



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

“ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL ACUÍFERO DEL RÍO CHAMBO MEDIANTE
TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS Y TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS”

Autor:

Víctor Hugo Tenelema Allaica

Director:

Ing. Benito Mendoza, PhD.

Riobamba – Ecuador

2017

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO DEL ACUÍFERO DEL RÍO CHAMBO MEDIANTE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS Y TÉCNICAS GEOESTADÍSTICAS**, presentado por: Víctor Hugo Tenelema Allaica.

Dirigido por: Ing. Benito Mendoza, PhD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Iván Ríos PhD.

Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Benito Mendoza, PhD.

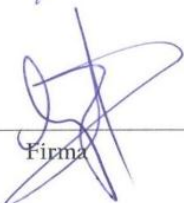
Director del Proyecto



Firma

Ing. Patricio Santillán Msc.

Miembro del Tribunal



Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Víctor Hugo Tenelema Allaica

C.I. 060445810-9

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized cursive letters, is written over a horizontal line. The signature appears to be 'V. H. T. A.'.

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios por ser mi guía, fuente de sabiduría y amigo fiel. A la Universidad Nacional de Chimborazo por darme la bienvenida al mundo del conocimiento, a la Facultad de Ingeniería y a la Carrera de Ingeniería Ambiental por brindarme una formación profesional y humanista con valores morales y éticos para afrontar los problemas de la sociedad; al Dr. Benito Mendoza quien con su amistad, motivación, y orientación profesional ha sabido guiarme durante todo el trabajo investigativo y a todos mis maestros por sus conocimientos, dedicación y compromiso, su labor será valiosa para mi vida.

DEDICATORIA

Con gratitud desde el fondo de mi corazón, dedico el presente trabajo a mis padres Rosita y Ángel por ser la luz que guía mi camino, por darme todo sin pedir nada, son el mejor regalo que Dios me ha dado. A mi cuñada y hermanos/as (Norma, Milton, Eddy, Abraham, Salomé, Sarita y Sandrita) por su apoyo incondicional, por estar siempre pendientes de mí, han sido el pilar fundamental en mi formación; y a mis amigos Danny y Gaby por su amistad y apoyo, gracias a ustedes mi días son alegres soy afortunado de tenerlos a mi lado.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Problemática..... | 1 |
| 1.1 Justificación..... | 2 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 General | 3 |
| 2.2 Específicos | 3 |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 3 |
| 3.1 Métodos geofísicos..... | 4 |
| 3.2 Tomografía eléctrica | 5 |
| 3.3 Resistividad eléctrica de los suelos | 6 |
| 3.4 Configuraciones electródicas lineales | 8 |
| 3.4.1 Configuración Schlumberger | 9 |
| 3.4.2 Configuración Wenner | 9 |
| 3.4.3 Configuración dipolo-dipolo | 10 |
| 3.5 Estratigrafía..... | 11 |
| 3.5.1 Estrato | 11 |
| 3.6 Factores condicionantes de la resistividad del suelo | 12 |
| 3.7 Técnicas geo – estadísticas..... | 13 |
| 4. METODOLOGÍA | 15 |
| 4.1 Caracterización de la zona de estudio. | 15 |
| 4.2 Definición de los puntos de monitoreo..... | 15 |
| 4.3 Configuración del equipo en campo y adquisición de datos | 15 |
| 4.4 Procesamiento de datos. | 16 |
| 4.5 Aplicación de técnicas geoestadísticas..... | 16 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 17 |
| 5.1 Caracterización de la zona de estudio | 17 |
| 5.2 Definición de los puntos de monitoreo..... | 21 |
| 5.3 Determinación de las resistividades eléctricas del subsuelo | 22 |
| 5.4 Reconstrucción estratigráfica del acuífero del río Chambo | 30 |
| 6. CONCLUSIONES | 33 |
| 7. RECOMENDACIONES | 34 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 34 |
| 9. APÉNDICES O ANEXOS..... | 38 |

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Modelación 2D de tomografías eléctricas con diferentes métodos de interpolación en el software Surfer | 38 |
| Anexo 2. Mallas de resistividades eléctricas intermedias..... | 42 |
| Anexo 3. Tabulación de las mallas de resistividades intermedias..... | 46 |
| Anexo 4. Fotografías del proceso investigativo. | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Resistividad de materiales geológicos algunos tipos de agua. | 7 |
| Tabla 2. Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo | 21 |
| Tabla 3. Ecuaciones de las líneas de tendencia de las tomografías | 24 |
| Tabla 4. Resistividades intermedias de las tomografías eléctricas | 24 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Tomografía eléctrica..... | 6 |
| Figura 2. Ley de Ohm | 7 |
| Figura 3. Dispositivo Schlumberger | 9 |
| Figura 4. Dispositivo Wenner | 9 |
| Figura 5. Dispositivos Dipolares..... | 10 |
| Figura 6. Estratos del subsuelo..... | 11 |
| Figura 7. Mapa de ubicación del acuífero del río Chambo. | 18 |
| Figura 8. Límites geológicos del acuífero del río Chambo | 18 |
| Figura 9. Mapa Geológico de la subcuenca del río Chambo y sección geológica del acuífero del Chambo. | 20 |
| Figura 10. Mapa de identificación de puntos de monitoreo | 22 |
| Figura 11. Líneas de tendencia de las resistividades menores a 500 Ohm*m | 23 |
| Figura 12. Líneas de tendencia de las resistividades mayores a 500 Ohm*m | 23 |
| Figura 13. Tomografía eléctrica Pozos EMAPAR..... | 25 |
| Figura 14. Tomografía eléctrica sector San Pablo | 26 |
| Figura 15. Tomografía eléctrica sector los Elenes | 26 |
| Figura 16. Tomografía eléctrica Vía Guanando..... | 27 |
| Figura 17. Tomografía eléctrica Laguna San Antonio | 28 |
| Figura 18. Tomografía eléctrica parroquia Punín | 28 |
| Figura 19. Tomografía eléctrica Pungalá | 29 |
| Figura 20. Tomografía eléctrica Licto | 30 |
| Figura 21. Reconstrucción estratigráfica del acuífero Chambo | 31 |
| Figura 22. Reconstrucción estratigráfica de cuatro zonas del acuífero Chambo | 31 |
| Figura 23. Reconstrucción estratigráfica de un área externa alrededor del acuífero..... | 32 |

RESUMEN

El acuífero del río Chambo se ubica en la zona central del país, este es aprovechado por los sistemas de agua potable de las ciudades de Riobamba y Guano. El desconocimiento y la falta de estudios hidrológicos e hidrogeológicos perjudican la toma de decisiones por parte de los gestores de agua para un mejor aprovechamiento, control, y protección del acuífero. Además, este acuífero no cuenta con estudios estratigráficos que permitan conocer las características hidráulicas del mismo, por lo que el objetivo de este estudio es conocer las características y la estructura del subsuelo para comprender la estratigrafía e identificar las estructuras por donde posiblemente puede existir la conducción de agua subterránea. En este caso se utiliza la geofísica como metodología de estudio, ya que antiguamente se realizaba perforaciones en el área de estudio ocasionando la destrucción de áreas naturales. En este contexto la tomografía eléctrica de resistividad es un método no destructivo - invasivo, que en conjunto los datos geológicos y la adecuada interpretación dan a conocer la estratigrafía del subsuelo. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran imágenes de resistividad eléctrica en dos dimensiones (2D) y la reconstrucción del subsuelo en tres dimensiones (3D), cuyos datos muestran que el acuífero es de tipo heterogéneo con zonas de conductividad hidráulica debido a la presencia de arenas y gravas y zonas impermeables con intrusiones de bloques, mostrando así el potencial hidrogeológico de la zona.

PALABRAS CLAVES

Geofísica, tomografía y resistividad eléctrica, reconstrucción estratigráfica.

ABSTRACT

Chambo river aquifer is located in the central zone of the country, this is used by Riobamba and Guano drinking water systems. The lack of knowledge and hydrological and hydrogeological studies impair the decision making by water managers for better use, control, and protection of the aquifer. In addition, this aquifer does not have stratigraphic studies that allow to know the hydraulic characteristics of the same one, so the objective of this study is to know the characteristics and the structure of the subsoil to understand the stratigraphy and to identify the structures where possibly the conduction can exist of groundwater. In this case, geophysics is used as a study methodology, as in the past, drilling was carried out in the study area, causing the destruction of natural areas. In this context resistivity electrical tomography is a non - destructive - invasive method, which, together, the geological data and the adequate interpretation of the subsoil stratigraphy. The results obtained in this work show images of electrical resistivity in two dimensions (2D) and the reconstruction of the subsoil in three dimensions (3D), whose data show that the aquifer is of heterogeneous type with zones of hydraulic conductivity due to the presence of sands and gravels and impervious zones with block intrusions, thus showing the hydrogeological potential of the zone.

KEYWORDS

Geophysics, tomography and electrical resistivity, stratigraphic reconstruction.


Ms. Mercedes Gallegos N.

LANGUAGE'S CENTER TEACHER



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

Los recursos naturales proporcionan bienes y servicios para satisfacer las necesidades del ser humano. El subsuelo considerado como un recurso natural, es el espacio físico localizado en la parte interior de la corteza terrestre. Es una de las secciones geológicas de la Tierra, gran parte es desconocido en sus características y por ello no es menos importante, al contrario, el subsuelo es el espacio donde suceden muchas de las relaciones y fenómenos necesarios para la vida (López, 2012).

En este contexto, existe la gran necesidad de conocer la naturaleza y la estructura del subsuelo en el que existen no solo riquezas mineras sino también fuentes de recursos hídricos que han hecho al hombre realizar estudios de tipo intrusivo mediante pozos de perforación para de esta forma conocer la litología de las estructuras del subsuelo (Mendoza, 2015). Sin embargo, en algunos casos la aplicación de estos métodos resultan ser poco efectivos, por ejemplo, los estudios de subsuelo mediante perforaciones de pozos a cielo abierto se limitan a nivel freático o casi superficial, presentan dificultades para el acceso en una topografía con pendientes pronunciadas, además de los costos elevados generan problemas derivados como la destrucción de hábitats.

En relación a los recursos hídricos del subsuelo (aguas subterráneas) son un recurso sustantivamente más abundante que las aguas superficiales, constituyen el 29 % del total de agua dulce existente en el planeta (INAMHI, 2012). Pero en general se las conoce menos y los estudios que se han realizado no tienen un sustento técnico – científico, degradándose o no utilizándose en definitiva este recurso.

En Ecuador existen zonas en las que el agua subterránea es el único recurso disponible para abastecer poblaciones o para la irrigación de cultivos; constituye entonces un recurso esencial para la seguridad alimentaria, a la vez que es vital para el funcionamiento de los ecosistemas. Pero, los esfuerzos por su conocimiento científico, las formas de uso y el desarrollo de instrumentos adecuados para su gestión sostenible, no se desarrollan como en el caso de las aguas superficiales, cuyos paradigmas de gestión se aplican en muchos casos erróneamente a la gestión de las aguas subterráneas (Burbano & Becerra, 2014).

En el acuífero de la subcuenca del río Chambo entidades públicas como la EMAPAR (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba), y el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) han realizado estudios de subsuelo para caracterizar los niveles del acuífero. Los estudios realizados en los pozos de agua distribuidos en diferentes zonas del acuífero se realizaron con el método de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), al momento de la perforación de los pozos; este método determina la caracterización estratigráfica del suelo de manera puntual en cada pozo con la ayuda de muestras estratigráficas extraídas del mismo. Esto implica que se estudió poca superficie del acuífero y solo en zonas de posible interés hidrogeológico, dejando vacíos en la información estratigráfica necesaria para poder realizar modelación matemática en vías de aplicar un modelo de gestión del acuífero.

En base a estos argumentos, se precisa un estudio de la estratigrafía del acuífero del río Chambo mediante técnicas no invasivas y no destructivas como es el método de la tomografía eléctrica de resistividad, en conjunto a la aplicación de técnicas geoestadísticas para el tratamiento de los datos. La interpretación de estas técnicas permitirá la reconstrucción de la realidad litológica y la determinación de las características internas del subsuelo para una correcta interpretación de las unidades estratigráficas que la forman.

1.1 Justificación

En la zona central ecuatoriana, en la provincia de Chimborazo se localiza la subcuenca del río Chambo, esta se caracteriza por tener zonas con baja disponibilidad de agua y por una gran concentración poblacional distribuida a lo largo del callejón interandino. Dentro de esta subcuenca se ubica el acuífero en estudio, comprendido en los cantones Guano, Riobamba y Chambo (figura 7). La mayor parte de la superficie del acuífero está ocupada por materiales de porosidad intergranular e internamente se ubica en las formaciones geológicas Yaruquies, Riobamba y Apagua (Naranjo, 2013).

En este acuífero no se han realizado muchos estudios hidrológicos e hidrogeológicos, esto implica una limitada información de sus características físicas y geológicas, perjudicando de esta forma la toma de decisiones por parte de los gestores del agua para su gestión integral. Los estudios encontrados muestran caracterizaciones puntuales mediante

sondeos eléctricos verticales (SEV), además estudios estratigráficos de los pozos de abastecimiento de agua potable (EMAPAR, 2008).

En base a lo descrito, la presente investigación busca estudiar el subsuelo del acuífero del río Chambo mediante tomografías eléctricas, para con la correcta interpretación de estas obtener mayor información de las características estratigráficas de la zona.

Los resultados obtenidos en este estudio permitirán comprender mejor la estructura hidrogeológica del sector, para después ser aplicada en un modelo matemático que interrelacione las características estratigráficas de la zona con las características hidráulicas, de esta manera determinar el volumen de agua existente en el acuífero.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Estudiar la estratigrafía del acuífero del río Chambo mediante tomografías eléctricas y técnicas geoestadísticas.

2.2 Específicos

- Definir la línea base ambiental del acuífero del río Chambo.
- Determinar la resistividad eléctrica del subsuelo en los puntos de monitoreo distribuidos a lo largo del área de estudio con el equipo Syscal Pro.
- Modelar matemáticamente los valores de resistividad a través del software RES 2D.
- Reconstruir la estratigrafía total del acuífero del río Chambo mediante técnicas geoestadísticas (Kriging).

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El estudio de subsuelo permite conocer las características físicas y geológicas; desde la secuencia litológica, las diferentes capas y su espesor, la profundidad del nivel del agua subterránea, hasta la capacidad de resistencia del suelo o de las rocas (DOSSA, 2012). Por tanto, la relevancia de estudiar el subsuelo radica en que contiene diferentes elementos como: minerales, yacimientos de sustancias y las corrientes de agua subterránea, que aprovechadas correctamente permiten el desarrollo de las sociedades.

3.1 Métodos geofísicos

La Geofísica es la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se producen en nuestro planeta, destacando entre estos, el electromagnetismo, la propagación de ondas mecánicas en la corteza terrestre y la gravedad. Esta ciencia puede definirse como la aplicación de la física y la geología al estudio de los materiales que componen la corteza terrestre y de los campos de fuerza que surgen de ella y ejercen su influencia hacia el exterior.

El campo de estudio de las prospecciones corresponde a los efectos producidos por rocas y minerales metálicos destacando entre estos: la fuerza de atracción gravitatoria, la desintegración radiactiva, las corrientes eléctricas espontáneas, la resistencia eléctrica de los suelos, la rapidez de las ondas sísmicas, etc. (Jaimes, 2011).

Los métodos geofísicos constituyen un conjunto de técnicas físicas y matemáticas como: prospección sísmica, prospección sónica, gravimetría, sondeo radioactivo y prospección eléctrica; estos estudian las propiedades físicas de algunos componentes del planeta en particular del suelo. Cada método geofísico explora distintas propiedades del terreno como por ejemplo: gravimetría (densidad), magnético (susceptibilidad magnética), eléctricos (resistividad), electromagnéticos (conductividad eléctrica y permeabilidad magnética), sísmico (velocidad de propagación de ondas sísmicas).

Estos métodos de prospección estudian, por medio de mediciones efectuadas en la superficie, la distribución en profundidad de alguna magnitud electromagnética. Existen tres magnitudes electromagnéticas principales o constantes materiales que en principio podrían utilizarse para identificar los cuerpos situados en el subsuelo. Estas magnitudes son la permeabilidad magnética (μ), la permitividad (ϵ) y la resistividad eléctrica (ρ). Sin embargo, la magnitud más apropiada hasta ahora, es la distribución de resistividad del subsuelo. Esto, dado que la amplitud de variación de esta magnitud es de 25 órdenes de magnitud, en cambio la permitividad y permeabilidad poseen sólo 2 y 4 órdenes de magnitud, además la cuantificación de la permeabilidad magnética y la permitividad requieren de mediciones de laboratorio de la muestra, en cambio la resistividad se mide indirectamente desde la superficie (Daza, 2012).

La eficacia de los métodos geofísicos depende de la finalidad de la investigación debido a que no se puede establecer alguna relación de superioridad entre ellos. Las técnicas geofísicas, no proporcionan información geológica o características mecánicas del suelo

de manera directa, pero los parámetros físicos obtenidos como: densidad, parámetros elásticos, resistividad, parámetros acústicos, etc., pueden ser correlacionados la cual nos permite la calibración de los modelos con los métodos de muestreo directo como las perforaciones (Cuñes, 2015).

Una de las ventajas que nos proporcionan los métodos geofísicos es que pueden abarcar amplios volúmenes de investigación, debido a que son rápidas y fáciles de emplear en todo tipo de terreno incluso en zonas montañosas, además de ser técnicas no invasivas.

3.2 Tomografía eléctrica

Aproximadamente en la década de los 90 surge la técnica conocida como tomografía eléctrica (2D y 3D) superficial. Con la necesidad de tener una imagen de distribución exacta de resistividades, y apearse más a la geología, en ocasiones compleja como la caracterización de fallas y fracturas.

El término tomografía eléctrica deriva de la palabra griega “τομοσ” que significa “sección” o “rebanada”. En un sentido más amplio la tomografía eléctrica es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico (resistividad) del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde sondeos (Arias, 2014).

La tomografía eléctrica de resistividad analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, esto hace referencia a la variación de la resistividad eléctrica como propiedad de los materiales la cual indica su grado de oposición a la conducción de la corriente eléctrica. Se trata de un método no invasiva que permite definir las características de los suelos, pudiendo realizarse un mapeo de la estructura de los horizontes sin destruir el área de estudio. Además, los actuales equipos utilizados para la obtención de los datos así como los modernos códigos para la inversión matemática e interpretación, producen resultados altamente satisfactorios para la caracterización de los estratos del subsuelo (Weinzettel, 2009).

La base teórica de su funcionamiento es análoga al de los métodos de resistividad convencionales (figura 1). Es decir, necesita de 4 electrodos: dos de corriente continua (A, B) y dos de potencial (M, N). Mediante los electrodos (A, B) conectados a un

miliamperímetro introducen en el terreno un campo eléctrico, mientras que los electrodos de potencial (M, N) conectados a un milivoltímetro miden la diferencia de potencial eléctrico (ΔV) entre esos dos puntos. A partir de ΔV es posible calcular el valor de la resistividad en el punto medio del dispositivo a una profundidad determinada.

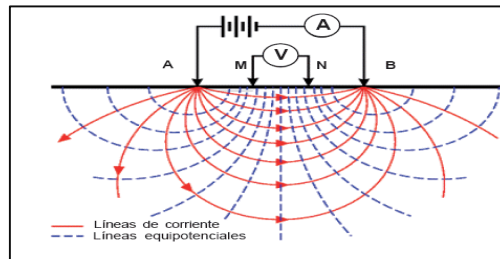


Figura 1. Tomografía eléctrica (Carrasco, 2011).

En realidad la tomografía eléctrica mide la resistividad aparente (RA) mediante un dispositivo tetra-electródico con una separación constante entre electrodos denominada “a”, y la variación las distancias entre los pares de electrodos emisor-receptor por múltiplos de un valor denominado “n”, de tal forma que en el resultado final será una sección de (RA) a varios niveles “n” en profundidad; datos que posteriormente son tratados por medio de algoritmos matemáticos de inversión (Carrasco, 2011).

3.3 Resistividad eléctrica de los suelos

La resistividad es una propiedad inversa a la conductividad eléctrica y generalmente se expresa en ohm por metro ($\Omega.m$). La resistividad eléctrica de un material se define como la resistencia eléctrica, medida entre dos caras paralelas, de un cubo de materia de dimensiones unitarias.

Siendo el suelo de naturaleza heterogénea, varía por su composición según las condiciones del medio, pudiendo clasificarse, por ejemplo en arcilloso, arenoso y rocoso, cada uno con resistividades diferentes por lo que no se puede atribuir una resistividad específica a un tipo de suelo, si se realizan mediciones se pueden encontrar diversos valores de resistividad en un mismo tipo de suelo (Salazar, 2016).

El flujo de una corriente eléctrica a través de las rocas o los sedimentos, puede explicarse mediante la Ley de Ohm que establece que la caída de potencial ΔV entre 2 puntos por los que circula una corriente eléctrica de intensidad (I), es proporcional a ésta y a la resistencia (R) que ofrece el medio al pasaje de la corriente (figura 2).

$$\Delta V = I \cdot R \quad (1)$$

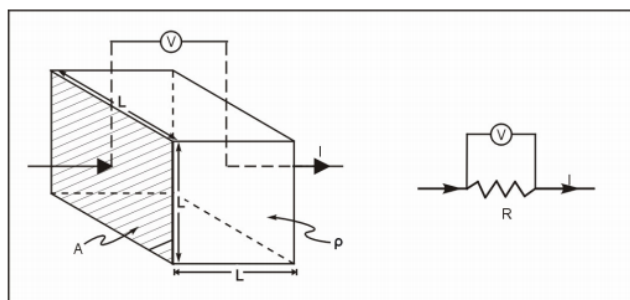


Figura 2. Ley de Ohm (Salazar, 2016)

La resistencia (R) es función de la naturaleza y la geometría del conductor y si esta puede asimilarse a una cilindro de longitud L y sección S:

$$R = \frac{\delta \cdot L}{S} \quad (2)$$

Ecuación en la que δ representa la naturaleza del conductor y se denomina resistividad. En el caso de la prospección geoelectrica, es la resistividad de las rocas o sedimentos. Reemplazando R de la ecuación (1) por su equivalente de la ecuación (2) si tiene que:

$$\Delta V = I * \frac{\delta \cdot L}{S} \quad (3)$$

La resistividad de la mayoría de las rocas y sedimentos secos es elevada, por lo que actúan como semiconductores, o conductores de baja capacidad. Este comportamiento cambia significativamente cuando las fisuras o los poros están ocupados por agua, lo que genera una disminución de la resistividad, o lo que es lo mismo en aumento en la capacidad de conducción de la corriente eléctrica. Además del grado de saturación también incide en la resistividad del medio, el contenido salino del agua; a mayor salinidad, menor resistividad y viceversa (tabla 1).

Tabla 1. Resistividad de materiales geológicos algunos tipos de agua.

| ROCAS O AGUA | RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$) |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Agua de mar | 0,2 |
| Agua de acuíferos aluviales | 10 – 30 |
| Agua de fuentes | 50 – 100 |
| Arenas y gravas secas | 1000 – 10000 |
| Arenas y gravas con agua dulce | 50 – 500 |
| Arenas y gravas con agua salada | 0,5 – 5 |
| Arcillas | 0,5 – 5 |
| Margas | 2 – 20 |

| ROCAS O AGUA | RESISTIVIDAD ($\Omega.m$) |
|----------------------------------|---|
| Calizas | 2 – 20 |
| Areniscas arcillosas | 50 – 300 |
| Areniscas cuarcitas | 300 – 10000 |
| Tobas volcánicas, cineritas | 20 – 100 |
| Lavas | 300 – 10000 |
| Esquistos grafitosos | 0,5 – 5 |
| Esquistos arcillosos o alterados | 100 – 300 |
| Esquistos sanos | 300 – 3000 |
| Gneis, granito alterados | 100 – 1000 |
| Gneis, granito sanos | 1000 – 10000 |

Fuente: (Bravo, 2012)

En el caso de los suelos es necesario tener en cuenta que la resistividad y la conductividad eléctricas son el resultado de dos componentes: uno, la conductividad electrónica, asociada al movimiento de electrones en los geomateriales por efecto de la excitación de la corriente eléctrica, y dos, la conductividad electrolítica por efecto de la cantidad y características de los iones presentes en los fluidos intersticiales, que explican la magnitud de los intervalos en los que puede variar la resistividad de un geomaterial en condiciones de campo. El primero de estos componentes explica la baja resistividad de las arcillas si se la compara con los limos, arenas y gravas. El segundo explica la variación de la resistividad en función de la humedad, de la saturación y del contenido de sales de los fluidos intersticiales de los geomateriales (Arias, 2011).

3.4 Configuraciones electródicas lineales

El procedimiento para obtener los modelos de resistividad del subsuelo se realiza a través de electrodos fijados en el suelo y la manera en que éstos son adecuados se denomina configuración o dispositivo electródico. Un dispositivo o configuración es un arreglo de electrodos formando con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores.

La configuración de electrodos se realiza acuerdo al objetivo del estudio, siendo Wenner, Schlumberger y dipolo-dipolo los más utilizados. En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico k , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente (Weinzettel, 2009).

Los electrodos de inyección de corriente (A y B) y los de medición del potencial (M y N) se disponen alineados, de acuerdo a las siguientes configuraciones:

3.4.1 Configuración Schlumberger

Es un dispositivo simétrico con “ $AB \gg MN$ ”, el sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros de corriente “A” y “B” dejando los electrodos detectores de voltaje “M” y “N” fijos en torno a un punto central “O” (figura 3). La representación de este sondeo muestra en ordenadas la resistividad “ ρ_a ” ($\Omega.m$) y en abscisas la distancia “ $AB/2$ ” m.

