



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

**INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
EN EL ACUÍFERO DE MARCHIGÜE, REGIÓN
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS**

REALIZADO POR:

CON POTENCIAL CONSULTORES SpA.

S.I.T. N° 376

SANTIAGO, NOVIEMBRE 2015

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Ingeniero Comercial Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas

Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División de Estudios y Planificación

Ingeniero Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal

Ingeniero Civil Sr. Juan Carlos Salgado González

Inspector Fiscal Subrogante

Ingeniero Civil Sr. Miguel Caro Hernández

CON POTENCIAL CONSULTORES LTDA.

Jefe de Proyecto

Ingeniero Civil Sr. Alejandro Arenas H.

Profesionales

Ingeniero Civil Sr. Alejandro Arenas H.

Geólogo Juan Carlos P.

Ingeniero Civil Sr. Marco Matamala C.

Ingeniero Civil Sr. Juan Carlos Richard C.

Proyectista Rodrigo Arenas H.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
2	OBJETIVO	3
2.1	Objetivo General	3
3	ANÁLISIS GEOLÓGICO	4
3.1	Marco Geológico Regional	4
4	HIDROGEOLOGÍA	10
4.1	Hidrogeología Local	10
5	EXPLORACIONES GEOFÍSICAS EXISTENTE.....	13
5.1	Exploraciones Gravimétricas y TEM (DGA, Aqualogy 2014).....	13
6	NUEVAS EXPLORACIONES GEOFÍSICAS	17
6.1	Exploraciones Gravimétricas (DGA, CP 2015)	17
6.2	Análisis de Resultados Exploraciones Geofísicas Gravimétricas	19
6.3	Exploraciones TEM (DGA, CP 2015).....	36
6.4	Análisis de Resultados Exploraciones Geofísicas TEM	38
7	EVALUACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO.....	60
7.1	Estimación del Basamento Rocoso.....	60
8	ANTECEDENTES BALANCES HIDROGEOLÓGICOS ESTUDIOS ANTERIORES	63
9	CATASTRO EXTRACCIONES AÑO 2015 –(REGISTRO CPA).....	68
10	METODOLOGÍA CÁLCULO DE RECARGA	69
10.1	Acuífero Principal y Acuífero profundo.....	69
10.1.1	Flujo en Acuífero Confinado.....	69
10.2	Recarga Vertical por Infiltración Crecidas Fluviales	70
11	VARIACIÓN NIVELES ESTÁTICOS	72



ANEXO A: INFORME GEOFÍSICA Y MEDICIONES TEM

ANEXO B: ESTACIONES GRAVIMÉTRICAS

ANEXO C: ESTACIONES TEM

ÍNDICE FIGURAS

Figura 5-1	Perfiles elaborados en el acuífero Detrítico de Marchihue.	13
Figura 5-2	Perfil 3. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector sureste.....	14
Figura 5-3	Perfil 4. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur.....	14
Figura 5-4	Perfil 5. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur.....	15
Figura 5-5	. Perfil 7. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur.	15
Figura 5-6	Profundidad del basamento del acuífero Marchihue	16
Figura 6-1:	Perfil L1	21
Figura 6-2:	Perfil L3	23
Figura 6-3:	Perfil L4	25
Figura 6-4:	Perfil L5	27
Figura 6-5:	Perfil L6	29
Figura 6-6:	Perfil L7	31
Figura 6-7:	Perfil L8	33
Figura 6-8:	Perfil L9	35
Figura 6-9:	Perfil L1 TEM (Modelo Capas)	42
Figura 6-10:	Perfil L1 TEM (Modelo Suavizado)	43
Figura 6-11:	Perfil L3 TEM (Modelo Capas).....	45
Figura 6-12:	Perfil L3 TEM (Modelo Suavizado)	46
Figura 6-13:	Perfil L4 TEM (Modelo Capas).....	48

Figura 6-14: Perfil L4 TEM (Modelo Suavizado))	48
Figura 6-15: Perfil L5 TEM (Modelo Capas).....	50
Figura 6-16: Perfil L5 TEM (Modelo Suavizado)	50
Figura 6-17: Perfil L6 TEM (Modelo Capas).....	52
Figura 6-18: Perfil L6 TEM (Modelo Suavizado)	53
Figura 6-19: Perfil L7 TEM (Modelo Capas).....	55
Figura 6-20: Perfil L7 TEM (Modelo Suavizado)).....	55
Figura 6-21: Perfil L8 TEM (Modelo Capas).....	57
Figura 6-22: Perfil L8 TEM (Modelo Suavizado)	57
Figura 6-23: Perfil L9 TEM (Modelo Capas).....	59
Figura 6-24: Perfil L9 TEM (Modelo Suavizado)	59
Figura 11-1: Ubicación pozos con amplio registro	72
Figura 11-2: Niveles pozo Asentamiento el Triunfo.....	73
Figura 11-3: Niveles pozo Asentamiento San Corazón	73
Figura 11-4: Niveles pozo Asentamiento San Isidro.....	74
Figura 11-5: Niveles pozo Matadero Marchigüe.....	74
Figura 11-6: Niveles pozo Asentamiento la Puerta	74
Figura 11-7: Niveles pozo La Finca.....	75
Figura 11-8: Niveles pozo AP Población	75
Figura 11-9: Niveles pozo AP Población 2.....	75



INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE MARCHIGÜE
REGIÓN LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS



ÍNDICE LÁMINAS

Lámina 3.1: Geología General del Área de Estudio	8
Lámina 3.2: Geología Detalle del Área de Estudio	9
Lámina 4.1: Hidrogeología del Área del Estudio	12
Lámina 6.1: Disposición Perfiles Geofísicos Gravimétricos	18
Lámina 6.2 Disposición Perfiles Geofísicos TEM	37
Lámina 7.1: Modelo Tridimensional del Basamento Rocoso Acuífero Marchigue	62



ÍNDICE TABLAS

Tabla 8.1: Disponibilidad de Aguas Subterráneas de los Sectores Acuíferos de la VI Región	63
Tabla 8.2 Explotación neta previsible para el año 2005, y N° de Pozos de Bombeo	64
Tabla 8.3 Balance de Flujos Sector Tinguiririca Inferior para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005	65
Tabla 8.4: Balance de Flujos Sector Las Cadenas – Yervas Buenas para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005	66
Tabla 8.5: Balance de Flujos Sector Las Cadenas – Marchigüe para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005	67
Tabla 9.1: Resumen derechos otorgados en zona en estudio	68
Tabla 10.1: Valores del almacenamiento específico para distintos materiales geológicos (Johnson, 1967).	71
Tabla 11.1: Pozos con amplio registro en la zona en estudio	72

1 INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA), dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), ha adjudicado a Con Potencial Consultores SpA el proyecto denominado “Investigación de los Recursos Hídricos en el Acuífero de Marchigüe, Región del Libertador General Bernardo O’Higgins”.

En las cuencas costeras, el recurso hídrico superficial y subterráneo tiene una alta dependencia de los períodos de lluvia, debido a que la escasa altura de la cordillera de la costa no permite la acumulación de nieve.

Lo anterior hace que la actividad productiva sea altamente vulnerable a los períodos de sequía. Por otro lado, el aumento de la demanda por agua dulce ha provocado el agotamiento de los derechos superficiales, tornándose cada vez más importante el uso de recursos hídricos subterráneos, para de esta forma obtener mayor seguridad en el abastecimiento, tanto de las actividades productivas como del consumo humano.

La DGA ha podido resolver las peticiones de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, hasta el momento, con aproximaciones teóricas en cuanto a la recarga del acuífero, pero el aumento de la demanda ha llevado a la necesidad de tener un mayor conocimiento de la hidrogeología de las cuencas costeras para, de esta forma, conocer la disponibilidad real de los acuíferos que en ellos existen, asegurando con esto que los derechos de aprovechamiento tengan el debido respaldo en el tiempo, además de la suficiente sustentabilidad del uso del acuífero.

Tomando en cuenta los factores anteriores, y considerando que a lo largo de los últimos años ha habido un aumento sustantivo en las peticiones de derechos de aguas subterráneas, se hace necesario contar con información actualizada de los acuíferos que sirva de input para futuras modelaciones, tanto conceptuales como numéricas.

La zona de Marchigüe no cuenta con control meteorológico, y el fluviométrico sólo se centra en el río Tinguiririca. Para la Dirección General de Aguas, entonces, es vital fomentar una línea de investigación que propenda al conocimiento de los recursos hídricos de la cuenca, tanto en su dimensión superficial como subterránea.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo General

El objetivo general de este servicio, tal como lo señalan las Bases Técnicas de la Licitación, consisten en:

- Definición de un Modelo Conceptual en el acuífero de la cuenca asociada a la zona de Marchigüe.
- Realizar levantamiento Geofísico mediante técnicas TEM y Gravimétricas en 142 estaciones.

Para alcanzar este objetivo se han desarrollado diversas actividades que permiten cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Avanzar en el conocimiento de las permeabilidades, estratigrafía y geometría de los acuíferos en la zona de Marchigüe.
- Avanzar en el conocimiento de los mecanismos de recarga de los acuíferos definidos en la zona en estudio.
- Definir el comportamiento hidrometeorológico de la cuenca.
- Definir el comportamiento hidrogeológico de la cuenca.
- Representar el funcionamiento del sistema hídrico superficial/subterráneo a través de modelos conceptuales.
- Establecer el balance hídrico del o los acuíferos definidos.

3 ANÁLISIS GEOLÓGICO

3.1 Marco Geológico Regional

El sector de estudio se encuentra íntegramente en la unidad morfoestructural de la Cordillera de la Costa, la que corresponde a una continua cadena de cerros, de dirección norte-sur, paralela y antepuesta al margen litoral, con rasgos superficiales erosionados y de altura reducida (400-600 m.s.n.m.) por lo que se trata de un modelado maduro, es decir, el flanco occidental o litoral presenta mayor desgaste lo que sumado a depósitos sedimentarios marinos-continetales contribuyen a resaltar la morfología llana del borde litoral. En tanto el flanco oriental transversal es claramente asimétrico. En específico, la localidad de Población se ubica en la unidad geomorfológica "llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional" en el extremo suroeste de la desembocadura del río Tinguiririca en el lago Rapel, también descritos como parte de la serranía intermedia.

Se reconocen en el área (Lámina 3.2) tanto afloramientos rocosos de edades paleozoicas como depósitos no consolidados cuaternarios (Hauser, 1990).

Las unidades de roca corresponden a:

Pz : Basamento cristalino metamórfico (Paleozoico superior). Escobar et al 1977. Formado por una gran variedad de rocas metamórficas como esquistos, filitas, metareniscas y pizarras, las que contienen frecuentes vetas cuarcíferas. En este sector presentan fuerte alteración, formando un suelo residual terroso, suelto, poroso, muy plástico cuando está húmedo y muy resistente cuando está seco. En contacto con cuerpos graníticos, las rocas metamórficas presentan superficies blandas, arenosas y de alto contenido micáceo. En el sector de estudio se reconocen sus afloramientos al noroeste del embalse de Alcones y en la localidad de Población.

Pzg : Batolito de la costa (Paleozoico superior). Escobar et al 1977. Conforman principalmente el flanco oriental de la Cordillera de la Costa, principalmente con afloramientos de granodioritas, monzonitas, dioritas y monzodioritas. Se reconocen en el sector de Cerros de Trinidad al norte del Estero Las Cadenas y hacia el sur en el cordón de La Bandera, donde estas rocas están fuertemente alteradas dando origen a un suelo maicilloso con textura arenosa.

Pzga : Depósitos consolidados de maicillo (Paleozoico superior) Escobar et al 1977. Corresponde a una potente cobertura consolidada de suelo residual friable de textura arenosa de composición

monomítica de origen metamórfico. Estos materiales se reconocen al suroeste de la localidad de Población, así como también en el flanco nororiente de los Cerros de Trinidad.

KTlv : Formación Lo Valle (Cretácico Superior) Thomas 1958. Corresponde a una potente secuencia volcanoclástica de orientación norte –sur que constituye la Serranía Intermedia, y que se encuentra conformada principalmente por sedimentitas terrígenas finas: lutitas y limolitas con niveles volcanoclásticos de brechas y tobas con abundantes intercalaciones de coladas andesíticas, riolíticas y dacíticas.

KTg : Intrusivos graníticos (Cretácico Superior) Thomas 1958. Compuesto por cuerpos intrusivos tipo granodioritas de grano medio, dioritas y pórfidos tonalíticos. En superficie se observan frescas, inalteradas, de relieves escarpados con escaso suelo residual y cobertura vegetal. En sectores de quebradas de fuerte pendiente presentan fragmentación superficial más intensa. Estos afloramientos integran las cadenas de cerros que se anteponen a la Cordillera de la Costa.

En tanto, las unidades sedimentarias no consolidadas y consolidados presentes en el área corresponden a:

Qfal : Depósitos fluvio aluvional (Pleistoceno superior) Hauser 1990. Formado por alternancias de bolones, ripios, gravas y gravas arenosas, con frecuentes niveles arcillosos y compacidad moderada a alta, de escasa permeabilidad. Se asocian a depositaciones por crecidas torrenciales que superan los cauces establecidos invadiendo extenso terrenos llanos colindantes, por tanto, se reconocen también en estos materiales de acarreo frecuentes niveles vinculados a flujos torrenciales de gran energía compuestos de bolones y bloques (fragmentos de rocas de 0,5 (m) a 1,5 (m) de diámetro). Los materiales sueltos, glaciales y posglaciales provinieron en su mayoría de relieves andinos sometidos a severa degradación. En los alrededores de la confluencia de los ríos Cachapoal y Tinguiririca cerca del lago Rapel, esta unidad se encuentra cubierta por extensos mantos cineríticos. En el área de estudio se encuentra de forma adyacente a los depósitos actuales de los esteros Las Cadenas y Peralillo. Estos materiales eventualmente presentan gran similitud con depósitos fluviales en cuanto a su litología y geomorfología.

Qcn : Depósitos cineríticos (Pleistoceno-Holoceno) Hauser 1990. Corresponde a una secuencia alternante de limos y arenas, de mala selección con presencia de estratos de ceniza volcánica en disposición subhorizontal. Estos materiales fueron aerotransportados desde centros volcánicos con actividad explosiva de gran magnitud como la Caldera de Laguna del Diamante del complejo volcánico

San José de Maipo (450 a 60 mil años AP) y redepositados por acción hídrica, por tanto, cubren de forma extensa la región junto con los flujos piroclásticos incandescentes formados durante el mismo evento eruptivo, los cuales bajaron inundando los valles tanto del sistema fluvial del río Maipo, como del Cachapoal-Tinguiririca (Nuñez et al, 1994). Estos depósitos conforman superficies llanas con suaves colinas. Hacia el cordón andino presentan mayor espesor mientras que al oeste disminuyen gradualmente su potencia y presencia de fracciones granulares, aunque por otra parte se observan con mayor consolidación. Se extiende desde cerro Hospital por el norte a hasta Peralillo por el Sur, en una franja de aproximadamente 5 (km) de ancho. En el área de Población y alrededores se reconocen en capas de aspecto tobáceo, duras, compactas e impermeables, subhorizontales, formadas por cenizas conteniendo pumicita con esquirlas vítreas y escasos fragmentos líticos, donde presentan espesores variables desde 0,5 hasta 9 (m), por ejemplo, en el yacimiento de Mina Las Pataguas. En los campos de la zona, se reconoce la formación de una costra tobácea de estos depósitos, denominada localmente como “tosca”, donde puede observarse que el nivel superficial cinerítico se encuentra cementado por litificación asociado al carácter puzolánico de las cenizas.

Qfi : Depósitos de relleno fluvial de valles interserranos (Holoceno-Actual) Hauser 1990.

Formado por arenas y gravas arenosas tipo “maicillo”. Se asocian al transporte hídrico desde macizos graníticos superficialmente meteorizados por tanto de origen fluvial. El material está compuesto principalmente por arenas cuarcíferas, medianas a gruesas, con feldespato y mica subordinados, que se disponen en bancos alternados con delgados lentes limo-arcillosos. En superficie presentan escasa compacidad y son muy permeables. Los procesos de intemperización y meteorización de macizos graníticos comienzan a partir del Holoceno, en tanto la sedimentación continúa hasta la actualidad asociada a eventos pluviales de gran intensidad. Estos depósitos se reconocen en la parte Oeste del área de estudio, con escasa compacidad y muy permeables.

Qg : Depósitos gravitacionales (Reciente-Actual) Hauser 1990.

Conformado por una mezcla de fragmentos rocosos heterocomposicionales, angulosos, resistentes, de muy mala selección, sueltos, de escasa matriz fina limo-arcillosa. La fracción fina predomina en las partes distales, mientras que en las apicales los bloques de roca son abundantes. Estos materiales incluyen también depósitos detríticos de escombros de falda, coluvios, conos de deyección, etc. Se asocian al relleno de quebradas de alta pendiente (25-35°). En el área de estudio se encuentran bordeando por el norte el valle del estero Las Cadenas, mientras que por el sur cubren el flanco nororiente de los cerros del cordón La Bandera.

Qfa : Depósitos fluviales en cauces actuales (Reciente-Actual) Hauser 1990. Corresponde principalmente a gravas, gravas arenosas y arenas, con bancos arenosos. Las gravas están constituidas por rodados volcanoclásticos, aspecto fresco, resistente, muy pulido y bien redondeado. En general, presentan muy buena selección, salvo algunos depósitos que manifiestan la acción de crecidas de alta energía. En el sector de estudio, se reconocen estos depósitos en los cauces de los esteros Las Cadenas y Peralillo, donde se observan en superficie no consolidadas, con escasa matriz y alta permeabilidad, la que decrece a medida que aumenta la profundidad y la ocurrencia de sedimentos más finos.

Lámina 3.1: Geología General del Área de Estudio.

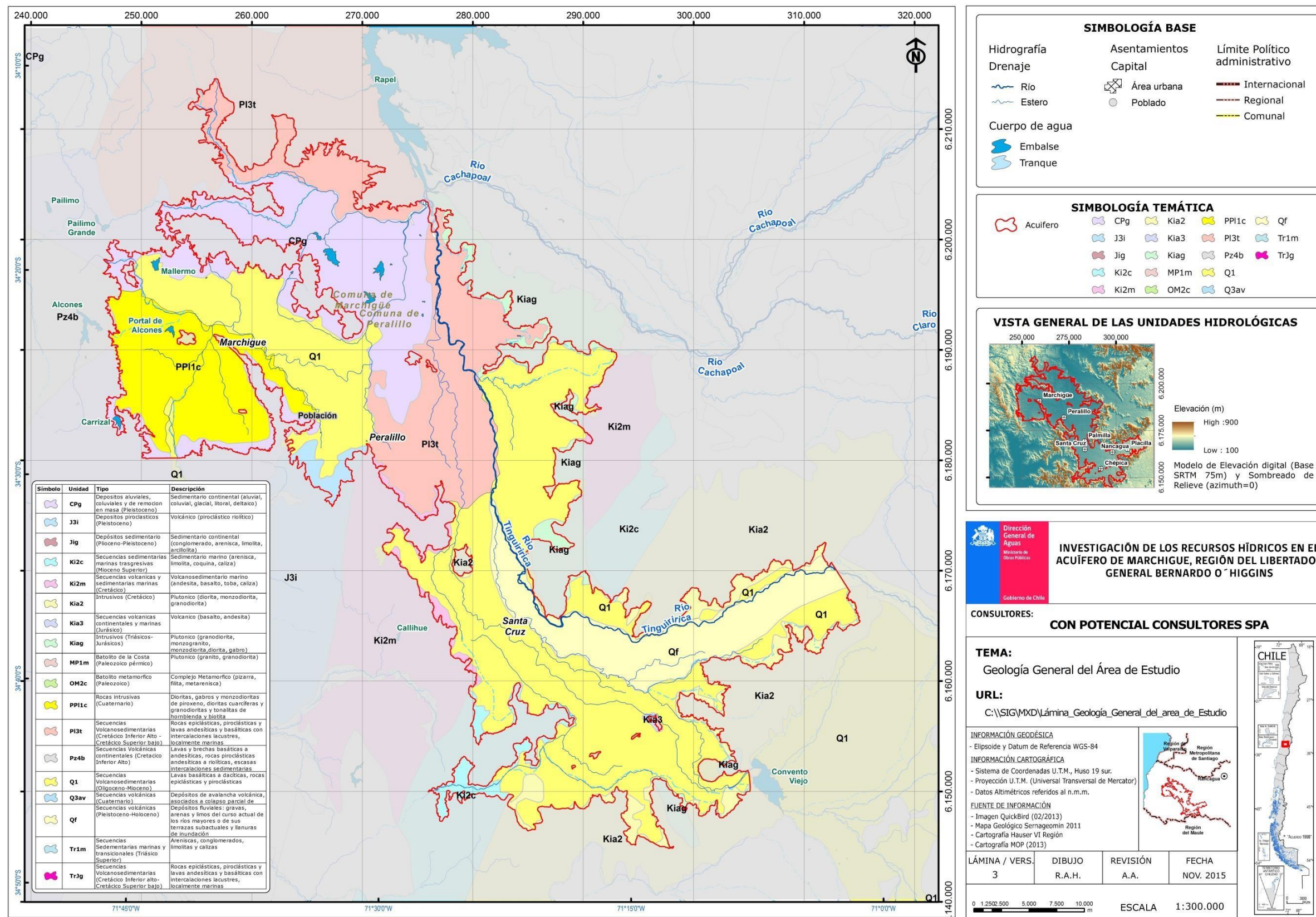
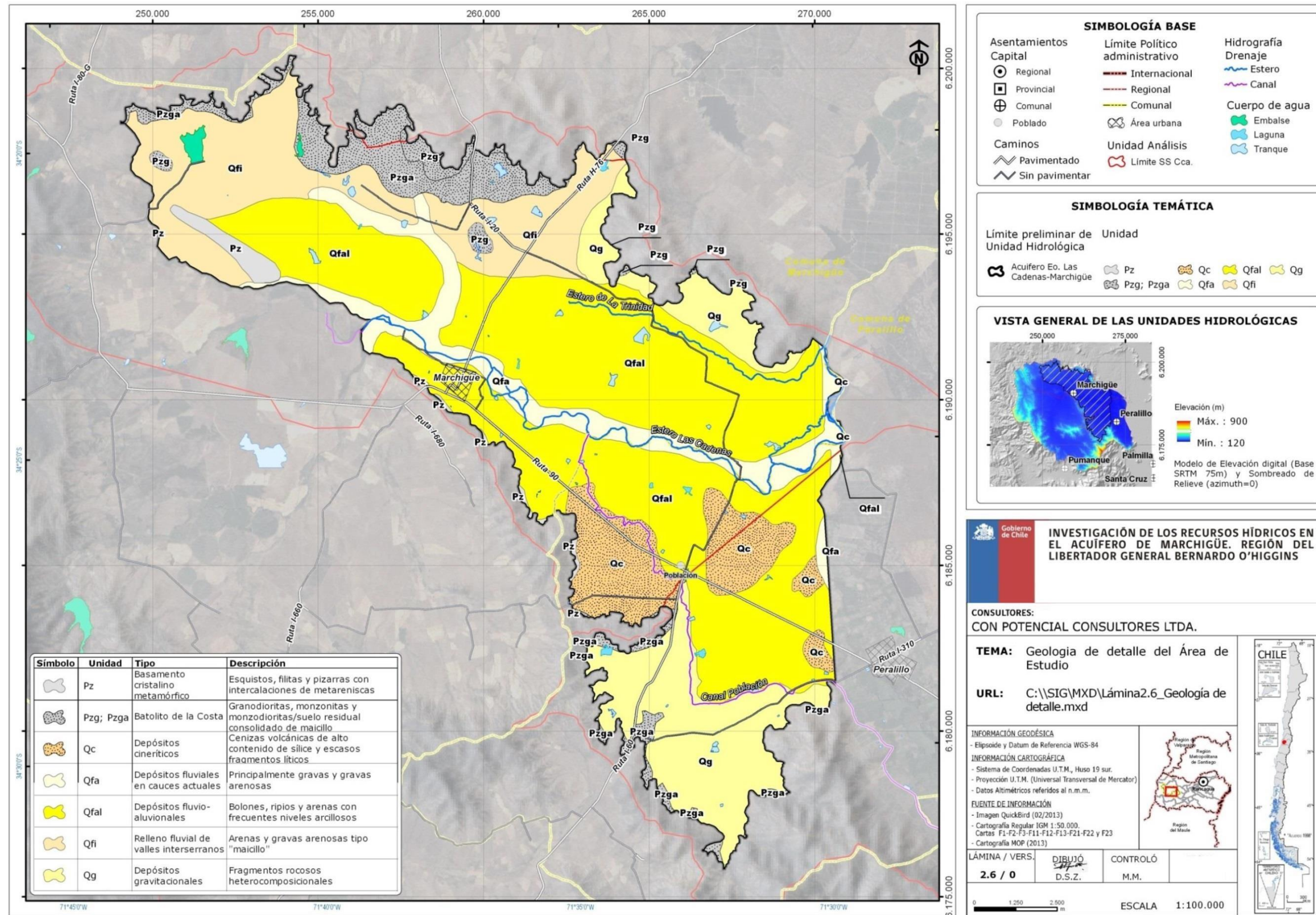


