

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO MEDIANTE  
TOMOGRFÍA GEOELÉCTRICA PARA LA  
LOCALIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL  
CENTRO POBLADO LA HUARACLLA – JESÚS –  
CAJAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autores:

Bach. Karen Medalit Marín Ruiz

Bach. Jhonatan Emilio Sangay Huaccha

Asesor:

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2020



## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

A nuestros padres y familiares por todo el apoyo incondicional que nos brindado a lo largo de este camino.

Asimismo, a todas las personas que contribuyeron con su ayuda para cumplir nuestra meta.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios:**

Por darnos la oportunidad de vida y por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido el soporte y compañía durante todo este proceso.

### **A nuestros padres:**

Por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Al Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda por su gran apoyo, motivación, por su tiempo compartido, por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional y por sus conocimientos compartidos para la elaboración de esta tesis.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	3
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE FOTOS</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Objetivos .....	15
1.3.1. Objetivo general.....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. Hipótesis general .....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	16
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos) .....	16
2.2.1. Población: .....	16
2.2.2. Muestra: .....	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.3.1. Técnicas:.....	17
2.3.2. Instrumentos:.....	17
2.3.3. Materiales: .....	17
2.4. Procedimiento: .....	21
2.4.1. Etapa de pre campo o gabinete I: .....	21
2.4.2. Etapa de campo:.....	21
2.4.3. Etapa de post campo o gabinete II: .....	23
2.5. Generalidades:.....	26
2.5.1. Ubicación: .....	26
2.5.2. Limites: .....	26

2.5.3. Accesibilidad: .....	26
2.5.4. Clima: .....	27
2.5.5. Temperatura:.....	27
2.6. GEOLOGÍA REGIONAL .....	30
2.6.1. ESTRATIGRAFIA .....	30
2.7. GEOMORFOLOGÍA.....	41
2.8. SISMICIDAD. ....	42
2.9. GEOFÍSICA:.....	43
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
3.1. LÍNEAS DE LA TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA E INTERPRETACIÓN.....	48
3.2. MODELO HIDROGEOLOGICO .....	51
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Extensión de las Líneas Geofísicas Levantadas TGE.....	22
<b>Tabla 2</b>	Datos de la Calicata Realizada.....	23
<b>Tabla 3</b>	Ensayo de Laboratorio.....	24
<b>Tabla 4</b>	Accesibilidad a la Zona de Estudio. ....	26
<b>Tabla 5</b>	Monitoreo Hidrológico de la Estación Jesús Túnel de los años 2019 al 2020	28
<b>Tabla 6</b>	Datos de Estación Jesús Túnel.....	29
<b>Tabla 7</b>	Tipos de suelos .....	43
<b>Tabla 8</b>	Parámetros técnicos del levantamiento. ....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Geo tomógrafo PQWT TC150.....	17
<b>Figura 2</b> Electrodo.....	18
<b>Figura 3</b> Impolarizables.....	18
<b>Figura 4</b> Cables Multi electrodo.....	19
<b>Figura 5</b> Geoposicionador satelital.....	19
<b>Figura 6</b> Software.....	20
<b>Figura 7</b> Flexómetro o Wincha.....	20
<b>Figura 8</b> Plano de Ubicación de Puntos de Tomografía.....	25
<b>Figura 9</b> Clima del caserío la Huaraclla.....	27
<b>Figura 10</b> Hidrográma de Caudales del Rio Cajamarquino de la Estación Jesús Túnel del SENAMHI.....	28
<b>Figura 11</b> Plano Geológico.....	37
<b>Figura 12</b> Plano Hidrológico.....	38
<b>Figura 13</b> Perfil sección A – A’.....	39
<b>Figura 14</b> Perfil de la Sección B - B’.....	40
<b>Figura 15</b> Escala Sísmica Modificada de Mercalli.....	42
<b>Figura 16</b> Representación para interpretar por rango de colores.....	47
<b>Figura 17</b> Sección A – A’.....	48
<b>Figura 18</b> Sección A – A’.....	49
<b>Figura 19</b> Planos de pendientes.....	50
<b>Figura 20</b> Plano de canales de la hidro cuenca rio azufre – rio grande (chonta). ....	54
<b>Figura 21</b> Plano de Pendientes.....	56

## ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 1</b> Formación Santa.....	30
<b>Foto 2</b> Formación Carhuaz.....	31
<b>Foto 3</b> Formación Farrat.....	32
<b>Foto 4</b> Formación Inca .....	33
<b>Foto 5</b> Formación Chimú .....	35
<b>Foto 6</b> Cuaternario Fluvial .....	36
<b>Foto 7</b> Cuaternario Lagunar .....	36
<b>Foto 8</b> Reservorio en la localidad de la Huaraclla.....	58
<b>Foto 9</b> Taques de Almacenamiento.....	59



## RESUMEN

La Tesis de investigación pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector la Huaraclla, planteando soluciones a los pobladores de abastecimiento de agua, identificando y observando que el tipo de terreno es zona seca y los pobladores carecen de agua para uso agrícola y potable.

La presente investigación tiene como metodología del tipo aplicada dado que, el problema está establecido y es conocido por el investigador. El enfoque es cuantitativo porque la investigación cuantitativa se basa en el desarrollo y empleo de datos y modelos numéricos.

La zona de estudio se encuentra Ubicada en el Caserío Huaraclla, Distrito de Jesús, Provincia de Cajamarca. Esta zona forma parte de un cinturón micro climático de tipo árido seco, las temperaturas medias anuales oscilan entre 5°C – 21°C. El mes con temperatura más alta es setiembre (22.2°C); la temperatura más baja se da en el mes de julio (4.9°C); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (118.78 mm/mes).

Finalmente, en los resultados obtenidos mediante los 4 puntos tomográficos tomados se llegó a la conclusión que en la localidad de la Huaraclla a una profundidad de 45 metros se puede obtener agua para posteriormente ser captada y ser usada en beneficio de la población la cual mediante un cartografiado geológico y realizando un estudio hidrogeológico se tiene evidencias de que la zona de estudio es apta para explotar agua subterránea.

**Palabra Clave:** Estudios Hidrogeológicos, tomografía geoelectrica.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El agua subterránea no es una ocurrencia rara, al contrario, es sumamente común, las rocas que contienen agua y tienen una extensión y una distribución espacial muy variable. Hay acuíferos que tienen unos cientos de metros cuadrados de superficie y unos pocos metros de espesor, por ejemplo, algunas riberas de riachuelos, o un pie de ladera de una colina, pero hay otros que tienen extensiones muy grandes, de miles de kilómetros cuadrados y centenares de metros de espesor.

Las actividades relacionadas al estudio hidrogeológico se encuentran muy estrechamente ligadas al potencial hídrico, algunas de ellas se ubican en una cuenca hidrológica y en la mayoría de los casos, la explotación de recursos hídricos se desarrolla por debajo de los niveles freáticos de la zona. Es por ello que se concluye que las explotaciones constituyen puntos de mayor contenido hídrico además de descarga de escorrentías superficiales y subterráneas, mencionado por, (Aparicio, 1989).

En los estudios hidrogeológicos el agua de la superficie se filtra mediante la fuerza de gravedad y fluyen a través de los materiales porosos saturados del subsuelo hacia niveles más bajos que los de infiltración y puede volver a surgir naturalmente como manantiales y caudal de base de los ríos, la mayoría de estos devuelve el agua a los mares o la lleva a cuencas cerradas donde se evapora. Por lo cual se concluye que, de esta manera, el agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada continente, mencionado por (Aparicio, 1989).

El agua subterránea fluye a través de los materiales porosos saturados del subsuelo hacia niveles más bajos que los de infiltración y puede volver a surgir naturalmente como manantiales y caudal de base de los ríos. Éstas están almacenadas en acuíferos, ubicados a diferentes niveles de profundidad, hasta sistemas confinados que están a varios kilómetros por debajo de la superficie. Por la cual se concluye que se pueden encontrar aguas subterráneas en casi cualquier parte, trátase de zonas húmedas, áridas o semiáridas, además el agua del subsuelo es un recurso importante, pero de difícil gestión, por sus sensibilidades a la contaminación y a la sobreexplotación, mencionado por (Ordoñez , 2011).

El estudio hidrogeológico tiene su influencia en las cuencas hidrológicas además interviene en la estabilidad de taludes y, en definitiva, en la seguridad geotécnica de las zonas que están relacionadas al estudio hídrico y dentro de los aspectos y situaciones a considerar en explotaciones hídricas se tienen en cuenta las inundaciones repentinas a gran escala, es por ellos que concluye que pueden incluso llegar a parar la producción y ocasionar daños en instalaciones y obras de infraestructura, lo menciona, (Bravo, 2012).

El mayor nivel que se conoce en el mundo es de las areniscas nubias, y se extiende por casi todo Egipto, Sudan, Arabia Saudí (por debajo del Mar Rojo), y por parte del Chad y de Libia, con una extensión total de más de quince veces la superficie de España. El 90% de un país como Bangladesh (aproximadamente del tamaño de Portugal) está sobre un acuífero, formado por el gran delta de los ríos Meghna, Bramaputra -Jamuna y Ganges-Padna. Muchos países tienen la mayoría o grandes áreas de su superficie ocupadas por acuíferos. Por el contrario, hay otros constituidos por terrenos mayormente impermeables, con lo que sólo contienen acuíferos en zonas muy especiales, como las atravesadas por fallas geológicas, mencionado por, (Gonzales, 2009).

La explotación desordenada de las aguas subterráneas puede plantear junto con las muchas ventajas de su uso racional y ordenado una serie de problemas directos o indirectos de índole técnica, ambiental, social, económica, administrativa y legal mencionado por (Llamas, 1989).

La posibilidad de aplicar la explotación a las aguas subterráneas es una opción legítima y económicamente aceptable cuando los beneficios superan a los costos como ejemplifica que el acuífero de la Sierra de Crevillente constituye un ejemplo singular de sobreexplotación de acuífero kárstico que sirve para ilustrar la gran potencialidad de los acuíferos en rocas carbonatadas muy por debajo de las cotas de los manantiales, frecuentemente considerado como “niveles de base de la karstificación”, mencionado por, (Llamas & Custodio, 1999)

La teoría de la infiltración, que supone que todas las aguas subterráneas provienen bien de infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirecta de ríos o lagos, no ha sido aceptada universalmente, sino desde tiempos relativamente reciente. Por un explicable error colectivo, que duró decenas de siglos, los pensadores de la antigüedad aceptaban como axiomático que las precipitaciones atmosféricas no eran suficientes para mantener los grandes caudales subterráneos que emergían espontáneamente o eran alumbrados por la mano del hombre en algunos puntos de la superficie terrestre, lo menciona, (Espinoza, 2008)

El Instituto de Minería de la U.T.M (Universidad Tecnológica de la Mixteca) ha realizado a partir de la adquisición de un equipo automático de resistividad, una serie de estudios orientados tanto a la evaluación geotécnica de suelos como a la búsqueda de agua, realizando un levantamiento geofísico de resistividad, mediante este estudio geofísico que consistió en obtener secciones geo eléctricas con el fin de obtener una imagen espacial de la distribución de resistividad eléctrica con la profundidad en la cual se llegó a la conclusión que este parámetro físico, está determinado por factores tales

como la naturaleza de las rocas, el contenido de fluidos, y el porcentaje de minerales disueltos en los mismos. En consecuencia, a partir de sus valores es posible deducir parámetros importantes que permiten entender la naturaleza del subsuelo. (Fernandez, 2014).

Los pocos estudios hidrológicos que se han realizado a nivel de departamento de Cajamarca necesitan actualización, debido a la antigüedad de su elaboración, entre los que podemos mencionar a los Anuarios de Recursos Naturales, elaborados por la Oficina Nacional de Recursos Naturales, antes ONERN durante la década del 80, el Instituto Nacional de Ampliación de la Frontera Agrícola antes INAF, que en el mismo periodo realizó estudios hidrológicos focalizados en varias provincias del departamento con fines de irrigación.

Posteriormente el INRENA, el año 199 elaboró el Estudio Hidrológico de la Cuenca Mashcón, con fines de aprovechamiento de riego y agua potable para la ciudad de Cajamarca, mediante embalses; también otros estudios hidrológicos focalizados a nivel de cuenca en la capital y en varias provincias del departamento de Cajamarca; la mayor parte de ellos con fines de abastecimientos de agua potable. Estudios afines, elaborados por otras instituciones, como los Estudios Climatológicos en los Valles de Cajamarca y Condebamba, han sido realizados por ADEFOR (antes CICAFOR), con fines de forestación. Los proyectos especiales como Proyecto especial Jaén, San Ignacio, Bagua, Jequetepeque y Zaña, han elaborado estudios hidrológicos en el ámbito de su intervención que abarca hasta la cabecera de cuenca en territorio del departamento de Cajamarca. Actualmente la Autoridad Nacional del Agua (ANA) está realizando estudios hidrológicos como parte integrante de proyectos de Irrigación que se vienen ejecutando a nivel regional en diferentes provincias como son Irrigación Chota, Conchan, Cochabamba, Jaén, San Ignacio, etc.

