614
RC-4a	25/03/2014	16:39:23	Sin filtrar	RC-4	469553	7893640	21.02	8.5	248.4	4.26	73.8	3260	1630
RC-5a	25/03/2014	19:03:43	Sin filtrar	RC-5	473925	7893023	16.98	8.71	283.7	4.93	60	401	201
RC-6a	25/03/2014	19:03:43	RC-5 Filtı	RC-6	473925	7893023	16.98	8.71	283.7	4.93	60	401	201
RC-7a	26/03/2014	10:42:33	Sin filtrar	RC-7	473864	7892955	10.01	8.05	251.7	4.48	74.1	4008	2004
RC-8a	26/03/2014	11:27:37	Sin filtrar	RC-8	473643	7892953	12.8	8.38	247.7	4.37	75.9	3331	1665
RC-9a	26/03/2014	17:02:23	Sin filtrar	RC-9	472454	7892592	20.61	8.46	204.3	3.50	78.4	3694	355
RC-10a	26/03/2014	17:02:23	RC-9 Filtı	RC-10	472454	7892592	20.61	8.46	204.3	3.50	78.4	3694	355
RC-11a	26/03/2014	16:36:22	Sin filtrar	RC-11	472979	7892561	23.8	7.9	187.6	3.18	81.8	19320	9664
RC-12a	26/03/2014	17:41:34	Sin filtrar	RC-12	472978	7892681	19.85	8.46	205.9	3.54	80.6	3624	1812
RC-13a	27/03/2014	12:12:32	Sin filtrar	RC-13	477436	7890512	18.66	8.37	198.7	3.43	55.7	3681	1841
RC-14a	27/03/2014	17:27:53	Sin filtrar	RC-14	482450	7897538	15.24	8.36	251.9	4.40	78.3	1435	718
RC-15a	28/03/2014	8:31:19	Sin filtrar	RC-15	482212	7898886	3.96	8.04	93.9	1.71	74.2	297	148
LAG-1a	26/03/2014	12:31:32	Sin filtrar	LAG-1	473393	7892780	23.51	7.13	252.3	4.29	43.5	18450	9229
LAG-2a	26/03/2014	12:31:32	Lag - 1 Fi	LAG-2	473393	7892780	23.51	7.13	252.3	4.29	43.5	18450	9229
LAG-3a	26/03/2014	13:02:24	Sin filtrar	LAG-3	473390	7892649	35.21	6.76	154.9	2.53	37.4	18100	9055
LAG-4a	26/03/2014	13:20:04	Sin filtrar	LAG-4	473325	7892827	24.79	7.01	190.6	3.22	40.4	18360	9182
RC-6b	27/05/2014	2:13:31	Sin filtrar	RC-6	473923	7893019	11	8.49	158.7	2.81	67	418	209
RC-7b	27/05/2014	3:06:33	Sin filtrar	RC-7	473870	7892851	14	8.45	199.4	3.49	68.2	4050	2025
RC-8b	27/05/2014	3:44:34	Sin filtrar	RC-8	473643	7892954		8.37	116	2.03	69.3	3650	1825
RC-16b	27/05/2014	4:29:11	Sin mues	RC-16	473141	7892742	15.72	8.39	158.7	2.77	68.1	3150	1575
RC-9b	27/05/2014	5:13:42	Sin filtrar	RC-9	472643	7892568	13.1	8.38	186.4	3.28	66	3420	1710
RC-11b	27/05/2014	5:48:31	Sin filtrar	RC-11	472804	7892557		8	259	4.53		21180	10590
Lag-3b	27/05/2014	6:05:36	Sin filtrar	Lag-3	473373	7892656	30.43	6.84	246	4.08	20	15240	7620
Lag-1b	27/05/2014	6:14:47	Sin filtrar	Lag-1	473352	7892755	19	7.12	237.6	4.10	0.44	17900	8950
Lag-4b	27/05/2014	6:30:46	Sin filtrar	Lag-4	473336	7892827	21.39	6.97	211.5	3.62	41	17500	8750
RC-17b	28/05/2014	12:31:29	Sin filtrar	RC-17	471253	7892515	10.08	8.23	132.2	2.35	75	3540	1770
RC-2b	28/05/2014	1:24:44	Sin filtrar	RC-2	470551	7892341	10.54	8.03	195.1	3.47	74.3	18710	9355
RC-3b	28/05/2014	1:42:34	Sin filtrar	RC-3	470501	7892675	12.2	8.28	145	2.56	0.74	3551	1775.5
RC-4b	28/05/2014	2:36:22	Sin filtrar	RC-4	469416	7893818	13.48	8.21	210	3.69	74	3738	1869
RC-18b	28/05/2014	4:00:38	Sin filtrar	RC-18	468934	7894398	13.59	8.25	209	3.67	72.5	3720	1860
RC-1b	28/05/2014	4:45:10	Sin filtrar	RC-1	468511	7895309	12.46	8.34	113	1.99	70.7	3748	1874
RC-19b	29/05/2014	11:40:47	Sin filtrar	RC-19	464617	7897585	7.26	8.42	124.4	2.24	44.6	3470	1735
RC-20b	29/05/2014	12:30:09	Sin filtrar	RC-20	464323	7897679	6.7	8.39	168.4	3.03	72.8	3500	1750

Primera Campaña (Marzo 2014)

INFORME DE ENSAYO

AE1400882

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION INN - CHILE

Alcance acreditación LE 277, 279

Informe para	:	**GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.**
Dirección	:	AV. VITACURA 2909 OF. 701 LAS CONDES SANTIAGO
Atención	:	**MARCELO SOLARI**
Fecha de Informe	:	07-May-14
Fecha de Recepción	:	31-Mar-14
Muestreado por	:	GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.
Referencia	:	Análisis Varios. Muestreo 25-26-27-28 Marzo
Proyecto	:	CARITAYA

ALS ENVIRONMENTAL

ELIZABETH HERNANDEZ
Jefe de Laboratorio

Juan Gutemberg # 438 Galpón 9 y 10 - Antofagasta
Tel:(56 2)6546192

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-1	RC-2	RC-3
Fecha de Muestreo				25-Mar-14	25-Mar-14	25-Mar-14
Hora de Muestreo				11:00	15:00	16:00
Código ALS				AE1400882-001	AE1400882-002	AE1400882-003
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	103	185	98
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	9
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	944.0	7584.0	926.9
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	1.7	9.8	1.8
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	115	1605	113
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-1	RC-2	RC-3
Fecha de Muestreo				25-Mar-14	25-Mar-14	25-Mar-14
Hora de Muestreo				11:00	15:00	16:00
Código ALS				AE1400882-001	AE1400882-002	AE1400882-003
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	3.312	2.750	5.085
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	24.1	155.5	25.4
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.090	0.117	0.104
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	94.1	1128.1	96.2
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.154	0.120	0.165
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	70.27	347.47	66.84
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	4.22	23.71	3.96
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	17.87	91.44	14.18
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	0.039	<0.0050	0.046
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	415.0	3185.0	416.3
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	0.051	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	<0.050	0.102	0.052
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.443	1.357	0.608
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	30.219	13.746	32.934
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.289	0.493	<0.030
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	1.523	10.219	1.604
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	0.016	<0.0050

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-4	RC-5	RC-6
Fecha de Muestreo				25-Mar-14	25-Mar-14	25-Mar-14
Hora de Muestreo				16:30	18:30	18:40
Código ALS				AE1400882-004	AE1400882-005	AE1400882-006
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	109	37	39
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	945.8	53.9	53.3
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	1.7	0.2	0.1
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	112	41	41
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-4	RC-5	RC-6
Fecha de Muestreo				25-Mar-14	25-Mar-14	25-Mar-14
Hora de Muestreo				16:30	18:30	18:40
Código ALS				AE1400882-004	AE1400882-005	AE1400882-006
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	4.757	0.293	0.210
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	24.7	1.7	1.6
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.097	0.045	0.029
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	96.7	26.5	26.6
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.111	0.058	<0.030
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	13.6	3.9	3.99
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	3.84	0.18	0.18
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	13.59	3.89	3.98
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	0.039	0.006	<0.0050
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	425.0	39.2	38.5
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	<0.050	0.090	<0.050
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.487	0.753	0.364
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	31.937	21.582	21.527
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.738	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	1.576	0.284	0.284
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	1.198	0.863	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	0.005	0.014	0.011

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-7	RC-8	RC-9
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				10:34	11:20	15:45
Código ALS				AE1400882-007	AE1400882-008	AE1400882-009
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	117	102	86
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	19
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	1021.5	766.1	917.4
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	1.8	1.2	1.4
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	84	68	103
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-7	RC-8	RC-9
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				10:34	11:20	15:45
Código ALS				AE1400882-007	AE1400882-008	AE1400882-009
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	5.637	4.264	4.474
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	27.9	19.2	24.6
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.118	0.096	0.099
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	85.3	65.3	91.4
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.303	0.172	0.166
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	16.5	11.9	13.6
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	4.53	3.04	3.85
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	16.46	11.92	13.55
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	0.084	0.059	0.049
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	489.1	349.0	416.7
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	0.189	<0.050	0.079
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.536	0.523	0.306
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	38.300	33.089	34.587
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	<0.030	0.909	0.978
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	1.642	1.172	1.539
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	0.009	0.007	<0.0050

<= Menor que el límite de detección Indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-10	RC-11	RC-12
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				15:45	16:30	17:30
Código ALS				AE1400882-010	AE1400882-011	AE1400882-012
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	106	230	101
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	889.1	6384.0	803.9
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	1.6	10.8	1.5
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	107	1195	102
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-10	RC-11	RC-12
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				15:45	16:30	17:30
Código ALS				AE1400882-010	AE1400882-011	AE1400882-012
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	4.607	12.159	3.393
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	23.4	138.7	24.4
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.120	0.080	0.095
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	86.8	782.8	89.7
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	<0.030	0.567	0.148
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	61.05	370.66	63.75
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	3.68	21.54	3.76
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	12.69	59.11	13.31
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	0.011	0.107	0.050
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	405.4	2856.0	406.9
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	0.152	0.070	0.082
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.488	<0.20	0.406
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	32.849	35.111	35.017
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.376	0.353	0.162
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	1.473	11.650	1.492
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-13	RC-14	RC-15
Fecha de Muestreo				27-Mar-14	27-Mar-14	28-Mar-14
Hora de Muestreo				12:15	17:15	08:15
Código ALS				AE1400882-013	AE1400882-014	AE1400882-015
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	118	88	32
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	950.5	285.6	37.5
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	2.0	0.6	0.1
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	69	<10	<10
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				RC-13	RC-14	RC-15
Fecha de Muestreo				27-Mar-14	27-Mar-14	28-Mar-14
Hora de Muestreo				12:15	17:15	08:15
Código ALS				AE1400882-013	AE1400882-014	AE1400882-015
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	4.490	1.675	<0.20
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	26.4	8.3	1.1
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.164	0.160	0.038
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	72.9	27.0	9.2
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.204	0.112	0.301
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	67.91	27.11	6.73
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	4.21	1.37	0.17
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	15.04	6.66	3.83
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	0.107	0.021	0.026
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	450.1	160.3	20.0
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	0.134	0.054	0.094
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.678	0.722	<0.20
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	37.699	23.053	21.238
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.039	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	1.487	0.615	0.114
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	0.660	<0.20	0.465
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	0.010	<0.0050	0.027

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				LAG-1	LAG-2	LAG-3
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				12:00	12:20	12:55
Código ALS				AE1400882-016	AE1400882-017	AE1400882-018
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	350	350	340
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	6009.0	5556.0	6029.5
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	0.5	0.5	0.7
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	997	971	980
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				LAG-1	LAG-2	LAG-3
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	26-Mar-14	26-Mar-14
Hora de Muestreo				12:00	12:20	12:55
Código ALS				AE1400882-016	AE1400882-017	AE1400882-018
Tipo de Muestra				AG	AG	AG
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES TOTALES						
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	25.135	25.039	23.478
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	119.2	118.8	111.9
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.066	0.095	0.095
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	724.1	731.3	684.8
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.092	<0.030	3.523
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	306.10	309.05	288.03
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	18.44	18.70	17.47
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	36.10	36.50	34.35
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	1.405	1.413	1.615
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	0.038	0.037	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	2788.0	2466.0	2856.0
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30	<0.30	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	0.188	0.186	<0.050
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	0.434
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.357	0.681	0.424
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	22.961	23.155	21.812
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.615	<0.030	0.259
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	8.825	9.039	8.386
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	<0.0050	0.021	0.015

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				LAG-4
Fecha de Muestreo				26-Mar-14
Hora de Muestreo				13:20
Código ALS				AE1400882-019
Tipo de Muestra				AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	
PARAMETROS FISICOQUIMICOS				
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	350
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1
PARAMETROS INORGANICOS				
Aniones				
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	5911.0
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	30-Apr-14	8.8
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	1019
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				LAG-4
Fecha de Muestreo				26-Mar-14
Hora de Muestreo				13:20
Código ALS				AE1400882-019
Tipo de Muestra				AG
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	
METALES TOTALES				
EMA-ICP652Ag / 0.010	Ag	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Al / 0.20	Al	mg/L	10-Apr-14	<0.20
EMA-ICP652As / 0.20	As	mg/L	10-Apr-14	17.982
EMA-ICP652B / 0.10	B	mg/L	10-Apr-14	116.5
EMA-ICP652Ba / 0.010	Ba	mg/L	10-Apr-14	0.098
EMA-ICP652Be / 0.0050	Be	mg/L	10-Apr-14	<0.0050
EMA-ICP652Bi / 0.20	Bi	mg/L	10-Apr-14	<0.20
EMA-ICP652Ca / 0.050	Ca	mg/L	10-Apr-14	734.0
EMA-ICP652Cd / 0.010	Cd	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Co / 0.010	Co	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Cr / 0.010	Cr	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Cu / 0.010	Cu	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Fe / 0.030	Fe	mg/L	10-Apr-14	0.104
EMA-ICP652K / 2.0	K	mg/L	10-Apr-14	309.07
EMA-ICP652Li / 0.010	Li	mg/L	10-Apr-14	18.89
EMA-ICP652Mg / 0.10	Mg	mg/L	10-Apr-14	37.22
EMA-ICP652Mn / 0.0050	Mn	mg/L	10-Apr-14	1.470
EMA-ICP652Mo / 0.030	Mo	mg/L	10-Apr-14	<0.030
EMA-ICP652Na / 2.0	Na	mg/L	10-Apr-14	2874.0
EMA-ICP652Ni / 0.050	Ni	mg/L	10-Apr-14	<0.050
EMA-ICP652P / 0.30	P	mg/L	10-Apr-14	<0.30
EMA-ICP652Pb / 0.050	Pb	mg/L	10-Apr-14	<0.050
EMA-ICP652Sb / 0.20	Sb	mg/L	10-Apr-14	0.459
EMA-ICP652Se / 0.20	Se	mg/L	10-Apr-14	0.597
EMA-ICP652Si / 0.050	Si	mg/L	10-Apr-14	23.101
EMA-ICP652Sn / 0.030	Sn	mg/L	10-Apr-14	0.245
EMA-ICP652Sr / 0.0050	Sr	mg/L	10-Apr-14	9.049
EMA-ICP652Ti / 0.010	Ti	mg/L	10-Apr-14	<0.010
EMA-ICP652Tl / 0.20	Tl	mg/L	10-Apr-14	<0.20
EMA-ICP652V / 0.030	V	mg/L	10-Apr-14	<0.030
EMA-ICP652Zn / 0.0050	Zn	mg/L	10-Apr-14	0.014

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				RC-1	
Fecha de Muestreo				25-Mar-14	
Hora de Muestreo				11:00	
Código ALS				AE1400882-001	
Tipo de Muestra				AG	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	103	105
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	----	----
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	----	----
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	----	----

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				RC-10	
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	
Hora de Muestreo				15:45	
Código ALS				AE1400882-010	
Tipo de Muestra				AG	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	----	----
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	----	----
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	889.1	870.1
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	107	103
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				LAG-4	
Fecha de Muestreo				26-Mar-14	
Hora de Muestreo				13:20	
Código ALS				AE1400882-019	
Tipo de Muestra				AG	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	350	350
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	<1	<1
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	5911.0	5802.9
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	1019	1018
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	<0.002

<= Menor que el límite de detección indicado
AG (Agua)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1400882

Anexo 2 - CONTROL DE CALIDAD - Adiciones

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Rango(%)	%Recup.	Código ALS
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	<80-120>	100.8	AE1400882-001
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	<80-120>	100.8	AE1400882-011
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<80-120>	110.0	AE1400882-001
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<80-120>	108.4	AE1400882-011

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1400882

Anexo 3 - CONTROL DE CALIDAD - Blancos y Estándares

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Blanco	Valor STD	Valor Nominal	% Recup.	Limites	Nombre STD
PARAMETROS FISICOQUIMICOS									
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	---	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Apr-14	---	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
PARAMETROS INORGANICOS									
Aniones									
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	10-Apr-14	<0.5	399.6	400.0	100	80-120	Pt-Cl-1-10
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	10-Apr-14	<10	99	100	99	80-120	Pt-SO4-1-8
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	09-Apr-14	<0.002	0.516	0.500	103	80-120	Pt-S-1-6

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1400882

Anexo 4 - COMENTARIOS

Condiciones de Recepción de Muestras

- Se recibieron 19 muestras.
- La muestra fue tomada por el cliente quien se responsabiliza por su correcta identificación y preservación.
- Los resultados expuestos son válidos para las muestras analizadas.
- La información contenida en este informe no podrá ser reproducida total o parcialmente para usos publicitarios sin la autorización previa de ALS Patagonia S.A.
- Los resultados contenidos en este Informe de ensayo sólo son válidos para las muestras analizadas.
- Análisis de Metales por ICP fue subcontratado a ALS Santiago

Referencias de Métodos

- **EALCB-VOL304 (Alc HCO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 21,2005, 2320-B.
- **EALCC-VOL304 (Alc CO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 21,2005, 2320-B.
- **ECL-VOL309 (Cl)** : Argentometric Method. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 21, 2005,4500-Cl-B, page.4-70 to 4-71.
- **ESO4-GRA205b (SO4)** : Gravimetric Method with Drying of Residue. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 21, 2005, 4500-SO4-D, page 4-187 to 4-188.
- **ESUL-COL116 (Sulfuro)** : QWI-IO-SULFURO-01. Método basado en Standard Methods for examination of water and wastewater, Ed. 21,2005,4500-S-2-D, page 4-174 to 4-175.

Referencias de Métodos - Parámetros Subcontratados

- **EMA-ICP652(Metales Totales, ICP-OES):** ALS-MET-TOT-ICPOES (Based on APHA 3120B:2005 y EPA SW-846 3005A / 6010B : 1994) (validated).This analysis is carried out using procedures adapted from "SMEWW" by APHA, and from SW-846 by EPA. The procedures may involve preliminary sample treatment by acid digestion, using either hotblock or microwave oven or filtration (EPA Method 3005A) and Instrumental analysis is by ICP-OES (EPA Method 6010B).

AE1400882

Anexo 5

Procedimientos Analíticos

CODIGO METODO	DESCRIPCION
EALCB-VOL304	Alcalinidad Bicarbonato por volumetria
EALCC-VOL304	Alcalinidad Carbonato por volumetria
ECL-VOL309	Cloruro por Volumetria
ESO4-GRA205b	Sulfato por gravimetria
ESUL-COL116	Sulfuro por Colorimetria

**** FIN DEL REPORTE ****

Juan Gutemberg 438 Galpón 9
Antofagasta, Chile

PHONE +55 2 899202
www.alsglobal.com

30 May 2014

Estimado Sr. Solari
Jefe de Proyectos - Especialista
Geohidrología Consultores LTDA.
Presente

REF: QUEJA DE CLIENTE CL-027-14

De mi consideración:

Junto con saludar, a través de la presente, le informo que en relación a su solicitud recibida el día 07 de mayo referida a "*La revisión de los resultados considerados en el cálculo del Balance Iónico de las muestras identificadas como: RC-4, RC-8 y RC-9 reportados en el Informe de Ensayo AE1400882, debido a que estas arrojaron un error mayor al 10%*", nuestro sistema de calidad la registró como queja de cliente con el número CL-0027-14, motivo por el cual se realizó la investigación respectiva.

Resultados de la investigación

Se realiza la revisión de los datos y efectivamente el error es mayor al 10%, tal como Ud. lo menciona. Por este motivo se procede a realizar nuevamente el análisis de estas muestras sólo considerando algunos cationes y aniones que tienen mayor incidencia en el Balance Iónico. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

ID.	Analito	Resultado Informado	Chequeo	RSD (<20%)
AE1400882-4	Cloruro	945.8	906	4.3
AE1400882-4	Sulfato	112.0	95	16.4
AE1400882-4	Sodio	425.0	473	-10.7
AE1400882-4	Calcio	96.5	85.7	11.9

ID.	Analito	Resultado Informado	Chequeo	RSD (<20%)
AE1400882-8	Cloruro	766.1	679.5	12.0
AE1400882-8	sulfato	68.0	57	17.6
AE1400882-8	Sodio	349.0	379	-8.2
AE1400882-8	Calcio	65.3	57.24	13.2

ID.	Analito	Resultado Informado	Chequeo	RSD (<20%)
AE1400882-9	Cloruro	917.4	861.7	6.3
AE1400882-9	Sulfato	103.0	90	13.5
AE1400882-9	Sodio	416.7	453	-8.3
AE1400882-9	Calcio	91.4	81.57	11.4

De acuerdo a lo anterior, se puede observar que los resultados obtenidos de los reensayo se encuentran dentro de nuestros criterios de aceptación para duplicados (RPD <20%) estipulados por nuestro sistema de Aseguramiento de la Calidad. Por lo tanto se confirman los resultados informados inicialmente. Sin embargo, considerando estos valores para el nuevo cálculo del Balance Iónico, el error es menor al 10%, tal como se describe en el anexo.

Luego de realizar una investigación interna, nos encontramos que el problema se originó debido a que inicialmente no se consideran todos los analitos, lo que pudo afectar la suma de cationes y aniones.

En relación a lo sucedido, ALS internamente procedió a implementar varias acciones que se detallan a continuación:

- Se modifica la planilla de Balance Iónico ingresando la mayor cantidad de información para obtener un resultado más real.
- Se realiza nuevo cálculo de Balance Iónico con los resultados obtenidos del chequeo, se adjunta como anexo.
- Se corrige el Informe de Ensayo incluyendo los nuevos datos obtenidos.
- Con fecha 30 de mayo se envía la copia corregida del Informe de ensayo AE140882.

Esperamos que esta respuesta sea satisfactoria para usted y le ofrezco mis disculpas en nombre de ALS Environmental, por los problemas que se hubiesen ocasionado a raíz de estos inconvenientes.

Esperando su compresión y buena acogida, saluda cordialmente

Laura Correa Velásquez
Quality Supervisor
ALS Life Sciences Division I Corplab
Environmental Services

ALS Life Sciences

Juan Gutemberg 438 Galpón 9
Antofagasta, Chile

PHONE +55 2 899202
www.alsglobal.com

Anexo: Balance Iónico

30-May-14	140882-4	140882-8	140882-9
Conductividad			
Solido Total Disuelto			
Alcalinidad	109	102	105
Cloruro	906	680	862
Fluoruro			
Nitrato			
Sulfato	95	57	90
Silice			
Boro	25	19	25
Bromuro	2	1	1
Arsenico	5	4	4
Aluminio			
plata			
hierro	0	0	0
bario			
barilio	0.10		
manganeso	0	0	0
molibdeno			
cobre			
Cadmio			
Cromo			
litio	4	3	4
estaño	1		
estroncio	1.58	1.17	1.54
selenio	0	1	0
mercurio			
cobalto			
calcio	85.7	57.2	81.6
magnesio	13.6	11.9	13.6
potasio	13.6	11.9	13.6
Sodio	473	379	453
fosforo			
nitrito			
Silicio	32	33	35
Niquel			
Dureza	270	192	259
Suma Aniones	38.0	29.0	36.5
Suma Cationes	31.7	26.0	31.0
% Error +/- 10%	8.96	5.50	8.14
SDT Calc	1652	1258	1576
SDT/SDT Calc 1,0-1,2	0.00	0.00	0.00
Sodio Porcentual	64.8	63.3	63.6
Calc (Ca*20+Mg*12)/2	2.71	1.93	2.60
Calc((Ca*20+Mg*12)/2)^2	1.65	1.39	1.61
RAS	12.50	11.87	12.21

Segunda Campaña (Mayo 2014)

Nombres de reemplazo 2da campaña (Myo 2014)				
Nombre original	**Fecha**	**Hora**	**Nombre reemplazo**	**Observaciones**
AF2-1	27/05/2014	2:13:31PM	RC-6	
AF2-2	27/05/2014	3:06:33PM	RC-7	
AF2-3	27/05/2014	3:44:34PM	RC-8	
AF2-4	27/05/2014	4:29:11PM	RC-16	nuevo punto de muestreo
AF2-5	27/05/2014	5:13:42PM	RC-9	
AF2-6	27/05/2014	5:48:31PM	RC-11	
AF2-7V	27/05/2014	6:05:36PM	Lag-3	
AF2-8R	27/05/2014	6:14:47PM	Lag-1	
AF2-9A	27/05/2014	6:30:46PM	Lag-4	
AF2-11	28/05/2014	12:31:29PM	RC-17	nuevo punto de muestreo
AF2-12	28/05/2014	1:24:44PM	RC-2	
AF2-13	28/05/2014	1:42:34PM	RC-3	
AF2-14	28/05/2014	2:36:22PM	RC-4	
AF2-15	28/05/2014	4:00:38PM	RC-18	nuevo punto de muestreo
AF2-16	28/05/2014	4:45:10PM	RC-1	
AF2-17	29/05/2014	11:40:47AM	RC-19	nuevo punto de muestreo
AF2-18	29/05/2014	12:30:09PM	RC-20	nuevo punto de muestreo

INFORME DE ENSAYO

AE1401449

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION INN - CHILE

Alcance acreditación LE 277, 279

Informe para	:	**GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.**
Dirección	:	AV. VITACURA 2909 OF. 701 LAS CONDES SANTIAGO
Atención	:	**MARCELO SOLARI**
Fecha de Informe	:	20-Jun-14
Fecha de Recepción	:	03-Jun-14
Muestreado por	:	GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.
Referencia	:	Análisis Varios. Muestreo 27-28 Mayo
Proyecto	:	

ALS ENVIRONMENTAL

ELIZABETH.HERNANDEZ
Jefe de Laboratorio

Juan Gutemberg # 438 Galpón 9 y 10 - Antofagasta
Tel:(56 2)6546192

AE1401449

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-12	AFZ-13	AFZ-8R
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	27-May-14
Hora de Muestreo				13:24	13:42	06:14
Código ALS				AE1401449-001	AE1401449-002	AE1401449-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	200	101	340
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	200	101	340
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	4756.6	861.7	4382.4
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	1413	123	983
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	5.0	1.9	8.3

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-12	AFZ-13	AFZ-8R
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	27-May-14
Hora de Muestreo				13:24	13:42	06:14
Código ALS				AE1401449-001	AE1401449-002	AE1401449-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES DISUELTOS						
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	3.705	4.616	2.979
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	24.13	24.15	22.87
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.107	0.099	0.095
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	1050	108.7	100.0
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	244.2	56.91	298.0
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	3.668	3.686	3.517
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	83.1	14.26	42.0
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	0.015
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	2220	458.8	2361
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	<0.30	0.870	<0.30
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	0.285	0.281	0.231
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	30.34	29.53	29.57
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	0.841	0.520	0.438
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	1.535	1.588	1.514
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	<0.20	0.842	0.601
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.029	0.011	0.023

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-11	AFZ-14	AFZ-16
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	28-May-14
Hora de Muestreo				12:31	14:36	10:48
Código ALS				AE1401449-004	AE1401449-005	AE1401449-006
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	96	104	90
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	96	104	90
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	827.2	881.4	876.5
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	118	123	121
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	1.6	1.9	2.0

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-11	AFZ-14	AFZ-16
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	28-May-14
Hora de Muestreo				12:31	14:36	10:48
Código ALS				AE1401449-004	AE1401449-005	AE1401449-006
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES DISUELTOS						
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	21.337	1.904	3.790
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	116.91	117.02	23.89
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.057	0.068	0.092
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	747.8	975.2	107.0
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	0.016
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	0.011
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	53.0	56.0	56.2
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	17.46	17.06	3.612
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	16.4	17.3	14.11
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	1.607	0.013	0.006
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	455	468	447.6
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	0.892	<0.30	<0.30
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	0.109	<0.050	<0.050
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	0.262	<0.20	0.250
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	0.412	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	21.81	10.40	29.95
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	0.222	0.361	0.712
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	8.952	8.400	1.538
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	0.616	1.122	0.329
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.036	0.009	0.023

<= Menor que el límite de detección indicado
AT (Agua Subterránea)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-12	
Fecha de Muestreo				28-May-14	
Hora de Muestreo				13:24	
Código ALS				AE1401449-001	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	200	200
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	200	200
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	---	---
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	1413	1412
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	---	---
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	---	---

<= Menor que el límite de detección indicado
AS: (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-8R	
Fecha de Muestreo				27-May-14	
Hora de Muestreo				06:14	
Código ALS				AE1401449-003	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	----	----
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	----	----
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	----	----
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	8.3	8.8

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-16	
Fecha de Muestreo				28-May-14	
Hora de Muestreo				10:48	
Código ALS				AE1401449-006	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	---	---
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	---	---
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	---	---
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	876.5	881.4
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	---	---
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	---	---

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401449

Anexo 2 - CONTROL DE CALIDAD - Adiciones

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Rango(%)	%Recup.	Código ALS
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<80-120>	100.6	AE1401449-001
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<80-120>	94.5	AE1401449-001
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	<80-120>	100.0	AE1401449-003

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1401449

Anexo 3 - CONTROL DE CALIDAD - Blancos y Estándares

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Blanco	Valor STD	Valor Nominal	% Recup.	Límites	Nombre STD
PARAMETROS FISICOQUIMICOS									
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
PARAMETROS INORGANICOS									
Aniones									
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<0.5	403.8	400.0	101	80-120	Pt-Cl-1-10
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	<10	98	100	98	80-120	Pt-SO4-1-8
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	0.529	0.500	106	80-120	Pt-S-1-6
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	0.0	0.5	0.5	100	80-120	Pt-Br-1-1

<= Menor que el límite de detección Indicado

AE1401449

Anexo 4 - COMENTARIOS

Condiciones de Recepción de Muestras

- Se recibieron 6 muestras.
- La muestra fue tomada por el cliente quien se responsabiliza por su correcta identificación y preservación.
- Los resultados expuestos son válidos para las muestras analizadas.
- La información contenida en este informe no podrá ser reproducida total o parcialmente para usos publicitarios sin la autorización previa de ALS Patagonia S.A.
- Los resultados contenidos en este Informe de ensayo sólo son válidos para las muestras analizadas.
- Anállsis de Metales por ICP fueron subcontratados a ALS Santiago.

Referencias de Métodos

- **EALCB-VOL304 (Alc HCO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCC-VOL304 (Alc CO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCT-VOL304 (Alc Total)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EBR-COL126 (Br)** : QWI-IO-BROMURO-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005, 4500-Br-B, page 4-26.
- **ECL-VOL309 (Cl)** : Argentometric Method. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005,4500-Cl-B, page.4-70 to 4-71.
- **ESO4-GRA205b (SO4)** : Gravimetric Method with Drying of Residue. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005, 4500-SO4-D, page 4-187 to 4-188.
- **ESUL-COL116 (Sulfuro)** : QWI-IO-SULFURO-01. Método basado en Standard Methods for examination of water and wastewater, Ed. 22, 2005,4500-S-2-D, page 4-174 to 4-175.

Referencias de Métodos Subcontratados

- **EMA-ICP651:** ICP-OES, US EPA 6010B, 3005ª. 3ed. 4ta act 2011.

AE1401449

Anexo 5

Procedimientos Analíticos

CODIGO METODO	DESCRIPCION
EALCB-VOL304	Alcalinidad Bicarbonato por volumetria
EALCC-VOL304	Alcalinidad Carbonato por volumetria
EALCT-VOL304	Alcalinidad Total por volumetria
EBR-COL126	Bromuro
ECL-VOL309	Cloruro por Volumetria
ESO4-GRA205b	Sulfato por gravimetria
ESUL-COL116	Sulfuro por Colorimetria

** FIN DEL REPORTE **

INFORME DE ENSAYO

AE1401450

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACIÓN INN - CHILE

Alcance acreditación LE 277, 279

Informe para	:	**GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.**
Dirección	:	AV. VITACURA 2909 OF. 701 LAS CONDES SANTIAGO
Atención	:	**MARCELO SOLARI**
Fecha de Informe	:	20-Jun-14
Fecha de Recepción	:	03-Jun-14
Muestreado por	:	GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.
Referencia	:	Análisis Varios. Muestreo 27-29 Mayo
Proyecto	:	

ALS ENVIRONMENTAL

ELIZABETH HERNANDEZ
Jefe de Laboratorio

Juan Gutemberg # 438 Galpón 9 y 10 - Antofagasta
Tel:(56 2)6546192

AE1401450

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-9A	AFZ-7V	AFZ-18
Fecha de Muestreo				27-May-14	27-May-14	29-May-14
Hora de Muestreo				06:30	06:05	12:30
Código ALS				AE1401450-001	AE1401450-002	AE1401450-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	340	320	108
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	340	320	108
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	4234.6	4155.9	753.4
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	1022	1004	114
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	7.3	4.5	0.7

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-9A	AFZ-7V	AFZ-18
Fecha de Muestreo				27-May-14	27-May-14	29-May-14
Hora de Muestreo				06:30	06:05	12:30
Código ALS				AE1401450-001	AE1401450-002	AE1401450-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES DISUELTOS						
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	15.518	19.165	2.440
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	114.8	111.9	22.32
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.087	0.090	0.107
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	739.9	727.2	99.97
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010	0.013	<0.010
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	291.8	279.6	53.42
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	17.374	16.839	3.307
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	37.162	35.936	14.987
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	1.574	1.695	0.410
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	2107	2035	426.9
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	0.446	0.339	<0.30
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	0.066
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	0.443	0.499	<0.20
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	0.217	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	21.39	20.79	20.37
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	0.200	0.288	0.649
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	9.043	8.752	1.387
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	0.311	<0.20	0.468
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.022	0.028	0.049

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-17
Fecha de Muestreo				29-May-14
Hora de Muestreo				11:40
Código ALS				AE1401450-004
Tipo de Muestra				AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	
PARAMETROS FISICOQUIMICOS				
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	118
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	118
PARAMETROS INORGANICOS				
Aniones				
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	787.8
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	112
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	0.9

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-17
Fecha de Muestreo				29-May-14
Hora de Muestreo				11:40
Código ALS				AE1401450-004
Tipo de Muestra				AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	
METALES DISUELTOS				
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	3.084
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	22.46
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.126
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	99.60
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	53.61
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	3.368
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	14.778
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	0.487
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	432.4
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	<0.30
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	<0.050
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	<0.20
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	19.76
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	1.127
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	1.389
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	0.925
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.045

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM. Insuficiente Muestra

AE1401450

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-9A	
Fecha de Muestreo				27-May-14	
Hora de Muestreo				06:30	
Código ALS				AE1401450-001	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	340	330
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	340	330
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	----	----
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	1022	1025
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	----	----
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	----	----

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-7V	
Fecha de Muestreo				27-May-14	
Hora de Muestreo				06:05	
Código ALS				AE1401450-002	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	----	----
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	----	----
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	----	----
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	4.5	4.8

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-17	
Fecha de Muestreo				29-May-14	
Hora de Muestreo				11:40	
Código ALS				AE1401450-004	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	----
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	787.8	792.8
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	----	----
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	----	----

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401450

Anexo 2 - CONTROL DE CALIDAD - Adiciones

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Rango(%)	%Recup.	Código ALS
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<80-120>	101.6	AE1401450-001
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<80-120>	102.0	AE1401450-001
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	<80-120>	100.0	AE1401450-001

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1401450

Anexo 3 - CONTROL DE CALIDAD - Blancos y Estándares

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Blanco	Valor STD	Valor Nominal	% Recup.	Límites	Nombre STD
PARAMETROS FISICOQUIMICOS									
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
PARAMETROS INORGANICOS									
Aniones									
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<0.5	400.1	400.0	100	80-120	Pt-Cl-1-10
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	<10	98	100	98	80-120	Pt-SO4-1-8
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	0.529	0.500	106	80-120	Pt-S-1-6
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	0.0	0.5	0.5	100	80-120	Pt-Br-1-1

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1401450

Anexo 4 - COMENTARIOS

Condiciones de Recepción de Muestras

- Se recibieron 4 muestras.
- La muestra fue tomada por el cliente quien se responsabiliza por su correcta identificación y preservación.
- Los resultados expuestos son válidos para las muestras analizadas.
- La información contenida en este informe no podrá ser reproducida total o parcialmente para usos publicitarios sin la autorización previa de ALS Patagonia S.A.
- Los resultados contenidos en este Informe de ensayo sólo son válidos para las muestras analizadas.
- Análisis de Metales por ICP fueron subcontratados a ALS Santiago.

Referencias de Métodos

- **EALCB-VOL304 (Alc HCO3) :** QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCC-VOL304 (Alc CO3) :** QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCT-VOL304 (Alc Total) :** QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EBR-COL126 (Br) :** QWI-IO-BROMURO-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005, 4500-Br-B, page 4-26.
- **ECL-VOL309 (Cl) :** Argentometric Method. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005,4500-Cl-B, page.4-70 to 4-71.
- **ESO4-GRA205b (SO4) :** Gravimetric Method with Drying of Residue. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005, 4500-SO4-D, page 4-187 to 4-188.
- **ESUL-COL116 (Sulfuro) :** QWI-IO-SULFURO-01. Método basado en Standard Methods for examination of water and wastewater, Ed. 22,2005,4500-S-2-D, page 4-174 to 4-175.

Referencias de Métodos Subcontratados

- **Metales Disueltos:** APHA 3120B:2005 y EPA SW-846 3005A/6020 A:2007) .

AE1401450

Anexo 5

Procedimientos Analíticos

CODIGO METODO	DESCRIPCION
EALCB-VOL304	Alcalinidad Bicarbonato por volumetria
EALCC-VOL304	Alcalinidad Carbonato por volumetria
EALCT-VOL304	Alcalinidad Total por volumetria
EBR-COL126	Bromuro
ECL-VOL309	Cloruro por Volumetria
ESO4-GRA205b	Sulfato por gravimetria
ESUL-COL116	Sulfuro por Colorimetria

**** FIN DEL REPORTE ****

INFORME DE ENSAYO

AE1401451

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION INN - CHILE

Alcance acreditación LE 277, 279

Informe para	:	**GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.**
Dirección	:	AV. VITACURA 2909 OF. 701 LAS CONDES SANTIAGO
Atención	:	**MARCELO SOLARI**
Fecha de Informe	:	20-Jun-14
Fecha de Recepción	:	03-Jun-14
Muestreado por	:	GEOHIDROLOGIA CONSULTORES LTDA.
Referencia	:	Análisis Varios. Muestreo 27-28 Mayo
Proyecto	:	Caritaya

ALS ENVIRONMENTAL

ELIZABETH HERNANDEZ
Jefe de Laboratorio

Juan Gutemberg # 438 Galpón 9 y 10 - Antofagasta
Tel:(56 2)6546192

AE1401451

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-1	AFZ-2	AFZ-3
Fecha de Muestreo				27-May-14	27-May-14	27-May-14
Hora de Muestreo				13:30	14:10	14:52
Código ALS				AE1401451-001	AE1401451-002	AE1401451-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	45	95	105
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	45	95	105
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	68.9	915.9	827.2
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	44	89	97
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	0.3	1.9	1.8

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401451

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-1	AFZ-2	AFZ-3
Fecha de Muestreo				27-May-14	27-May-14	27-May-14
Hora de Muestreo				13:30	14:10	14:52
Código ALS				AE1401451-001	AE1401451-002	AE1401451-003
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES DISUELTOS						
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	<0.20	4.642	3.137
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	1.842	26.92	23.95
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.633	0.264	0.168
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	34.85	87.85	82.08
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	5.605	65.90	58.90
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	0.219	4.200	3.671
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	5.732	16.486	15.273
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	0.009	<0.0050
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	45.26	513.9	485.0
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	0.340	0.317	0.395
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	0.202
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	19.86	36.69	34.73
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	1.231	0.782	0.455
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	0.327	1.514	1.379
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	0.362	0.329	0.347
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.031	0.029	0.028

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401451

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-4	AFZ-5	AFZ-6
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	28-May-14
Hora de Muestreo				16:29	17:13	17:48
Código ALS				AE1401451-004	AE1401451-005	AE1401451-006
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**			
PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	100	101	220
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	100	101	220
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	714.0	758.3	5199.8
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	85	106	1180
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	1.8	1.8	6.0

<= Menor que el límite de detección indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401451

RESULTADOS DE ANALISIS

Identificación				AFZ-4	AFZ-5	AFZ-6
Fecha de Muestreo				28-May-14	28-May-14	28-May-14
Hora de Muestreo				16:29	17:13	17:48
Código ALS				AE1401451-004	AE1401451-005	AE1401451-006
Tipo de Muestra				AS	AS	AS
Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis			
METALES DISUELTOS						
EMA-ICP651Ag / 0.010	Ag	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Al / 0.20	Al	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651As / 0.20	As	mg/L	12-Jun-14	3.680	3.454	10.214
EMA-ICP651B / 0.10	B	mg/L	12-Jun-14	21.90	22.10	133.2
EMA-ICP651Ba / 0.010	Ba	mg/L	12-Jun-14	0.140	0.137	0.074
EMA-ICP651Be / 0.0050	Be	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	<0.0050
EMA-ICP651Bi / 0.20	Bi	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	0.249
EMA-ICP651Ca / 0.050	Ca	mg/L	12-Jun-14	89.12	90.53	815.5
EMA-ICP651Cd / 0.010	Cd	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Co / 0.010	Co	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cr / 0.010	Cr	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Cu / 0.010	Cu	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Fe / 0.030	Fe	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651K / 2.0	K	mg/L	12-Jun-14	53.16	54.59	332.1
EMA-ICP651Li / 0.010	Li	mg/L	12-Jun-14	3.350	3.414	20.603
EMA-ICP651Mg / 0.10	Mg	mg/L	12-Jun-14	13.854	13.225	63.016
EMA-ICP651Mn / 0.0050	Mn	mg/L	12-Jun-14	<0.0050	<0.0050	0.014
EMA-ICP651Mo / 0.030	Mo	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Na / 2.0	Na	mg/L	12-Jun-14	418.5	425.6	2510
EMA-ICP651Ni / 0.050	Ni	mg/L	12-Jun-14	<0.050	<0.050	<0.050
EMA-ICP651P / 0.30	P	mg/L	12-Jun-14	<0.30	0.423	<0.30
EMA-ICP651Pb / 0.050	Pb	mg/L	12-Jun-14	<0.050	0.069	<0.050
EMA-ICP651Sb / 0.20	Sb	mg/L	12-Jun-14	<0.20	0.301	<0.20
EMA-ICP651Se / 0.20	Se	mg/L	12-Jun-14	<0.20	<0.20	<0.20
EMA-ICP651Si / 0.050	Si	mg/L	12-Jun-14	31.33	30.85	31.78
EMA-ICP651Sn / 0.030	Sn	mg/L	12-Jun-14	1.387	0.372	0.354
EMA-ICP651Sr / 0.0050	Sr	mg/L	12-Jun-14	1.366	1.404	11.092
EMA-ICP651Ti / 0.010	Ti	mg/L	12-Jun-14	<0.010	<0.010	<0.010
EMA-ICP651Tl / 0.20	Tl	mg/L	12-Jun-14	0.943	0.885	0.366
EMA-ICP651V / 0.030	V	mg/L	12-Jun-14	<0.030	<0.030	<0.030
EMA-ICP651Zn / 0.0050	Zn	mg/L	12-Jun-14	0.028	0.036	0.033

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401451

Anexo 1 - CONTROL DE CALIDAD - Duplicados

Identificación				AFZ-6	
Fecha de Muestreo				28-May-14	
Hora de Muestreo				17:48	
Código ALS				AE1401451-006	
Tipo de Muestra				AS	
Parámetro / LD	**Analito**	**Unidades**	**Fecha de Análisis**	ORIG	DUPL
PARAMETROS FISICOQUIMICOS					
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	220	220
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	<1	<1
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	220	220
PARAMETROS INORGANICOS					
Aniones					
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	5199.8	5189.9
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	1180	1180
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	<0.002
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	6.0	6.5

<= Menor que el límite de detección Indicado
AS (Agua Superficial)
NA: No Analizada, IM: Insuficiente Muestra

AE1401451

Anexo 2 - CONTROL DE CALIDAD - Adiciones

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Rango(%)	%Recup.	Código ALS
PARAMETROS INORGANICOS						
Aniones						
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<80-120>	103.1	AE1401451-001
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<80-120>	91.0	AE1401451-001
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	<80-120>	100.0	AE1401451-002

<= Menor que el límite de detección indicado

AE1401451

Anexo 3 - CONTROL DE CALIDAD - Blancos y Estándares

Parámetro / LD	Analito	Unidades	Fecha de Análisis	Blanco	Valor STD	Valor Nominal	% Recup.	Límites	Nombre STD
PARAMETROS FISICOQUIMICOS									
EALCB-VOL304 / 1	Alc HCO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCC-VOL304 / 1	Alc CO3	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
EALCT-VOL304 / 1	Alc Total	mg CaCO3/L	10-Jun-14	----	104	100	104	80-120	Pt-Alc-1-5
PARAMETROS INORGANICOS									
Aniones									
ECL-VOL309 / 0.5	Cl	mg/L	12-Jun-14	<0.5	405.0	400.0	101	80-120	Pt-Cl-1-10
ESO4-GRA205b / 10	SO4	mg/L	09-Jun-14	<10	98	100	98	80-120	Pt-SO4-1-8
ESUL-COL116 / 0.002	Sulfuro	mg/L	06-Jun-14	<0.002	0.529	0.500	106	80-120	Pt-S-1-6
EBR-COL126 / 0.1	Br	mg/L	07-Jun-14	0.0	0.5	0.5	100	80-120	Pt-Br-1-1

<= Menor que el límite de detección Indicado

AE1401451

Anexo 4 - COMENTARIOS

Condiciones de Recepción de Muestras

- Se recibieron 6 muestras.
- La muestra fue tomada por el cliente quien se responsabiliza por su correcta identificación y preservación.
- Los resultados expuestos son válidos para las muestras analizadas.
- La información contenida en este informe no podrá ser reproducida total o parcialmente para usos publicitarios sin la autorización previa de ALS Patagonia S.A.
- Los resultados contenidos en este Informe de ensayo sólo son válidos para las muestras analizadas.
- Análisis de Metales por ICP fueron subcontratados ALS Perú.

