HIDROGSER

HIDROGEOLOGÍA Y SERVICIOS

EXPLORACIÓN GEOÉLECTRICA





ESTUDIO GEOELECTRICO PARA IDENTIFICACION DE ACUIFEROS Y DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE UN POZO PROFUNDO PARA CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN LA COMUNIDAD MOCAGUA– MUNICIPIO DE LETICIA- DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

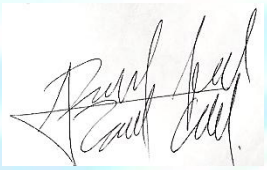
TEL: 313 365 34 68 – 311 580 33 93 CORREO: HIDROGSER21@GMAIL.COM

OCTUBRE DE 2024

Bogotá Colombia

EL PRESENTE INFORME CONTIENE EL RESULTADO DE LA EXPLORACIÓN EL CUAL ES REVISADA A DETALLE POR LOS PROFESIONALES ENCARGADOS DEL PROCESAMIENTO DE LOS DATOS Y EDICION DEL INFORME

PROCESAMIENTO DE DATOS Y EDICIÓN INFORME:



DANIEL FERNANDO RUEDA
C.C. 1053784045
GEÓLOGO



VICTOR ALFONSO GUALTEROS MORA
C.C.80.912.57
TÉCNICO DE CAMPO



IVAN DARIO RIVERA VELEZ
C.C.1.023.908.132
INGENIERO AMBIENTAL

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 5
1.0 INTRODUCCIÓN 6
2.0 OBJETIVOS 8
3.0 METODOLOGIA 8
4.0 LOCALIZACION 9
5.0 GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO 12
5.1 ROCAS presentes en la zona 12
6.0 HIDROGEOLOGIA 18
6.1 CARACTERIZACION HIDROGEOLOGÍA 19
6.2 UNIDADES Y PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS 21
6.3 TIPOS DE ACUIFEROS 23
6.4 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO 24
7.0 PROSPECCION GEOELECTRICA 25
7.1 LEYES QUE LIMITAN LOS ESTUDIOS GEOELECTRICOS 27
7.1.1 LEY DE LA EQUIVALENCIA 27
7.1.2 LEY DE LA SUPRESION DE CAPAS 27
7.1.3 EFECTOS DE LA INCLINACION DEL BASAMENTO 27
7.2 SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES Y SU INTERPRETACION 28
8.0 ANALISIS DE RESULTADOS 32
9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34
10.0 ANEXOS 37
10.1 ANEXO A. LECTURAS DE CAMPO 37
10.2 ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO 40
10.3 ANEXO C. REFERENCIAS 41
10.4 ANEXO D. CANTIDADES DE OBRA 42
10.5 ANEXO E. GLOSARIO 43

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los sondeos eléctricos verticales. 10
Figura 2. Corte topográfico del área de estudio. 11
Figura 3. Geología del área de estudio. 17
Figura 4. Provincias Hidrogeológicas 20
Figura 5. Registro fotográfico del equipo Geosystem. 25
Figura 6. Prospección Geoeléctrica. Diagrama teórico. 26
Figura 7. Aproximación de Columna Litológica esperada para el sondeo recomendado con mayor potencial hidrico subterraneo (SEV-2) 33
Figura 8. Prediseño del pozo a 30 m* (SEV-2) 36

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Localización por coordenadas de los sondeos eléctricos verticales 9
Tabla 2. Valores típicos de permeabilidad de la matriz rocosa. 22
Tabla 3. Resumen SEV-1 29
Tabla 4. Resumen SEV-2 30
Tabla 5. Resumen SEV-3 31

ESTUDIO GEOELÉCTRICO REALIZADO EN LA COMUNIDAD MOCAGUA– MUNICIPIO DE LETICIA - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS

Informe técnico final

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio geoeléctrico de prospección de agua, se llevó a cabo a partir de los resultados de tres (3) Sondeos Eléctricos Verticales identificados como SEV-1, SEV-2 y SEV-3.

El estudio integra imágenes de satélite, geología regional del servicio geológico colombiano y el estudio de geofísica o estudio geoeléctrico, para conceptuar acerca de la presencia de agua subterránea en el subsuelo.

El presente estudio se realiza con el objeto de evaluar los acuíferos presentes en el área de la Comunidad de Mocagua – Municipio de Leticia. El estudio permite evaluar la posibilidad de llevar a cabo la perforación de un pozo profundo que supla las necesidades de abastecimiento de agua subterránea en dicho predio.

Este documento presenta la realización de un estudio Hidrogeológico y Geofísico – Geo eléctrico en zonas cercanas al lugar de los requerimientos del cliente; la zona de estudio fue seleccionada por presentar características hidrogeológicas y topográficas óptimas para llevar a cabo los estudios Geo eléctricos de superficie y posteriormente la construcción del pozo profundo.

El área de estudio se encuentra localizada en el departamento de Amazonas, en el municipio de Leticia. La región es un área de clima cálido con temperaturas medias de 25°C. La altitud media es 96 m.s.n.m.

1.0 INTRODUCCIÓN

Se requiere la perforación de un pozo, para ello se procedió a evaluar el potencial hídrico subterráneo en las áreas de interés de la comunidad Mocagua, municipio de Leticia, departamento de Amazonas. Por tal motivo se realizó la exploración geoeléctrica por medio de tres (3) Sondeos Eléctricos Verticales con el objetivo de hacer una prospección de la ubicación del recurso hídrico subterráneo. La ubicación de los SEV's se detalla en Figura 1.

Como trabajo de oficina la localización del área de estudio se realiza sobre una imagen de satélite de alta resolución y sobre el modelo de elevación digital DEM de la NASA utilizado para el corte topográfico (Figura 2). El trabajo de campo consiste en un reconocimiento y validación del mapa geológico regional de Ingeominas escala 1:100.000. Con los datos obtenidos, se orientó el dispositivo y se procedió a realizar el trabajo de prospección geoeléctrica, buscando la apertura máxima posible.

El objetivo general es efectuar la toma de datos y la interpretación de los sondeos eléctricos verticales (SEV's) para posteriormente tomar esta información geo eléctrica del subsuelo y correlacionarla con la información de superficie que exista para la zona del proyecto y finalmente se efectúan predicciones respecto al potencial de agua subterránea, estableciendo la "prognosis" de una futura etapa de perforación.

Se entiende por "prognosis" el cálculo aproximado sobre la ubicación y espesores de los intervalos y litologías de las rocas, en el subsuelo, que van a ser perforados por la broca durante la construcción de un pozo profundo; interesa particularmente la distancia en profundidad y el espesor de los niveles proyectados como acuíferos.

El objetivo principal de los estudios prospectivos de agua (Estudios geo eléctricos – EG), está encaminado a disminuir el riesgo geológico en el hallazgo de aguas subterráneas en el mayor porcentaje posible. No existen mecanismos exploratorios, con precios similares al EG, que

garanticen o definan caudales de los acuíferos en profundidad. El EG establece aproximaciones y cambios demostrables en la presencia del agua, pero nunca puede proyectar las cantidades recuperables. Así como en la búsqueda de hidrocarburos, la mejor manera de extrapolar potenciales de reservas o caudales, es integrar la mayor cantidad de información verificable, que pueda proyectar estimados más reales; y definitivamente valorar los datos preliminares en el momento de perforar un pozo exploratorio que es el testigo verificable del potencial del acuífero.

Para la localización de los SEV's (Sondeos eléctricos verticales) se utilizó un GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM), que es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre las señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas planas con una precisión de 2 metros.

En este informe técnico se consignan los resultados del estudio, y se describen las características hidrogeológicas del subsuelo, manifestando las conductas de resistividad en los sectores seleccionados, litologías asociadas, comportamientos hídricos, manifestando las zonas de mejores condiciones para una posible exploración de aguas subterráneas en el proyecto en referencia.

Finalmente se dan recomendaciones pertinentes para la perforación de un pozo profundo, que captará fundamentalmente los horizontes acuíferos pertenecientes a rocas del Paleógeno.

2.0 OBJETIVOS

El estudio y en general la prospección geoeléctrica, tiene como objetivos fundamentales:

- Referenciar la hidrología de la zona
- Describir la geología local del sector donde se localiza la zona objeto del estudio.
- Realizar 3 Sondeos Eléctricos Verticales en la zona con el objeto de conocer hidrogeológicamente el subsuelo y definir la posibilidad de exploración de aguas subterráneas.
- Definir el tipo o tipos de acuíferos presentes en la zona de estudio.
- Analizar hidrogeología con base en la geología y resultados Geoeléctricos.
- Recomendar sitios para la perforación de un pozo profundo.
- Presentar un pre diseño de pozo y cantidad de obra del mismo.

3.0 METODOLOGIA

La realización del estudio geoeléctrico se desarrolla de la siguiente forma:

- Toma de información geoeléctrica en campo.
- Recopilación de la información existente.
- Interpretación de curvas de campo.
- Compilación y tratamiento de información hidrológica.
- Análisis hidrogeológico.
- Procesamiento de datos; elaboración del informe final.

Previo al trabajo de campo, se realiza una planeación de los puntos de interés para cada zona, en donde se determina los lugares óptimos para toma de datos, teniendo en cuenta fotografías aéreas y los polígonos que delimitan el área de interés, para así tener claridad de la extensión y ubicación de las líneas. Para este proceso se realiza una reunión con el personal de HIDROGSER y los contratistas.