Es un dispositivo simétrico que debe cumplir con la condición de que la distancia que separa a AB debe ser mayor o igual que $5MN$.

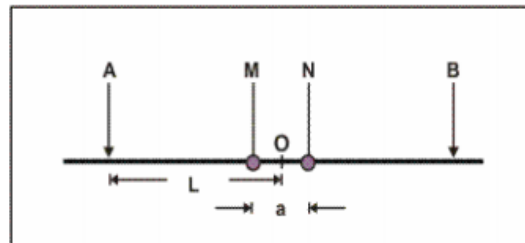


Figura 3. Dispositivo Schlumberger (Géol, 2008)

3.4.2 Configuración Wenner

Es un dispositivo simétrico con separación interelectrónica “a”, el sondeo consiste en el aumento progresivo del valor de la separación entre electrodos “a” manteniendo un punto central fijo “O” (Figura 4).

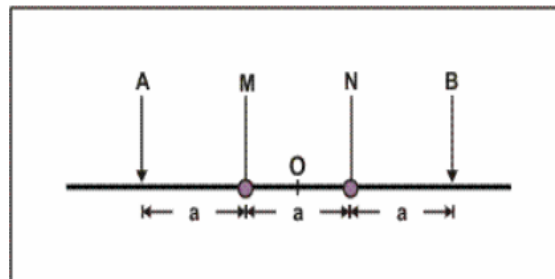


Figura 4. Dispositivo Wenner (Géol, 2008)

3.4.3 Configuración dipolo-dipolo

Dado el dispositivo doble dipolo ABMN, el sondeo consiste en la separación creciente de los centros de los dipolos respecto a un punto fijo origen “P”. La representación de este sondeo muestra en ordenadas y en abscisas la separación de los centros de los dipolos en metros (figura 4).

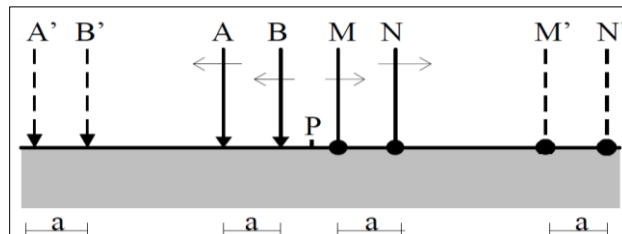


Figura 5. Dispositivos Dipolares (Sánchez, 2013)

En esta disposición, AB y MN se ubican mucho más cerca de la distancia que los separa entre sí.

El arreglo o configuración Dipolo – Dipolo (figura 5) ya que presenta gran poder resolutivo ante la presencia de cambios geológicos laterales en el subsuelo, tanto estructurales como litológicas y sedimentarias (fallas, diaclasas, fracturas).

En esta disposición los electrodos de corriente usualmente están en distancia larga con respecto al par de los electrodos de potencial. Si el espaciamiento de los electrodos de corriente (a) es igual al espaciamiento de los electrodos de potencial (b) y la distancia entre los centros de los pares de los electrodos es $(n + 1) \times a$ (Griem, 2016).

La resistividad aparente (RA) determinada por esta configuración se obtiene mediante la ecuación:

$$\rho a = n \times (n + 1) \times (n + 2) \times \pi \times a \times \left(\frac{\Delta V}{I} \right) \quad (4)$$

Donde:

ρa : resistividad aparente;

n: nivel de adquisición;

a: espaciamiento de los electrodos;

ΔV : diferencia de potencial medido sobre el terreno;

I: corriente eléctrica.

La ecuación (4) es representada de forma general en la siguiente ecuación; donde la constante de normalización o factor geométrico de cada configuración $K = n \times (n + 1) \times (n + 2) \times \pi \times a$.

$$\rho a = K \cdot \frac{\Delta V}{l} \quad (5)$$

3.5 Estratigrafía

Es una rama de la geología que trata del estudio e interpretación de la composición (naturaleza, génesis) y distribución temporal y espacial de los depósitos sedimentarios y demás rocas asociadas, así como de sucesos y fenómenos relacionados con ellas. La estratigrafía reconoce en las rocas, formas, composiciones litológicas, propiedades geofísicas y geoquímicas, sucesiones originarias, relaciones de edad, distribución y contenido fosilífero (Paredes, 2013). Uno de los objetivos de la estratigrafía es la identificación de los materiales, trata de reconocer e identificar a los diferentes tipos de materiales estratificados, mediante su litología, textura, estructuras, propiedades geofísicas y geoquímicas y a su contenido fósil. Este conjunto de propiedades es lo que se conoce como facies.

3.5.1 Estrato

En Geología se llama estrato a cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias, las rocas piroclásticas y las rocas metamórficas cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación (Castillo, 2015).

Los estratos (figura 6) son capas en las que se disponen las rocas sedimentarias, se forman por acumulación, compactación y cementación de los sedimentos. Esta acumulación se produce en zonas determinadas, las llamadas cuencas sedimentarias.

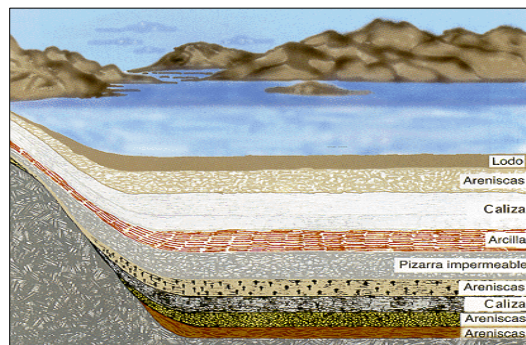


Figura 6. Estratos del subsuelo (Castillo, 2015).

Puesto que en una cuenca sedimentaria se acumulan sedimentos continuamente, los que quedan por debajo van convirtiéndose en roca. Por eso, la transformación se produce de forma que las rocas se disponen en capas.

3.6 Factores condicionantes de la resistividad del suelo

La resistividad eléctrica del suelo está en función de varias propiedades o constituyentes del subsuelo, entre los que se incluye el contenido de agua (grado de saturación), compactación (densidad), composición del fluido de poros (concentración de sales y solutos), constituyentes sólidos (forma y tamaño de las partículas, mineralogía), disposición de vacíos (porosidad, distribución y conectividad de poros) y temperatura (Uvidia, 2015).

Los factores condicionantes de la resistividad del suelo son:

a. Influencia de la humedad y la temperatura

La mayoría de los terrenos son muy buenos aislantes cuando su contenido de humedad es cero. Sin embargo, su comportamiento con humedad inferior al 2% es de poco interés práctico ya que tal estado rara vez se encuentra en la realidad. Tanto un aumento de humedad como de temperatura generan una reducción en el valor de resistividad (Acuña, 2011).

b. Influencia de compactación del suelo.

Una mayor compactación del suelo disminuye la distancia entre las partículas y se logra una mejor conducción a través de la humedad contenida. A medida que se aumenta el contenido de humedad, se alcanza una especie de saturación ya que el agua envuelve la mayoría de las partículas y un mayor acercamiento entre éstas no influye en la conducción (Acuña, 2011).

c. Composición del terreno y Sales solubles.

La composición del terreno depende de la naturaleza del mismo. Por ejemplo, el suelo de arcilla normal tiene una resistividad de 40-500 Ohm*m por lo que una varilla electrodo enterrada 3 m tendrá una resistencia a tierra de 15 a 200 Ohm respectivamente. En cambio, la resistividad de un terreno rocoso es de 5000 ohm*m o más alta, y tratar de conseguir una resistencia a tierra de unos 100 Ohm o menos con una sola varilla electrodo es virtualmente imposible.

La composición química de las sales disueltas y su concentración pueden variar naturalmente por efecto de las lluvias, y de las variaciones químicas en el material superficial del suelo. El agua al penetrar en el suelo arrastra nuevos elementos químicos y/o diluye la concentración de los existentes. (Briceño, 2015).

d. Granulometría

Influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra. Por esta razón la resistividad de la grava es superior a la de la arena y de que ésta sea mayor que la de la arcilla.

Al momento de tomar las medidas en el campo existen diferentes factores ambientales que condicionan los datos de resistividad del suelo, pues cualquier variación de estos factores afecta a la veracidad los resultados aquello puede significar análisis e interpretaciones erróneas. Por esta razón los expertos recomiendan realizar las mediciones en época de estiaje, ya que además facilita el trabajo de campo (Briceño, 2015).

3.7 Técnicas geo – estadísticas

En una investigación visitar todas las ubicaciones del área de estudio para determinar la magnitud de un fenómeno generalmente es difícil o costoso. En cambio, puede medir el fenómeno en ubicaciones de muestra dispersadas estratégicamente y se pueden asignar valores previstos a todas las demás ubicaciones mediante técnicas geo-estadísticas (interpolaciones) (ESRI, 2010).

La interpolación es un proceso por el cual se define un valor en un punto cualquiera a partir de los valores conocidos en algunos puntos dados. Consiste en hallar un dato dentro de un intervalo en el que es conocido los valores en los extremos.

Actualmente existen diversos softwares que disponen de varios métodos de interpolación. Cada método se denomina modelo, estos realizan diferentes suposiciones acerca de los datos, y algunos modelos son más aplicables para determinados datos, por ejemplo, un modelo puede dar mejor la variación local que otro. Cada modelo produce predicciones usando diferentes cálculos (FAO, 2008). Algunos métodos de interpolación son los siguientes.

3.7.1 Kriging.

Es un procedimiento geoestadístico ya que describe la correlación tanto espacial como temporal entre los valores de un atributo. Más aún que con otros métodos de interpolación, se debe realizar una investigación profunda del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida. Es un estimador lineal que garantiza insesgadez (suma de errores igual a cero) (ESRI, 2010).

3.7.2 Inverse distance to power o (IDW)

Corresponde al método más simple de interpolación, en el que se realiza un promedio de las muestras en una ventana de resumen, de tal manera que la influencia de un punto de muestreo declina con la “simple” distancia cuadrática desde un valor desconocido hasta valores conocidos. El método puede ser exacto o aproximado dependiendo de si se aplica un procedimiento de suavizado (Díaz, 2010).

3.7.3 Modifiel shepard´s method o método modificado de shepard

Sigue la misma línea del IDW, variando únicamente en su forma de distribuir los pesos de los datos vecinos. Para esto utiliza una función que depende, no solo de la distancia entre el punto a interpolar y los datos vecinos, sino también de la distancia del punto a interpolar y el dato más alejado. Presenta la ventaja de reducir el efecto de ojos de buey alrededor de los puntos de muestreo, que generalmente se presentan con el modelo de IDW. (Díaz, 2010).

3.7.4 Radial basis funtion (RBF)

Es una técnica de interpolación exacta, es decir: la superficie debe pasar por cada valor de muestra medido. Son conceptualmente similares a ajustar una membrana de goma a través de los valores de muestra medidos minimizando a la vez la curvatura total de la superficie. La RBF se usa para generar superficies suaves a partir de un gran número de puntos de datos, así produce buenos resultados para superficies con una variación suave como la elevación (ESRI, 2010).

3.7.5 Natural neighbor

Promedia las muestras adyacentes, en donde las ponderaciones son proporcionales al área a partir de los puntos adyacentes la cual está basado en la diferencia de los conjuntos de polígonos de Thiessen. Es un método que usa un subconjunto de muestras alrededor de

punto de consulta y se garantiza que las alturas interpoladas están dentro del rango de muestras utilizadas (ESRI, 2010).

3.7.6 Minimum curvature

Este método de interpolación trata de producir la superficie continua de mínima curvatura sobre la cual todos los puntos de observación están anclados. Está diseñado para asegurar que la cantidad de curvatura de la superficie es tan pequeña como sea posible. Se asegura continuidad en: elevación (que la superficie no tenga picos), en gradiente (que la superficie no tenga cambios de pendiente abruptos) y en curvatura (que la superficie posea mínima curvatura) (Díaz, 2010).

4. METODOLOGÍA

El estudio de la estratigrafía del subsuelo mediante el método de tomografía eléctrica de resistividad se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos a continuación:

4.1 Caracterización de la zona de estudio.- comprende la descripción de las principales características de la zona de estudio como: ubicación, límite referencial, geología, hidrología e hidrogeología. Esta información es considerada como línea base ambiental y se la recopila de estudios anteriores realizados en el acuífero.

4.2 Definición de los puntos de monitoreo.- para la definición de puntos se considera: accesibilidad, objetivos del estudio, cercanía a los pozos de agua y condiciones ambientales para el trabajo de campo. En este contexto, de acuerdo a la geología de la zona se definen los puntos de monitoreo (figura 10) mediante el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), necesarios para la correcta interpretación de resultados y la correcta interpolación de datos.

4.3 Configuración del equipo en campo y adquisición de datos.- La secuencia de medidas para una tomografía eléctrica en dos dimensiones (2D), inicia con la colocación de los electrodos en la superficie del suelo de manera equiespaciada, intentando que formen una línea recta, se define el inicio y final del perfil a fin de no tener problemas en la fase de interpretación. Es recomendable realizar las mediciones en una topografía lo más plana posible, para evitar anomalías en las medidas de resistividad; en el caso que esto sea inevitable, el software permite minimizar este fenómeno mediante el ajuste de la malla. Los electrodos se introducen en el terreno

lo suficiente como para garantizar un buen contacto electrodo-suelo al conectarlos al cable de transmisión. Mediante la computadora se configura las variables del dispositivo de adquisición: número de electrodos utilizados (48), distancia entre ellos (5 m), configuración de medida (Dipolo-Dipolo) y número de medidas a realizar (968). Este arreglo se transfiere al dispositivo de adquisición para proceder a la medición automática de toda la secuencia. Antes de iniciar las mediciones es necesario verificar que todas las conexiones funcionen correctamente, y que la resistividad entre electrodo-suelo es suficientemente baja como garantizar unos buenos resultados. En el caso de tener valores superiores generalmente basta con introducir un poco más los electrodos, o humedecer el terreno para mejorar la conductividad. Una vez concluido el proceso de adquisición de datos, la información almacenada digitalmente se transfiere a la computadora, para su posterior procesamiento con el software correspondiente (Solana, 2014).

4.4 Procesamiento de datos.- el resultado obtenido de la toma de medidas en campo es dispuesto en forma de pseudosección de resistividad aparente en forma de una malla de discretización de dos dimensiones (2D). Esta pseudosección son curvas de isoreisitividades que reflejan cuantitativamente la variación espacial en 2D de resistividades aparentes del perfil investigado. Estos datos se ingresan al software Res2dinv que efectúa la inversión completa en 2D de perfiles eléctricos de superficie.

4.5 Aplicación de técnicas geoestadísticas.- para la modelación 2D de cada tomografía eléctrica se empleó el software SURFER que posee diversos métodos de interpolación que transforma los datos XYZ en mapas de calidad. En este caso, estos valores se determinan en base a la escala de resistividades descritas mediante colores en las imágenes tomográficas (figuras 13 - 20). Para ello, se grafica una línea de tendencia de resistividades y se obtiene una ecuación exponencial que calcula el número mínimo de cuadrados (y) mediante puntos utilizando la siguiente ecuación:

$$y = ce^{bx} \quad (6)$$

Dónde:

c y b : constantes

e : función logarítmica natural

x : variable

Esta ecuación permite determinar los valores medios de resistividad, mismos que se ubican en una escala de 16 colores desde el azul intenso hasta el morado (tabla 4).

Por otra parte, en las imágenes de las tomografías se diseñan una malla de discretización cuadrada horizontal con celdas de 5m en distancia y en profundidad. Las intersecciones de las líneas representan las resistividades dentro de las 16 variedades de colores.

Los datos previo el ingreso al software son agrupadas en una tabla con variables XYZ (Anexo 3), estos datos se ingresan al software en formato txt., y se grafica mediante métodos de interpolación: Kriging, Distancia invertida; mínima curvatura, método modificado de shepard, vecinos naturales y función base radial (Anexo 1), como resultado se obtiene imágenes con una presentación general de las tomografías eléctricas, para una interpretación detallada de la estratigráfica.

El modelamiento en tres dimensiones (3D) del acuífero se efectúa mediante el software ArcGis, este posee herramientas que a partir de una muestra de datos permiten determinar los valores necesarios para una correcta interpolación. El método utilizado es el Kriging, un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z.

La interpretación estratigráfica, se realiza relacionando las imágenes tomográficas y los valores de resistividad de los materiales geológicos descritos en la (tabla 1) y la geología local del acuífero.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de la zona de estudio

La zona de estudio “acuífero del río Chambo” se ubica en el centro del Ecuador, al norte de la provincia de Chimborazo entre la cordillera Real y la cordillera Occidental. La delimitación del acuífero corresponde a una investigación realizado por (Mendoza, 2015), en el que se obtuvo una área de 290,173 m² aproximadamente. La superficie del acuífero se encuentra en su mayoría dentro del cantón Riobamba seguidamente en el cantón Guano y en menor proporción en el cantón Chambo (figura 7).

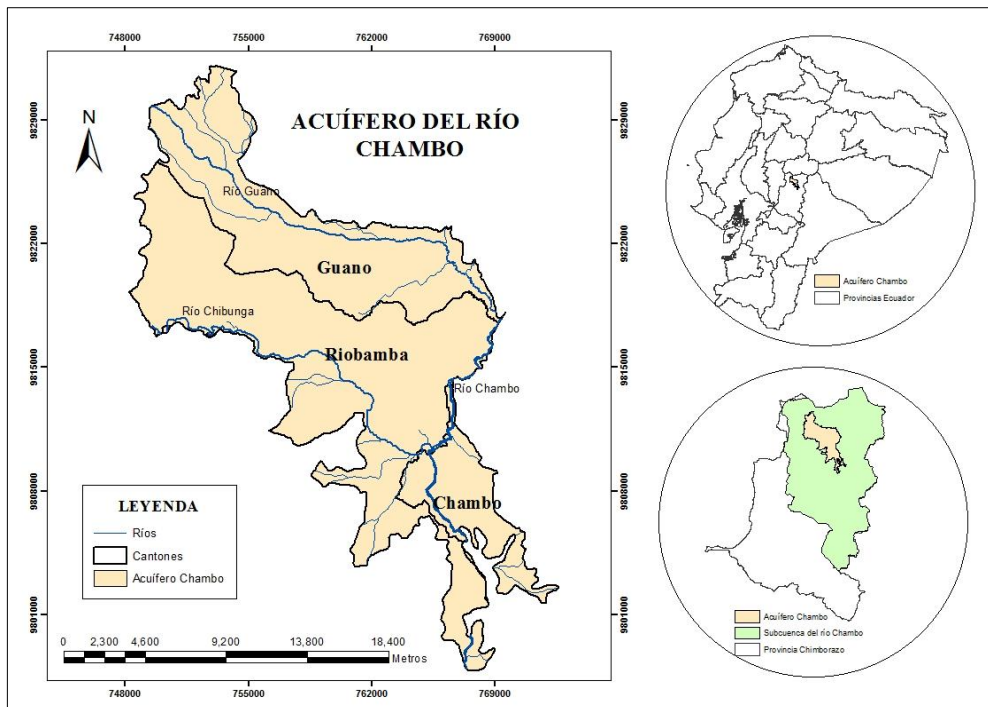


Figura 7. Mapa de ubicación del acuífero del río Chambo.

5.1.1 Límite referencial del acuífero

El límite referencial del acuífero parte de la concepción geológica: al norte se encuentran las lavas de los volcanes Chimborazo y Carihuairazo, además del río Guano; al Sur está presente en su gran mayoría el río Chibunga y el río Chambo al sureste, al este el río Chambo y un tramo del río Guano y al oeste la franja impermeable de los volcánicos Sicalpa (figura 8).

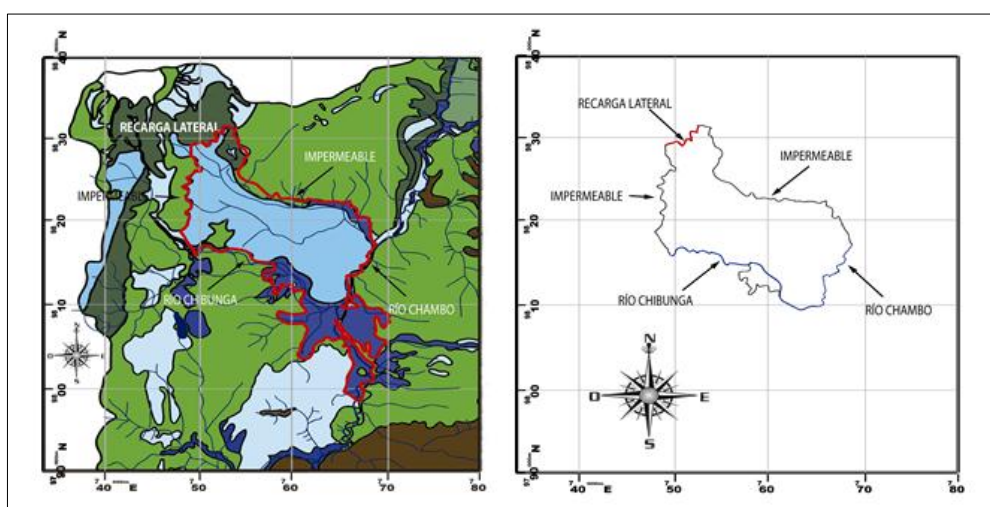


Figura 8. Límites geológicos del acuífero del río Chambo (Mendoza, 2015).

La unidad acuífera presenta depósito de avalancha, caracterizado por dos facies sedimentarias: una facies de bloque y una facies de matriz. La facies de bloque, consiste de un depósito clástico mono-litológico, con poca matriz. Las litologías más abundantes de los clastos son: andesitas con piroxenos, andesitas y dacitas con hornblenda. La facies de matriz consiste de una variedad de litologías volcánicas mezcladas en una matriz limo-arenosa (Mendoza, 2015).

5.1.2 Hidrología del acuífero

Los ríos principales del acuífero Chambo son: el río Chambo que es alimentado desde el límite sur de la subcuenca por el río Cebadas cuyos afluentes son los ríos Atillo y Yasipan, el río Guano que viene desde el límite norte del acuífero y el río Chibunga que fluye por la parte sur del acuífero.

5.1.3 Descripción geológica del acuífero

La geología de la zona de estudio comprende las siguientes formaciones:

La Formación Yaruquies (OMt) (Terciario).- Compuestas en su base por areniscas finas de color amarillo rojizo, conglomerados de andesitas y cuarcitas con intercalaciones de areniscas. Se localiza hacia el sur de la zona de Yaruquies. (Sosa & Guevara, 1973).

La Formación Riobamba (PR & PR') (Pleistoceno).- Aflora entre los ríos Guano y Chibunga, constituye la fase volcánica laharítica del Chimborazo, integrada por gravas redondeadas y angulosas; en algunos sectores presenta estratificación; su potencia no sobrepasa los 100m. (Sosa & Guevara, 1973).

Sedimentos del río Chambo (PCH) (Pleistoceno).- Aflora entre las poblaciones de Licto, Chambo, y Punín, y comprende conglomerados, areniscas y arcillas finas, con bancos de ceniza fina localmente interestratificados (Naranjo, 2013).

La Formación Apagua (PcEa) (Paleoceno - Eoceno).- Aflora en las faldas SO del Chimborazo, debido a su ubicación, no existen pozos perforados sobre esta formación. Rs de gran interés hidrogeológico y comprende areniscas de grano fino, en estratos finos a medios, intercaladas con limolitas negras silicificadas, y areniscas de grano más grueso. (Naranjo, 2013).

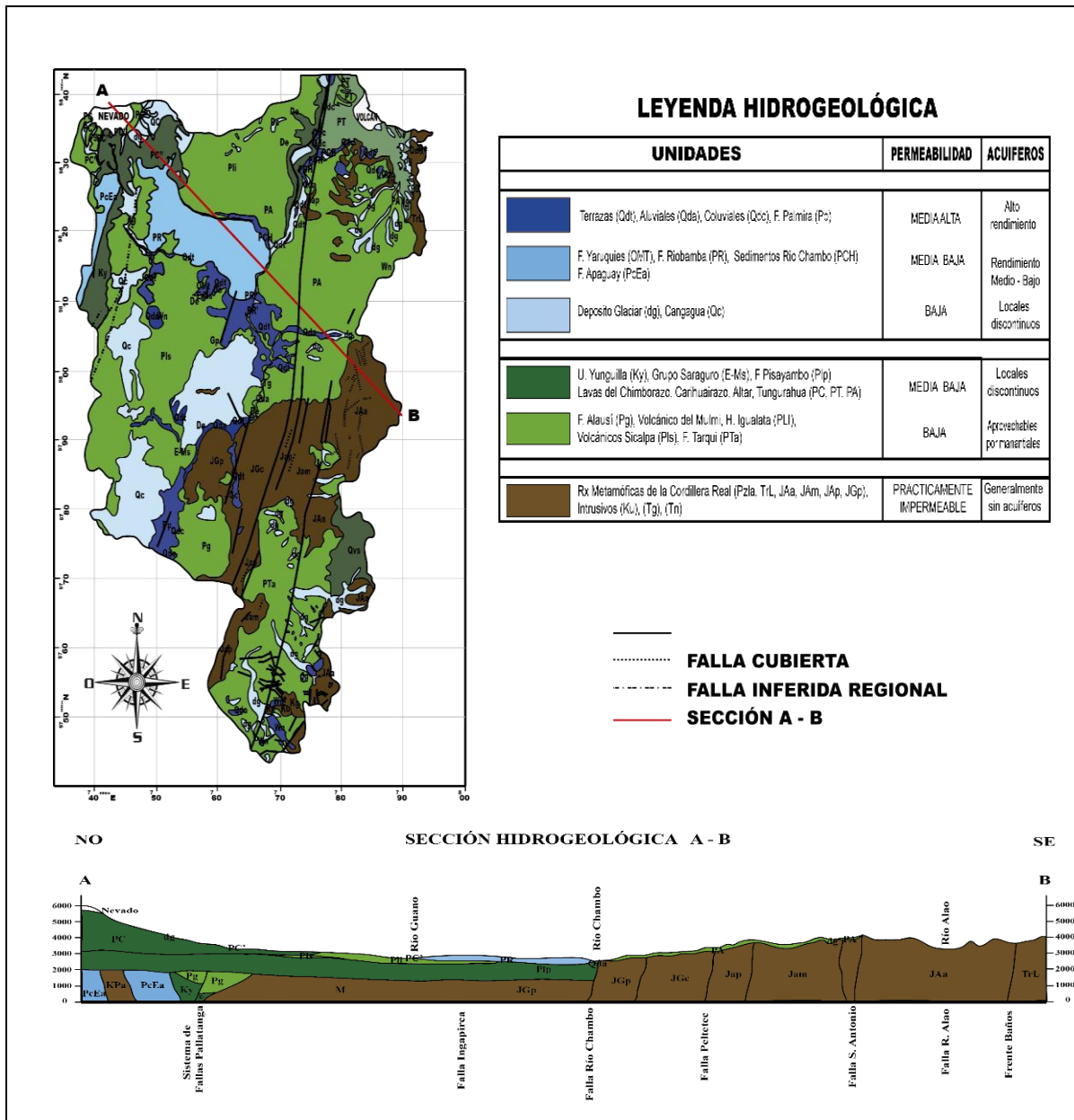


Figura 9. Mapa Geológico de la subcuenca del río Chambo y sección geológica del acuífero del Chambo (Naranjo, 2013).