La localidad de Jesús distrito del mismo nombre, cuyo modelado territorial está determinado fundamentalmente por el Ramal externo de la Cordillera Occidental de los Andes, y atraviesa el distrito hacia el Norte. Constituyendo elevados cerros como el Chontayoc, Cercopampa, Agopiti, Peña Blanca.

Las unidades geomorfológicas presentes en el distrito de Jesús, están formados como resultado de los procesos endógenos relacionados con la tectodinamica, tales como, plegamiento, fallamiento; así como de los procesos morfodinámicos exógenos que modifican los paisajes o que están modelando otros nuevos, como la denudación en general, en menor escala ciertas formas de agradación, además los ríos y quebradas que tiene orientación SW, del distrito de Jesús, pertenecen a la cuenca del rio Criznejas, el mismo que desemboca en el rio Marañón, este a su vez en el rio Amazonas, apartando sus aguas al Océano Atlántico. NE SW 46 Los ríos que van a dar origen al rio Cajamarquino, son el rio Chonta y sus afluentes para formar el rio Cajamarca, que se une al Condebamba para formar el rio Criznejas.

El Centro Poblado de la Huaraclla es una de las zonas en las cuales la actividad agraria y el uso del agua es indispensable para que un pueblo puede seguir adelante, es así que, en el estudio de la litología se presenta como un acuífero apto para explotarse, el cual queremos corroborar mediante la aplicación de tomografía geoelectrica para la localización de aguas subterráneas y así poder demostrar la existencia de un acuífero explotable en la zona de la Huaraclla.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo el estudio hidrogeológico mediante la aplicación de tomografía geoelectrica permite localizar aguas subterráneas en el centro poblado la Huaraclla – Jesús - Cajamarca 2020?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el aporte del estudio hidrogeológico mediante tomografía geoelectrica para la localización de agua subterránea en el centro poblado la Huaraclla – Jesús - Cajamarca.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar cartografiado geológico de las unidades lito estratigráficas.
- Realizar una sección estructural a fin de conocer las características del subsuelo.
- Realizar el método tomografía geoelectrica e interpretar los datos obtenidos para poder determinar la localización del acuífero.
- Realizar un estudio y modelo hidrogeológico de la zona.

### **1.4. Hipótesis general**

El estudio Hidrogeológico permitirá mediante la tomografía geoelectrica la localización de acuíferos explotables en el centro poblado Huaraclla.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada dado que, el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas, en este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Su diseño de investigación es No Experimental de Corte Transversal porque no se controlan ni manipulan las variables del estudio, además al desarrollar la investigación, los autores observan los fenómenos a estudiar en su ambiente natural, y en poco tiempo obteniendo los datos directamente para analizarlos posteriormente. Con nivel correlacional puesto que tiene como objetivo medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables, en un contexto en particular.

El enfoque es cuantitativo, investigación cuantitativa se basa en el desarrollo y empleo de datos y modelos numéricos, el proceso de medición es fundamental para la investigación cuantitativa por que proporciona la conexión fundamental entre la observación empírica y la expresión matemática de las relaciones cuantitativas. (Oblitas, 1997)

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

**2.2.1. Población:** Unidades Lito estratigráficas del centro poblado la Huaraclla.

**2.2.2. Muestra:** Las 4 líneas tomográficas que se realizara en el centro poblado de la Huaraclla.



## 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.3.1. Técnicas:

- La Observación.
- Análisis documental.

### 2.3.2. Instrumentos:

- Fichas de observación de campo.
- Libreta de campo
- Plano topográfico y geológico
- Uso de Tomógrafo.

### 2.3.3. Materiales:

Geotomógrafo ST150.

#### Figura 1

*Geotomógrafo ST150.*



**Nota:** Medidor de resistividad diseñado para la exploración de campos extensos y con profundidades intermedias brindando una precisión fiable que a su vez de manera inmediata muestra gráficamente las mediciones tomadas del subsuelo con una capacidad de tomar múltiples mediciones con un solo tendido de electrodos a través del mismo cable.

Electrodos

**Figura 2**

*Electrodos*

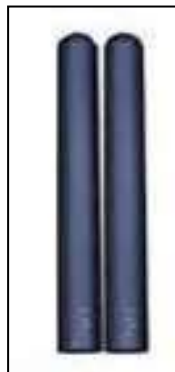


**Nota:** El electrodo se conecta a la terminal del cable Multi-electrodo con lo cual la conexión es sencilla y rápida, mediante la aplicación se puede controlar la habilitación dependiendo del tipo de prueba a realizar.

Impolarizables

**Figura 3**

*Impolarizables*



**Nota:** Cuando se coloca un electrodo de un metal determinado en una solución de una de sus sales, es impolarizante, de tal modo que, si se sumerge cada uno de los electrodos de metales diferentes en la solución salina que le corresponde, se obtiene una pila impolarizable.

Cables Multi electrodos

**Figura 4**

*Cables Multi electrodos*



**Nota:** El Cable Multi-electrodo permite un tendido con un solo cable el cual lleva en su interior las conexiones adecuadas para que la aplicación interna del GEOTOMOGRFO active y desactive cada una de las configuraciones necesarias para tomar la resistividad en diferentes puntos, proporcionándole al usuario desde una posición cómoda tomar las muestras necesarias y realizar cambios en la configuración de toma de muestras además de la observación en tiempo real del proceso.

Un Geoposicionador satelital (GPS).

**Figura 5**

*Geoposicionador satelital*

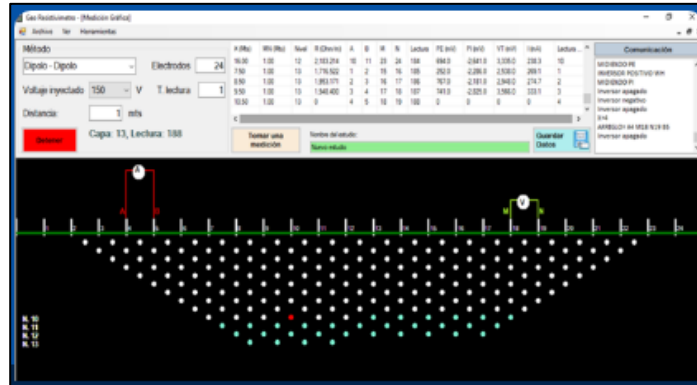


**Nota 5:** Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita.

Software de aplicación

Figura 6

Software



**Nota:** La aplicación está instalada en una computadora portátil y se conecta al GEOTOMOGRAFO a través de BLUETOOTH, esta muestra y controla todas las configuraciones de electrodos en tiempo real, hace los cálculos matemáticos para encontrar la resistividad igualmente en tiempo real va generando un mapa de las resistividades encontradas y nos indica en qué punto del proceso de toma de muestra se encuentra desde ella vemos el potencial espontáneo, potencial inducido y corriente inducida, corriente medida además de darnos un formato de exportación TXT Y DAT.

Flexómetro o wincha

Figura 7

Flexómetro o Wincha



**Nota:** Es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el arte sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas.

## **2.4. Procedimiento:**

### **2.4.1. Etapa de pre campo o gabinete I:**

En esta etapa de Pre campo se realizó y coordino la salida al área de estudio en la cual se creó y elaboro planos geológicos y satelitales.

### **2.4.2. Etapa de campo:**

En esta etapa se obtuvo datos puntos GPS de la zona, se realizó una calicata para poder verificar la estratigrafía del suelo, se hizo un estudio y modelo hidrogeológico de la zona y posteriormente se realizó el estudio con el método geofísico de Tomografía Geoelectrica (TGE), los mismos que se llevaron a cabo en 04 líneas definidas y distribuidas en el área de estudio, según estudio geológico previo.

#### **1. Ubicación de las 4 líneas tomográficas.**

Las 4 líneas tomográficas fueron ubicadas con un GPS, utilizando coordenadas UTM en el Sistema WGS 84, datos que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Extensión de las Líneas Geofísicas Levantadas TGE*

LÍNEA	ESTACIÓN		COORDENADAS		ALTITUD	MÉTODO TGE
	INICIAL	FINAL	NORTE	ESTE		
L- 1	0 m	31 m	9198702	786215	2641 msnm	F
L- 2	0 m	31 m	9199202	786992	2612 msnm	F
L- 3	0 m	31 m	9199911	787283	2667 msnm	F
L- 4	0 m	8 m	9199944	785777	2642 msnm	F

Longitud Total Acumulada 101 m.

**Nota:** Coordenadas de las 4 líneas tomográficas distribuidos en la zona de estudio.

**Fuente:** Elaboración Propia

## 2. Mecánica de suelos:

### 2.1. Investigaciones de campo:

El programa de investigación de campo, se realizó con la ejecución de unas exploraciones a cielo abierto (calicata), que han permitido conocer las características del sub suelo de la zona en estudio, así como de la calicata.

### 2.2. Muestreo y Registros de exploración

Se realizará una clasificación de campo de forma manual y visual de cada uno de los estratos registrados en cada calicata, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, consistencia etc., tal como se puede observar en los registros estratigráficos. La profundidad de excavación de la calicata fue de 2 m.

### Extracción de muestra:

**Tabla 2**

*Datos de la Calicata Realizada*

Calicata N°	Prof. (m)	Coordenadas		Tipo
		Este	Norte	
C-01	00 - 0.15m	786985	9199202	Capa orgánica
	0.15 - 0.0m	786985	9199202	Arcilla
	0.0 - 0.55m	786985	9199202	Arcilla
	0.55 - 0.90m	786985	9199202	Arcilla
	0.90 - 1.0m	786985	9199202	Arena
	1.0 - 1.0m	786985	9199202	Arena
	1.0 - 2.00m	786985	9199202	Arena



**Nota:** Datos que se tomaron de la calicata realizada de 2m de profundidad identificando el tipo de material en la zona de estudio.

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 2.4.3. Etapa de post campo o gabinete II:

En esta etapa se analizó los datos obtenidos en el software de modelamiento PQWT TC 150 para posteriormente interpretar los resultados obtenidos, también se llevó a analizar la muestra de suelo para luego verificar los resultados.

**Tabla 3**

*Ensayo de Laboratorio*

N° de muestra	Peso fresco(g)	Peso seco(g)	Descripción
M-1	101.9	101.2	Arcilla
M-2	112.9	109.5	Arena

**Nota:** Ensayos realizados en el laboratorio de las dos muestras.

**Fuente:** Elaboración Propia

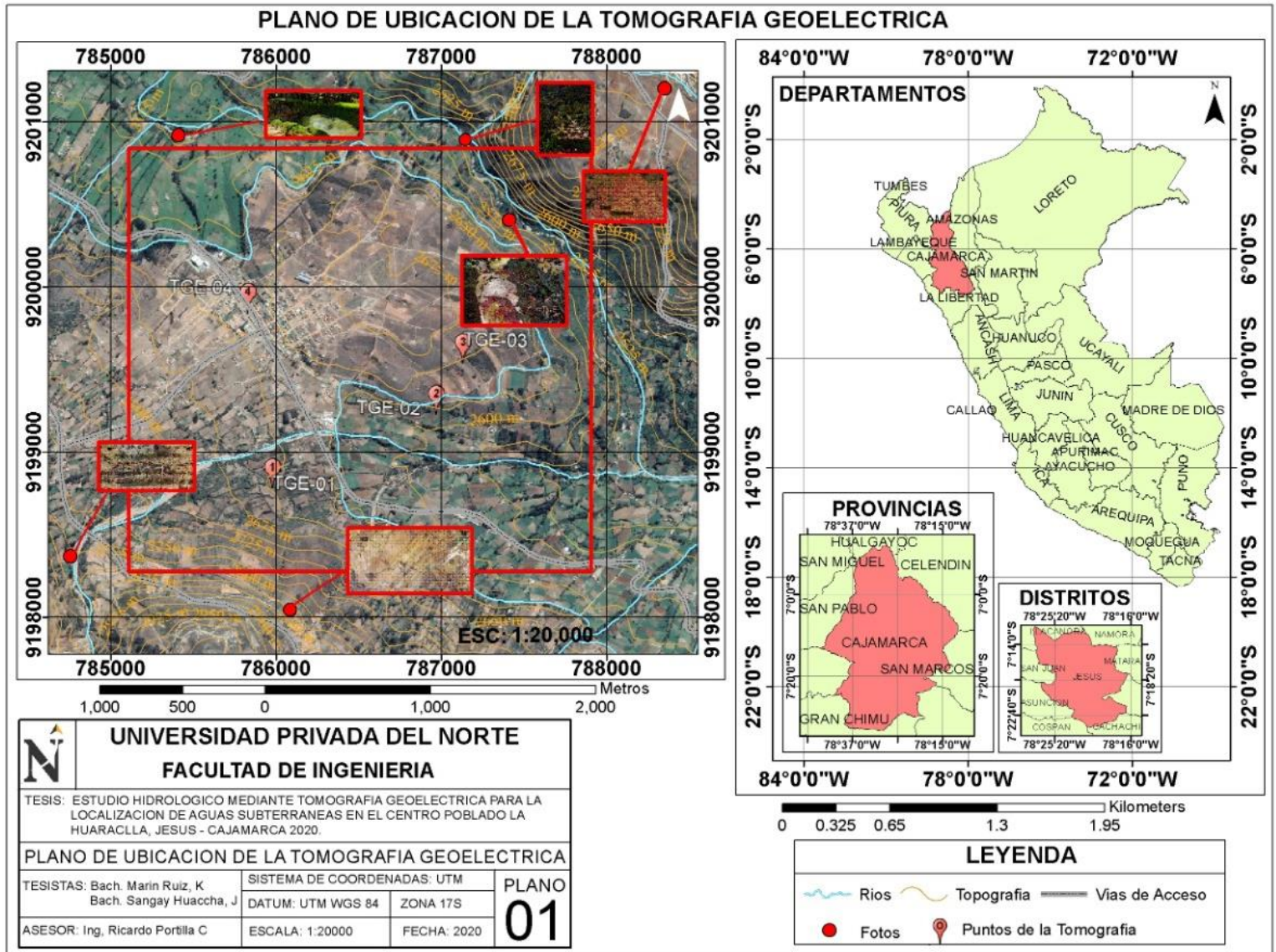
### **Análisis de los datos de laboratorio.**

En general la exploración arrojó valores casi uniformes en toda el área de estudio, de una capa de relleno de material orgánico, arcilla y arena. Se obtuvo dos muestras típicas de la calicata excavadas, asimismo se obtuvo muestras de los estratos identificados. A continuación, se describe la estratigrafía en cada exploración a cielo abierto: C – 1: de 00 a 0.15m (primer estrato) material orgánico, luego cambia los estratos de 0.15m a 0.90m de profundidad de material orgánico a arcilla, finalmente cambia los estratos de arcilla a arena a una profundidad de 0.90 a 2m.