Referencias de Métodos

- **EALCB-VOL304 (Alc HCO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCC-VOL304 (Alc CO3)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EALCT-VOL304 (Alc Total)** : QWI-IO-ALC-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 2320-B.
- **EBR-COL126 (Br)** : QWI-IO-BROMURO-01. Método basado en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22,2005, 4500-Br-B, page 4-26.
- **ECL-VOL309 (Cl)** : Argentometric Method. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005,4500-Cl-B, page.4-70 to 4-71.
- **ESO4-GRA205b (SO4)** : Gravimetric Method with Drying of Residue. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed 22, 2005, 4500-SO4-D, page 4-187 to 4-188.
- **ESUL-COL116 (Sulfuro)** : QWI-IO-SULFURO-01. Método basado en Standard Methods for examination of water and wastewater, Ed. 22,2005,4500-S-2-D, page 4-174 to 4-175.

Referencias de Métodos Subcontratados

- **EMA-ICP651:** ICP-OES, US EPA 6010B, 3005ª. 3ed. 4ta act 2011.

AE1401451

Anexo 5

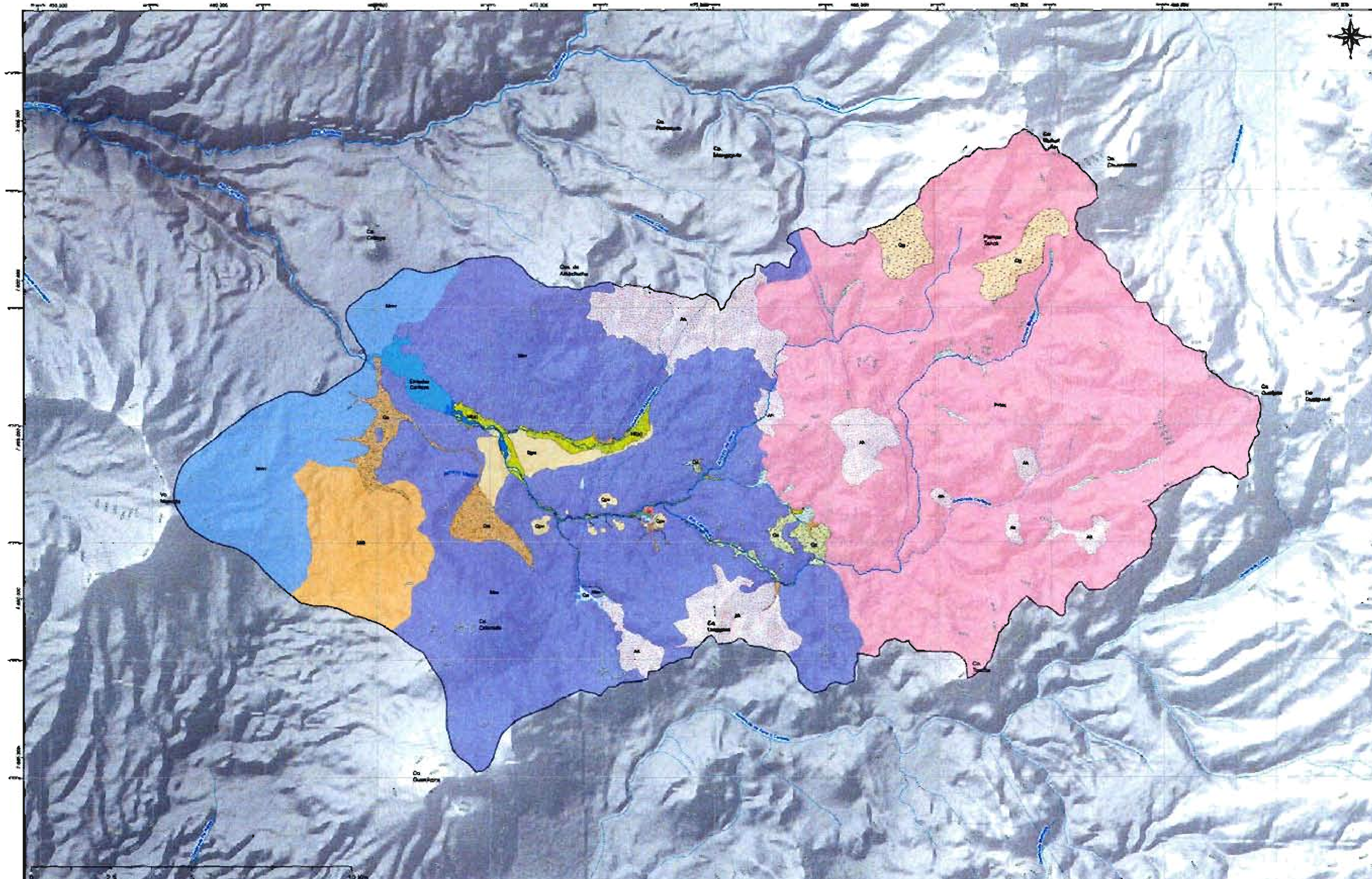
Procedimientos Analíticos

CODIGO METODO	DESCRIPCION
EALCB-VOL304	Alcalinidad Bicarbonato por volumetria
EALCC-VOL304	Alcalinidad Carbonato por volumetria
EALCT-VOL304	Alcalinidad Total por volumetria
EBR-COL126	Bromuro
ECL-VOL309	Cloruro por Volumetria
ESO4-GRA205b	Sulfato por gravimetria
ESUL-COL116	Sulfuro por Colorimetria

**** FIN DEL REPORTE ****

ANEXO E:
MAPA GEOLÓGICO 1:50.000

MAPA GEOLÓGICO SUBCUENCA CARITAYA



LEYENDA

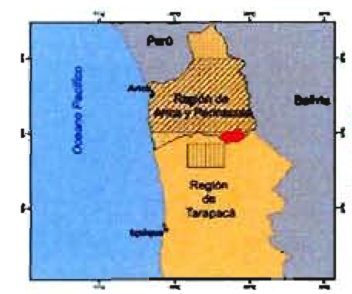
Alteración hidrotermal
- Ah(a): Alt. hidrotermal laguna amarilla
- Ah(r): Alt. hidrotermal laguna roja
- Ah(v): Alt. hidrotermal laguna verde
- Ah: Alteración hidrotermal

Rocas Sedimentarias
- Hf(a): Depósitos fluviales
- Hf(b): Depósitos fluviales recientes
- Qs: Depósitos Salinos
- Qa: Depósitos aluviales
- Qc: Depósitos coluviales
- Qg: Depósitos glaciares

Rocas Ígneas
- Qpv: Depósitos piroclásticos
- Qpv(r): Depósitos piroclásticos retrabajado
- Pv(s): Volcanes del Pleistoceno
- Msv: Volcanes del Mioceno Sup
- Mmv: Volcanes del Mioceno Medio
- M3i: Secuencias piroclásticas

- Lineamientos
- Área de Estudio
- Curvas de nivel
- Ríos
- Esteros, Arroyos
- Quebradas
- Río
- Embalse Caritaya
- Laguna amarilla
- Laguna roja
- Laguna verde
- Bofedales (Bo)

FUENTE DE LA INFORMACIÓN



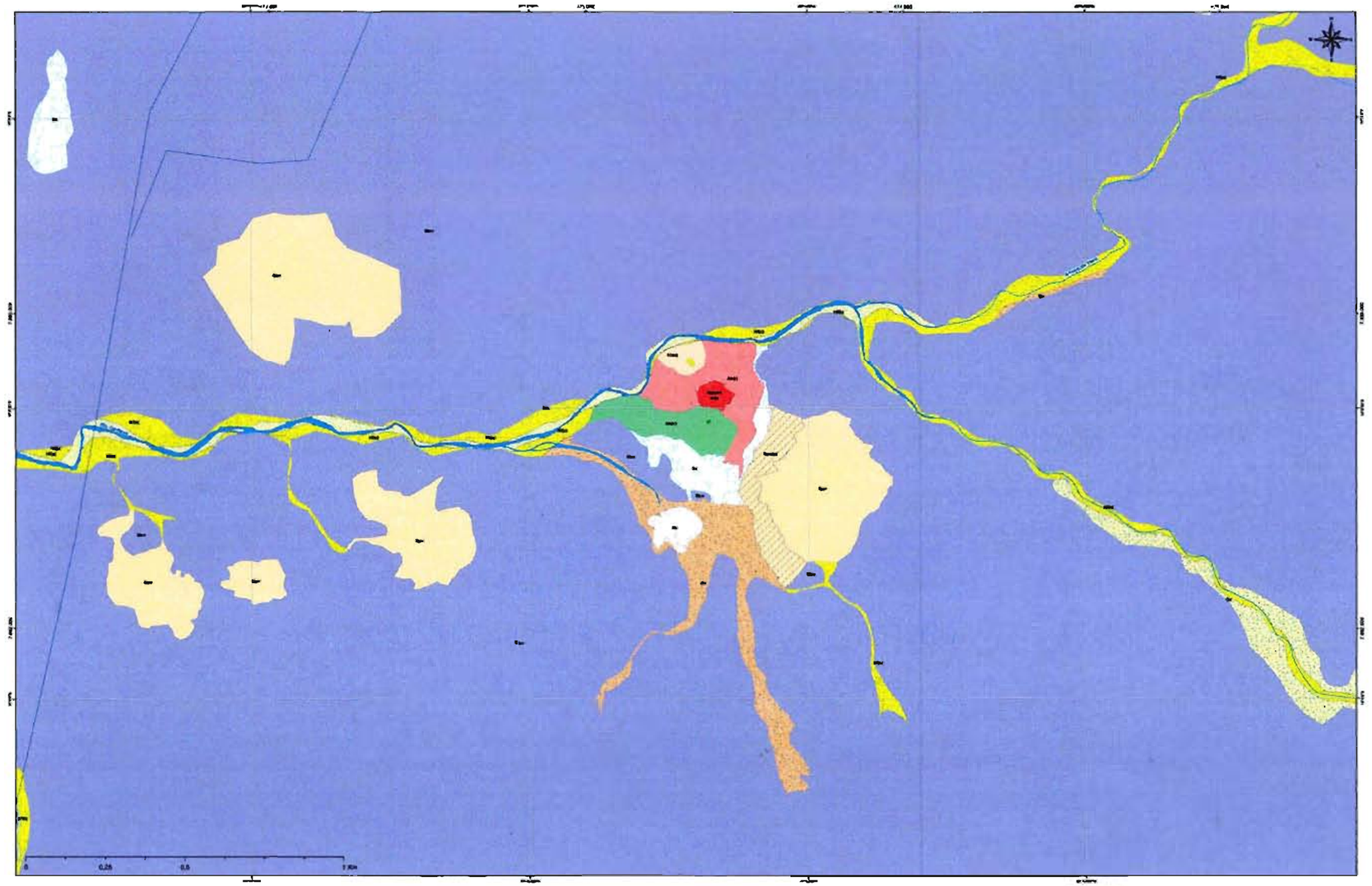
- Área Estudio
- SERNAGEOMIN, 2002. 1:1.000.000
- García et al., 2004. 1:250.000
- Pinto et al., 2004 1:100.000
- Salas et al., 1966 1:200.000

Datum WGS 84, Proyección UTM Huso 19 S
Escala 1:50.000
Equidistancia curvas de nivel, 50 m
Julio, 2014

ANEXO F:
MAPA GEOLÓGICO 1:5000

MAPA GEOLÓGICO
SUBCUENCA CARITAYA
LAGUNAS DE AMUYO

GEOHIDROLOGÍA
UNA EMPRESA DE ARCADIS



LEYENDA

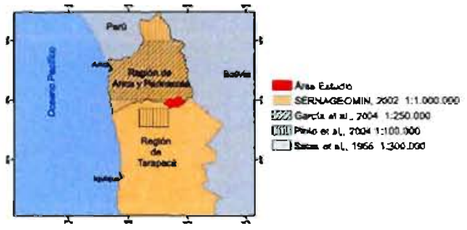
Alteración Hidrotermal
- Ah(a): Alt. hidrotermal laguna amarilla
- Ah(r): Alt. hidrotermal laguna roja
- Ah(v): Alt. hidrotermal laguna verde
- Ah: Alteración hidrotermal

Rocas Sedimentarias
- Hf(a): Depósitos fluviales
- Hf(b): Depósitos fluviales recientes
- Qal: Depósitos aluviales
- Qc: Depósitos coluviales
- Qs: Depósitos salinos

Rocas Ígneas
- Qpv: Depósitos piroclásticos
- Qpv(s): Depósitos piroclásticos retrabajados
- Mcv: Volcanes del Mioceno Sup

- Río
- Laguna amarilla
- Laguna roja
- Laguna verde
- Lineamientos

FUENTE DE LA INFORMACIÓN



- Area Estudio
- SERNAGEOMIN, 2002 1:1.000.000
- García et al., 2004 1:250.000
- Pinto et al., 2004 1:100.000
- Salas et al., 1966 1:300.000

Datum WGS 84, Proyección UTM Huso 19 S
Escala 1:6.000
Julio, 2014

ANEXO G:
DIFRACCIÓN RAYOS X DE LA ALTERACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AMUYO

Servicio Nacional de Geología y Minería
Subdirección Nacional de Geología
Departamento de Laboratorios

Documento Externo

Este trabajo fue efectuado por:
Eugenia Fonseca Pedraza

SR. MARCELO SOLARI C.
EMPRESA: GEOHIDROLOGÍA CONSULTORES LTDA.

SECCIÓN DIFRACCIÓN DE RAYOS X
INFORME DRX Nº 04/14

SERNAGEOMIN
Ministerio de Minería
Gobierno de Chile

Informe de Rayos X No 04/14

Solicitado por: Sr. Marcelo Solari C.
Proyecto o Razón Social: Geohidrología Consultores Ltda.
Cantidad de muestras: 3
Fecha de entrega: 13 de enero 2014
Correlativo interno: 005-14
Operador de Equipo: Damary Moreno B.
Analista: Eugenia Fonseca P.

Las muestras se pulverizaron bajo 200 mallas en mortero de ágata. El equipo utilizado para los análisis es un difractómetro Panalytical, modelo X Pert PRO. El programa de interpretación es el High Score Plus. La composición mineralógica cualitativa es la siguiente:

1) **P-13**
   Calcita, hematita, trazas de cuarzo. En esta muestra no aparecen minerales con arsénico, (no se realizaron análisis químicos anexos) no se descarta la presencia de arsénico en minerales de muy baja cristalinidad que no fueron detectados por el espectrómetro.

2) **P-24**
   Halita, albita intermedia, yeso, oropimente, biotita, vermiculita. Esta roca fue sometida a un barrido rápido por FXR y arrojó 18032 ppm de arsénico. Se recomienda hacer un estudio más completo de su composición química.

3) **P-28**
   Calcita, estilbita cálcica, goergeyita, trazas de montmorillonita. Esta roca al igual que la anterior fue sometida a un análisis de FRX rápido y se encontraron 18024 ppm de arsénico. Se recomienda también, un estudio más detallado de la composición química. No se encuentran minerales de arsénico, tal vez por presentar baja cristalinidad.

Se anexan los difractogramas correspondientes.

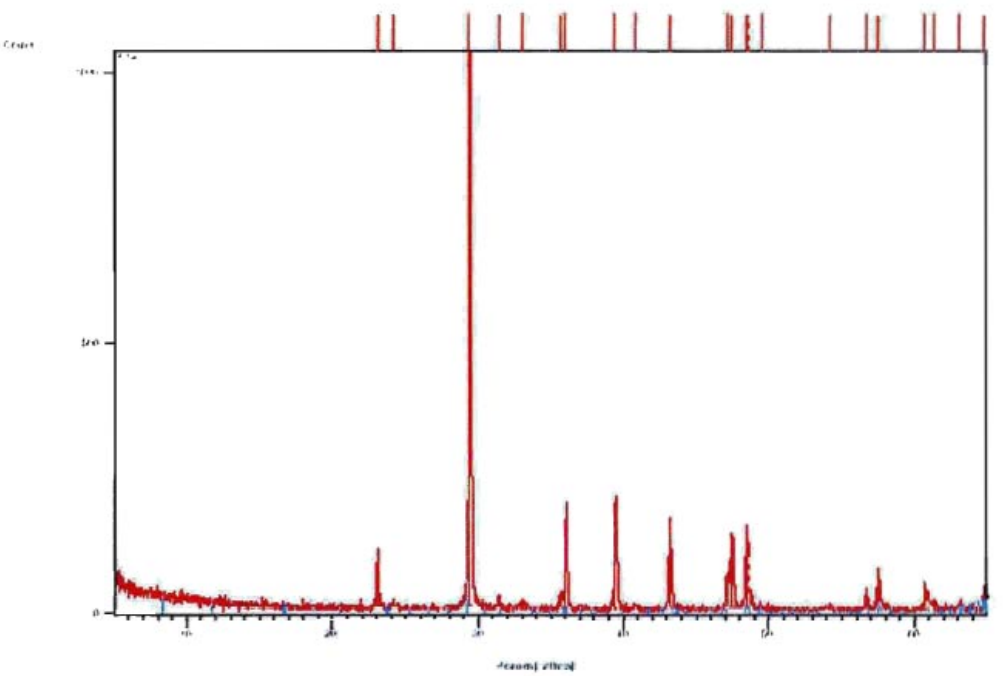
Eugenia Fonseca P.
Geólogo
Jefe Depto. de Laboratorios

Departamento de Laboratorios Servicio Nacional de Geología y Minería
Til Til 1993 – Ñuñoa – Fono: (56-2) 2385292 – Fax: (56-2) 2385332 - Página Web: www.sernageomin.cl
E-mail: jefe_lab@sernageomin.cl – Casilla: 10465 y 1347, Correo 21 - **SANTIAGO - CHILE**

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	P 13
File name:	C:\X'Pert Data\P 13.xrdml
Measurement Date / Time:	14-01-2014 16:10:04
Operator:	Laboratorio
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	5,0100
End Position [°2Th.]:	64,9900
Step Size [°2Th.]:	0,0200
Scan Step Time [s]:	0,5000
Scan Type:	Continuous

Graphics



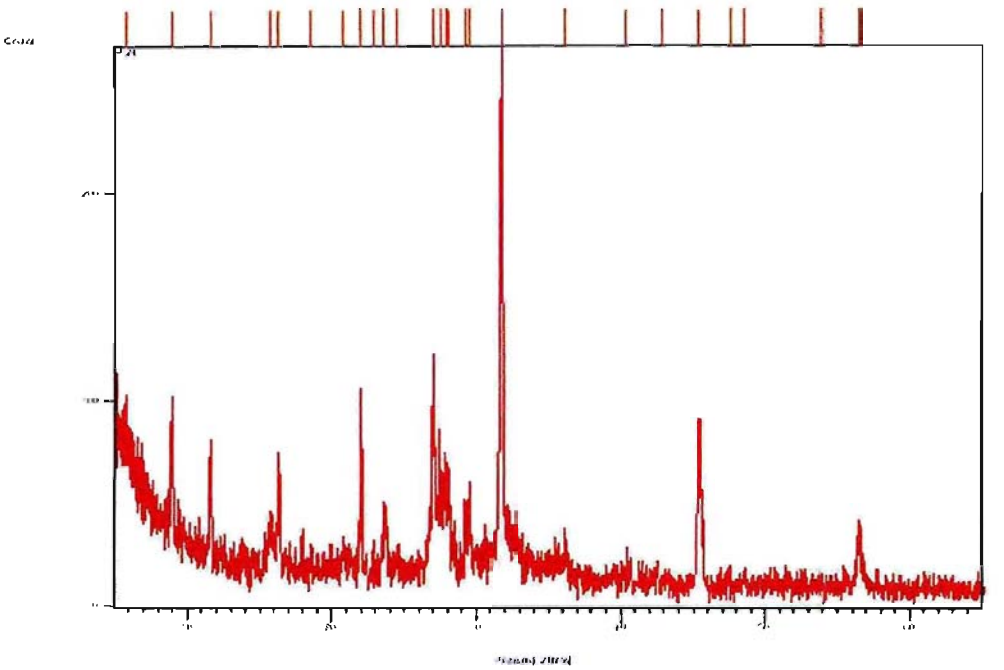
Pattern List

Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ.[°2Th]	Scale Fac.	Chem. Formula
*	01-086-0174	67	Calcite, syn	0,000	0,944	Ca (C O3)
*	01-073-0603	24	Iron(III) oxide - ..	0,000	0,026	Fe2 O3
*	01-070-2540	0	Quartz low	0,000	1,050	Si O2

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	P 24
File name:	C:\X'Pert Data\P 24.xrdml
Measurement Date / Time:	14-01-2014 16:38:49
Operator:	Laboratorio
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	5,0100

Graphics



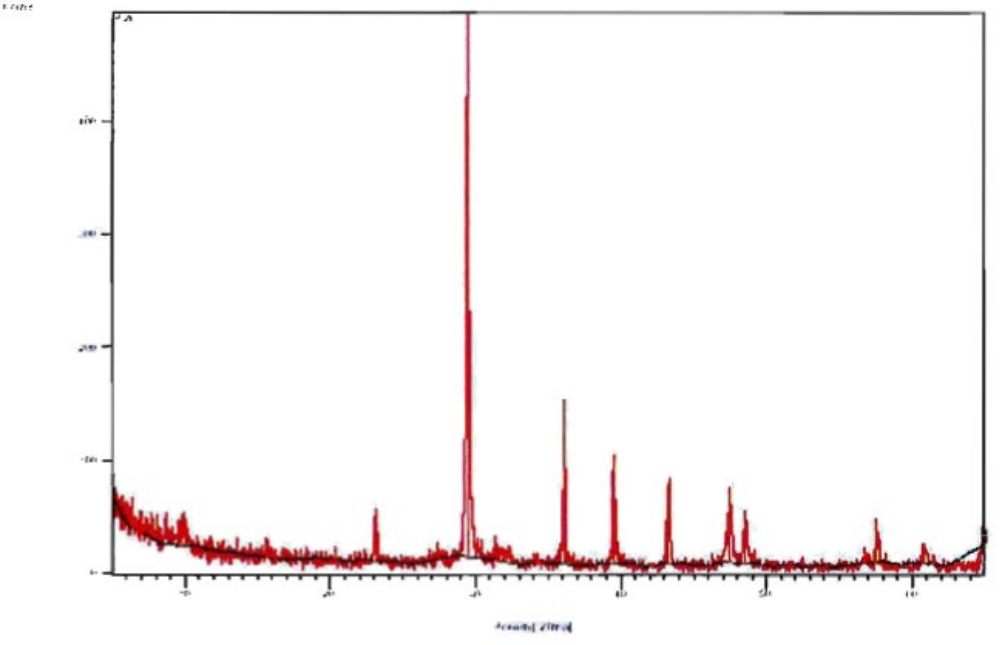
Pattern List

Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ.[°2Th]	Scale Fac.	Chem. Formula
*	01-070-2509	33	Halite, syn	0,000	0,877	Na Cl
*	01-076-0757	15	Sodium tecto-alumo..	0,000	0,189	Na Al1.08 Si2.92 O8
*	01-070-0982	7	Gypsum	0,000	0,140	Ca (S O4) (H2 O..
*	01-073-1661	3	Biotite 6\ITH\RG	0,000	0,224	K Mg3 Al Si3 O10 O..
*	01-074-1732	1	Trimagnesium phyll..	0,000	34,494	Mg3 Si4 O10 (O H)2
*	00-003-0153	4	Orpiment	0,000	0,398	As2 S3

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	P 28
File name:	C:\X'Pert Data\P 28.xrdml
Measurement Date / Time:	15-01-2014 13:40:00
Operator:	Laboratorio
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	5,0100
End Position [°2Th.]:	64,9900

Graphics



Pattern List

Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ.[°2Th]	Scale Fac.	Chem. Formula
*	01-081-2027	46	Calcite, syn	0,000	0,729	Ca (C O3)
*	01-075-1518	3	Stilbite-Ca	0,000	0,070	Ca2.62 Al9.8 Si26...
*	00-012-0204	1	Montmorillonite	0,000	0,020	Nax (Al , Mg)2 S..
*	01-072-2459	4	Goergeyite	0,000	0,268	K2 Ca5 (S O4)6 H..

ANEXO H:
ANÁLISIS QUÍMICOS DE LA ALTERACIÓN DE LAS LAGUNAS DE AMUYO

Servicio Nacional de Geología y Minería
Subdirección Nacional de Geología
Departamento de Laboratorios

Documento Externo

Este trabajo fue efectuado por:
Marjorie Arriagada D.
Juan Bustamante E.

SR. MARCELO SOLARI
EMPRESA: GEOHIDROLOGÍA CONSULTORES LTDA.

UNIDAD QUÍMICA
INFORME N°2014-098

2014

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGíA Y MINERíA

LABORATORIO QUÍMICO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS No 2014-098

REFERENCIA	CORRELATIVO No 322-14
REFERENCIA	CORREO ELÉCTRONICO 07/04/2014
REMITE	SERNAGEOMIN - GEOHIDROLOGÍA CONSULTORES LTDA.
ATENCIÓN	SR. MARCELO SOLARI
MUESTRA	SEDIMENTOS
PROYECTO	TRABAJOS A TERCEROS
QUÍMICOS	JUAN BUSTAMANTE E. - MARJORIE ARRIAGADA D.

MUESTRA	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	TiO2 (%)	Fe2O3 (%)	CaO (%)	MgO (%)
P-13	18.07	4.35	0.70	7.39	35.78	1.04
P-28	2.66	<0.01	0.03	7.27	40.63	1.75
P-24	45.93	11.58	0.49	6.32	8.22	1.69

MUESTRA	MnO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	P2O5 (%)	PPC (%)	SO3 (%)	SUMA (%)
P-13	1.24	0.97	0.96	0.10	27.29	0.96	98.84
P-28	2.43	0.63	0.13	0.00	35.80	3.86	95.18
P-24	0.10	5.65	2.541	0.12	8.15	0.20	90.98

25-04-2014

JUAN BUSTAMANTE ESPINOZA
JEFE LABORATORIO QUIMICO

Departamento de Laboratorios Servicio Nacional de Geología y Minería
Til Til 1993, Ñuñoa - Santiago - FONO: (56-2) 2385292 FAX: (56-2) 2385332 - www.sernageomin.cl
E-mail: jefe_lab@sernageomin.cl – Casilla: 10465 y 1347, correo 21- SANTIAGO – CHILE

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGíA Y MINERíA

LABORATORIO QUÍMICO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS No 2014-098

REFERENCIA CORRELATIVO No 322-14
REFERENCIA CORREO ELÉCTRONICO 07/04/2014
REMITE SERNAGEOMIN - GEOHIDROLOGÍA CONSULTORES LTDA.
ATENCIÓN SR. MARCELO SOLARI
MUESTRA SEDIMENTOS
PROYECTO TRABAJOS A TERCEROS
QUÍMICOS JUAN BUSTAMANTE E. - MARJORIE ARRIAGADA D.

Muestra	Cu (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)
P-13	26	97	20	11	13	111	42	867
P-28	8	<10	<10	<5	<5	79	15	862
P-24	32	84	11	9	12	45	80	740

	Y (ppm)	Zr (ppm)	Nb (ppm)	Ba (ppm)	Pb (ppm)	Sc (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)
P-13	<10	149	<5	437	8	<5	<1	10208
P-28	<10	95	<5	164	5	<5	<1	47670
P-24	<10	185	<5	45	16	<5	<1	22650

	Bi (ppm)	Ce (ppm)	Cd (ppm)	La (ppm)	Mo (ppm)	Sb (ppm)	Sn (ppm)	W (ppm)
P-13	<10	<20	<1	<20	<5	930	<20	<10
P-28	<10	<20	<1	<20	<5	1020	<20	<10
P-24	<10	<20	<1	<20	<5	32	<20	<10

	Cl %
P-24	6.40

25-04-2014

JUAN BUSTAMANTE ESPINOZA
JEFE LABORATORIO QUÍMICO

Departamento de Laboratorios Servicio Nacional de Geología y Minería
Til Til 1993, Ñuñoa - Santiago - FONO: (56-2) 2385292 FAX: (56-2) 2385332 - www.sernageomin.cl
E-mail: jefe_lab@sernageomin.cl – Casilla: 10465 y 1347, correo 21- SANTIAGO – CHILE

ANEXO I:
LISTA DE ASISTENCIA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

	LISTA DE ASISTENCIA **TALLER DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA** **"Diagnóstico de la subcuenca aportante al embalse Caritaya"**	**Fecha:** 05/03 GEOHIDROLOGÍA

Nº	Nombre	RUT	Institución / Empresa	Ciudad/ Localidad	Teléfono	e-mail	Firma
1	Andrés Rengros V.	9731923-5	Seremi	Arica	90740796		
2	Sonia Linares Y	7503892-5		Camarones	81846152		
3	Paulina Castro	15007814-8	Sahuara	SAHUARA	96341951		
4	Francisco Rojas Ar.	13863037-4	Municipio Camarones	Luga	93089269	Francisco_1354@gmail.com	
5	Gloria Urrunaga	13.006045-5	Representante legal	Vitor	68410685	gloria.urrunaga.xv.region@gmail.com	
6	Sindy Ríos V.	13 010.228-4	DGA	Arica	2582219	Sindy.Rios@mop.gov.cl	
7	Santiago Visa	4.871.792-6		Camarones.	93156664		
8	Alonso Gómez [illegible]	7.597.715-8	Com. ind. Mulluri	Camarones	99120584	[illegible]@yahoo.com	
9	Raúl Ibacache Rodríguez	10.600.465-3	I.M. Camarones	" "	91923319	F.[illegible].camarones	
10	Florencio Mamani	10.016.536-8	C.M. Mulluri	Camarones	76295382		
11	Mario Condori	6569294-9	C.M. Mulluri	Camarones	2490851	Mario [illegible]	
12	Lidia Castillo A.	12.834.816-2	Seremi agricultura	Arica	2232984	lidia.castillo@minagri.gob.cl	
13	Celerino Huanca[illegible]	7.278.618-3		Lluta	95575482		
14	Umercindo Paredes	4.410.389-3		Com. el bocanegro	222896		
15	Edmundo Riveros	8.853.997-6	Cod. Valle Hermoso	Arica	6509556	edmundo.riveros@[illegible]	
16	Ricardo Carlos	9.861.738-K	[illegible]	Arica	2264210	Rlmdw@[illegible]	
17	Osman Catalán	15409854-2	CNR	Arica.	2232911	Osman.Catalan@cnr.gob	
18							
19							
20							

Total participantes: 37

Duración:

Hoja nº: 1/2

Lugar: Arica. H. Savona

Marcelo Solari
GeoHidrología
Nombre, empresa y firma relator (es)

LISTA DE ASISTENCIA

TALLER DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

"Diagnóstico de la subcuenca aportante al embalse Caritaya"

Fecha: 05/03

GEOHIDROLOGIA

Nº	Nombre	RUT	Institución / Empresa	Ciudad/ Localidad	Teléfono	e-mail	Firma
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Total participantes: 37

Duración: 2,5 Hrs

Hoja nº: 2/2

Lugar: Arica, La Serena

Nombre, empresa y firma relator (es)

ANEXO J:
PRESENTACIÓN PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Gobierno de Chile

Estudio Básico: "Diagnóstico de la subcuenca aportante al Embalse Caritaya"

Leonardo Machuca, Coordinador del Estudio CNR

Marcelo Solari, Jefe del Estudio GeoHidrología Consultores

REUNIÓN INICIAL DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

ÍNDICE:

1. Marco general del estudio
2. Objetivos
3. Localización del área de estudio
4. Antecedentes del estudio
5. Contenidos del estudio
6. Principales trabajos a realizarse
7. Resultados esperados

MARCO GENERAL DEL ESTUDIO

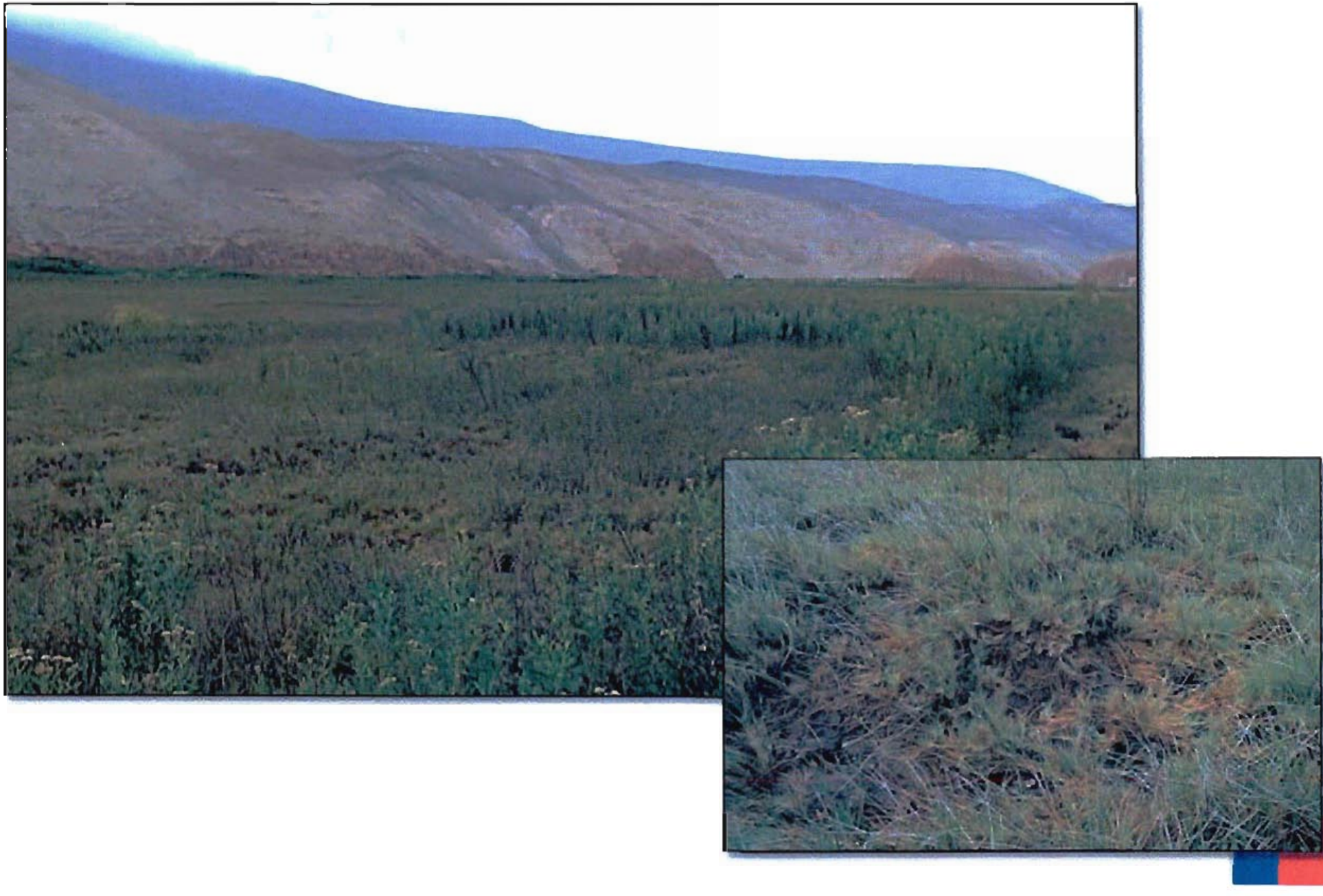
- La Comisión Nacional de Riego, como entidad planificadora del riego, tiene la preocupación de abordar el problema de contaminación de las aguas en el valle de Camarones.

- El diagnóstico de la situación actual del valle es que su agricultura , a pesar de tener excelentes condiciones de clima, por su mala calidad del agua, no permite una mayor diversificación de especies a cultivar y altos rendimientos.

- Se propuso iniciar una serie de estudios para determinar el origen y magnitud del problema, para posteriormente proponer medidas de solución que mitiguen la contaminación de las aguas del embalse Caritaya.

- Las medidas de solución preliminares planteadas serán evaluadas técnicas y económicamente en etapas futuras

Grama salada, pasto rústico que crece en condiciones de salinidad, sin utilidad productiva



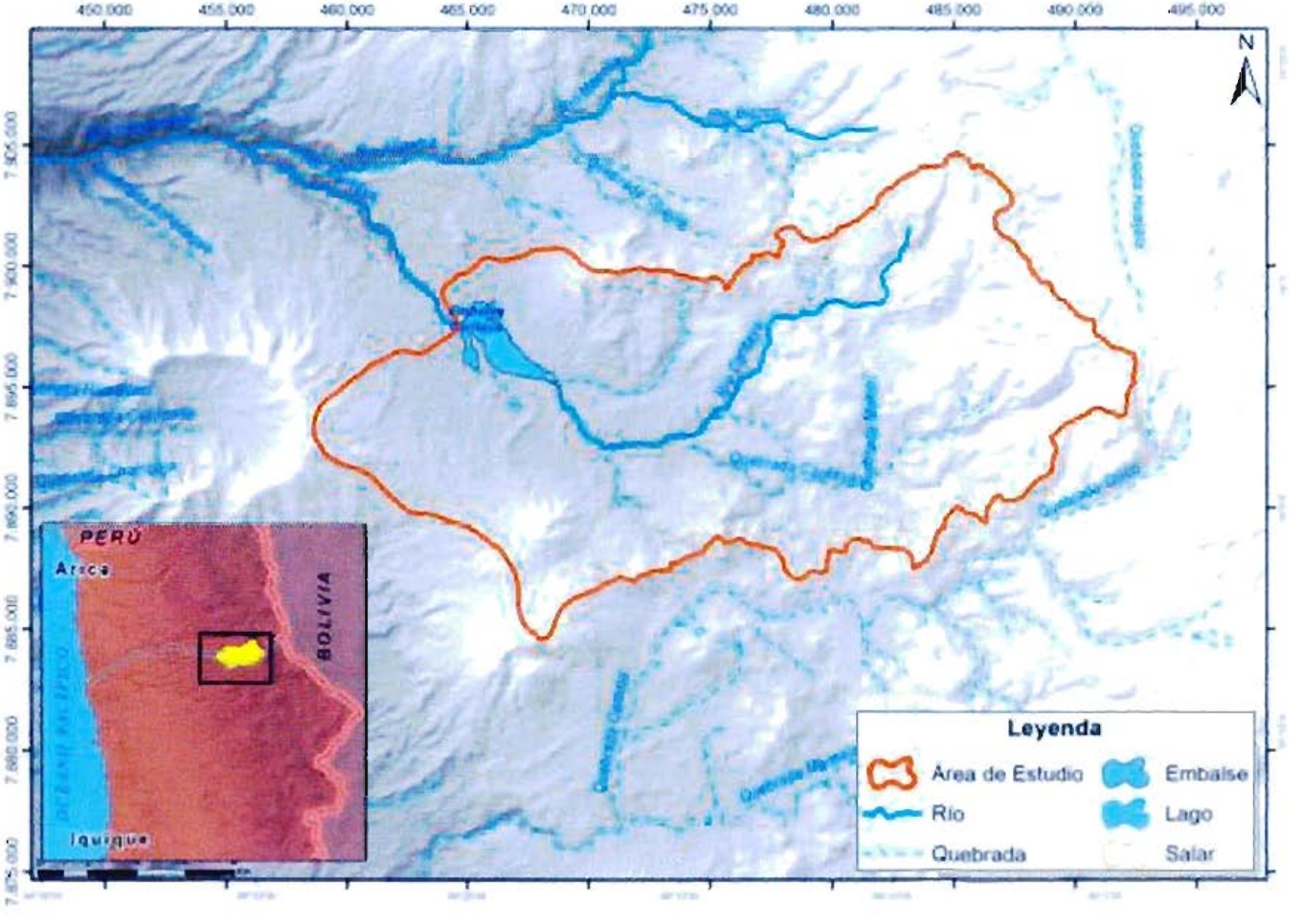
Agricultura típica de la zona, alfalfa regada por heras y maíz sembrado en surco

- Granado

- Olivo

OBJETIVOS:

Comprender el funcionamiento de las fuentes de contaminación de las aguas aportantes al Embalse Caritaya, por medio de la caracterización de la **hidrología**, **hidrogeología** y **geoquímica** de esta subcuenca.



LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO:

- **Se localiza en la XV Región de Arica y Parinacota, Comuna de Camarones**
- **Corresponde a la cuenca ubicada aguas arriba del E. Caritaya**

1 Ruta Iquique – E. Caritaya / Mulluri

2 Ruta Arica - Camarones

3 Ruta Arica – Ezquiña

4 Ruta Arica – Surire/Mulluri

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

- Al año 2009 habían constituidas 36 comunidades de aguas, en los más de 60 canales que componen el sistema.

- El año 2011 se formó la Junta de Vigilancia del río Camarones y sus tributarios, (integrada por 129 agricultores, los que conforman 24 comunidades de agua).