Lámina 3.2: Geología Detalle del Área de Estudio



4 HIDROGEOLOGÍA

4.1 Hidrogeología Local

A partir del trabajo de Hauser (1990) se reconoce que los depósitos no consolidados son los de mayor importancia hidrogeológica en el área de estudio, en cuanto a regular la presencia, cantidad, calidad y disponibilidad del agua subterránea en los acuíferos que desarrolla. Esta información que fue generada en 1985 se validó mediante la recopilación de datos proveniente de 420 pozos que totalizaron 23.255 (m) perforados, en el área comprendida entre Rancagua y Curicó, desde la Depresión Intermedia hasta la Cordillera de la Costa. Este catastro de pozos consideró información relevante de identificación y ubicación geográfica, dueño, fecha de construcción, profundidad total y ubicación de los acuíferos (resultados de las pruebas de bombeo, hidroquímica, método de explotación, surgencia, profundidad del nivel estático, caudal específico, total de sólidos disueltos, etc.).

A partir de lo anterior, se reconocen tres unidades hidrogeológicas principales en el área de estudio (Lámina 4.1):

A. Depósitos porosos de importancia hidrogeológica alta – media.

Qfa (depósitos fluviales en cauces actuales): corresponden a acuíferos libres – semiconfinados continuos, de extensión semiregional. Los niveles estáticos que presenta están influenciados por el nivel de agua de ríos o esteros. Presenta buenos espesores y buenos rendimientos constantes. Las aguas de esta unidad son sensibles a la contaminación orgánica. De atractivo hidrogeológico alto.

Qfal (depósitos fluvio aluvionales): corresponden a acuíferos libres – semiconfinados, de extensión local y con presencia de acuíferos francamente confinados en sectores puntuales por bancos arcillosos y/o depósitos laháricos sobreyacentes. Los niveles estáticos que presenta pueden llegar a profundidades superiores a los 100 (m). Aguas de buena calidad química. De atractivo hidrogeológico alto – medio.

B. Depósitos o rocas fracturadas de importancia hidrogeológica relativa media – baja.

Qg (depósitos gravitacionales): conforma zonas acuíferas de extensión local, con porosidad y permeabilidad local favorables, con desarrollo de vertientes en torno a lechos de esteros y

quebradas. Sus aguas son sensibles a la contaminación orgánica. De atractivo hidrogeológico medio – bajo.

Qfi (relleno fluvial de valles interserranos): presenta acuíferos libres de extensión semiregional. De niveles estáticos cercanos a la superficie menores a los 20 (m) de profundidad. Se reconoce una eficiente recarga durante la estación pluvial con buenos rendimientos locales. Las aguas presentan puntualmente altos contenidos de hierro. De atractivo hidrogeológico medio.

Qc (depósitos cineríticos): son acuíferos semiconfinados a confinados de desarrollo irregular pero de gran extensión. De niveles estáticos próximos a la superficie menores a 20 (m) de profundidad. De atractivo hidrogeológico medio – alto.

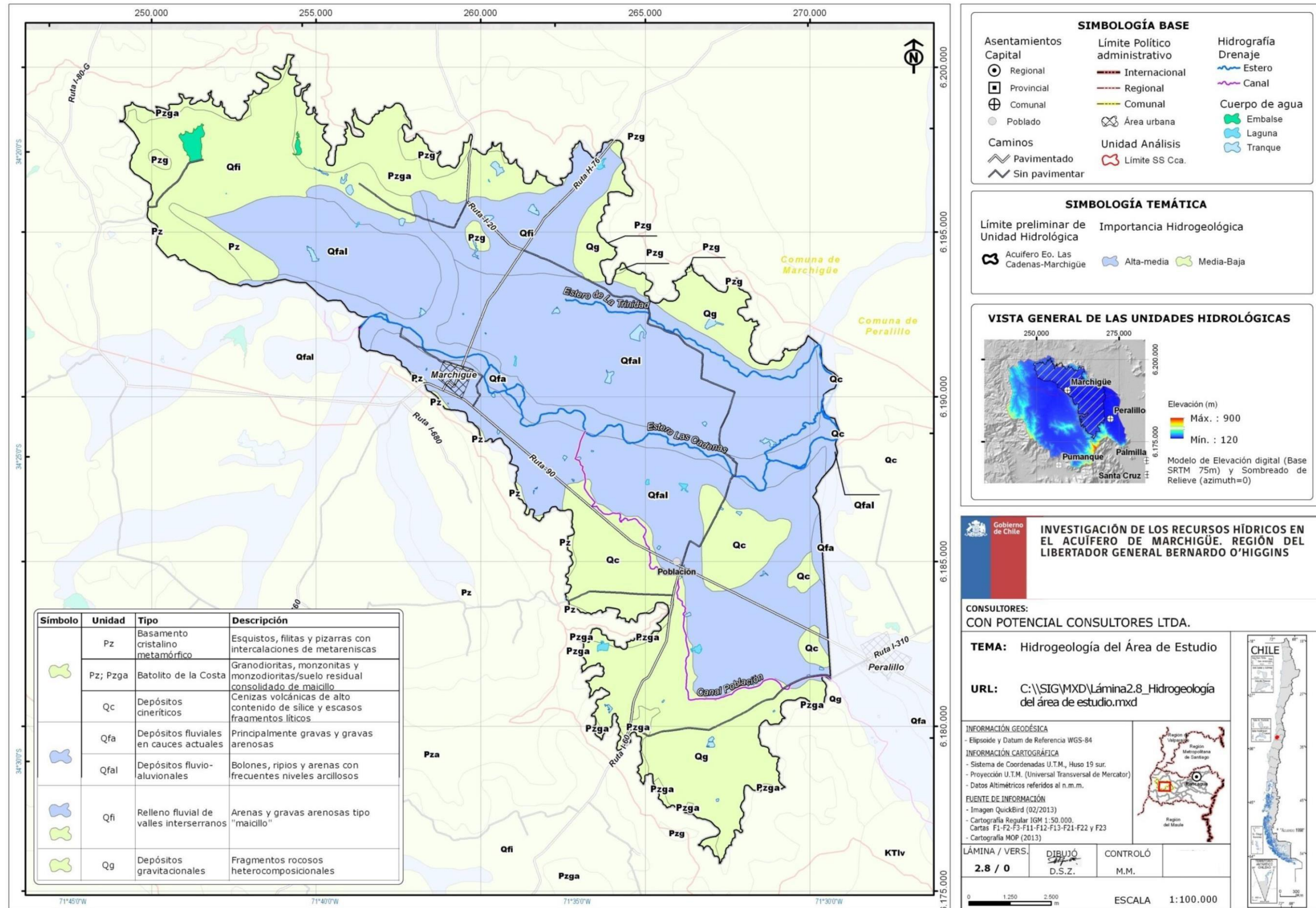
C. Rocas porosas o fracturadas de importancia hidrogeológica relativa baja – nula.

KTg (intrusivos graníticos): estos cuerpos menores no conforman zonas acuíferas, a excepción de algunos sectores donde pudieran presentar intensa fracturación y/o alteración permitiendo el desarrollo de permeabilidad muy anisotrópica y decreciente con la profundidad. De atractivo hidrogeológico nulo – bajo en zonas de permeabilidad secundaria por fracturamiento y/o alteración.

KTlv (formación Lo Valle): esta secuencia permite zonas acuíferas conexas al incremento localizado de fracturamiento y/o alteración, presenta permeabilidades muy anisotrópicas y decrecientes con la profundidad. Sin acuíferos para explotar. De nulo – bajo atractivo hidrogeológico en zonas con permeabilidad secundaria y/o fracturamiento.

Pz/Pzg/Pzga (basamento cristalino metamórfico; batolito de la costa; depósitos de maicillo consolidado): presenta zonas acuíferas conexas solo a alteración superficial, en torno a cauces de esteros y/o quebradas. Sus aguas presentan anomalías de hierro y son sensibles a la contaminación orgánica. De atractivo hidrogeológico nulo – bajo en roca inalterada, en cambio, medio en zonas de suelo residual.

Lámina 4.1: Hidrogeología del Área del Estudio.

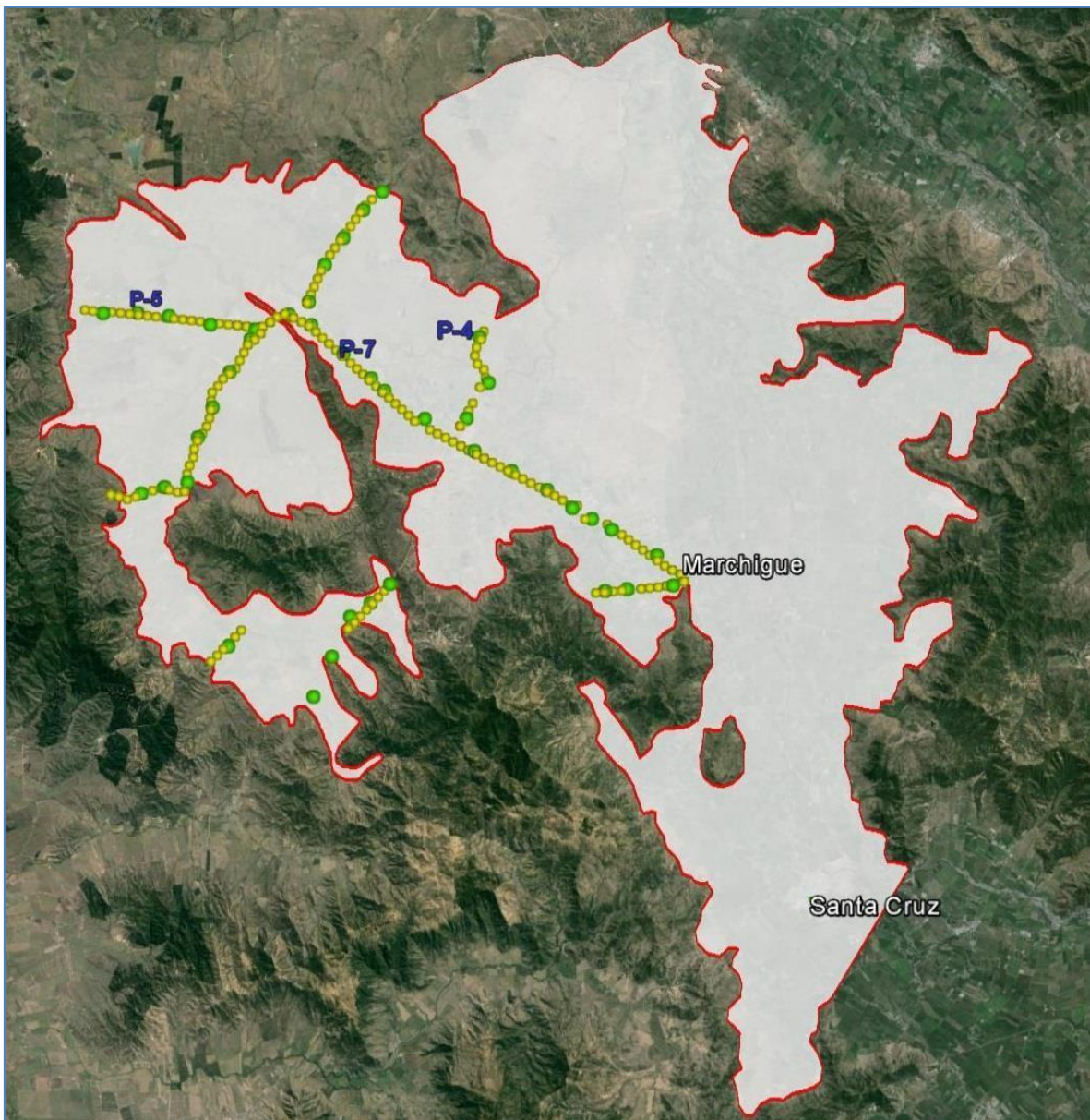


5 EXPLORACIONES GEOFÍSICAS EXISTENTE

5.1 Exploraciones Gravimétricas y TEM (DGA, Aqualogy 2014)

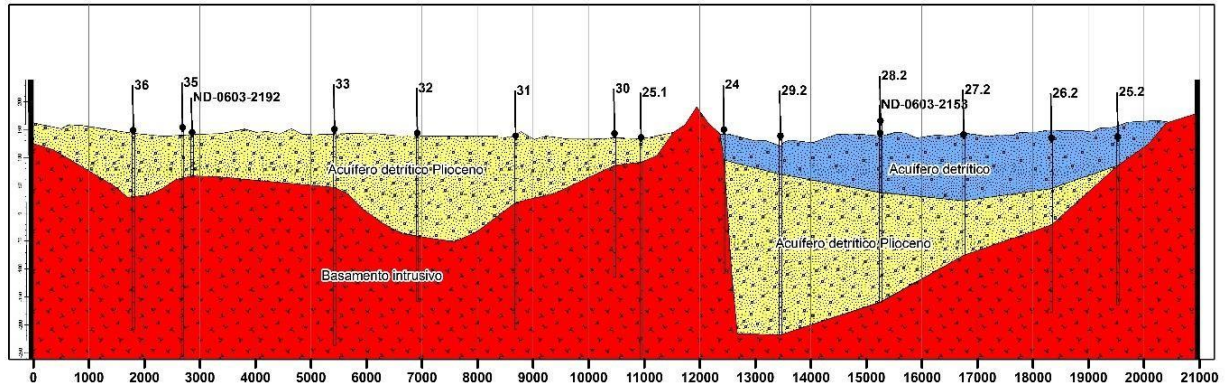
Aqualogy realizó para DGA una serie de exploraciones geofísicas, dentro de las cuales (ver Figura 5-1), para el acuífero de Marchigue, existen las siguientes estaciones TEM (color verde) y GRAV (color amarillo).

Figura 5-1 Perfiles elaborados en el acuífero Detrítico de Marchihue.



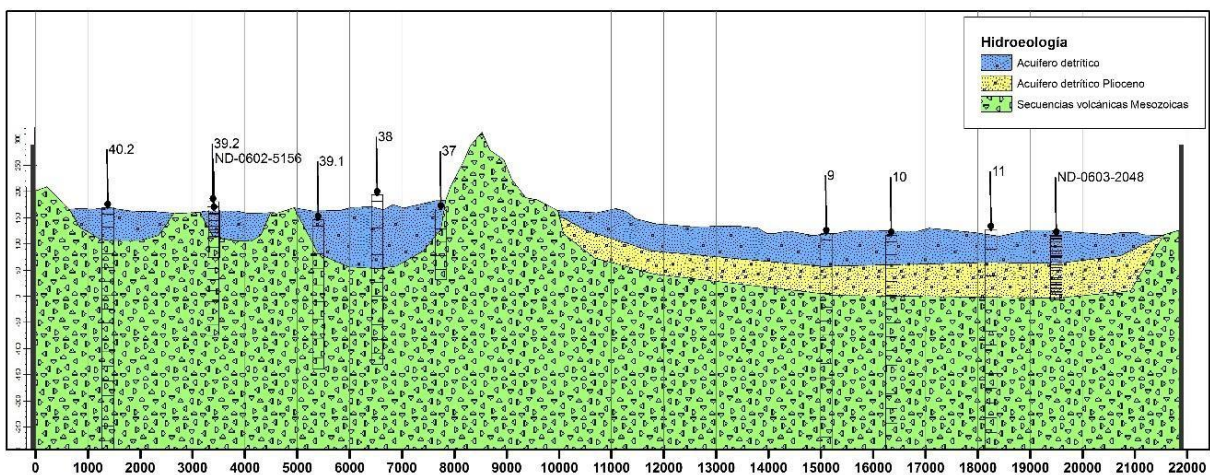
En la parte sur del acuífero, y en base a los perfiles realizados, se configura la geometría del acuífero. En sentido sur-norte (**Perfil 3**) aparece primero la serie detrítica del plioceno sobre el basamento granítico, y posteriormente esta serie se encuentra infrayacente sobre la serie cuaternaria también detrítica. (Figura 5-2).

Figura 5-2 Perfil 3. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector sureste.



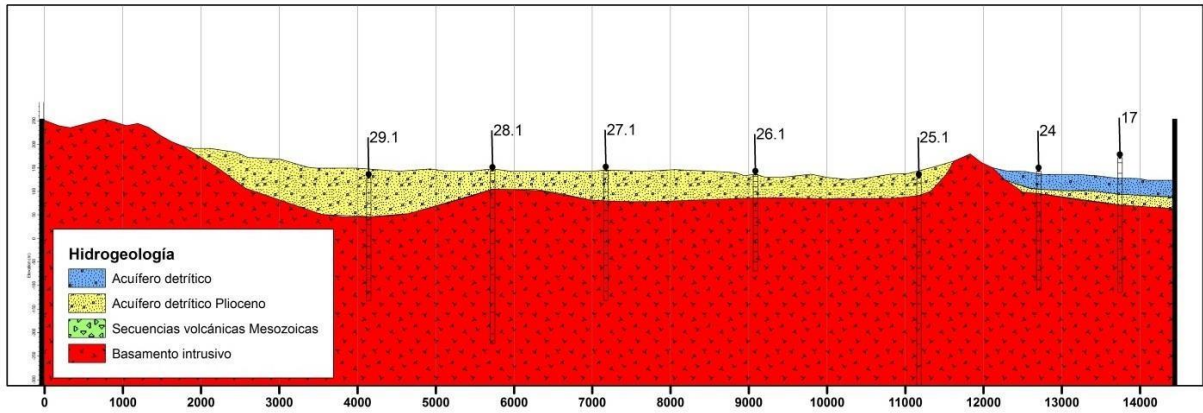
Más hacia el este de la parte sur del acuífero (**Perfil 4**), aparece como basamento la formación jurásica J3i, identificada como la formación Nacientes de Bio-Bio, la cual se apoya sobre el basamento granítico. Esta formación contiene niveles detríticos y calizos, aunque en su mayor parte está constituida por niveles lutíticos y volcánicos que le confieren una baja permeabilidad, por lo que a todos los efectos se ha considerado con el impermeable de base en este sector (Figura 5-3).