Figura 8

Plano de Ubicación de Puntos de Tomografía



Fuente: Elaboración Propia.

## 2.5. Generalidades:

### 2.5.1. Ubicación:

El Caserío de Huaraclla, Distrito de Jesús se encuentra ubicado en la provincia de Cajamarca, localizado a 2,531 m.s.n.m.

### 2.5.2. Limites:

- Por el Norte con: Distrito de Cajamarca y Llacanora
- Por el Sur con: Distrito de Cachachi
- Por el Este con: Distrito de Namora y Matara
- Por el Oeste: Distrito de Cospán, San Juan y Asunción

Nuestra zona de estudio está ubicada en el cuadrante 15 G.

### 2.5.3. Accesibilidad:

**Tabla 4**

*Accesibilidad a la Zona de Estudio.*

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo
Lima - Cajamarca	Aérea	566	40 minutos
Lima - Cajamarca	Carretera Pavimentada	860	15 horas
Cajamarca - Huaraclla	Carretera Pavimentada	3	25 minutos

**Nota:** Distancia y tiempo al área de investigación.

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 2.5.4. Clima:

El caserío de Huaraclla – Jesús, presenta un clima variado y típico de sierra como precipitaciones pluviales promedio de 700 mm anuales y temperatura.

**Figura 9**

*Clima del caserío la Huaraclla*



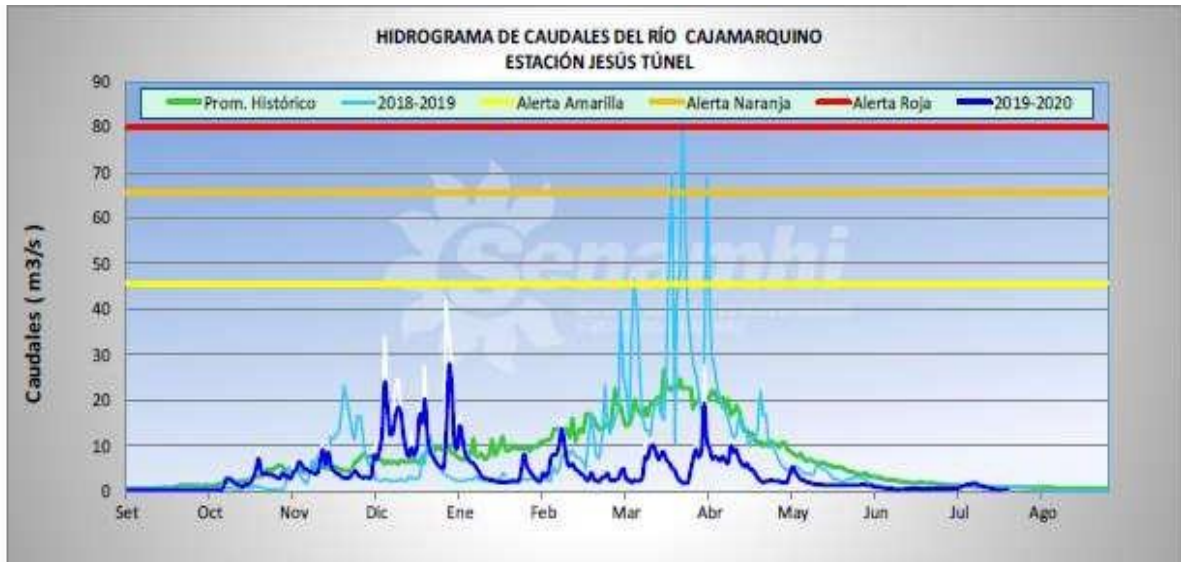
**Nota:** Clima del caserío la Huaraclla identificando la precipitación, humedad y los tiempos de lluvia.

#### 2.5.5. Temperatura:

Varia conforme al factor altitudinal, de una temperatura semi cálida en el valle hasta una temperatura fría en la parte alta. La temperatura máxima mensual en el caserío Huaraclla es de 20°C y la mínima de 5.1°C la temperatura promedio muestra que los meses más fríos están entre mayo - agosto y los más cálidos entre Septiembre – Abril.

**Figura 10**

*Hidrográma de Caudales del Rio Cajamarquino de la Estación Jesús Túnel del SENAMHI*



**Nota:** Hidrográma de Caudales del Río Cajamarquino de la Estación Jesús Túnel del SENAMHI, en el cual indica el promedio histórico de los caudales del río Cajamarquino desde 2018 ,2019 y 2020 especificados con diferente color.

**Fuente:** SENAMHI

**Tabla 5**

*Monitoreo Hidrológico de la Estación Jesús Túnel de los años 2019 al 2020*

CUENCA	ESTACION	CAUDAL DE DIA ANTERIOR (m3/s)					CAUDAL DE DIA DE HOY (m3/s)				
		Promedio 24hrs.	Normal Diario	Anomalía (%)	Min.	Max.	Promedio a las 6:00 hrs.	Normal Diario	Anomalía (%)	Min.	Max.
Cajamarquino	Jesús Túnel	0.30	0.8	-63.0	0.3	0.3	0.30	0.8	-62.6	0.3	0.3

**Nota:** Tabla en la que se indica los caudales realizados por la estación Jesús Túnel de la cuenca del Río Cajamarquino

**Fuente:** SENAMHI

## Integración y Previsión:

El caudal de Rio Cajamarquino en la estación hidrológica Jesús Túnel (hasta las 6:00 hrs) es de 0.3 m<sup>3</sup>/s, se encuentra inferior a su promedio normal histórico con una anomalía de -63%, hasta el momento dicho comportamiento hidrológico es estable en promedio, con respeto al día anterior.

**Tabla 6**

*Datos de Estación Jesús Túnel*

ESTACIÓN: JESÚS TUNEL				
Departamento: Cajamarca	Provincia: Cajamarca		Distrito: Jesús	
Latitud: 7° 13' 14.32"	Longitud: 78° 24' 13.55"		Altitud: 2568 msnm.	
Tipo: HLG - Hidrológica	Código: 220205			
AÑO / MES / DIA	NIVEL DEL RIO (m)			
	6	10	14	18
01/07/2020	0.51	0.52	0.54	0.54
02/07/2020	0.53	0.53	0.53	0.52
03/07/2020	0.52	0.52	0.52	0.52
04/07/2020	0.52	0.52	0.52	0.52
05/07/2020	0.52	0.52	0.52	0.52
06/07/2020	0.51	0.54	0.54	0.54
07/07/2020	0.56	0.58	0.59	0.59
08/07/2020	0.59	0.59	0.59	0.58
09/07/2020	0.63	0.62	0.59	0.59
10/07/2020	0.62	0.61	0.61	0.61
11/07/2020	0.65	0.64	0.63	0.62
12/07/2020	0.65	0.64	0.64	0.63
13/07/2020	0.63	0.63	0.61	0.61
14/07/2020	0.6	0.59	0.59	0.59
15/07/2020	0.58	0.58	0.58	0.58
16/07/2020	0.56	0.56	0.56	0.55
17/07/2020	0.55	0.55	0.55	0.54
18/07/2020	0.54	0.53	0.53	0.53
19/07/2020	0.52	0.52	0.52	0.52
20/07/2020	0.51	0.51	0.51	0.5
21/07/2020	0.51	0.51	0.51	0.51
22/07/2020	0.51	0.51	0.5	0.5
23/07/2020	0.5	0.5	0.5	0.5
24/07/2020	0.5	0.5	0.5	0.5

**Nota:** Precipitación < 0.1 mm/día

**Fuente:** SENAMHI

## 2.6. GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.6.1. ESTRATIGRAFIA

a. **Formación Santa (Ki-s):** Esta denominación fue dada por (Benavides, 1956); en el área consiste en una intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m. Sobre yace a la formación Chimú e infra yace a la formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos. Indudablemente hacia el borde de la cuenca, sus cambios de facies son gradacionales ya que el material calcáreo lateralmente pasa a pelítico. La formación Santa intemperiza generalmente con un tono gris marrón. Localmente contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones, están cubiertos mayormente por suelo, razón por la que sólo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Siempre da terrenos blancos, deleznable y fangosos.

**Edad y Correlación.** - La formación Santa se extiende hacia el sur del área; zona del Callejón de Huaylas, Pomabamba y Sihuas, donde se le encuentra con las mismas relaciones estratigráficas, a pesar de que su litología varía en el contenido calcáreo, siendo correlacionable, en parte, con el sector inferior de la formación Llacanora.

#### Foto 1

#### *Formación Santa*



**Nota:** Foto del Afloramiento de roca de la Formación Santa, Coordenadas: N: 9200706, E: 786745

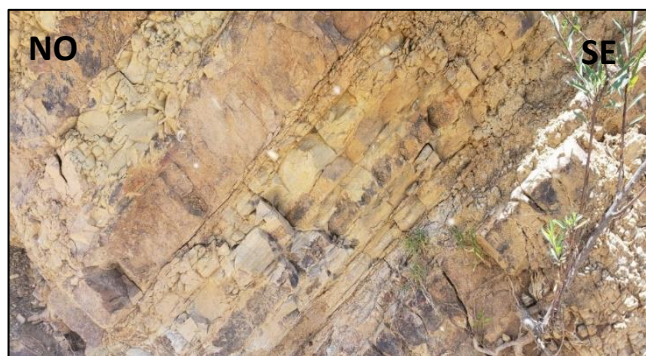
**Fuente:** Elaboración Propia

**b. Formación Carhuaz (Ki-ca):** Esta formación descrita inicialmente por (Benavides, 1956), en el área tiene aproximadamente un grosos de 500 m., con incremento hacia el sur y disminución hacia el noreste. Consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos. Hacia la parte superior contiene bancos de areniscas cuarzosas que se intercalan con lutitas y areniscas. La formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infra yace concordantemente a la formación Farrat.

**Edad y Correlación.** - Probablemente las edades, Valanginiano superior Hauteriviano y Barremiano corresponden a esta formación, ya que encima se encuentra la formación Farrat que a su vez infra yace a sedimentos del Aptiano-Albiano. Es equivalente con la parte intermedia de la formación Llacanora.

**Foto 2**

*Formación Carhuaz*



**Nota:** Foto del Afloramiento de Roca de la Formación Carhuaz, Coordenadas: N: 9200736, E: 786888

**Fuente:** Elaboración Propia

**c. Formación Farrat (Ki-fa):** Esta formación representa el nivel superior de la parte clástica del Cretáceo inferior. Constan areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. aumentando en el sector suroeste. La formación Farrat supra yace con aparente concordancia a la formación Carhuaz y subyace, con la misma relación, a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual. Por sus características litológicas, es común encontrar a las formaciones Farrat y Chimú conformando escarpas y altas cumbres agudas y largas.

**Edad y Correlación.** La parte inferior de la formación Farrat contiene impresiones de plantas regularmente conservadas y restos de tallos indeterminados, pero asignables al Cretáceo inferior. Por otra parte, la formación Farrat infra yace a sedimentos de los niveles más altos del Aptiano, por lo que se le asigna una edad aptiana.

**Foto 3**

*Formación Farrat*



**Nota:** Foto del afloramiento de roca de la Formación Farrat, Coordenadas: N: 9200842, E: 786985

**Fuente:** Elaboración Propia



**d. Formación Inca (Ki-in):** Esta formación, inicialmente llamada “Capas Rojas” del Barremiano por (Tafur, 1956) fue posteriormente definida por (Benavides, 1956) como formación Inca, refiriéndose a los afloramientos al este de los Baños del Inca en Cajamarca. Infra yace concordantemente a la formación Chúlec y supra yace con la misma relación a la formación Farrat. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento. Su grosor no pasa de los 100 m. Esta formación representa a la cuenca occidental, caracterizada entonces por un mar de poca profundidad con corrientes turbulentas y bien oxigenadas.