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

- El embalse se finalizó de construir el año 1932, se localiza en el río Caritaya a unos 10 km aguas arriba de su confluencia con el río Ajatama, a una altura de 3600 m.s.n.m. Posee una capacidad de almacenamiento de 42.171.000 m^3 para fines de regadío.

www.ugo.cn

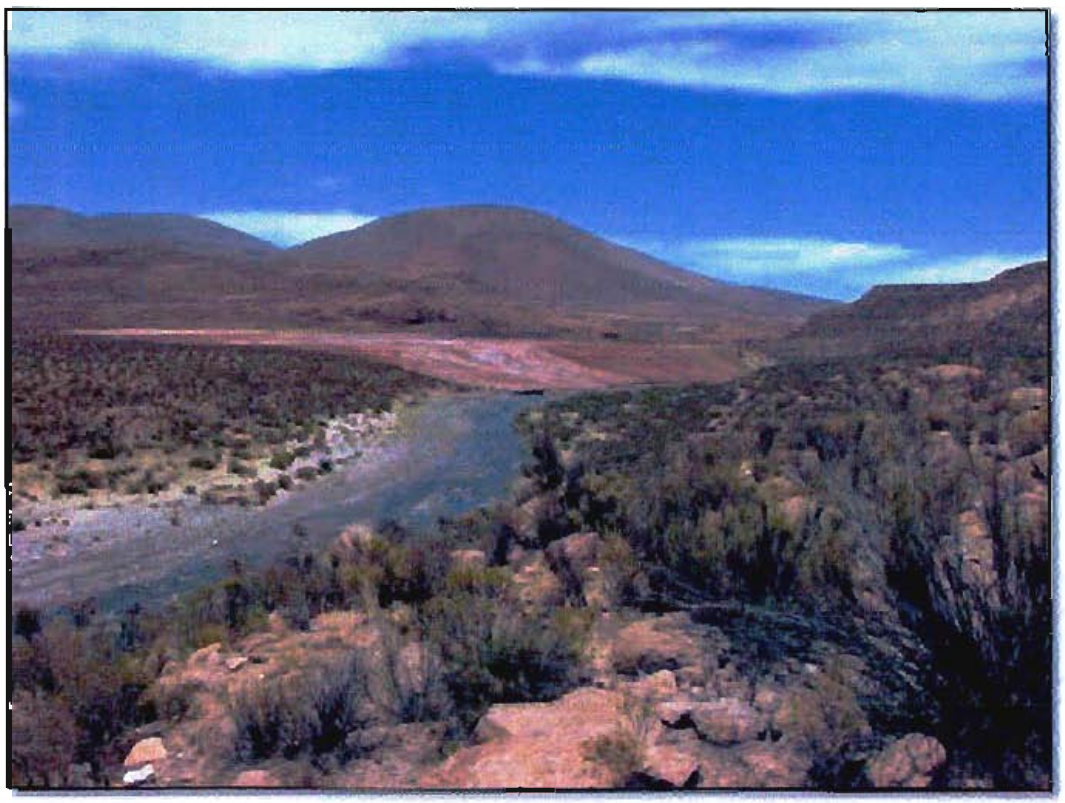
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

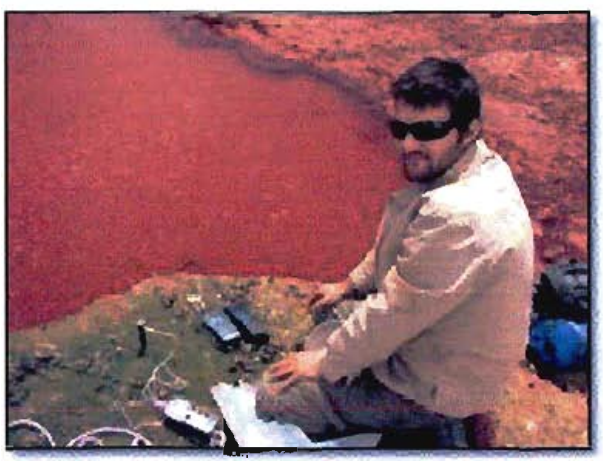
- A cargo de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) desde 2000.
- El 2009 se realizaron obras de reparación (SMI Ltda.) que consistieron en:
  - Retiro de sedimento
  - Reconstrucción del tapón
  - Impermeabilización del muro
  - Construcción de una torre de toma

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

- El estudio DGA-UTA (2010) detectó que uno de los principales focos de contaminación de As y B del río Caritaya, corresponden a las lagunas de Amuyo, que rebalsan al río aguas arriba del embalse.

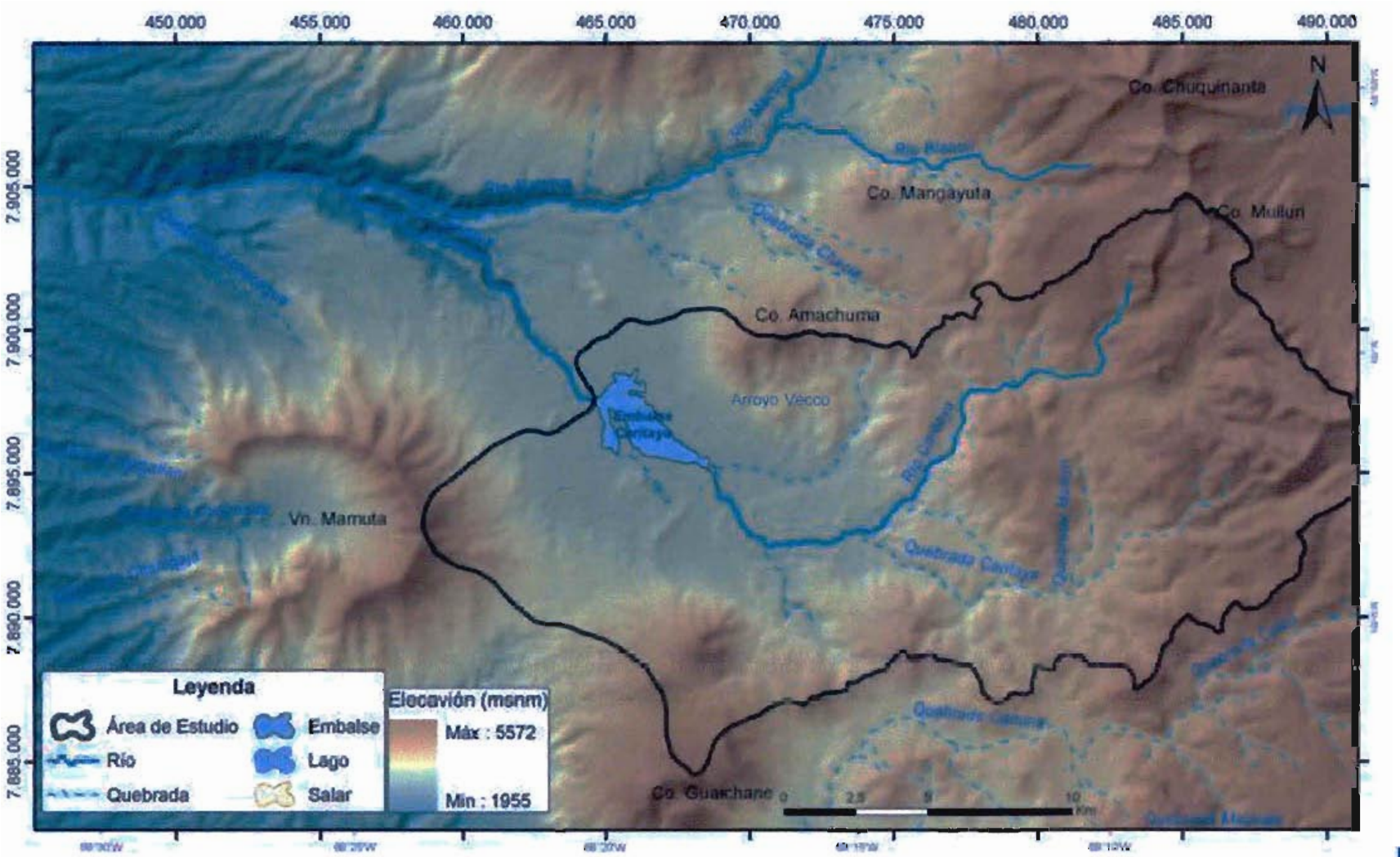
- Las lagunas presentan altas concentraciones de As (cercano a 10 mg/l) y B (cerca de 30 mg/L).



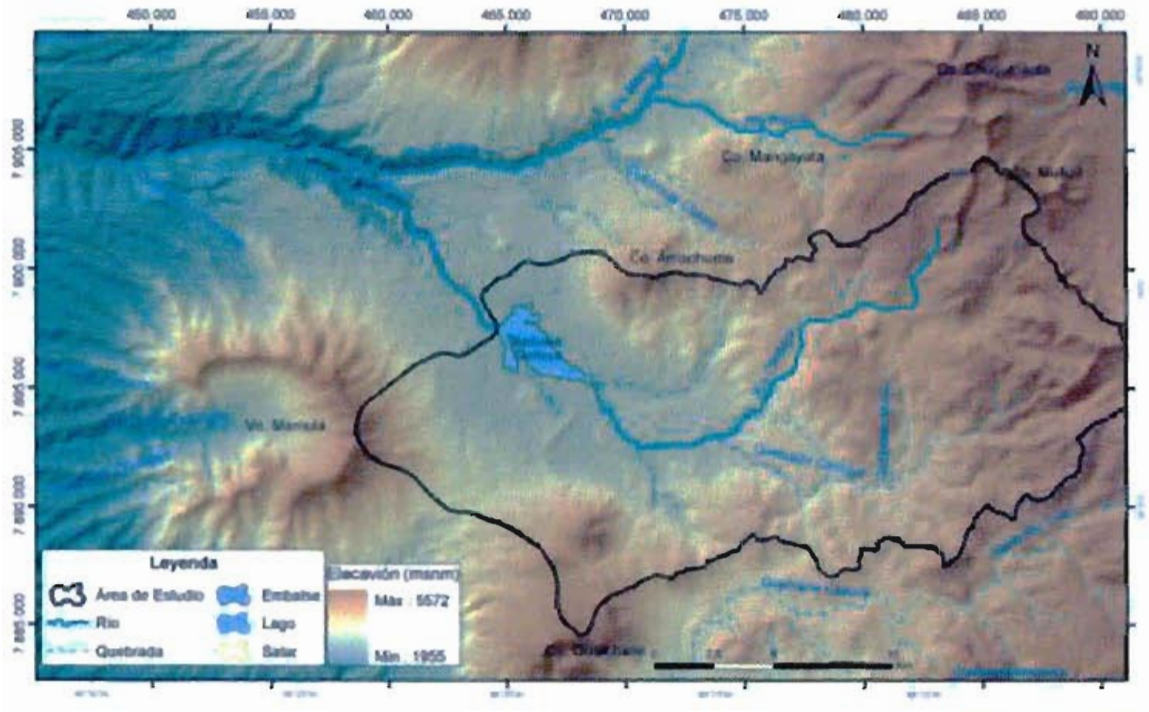


Descripción hidrográfica

- Subcuenca (360 km^2) ubicada aguas arriba desde la salida del embalse Caritaya
- Río Caritaya, Arroyo Vecco, Quebrada Caritaya

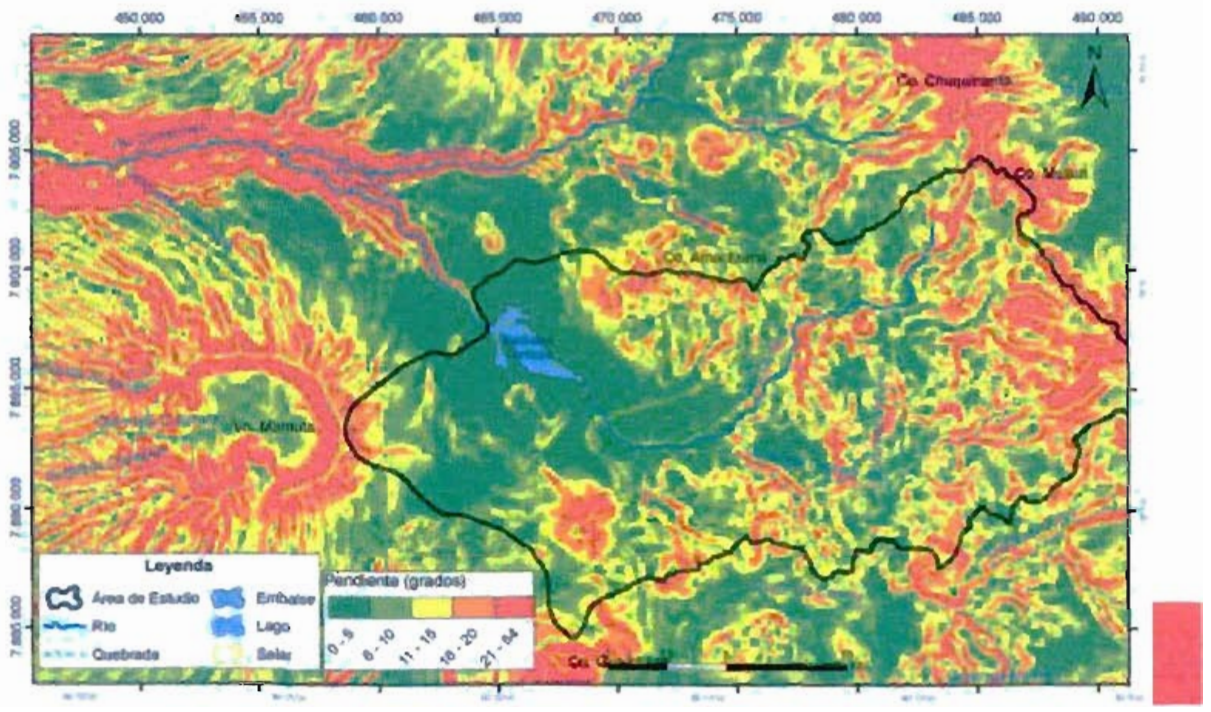


Descripción morfológica



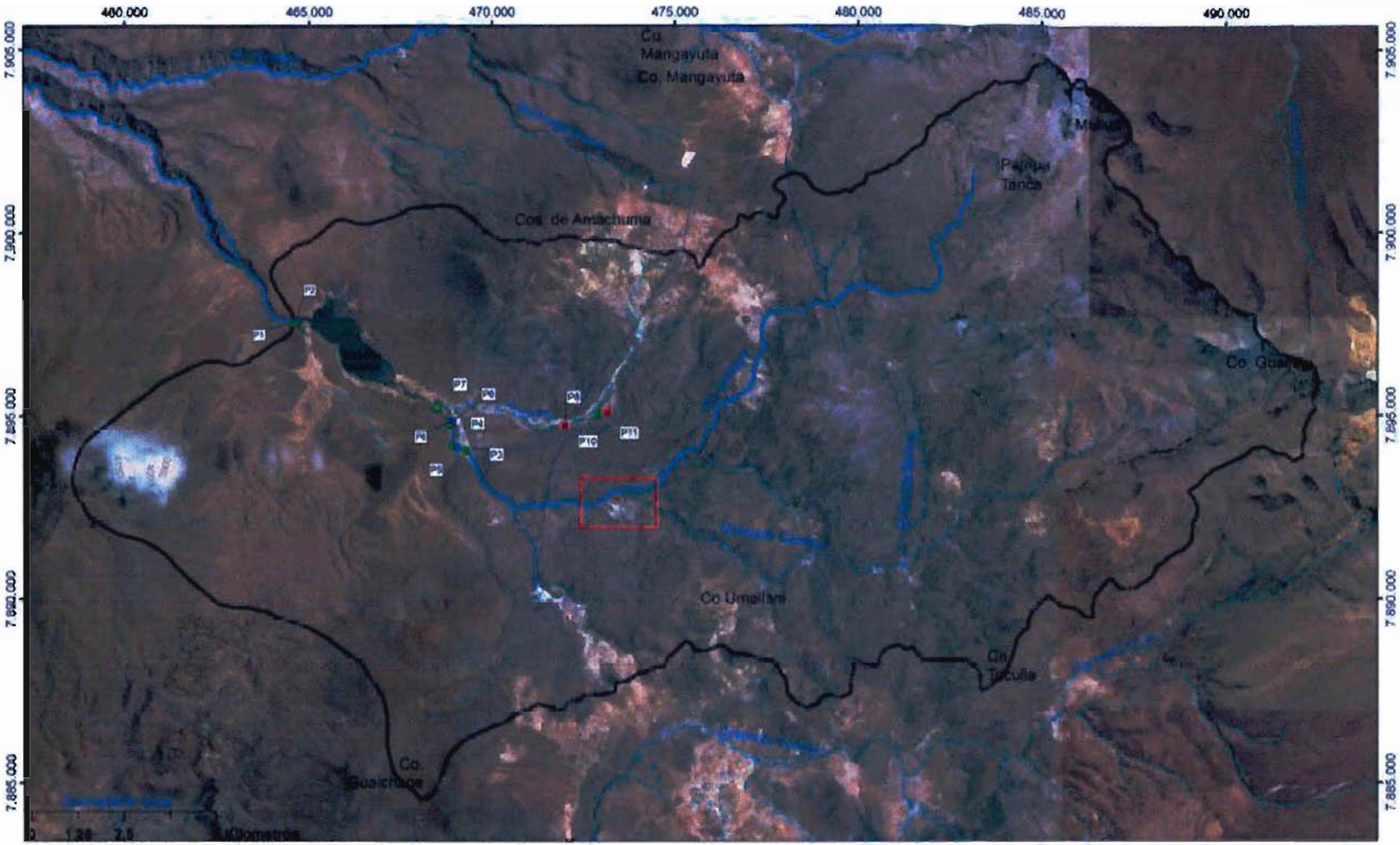
- Cota más baja en río Caritaya (**3.600 msnm**) al oeste del área de estudio, y máximas elevaciones superan los **5.000 msnm** hacia el sur de los volcanes Chiquiananta (5.579 msnm) y Mulluri (5.247 msnm).

- Hacia el oeste dominan pendientes suaves de **1° a 2°,** en el relleno aluvial y fluvial, mientras que en el límite este de la cuenca los cerros presentan pendientes cercanas a los **25°**
- Vn. Mamuta



Descripción geológica

Rxs. Volcánicas y **zonas de alteración**



zonas de alteración posibles fuentes aparte de la lagunas

Descripción geológica

- Afloramiento hidrotermal

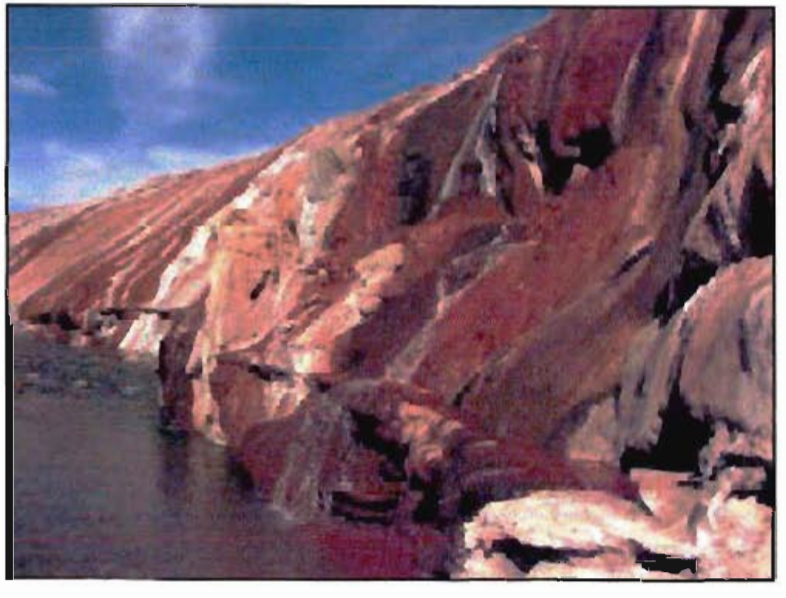
- Rebalsa y escurre al río

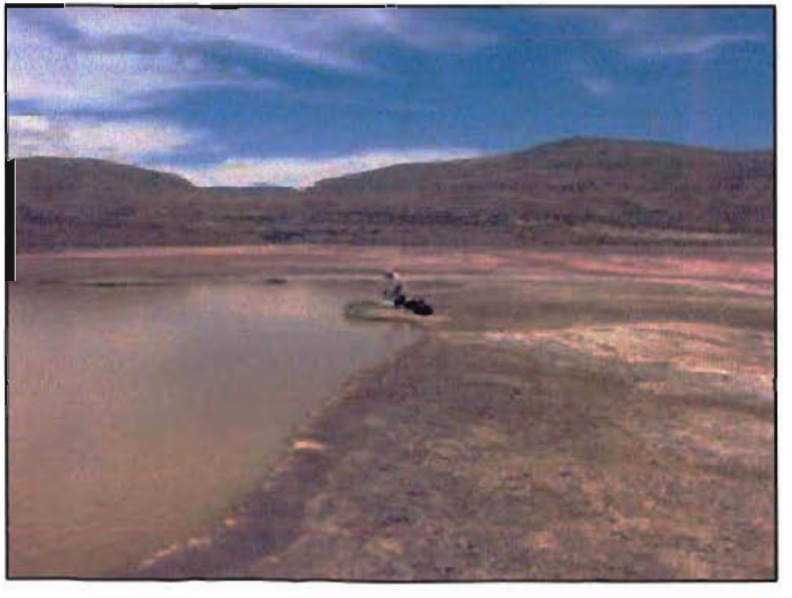
- Produce precipitación minerales
(Silice, Hematita, Yeso, Calcita, **Rejalgar y Oropimente**)

- Laguna roja 24°C en superficie y a 11 m de profundidad 57°C

- Laguna amarilla 25°C superficie y 28°C a 6,5 m profundidad

- Laguna verde 33°C y 2.5 m profundidad

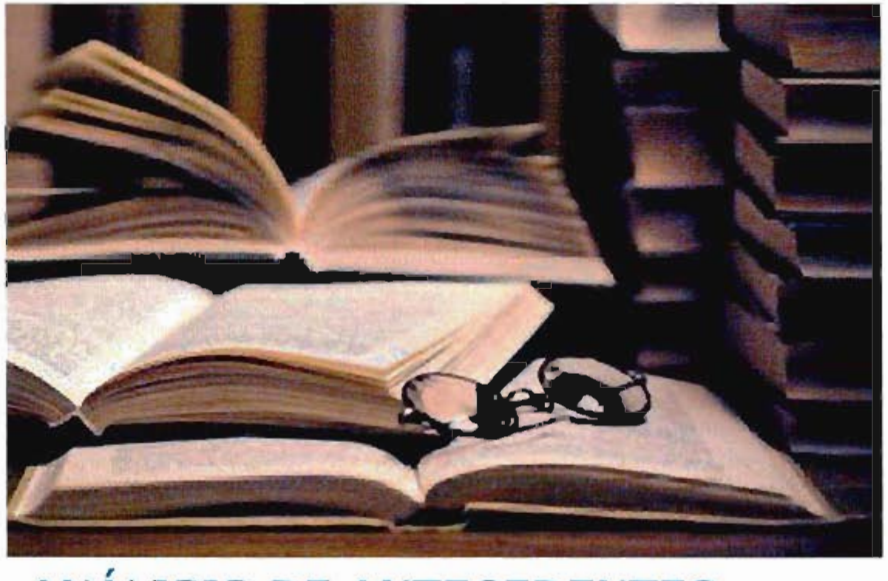




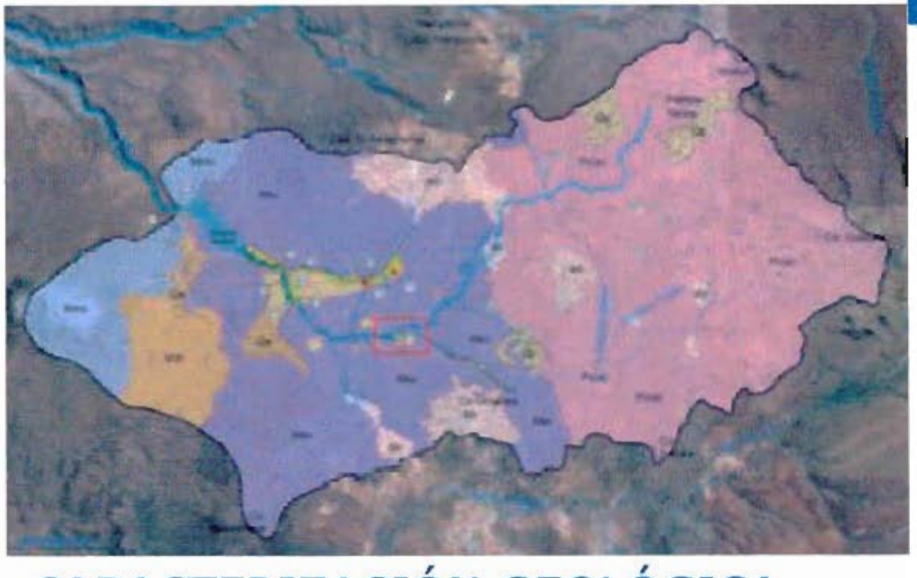
CONTENIDOS DEL ESTUDIO:

INFORME	CONTENIDO
Etapa 1 Antecedentes	-Análisis de antecedentes -PAC
Etapa 2 Trabajos de Terreno	-Caracterización geológica -Aforo de aguas superficiales (10 muestras, en dos campañas) -Calidad de aguas superficiales (10 muestras, en dos campañas) -Análisis isotópico -Instalación estación fluviométrica (3) -Estudio geofísica
Etapa 3 Caracterización del área	-Hidrológica -Hidrogeológica -Hidroquímica -Ambiental
Etapa 4 Modelo Conceptual	-Modelo Conceptual -Definición de alternativas de soluciones

PRINCIPALES TRABAJOS A REALIZAR:



ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

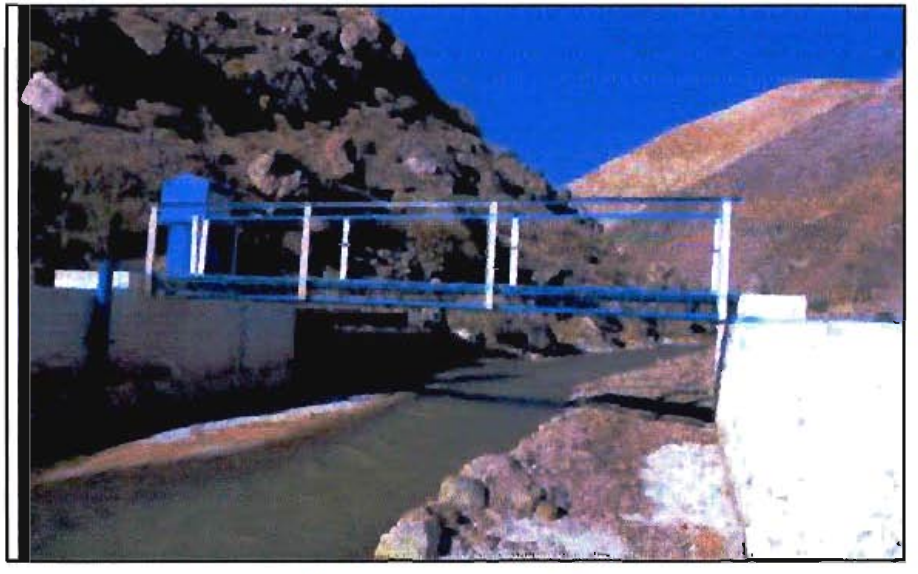


CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

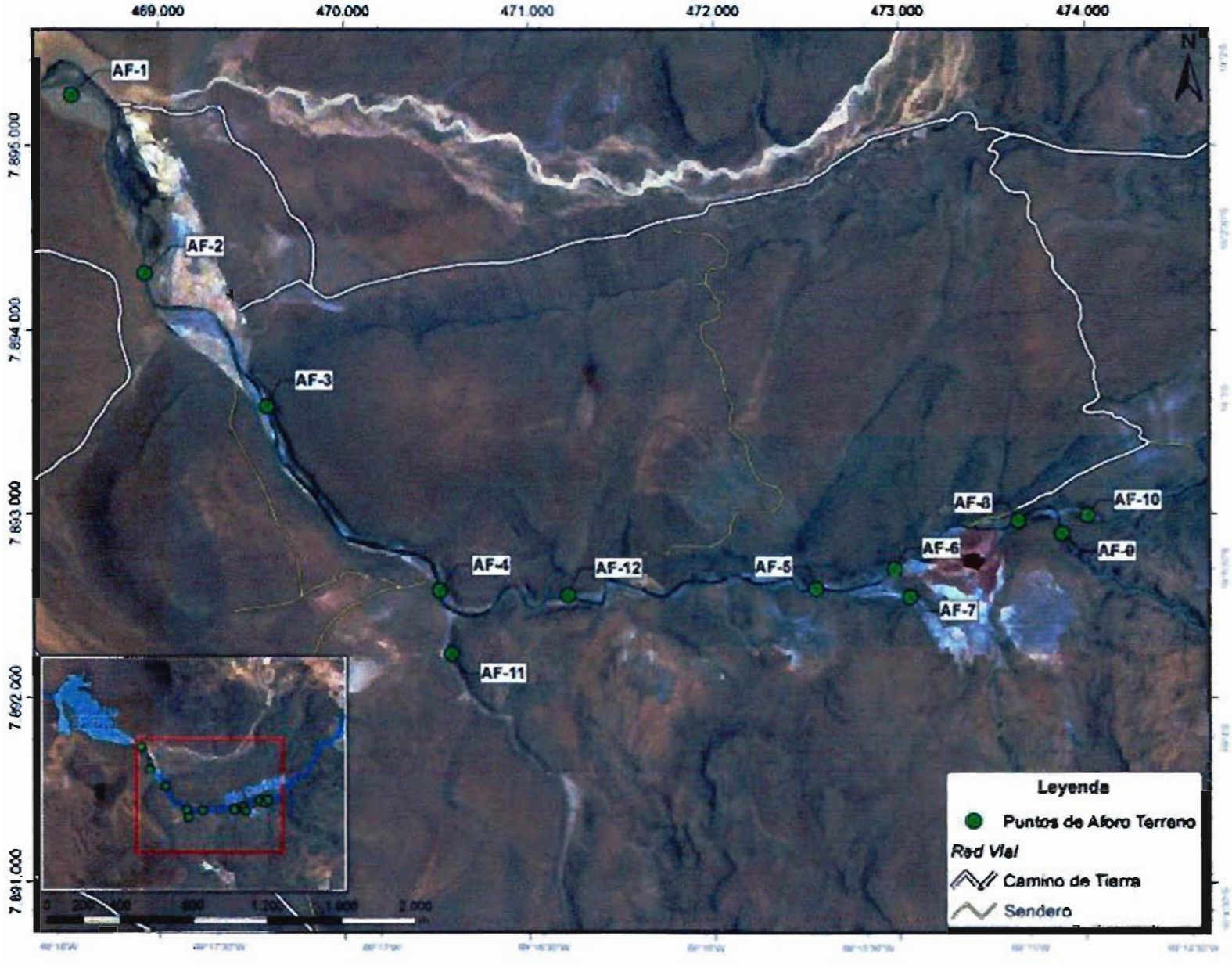
PRINCIPALES TRABAJOS A REALIZAR:



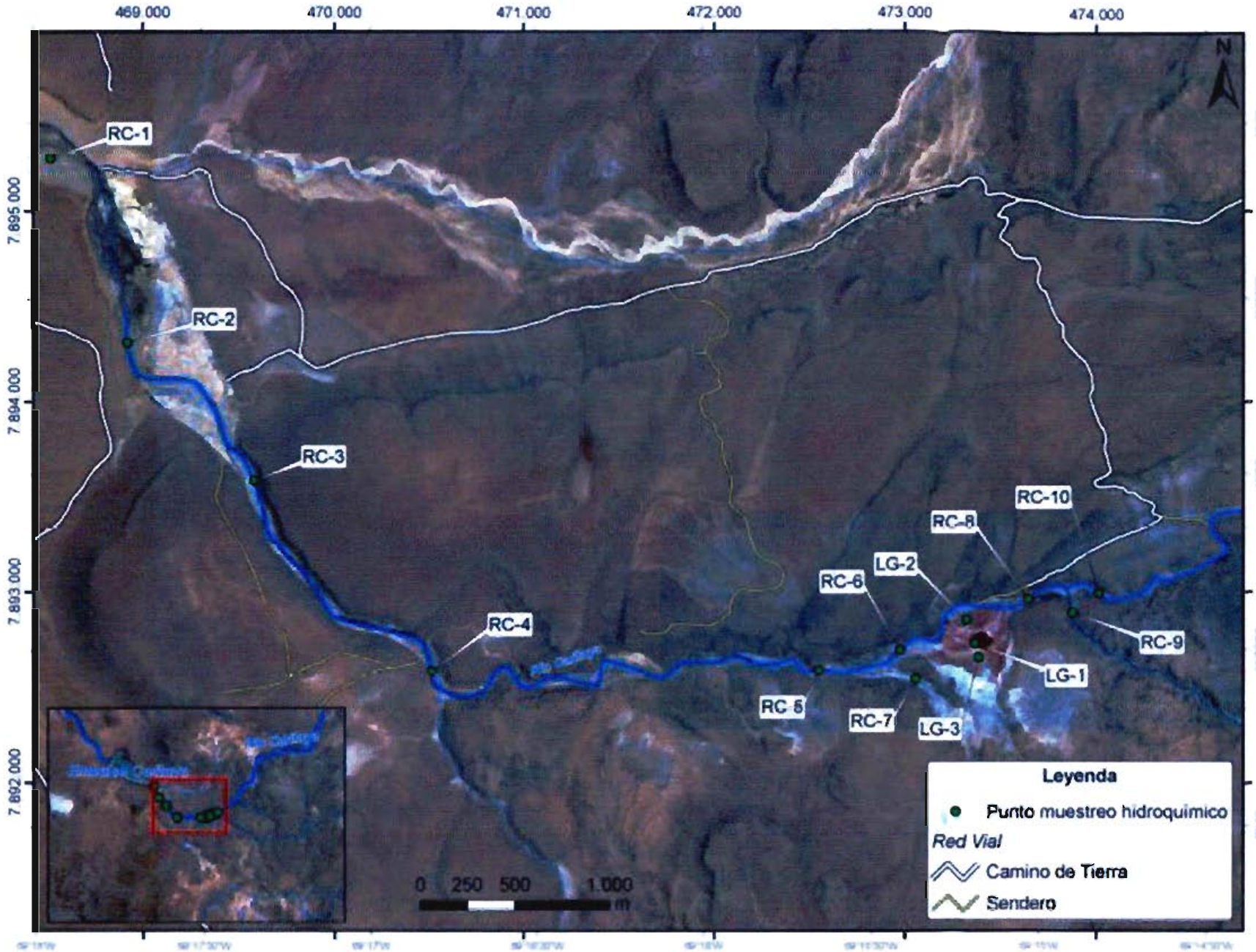
INSTALACIÓN ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

PRINCIPALES TRABAJOS A REALIZAR:



PRINCIPALES TRABAJOS A REALIZAR:



RESULTADOS ESPERADOS

- Comprender el funcionamiento de la cuenca
- Determinar las fuentes de contaminación a las aguas del río Caritaya
- Prospectar a nivel preliminar alternativas de solución
- Obtener resultados y productos que permitan la continuidad de estudios para concretar alternativas de solución

GRACIAS

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

Gobierno de Chile

www.gob.cl

ANEXO K :
ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA

GeoHidrología
UNA EMPRESA ARCADIS

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA

MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA EN RÍO CARITAYA

Rev.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	Descripción
A	Nombre Firma	D. Sciolla	M. Solari	E. Dzogolyk	Coordinación Interna
	Fecha	25.08.14	25.08.14	25.08.14	
B	Nombre Firma	D. Sciolla	M. Solari	E. Dzogolyk	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	05.09.14	05.09.14	05.09.14	
C	Nombre Firma	D. Sciolla	I. Despouy	E. Dzogolyk	Revisión y Aprobación Cliente 2
	Fecha	22.09.14	22.09.14	22.09.14	
D	Nombre Firma	D. Sciolla	I. Despouy	E. Dzogolyk	Revisión y Aprobación Cliente 3
	Fecha	08.10.14	09.10.14	09.10.14	

GeoHidrología
Antonio Varas 621, Providencia, Santiago
Teléfono: +56 2 2381 6000
www.geohidrologia.cl

DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA

MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA EN RÍO CARITAYA

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 5
2 ANTECEDENTES DEL TITULAR 9
3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO 10
3.1 OBRA QUE SE SOMETE A AUTORIZACIÓN 10
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA 12
4 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS 13
4.1 DISEÑO HIDRÁULICO 13
4.1.1 Diseño hidráulico conceptual 13
4.1.2 Campaña de terreno 14
4.1.3 Modelo y secciones de cálculo 14
4.1.4 Caso sin proyecto 15
4.1.5 Diseño hidráulico de la estación fluviométrica 17
4.1.6 Diseño de las obras civiles 24
4.1.7 Diseño estructural de la obra 26
4.1.8 Diseño de la instrumentación 27
4.1.9 Trabajos de desvío de cauce 30
4.2 ESTUDIO SOCAVACIONES 32
4.2.1 Método de cálculo utilizado 32
4.2.2 Determinación de caudales de diseño 34
4.2.3 Granulometría del sedimento 34
4.2.4 Metodología 35
4.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN 35
5 CONCLUSIONES 40

LISTADO DE APÉNDICES

APÉNDICE A DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA
APÉNDICE B ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES
APÉNDICE C PLANOS

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1: Área de estudio: Subcuenca aportante al embalse Caritaya 6

Figura 1-2: Mapa conceptual de calidad de aguas superficiales, indicando puntos caracterizados durante el año 2014 8

Figura 3-1: Ubicación estación fluviométrica 10

Figura 3-2: Aforos de caudal y medidas de conductividad eléctrica realizados en el mes de marzo del año 2014 11

Figura 4-1: Vista en planta de la obra (ver detalle en Apéndice C) 13

Figura 4-2: Eje hidráulico para el caso base. 15

Figura 4-3: Secciones transversales 16

Figura 4-4: Curvas de descarga para diseños considerados 17

Figura 4-5: Peraltamiento producido por las dos opciones de diseño. (Diseño 1 en rojo y diseño 2 en azul) 18

Figura 4-6: Eje hidráulico caso con proyecto, caudal igual a 1 m^3/s 20

Figura 4-7: Eje hidráulico caso con proyecto, caudales con periodos de retorno iguales a 10, 50 y 100 años 20

Figura 4-8: Perfiles transversales caso con proyecto, caudal igual a 1 m^3/s 21

Figura 4-9: Perfiles transversales caso con proyecto, caudales de 10, 50 y 100 años de periodo de retorno 21

Figura 4-10: Peraltamiento del escurrimiento y desborde de pretil 23

Figura 4-11: Plano de planta canal de aforo (Lámina 10 Apéndice C) 24

Figura 4-12: Detalle canal de medición – corte transversal D (Lámina 10 Apéndice C) 25

Figura 4-13: Tubería de medición (Lámina 10 Apéndice C) 25

Figura 4-14: Corte tipo de Pretil (Lámina 10 Apéndice C) 26

Figura 4-15: Sensor de nivel tipo codificador de boya 27

Figura 4-16: Regla limnimétrica 28

Figura 4-17: Data logger para almacenamiento y transmisión de datos 29

Figura 4-18: Socavación General del Lecho 33

Figura 4-19: Curva granulometrica 35
Figura 4-20: Distribución de velocidades en seccione de entrada del canal Parshall. 38
Figura 4-21: características del enrocado. 39

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Ubicación estación fluviométrica 11
Tabla 4-1: Características del escurrimiento caso sin proyecto 16
Tabla 4-2: Curva de descarga del aforador 19
Tabla 4-3: Características del escurrimiento para un caudal de 1 m^3/s 22
Tabla 4-4: Características del escurrimiento para un caudal con 100 años de periodo de retorno 22
Tabla 4-5: Especificaciones de sensor de nivel tipo encoder 28
Tabla 4-6: Especificaciones data logger 29
Tabla 4-7: Especificaciones modem transmisión de datos 30
Tabla 4-8: Caudales máximos instantáneos (m^3/s) para distintos períodos de retorno estimados para la cuenca de estudio 34
Tabla 4-9: Socavación sin proyecto. T=10 años PT 12 (KM 0,220) 36
Tabla 4-10: Socavación sin proyecto. T=50 años PT 12 (Km 0,220) 36
Tabla 4-11: Socavación sin proyecto. T=100 años PT 12 (Km 0,220) 36
Tabla 4-12: Socavación con proyecto. T=10 años PT 13 (Km 0,240) 37
Tabla 4-13: Socavación con proyecto. T=50 años PT 13 (Km 0,240) 37
Tabla 4-14: Socavación con proyecto. T=100 años PT 13 (Km 0,240) 37

1 INTRODUCCIÓN

El estudio "DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA" se enmarca en la cuenca del Río Camarones. Esta cuenca es la única de la región que cuenta con una obra de regulación, el embalse Caritaya (con capacidad de 42.171.000 m^3) construido en la década del 30 y reparado el año 2009 por la DOH. El río Camarones recibe aportes desde la parte superior de la cuenca, fundamentalmente de los tributarios Ajatama y Caritaya (Figura 1-1).

Se esperaba que el embalse Caritaya aumentase la seguridad y disponibilidad de los recursos hídricos, no obstante el desarrollo agrícola ha sido escaso, fundamentalmente debido a la mala calidad de sus aguas (Arsénico, As, y Boro, B). El estudio DGA-UTA (2010) detectó que uno de los principales focos de contaminación de As y B del río Caritaya, correspondía a las lagunas de Amuyo, ubicada en una de las subcuencas aportante al embalse Caritaya.

El cultivo en la zona no es posible sin riego, por lo que las condiciones agroclimáticas y las eventuales mejoras en la calidad hidroquímica del agua de riego, permitirían ampliar el abanico de cultivos. Por lo tanto, mejorar la calidad de las aguas de riego es una buena oportunidad para incentivar el crecimiento agrícola en el valle.

En este sentido, la Comisión Nacional de Riego (CNR) busca dar soluciones a la problemática identificada a través del desarrollo de estudios y proyectos en tres etapas:

- 1ra Etapa: Tiene como finalidad disponer de una caracterización de la subcuenca aportante al embalse Caritaya (zona de estudio en Figura 1-1), en los ámbitos hidrológicos, geoquímicos e hidrogeológico, que serán base para la segunda etapa.

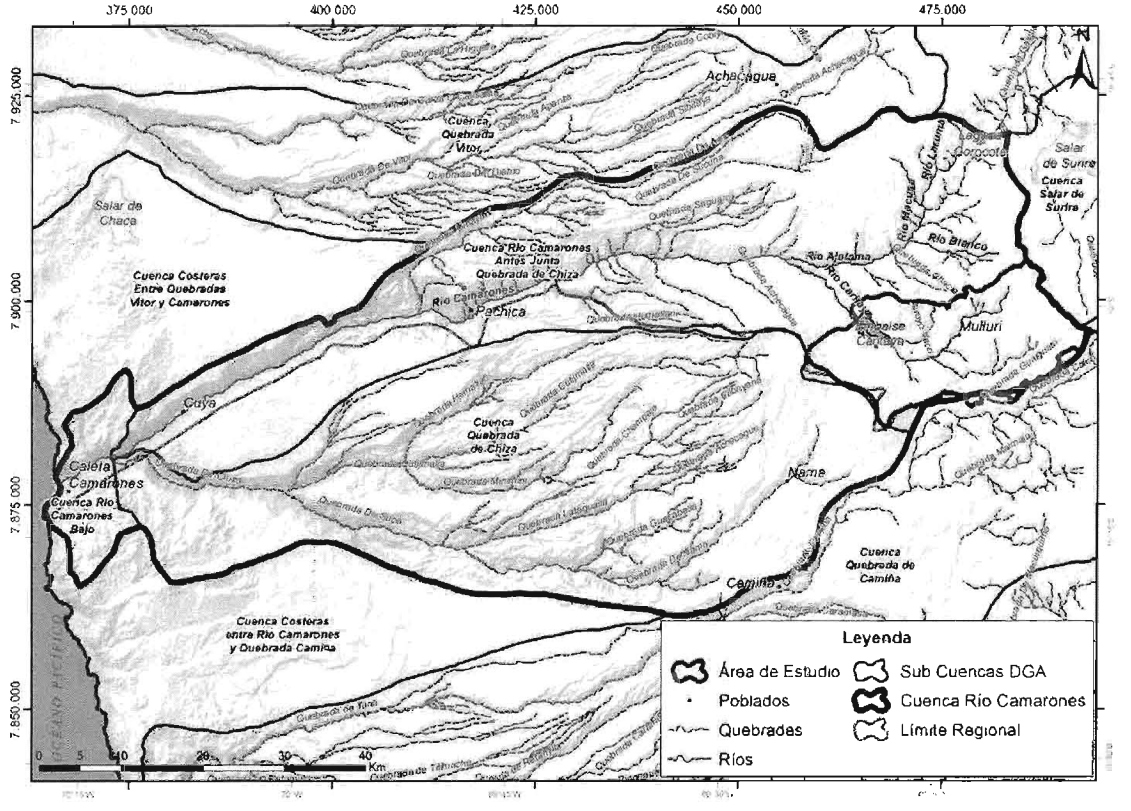
- 2da Etapa: Modelación numérica hidrogeológica y geoquímica, con la finalidad de disponer de una herramienta que permita evaluar distintos escenarios de mitigación y/o remediación.

- 3ra Etapa: Proyectos de ingeniería a nivel de pre-factibilidad, para la mejora de calidad de las agua del río Caritaya.

El estudio actualmente en desarrollo y presentado en esta sección, busca cumplir con la Primera Etapa del proyecto, sin perder de vista los objetivos de las etapas siguientes. Como parte de esta primera etapa.

El objetivo general del proyecto es caracterizar la hidrología, hidrogeología y geoquímica de la subcuenca aportante al embalse Caritaya, que sirvan de base para en futuros proyectos evaluar distintos escenarios de mitigación y/o remediación.

Figura 1-1: Área de estudio: Subcuenca aportante al embalse Caritaya



El presente informe contiene los antecedentes requeridos para solicitar la autorización de la modificación del cauce natural ante la Dirección General de Aguas (DGA), asociada a la obra de construcción de una estación fluviométrica en el río Caritaya, afluente al embalse del mismo nombre. Estás obras se enmarcan dentro del estudio de "Diagnóstico de la subcuenca aportante al embalse Caritaya".