4.0 LOCALIZACION

Los sondeos eléctricos verticales correspondientes al estudio geoeléctrico realizado se localizan mediante las siguientes coordenadas en la zona de estudio:

Tabla 1. Localización por coordenadas de los sondeos eléctricos verticales

S.E.V	Coordenadas geográficas		Datum Magna Sirgas Origen central		Altitud
	Latitud	Longitud	Norte (m)	Este (m)	(m.s.n.m.)
1	3°49'22.01"S	70°15'4.71"W	68112.36	1425206.72	83
2	3°49'21.3"S	70°15'14.7"W	68143.72	1425256.18	82
3	3°49'23.32"S	70°15'9.18"W	68072.31	1425166.24	81

Fuente: trabajo de campo, 2024.

Los sondeos que corresponden a las anteriores coordenadas se muestran en la siguiente figura. Adicionalmente como trabajo de oficina la localización del área de estudio se realiza sobre una imagen de satélite de alta resolución y sobre el modelo de elevación digital DEM de la NASA utilizado para el corte topográfico (Figura 2). El trabajo de campo consiste en un reconocimiento y validación del mapa geológico regional del servicio geológico colombiano escala 1:100.000. Con los datos obtenidos, se orientó el dispositivo y se procedió a realizar el trabajo de prospección geoeléctrica, buscando la apertura máxima posible.

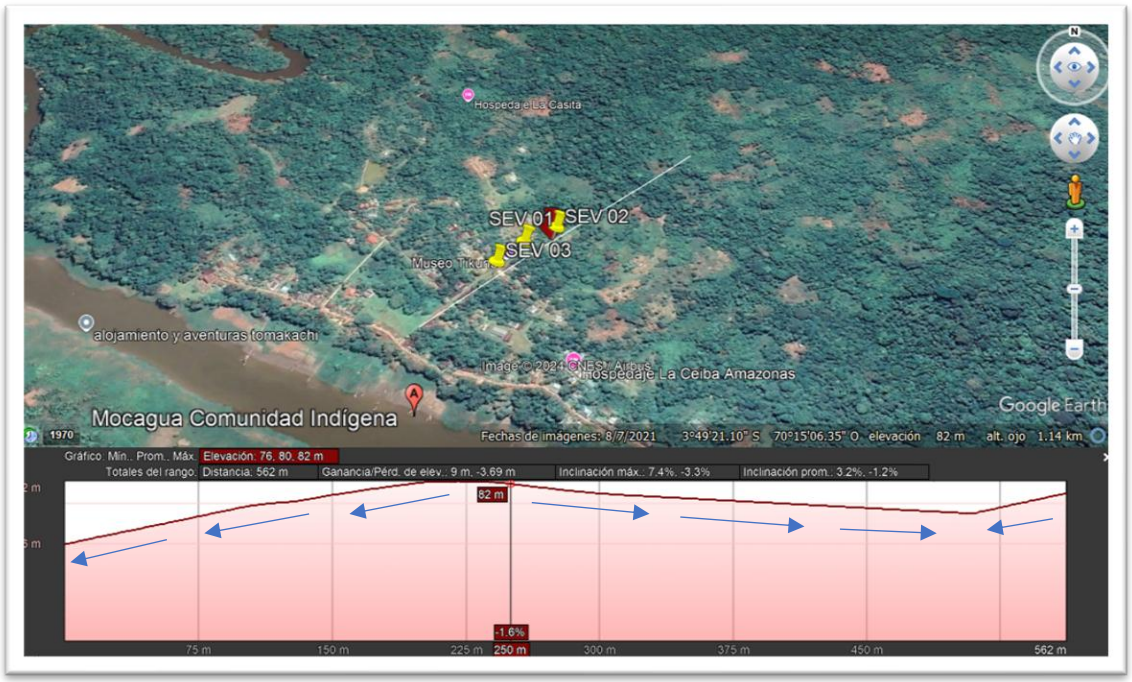


Línea sev-01, dirección S49E
Línea sev-02, dirección S75E
Línea sev-03, dirección S47E

Figura 1. Ubicación de los sondeos eléctricos verticales.

Fuente: Google Earth. Adaptado por HIDROGSER.

Adicionalmente es importante poder observar la topografía del área de estudio y la posible dirección de flujo del agua subterránea, ya que estas características ayudaran a recomendar el mejor punto para realizar la perforación exploratoria. Teniendo esto en cuenta a continuación se observa el corte topográfico del área de estudio:



POSIBLE LINEA DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Figura 2. Corte topográfico del área de estudio.

Fuente: Google Earth. Adaptado por HIDROGSER.

En la figura anterior se puede observar las posibles líneas de dirección de flujo del agua subterránea basado en su topografía y de acuerdo a esto también es preciso mencionar que según estos cortes topográficos que provee Google Earth y su sistema del modelo de elevación digital DEM de la NASA la dirección aproximada de las líneas de flujo del área de estudio es de ESTE – OESTE con aporte de agua en dos direcciones.

5.0 GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según la plancha Geológica 5-26 Leticia – Amazonas (Servicio Geológico Colombiano, 2010), Geológicamente el territorio del Departamento de Amazonas, esta constituido por los grandes elementos geotectónicos del Continente Suramericano: Sistema Andino y Escudo Guayacanes. Estos elementos conforman a su vez cuatro grandes regiones naturales con rasgos litoestratigráficos y tectónicos propios, que permiten identificar y delimitar terrenos que ofrecen diverso potencial de aguas subterráneas

La caracterización geológica de estas regiones se basa en el análisis de las diferentes unidades de roca, el ambiente de depositación y los procesos posteriores de formación (plegamiento, fallamiento y metamorfismo) causados por la acción de varios eventos orogénicos y magmáticos a través del tiempo geológico (Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, 2007).

En el área de estudio predominan rocas sedimentarias con edades del Mioceno al Eoceno. (Ver figura 3). Esta unidad se describe con mayor detalle a continuación:

5.1 ROCAS PRESENTES EN LA ZONA

La región sur amazónica colombiana, geológicamente se caracteriza por estar conformada por diferentes tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que varían en edad desde el Precámbrico hasta el presente.

Entre las rocas ígneas se presentan dos cinturones: uno al oriente, de edad Precámbrica, representado por los Granófiros de Tijereto; y el segundo, al occidente, representado por el Batolito de Mocoa, de edad Jura triásica. Así mismo, se presentan algunos pórfidos andesíticos y dacíticos en la Cordillera Centro-Oriental.

Las Rocas metamórficas, de edad Precámbrica, corresponden a las unidades denominadas como Escudo Guyanés y Macizo de Garzón. El primero constituido por el Complejo Migmatítico de Mitú, a su vez afectado

por diferentes episodios magmáticos, volcánicos y sedimentarios, que dieron lugar a formaciones como La Pedrera, Roraima y Piraparaná, presentando sus mayores afloramientos al oriente de Araracuara, en las cuencas de los ríos Caquetá y Apaporis. El segundo, afectado por eventos magmáticos, está conformado por rocas metamórficas localizadas en la parte occidental de la región, asociadas al núcleo de las Cordilleras Oriental y Centro Oriental.

Las Rocas sedimentarias están agrupadas de acuerdo con el ambiente en que fueron formadas en: marinas, continentales y por la interacción de procesos volcánicos y sedimentarios (volcanoclásticas).

Rocas sedimentarias marinas: a esta categoría corresponden las Formaciones Araracuara (Paleozoico), Guadalupe y Villeta (Cretácico), y Pebas, Ospina y San Miguel (Terciario). La primera aflora en inmediaciones de Araracuara; las formaciones del Cretácico se localizan en una delgada franja en el piedemonte; mientras que la Formación Pebas se localiza principalmente en amplios sectores del departamento del Amazonas y las Formaciones Ospina y San Miguel se presentan en el departamento del Putumayo.

Rocas sedimentarias continentales: a esta categoría corresponden las Formaciones Caballos (Cretácico), Rumiyaco y Pepino (Terciario) y el Terciario Superior Amazónico. Las tres primeras formaciones afloran en una delgada franja en diversos sectores del piedemonte y son las rocas almacenadoras de petróleo por excelencia en la región. Entre tanto la cuarta unidad es la de mayor extensión y cubre amplios sectores de los tres departamentos y conjuntamente con las Formaciones Pebas, Ospina y San Miguel conforman la llanura Amazónica.

En esta categoría se involucran las Terrazas antiguas y los depósitos aluviales de los actuales ríos.

Secuencias volcanoclásticas: se presentan localizados hacia la cordillera centro oriental y el piedemonte de la misma.

Con respecto a la geología estructural, en el extremo occidental de la cuenca amazónica se encuentra el Arco de Iquitos, el cual separa dos depresiones tectónicas que afectaron fundamentalmente a las rocas precámbricas del Escudo Guyanés, y que de acuerdo a Rivera (1991) corresponden a los Rift del Caguán y del Apaporis. El arco de Iquitos

encuentra su continuidad en la parte central en las inmediaciones de La Chorrera y Araracuara.

De igual manera, la región está afectada por diferentes sistemas de fallas geológicas, principalmente inversas, siendo las de mayor actividad las localizadas en la zona de piedemonte y cordillera (sistema de fallas del frente cordillerano y el de Suaza) con rumbos preferenciales NE. En el resto de la región se presentan fallas y lineamientos de direcciones NE, NW y NS que modifican y controlan los cauces de los ríos.

- **E-Stm:** Sedimentaria de ambiente transicional- marino. Arcillolitas con intercalaciones de limolitas, lodolitas arenosas y arenitas.

- **N-Sc:** Sedimentaria de ambiente continental. Conglomerados y arenitas poco consolidadas con matriz ferruginosa y arcillosa.

- **Q1-t:** Deposito de terraza. Terrazas aluviales.

- **Q- al:** Aluvion. Depositos aluviales y llanuras aluviales.