Figura 5-3 Perfil 4. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur



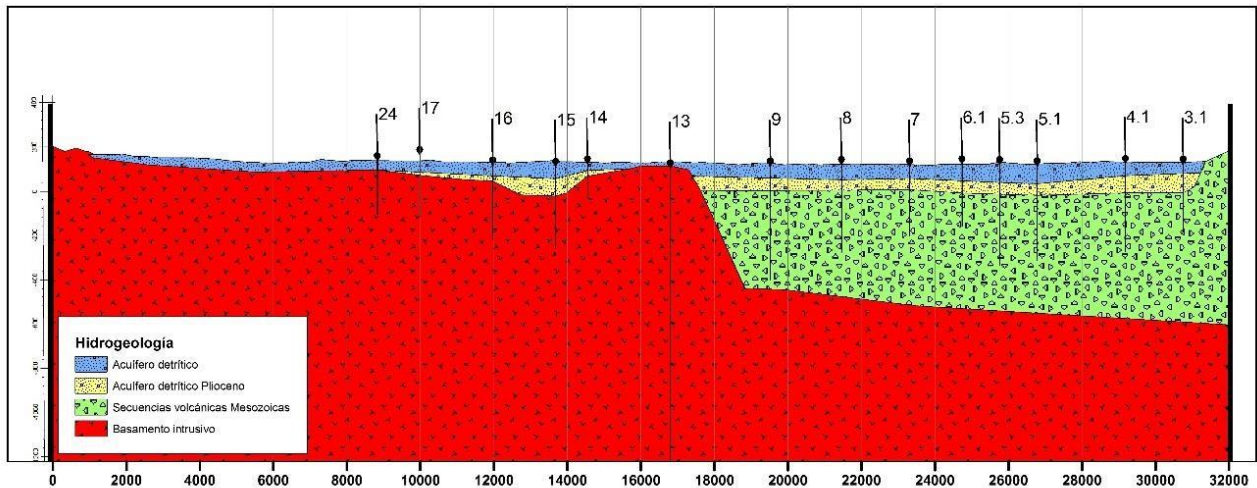
En el **Perfil 5** se identifica el basamento jurásico, y el acuífero plioceno, en el sector Oeste. Hacia el sector Este aparece el acuífero detrítico.

Figura 5-4 Perfil 5. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur



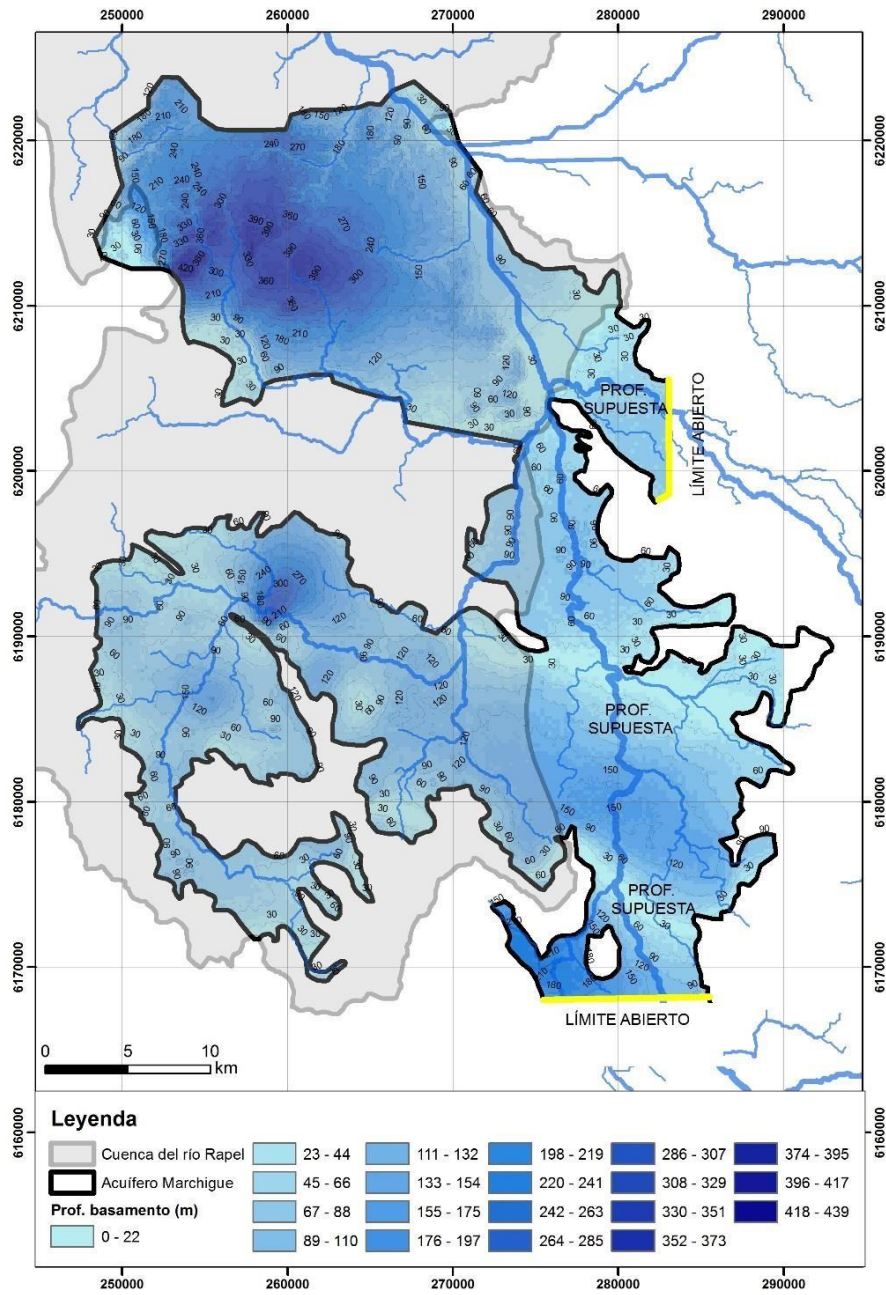
En el **Perfil 7** se identifica claramente la constitución del acuífero en este sector, formado por el plioceno y cuaternario, y el basamento formado por la serie jurásica y paleozoica.

Figura 5-5 . Perfil 7. Acuífero Detrítico de Marchihue, sector centro sur.



Respecto a la geometría de la base impermeable del acuífero, viene condicionada por el contacto de las series pliocenas y cuaternarias sobre el basamento, o bien jurásico, o bien paleozoico. Atendiendo a la profundidad de dicho basamento (Figura 5-6), reconstruida con los datos de geofísica, el acuífero muestra sus máximos espesores en la parte norte, con una media de 220 m. y máximo de 420 m., mientras que en la parte sur el espesor medio es de 100 m. y máximo de 300 m.

Figura 5-6 Profundidad del basamento del acuífero Marchihue



6 NUEVAS EXPLORACIONES GEOFÍSICAS

Con miras a avanzar en la aclaración de las incertidumbres que persisten a la fecha para la caracterización del acuífero de Marchigüe, en el presente estudio se presenta una extensa exploración geofísica en base de perfiles Gravimétricos (ya ejecutados) y TEM (en desarrollo). El objetivo final es poder levantar un modelo tridimensional, que integre estos nuevos antecedentes geofísicos, con la información previa existente, de forma de determinar y caracterizar sectores acuíferos, geometría y volúmenes embalsados.

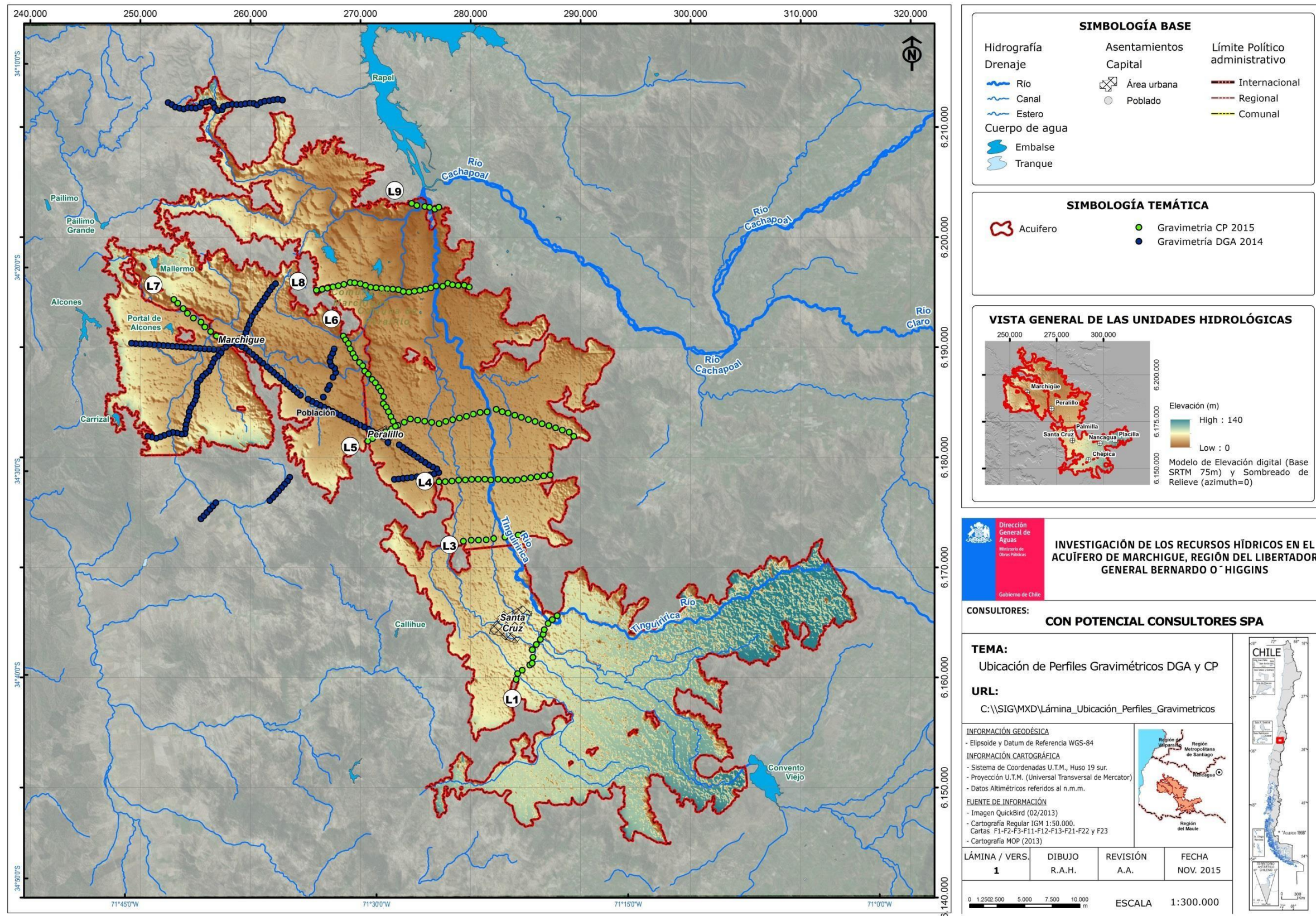
6.1 Exploraciones Gravimétricas (DGA, CP 2015)

Se planificó y realizó, en septiembre de 2015, una campaña de mediciones geofísicas sobre un área de aproximadamente 1232 km². Con el propósito de caracterizar la cuenca y la ubicación de basamento Mesozoico a través del contraste con los depósitos terciarios, se ejecutó el método de Gravimetría, ejecutándose las 142 estaciones gravimétricas que habían sido planificadas originalmente.

Las estaciones Gravimétricas se desarrollaron a lo largo de 8 líneas. Cada estación fue dispuesta según la planificación acordada con la DGA, distribuyéndose de tal manera de cubrir el área de interés con una malla medianamente regular en espaciamiento (550m entre estaciones). La Lámina 6.1 muestra la disposición y cobertura de los perfiles geofísicos Gravimétricos ejecutados en el presente estudio.

A continuación se presenta un resumen de los resultados y su interpretación en base a la información antes revisada.

Lámina 6.1: Disposición Perfiles Geofísicos Gravimétricos



6.2 Análisis de Resultados Exploraciones Geofísicas Gravimétricas

Se han generado nueve secciones de Gravimetría (Figuras G.1 a G.9), correspondientes a los modelos de cuenca a lo largo de líneas L1 a L9 respectivamente. En dichas figuras se representan en la parte superior la anomalía de Bouguer expresada en [mGal] indicando los datos de gravedad, la respuesta calculada y la tendencia regional (de primer orden). En la parte inferior de la figura se presenta el modelo de cuenca del perfil, en la cual se ha considerado un contraste de densidad de -0.6 [gr/cc] (Líneas L1 a L5) y -0.5 [gr/cc] (Líneas L6 a L9).

La interfaz sedimentos/basamento se determinó con el modelamiento de líneas gravimétricas con el sistema Model_Vision_Pro, considerando modelos 2D de cuencas formadas por unidades de densidades homogéneas (supuesto considerado), que representan por un lado los depósitos sedimentarios del relleno del área, y la roca basal por el otro. En Anexo A1, se incluyen resultados de Gravedad Bouguer Final y Profundidad / Elevación del Basamento en cada estación coordinada.

A partir de los trabajos de terreno, y del proceso de la información geofísica obtenida, se da origen a un conjunto de secciones gravimétricas en donde se puede observar la geometría de la interfaz sedimento/basamento, las que pudieran complementarse y enriquecerse a medida que se cuente con otros antecedentes geofísicos, de sondajes, ensayos in situ, geología de detalle, entre otros aspectos, lo que permitiría delimitar las fronteras del o los acuíferos existentes y sus relaciones con sectores aledaños de forma tal de inferir direcciones de recarga, discretizar permeabilidades, entre otros aspectos de interés hidrogeológico.

El análisis global de las secciones gravimétricas permite concluir que estas contienen información relevante para los propósitos del estudio geofísico; entre los rasgos más importantes se puede destacar la gran potencia de la cuenca estudiada que alcanza profundidades de 560 metros observados en el perfil L1 ubicado en la zona sur del área de estudio.

Es importante señalar que este informe se entrega de modo preliminar en el cual se han analizado 8 de los 9 perfiles gravimétricos realizados. Se esperan resultados del método electromagnético TEM para las calibraciones de los perfiles gravimétricos

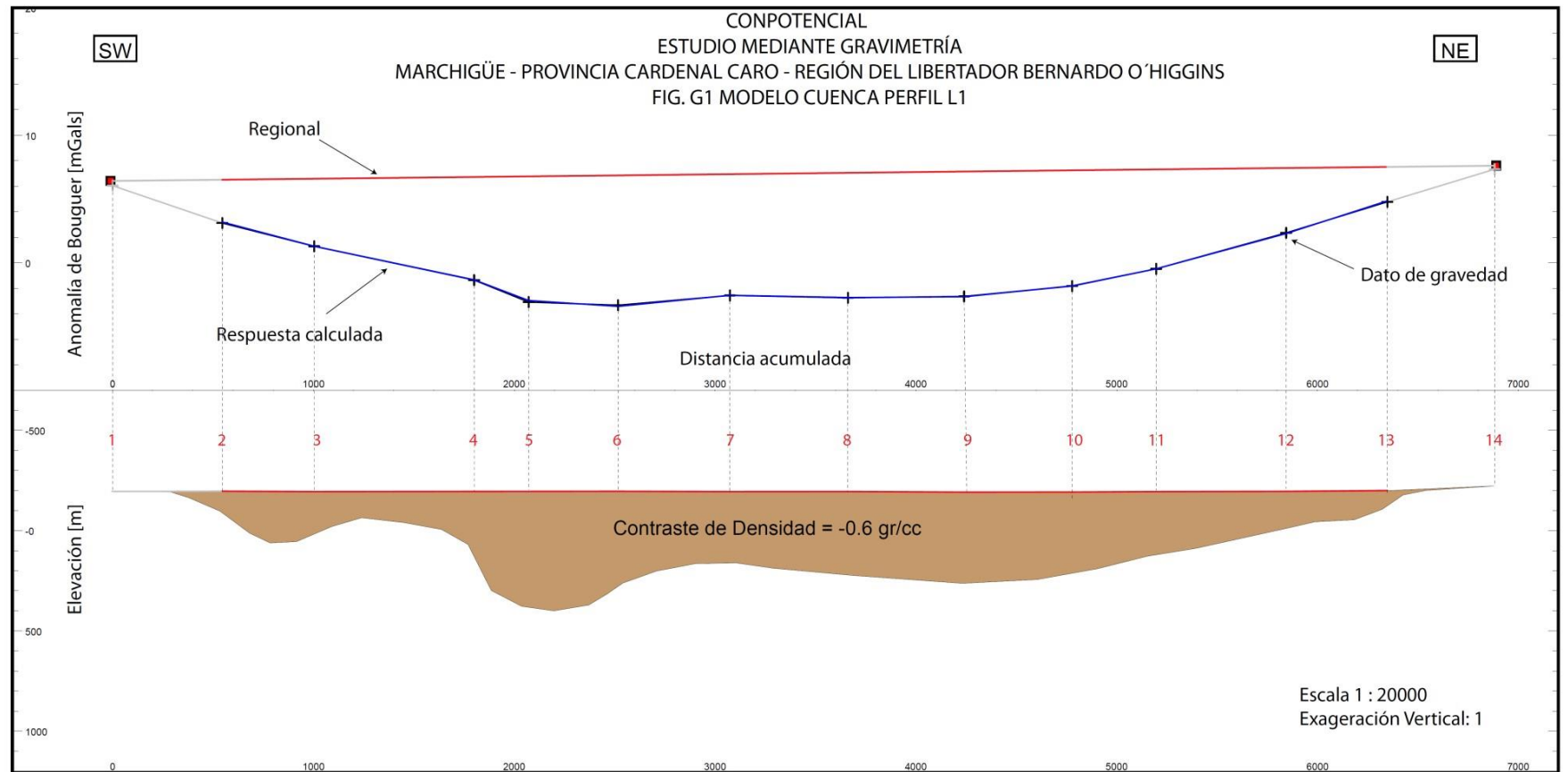
De los modelos gravimétricos es posible apreciar lo siguiente:

- **Perfil L1** (Ver Figura 6-1): Se observa una gran cuenca, evidenciando el amarre a roca en ambos extremos del perfil; Desde el extremo SW en donde el amarre se ha realizado en la

unidad geológica formación Lo Valle [Ktlv (imagen 4) y bajo las estaciones 2 y 3 es posible apreciar una pequeña cuenca, que se cierra hacia la estación 4, la cual alcanza una profundidad máxima cercana a los 250 metros, luego, bajo la estación 4 hacia el NE se observa un aumento abrupto en la profundidad de la cuenca que alcanza los 560 metros bajo la estación 5, desde esta estación hacia el NE se evidencia una disminución gradual en la profundidad de la cuenca, en donde, según geología superficial, el perfil se acerca a la unidad de intrusivos graníticos (KTg, correspondiente a granodioritas y tonalitas, imagen 4). El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.6 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]	Bouguer [mGals]	Cota [m]	Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía Superficial		Basamento	Espesor
284161.13	6159815.20	1	195.41	6.04	195.40	0.01
284288.65	6160345.95	2	196.32	3.12	107.72	88.60
284715.93	6160651.83	3	194.47	1.29	-20.43	214.90
285401.08	6161120.13	4	195.35	-1.36	-64.57	259.92
285617.58	6161288.22	5	195.50	-3.08	-368.91	564.41
285683.11	6161820.27	6	195.94	-3.33	-288.21	484.15
285626.29	6162517.75	7	194.36	-2.56	-162.48	356.84
285992.69	6162986.03	8	194.86	-2.75	-220.69	415.55
286359.20	6163441.50	9	191.98	-2.64	-263.68	455.66
286612.32	6163916.79	10	192.44	-1.83	-215.12	407.56
286720.89	6164337.61	11	194.31	-0.48	-123.73	318.04
287059.06	6164890.54	12	195.50	2.35	7.26	188.24
287434.91	6165253.90	13	199.94	4.78	116.46	83.48
287885.70	6165603.17	14	210.22	7.34	210.16	0.06

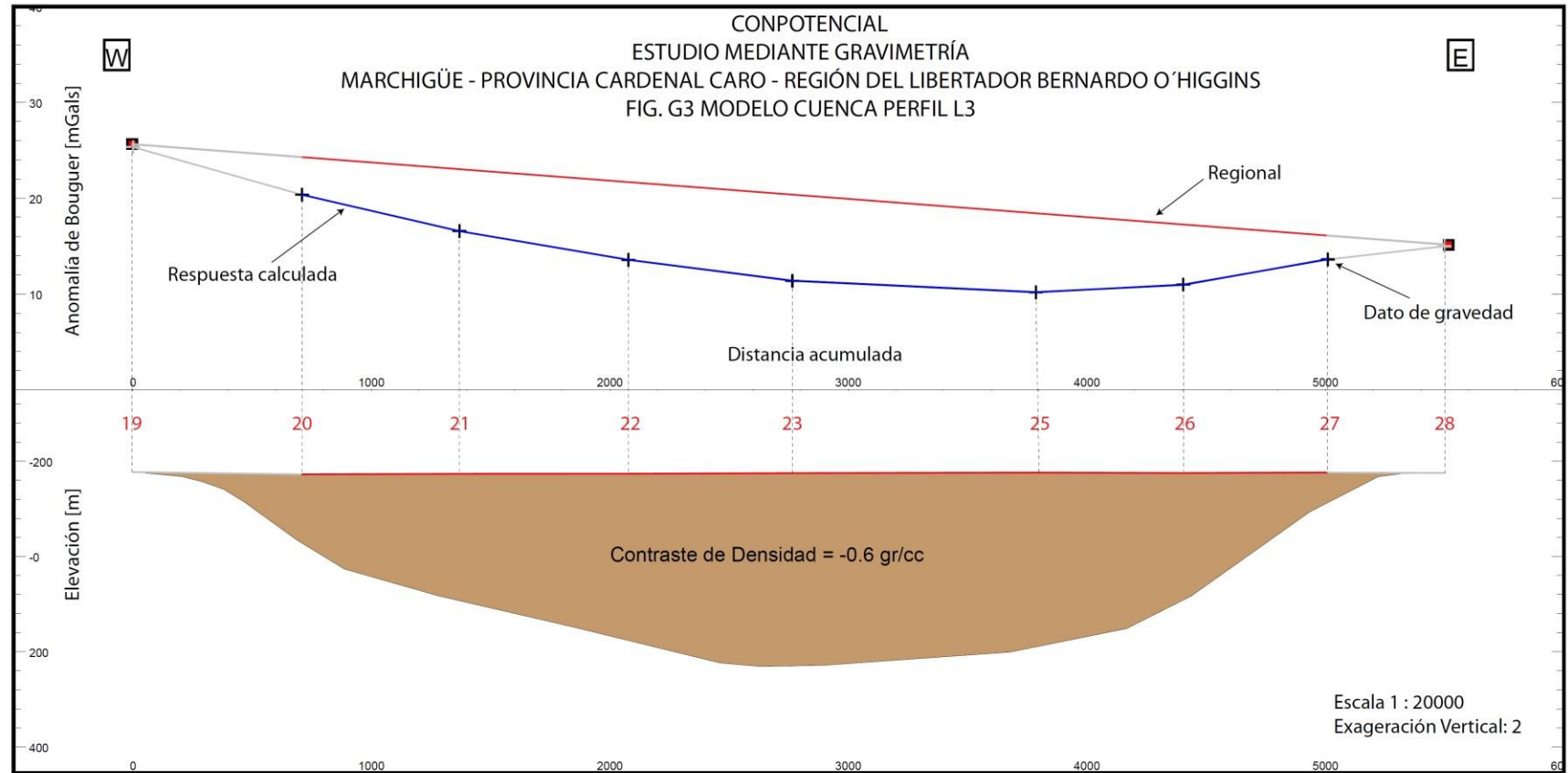
Figura 6-1: Perfil L1



- Perfil L3** (Ver Figura 6-2): Se observa una gran cuenca, evidenciando el amarre a roca en ambos extremos del perfil; Desde el extremo W en donde el amarre se ha realizado en la unidad geológica formación Lo Valle [Ktlv] (imagen 4) se observa un aumento paulatino en la profundidad de la cuenca, en donde alcanza aproximadamente 400 metros bajo la estación 23, desde este punto hacia el E se evidencia una disminución gradual en la profundidad de la cuenca, en donde, según geología superficial, el perfil se acerca a la unidad de intrusivos graníticos (KTg, correspondiente a granodioritas y tonalitas, imagen 4). El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.6 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]		Bouguer [mGals]	Cota [m]		Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía Superficial	Basamento		Espesor		
279364.65	6172367.97	19	177.35	25.35	177.25	0.10		
280068.50	6172458.26	20	172.55	20.36	28.27	144.28		
280729.73	6172473.88	21	173.53	16.57	-92.83	266.36		
281438.33	6172499.40	22	173.74	13.57	-176.26	350.00		
282118.43	6172615.60	23	175.07	11.38	-230.37	405.44		
283132.87	6172736.25	25	176.09	10.18	-190.70	366.79		
283744.53	6172826.44	26	175.12	10.99	-92.69	267.81		
284343.26	6172927.53	27	176.23	13.61	111.94	64.29		
284824.19	6173034.84	28	175.33	14.99	175.31	0.02		