Como se mencionó, las aguas embalsadas del río Caritaya poseen una mala calidad para ser utilizadas como aguas de riego, dado su alta salinidad cercana a los 3500 uS/cm, altos valores de Boro cercanos a los 25 mg/l y sus altas concentraciones de As cercanas a los 3 mg/l (Figura 1-2). La mala calidad actual de las aguas embalsadas no permite el correcto desarrollo agrícola del Valle del río Camarones, quienes dado su alta salinidad y concentración de Boro producen casi únicamente alfalfa.

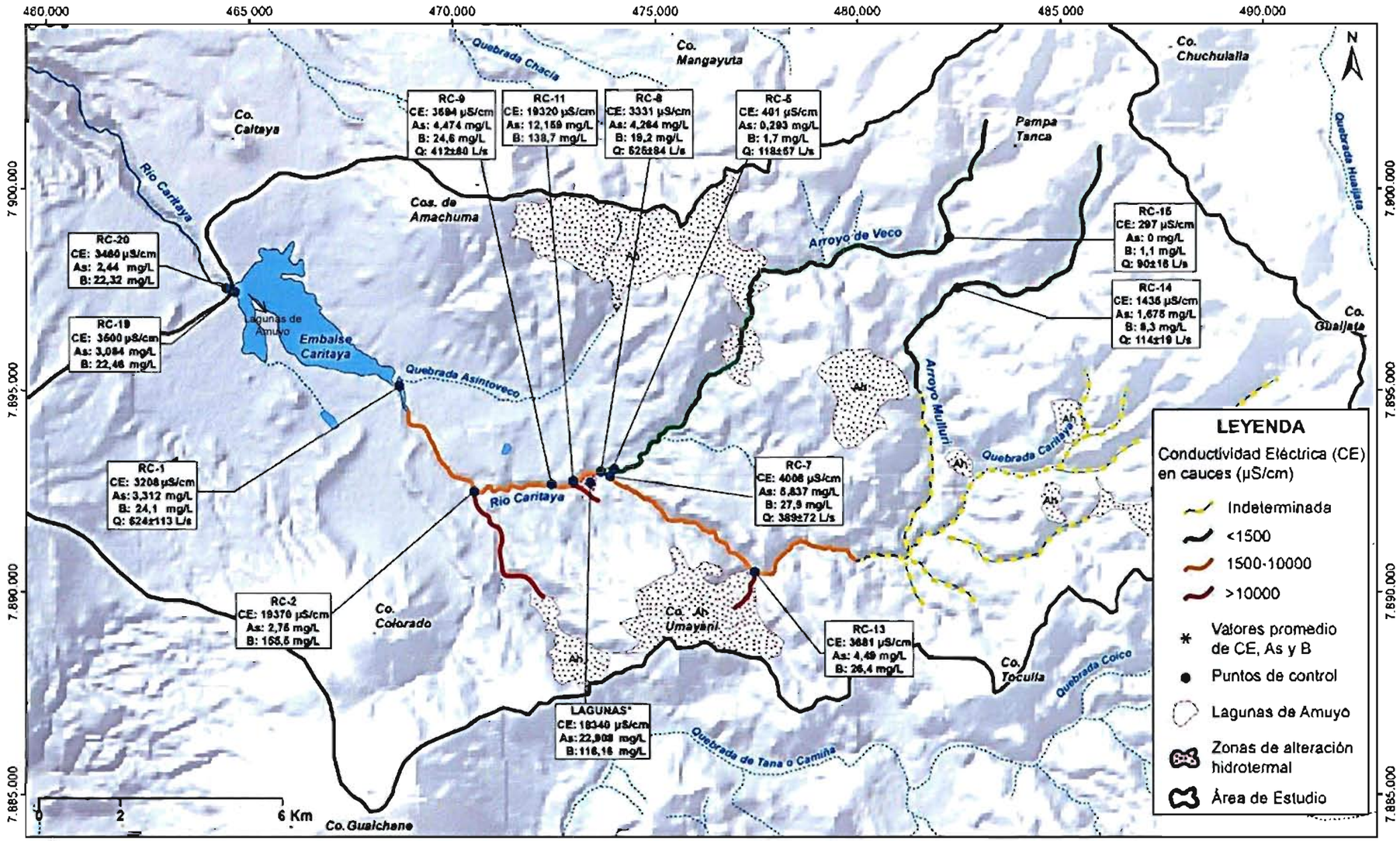
La investigación realizada en el estudio Diagnóstico de la subcuenca aportante al embalse Caritaya" revela que existe fuentes de contaminación múltiples. Más aún, identifica el Arroyo de Veco como afluente de buena calidad y el río Caritaya aguas arriba de las Lagunas de

Amuyo como un aporte de mala calidad (Figura 1-2). La estación fluviométrica está pensada para generar información de base para potenciales medidas de remediación, mitigación y/o separación de las aguas de buena y mala calidad. En este sentido, la construcción de la estación de aforo busca poder registrar y transmitir los caudales usuales (caudales que ocurren el 90% del tiempo) del río Caritaya, y así comprender de mejor manera el aporte de la contaminación natural y el aporte de aguas frescas del arroyo de Veco.

El presente informe técnico tiene por objetivo fundar la solicitud de autorización del permiso para la Modificación de Cauces Naturales, debido a la construcción de las obras asociadas a una estación fluviométrica en el caucel del río Caritaya, ante la dirección General de Aguas (DGA), en base a estipulado en los artículos 41 y 171 del Código de Aguas.

La estación, que será construida bajo los requerimientos de la Dirección General de Aguas (DGA), será recepcionada por la CNR quien será el titular de ésta. Luego traspasará su operación a la DGA para que sea ingresada a su red hidrométrica.

Figura 1-2: Mapa conceptual de calidad de aguas superficiales, indicando puntos caracterizados durante el año 2014



2 ANTECEDENTES DEL TITULAR

A continuación se presentan los antecedentes del Titular y del Representante Legal de la Comisión Nacional de Riego

Titular

Empresa	: Comisión Nacional de Riego
RUT	: 60.718.000-8
Domicilio	: Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449 Piso 4 Torre I Stgo. Downtown
Teléfono	: 24257900

Representante Legal

Representante Legal	: Patricio Grez Marchant
Nacionalidad	: Chileno
Profesión	: Ingeniero Agrónomo
Cédula de Identidad	: 6.760.648-1
Domicilio	: Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449 Piso 4 Torre I Stgo. Downtown
Correo electrónico	: patricio.grez@cnr.gob.cl
Teléfono	: 24257914

3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

3.1 OBRA QUE SE SOMETE A AUTORIZACIÓN

La comisión Nacional de Riego estableció en las bases de licitación la construcción de una estación fluviométrica en el río Caritaya, aguas arriba de las lagunas de Amuyo.

Para construir la estación fluviométrica se intervendrá el cauce natural del río Caritaya, en cumplimiento con lo establecido en los artículos 41 y 171 del Código de Aguas.

La ubicación administrativa del área de estudio es en la Región de Arica y Parinacota, Provincia de Arica, en la comuna de Camarones. La estación fluviométrica se emplazará en el río Caritaya, aguas arriba de las lagunas de Amuyo y aguas abajo de la confluencia del río Caritaya con el arroyo de Veco. En la Figura 3-1 se presenta la ubicación de la estación. En la Tabla 3-1 se presenta la coordenada en donde se instalará la estación.

Figura 3-1: Ubicación estación fluviométrica

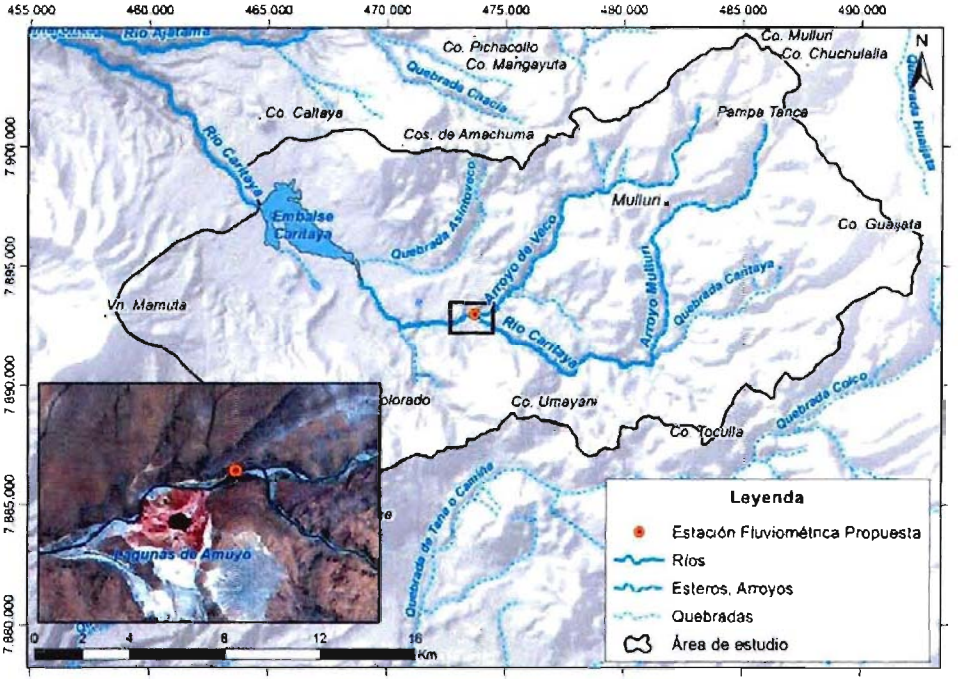
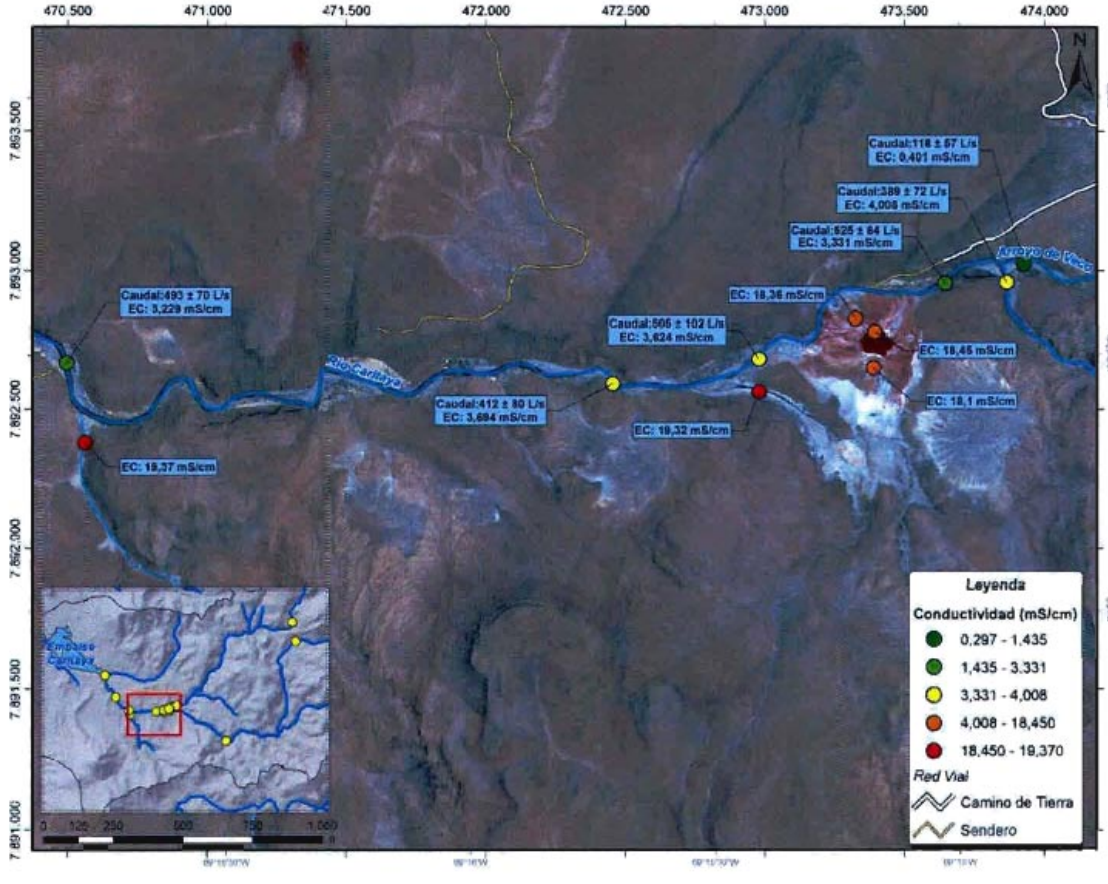


Tabla 3-1: Ubicación estación fluviométrica

Ubicación	Cauce a intervenir	Coordenadas UTM (WGS84) Norte (m)	Este (m)	Cota (msnm)
Río Caritaya	Río Caritaya	7.893.016	473.695	3.686,5

El objetivo de la estación fluviométrica es registrar y transmitir los caudales usuales (90% del tiempo) del agua de mezcla entre los aportes de aguas frescas provenientes del arroyo Vecco (0,4 mS/cm de conductividad eléctrica en Figura 3-2) y las aguas salobres (4 mS/cm de conductividad eléctrica Figura 3-2) provenientes del Rio Caritaya aguas arriba de del aporte hidrotermal (relativamente constante) asociado a las Lagunas de Amuyo. Esta caracterización servirá para generar información de base para la evaluación de futuras alternativas de mitigación y remediación que posiblemente se implementen.

Figura 3-2: Aforos de caudal y medidas de conductividad eléctrica realizados en el mes de marzo del año 2014



3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

La estación fluviométrica propuesta corresponde a una obra inserta en el cauce del río Caritaya. El cauce del río Caritaya es del tipo pedregoso sin una sección estable. Por esto se propone el diseño de una obra civil en la sección de aforo que consiste en un canal tipo Parshall.

La estructura es de hormigón armado y fue diseñada de acuerdo a los estándares de la DGA. La estructura cuenta con las siguientes obras:

- Obra de encausamiento: para conducir las aguas al punto de aforo, se proyectó un encausamiento mediante la construcción de pretiles de tierra de acuerdo a los requerimientos de la DOH. Para minimizar la posible destrucción por crecidas o aluviones se diseñó la estructura en ángulo de 45° con respecto al eje del cauce.

- Canal Parshall: corresponde a un canal de hormigón armado cuyas pendientes de fondo, anchos y altura están determinados por un diseño establecido. El ancho de la garganta (parte más estrecha) es de 0,914 m.

- Tubería de medición: la medición se realiza en tubería adyacente (1000 mm de diámetro interior de hormigón) a la estructura del canal, la cual se conecta por vasos comunicantes a través de una tubería de HDPE de 63 mm. La cota de la tubería de medición es 0,55 m inferior al canal para permitir el ingreso de sedimento sin por esto modificar la lectura del instrumento.

- Sistema de medición: Se instalará un sensor de nivel tipo codificador de boya para determinar el nivel dentro de la tubería de medición, los datos serán almacenados en un datalogger con compatibilidad de conexión a teléfono satelital para implementación de transmisión de datos. Los equipos son energizados por un sistema fotovoltaico.

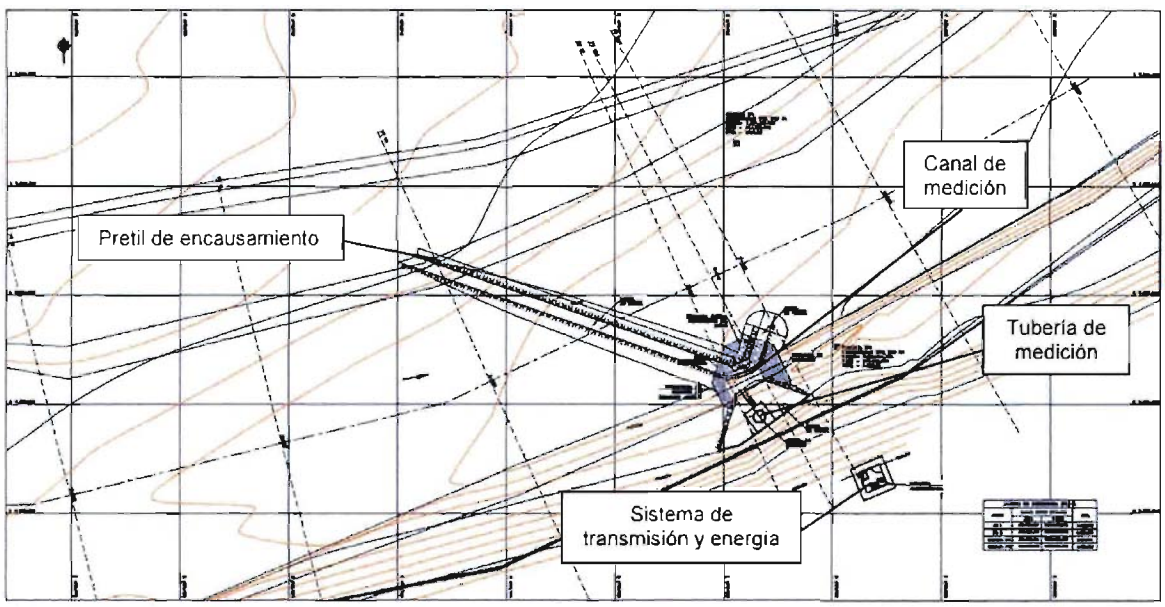
- Sistema fotovoltaico: Se instalará un sistema de energización fotovoltaico con baterías de ciclo profundo que entreguen un respaldo de a lo menos 3 días de energía. La caseta, los equipos fotovoltaicos y la torre de transmisión serán instalados en un radier y protegidos por un cerco tipo Acmafor de 2,4 m de altura.

Para mayor detalle ver el Capítulo 4.1 y el Apéndice B donde se detallan las especificaciones técnicas de las obras.

4 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS

En esta sección se presenta el diseño de la estación fluviométrica. En términos generales la obra estará compuesta por un pretil de encausamiento, un canal central de medición, una tubería de medición, un pretil de salida y un sistema de energía y transmisión de datos (Figura 4-1).

Figura 4-1: Vista en planta de la obra (ver detalle en Apéndice C)



4.1 DISEÑO HIDRÁULICO

El objetivo de la estación fluviométrica es registrar y transmitir los caudales usuales (que ocurran al menos un 90% del tiempo) del agua de mezcla entre los aportes de aguas frescas provenientes del arroyo Vecco y las aguas salobres provenientes del Rio Caritaya. Esta confluencia ocurre aguas arriba de del aporte hidrotermal asociado a las Lagunas de Amuyo.

4.1.1 Diseño hidráulico conceptual

A partir del análisis hidrológico traspuesto desde Codpa y Camiña, se estima que el caudal medio mínimo puede llegar a 0,031 m^3/s y medio máximo de 0,489 m^3/s. Para el período de lluvias (durante invierno altiplánico) se estima a partir de la estación ubicada en Camiña, que en un 90% los caudales medios son menores a 0,72 m^3/s y desde la estación de Codpa, que en un 90% los caudales medios son menores a 1,2 m^3/s.

Teniendo en consideración los caudales medios en el río, se diseñó la estación con una capacidad de medir caudales entre 0,03 m^3/s hasta 1,2 m^3/s. Por otro lado los caudales máximos de 10, 50 y 100 años de periodo de retorno son iguales a 9,7, 15,3 y 17,7 m^3/s respectivamente.
La diferencia entre los caudales que se desean medir y los caudales de crecidas es importante, por lo que la estación requiere de un diseño especial que le permita medir los caudales bajos y dejar pasar las crecidas minimizando los daños a la obra. Esto se logra mediante un pretil que conduzca los caudales menores a 1,2 m^3/s hacia la estación. En caso de un crecida, el flujo desborda el pretil, escurriendo una porción menor por la sección de control y la mayor parte a un costado de ella. De esta forma se protege a la sección de control y la instrumentación, teniéndose que reparar solamente el pretil después de una crecida.

4.1.2 Campaña de terreno

Se realizó una campaña de terreno desde el 02 al 04 de mayo de 2014, la que consideró un recorrido preliminar para la identificación de la zona, y una medición de la topografía aguas arriba y aguas abajo del punto propuesto para la instalación de la estructura de soporte del equipo de medición.

La topografía se llevó a cabo empleando dos antenas marca Trimble modelo 5800 y una radio pld 450 para dejar el equipo RTK. Se materializaron dos puntos de referencia (PR) que se detallan en planos. En Apéndice C se presentan los planos.

Se sacaron muestras de suelos a ambos lados del cauce con el objetivo de realizar los cálculos de socavación y anclaje de las obras civiles. Se observa que el cauce es del tipo pedregoso sin sección estable.

4.1.3 Modelo y secciones de cálculo

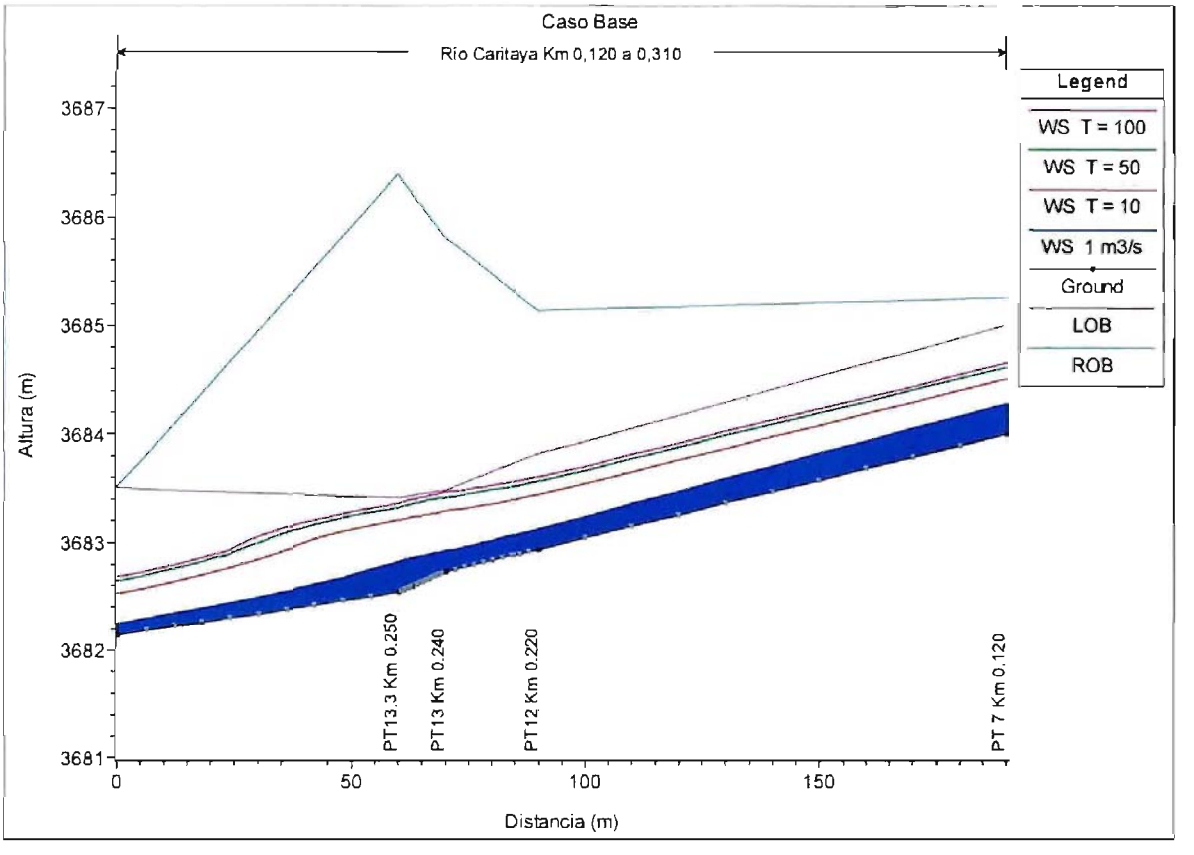
Las condiciones hidráulicas del escurrimiento (altura de agua, velocidad, altura crítica, etc.) se determinaron mediante el programa HEC-RAS. Las secciones hidráulicas consideradas en el modelo son las siguientes: La sección PT 7 (Km 0,120) que corresponde al comienzo del área de modelación, PT 12 (Km 0,220) marca el comienzo de las obras de encauzamiento (pretiles), PT 13 (Km 0,240) y PT 13.1 (Km 0,243) corresponden al comienzo y al final del canal de hormigón armado respectivamente, PT 13.2 (Km 0,246) corresponde a la sección natural ubicada al término de los pretiles y PT 16.1 (Km 0,310) que corresponde a la sección de término del área de modelación. La topografía fue interpolada entre estas secciones a fin de obtener un mejor resolución espacial.

Los cálculos de altura de agua para los períodos de retorno de 10, 50 y 100 años se realizaron permitiendo que el flujo pase por la sección de la estación fluviométrica y por el cauce natural que es separado por los pretiles en condiciones normales. Esto permite representar el efecto de la erosión de los pretiles.

4.1.4 Caso sin proyecto

Se realizo utilizó la modelación por medio del programa HEC-RAS para determinar las alturas de agua y las propiedades del escurrimiento para el caso base sin proyecto. La Figura 4-2 muestra el eje hidráulico calculado para caudales iguales a 1 m^3/s y caudales con periodo de retorno de 10, 50 y 100 años.

Figura 4-2: Eje hidráulico para el caso base.



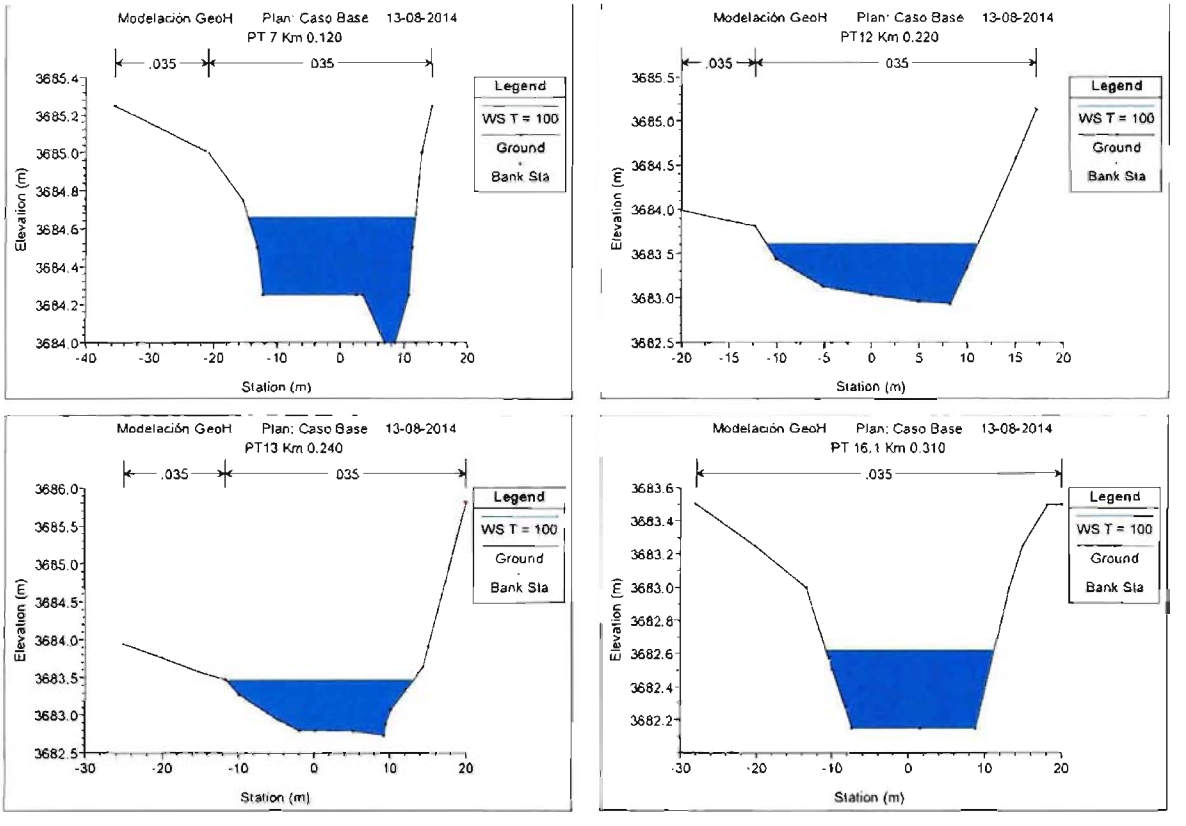
Como se aprecia en la Figura, el escurrimiento ocurre dentro de los márgenes del río para crecidas con periodos de retorno menores o iguales que 100 años.

La Tabla 4-1 presenta las características del escurrimiento para la crecida con 100 años de periodo de retorno y la Figura 4-3 muestra las secciones transversales y el eje hidráulico.

Tabla 4-1: Características del escurrimiento caso sin proyecto

Estación	Km	H fondo	Altura esc.	H crítica	H energía	m energía	Velocidad	Área esc.	Ancho sup.
PT 7	0,1200	3684,00	3684,65	3684,59	3684,79	0,010328	1,62	10,96	26,25
PT 12	0,2200	3682,94	3683,61		3683,75	0,009665	1,70	10,42	22,05
PT 13	0,2400	3682,73	3683,46		3683,57	0,006747	1,46	12,12	24,57
PT 16.1	0,3100	3682,15	3682,69	3682,62	3682,83	0,009997	1,69	10,45	22,80

Figura 4-3: Secciones transversales



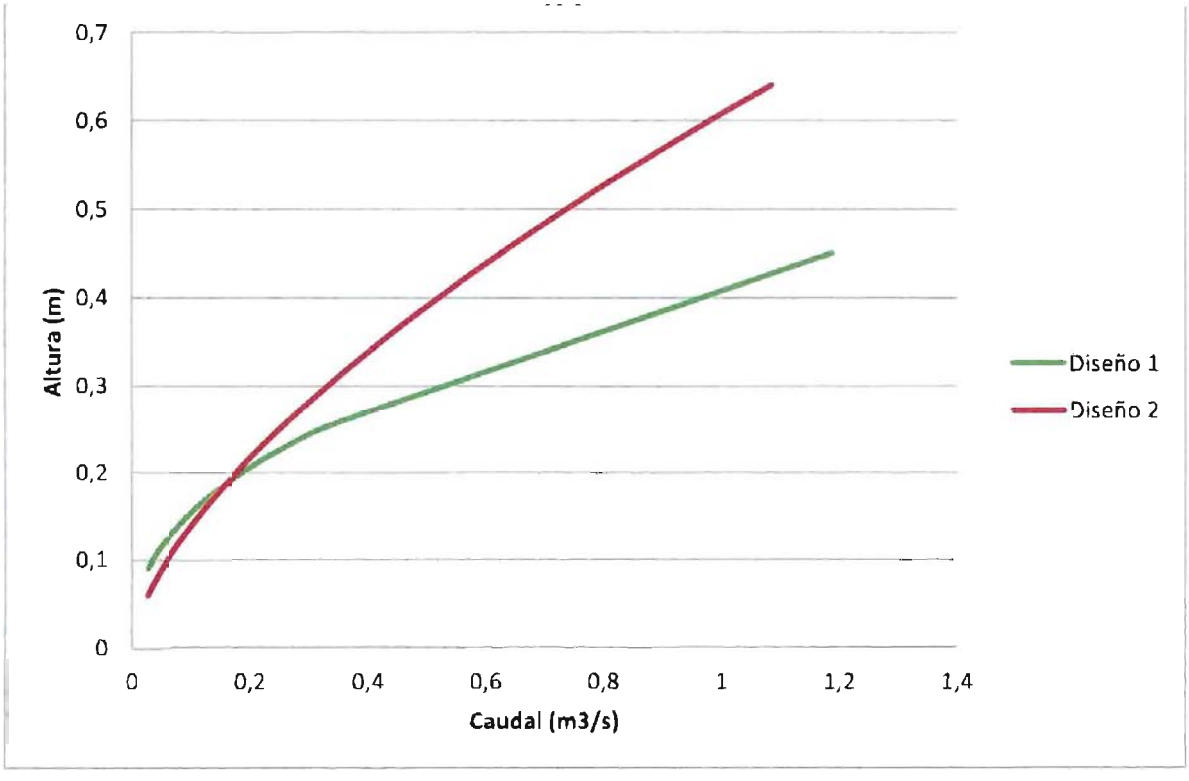
Las velocidades del escurrimiento tienden a ser bajas, menores que 2 m^3/s y el escurrimiento llena el cauce, teniendo un ancho superficial en torno a los 23 m pero sin desbordar los margenes. El escurrimiento es subcrítico en toda la zona modelada.

4.1.5 Diseño hidráulico de la estación fluviométrica

Se consideraron dos diseños para la obra de control. El diseño 1 corresponde a un canal de 5 m de largo y 2 m de ancho, con una altura de 0,55 m y un fondo triangular que permite obtener mayor precisión en caudales bajos. La segunda alternativa corresponde a un canal tipo Parshall con una ancho de 0,914 m en su garganta (parte más angosta), un largo de 3,16 m y 0,91 m de alto.

La Figura 4-4 presenta las curvas de descarga de los dos diseños considerados. La curva de descarga del diseño 1 se obtuvo a partir la modelación en Hec-Ras. La curva de descarga del diseño 2 se realizó según el punto I.4-4 del *Manual of Stream Gauging* (WMO-No1044).

Figura 4-4: Curvas de descarga para diseños considerados

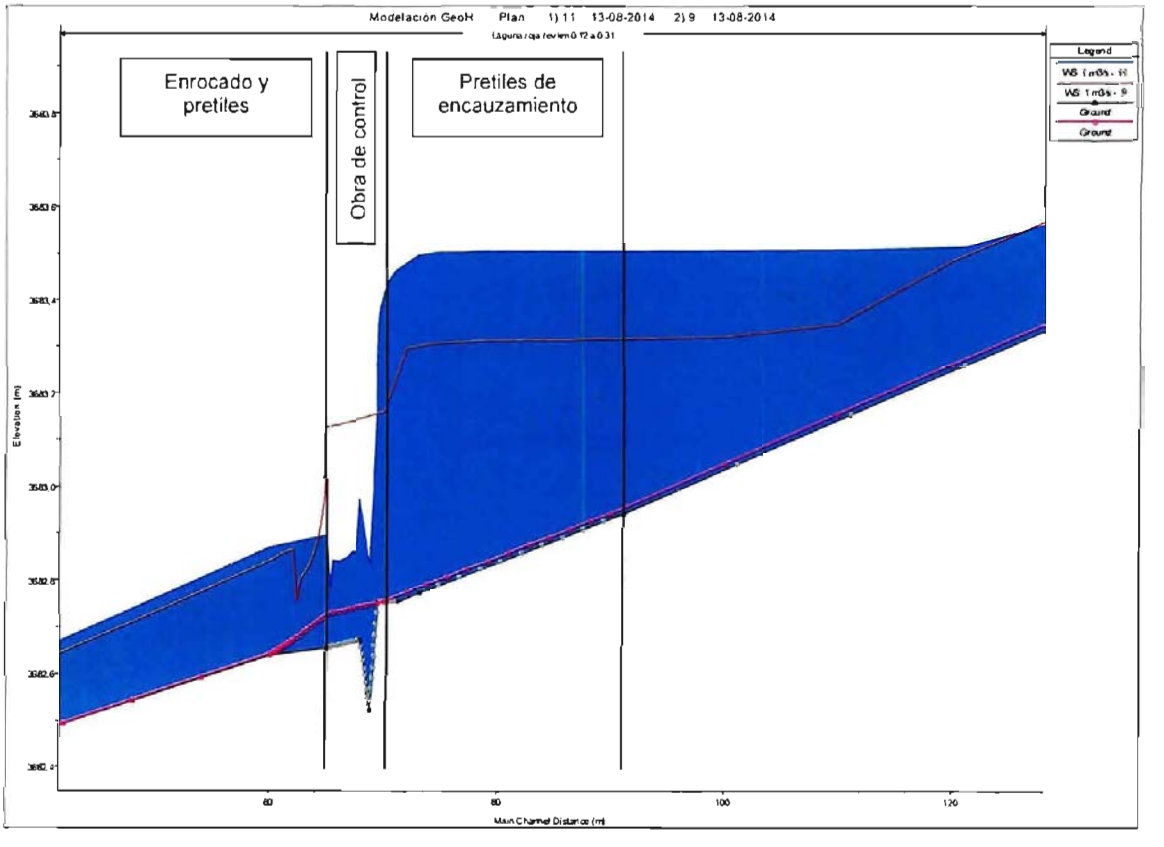


El diseño 1 puede registrar caudales entre 30 l/s y 1.200 l/s con alturas de agua entre 0,09 y 0,44 m, mientras que el diseño 2 puede registrar caudales entre 30 l/s y 1.200 l/s con alturas de agua entre 0,07 y 0,68 m. El diseño 1 requiere mayor altura de agua para registrar los caudales. Esto es poco deseable ya que el efecto de peraltamiento producido por la obra de

control es mayor. Por otro lado este diseño 2 logra una mejor precisión para registrar los caudales medios grandes. Considerando el error de medición de altura que tienen los instrumentos (0.1% del rango de medición que suele ser de 2 m), al medir caudales de 500 l/s el error será de una magnitud de +- 8 L/s en el diseño 1 y +-4 L/s en el diseño 2. Esta diferencia teórica en el error se considera tolerable en ambos casos (menor a 2%), siendo el diseño 2 más preciso, ya que tiene solo la mitad del error teórico del diseño 1 en la medición de caudales. Para caudales bajos el error será menor en el diseño 1, ya que las pendientes de las curvas son más parecidas.

La Figura 4-5 presenta los peraltamientos producidos por ambas estructuras de control para un caudal de 1 m^3/s. Para determinar la altura de agua en ambos diseños, se utilizó la modelación por medio del programa HEC-RAS.

Figura 4-5: Peraltamiento producido por las dos opciones de diseño. (Diseño 1 en rojo y diseño 2 en azul)



Como se puede apreciar el peraltamiento producido por el diseño 1 (en rojo) es menor tanto en longitud como en altura. Esto es conveniente para el diseño del pretil que debe ser sobrepasado por el caudal en caso de una crecida importante, ya que al tener menor altura el aumento instantáneo en el caudal que escurre por el lado de la obras será menor, generando menores impactos a la obra. Por otro lado, los peraltamientos producidos por ambos diseños no producen el desborde del río en el rango de caudales estudiados.

Ambos diseños tienen ventajas por sobre el otro. La ventaja del diseño 1 es que produce un menor peraltamiento, esto a su vez implica que la obra será más resistente frente al paso de *una crecida*. Por otro lado el diseño 2 es más preciso en medir los caudales. Teniendo en consideración que los peraltamientos producidos por ambos diseños no desbordan el río y que el objetivo de la estación es caracterizar con la mayor precisión posible los caudales afluentes al embalse Caritaya, se consideró que el diseño 2 (canal Parshall) es el más adecuado para cumplir con la doble función de medir con precisión los caudales medios y permitir el paso de las crecidas de magnitud importante. La Tabla 4-2 presenta la curva de descarga del aforador.

Tabla 4-2: Curva de descarga del aforador

Q (m3/s)	H (m)
0,02	0,05
0,06	0,10
0,11	0,15
0,18	0,20
0,25	0,25
0,33	0,30
0,42	0,35
0,52	0,40
0,63	0,45
0,74	0,50
0,86	0,55
0,98	0,60
1,11	0,65
1,25	0,70

Se determinaron los ejes hidráulicos para el caso con proyecto, utilizando el diseño seleccionado. Se utilizó la modelación por medio del programa HEC-RAS. La Figura 4-6 muestra el eje hidráulico para un caudal de 1 m^3/s y la Figura 4-7 para crecidas con periodo de retorno iguales a 10, 50 y 100 años. Para estos caudales la obra se considera desbordada. La Figura 4-8 y Figura 4-9 muestran los perfiles transversales de los escurrimientos.