- **La formación Pebas/Solimões:** Es un conjunto de materiales sedimentarios pobremente consolidados y en posición horizontal en la Amazonía Occidental. Está constituida por sedimentos finos (desde la base se reconocen arenas, arenas conglomeráticas, complejo petroférrico, niveles de arcillas orgánicos, arenas muy finas, arcillas y limos de tonalidades predominantemente azules, mantos de carbón, conchales y arcillas bituminosas). Aflora en la margen Noreste del río Amazonas entre las comunidades de Santa Sofía y Puerto Nariño; afloramientos menores se observan en el carreteable Leticia-Tarapacá a partir del km 23 y en los caminos y quebradas que drenan el relieve colinado formado por esta unidad. La columna estratigráfica es de aproximadamente 100 metros y corresponde al máximo relieve entre las orillas del río Amazonas y las cimas de las colinas más altas desarrolladas sobre estos materiales, que se encuentran en las cabeceras del río Amacayacu. El espesor de la Formación Solimões es de 30 metros.

- **La formación Jericó Colombia:** La Formación Jericó se localiza en la Amazonía Occidental en una franja de dirección Suroeste-Noreste (40-50° grados), en la Amazonía Occidental con una extensión longitudional de aproximadamente 60 km y un ancho que puede variar en el sur hasta 12 km y en el norte hasta 24 km; en el

territorio brasilero se pincha en un brazo de tan sólo 4 km de ancho aproximadamente. Esta faja de sedimentos no consolidados, se sitúa entre las formaciones Solimões e Içá, el nombre de Formación Jericó, se emplea para describir un conjunto de sedimentos con niveles de bauxita en posición horizontal y discordante sobre la Formación Pebas/Solimões que se describe por primera vez para el territorio. La unidad estratigráfica aflora entre los km. 20.3 y 23 de la carretera Leticia-Tarapacá y sobre el río Calderón, donde se puede seguir la continuidad de la secuencia, cuya columna estratigráfica fue levantada 50 m antes de la finca Jericó y frente al camino de herradura que lleva hasta el río Calderón.

La estratigrafía de la Formación Jericó está caracterizada por cuatro secuencias de arenas y arcillas y se inicia con un horizonte petroférrico que tiene un espesor variable entre 2 a 4 cm que separa a la Formación Solimões de la Formación Jericó. Geomorfologicamente se trata de un sistema de colinas de baja altura, menores de 30 metros y cimas bastante amplias, separadas por valles amplios, que se distinguen nítidamente del área plana de la terraza de Leticia con la cual está en contacto en su margen Suroeste. El rasgo más llamativo de esta unidad es su coloración rojo claro a rosado moteado de blanco en los estratos finos y el color naranja que exhiben las arenas.

- **La formación IÇÁ (ISA):** Se ha empleado este nombre para referirse a una unidad descrita por Maia et al. (1977) y por Rossetti (2005) en las cercanías de Leticia, en el área de Tabatinga en Brasil. En su mayor parte se halla recubierta por los sedimentos más recientes de la terraza de Leticia, comportamiento que no se da en territorio brasilero. Afloran en cercanías de la base naval de Leticia sobre el brazo Occidental del río Amazonas. Al recorrer la terraza de Leticia, genera ondulaciones color rojo o naranja rojizo que sobresalen pocos metros por encima de la terraza y que corresponden a remanentes de paleorelieves del Içá. Esta formación es una franja de dirección SW-NE que se observa desde las zonas del Colegio Camilo Torres en Leticia y se puede seguir desde límites con Brasil en el área del municipio de Tabatinga (Brasil) hacia el Este y hacia el Oeste presenta continuidad hasta la base naval de Leticia; su continuidad hacia el Norte se reconoce en el río Calderón.

  Es de grosor irregular, con sedimentos no consolidados, que consideramos yacen discordantes sobre la Formación Jericó.

Presenta niveles de arcillas, con variabilidad textural de limos a areniscas finas, media a gruesas, así mismo, limos con mezclas texturales. Es muy llamativa la presencia de estructuras de flujo en toda la secuencia que afirman su origen fluvial. Los colores son muy característicos, rojos, rojo-naranja, amarillo, rosado a gris claro, puede observarse laminación paralela, estratificación entrecruzada, así como sutiles imbricaciones en los materiales gruesos. Muchas de las arenas presentan en su interior niveles de gibsita retrabajada de la Formación Jericó. El nivel base de su formación se encuentra por debajo de los niveles mínimos que alcanza en la actualidad el río Amazonas en condiciones más secas y sus partes más altas corresponden a las cimas de sus colinas que sobresalen unos pocos metros por encima de la terraza de Leticia, por lo cual el espesor que se observa es apenas de unos 22 metros. Las columnas litológicas se observan desde lejos con tonalidades rojizas, geomorfológicamente son sistemas de colinas de muy baja altura, entre 20 a 25 metros, con cimas en forma de domos alargados, con laderas convexas y presencia de caños con drenajes angostos. La secuencia propuesta como sección tipo para el territorio colombiano, aflora en la finca Olga Vergara, cercana a la Base Naval de Leticia, donde se exponen alrededor de 13 metros de secuencia estratigráfica.

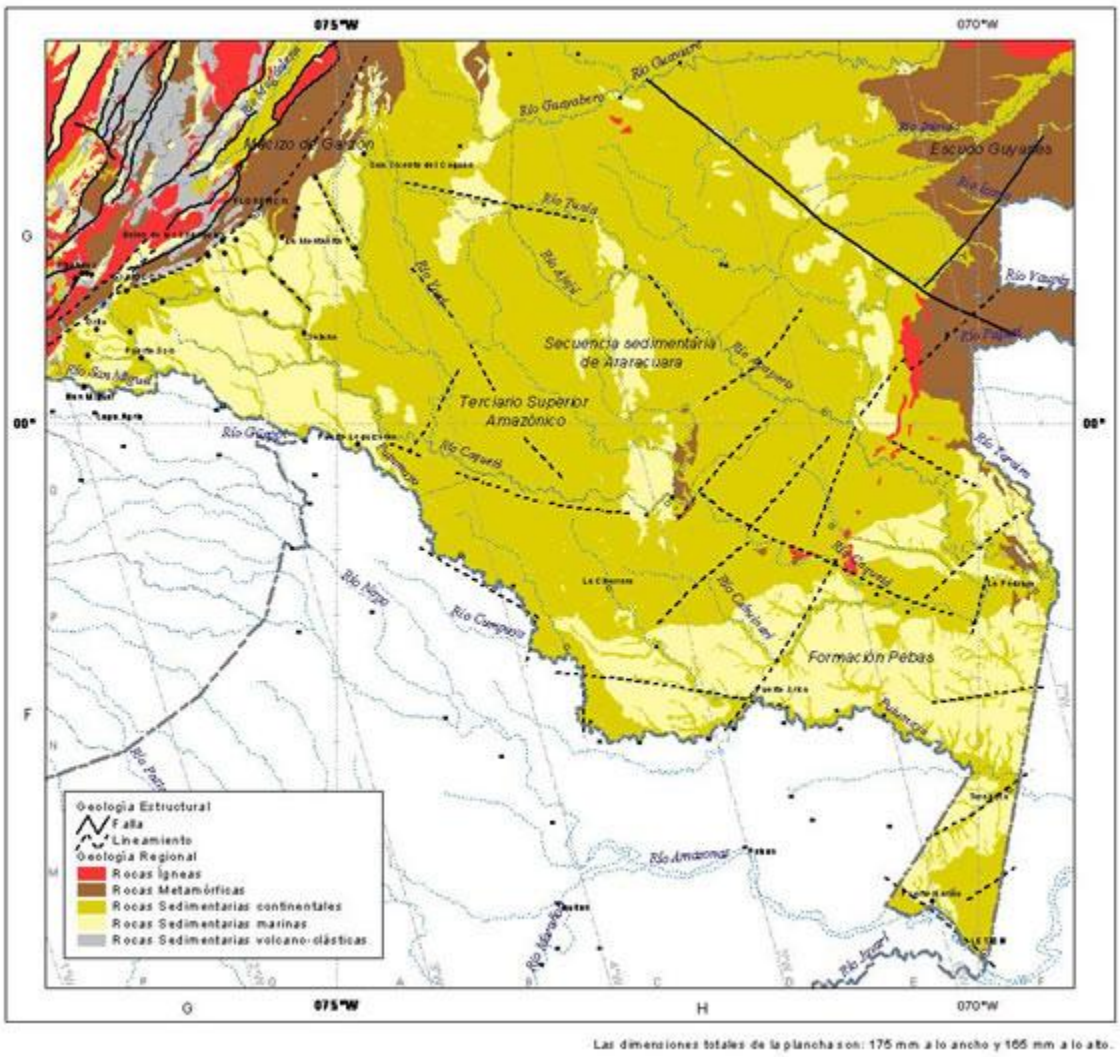


Figura 3. Geología del área de estudio.

Fuente: Servicio Geológico Colombiano (2010). Adaptado por HIDROGSER.