5.1.4 Hidrogeología del acuífero

El sector del acuífero presenta las siguientes condiciones hidrogeológicas, lavas de los volcanes Chimborazo, Carihuairazo, Altar, Sangay. Estas unidades de origen volcánico presentan hidrogeológicamente un comportamiento similar; generalmente comprenden mantos de lavas, aglomerados y materiales piroclásticos de grano fino. Este tipo de materiales tiene una permeabilidad secundaria de tipo superficial por fisuración y fracturación. Estas unidades están asociadas con las zonas de recarga, permitiendo la

infiltración a través de sus discontinuidades. El agua subterránea en estas unidades es observada en forma de manantiales (Naranjo, 2013).

5.2 Definición de los puntos de monitoreo

A Partir de la información recopilada en la línea base (mapa geológico figura 9) se definieron un total de 8 puntos de monitoreo distribuidas de norte a sur a lo largo del acuífero del río Chambo (figura 10). Estos puntos representan los sitios donde se efectuaron las mediciones de tomografía eléctrica, cada punto de monitoreo está definido mediante coordenadas UTM (tabla2).

El trabajo de campo se realizó en noviembre del 2016, aprovechando la temporada de estiaje, ya que el suelo es un medio heterogéneo y anisótropo, por tanto, los valores de resistividad dependen de varios factores como la humedad que se incrementa en la temporada lluviosa, esto provoca mayor concentración de sales disueltas en el agua, así la conductividad se incrementa y como consecuencia la resistividad de los materiales disminuye (Pérez, 2010).

Tabla 2. Coordenadas UTM de los puntos de monitoreo

| N. | Puntos de monitoreo | Latitud | Longitud | Altitud |
|----|---------------------|----------|-----------|---------|
| 1 | Pozos EMAPAR | 754422.5 | 9827130.1 | 3122.0 |
| 2 | San Pablo | 753913,0 | 9827260.0 | 3130.0 |
| 3 | Elenes | 766208,0 | 9821394.0 | 2610.0 |
| 4 | Vía Guanando | 769475.7 | 9825368.5 | 3000.0 |
| 5 | Laguna San Antonio | 762521.0 | 9817198.0 | 2172.0 |
| 6 | Punín | 764966,0 | 9796643.0 | 3219.0 |
| 7 | Pungalá | 764762.0 | 9796533.0 | 3215.0 |
| 8 | Licto | 764639.0 | 9797066.0 | 3270.0 |

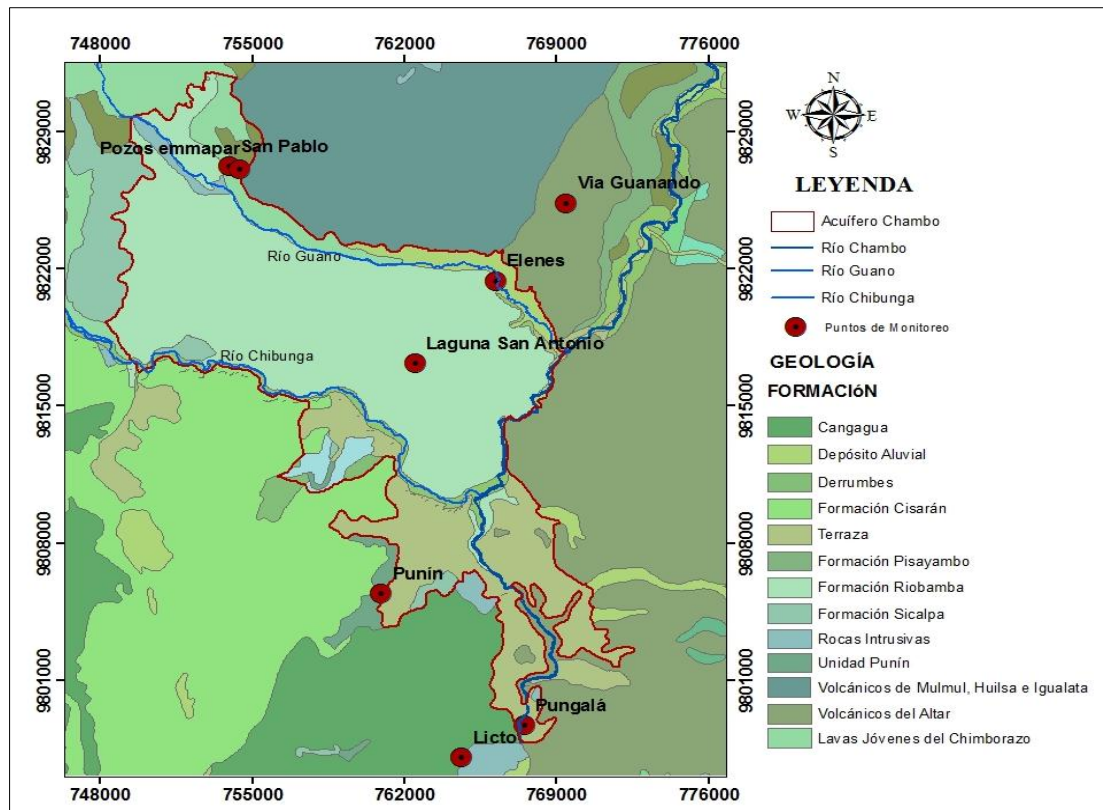


Figura 10. Mapa de identificación de puntos de monitoreo

La figura 10 representa los puntos de monitoreo y sirven para corroborar el límite del acuífero propuesto por (Mendoza, 2015).

5.3 Determinación de las resistividades eléctricas del subsuelo

Las mediciones de tomografía eléctrica se realizó en los puntos de monitoreo conforme a la metodología establecida. Se efectuó tres tomografías eléctricas en la parte norte del acuífero (vía Guanando, pozos San Pablo y EMAPAR); en la parte central del acuífero se efectuaron dos mediciones, (Elenes y laguna San Antonio); en la parte sur del acuífero se ejecutó tres tomografías (Pungalá, Licto y Punín). En cada medición se determinó las coordenadas en los 48 electrodos, estos permitieron en los softwares la georreferenciación de las mediciones realizadas.

Los datos de cada tomografía eléctrica almacenados temporalmente en el equipo se descargaron utilizando el software PROXYS II (Anexo 4). Seguidamente estos datos se ingresaron al proceso de inversión automática empleando el software RES2D, en este proceso se descartó algunos datos erróneos.

Mediante la inversión se obtuvo como resultado imágenes de resistividades y profundidades reales (figuras 13 - 20) las que se correlacionaron con información de la geología local, y los valores de resistividad de los materiales geológicos descritos en la (tabla 1). Esto, sumado a las imágenes recreadas mediante el software SURFER (Anexo 1) permitió una interpretación detallada de la estratigrafía en cada punto de medición.

Este software permitió modelar un perfil 2D con información geológica de cada tomografía, para ello es necesario estimar las resistividades reales, esto se consiguió graficando líneas de tendencia (figuras 11 y 12) de las resistividades dadas en las imágenes tomografías.

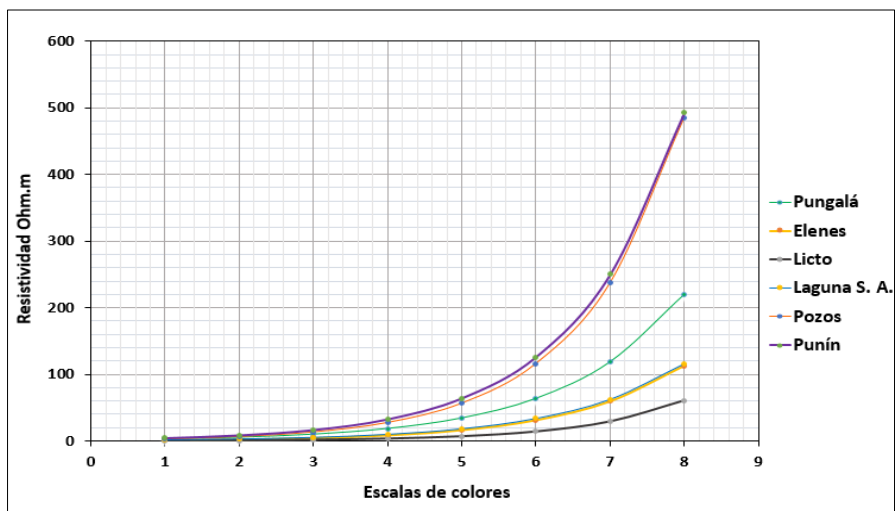


Figura 11. Líneas de tendencia de las resistividades menores a 500 Ohm*m

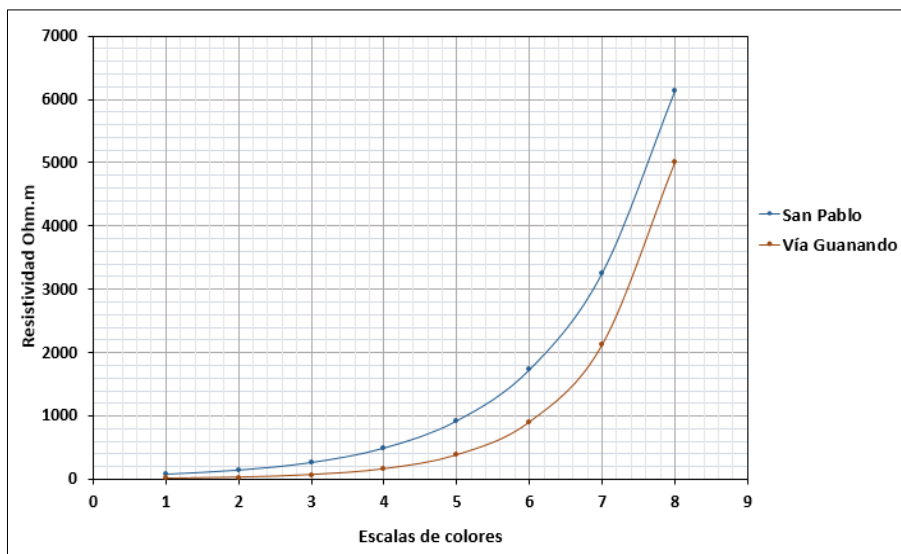


Figura 12. Líneas de tendencia de las resistividades mayores a 500 Ohm*m

Las líneas de tendencia muestran el crecimiento exponencial de las mediciones de resistividad eléctrica de las tomografías, de estas se desprenden ecuaciones exponenciales (tabla 3) que permiten calcular los valores intermedios de resistividad (tabla 4) en la escala de la tomografía.

Tabla 3. Ecuaciones de las líneas de tendencia de las tomografías

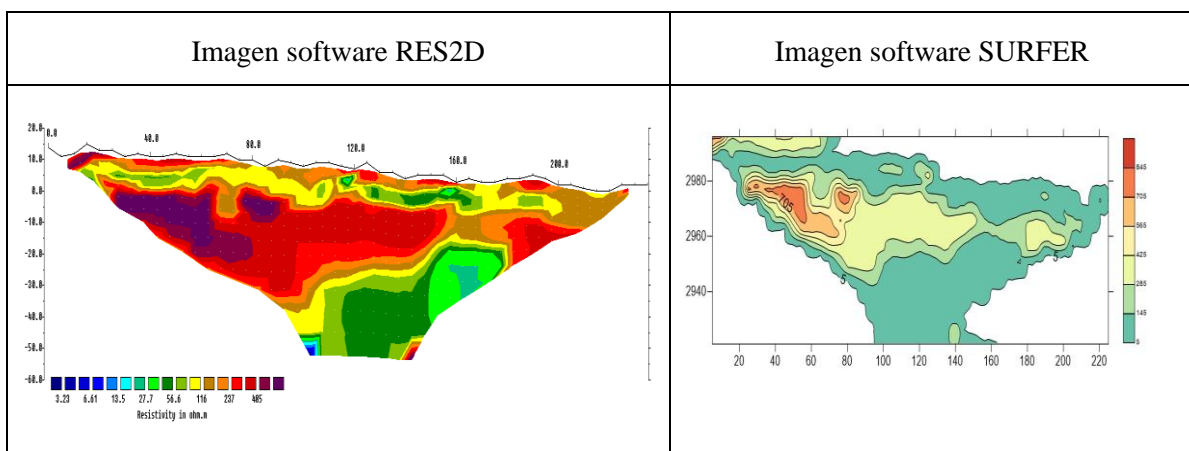
| TOMOGRAFÍAS | ECUACIONES EXPONENCIALES |
|--------------------|--------------------------|
| Pozos EMAPAR | $y = 1.5781e^{0.716x}$ |
| San Pablo | $y = 38.571e^{0.6337x}$ |
| Elenes | $y = 0.6753e^{0.6402x}$ |
| Vía Guanando | $y = 5.2588e^{0.8573x}$ |
| Laguna San Antonio | $y = 0.8178e^{0.6192x}$ |
| Punín | $y = 2.1305e^{0.6805x}$ |
| Pungalá | $y = 1.5321e^{0.6204x}$ |
| Licto | $y = 0.1667e^{0.7373x}$ |

Tabla 4. Resistividades intermedias de las tomografías eléctricas

| Escala | Escala de colores | RESISTIVIDADES $\Omega \cdot m$ | | | | | | | |
|--------|-------------------|---------------------------------|--------|-----------|--------------|--------------------|--------|---------|-------|
| | | Elenes | Pozos | San Pablo | Vía Guanando | Laguna San Antonio | Punín | Pungalá | Licto |
| 0 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | | 1.28 | 3.23 | 72.70 | 12.40 | 1.52 | 4.21 | 2.85 | 0.35 |
| 1.33 | | 1.58 | 4.09 | 89.60 | 16.45 | 1.86 | 5.27 | 3.50 | 0.44 |
| 1.66 | | 1.95 | 5.18 | 110.44 | 21.82 | 2.29 | 6.59 | 4.29 | 0.57 |
| 2 | | 2.43 | 6.61 | 137.00 | 29.20 | 2.82 | 8.31 | 5.30 | 0.73 |
| 2.33 | | 3.00 | 8.37 | 168.85 | 38.76 | 3.46 | 10.40 | 6.50 | 0.93 |
| 2.66 | | 3.71 | 10.60 | 208.13 | 51.44 | 4.25 | 13.02 | 7.98 | 1.18 |
| 3 | | 4.61 | 13.50 | 258.00 | 68.90 | 5.24 | 16.40 | 9.85 | 1.52 |
| 3.33 | | 5.69 | 17.12 | 318.21 | 91.35 | 6.43 | 20.54 | 12.09 | 1.94 |
| 3.66 | | 7.03 | 21.69 | 392.23 | 121.22 | 7.89 | 25.71 | 14.84 | 2.48 |
| 4 | | 8.74 | 27.70 | 487.00 | 162.00 | 9.73 | 32.40 | 18.30 | 3.18 |
| 4.33 | | 10.80 | 35.04 | 599.70 | 215.30 | 11.94 | 40.57 | 22.49 | 4.06 |
| 4.66 | | 13.34 | 44.38 | 739.18 | 285.69 | 14.65 | 50.78 | 27.60 | 5.18 |
| 5 | | 16.60 | 56.60 | 917.00 | 382.00 | 18.10 | 64.00 | 34.10 | 6.65 |
| 5.33 | | 20.48 | 71.70 | 1130.17 | 507.41 | 22.18 | 80.11 | 41.82 | 8.48 |
| 5.66 | | 25.30 | 90.81 | 1393.04 | 673.32 | 27.21 | 100.28 | 51.32 | 10.82 |
| 6 | | 31.50 | 116.00 | 1728.00 | 901.00 | 33.60 | 126.00 | 63.30 | 13.90 |
| 6.33 | | 38.86 | 146.72 | 2129.88 | 1195.85 | 41.20 | 158.21 | 77.77 | 17.74 |
| 6.66 | | 48.00 | 185.82 | 2625.28 | 1586.87 | 50.54 | 198.04 | 95.44 | 22.62 |
| 7 | | 59.70 | 237.00 | 3257.00 | 2124.00 | 62.30 | 250.00 | 118.00 | 29.10 |
| 7.33 | | 73.70 | 300.22 | 4013.91 | 2818.36 | 76.52 | 312.44 | 144.63 | 37.07 |
| 7.66 | | 91.04 | 380.23 | 4947.52 | 3739.93 | 93.87 | 391.11 | 177.49 | 47.28 |
| 8 | | 113.00 | 485.00 | 6139.00 | 5006.00 | 116.00 | 493.00 | 219.00 | 60.80 |
| 8.33 | | 139.81 | 614.31 | 7564.50 | 6642.29 | 142.14 | 617.03 | 268.96 | 77.49 |
| 8.66 | | 172.70 | 778.04 | 9323.96 | 8814.21 | 174.36 | 772.39 | 330.07 | 98.84 |

En base a la tabla 4 se transformó las imágenes tomográficas a matrices numéricas en función de distancia, profundidad y resistividad (Anexo 2), estas se agruparon en variables XYZ, a X le corresponden las latitudes de cada electrodo, a Y la diferencia entre la altitud y la profundidad de análisis de cada electrodo, y a Z los valores de resistividad, estos valores se ingresaron al software SURFER y se obtuvo nuevas imágenes tomográficas (figuras 13 – 20). Las imágenes obtenidas mediante los softwares RES2D y SURFER sirvieron como base para el análisis e interpretación de la estratigrafía en cada punto de medición como se muestra a continuación:

Figura 13. Tomografía eléctrica Pozos EMAPAR

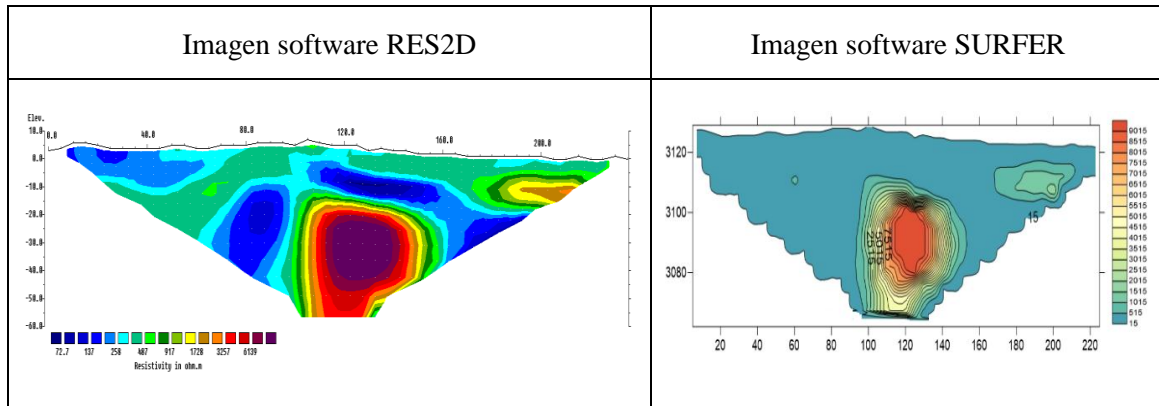


La figura 13 presenta un rango de resistividades eléctricas entre 3, 23 y 13,5 Ohm*m en la escala de colores azules, esto muestra zonas permeables y una posible conducción de agua a 60 m de profundidad, esta condición se observa únicamente en la parte inferior izquierda de la tomografía. La parte superior e inferior de la imagen presentan un rango de resistividades entre 27,7 y 56,6 Ohm*m en la gama de colores verdes, esto muestra zonas semipermeables compuestas por areniscas arcillosas, tobas volcánicas, limos y arcilla húmeda. La mayor parte de la tomografía presenta un rango de resistividades altas entre 116 y 485 Ohm*m, característico de zonas impermeables compuestas por rocas ígneas y metamórficas, calizas, esquistos arcillosos, granitos, y en menor proporción tobas y lavas volcánicas, estas zonas son dispersas a lo largo de la tomografía.

Estas características son similares en la imagen obtenida mediante el software SURFER, el cual presenta resistividades entre 5 y 845 Ohm*m, en la parte superior y central de la tomografía presenta resistividades altas característico de zonas impermeables, se observa

que la parte inferior izquierda de la tomografía presenta resistividades bajas que muestran zonas semipermeables.

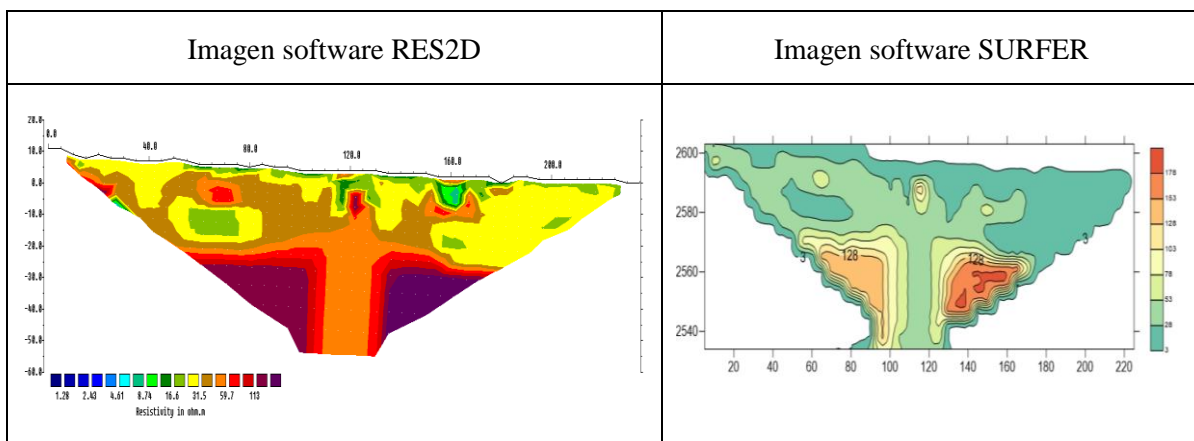
Figura 14. Tomografía eléctrica sector San Pablo



La figura 14 se presenta un rango de resistividades comprendidas entre 72,7 y 258 Ohm*m en la gama de colores azules dispersos a lo largo de la tomografía, son zonas con una permeabilidad alta con grandes posibilidades de conducción de agua. La gama de colores verdes presentan resistividades entre 487 y 917 Ohm*m dispersos en tres partes de la tomografía, esto muestra zonas semipermeables compuestas por areniscas cuarcitas, lavas volcánicas, esquistos, caliza y granitos alterados. En menor proporción la parte centro inferior presenta resistividades altas entre 1728 y 6139 Ohm*m, comprenden zonas impermeables compuestas por arenas, gravas, lavas, gneis, y en menor proporción areniscas arcillosas.

La imagen de la derecha presenta un rango de resistividades entre 5 y 9805 Ohm*m, se observa mayor concentración de resistividades altas en la parte de la tomografía, esto muestra zonas impermeables.

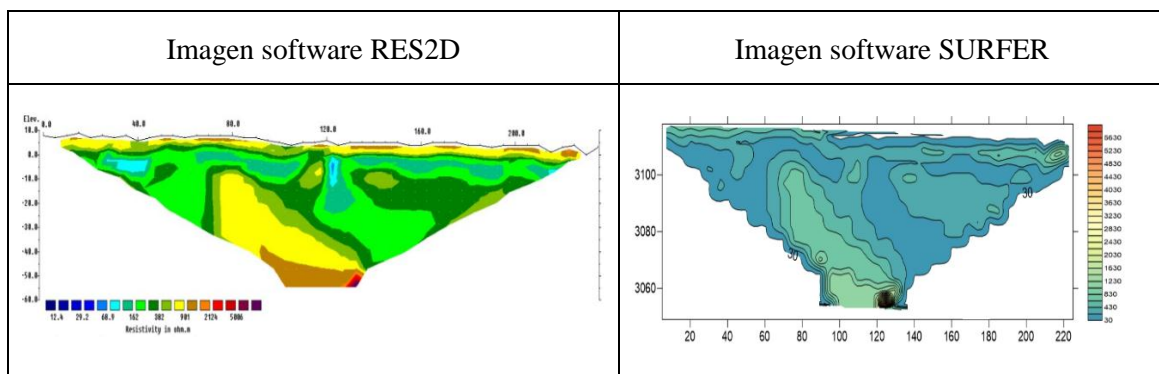
Figura 15. Tomografía eléctrica sector los Elenes



La figura 15 presenta un rango de resistividades bajas entre 1.28 y 4.61 Ohm*m, la imagen tomográfica no presenta esta condición por lo que se descarta la presencia de agua en esta zona. En menor proporción se observa disperso un rango de resistividad entre 8,74 y 16,6 Ohm*m en la gama de colores verdes, son zonas con baja permeabilidad compuestas por arcillas, caliza y margas. La mayor parte de la tomografía corresponde a resistividades entre 31.5 y 113 Ohm*m en la gama de colores que van desde el amarillo a lila, son zonas impermeables compuestas por arenas, gravas, areniscas arcillosas y tobas volcánicas.