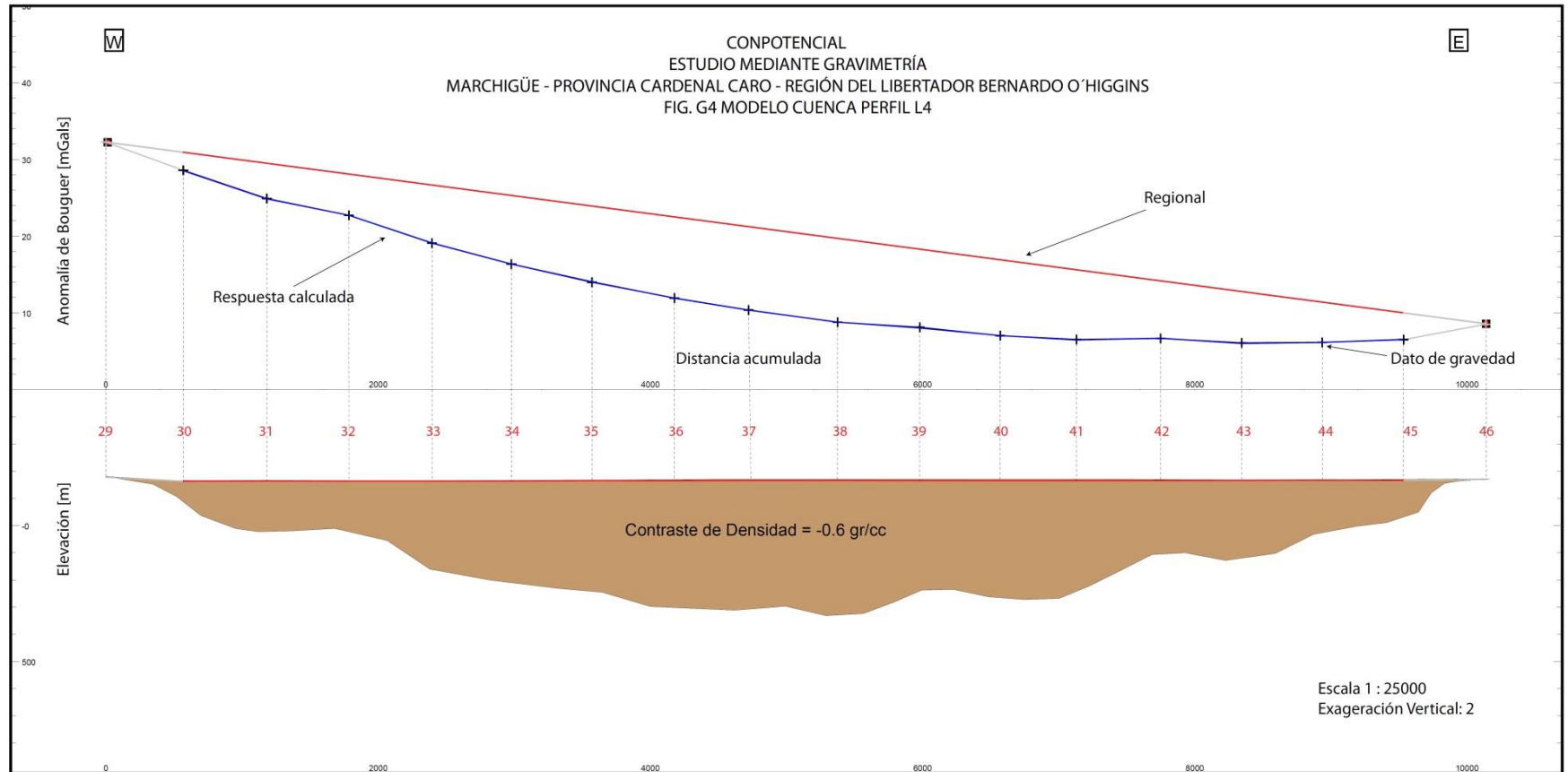
Figura 6-2: Perfil L3



- Perfil L4** (Ver Figura 6-3): Se evidencia el amarre a roca en ambos extremos del perfil (Unidad KTg correspondiente a granodioritas y tonalitas, imagen 4); se observa una gran cuenca que alcanza profundidades cercanas a los 480 metros (bajo las estaciones 36 a 38). El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.6 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]	Bouguer [mGals]	Cota [m]	Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía Superficial		Basamento	
277145.75	6177776.80	29	177.76	32.24	177.59	0.17
277713.71	6177784.45	30	163.43	28.57	84.75	78.68
278326.22	6177837.18	31	164.59	24.89	-24.74	189.33
278924.94	6177923.33	32	163.65	22.71	-25.59	189.24
279535.80	6177938.80	33	163.70	19.08	-164.82	328.52
280117.52	6177988.89	34	164.51	16.36	-213.27	377.78
280709.78	6177995.87	35	165.73	13.99	-245.21	410.94
281316.43	6177999.50	36	165.48	11.94	-304.69	470.17
281865.13	6177937.76	37	166.12	10.37	-310.38	476.50
282516.99	6177996.60	38	166.42	8.78	-332.30	498.72
283122.91	6177939.59	39	166.21	8.12	-244.18	410.39
283715.29	6177895.12	40	165.79	7.03	-268.44	434.23
284274.34	6177935.13	41	165.69	6.53	-246.14	411.83
284889.30	6178053.18	42	166.31	6.67	-108.24	274.55
285482.90	6178139.10	43	166.23	6.09	-122.91	289.14
286070.69	6178224.48	44	167.27	6.15	-29.53	196.80
286664.96	6178310.69	45	166.66	6.51	28.55	138.11
287265.74	6178400.06	46	169.89	8.52	169.80	0.09

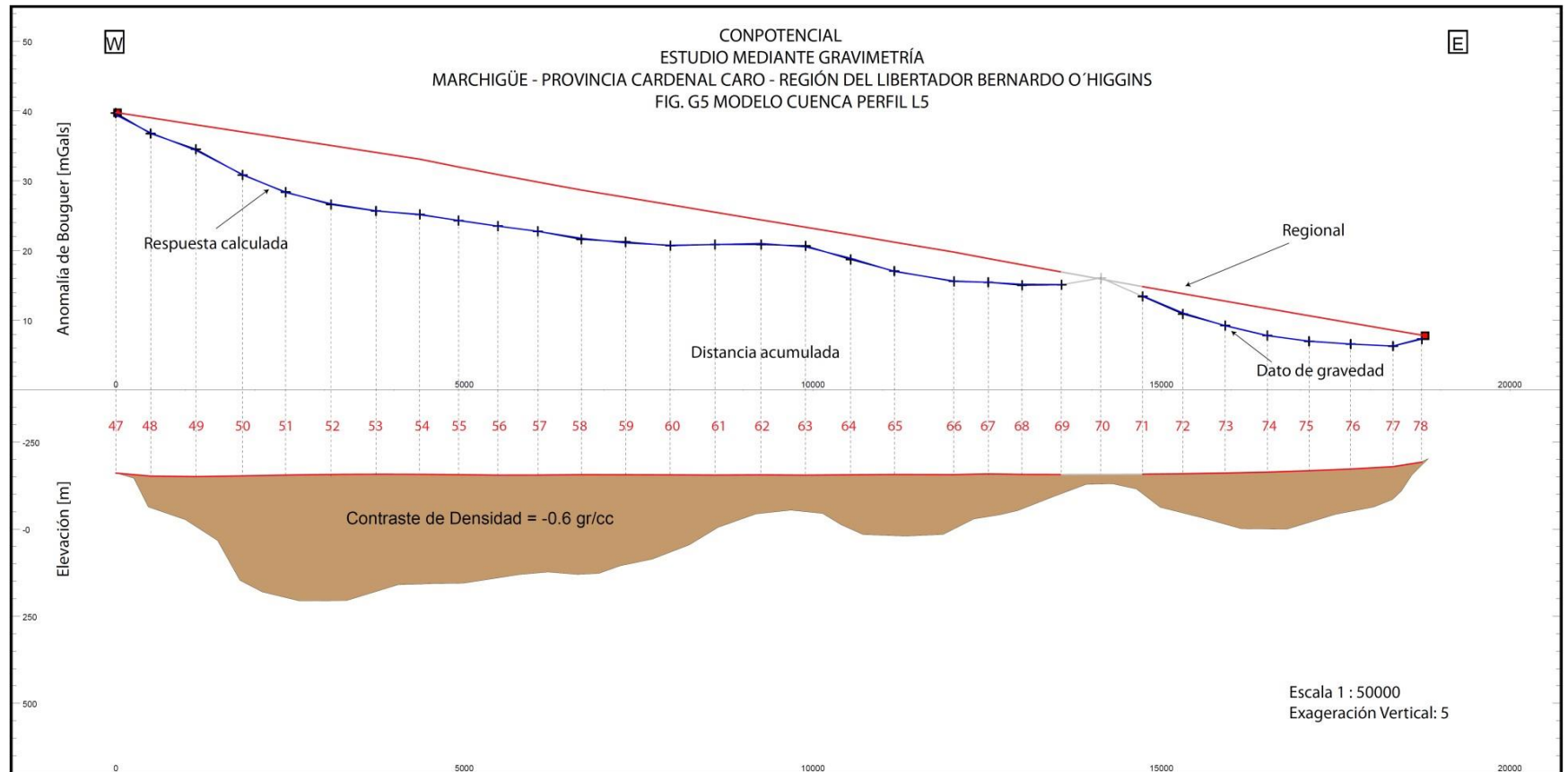
Figura 6-3: Perfil L4



- Perfil L5** (Ver Figura 6-4): Se evidencia el amarre a roca en ambos extremos del perfil (Unidad Pzg, correspondiente a Batolito de la Costa por el costado W y KTg correspondiente a granodioritas y tonalitas por el costado E, imagen 4); es posible observar 3 subcuencas evidenciadas por el alzamiento del basamento bajo las estaciones 62-63 y luego bajo las estación 70; Desde el extremo W hasta la estación 62 se aprecia una gran potencia del relleno sedimentario que alcanza profundidades cercanas a los 360 metros (bajo la estación 52). El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.6 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]		Bouguer [mGals]	Cota [m]		Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía	Superficial		Basamento	Espesor	
270669.76	6181465.99	47	161.35		39.72	161.23	0.12	
271112.04	6181700.06	48	152.63		36.77	69.77	82.86	
271689.18	6181998.64	49	151.15		34.53	22.30	128.85	
272285.30	6182305.50	50	153.32		30.84	-96.39	249.71	
272833.85	6182589.24	51	155.55		28.39	-185.06	340.61	
273409.85	6182891.69	52	157.49		26.61	-206.10	363.59	
273986.30	6183182.08	53	157.76		25.68	-202.54	360.30	
274544.16	6183472.24	54	157.70		25.19	-167.69	325.39	
275205.26	6183368.66	55	157.02		24.30	-156.84	313.86	
275849.70	6183265.02	56	155.44		23.50	-148.27	303.71	
276481.15	6183165.55	57	155.74		22.76	-129.54	285.28	
277155.51	6183057.41	58	156.85		21.61	-128.82	285.67	
277762.98	6183255.49	59	156.63		21.23	-112.59	269.22	
278384.90	6183410.50	60	156.32		20.70	-81.26	237.58	
279006.73	6183563.25	61	155.62		20.88	-25.82	181.44	
279648.39	6183720.34	62	156.30		20.87	32.83	123.47	
280259.12	6183915.11	63	155.37		20.67	53.47	101.90	
280885.92	6184070.65	64	156.55		18.73	28.09	128.46	
281517.19	6184124.92	65	157.36		17.05	-17.17	174.53	
282342.49	6184349.01	66	156.99		15.58	-16.62	173.61	
282896.34	6184140.17	67	159.12		15.46	27.06	132.06	
283422.10	6184002.18	68	157.63		15.03	47.10	110.53	
284033.20	6183815.37	69	157.34		15.10	90.77	66.57	
284637.61	6183622.68	70	157.71		16.07	128.81	28.90	
285271.10	6183425.36	71	158.28		13.42	114.44	43.84	
285875.45	6183239.41	72	159.57		10.90	49.39	110.18	
286507.10	6183042.61	73	161.67		9.24	16.21	145.46	
287131.26	6182862.11	74	164.09		7.81	0.30	163.79	
287746.09	6182676.87	75	168.20		6.99	18.32	149.88	
288357.05	6182471.51	76	173.04		6.58	50.51	122.53	
288974.27	6182283.81	77	179.83		6.30	86.83	93.00	
289402.51	6181897.94	78	192.99		7.30	184.94	8.05	

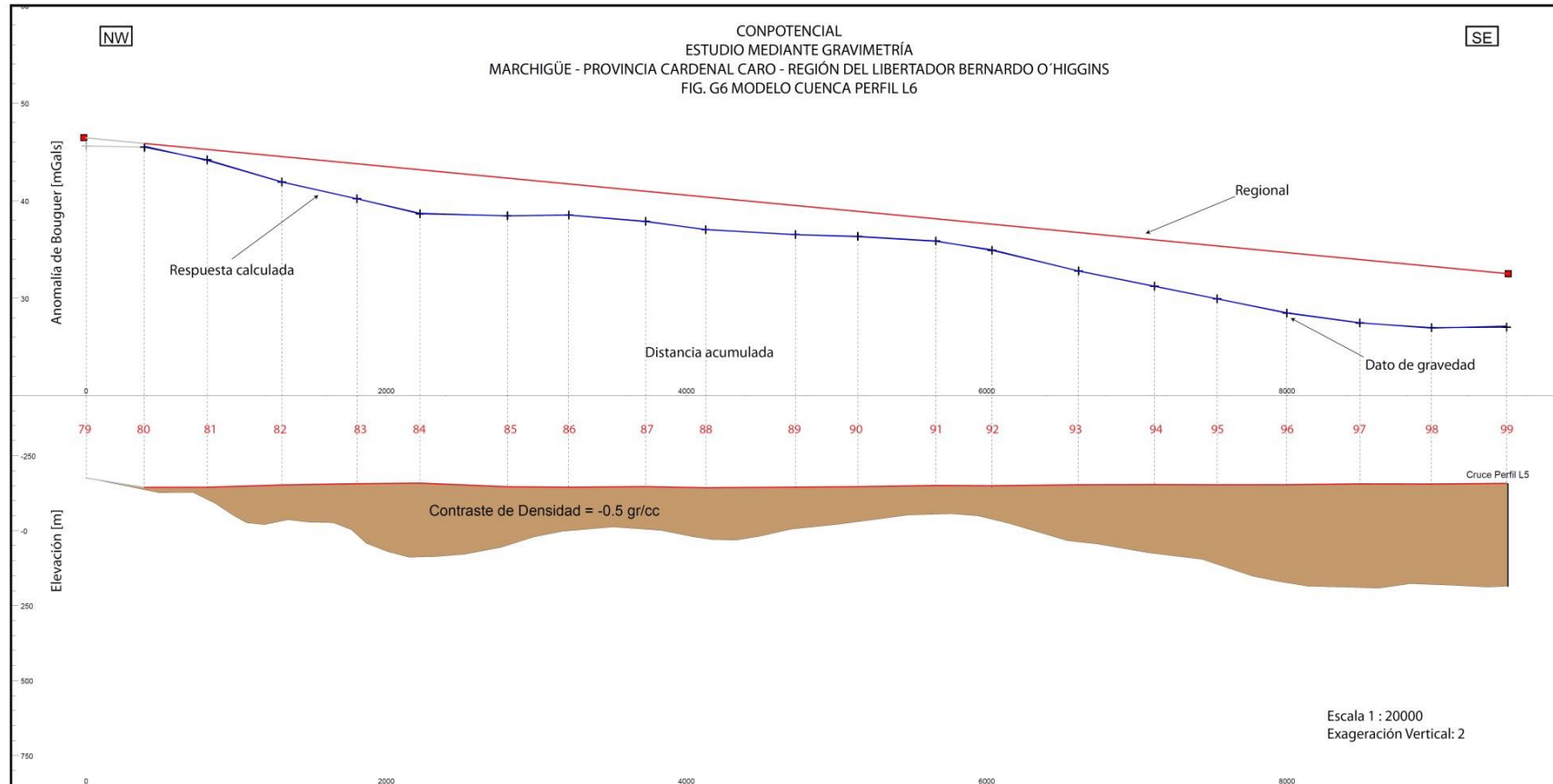
Figura 6-4: Perfil L5



- Perfil L6** (Ver Figura 6-5): Se evidencia el amarre a roca el extremo NW del perfil (Unidad Pzg, correspondiente a Batolito de la Costa, imagen 4); es posible observar un aumento paulatino en la profundidad de la cuenca alcanzando aproximadamente 246 metros bajo la estación 84, desde esta estación y hasta la estación 92 se aprecia un leve alzamiento del basamento, el cual se vuelve a profundizar hacia la zona SE en donde este perfil cruza la línea L5, alcanzando profundidades cercanas a los 340 metros aproximadamente. El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.5 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]		Bouguer [mGals]	Cota [m]		Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía	Superficial		Basamento	Espesor	
268458.04	6191000.60	79	175.59		45.60	175.40	0.19	
268659.09	6190667.33	80	144.08		45.48	136.74	7.34	
268905.38	6190329.25	81	144.62		44.19	105.11	39.51	
269081.20	6189855.26	82	152.23		41.92	31.68	120.55	
269324.21	6189417.25	83	156.53		40.19	-12.37	168.90	
269523.01	6189047.23	84	158.41		38.65	-87.92	246.33	
269926.17	6188607.34	85	146.37		38.45	-49.54	195.91	
270222.20	6188311.88	86	144.81		38.52	-0.67	145.48	
270394.88	6187815.77	87	146.80		37.88	4.56	142.24	
270718.30	6187546.13	88	142.99		37.02	-26.12	169.11	
271073.08	6187064.31	89	144.98		36.52	5.62	139.36	
271362.96	6186758.97	90	146.50		36.33	28.57	117.93	
271652.03	6186326.00	91	150.57		35.86	54.32	96.25	
271868.38	6186021.16	92	149.76		34.90	40.44	109.32	
272113.64	6185491.03	93	152.97		32.79	-36.87	189.84	
272084.07	6184875.97	94	153.56		31.22	-76.22	229.78	
272356.18	6184552.74	95	152.97		29.93	-111.52	264.49	
272558.54	6184132.53	96	153.03		28.47	-173.72	326.75	
272769.25	6183691.91	97	155.77		27.46	-190.01	345.78	
272977.49	6183260.66	98	155.52		26.98	-179.49	335.01	
273193.68	6182807.82	99	157.53		27.02	-185.83	343.36	