6.0 HIDROGEOLOGIA

El conocimiento de la configuración de un acuífero es indispensable para la caracterización hidrogeológica. Se parte de los mapas geológicos existentes (escala regional); de información secundaria como fotografías aéreas, imágenes satelitales y de radar. Luego se realizarán los estudios geofísicos y/o geológicos a escala semi detallada o a detallada (escalas 1:10000 o mayores) con caracterización litológica, mineralógica, estratigráfica, estructural y permeabilidad de cada una de las unidades identificadas. Se entiende por permeabilidad la capacidad de un medio poroso para permitir el movimiento del agua; esta capacidad se puede dar por los espacios que existen entre granos, porosidad primaria, o por las fisuras y fracturas, porosidad secundaria, como se muestra en la siguiente figura:

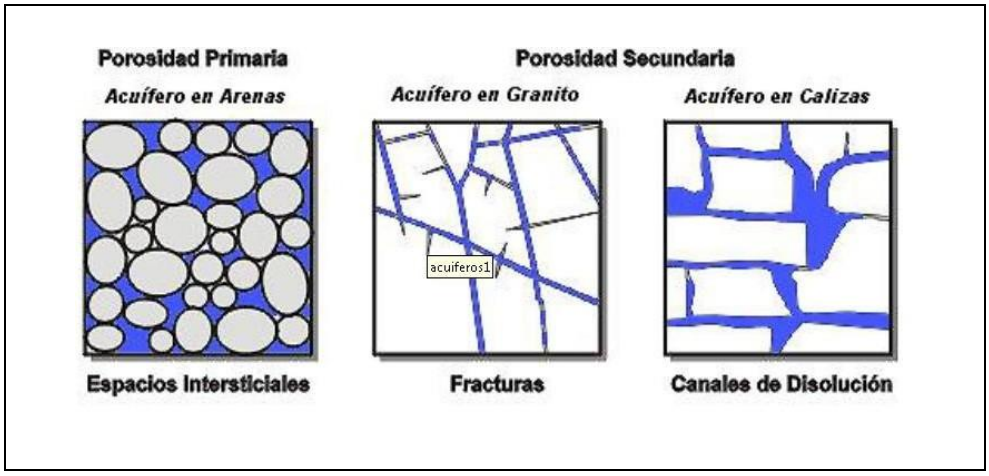


Figura 5. Tipos de porosidad en rocas.

Las aguas subterráneas ocurren generalmente en los siguientes ambientes:

- Depósitos no consolidados de gravas y arenas: intercalados frecuentemente con niveles o paquetes de limos y arcillas, que son comúnmente el resultado de procesos aluviales o de deposición en las vertientes.

- Rocas sedimentarias: Materiales de origen sedimentario, normalmente consolidadas y semi - consolidadas de conglomerados y areniscas, que

tienen permeabilidad y porosidades primarias (intergranulares) y secundarias como consecuencia del fracturamiento (fallas, y diaclasas principalmente).

- Rocas carbonatadas: originadas por la precipitación de los carbonatos de calcio que se encuentran disueltos en el agua de mar principalmente. Estos tipos de rocas son normalmente impermeables, pero cuando se presentan fracturas y agrietamientos que se ensanchan como consecuencia de la disolución en aguas infiltradas pueden llegar a adquirir permeabilidades secundarias importantes, haciéndolas interesantes como reservorios de agua subterránea.

- Rocas ígneas y metamórficas: estas rocas cristalinas pueden ser bastante impermeables, sin embargo, el fracturamiento debido a los esfuerzos tectónicos que las han afectado durante su historia geológica pueden llegar a adquirir permeabilidades secundarias que permiten el almacenamiento y circulación del agua.

- Para el caso de rocas ígneas, metamórficas y carbonatadas es indispensable estudiar con detalle las formas e intensidades del fracturamiento y todos los sistemas de discontinuidades de los macizos rocosos utilizando técnicas de campo y estadísticas que permitan conocer los sistemas dominantes de fracturas y sus condiciones de conductividad hidráulica.

6.1 CARACTERIZACION HIDROGEOLOGÍA

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivos principales:

- Identificar tipos de acuífero
- Establecer nivel tabla de agua o piezométrico o zonas de saturación.
- Establecer los espesores de las unidades acuíferas identificadas.
- Describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación

Para la elaboración de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido se adopta la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) "Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos" (UNESCO, 1983). La leyenda se basa en la asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función

de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad litológica evaluada.

Los análisis y resultados de este elemento del estudio son apoyados en la información generada de estudios hidrogeológicos previos como lo es el Atlas de aguas subterráneas de Colombia, más específicamente en el Mapa de Unidades Hidrogeológicas y la Geología de la plancha 5-26 Leticia-Amazonas 1:100.000 (Servicio Geológico Colombiano, 2010), así como la correlación de unidades litológicas a unidades hidrogeológicas y el ajuste realizado a partir de datos geofísicos para lo cual se realizó la Geo eléctrica.

Teniendo en cuenta la división de provincias Hidrogeológicas propuesto por la UNESCO para el Mapa Hidrogeológico de Sur América, Colombia fue dividida en 6 provincias quedando el área de estudio en la provincia Costera. (Ver Figura 6)

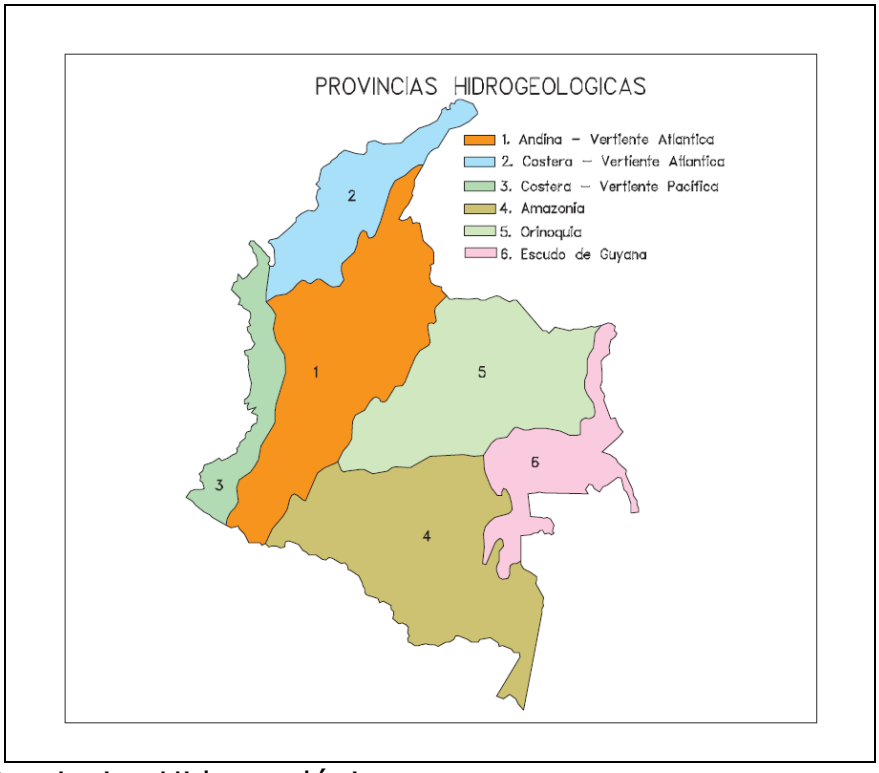


Figura 4. Provincias Hidrogeológicas

Fuente: Atlas de aguas subterráneas de Colombia. Mapa Unidades Hidrogeológicas. Plancha 5-09. (Servicio Geológico Colombiano, 2000)

6.2 UNIDADES Y PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS

Las Unidades Hidrogeológicas representan las unidades acuíferas y confinantes que se encuentran aflorando en la zona de estudio, compuestas por una o varias unidades litológicas, las cuales han sido agrupadas en dos categorías principales que dependen del tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia o no de aguas subterráneas y de la capacidad de almacenamiento.

Las características hidrogeológicas del acuífero están definidas por su transmisividad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento.

TRANSMISIVIDAD

Se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno, de un ancho y de una altura igual a la del manto permeable saturado bajo un gradiente de unidad a una temperatura fija determinada (Custodio y Llamas 1983). La transmisividad se determina directamente del análisis de las pruebas de bombeo

realizadas en los pozos o indirectamente por medio de relaciones con otros parámetros como puede ser el caudal específico, sin embargo, para el desarrollo de este estudio no se contó con esta información.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA Y PERMEABILIDAD.

Representa la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. El término de conductividad hidráulica es usado comúnmente cuando se trata de agua en una sola fase, mientras que el término permeabilidad se usa en la industria petrolera donde los fluidos de interés son el gas, la gasolina y el agua (Doménico & Schwartz, 1990). A continuación, se presentan varios valores de permeabilidad en la siguiente tabla para algunas unidades encontradas en la zona de estudio a manera de ejemplo de los diferentes tipos de permeabilidad que existen:

ROCA	K (m/s)
Arenisca	10^{-5} - 10^{-10}
Caliza y Dolomía	10^{-6} - 10^{-12}
Esquisto	10^{-7} - 10^{-8}
Pizarra	10^{-11} - 10^{-13}
Granito	10^{-9} - 10^{-12}
Lutitas	10^{-9} - 10^{-13}
Rocas metamórficas	10^{-9} - 10^{-12}
Rocas Volcánicas	10^{-7} - 10^{-12}
Sal	< 10^{-11} - 10^{-13}

Tabla 2. Valores típicos de permeabilidad de la matriz rocosa.

Fuente: Universidad de Jaén, 2015.

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico. Toma valores diferentes según sea el acuífero libre o cautivo. En un acuífero libre el valor del coeficiente de almacenamiento coincide con el valor de la porosidad eficaz. En un acuífero confinado, sin embargo, este volumen de agua que causa un descenso de una unidad en el nivel piezométrico, coincide con la suma del agua liberada por el acuífero como consecuencia de la dilatación que ésta sufre al descomprimirse y el agua que cede el terreno al compactarse el armazón por tener que soportar en mayor parte el peso del terreno suprayacente. En un acuífero libre puede varía entre 0.05 – 0.03, y en acuíferos confinados entre 10-3 - 10-5. Este se determina a partir del análisis de pruebas de bombeo, sin embargo, para el desarrollo de este estudio no se contó con esta información.

NIVELES

El nivel superior de la zona freática a presión atmosférica, se conoce como nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie. En la mayoría de los casos la profundidad varía con las circunstancias meteorológicas de las que depende la recarga de los acuíferos. El nivel freático no es horizontal, a diferencia del nivel superior

de los mares o lagos, sino que es irregular, con pendiente monótonamente decreciente desde el nivel fijo superior al nivel fijo inferior.

6.3 TIPOS DE ACUIFEROS

De acuerdo a las características de las unidades litológicas para conformar unidades con capacidad de almacenamiento, se clasifican en los siguientes tipos:

ACUÍFEROS

Unidad geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua dadas sus condiciones de permeabilidad, suficientes para generar acumulaciones significativas del recurso hídrico. Los acuíferos más comunes son las arenas y gravas (materiales no consolidados), pero rocas sedimentarias permeables tales como las areniscas, calizas, rocas cristalinas fracturadas y volcánicas intensamente meteorizadas o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos.

ACUICLUDOS

Unidad geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos arcillosos de cualquier origen.

ACUITARDOS

Unidad geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante.

ACUIFUGOS

Aquellas unidades geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fracturado o rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estas se consideran unidades impermeables.

6.4 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Dentro de los aspectos más destacados en la investigación y desarrollo de las aguas subterráneas esta su regionalización, en la cual influyen características climatológicas como precipitación, temperatura y evaporización, así mismo, la litología, porosidad y permeabilidad de los materiales condicionan la ocurrencia, movimiento, infiltración y almacenamiento del agua en los diferentes tipos de acuíferos que se definen de acuerdo al comportamiento de cada uno de los factores mencionados.

El informe "Hidrogeología del Acuífero Aluvial Leticia" (Ríos, M., 1999), reporta que los sedimentos acuíferos del rio Amazonas están representados por las arenas finas y limos que forman los depósitos aluviales que, de acuerdo con los sondeos electromagnéticos realizados, tiene un espesor de unos 13 – 53m hasta el tope de los sedimentos arenosos del terciario superior, se infiere que parte de estos depósitos seguramente se suman también al espesor del acuífero. En general es un acuífero de tipo libre (aunque puede presentar presiones locales debido a las intercalaciones arcillosas), la profundidad de los niveles estáticos oscila entre 4 a 6m, la zona de descarga natural supuestamente es el rio Amazonas y los manantiales registrados en la margen izquierda de la quebrada Yahuaracaca. El área de recarga de este acuífero corresponde con su extensión, donde las numerosas y fuertes precipitaciones que caen sobre la zona se infiltran directamente hacia el mismo.

7.0 PROSPECCION GEOELECTRICA

Para la obtención de los valores en campo se hace uso del equipo Geosystem CR3 empleado para la recolección de los valores de corriente y voltaje, que serán los empleados para el cálculo de la resistividad. El equipo se observa a continuación en la siguiente figura:



Figura 5. Registro fotográfico del equipo Geosystem.

El método de prospección geoeléctrico se realiza mediante sondeos eléctricos verticales, referenciados como S.E.V, los cuales tienen como finalidad determinar la resistividad del suelo a diferentes profundidades, para así establecer la composición litológica del mismo induciendo corriente eléctrica continua mediante dos electrodos de corriente (A y B) ubicados según el arreglo de Schlumberger conectados a un amperímetro midiendo la diferencia de potencial mediante los dos electrodos restantes (M y N) conectados a un multímetro.

La profundidad a la cual se obtiene información es proporcional a la distancia a la cual se ubican los electrodos en el sondeo, aumentando así la confiabilidad del mismo a la distancia entre A y B ser mayor. Lo anterior se puede observar en la siguiente figura:

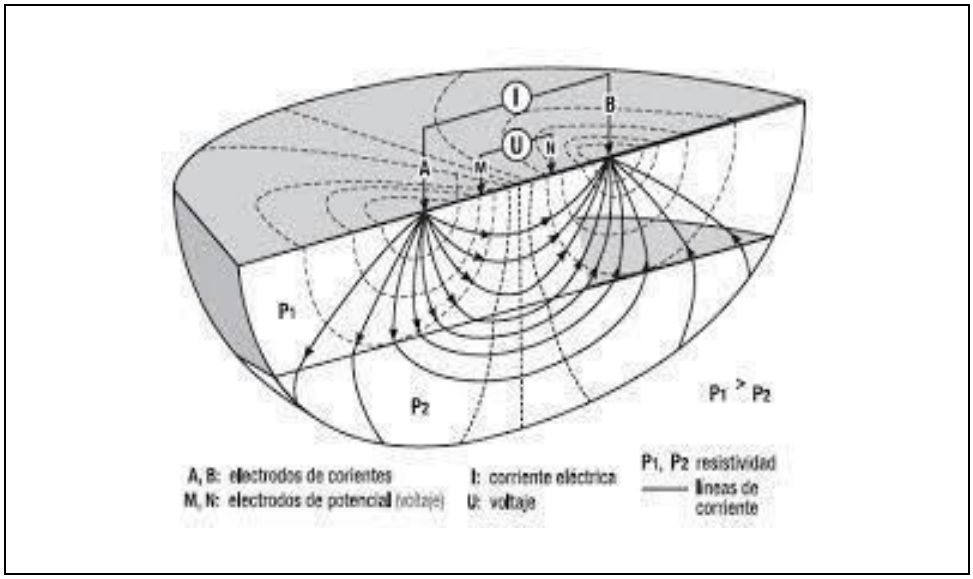


Figura 6. Prospección Geoeléctrica. Diagrama teórico.

Para hallar el valor de la resistividad aparente (R), se emplea la siguiente ecuación:

$$\textbf{R (resistividad aparente)} = \frac{\Delta V}{I} * K$$

Donde:
R=Resistividad (ohm/m).
V= Voltaje (V).
I= Corriente (A).
K = Constante definida por la separación entre electrodos.

7.1 LEYES QUE LIMITAN LOS ESTUDIOS GEOELECTRICOS

Lo resultados están sujetos a variaciones según las características litológicas de la zona en la cual se esté realizando el estudio. Algunas de estas posibles variaciones se mencionan a continuación:

7.1.1 LEY DE LA EQUIVALENCIA

Capas delgadas o de poco espesor que presentan valores altos de resistividad puede afectarse por una capa de mayor espesor y más bajo valor de resistividad, sin embargo, este tipo de anomalías puede solucionarse mediante el conocimiento detallado de la estratigrafía de la zona.

7.1.2 LEY DE LA SUPRESION DE CAPAS

En áreas donde se presentan alternancias de capas de gran espesor y valores de resistividad alta pueden "suprimir" capas de poco espesor e interpretarse como una sola capa. Este fenómeno se incrementa a medida que se investiga una mayor profundidad en este caso es importante consultar registros eléctricos que se hayan tomado en el área de estudio.

7.1.3 EFECTOS DE LA INCLINACION DEL BASAMENTO

Se puede presentar en zonas donde capas con altos ángulos de buzamiento se presenta cubiertas por sedimentos sueltos o poco consolidados.

7.2 SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES Y SU INTERPRETACION

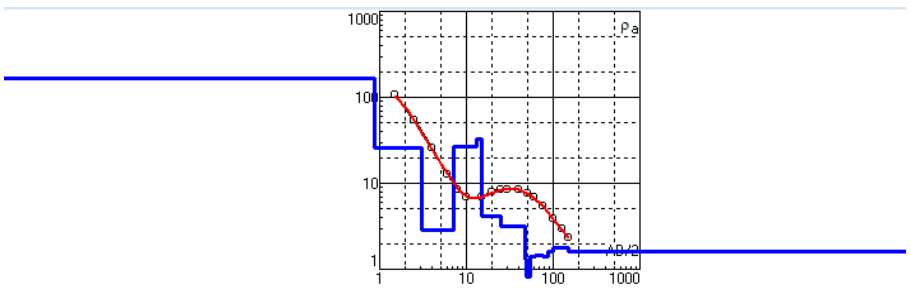
Se realizaron tres (3) sondeos eléctricos verticales (S.E.V.´s), para conocer las características hidrogeológicas de la zona de estudio. El tratamiento de la información obtenida se hace mediante el software IPI2win.

Los Sondeos alcanzaron un AB/2 máximo de 300 m lo que indica que se obtiene información hasta 150 metros de profundidad aproximadamente, esta información se correlaciona con la información de otros posibles pozos de la zona y la cartografía del Servicio Geológico Colombiano.

Una vez obtenida la interpretación numérica esta se relaciona con el análisis hidrogeológico realizado en el presente estudio para así presentar las recomendaciones encaminadas a la exploración de las aguas subterráneas en la zona de estudio.

En las tablas 3, 4, y 5 se presentan las curvas obtenidas con su respectiva interpretación en la figura 9 se presenta la columna litológica esperada para el sondeo con mayor potencial de aporte hídrico. Los valores de campo se presentan como anexos de este informe.

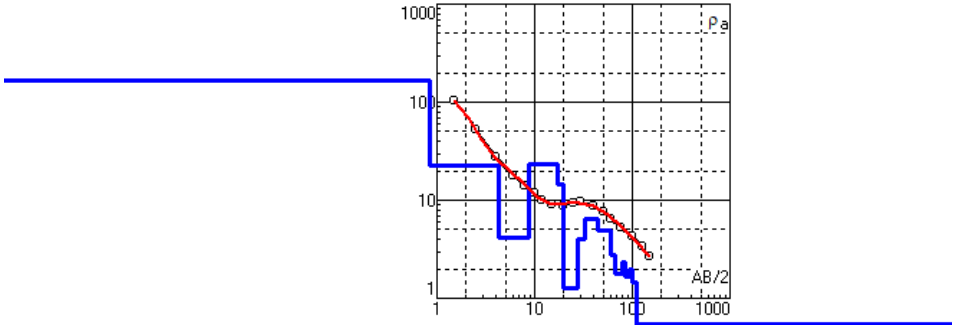
Tabla 3. Resumen SEV-1



INTERPRETACIÓN SEV-1				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 1425206.72 m	Norte: 68112.36 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	0.8587	0 – 0.8587	164.7	Areniscas secas (suelo actual)	
2	2.1913	0.8587– 3.05	25.9	Areniscas arcillosas húmedas	
3	4.077	3.05 – 7.127	2.811	Arcillolitas secas	
4	7.823	7.127 – 14.95	32.89	Areniscas limosas con contenido de agua (aluvión)	
5	135.65	14.95 – 150.6 Fin del sondeo	1.763	Arcillolitas secas	

Fuente: Trabajo de campo, margen de error 1.37% según programa IP2Win

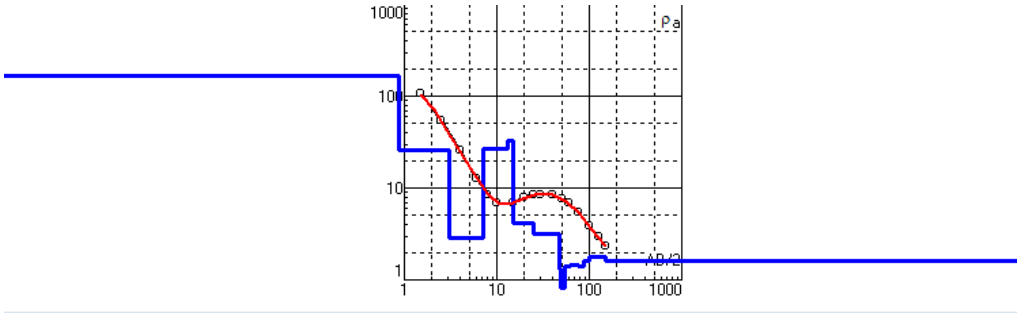
Tabla 4. Resumen SEV-2



INTERPRETACIÓN SEV-2				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 1425256.18 m	Norte: 68143.72 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	0.842	0 - 0.842	169	Areniscas secas (suelo actual)	
2	3.498	0.842 – 4.34	22.8	Areniscas arcillosas húmedas	
3	4.54	4.34 – 8.88	4.16	Arcillolitas secas	
4	8.32	8.88 – 17.2	23.6	Areniscas con contenido de agua (aluvión)	
5	2.3	17.2 – 19.5	14.5	Areniscas con contenido de agua (aluvión)	
6	137.5	19.5 – 157 Fin del sondeo	4.96	Arcillolitas secas	

Fuente: Trabajo de campo, margen de error 2.12% según programa IP2Win

Tabla 5. Resumen SEV-3



INTERPRETACIÓN SEV-3				Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				Este: 1425166.24 m	Norte: 68072.31 m
Capa	**Espesor (m)**	**Profundidad leída (m)**	**Resistividad (ohm.m)**	**Interpretación litológica**	
1	0.845	0 – 0.845	160.2	Areniscas secas (suelo actual)	
2	4.205	0.845– 5.05	23.8	Areniscas arcillosas húmedas	
3	1.2	5.05 – 6.25	3.52	Arcillolitas secas	
4	9.55	6.25 – 15.8	34.70	Areniscas con contenido de agua (aluvión)	
5	136.2	15.8 – 152 Fin del sondeo	2.59	Arcillolitas secas	

Fuente: Trabajo de campo, margen de error 1.37% según programa IP2Win

8.0 ANALISIS DE RESULTADOS

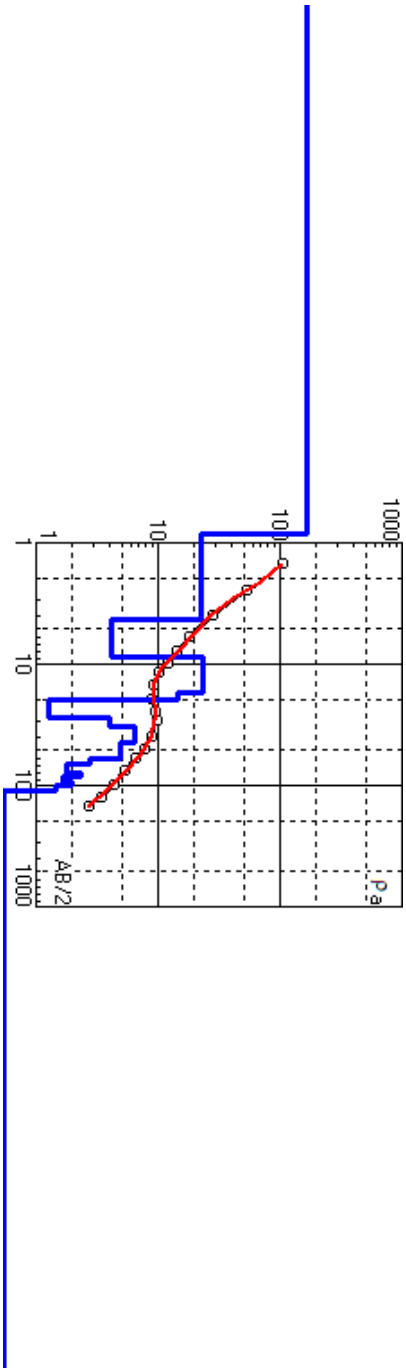
La interpretación de los datos de campo de los SEVs se realizó aplicando la versión libre del software ipi2win 3.0, a partir de las curvas de resistividad generadas se consultó la geología e hidrogeología del sector para poder recomendar los sitios más adecuados para la exploración de aguas subterráneas mediante la perforación de un pozo profundo.

La información obtenida de los SEV´s nos permite interpretar el tipo de litología (material geológico) que se encuentra en el subsuelo teniendo como base esencialmente los valores de resistividad, esta información conjuntamente con la información geológica y sondeos realizados por la firma en zonas cercanas nos permite concluir lo siguiente:

- Los suelos son de tipo arenosos secos en su mayoría.

- Un análisis conjunto de los tres sondeos permite definir una secuencia muy homogénea en la columna litológica investigada, constituida en su gran mayoría por un conjunto de Arcillolitas secas. Iniciando en superficie por Areniscas húmedas y en profundidad con Arcillolitas secas.

- Los sondeos realizados presentan valores de resistividad relativamente moderados, lo que indica una predominancia de materiales de granulometría Arcilloso de medianos a bajos. Adicionalmente, los niveles de interés, los cuales son los niveles Arenosos, son de moderada presencia y grosor bajo en el área de estudio.



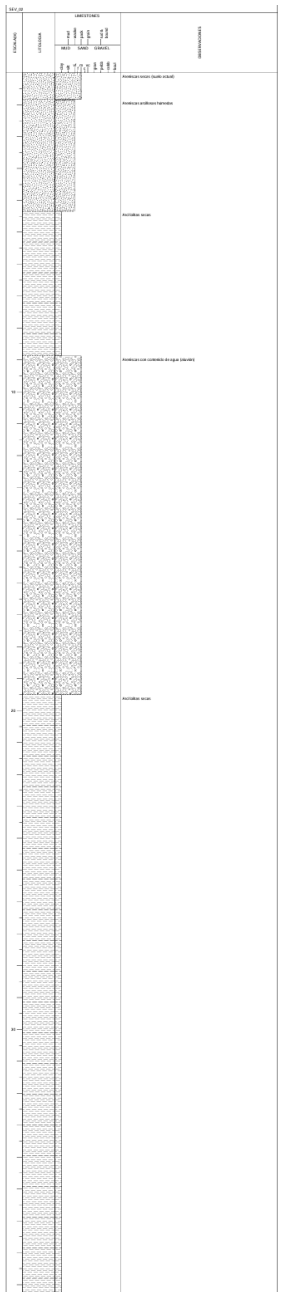


Figura 7. Aproximación de Columna Litológica esperada para el sondeo recomendado con mayor potencial hidrico subterraneo (SEV-2).

9.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Si desea explotar estas unidades geológicas se recomienda la perforación exploratoria de un pozo aproximadamente de 30 m de profundidad ya que a mayores profundidades se encuentra una roca arenisca limosa, (más o menos 10 es decir entre 20 y 40) con un diámetro de 12 1/4" y un entubado de 6" de PVC-RDE-21. Finalmente completar el pozo con una longitud aproximada de 15 metros de tubería ranurada (filtros de PVC-RDE21). La decisión de llevar a cabo la perforación del pozo profundo para extraer aguas subterráneas será asumida por el cliente o propietario del predio.

- En caso de que se decida realizar la perforación se recomienda que sea en las cercanías al SEV-2, en una ronda de aproximadamente 30 metros. Procurando que sea en la cota altitudinal más baja posible y respetando la distancia de ronda hídrica de los cuerpos de agua superficiales y de los puntos de extracción de aguas subterráneas, que son 30 m y 100 m respectivamente.

- La profundidad final del pozo será basada en las muestras de cortes que se deben tomar durante la perforación y que se recomienda extraer cada metro. Es decir, dependiendo del potencial de aporte hídrico (porosidad de la roca), de las muestras obtenidas a una profundidad de aproximadamente 40 metros en adelante, se decidirá si es viable o no continuar la perforación hasta una profundidad aproximada de 50 metros.

- De acuerdo con los resultados obtenidos de la lectura de campo de los SEV's el espesor del sistema acuífero y los requerimientos de caudal, se elabora el pre diseño de un pozo exploratorio de treinta (30) metros de profundidad (Ver figura 10). El cual se recomienda ser realizado con una máquina de suficiente capacidad y potencial para perforar algunas rocas de dureza considerable.

- Los cortes de perforación metro a metro se deberán comparar con los registros eléctricos de pozo, para de esta manera obtener un diseño final del pozo, que aportará la ubicación de los filtros que dará una mayor eficiencia al pozo.

- Los primeros 6 m de perforación deben revestirse con un sello sanitario para evitar la contaminación de los acuíferos.

- Después de lavado y desarrollado el pozo debe tomarse una muestra de agua para determinar calidad y tratamiento, de acuerdo con la actividad que se planea desarrollar.

- De acuerdo con la legislación colombiana y el decreto 1541 de 1978 (julio 26), Republica de Colombia del ministerio de agricultura. por el cual se reglamenta la parte III del libro II del decreto – ley 2811 de 1974: "de las aguas no marítimas" y parcialmente la ley 23 de 1973. capitulo II – aguas subterráneas. sección i. exploración. según artículo 146 al 165. para la exploración del agua subterráneas y la construcción de un pozo profundo es necesario tramitar un permiso ante la corporación autónoma regional (CAR) de cada región, en donde se quiera realizar una exploración. estos permisos son netamente diligenciados por el propietario del área a intervenir.

- El estudio geoeléctrico es un método de análisis indirecto, el cual a través de la toma lecturas de resistividad eléctrica y su posterior interpretación mediante un software, el cual se usa para determinar de manera aproximada la litología presente en el área de estudio, más no para establecer el caudal de explotación del recurso hídrico subterráneo que puede brindar un pozo profundo en dicha área. Es decir, para determinar los caudales de explotación se debe realizar una prueba de bombeo, una vez el pozo se haya terminado (en caso tal de que se decida perforar); hasta estas instancias no existe completa certeza del caudal hídrico subterráneo que se podría obtener de un pozo en este lugar.

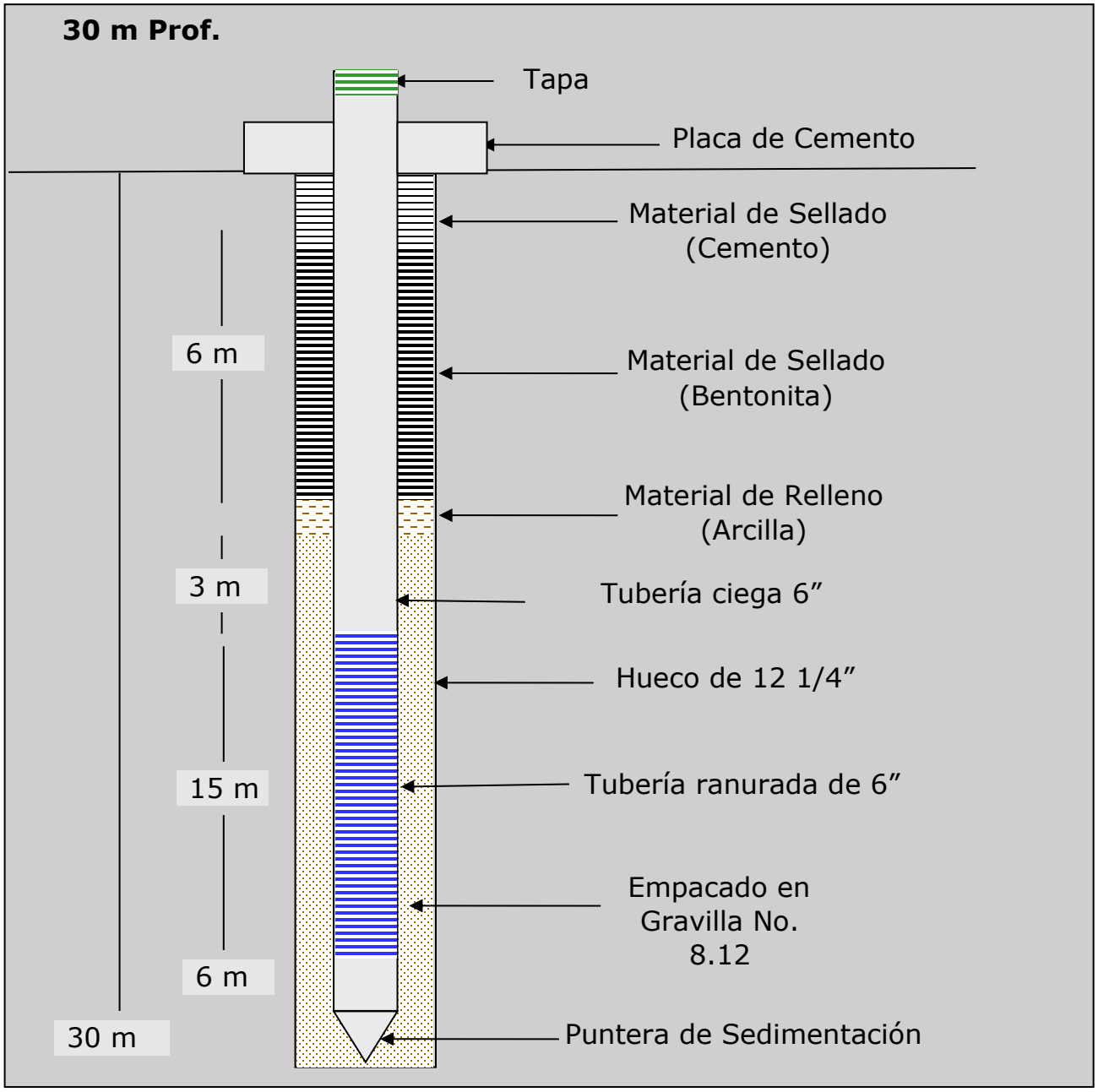


Figura 8. Prediseño del pozo a 30 m* (SEV-2)

*El diseño final será determinado por el registro eléctrico de pozo

10.0 ANEXOS

10.1 ANEXO A. LECTURAS DE CAMPO

DATOS SEV-1

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
ARREGLO SCHLUMBERGER							
SONDEO:	1						
LOCALIZACIÓN:	COMUNIDAD MOCAGUA						
MUNICIPIO:	LETICIA - AMAZONAS						
Coordenadas Origen: Bogotá			**Este (m):**	1425206.72			
Datum: Magna Sirgas **3116**			**Norte (m):**	68112.36			
			Altura:	83			
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resitancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1.5	1	3	16,269	6,2832	625.35
2	0,5	2.5	1	5	5,5	18,8496	171.04
3	0,5	4	1	8	2,387	49,4802	71.667
4	0,5	6	1	12	1,22	112,3122	21.73
5	0,5	8	1	16	0,781	200,277	10.458
6	0,5	10	1	20	0,541	313,3746	68.901
7	0,5	12	1	24	0,393	451,605	-0.83168
8	0,5	15	1	30	0,259	706,0746	12.668
9	5	15	10	30	2,898	62,832	12.724
10	5	20	10	40	1,464	117,81	72.677
11	5	25	10	50	0,937	188,496	76.879
12	5	30	10	60	0,619	274,89	57.676
13	10	30	20	60	1,337	125,664	75.271
14	10	40	20	80	0,668	235,62	71.302
15	10	50	20	100	0,41	376,992	6.676
16	10	60	20	120	0,304	549,78	68.543
17	10	75	20	150	0,173	867,867	51.659
18	25	75	50	150	0,47	314,16	66.697
19	25	100	50	200	0,237	589,05	31.424
20	25	125	50	250	0,147	942,48	4.031
21	25	150	50	300	0,079	1374,45	5.936

Fuente: Trabajo de Campo

DATOS SEV-2

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
ARREGLO SCHLUMBERGER							
SONDEO:	2						
LOCALIZACIÓN:	COMUNIDAD MOCAGUA						
MUNICIPIO:	LETICIA - AMAZONAS						
Coordenadas Origen: bogota			**Este (m):**	1425256.18			
Datum: Magna Sirgas **3116**			**Norte (m):**	68143.72			
			Altura:	82			
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resistancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1.5	1	3	16,269	6,2832	640.51
2	0,5	2.5	1	5	5,5	18,8496	159.21
3	0,5	4	1	8	2,387	49,4802	84.541
4	0,5	6	1	12	1,22	112,3122	28.771
5	0,5	8	1	16	0,781	200,277	18.818
6	0,5	10	1	20	0,541	313,3746	19.252
7	0,5	12	1	24	0,393	451,605	18.277
8	0,5	15	1	30	0,259	706,0746	46.575
9	5	15	10	30	2,898	62,832	96.635
10	5	20	10	40	1,464	117,81	82.568
11	5	25	10	50	0,937	188,496	54.059
12	5	30	10	60	0,619	274,89	7.61
13	10	30	20	60	1,337	125,664	89.093
14	10	40	20	80	0,668	235,62	72.847
15	10	50	20	100	0,41	376,992	77.394
16	10	60	20	120	0,304	549,78	60.468
17	10	75	20	150	0,173	867,867	78.741
18	25	75	50	150	0,47	314,16	66.302
19	25	100	50	200	0,237	589,05	54.686
20	25	125	50	250	0,147	942,48	7.659
21	25	150	50	300	0,079	1374,45	81.683

Fuente: Trabajo de Campo

DATOS SEV-3

DIVISION EXPLORACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS							
ARREGLO SCHLUMBERGER							
SONDEO:	3						
LOCALIZACIÓN:	COMUNIDAD MOCAGUA						
MUNICIPIO:	LETICIA - AMAZONAS						
Coordenadas Origen: Bogotá			**Este (m):**	1425166.24			
Datum: Magna Sirgas **3116**			**Norte (m):**	68072.31			
			Altura:	81			
Estación	**MN/2**	**AB/2**	**MN**	**AB**	**Resistancia**	**k Schlumberger**	**Resistividad Aparente (Ohm. - m.)**
1	0,5	1.5	1	3	16,269	6,2832	625.35
2	0,5	2.5	1	5	5,5	18,8496	171.04
3	0,5	4	1	8	2,387	49,4802	71.667
4	0,5	6	1	12	1,22	112,3122	21.73
5	0,5	8	1	16	0,781	200,277	10.458
6	0,5	10	1	20	0,541	313,3746	68.901
7	0,5	12	1	24	0,393	451,605	-0.83168
8	0,5	15	1	30	0,259	706,0746	12.668
9	5	15	10	30	2,898	62,832	12.724
10	5	20	10	40	1,464	117,81	72.677
11	5	25	10	50	0,937	188,496	76.879
12	5	30	10	60	0,619	274,89	57.676
13	10	30	20	60	1,337	125,664	75.271
14	10	40	20	80	0,668	235,62	71.302
15	10	50	20	100	0,41	376,992	6.676
16	10	60	20	120	0,304	549,78	68.543
17	10	75	20	150	0,173	867,867	51.659
18	25	75	50	150	0,47	314,16	66.697
19	25	100	50	200	0,237	589,05	31.424
20	25	125	50	250	0,147	942,48	4.031
21	25	150	50	300	0,079	1374,45	5.936

Fuente: Trabajo de Campo

Nota: Los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) son métodos de exploración indirectos, para estimar la composición del subsuelo, más no es una ciencia exacta. Por lo tanto, se exime de toda responsabilidad al personal involucrado en la realización del presente estudio., teniendo en cuenta que existen factores externos, adversos, de tipo físico que pueden variar o alterar el comportamiento del sistema empleado.

10.2 ANEXO B. REGISTRO FOTOGRAFICO



10.3 ANEXO C. REFERENCIAS

- Polania, M (2017). Prospección geoeléctrica. Diagrama teórico. (Figura 8)

- Servicio geológico colombiano (2010). Mapa Geológico de la plancha 5-26 Leticia – Amazonas.

- Monsalve Sáenz, German, (1999). Hidrología en la ingeniería. 2 ed. Bogotá D.C. Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Atlas de aguas subterráneas de Colombia. Mapa Unidades Hidrogeológicas. (Servicio Geológico Colombiano, 2000)

10.4 ANEXO D. CANTIDADES DE OBRA

Pozo a 30 metros en tubería y filtros de PVC-RDE-21 de 6"			
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**Und**	**Cant**
1	Movilización y desmovilización de equipos, accesorios y personal de obra.	GL	1
2	Adecuación del área de trabajos, construcción de piscinas y canal de recirculación de lodos, instalación del equipo de perforación, señalización, entre otros.	GL	1
3	Perforación exploratoria en 6” de Ø, análisis de la litología metro a metro.	ML	30
4	Registro eléctrico digital con sonda de Resistividad, Gamma Ray (GR), Spontaneous Potencial (SP), Caliper, Temperatura.	ML	30
5	Ampliación de la perforación a 12 1/4	ML	30
6	Adecuación e instalación de tubería y filtros de PVC-RDE-21 de 6".	ML	30
7	Instalación del empaque de grava artificial al interior del pozo.	ML	30
8	Limpieza y desarrollo del pozo, incluye: pistón de caucho, jetting, aire a presión compresor, químico.	GL	1
9	Prueba de bombeo a caudal constante de máximo 48 h de bombeo y 48 h de recuperación	GL	1
10	Placa en concreto de 1 m x 1 m x 0.5 m y sello sanitario hasta el metro 12.	GL	1
11	Informe técnico final.	GL	1
12	Tubería en PVC-RDE-21 de 6"	ML	15
13	Filtros ranurados en PVC-RDE-21 de 6".	ML	15

10.5 ANEXO E. GLOSARIO

- **AGUAS SUBTERRÁNEAS:** Agua del subsuelo que ocupa la zona saturada. Son aguas subálveas y ocultas debajo de la superficie del suelo o del fondo marino que brotan en forma natural como los manantiales captados en el sitio donde afloran, o las que se requieren para su alumbramiento obras o estructuras hidráulicas de captación como pozos, aljibes y galerías filtrantes u otras similares.

- **EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (ET):** Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas. (Monsalve. G. 2014).

- **EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (EP):** Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso de que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento. (Monsalve. G. 2014).

- **ARCILLAS:** partículas de tamaño menor a 0.002mm

- **LIMOS:** partículas de tamaño que varía entre 0.002 y 0.05 mm

- **ARENAS:** partículas de tamaño 0.05mm y menor a 2mm

- **GRAVAS:** partículas de tamaño mayor a 2mm

- **SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL, SEV:** es un método empleado en campo para determinar la resistividad aparente a diferentes profundidades del suelo mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo y la medición del potencial resultante a través de un arreglo geométrico en campo tipo Schlumberger.

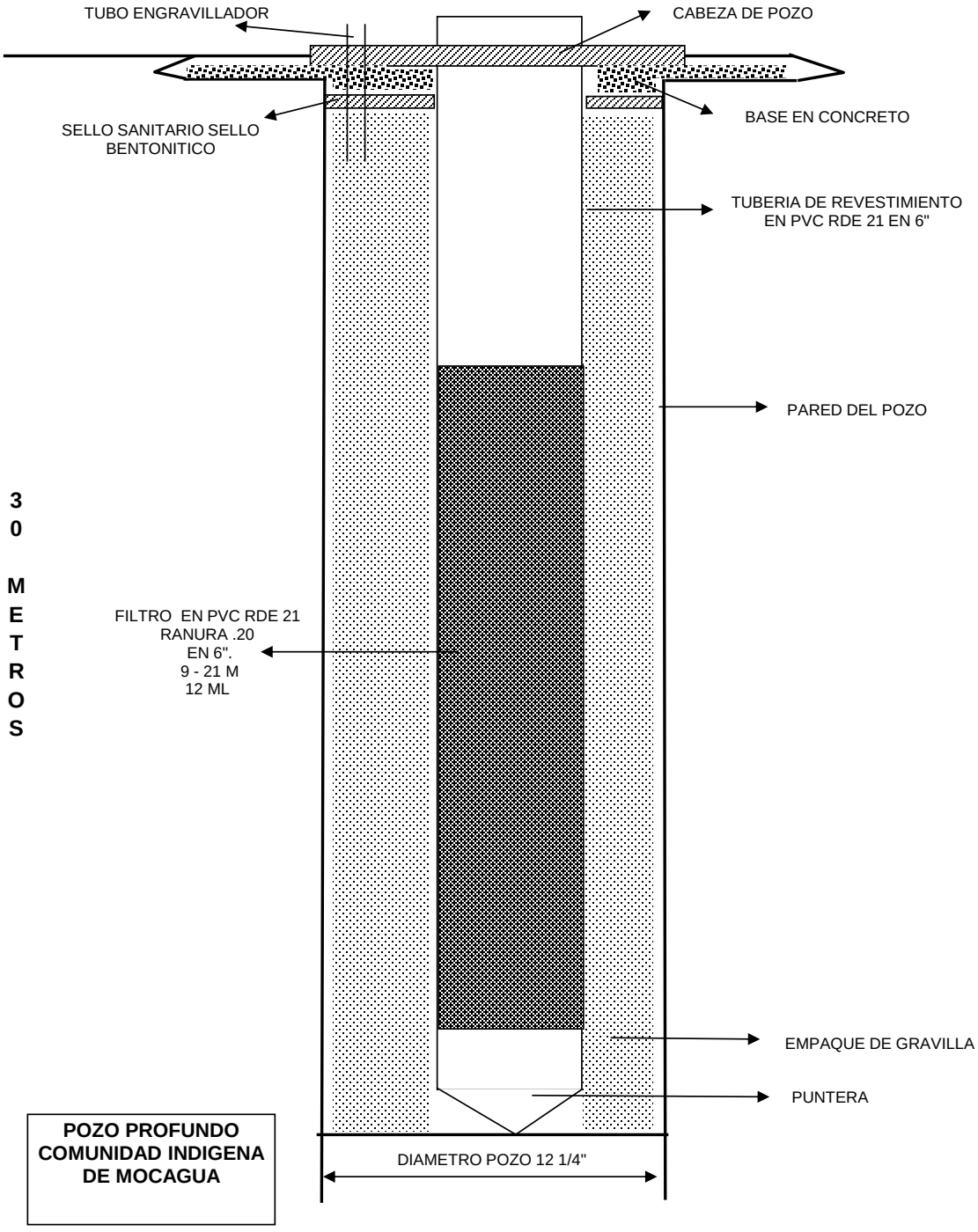
- **AB/2:** Para iniciar el sondeo se colocan los electrodos de corriente a una distancia media (AB/2) de 1.5 m y los electrodos de potencial

a una distancia media de 0.5m (MN/2). Esta distancia es a partir de un centro. El aumento de la distancia entre los electrodos significa una penetración mayor de la corriente en el subsuelo, siendo AB/2 la profundidad teórica alcanzada. La distancia entre los electrodos de potencial se amplía cuando la caída de potencial disminuye de tal manera se dificulte su lectura.

- **NIVEL FREÁTICO:** Nivel en el cual la presión del agua en los poros del suelo es igual a la de la atmósfera.

- **NIVEL PIEZOMÉTRICO:** Es la altura que alcanzaría el agua en el interior de un pozo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

PRE - DISEÑO POZO PROFUNDO COMUNIDAD INDIGENA DE MOCAGUA, MUNICIPIO DE LETICIA - AMAZONAS.



Nota: El diseño final se obtendra de los resultados del registro electrico y el muestreo litologico.

Bogotá, octubre de 2024

SEÑOR:

A QUIEN PUEDA INTERESAR

CORDIAL SALUDO

Por medio de la presente, pongo a su conocimiento mi responsabilidad como geólogo encargado de interpretar y desarrollar el informe técnico **ESTUDIO GEOELECTRICO PARA IDENTIFICACION DE ACUIFEROS Y DEFINIR ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DE UN POZO PROFUNDO PARA CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN LA COMUNIDAD MOCAGUA– MUNICIPIO DE LETICIA-DEPARTAMENTO DE AMAZONAS.**

realizado por **HIDROGSER**

Atentamente



Daniel Fernando Rueda Carvajal

Geólogo TP 3877 CPG

CC 1053784045

Cel: 3146165928