Figura 4-6: Eje hidráulico caso con proyecto, caudal igual a 1 m^3/s

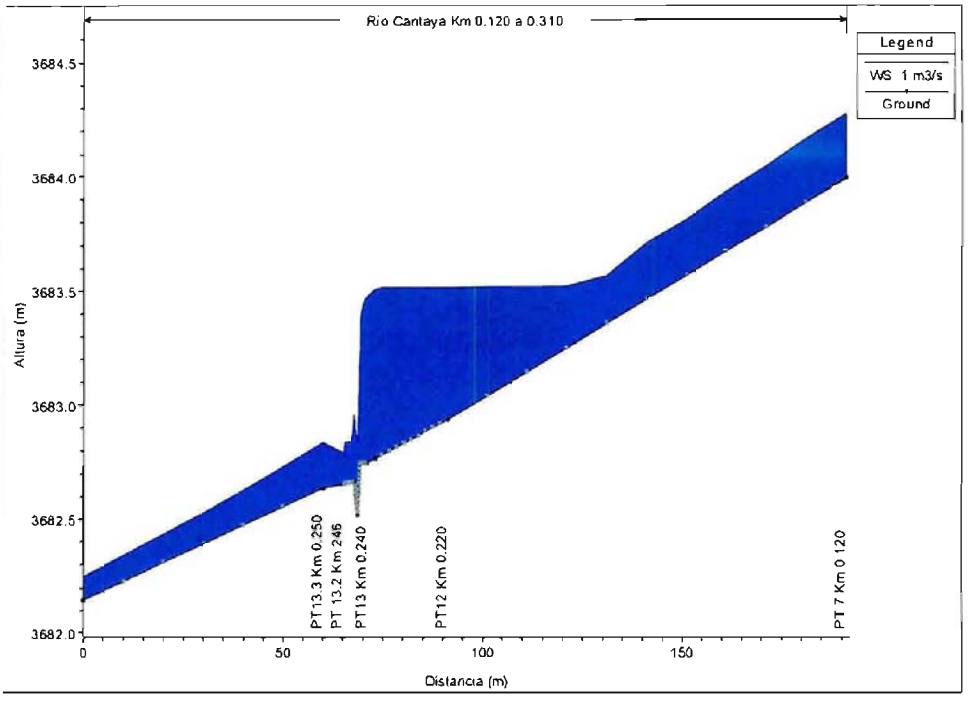


Figura 4-7: Eje hidráulico caso con proyecto, caudales con periodos de retorno iguales a 10, 50 y 100 años

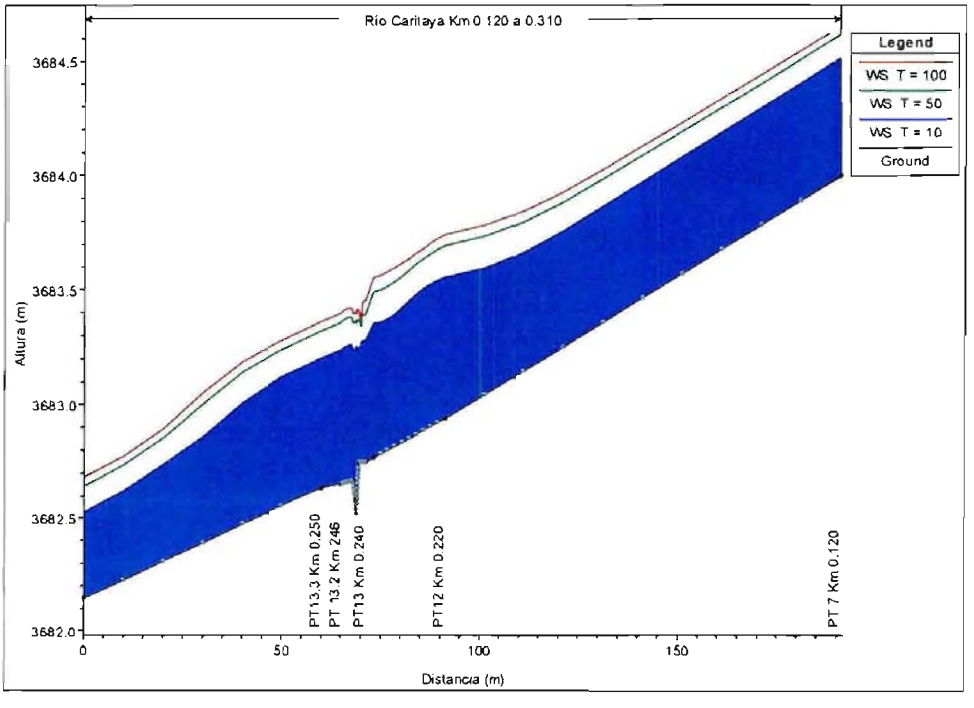


Figura 4-8: Perfiles transversales caso con proyecto, caudal igual a 1 m^3/s

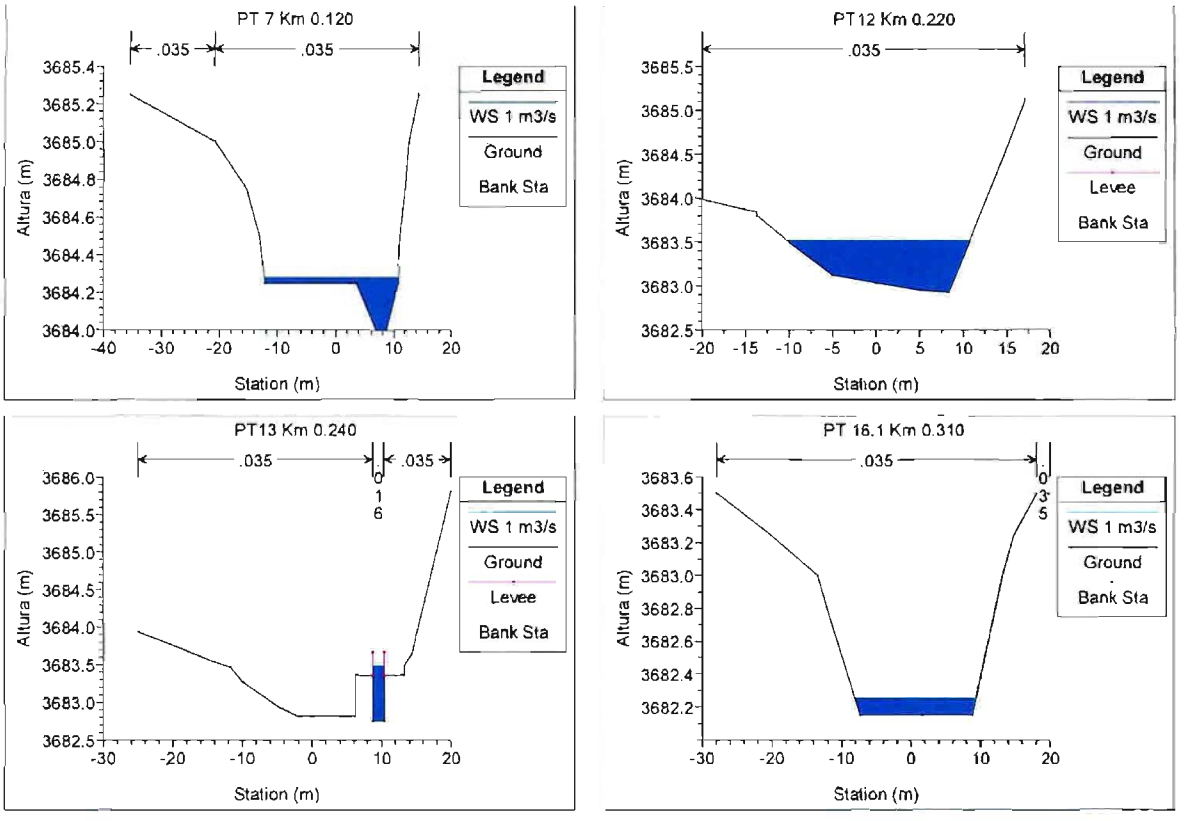
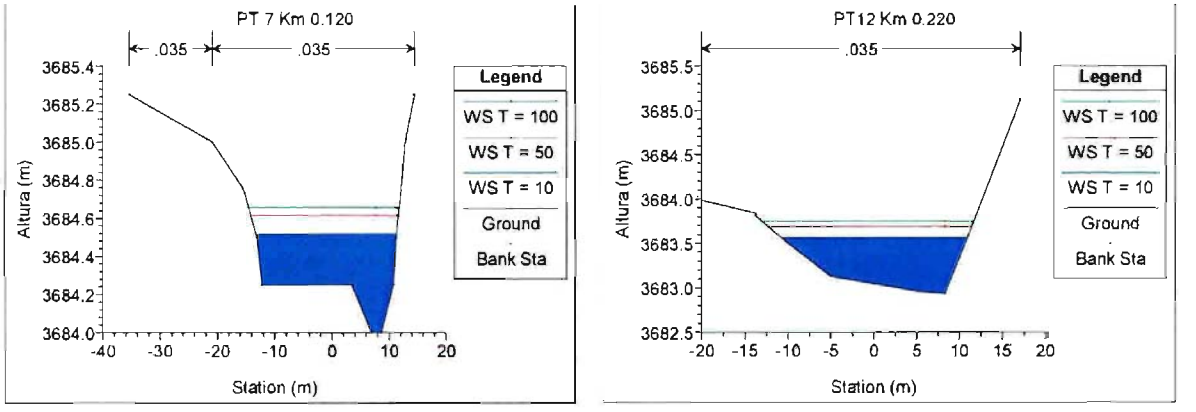
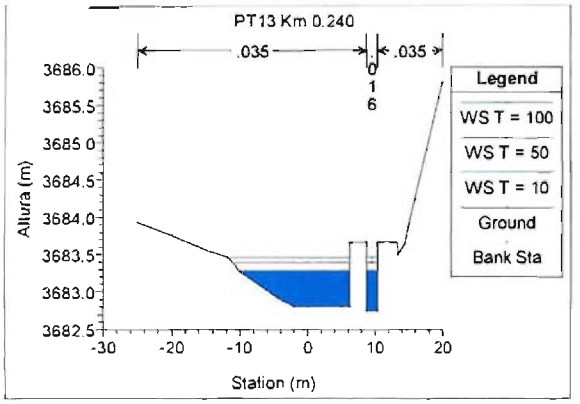
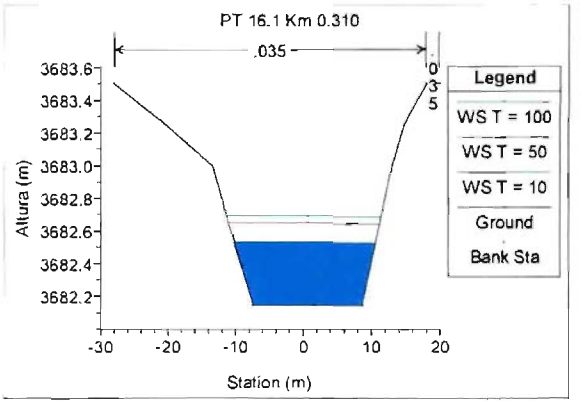


Figura 4-9: Perfiles transversales caso con proyecto, caudales de 10, 50 y 100 años de periodo de retorno







La Tabla 4-3 y Tabla 4-4 muestra las características de los escurrimientos para un caudal de 1 m^3/s y para la crecida con periodo de retorno igual a 100 años.

Tabla 4-3: Características del escurrimiento para un caudal de 1 m^3/s

Estación	Km	H fondo	Altura esc.	H crítica	H energía	m energía	Vel. Canal	Área esc.	Ancho sup.
PT 7	0,120	3684.00	3684.28	3684.21	3684.29	0.011299	0.55	1.80	23.09
PT 12	0,220	3682.94	3683.52	3683.09	3683.52	0.000059	0.12	8.40	20.98
PT 13	0,240	3682.75	3683.48	3683.10	3683.51	0.000703	0.87	1.15	1.59
PT 13.1	0,243	3682.67	3682.96	3683.09	3683.36	0.017333	2.80	0.36	1.23
PT 13.2	0,246	3682.66	3682.79	3682.83	3682.93	0.128872	1.64	0.61	9.46
PT 16.1	0,310	3682.15	3682.25	3682.22	3682.27	0.009993	0.60	1.67	17.36

Tabla 4-4: Características del escurrimiento para un caudal con 100 años de periodo de retorno

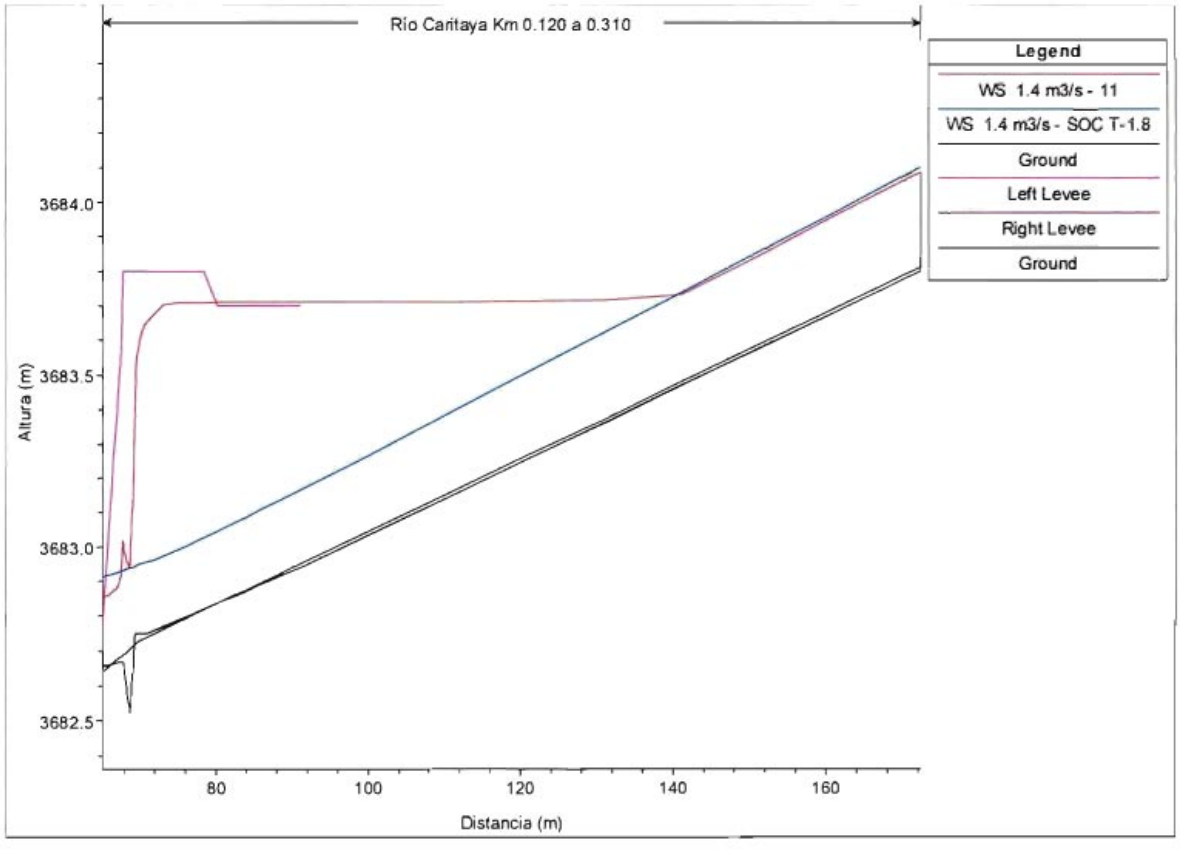
Estación	Km	H fondo	Altura esc.	H crítica	H energía	m energía	Vel. Canal	Área esc.	Ancho sup.
PT 7	0,120	3684,00	3684,66	3684,59	3684,79	0,010306	1,61	10,96	26,25
PT 12	0,220	3682,94	3683,74		3683,83	0,004734	1,31	13,47	24,55
PT 13	0,240	3682,75	3683,46	3683,43	3683,65	0,008396	2,97	10,05	19,44
PT 13.1	0,243	3682,67	3683,40	3683,34	3683,56	0,008108	2,71	10,72	21,78
PT 13.2	0,246	3682,66	3683,40		3683,52	0,007417	1,57	11,70	24,10
PT 16.1	0,310	3682,15	3682,69	3682,61	3682,83	0,009997	1,69	10,45	22,80

Para el caudal igual a 1 m^3/s las características del escurrimiento muestran que los caudales presentan en general velocidades menores a 2 m/s y el escurrimiento se vuelve supercrítico solamente en la estación fluviométrica, en la zona de la garganta. Esta condición es adecuada para registrar los caudales en una estación Parshall. Se comprueba que la sumergencia dentro del canal Parshall es menor a 0,6, por lo que sólo se requiere de un sensor ubicado en la contracción de aguas arriba para medir la altura. Por otro lado la crecida de 100 años de periodo de retorno presenta una velocidad de 3,37 m/s dentro del canal de medición. Esta velocidad puede ser soportada por la estructura de control sin generar daños.

Los pretiles que encauzan el flujo hacia la obra de medición están diseñados para resistir caudales iguales a 1,2 m^3/s. En caso de ocurrir una crecida mayor a 1,4 m^3/s, los pretiles serán sobrepasados por el agua y serán potencialmente erosionados por lo cual deberán ser anualmente revisados y en caso de ser necesario reparados o bien reemplazados por gaviones u otra obra de encauzamiento en una etapa posterior.

La Figura 4-10 muestra el peraltamiento generado por la estructura de control fluviométrico en comparación con el flujo sin proyecto. Para el caudal presentado que es igual a 1,4 m^3/s, la altura máxima del peraltamiento tiene una magnitud de 0,75 m y longitud de 70 m hacia aguas arriba desde el comienzo del canal de medición. Con este caudal el flujo desborda la parte superior del pretil, que es por diseño más baja. Así en el evento de una crecida importante la estructura de control no se verá dañada y solamente el pretil deberá ser reparado.

Figura 4-10: Peraltamiento del escurrimiento y desborde de pretil



4.1.6 Diseño de las obras civiles

En la Figura 4-2 y Figura 4-3 se muestran las estructuras de aforo (En el Apéndice C se pueden revisar los planos de detalle de las obras). Para realizar la medición y monitoreo se diseñó un canal de hormigón armado tipo Parshall, con un ancho de garganta de 0,914 m capaz de conducir hasta 1,2 m^3/s.

El diseño de las estructuras del canal considera hormigón H-25 armado con doble malla Acma C-139 con refuerzo de fierro de 8 mm según se indica en planos de detalle del proyecto.

La medición se realizará en una cámara adyacente a la estructura del canal, la cual se conectará por vasos comunicantes a través de una tubería de HDPE de 63 mm. La cota de la tubería de medición es -0,5 m inferior al canal, así los sedimentos que ingresen a la tubería no modificarán la lectura del instrumento (Figura 4-3 y Figura 4-13). La tubería será de hormigón prefabricado de 1000 mm de diámetro interior, tendrá un tapón de hormigón de 1200 mm y se fundará al terreno.
Para conducir las aguas al punto de aforo, se proyectó un encausamiento del río en ángulo de 45° con respecto al eje del cauce. El encauzamiento estará compuesto de un pretil de tierra. El pretil de tierra se forma con un relleno compactado 90% P.M.

Figura 4-11: Plano de planta canal de aforo (Lámina 10 Apéndice C)

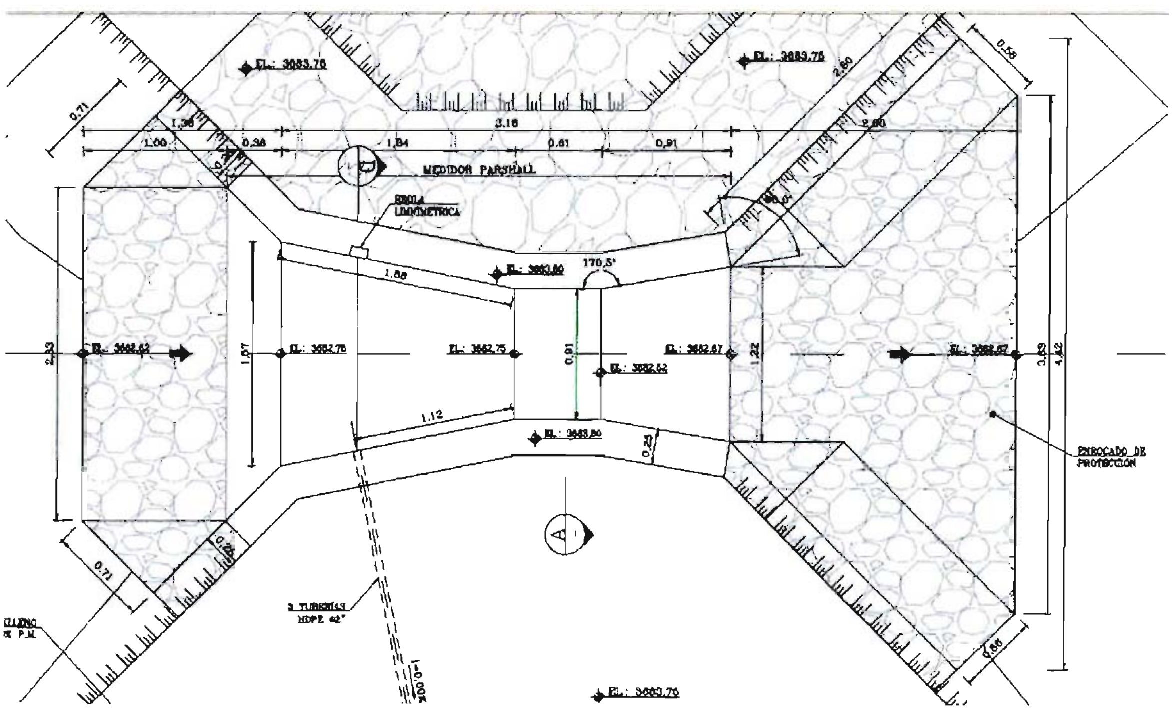


Figura 4-12: Detalle canal de medición – corte transversal D (Lámina 10 Apéndice C)

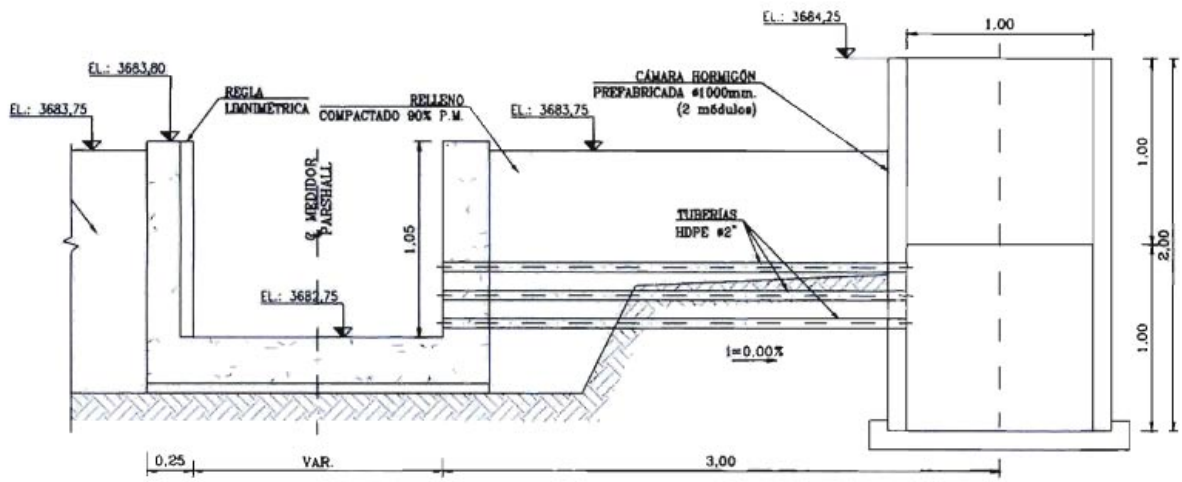


Figura 4-13: Tubería de medición (Lámina 10 Apéndice C)

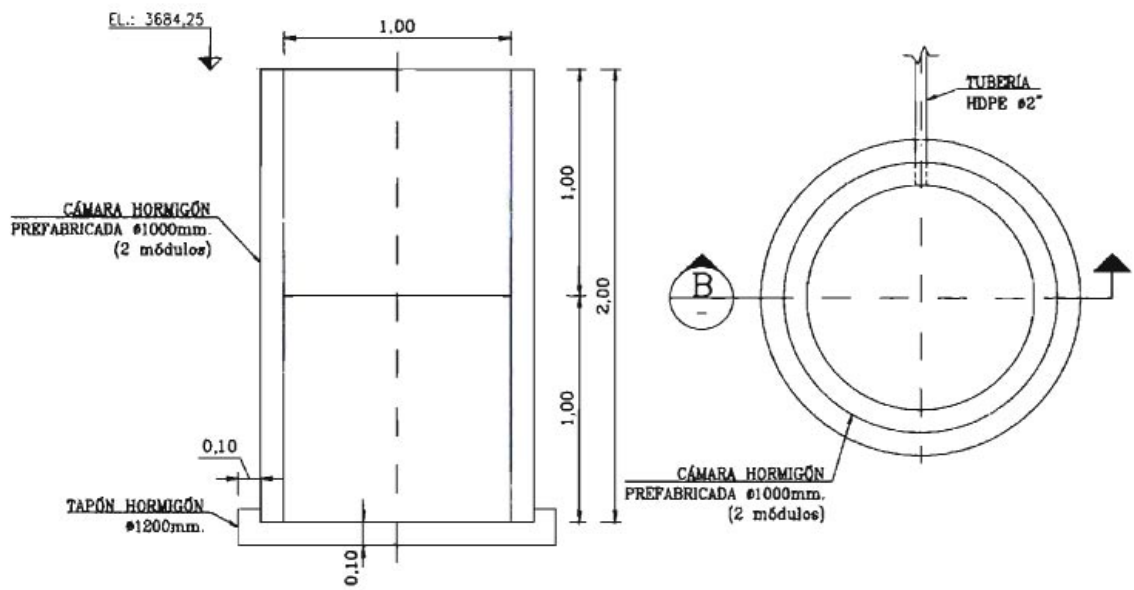
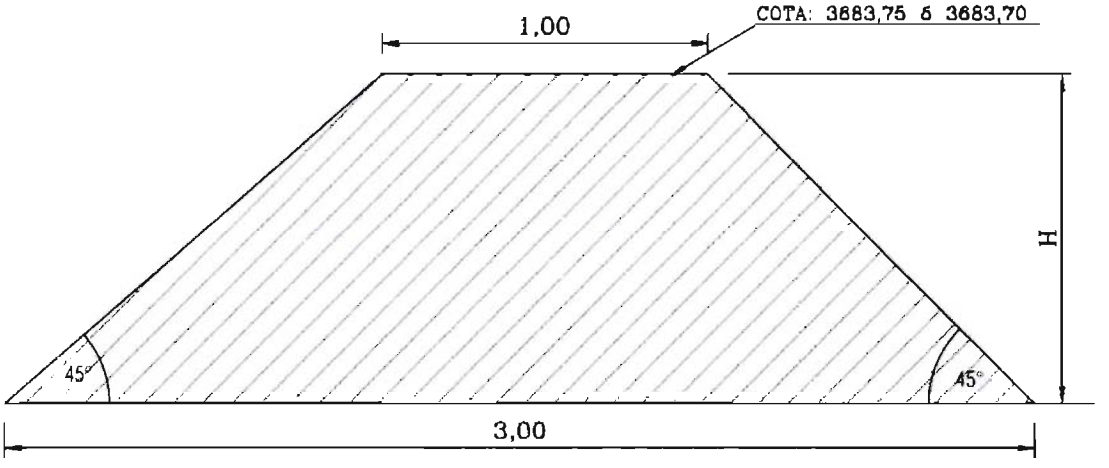


Figura 4-14: Corte tipo de Pretil (Lámina 10 Apéndice C)



4.1.7 Diseño estructural de la obra

El diseño estructural de la obra se incluye en el Apéndice A.

4.1.8 Diseño de la instrumentación

La instrumentación requerida tiene por objetivo la medición de la altura de agua. Para tales efectos se ha escogido un sensor de nivel tipo encoder o codificación angular. Este codificador de boya y contrapeso está diseñado para el monitoreo continuo de nivel de agua transmitiendo las variaciones de nivel a la polea. La rotación generada es convertida en una señal electrónica. El valor medido es calculado y transmitido vía interfaz 4-20 mA. El principio de medida garantiza una precisión y resolución muy alta +/- 1 mm. Este se instalará en la cámara de medición adyacente a la sección de aforo, tal como se indica en la Figura 4-15. En la Tabla 4-5 se indican las especificaciones técnicas.

Figura 4-15: Sensor de nivel tipo codificador de boya

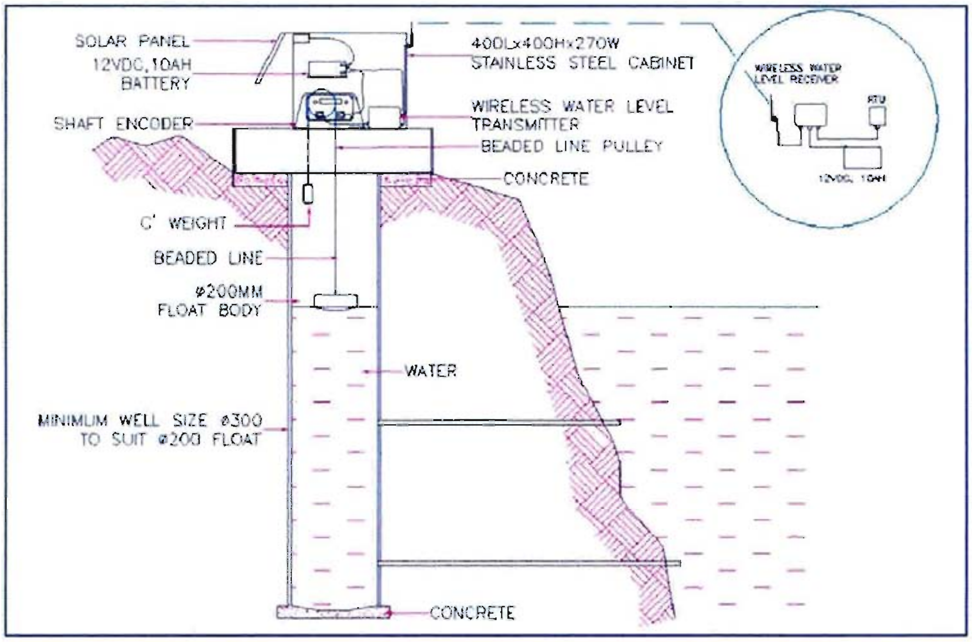


Tabla 4-5: Especificaciones de sensor de nivel tipo encoder

Sensor de Nivel con Sistema de Flotador y Contrapeso	
Características	**Exigencias**
Tipo de medición	Niveles de Agua en Pozos de aquietamiento
Señal de Salida	SDI-12
Compatibilidad	Con equipos almacenadores de datos (data logger)
Rango de medición	± 5 m
Precisión	≤ 0.05% FE
Resolución	0.001 Metro
Unidad de medición	Metros (milimetros)
Protección	Nema 4, IP54 o Superior
Sistema de medición	Con flotador, contrapeso y cable perlado (no liso)
Temperatura funcionamiento	Al menos entre -20 a 60 °C
Consumo eléctrico	≤ 0.6 mA en reposo - ≤ 3 mA Activo
Dimensiones Máximas	150 x 150 x 60 mm

La señal puede ser vista en tiempo real a través de un display LCD. Adicionalmente se instalará para revisión una regla limnimétrica como se observa en la Figura 4-16.

Figura 4-16: Regla limnimétrica

El monitoreo o aforo es almacenado en un datalogger con compatibilidad de conexión a modem GPRS, teléfono satelital o satélite para implementación de transmisión de datos (Figura 4-17). Todos los equipos son energizados por un sistema fotovoltaico con su respectivo respaldo de baterías.

Figura 4-17: Data logger para almacenamiento y transmisión de datos

En Tabla 4-6 se indica las especificaciones técnicas del data logger.

La transmisión de datos será realizada en forma satelital utilizando un modem compatible Iridium cuyas características se muestran en la Tabla 4-7. Se realizará un contrato por 1 año con una empresa que habilitará el servicio, para lo cual se deberá considerar un costo mensual de tráfico para transmisiones cada 1 hora de 16 bits más encabezado de transmisión y con 5 intentos de transmisión. El tratamiento de la información es en servidor con acceso a través de Web en formato Excel.

Tabla 4-6: Especificaciones data logger

Características	Exigencias
Comunicación a PC (física)	Debe Incluir cable USB o cable adaptador RS-232 a USB
Memoria de almacenamiento	Mínimo 2MB y tarjeta electrónica para rescate de datos
Velocidad de comunicación con PC	9600 bps como mínimo
Intervalos de grabación	Mínimo 5 , 15, 30 min.; 1, 12 y 24 hrs
Tipo y cantidad de señales de entrada de datos	A lo menos 6 canales sdi-12 (lógicos), 1 canal de pulso
Identificador	Asignar nombre a la estación, mínimo 18 caracteres
Alimentación Eléctrica de funcionamiento	Operable al menos en el rango de 10,8 - 14 Volt
Consumo Eléctrico	≤ 10 mA en estado de reposo
Proceso de Transmisión	Compatible con Satélites IRIDIUM como mínimo.
Precisión de Reloj	+/- 1 min/mes
Temperatura de funcionamiento	A lo menos entre -40°C a +50°C
Dimensiones o Tamaño equipo (considerando caja de protección)	Inferior a 35 cm (ancho) x 40 cm (largo) x 35 cm (profundidad)
Protección	Nema 4, IP 65 o superior
Software Aplicación	Incluido para cada equipo en español y/o inglés, con licencias en caso de ser necesario. Debe trabajar en Windows XP y 7 como mínimo
Extracción de archivos	Texto sin codificar, TXT, EXCEL o CSV
Password	Debe contar con a lo menos con 1 nivel de password
Ajuste de datos	Debe tener posibilidad de agregar multiplicador u offset por parámetro

Tabla 4-7: Especificaciones modem transmisión de datos

Modem de Transmisión Satelital IRIDIUM	
Características	**Exigencias**
Parámetros de RF	Rango de frecuencia 1616 Mhz a 1626.5 Mhz Método de Impresión Duplex TDD (Time Domain Duplex) Impedancia de entrada y salida 50 Ω Método de Multiplicación TDMA/FDMA
Temperatura de operación	-40 °C a +60 °C
Humedad de operación	≤ 75%
Consumo de corriente en estado de espera	Menor a 60 mA
Consumo de corriente en transmisión	≤ 2.5 A
Voltaje de alimentación	11 a 14 Volts
Dimensiones máximas	200 x 200 x 60 mm.
Capacidad de intentos de comunicación	Mínimo 5

La caseta, los equipos fotovoltaicos y la torre de transmisión serán instalados en un radier y protegidos por un cerco tipo Acmafor de 2,4 m de altura.

4.1.9 Trabajos de desvío de cauce

Las excavaciones de las obras del canal Parshall deberán mantenerse libres de agua mientras estas se realicen, en especial durante la preparación del sello de fundación, la colocación del hormigón y el periodo de endurecimiento mínimo requerido, para que este no se lave. Para ello se construirá un pretil de iguales características a los que encausarán el flujo hacia la obra (ver

Figura 4-14), con una cota de coronamiento al menos en la cota 3684 m.s.n.m. Este pretil permitirá desviar las aguas por la ribera izquierda de la obra.

El pretil se emplazará de tal forma que el escurrimiento quedará fuera de la zona donde se ubica el canal Parshall. En su sección de aguas arriba tendrá un ángulo de 45° respecto de la dirección de escurrimiento, naciendo en la ribera derecha del río. Luego irá paralelo desde 3 m hacia aguas arriba de la obra hasta 3 m aguas abajo de la obra y luego en 45° hacia la ribera derecha hasta desaparecer. Una vez terminadas las obras del canal, el material de los pretiles se utilizara para construir los pretiles de encauzamiento hacia la obra.

En caso de no ser posible mantener libre de agua el área de las excavaciones mediante el pretil, se deberá instalar y mantener operando motobombas, mangueras, conductos deslizantes y otros tipos de dispositivos necesarios para mantener el agua a un nivel inferior al del fondo del canal aforador. Durante el bombeo, se deberá tener la precaución de no producir socavaciones en partes de las obras o alterar las propiedades de los suelos. No se deberá bombear durante el proceso de vaciado del hormigón y hasta por lo menos 24 horas después.

4.2 ESTUDIO SOCAVACIONES

Para ejecutar la construcción de una estación fluviométrica que interviene el lecho del río Caritaya, es necesario conocer el nivel de socavación con la finalidad de obtener las cotas de fundación de las obras proyectadas.

4.2.1 Método de cálculo utilizado

En general el fenómeno de socavación en cauces naturales se origina debido a que la fuerza del agua es capaz de remover el fondo del lecho. Este efecto se produce especialmente durante las crecidas, en donde se presentan mayores caudales y por lo tanto, mayores velocidades.

El fenómeno de socavación depende de diferentes factores, los más importantes corresponden a la geometría del cauce, la altura de agua, la velocidad del escurrimiento y las características granulométricas de los sedimentos.

Existen distintos métodos para evaluar la magnitud de la socavación; en este estudio se usará la metodología detallada en el Manual de Carreteras Vol. 3 sección 3.707.405 (2), conocido como el Método de Neil. En este método se usan fórmulas para determinar la velocidad crítica de arrastre, donde se hace notar que estas fórmulas han sido derivadas para lechos granulares planos, lo cual es consistente con la topografía de la zona en estudio.

El método establece dos fórmulas para determinar la velocidad crítica de arrastre, la primera aplicable a sedimentos finos (arenosos) y la segunda para sedimentos gruesos. De acuerdo a las características del suelo en la zona del cauce, el tamaño medio de los sedimentos corresponde a grano grueso por lo que corresponde usar la fórmula para sedimentos mayormente grueso.

Esta fórmula es la siguiente:

$$\frac{V_c}{\sqrt{g \cdot h_c}} = 1{,}81 \cdot \left(\frac{h_c}{D}\right)^{-0{,}33}$$

Ecuación 1

Dónde:

V_c = Velocidad crítica de arrastre (m/s)
h_c = Altura de escurrimiento para la condición de arrastre crítico (m)
D = Diámetro representativo del sedimento del lecho (m)
g = Aceleración de gravedad (m/s^2)

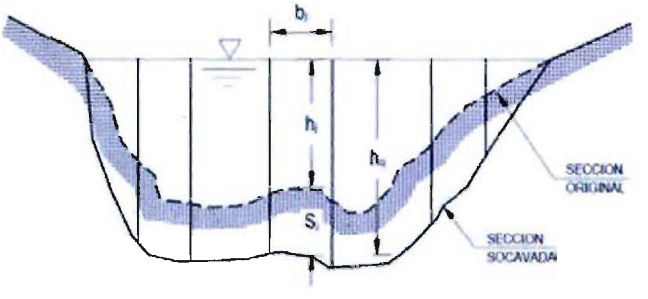
La socavación en una sección se determina por franjas o subsecciones. En la condición crítica de arrastre, se define para cada franja un caudal crítico como:

$$Q_c = b_j \cdot h_c \cdot v_c \qquad \textbf{Ecuación 2}$$

Dónde:

Q_c = *Caudal de escurrimiento* (m^3/s)
b_j = *Ancho equivalente de la sección considerada (m)*

Figura 4-18: Socavación General del Lecho



Despejando v_c de la ecuación anterior y reemplazando este valor en la ecuación de Neill para sedimento grueso (**Ecuación 1**), se obtiene h_c.

$$h_{cj} = \left(\frac{q_j}{1{,}81 \cdot \sqrt{g} \cdot D^{0{,}33}} \right)^{0{,}855} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

Donde q_j es el caudal por unidad de ancho asociado a la franja, que se calcula directamente a partir de la modelación Hec-Ras para el caso con proyecto y con la siguiente ecuación para el caso sin proyecto:.

$$q_j = \frac{Q_j}{B_j} = \frac{1}{B_j} \cdot \left(\frac{\Omega_j}{\Omega} \right) \cdot \left(\frac{R_j}{R} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{n_j}{n} \right) \cdot Q \qquad \textbf{Ecuación 4}$$

Q_j = *Caudal total de la franja* (m^3/s)
B_j = *Ancho de la franja (m)*
Ω_j = *Área de la franja (m2)*
R_j = *Radio hidráulico de la franja j (m) que se calcula dividiendo Ω j por B j*
n_j = *Rugosidad de Manning de la franja (adimensional)*
Ω, R, n, Q = *Las mismas variables anteriores, definidas para la sección total.*

La socavación (S) queda definida como:

$$S = h_c - h_f \qquad \textbf{Ecuación 5}$$

4.2.2 Determinación de caudales de diseño

Desde el punto de vista de la socavación, el diseño de la obra de medición se evaluó para caudales de crecida con períodos de retorno de 10, 50 y 100 años. De esta forma las obras correspondientes al canal de hormigón armado estarán fundadas a una profundidad que le permita soportar sin daños el paso de estas crecidas. Los pretiles que encauzan el flujo hacia la obra de medición están diseñados para resistir caudales de 1,4 m^3/s, por lo que se recomienda en un futuro reemplazarlos por gaviones u otra obra de encauzamiento en una etapa posterior. En caso de ocurrir una crecida mayor a 1,4 m^3/s, los pretiles serán sobrepasados por el agua y serán erosionados en el proceso.

Los caudales máximos para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años se obtienen de la sección A.3.2 (Tabla 4-8). Se utilizan los caudales obtenidos a partir de la estación río Codpa en Cala-Cala por ser más conservadores.

Tabla 4-8: Caudales máximos instantáneos (m^3/s) para distintos períodos de retorno estimados para la cuenca de estudio

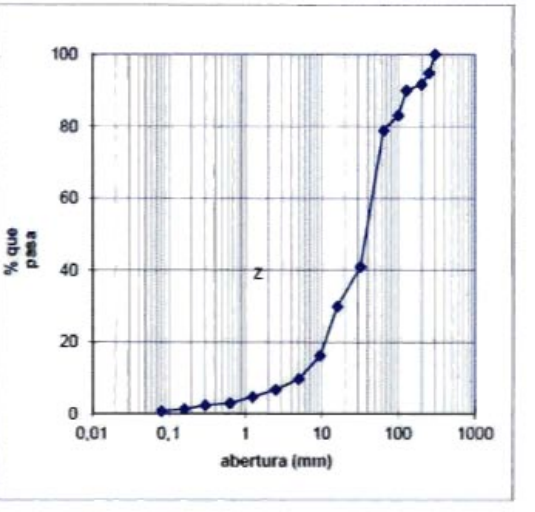
T (años)	Caudal (m^3/s)
2	3,3
5	7,1
10	9,7
50	15,3
100	17,7

4.2.3 Granulometría del sedimento

La granulometría de los sedimentos en el lecho se ha estimado en base a calicatas informadas en terreno. Los resultados se muestran en la Figura 4-19.

Figura 4-19: Curva granulometrica

Abertura en Pulg.o N° ASTM	Abertura mm	peso retenido gr	peso retenido %	% que pasa
(12")	300	0	0	100
(10")	250	26.229	5	95
(8")	200	15.637	3	92
(5")	127	8.575	2	90
(4")	100	34.725	7	83
(2 1/2")	64	21.356	4	79
(1 ")	32	190.890	38	41
(3/4")	16	55.875	11	30
(3/8")	9,52	68.910	14	16
(N° 4)	5	32.700	6	10
(N° 8)	2.5	15.121	3	7
(N° 16)	1,25	10.081	2	5
(N° 30)	0,63	9.073	2	3
(N° 50)	0,3	2.788	1	2
(N° 100)	0,16	5.467	1	1
(N° 200)	0,08	2.949	1	1
	residuo	3669		
	TOTAL	504045	99	



4.2.4 Metodología

Las condiciones hidráulicas del escurrimiento (altura de agua, velocidad, altura crítica, etc.) se determinaron mediante el programa HEC-RAS. Los cálculos de altura de agua para los períodos de retorno de 10, 50 y 100 años se realizaron permitiendo que el flujo pase por la sección de la estación fluviométrica y por el cauce natural que es separado por los pretiles en condiciones normales. Esto permite representar el efecto de la erosión de los pretiles. La socavación se calculó en el punto con mayor velocidad sobre el terreno natural, que coincide con la entrada de la obra. La salida de la obra también presenta velocidades importantes, pero son menores que las de la entrada. Se consideró que los pretiles están presentes, ya que corresponde al caso más desfavorable.

Lo observado en terreno muestra un bajo contenido de finos, lo que indica que el estudio se debe realizar según las indicaciones para suelos No Cohesivos. Por otra parte, con el objeto de realizar un cálculo más conservador, se utilizará como diámetro representativo del sedimento del lecho D = 38,65 mm.

4.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN

La determinación de socavación del río para el caso sin proyecto se obtuvo a través del método Neil desarrollado en la sección 4.2.1, para los escenarios de T=10 años, T=50 años y T= 100 años, en la sección PT 12 (Km 0,220). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4-9: Socavación sin proyecto. T=10 años PT 12 (KM 0,220)

Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	2,93	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	-0,03
2	2,93	0,14	0,41	0,04	0,10	0,08	-0,06
3	2,94	0,30	0,89	0,04	0,36	0,24	-0,06
4	2,93	0,37	1,09	0,04	0,50	0,31	-0,06
5	2,93	0,42	1,24	0,04	0,62	0,38	-0,04
6	2,93	0,47	1,37	0,04	0,74	0,44	-0,03
7	2,93	0,50	1,45	0,04	0,81	0,48	-0,02
8	2,94	0,25	0,52	0,04	0,18	0,13	-0,12

Tabla 4-10: Socavación sin proyecto. T=50 años PT 12 (Km 0,220)

Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	2,93	0,10	0,15	0,04	0,03	0,03	-0,07
2	2,93	0,26	0,75	0,04	0,27	0,19	-0,07
3	2,94	0,42	1,23	0,04	0,62	0,38	-0,04
4	2,93	0,49	1,43	0,04	0,80	0,47	-0,02
5	2,93	0,54	1,58	0,04	0,94	0,54	0,00
6	2,93	0,58	1,71	0,04	1,08	0,61	0,03
7	2,93	0,61	1,80	0,04	1,16	0,65	0,04
8	2,94	0,31	0,80	0,04	0,32	0,21	-0,10

Tabla 4-11: Socavación sin proyecto. T=100 años PT 12 (Km 0,220)

Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	2,93	0,13	0,22	0,04	0,05	0,04	-0,09
2	2,93	0,30	0,88	0,04	0,36	0,24	-0,06
3	2,94	0,46	1,36	0,04	0,73	0,43	-0,03
4	2,93	0,53	1,56	0,04	0,92	0,53	0,00
5	2,93	0,58	1,71	0,04	1,07	0,60	0,02
6	2,93	0,63	1,84	0,04	1,22	0,67	0,04
7	2,93	0,66	1,93	0,04	1,31	0,71	0,05
8	2,94	0,33	0,91	0,04	0,38	0,25	-0,08

La determinación de socavación del río para el caso con proyecto se obtuvo a través del método Neil desarrollado en la sección 4.2.1 calculando el caudal por unidad de área utilizando Hec-Ras. Los escenarios de modelación son T=10 años, T=50 años y T= 100 años, en la sección PT 13 (Km 0,240) Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4-12: Socavación con proyecto. T=10 años PT 13 (Km 0,240)

Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	11,24	0,24	1,81	0,04	0,15	0,11	-0,13
2	11,23	0,47	4,11	0,04	0,52	0,32	-0,15
3	0,26	0,53	0,14	0,04	0,77	0,45	-0,08
4	0,27	0,53	0,14	0,04	1,63	0,86	0,33
5	0,26	0,53	0,14	0,04	1,69	0,89	0,36
6	0,27	0,53	0,14	0,04	1,63	0,86	0,33
7	0,27	0,53	0,14	0,04	1,63	0,86	0,33
8	0,26	0,53	0,14	0,04	0,77	0,45	-0,08

Tabla 4-13: Socavación con proyecto. T=50 años PT 13 (Km 0,240)

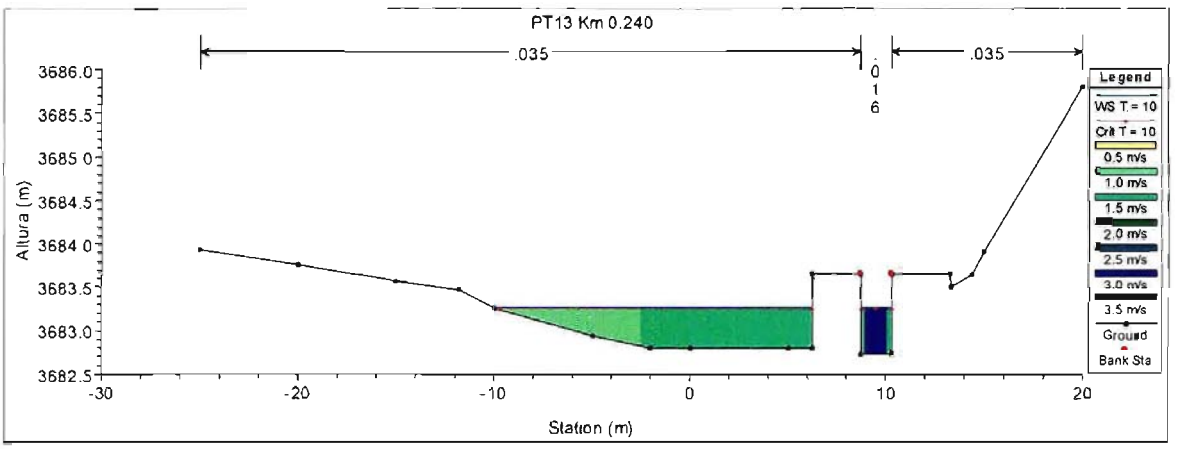
Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	11,24	0,32	2,71	0,04	0,29	0,20	-0,12
2	11,23	0,58	5,09	0,04	0,80	0,47	-0,11
3	0,26	0,63	0,17	0,04	1,04	0,59	-0,04
4	0,27	0,64	0,17	0,04	2,33	1,17	0,53
5	0,26	0,64	0,17	0,04	2,42	1,21	0,57
6	0,27	0,64	0,17	0,04	2,33	1,17	0,53
7	0,27	0,64	0,17	0,04	2,33	1,17	0,53
8	0,26	0,63	0,17	0,04	1,04	0,59	-0,04

Tabla 4-14: Socavación con proyecto. T=100 años PT 13 (Km 0,240)

Sección	B (m)	h_j (m)	Área (m2)	D Partícula (m)	q_j (m2/s)	h_{cj} (m)	S (m)
1	11.24	0.36	3.28	0.04	0.37	0.24	-0.12
2	11.23	0.65	5.66	0.04	0.91	0.52	-0.13
3	0.26	0.70	0.18	0.04	1.08	0.61	-0.09
4	0.27	0.71	0.19	0.04	2.56	1.27	0.56
5	0.26	0.71	0.19	0.04	2.65	1.31	0.60
6	0.27	0.71	0.19	0.04	2.56	1.27	0.56
7	0.27	0.71	0.19	0.04	2.56	1.27	0.56
8	0.26	0.70	0.18	0.04	1.08	0.61	-0.09

La introducción de la obra genera una socavación local importante en la sección ubicada aguas arriba y abajo del canal Parshall. (Secciones 4 a 7 en tablas anteriores). Los bordes laterales de la obra (Secciones 1 a 3 y 8 en las tablas anteriores) no presentan socavación importante. La Figura 4-20 muestra la distribución de velocidades en la sección.