**Edad y Correlación.** (Benavides, 1956) asignó para la formación Inca una edad Albiano inferior, la edad de la formación Inca se encuentra entre el Aptiano superior y Albiano inferior, máxime si se tiene en cuenta que en algunos lugares ella se presenta como un paso transicional de la formación Farrat.

**Foto 4**

*Formación Inca*



**Nota:** Foto Afloramiento de roca de la Formación Inca, Coordenadas: N: 9201252, E: 788001

**Fuente:** Elaboración Propia

**e. Formación Chimú (Ki-Chi):** La formación chimú, designada con este nombre por (BENAVIDES, 1956) aflora yacimientos mayormente en forma concordante, sobre la formación Chicama, (lo más probable es que exista una discordancia paralela) e infrayaciendo con igual carácter a la formación santa. La secuencia se extiende ampliamente en el área y fuera de ella, alcanzando ámbitos regionales. Sus afloramientos se destacan nítidamente en la topografía por su dureza y estructuras, originando grandes farallones. Estructuralmente, esta formación funciona como roca competente, dando perfectos anticlinales y sinclinales. Litológicamente, la formación Chimú consiste en una alternancia de areniscas, cuarcitas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en bancos gruesos, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso, con ocasionales lentes de granos de cuarzo poco redondeados. Es frecuente encontrar en los niveles inferiores e intermedios de la formación Chimú mantos de carbón, generalmente se presenta uno o dos mantos.

**Edad y Correlación.** Por sus relaciones estratigráficas se ubica a la formación Chimú en el Valanginiano inferior a medio, pues yace sobre la formación Chicama del Titoniano e infrayace a la formación Santa del Valanginiano superior. Se correlaciona con las cuarcitas de la formación Hualhuani (parte superior del Grupo Yura) de la región de Arequipa y con la parte inferior de la formación Llacanora (TAFUR, 1950).

**Foto 5**

*Formación Chimú*



**Nota:** Foto Afloramiento de roca de la Formación Chimú, Coordenadas: N: 9200886 E: 787109

**Fuente:** Elaboración Propia

f. **Cuaternario Aluvial:** Dentro de los depósitos aluviales se han considerado los materiales con poco transporte, y en los fluviales se consideran las diferentes terrazas dejadas por los ríos. Depósitos que se acumulan en áreas favorables en los flancos de los valles y quebradas tributarias, están conformados por conglomerados y están consolidados, con clastos de tamaño heterogéneo englobados en una matriz limo arcillosa. (Broggi, 1942).

g. **Cuaternario Fluvial:** Están representados por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos. Consisten de gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limo arcillosos. (Broggi, 1942).

**Foto 6**

*Cuaternario Fluvial*



**Nota:** Foto de los depósitos fluviales. **Coordenadas:** N: 9200886 E: 787109

**Fuente:** Elaboración Propia

- h. **Cuaternario Lagunar:** Los depósitos lagunares se encuentran en diferentes lugares y niveles, dispuestos en bancos sub horizontales constituidos por material fino areno arcilloso, a los que algunas veces se intercalan gravas y delgados conglomerados. (Broggi, 1942).

**Foto 7**

*Cuaternario Lagunar*

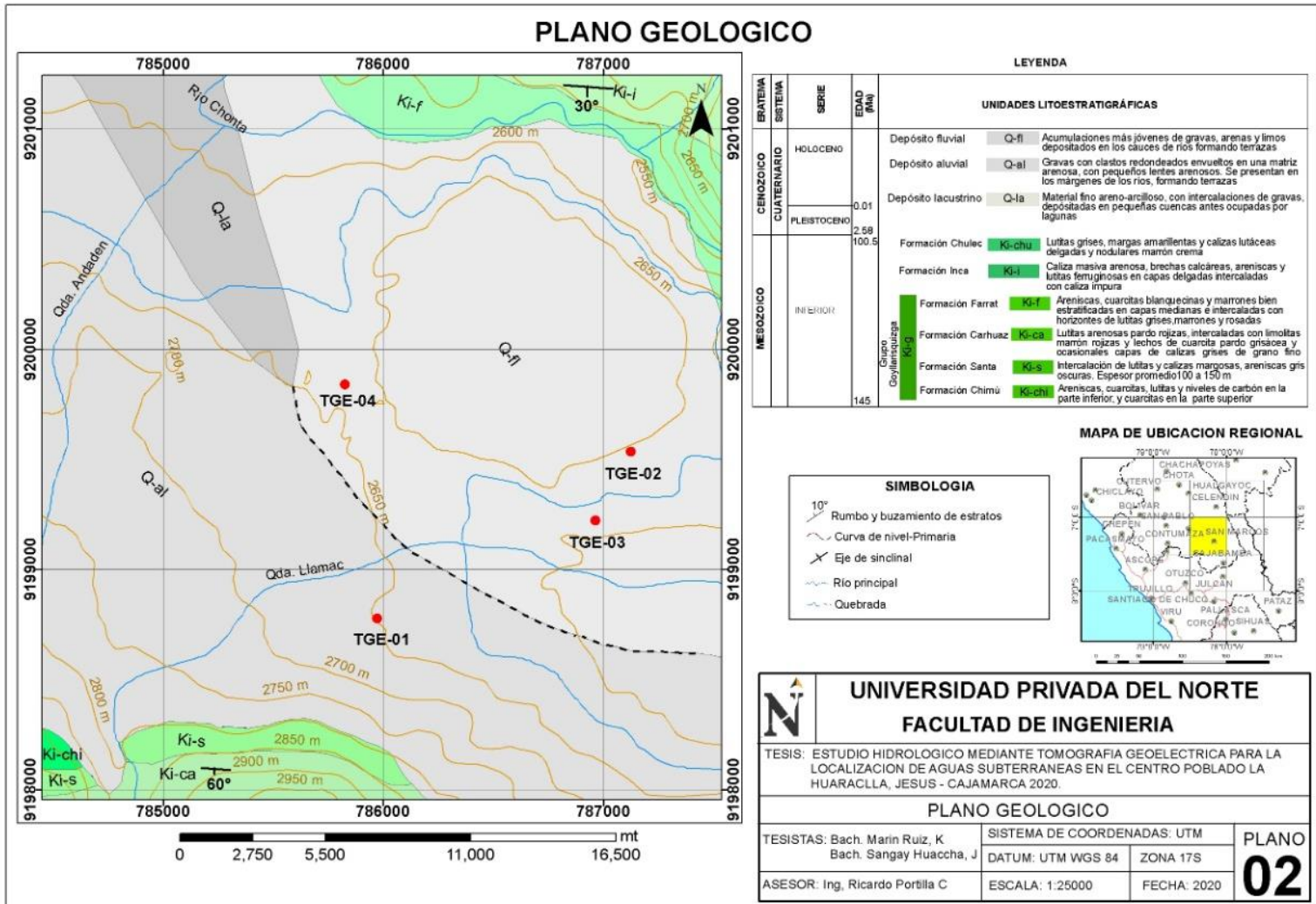


**Nota:** Foto del Cuaternario lagunar. **Coordenadas:** N: 9200890 E: 786849

**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 11

Plano Geológico

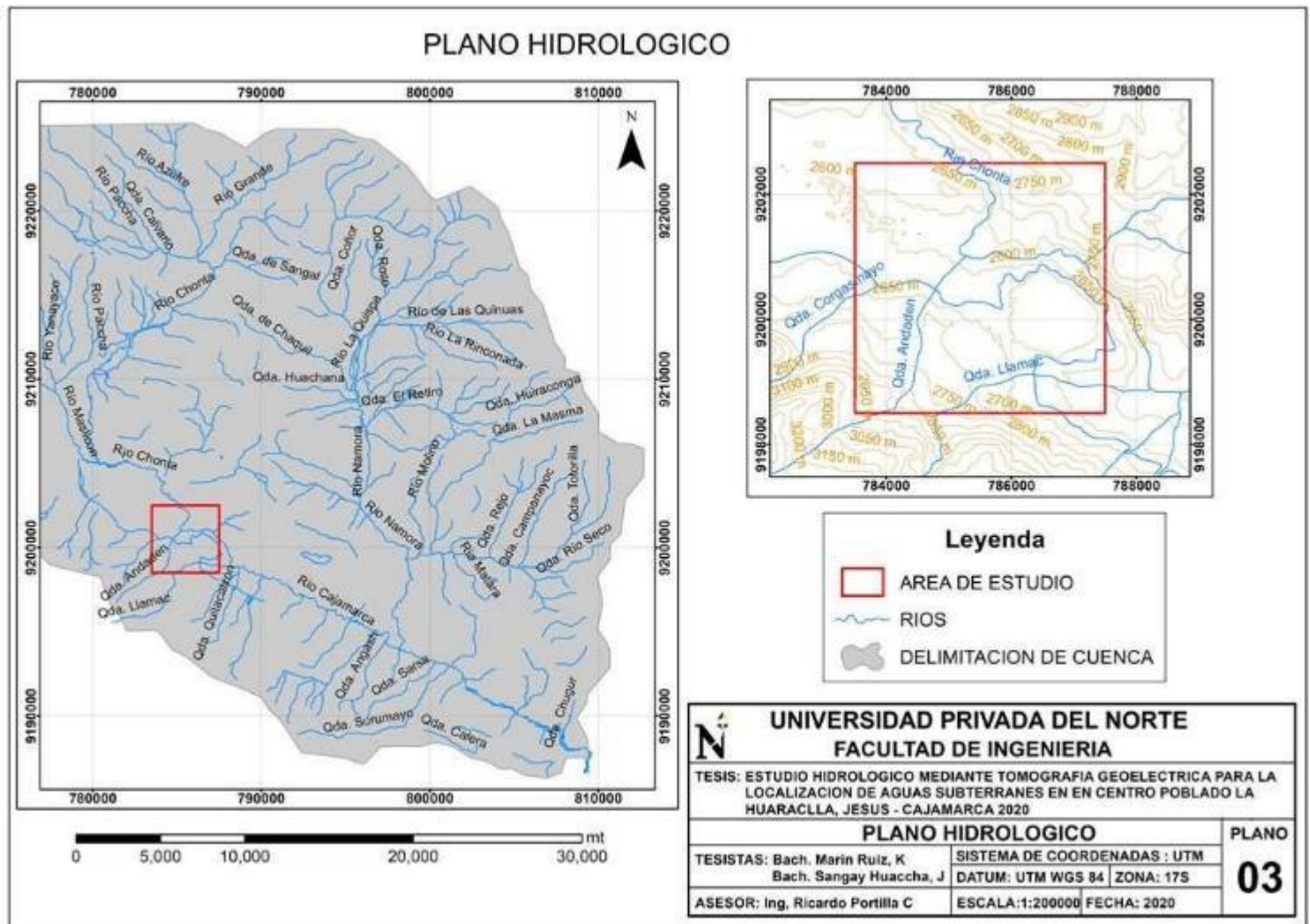


**Nota:** Plano Geológico indicando las secciones de corte para la elaboración de un perfil.

**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 12

Plano Hidrológico

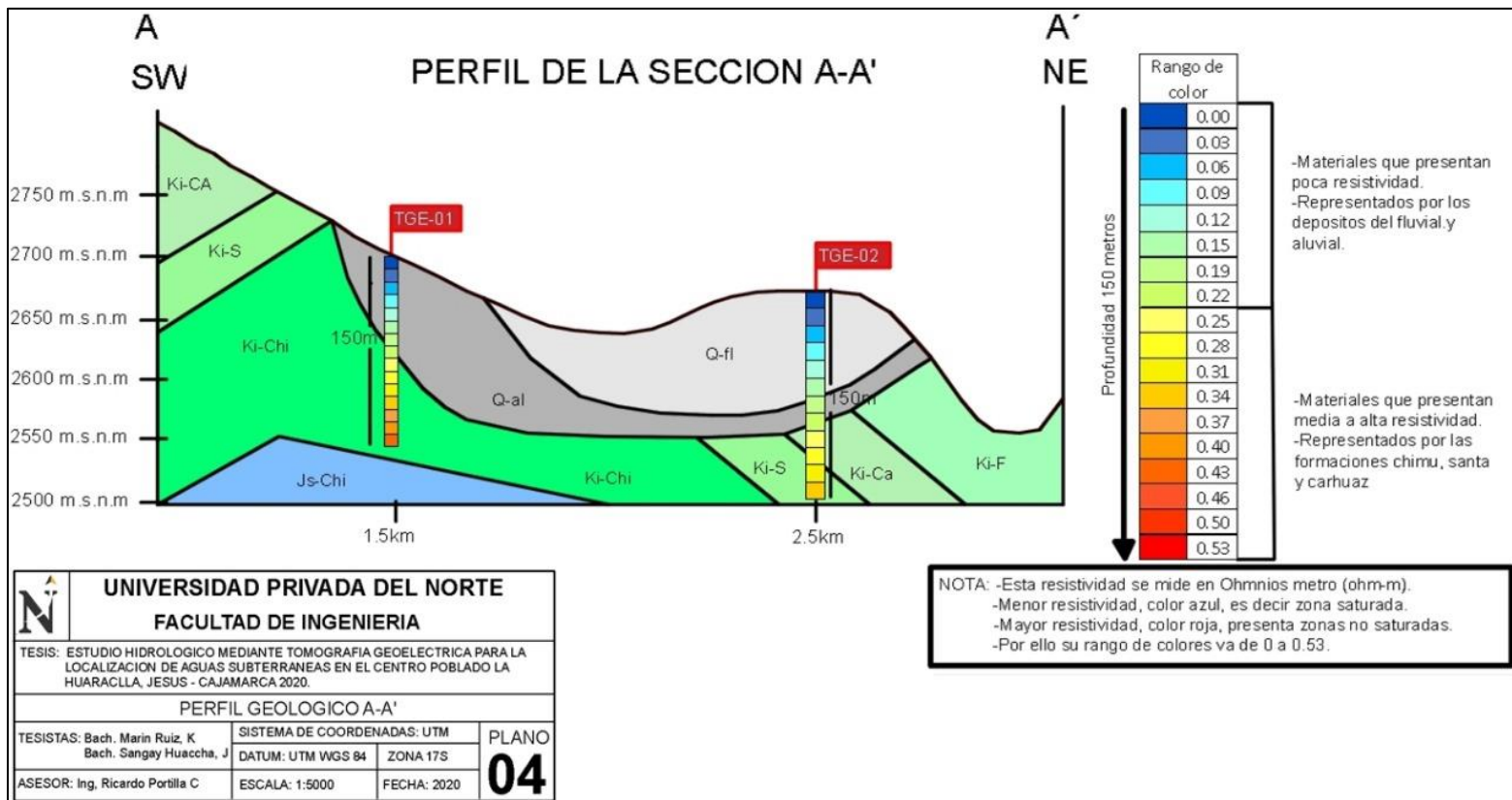


**Nota:** Plano Hidrológico indicando los ríos principales y secundarios que alimentan la cuenta

**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 13

Perfil sección A – A´

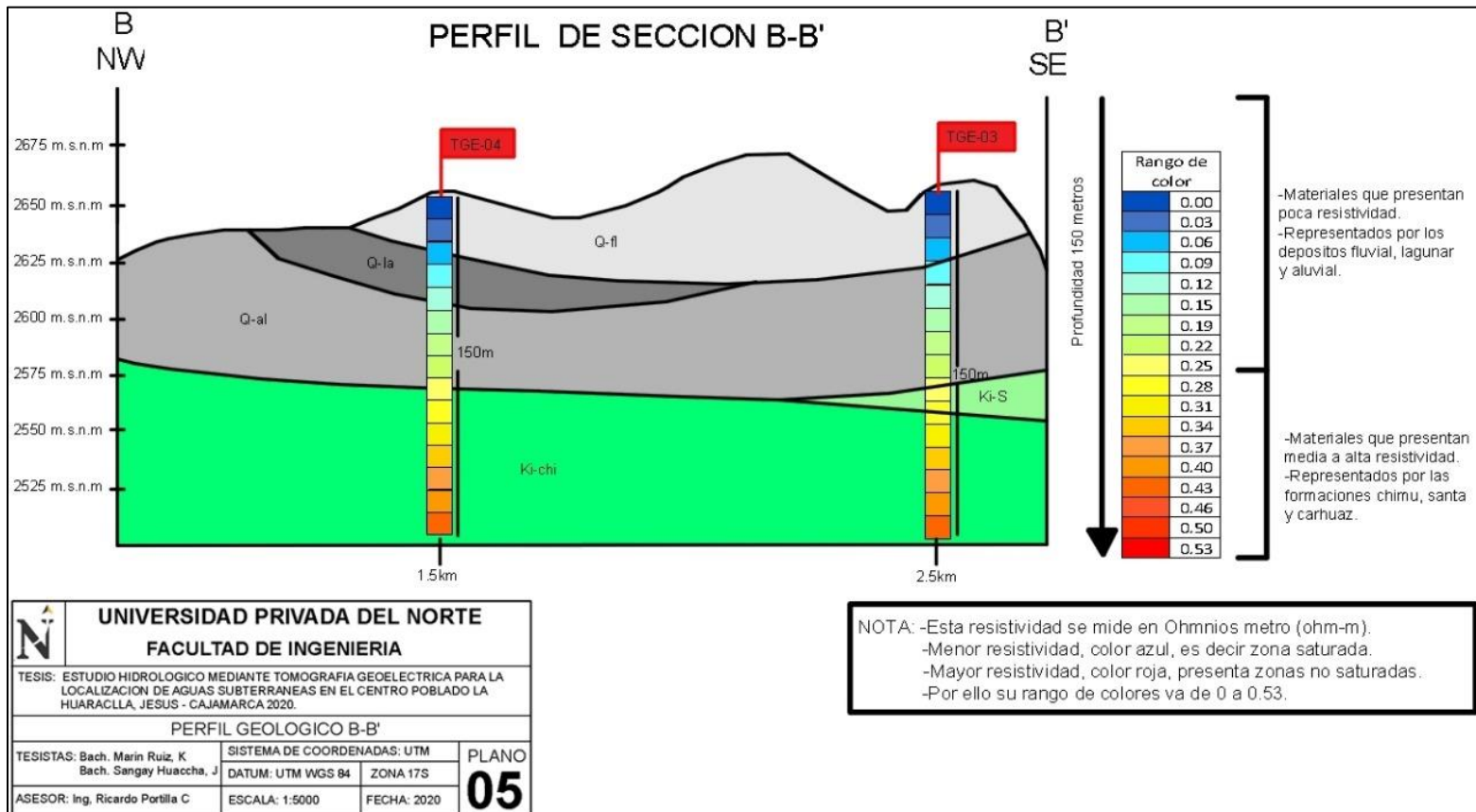


**Nota:** Perfil de sección A – A´ indicando las formaciones geológicas.

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 14**

*Perfil de la Sección B - B'*



**Nota:** Perfil de sección B – B' indicando las formaciones geológicas.

**Fuente:** Elaboración Propia



## 2.7. GEOMORFOLOGÍA

Corresponde a la zona de colinas altas moderadamente empinadas, cuya topografía presentan ondulaciones, debido a procesos ocasionados por escorrentía superficial; su potencial es reducido debido a las limitaciones topográficas y edáficas, que hacen de éstos medios ecológicamente frágiles y de alta susceptibilidad erosiva, Litológicamente está constituida por rocas sedimentarias correspondientes principalmente a las formaciones geológicas Carhuaz, Farrat, Grupo Goyllarisquiza, Yumagual, Quilquiñan/Mujarrun, Celendín, Chota del cretáceo inferior y superior; a la formación Chicama del jurásico superior; a los volcánicos Llama y Huambos, del paleógeno y neógeno respectivamente, así como a formaciones del cuaternario. La pendiente dominante fluctúa en el rango de 15 al 25%. (Boñon Alcantara, 2011).

La red Hidrográfica de la localidad de La Huaraclla está ubicada dentro de la cuenca del río Mashcón, sub cuenca del río Cajamarquino, que aporta directamente sus aguas al río Marañón. La cuenca del río Cajamarquino, nace de la unión el río Chonta, el cual se une al río Mashcon en la localidad de Huayrapongo y forman el río Cajamarquino. Éste a su vez es afluente del río Crisnejas, tributario del Río Marañón.

Los parámetros meteorológicos se realizó la concentración y recopilación de información meteorológica, correspondiente a estaciones meteorológicas más representativas cercanos al área de estudio dentro de la Cuenca del río Marañón y el río Cajamarquino, promedio de 05 años (2008 – 2012) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

La humedad relativa promedio anual es de 5%. Las precipitaciones alcanzan un pico máximo entre los meses de enero a abril, disminuyendo en los meses de noviembre a diciembre. (Meneses Aquino, 2019).

## 2.8. SISMICIDAD.

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por (Alva Huartado, Meneses Loja, & Guzman Leon, 1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona VII de intensidad muy fuerte. (Alva Huartado, Meneses Loja, & Guzman Leon, 1984).

De acuerdo con la nueva Norma Técnica NTE E-30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los Diseños Sismo-Resistentes para las obras no lineales como son reservorios, y obras menores, los siguientes parámetros, según la siguiente.

**Figura 15**

*Escala Sísmica Modificada de Mercalli.*

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien construidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

**Fuente:** (Alva Huartado, Meneses Loja, & Guzman Leon, 1984)

**Tabla 7**

*Tipos de suelos*

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>Z</b>	<b>S</b>	<b>T<sub>p</sub>(S)</b>
<i>Arenas</i>	0.4	1.4	0.9
<i>Rocas Volcánicas y Sedimentarias</i>	0.4	1.00	0.40

**Nota:** Tipos de suelos encontrados en la zona de estudio para realizar la tomografía

(Z) Factor de zona

(S) Factor de amplificación del suelo

(Tp) Periodo que define la Plataforma del espectro

**Fuente:** Elaboración Propia

## 2.9. GEOFÍSICA:

Con el fin de obtener mayor información sobre las propiedades físicas del subsuelo e información vertical referente a la resistividad eléctrica, se realizó un previo reconocimiento geológico y topográfico en el área de estudio La Huaraclla para establecer un esquema de trabajo apropiado de acuerdo a los objetivos.

Durante la adquisición de los datos de campo, el responsable del estudio geofísico es quien se encarga de monitorear continuamente los datos de campo con el fin de garantizar una adecuada adquisición de los mismos, de manera que se pueda eliminar o corregir cualquier problema que pudiera presentarse, debido a factores geológicos, geofísicos o de instrumentación.

Es posible calcular la resistividad del medio según:

$$r = K.DV / I$$

Donde:

$r$  = Resistividad del medio, en Ohm-m.

$DV$  = Diferencia de potencial, en mV. medida en los electrodos M y N.

$I$  = Intensidad de corriente, en mA. medida en los electrodos A y B.

$K$  = Constante geométrica que depende de la distribución de los electrodos, m.

La Tomografía Geoelectrica, proporciona información de las propiedades físicas del subsuelo mediante el parámetro físico de resistividad real que poseen las formaciones geológicas, las que están en función variables físicas como son, porosidad, nivel de saturación en agua. Lo que constituye una herramienta más adecuada para definir características hidrogeológicas del terreno a lo largo de las secciones geoelectricas. El resultado final es una imagen en 2D (Distancia- Profundidad), que muestra la resistividad real del subsuelo, y que puede ser interpretado en términos geológicos.

Especificaciones del levantamiento.

El levantamiento se realizó a lo largo de 4 líneas, que cubrió con un total de 101 m lineales, distribuidas en el área de estudio.

**Tabla 8**

*Parámetros técnicos del levantamiento.*

Parámetros de adquisición	
Número de canales	6
Unidad de medición	(ohms-m)
Precisión de medición	0.001 ohms-m
Canales de medición	4
Profundidad	150 metros
Conversión AD	12 bits 1Msps
Intervalo de muestreo	0.25 milisegundos.
Longitud de registro	1 a 4 segundos
Rango de medición	0-2000 ohms-m
Polaridad de apilamiento	Positiva
Retraso	0
Formato de grabación	SEG-2
Software de Procesamiento	Oasis Montaj.

**Fuente:** Elaboración Propia

## Interpretación.

La interpretación fue hecha a través del análisis de las diferentes secciones relativas a cada línea. Como una observación las resistividades en el área de estudio varían desde los 0.00 ohms-m hasta los 1.95 ohms-m

Se ha podido distinguir y diferenciar zonas saturadas, que se caracteriza por presentar resistividades muy bajas debido a su mayor porosidad, menor grado de litificación y mayor saturación en relación con la zona de resistividades altas.

Los sectores muy conductivos están controlados por lineamientos geoeléctricos que podrían estar relacionados con las estructuras geológicas. Las resistividades moderadas corresponden a las zonas de transición, mientras que las resistividades altas corresponden a la roca compacta de textura uniforme.

- **Interpretación por colores.**

**El color rojo:** Representa alta resistencia/alta resistividad de la formación rocosa, también se puede interpretar el color como símbolo de peligro o riesgo de no obtener agua en esta zona.

**El color naranja:** Representa menos resistividad que la formación rocosa anterior, este color también indica algo de la zona de peligro, aquí no obtenemos agua.

**El color amarillo:** Representa una formación rocosa medianamente compacta, este color también Indica advertencia para conseguir agua en esta zona.

**El color verde:** Representa una formación rocosa de resistividad eléctrica menor que la media, este color también indica el inicio de zonas saturadas.

**El color azul - celeste:** Representa una formación de roca porosa y formación de roca capaz de almacenar agua. Este color indica grandes posibilidades de obtener agua en la zona.

**Figura 16**

*Representación para interpretar por rango de colores*

Rango de Color																		
ohms - m	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53

**Nota:** Interpretación por rango de colores.

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Interpretación general.**

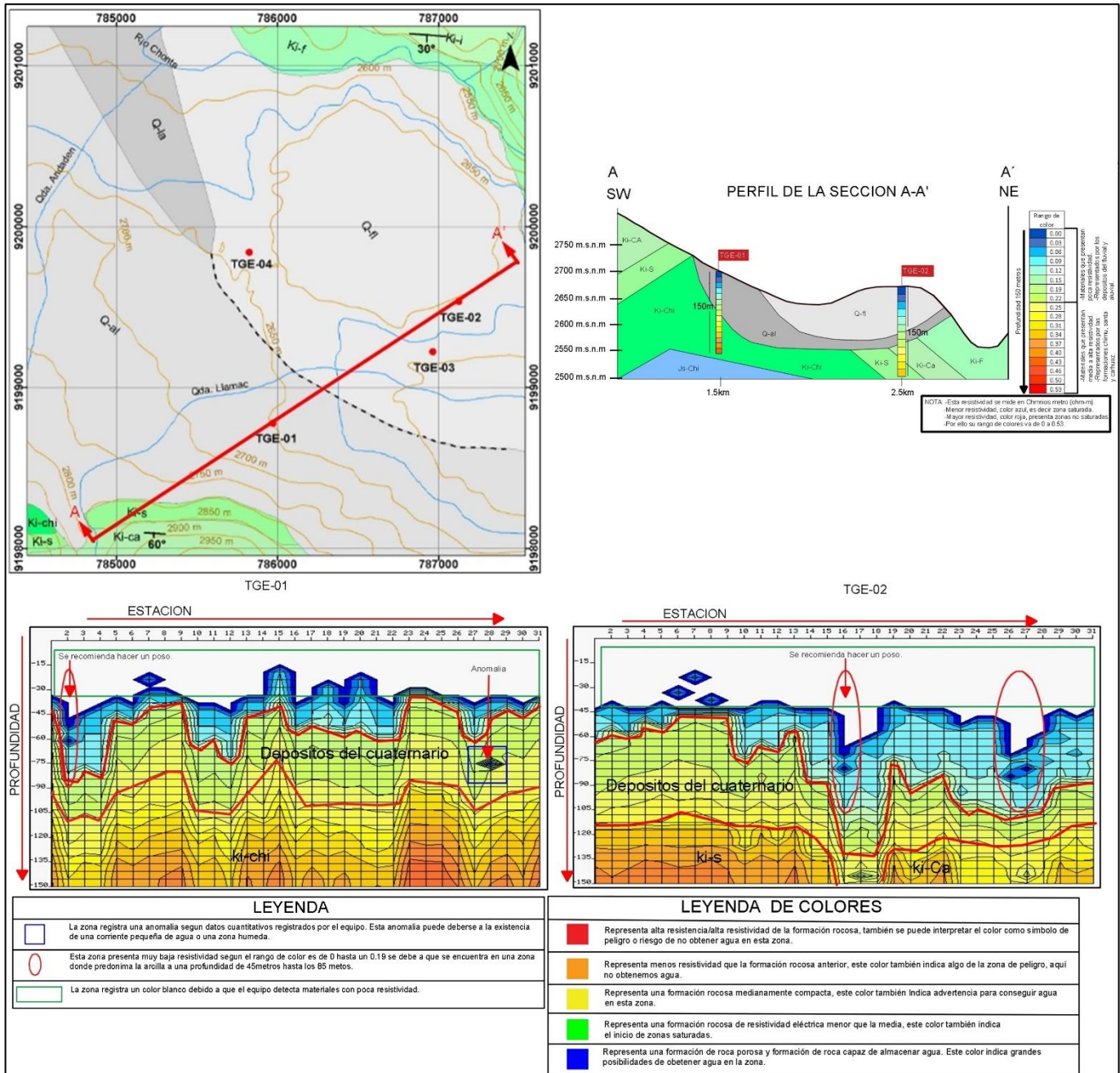
La interpretación de los diferentes métodos geofísicos, se ha realizado tomando en cuenta sus respuestas físicas y la intensidad de sus anomalías a través de los resultados de campo y de las inversiones 2D. Los resultados muestran correlación entre las diferentes capas litológicas y estructuras existentes, esta correlación es un indicador de los diferentes grados de alteración y porosidad de la roca. A continuación, se muestran las secciones de interpretación, obtenidas como resultado del análisis de los datos obtenidos.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. LÍNEAS DE LA TOMOGRAFÍA GEOELÉCTRICA E INTERPRETACIÓN.

Figura 17

Sección A – A'

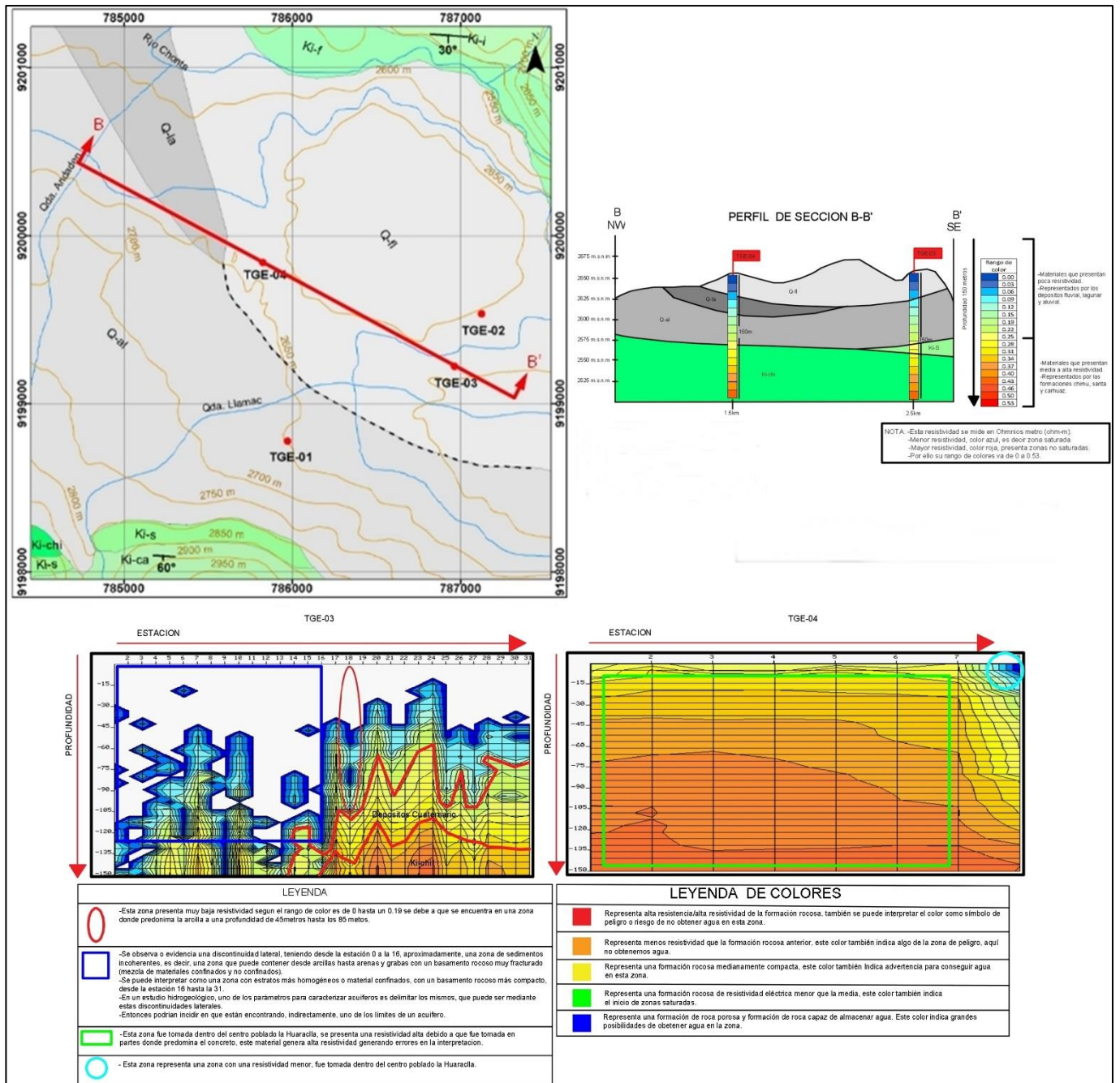


Fuente: Elaboración Propia



Figura 18

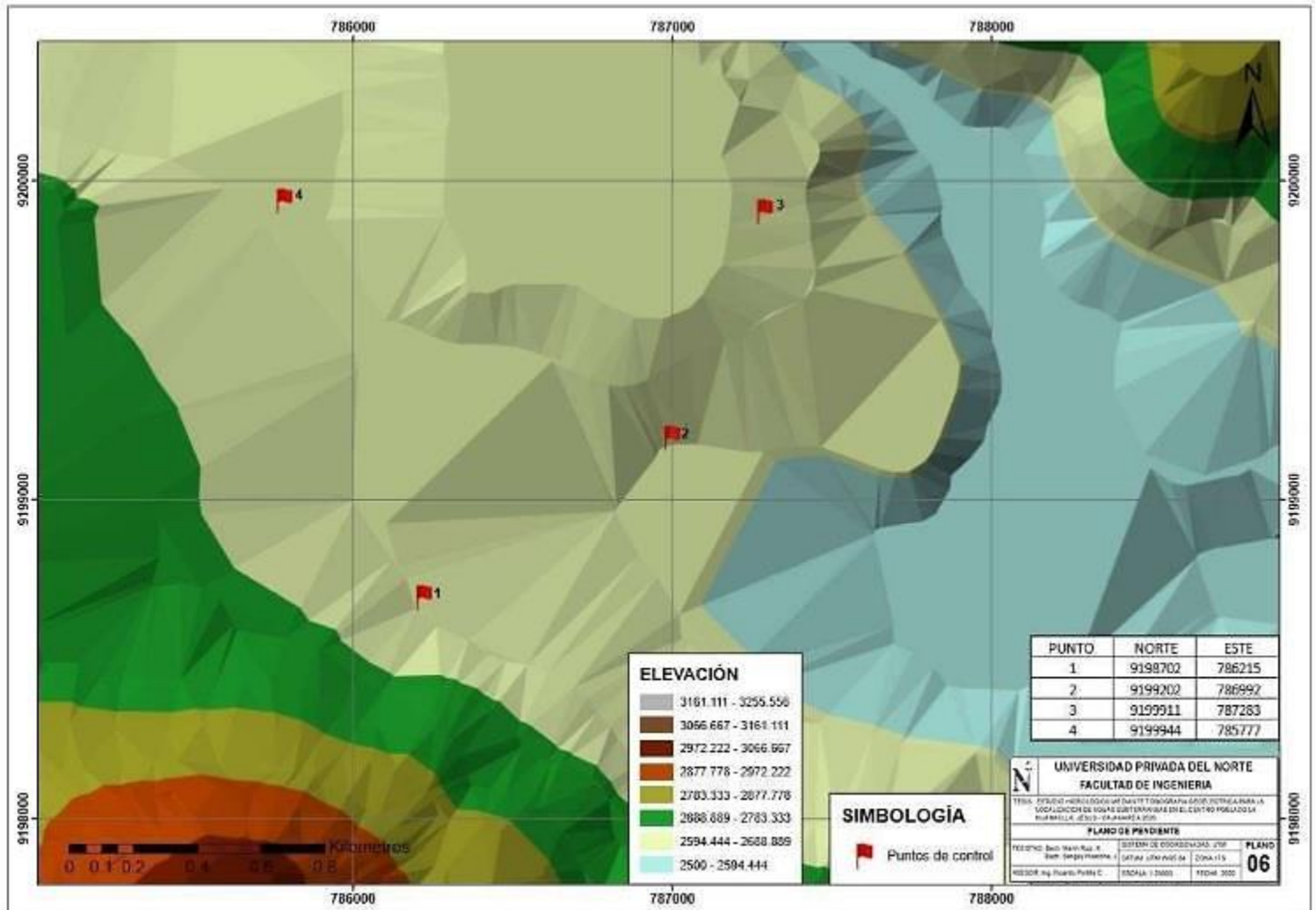
Sección B – B'



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19

Planos de pendientes



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2. MODELO HIDROGEOLÓGICO

La red Hidrográfica de la localidad de La Huaraclla está ubicada dentro de la cuenca del río Mashcón, sub cuenca del río Cajamarquino, que aporta directamente sus aguas al río Marañón. La cuenca del río que abarca la localidad de la Huaraclla, nace de la unión el río Chonta, el cual se une al río Mashcón en la localidad de Huayrapongo y forman el río Cajamarquino, pertenecientes a la zona de estudio.

Las fuentes de agua existentes en la actualidad, en el ámbito de estudio, son fuentes superficiales y subterráneas, siendo la principal para consumo poblacional la Fuente Manantial “Cochambul”, la cual alimenta a zonas poblacionales como la Huaraclla esta fuente se ubica en las coordenadas E: 784710.29 y N: 9202144.46; del sistema de coordenadas proyectadas UTM WGS-84, Zona – 17M, y a una cota de 2229 m.s.n.m., ubicándose a una distancia promedio de 50 Km de la localidad, el caudal de producción estimada por el método volumétrico es de 0.5 litros/segundo. Fuente: SENAMHI.

Se analizó la parte alta, media y baja de la cuenca de la Huaraclla en la cual se pudo observar:

#### 3.2.1. Parte baja de la cuenca:

Se percibe la ausencia de áreas con plantaciones de árboles o sembríos menores debido la escasez de agua.

### **3.2.2. Parte media de la cuenca:**

Los pobladores de la cuenca media son más favorecidos por la naturaleza puesto que en la zona existen filtraciones de agua, la cual es captada en reservorios y distribuida a través de canales.

Se observa plantaciones de eucaliptos, pequeñas parcelas sembradas con alfalfa, papa, hortalizas y hiervas aromáticas.

No existe infraestructura adecuada para riego. Pobladores cuentan con agua para consumo y están organizados bajo una junta de usuarios.

### **3.2.3. Parte alta de la cuenca:**

Se observó que los pobladores de la parte alta de la cuenca son los más perjudicados por la escasez de agua. Se observó un reservorio que colecta agua y es distribuida a los pobladores a través de canales, pero en verano es insuficiente.

Los pobladores creen que el problema del agua se solucionaría haciendo infraestructura para captarla y guardarla para ser usada en la época de ausencia de lluvias. Actualmente están organizados bajo un comité de riego, pagan 6 soles por año.

#### **Información sobre los parámetros meteorológicos:**

Se realizó la concentración y recopilación de información meteorológica, correspondiente a estaciones meteorológicas más representativas cercanos al área de estudio dentro de la Cuenca del río Marañón y el río Cajamarquino, promedio de 05 años (2008 – 2012) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

**a. Precipitación:**

Considerando las estaciones Cochambul y UNC por estar más cerca de la zona en estudio el registro de la distribución del factor precipitación, muestran máximas precipitaciones entre los meses de enero, febrero, marzo, abril, alcanzando una ocurrencia máxima de 15.8 mm en el mes de febrero (Épocas de Avenidas) y mínimas que oscilan entre 1 mm y 0 mm durante los meses Agosto y Setiembre (Épocas de Estiaje). En los meses siguientes, la precipitación comienza a ascender hasta alcanzar los volúmenes del siguiente ciclo anual. El volumen total de precipitación.

**b. Parámetros morfométricos:**

La importancia que determinar los principales parámetros morfométricos, se debe a que permite conocer algunas de las características de la microcuenca, los cuales van hacer utilizados en el cálculo de otros indicadores y que en conjunto van ayudar a tomar mejores decisiones cuando se la gestione. A continuación, se muestran los parámetros morfométricos que hemos determinado para la microcuenca:

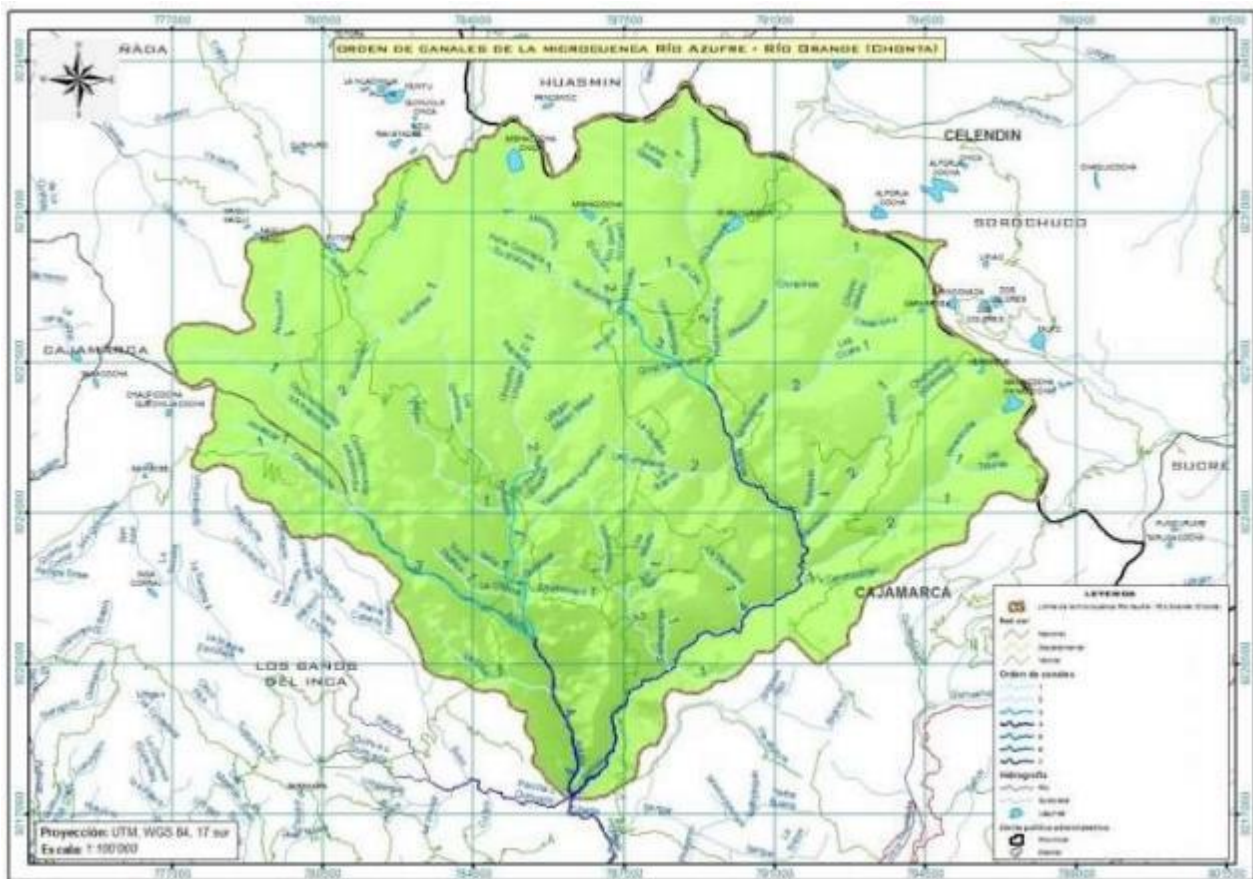
- a) Perímetro
- b) Longitud del cauce principal
- c) Longitud axial
- d) Densidad de drenaje  $Dd = \frac{\text{Longitud total del cauce}}{\text{Área de la cuenca}}$
- e) Ancho medio  $Am = \frac{\text{Área de la cuenca}}{\text{Longitud axial}}$
- f) Área de la cuenca
- g) Diferencia de elevación de la cuenca
- h) Forma de la cuenca - Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelious (Kc)

$$Kc = 0.28 \frac{(P)}{\sqrt{A}}$$

- i) Diferencia de elevación del cauce
- j)  $\frac{\text{Coeficiente de relieve} \times \text{Diferencia de elevación de la cuenca}}{\text{Longitud axial}}$

**Figura 20**

*Plano de canales de la hidro cuenca rio azufre – rio grande (chonta).*



**Fuente:** Elaboración Propia

### **Perfil longitudinal de cauce principal:**

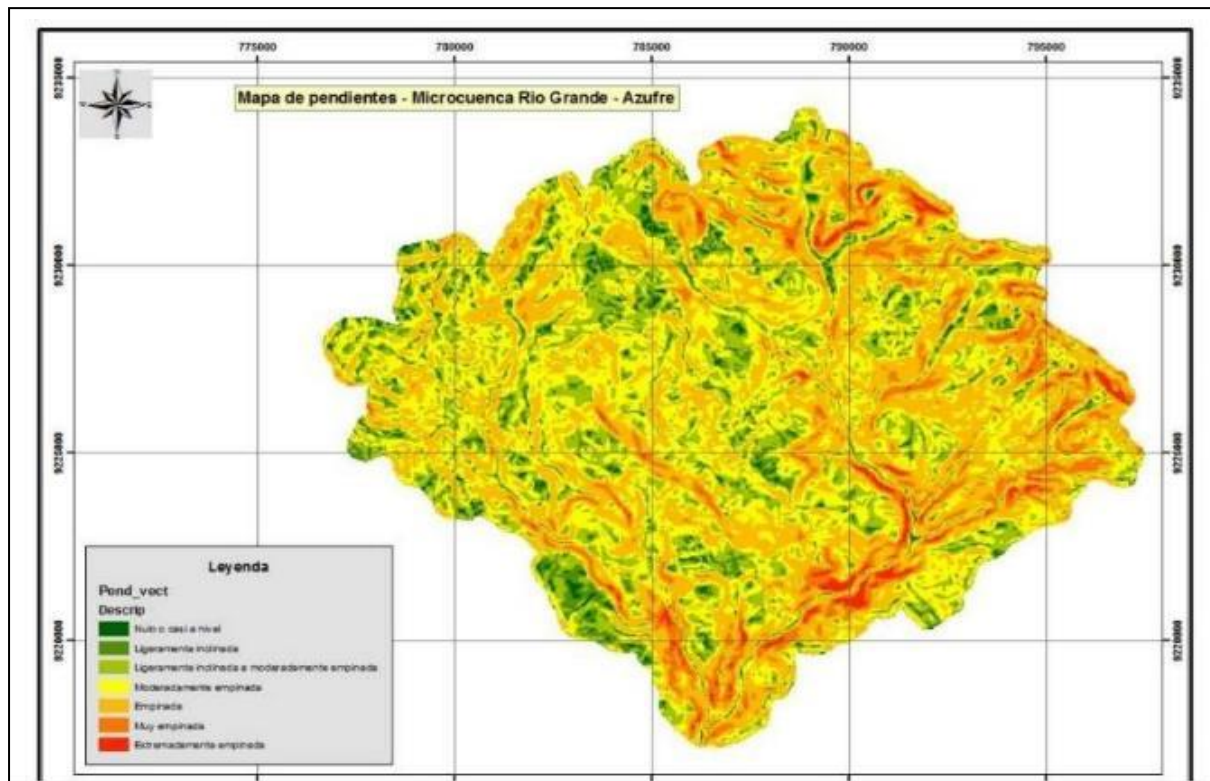
La importancia de determinar el perfil longitudinal del curso principal, radica en que nos proporciona una idea de las pendientes que tiene el cauce, en diferentes tramos de su recorrido, y que es un factor de importancia para ciertos trabajos, como control de las aguas, puntos de captación y ubicación de posibles centrales hidroeléctricas.

### **Pendientes:**

Es una variable física que se relaciona con el aspecto topográfico del territorio. La siguiente figura, permite obtener una visión de las características topográficas de la microcuenca del Río Azufre-Grande (Chonta); además permite determinar las clases de pendientes que contiene, así como su distribución espacial.

**Figura 21**

*Plano de Pendientes*



**Fuente:** Elaboración Propia



## **El Medio Poroso**

### **Litología:**

Basándose en los resultados del estudio geológico-geomorfológico, del análisis de los perfiles litológicos realizados mediante calicata y observando pozos de empresas agroindustriales, se ha logrado describir la litología y los materiales que conforman el acuífero. El acuífero está constituido por materiales aluviales, fluviales y lagunares de edad cuaternaria. Litológicamente está conformado por depósitos de cantos, gravas, materiales areno-arcilloso en ese sentido se formaría un acuífero no confinado, ya que se encuentra atrapada en materiales con diferente resistividad.

## **SISTEMA DE ALMACENAMIENTOS DE AGUAS**

### **c. Infraestructura hidráulica existente:**

Actualmente la localidad de La Huaraclla, cuenta con un sistema de agua potable por gravedad sin tratamiento que fue construida por La Municipalidad Distrital de Jesús en el año 2008, una estructura típica de captación de ladera con aletas de concreto y filtro de grava, cámara húmeda y caja de válvulas. La Cámara húmeda de sección cuadrada de 1m x 1m x 0.80; la que se encuentra en buen estado de conservación y funcionamiento encontrándose debidamente pintada y con su respectiva tapa sanitaria. La Caja de válvulas es de concreto, de sección cuadrada de 0,80 x 0,80 x 0,60, alberga en su interior una tubería de 1.5", con su respectiva válvula de control y sus uniones universales en buen estado de conservación. Cuenta con un cerco perimétrico hecho con postes de concreto e hileras de alambre de púas para restringir el paso de personas ajenas a la operación y mantenimiento. El cual está en regular estado de conservación.

**Foto 8**

*Reservorio en la localidad de la Huaraclla*



**Fuente:** Elaboración Propia

**d. Reservorio:**

Actualmente la localidad cuenta con un sistema de almacenamiento, el cual consiste en la instalación de un tanque de polietileno de forma cilíndrica de 10000 lts de capacidad de almacenamiento el cual se encuentra posicionado sobre una base de concreto y con el equipamiento hidráulico totalmente expuesto, el cual tiene presencia de fugas y filtración es haciendo que el recurso hídrico se desperdicie de manera discriminada e innecesaria, conllevando a la limitada capacidad operativa y funcional. No se aprecia caja de válvulas de salida, pero sí en cambio la caja de válvula de ingreso la misma que se encuentra en buen estado. Cuenta con cerco perimétrico de malla galvanizada anclada a postes de tubo del mismo material, dicho componente no presenta puerta de ingreso y en su lugar se aprecia una extensión de la misma malla asegurada con dos candados.

**Foto 9**

*Taques de Almacenamiento*



**Fuente:** Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIONES

El estudio Hidrogeológico permitió que la tomografía geoeléctrica localice los acuíferos a una profundidad de 45 metros, en el centro poblado la Huaraccla.

La tesis realizada en el centro poblado la Huaraccla tuvo relación con el estudio realizado en el Instituto de Minería de la U.T.M (Universidad Tecnológica de la Mixteca) en la cual se obtuvo una imagen espacial de la distribución de resistividad eléctrica con la profundidad, además se llegó a la conclusión que este parámetro físico, está determinado por factores tales como la naturaleza de las rocas, el contenido de fluidos, y el porcentaje de minerales disueltos en los mismos.

La zona de estudio con comparación a los estudios realizados por (Aparicio, 1989) se identifica que el agua de la superficie mediante la fuerza de gravedad desciende y fluyen a través de los materiales porosos saturados del subsuelo esto debido a que la zona de estudio presenta materiales porosos que pueden generar la infiltración y puede volver a surgir naturalmente como manantiales y caudal de base de los ríos, para la cual se optaría por almacenarla para uso poblacional.

El estudio hidrogeológico tiene su influencia en las cuencas hidrológicas además interviene en la estabilidad de taludes como lo menciona. (Puyol & Villa, 2006) y, en definitiva, en la comparación en la zona de la Huaraccla se pudo identificar una zona de deslizamiento en la cual se apreció un canal de riego que está en un suelo inestable para lo cual los factores internos y externos puede hacer que colapse causando falta de conexión de agua entre caseríos.

La posibilidad de aplicar la explotación a las aguas subterráneas es una opción legítima y económicamente aceptable cuando los beneficios superan a los costes como explica (Llamas, 1989) lo cual constituye un ejemplo singular con la zona de estudio es la empresa BACKUS esta dispone de un pozo subterráneo la cual hace la captación del

subsuelo para su beneficio. Además, ciertos pobladores hacen posos artesanales para sacar el agua y aprovecharlo de una manera individual.

El estudio realizado en la Huaraclla en su elaboración, tuvo como comparación con estudios localizados en varias provincias del departamento con fines de irrigación realizados por la Dirección Regional de Agricultura con fines de aprovechamiento de riego y agua potable para la ciudad de Cajamarca, mediante embalses; en la cual se tiene como conclusión una inversión pública para la captación del agua subterránea localizada en el estudio.

La principal limitación es el coste de perforación que se aplicaría para obtener el recurso hídrico, así como menciona (Llamas, 1989) la posibilidad de aplicar la explotación a las aguas subterráneas es una opción legítima y económicamente aceptable cuando los beneficios superan a los costes.

Se recomienda realizar pozos de perforación para obtener más análisis químicos del agua el motivo se viene a dar porque la tomografía nos dio resultados óptimos de la existencia de un acuífero y la posibilidad de saber la profundidad a la que se está llegando.

## 4.2. CONCLUSIONES

Se determinó que con el estudio hidrogeológico mediante tomografía geoeléctrica se pudo localizar aguas subterráneas a una profundidad de 45m, para la población del centro poblado la Huaraclla - Jesús - Cajamarca.

El realizar un cartografiado geológico en la zona nos ayudó a comprender como están orientadas las unidades lito estratigráficas y así poder determinar posibles anomalías en las resistividades que intervengan en las formaciones de los acuíferos.

Se realizó una sección estructural con el fin de conocer las características del subsuelo y así mismo poder correlacionarlo con las diferentes líneas tomográficas para así poder identificar en que zonas estructurales se encuentra ubicada la zona de saturación o acuífero.

Al realizar el método de tomografía geo eléctrica se interpretó los datos obtenidos en campo y mediante el Software, para así poder determinar o localizar la zona de saturación o acuífero y la profundidad a la que esta se encuentra ubicada.

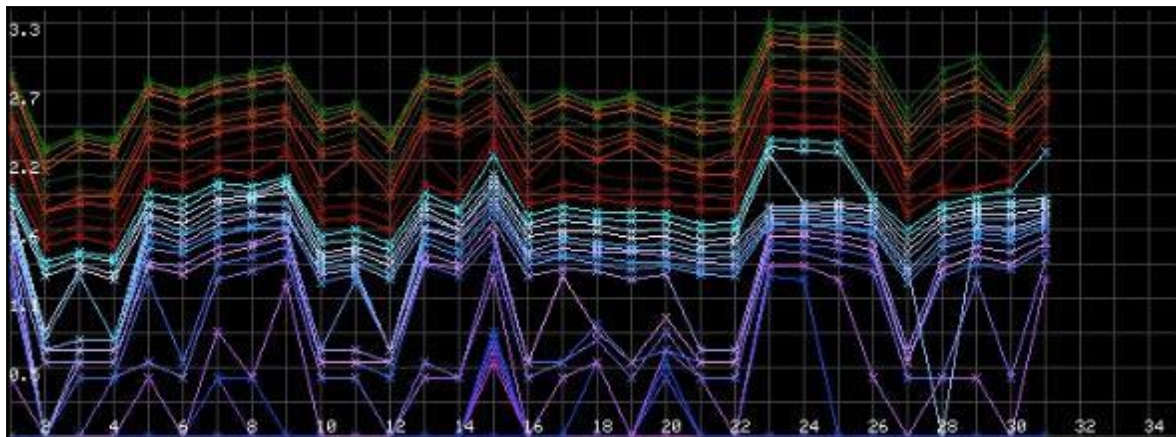
Realizando un estudio y modelo hidrogeológico de la zona se pudo determinar los ríos principales y ríos secundarios que alimentan la cuenca de la Huaraclla y la orientación a la que estas se dirigen, como también las fuentes de agua existentes en la actualidad, en el ámbito de estudio, son fuentes superficiales y subterráneas, siendo la principal para consumo de la población.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Huartado, J., Meneses Loja, J., & Guzman Leon, V. (1984). *DISTRIBUCIÓN DE MÁXIMAS INTENSIDADES SÍSMICAS*. Lima.
- Aparicio. (1989). *Fundamenteos de Hidrogeologia de Superficie*. Mexico.
- Benavides. (1956). *Cretaceous System in Northern Peru*. Peru.
- Boñon Alcantara, G. (2011). *Geomorfología del Departamento de Cajamarca*. Cajamarca.
- 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 diferencial*. Ecuador.
- Broggi. (1942). *Geología del embalse del río Chotano en Lajas*. Peru.
- Espinoza, A. (2008). *Metodos Goelectricos para la Prospeccion de Aguas Subterranas en Buenos Aires*. Buenos Aires.
- Fernandez, R. (2014). *Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) 2D para el proyecto HAWC*. Mexico.
- Gonzales, A. (2009). *Conceptos Basicos de Hidrogeologia*. España.
- Laughlin. (1925). *Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes Peruanos en los departamentos de Lima y Junín*. Lima.
- Llamas. (1989). *Usos y abusos de Aguas Subterranas*. Madrid.
- Llamas, R., & Custodio, E. (1999). *Aguas Subterranas*. Madrid.
- Meneses Aquino, L. (2019). *“EVALUACION DEL POTENCIAL HIDRICO DEL RIO CAJAMARCA CON FINES DE REGULACIONES FUTURAS PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*. LIMA.
- Oblitas. (1997). *Metodologia de la Investigacion*. Lima.
- Ordoñez, G. (2011). *Aguas Subterranas*. Lima.
- Puyol, A., & Villa, M. (2006). *Principio y Fundamentos de la Hidrologia Superficial*. Mexico.
- Tafur. (1956). *Nota preliminar sobre la Geología de Cajamarca*. Lima.

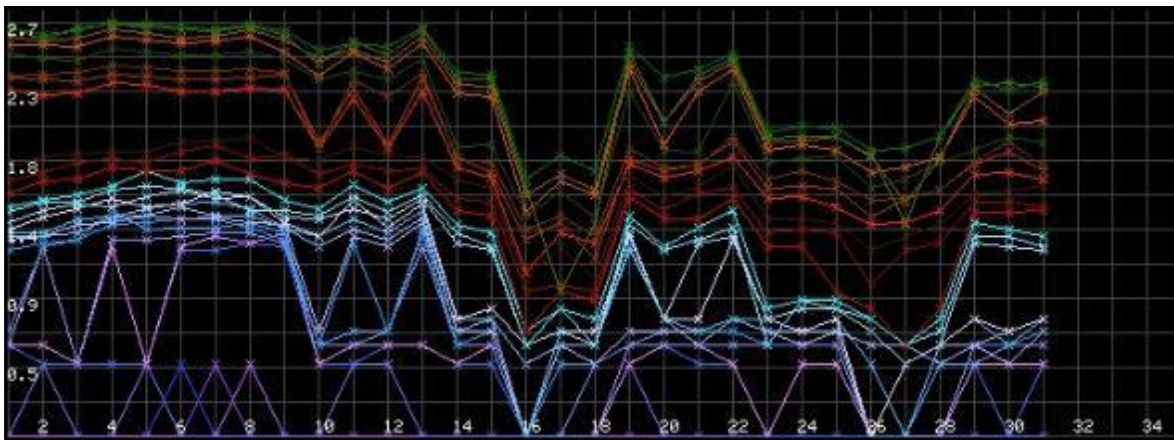
## ANEXOS

ANEXO N°1: Línea TGE-1

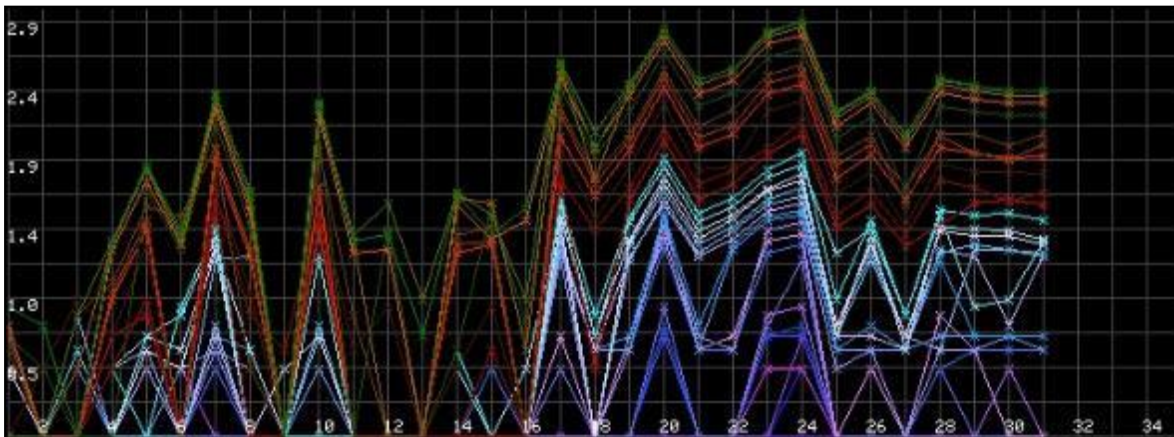




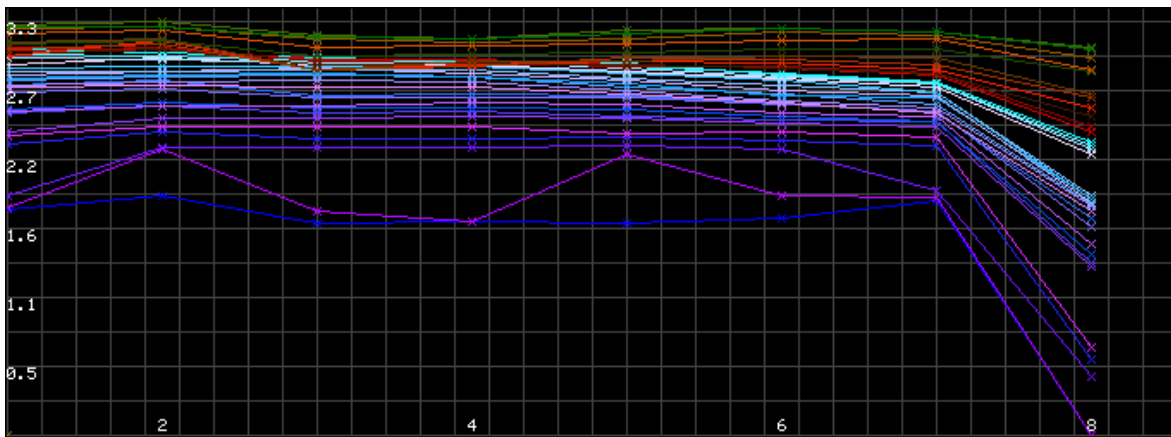
ANEXO N°2: Línea TGE-2



ANEXO N°3: Línea TGE-3



ANEXO N°4: Línea TGE-4



ANEXO N°5: Constancia de Equipos utilizados para realizar la Tomografía Geoelectrica.



CONSTANCIA.

Mediante el presente documento, la empresa COAGREEN SRL. Da a conocer que los equipos con los cuales se realizo el estudio geo-electrico para la busqueda de agua subterranea en la zona denominada la HUARACLLA , tales son:

DETECTOR : GER DETECT

Alcance frontal	:	2500 m
Precisión de medición	:	1200m
Unidad de medición	:	m
Canales de medición	:	3 sensores
Tiempo de usos	:	4 meses

RECEPTOR : GEOTOMOGRAFO ST150

Número de canales	:	6
Unidad de medición	:	(mV)
Precisión de medición	:	0.001Mv
Canales de medición	:	4
Profundidad	:	150 metros
Conversión AD	:	12 bits 1Msps
Intervalo de muestreo	:	0.25 milisegundos.
Longitud de registro	:	1 a 4 segundos
Rango de medición	:	0mV-2000mV
Polaridad de apilamiento	:	Positiva
Retraso	:	0
Formato de grabación	:	SEG-2
Software de Procesamiento	:	Oasis Montaj.
Tiempo de uso	:	4 meses.

Dejando constancia que los equipos utilizados en a la recepción de datos no cuentan con la calibración correspondiente por el corto tiempo de uso.