La imagen obtenida mediante SUFER presenta resistividades entre 5 y 178 Ohm*m, las resistividades altas se encuentran a los dos lados de la parte inferior de la tomografía, estos representan zonas de baja permeabilidad.

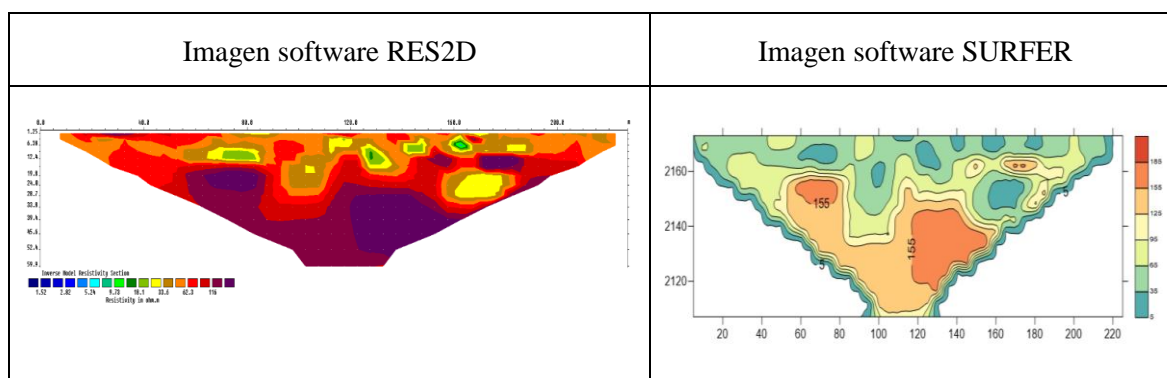
Figura 16. Tomografía eléctrica Vía Guanando



Esta tomografía eléctrica presenta resistividades entre 12,4 y 29,2 Ohm*m en la escala de colores azules, esta condición no se visualiza en la imagen tomográfica por lo que se descarta la presencia de agua en esta zona; en dos zonas de la tomografía presenta una resistividad de 68,9 Ohm*m de colore celeste que representa zonas permeables compuestas por arcilla húmeda por donde podría pasar el agua. La mayor parte de la imagen tomográfica está constituida por resistividades entre 162 y 382 Ohm*m en la escala de colores verdes, son zonas con poca permeabilidad compuestas por areniscas arcillosas, lavas y esquistos arcillos. En la parte inferior derecha presenta resistividades de 901 hasta 5006 Ohm*m en la escala de colores desde el amarillo a lila, son zonas impermeables compuestas por gravas, arenas, areniscas cuarcitas, gneis, y granito sanos.

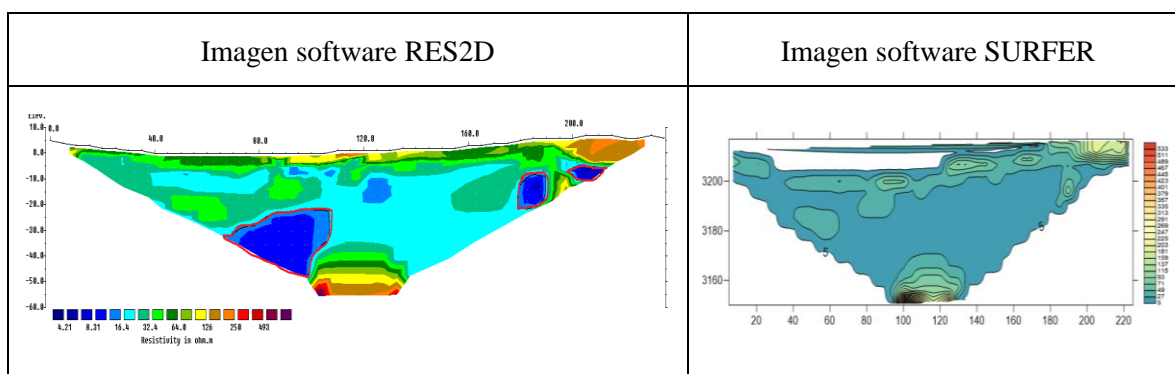
La imagen del software SURFER, presenta resistividades entre 5 y 6520 Ohm*m, la mayor parte de la imagen está representada por resistividades bajas, esto significa que la zona de estudio en su mayoría es semipermeable.

Figura 17. Tomografía eléctrica Laguna San Antonio



Esta tomografía se realizó a un extremo de la laguna San Antonio, se observa que no presenta la escala de colores azules, se presume que en el punto de medición la laguna no tiene entradas ni salidas de agua. En cuatro zonas de la imagen presenta resistividades entre 9,73 y 33,4 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ en la escala de colores verdes, representa zonas semipermeables entre margas calizas, cineritas y arcilla húmeda. Disperso a lo largo de la tomografía presenta resistividades entre 63,3 y 116 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ en la escala de colores desde el café y lila, son zonas con baja permeabilidad compuestas por gravas y arenas, areniscas arcillosas y tobas volcánicas.

Figura 18. Tomografía eléctrica parroquia Punín

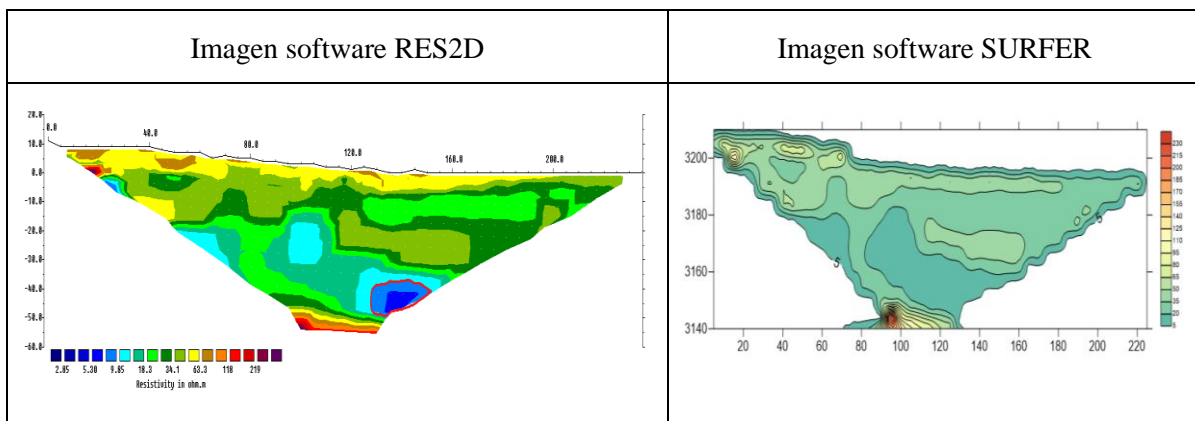


La tomografía de la figura 18 se realizó en una ladera y se obtuvieron los siguientes resultados: en esta tomografía se observan resistividades eléctricas en rangos entre 4.21 y 8.31 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ en la gama de color azul, esto muestra la presencia de zonas con alta permeabilidad y una posible conducción de agua a 40 m de profundidad respecto a la superficie, estas zonas son discontinuas a lo largo de la tomografía. La mayor parte del rango de resistividad eléctrica se encuentra entre 16.4 y 64.0 $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ en la gama que va del color celeste hasta el verde, esto muestra zonas semipermeables compuestas por limo, arcilla húmeda y areniscas. En pequeñas porciones cerca de la superficie y en la parte

inferior de la tomografía se observa resistividad eléctrica entre 126 y 493 Ohm*m representando zonas impermeables compuestas por piedras calizas y tobas.

La imagen obtenida mediante SURFER, presenta resistividades entre 5 y 555 Ohm*m, la mayor parte de la tomografía corresponde a resistividades bajas, característico de zonas semipermeables, que podrían conducir agua entre los materiales geológicos especialmente en dos partes de la tomografía.

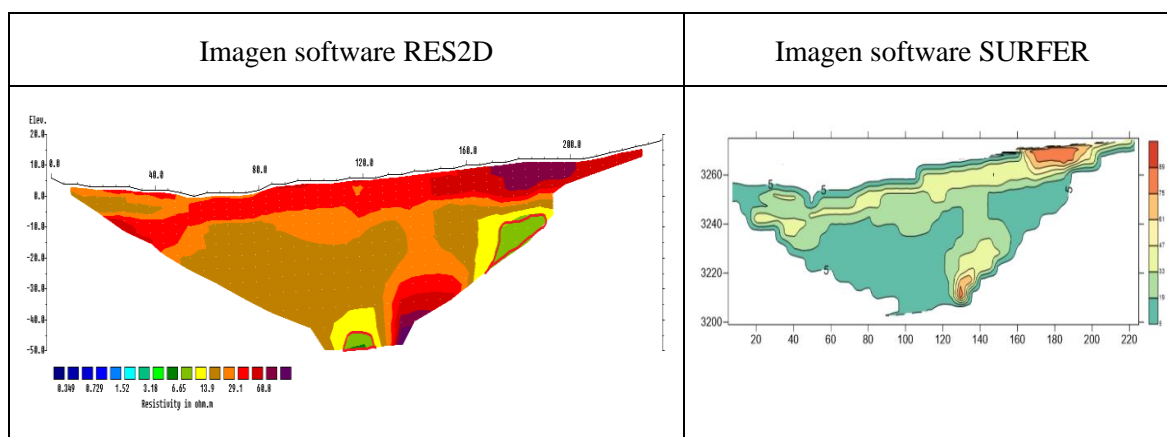
Figura 19. Tomografía eléctrica Pungalá



En esta tomografía se observan valores bajos de resistividad en rangos comprendidos entre 2.85 y 9.85 Ohm*m en la escala de colores azules, esto muestra la presencia de conducción de agua, en este caso se encuentra en la parte baja cerca de 50 m de profundidad respecto a la superficie. El mayor rango de resistividad eléctrica se encuentra entre 18.3 y 63.3 Ohm*m en la escala de colores que van desde celeste hasta el amarillo, corresponden a zonas semipermeables compuestas por limos, margas y areniscas húmedas. En pequeñas porciones cerca de la superficie y en la parte inferior de la tomografía se observa resistividad eléctrica entre 118 y 219 Ohm*m representa zonas que tienden a ser impermeables conformadas por piedras calizas, esquisto, tobas y rocas ígneas degradadas y húmedas.

La imagen del software SURFER presenta resistividades entre 5 y 230 Ohm*m, se observa que la mayor parte de la tomografía está representada por resistividades medias, lo que significa que la zona posee una permeabilidad media y en la parte baja las resistividades son altas que representa zonas impermeables.

Figura 20. Tomografía eléctrica Licto



La tomografía de la zona de Licto presenta valores bajos de resistividad entre 0.349 y 1.52 Ohm*m en la gama de colores azules a una profundidad de 20 metros mirando desde la parte alta de la loma y a 50 m de profundidad en la zona central de la tomografía, se descarta la presencia de agua puesto que el subsuelo está compuesto por otros materiales. En pequeñas fracciones en la parte media e inferior de la tomografía se aprecia resistividades entre 3.18 y 6.65 esto muestra la presencia de zonas muy permeables y una posible conducción de agua. El mayor rango de resistividad eléctrica se encuentra entre 13.9 y 60.8 Ohm*m en la gama de colores que van desde amarillo hasta el morado, corresponden a zonas semipermeables compuestas por limos, margas y areniscas húmedas.

La imagen obtenida mediante SURFER presenta resistividades entre 6 y 95 Ohm*m, se observa que en la parte superior e inferior derecha las resistividades son altas, estos representan zonas impermeables, el resto de la tomografía presenta resistividades medias que representan zonas semipermeables.

5.4 Reconstrucción estratigráfica del acuífero del río Chambo

La reconstrucción estratigráfica comprende la modelación en 3D del acuífero del río Chambo (figura 21), este proceso se realizó en el software ArcGis, para ello se utilizó los datos del Anexo 3. Se analizaron los estratos del subsuelo a 6, 40, 60 y 200m de profundidad. Además del acuífero se reconstruyó cuatro zonas relacionando las tomografías con los pozos (figura 22) y una zona general alrededor del acuífero, esto permitió comprender mejor la estructura interna del subsuelo.

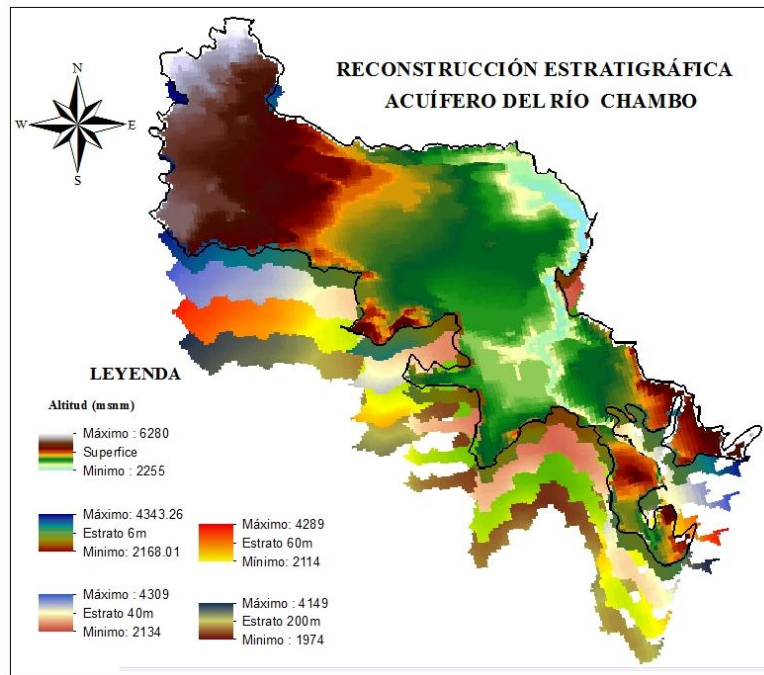


Figura 21. Reconstrucción estratigráfica del acuífero Chambo

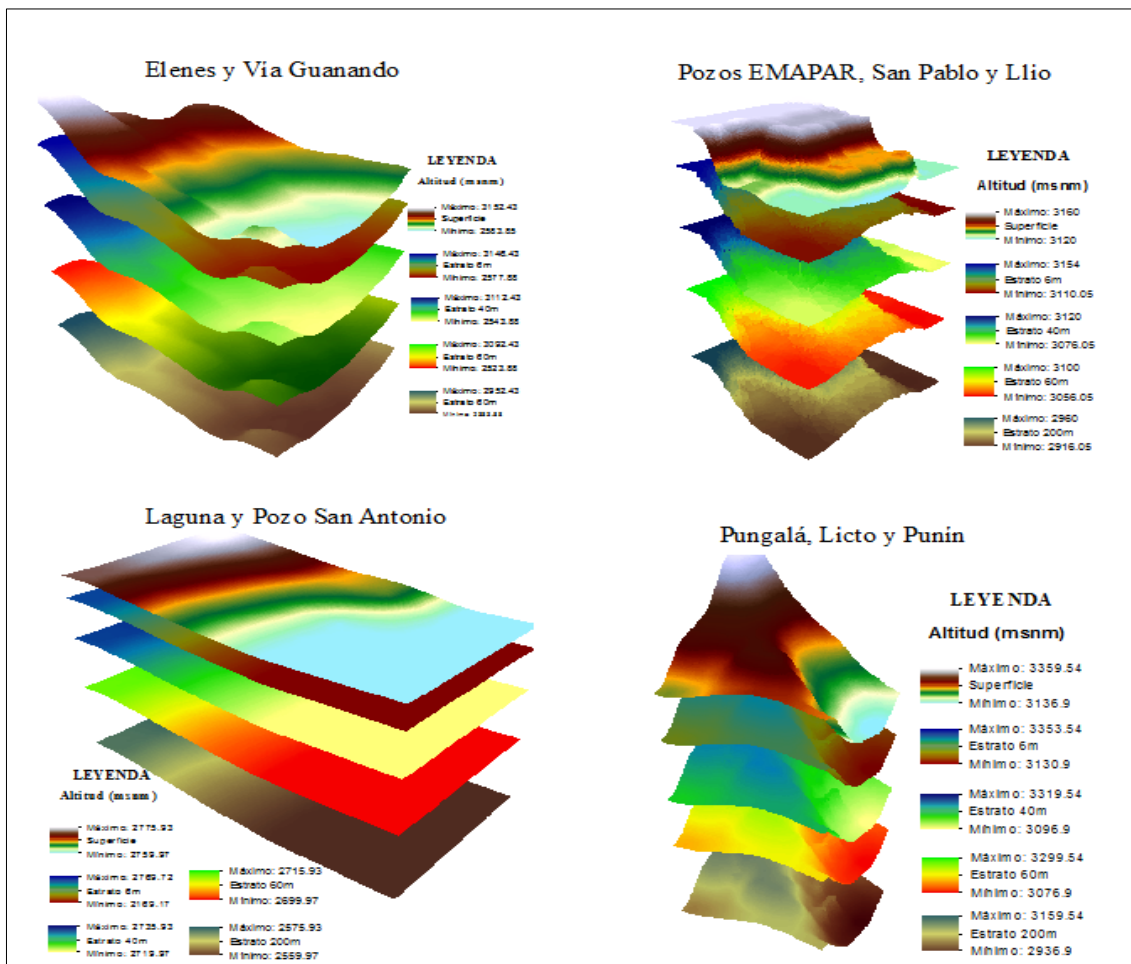


Figura 22. Reconstrucción estratigráfica de cuatro zonas del acuífero Chambo

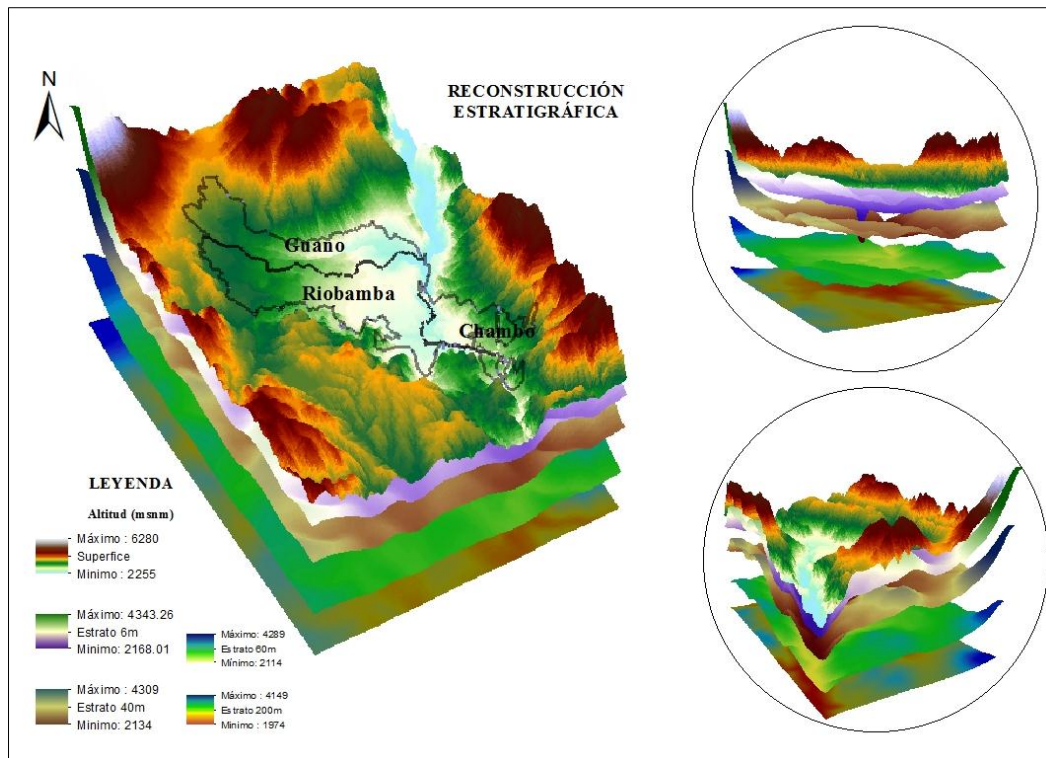


Figura 23. Reconstrucción estratigráfica de un área externa alrededor del acuífero

En las imágenes se aprecia la reconstrucción de los diferentes estratos del subsuelo, el estrato a 6 m de profundidad está compuesto generalmente por tobas y cenizas volcánicas, pero además se encuentran disperso arenas arcillosas, gravas, cantos, fragmentos de rocas volcánicas y cangahua. El estrato a 40m de profundidad está compuesto en menor proporción en la parte superior del estrato por arenas arcillosas, gravas, ceniza y tobas volcánicas, y en mayor proporción en la parte inferior están presente: arcillas sueltas, arena gruesa, cantos, gravilla angular y en algunos sectores piedra pómez. El estrato a 60m generalmente está compuesta una avalancha de lavas productos de las erupciones volcánicas en tiempos geológicos, además de otros materiales como cantos de menos diámetro, guijarro, grava andesítica, arena gruesa, mediana y fina, así como arcillas gris en pequeños porcentajes, poca gravilla; la características principal de este estrato es en ella se encuentra las unidades acuíferas y las formaciones geológicas descritas en la caracterización de la zona de estudio. El estrato analizado a 200m de profundidad está representada por basamento de la roca madre, son zonas impermeables.

6. CONCLUSIONES

El acuífero del río Chambo presenta un relieve relativamente plano, en donde emergen depósitos volcánicos de la formación Riobamba, la superficie del suelo está ocupada por materiales de porosidad intergranular e internamente los estratos están formados por arenas, gravas, gravilla, mantos de lavas, cenizas y tobas volcánicas aglomerados y materiales piroclásticos de grano fino, este tipo de materiales presentan zonas semipermeables por donde posiblemente pasa el agua subterránea y en algunos lugares aflora en forma de manantiales.

La tomografías eléctricas determinan las resistividades de los materiales geológicos, estos presentan rangos de resistividad eléctrica desde 1,28 hasta 6139 Ohm*m. Las resistividades eléctricas bajas en promedio son de 6,69 Ohm*m, representan zonas permeables con grandes posibilidades de conducción de agua, las resistividades medias en promedio son de 80,71 Ohm*m y muestran zonas semipermeables compuestas principalmente por arenas, grava, limos, margas y areniscas húmedas; el rango de resistividades altas corresponden en promedio a 1078,70 Ohm*m, estos representan zonas impermeables compuestas por piedras calizas, esquisto, tobas volcánicas y rocas ígneas.

La inversión de las resistividades eléctricas mediante el software RES 2D despliega como resultado tres imágenes, la imagen de parámetros medidos, la imagen de parámetros calculados y la imagen de resistividades reales, estos permiten la interpretación y análisis de las tomografías eléctricas.

La modelación estratigráfica del acuífero del río Chambo en 3D permite interpretar las estructuras internas del subsuelo evidenciando que los estratos superiores hasta 40m de profundidad están compuestas principalmente por arenas arcillosas, gravas, ceniza y tobas volcánicas; el estrato hasta 60m de profundidad presenta una avalancha de lavas volcánicas, y el estrato hasta 200m constituye el basamento de la roca madre de la cuenca sedimentaria.

7. RECOMENDACIONES

Para lograr una mejor resolución estratigráfica del subsuelo es necesario que se dote de más cable y electrodos al equipo de tal forma llegar a estudiar hasta el basamento de cuenca sedimentaria.

La presente investigación presenta fundamentos para realizar programas de investigación, que permitan no solo la adquisición del conocimiento hidrogeológico del acuífero Chambo, sino además, efectuar estrategias para la evaluación de las reservas que aún no son estudiadas, así asegurar una gestión integral de los acuíferos.

La modelación de la estratigrafía del acuífero constituye un aporte importante ya que proporciona la información necesaria para identificar la permeabilidad del suelo, el porcentaje de infiltración del agua, y puede indicar la existencia o no de aguas subterráneas y su posicionamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, J. (2011). Medida de Resistividad del Terreno . *Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, 22.
- Arias, D. (2011). Exploración Geotécnica - Relaciones Geoeléctricas . *Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas*.
- Arias, D. (2011). Exploración Geotécnica - Relaciones Geoeléctricas . *Universidad Nacional de Colombia*.
- Ayala, C. (2009). Establecimiento de Bases Metodológicas para la Obtención de Cartografía Gravimétrica 1:50.000. Aplicación a la Modelización 2D y 3D en Varias Zonas de la Península Iberica. . *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* , 12.
- Bravo, J. (2012). Caracterización Geológica - Geotécnica de los movimientos de ladera de los sectores El plateado y San Cayetano Bajo, con aplicación de tomografía eléctrica y técnicas GPS . *Universidad Técnica Particular de Loja* .
- Briceño, J. (2015). *Manual para la Medición de Resistividad*. Venezuela .
- Burbano , N., & Becerra, S. (2014). Introducción a la Hidrogeología del Ecuador . *INAMHI*.