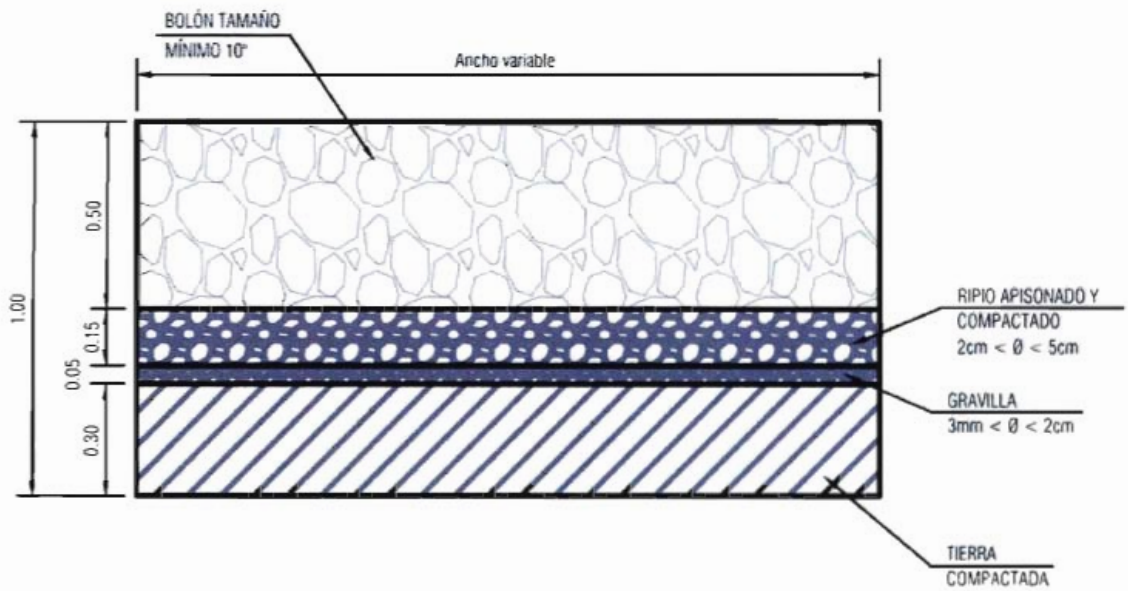
Figura 4-20: Distribución de velocidades en seccione de entrada del canal Parshall.



La evaluación del efecto de la erosión se realizó en el perfil de entrada a la obra. El fondo cambia de suelo natural a hormigón armado en esta sección, esto genera un incremento en la velocidad debido a que se disminuye la resistencia al flujo. La erosión es calculada en esta sección, pese a que no podría erosionarse por ser de hormigón armado. Evaluar la erosión en este punto es un criterio es conservador, ya que considera una velocidad alta, asociada al fondo de hormigón armado, sobre el cauce natural.

Con la inclusión de un enrocado en la entrada y la salida de la obra se minimizaron los daños que ocurren por efecto de la socavación local. Las características del enrocado se presentan en la Figura 4-21.

Figura 4-21: características del enrocado.



La socavación fue calculada nuevamente considerando que el ancho característico de las partículas es igual al diámetro del enrocado (0.25 m). Incluyendo está obra la socavación local se reduce a menos de 0,1 m.

5 CONCLUSIONES

Se realizó el diseño hidráulico de la estación fluviométrica en el río Caritaya. El diseño tomo en cuenta las condiciones particulares de la hidrología de la zona. Los caudales medios tienden a ser menores que 1 m^3/s. Por otro lado los caudales de crecidas, asociados al fenómeno conocido como "invierno boliviano" se estimaron mayores a 9 m^3/s para periodos de retorno tan bajos como 10 años. Esto supone una dificultad ya que el rango de caudales a medir es considerablemente menor que los caudales máximos que se pueden observar.

El diseño escogido cumple la función de medir los caudales usuales, con un orden de magnitud entre 0,03 m^3/s a 1 m^3/s, y le permite al río evacuar los grandes caudales de crecidas minimizando los daños producidos a la obra. Esto se logra mediante un pretil diseñado para encausar los caudales menores que 1,4 m^3/s hacia la estructura de control. En caso de que el caudal sea mayor que 1,4 m^3/s río rebalsara el pretil, fluyendo el exceso de caudal por un costado de la obra. En este proceso los pretiles serán potencialmente erosionados por lo cual deberán ser anualmente revisados y en caso de ser necesario reparados o bien reemplazados por gaviones en una etapa posterior.

De acuerdo a los cálculos de socavación para el caso sin proyecto se concluye que la zona donde se ubicará la obra es estable. Los escenarios evaluados no presentan una socavación importante. No obstante para mayor seguridad las estructuras se proyectan con las fundaciones bajo los 0,35 m según se detalla en planos del proyecto.

La mayor socavación para el caso con proyecto ocurre al inicio y al término del canal Parshall, donde las velocidades son altas. Esto se explica debido a los cambios brusco de la sección del canal y al cambio en el material del canal, ya que el hormigón armado tiene menor resistencia al paso del agua. La mayor socavación ocurre para un período T=100 años y es igual a 0,60 m, por lo que es necesario proteger la entrada y salida de la obra con un enrocados de 0,5 m de profundidad. Considerando los enrocados se volvió a calcular la socavación utilizando del diámetro de los enrocados en vez del diámetro del suelo. La socavación máxima en este caso es igual a 0,06 m, que es menor a la cota de fundación de las obras.

APÉNDICE A
DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA

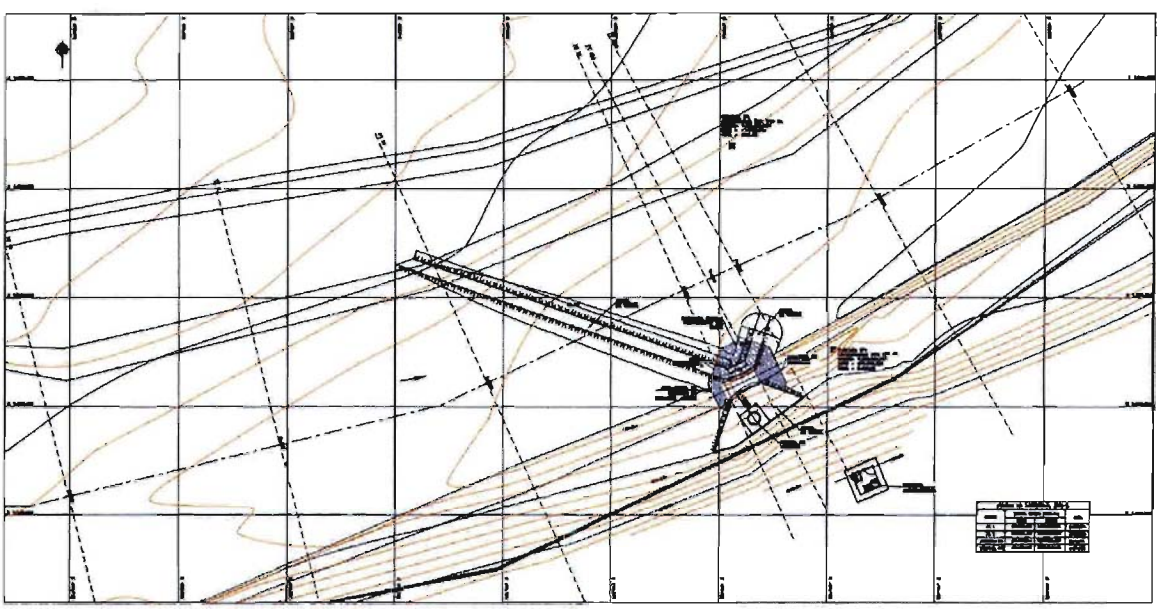
A. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA

A.1 Antecedentes generales

La presente memoria corresponde a cálculo estructural de la obra canal Parshall, perteneciente al proyecto Estación Fluviométrica Río Caritaya, ubicado en la Provincia de Camarones, Arica. El canal, ha sido proyectado en hormigón armado.

La presente memoria tiene por finalidad definir espesores de muros y las enfierraduras de tales obras de arte.

Figura A.1-1: Plano de Planta general estación Fluviométrica Rio Caritaya



A.2 Bases de calculo

A.2.1 Hipótesis de cargas

ITEM	CARACTERISTICAS
SOBRECARGAS	NORMA NCh 1537 of. 86
AGUA	1000 kg/m3
SERVICIO	200 kg/m2
SISMO	NORMA M. de Carreteras Cap 3.1003-3.1004
	Análisis Elástico Estático

DENSIDADES

HORMIGÓN	2500 kg/m3
SUELO	2400 kg/m3

A.2.2 Combinaciones de carga

La definición de resistencias y estados de carga de los elementos de hormigón armado se ha realizado según ACI-318-95 y 05, y NCh 433 of. 96.

Las combinaciones a usar son las siguientes:

C1: 1.4 x (PP+F)
C2: 1.4 x (PP+SC+Sx)
C3: 1.2 x (PP+F) + 1.6 x SC
C4: 0.9 x PP + 1.4 x Sx

Dónde:

PP: Cargas de Peso Propio de las Estructuras
SC: Sobrecargas
Sx: Esfuerzos sísmicos en la dirección x
F: Fluidos

A.2.2 Especificación de materiales

- Hormigones:

Debe utilizase Hormigón H-25 de propiedades:

Resistencia $fc` = 200 \frac{Kg}{cm^2}$ (20 Mpa)

Módulo de Elasticidad (Según ACI-318 - 2002) $Ec = 4700 \sqrt{fc`}$ [Mpa] $= 21019{,}039 \frac{Kg}{cm^2}$

$\gamma h = 2{,}5$ Ton/m^3

- Acero de refuerzo:

Malla electrosoldada AT56-50H tipo Acma C139. Refuerzos de Acero Redondo A63-42H

fy malla = $5000 \frac{Kg}{cm^2}$
fy ref = $4280 \frac{Kg}{cm^2}$
Es = $2100000 \frac{Kg}{cm^2}$

- Suelo:

Al no existir mecánica de suelos, se han considerado las siguientes características correspondientes a un suelo de baja calidad:

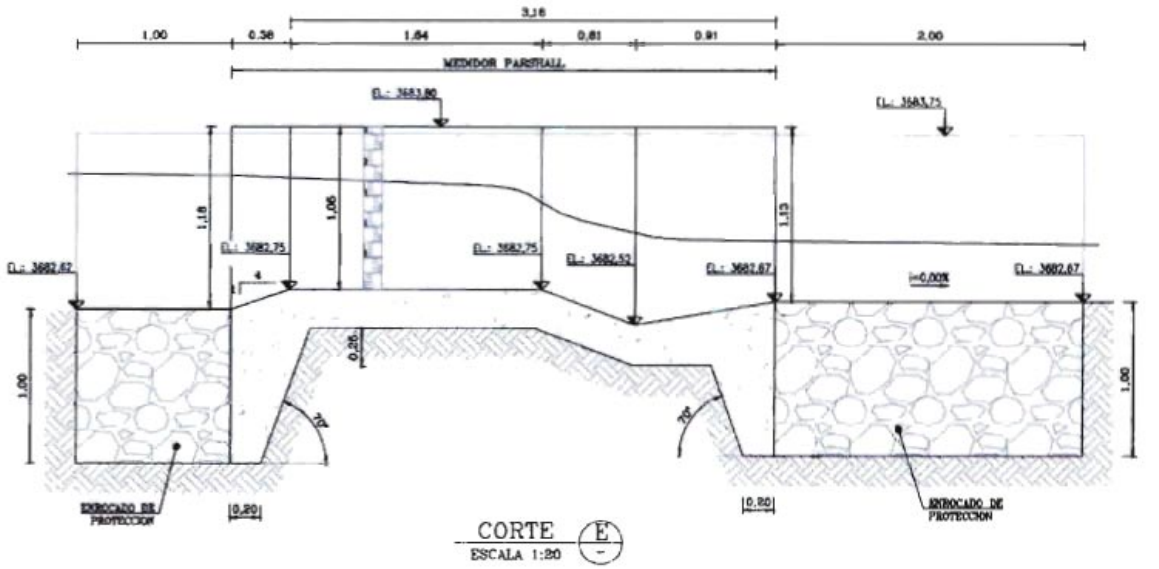
σadm est =	15	ton/m^2
σadm ev =	20	ton/m^2
ϕ =	30	°
γt =	1,8	ton/m^3
γrelleno =	1,8	ton/m^3
C =	0	KN/m^2

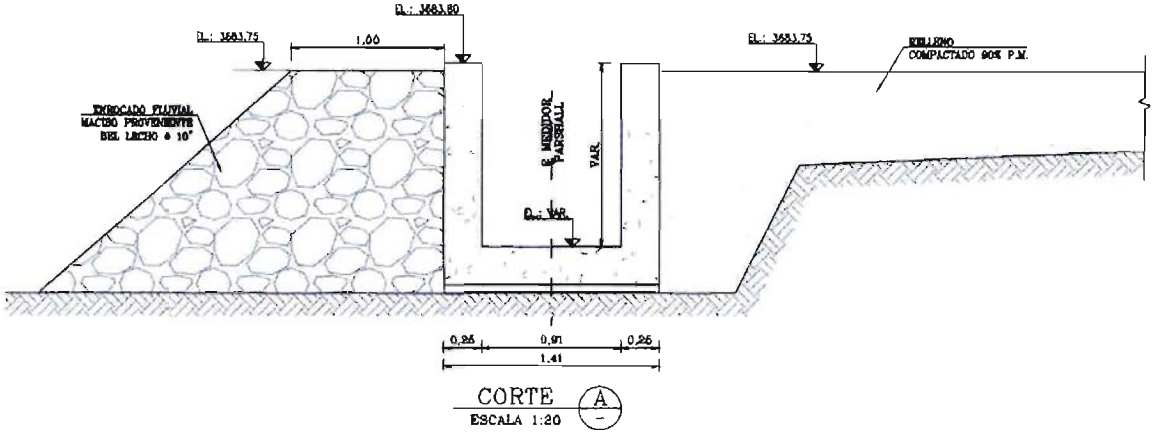
A.3 Calculo De esfuerzos y diseño estructural

A.3.1 Geometría

La geometría se muestra en la Figura A.3-1. Sus dimensiones se encuentran también especificadas en los planos de la estación fluviométrica.

Figura A.3-1: Geometría de la obra





A.3.2 Calculo de cargas

- Cargas Estáticas

El coeficiente de empuje estático, según MC 3.1003, queda definido por:

$$\delta f = \quad \phi / 2 = \quad 15 \ ^{o}$$

$$Ke = \left(\frac{\cos(\phi)}{\sqrt{\cos(\delta f)} + \sqrt{\sin(\phi + \delta f)\sin(\phi)}} \right)^2 \quad = \quad 0{,}301$$

El empuje de tierra máximo es de:

$$\text{Con Hmax} = \quad \mathbf{1{,}39} \ \text{m}$$

$$\sigma e = \quad \gamma_r \cdot H \cdot K_e \cdot \cos(\delta f) \quad = \quad 0{,}728 \ \text{ton/m}$$

El empuje de napas de agua máximo es de:

$$\sigma agua = \quad \gamma \text{ x } h = \quad 1{,}39 \ \text{ton/m}$$

El empuje producto de la sobrecarga es de:

σsobrecarga = Ke x SC = 0,06 ton/m

En el caso estanque vacío sólo se considerará empuje de suelo. En el caso estanque lleno, los empujes de agua y terreno tienen dirección opuesta por lo que:

$\sigma tot = \sigma agua - \sigma e$ = 0,662 ton/m

- Cargas dinámicas

Parámetros según NCh 433 of. 96 mod. 2009 dec 61.

Zona sísmica	II
Tipo de Suelo	D
Categoria de la Edificación	II

Ao =	0,3 g
S =	1,3

El coeficiente de empuje sísmico, según MC 3.1003, queda definido por:

Cs = 0,5 x Ao/g = 0,15

θ = Arctan (Cs) = 0,149 rad
ϕ = 0,524 rad
δf = 0,262 rad

$$Ks = \frac{\cos^2(\phi-\theta)}{\cos(\theta)\cdot\cos(\delta f+\theta)\cdot\left(1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta f)\cdot\sin(\phi-\theta)}{\cos(\delta f+\theta)}}\right)^2} = 0,407$$

El empuje sísmico de tierra máximo es de:

Con H = 1,39 m

$$\sigma s = \gamma_r \cdot H \cdot (Ks - K_e)\cos(\delta f) = 0,256 \text{ ton/m}$$

El empuje debido al peso propio del muro queda definido por:

e muro = 0,15 m

σ_{spp} = e x Cs x γh = 0,06 ton/m/m

El empuje sísmico máximo debido a la napa sobre el muro queda definido por:

σ_{sagua} = σ_{agua} x Cs = 0,209 ton/m

En el caso estanque vacío sólo se considerará empuje de suelo. En el caso estanque lleno, los empujes de agua y terreno tienen dirección opuesta por lo que:

$\sigma_{tot} = \sigma_{agua} - \sigma_{e}$ = -0,047 ton/m/m

En el caso dinámico, no se considerará esta condición, ya que los empujes se anulan.

B.3.3 Calculo de cargas

Haciendo una aproximación gruesa de los esfuerzos en la base (máximo). El momento máximo queda definido para las distintas combinaciones como:

C1	vacio	0,50 ton-m	
	lleno	0,40 ton-m	
C2	vacio	0,89 ton-m	**Controla**
	lleno	---	
C3	vacio	0,44 ton-m	
	lleno	0,40 ton-m	
C4	vacio	0,64 ton-m	
	lleno	---	

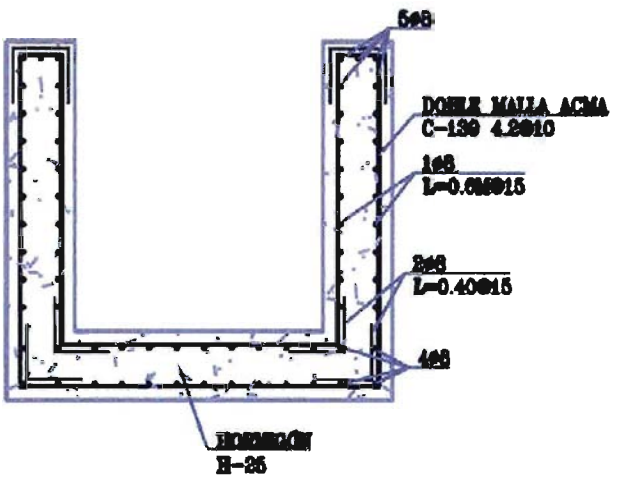
Si bien la aproximación es gruesa, en el cálculo de la enfierradura se verá que da valor mínimo.

D.3.4 Calculo de enfierradura de muros

H	=	25	cm		
d`	=	2,5	cm		
d útil	=	22,5	cm		
b	=	100	cm		
Mu	=	0,89	ton-m	Momento máximo	
ϕ	=	0,9			
Mn	$= \frac{Mu}{\phi}$		=	98899,34	kg-cm
Rn	$= \frac{Mn}{b \times d^2}$		=	1,95	
m	$= \frac{fy}{0.85\ f'c}$		=	29,41	
ρ	$= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$		=	0,0004	
As =	=	ρ x b x d	=	0,88	cm^2/m

Por lo tanto se recomienda usar armadura mínima D.M. ACMA C-139 4.2@10. Además, se deben reforzar los bordes de muros con ϕ8, según se indica en la Figura A.3-2.

Figura A.3-2: Enfierradura Sección Típica Canal Parshall



APÉNDICE B
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES

"DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA APORTANTE AL EMBALSE CARITAYA"

ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RÍO CARITAYA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

1.- ALCANCE GENERAL

Las presentes Especificaciones Técnicas Especiales corresponden a las obras requeridas para el proyecto de construcción "Estación de Aforo de Caudales Río Caritaya". Las obras se realizarán conforme a los planos del Proyecto y a las presentes Especificaciones Técnicas.

Se incluye la construcción de un canalón tipo Parshall para la medición del caudal, una cámara que contiene los equipos de medición, una obra de encausamiento al punto de medición y la instrumentación requerida.

Las especificaciones técnicas rigen para todas las partidas del proyecto, salvo prescripciones de los planos del proyecto y/o de las indicaciones de la D.G.A.

Todas las obras que se ejecuten deberán cumplir con las Normas aprobadas por el Instituto Nacional de Normalización I.N.N. correspondientes.

Sólo se aceptarán en obra, materiales que exhiban sello de calidad otorgado por laboratorios, empresas de servicios o personas naturales cuya calificación haya sido previamente aprobada por el INN.

El Contratista será responsable de realizar los trámites necesarios para la ejecución de las obras y serán de su cargo los derechos, garantías, etc. que se tengan que pagar para el buen desarrollo de las obras en relación con terceros, es decir, permisos y/o aprobaciones municipales, interferencia con otros servicios, etc.

El Contratista suministrará todo el material necesario y la mano de obra para la completa instalación del servicio, como asimismo será de su total cargo el transporte de los materiales hasta el lugar de la obra.

El Contratista deberá arbitrar los medios para contar con la debida anticipación, de la totalidad de los materiales que corresponda. Será de su exclusiva responsabilidad los inconvenientes que se presenten por el no cumplimiento de estos requisitos.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

El Contratista deberá arbitrar los medios para contar con la debida anticipación, de la totalidad de los materiales que corresponda. Será de su exclusiva responsabilidad los inconvenientes que se presenten por el no cumplimiento de estos requisitos.

2.- INSTALACION DE FAENAS

Se consideran como instalación de faenas a todas aquellas obras de cargo del Contratista, previa a la ejecución de la obra misma. Quedan incluidas las bodegas para materiales, oficinas, paneles de herramientas, etc. Además se consideran los cierros de madera u otro material apropiado que sean necesarios.

El Contratista deberá contar con los medios de movilización y transporte adecuado para realizar la construcción de las obras. El transporte de los trabajadores deberá cumplir con las normas respectivas.

El Contratista deberá consultar como mínimo la instalación de bodegas y oficinas con sus correspondientes instalaciones provisorias de energía, alumbrado, agua potable y baños en conformidad con las exigencias del S.E.C., la D.O.M., Servicio de Salud del Ambiente, y el MOP.

1	**Instalación de Faenas**	**GI**	**1**

3.- REPLANTEO DE LAS OBRAS

La DGA entregará al Contratista los terrenos en que se construirán las obras y deberá hacer un reconocimiento completo de trazados, ubicando y verificando puntos de referencia y elementos indicados en el proyecto para estos fines.
Se efectuará el despeje y limpieza de los terrenos que serán ocupados. Este trabajo considera la remoción de todo obstáculo u obstrucción, incluyendo entre otros, arbustos, troncos, follaje, etc.

2	**Replanteo y despeje**	**GI**	**1**

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

4.- TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES

Los materiales se almacenarán en bodega de la instalación de faenas o de lugar cercano a la obra autorizado por la D.G.A., desde ahí el traslado al sitio de la obra se realizará en camiones y la distribución interna se realizará en carretillas o maquinaria.

3	**Transporte Interno de Materiales**	**GL**	**1**

5.-MOVIMIENTOS DE TIERRA

Incluye las partidas de excavación y rellenos para las estructuras proyectadas.

5.1 Excavaciones

a) Alcance
En estas Especificaciones se establecen las exigencias para la ejecución de las excavaciones abiertas, en cualquier clase de material, necesarias para la construcción de las obras

b) Ejecución
Las excavaciones se ejecutarán tomando todas las precauciones necesarias, empleando entibaciones, si es preciso, a fin de evitar derrumbes, sobre excavaciones y movimientos de terrenos vecinos.

Durante la ejecución de los trabajos, el Contratista deberá tener especial cuidado con el movimiento de los equipos de construcción, con el personal y con las obras existentes, cultivos e instalaciones que circunden el terreno reservado a la construcción de las obras.

El Contratista será responsable de las pendientes de los taludes de excavación de las obras y de los sostenimientos de las excavaciones, aun cuando no haya objeciones de parte de la ITO a las condiciones de los trabajos.

Si durante la ejecución de los trabajos, los taludes ejecutados con las pendientes indicadas en los planos, presentan riesgo de deslizamiento, el Contratista deberá modificarlos con la aprobación previa de la ITO. Igualmente, los terrenos sueltos y los bloques inestables sobre los taludes deberán retirarse cuando la ITO lo estime necesario. El Contratista deberá construir y mantener las obras de drenaje necesarias para la evacuación de las aguas y asegurar la protección de las obras durante el tiempo de su ejecución.

c) Límites de Excavación y Tolerancias
Sólo con autorización expresa de la ITO y de acuerdo a la planificación presentada por el Contratista, se permitirán excavaciones adicionales, ya sea para ser utilizadas como accesos provisionales, caminos de acceso u otras de conveniencia del Contratista. En los casos que este tipo de excavaciones sea autorizado, será responsabilidad del Contratista ejecutar los rellenos que sean ordenados por la ITO.

Si al ejecutar estas excavaciones y/o rellenos adicionales se produjeran daños de cualquier tipo, sea en estructuras ya construidas, sea en la propia sección excavada o rellenada, los costos de la reparación de estos daños, que deberá ser ejecutada a entera satisfacción de la ITO serán de exclusivo cargo del Contratista. Sólo en circunstancias especiales el proyectista podrá autorizar modificar la excavación de secciones diferentes a las que aparecen en los planos del Proyecto, o de ensanches. El Contratista

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

deberá excavar dichas secciones especiales o ensanches a su costo.

Si al inspeccionar la superficie de excavación, la ITO determina que no es satisfactoria, el Contratista deberá proseguir la excavación hasta las nuevas líneas indicadas, debiendo limpiar nuevamente las superficies para la correspondiente inspección.

d) Excavaciones en material común
El material proveniente de las excavaciones se transportará a botaderos aprobados por la ITO o a zonas de acopio según corresponda. Si los materiales van a ser utilizados en rellenos, la capa vegetal y cualquier otro material inadecuado deberá ser previamente retirado y llevado a los botaderos.

Los cortes requeridos deberán ejecutarse de acuerdo con los taludes de proyecto que se indican en los planos del proyecto.

Los taludes que no están indicados en los planos y que tengan una altura inferior a 3 m se harán, como máximo, con los siguientes taludes:
- Gravas o arenas: 1/1 (H/V)
- Arcillas o Limos: 2/3 (H/V)
- Rellenos: 1/1 (H/V)

En caso de encontrarse con afloramientos de roca, éstos podrán ser excavados con un talud vertical. Estos taludes podrán ser modificados por la ITO si una vez excavados muestran signos de inestabilidad.

Todas las superficies excavadas en material común sobre las cuales se apoyarán rellenos, estructuras de hormigón o mampostería de piedra, además de aquellas que señale la ITO, deberán ser superficies no perturbadas. Para cumplir estas exigencias la ITO podrá exigir la ejecución de excavaciones adicionales y/o reemplazo de material por rellenos compactados. Todas las sobre excavaciones en material común ejecutadas fuera de las líneas teóricas de excavación alrededor de estructuras, deberán rellenarse con materiales compactados u otros rellenos tales como hormigón pobre o grava-cemento cuando sea conveniente y a satisfacción de la ITO. Tanto los rellenos con hormigón como con materiales compactados o con grava-cemento en las sobre excavaciones serán de cargo del Contratista.

5.2 RELLENOS

01 Generalidades
En lo pertinente, el material de relleno estructural, incluyendo su colocación y compactación, se regirá por lo establecido en la Sección 5.206, MC-Vol. 5.

02 Materiales
En los rellenos contra estructuras de hormigón se emplearán los materiales provenientes de las excavaciones, excluyendo materiales clasificados como MH y CH según la USCS, materia orgánica, fango u otros materiales indeseables.

No se colocarán rellenos antes de 72 horas de terminada la colocación del hormigón. La colocación deberá ser cuidadosa de manera de no dañar los hormigones.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

03 Colocación y Compactación
Los materiales se colocarán en capas horizontales no mayores de 30 cm, o según disponga la ITO. La compactación de los rellenos será 90% P.M.

El Contratista deberá asegurar, mediante una adecuada inclinación, o por otro método que apruebe la ITO la salida rápida de las aguas lluvias o de otro origen de la superficie de trabajo.

El Contratista deberá proyectar todas las ataguías, drenajes y sistemas de agotamiento que se requieran para satisfacer lo señalado en esta cláusula y someter dichos proyectos a la aprobación de la ITO antes de iniciar la construcción de las obras.

4	**Excavación material granular**	**m^3**	**4**
5	**Relleno compactado**	**m^3**	**2**

6.-PRETIL DE TIERRA

Su costo incluye las maquinarias, equipos y herramientas necesarias para realizar las obras de encauzamiento del río hacia la estructura de monitoreo, asimismo, incluye la mano de obra, leyes sociales, gastos generales y utilidades, y todo gasto que genere la correcta ejecución de las obras proyectadas.

6.1 MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PRETILES

El material a utilizar en la construcción de pretiles deberá ser integral de río o similar, con un porcentaje de arena no superior a 30%. El pretil de tierra se forma con un relleno compactado 90% P.M.

6.2 CONSTRUCCIÓN DE PRETIL

Se deberá proceder a construir los pretiles en contacto con la estructura de la estación fluviométrica una vez que esta esté construida. La disposición de los pretiles será según la sección señalada en los planos del proyecto. En la construcción de los pretiles, la colocación y compactación del material se regirá en lo pertinente, por lo establecido en el numeral 5.205.302 del MC-V5, seleccionando los numerales y puntos dependiendo del material a utilizar en la construcción de los pretiles. Antes de ejecutar estas obras se debe a cumplir con los trabajos de despeje y limpieza de la faja, señalados en la sección 5.102 del MC-V, circunscritos en el área de ejecución de los pretiles. El material será colocado por capas de 0,5 m de espesor y compactado antes de agregar una nueva capa.

6	**Confección de pretil de tierra**	**GL**	**1**

7.-SUMINISTRO Y COLOCACION DE HORMIGON

7.1. Materiales para el Hormigón

Para la elaboración de los hormigones, solo se emplearán materiales aceptados por la ITO, según los requisitos de las presentes especificaciones. Los materiales rechazados serán alejados de

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

la obra, sin reconsideraciones.

Cemento: Se emplearán cementos Portland de calidad no inferior a los nacionales.

Agregados: Deberán cumplir la Norma INN 163 Of. 79. Sólo se podrán utilizar áridos exentos de sales solubles, condición que deberá certificarse oportunamente para aprobación de la ITO.

Agua: Se empleará agua de características potables.

El cemento se protegerá de la humedad y los áridos se almacenarán evitando su segregación.

7.2. Dosificación del Hormigón

Las dosificaciones serán establecidas por el Contratista para obtener la calidad del hormigón H25 especificado en el diseño, según Normas del INN.

Para los hormigones especificados en el proyecto, el Contratista deberá optimizar las condiciones de trabajabilidad, razón agua/cemento y descenso de cono. Se evitará la sobredosificación de cemento para minimizar la retracción de fraguado. La presentación de la dosificación deberá incluir las cantidades de cemento, agua, áridos y aditivos por metro cúbico de hormigón y la consistencia prevista para el hormigón. ***Se aceptará hormigón premezclado debidamente certificado.***

El asentamiento del hormigón medido por el método del cono de Abrams será permanentemente de 6 cm y se aceptará una tolerancia de +/- 2 cm.

7.3. Mezcla del Hormigón

Los hormigones serán mezclados en forma mecanizada, en betonera. No deberán sobrepasarse la velocidad, ni capacidad nominal de los equipos de mezcla; estos deberán estar limpios, sin residuos de cargas anteriores al iniciarse cada carga. En la betonera, el hormigón se revolverá a lo menos durante 2 minutos. El tiempo se contará desde el instante en que todos los componentes estén en la betonera y hasta el comienzo de la descarga.

7.4. Transporte del Hormigón

Se aceptará para el transporte del hormigón cualquier medio que impida su segregación o pérdida de materiales. Los recorridos entre betonera y punto de colocación serán los mínimos posibles.

7.5. Colocación del Hormigón

Se autorizará la colocación del hormigón una vez que la D.G.A. haya verificado los siguientes aspectos:

- El tiempo máximo entre la mezcla y la colocación, el cual no podrá ser superior a 30 minutos.
- La correcta colocación, fijación y limpieza de los fierros de armaduras, las que no deberán presentar aceite, polvo, hielo, óxido, escamas o cualquier otro residuo.
- La remoción del agua o cualquier otro elemento extraño en los lugares de colocación.

- El recubrimiento con aceite u otro material aceptado por la D.G.A. en los moldajes.

- La colocación de todas las piezas en caso de insertos en muros por concretar, debidamente limpias de pintura, óxido, o cualquier otro que afecte la adherencia. El Contratista deberá tener todos los insertos en la obra, por lo menos 15 días antes de hormigonar las partes en que se ubican.

- Las faenas de colocación del hormigón serán tan continuadas como sea posible, se consolidarán los volúmenes colocados empleando vibradores mecánicos de inmersión con botella de un diámetro no superior a 2" y de una frecuencia mínima de 6000 r.p.m., debiendo disponer el Contratista de vibradores de reserva para fallas eventuales de ellos en faena.

- El vibrador deberá introducirse dentro de la capa subyacente para producir una buena junta entre ambas. El Contratista deberá, además, disponer de vibradores de diámetro 1" para la compactación de zonas difíciles por estrechez del moldaje o por la densidad de enfierraduras. El tiempo de vibración en cada punto de inmersión se prolongará por el tiempo necesario hasta que se produzca el afloramiento superficial de la lechada del hormigón. Deberá evitarse hacer un vibrado excesivo que provoque segregación en el hormigón. Deberá tenerse especial cuidado de no tocar las armaduras con los vibradores, por el efecto perjudicial que se produce en la adherencia del hormigón a las barras vibradoras.

- El programa de colocación deberá considerar minimizar los problemas de retracción de fraguado. Deberán adoptarse precauciones en juntas frías, previamente se limpiará la superficie del hormigón colocado, con chorro de arena o mediante picado y escobillado. En todo caso, el método a usar, deberá eliminar completamente la lechada superficial, áridos mal adheridos y partículas sueltas.

- Durante los días de lluvia se tomarán precauciones adicionales para evitar alteraciones en el contenido de agua de los áridos y la mezcla. Cuando la colocación tenga lugar en tiempo frío, el hormigón deberá tener en el momento de la colocación una temperatura mínima según se indica en la tabla; para este objeto, se podrá calentar el agua y/o los agregados hasta temperaturas que no excedan los 70°C.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

7.6.- Curado del Hormigón

Se deberá mantener el hormigón humedecido por lo menos 5 días desde su colocación. Para concretaduras hechas en tiempo frío, el período de curado, comenzará después que se tomen las siguientes precauciones:

- El Contratista dispondrá de recubrimientos y protecciones contra temperaturas de congelamiento.
- Se podrán mejorar las condiciones de fraguado con el agregado de aceleradores de fragua; no se aceptarán anticongelantes.

Si la temperatura ambiente es 30°C y/o existen condiciones de viento que aceleren la evaporación del agua, se deberán colocar sobre la superficie expuesta del hormigón, protecciones especiales que den sombra, pantallas que corten el viento, lloviznas que humedezcan al ambiente, desde antes del hormigonado. El período total de protección y curado deberá aumentarse en un 50% respecto al caso corriente.

7.7.- Plazos de Desmoldaje

Sólo se procederá al descimbrado y desmoldaje una vez que el hormigón tenga la resistencia necesaria, y nunca antes de 3 días.

Se deberá tener en cuenta que en tiempo frío la resistencia puede ser alcanzada en tiempos superiores a los habituales.

El retiro de los moldajes se hará evitando daños al hormigón, en caso de aparecer hormigones defectuosos, nidos de piedra o dimensiones inaceptables, la ITO deberá rechazarlos y su reconstrucción será de cargo del Contratista. El método de reparación deberá ser aceptado por la D.G.A..

Todas las rebarbas y salientes que resulten por junturas defectuosas en los moldajes, al interior de las secciones de canal, deberán ser eliminadas mediante esmeriles y otros procedimientos de manera de conseguir superficies perfectamente lisas.

7	**Suministro y Colocación de Hormigón (inc. 10% pérdidas)**	**m3**	**10,00**

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

8.- SUMINISTRO Y COLOCACIÓN ARMADURA

Se considera armadura de malla electrosoldada, calidad del acero AT56-50H diámetro 4,2 mm espaciada a 10 cm, del tipo malla ACMA C-139 o similar con refuerzos de fierro de 8mm estriado según se indica en planos de detalle.

La ITO verificará la correspondencia de las armaduras colocadas con el detalle de los planos, y exigirá dispositivos que aseguren dimensiones y ubicaciones durante la concretadura. Se autorizará el hormigonado una vez verificada la colocación y limpieza de los fierros, su separación a los moldajes y detalles de colocación, y atendidas las eventuales observaciones.

Las mallas de acero deberán ser almacenadas ordenadamente evitando que queden en contacto con el suelo.

Para sostener o separar las armaduras, se emplearán espaciadores de mortero (calugas) o de material plástico. No podrán emplearse trozos de ladrillo, piedras, ni trozos de madera.

8	**Suministro y Colocación de Malla armaduras** (inc. 5% pérdidas)	kg	550,0

9.- SUMINISTRO Y COLOCACIÓN MOLDAJES

Los moldajes deberán ser dimensionados para dar a las secciones las medidas indicadas en los planos. Deberán tener suficiente resistencia y rigidez para mantener su forma y posición bajo las cargas producidas por la colocación y vibrado del hormigón.

Se usarán moldajes que garanticen terminaciones lisas y uniformes, con empleo de madera cepillada, aglomerada, plancha metálica y otro que asegure esa terminación; la tolerancia al desplomo en estos casos será de +/- 0.2 cm.

Los moldajes deberán ser suficientemente estancos para impedir pérdidas de mortero por sus juntas y serán convenientemente reforzados, contraventados y apuntalados para evitar deformaciones o desplazamientos al colocar el hormigón. La cara de los moldajes en contacto con el hormigón deberá ser tratada con un compuesto que impida su adherencia con el hormigón, el cual consistirá en un aceite mineral o similar que no produzca manchas en las superficies del hormigón, ni anule o disminuya la adherencia de pintura posterior.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

Los moldes deberán fijarse con elementos que no queden expuestos superficialmente al retirar el molde. En superficies a la vista, no se aceptarán amarras de alambre que puedan provocar manchas de herrumbe posteriormente. Los moldes deberán contemplar ventanillas en su parte inferior para facilitar la limpieza de la junta de construcción previa al hormigonado.

9	**Suministro y Colocación de Moldajes (inc. 10% de pérdidas)**	m2	60,0

10.- SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES

Considera el suministro e instalación de tuberías de HDPE y uniones desmontables tipo Dresser para materializar la comunicación entre la sección de aforo y la cámara de monitoreo, según se indica en plano de detalles de proyecto (Láminas 3 y 10).
La tubería que conecta el canal con la cámara tendrá un diámetro de 63 mm y será de HDPE PE80 y PN60. La tubería terminara en una pieza Stub end de 63 mm de HDPE PE80 y PN60 y en un flange *lap joint* del tipo ASME/ANSI B16.5 Clase 150. El flange de HDPE se conecta con un flange *Slip-On* (SO) con un diámetro de 2" de acero forjado (norma A105) del tipo ASME/ANSI B16.5, Clase 150 StdF. Este flange se conecta con una tubería de diámetro 2" con cédula estándar (*Schedule standar*), que cumpla con la norma ASTM A53 grado B. Esta tubería se empotrará en la pared del canal aforador mediante un fijación metálica típica cuyo espesor es de 10 mm.

10	**Suministro y Colocación de tubería y uniones**	GI	1

11.- ENSAYOS LABORATORIO

La ejecución de los controles y ensayos son de completo cargo del Contratista. Durante el desarrollo de las faenas de hormigón la Inspección, podrá solicitar las siguientes pruebas y ensayes:

a) Determinación de la calidad de los áridos expresada como granulometría y contenido de sales (limpieza).
b) Verificación de resistencia de probetas para cumplir la especificación.
c) Determinación periódica durante el hormigonado dela plasticidad del hormigón (descenso mediante el Cono de Abrams).
d) Prueba de resistencia del hormigón.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

En el control de cono, el descenso medido no debería exceder en +/- 2 cm al previsto en la dosificación de diseño para el hormigón. Si el asentamiento de cono excede en más de 2 cm, en 3 medidas sucesivas, la Inspección Técnica rechazará el hormigón. Si para mantener la trabajabilidad es necesario agregar agua en un volumen que haga aumentar la razón agua/cemento en más de 0,05, el Contratista deberá también aumentar la dosis de cemento para restablecer la razón agua/cemento teórica.

Deberán tomarse muestras para ensayos de resistencia por cada 5 m3 de hormigón elaborado en obra o una muestra por cada preparación, según corresponda. Cada muestra incluirá un mínimo de 3 cubos de 20 cm de arista, uno de los cuales será ensayado a 7 días y 2 a 28 días.

Los resultados obtenidos serán comparados con la resistencia mínima establecida en el proyecto. Se considerará que ésta ha sido obtenida satisfactoriamente si el promedio móvil de tres resistencias sucesivas a los 28 días es superior a la resistencia mínima establecida y no existe ningún valor inferior a 25 kg/cm2.

En casos de resultados insuficientes de resistencia de los hormigones, la D.G.A. podrá solicitar a una entidad especializada, con cargo al Contratista, un informe respaldado por nuevo análisis sobre la estabilidad estructural de las obras.

Si la resistencia según dicha entidad no fuera satisfactoria, se ordenará la demolición de la totalidad o parte de la obra, y se procederá a su reconstrucción; todos los gastos originados por este concepto serán de cargo del Contratista.

En todos aquellos casos en que el promedio móvil a los 28 días sea inferior a la resistencia especificada se seguirá el siguiente procedimiento:

11	**Ensayos Laboratorio**	**GL**	**2**

12.- SUMINISTRO E INSTALACION ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA

La instrumentación requerida se refiere a la medición de altura de agua. Para tales efectos se consideran los siguientes equipos:

Sensor tipo encoder

Este codificador de boya y contrapeso debe estar diseñado para el monD.G.A.reo continuo de nivel de agua transmitiendo las variaciones de nivel a la polea. La rotación generada es convertida en una señal electrónica. El valor medido es calculado y transmitido vía interfaz 4-20 mA .El principio de medida debe garantizar un precisión y resolución muy alta +/- 1 mm. Este se instalará en la cámara de medición adyacente a la sección de aforo tal como se indica en proyecto.

Regla Limnimétrica

Se deberá instalar una regla limnimétreica para verificación ocular de altura de agua.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

Data Logger

El monitoreo o aforo deberá ser almacenado en un datalogger con compatibilidad de conexión a modem GPRS, teléfono satelital o satélite para implementación de transmisión de datos.