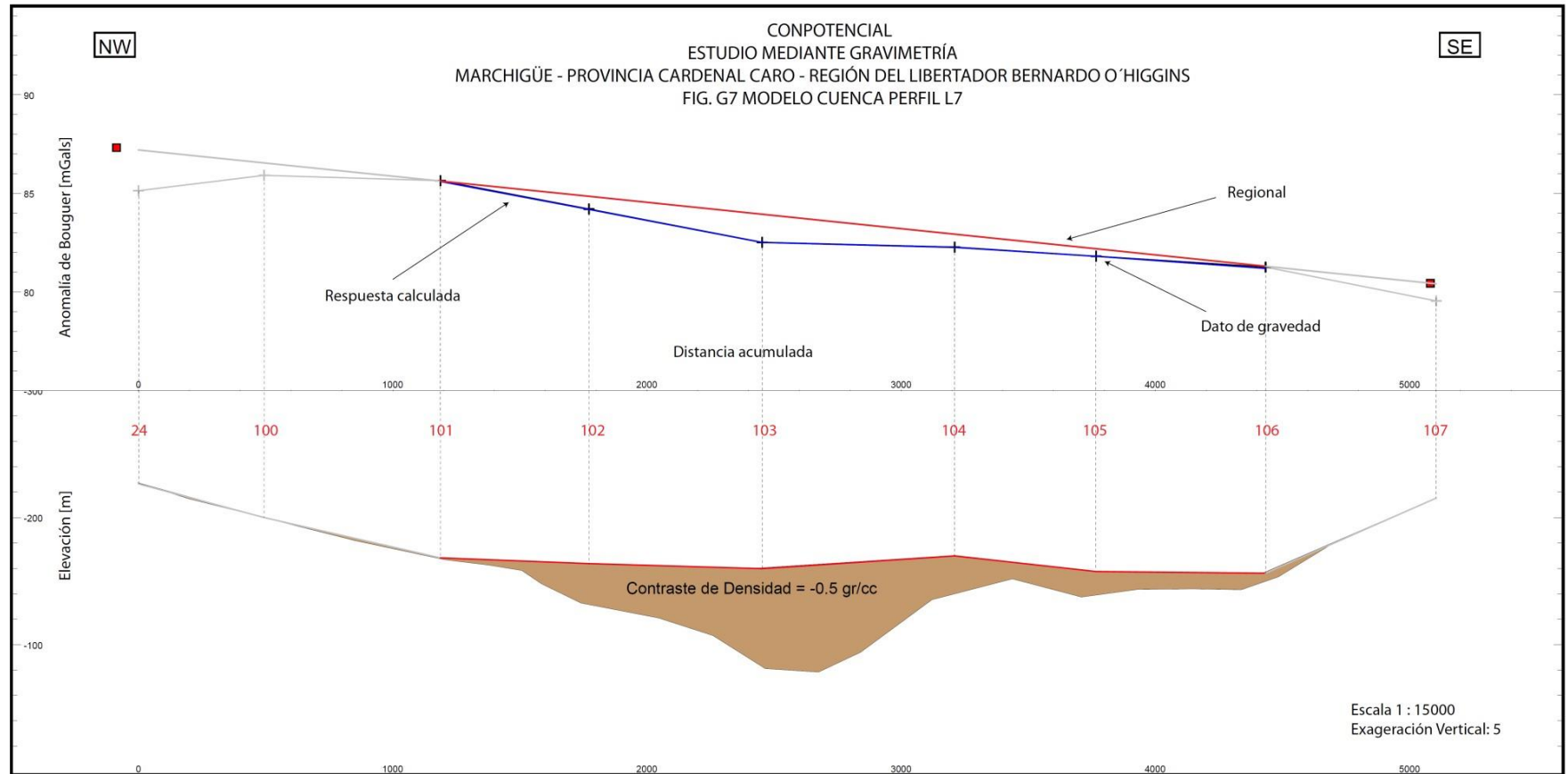
Figura 6-5: Perfil L6



- Perfil L7** (Ver Figura 6-6): Se evidencia el amarre a roca ambos extremos del perfil (Unidad Pz, correspondiente a Basamento Cristalino, imagen 4); es posible observar una pequeña cuenca que alcanza profundidades máximas de aproximadamente 77 metros bajo la estación 103. El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.5 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]	Bouguer [mGals]	Cota [m]	Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía Superficial		Basamento	Espesor
253042.85	6194337.28	24	226.46	85.13	226.33	0.13
253400.53	6193996.14	100	200.01	85.91	199.08	0.93
253891.86	6193506.73	101	168.27	85.64	166.79	1.48
254282.49	6193070.61	102	163.75	84.20	130.86	32.89
254818.47	6192643.23	103	159.71	82.51	82.50	77.21
255505.27	6192276.46	104	169.80	82.27	138.67	31.13
255859.97	6191836.16	105	157.52	81.81	137.77	19.75
256390.57	6191429.46	106	156.13	81.26	148.46	7.67
256920.19	6191015.91	107	215.30	79.54	215.11	0.19

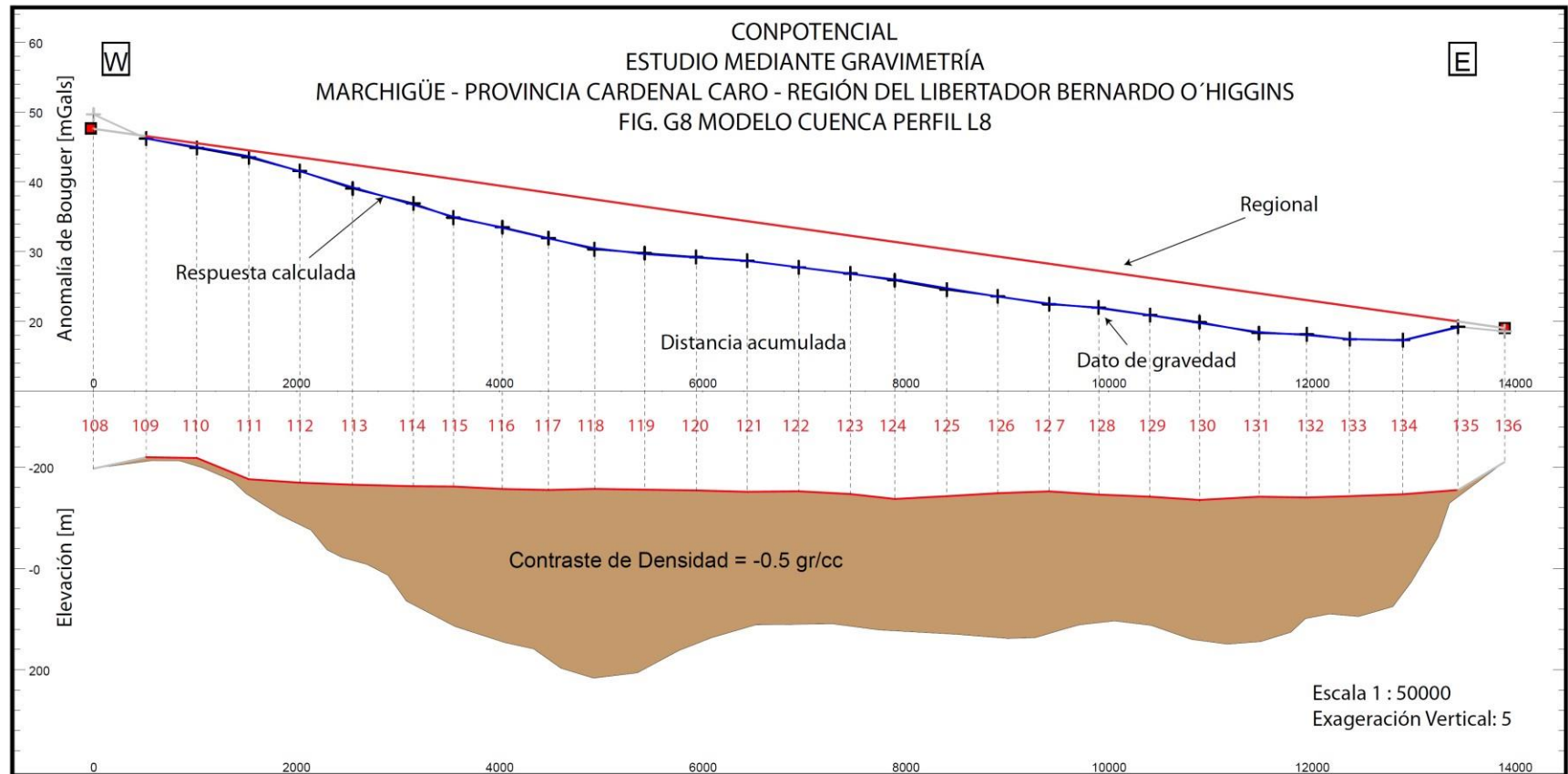
Figura 6-6: Perfil L7



- Perfil L8** (Ver Figura 6-7): Se observa una cuenca con una gran potencia, evidenciando el amarre a roca en ambos extremos del perfil (Unidad Pzg, correspondiente a Batolito de la Costa, imagen 4); esta cuenca alcanza una profundidad máxima de aproximadamente 374 metros bajo la estación 118. El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.5 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]		Bouguer [mGals]	Cota [m]		Profundidad [m]
Este	Norte		Topografía	Superficial		Basamento	Esesor	
266007.41	6195167.43	108	197.18		49.66	197.13	0.05	
266516.50	6195263.27	109	219.67		46.22	210.98	8.69	
267004.60	6195363.28	110	218.24		44.86	203.16	15.08	
267505.62	6195470.40	111	176.28		43.51	147.81	28.47	
267996.78	6195575.71	112	169.49		41.55	89.77	79.72	
268501.64	6195705.21	113	165.58		39.04	18.46	147.12	
269077.03	6195870.03	114	162.42		36.91	-64.50	226.92	
269485.08	6195845.00	115	161.97		34.88	-107.38	269.35	
269987.55	6195770.69	116	157.10		33.50	-142.57	299.67	
270464.34	6195620.84	117	155.08		31.94	-177.23	332.31	
270932.67	6195441.00	118	157.27		30.34	-216.75	374.02	
271429.09	6195398.51	119	155.77		29.79	-198.91	354.68	
271936.90	6195355.46	120	154.32		29.24	-149.30	303.62	
272441.85	6195312.23	121	151.43		28.71	-116.63	268.06	
272950.10	6195270.22	122	152.56		27.76	-110.37	262.93	
273458.99	6195227.69	123	146.96		26.87	-113.97	260.93	
273896.30	6195060.93	124	137.33		25.89	-123.26	260.59	
274407.11	6195006.10	125	142.78		24.56	-128.99	271.77	
274911.08	6195081.82	126	148.67		23.60	-136.69	285.36	
275417.53	6195164.65	127	152.41		22.46	-128.88	281.29	
275904.19	6195271.60	128	146.03		22.00	-107.42	253.45	
276408.58	6195384.59	129	141.84		20.91	-112.18	254.02	
276891.21	6195553.72	130	135.41		19.89	-142.16	277.57	
277477.70	6195532.83	131	141.82		18.33	-144.85	286.67	
277937.25	6195805.66	132	140.21		18.16	-99.11	239.32	
278367.67	6195669.35	133	142.72		17.46	-93.53	236.25	
278894.13	6195609.73	134	146.68		17.34	-50.18	196.86	
279435.38	6195625.20	135	155.10		19.24	140.62	14.48	
279899.12	6195465.72	136	210.15		18.59	209.49	0.66	

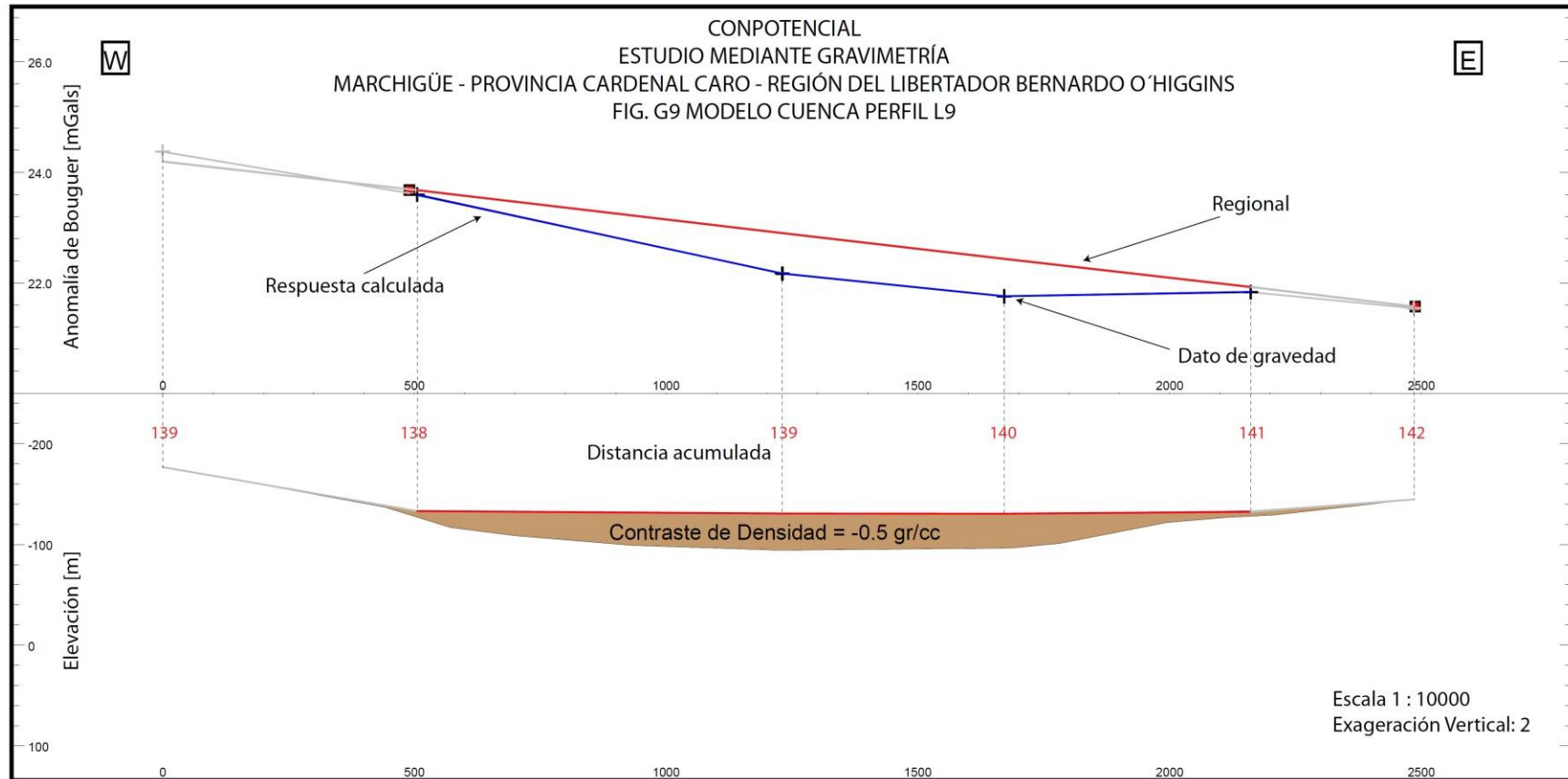
Figura 6-7: Perfil L8



- **Perfil L9** (Ver Figura 6-8): Se evidencia el amarre a roca ambos extremos del perfil (Unidad Pzg, correspondiente a Batolito de la Costa, imagen 4); es posible observar una pequeña cuenca que alcanza profundidades máximas de aproximadamente 36 metros bajo la estación 139. El contraste de densidad utilizado para la modelación de este perfil es de -0.5 [gr/cc], considerando principalmente las unidades geológicas en la que se emplaza.

UTM WGS84 H19S [m]		Estación	Cota [m]		Bouguer [mGals]	Cota [m]		Profundidad [m]	
Este	Norte		Topografía	Superficial		Basamento	Espesor		
274663.03	6203062.18	137	176.82		24.37	176.64	0.18		
275129.40	6202866.41	138	133.13		23.60	129.41	3.72		
275859.92	6202774.74	139	130.73		22.17	94.13	36.60		
276295.03	6202701.93	140	130.51		21.76	96.19	34.32		
276759.02	6202534.66	141	132.37		21.83	127.58	4.79		
277123.64	6202712.27	142	144.66		21.54	144.55	0.11		

Figura 6-8: Perfil L9



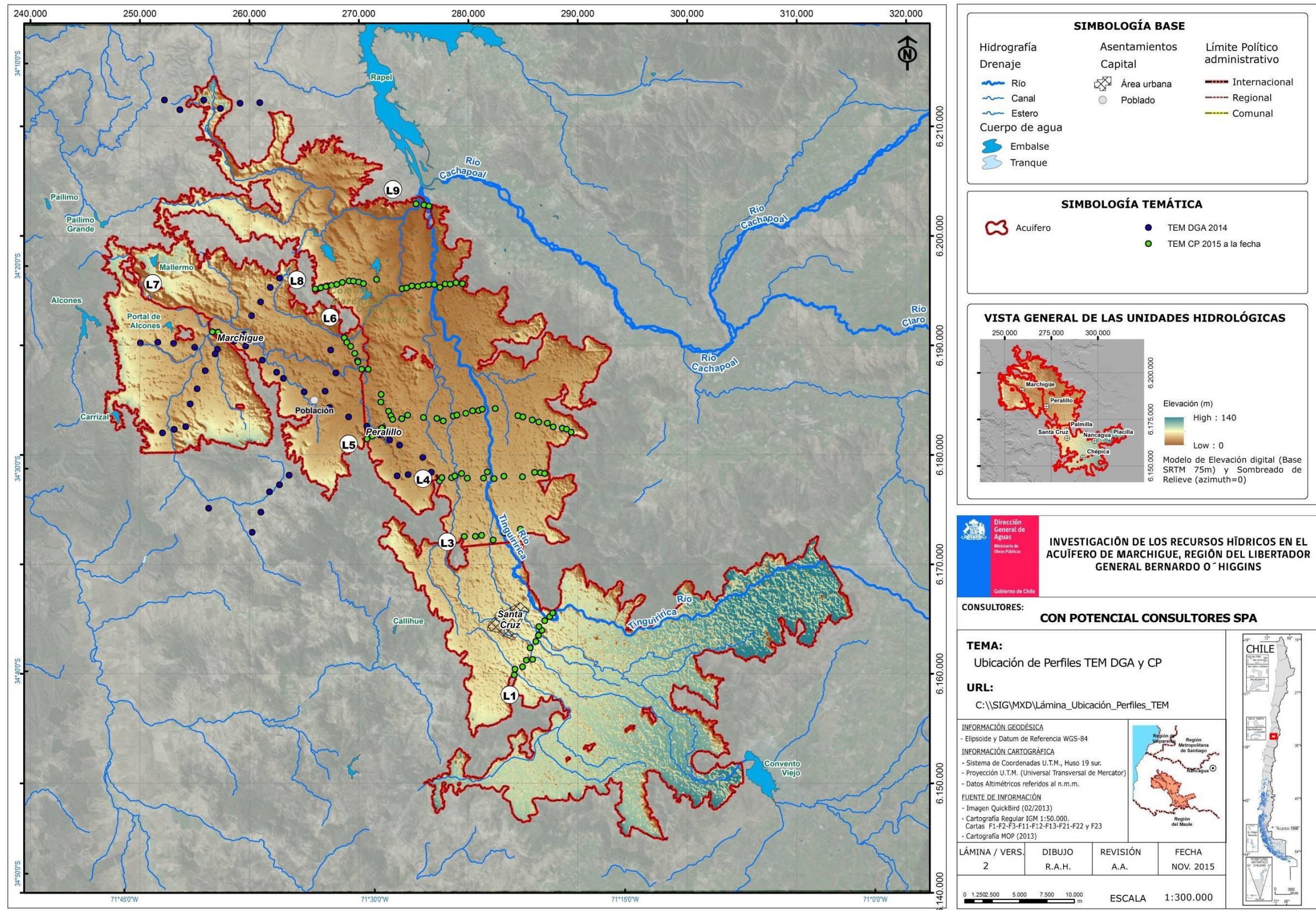
6.3 Exploraciones TEM (DGA, CP 2015)

Se planificó y realizó, en Octubre de 2015, una campaña de mediciones geofísicas sobre un área de aproximadamente 1232 km². Con el propósito de caracterizar los estratos que componen los rellenos de la cuenca, identificar los potenciales sectores acuíferos, y precisar el contacto relleno - basamento Mesozoico a través de la medición de la resistividad de los distintos rellenos terciarios. Para ello se ejecutó el método de Transiente Electromagnético (TEM), ejecutándose a la fecha, 110 de las 142 estaciones TEM que han sido planificadas.

Las estaciones TEM se desarrollaron a lo largo de las mismas 8 líneas donde se levantaron las estaciones gravimétricas. Cada estación fue dispuesta según la planificación acordada con la DGA, distribuyéndose de tal manera de cubrir el área de interés con una malla medianamente regular en espaciamiento (550m entre estaciones), empleándose loop de 50x50, 100x100 y 200x200, según las profundidades estimadas del basamento rocoso, determinadas en las campañas gravimétricas que fueron ejecutadas previamente. La Lámina 6.1 muestra la disposición y cobertura de los perfiles geofísicos TEM ejecutados a la fecha en el presente estudio.

A continuación se presenta un resumen de los resultados y su interpretación en base a la información antes revisada.

Lámina 6.2 Disposición Perfiles Geofísicos TEM



6.4 Análisis de Resultados Exploraciones Geofísicas TEM

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

Los procesos unidimensionales muestran en la ventana el modelo suavizado (línea verde continua), el modelo de capas (línea roja continua) y los modelos equivalentes (líneas segmentadas). Los modelos equivalentes indican las variaciones que pueden tener las resistividades y profundidades de cada estrato para el mismo ajuste del modelo de capas. En general se seleccionan como modelos, aquellos con errores (RMS) inferiores al 5%. Se destaca la buena calidad de los datos, lo que permite que la curva de transiente pueda ser invertida y con ello proporcionar un modelo unidimensional de resistividades confiable y robusto.

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.

La zonificación de colores de la resistividad eléctrica va desde los 10 a 1000 [Ω -m], ecualizada manualmente de manera de reflejar los cambios de resistividad en los diferentes intervalos de interés.

Sobre la base de los modelos 1-D individuales obtenidos en las estaciones TEM, se generan las secciones de resistividad interpolando los modelos 1D adyacentes. Se han generado nueve secciones TEM (Figura 6-9 a Figura 6-23), correspondientes a los modelos de resistividad a lo largo de líneas L1 a L9 respectivamente. En ellas se muestran las secciones de resistividad obtenidas a partir de los modelos de capas ('layered model') en una representación de grillas de color, y las secciones de resistividad obtenidas a partir de los modelos 1D suavizados ('smooth model').

El objetivo general de este tipo de prospección geofísica es la determinación cuantitativa de las propiedades eléctricas del subsuelo en la zona de interés. Estas propiedades geoelectrónicas dependen de la mineralogía (litología) y microestructura (porosidad, granulometría, fracturamiento) de los sedimentos y rocas presentes. Afecta de manera importante a la resistividad, el tipo de fluidos que

contengan los intersticios en los sedimentos y rocas, especialmente el grado de saturación, salinidad, entre otros aspectos que permitan una adecuada caracterización de posibles acuíferos existentes a lo largo de los perfiles planteados en el sector de Tinguirirca Inferior y Marchigue – LasCadenas.

A partir de las secciones de resistividad eléctrica, Figura 6-9 a Figura 6-23, se comentan los resultados en términos de posibles litologías asociadas a los valores de resistividad observados, basado en la respuesta geoelectrica obtenida recurriendo a las Figuras de interpretación (Figura 6-9 a Figura 6-23).

En las secciones de distribución en profundidad de la resistividad eléctrica, se pueden distinguir claramente al menos 4 a 5 dominios, los que no necesariamente corresponden a diferentes unidades litológicas, sino que a diferentes respuestas geoelectricas las que pudieran corresponder a diferencias en granulometrías, niveles de humedad, grados de compactación/fracturación/alteración, entre otros aspectos.

a) Unidad Resistiva Superficial: Esta unidad se aprecia continua a lo largo de todos los perfiles con potencias que fluctúan entre los 50 - 300 metros. Las resistividades eléctricas son superiores a los 1000 [Ohm-m], observándose un sostenido decremento de este valor (en torno a los 300 - 600 [Ohm-m]). Este dominio se asocia directamente a la presencia de Depósitos aluviales (Unidad Qa) secos y/o Secuencias sedimentarias clásticas continentales (Unidad MP1c y M1c). Los valores menores de la resistividad, se deben a un aumento de la humedad debido al efecto de corrientes de aguas subterráneas provenientes de aguas meteóricas.

b) Unidad Baja Resistividad: Esta unidad subyace a la anteriormente descrita, y se presenta discontinua lateralmente. En algunos perfiles pudiera atribuirse a una unidad acuífero, con resistividades inferiores a 10 [Ohm-m]. Este horizonte pudiera estar constituido por arcillas y/o limos arenosos saturados, y eventualmente responder a algún aumento en el contenido de salinidad de los fluidos que saturan los intersticios de las secuencias sedimentarias. El techo de esta unidad es variable, elevándose el respectivo nivel freático en las partes bajas del valle aluvial (talweg).

c) Unidad Media Resistividad: Esta unidad se intercala dentro de la anterior y presenta resistividades que fluctúan entre los 15 - 35 [Ohm-m] (con algunos escasos peaks locales), manifestándose continua y homogénea lateralmente. Este dominio pudiera corresponder a Arenas (y Gravas en menor proporción) Saturadas.

d) Unidad Conductora Profunda: Este dominio de menor resistividad profundo se observa, con valores de resistividad eléctrica inferiores a 10 [Ohm-m], que se desarrolla a partir de los 200 metros

de profundidad y hasta la penetración alcanzada por el método (próximo a 500 metros). Este dominio pudiera responder a la presencia de Sedimentos de granulometría fina a media saturadas en aguas con contenido salino.

Es importante señalar que este informe se entrega de modo preliminar en el cual se han analizado 8 de los 9 perfiles gravimétricos realizados. Se esperan finalizar las mediciones del método electromagnético TEM para las calibraciones de los perfiles gravimétricos

- **Perfil L1** (Ver Figura 6-9):

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
284 211	6 159 894	1	
284 278	6 160 425	2	
284 960	6 160 641	3	
285 305	6 161 237	4	
285 887	6 161 314	5	
285 663	6 162 364	7	
286 184	6 162 950	8	
286 419	6 163 510	9	
286 736	6 163 969	10	
286 458	6 164 304	11	
287 001	6 164 842	12	
287 450	6 165 213	13	
287 718	6 165 558	14	

Figura 6-9: Perfil L1 TEM (Modelo Capas)

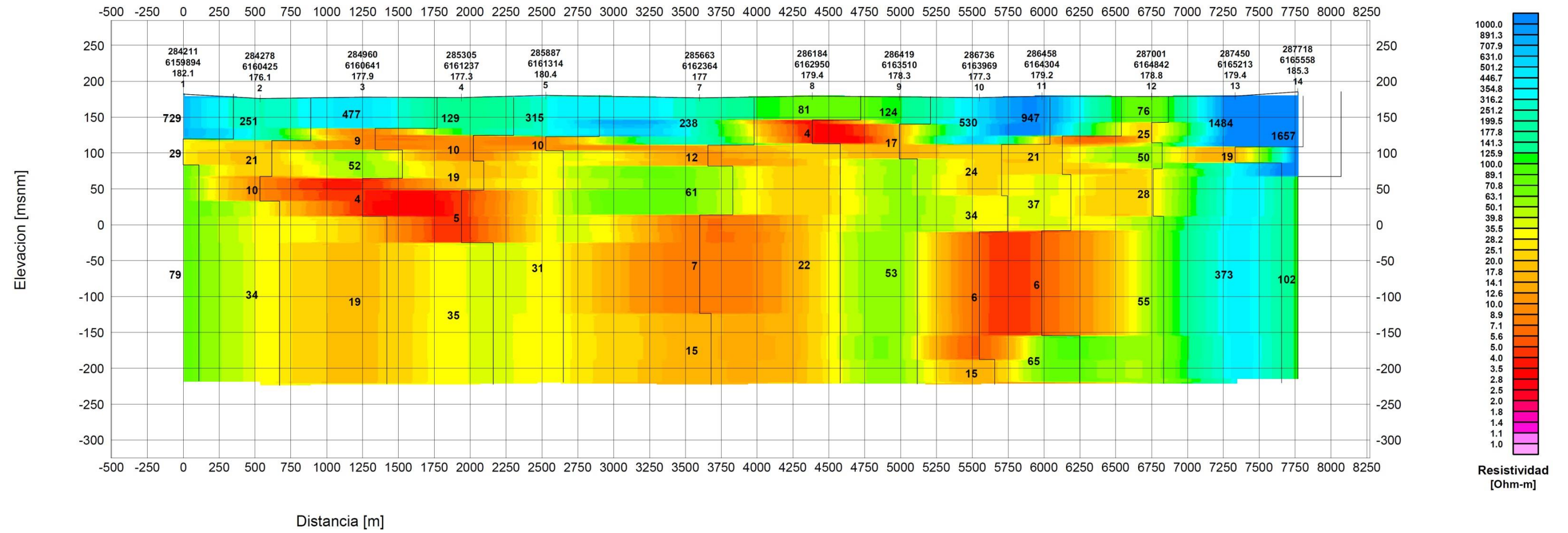
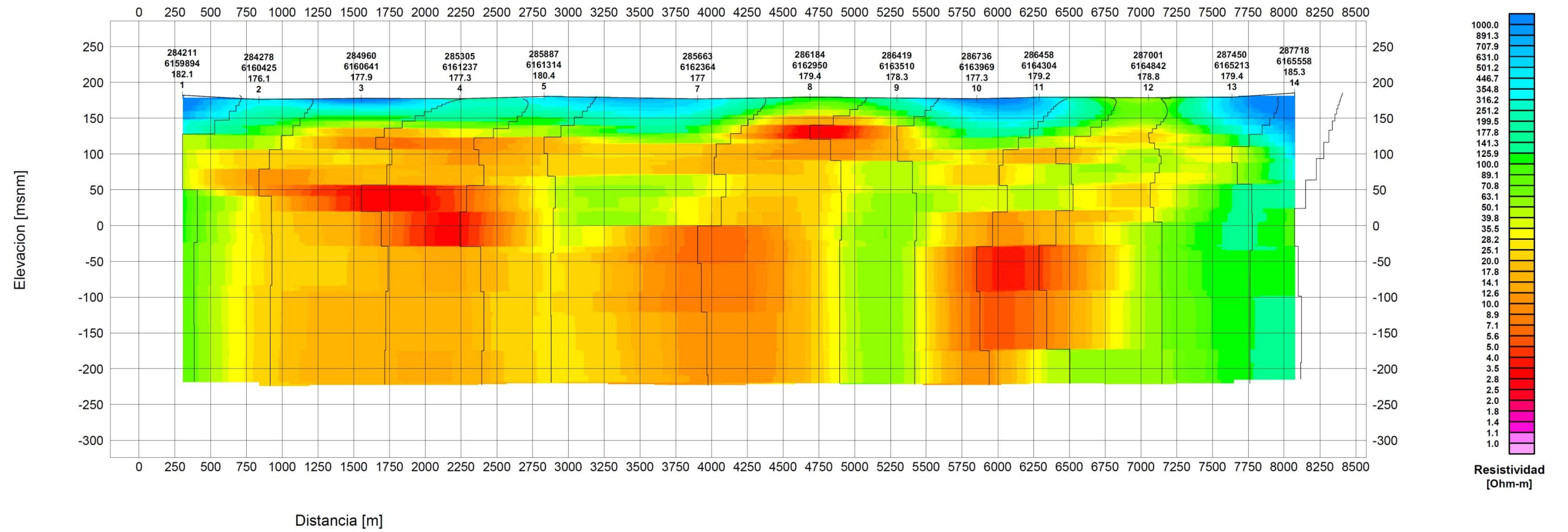


Figura 6-10: Perfil L1 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L3 (Ver Figura 6-11)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
279 645	6 172 538	19	
280 654	6 172 548	21	
281 224	6 172 638	22	
282 285	6 172 221	23	
282 371	6 174 085	24	
283 341	6 172 859	25	
283 627	6 172 754	26	
284 131	6 172 981	27	
284 777	6 173 206	28	

Figura 6-11: Perfil L3 TEM (Modelo Capas)

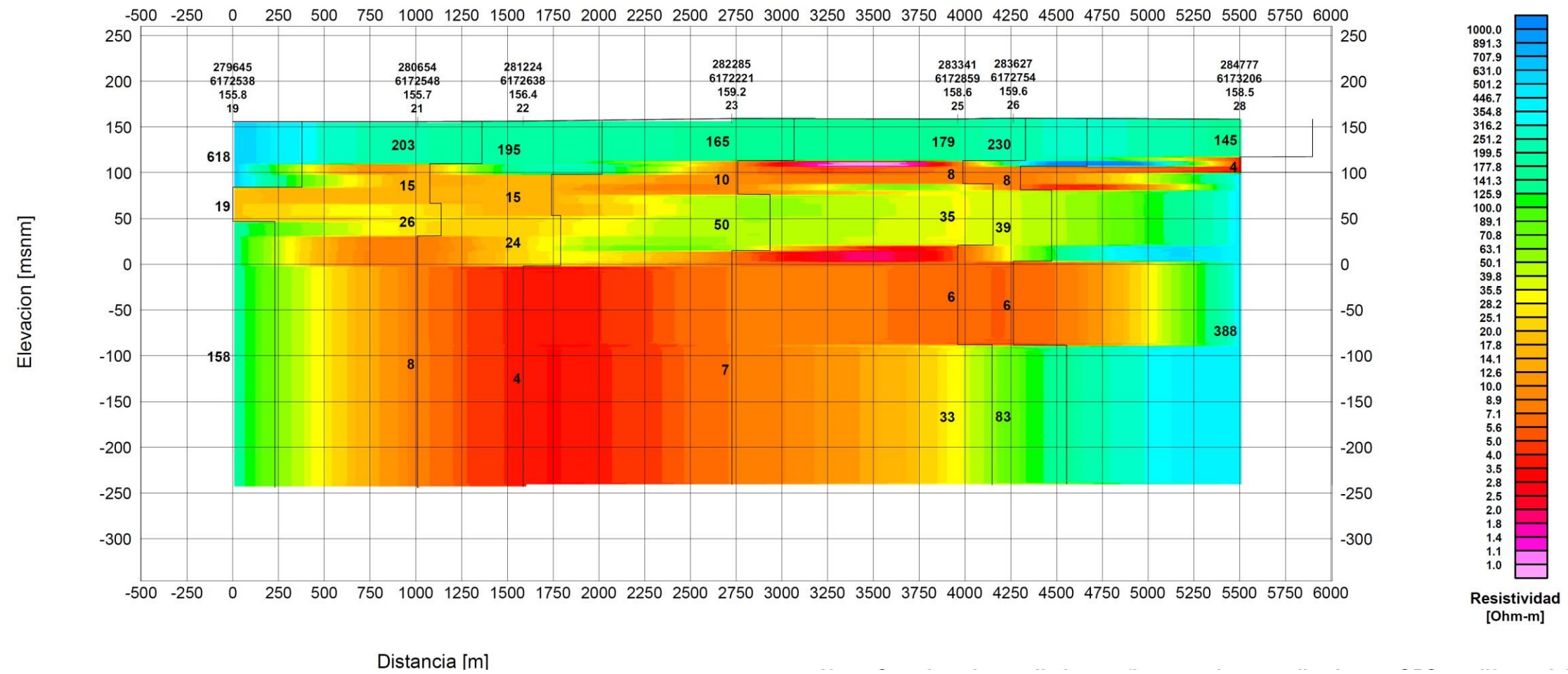
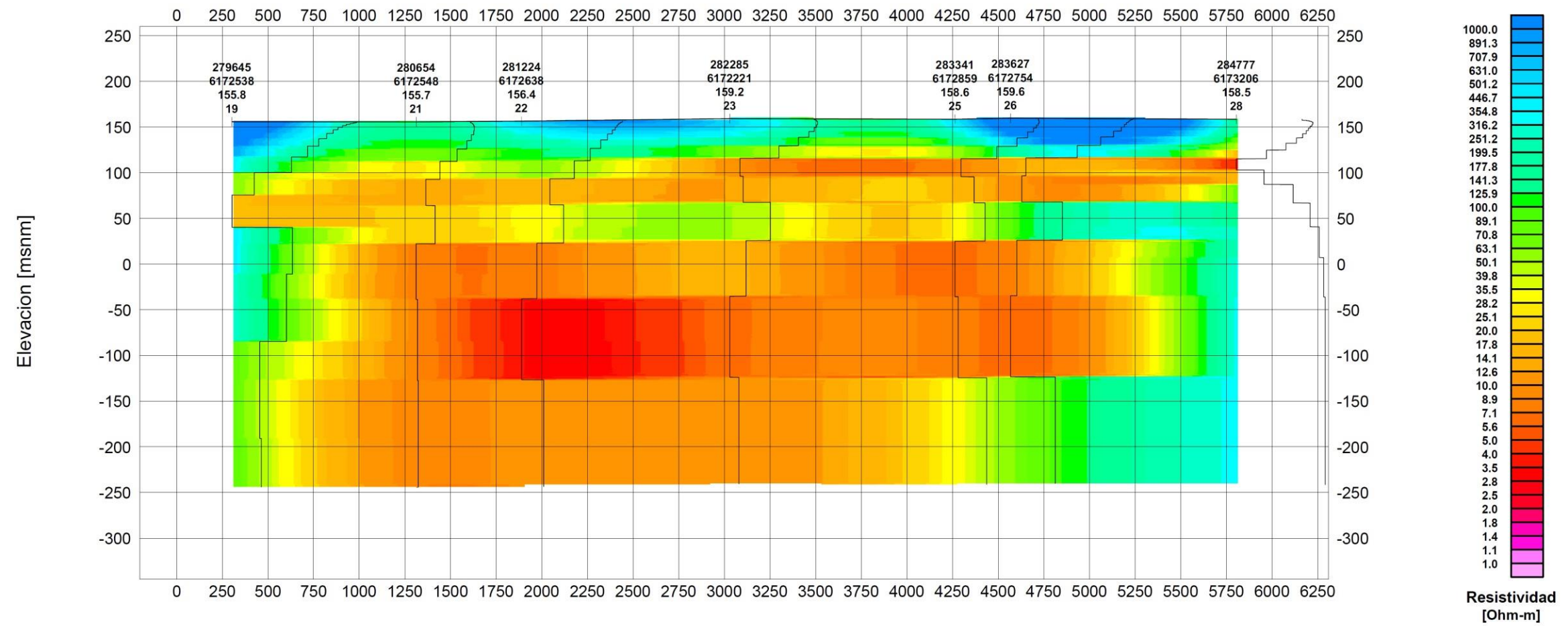


Figura 6-12: Perfil L3 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L4 (Ver Figura 6-13)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
277 386	6 177 606	29	
277 601	6 177 906	30	
278 485	6 177 907	31	
278 784	6 178 058	32	
279 406	6 178 286	33	
279 918	6 177 855	34	
279 797	6 179 123	35	
281 413	6 177 872	36	
281 753	6 178 436	37	
282 372	6 177 822	38	
283 268	6 178 041	39	
284 841	6 178 996	41	
284 968	6 177 983	42	
286 072	6 178 400	44	
286 617	6 178 363	45	
286 987	6 178 290	46	

Figura 6-13: Perfil L4 TEM (Modelo Capas)

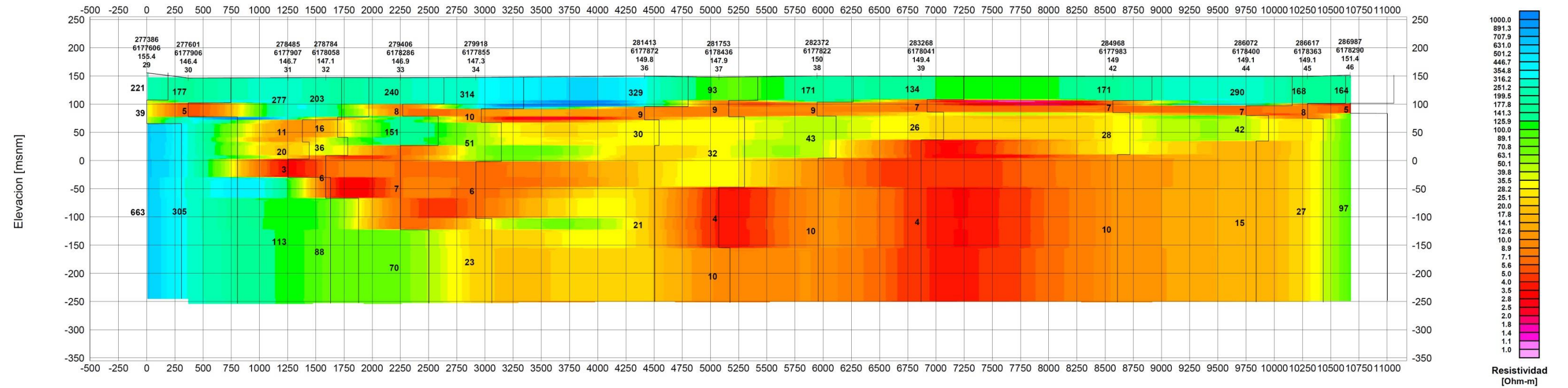
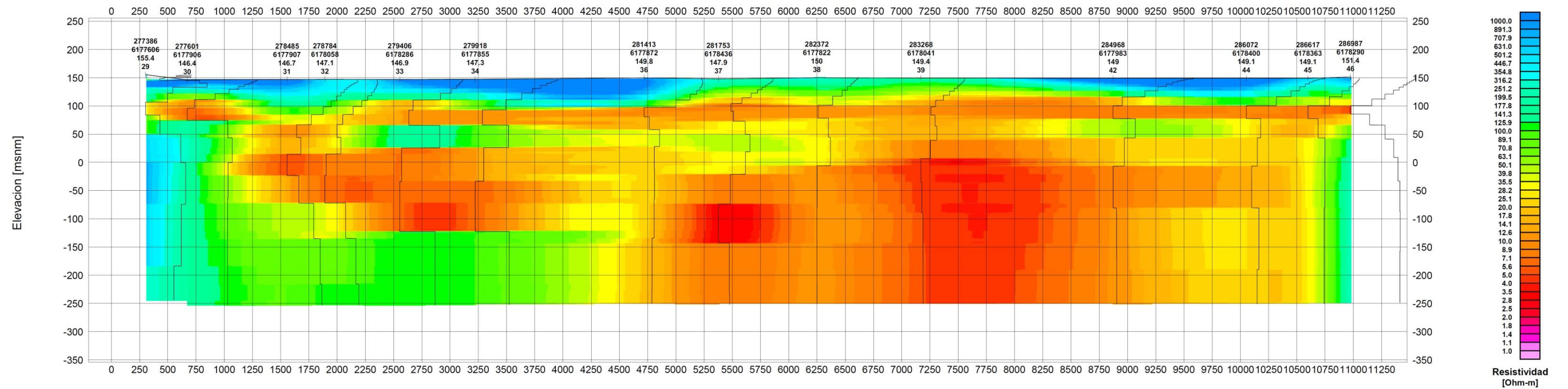


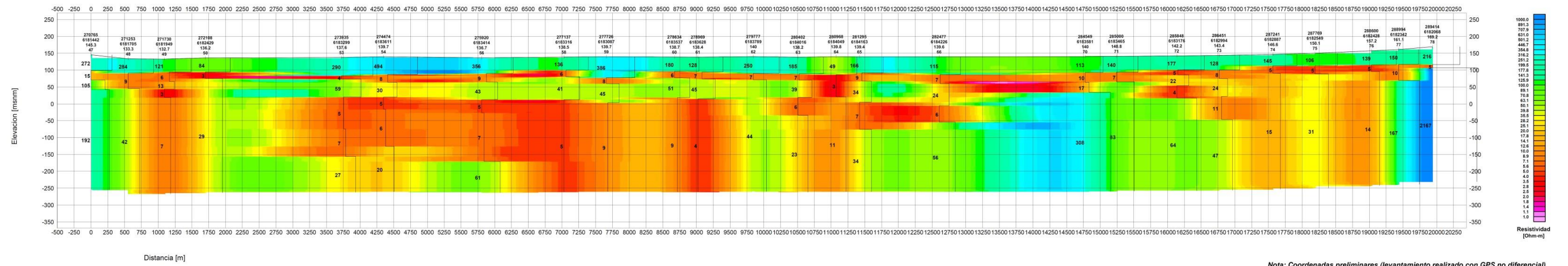
Figura 6-14: Perfil L4 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L5 (Ver Figura 6-15)

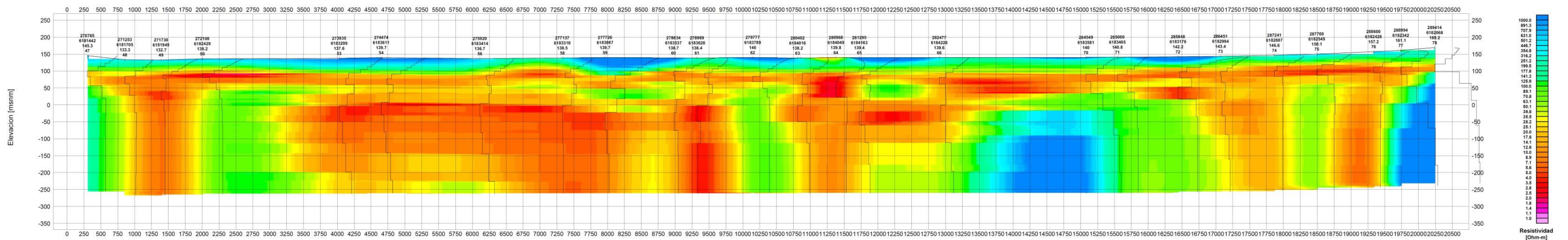
UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
270 765	6 181 442	47	
271 253	6 181 705	48	
271 730	6 181 949	49	
272 108	6 182 429	50	
273 371	6 183 015	52	
273 935	6 183 299	53	
274 474	6 183 611	54	
275 920	6 183 414	56	
277 137	6 183 316	58	
277 726	6 183 087	59	
278 634	6 183 537	60	
278 969	6 183 628	61	
279 777	6 183 789	62	
280 402	6 184 016	63	
280 968	6 184 049	64	
281 295	6 184 163	65	
282 477	6 184 226	66	
284 549	6 183 581	70	
285 000	6 183 465	71	
285 848	6 183 176	72	
286 451	6 182 994	73	
287 241	6 182 887	74	
287 769	6 182 549	75	
288 600	6 182 428	76	
288 994	6 182 342	77	
289 414	6 182 068	78	

Figura 6-15: Perfil L5 TEM (Modelo Capas)



Nota: Coordenadas preliminares (levantamiento realizado con GPS no diferencial)

Figura 6-16: Perfil L5 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L6 (Ver Figura 6-17)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
268 683	6 190 690	80	
268 914	6 190 275	81	
269 262	6 189 907	82	
269 631	6 189 263	84	
269 883	6 188 611	85	
269 929	6 188 481	86	
270 268	6 187 818	87	
270 862	6 187 817	88	
272 052	6 185 517	93	
272 016	6 184 817	94	
272 274	6 184 523	95	
272 738	6 183 988	96	
272 946	6 183 566	97	
273 103	6 183 235	98	

Figura 6-17: Perfil L6 TEM (Modelo Capas)

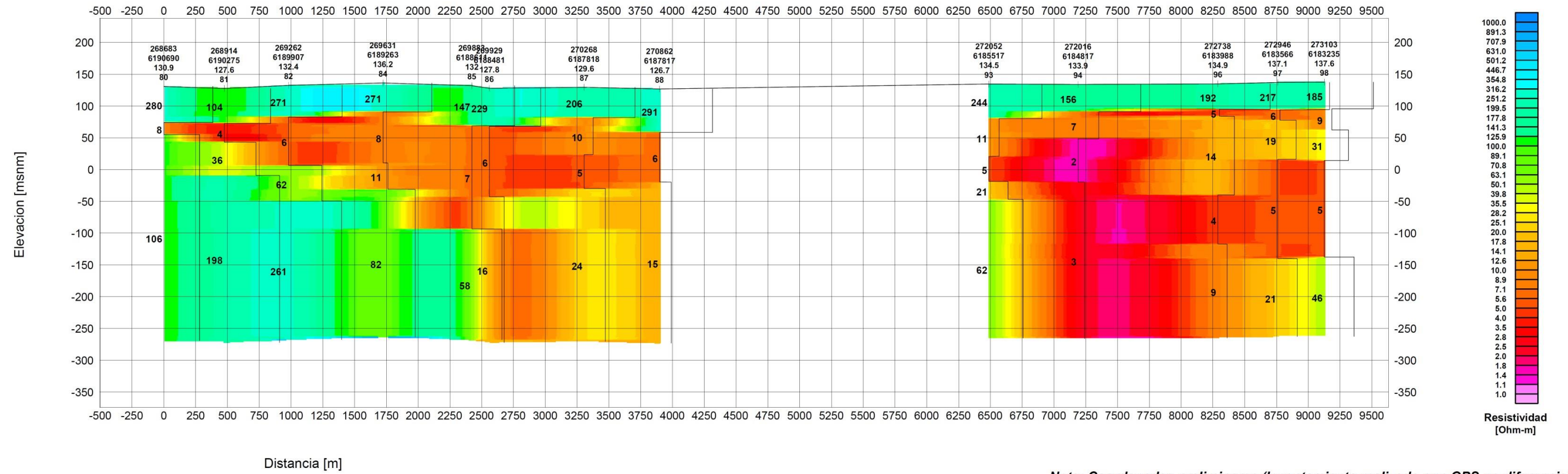
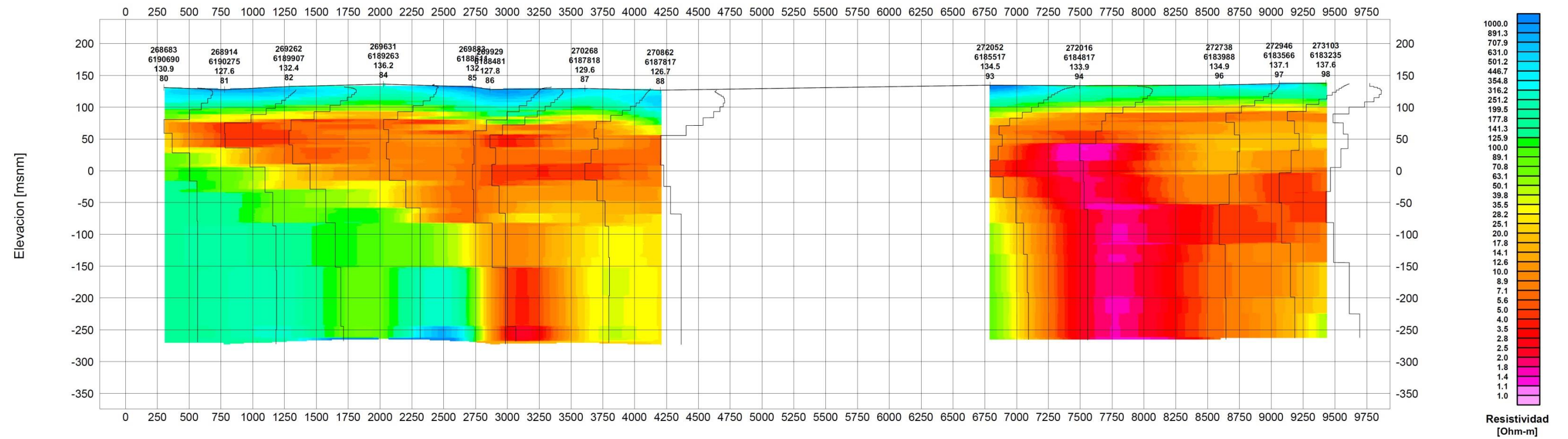


Figura 6-18: Perfil L6 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L7 (Ver Figura 6-19)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
253 549	6 194 158	100	
253 888	6 193 602	101	
254 268	6 193 014	102	
254 809	6 192 598	103	
255 583	6 192 380	104	
255 779	6 191 635	105	
256 622	6 191 234	106	
257 144	6 191 215	107	

Figura 6-19: Perfil L7 TEM (Modelo Capas)

Figura 6-20: Perfil L7 TEM (Modelo Suavizado))

Perfil L8 (Ver Figura 6-21)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
266 009	6 195 155	108	
266 528	6 195 254	109	
267 009	6 195 359	110	
267 507	6 195 475	111	
267 997	6 195 561	112	
268 505	6 195 740	113	
269 124	6 195 877	114	
269 507	6 195 859	115	
269 998	6 195 784	116	
270 431	6 195 647	117	
271 629	6 196 016	119	
273 959	6 195 175	124	
274 372	6 195 229	125	
274 860	6 195 426	126	
275 400	6 195 377	127	
275 871	6 195 484	128	
276 386	6 195 536	129	
276 895	6 195 555	130	
277 420	6 195 287	131	
277 903	6 195 607	132	
278 354	6 195 579	133	
278 892	6 195 713	134	
279 480	6 195 626	135	

Figura 6-21: Perfil L8 TEM (Modelo Capas)

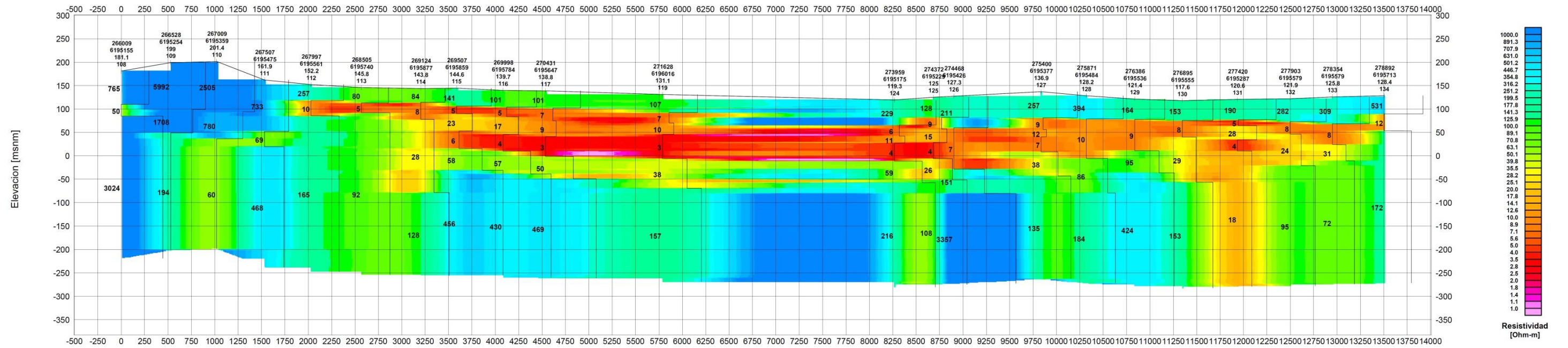
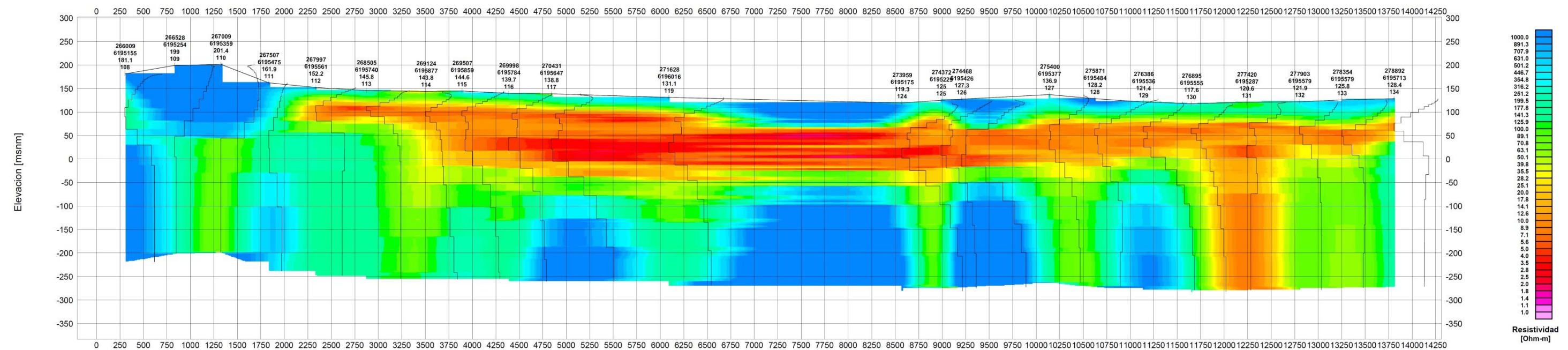


Figura 6-22: Perfil L8 TEM (Modelo Suavizado)



Perfil L9 (Ver Figura 6-23)

UTM WGS84 H19S (m)		Estación	Cota (m)
Este	Norte		Topografía Superficial
275 229	6 202 920	138	
275 956	6 202 817	139	
276 420	6 202 712	140	

Figura 6-23: Perfil L9 TEM (Modelo Capas)

Figura 6-24: Perfil L9 TEM (Modelo Suavizado)

7 EVALUACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

A continuación se integra y analiza la información geofísica y topográfica levantada, a fin de poder determinar geometría, disposición, volumen y sectorización de los cuerpos acuíferos presentes en la zona de estudio.

Para ello se desarrollaron las siguientes actividades:

- Análisis e interpretación de la información geofísica levantada en el presente estudio, generación de perfiles tipo que caractericen los estratos y materiales interceptados. Toda la data se vinculó con la información existente, creando una única plataforma de información para DGA.
- Caracterización de los diferentes rellenos y estratos que componen el acuífero, determinación de geometría y posición de la roca fundamental o basamento, delimitando fallas, singularidades, bolsones, anomalías, determinación del nivel freático.
- Determinación de la geometría del o los acuíferos, con la identificación de distintas unidades de almacenamiento y unidades impermeables existentes.
- Definición de las relaciones que pudiesen existir entre las distintas unidades permeables e impermeables.
- Determinación de las características hidráulicas del acuífero, vale decir el grado de confinamiento y las constantes elásticas respectivas.
- Definición de la disposición, en profundidad, de la superficie equipotencial (mapas equipotenciales).
- Estimación final del volumen embalsado del o los cuerpos acuíferos.

7.1 Estimación del Basamento Rocoso

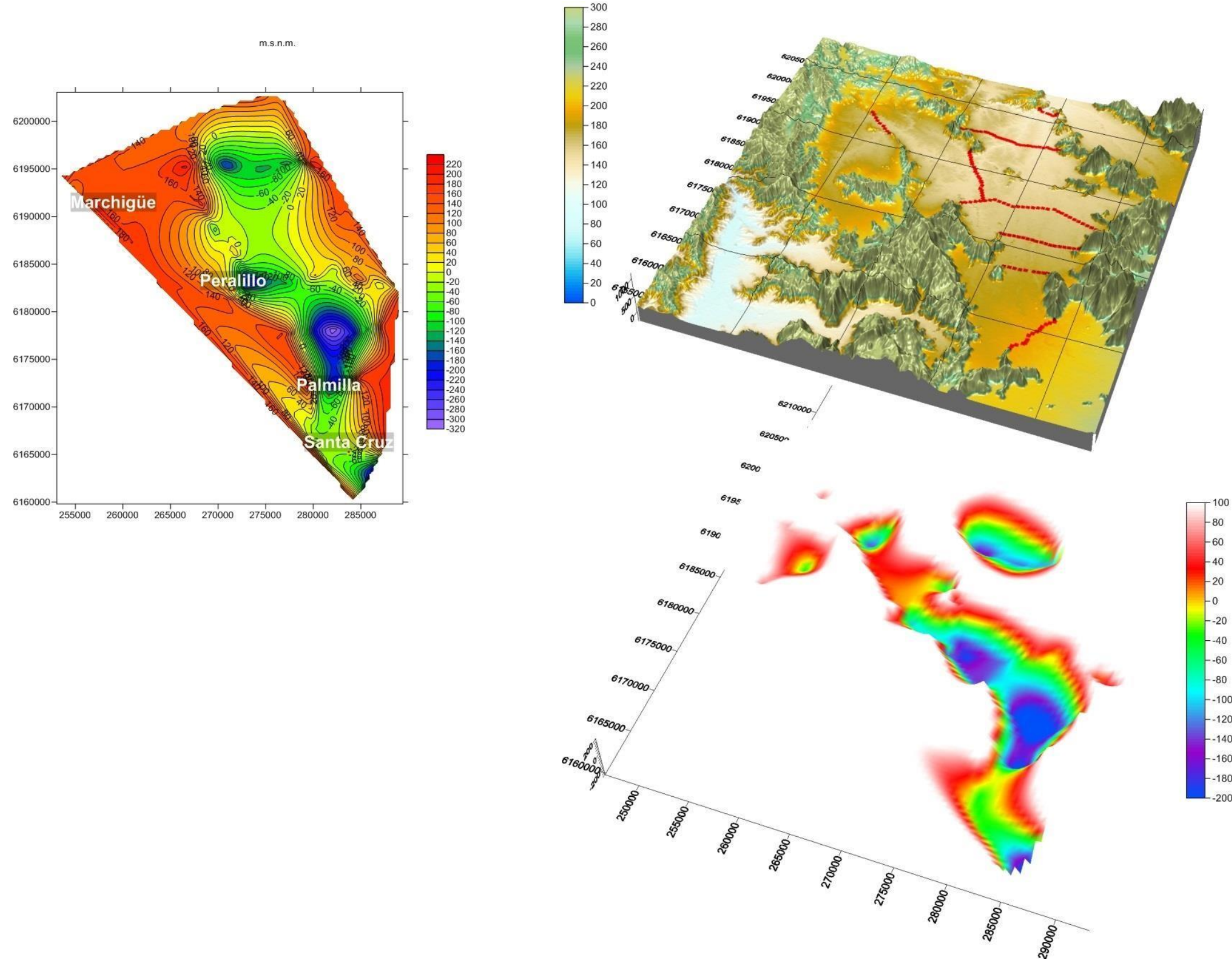
Para determinar el basamento rocoso de la zona de estudio, se utilizó solamente la información gravimétrica levantada en el presente estudio, es decir, los datos georeferenciados de la gravimetría de CP- 2015. Pendiente queda incorporar la información geofísica previa levantada por DGA, y que, a la fecha, no puede ser analizada, debido a falta de información base.

Dado que la información de gravimetría se encuentra en promedio cada 500 metros, se realiza una interpolación cada 350 metros mediante el método Kriging entre los puntos con información, de

modo de generar una superficie de basamento en toda la zona de estudio, empleando para ello, software especializados tipo SURFER.

En la Lámina 7.1, se observa una vista en planta y en 3D del basamento rocoso. De modo de hacer una correcta interpretación de los resultados presentados en la Lámina 7.1, se grafica la profundidad del basamento rocoso (Equivalente a la Potencia de los rellenos), es decir, la diferencia entre la cota de terreno y la cota del basamento. De esta forma se puede distinguir aquellas zonas donde el basamento tiende a aflorar a la superficie, generando zonas de confinamiento o barreras al libre escurrimiento de los flujos subterráneos. Así es posible determinar la geometría de cierre de los cuerpos acuíferos.

Lámina 7.1: Modelo Tridimensional del Basamento Rocoso Acuifero Marchigüe



8 ANTECEDENTES BALANCES HIDROGEOLÓGICOS ESTUDIOS ANTERIORES

- **EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS DE LA VIª REGION. “Modelación Hidrogeológica de los Valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca”. SDT 209, DGA 2005**

La Tabla 8.1 resume la disponibilidad de aguas subterráneas para los valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca, determinada en el informe técnico SDT 209, para cada uno de los sectores acuíferos. Se identifica en esta Tabla los siguientes sectores relevantes para el presente estudio:

- **Sector Tinguiririca Inferior**
- **Sector Las Cadenas – Yervas Buenas**
- **Sector Las Cadenas - Marchigüe**

Tabla 8.1: Disponibilidad de Aguas Subterráneas de los Sectores Acuíferos de la VI Región

Sector	Explotación neta previsible [m ³ /s]	Estado final
Tinguiririca Superior	1,110	Abierto
Tinguiririca Inferior	1,410	Abierto
San Fernando	0,880	Abierto
Chimbarongo	0,340	Abierto
El Monte	0,040	Abierto
Las Cadenas – Yervas Buenas	0,030	Abierto
Las Cadenas – Marchigüe	0,800	Cerrado

Este valor de disponibilidad se encuentra expresado en términos de la explotación neta previsible de los usos de agua subterránea. Por otro lado se indica el estado final de cada sector. Si el estado final es abierto, es un indicador de que después de avanzar hasta el caudal establecido, el sector podría satisfacer una demanda mayor, pero queda sujeta a una posterior evaluación. Por otro lado, si el sector se encuentra cerrado, es un indicador de que el sector acuífero, luego de entregar toda su oferta, no podrá satisfacer futuras demandas.

Se determina un caudal de extracción de 1.110 [l/s] para el sector de Tinguiririca Inferior, 30 [l/s] para el sector de Las Cadenas - Yervas Buenas, y de 800 [l/s] para el sector de Las Cadenas – Marchigüe.

La modelación consideró que entre el 10 y 20% de la lluvia que cae sobre el acuífero (recarga superficial) o en las cuencas aportantes (recarga lateral), se infiltra y constituye recarga para el acuífero. En algunos sectores puntuales (cabeceras de valles laterales), se consideró que hasta el 30 % de la lluvia se puede infiltrar.

La recarga desde ríos y esteros es calculada en forma automática por el modelo, en función de la posición de la napa, de la conductancia del lecho y de la altura de agua en el río (bordes de ríos). Estas recargas fueron ajustadas durante el proceso de calibración del modelo. Al igual que para la recarga, la descarga desde río y estero es calculada en forma automática por el modelo, en función de la posición de la napa, de la conductancia del lecho y de la altura de agua en el río.

Se consideró que todo el espesor permeable del acuífero constituye un único estrato, con un funcionamiento del tipo libre.

- **EVALUACION DE LA EXPLOTACION MAXIMA SUSTENTABLE DE LOS ACUIFEROS DE LA VIª REGION. “Modelación Hidrogeológica de los Valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca”. SDT 229, DGA 2006.**
 - **Pozos de Bombeo Existentes y Caudal de Explotación Año 2005**

Dicho estudio, cuya finalidad fue determinar la explotación máxima sustentable de los acuíferos de la VI región, definió la siguiente situación de explotación neta previsible al año 2005, para los sectores de interés.

- **Pozos de Bombeo Existentes y Caudal de Explotación Año 2005**

La Tabla 8.2 presenta el detalle de la explotación previsible y el número de pozos de bombeo en operación.

Tabla 8.2 Explotación neta previsible para el año 2005, y N° de Pozos de Bombeo

Sector	Número de Pozos de Bombeo	Explotación neta previsible 2005 [m³/s]
Tinguiririca Superior	190	2,222
Tinguiririca Inferior	131	1,391
San Fernando	44	0,890
Chimbarongo	30	0,340
El Monte	32	0,101
Las Cadenas – Yervas Buenas	26	0,066
Las Cadenas – Marchigüe	94	0,800

Se determina, para los sectores de Interés del presente estudio un caudal de extracción de 2.222 [l/s] para el sector de Tinguiririca Inferior, 66 [l/s] para el sector de Las Cadenas - Yervas Buenas, y de 800 [l/s] para el sector de Las Cadenas – Marchigüe.

El número de pozos de bombeo existentes al año 2005, según el estudio en referencia, era de 190 pozos en el sector Tinguiririca Inferior, 26 en el sector de Las Cadenas - Yervas Buenas, y de 94 para el sector de Las Cadenas – Marchigüe.

– Balance de Flujos Sector Tinguiririca Inferior - Año 2005

El Balance de flujos, para los sectores de interés del presente estudio, en condición natural (sin considerar extracciones por bombeo) y en condiciones de operación al año 2005, se presenta en la Tabla 8.3. La zona 1 corresponde al sector Tinguiririca Inferior, la zona 2 corresponde al sector Tinguiririca Superior, y la zona 8 corresponde al sector Las Cadenas – Marchigüe.

Tabla 8.3 Balance de Flujos Sector Tinguiririca Inferior para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005.

Entradas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,01
Pozos (Recarga lateral)	1,10	1,08
Recarga Superficial	0,90	0,90
Recarga Ríos y Esteros	0,29	1,16
Zona 2 a 1	0,24	0,31
Zona 8 a 1	0,05	0,08
Total IN	2,58	3,53
Salidas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,00
Borde Constante (Embalse Rapel)	0,47	0,40
Pozos	0,00	2,10
Recarga Ríos y Esteros	2,09	0,99
Zona 1 a 2	0,00	0,00
Zona 1 a 8	0,02	0,03
Total OUT	2,58	3,53

El balance de flujos indica que, para el sector Tinguiririca Bajo, ingresan 2,58 [m³/s] en condición natural.

– Balance de Flujos Sector Las Cadenas - Yerbas Buenas - Año 2005

En la Tabla 8.4 se presenta el balance para la zona 7 que corresponde al sector Las Cadenas – Yerbas Buenas.

Tabla 8.4: Balance de Flujos Sector Las Cadenas – Yerbas Buenas para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005.

Entradas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,00
Pozos (Recarga lateral)	0,26	0,25
Recarga Superficial	0,22	0,22
Recarga Ríos y Esteros	0,02	0,03
Zona 6 a 7	0,08	0,06
Zona 8 a 7	0,05	0,03
Total IN	0,64	0,06
Salidas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,00
Pozos	0,00	0,06
Recarga Ríos y Esteros	0,49	0,32
Zona 7 a 6	0,00	0,00
Zona 7 a 8	0,14	0,22
Total OUT	0,64	0,60

El balance de flujos indica que, para el sector Las Cadenas – Yerbas Buenas, ingresan 0,64 [m³/s] en condición natural.

– **Balance de Flujos Sector Las Cadenas - Marchigüe - Año 2005**

En la Tabla 8.5 se presenta el balance para la zona 8 que corresponde al sector Las Cadenas – Marchigüe.

Tabla 8.5: Balance de Flujos Sector Las Cadenas – Marchigüe para Condición Natural y Condición Normal de Operación al Año 2005.

Entradas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,01
Pozos (Recarga lateral)	0,26	0,25
Recarga Superficial	0,29	0,29
Recarga Ríos y Esteros	0,03	0,16
Zona 1 a 8	0,02	0,03
Zona 7 a 8	0,14	0,22
Total IN	0,75	0,95
Salidas [m³/s]		
Componente	Régimen Natural	Demanda Total 2005
Almacenamiento	0,00	0,00
Pozos	0,00	0,80
Recarga Ríos y Esteros	0,64	0,04
Zona 8 a 1	0,05	0,08
Zona 8 a 7	0,06	0,03
Total OUT	0,75	0,95

El balance de flujos indica que, para el sector Las Cadenas – Marchigüe, ingresan 0,75 [m³/s] en condición natural.

9 CATASTRO EXTRACCIONES AÑO 2015 –(REGISTRO CPA)

En la Tabla 9.1 se presenta un resumen de los derechos otorgados en la zona en estudio actualizado hasta la fecha. El total asciende sobre los 13 [m³/s], siendo un valor 6 veces superior al máximo sustentable (2.245 [l/s] para Acuífero Tinguiririca Inferior) determinado por DGA (2006) en el estudio “EVALUACION DE LA EXPLOTACION MAXIMA SUSTENTABLE DE LOS ACUIFEROS DE LA VIª REGION”. Esta variación se puede explicar debido que al momento de realizar el estudio, más de 350 solicitudes derechos se encontraban pendientes para ser regularizadas.

En caso de cerrar los acuíferos de los sectores que aún no lo están, se dejaría de extraer 1.127 [l/s] asociados a derechos provisionales.

Tabla 9.1: Resumen derechos otorgados en zona en estudio

Sector	Tipo de derecho	N° de derechos	Caudal [l/s]
El Monte	Permanente y Continuo	133	371
	Perm. y Cont. y Provisionales	16	255
	Total	149	626
Tinguiririca Inferior	Permanente y Continuo	709	8015
	Perm. y Cont. y Provisionales	28	861
	Permanente y Alternado	1	1
	Permanente y Discontinuo	3	1
	Total	741	8.878
Las Cadenas Marchigüe	Permanente y Continuo	239	3.183
	Total	239	3.183
Las Cadenas Yervas Buenas	Permanente y Continuo	94	327
	Perm. y Cont. y Provisionales	1	11
	Total	95	337
Total	Permanente y Continuo	1.175	11.895
	Perm. y Cont. y Provisionales	45	1.127
	Permanente y Alternado	1	1
	Permanente y Discontinuo	3	1
	Total	1.224	13.024

10 METODOLOGÍA CÁLCULO DE RECARGA.

A continuación se presentan los cálculos de la recarga divididos en tres secciones:

- **Recarga o flujo base Acuífero Principal:** Equivale al caudal subterráneo permanente que un acuífero transmite a otro, a través de la unidad acuífera principal conductora.
- **Recarga o flujo base Acuífero Profundo Contaminado:** Equivale al caudal subterráneo permanente que un acuífero transmite a otro, a través de la unidad acuífera profunda.
- **Recarga por Crecidas Fluviales:** Equivale al caudal infiltrado desde la superficie, originado por las crecidas provocadas por eventos meteorológicos asociados a diferentes períodos de retorno.

10.1 Acuífero Principal y Acuífero profundo

Para el cálculo de la recarga horizontal se presentan dos metodologías la primera suponiendo flujo en un acuífero confinado o parcialmente confinado, y la segunda un flujo en un acuífero no confinado. La diferencia entre ambas metodologías radican en si es que en la zona donde se realiza el cálculo existe (o no existe) un claro estrato confinante determinado a partir de las prospecciones geofísicas.

10.1.1 Flujo en Acuífero Confinado

A partir de pozos y la ecuación de flujo en acuífero confinado:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) = 0$$

Resolviendo y evaluando para el caudal:

$$Q = \frac{K}{\mu} \cdot \frac{h_1 - h_2}{x}$$

Donde:

μ : Espesor capa confinante



◆: Conductividad hidráulica

A : Ancho acuífero

h_2 : Altura piezométrica pozo 2

h_1 : Altura piezométrica pozo 1

x : Distancia entre pozos

10.2 Recarga Vertical por Infiltración Crecidas Fluviales

La primera metodología analizada es la de Houston (2001). La recarga se define como:

$$R = (\Delta W + G) * A * y$$

Donde:

ΔW : Aumento del nivel de aguas subterráneas.

G : Gradiente dado por la recesión de aguas subterráneas.

A : Área de infiltración.

y : Almacenamiento específico.

El almacenamiento específico es obtenido de la Tabla 10.1.

Tabla 10.1: Valores del almacenamiento específico para distintos materiales geológicos (Johnson, 1967).

Material	Specific Yield (%)
Gravel, coarse	23
Gravel, medium	24
Gravel, fine	25
Sand, coarse	27
Sand, medium	28
Sand, fine	23
Silt	8
Clay	3
Sandstone, fine-grained	21
Sandstone, medium-grained	27
Limestone	14
Dune sand	38
Loess	18
Peat	44
Schist	26
Siltstone	12
Till, predominantly silt	6
Till, predominantly sand	16
Till, predominantly gravel	16
Tuff	21

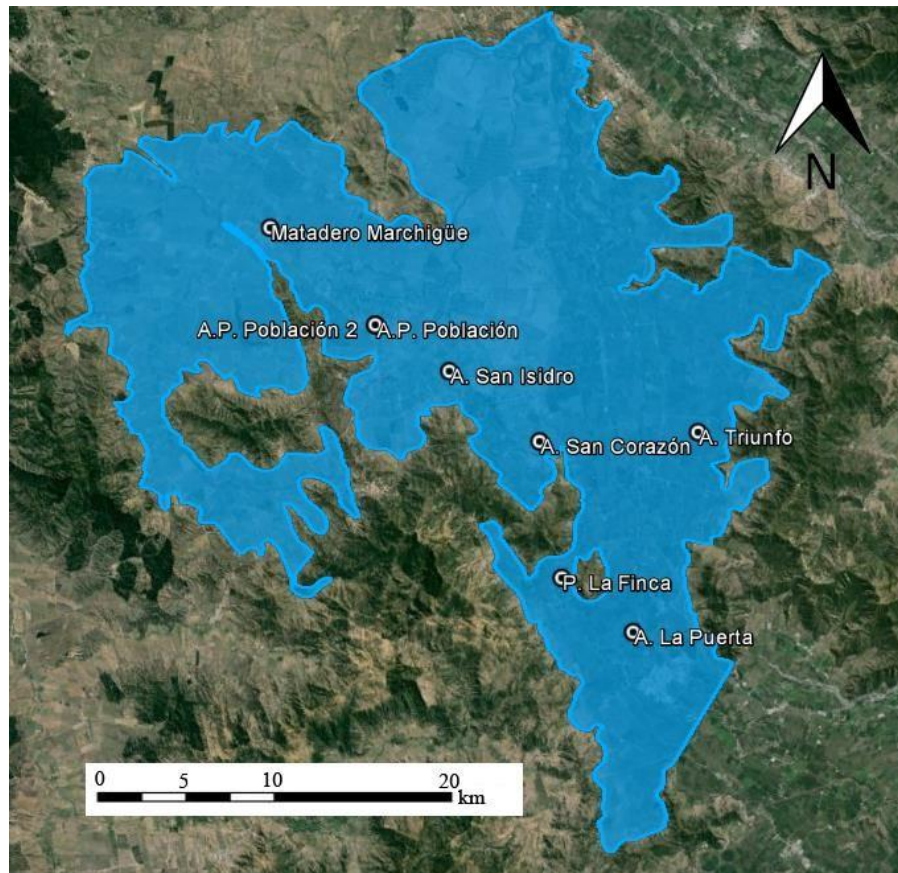
11 VARIACIÓN NIVELES ESTÁTICOS

En la Tabla 11.1 y en la Figura 11-1 se presentan los pozos DGA presentes en la zona de estudio que tienen un amplio registro.

Tabla 11.1: Pozos con amplio registro en la zona en estudio

Pozo	UTM Este [m]	UTM Norte [m]	Elevación [msnm]
Asentamiento el Triunfo	285 357	6 179 612	146,5
Asentamiento San Corazón	275 880	6 178 833	142,7
Asentamiento San Isidro	270 370	6 182 891	133,6
Matadero Marchigüe	259 431	6 191 189	135,8
Asentamiento La Puerta	281 760	6 167 598	165,0
Pueblo La Finca	277 402	6 170 730	157,7
AP Población	265 913	6 185 527	138,8
AP Población 2	265 861	6 185 557	138,9

Figura 11-1: Ubicación pozos con amplio registro



En la Figura 11-2, Figura 11-3, Figura 11-4, Figura 11-5, Figura 11-6, Figura 11-7, Figura 11-8 y Figura 11-9 se presenta la cota del nivel freático a través del tiempo para los distintos pozos. Se observa que el acuífero se ha deprimido a través de los años.

Figura 11-2: Niveles pozo Asentamiento el Triunfo

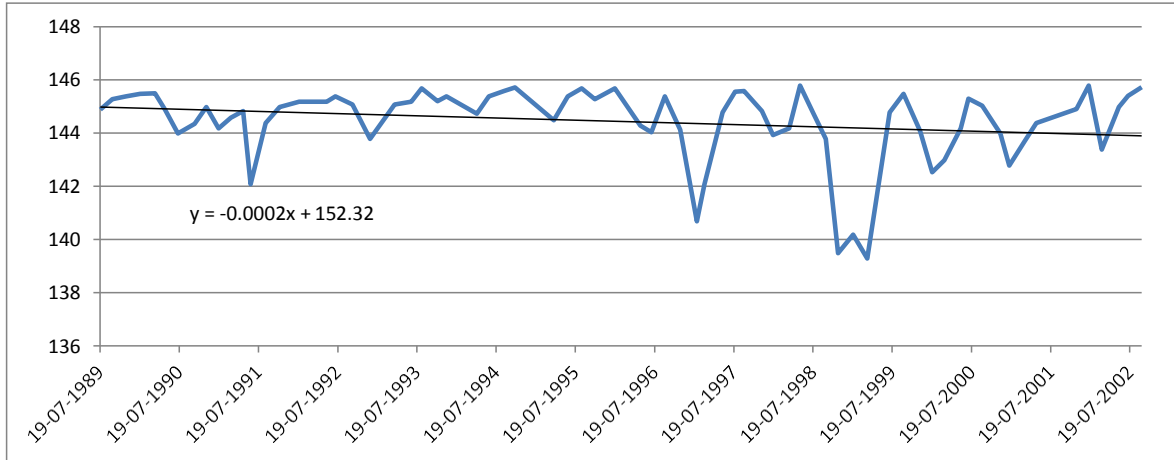


Figura 11-3: Niveles pozo Asentamiento San Corazón

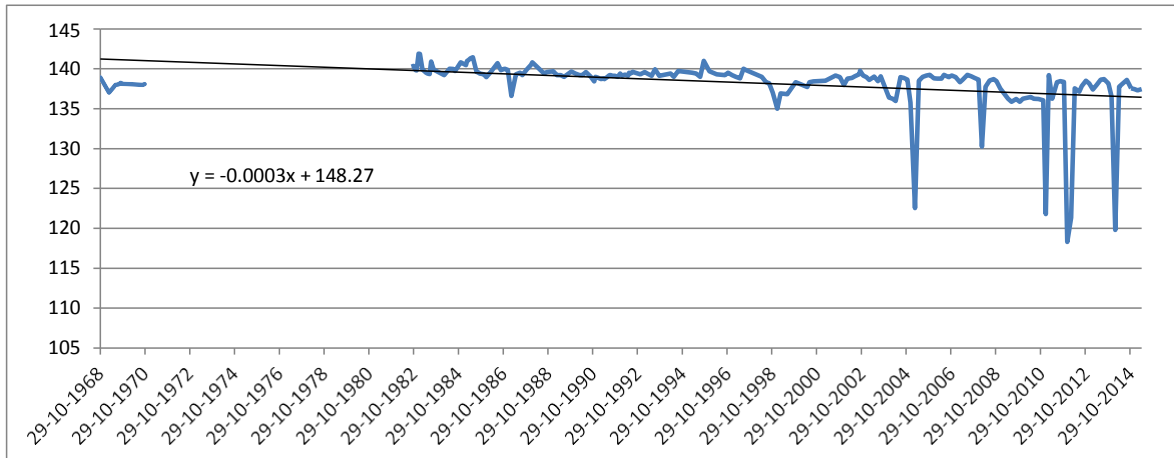


Figura 11-4: Niveles pozo Asentamiento San Isidro

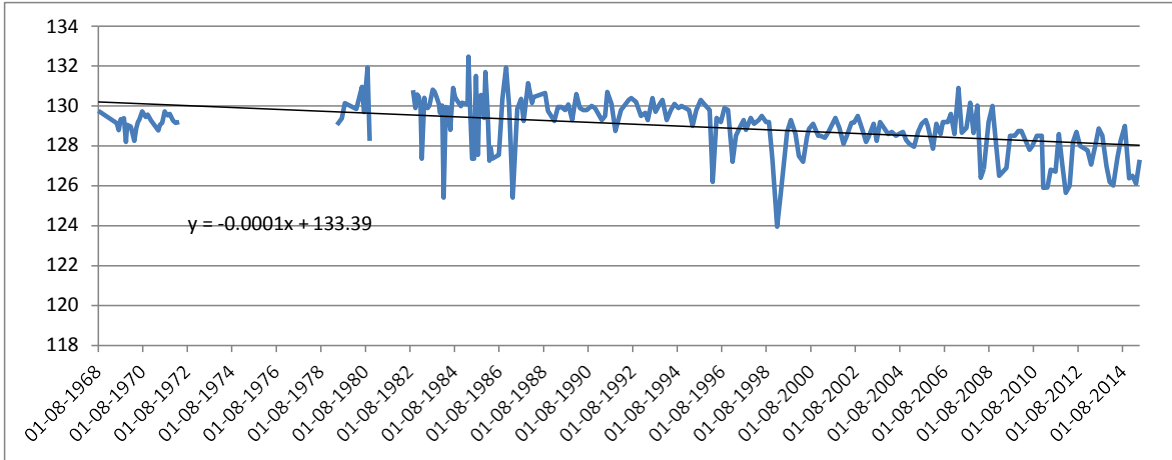


Figura 11-5: Niveles pozo Matadero Marchigüe

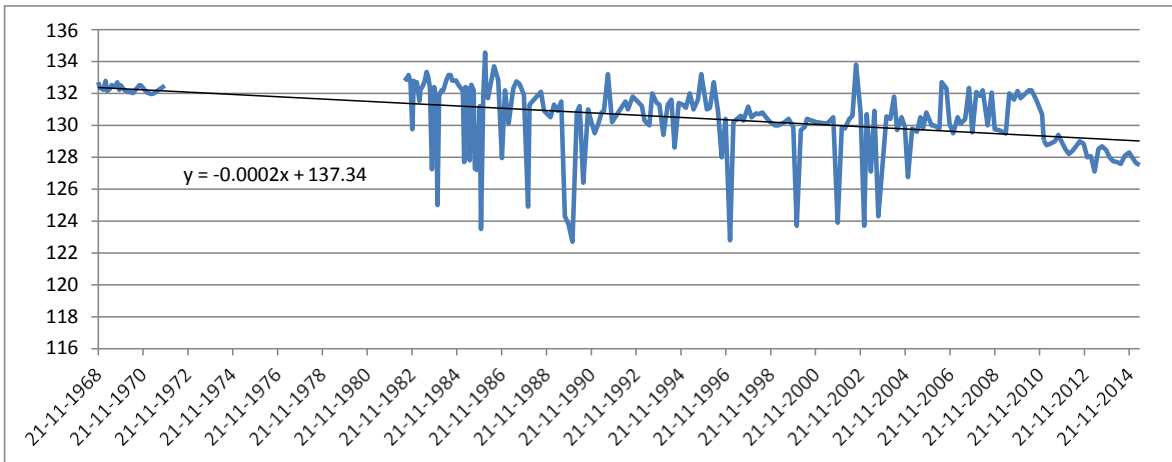


Figura 11-6: Niveles pozo Asentamiento la Puerta

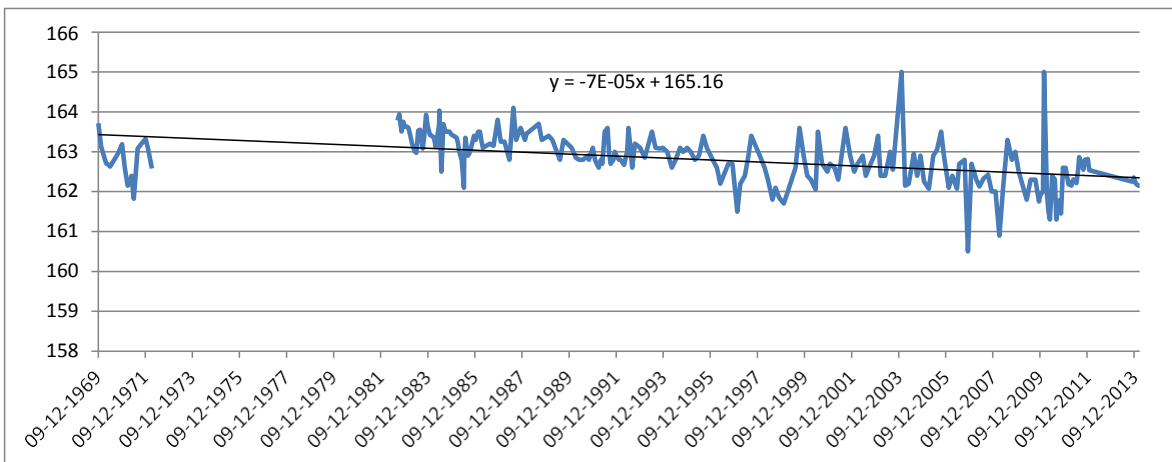


Figura 11-7: Niveles pozo La Finca



INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO DE MARCHIGÜE
REGIÓN LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