- Carrasco, P. (2011). Mejora de Técnicas Geofísicas para la Caracterización del Subsuelo mediante la Innovación y el Uso de Herramientas de Gestión de Información Espacial. *Universidad de Salamanca*.
- Castillo, J. (07 de 09 de 2015). *GEOUAP*. Obtenido de Tiempo Geológico y Significado de Fósiles: http://geouap-2015.blogspot.com/2015_09_01_archive.html
- Cuñes, J. (2015). Comportamiento de la resistividad eléctrica de los suelos ante variaciones de humedad y grado de compactación . *Universidad de Cuenca - Facultad de Ingeniería* .
- Daza, F. (2012). Métodos geoelectricos aplicados a la exploración de aguas subterráneas y termales. *Universidad de concepcion chile - departamento de geofisica - facultad de ciencias fisicas y matematicas* , 8.
- Desktop, A. f. (14 de 07 de 2004). *ESRI*. Obtenido de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-krigingworks.htm>
- Díaz, M. (2010). Geoestadística aplicada, otros metodos de estimación espacial . *IMP Innovar* , 15.
- Dietrich, S. (2010). La Infiltración de Agua en el Suelo: Su caracterización mediante Tomografía Eléctrica . *Instituto de Hidrología de Llanuras* , 6.
- DOSSA. (2013 de 09 de 2012). *Desarrollos, Obras y Servicios del Norte S.A. de C.V.* . Obtenido de <http://dossa.com.mx/noticias/imprescindible-que-empresas-constructoras-realicen-estudio-de-suelo/>
- EMAPAR, E. M. (2008). Estudio geoelectrico para prospección de agua subterránea en el cantón riobamba. *Geocontacto* .
- ESRI. (24 de 04 de 2010). *ArcGis for desktop, Vista general del conjunto de herramientas Interpolación ráster*. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/an-overview-of-the-interpolation-tools.htm>
- FAO. (03 de 08 de 2008). *Interpolación de modelos de elevación digital*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/x8763s/x8763s0a.htm>
- Géol, M. A. (2008). *Métodos Geoelectricos para la Prospección de Agua Subterránea*. Buenos Aires .

- Griem, S. (03 de 09 de 2016). *Apuntes Geología*. Obtenido de Métodos de Exploración y Prospección : <https://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/070-electrico-resistividad-configuracion-electrodos.htm>
- INAMHI. (2012). La Hidrogeología del Ecuador . *Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología* .
- Jaimes, J. (2011). Métodos geofísicos aplicados a la caracterización de los suelos . *Universidad Industrial de Santander - Facultad de Físicomecánicos* , 8.
- López, J. (2012). Las aguas subterráneas un recurso natural del subsuelo. *Instituto Geológico y Minero de España*.
- Mendoza. (2015). Characterization of real aquifers using hydrogeophysical measurements. An application to the chambo aquifer (ecuador). *Università Della Calabria, Italia*, 195.
- Mendoza, B., Chidichimo, F., & Straface, S. (2014). Modelación Hidrogeológica para el Estudio de la recarga hídrica del acuífero del Chambo . *Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador; Universidad de la Calabria- Italia* , 10.
- Moral, F. (2004). Técnicas geoestadísticas aplicadas al análisis de la distribución de capturas de *Helicoverpa armigera* mediante trampas con feromonas sexuales. *Biblioteca mapama*, 12.
- Naranjo, L. F. (2013). Caracterización hidrogeológica de la subcuenca del río chambo. *Universidad Central del Ecuador - Facultad de Ingeniería en geología, minas, petróleo y ambiental*.
- Ordoñez, J. (2011). Aguas Subterráneas - Acuíferos . *Global Water partnership South America* .
- Paredes, J. (2013). La estratigrafía (facies, edades) . *Universidad Peruana Union - Facultad De Ingeniería Y Arquitectura* , 10.
- Pérez, N. (2010). Evaluación de la resistividad en campo y laboratorio y su aplicación en pavimentos. *Sanfandilla IMT - Secretaría de Comunicaciones y transporte, México*, 12.
- Porres, J. (2010). Localización de Aguas Subterráneas para Abastecimiento, Mediante Prospección Geofísica de Resistividades . *Área de Ingeniería del Terreno - Universidad de Burgos* , 13.
- Salazar, S. (2016). Aplicación de la técnica de tomografía eléctrica para mediciones de resistividad del suelo . *Universidad Nacional de Chimborazo - Proyecto Caracterización Biogeográfica* .

Sánchez, R. (16 de 05 de 2013). *Academia. edu* . Obtenido de prospección geofísica aplicado a la hidrogeología:

https://www.academia.edu/14394188/prospecci%C3%93n_geof%C3%8dsica_aplicado_a_la_hidrogeolog%C3%8da

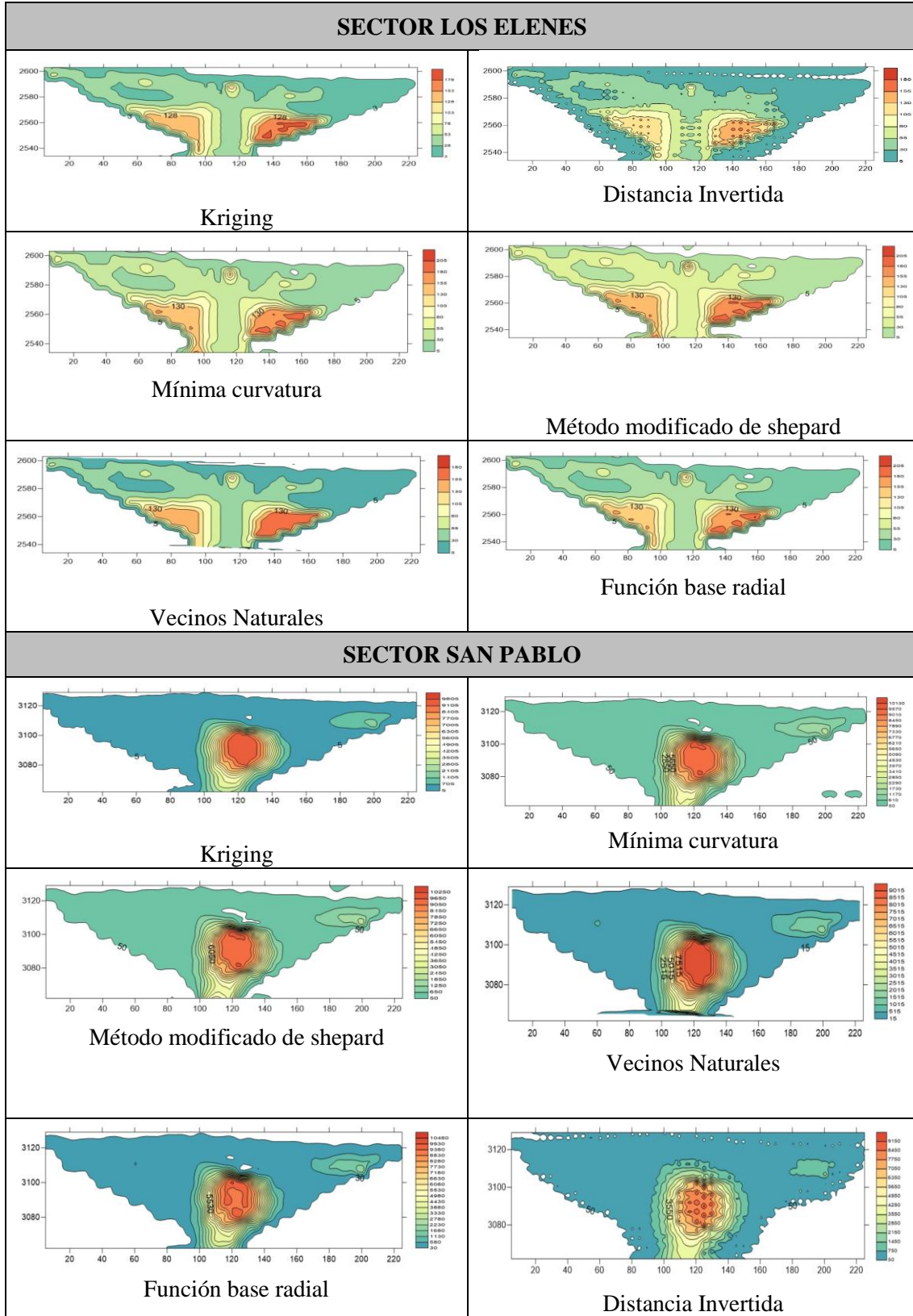
Solana, M. (2014). Comparación de Técnicas Geofísicas para Determinación de contaminates en los suelos Agrícolas. *Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Minas* .

Uvidia, J. A. (2015). “*comportamiento de la resistividad eléctrica de los suelos ante variaciones de humedad y grado de compactación*”. Cuenca - Ecuador .

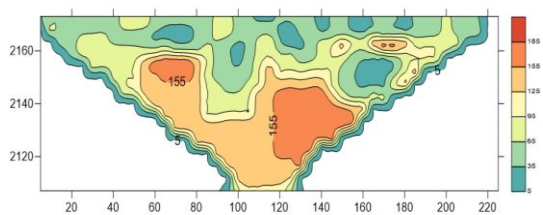
Weinzettel, P. A. (2009). Utilización de tomografías electricas con distintas configuraciones y espaciamentos electródicos para la caracterización de la zona no saturada . *CIMNE*, 8.

9. APÉNDICES O ANEXOS

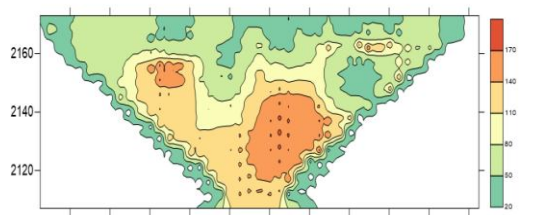
Anexo 1. Modelación 2D de tomografías eléctricas con diferentes métodos de interpolación en el software Surfer



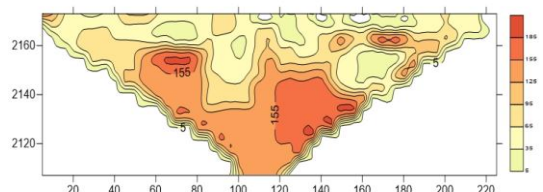
LAGUNA SAN ANTONIO



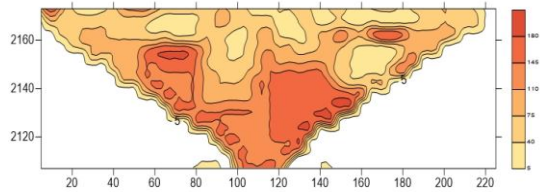
Kriging



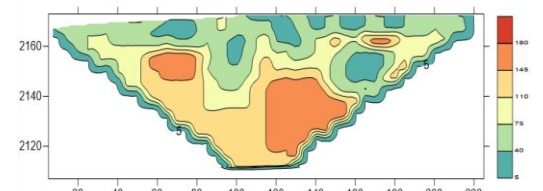
Distancia Invertida



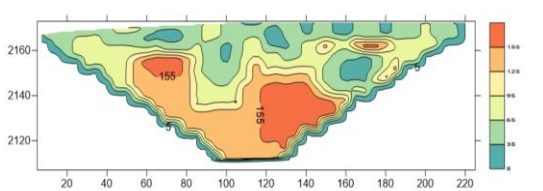
Mínima curvatura



Método modificado de shepard

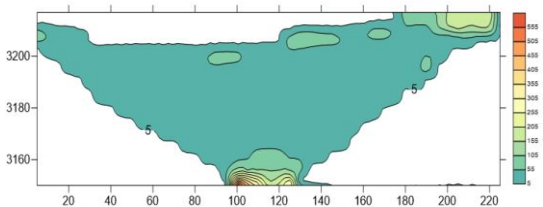


Vecinos Naturales

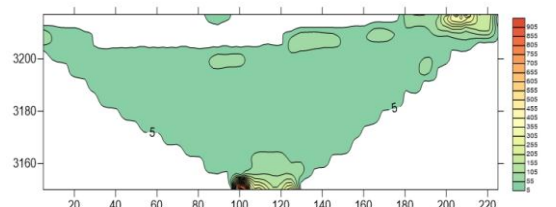


Función base radial

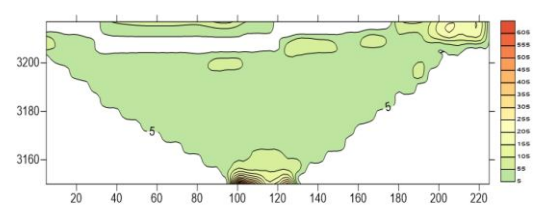
PARROQUIA PUNÍN



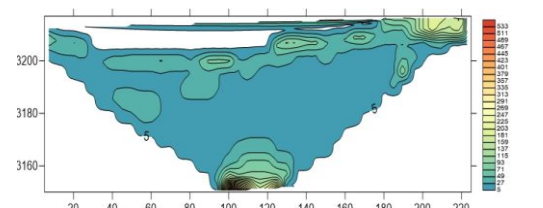
Kriging



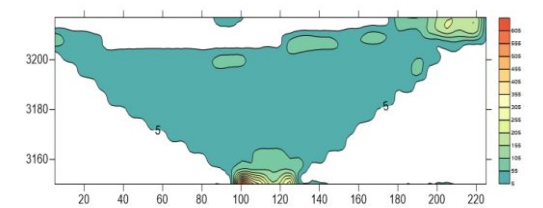
Mínima curvatura



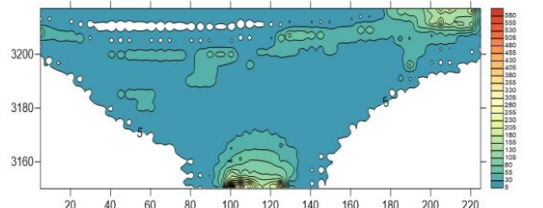
Método modificado de shepard



Vecinos Naturales

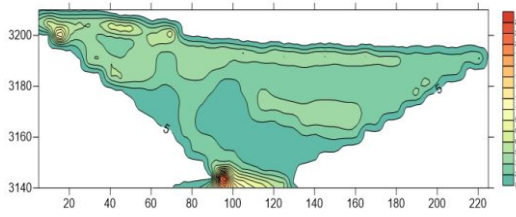


Función base radial

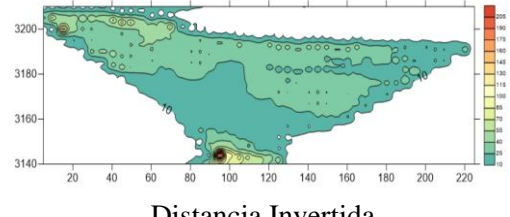


Distancia Invertida

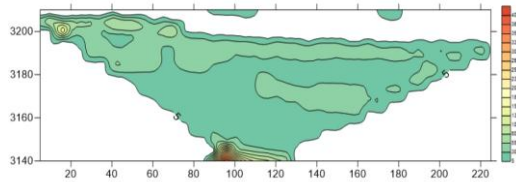
PUNGALÁ



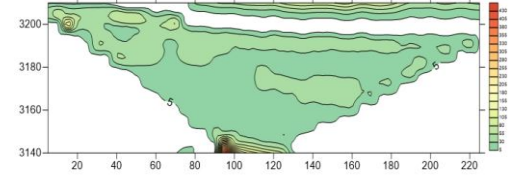
Kriging



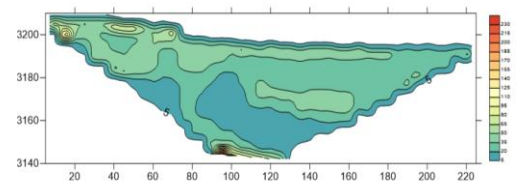
Distancia Invertida



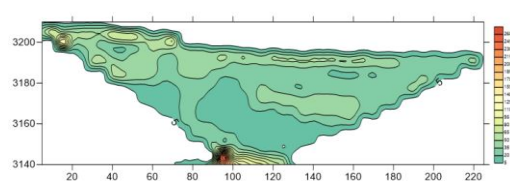
Mínima curvatura



Método modificado de shepard

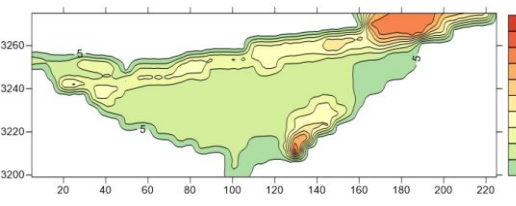


Vecinos Naturales

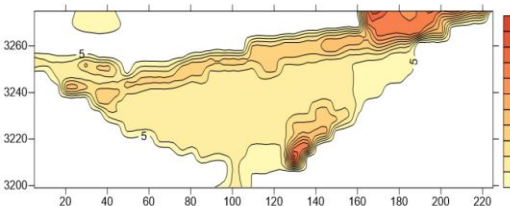


Función base radial

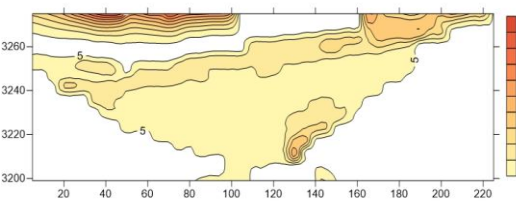
PARROQUIA LICTO



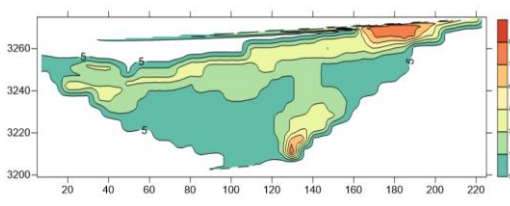
Kriging



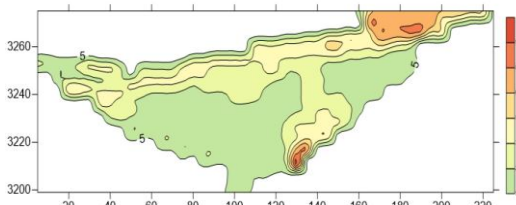
Mínima curvatura



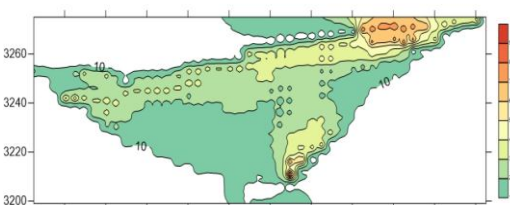
Método modificado de shepard



Vecinos Naturales

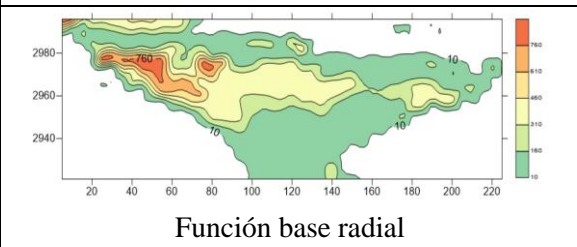
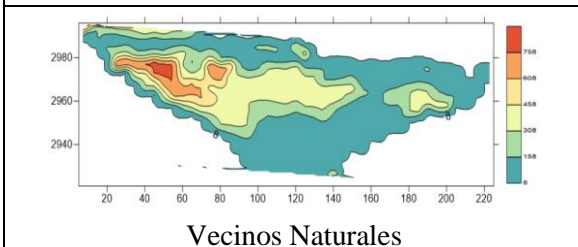
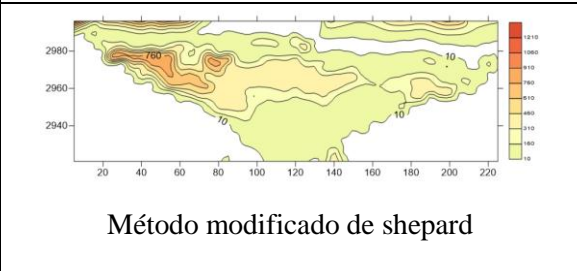
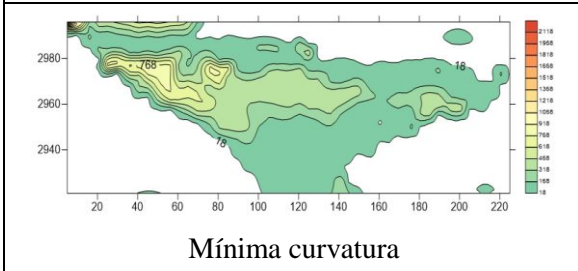
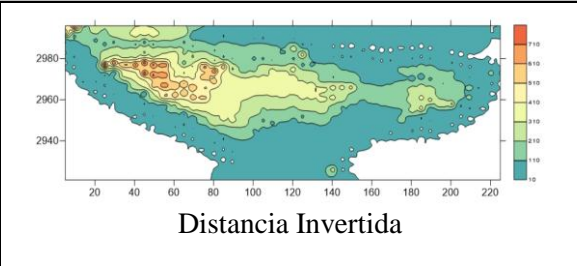
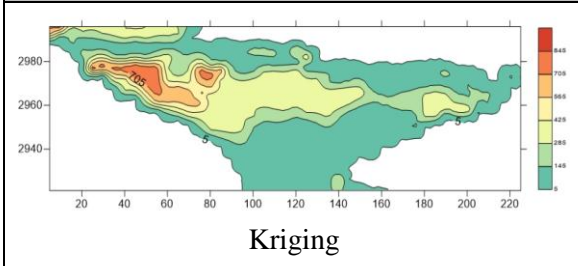


Función base radial

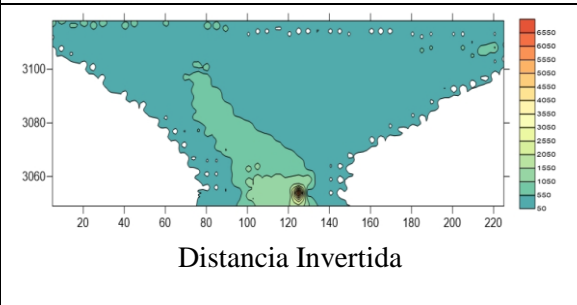
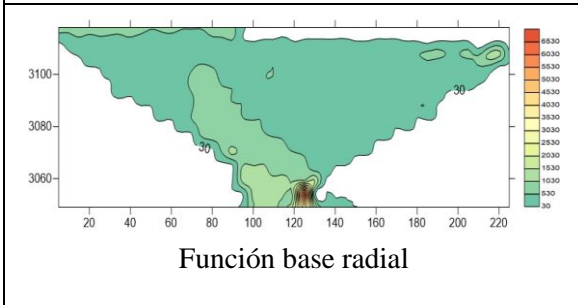
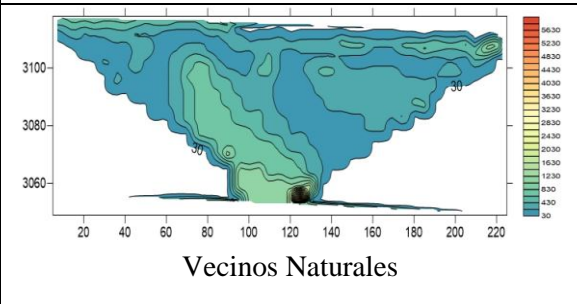
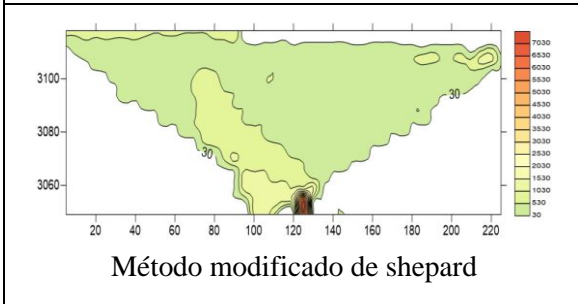
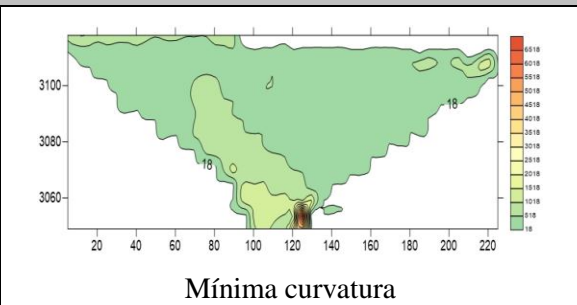
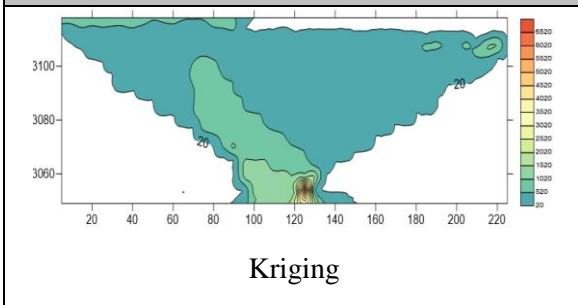


Distancia Invertida

POZOS EMAPAR



SECTOR VÍA GUANANDO



Anexo 2. Mallas de resistividades eléctricas intermedias calculadas

Malla de la tomografía eléctrica sector los Elenes

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 48 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 13 | 13 | 20 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 10 | | 74 | 48 | 48 | 39 | 25 | 25 | 25 | 39 | 39 | 48 | 48 | 48 | 39 | 39 | 39 | 39 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 13 | 20 | 25 | 25 | 20 | 20 | 13 | 6 | 13 | 13 | 13 | 13 | 25 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 25 | 13 | 25 | 13 | 0 | | |
| | 15 | | | | 7 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 25 | 39 | 48 | 74 | 48 | 39 | 39 | 39 | 39 | 25 | 39 | 13 | 140 | 48 | 13 | 25 | 25 | 25 | 39 | 13 | 6 | 13 | 39 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | |
| | 20 | | | | | | 39 | 39 | 39 | 39 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 25 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 25 | 74 | 48 | 39 | 25 | 25 | 39 | 48 | 74 | 48 | 48 | 39 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | |
| | 25 | | | | | | | 39 | 39 | 39 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 48 | 48 | 48 | 39 | 25 | 39 | 39 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 25 | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | 48 | 48 | 48 | 48 | 39 | 39 | 39 | 48 | 48 | 74 | 74 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 39 | 25 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | 91 | 91 | 91 | 91 | 74 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 74 | 48 | 48 | 48 | 74 | 74 | 91 | 91 | 91 | 74 | 39 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica sector San Pablo

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| | 10 | 169 | 169 | 110 | 110 | 208 | 208 | 208 | 208 | 318 | 208 | 208 | 318 | 318 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 318 | 318 | 208 | 208 | 318 | 318 | 208 | 169 | 110 | 110 | 90 | 90 | 90 | 110 | 110 | 318 | 318 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 208 | 208 | 392 | 392 | 392 | 392 | 600 | 0 | | | | | |
| | 15 | | | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 208 | 318 | 318 | 318 | 392 | 392 | 392 | 392 | 318 | 318 | 318 | 208 | 169 | 110 | 110 | 90 | 90 | 90 | 110 | 110 | 318 | 318 | 392 | 392 | 392 | 392 | 600 | 739 | 1130 | 1130 | 1130 | 1130 | 1130 | 739 | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | 392 | 392 | 392 | 318 | 318 | 318 | 392 | 392 | 600 | 392 | 392 | 318 | 208 | 169 | 208 | 318 | 392 | 392 | 392 | 208 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 208 | 208 | 318 | 600 | 739 | 1130 | 1130 | 1393 | 1393 | 2130 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 318 | 208 | 110 | 169 | 208 | 318 | 739 | 1393 | 2130 | 2130 | 2130 | 1393 | 739 | 600 | 392 | 318 | 208 | 208 | 208 | 318 | 318 | 318 | 169 | 169 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | 392 | 392 | 392 | 392 | 392 | 318 | 208 | 169 | 110 | 110 | 169 | 392 | 1130 | 2625 | 4014 | 7565 | 9324 | 9324 | 7565 | 4014 | 2625 | 739 | 392 | 318 | 208 | 208 | 169 | 169 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | 392 | 392 | 318 | 208 | 169 | 169 | 110 | 169 | 208 | 392 | 1393 | 4014 | 7565 | 9324 | 9324 | 9324 | 7565 | 4014 | 1393 | 739 | 318 | 208 | 169 | 169 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | 318 | 208 | 169 | 169 | 208 | 318 | 600 | 2130 | 4948 | 7565 | 9324 | 9324 | 9324 | 7565 | 4948 | 2130 | 739 | 392 | 208 | 169 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | 169 | 169 | 169 | 208 | 318 | 600 | 2130 | 4014 | 7565 | 9324 | 9324 | 7565 | 4014 | 1393 | 600 | 318 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | 169 | 208 | 318 | 392 | 600 | 1393 | 4014 | 7565 | 7565 | 9324 | 9324 | 7565 | 4948 | 2625 | 739 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 318 | 600 | 1393 | 4014 | 4948 | 7565 | 7565 | 4948 | 2625 | 2130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 392 | 1130 | 2625 | 4014 | 4948 | 4948 | 2625 | 1130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1130 | 2625 | 4014 | 4014 | 4014 | 1130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica sector vía Guanando

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 673 | 673 | 673 | 673 | 673 | 673 | 507 | 673 | 673 | 507 | 507 | 673 | 507 | 507 | 673 | 673 | 673 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| | 10 | | 286 | 286 | 215 | 215 | 286 | 286 | 286 | 215 | 215 | 215 | 673 | 507 | 507 | 121 | 121 | 121 | 215 | 215 | 286 | 507 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 507 | 507 | 507 | 286 | 286 | 286 | 507 | 507 | 673 | 673 | 507 | 507 | 673 | 673 | 1196 | 1196 | 0 | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | 215 | 121 | 91 | 91 | 121 | 286 | 286 | 215 | 215 | 215 | 286 | 286 | 215 | 121 | 121 | 121 | 121 | 286 | 507 | 215 | 51 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 215 | 215 | 121 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | 286 | 215 | 215 | 286 | 215 | 215 | 215 | 286 | 507 | 673 | 673 | 286 | 215 | 215 | 215 | 507 | 507 | 215 | 121 | 215 | 286 | 507 | 507 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 215 | 215 | 215 | 215 | 286 | 286 | 215 | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | 286 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 286 | 673 | 673 | 673 | 507 | 507 | 286 | 286 | 286 | 286 | 121 | 121 | 121 | 215 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | 215 | 215 | 215 | 215 | 286 | 507 | 673 | 673 | 673 | 507 | 507 | 286 | 286 | 286 | 121 | 121 | 121 | 215 | 215 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 286 | 507 | 507 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | 215 | 215 | 286 | 507 | 673 | 673 | 673 | 673 | 507 | 507 | 507 | 286 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 286 | 286 | 286 | 507 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | 286 | 507 | 673 | 673 | 673 | 673 | 673 | 673 | 673 | 507 | 286 | 286 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | 215 | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica sector laguna San Antonio

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 0 | 77 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 77 | 77 | 77 | 51 | 41 | 41 | 41 | 41 | 51 | 77 | 77 | 51 | 41 | 27 | 27 | 41 | 41 | 51 | 41 | 22 | 41 | 51 | 27 | 22 | 41 | 41 | 41 | 41 | 27 | 41 | 51 | 51 | 77 | 51 | 51 | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | 51 | 51 | 77 | 77 | 77 | 51 | 51 | 51 | 41 | 27 | 27 | 22 | 22 | 41 | 51 | 77 | 77 | 51 | 41 | 51 | 51 | 27 | 22 | 41 | 51 | 27 | 22 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 | 27 | 41 | 51 | 51 | 77 | 51 | 51 | 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | | | 51 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 77 | 51 | 51 | 51 | 77 | 51 | 41 | 27 | 41 | 77 | 94 | 41 | 22 | 27 | 51 | 77 | 94 | 142 | 94 | 77 | 142 | 174 | 174 | 142 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | 77 | 77 | 77 | 77 | 94 | 142 | 174 | 174 | 174 | 174 | 142 | 94 | 51 | 41 | 27 | 51 | 77 | 94 | 77 | 77 | 51 | 51 | 77 | 94 | 77 | 94 | 77 | 51 | 41 | 41 | 27 | 41 | 77 | 94 | 94 | 94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | 77 | 94 | 94 | 142 | 142 | 174 | 174 | 174 | 142 | 77 | 51 | 41 | 41 | 51 | 94 | 142 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 94 | 51 | 41 | 27 | 27 | 27 | 41 | 77 | 142 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | 94 | 94 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 94 | 77 | 51 | 51 | 77 | 94 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 94 | 51 | 41 | 27 | 27 | 27 | 94 | 142 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | 94 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 94 | 77 | 77 | 77 | 94 | 142 | 142 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 142 | 94 | 51 | 51 | 77 | 77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica pozo EMAPAR

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|---|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | | | | |
| | 5 | 614 | 778 | 147 | 300 | 186 | 300 | 300 | 380 | 380 | 380 | 300 | 300 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 10 | 0 | 72 | 186 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 91 | 91 | 91 | 91 | 91 | 147 | 147 | 147 | 186 | 186 | 186 | 72 | 300 | 380 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 15 | | | | 186 | 300 | 300 | 186 | 186 | 186 | 186 | 300 | 380 | 186 | 186 | 300 | 186 | 91 | 91 | 91 | 72 | 91 | 91 | 147 | 72 | 72 | 72 | 147 | 147 | 91 | 44 | 44 | 91 | 91 | 91 | 147 | 147 | 147 | 186 | 147 | 147 | 91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 20 | | | | | 778 | 778 | 778 | 778 | 778 | 778 | 778 | 300 | 147 | 300 | 778 | 778 | 614 | 186 | 147 | 147 | 300 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 186 | 91 | 147 | 147 | 186 | 91 | 72 | 72 | 91 | 91 | 147 | 147 | 147 | 147 | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | 380 | 380 | 778 | 778 | 778 | 380 | 300 | 380 | 614 | 614 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 186 | 147 | 147 | 186 | 186 | 300 | 300 | 300 | 300 | 186 | 147 | 147 | 147 | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | 300 | 380 | 614 | 778 | 614 | 614 | 614 | 614 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 300 | 186 | 91 | 147 | 147 | 186 | 186 | 300 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | 300 | 614 | 614 | 614 | 614 | 614 | 380 | 380 | 380 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 186 | 91 | 44 | 35 | 35 | 35 | 44 | 91 | 300 | 380 | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | 186 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 380 | 300 | 300 | 186 | 186 | 147 | 147 | 91 | 147 | 147 | 91 | 44 | 35 | 22 | 22 | 35 | 35 | 186 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | 186 | 300 | 380 | 380 | 300 | 147 | 91 | 91 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 44 | 35 | 35 | 35 | 22 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 186 | 186 | 186 | 91 | 72 | 72 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 35 | 35 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 91 | 91 | 91 | 72 | 72 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 72 | 72 | 72 | 72 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 44 | 72 | 72 | 44 | 44 | 44 | 35 | 91 | 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica parroquia Punín

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| | 10 | 100 | 51 | 51 | 51 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | 100 | 100 | 80 | 80 | 51 | 51 | 51 | 80 | 80 | 51 | 51 | 41 | 41 | 100 | 158 | 198 | 198 | 158 | 158 | 158 | 158 | | | | | | | | | | | |
| | 15 | | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 41 | 41 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 26 | 21 | 26 | 41 | 41 | 26 | 21 | 26 | 41 | 26 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | | | | |
| | 20 | | | | 26 | 26 | 26 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 26 | 41 | 41 | 26 | 21 | 21 | 21 | 13 | 13 | 13 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | | | |
| | 25 | | | | | | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 26 | 41 | 41 | 26 | 21 | 21 | 21 | 13 | 13 | 13 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | | |
| | 30 | | | | | | | 21 | 26 | 41 | 41 | 41 | 41 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 21 | 21 | 21 | 21 | 13 | 13 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | 21 | 26 | 41 | 41 | 26 | 26 | 21 | 13 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | 21 | 21 | 13 | 13 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | 13 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 21 | 26 | 26 | 26 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 13 | 26 | 41 | 41 | 41 | 41 | 26 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 21 | 51 | 51 | 80 | 80 | 80 | 80 | 51 | 41 | 21 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 51 | 158 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 617 | 391 | 312 | 158 | 198 | 312 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica parroquia Pungalá

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|---|---|--|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 10 | 42 | 78 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 78 | 78 | 78 | 51 | 51 | 51 | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| | 15 | | | 145 | 51 | 42 | 42 | 28 | 28 | 22 | 28 | 42 | 51 | 51 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 51 | 42 | 51 | 42 | 42 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 42 | | | | | |
| | 20 | | | | 7 | 22 | 42 | 42 | 28 | 28 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 22 | 22 | 22 | 28 | 22 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 22 | 28 | 28 | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | 51 | 51 | 51 | 42 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | 28 | 42 | 42 | 42 | 28 | 22 | 22 | 22 | 28 | 28 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 28 | 42 | 22 | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | 51 | 51 | 42 | 42 | 28 | 22 | 22 | 28 | 28 | 28 | 22 | 15 | 15 | 22 | 28 | 42 | 28 | 28 | 22 | 22 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 42 | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 15 | 15 | 22 | 22 | 22 | 15 | 12 | 12 | 15 | 28 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | 28 | 28 | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | 12 | 12 | 15 | 15 | 22 | 22 | 18 | 18 | 12 | 12 | 15 | 22 | 22 | 22 | 28 | 28 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 28 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | 12 | 15 | 22 | 22 | 15 | 15 | 12 | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 22 | 22 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 22 | 22 | 22 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 12 | 12 | 8 | 8 | 8 | 12 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | 22 | 28 | 28 | 22 | 22 | 15 | 15 | 15 | 12 | 8 | 7 | 7 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42 | 42 | 42 | 28 | 22 | 15 | 12 | 8 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 269 | 95 | 95 | 78 | 78 | 51 | 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Malla de la tomografía eléctrica parroquia Licto

| | | DISTANCIA (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 | 160 | 165 | 170 | 175 | 180 | 185 | 190 | 195 | 200 | 205 | 210 | 215 | 220 | 225 | | | | | | | | | | | |
| P R O F U N D I D A D | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | 15 | 23 | 18 | 18 | 18 | 23 | 37 | 37 | 37 | 23 | 0 | 23 | 23 | 23 | 23 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | | | | | | |
| | 20 | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 23 | 23 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | | | | | |
| | 25 | | | 0 | 47 | 47 | 37 | 37 | 37 | 37 | 23 | 23 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 18 | 18 | 18 | 23 | 23 | 18 | 18 | 18 | 18 | 11 | 11 | 11 | 8 | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | 37 | 37 | 23 | 23 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | 0 | 23 | 23 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 11 | 11 | 8 | 11 | 23 | 99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18 | 11 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 3. Tabulación de las mallas de resistividades intermedias

| Elenes | | | San Pablo | | | Vía Guanando | | | Laguna San Antonio | | |
|--------|------|----|-----------|------|-----|--------------|------|-----|--------------------|------|----|
| X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 5 | 2603 | 48 | 5 | 3128 | 0 | 5 | 3117 | 673 | 5 | 2167 | 0 |
| 5 | 2598 | 0 | 5 | 3123 | 110 | 5 | 3112 | 0 | 5 | 2162 | 0 |
| 5 | 2593 | 0 | 5 | 3118 | 0 | 5 | 3107 | 0 | 5 | 2157 | 0 |
| 5 | 2588 | 0 | 5 | 3113 | 0 | 5 | 3102 | 0 | 5 | 2152 | 0 |
| 5 | 2583 | 0 | 5 | 3108 | 0 | 5 | 3097 | 0 | 5 | 2147 | 0 |
| 5 | 2578 | 0 | 5 | 3103 | 0 | 5 | 3092 | 0 | 5 | 2142 | 0 |
| 5 | 2573 | 0 | 5 | 3098 | 0 | 5 | 3087 | 0 | 5 | 2137 | 0 |
| 5 | 2568 | 0 | 5 | 3093 | 0 | 5 | 3082 | 0 | 5 | 2132 | 0 |
| 5 | 2563 | 0 | 5 | 3088 | 0 | 5 | 3077 | 0 | 5 | 2127 | 0 |
| 5 | 2558 | 0 | 5 | 3083 | 0 | 5 | 3072 | 0 | 5 | 2122 | 0 |
| 5 | 2553 | 0 | 5 | 3078 | 0 | 5 | 3067 | 0 | 5 | 2117 | 0 |
| 5 | 2548 | 0 | 5 | 3073 | 0 | 5 | 3062 | 0 | 5 | 2112 | 0 |
| 5 | 2543 | 0 | 5 | 3068 | 0 | 5 | 3057 | 0 | 5 | 2107 | 0 |
| 10 | 2602 | 25 | 10 | 3128 | 0 | 10 | 3118 | 673 | 15 | 2168 | 51 |
| 10 | 2597 | 74 | 10 | 3123 | 169 | 10 | 3113 | 286 | 15 | 2163 | 51 |
| 10 | 2592 | 0 | 10 | 3118 | 0 | 10 | 3108 | 0 | 15 | 2158 | 0 |
| 10 | 2587 | 0 | 10 | 3113 | 0 | 10 | 3103 | 0 | 15 | 2153 | 0 |
| 10 | 2582 | 0 | 10 | 3108 | 0 | 10 | 3098 | 0 | 15 | 2148 | 0 |
| 10 | 2577 | 0 | 10 | 3103 | 0 | 10 | 3093 | 0 | 15 | 2143 | 0 |
| 10 | 2572 | 0 | 10 | 3098 | 0 | 10 | 3088 | 0 | 15 | 2138 | 0 |
| 10 | 2567 | 0 | 10 | 3093 | 0 | 10 | 3083 | 0 | 15 | 2133 | 0 |
| 10 | 2562 | 0 | 10 | 3088 | 0 | 10 | 3078 | 0 | 15 | 2128 | 0 |
| 10 | 2557 | 0 | 10 | 3083 | 0 | 10 | 3073 | 0 | 15 | 2123 | 0 |
| 10 | 2552 | 0 | 10 | 3078 | 0 | 10 | 3068 | 0 | 15 | 2118 | 0 |
| 10 | 2547 | 0 | 10 | 3073 | 0 | 10 | 3063 | 0 | 15 | 2113 | 0 |
| 10 | 2542 | 0 | 10 | 3068 | 0 | 10 | 3058 | 0 | 15 | 2108 | 0 |
| 15 | 2603 | 25 | 15 | 3127 | 0 | 15 | 3116 | 673 | 20 | 2169 | 51 |
| 15 | 2598 | 48 | 15 | 3122 | 169 | 15 | 3111 | 286 | 20 | 2164 | 51 |
| 15 | 2593 | 0 | 15 | 3117 | 208 | 15 | 3106 | 0 | 20 | 2159 | 51 |
| 15 | 2588 | 0 | 15 | 3112 | 0 | 15 | 3101 | 0 | 20 | 2154 | 0 |
| 15 | 2583 | 0 | 15 | 3107 | 0 | 15 | 3096 | 0 | 20 | 2149 | 0 |
| 15 | 2578 | 0 | 15 | 3102 | 0 | 15 | 3091 | 0 | 20 | 2144 | 0 |
| 15 | 2573 | 0 | 15 | 3097 | 0 | 15 | 3086 | 0 | 20 | 2139 | 0 |
| 15 | 2568 | 0 | 15 | 3092 | 0 | 15 | 3081 | 0 | 20 | 2134 | 0 |
| 15 | 2563 | 0 | 15 | 3087 | 0 | 15 | 3076 | 0 | 20 | 2129 | 0 |
| 15 | 2558 | 0 | 15 | 3082 | 0 | 15 | 3071 | 0 | 20 | 2124 | 0 |
| 15 | 2553 | 0 | 15 | 3077 | 0 | 15 | 3066 | 0 | 20 | 2119 | 0 |
| 15 | 2548 | 0 | 15 | 3072 | 0 | 15 | 3061 | 0 | 20 | 2114 | 0 |
| 15 | 2543 | 0 | 15 | 3067 | 0 | 15 | 3056 | 0 | 20 | 2109 | 0 |
| 20 | 2602 | 25 | 20 | 3126 | 0 | 20 | 3117 | 673 | 25 | 2169 | 51 |
| 20 | 2597 | 48 | 20 | 3121 | 110 | 20 | 3112 | 215 | 25 | 2164 | 77 |
| 20 | 2592 | 7 | 20 | 3116 | 208 | 20 | 3107 | 215 | 25 | 2159 | 77 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|----|----|------|-----|----|------|-----|----|------|----|
| 20 | 2587 | 0 | 20 | 3111 | 392 | 20 | 3102 | 0 | 25 | 2154 | 0 |
| 20 | 2582 | 0 | 20 | 3106 | 0 | 20 | 3097 | 0 | 25 | 2149 | 0 |
| 20 | 2577 | 0 | 20 | 3101 | 0 | 20 | 3092 | 0 | 25 | 2144 | 0 |
| 20 | 2572 | 0 | 20 | 3096 | 0 | 20 | 3087 | 0 | 25 | 2139 | 0 |
| 20 | 2567 | 0 | 20 | 3091 | 0 | 20 | 3082 | 0 | 25 | 2134 | 0 |
| 20 | 2562 | 0 | 20 | 3086 | 0 | 20 | 3077 | 0 | 25 | 2129 | 0 |
| 20 | 2557 | 0 | 20 | 3081 | 0 | 20 | 3072 | 0 | 25 | 2124 | 0 |
| 20 | 2552 | 0 | 20 | 3076 | 0 | 20 | 3067 | 0 | 25 | 2119 | 0 |
| 20 | 2547 | 0 | 20 | 3071 | 0 | 20 | 3062 | 0 | 25 | 2114 | 0 |
| 20 | 2542 | 0 | 20 | 3066 | 0 | 20 | 3057 | 0 | 25 | 2109 | 0 |
| 25 | 2602 | 25 | 25 | 3126 | 0 | 25 | 3116 | 673 | 30 | 2169 | 51 |
| 25 | 2597 | 39 | 25 | 3121 | 110 | 25 | 3111 | 215 | 30 | 2164 | 77 |
| 25 | 2592 | 39 | 25 | 3116 | 208 | 25 | 3106 | 121 | 30 | 2159 | 77 |
| 25 | 2587 | 0 | 25 | 3111 | 392 | 25 | 3101 | 0 | 30 | 2154 | 77 |
| 25 | 2582 | 0 | 25 | 3106 | 0 | 25 | 3096 | 0 | 30 | 2149 | 0 |
| 25 | 2577 | 0 | 25 | 3101 | 0 | 25 | 3091 | 0 | 30 | 2144 | 0 |
| 25 | 2572 | 0 | 25 | 3096 | 0 | 25 | 3086 | 0 | 30 | 2139 | 0 |
| 25 | 2567 | 0 | 25 | 3091 | 0 | 25 | 3081 | 0 | 30 | 2134 | 0 |
| 25 | 2562 | 0 | 25 | 3086 | 0 | 25 | 3076 | 0 | 30 | 2129 | 0 |
| 25 | 2557 | 0 | 25 | 3081 | 0 | 25 | 3071 | 0 | 30 | 2124 | 0 |
| 25 | 2552 | 0 | 25 | 3076 | 0 | 25 | 3066 | 0 | 30 | 2119 | 0 |
| 25 | 2547 | 0 | 25 | 3071 | 0 | 25 | 3061 | 0 | 30 | 2114 | 0 |
| 25 | 2542 | 0 | 25 | 3066 | 0 | 25 | 3056 | 0 | 30 | 2109 | 0 |
| 30 | 2601 | 25 | 30 | 3126 | 0 | 30 | 3117 | 673 | 35 | 2170 | 51 |
| 30 | 2596 | 25 | 30 | 3121 | 208 | 30 | 3112 | 286 | 35 | 2165 | 77 |
| 30 | 2591 | 39 | 30 | 3116 | 208 | 30 | 3107 | 91 | 35 | 2160 | 77 |
| 30 | 2586 | 39 | 30 | 3111 | 392 | 30 | 3102 | 286 | 35 | 2155 | 77 |
| 30 | 2581 | 0 | 30 | 3106 | 0 | 30 | 3097 | 0 | 35 | 2150 | 0 |
| 30 | 2576 | 0 | 30 | 3101 | 0 | 30 | 3092 | 0 | 35 | 2145 | 0 |
| 30 | 2571 | 0 | 30 | 3096 | 0 | 30 | 3087 | 0 | 35 | 2140 | 0 |
| 30 | 2566 | 0 | 30 | 3091 | 0 | 30 | 3082 | 0 | 35 | 2135 | 0 |
| 30 | 2561 | 0 | 30 | 3086 | 0 | 30 | 3077 | 0 | 35 | 2130 | 0 |
| 30 | 2556 | 0 | 30 | 3081 | 0 | 30 | 3072 | 0 | 35 | 2125 | 0 |
| 30 | 2551 | 0 | 30 | 3076 | 0 | 30 | 3067 | 0 | 35 | 2120 | 0 |
| 30 | 2546 | 0 | 30 | 3071 | 0 | 30 | 3062 | 0 | 35 | 2115 | 0 |
| 30 | 2541 | 0 | 30 | 3066 | 0 | 30 | 3057 | 0 | 35 | 2110 | 0 |
| 35 | 2601 | 25 | 35 | 3126 | 0 | 35 | 3115 | 507 | 40 | 2170 | 51 |
| 35 | 2596 | 25 | 35 | 3121 | 208 | 35 | 3110 | 286 | 40 | 2165 | 51 |
| 35 | 2591 | 39 | 35 | 3116 | 208 | 35 | 3105 | 91 | 40 | 2160 | 77 |
| 35 | 2586 | 39 | 35 | 3111 | 318 | 35 | 3100 | 215 | 40 | 2155 | 77 |
| 35 | 2581 | 39 | 35 | 3106 | 392 | 35 | 3095 | 286 | 40 | 2150 | 77 |
| 35 | 2576 | 0 | 35 | 3101 | 0 | 35 | 3090 | 0 | 40 | 2145 | 0 |
| 35 | 2571 | 0 | 35 | 3096 | 0 | 35 | 3085 | 0 | 40 | 2140 | 0 |
| 35 | 2566 | 0 | 35 | 3091 | 0 | 35 | 3080 | 0 | 40 | 2135 | 0 |
| 35 | 2561 | 0 | 35 | 3086 | 0 | 35 | 3075 | 0 | 40 | 2130 | 0 |
| 35 | 2556 | 0 | 35 | 3081 | 0 | 35 | 3070 | 0 | 40 | 2125 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|----|----|------|-----|----|------|-----|----|------|-----|
| 35 | 2551 | 0 | 35 | 3076 | 0 | 35 | 3065 | 0 | 40 | 2120 | 0 |
| 35 | 2546 | 0 | 35 | 3071 | 0 | 35 | 3060 | 0 | 40 | 2115 | 0 |
| 35 | 2541 | 0 | 35 | 3066 | 0 | 35 | 3055 | 0 | 40 | 2110 | 0 |
| 40 | 2601 | 25 | 40 | 3126 | 0 | 40 | 3116 | 673 | 45 | 2170 | 77 |
| 40 | 2596 | 25 | 40 | 3121 | 208 | 40 | 3111 | 286 | 45 | 2165 | 51 |
| 40 | 2591 | 39 | 40 | 3116 | 208 | 40 | 3106 | 121 | 45 | 2160 | 77 |
| 40 | 2586 | 39 | 40 | 3111 | 318 | 40 | 3101 | 215 | 45 | 2155 | 77 |
| 40 | 2581 | 39 | 40 | 3106 | 392 | 40 | 3096 | 215 | 45 | 2150 | 94 |
| 40 | 2576 | 0 | 40 | 3101 | 392 | 40 | 3091 | 0 | 45 | 2145 | 94 |
| 40 | 2571 | 0 | 40 | 3096 | 0 | 40 | 3086 | 0 | 45 | 2140 | 0 |
| 40 | 2566 | 0 | 40 | 3091 | 0 | 40 | 3081 | 0 | 45 | 2135 | 0 |
| 40 | 2561 | 0 | 40 | 3086 | 0 | 40 | 3076 | 0 | 45 | 2130 | 0 |
| 40 | 2556 | 0 | 40 | 3081 | 0 | 40 | 3071 | 0 | 45 | 2125 | 0 |
| 40 | 2551 | 0 | 40 | 3076 | 0 | 40 | 3066 | 0 | 45 | 2120 | 0 |
| 40 | 2546 | 0 | 40 | 3071 | 0 | 40 | 3061 | 0 | 45 | 2115 | 0 |
| 40 | 2541 | 0 | 40 | 3066 | 0 | 40 | 3056 | 0 | 45 | 2110 | 0 |
| 45 | 2602 | 25 | 45 | 3127 | 0 | 45 | 3117 | 673 | 50 | 2170 | 77 |
| 45 | 2597 | 39 | 45 | 3122 | 318 | 45 | 3112 | 215 | 50 | 2165 | 51 |
| 45 | 2592 | 39 | 45 | 3117 | 208 | 45 | 3107 | 286 | 50 | 2160 | 77 |
| 45 | 2587 | 25 | 45 | 3112 | 318 | 45 | 3102 | 286 | 50 | 2155 | 94 |
| 45 | 2582 | 39 | 45 | 3107 | 392 | 45 | 3097 | 215 | 50 | 2150 | 94 |
| 45 | 2577 | 48 | 45 | 3102 | 392 | 45 | 3092 | 215 | 50 | 2145 | 94 |
| 45 | 2572 | 0 | 45 | 3097 | 0 | 45 | 3087 | 0 | 50 | 2140 | 0 |
| 45 | 2567 | 0 | 45 | 3092 | 0 | 45 | 3082 | 0 | 50 | 2135 | 0 |
| 45 | 2562 | 0 | 45 | 3087 | 0 | 45 | 3077 | 0 | 50 | 2130 | 0 |
| 45 | 2557 | 0 | 45 | 3082 | 0 | 45 | 3072 | 0 | 50 | 2125 | 0 |
| 45 | 2552 | 0 | 45 | 3077 | 0 | 45 | 3067 | 0 | 50 | 2120 | 0 |
| 45 | 2547 | 0 | 45 | 3072 | 0 | 45 | 3062 | 0 | 50 | 2115 | 0 |
| 45 | 2542 | 0 | 45 | 3067 | 0 | 45 | 3057 | 0 | 50 | 2110 | 0 |
| 50 | 2601 | 20 | 50 | 3127 | 0 | 50 | 3117 | 507 | 55 | 2170 | 77 |
| 50 | 2596 | 39 | 50 | 3122 | 208 | 50 | 3112 | 215 | 55 | 2165 | 41 |
| 50 | 2591 | 25 | 50 | 3117 | 208 | 50 | 3107 | 286 | 55 | 2160 | 77 |
| 50 | 2586 | 25 | 50 | 3112 | 392 | 50 | 3102 | 215 | 55 | 2155 | 142 |
| 50 | 2581 | 25 | 50 | 3107 | 392 | 50 | 3097 | 215 | 55 | 2150 | 142 |
| 50 | 2576 | 48 | 50 | 3102 | 392 | 50 | 3092 | 215 | 55 | 2145 | 142 |
| 50 | 2571 | 0 | 50 | 3097 | 392 | 50 | 3087 | 0 | 55 | 2140 | 94 |
| 50 | 2566 | 0 | 50 | 3092 | 0 | 50 | 3082 | 0 | 55 | 2135 | 0 |
| 50 | 2561 | 0 | 50 | 3087 | 0 | 50 | 3077 | 0 | 55 | 2130 | 0 |
| 50 | 2556 | 0 | 50 | 3082 | 0 | 50 | 3072 | 0 | 55 | 2125 | 0 |
| 50 | 2551 | 0 | 50 | 3077 | 0 | 50 | 3067 | 0 | 55 | 2120 | 0 |
| 50 | 2546 | 0 | 50 | 3072 | 0 | 50 | 3062 | 0 | 55 | 2115 | 0 |
| 50 | 2541 | 0 | 50 | 3067 | 0 | 50 | 3057 | 0 | 55 | 2110 | 0 |
| 55 | 2600 | 20 | 55 | 3126 | 0 | 55 | 3116 | 507 | 60 | 2170 | 51 |
| 55 | 2595 | 48 | 55 | 3121 | 208 | 55 | 3111 | 215 | 60 | 2165 | 27 |
| 55 | 2590 | 39 | 55 | 3116 | 318 | 55 | 3106 | 215 | 60 | 2160 | 77 |
| 55 | 2585 | 20 | 55 | 3111 | 392 | 55 | 3101 | 215 | 60 | 2155 | 174 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|-----|----|------|-----|----|------|-----|
| 55 | 2580 | 20 | 55 | 3106 | 392 | 55 | 3096 | 215 | 60 | 2150 | 142 |
| 55 | 2575 | 48 | 55 | 3101 | 392 | 55 | 3091 | 215 | 60 | 2145 | 142 |
| 55 | 2570 | 91 | 55 | 3096 | 392 | 55 | 3086 | 215 | 60 | 2140 | 142 |
| 55 | 2565 | 0 | 55 | 3091 | 0 | 55 | 3081 | 0 | 60 | 2135 | 0 |
| 55 | 2560 | 0 | 55 | 3086 | 0 | 55 | 3076 | 0 | 60 | 2130 | 0 |
| 55 | 2555 | 0 | 55 | 3081 | 0 | 55 | 3071 | 0 | 60 | 2125 | 0 |
| 55 | 2550 | 0 | 55 | 3076 | 0 | 55 | 3066 | 0 | 60 | 2120 | 0 |
| 55 | 2545 | 0 | 55 | 3071 | 0 | 55 | 3061 | 0 | 60 | 2115 | 0 |
| 55 | 2540 | 0 | 55 | 3066 | 0 | 55 | 3056 | 0 | 60 | 2110 | 0 |
| 60 | 2600 | 20 | 60 | 3126 | 0 | 60 | 3117 | 673 | 70 | 2171 | 41 |
| 60 | 2595 | 48 | 60 | 3121 | 318 | 60 | 3112 | 121 | 70 | 2166 | 22 |
| 60 | 2590 | 48 | 60 | 3116 | 318 | 60 | 3107 | 215 | 70 | 2161 | 51 |
| 60 | 2585 | 20 | 60 | 3111 | 600 | 60 | 3102 | 215 | 70 | 2156 | 174 |
| 60 | 2580 | 20 | 60 | 3106 | 392 | 60 | 3097 | 215 | 70 | 2151 | 174 |
| 60 | 2575 | 48 | 60 | 3101 | 392 | 60 | 3092 | 215 | 70 | 2146 | 142 |
| 60 | 2570 | 91 | 60 | 3096 | 318 | 60 | 3087 | 215 | 70 | 2141 | 142 |
| 60 | 2565 | 0 | 60 | 3091 | 318 | 60 | 3082 | 0 | 70 | 2136 | 142 |
| 60 | 2560 | 0 | 60 | 3086 | 0 | 60 | 3077 | 0 | 70 | 2131 | 142 |
| 60 | 2555 | 0 | 60 | 3081 | 0 | 60 | 3072 | 0 | 70 | 2126 | 0 |
| 60 | 2550 | 0 | 60 | 3076 | 0 | 60 | 3067 | 0 | 70 | 2121 | 0 |
| 60 | 2545 | 0 | 60 | 3071 | 0 | 60 | 3062 | 0 | 70 | 2116 | 0 |
| 60 | 2540 | 0 | 60 | 3066 | 0 | 60 | 3057 | 0 | 70 | 2111 | 0 |
| 65 | 2600 | 20 | 65 | 3127 | 0 | 65 | 3117 | 507 | 75 | 2171 | 41 |
| 65 | 2595 | 48 | 65 | 3122 | 318 | 65 | 3112 | 121 | 75 | 2166 | 22 |
| 65 | 2590 | 74 | 65 | 3117 | 392 | 65 | 3107 | 215 | 75 | 2161 | 51 |
| 65 | 2585 | 20 | 65 | 3112 | 392 | 65 | 3102 | 286 | 75 | 2156 | 174 |
| 65 | 2580 | 20 | 65 | 3107 | 392 | 65 | 3097 | 286 | 75 | 2151 | 174 |
| 65 | 2575 | 39 | 65 | 3102 | 318 | 65 | 3092 | 286 | 75 | 2146 | 142 |
| 65 | 2570 | 91 | 65 | 3097 | 208 | 65 | 3087 | 286 | 75 | 2141 | 142 |
| 65 | 2565 | 140 | 65 | 3092 | 208 | 65 | 3082 | 286 | 75 | 2136 | 142 |
| 65 | 2560 | 0 | 65 | 3087 | 0 | 65 | 3077 | 0 | 75 | 2131 | 142 |
| 65 | 2555 | 0 | 65 | 3082 | 0 | 65 | 3072 | 0 | 75 | 2126 | 0 |
| 65 | 2550 | 0 | 65 | 3077 | 0 | 65 | 3067 | 0 | 75 | 2121 | 0 |
| 65 | 2545 | 0 | 65 | 3072 | 0 | 65 | 3062 | 0 | 75 | 2116 | 0 |
| 65 | 2540 | 0 | 65 | 3067 | 0 | 65 | 3057 | 0 | 75 | 2111 | 0 |
| 70 | 2600 | 13 | 70 | 3127 | 0 | 70 | 3117 | 507 | 80 | 2171 | 41 |
| 70 | 2595 | 39 | 70 | 3122 | 392 | 70 | 3112 | 121 | 80 | 2166 | 41 |
| 70 | 2590 | 48 | 70 | 3117 | 392 | 70 | 3107 | 286 | 80 | 2161 | 51 |
| 70 | 2585 | 25 | 70 | 3112 | 392 | 70 | 3102 | 507 | 80 | 2156 | 142 |
| 70 | 2580 | 20 | 70 | 3107 | 318 | 70 | 3097 | 673 | 80 | 2151 | 142 |
| 70 | 2575 | 39 | 70 | 3102 | 208 | 70 | 3092 | 507 | 80 | 2146 | 142 |
| 70 | 2570 | 91 | 70 | 3097 | 169 | 70 | 3087 | 507 | 80 | 2141 | 142 |
| 70 | 2565 | 140 | 70 | 3092 | 169 | 70 | 3082 | 507 | 80 | 2136 | 142 |
| 70 | 2560 | 140 | 70 | 3087 | 169 | 70 | 3077 | 0 | 80 | 2131 | 142 |
| 70 | 2555 | 0 | 70 | 3082 | 0 | 70 | 3072 | 0 | 80 | 2126 | 142 |
| 70 | 2550 | 0 | 70 | 3077 | 0 | 70 | 3067 | 0 | 80 | 2121 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|-----|----|------|-----|-----|------|-----|
| 70 | 2545 | 0 | 70 | 3072 | 0 | 70 | 3062 | 0 | 80 | 2116 | 0 |
| 70 | 2540 | 0 | 70 | 3067 | 0 | 70 | 3057 | 0 | 80 | 2111 | 0 |
| 75 | 2599 | 13 | 75 | 3127 | 0 | 75 | 3117 | 507 | 85 | 2171 | 51 |
| 75 | 2594 | 39 | 75 | 3122 | 392 | 75 | 3112 | 121 | 85 | 2166 | 51 |
| 75 | 2589 | 39 | 75 | 3117 | 392 | 75 | 3107 | 286 | 85 | 2161 | 77 |
| 75 | 2584 | 25 | 75 | 3112 | 318 | 75 | 3102 | 673 | 85 | 2156 | 94 |
| 75 | 2579 | 25 | 75 | 3107 | 208 | 75 | 3097 | 673 | 85 | 2151 | 77 |
| 75 | 2574 | 39 | 75 | 3102 | 169 | 75 | 3092 | 673 | 85 | 2146 | 94 |
| 75 | 2569 | 74 | 75 | 3097 | 169 | 75 | 3087 | 673 | 85 | 2141 | 94 |
| 75 | 2564 | 140 | 75 | 3092 | 169 | 75 | 3082 | 673 | 85 | 2136 | 94 |
| 75 | 2559 | 140 | 75 | 3087 | 169 | 75 | 3077 | 673 | 85 | 2131 | 142 |
| 75 | 2554 | 0 | 75 | 3082 | 169 | 75 | 3072 | 0 | 85 | 2126 | 142 |
| 75 | 2549 | 0 | 75 | 3077 | 0 | 75 | 3067 | 0 | 85 | 2121 | 0 |
| 75 | 2544 | 0 | 75 | 3072 | 0 | 75 | 3062 | 0 | 85 | 2116 | 0 |
| 75 | 2539 | 0 | 75 | 3067 | 0 | 75 | 3057 | 0 | 85 | 2111 | 0 |
| 80 | 2600 | 20 | 80 | 3128 | 0 | 80 | 3116 | 673 | 90 | 2171 | 77 |
| 80 | 2595 | 39 | 80 | 3123 | 392 | 80 | 3111 | 215 | 90 | 2166 | 77 |
| 80 | 2590 | 39 | 80 | 3118 | 392 | 80 | 3106 | 215 | 90 | 2161 | 51 |
| 80 | 2585 | 39 | 80 | 3113 | 208 | 80 | 3101 | 673 | 90 | 2156 | 51 |
| 80 | 2580 | 25 | 80 | 3108 | 110 | 80 | 3096 | 673 | 90 | 2151 | 51 |
| 80 | 2575 | 39 | 80 | 3103 | 110 | 80 | 3091 | 673 | 90 | 2146 | 77 |
| 80 | 2570 | 91 | 80 | 3098 | 110 | 80 | 3086 | 673 | 90 | 2141 | 77 |
| 80 | 2565 | 140 | 80 | 3093 | 169 | 80 | 3081 | 673 | 90 | 2136 | 94 |
| 80 | 2560 | 140 | 80 | 3088 | 169 | 80 | 3076 | 673 | 90 | 2131 | 142 |
| 80 | 2555 | 140 | 80 | 3083 | 208 | 80 | 3071 | 0 | 90 | 2126 | 142 |
| 80 | 2550 | 0 | 80 | 3078 | 0 | 80 | 3066 | 0 | 90 | 2121 | 142 |
| 80 | 2545 | 0 | 80 | 3073 | 0 | 80 | 3061 | 0 | 90 | 2116 | 0 |
| 80 | 2540 | 0 | 80 | 3068 | 0 | 80 | 3056 | 0 | 90 | 2111 | 0 |
| 85 | 2599 | 20 | 85 | 3128 | 0 | 85 | 3116 | 673 | 95 | 2172 | 77 |
| 85 | 2594 | 39 | 85 | 3123 | 392 | 85 | 3111 | 215 | 95 | 2167 | 77 |
| 85 | 2589 | 39 | 85 | 3118 | 392 | 85 | 3106 | 121 | 95 | 2162 | 41 |
| 85 | 2584 | 39 | 85 | 3113 | 169 | 85 | 3101 | 286 | 95 | 2157 | 41 |
| 85 | 2579 | 39 | 85 | 3108 | 169 | 85 | 3096 | 507 | 95 | 2152 | 41 |
| 85 | 2574 | 48 | 85 | 3103 | 110 | 85 | 3091 | 673 | 95 | 2147 | 51 |
| 85 | 2569 | 91 | 85 | 3098 | 169 | 85 | 3086 | 673 | 95 | 2142 | 77 |
| 85 | 2564 | 140 | 85 | 3093 | 208 | 85 | 3081 | 673 | 95 | 2137 | 94 |
| 85 | 2559 | 140 | 85 | 3088 | 208 | 85 | 3076 | 673 | 95 | 2132 | 142 |
| 85 | 2554 | 140 | 85 | 3083 | 318 | 85 | 3071 | 673 | 95 | 2127 | 142 |
| 85 | 2549 | 0 | 85 | 3078 | 0 | 85 | 3066 | 0 | 95 | 2122 | 142 |
| 85 | 2544 | 0 | 85 | 3073 | 0 | 85 | 3061 | 0 | 95 | 2117 | 142 |
| 85 | 2539 | 0 | 85 | 3068 | 0 | 85 | 3056 | 0 | 95 | 2112 | 0 |
| 90 | 2599 | 0 | 90 | 3128 | 0 | 90 | 3115 | 673 | 100 | 2172 | 51 |
| 90 | 2594 | 25 | 90 | 3123 | 392 | 90 | 3110 | 286 | 100 | 2167 | 51 |
| 90 | 2589 | 39 | 90 | 3118 | 318 | 90 | 3105 | 121 | 100 | 2162 | 27 |
| 90 | 2584 | 39 | 90 | 3113 | 208 | 90 | 3100 | 215 | 100 | 2157 | 27 |
| 90 | 2579 | 39 | 90 | 3108 | 208 | 90 | 3095 | 507 | 100 | 2152 | 41 |

| Pozos EMAPAR | | | Punín | | | Pungalá | | | Licto | | |
|--------------|------|-----|-------|------|-----|---------|------|-----|-------|------|----|
| X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 5 | 2993 | 614 | 5 | 3213 | 0 | 5 | 3210 | 0 | 5 | 3263 | 0 |
| 5 | 2988 | 0 | 5 | 3208 | 100 | 5 | 3205 | 42 | 5 | 3258 | 0 |
| 5 | 2983 | 0 | 5 | 3203 | 0 | 5 | 3200 | 0 | 5 | 3253 | 23 |
| 5 | 2978 | 0 | 5 | 3198 | 0 | 5 | 3195 | 0 | 5 | 3248 | 0 |
| 5 | 2973 | 0 | 5 | 3193 | 0 | 5 | 3190 | 0 | 5 | 3243 | 0 |
| 5 | 2968 | 0 | 5 | 3188 | 0 | 5 | 3185 | 0 | 5 | 3238 | 0 |
| 5 | 2963 | 0 | 5 | 3183 | 0 | 5 | 3180 | 0 | 5 | 3233 | 0 |
| 5 | 2958 | 0 | 5 | 3178 | 0 | 5 | 3175 | 0 | 5 | 3228 | 0 |
| 5 | 2953 | 0 | 5 | 3173 | 0 | 5 | 3170 | 0 | 5 | 3223 | 0 |
| 5 | 2948 | 0 | 5 | 3168 | 0 | 5 | 3165 | 0 | 5 | 3218 | 0 |
| 5 | 2943 | 0 | 5 | 3163 | 0 | 5 | 3160 | 0 | 5 | 3213 | 0 |
| 5 | 2938 | 0 | 5 | 3158 | 0 | 5 | 3155 | 0 | 5 | 3208 | 0 |
| 5 | 2933 | 0 | 5 | 3153 | 0 | 5 | 3150 | 0 | 5 | 3203 | 0 |
| 10 | 2996 | 778 | 10 | 3213 | 0 | 10 | 3210 | 0 | 10 | 3263 | 0 |
| 10 | 2991 | 72 | 10 | 3208 | 51 | 10 | 3205 | 78 | 10 | 3258 | 0 |
| 10 | 2986 | 0 | 10 | 3203 | 26 | 10 | 3200 | 0 | 10 | 3253 | 18 |
| 10 | 2981 | 0 | 10 | 3198 | 0 | 10 | 3195 | 0 | 10 | 3248 | 0 |
| 10 | 2976 | 0 | 10 | 3193 | 0 | 10 | 3190 | 0 | 10 | 3243 | 0 |
| 10 | 2971 | 0 | 10 | 3188 | 0 | 10 | 3185 | 0 | 10 | 3238 | 0 |
| 10 | 2966 | 0 | 10 | 3183 | 0 | 10 | 3180 | 0 | 10 | 3233 | 0 |
| 10 | 2961 | 0 | 10 | 3178 | 0 | 10 | 3175 | 0 | 10 | 3228 | 0 |
| 10 | 2956 | 0 | 10 | 3173 | 0 | 10 | 3170 | 0 | 10 | 3223 | 0 |
| 10 | 2951 | 0 | 10 | 3168 | 0 | 10 | 3165 | 0 | 10 | 3218 | 0 |
| 10 | 2946 | 0 | 10 | 3163 | 0 | 10 | 3160 | 0 | 10 | 3213 | 0 |
| 10 | 2941 | 0 | 10 | 3158 | 0 | 10 | 3155 | 0 | 10 | 3208 | 0 |
| 10 | 2936 | 0 | 10 | 3153 | 0 | 10 | 3150 | 0 | 10 | 3203 | 0 |
| 15 | 2994 | 147 | 15 | 3212 | 0 | 15 | 3210 | 0 | 15 | 3262 | 0 |
| 15 | 2989 | 186 | 15 | 3207 | 51 | 15 | 3205 | 51 | 15 | 3257 | 0 |
| 15 | 2984 | 0 | 15 | 3202 | 26 | 15 | 3200 | 145 | 15 | 3252 | 18 |
| 15 | 2979 | 0 | 15 | 3197 | 0 | 15 | 3195 | 0 | 15 | 3247 | 18 |
| 15 | 2974 | 0 | 15 | 3192 | 0 | 15 | 3190 | 0 | 15 | 3242 | 0 |
| 15 | 2969 | 0 | 15 | 3187 | 0 | 15 | 3185 | 0 | 15 | 3237 | 0 |
| 15 | 2964 | 0 | 15 | 3182 | 0 | 15 | 3180 | 0 | 15 | 3232 | 0 |
| 15 | 2959 | 0 | 15 | 3177 | 0 | 15 | 3175 | 0 | 15 | 3227 | 0 |
| 15 | 2954 | 0 | 15 | 3172 | 0 | 15 | 3170 | 0 | 15 | 3222 | 0 |
| 15 | 2949 | 0 | 15 | 3167 | 0 | 15 | 3165 | 0 | 15 | 3217 | 0 |
| 15 | 2944 | 0 | 15 | 3162 | 0 | 15 | 3160 | 0 | 15 | 3212 | 0 |
| 15 | 2939 | 0 | 15 | 3157 | 0 | 15 | 3155 | 0 | 15 | 3207 | 0 |
| 15 | 2934 | 0 | 15 | 3152 | 0 | 15 | 3150 | 0 | 15 | 3202 | 0 |
| 20 | 2994 | 300 | 20 | 3212 | 0 | 20 | 3210 | 0 | 20 | 3262 | 0 |
| 20 | 2989 | 72 | 20 | 3207 | 51 | 20 | 3205 | 51 | 20 | 3257 | 0 |
| 20 | 2984 | 186 | 20 | 3202 | 26 | 20 | 3200 | 51 | 20 | 3252 | 18 |
| 20 | 2979 | 0 | 20 | 3197 | 26 | 20 | 3195 | 7 | 20 | 3247 | 18 |
| 20 | 2974 | 0 | 20 | 3192 | 0 | 20 | 3190 | 0 | 20 | 3242 | 47 |

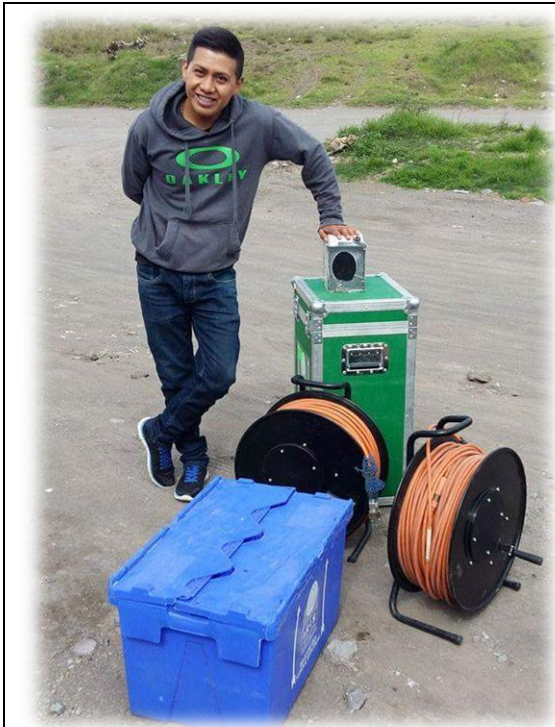
| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
| 20 | 2969 | 0 | 20 | 3187 | 0 | 20 | 3185 | 0 | 20 | 3237 | 0 |
| 20 | 2964 | 0 | 20 | 3182 | 0 | 20 | 3180 | 0 | 20 | 3232 | 0 |
| 20 | 2959 | 0 | 20 | 3177 | 0 | 20 | 3175 | 0 | 20 | 3227 | 0 |
| 20 | 2954 | 0 | 20 | 3172 | 0 | 20 | 3170 | 0 | 20 | 3222 | 0 |
| 20 | 2949 | 0 | 20 | 3167 | 0 | 20 | 3165 | 0 | 20 | 3217 | 0 |
| 20 | 2944 | 0 | 20 | 3162 | 0 | 20 | 3160 | 0 | 20 | 3212 | 0 |
| 20 | 2939 | 0 | 20 | 3157 | 0 | 20 | 3155 | 0 | 20 | 3207 | 0 |
| 20 | 2934 | 0 | 20 | 3152 | 0 | 20 | 3150 | 0 | 20 | 3202 | 0 |
| 25 | 2992 | 186 | 25 | 3211 | 0 | 25 | 3210 | 0 | 25 | 3262 | 0 |
| 25 | 2987 | 72 | 25 | 3206 | 51 | 25 | 3205 | 51 | 25 | 3257 | 0 |
| 25 | 2982 | 300 | 25 | 3201 | 26 | 25 | 3200 | 42 | 25 | 3252 | 23 |
| 25 | 2977 | 778 | 25 | 3196 | 26 | 25 | 3195 | 22 | 25 | 3247 | 18 |
| 25 | 2972 | 0 | 25 | 3191 | 0 | 25 | 3190 | 0 | 25 | 3242 | 47 |
| 25 | 2967 | 0 | 25 | 3186 | 0 | 25 | 3185 | 0 | 25 | 3237 | 0 |
| 25 | 2962 | 0 | 25 | 3181 | 0 | 25 | 3180 | 0 | 25 | 3232 | 0 |
| 25 | 2957 | 0 | 25 | 3176 | 0 | 25 | 3175 | 0 | 25 | 3227 | 0 |
| 25 | 2952 | 0 | 25 | 3171 | 0 | 25 | 3170 | 0 | 25 | 3222 | 0 |
| 25 | 2947 | 0 | 25 | 3166 | 0 | 25 | 3165 | 0 | 25 | 3217 | 0 |
| 25 | 2942 | 0 | 25 | 3161 | 0 | 25 | 3160 | 0 | 25 | 3212 | 0 |
| 25 | 2937 | 0 | 25 | 3156 | 0 | 25 | 3155 | 0 | 25 | 3207 | 0 |
| 25 | 2932 | 0 | 25 | 3151 | 0 | 25 | 3150 | 0 | 25 | 3202 | 0 |
| 30 | 2993 | 300 | 30 | 3211 | 0 | 30 | 3210 | 0 | 30 | 3262 | 0 |
| 30 | 2988 | 72 | 30 | 3206 | 0 | 30 | 3205 | 51 | 30 | 3257 | 0 |
| 30 | 2983 | 300 | 30 | 3201 | 26 | 30 | 3200 | 42 | 30 | 3252 | 37 |
| 30 | 2978 | 778 | 30 | 3196 | 26 | 30 | 3195 | 42 | 30 | 3247 | 18 |
| 30 | 2973 | 0 | 30 | 3191 | 26 | 30 | 3190 | 51 | 30 | 3242 | 37 |
| 30 | 2968 | 0 | 30 | 3186 | 0 | 30 | 3185 | 0 | 30 | 3237 | 0 |
| 30 | 2963 | 0 | 30 | 3181 | 0 | 30 | 3180 | 0 | 30 | 3232 | 0 |
| 30 | 2958 | 0 | 30 | 3176 | 0 | 30 | 3175 | 0 | 30 | 3227 | 0 |
| 30 | 2953 | 0 | 30 | 3171 | 0 | 30 | 3170 | 0 | 30 | 3222 | 0 |
| 30 | 2948 | 0 | 30 | 3166 | 0 | 30 | 3165 | 0 | 30 | 3217 | 0 |
| 30 | 2943 | 0 | 30 | 3161 | 0 | 30 | 3160 | 0 | 30 | 3212 | 0 |
| 30 | 2938 | 0 | 30 | 3156 | 0 | 30 | 3155 | 0 | 30 | 3207 | 0 |
| 30 | 2933 | 0 | 30 | 3151 | 0 | 30 | 3150 | 0 | 30 | 3202 | 0 |
| 35 | 2992 | 300 | 35 | 3210 | 0 | 35 | 3210 | 0 | 35 | 3261 | 0 |
| 35 | 2987 | 72 | 35 | 3205 | 0 | 35 | 3205 | 51 | 35 | 3256 | 0 |
| 35 | 2982 | 186 | 35 | 3200 | 26 | 35 | 3200 | 28 | 35 | 3251 | 37 |
| 35 | 2977 | 778 | 35 | 3195 | 21 | 35 | 3195 | 42 | 35 | 3246 | 18 |
| 35 | 2972 | 380 | 35 | 3190 | 26 | 35 | 3190 | 51 | 35 | 3241 | 37 |
| 35 | 2967 | 0 | 35 | 3185 | 21 | 35 | 3185 | 0 | 35 | 3236 | 37 |
| 35 | 2962 | 0 | 35 | 3180 | 0 | 35 | 3180 | 0 | 35 | 3231 | 0 |
| 35 | 2957 | 0 | 35 | 3175 | 0 | 35 | 3175 | 0 | 35 | 3226 | 0 |
| 35 | 2952 | 0 | 35 | 3170 | 0 | 35 | 3170 | 0 | 35 | 3221 | 0 |
| 35 | 2947 | 0 | 35 | 3165 | 0 | 35 | 3165 | 0 | 35 | 3216 | 0 |
| 35 | 2942 | 0 | 35 | 3160 | 0 | 35 | 3160 | 0 | 35 | 3211 | 0 |
| 35 | 2937 | 0 | 35 | 3155 | 0 | 35 | 3155 | 0 | 35 | 3206 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
| 35 | 2932 | 0 | 35 | 3150 | 0 | 35 | 3150 | 0 | 35 | 3201 | 0 |
| 40 | 2992 | 380 | 40 | 3210 | 0 | 40 | 3209 | 0 | 40 | 3261 | 0 |
| 40 | 2987 | 72 | 40 | 3205 | 0 | 40 | 3204 | 78 | 40 | 3256 | 0 |
| 40 | 2982 | 186 | 40 | 3200 | 41 | 40 | 3199 | 28 | 40 | 3251 | 37 |
| 40 | 2977 | 778 | 40 | 3195 | 21 | 40 | 3194 | 28 | 40 | 3246 | 23 |
| 40 | 2972 | 380 | 40 | 3190 | 26 | 40 | 3189 | 51 | 40 | 3241 | 37 |
| 40 | 2967 | 300 | 40 | 3185 | 26 | 40 | 3184 | 51 | 40 | 3236 | 37 |
| 40 | 2962 | 0 | 40 | 3180 | 0 | 40 | 3179 | 0 | 40 | 3231 | 23 |
| 40 | 2957 | 0 | 40 | 3175 | 0 | 40 | 3174 | 0 | 40 | 3226 | 0 |
| 40 | 2952 | 0 | 40 | 3170 | 0 | 40 | 3169 | 0 | 40 | 3221 | 0 |
| 40 | 2947 | 0 | 40 | 3165 | 0 | 40 | 3164 | 0 | 40 | 3216 | 0 |
| 40 | 2942 | 0 | 40 | 3160 | 0 | 40 | 3159 | 0 | 40 | 3211 | 0 |
| 40 | 2937 | 0 | 40 | 3155 | 0 | 40 | 3154 | 0 | 40 | 3206 | 0 |
| 40 | 2932 | 0 | 40 | 3150 | 0 | 40 | 3149 | 0 | 40 | 3201 | 0 |
| 45 | 2993 | 380 | 45 | 3210 | 0 | 45 | 3208 | 0 | 45 | 3260 | 0 |
| 45 | 2988 | 72 | 45 | 3205 | 0 | 45 | 3203 | 78 | 45 | 3255 | 0 |
| 45 | 2983 | 186 | 45 | 3200 | 41 | 45 | 3198 | 22 | 45 | 3250 | 23 |
| 45 | 2978 | 778 | 45 | 3195 | 21 | 45 | 3193 | 28 | 45 | 3245 | 23 |
| 45 | 2973 | 778 | 45 | 3190 | 26 | 45 | 3188 | 42 | 45 | 3240 | 37 |
| 45 | 2968 | 380 | 45 | 3185 | 41 | 45 | 3183 | 51 | 45 | 3235 | 23 |
| 45 | 2963 | 0 | 45 | 3180 | 21 | 45 | 3178 | 0 | 45 | 3230 | 23 |
| 45 | 2958 | 0 | 45 | 3175 | 0 | 45 | 3173 | 0 | 45 | 3225 | 0 |
| 45 | 2953 | 0 | 45 | 3170 | 0 | 45 | 3168 | 0 | 45 | 3220 | 0 |
| 45 | 2948 | 0 | 45 | 3165 | 0 | 45 | 3163 | 0 | 45 | 3215 | 0 |
| 45 | 2943 | 0 | 45 | 3160 | 0 | 45 | 3158 | 0 | 45 | 3210 | 0 |
| 45 | 2938 | 0 | 45 | 3155 | 0 | 45 | 3153 | 0 | 45 | 3205 | 0 |
| 45 | 2933 | 0 | 45 | 3150 | 0 | 45 | 3148 | 0 | 45 | 3200 | 0 |
| 50 | 2992 | 380 | 50 | 3210 | 0 | 50 | 3208 | 0 | 50 | 3259 | 0 |
| 50 | 2987 | 72 | 50 | 3205 | 0 | 50 | 3203 | 78 | 50 | 3254 | 0 |
| 50 | 2982 | 186 | 50 | 3200 | 51 | 50 | 3198 | 28 | 50 | 3249 | 0 |
| 50 | 2977 | 778 | 50 | 3195 | 21 | 50 | 3193 | 42 | 50 | 3244 | 37 |
| 50 | 2972 | 778 | 50 | 3190 | 26 | 50 | 3188 | 42 | 50 | 3239 | 23 |
| 50 | 2967 | 614 | 50 | 3185 | 41 | 50 | 3183 | 42 | 50 | 3234 | 23 |
| 50 | 2962 | 300 | 50 | 3180 | 26 | 50 | 3178 | 12 | 50 | 3229 | 18 |
| 50 | 2957 | 0 | 50 | 3175 | 0 | 50 | 3173 | 0 | 50 | 3224 | 18 |
| 50 | 2952 | 0 | 50 | 3170 | 0 | 50 | 3168 | 0 | 50 | 3219 | 0 |
| 50 | 2947 | 0 | 50 | 3165 | 0 | 50 | 3163 | 0 | 50 | 3214 | 0 |
| 50 | 2942 | 0 | 50 | 3160 | 0 | 50 | 3158 | 0 | 50 | 3209 | 0 |
| 50 | 2937 | 0 | 50 | 3155 | 0 | 50 | 3153 | 0 | 50 | 3204 | 0 |
| 50 | 2932 | 0 | 50 | 3150 | 0 | 50 | 3148 | 0 | 50 | 3199 | 0 |
| 55 | 2992 | 300 | 55 | 3210 | 0 | 55 | 3208 | 0 | 55 | 3260 | 0 |
| 55 | 2987 | 72 | 55 | 3205 | 0 | 55 | 3203 | 51 | 55 | 3255 | 0 |
| 55 | 2982 | 300 | 55 | 3200 | 51 | 55 | 3198 | 42 | 55 | 3250 | 23 |
| 55 | 2977 | 778 | 55 | 3195 | 21 | 55 | 3193 | 42 | 55 | 3245 | 37 |
| 55 | 2972 | 778 | 55 | 3190 | 21 | 55 | 3188 | 42 | 55 | 3240 | 23 |
| 55 | 2967 | 778 | 55 | 3185 | 41 | 55 | 3183 | 42 | 55 | 3235 | 18 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
| 55 | 2962 | 614 | 55 | 3180 | 41 | 55 | 3178 | 12 | 55 | 3230 | 18 |
| 55 | 2957 | 0 | 55 | 3175 | 21 | 55 | 3173 | 12 | 55 | 3225 | 18 |
| 55 | 2952 | 0 | 55 | 3170 | 0 | 55 | 3168 | 0 | 55 | 3220 | 0 |
| 55 | 2947 | 0 | 55 | 3165 | 0 | 55 | 3163 | 0 | 55 | 3215 | 0 |
| 55 | 2942 | 0 | 55 | 3160 | 0 | 55 | 3158 | 0 | 55 | 3210 | 0 |
| 55 | 2937 | 0 | 55 | 3155 | 0 | 55 | 3153 | 0 | 55 | 3205 | 0 |
| 55 | 2932 | 0 | 55 | 3150 | 0 | 55 | 3148 | 0 | 55 | 3200 | 0 |
| 60 | 2992 | 300 | 60 | 3210 | 0 | 60 | 3206 | 0 | 60 | 3260 | 0 |
| 60 | 2987 | 91 | 60 | 3205 | 0 | 60 | 3201 | 51 | 60 | 3255 | 0 |
| 60 | 2982 | 380 | 60 | 3200 | 51 | 60 | 3196 | 51 | 60 | 3250 | 23 |
| 60 | 2977 | 300 | 60 | 3195 | 21 | 60 | 3191 | 42 | 60 | 3245 | 37 |
| 60 | 2972 | 380 | 60 | 3190 | 21 | 60 | 3186 | 42 | 60 | 3240 | 18 |
| 60 | 2967 | 614 | 60 | 3185 | 41 | 60 | 3181 | 28 | 60 | 3235 | 18 |
| 60 | 2962 | 614 | 60 | 3180 | 41 | 60 | 3176 | 15 | 60 | 3230 | 18 |
| 60 | 2957 | 186 | 60 | 3175 | 21 | 60 | 3171 | 12 | 60 | 3225 | 18 |
| 60 | 2952 | 0 | 60 | 3170 | 0 | 60 | 3166 | 0 | 60 | 3220 | 0 |
| 60 | 2947 | 0 | 60 | 3165 | 0 | 60 | 3161 | 0 | 60 | 3215 | 0 |
| 60 | 2942 | 0 | 60 | 3160 | 0 | 60 | 3156 | 0 | 60 | 3210 | 0 |
| 60 | 2937 | 0 | 60 | 3155 | 0 | 60 | 3151 | 0 | 60 | 3205 | 0 |
| 60 | 2932 | 0 | 60 | 3150 | 0 | 60 | 3146 | 0 | 60 | 3200 | 0 |
| 65 | 2993 | 300 | 65 | 3210 | 0 | 65 | 3207 | 0 | 65 | 3260 | 0 |
| 65 | 2988 | 91 | 65 | 3205 | 0 | 65 | 3202 | 51 | 65 | 3255 | 0 |
| 65 | 2983 | 186 | 65 | 3200 | 51 | 65 | 3197 | 51 | 65 | 3250 | 23 |
| 65 | 2978 | 147 | 65 | 3195 | 26 | 65 | 3192 | 28 | 65 | 3245 | 37 |
| 65 | 2973 | 300 | 65 | 3190 | 21 | 65 | 3187 | 28 | 65 | 3240 | 18 |
| 65 | 2968 | 614 | 65 | 3185 | 26 | 65 | 3182 | 22 | 65 | 3235 | 18 |
| 65 | 2963 | 614 | 65 | 3180 | 26 | 65 | 3177 | 15 | 65 | 3230 | 18 |
| 65 | 2958 | 380 | 65 | 3175 | 13 | 65 | 3172 | 15 | 65 | 3225 | 18 |
| 65 | 2953 | 0 | 65 | 3170 | 13 | 65 | 3167 | 12 | 65 | 3220 | 18 |
| 65 | 2948 | 0 | 65 | 3165 | 0 | 65 | 3162 | 0 | 65 | 3215 | 0 |
| 65 | 2943 | 0 | 65 | 3160 | 0 | 65 | 3157 | 0 | 65 | 3210 | 0 |
| 65 | 2938 | 0 | 65 | 3155 | 0 | 65 | 3152 | 0 | 65 | 3205 | 0 |
| 65 | 2933 | 0 | 65 | 3150 | 0 | 65 | 3147 | 0 | 65 | 3200 | 0 |
| 70 | 2991 | 0 | 70 | 3210 | 0 | 70 | 3206 | 0 | 70 | 3260 | 0 |
| 70 | 2986 | 91 | 70 | 3205 | 0 | 70 | 3201 | 78 | 70 | 3255 | 0 |
| 70 | 2981 | 186 | 70 | 3200 | 51 | 70 | 3196 | 42 | 70 | 3250 | 23 |
| 70 | 2976 | 300 | 70 | 3195 | 21 | 70 | 3191 | 28 | 70 | 3245 | 37 |
| 70 | 2971 | 380 | 70 | 3190 | 21 | 70 | 3186 | 28 | 70 | 3240 | 18 |
| 70 | 2966 | 614 | 70 | 3185 | 26 | 70 | 3181 | 22 | 70 | 3235 | 18 |
| 70 | 2961 | 614 | 70 | 3180 | 26 | 70 | 3176 | 15 | 70 | 3230 | 18 |
| 70 | 2956 | 380 | 70 | 3175 | 13 | 70 | 3171 | 15 | 70 | 3225 | 18 |
| 70 | 2951 | 0 | 70 | 3170 | 10 | 70 | 3166 | 15 | 70 | 3220 | 18 |
| 70 | 2946 | 0 | 70 | 3165 | 0 | 70 | 3161 | 0 | 70 | 3215 | 0 |
| 70 | 2941 | 0 | 70 | 3160 | 0 | 70 | 3156 | 0 | 70 | 3210 | 0 |
| 70 | 2936 | 0 | 70 | 3155 | 0 | 70 | 3151 | 0 | 70 | 3205 | 0 |
| 70 | 2931 | 0 | 70 | 3150 | 0 | 70 | 3146 | 0 | 70 | 3200 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|-----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
| 75 | 2991 | 0 | 75 | 3210 | 0 | 75 | 3206 | 0 | 80 | 3263 | 0 |
| 75 | 2986 | 91 | 75 | 3205 | 0 | 75 | 3201 | 0 | 80 | 3258 | 0 |
| 75 | 2981 | 300 | 75 | 3200 | 51 | 75 | 3196 | 42 | 80 | 3253 | 37 |
| 75 | 2976 | 778 | 75 | 3195 | 21 | 75 | 3191 | 42 | 80 | 3248 | 37 |
| 75 | 2971 | 614 | 75 | 3190 | 26 | 75 | 3186 | 42 | 80 | 3243 | 18 |
| 75 | 2966 | 380 | 75 | 3185 | 26 | 75 | 3181 | 28 | 80 | 3238 | 18 |
| 75 | 2961 | 614 | 75 | 3180 | 21 | 75 | 3176 | 22 | 80 | 3233 | 18 |
| 75 | 2956 | 380 | 75 | 3175 | 10 | 75 | 3171 | 22 | 80 | 3228 | 18 |
| 75 | 2951 | 186 | 75 | 3170 | 10 | 75 | 3166 | 22 | 80 | 3223 | 18 |
| 75 | 2946 | 0 | 75 | 3165 | 10 | 75 | 3161 | 22 | 80 | 3218 | 18 |
| 75 | 2941 | 0 | 75 | 3160 | 0 | 75 | 3156 | 0 | 80 | 3213 | 0 |
| 75 | 2936 | 0 | 75 | 3155 | 0 | 75 | 3151 | 0 | 80 | 3208 | 0 |
| 75 | 2931 | 0 | 75 | 3150 | 0 | 75 | 3146 | 0 | 80 | 3203 | 0 |
| 80 | 2989 | 0 | 80 | 3210 | 0 | 80 | 3205 | 0 | 85 | 3263 | 0 |
| 80 | 2984 | 91 | 80 | 3205 | 0 | 80 | 3200 | 0 | 85 | 3258 | 0 |
| 80 | 2979 | 186 | 80 | 3200 | 26 | 80 | 3195 | 42 | 85 | 3253 | 37 |
| 80 | 2974 | 778 | 80 | 3195 | 26 | 80 | 3190 | 42 | 85 | 3248 | 37 |
| 80 | 2969 | 614 | 80 | 3190 | 41 | 80 | 3185 | 42 | 85 | 3243 | 23 |
| 80 | 2964 | 380 | 80 | 3185 | 26 | 80 | 3180 | 28 | 85 | 3238 | 18 |
| 80 | 2959 | 380 | 80 | 3180 | 13 | 80 | 3175 | 22 | 85 | 3233 | 18 |
| 80 | 2954 | 380 | 80 | 3175 | 10 | 80 | 3170 | 22 | 85 | 3228 | 18 |
| 80 | 2949 | 300 | 80 | 3170 | 10 | 80 | 3165 | 22 | 85 | 3223 | 18 |
| 80 | 2944 | 0 | 80 | 3165 | 10 | 80 | 3160 | 22 | 85 | 3218 | 18 |
| 80 | 2939 | 0 | 80 | 3160 | 0 | 80 | 3155 | 22 | 85 | 3213 | 18 |
| 80 | 2934 | 0 | 80 | 3155 | 0 | 80 | 3150 | 0 | 85 | 3208 | 0 |
| 80 | 2929 | 0 | 80 | 3150 | 0 | 80 | 3145 | 0 | 85 | 3203 | 0 |
| 85 | 2991 | 0 | 85 | 3210 | 0 | 85 | 3205 | 0 | 90 | 3264 | 0 |
| 85 | 2986 | 147 | 85 | 3205 | 0 | 85 | 3200 | 0 | 90 | 3259 | 0 |
| 85 | 2981 | 91 | 85 | 3200 | 51 | 85 | 3195 | 42 | 90 | 3254 | 37 |
| 85 | 2976 | 614 | 85 | 3195 | 41 | 85 | 3190 | 42 | 90 | 3249 | 23 |
| 85 | 2971 | 380 | 85 | 3190 | 41 | 85 | 3185 | 42 | 90 | 3244 | 23 |
| 85 | 2966 | 380 | 85 | 3185 | 26 | 85 | 3180 | 28 | 90 | 3239 | 18 |
| 85 | 2961 | 380 | 85 | 3180 | 10 | 85 | 3175 | 22 | 90 | 3234 | 18 |
| 85 | 2956 | 380 | 85 | 3175 | 10 | 85 | 3170 | 18 | 90 | 3229 | 18 |
| 85 | 2951 | 380 | 85 | 3170 | 10 | 85 | 3165 | 15 | 90 | 3224 | 18 |
| 85 | 2946 | 186 | 85 | 3165 | 10 | 85 | 3160 | 22 | 90 | 3219 | 18 |
| 85 | 2941 | 0 | 85 | 3160 | 10 | 85 | 3155 | 28 | 90 | 3214 | 18 |
| 85 | 2936 | 0 | 85 | 3155 | 0 | 85 | 3150 | 0 | 90 | 3209 | 0 |
| 85 | 2931 | 0 | 85 | 3150 | 0 | 85 | 3145 | 0 | 90 | 3204 | 0 |
| 90 | 2990 | 0 | 95 | 3210 | 0 | 90 | 3204 | 0 | 95 | 3264 | 0 |
| 90 | 2985 | 147 | 95 | 3205 | 0 | 90 | 3199 | 0 | 95 | 3259 | 0 |
| 90 | 2980 | 91 | 95 | 3200 | 80 | 90 | 3194 | 42 | 95 | 3254 | 37 |
| 90 | 2975 | 186 | 95 | 3195 | 26 | 90 | 3189 | 42 | 95 | 3249 | 23 |
| 90 | 2970 | 380 | 95 | 3190 | 26 | 90 | 3184 | 28 | 95 | 3244 | 23 |
| 90 | 2965 | 380 | 95 | 3185 | 21 | 90 | 3179 | 22 | 95 | 3239 | 18 |
| 90 | 2960 | 380 | 95 | 3180 | 10 | 90 | 3174 | 15 | 95 | 3234 | 18 |

Anexo 4. Fotografías del proceso investigativo.



Equipo Syscal Pro y sus elementos



Tendido de cables



Introducción de electrodos en el suelo



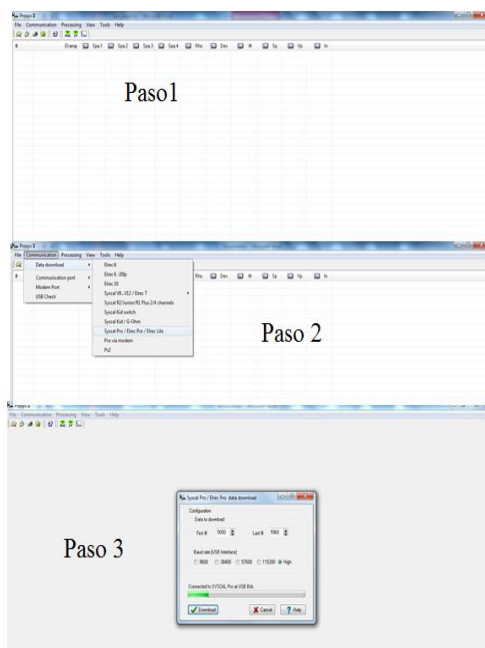
Toma de datos de resistividad



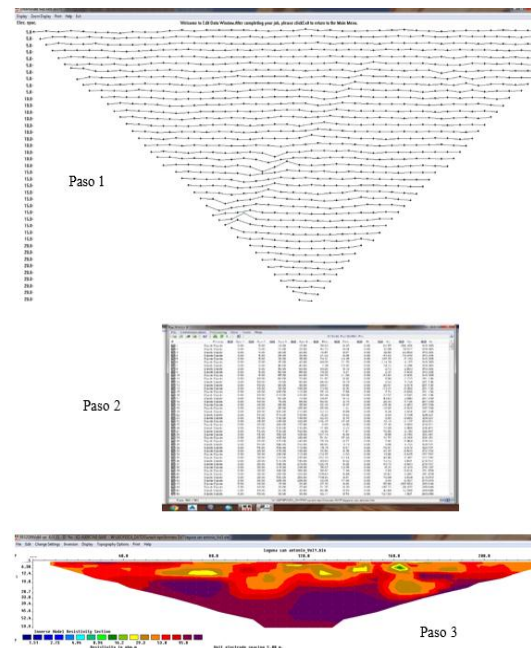
Determinación de coordenadas en los electrodos



Descarga de datos del equipo



Descarga de datos en el software PROXYS II



Inversión de datos en el software RES2D