Transmisión de datos

La transmisión de datos deberá ser realizada en forma satelital utilizando un modem compatible Iridium. Se deberá considerar un contrato por 1 año con una empresa que habilitará el servicio, para lo cual se deberá considerar un costo mensual de tráfico para transmisiones cada 1 hora de 16 bits más encabezado de transmisión y con 5 intentos de transmisión. El tratamiento de la información, es en servidor con acceso a través de Web en formato Excel.

Sistema fotovoltaico

Se deberá instalar un sistema de energización fotovoltaico con baterías de ciclo profundo que entreguen un respaldo de a lo menos 3 días de energía. La caseta, los equipos fotovoltaicos y la torre de transmisión serán instalados en un radier y protegidos por un cerco tipo Acmafor de 2,4 m de altura.

12	**Suministro y e instalación instrumentación y envío de datos**	**GI**	**1**

13.- INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN

Para aseguramiento de la calidad de las obras se considera un profesional, constructor civil, residente durante el tiempo de ejecución. Velará por el cumplimiento de las especificaciones, toma de muestras y ensayos de calidad, así como cumplimiento de las mejores prácticas de construcción. Contará con apoyo local, un ayudante permanente. Deberá rendir informes de avance semanal.

13	**Ingeniería y Supervisión**	**GL**	**1**

14.- DESMOVILIZACIÓN

Una vez concluidas las operaciones de construcción y recibidas las obras por la I.F, tanto toda el área intervenida por el proyecto como los sitios de acopio temporal e instalación de faenas, deberá limpiarse de manera que presente un aspecto ordenado. Para los efectos señalados se deberán retirar equipos y materiales, así como todos los escombros, chatarra, acopios o instalaciones auxiliares y todo material que no forme parte de las obras.

14	**Desmovilización**	**GL**	**1**

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

15.- FOSO DE MEDICIÓN

El foso de medición será construido a partir de tubos de hormigón simple, de los diámetros señalados en la Lámina 10.

15.1 Materiales

La fabricación y características generales de los tubos circulares de hormigón y de alta resistencia, circulares se deberán ajustar a lo establecido en NCh 184; deberán llevar marcado el nombre o la marca registrada del fabricante en forma legible e indeleble, mediante un procedimiento que no altere la forma ni las resistencias mecánicas de los tubos.

El contratista deberá informar previa y oportunamente al Inspector Fiscal, la procedencia de los tubos que pretende utilizar en la obra, debiendo proporcionarle, los antecedente y certificados que acrediten que el fabricante se ajusta a los requisitos de fabricación, resistencia y tolerancia de acuerdo con lo presentado en el Numeral 5.601.203 del MC 2014.

Se tendrá especial cuidado en el transporte y almacenamiento de los tubos. No se aceptará el uso de tubos trizados, despuntados o con otros desperfectos que comprometan la estabilidad y duración de la estructura.

15.2 Evaluación y recepción

El control, evaluación y recepción de los tubos se hará en conformidad con lo indicado en NCh 43, NCh 44, NCh 184, Nch 185 y en la sección 5.501 del MC 2014, considerando que son elementos prefabricados.

15.3 Instalación

Para manejar, bajar e instalar los tubos dentro de la zanja, sólo deberán emplearse equipos y procedimientos adecuados. No se deberán usar cables pasados por el interior del tubo, que eventualmente puedan dañar sus extremos. En general, deberán usarse horquillas rígidas que tomen el tubo por los extremos, o vigas rígidas pasadas por el interior, tomadas por los extremos.

Todas las juntas de unión deberán ser selladas para prevenir posteriores filtraciones de agua o introducciones de materiales indeseables. El sellado interior de las uniones, cuando se realicen de mortero, se deberá efectuar con un mortero de proporción 1:1 en peso de cemento y arena sobre las uniones previamente humedecidas. El cemento deberá cumplir con lo establecido en NCh 148, el agua con las especificaciones y Métodos definidos en 8.401.1 y 8.401.2 del MC 2014 y la arena debe pasar por el tamiz 5 mm (ASTM N°4). El mortero en exceso debe eliminarse de las juntas de unión. Para el sellado exterior de las uniones, el mortero será de proporción 1:3 de cemento y arena, debiéndose construir un cordón que cubra todo el perímetro exterior de la tubería. Este cordón tendrá un ancho igual o mayor que 20% del diámetro interior del tubo y un espesor igual o mayor que 12% de dicho diámetro.

15	**Foso de medición**	**GL**	**1**

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

16.- ENROCADO DE PROTECCIÓN

16. 1 MATERIALES

Las piedras o rocas que se usarán en el enrocado deberán ser sanas, sin grietas u otras imperfecciones y no prestar señales de meteorización. En general deberán presentarse formas regulares adecuadas para la ejecución de las obras, evitándose el uso de aquellas con forma de cuña. El volumen de las piedras a usar no deberá ser menor que 30 lts y su menor espesor deberá ser igual o superior a 25 cm. También podrá usarse piedra chancada que cumpla con los requisitos de calidad, forma y tamaños detallados en esta sección.

16.2 CALIDAD

Las rocas para los efectos de construir enrocados se clasificarán como adecuadas, inadecuadas y rocas que requieren estudios especiales. Los siguientes tipos de rocas serán adecuados siempre que las rocas sean sanas, compactas y resistentes, sin señales de meteorización, descomposición o grietas y que cumplan con los requerimientos de calidad especificados en la Tabla 5.207.201.A del MC-V5:

- Granitos, granodioritas y sienitas;
- Aplitas, pórfidos y porfiritas;
- Gabros;
- Diabasas, ofitas y lamprófidos;
- Riolitas y dacitas;
- Andesitas, basaltos y limburgitas;
- Cuarcitas y mármoles;
- Calizas y dolomitas; y,
- Areniscas, conglomerados y brechas.

No se podrán utilizar, en ningún caso por considerarse inadecuadas, rocas de los siguientes tipos:

- Serpentina;
- Tobas volcánicas y rocas volcánicas piroclásticas;
- Micacitas y filitas;
- Anhidrita, yeso y rocas solubles;
- Tobas calcáreas y caliche;
- Arcosas y limolitas; y,
- Las rocas que se desintegran espontáneamente al estar expuestas a la intemperie o que, al ser compactadas, sufran una trituración importante o adquieran una consistencia terrosa.

Las rocas no incluidas en ninguno de los dos grupos anteriores, requerirán de un estudio especial que verifique si ellas se ajustan a los requisitos de calidad que se especifican en el Proyecto, sin perjuicio de cumplir con lo que se señala en la Tabla 5.207.201.A del MC-V5. Entre otras, las rocas que requieren de estudios especiales, son las siguientes:

- Peridotitas, traquitas y fonolitas;
- Aglomerados y conglomerados volcánicos;
- Neis, esquistos y pizarras;
- Migmatitas, corneanas, anfibolitas y grauvacas;
- Carniolas, margocalizas y margas;
- Argilitas; y,
- Maciños, molasas, samitas y rodenos.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

16.3 GRANULOMETRÍA

En relación a la distribución granulométrica o graduación de los tamaños de los enrocados, se define que sea relativamente uniforme sin dispersiones granulométricas importantes. También se exige que la forma de los elementos de enrocado sea lo más cúbica posible (menos redondeada o tableada posible); es decir, con aristas vivas para asegurar una buena trabazón de los elementos.

En la Tabla 5.207.201.B del MC-V5 se incluye la distribución granulométrica adoptada para este caso, donde en una situación promedio:

Clase I enrocado de:
Diámetro nominal ≤ 400 mm
Peso ≤ 100 kg
Velocidad local admisible ≤ 3 m/s

El menor espesor de las rocas deberá ser igual o superior a 25 cm

16.4 COLOCACIÓN DEL ENROCADO

El enrocado se colocará sobre una capa de tierra compactada de 0,30 m de espesor mínimo. Se extenderá una capa de 5 cm mínimo de Gravilla de diámetro 3 mm a 2 cm, luego 15 cm mínimo de ripio compactado y apisonado de diámetro 2 cm a 5 cm. Sobre estas capas se colocarán las rocas de canto vivo con una cara plana hacia arriba y niveladas en su parte superior de acuerdo a las cotas indicadas en los planos y aprobadas por la I.T.O.

Las rocas **no deberán nunca colocarse por volteo, sino considerarse situadas una a una** en su sitio de destino en la zarpa. Se debe asegurar la máxima trabazón entre las piedras.

16	**Enrocado de protección**	**m3**	**4,5**

17.- Calibración y puesta en servicio de la estación fluviométrica

A fin de asegurar la correcta puesta en marcha de la estación fluviométrica se presenta el proceso de puesta en marcha del aforador.

17.1 CALIBRACIÓN DE MEDICIÓN DE ALTURA

Previa a la instalación definitiva del medidor de altura de aguas en la cámara, se realizara una calibración del mismo, procurando que el dispositivo registre correctamente las variaciones de 0 a 50 cm en la altura de agua en intervalos de 10 cm. Se puede utilizar cualquier recipiente impermeable donde el agua permanezca quieta.

17.2 CALIBRACIÓN DE MEDICIÓN DE CAUDAL

A continuación se detalla el proceso estandarizado para aforar el canal a partir del método área-velocidad, utilizando un velocímetro ultrasónico, un molinete o un dispositivo ADV (efecto Doppler) calibrado. El caudal aforado se medirá en al menos dos perfiles, ubicados aguas arriba de la estación fluviométrica y en dos perfiles ubicados en la estación. Este caudal se compara con la curva de descarga del aforador.

- Secuencia de trabajo

En términos generales, la secuencia de las actividades es la siguiente:

i. Seleccionar/identificar la sección de aforo.

ii. Demarcar de la sección de aforo (orilla izquierda – OI y orilla derecha – OD), demarcar punto de referencia.
iii. Medición del nivel del agua en la sección antes, durante y al termino del aforo.
iv. Determinación del número de divisiones verticales y subsecciones de la sección de aforo, a ser denominadas como n.
v. Determinación del número de puntos de registro en cada vertical.
vi. Medición de la distancia entre el punto de referencia y la OI.
vii. Para cada subsección:
   - Medir la distancia horizontal entre el punto de referencia y el centro de la subsección.
   - Medir la profundidad de cada subsección.
   - Medir velocidades (aforo con velocímetro electromagnético) y profundidades en los puntos requeridos de la subsección, de acuerdo al método definido.
viii. Medición de la distancia entre el punto de referencia y la OD.
ix. Durante el proceso registrar ordenadamente la información.
x. Tomar fotografías de la sección de aforo y punto de referencia, y anexarlas a la ficha correspondiente.
xi. Se recomienda que este procedimiento sea realizado por al menos dos personas

A continuación se detalla la descripción de las actividades definidas.

- Selección de la sección de aforo

Las secciones se ubicaran aguas arriba de la obra en una zona que cumpla con las siguientes características:

- Sección alejada de singularidades que puedan provocar alteración del flujo, tales como: compuertas, extracciones de caudal, confluencias o cambios de sección.
- Tramo de canal en que el curso de agua es recto en una longitud de 3 veces el ancho de escurrimiento, aguas arriba y aguas abajo del punto de aforo.
- Tramo con pendiente de fondo constante.
- Tramo en que todo el flujo se encuentra escurriendo por una sola sección y en dirección paralela al canal.
- Sección no afectada por socavación o acumulación de sedimentos. Evitar lechos con afloramientos rocosos que provoquen turbulencias.
- Se deben evitar aquellos tramos en que se produzcan altas velocidades, aguas muertas o remolinos. Evitar zonas cercanas a curvas.
- Evitar secciones abundantes en vegetación y grandes piedras. De no poder evitarlo, se debe proceder a la limpieza del tramo.
- En lo posible, lugares de fácil acceso.
- La profundidad del flujo en la sección debe ser, de preferencia, mayor a 0,3 m, o estar de acuerdo a lo indicado en las características del instrumento a utilizar.

- Demarcación de sección de aforo

La sección de aforo debe ser demarcada o delineada para fijarla. Debe marcarse también el punto de referencia. En el caso de ser posible, se recomienda utilizar un tablón, que quede fijo en su posición, en el cual se puedan posicionar el hidromensor, y en el cual se pueda demarcar cada una de las subsecciones requeridas. En caso que no sea posible el posicionamiento del tablón, se deberá realizar los aforos a pie, para lo cual se recomienda usar cuerda marcados sujetos en ambas orillas del canal en puntos fijos para marcar las verticales de medida.

- Medición del ancho basal y ancho superficial de escurrimiento

A objeto de no modificar las condiciones de escurrimiento, la totalidad de mediciones (de altura, anchos y velocidades) se efectuarán desde fuera del cauce. De esta manera, en caso que no se disponga de un puente o pasarela existente, se emplazará un tablón o similar, que permitirá cruzar la sección de aforo y medir en todos los puntos. Para medir las alturas de flujo se utilizará una mira topográfica graduada al centímetro, procurando a través de un nivel de burbuja que este instrumento se encuentre perfectamente vertical para no distorsionar las mediciones.

Ubicando una huincha de forma horizontal (posición que se alcanzará apoyando la huincha sobre en un costado del tablón) se medirá el ancho superficial (T) de toda la sección de aforo. Por otra parte, instalando dos miras en forma vertical en los límites de cada subsección, se medirán los anchos basales (b) y superficiales (L), mediante una huincha.

- Medición del Nivel de Agua Durante el Proceso

Se debe realizar la medición del nivel de agua en el canal antes de comenzar el aforo, durante el transcurso del aforo y una vez finalizado el aforo. Con la finalidad de verificar la existencia de escurrimiento permanente en la sección durante el proceso de aforo o bien, en el caso de no tenerse un flujo permanente, cuantificar el cambio de altura de escurrimiento durante el proceso de aforo.

- Determinación del número de verticales y subsecciones

Para definir el número de verticales y subsecciones, n, se deben considerar los siguientes aspectos, los que han sido listados según su prioridad:

De acuerdo a lo indicado en la ITC 09 Aforos y Medición de Pérdidas. CNR. Marzo 2014., el número de subsecciones (verticales), se debe determinar en función de lo indicado en la siguiente Tabla:

Tabla B.17-1 Número de Subsecciones

Ancho T (m)	n
Menos de 1	4
1 - 2 m	6
2 – 4 m	10
4 – 8 m	16
8 – 10 m	20
más de 10 m	24

i. Puntos de cambio de declive (secciones de geometría compleja).
ii. En general, se recomienda que la distancia entre las verticales permita que el caudal parcial de cada subsección no supere en más de un 10% el caudal de las restantes subsecciones.

- Determinación del número de puntos de registro por cada vertical.

La cantidad de puntos de registro en cada vertical para cada subsección está dada por la profundidad de agua en la sección de aforo, tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla B.17-2 Número de Puntos de Registro en cada Vertical.

Método de Medición	Profundidad del Agua En cada vertical	Cantidad de Puntos de Registro	Profundidades de Medición (*)
Método de 1 Punto	h ≤ 0,2 m	1	0,6h
Método de 2 Puntos	0,2 m < h ≤ 0,6 m	2	0,2h 0,6h
Método de 3 Puntos	0,6 m < h ≤ 3 m	3	0,2h 0,6h 0,8h

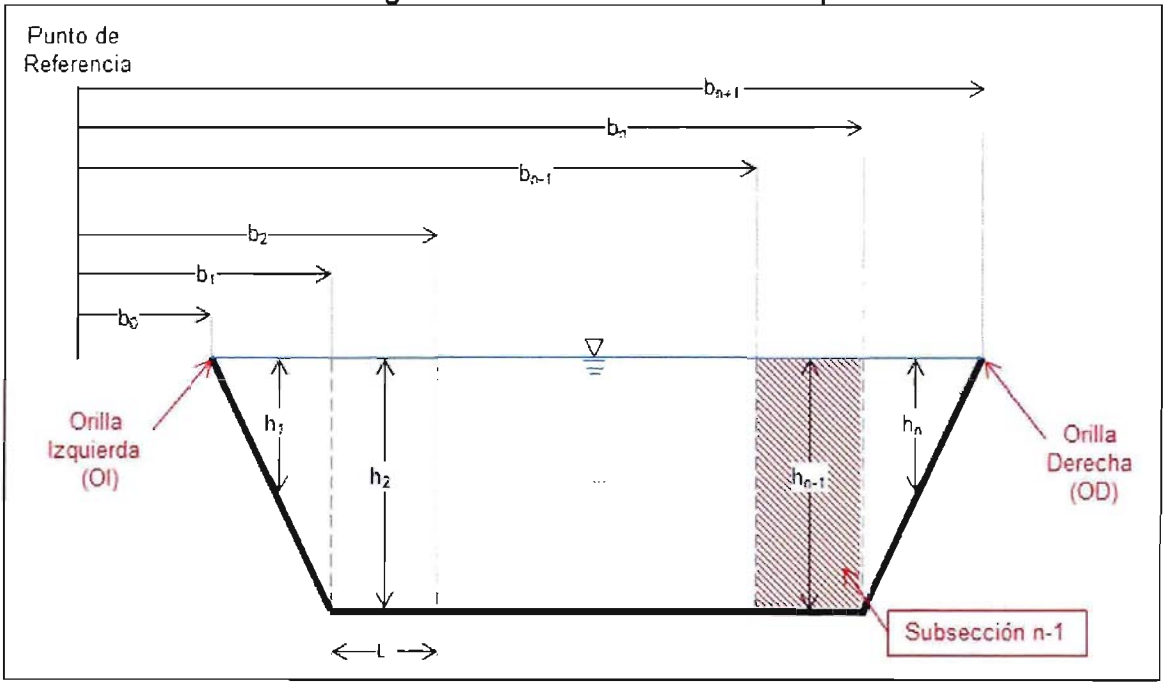
(*) h corresponde a la altura del agua

- Metodología de aforo

Una vez delimitada y marcada la sección de aforo seleccionada se procede con los registros, de la siguiente manera:

- En primer lugar se debe medir la distancia entre el punto de referencia escogido y la OI, tal como se muestra en la siguiente figura con el parámetro b0.

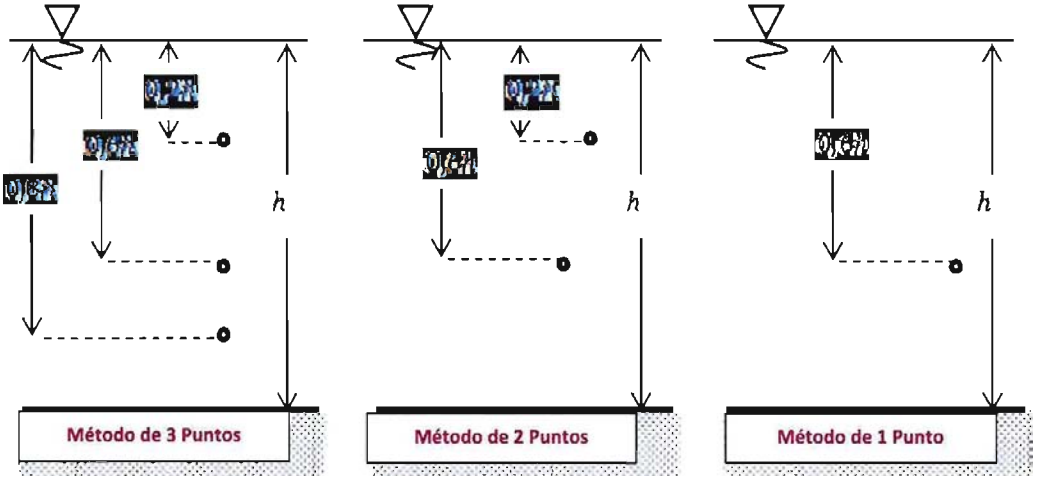
Figura B.17-1: Sección de Aforo Tipo.



- Luego, se deben marcar las n verticales de medición.
- Registrar la profundidad de cada vertical (hi) y la distancia al punto de referencia (bi).
- Realizar las mediciones de velocidades en los puntos de cada vertical definidos, de acuerdo a los criterios de la B.17-2.

La siguiente figura muestra esquemáticamente cada uno de los métodos de medición en cada vertical.

Figura B.17-2: Métodos Medición en la Vertical de Cada Subsección.



- Medir la distancia entre la OD y el punto de referencia, tal como lo representa el parámetro bn+1 de la figura B.17-1.

En cada vertical se debe instalar correctamente el instrumento antes de comenzar los registros de velocidad. Las recomendaciones a seguir son las siguientes:

- El instrumento debe estar fijo y perpendicular a la sección del canal y al escurrimiento.
- La barra que sujeta el velocímetro debe estar siempre vertical. Si posee un nivel de burbuja, ubicar la burbuja en el centro.
- Todas las partes del molinete deben estar sumergidas en el agua.
- Se debe verificar el rango de operación del instrumento de acuerdo a las indicaciones del fabricante, para evitar registrar lecturas fuera de rango.

Se debe respetar el tiempo mínimo de medición en cada punto sean el equipo utilizado.
El orden de las mediciones no es relevante, sin embargo, es recomendable, por razones de tiempo, iniciar las mediciones desde el fondo del canal hacia la superficie.

- Cálculo de caudal y determinación de errores

El caudal en la sección de aforo (Q_T) se estima como la suma de los caudales determinados en cada subsección (Q_i), según la siguiente ecuación:

A su vez los caudales de cada subsección i (Q_i) se determinan al multiplicar la velocidad media de la misma y su área, tal como se indica en la siguiente expresión:

Dónde:

A_i : Área de la subsección i (m^2)

v_i : Velocidad media en la subsección i (m/s)

: Error asociado a la estimación del caudal en la subsección i

El error se estima utilizando la siguiente ecuación:

Donde Δv_i y corresponden a los errores asociados a la estimación de la velocidad media y el área de la subsección i.

La velocidad media en cada subsección se determina en función del método de medición en la vertical, como sigue:

Tabla B.17-3 Cálculo de velocidad media en la subsección i

Método de medición en la vertical	Cálculo de Velocidad en la subsección	Error asociado
3 puntos		
2 puntos		
1 punto		

El error asociado a cada lectura se obtiene en función de las indicaciones del fabricante del instrumento a utilizar. Para la determinación del área de la subsección se considera una sección trapezoidal o triangular, cuya área se determina como:

Dónde:

A_i : Área de la subsección i (m^2)

h_i : Altura de agua medida al centro de la subsección i (m)

L : Ancho superficial de la subsección i

El error asociado a esta medida , se estima usando la expresión indicada a continuación.

Dónde:

Δh_i : Error asociado a la altura de agua medida en el centro de la subsección i.

: Error asociado a la medición del ancho superficial de la subsección i.

Se debe considerar que el error de las mediciones de altura y ancho superficial se considera equivalente al error del instrumento, definido como la mitad de la menor medida.

ÍTEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD

17.2 PUESTA EN MARCHA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

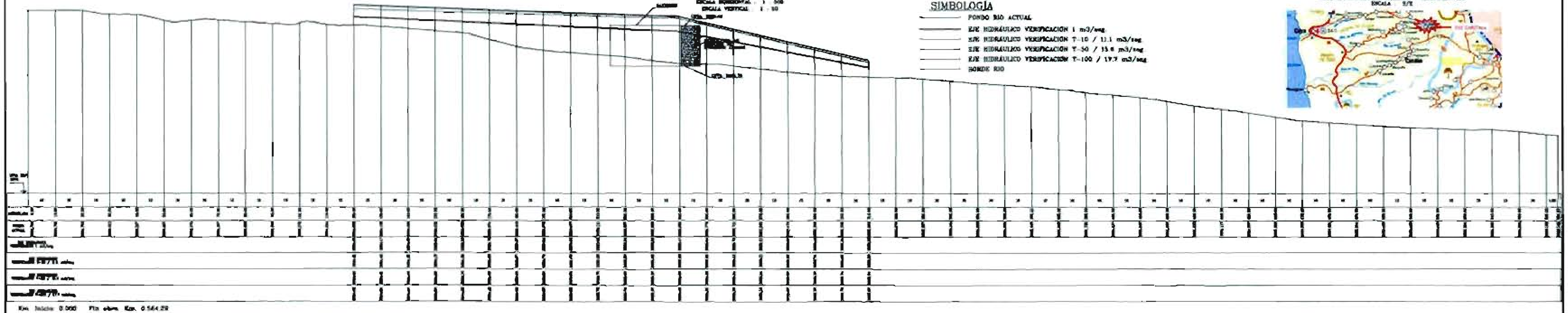
Una vez realizada la calibración del instrumento para medir altura y que se haya comprobado la calibración de los caudales, se probara que los sistemas de recolección y transmisión de datos están operativos. La transmisión de datos será realizada en forma satelital utilizando un modem compatible Iridium. Se realizará un contrato por 1 año con una empresa que habilitará el servicio, para lo cual se deberá considerar un costo mensual de tráfico para transmisiones cada 1 hora de 16 bits más encabezado de transmisión y con 5 intentos de transmisión. El tratamiento de la información es en servidor con acceso a través de Web en formato Excel.

17	Calibración y puesta en servicio	GL	1

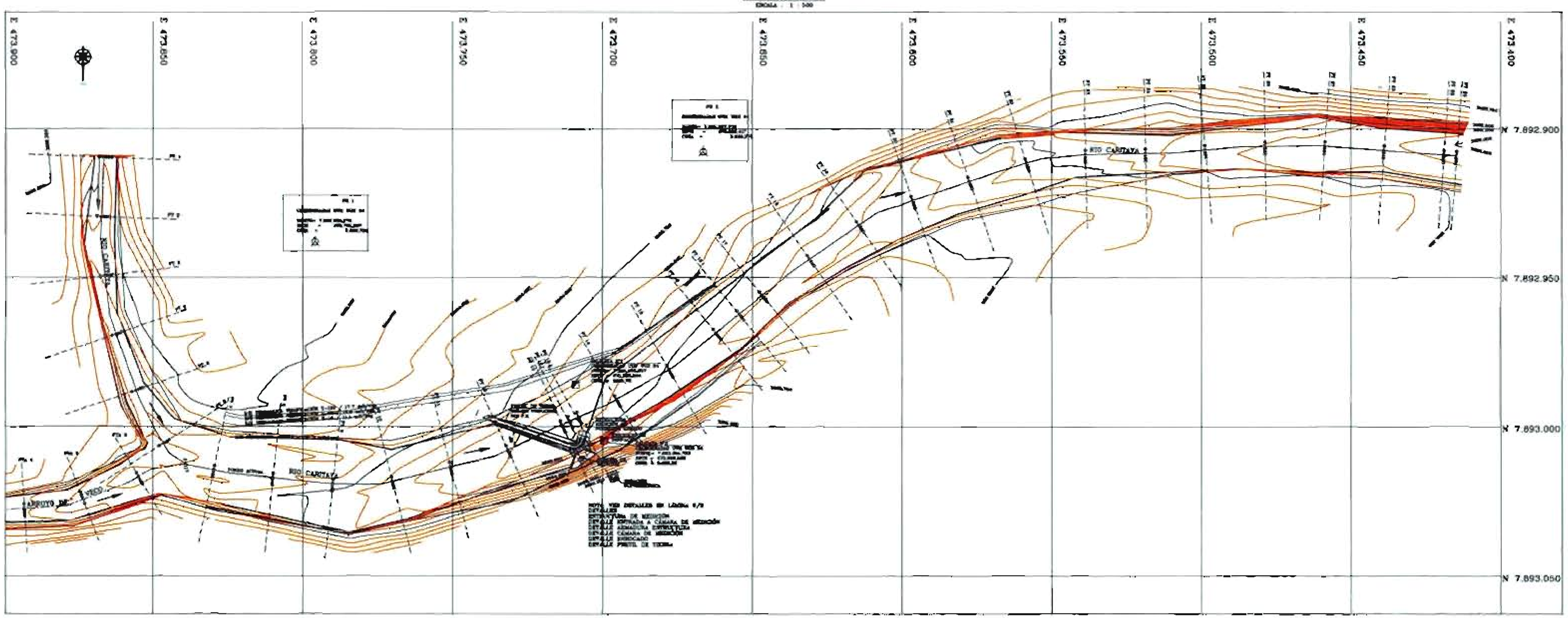
APÉNDICE C
PLANOS

- Lámina 1 - Planta y perfil longitudinal río Caritaya
- Lámina 2 - Planta estructura estación fluviométrica
- Lámina 3 – Planta y detalles estación fluviométrica
- Lámina 4 - Planta y perfil longitudinal río Caritaya Situación Actual
- Lámina 5 - Planta longitudinal y perfiles transversales Arroyo de Veco
- Lámina 6 - Perfiles Transversales
- Lámina 7 - Perfiles Transversales
- Lámina 8 - Perfiles Transversales
- Lámina 9 - Perfiles Transversales
- Lámina 10 - Detalles estructura y cámara

PERFIL LONGITUDINAL RIO CARITAYA



PLANTA RIO CARITAYA

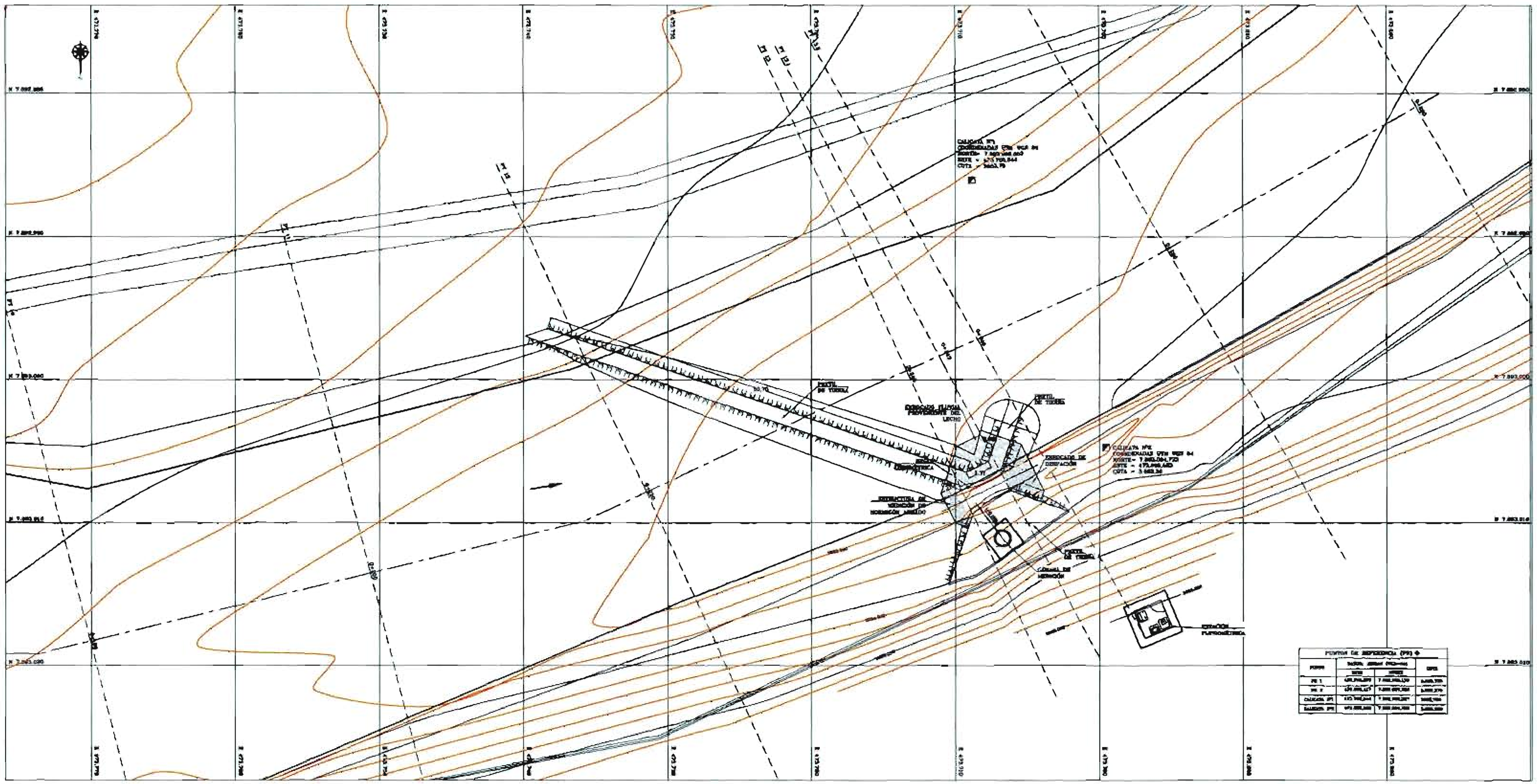


LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO			
ARICA Y PARINACOTA	DATUM	00	
CAMARONES	COTA N.M.M.		
ARICA Y PARINACOTA			
Rio Caritaya		1 : 500	

REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.G.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RIO CARITAYA	REGION: XV PROVINCIA: Camiña COMUNA: CAMARONES	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL RIO CARITAYA	FECHA: JULIO 2014 EDICION: 1 LAMINA Nº: 1/10 ESCALA: LAS INDICADAS ARCHIVO:

PLANTA
RIO CARITAYA

ESCALA 1 : 100



SIMBOLOGÍA

- FONDO RIO ACTUAL
- E/E HIDRÁULICO VERIFICACION T-10 / 11.1 m3/seg
- E/E HIDRÁULICO VERIFICACION T-50 / 15.6 m3/seg
- E/E HIDRÁULICO VERIFICACION T-100 / 17.2 m3/seg.
- BORDE RIO

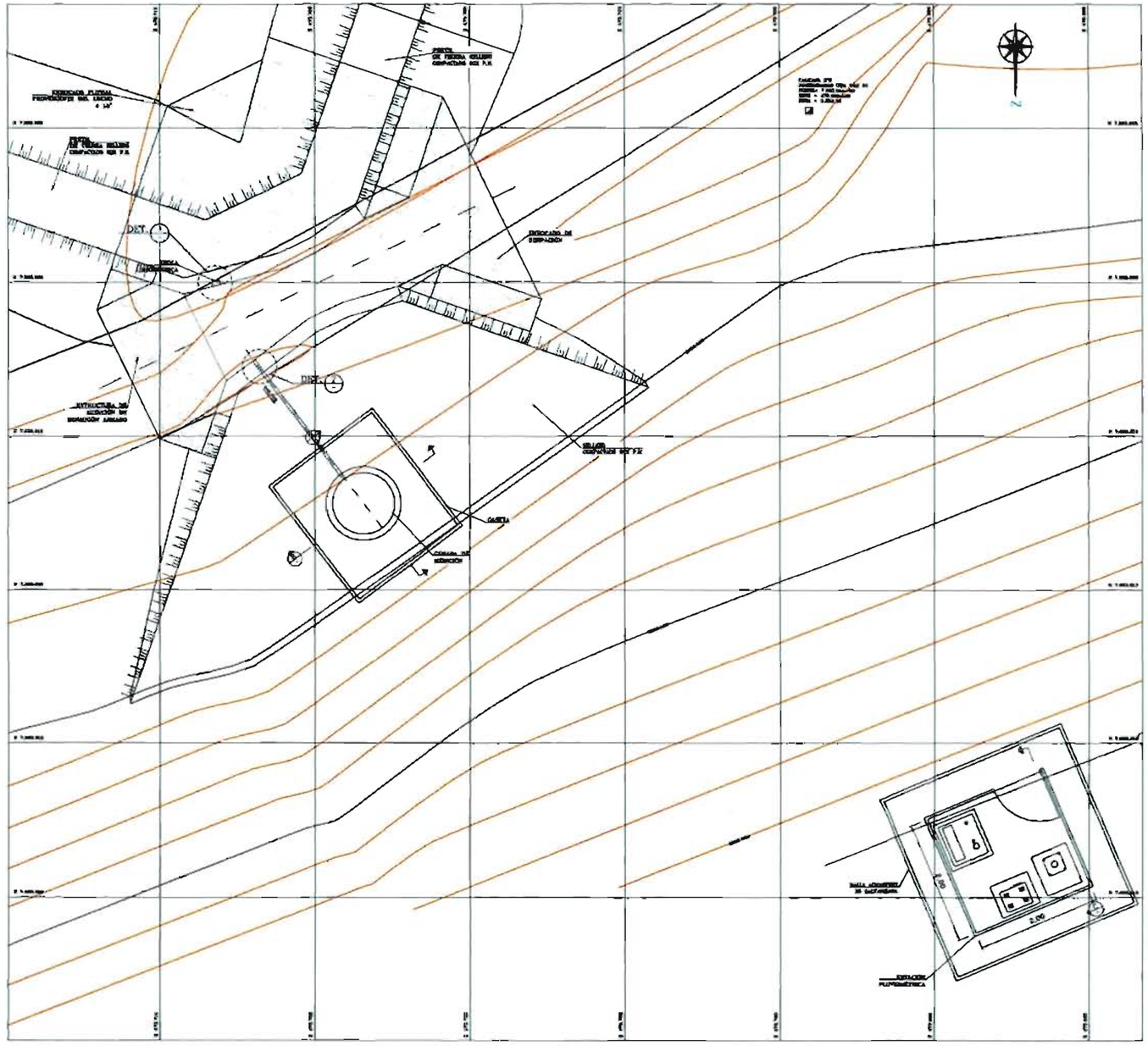
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
CAMIÑA	DATUM
CAMARONES	
ARICA Y PARINACOTA	
Sector Rio Caritaya	1 : 100

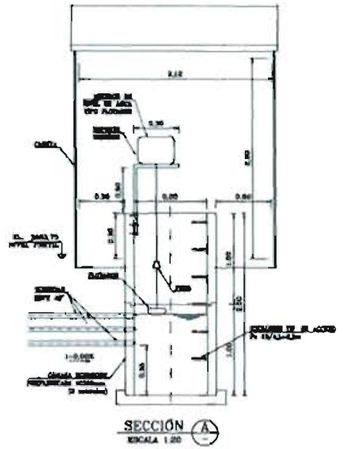
REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.G.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RIO CARITAYA	REGION: XV PROVINCIA: CAMIÑA COMUNA: CAMARONES	PLANTA ESTRUCTURA ESTACION FLUVIOMETRICA

FECHA	EDICIÓN	LAMINA N°
JUNIO 2014	1	2/10
ESCALA: LAS INDICADAS		
ARCHIVO:		

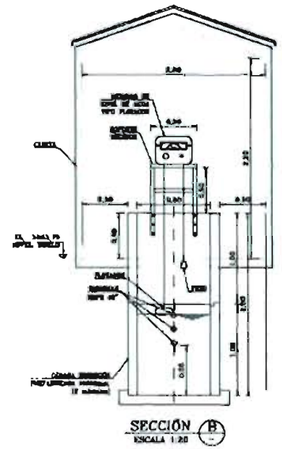
PLANTA ESTACIÓN FLUVIOMÉTRICA CARITAYA

ESCALA : 1 : 25

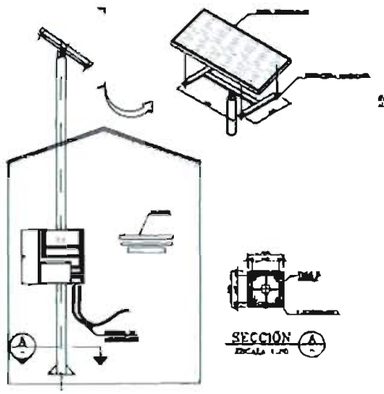




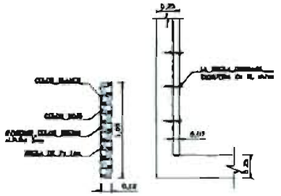
SECCIÓN (A)
ESCALA 1:20



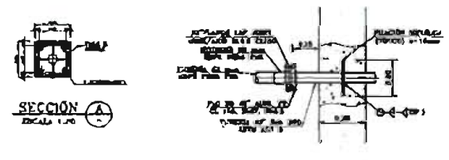
SECCIÓN (B)
ESCALA 1:20



SECCIÓN (C) PANEL FOTOVOLTAICO
ESCALA 1:20

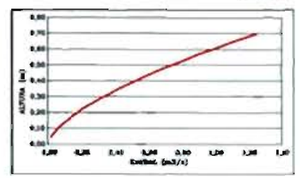


DETALLE (1) REGLA LIMNIMETRICA
ESCALA 1:20



DETALLE (2)
ESCALA 1:10

CURVA DE DESCARGA DEL AFORADOR



Q (m3/s)	H (m)
0.00	0.00
0.02	0.05
0.04	0.10
0.07	0.15
0.10	0.20
0.14	0.25
0.18	0.30
0.23	0.35
0.28	0.40
0.33	0.45
0.39	0.50
0.45	0.55
0.52	0.60
0.59	0.65
0.66	0.70
0.74	0.75
0.82	0.80
0.90	0.85
0.99	0.90
1.08	0.95
1.17	1.00

SIMBOLOGÍA

- PERFIL DEL ACUÍFERO
- NIVEL FREÁTICO
- NIVEL DEL AGUA

NOTAS

1. DIMENSIONES EXPRESADAS EN METROS.
2. ELEVACIONES EN METROS SOBRE NIVEL DEL MAR (m.s.n.m.)

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

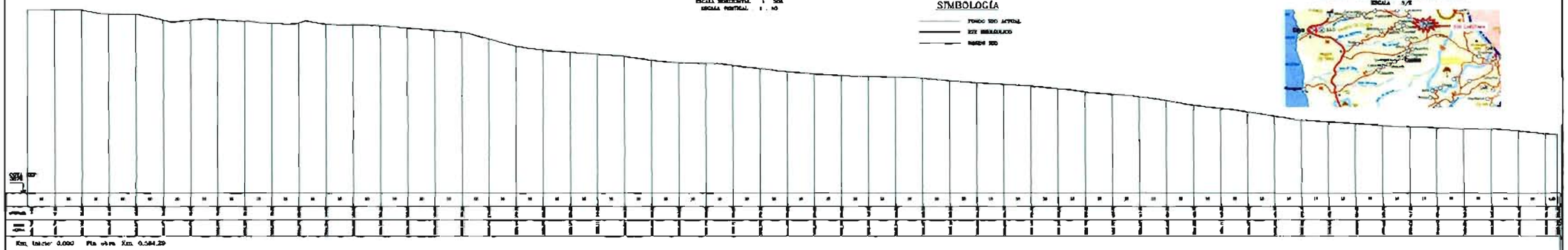
Región	Arica y Parinacota
Provincia	Parinacota
Comuna	Putre
Localidad	Caritaya
Datum	PSAD 56
Huso	19 Sur
Coordenadas	UTM
Fecha	00
Escala	1 : 100

REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.G.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RIO CARITAYA

PLANTA Y DETALLES ESTACIÓN FLUVIOMETRICA RÍO CARITAYA	FECHA JUNIO 2014	EDICIÓN / Lámina N° 1 / 3/10	
	ESCALA: LAS INDICADAS		
	ARCHIVO:		

PERFIL LONGITUDINAL
RIO CARITAYA SITUACIÓN ACTUAL

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2000
ESCALA VERTICAL 1 : 50



Km. inicial 0.000 Fin obra Km. 0.584,29

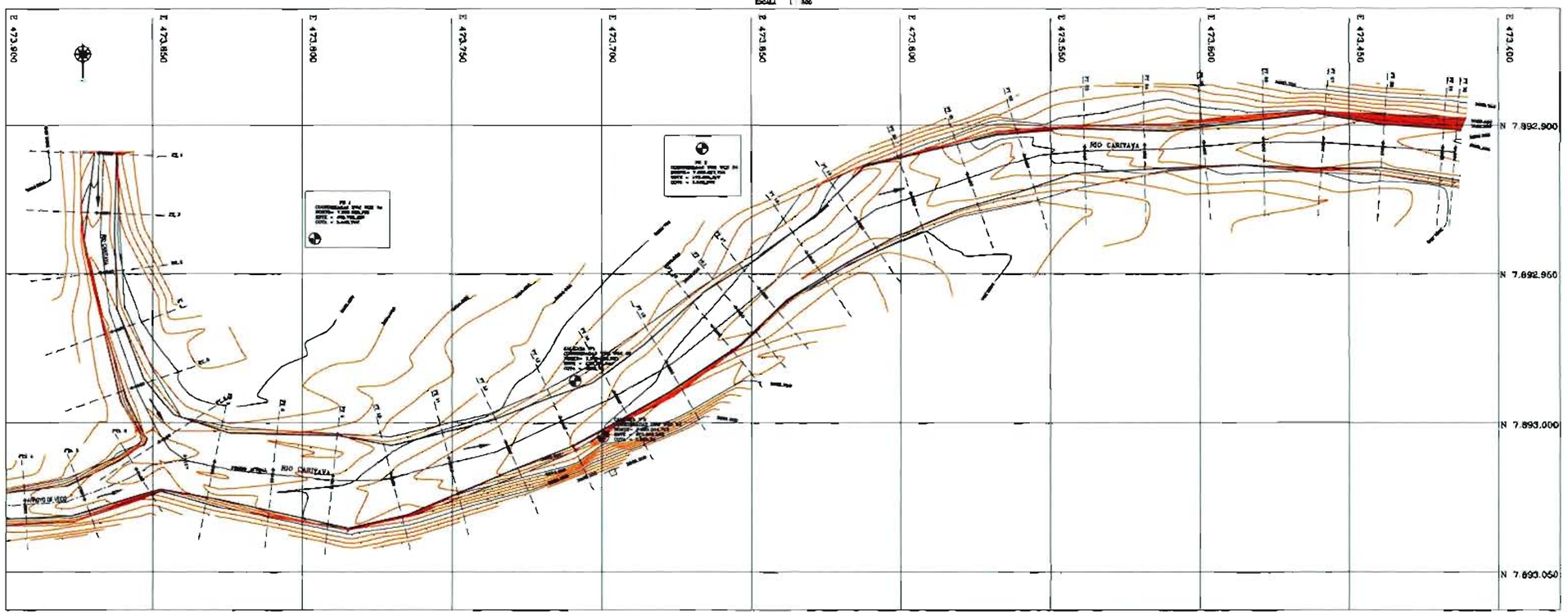
SIMBOLOGÍA

MAPA UBICACIÓN GENERAL

ESCALA S/E

PLANTA
RIO CARITAYA SITUACIÓN ACTUAL

ESCALA 1 : 500



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ARICA Y PARINACOTA

DATUM: ESTACIONES WGS-84; HUSO 19 SUR; COTA: N.M.M.

DD

1 : 500

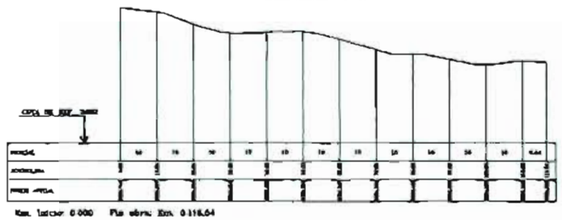
REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.G.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE APOYO DE CAUDALES RÍO CARITAYA	REGION: XV PROVINCIA: Carima COMUNA: Camarones PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL RIO CARITAYA SITUACIÓN ACTUAL

FECHA: JULIO 2014 | EDICION: 1 | LAMINA Nº: 4/10

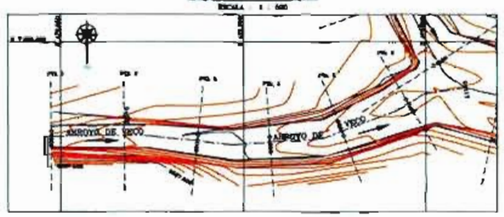
ESCALA: LAS INDICADAS

ARCHIVO:

PERFIL LONGITUDINAL
ARROYO DE VECO



PLANTA
ARROYO DE VECO

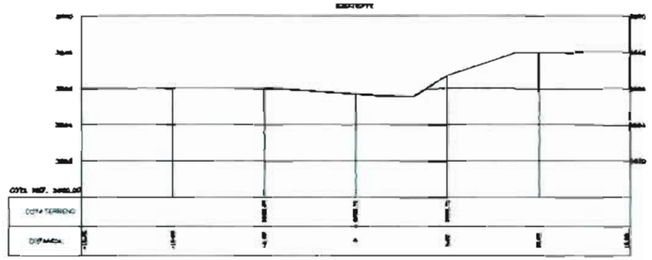


SIMBOLOGÍA

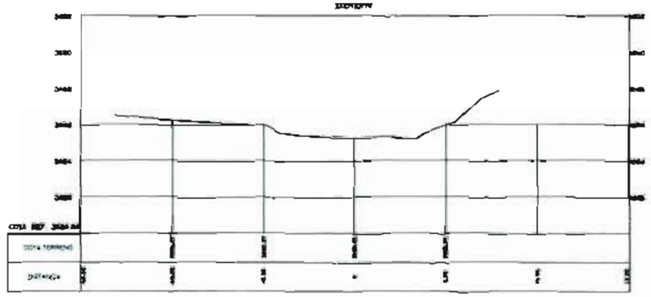
- FONDO RIO ACTUAL
- EJE HIDRAULICO VERIFICACION 3 m3/seg.
- EJE HIDRAULICO VERIFICACION T-10 / 11.1 m3/seg
- EJE HIDRAULICO VERIFICACION T-50 / 15.8 m3/seg
- EJE HIDRAULICO VERIFICACION T-100 / 17.7 m3/seg
- BORDE RIO

PERFILES TRANSVERSALES
ARICA Y PARINACOTA – ARROYO DE VECO

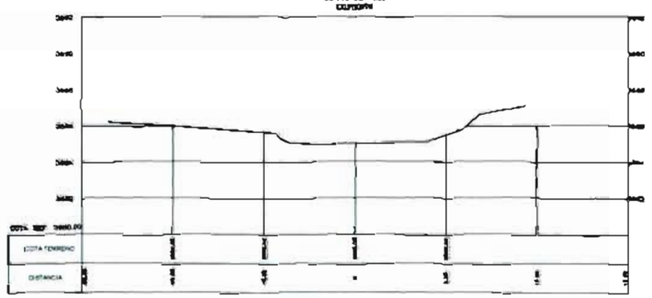
KM 0+000
PTA 1



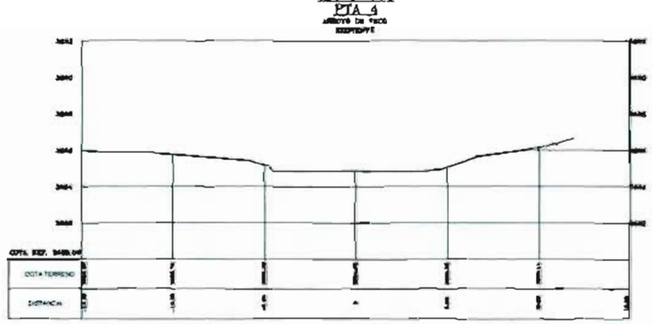
KM 0+020
PTA 2



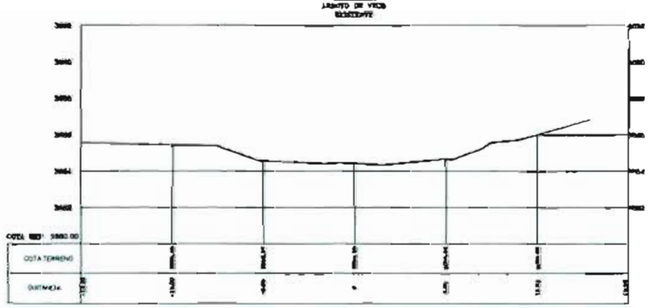
KM 0+040
PTA 3



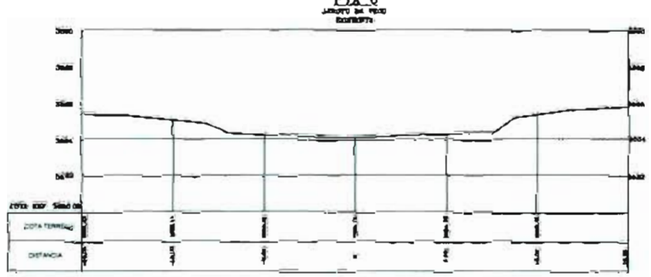
KM 0+060
PTA 4



KM 0+080
PTA 5



KM 0+100
PTA 6



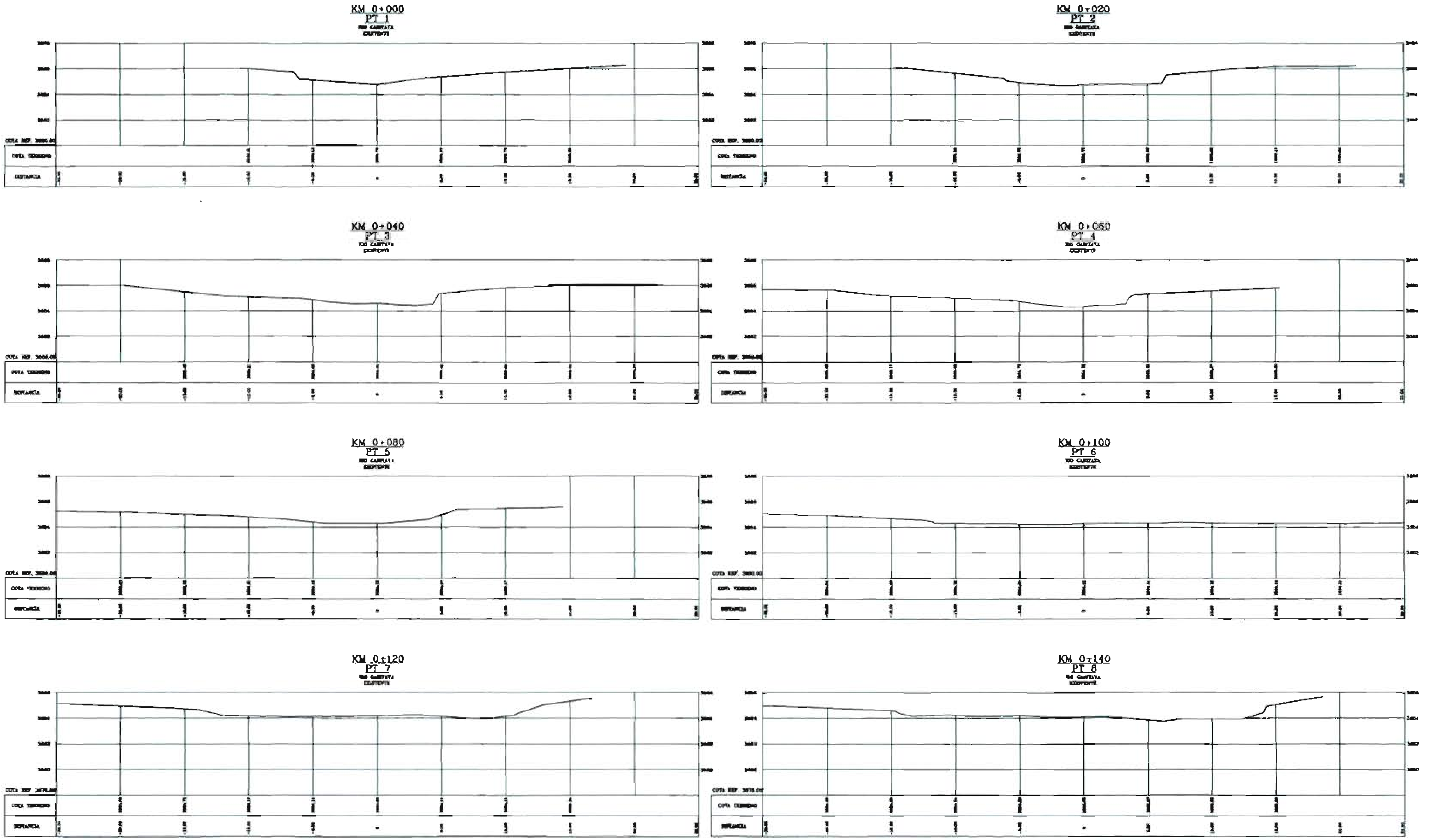
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ARICA Y PARINACOTA

1 : 500

REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.O.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RÍO CARITAYA	REGIÓN: XV PROVINCIA: CHAPA COMUNA: CAMARONES	PLANTA, LONGITUDINAL Y PERFILES TRANSVERSALES ARROYO DE VECO	FECHA: JULIO 2014 TOMO: 1 LAMINA N°: 5/10 ESCALA: LAS INDICADAS ARCHIVO:

PERFILES TRANSVERSALES
ARICA Y PARINACOTA - RIO CARITAYA



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ARICA Y PARINACOTA

PERFILES TRANSVERSALES

1 : 100

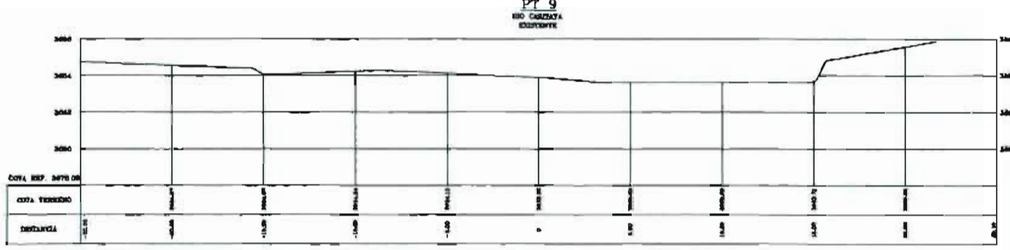
REPÚBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS D.G.A.	CONSULTOR: ARCADIS	PROYECTO ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RÍO CARITAYA	REGIÓN: XV PROVINCIA: CAMIÑA COMUNA: CAMARONES	PERFILES TRANSVERSALES

FECHA	EDICIÓN	LÁMINA Nº
JULIO 2014	1	6/10
ESCALA: LAS INDICADAS		
ARCHIVO:		

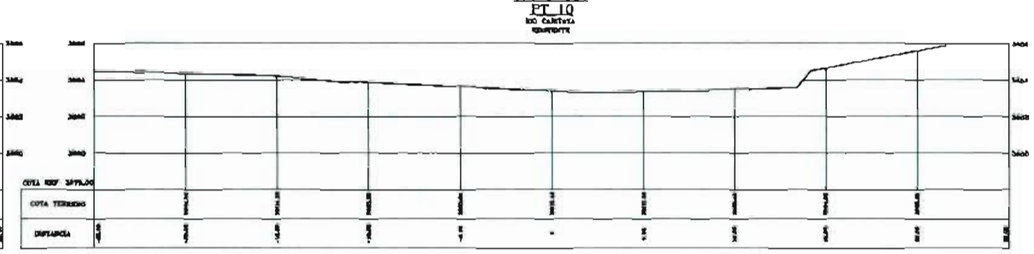
PERFILES TRANSVERSALES
ARICA Y PARINACOTA – RIO CARITAYA

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 100
ESCALA VERTICAL : 1 / 100

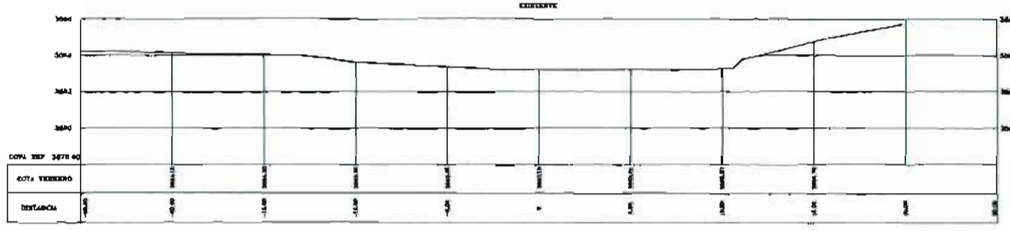
KM 0+160
PT 9
RIO CARITAYA
EXISTENTE



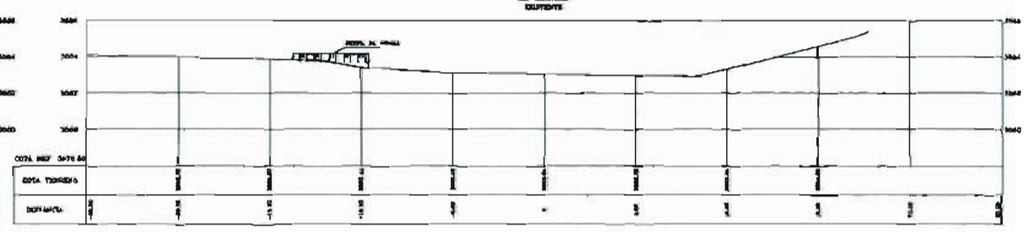
KM 0+160
PT 10
RIO CARITAYA
EXISTENTE



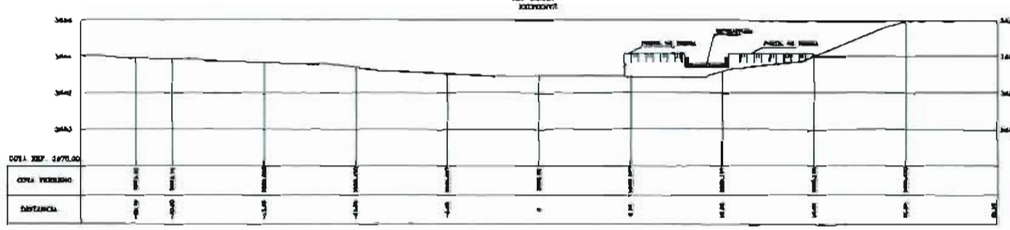
KM 0+200
PT 11
RIO CARITAYA
EXISTENTE



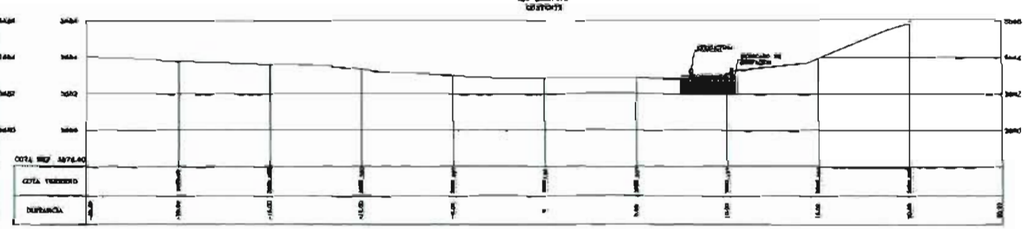
KM 0+220
PT 12
RIO CARITAYA
EXISTENTE



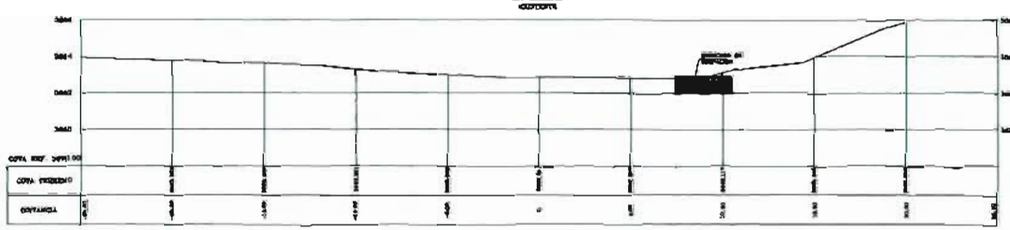
KM 0+240
PT 13
RIO CARITAYA
EXISTENTE



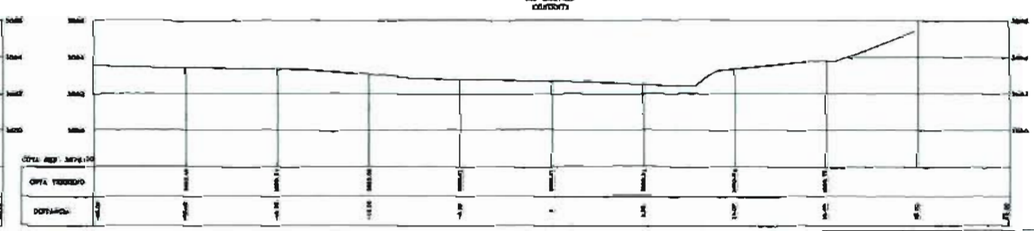
KM 0+243
PT 13.1
RIO CARITAYA
EXISTENTE



KM 0+246
PT 13.2
RIO CARITAYA
EXISTENTE



KM 0+260
PT 14
RIO CARITAYA
EXISTENTE



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
ESCALA 1:100

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
D.G.A.

CONSULTOR: ARCADIS

PROYECTO
ESTACION DE AFORO DE CAUDALES
RÍO CARITAYA

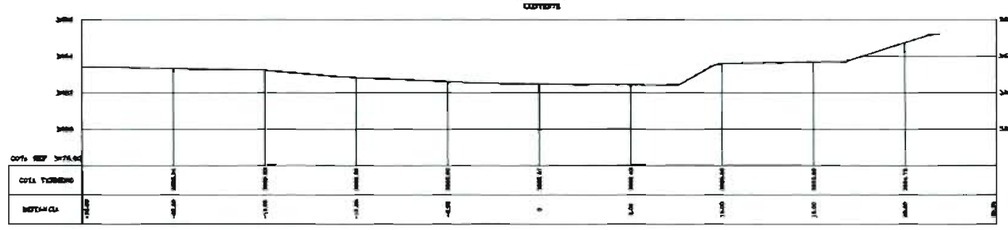
PERFILES TRANSVERSALES

FECHA JULIO 2014
EDICION 1
LAMINA Nº 7/10
ESCALA LAS INDICADAS

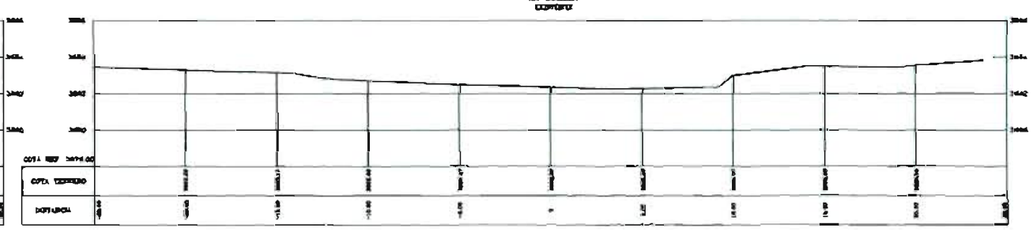
PERFILES TRANSVERSALES
ARICA Y PARINACOTA – RIO CARITAYA

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 100
ESCALA VERTICAL : 1 / 100

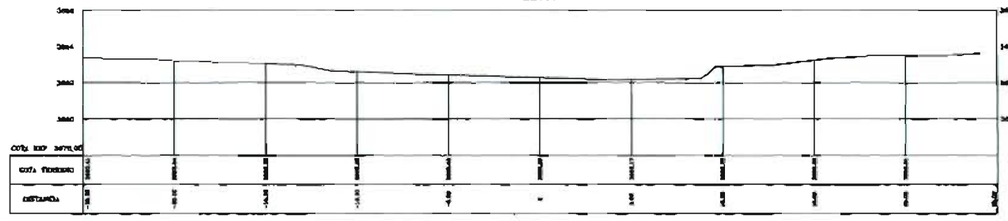
KM 0+280
PT 15
RIO CARITAYA
EXISTENTE



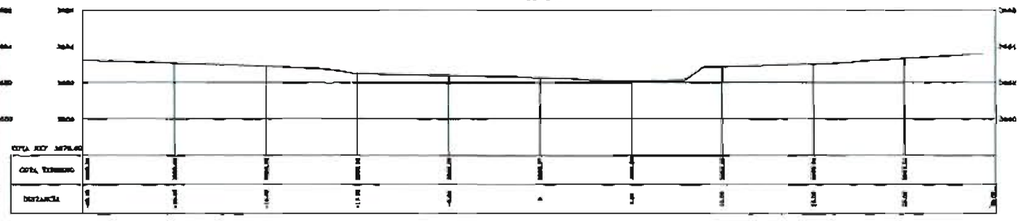
KM 0+300
PT 16
RIO CARITAYA
EXISTENTE



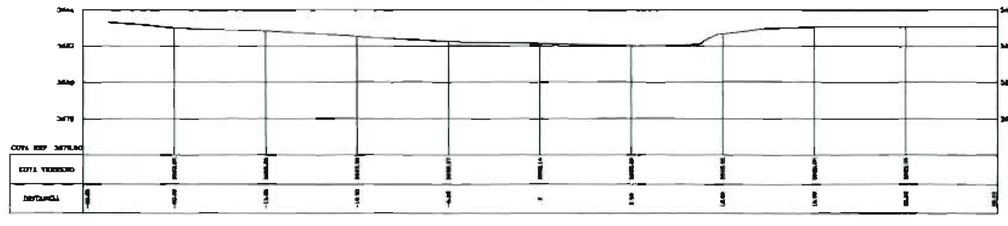
KM 0+310
PT 16.1
RIO CARITAYA
EXISTENTE



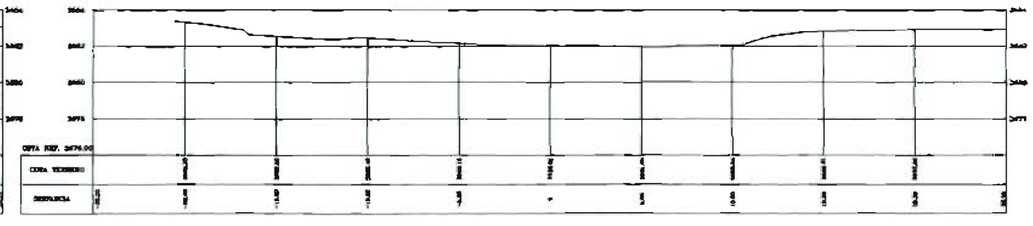
KM 0+320
PT 17
RIO CARITAYA
EXISTENTE



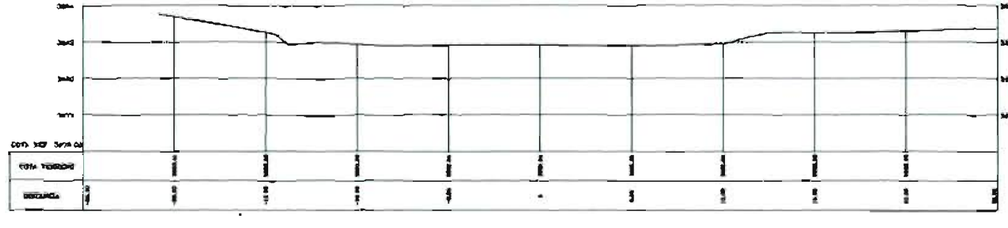
KM 0+340
PT 18
RIO CARITAYA
EXISTENTE



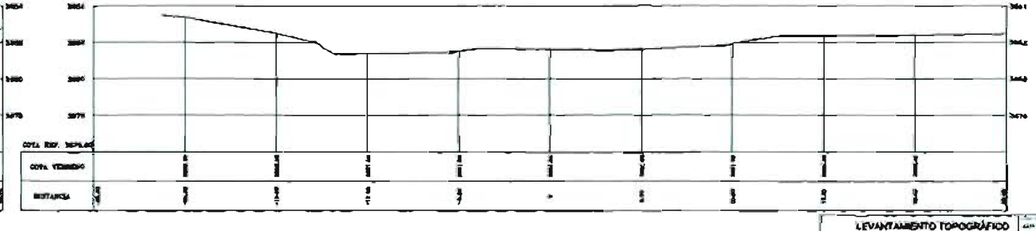
KM 0+360
PT 19
RIO CARITAYA
EXISTENTE



KM 0+380
PT 20
RIO CARITAYA
EXISTENTE



KM 0+400
PT 21
RIO CARITAYA
EXISTENTE



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

00

1 : 100

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
D.G.A.

CONSULTOR: ARCADIS

PROYECTO
ESTACION DE AFORO DE CAUDALES
RÍO CARITAYA

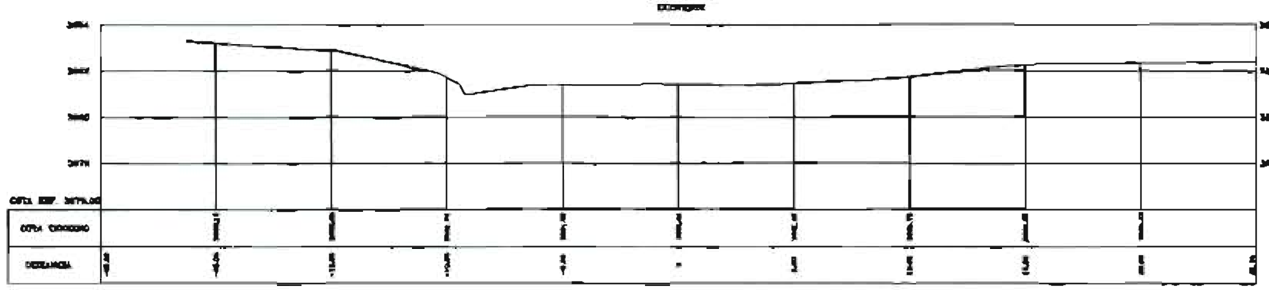
REGION: XV
PROVINCIA: ARICA
COMUNA: CAMARONES

PERFILES TRANSVERSALES

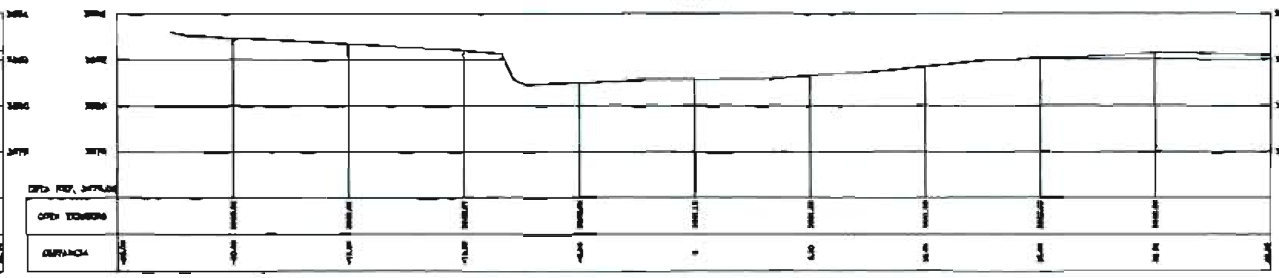
FECHA: JULIO 2014
EDICION: 1
LAMINA Nº: 8/10
ESCALA: 1:100
ARCHIVO:

PERFILES TRANSVERSALES
ARICA Y PARINACOTA – RIO CARITAYA

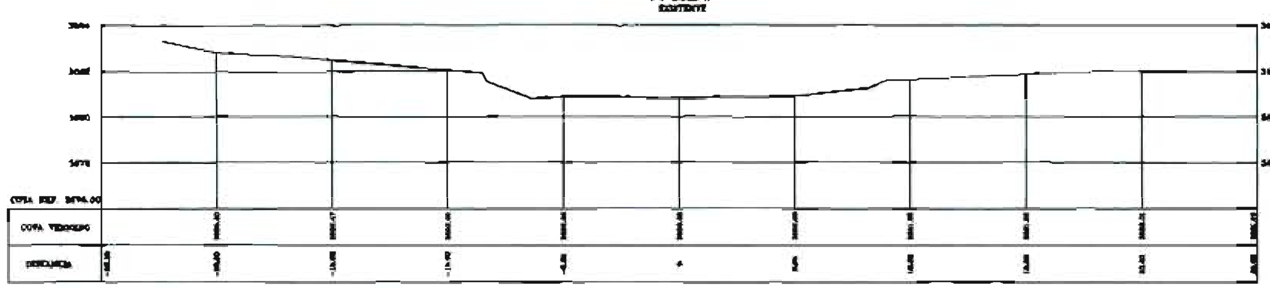
KM 0+420
PT 22



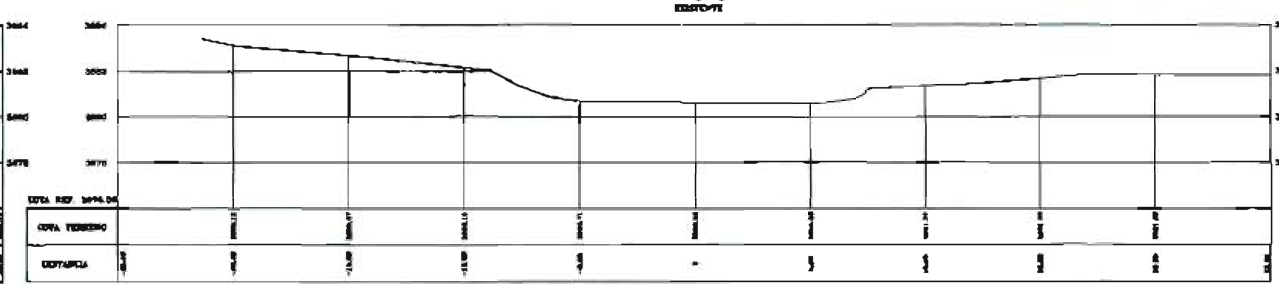
KM 0+440
PT 23



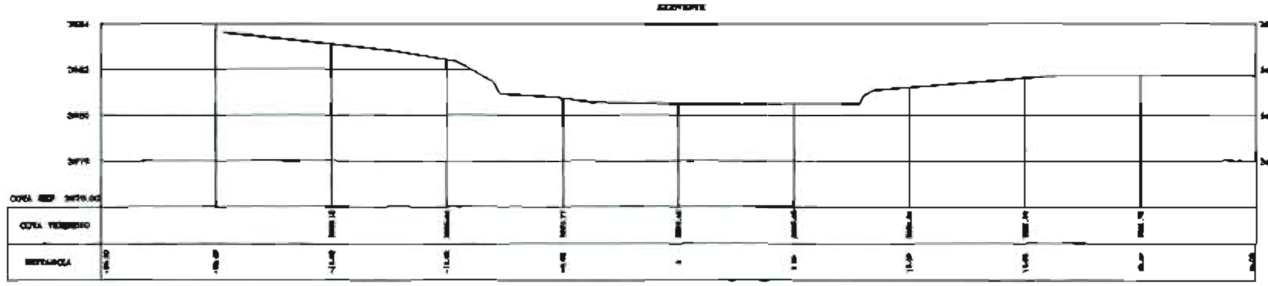
KM 0+460
PT 24



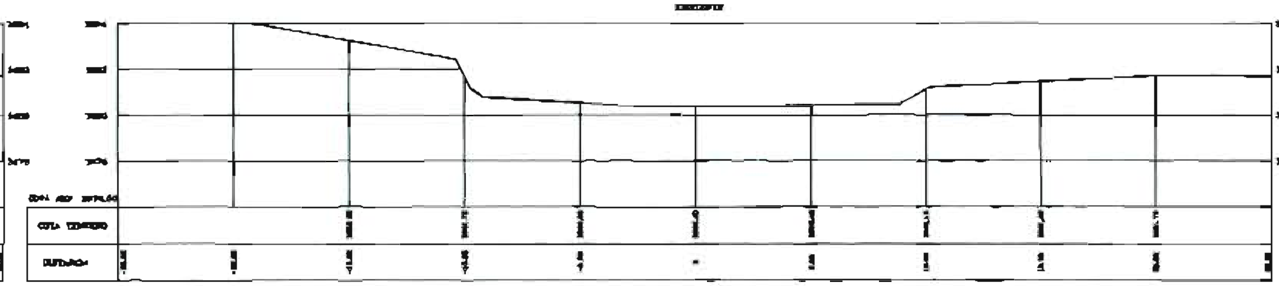
KM 0+480
PT 25



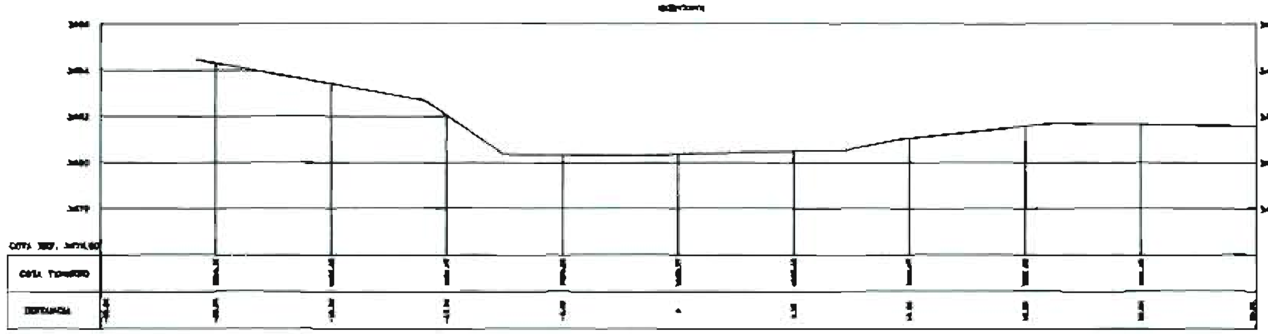
KM 0+500
PT 26



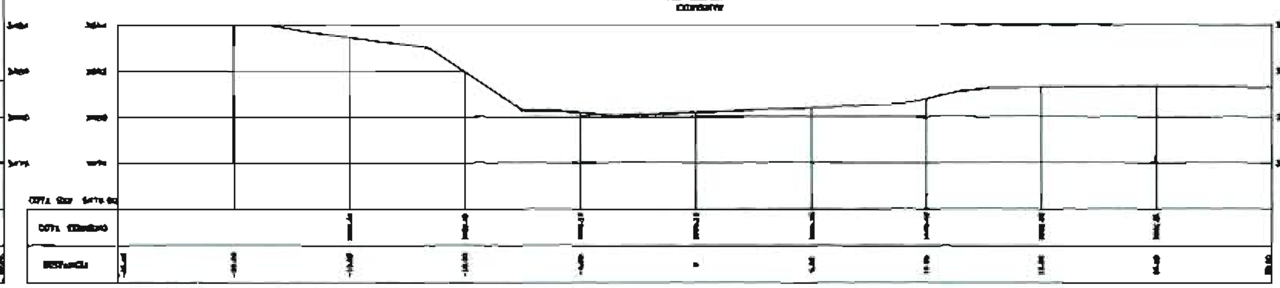
KM 0+520
PT 27



KM 0+540
PT 28



KM 0+560
PT 29



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

ARICA Y PARINACOTA

1 : 100

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

D.C.A.

CONSULTOR ARCADIS

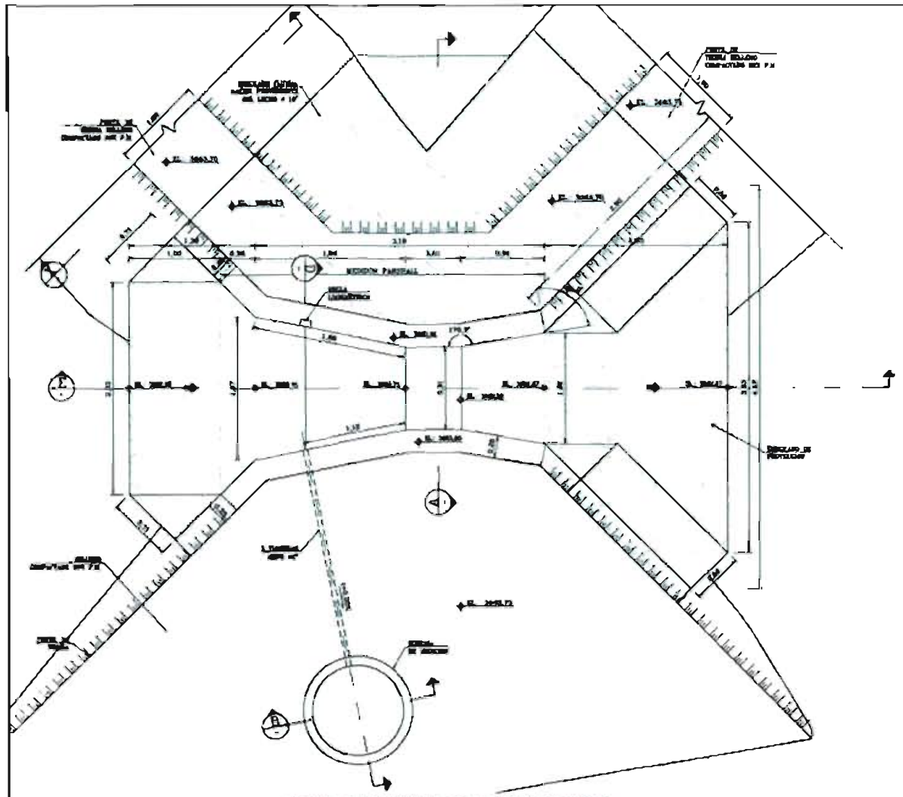
PROYECTO
ESTACION DE AFORO DE CAUDALES RIO CARITAYA

PERFILES TRANSVERSALES

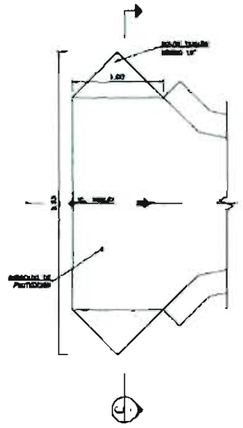
FECHA: JULIO 2014 | EDICION: 1 | LAMINA Nº: 9/10

ESCALA: LAS INDICADAS

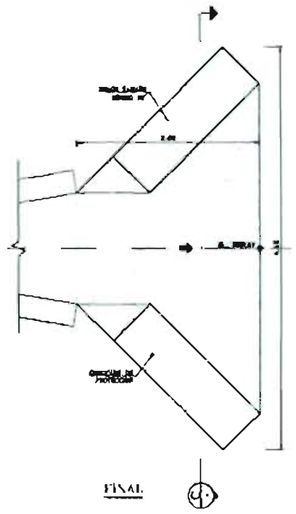
ARCHIVO:



PLANTA ESTRUCTURA DE MEDICIÓN PARSHALL
ESCALA 1:50

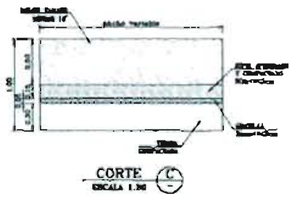


INICIO

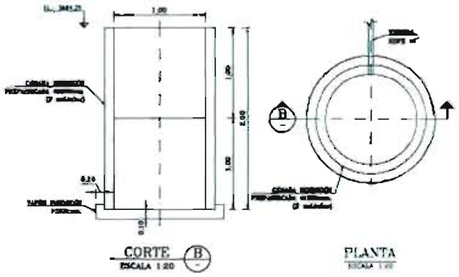


FINAL

DETALLE ENROCADO DE DISIPACIÓN
ESCALA 1:20



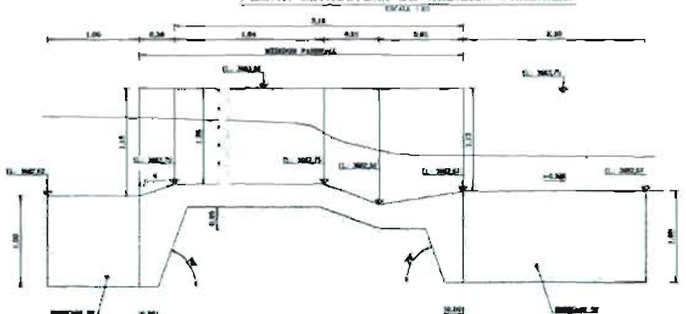
CORTE C
ESCALA 1:20



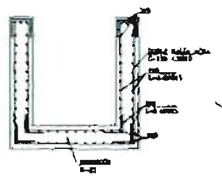
CORTE B
ESCALA 1:20

PLANTA
ESCALA 1:20

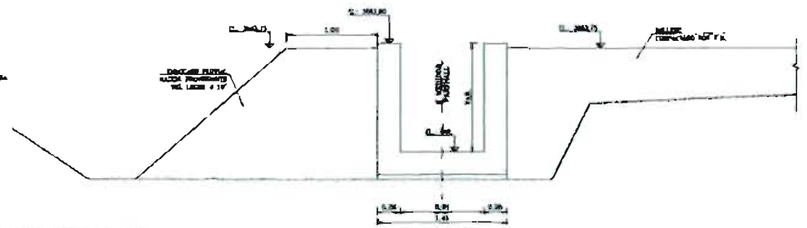
DETALLE TUBERÍA DE MEDICIÓN



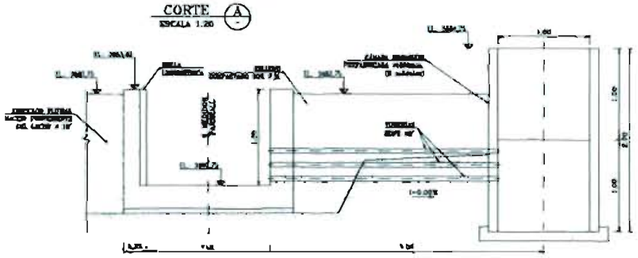
CORTE E
ESCALA 1:20



CORTE A ARMADURA ESTRUCTURA TIPO
ESCALA 1:20



CORTE A
ESCALA 1:20



CORTE D
ESCALA 1:20

CORTE X PRETIL DE TIERRA
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

ESPECIFICACIÓN HORMIGÓN	
ESPECIFICACIÓN ARMADURA	
ESPECIFICACIÓN PRETIL	

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

APROBACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
D.G.A.

CONSULTOR: ARCADIS

PROYECTO
ESTACIÓN DE AFORO DE CAUDALES
RÍO CARTAVA

REGIÓN: IV
PROVINCIA: Choapa
COMUNA: Canela

DETALLES ESTRUCTURA Y CAMARA

FECHA: JULIO 2014
EDICIÓN: 1
LÁMINA Nº: 10/10
ESCALA: LAS INDICADAS
ARCHIVO: