

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA**



***ADDENDUM A LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA CARACTERIZAR UN SITIO PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO DE EXPLORACIÓN – PRODUCCIÓN EN LLANO
VERDE DE POCOSOL, SAN CARLOS***

Elaboró:

HECTOR
ENRIQUE ZUÑIGA
MORA (FIRMA)

Firmado digitalmente
por HECTOR ENRIQUE
ZUÑIGA MORA (FIRMA)
Fecha: 2020.09.07
14:23:20 -06'00'

M.Sc. Héctor Enrique Zúñiga Mora
Área Funcional de Hidrogeología

Con la colaboración de:

Téc. Carlos Murillo, Geól. Cristina Castanedo y Geól. José Manuel Jiménez
UEN Gestión Ambiental

Sr. Giovanni Gamboa y Sr. Víctor Muñoz.
Asociación de Desarrollo Integral de Llano Verde



Firmado
digitalmente por
VIVIANA RAMOS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.09.07
14:28:35 -06'00'

Revisó y avaló:

M.Sc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental

SETIEMBRE, 2020



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Eric Alonso Bogantes Cabezas

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____

Índice de contenidos

1 ANTECEDENTES	4
2 INTRODUCCIÓN.....	5
2.1 OBJETIVOS DEL INFORME.....	6
2.1.1 <i>Objetivo General</i>	6
2.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
2.2 UBICACIÓN CARTOGRÁFICA Y CONTEXTUAL.....	6
3 GEOLOGÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
3.1 PIROCLASTOS AVISPAS	8
3.2 BASALTOS HITO SAR	8
3.3 ANDESITAS CHAMORRO	8
4 LEVANTAMIENTO DE POZOS	10
4.1 POZOS EXCAVADOS	10
4.2 POZOS PROFUNDOS.....	12
5 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	13
5.1 SEV LLAV1	13
5.2 SEV LLAV2	17
5.3 SEV LLAV3	19
5.4 SEV LLAV4	21
5.5 PERFIL GEOELÉCTRICO A - A'	23
5.6 PERFIL GEOELÉCTRICO B - B'	23
6 CALIDAD DEL AGUA.....	26
7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	27
7.1 OPCIÓN 1.....	27
7.2 OPCIÓN 2.....	27
7.3 PUNTOS DESCARTADOS.....	29
8 CONCLUSIONES.....	29
9 REFERENCIAS	30

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.	7
Figura 2: Mapa geológico del área de estudio y alrededores. Tomado y modificado de Gazel et al. (2005).	9
Figura 3: Mapa de ubicación de los pozos en el área de estudio y de los sondeos eléctricos verticales realizados.	14
Figura 4: Modelo de capas del SEV LlaV1.	16
Figura 5: Modelo de capas del SEV LlaV2.	18
Figura 6: Modelo de capas del SEV LlaV3.	20
Figura 7: Modelo de capas del SEV LlaV4.	22
Figura 8: Perfil geoelectrico A – A'.	24
Figura 9: Perfil geoelectrico B – B'.	25
Figura 10: Mapa de ubicación del pozo de la ADI de Llano Verde y de las opciones analizadas para la ubicación de un pozo de exploración - producción.	28

Índice de cuadro

Cuadro 1: Inventario de pozos excavados.	11
Cuadro 2: Coordenadas de ubicación de los SEV's y distribución por sector analizado.	13
Cuadro 3: Capas geoelectricas definidas para el SEV LlaV1.	16
Cuadro 4: Capas geoelectricas definidas para el SEV LlaV2.	18
Cuadro 5: Capas geoelectricas definidas para el SEV LlaV3.	20
Cuadro 6: Capas geoelectricas definidas para el SEV LlaV4.	22

Índice de anexos

Anexo 1: Memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00269.	31
Anexo 2: Memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00896.	34
Anexo 3: Resultados de los análisis físico - químicos y bacteriológicos realizados a la muestra de agua recolectada en el pozo administrado por la ADI de Llano Verde.	37

ADDENDUM A LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA CARACTERIZAR UN SITIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO DE EXPLORACIÓN – PRODUCCIÓN EN LLANO VERDE DE POCOSOL, SAN CARLOS

1 ANTECEDENTES

Previo a la segunda campaña de prospección geofísica realizada en la comunidad de Llano Verde de Pocosol, San Carlos, se han realizado los siguientes informes de investigación para atender la solicitud de ubicación de un sitio de perforación en esta comunidad:

1. Mediante memorando UEN - GA - 2016 - 00057 del 15 de enero del 2016, se remite a la Presidencia Ejecutiva el informe titulado *“Identificación de puntos de perforación para el abastecimiento de agua para consumo humano, Llano Verde de Pocosol, San Carlos, Alajuela”*, en el cual *“... se ha propuesto una opción de sitio cerca del cual realizar una perforación exploratoria – producción, la cual se ubicaría en las coordenadas 318,338 Norte y 494,474 Este en la proyección Lambert Costa Rica Norte (1.203,750 Norte y 458,250 Este en la proyección CRTM05)”*.
2. Atendiendo el memorando UEN - AP - 2019 - 00977 de la Unidad Técnica de Perforación (UTP) de la UEN Administración de Proyectos, se remite el memorando UEN - GA - 2019 - 01663, en el cual se hace entrega del informe titulado *“Prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, Alajuela”*, cuyos resultados confirman la ubicación de un pozo de exploración - producción en el punto recomendado en el memorando UEN - GA - 2016 - 00057. Además, *“... para contar con una mayor correlación entre los resultados del SEV LlaVI y la Opción 1, se ha aproximado esta opción a un punto cercano a este SEV (guardando los retiros de ley), por lo que las coordenadas del sitio de perforación recomendado son 318,321 Norte y 494,450 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte); su profundidad recomendada es de 150 m, con el fin de captar desde el basalto superior al inferior”*.
3. Mediante GSD - UEN - AP - 2020 - 00269 (Anexo 1), la UEN AP de la Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados (SGSD) solicita a la UEN Gestión Ambiental *“... se vuelva a plantear otro sitio de perforación en la comunidad de Llano Verde ...”*, ya que no hubo anuencia de la propietaria del terreno en el cual se ubicó el sitio de perforación remendado (memorando UEN - GA - 2019 - 01663) para realizar en su predio un pozo de exploración - producción.
4. En atención al memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00269, la UEN Gestión Ambiental plantea una propuesta técnica para ampliar la investigación realizada en la comunidad de Llano Verde de Pocosol, a partir de la cual se sostiene una reunión el 1 de julio del 2020 en la que participan personal de la UEN AP de la Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados (Licda. María de los Ángeles Abarca y Lic. Daniel Ruiz) y personal de la UEN Gestión Ambiental (M.Sc. Viviana Ramos, Geól. Christian Delgado y M.Sc. Héctor Zúñiga). En esta reunión, la UEN Gestión Ambiental propone la ubicación de sitios para ampliar la investigación geofísica en la comunidad de Llano Verde. Como acuerdo, el personal de la UEN AP de la SGSD se encargará de gestionar con los líderes comunales los respectivos permisos de acceso para los ensayos a realizar en los sitios propuestos.

5. Mediante memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00896 (Anexo 2), la UEN AP de la SGSD le informa a la UEN Gestión Ambiental los resultados obtenidos sobre la gestión de los respectivos permisos en la comunidad. De los puntos detallados en la Tabla 1 de este memorando, la UEN Gestión Ambiental, luego de contrastar esta información puntos con el contexto geológico, define lo siguiente:
- Se descarta el abordaje de los puntos “Propuesta 1” y “Propuesta 2”, al considerarse que se ubican muy cerca de estructuras geológicas que desfavorecen las expectativas de caudal y calidad en el acuífero.
 - Se define los puntos “SEV 2” y “SEV 3” para ampliar la investigación en la zona. Como parte del análisis del caso, se recolectará una muestra de agua en el pozo que abastece la comunidad, para su respectivo análisis físico - químico y bacteriológico, evaluando de esta forma la calidad del agua en el acuífero profundo a captar.
 - El punto denominado “Alt 1” ya fue evaluado en el informe titulado *“Prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, Alajuela”*.
6. Mediante correo electrónico del 3 de agosto del 2020, la UEN Gestión Ambiental comunica la programación de una gira para los días 4 al 6 de agosto del 2020, en la cual se realizarán en la zona *“ensayos de prospección geofísica para evaluar sitios en los cuales ubicar una nueva perforación”*.

2 INTRODUCCIÓN.

La segunda campaña de prospección geofísica en la comunidad de Llano Verde de Pocosol, se realizó en atención a los Memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00269 (Anexo 1) y GSD - UEN - AP - 2020 - 00896 (Anexo 2), en el cual la UEN AP de la Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados solicita *“... se vuelva a plantear otro sitio de perforación en la comunidad de Llano Verde, con capacidad para satisfacer el proyecto propuesto, pero en una propiedad diferente a la ubicada anteriormente”*, ya que no hubo anuencia de la propietaria para realizar la perforación de exploración - producción.

Así, la Dirección de la UEN Gestión Ambiental designa un grupo de trabajo encargado de realizar los ensayos de campo. La segunda campaña de prospección geofísica se realizó del 04 al 05 de agosto del 2020.

Este grupo de trabajo estuvo conformado por:

- Técnico Carlos Murillo Alvarado.
- Geól. Cristina Castaneda Sotela.
- Geól. José Manuel Jiménez Murillo.
- M.Sc. Héctor Zúñiga Mora.

Por parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Llano Verde, se contó con la colaboración de los señores Giovanni Gamboa y Sr. Víctor Muñoz.

2.1 Objetivos del informe

2.1.1 Objetivo General

Definir la ubicación de un sitio para la perforación de un pozo de exploración - producción en la comunidad de Llano Verde de Pocosol de San Carlos, Alajuela.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar las variaciones laterales de las capas geoelectricas en el área de estudio, para plantear el modelo de capas del área de estudio
- Identificar las condiciones geoelectricas más favorables para la ubicación de un sitio de perforación de exploración - producción.

2.2 Ubicación Cartográfica y Contextual

El área de estudio corresponde a Llano Verde, distrito Pocosol, cantón San Carlos, provincia de Alajuela (Figura 1), según la división político – administrativa del país.

Al área de estudio se accede desde San José por varias rutas hasta la comunidad de Muelle de San Carlos, las cuales pueden ser:

- Ruta Nacional N° 1: se cuentan dos opciones:
 - Desde San Ramón, se avanza por la carretera 702 hasta Bajo Rodríguez, se continúa por la carretera Bajo Rodríguez y la carretera 141 hasta la comunidad de Florencia, donde se toma la Ruta Nacional N° 35 hacia el norte.
 - Desde Naranjo, se avanza por la carretera 141, pasando por las comunidades de Zarcero y Ciudad Quesada, hasta llegar a la comunidad de Florencia. A partir de este punto continúa hacia el norte por la Ruta Nacional N° 35.
- Ruta Nacional N° 32 (San José - Limón): se circula por esta ruta hasta el cruce con la Ruta Nacional N° 4 (Corredor Noratlántico), sobre la que se avanza hasta la comunidad de Muelle de San Carlos.

A partir de la comunidad de Muelle, se continúa por 31,5 km sobre la Ruta Nacional N° 35 (Florencia – Los Chiles), hasta el cruce del Restaurante Oasis, donde se vira hacia el este, para tomar la ruta que conduce a El Concho y Llano Verde de Pocosol. Hasta este sitio, la carretera es de dos carriles (uno para cada sentido de circulación), se encuentra asfaltada y en excelente estado.

A partir del cruce del Restaurante Oasis, el camino es de lastre, a dos carriles, el cual requiere reparación y mantenimiento, por lo que se recomienda el uso de vehículos doble tracción. Sobre este camino se avanza por 35,9 km hasta la comunidad de Llano Verde. Dentro del área de estudio, los caminos son en lastre o en tierra, de uno a dos carriles como máximo.

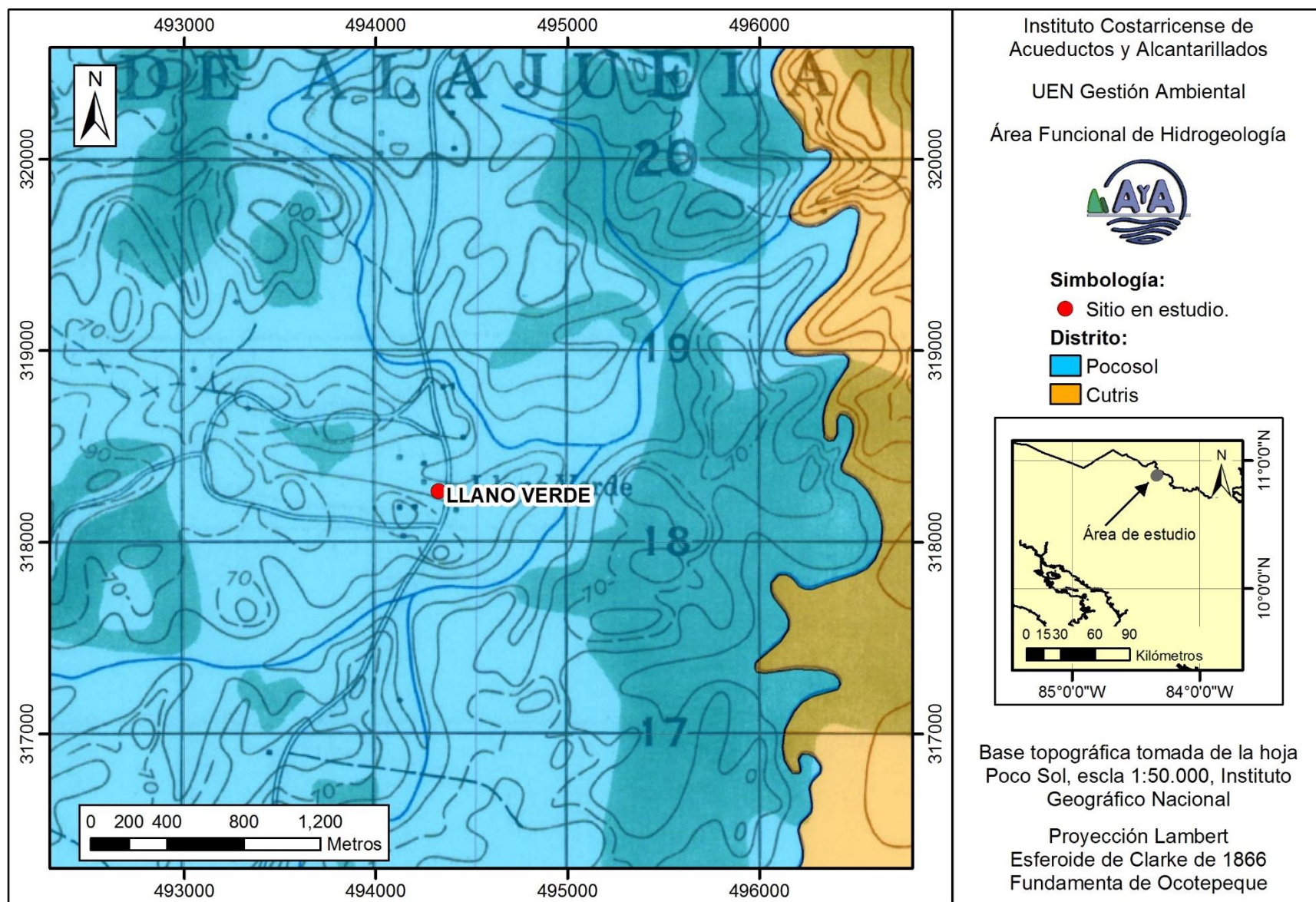


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

3 GEOLOGÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Según Gazel et al. (2005), en los alrededores del área de estudio afloran materiales asociados a las unidades Piroclastos Avispas, Basaltos Hito Sar y Andesitas Chamorro (Figura 2). Todas estas unidades forman parte de lo que este autor ha denominado el Arco de Sarapiquí, quien representa un segmento del arco magmático del Mioceno de Costa Rica, con rocas de composición basáltica a riolita.

3.1 Piroclastos Avispas

Corresponde con depósitos piroclásticos félsicos de flujos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída y lavas dacíticas – riolíticas. Su espesor va de 75 – 100 m, y cuya edad ($16,4 \pm 0,4$ millones de años) la ubica en el Mioceno Inferior tardío a Mioceno Medio Temprano. (Gazel et al., 2005)

3.2 Basaltos Hito Sar

Son rocas de textura porfirítica, con megafenocristales de plagioclasa, olivinos (generalmente cloritizados), clinopiroxenos y magnetita, inmersos en una matriz que varía de intergranular a intersecal, constituida por microlitos de plagioclasa, clinopiroxenos y minerales opacos. (Gazel et al., 2005)

El espesor mínimo de esta unidad es de 225 m, y su edad sería de 12 millones de año. (Gazel et al., 2005)

3.3 Andesitas Chamorro

Según indica Gazel et al. (2005), corresponde con una serie de coladas andesíticas que afloran en la parte noreste y central norte del arco, y cuya composición es andesítica piroxénica. Su textura es holocristalina porfirítica, con fenocristales de plagioclasa, clinopiroxenos, ortopiroxenos y magnetita, en una matriz de microlitos de plagioclasa, piroxenos, magnetita, trazas de anfíbol cloritizado y vidrio pardo.

A través de una discordancia angular, esta unidad sobreyace a la Unidad Avispas. Su edad es del Mioceno Medio tardío hasta Superior temprano ($11,4 \pm 0,4$ millones de años). (Gazel et al., 2005).

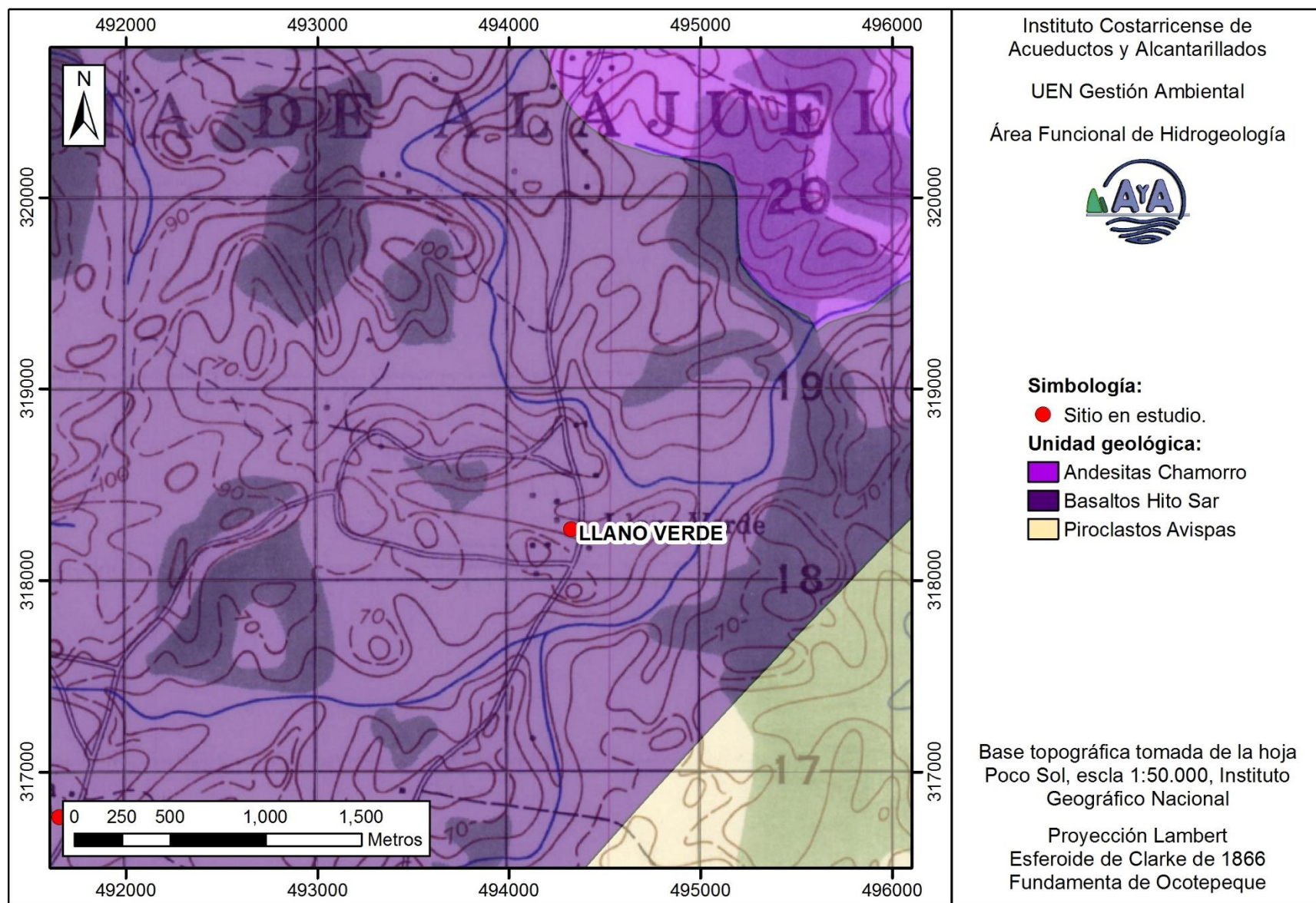


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio y alrededores. Tomado y modificado de Gazel et al. (2005).

4 LEVANTAMIENTO DE POZOS

4.1 Pozos excavados

Como se indicó en el informe titulado “*Identificación de puntos de perforación para el abastecimiento de agua para consumo humano, Llano Verde de Pocosal, San Carlos, Alajuela*”, en el área de estudio se localizaron 9 pozos excavados (artesanales, Fotografía 1), cuya ubicación y otros detalles se aportan en el Cuadro 1. La distribución espacial se observa en la Figura 3.

Los pozos fueron construidos con técnicas e instrumentos manuales (macana, pala u otros), con profundidades que van desde los 4,50 m hasta los 13,80 m, según la disponibilidad presupuestaria del propietario, o la pericia y experiencia del constructor.

Culminando cada pozo, se ubica un tubo de concreto de 1 metro de diámetro, el cual cuenta con una chorrea de cemento (sello sanitario) alrededor de su base.



Fotografía 1: Vista de los pozos PALLAV – 5 (izquierda, coordenadas 318,155 Norte y 494,143 Este) y PALLAV – 7 (derecha, coordenadas 318,754 Norte y 493,295 Este).

Estas perforaciones carecen de encamisado, por lo que se pudo observar que las mismas fueron construidas en un material de textura limo – arcillosa, el cual corresponde con un suelo residual producto de la meteorización de la Unidad Basaltos Hito Sar. En esta unidad geológica se ubican las perforaciones artesanales enlistadas en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Inventario de pozos excavados

Código	Coordenadas Lambert Norte		Altitud (msnm)	Profundidad (mbns)	Nivel estático (mbns)	Columna de agua (m)	Caudal aproximado* (L/s)	Uso
	Latitud	Longitud						
PALLAV - 1	319138	494241	66,15	13,60	10,72	2,88	0,0262	Doméstico
PALLAV - 2	319092	494269	58,66	10,58	8,54	2,04	0,0185	Doméstico
PALLAV - 3	318155	494378	70,63	5,09	3,12	1,97	0,0179	Doméstico
PALLAV - 4	318146	494378	72,12	6,12	3,59	2,53	--	Sin Uso
PALLAV - 5	318155	494143	81,31	11,42	8,41	3,01	0,0274	Doméstico
PALLAV - 6	318255	494365	52,72	4,50	1,42	3,08	0,0280	Doméstico
PALLAV - 7	318754	493295	80,47	13,80	10,07	3,73	0,0339	Doméstico
PALLAV - 8	318639	494135	67,48	13,05	8,19	4,86	--	Sin Uso
PALLAV - 9	318465	494214	48,93	4,52	1,82	2,70	0,0245	Doméstico

*: Caudal calculado a partir del volumen de agua almacenado en el mismo, con el que se llenan los tanques de almacenamiento al menos una vez al día. Por tanto: $Q = (\text{Volumen almacenado}) / (1 \text{ día})$; el resultado es reportado en litros por segundo (L/s).

4.2 Pozo perforado

Se ubica un pozo perforado, en las coordenadas 319,782 Norte y 493,722 Este (Proyección Lambert Costa Rica Norte, Figura 3), el cual es utilizado por la Asociación de Desarrollo Integral de Llano Verde para suministrar de agua a la población (Fotografía 2).



Fotografía 2: Vista del pozo utilizado por la Asociación de Desarrollo Integral de Llano Verde de Pocosal para suministrar agua a la comunidad. Coordenadas 319,782 Norte y 493,722 Este (Proyección Lambert Costa Rica Norte).

Este pozo no cuenta con su respectivo informe de perforación, según indicó el señor Giovanni Gamboa (miembro de la ADI Llano Verde), por lo no que se conocen detalles técnicos acerca de la litología perforada o de los detalles constructivos del mismo.

Como parte de las actividades a realizar durante la segunda campaña de prospección geofísica, entre del 04 y 05 de agosto del 2020, se tenía previsto medir el nivel estático o dinámico del pozo, sin embargo, la ausencia de una línea de aire impidió el registro de este nivel.

5 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Los ensayos de prospección geofísica realizados en la comunidad de Llano Verde tienen como objetivo “...establecer los alcances de la perforación ...” solicitado mediante memorando UEN - AP - 2019 - 00977, así como “...plantear otro sitio de perforación en la comunidad de Llano Verde” solicitado mediante memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00269,

Así, en las dos campañas de prospección geofísica desarrolladas en el área de estudio, se han realizado 4 sondeos eléctricos verticales (SEV) mediante la aplicación del dispositivo Schlumberger, con una separación de AB/2 de 600 m, para una profundidad de investigación de 200 m.

La ubicación de los sondeos eléctricos verticales se observa en el mapa de la Figura 3, y sus coordenadas se aportan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Coordenadas de ubicación de los SEV's y distribución por sector analizado

Código	Coordenadas*		Altitud (msnm)	Campaña
	Este	Norte		
SEV LlaV1	494404	318280	46	I Campaña**
SEV LlaV2	494351	318750	66	I Campaña**
SEV LlaV3	494162	317779	37	II Campaña***
SEV LlaV4	493619	318665	72	II Campaña***

* Coordenadas en proyección Lambert Costa Rica Norte.

** I Campaña: 3 al 5 de junio del 2019.

*** II Campaña: 4 y 5 de agosto del 2020.

5.1 SEV LlaV1

Como se observa en el mapa de la Figura 3, el SEV LlaV1 se ubica 575 m al sur de la Escuela de Llano Verde, en las coordenadas, 318280 Norte y 494404 Este, proyección Lambert Costa Rica Norte (Fotografía 3).

El objetivo de este sondeo eléctrico vertical es el de evaluar el sitio de perforación recomendado en las coordenadas, 318,321 Norte y 494,450 Este en la proyección Lambert Costa Rica Norte (Figura 3), según se indica en el informe titulado “Identificación de puntos de perforación para el abastecimiento de agua para consumo humano, Llano Verde de Pocosol, San Carlos, Alajuela”.

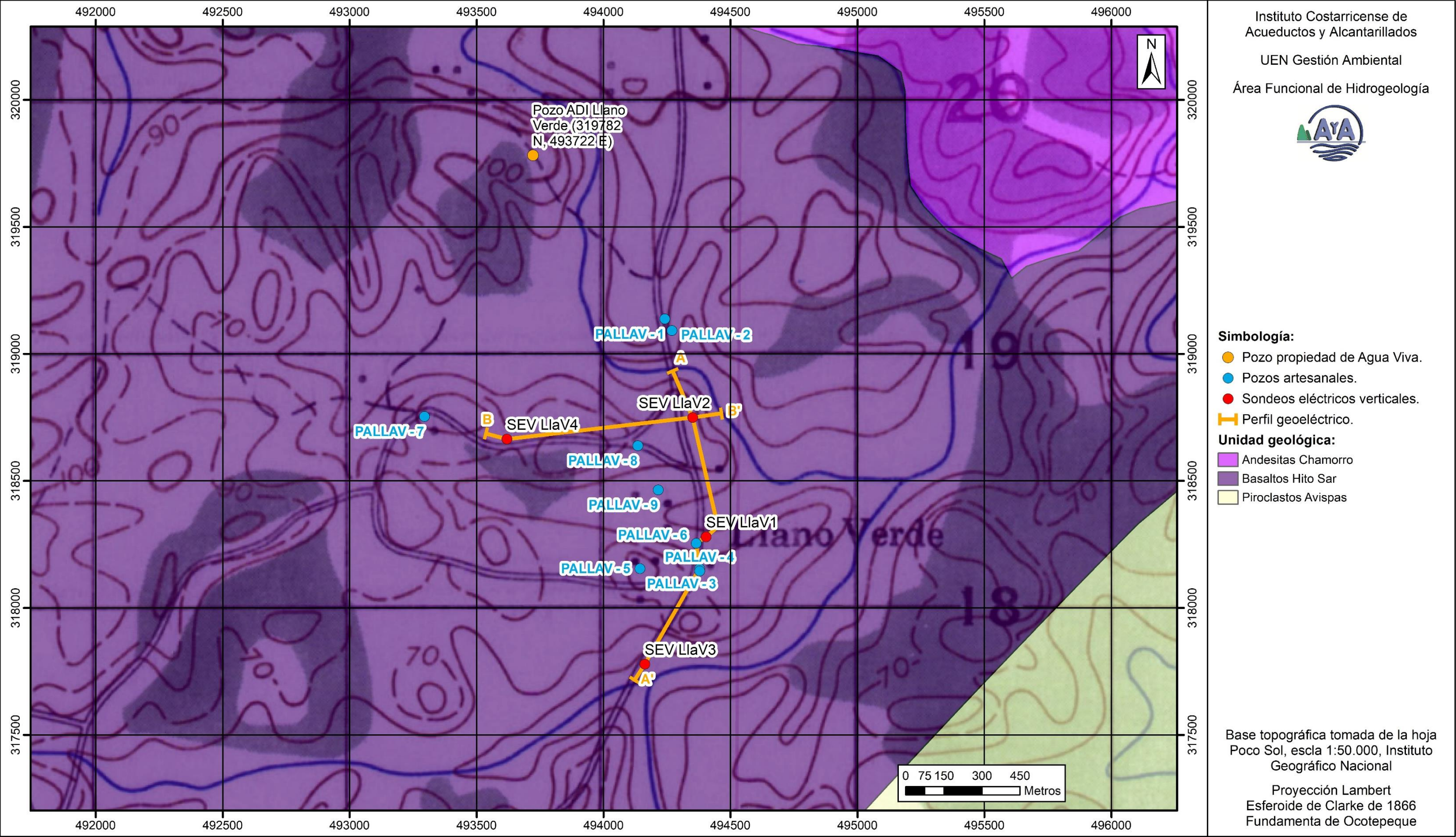


Figura 3: Mapa de ubicación de los pozos en el área de estudio y de los sondeos eléctricos verticales realizados.



Fotografía 3: Vista del punto centro del SEV LlaV1. (Coordenadas 318280 norte y 494404 este, proyección Lambert Costa Rica Norte)

Como se observa en el Cuadro 3 y en la Figura 4, a partir de los datos obtenidos con el SEV LlaV1, se han modelado 5 capas geoelectricas, cuya secuencia inicia con un basamento conductor, el cual corresponde con al menos 120 m de basaltos, caracterizados con una resistividad de 10 Ωm . Sobreyaciendo esta capa, se ubica un basalto medianamente conductor, cuyo espesor es de 45 m; su resistividad es de 20 Ωm .

Geológicamente, ambas capas pueden ser consideradas una sola capa medianamente conductora (resistividad de 10 Ωm a 20 Ωm), con un espesor total de 165 m. Esta capa es sobreyacida por un basalto conductor, caracterizado por una resistividad de 8 Ωm ; su espesor es de 26 metros.

Culminando la secuencia, se ubican 9 m de basaltos de la Unidad Hito Sar, los cuales se observan arcillificados en superficie. Desde la superficie del terreno, los primeros 3 m registran una resistividad de 250 Ωm . De los 3 m a los 9 m de profundidad, la resistividad de esta capa disminuye a 150 Ωm .

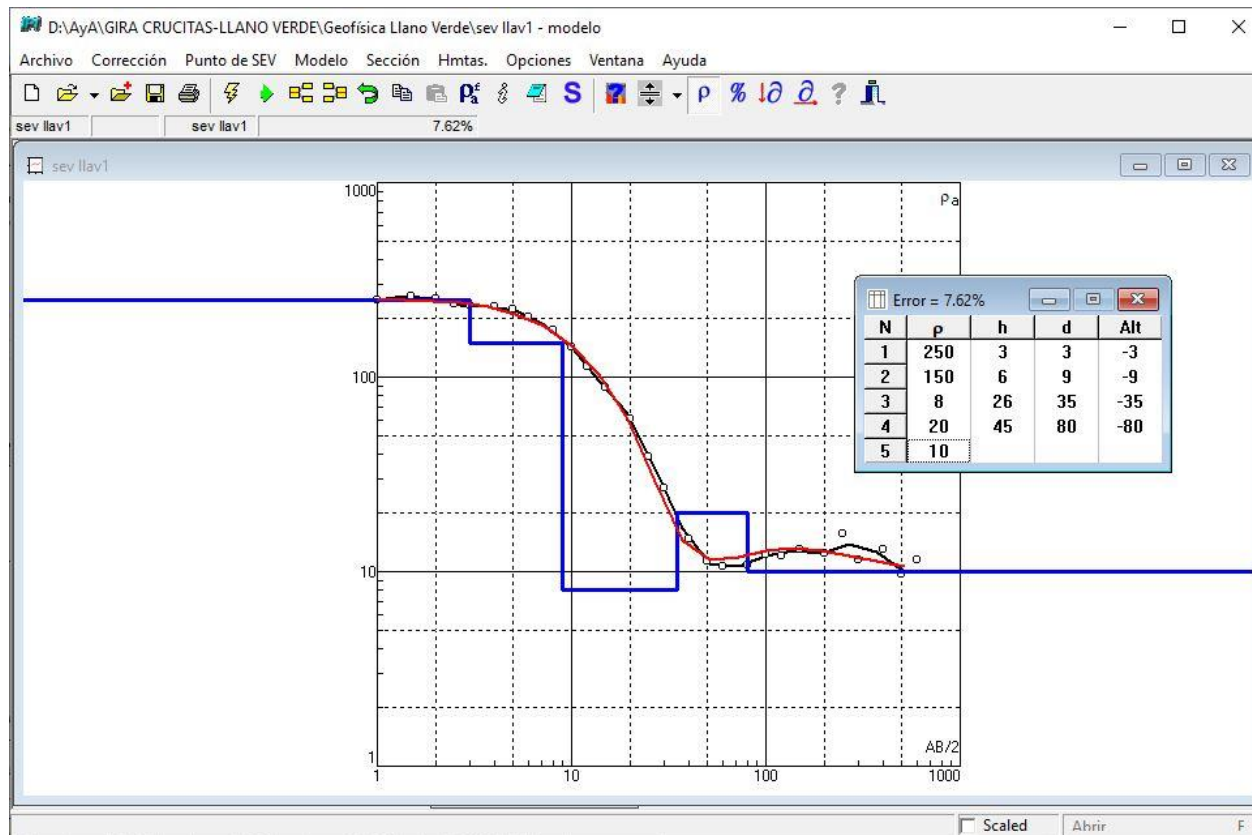


Figura 4: Modelo de capas del SEV LlaV1.

Cuadro 3: Capas geoelectricas definidas para el SEV LlaV1.

Capa	Espesor (m)	Profundidad del piso (m)	Resistividad (Ω m)	Litología correlacionada
1	3	3	250	Basalto meteorizado Unidad Hito Sar.
2	6	9	150	Basalto Unidad Hito Sar.
3	26	35	8	Basalto conductor.
4	45	80	20	Basalto medianamente conductor.
5	Hasta 120 m	Hasta 200 m	10	Basalto conductor.

5.2 SEV LlaV2

Este sondeo eléctrico vertical se realizó en las coordenadas 318,750 Norte y 494,351 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), 110 m al sur de la Escuela de Llano Verde (Fotografía 4). Su objetivo era conocer las variaciones laterales de las capas geoelectricas definidas en el SEV LlaV1, en dirección hacia el centro de la comunidad.



Fotografía 4: Vista del punto centro del SEV LlaV2. (Coordenadas 318,750 norte y 494,351 este, proyección Lambert Costa Rica Norte)

A partir de los datos obtenidos con el SEV LlaV2, se define un modelo de 5 capas geoelectricas (Figura 5 y Cuadro 4), donde la capa más profunda corresponde con un basamento medianamente conductor de al menos 120 metros de espesor y una resistividad de 25 Ωm . Sobre estos basaltos se ubica un basalto conductor de 65 m de espesor y una resistividad de 6,5 Ωm .

Culminando la secuencia, se ubican 15 m de basaltos de la Unidad Hito Sar, los cuales se observan muy meteorizados en superficie. Desde la superficie del terreno, los primeros 0,5 m registran una resistividad de 150 Ωm , los cuales corresponden a la respuesta combinada de los basaltos meteorizados con el lastre del camino (granulometría media a gruesa). De 0,5 m a 2,0 m de profundidad, se ubica una capa de basaltos meteorizados, cuya resistividad es de 300 Ωm . De los 2,0 m a los 15 m de profundidad, la resistividad de esta capa disminuye a 55 Ωm .

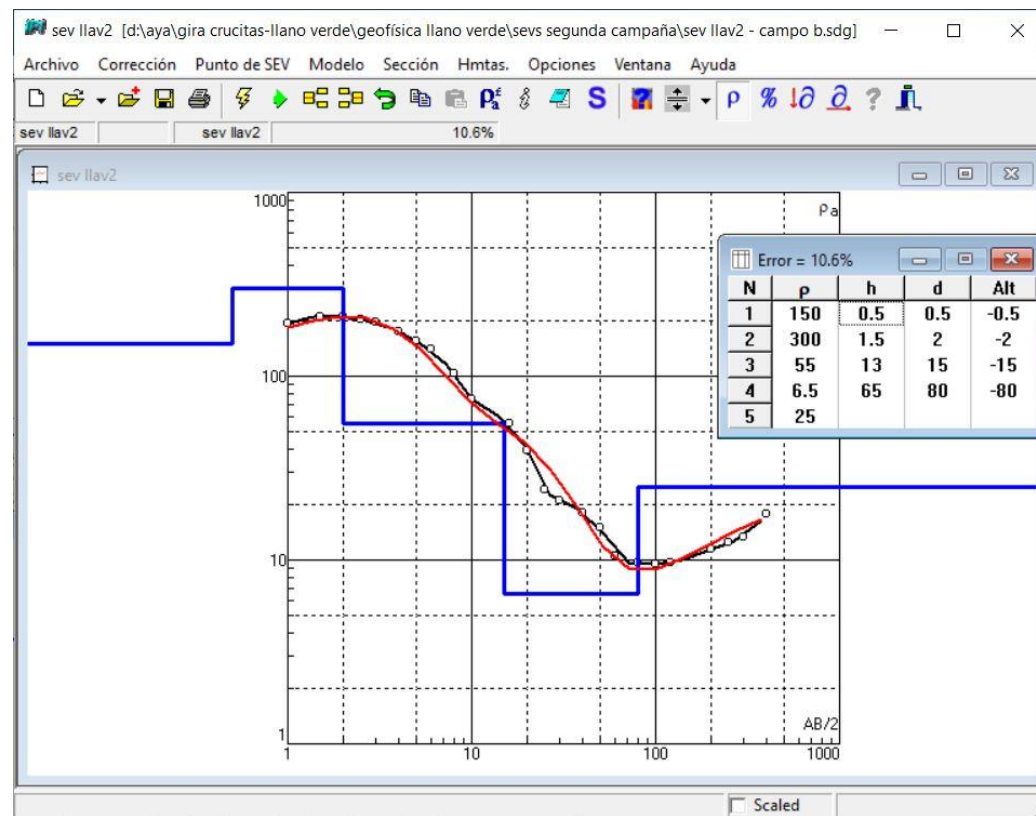


Figura 5: Modelo de capas del SEV Llav2.

Cuadro 4: Capas geoelectricas definidas para el SEV Llav2.

Capa	Espesor (m)	Profundidad del piso (m)	Resistividad (Ω m)	Litología correlacionada
1	0,5	0,5	150	Lastre del camino y basaltos meteorizados.
2	1,5	2	300	Basalto meteorizado Unidad Hito Sar.
3	13	15	55	Basalto Unidad Hito Sar.
4	65	80	6,5	Basalto conductor.
5	Hasta 120 m	Hasta 200 m	25	Basalto medianamente conductor.

5.3 SEV LlaV3

Este sondeo se realizó en las coordenadas 317,779 Norte y 494,162 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), 1076 m al suroeste de la Escuela de Llano Verde (Fotografía 5). Su objetivo era conocer las variaciones laterales de las capas geoelectricas definidas en el SEV LlaV1, así como evaluar una alternativa para la ubicación de un pozo de exploración - producción en esta ubicación.



Fotografía 5: Vista del punto centro del SEV LlaV3. (Coordenadas 317,779 norte y 494,162 este, proyección Lambert Costa Rica Norte)

A partir de los datos obtenidos con el SEV LlaV3, se define un modelo de 7 capas geoelectricas (Figura 6 y Cuadro 5), cuya secuencia inicia con un basamento medianamente conductor, el cual corresponde con al menos 40 metros de basaltos, con una resistividad de $20 \Omega\text{m}$. Sobreyaciendo esta capa se ubican 120 m de un basalto muy conductor ($3,5 \Omega\text{m}$) y arcillificado, el cual es sobreyacido por un basalto conductor ($8 \Omega\text{m}$), cuyo espesor es de 25 m. Esta capa es cubierta por un basalto arcillificado muy conductor ($4,5 \Omega\text{m}$) y 10 m de espesor.

Culminando la secuencia, se ubican 5 m de basaltos de la Unidad Hito Sar, los cuales se observan muy meteorizados en superficie. Desde la superficie del terreno, los primeros 0,5 m registran una resistividad de $220 \Omega\text{m}$, y corresponden con la respuesta combinada de los basaltos meteorizados con el lastre del camino (granulometría media a gruesa). De 0,5 m a 1,5 m de profundidad, se ubica una capa de basaltos meteorizados, cuya resistividad es de $300 \Omega\text{m}$. De los 1,5 m a los 5 m de profundidad, la resistividad de esta capa disminuye a $150 \Omega\text{m}$.

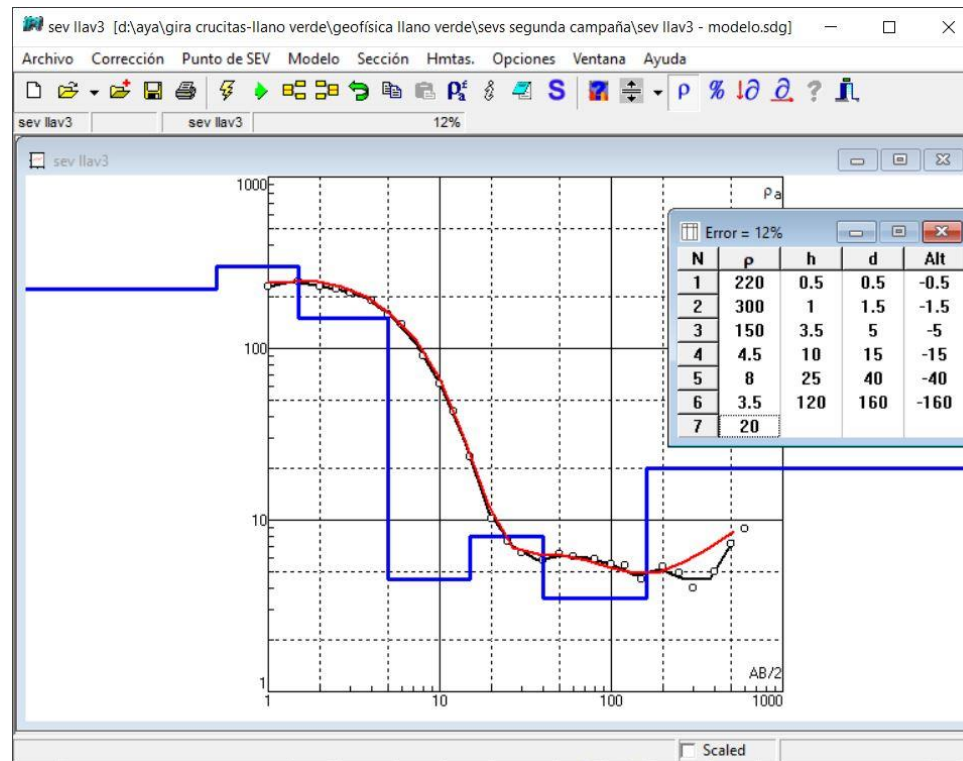


Figura 6: Modelo de capas del SEV Llav3.

Cuadro 5: Capas geoelectricas definidas para el SEV Llav3.

Capa	Espesor (m)	Profundidad del piso (m)	Resistividad (Ωm)	Litología correlacionada
1	0,5	0,5	220	Lastre del camino y basaltos meteorizados.
2	1	1,5	300	Basalto meteorizado Unidad Hito Sar.
3	3,5	5	150	Basalto Unidad Hito Sar.
4	10	15	4,5	Basalto arcillificado.
5	25	40	8	Basalto conductor.
6	120	160	3,5	Basalto arcillificado.
7	Hasta 40 m	Hasta 200	20	Basalto medianamente conductor.

5.4 SEV LlaV4

Este sondeo se realizó en las coordenadas 318,665 Norte y 493,619 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), 714 m al oeste de la Escuela de Llano Verde (Fotografía 6). Su objetivo era conocer las variaciones laterales de las capas geoelectricas hacia el oeste del área de estudio, así como evaluar una alternativa para la ubicación de un pozo de exploración - producción en esta ubicación.



Fotografía 6: Vista del punto centro del SEV LlaV4. (Coordenadas 318,665 norte y 493,619 este, proyección Lambert Costa Rica Norte)

A partir de los datos obtenidos con el SEV LlaV4, se define un modelo de 6 capas geoelectricas (Figura 7 y Cuadro 6), donde la capa más profunda corresponde con un basamento arcillificado muy conductor ($4 \Omega\text{m}$) y con un espesor de 70 m. Sobreyaciendo esta capa se ubican 70 m de un basalto conductor ($8 \Omega\text{m}$), el cual es sobreyacido por un basalto arcillificado y muy conductor ($3,5 \Omega\text{m}$), cuyo espesor es de 56 m.

Culminando la secuencia, se ubican 4 m de basaltos de la Unidad Hito Sar, los cuales se observan muy meteorizados en superficie. Desde la superficie del terreno, los primeros 0,5 m registran una resistividad de $20 \Omega\text{m}$, y corresponden con la respuesta de un lastre fino con matriz arcillosa. Esta capa estaría saturada con la lluvia del día anterior, razón por la cual cuenta con una resistividad inferior a la registrada en la capa subyacente. De 0,5 m a 1,5 m de profundidad, se ubica una capa de basaltos muy meteorizados y arcillificados, cuya resistividad es de $30 \Omega\text{m}$. De los 1,5 m a los 4 m de profundidad, se ubica una capa resistiva ($400 \Omega\text{m}$), la cual corresponde con basaltos meteorizados.

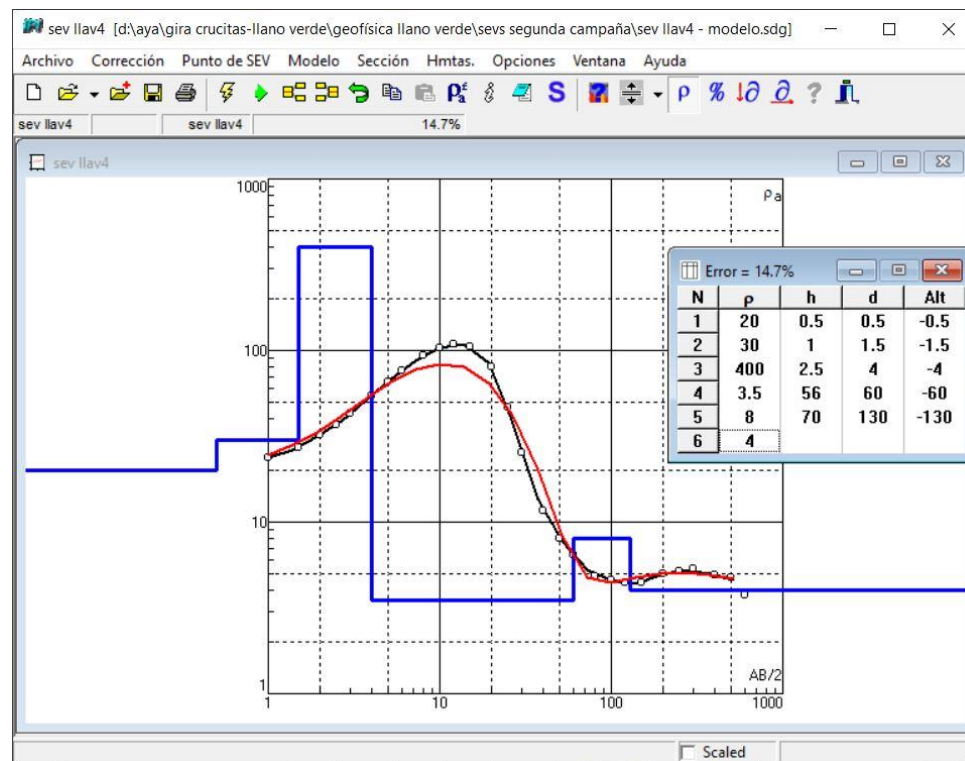


Figura 7: Modelo de capas del SEV Llav4.

Cuadro 6: Capas geoelectricas definidas para el SEV Llav4.

Capa	Espesor (m)	Profundidad del piso (m)	Resistividad (Ωm)	Litología correlacionada
1	0,5	0,5	20	Lastre de granulometría fina con matriz arcillosa.
2	1	1,5	30	Basaltos muy meteorizados Unidad Hito Sar.
3	2,5	4	400	Basalto meteorizado Unidad Hito Sar.
4	56	60	3,5	Basalto arcillificado.
5	70	130	8	Basalto conductor.
6	Hasta 70 m	Hasta 200 m	4	Basalto arcillificado.

5.5 Perfil geoelectrico A - A'

El perfil geoelectrico de la Figura 8, fue construido a partir de los resultados obtenidos con los SEV LlaV1, SEV LlaV2 y SEV LlaV3, los cuales indican que el basamento de la secuencia corresponde con una capa denominada basalto medianamente conductor, el cual se ha correlacionado con rocas basálticas fracturadas, cuya resistividad es de 10 Ωm a 25 Ωm .

Sobreyaciendo al basamento, se ubica lo que se ha denominado basalto conductor, el cual se ha correlacionado con rocas muy fracturadas, con una resistividad característica de 6,5 Ωm y 8 Ωm .

Hacia el extremo sur del perfil, el basalto conductor se ubica en medio de dos capas que se han correlacionado con un basalto arcillificado muy conductor, dadas sus bajas resistividades (3,5 Ωm a 4 Ωm).

Culminando la secuencia, se ubica una capa resistiva que ha sido correlacionada con basaltos meteorizados de la Unidad Hito Sar. Según los resultados obtenidos en los sondeos eléctricos realizados, esta unidad se caracteriza por dos rangos de resistividad: de 220 Ωm a 400 Ωm ; y de 55 Ωm a 150 Ωm .

En este perfil la capa que reviste mayor interés hidrogeológico es el basalto medianamente conductor, ya que su resistividad de 10 Ωm a 25 Ωm indica una roca fracturada y saturada.

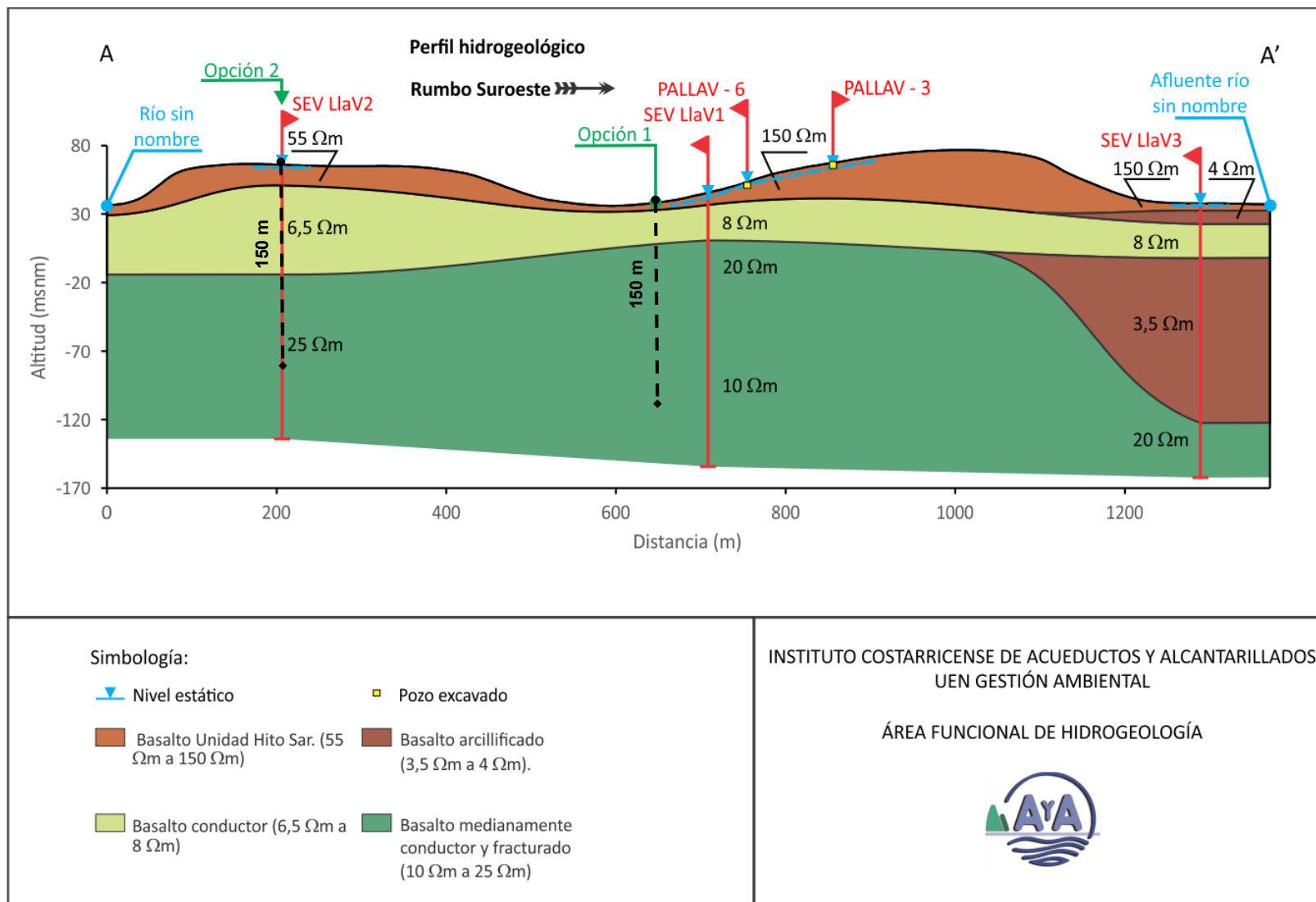
5.6 Perfil geoelectrico B - B'

El perfil geoelectrico de la Figura 9 incluye los resultados del SEV LlaV2 y SEV LlaV4, donde el basamento de la secuencia corresponde con el basalto medianamente conductor descrito en el apartado anterior, el cual es sobreyacido por el basalto conductor.

En el extremo oeste del perfil, la capa de basalto arcillificado muy conductor abarca gran parte de la secuencia en este punto. Dentro de esta capa, y extendiéndose hacia el este de perfil, se ubica la capa correspondiente al basalto conductor.

Al igual que en el Perfil geoelectrico A - A', la secuencia en el perfil geoelectrico B - B' culmina con los basaltos meteorizados de la Unidad Hito Sar.

De las capas visualizadas en este perfil, reviste mayor interés hidrogeológico el basalto medianamente conductor, ya que su resistividad de 10 Ωm a 25 Ωm indica una roca saturada y fracturada.



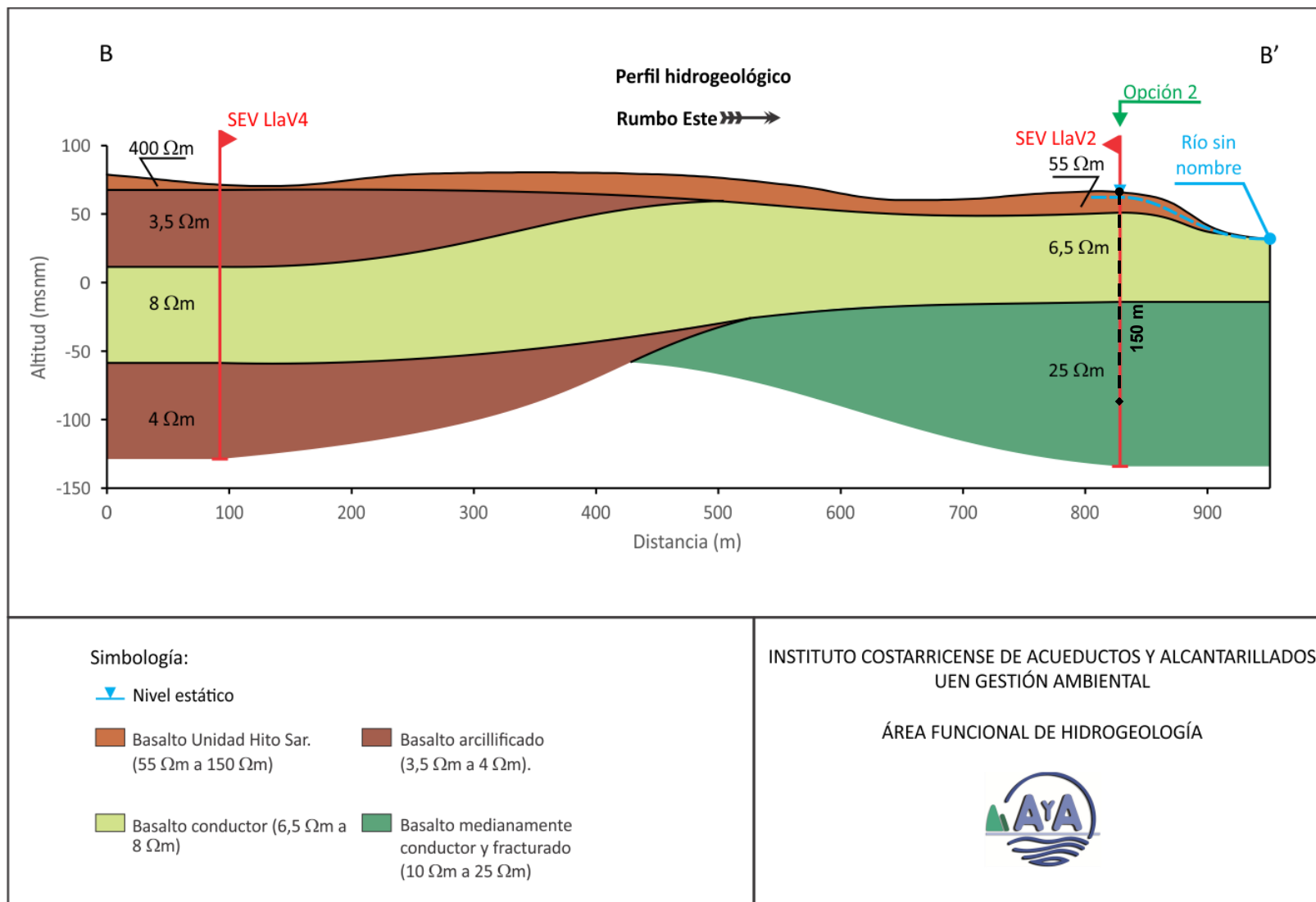


Figura 9: Perfil geoelectrico B – B'.

6 CALIDAD DEL AGUA

Con el fin de evaluar la calidad del agua en el acuífero presente en el acuífero del área de estudio, el 5 de agosto del 2020 se recolectó una muestra en el pozo administrado por la Asociación de Desarrollo Integral de Llano Verde (Fotografía 7), el cual se ubica en las coordenadas 319,782 Norte y 493,722 Este (Figura 10), en la Proyección Lambert Costa Rica Norte.



*Fotografía 7: Recolección de la muestra de agua del pozo de la ADI de Llano Verde de Pocosol.
(Coordenadas 319,782 Norte y 493,722 Este, proyección Lambert Costa Rica Norte)*

La muestra de agua fue analizada en el Laboratorio Nacional de Agua del AyA, obteniéndose los siguientes resultados (Anexo 3):

- Análisis bacteriológico: según el reporte N° 157122 del 14 de agosto del 2020, el resultado obtenido para el análisis de coliformes es “Negativo”. Además, este reporte indica: *“En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el pozo es de calidad excelente”*.
- Análisis físico - químico: como se observa en el Informe de Resultados AYA-ID-05321-2020, los parámetros físico - químicos analizados se encuentran por dentro de los límites establecidos por el Decreto Ejecutivo N° 38924-S *“Reglamento para la calidad del agua potable”*.

A partir de estos resultados, se tiene que la calidad del agua subterránea captada en el pozo de la ADI de Llano Verde se encuentra dentro de las especificaciones microbiológicas y físico - químicas establecidas por el Decreto Ejecutivo N° 38924-S *“Reglamento para la calidad del agua potable”*.

7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Como se ha indicado en los apartados 5.5 y 5.6, los resultados de los sondeos eléctricos realizados indican la presencia de una capa que reviste interés hidrogeológico, la cual corresponde con el basalto medianamente conductor, el cual es correlacionado con una capa geoelectrica de 10 Ω m a 25 Ω m de resistividad, lo que es un indicador de una roca fracturada y saturada. El mayor espesor de esta capa fue definido en el SEV LlaV1 (165 m) y en el SEV LlaV2 (120 m).

A partir de este resultado se plantean las siguientes opciones para la ubicación de un pozo de exploración - producción:

7.1 Opción 1

La Opción 1 se ubica en las coordenadas, 318,321 Norte y 494,450 Este (Figura 10) en la proyección Lambert Costa Rica Norte (Figura 10).

Esta opción fue evaluada en el informe titulado *“Prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, Alajuela”*, cuyos resultados la señalaron como la más idónea para la ubicación de un pozo de exploración - producción para el área de estudio.

Según los resultados obtenidos con la presente investigación, se confirma la Opción 1 como la idónea, ya que en ella fue identificado el mayor espesor del basalto medianamente conductor (165 m), la cual corresponde con la capa de mayor interés hidrogeológico en el área de estudio.

Sin embargo, la propietaria del terreno en el cual se ubica esta opción no está anuente a brindar el respectivo permiso para realizar la perforación de exploración - producción (según se indica en el memorando UEN - AP - 2020 - 00269, Anexo 1), razón por la cual se mantiene como una opción que requerirá mayores esfuerzos de negociación.

7.2 Opción 2

Se ha planteado la Opción 2 en sustitución de la Opción 1, dadas las complicaciones de permisos en esta última.

La Opción 2 corresponde con la ubicación del SEV LlaV2 (Figura 10), en las coordenadas 318,750 Norte y 494,351 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), pudiendo ubicar el punto de perforación a ambos lados del camino en el que fue realizado este sondeo eléctrico vertical, según sea la anuencia de los propietarios a ubicar la perforación en sus predios.

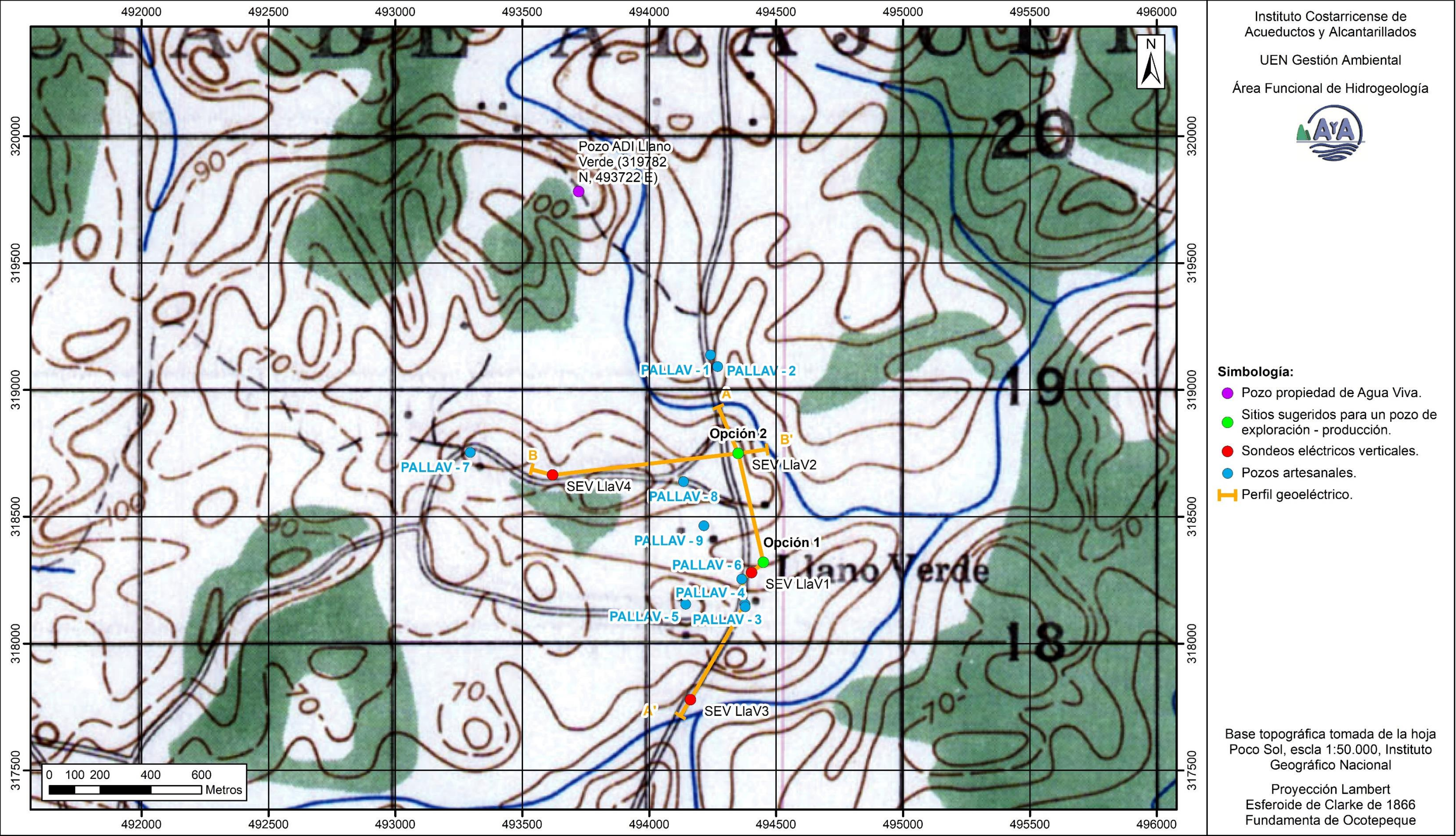


Figura 10: Mapa de ubicación del pozo de la ADI de Llano Verde y de las opciones analizadas para la ubicación de un pozo de exploración - producción.

El objetivo de seleccionar este punto es el de captar el basalto medianamente conductor, identificado en el SEV LlaV2 a partir de los 80 m de profundidad; su resistividad es de 10 Ω m a 25 Ω m en este sondeo. Como se ha mencionado en párrafos anteriores, esta capa ha sido correlacionada con una roca fracturada y en condición de saturación.

7.3 Puntos descartados

Para la presente investigación, se han valorado también los sitios en los cuales se ubicaron los sondeos eléctricos verticales SEV LlaV3 (coordenadas 317,779 Norte y 494,162 Este) y SEV LlaV4 (coordenadas 318,665 Norte y 493,619 Este).

Según los resultados obtenidos con ambos sondeos eléctricos verticales, en estos puntos se han identificado capas geoelectricas muy conductoras (con resistividades de 3,5 Ω m a 4 Ω m), las cuales se han correlacionado con basaltos arcillificados. Esta condición es un indicador de rocas con una expectativa de producción de caudales muy bajos a nulos.

Esta condición ha llevado a descartar estos sitios para la ubicación de un pozo de exploración - producción.

8 CONCLUSIONES

A) A partir de los resultados obtenidos con los sondeos eléctricos verticales, y de los perfiles geoelectricos realizados, se tiene que el área de estudio se caracteriza por el siguiente modelo de capas:

- La secuencia litológica inicia con un basamento medianamente conductor, el cual ha sido correlacionado con una roca basáltica fracturada y saturada. Esta capa cuenta con un espesor mínimo registrado de 40 m (SEV LlaV3) y un espesor máximo de 165 m (SEV LlaV1); su resistividad es de 10 Ω m a 25 Ω m.
- El basalto medio es sobreyacido por un basalto conductor (6,5 Ω m a 8 Ω m), el cual se encuentra muy fracturado. Su espesor es de 25 m en el SEV LlaV3, y aumenta hacia el norte (65 m en el SEV LlaV2) y hacia el oeste (70 m en el SEV LlaV4).
- Hacia el sur y hacia el oeste del área de estudio, el basalto superior es subyacido y sobreyacido por capas geoelectricas muy conductoras que han sido correlacionadas con basaltos arcillificados (3,5 Ω m a 4 Ω m). El espesor de estas capas varía de 10 m a 120 m (registrados en el SEV LlaV3).
- Culminando la secuencia, se tiene una capa correlacionada con el basalto meteorizado de la Unidad Hito Sar, dentro de la cual se ha registrado un nivel de saturación con agua, evidenciado a partir de la información recopilada durante el levantamiento de pozos en el área de estudio. La resistividad de esta capa muestra valores que se encuentran dentro del rango de 220 Ω m a 400 Ω m, y de 55 Ω m a 150 Ω m.

De las capas descritas en los párrafos anteriores, reviste mayor interés hidrogeológico el basalto medianamente conductor, el cual corresponde con la capa geoelectrica de 10 Wm a 25 Wm de resistividad, lo que es un indicador de una roca fracturada y saturada.

- B) Desde el punto de vista microbiológico y físico - químico, se determinó que la calidad del agua subterránea captada en el pozo de la ADI de Llano Verde se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por el Decreto Ejecutivo N° 38924-S “Reglamento para la calidad del agua potable”.
- C) A partir de esto, los resultados obtenidos con la investigación realizada en el área de estudio confirman la Opción 1 del informe titulado *“Prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosal, Alajuela”*, como la más apta para ubicar un pozo de exploración - producción.

Sin embargo, debido a que la propietaria de la finca en la cual se ubica la Opción 1 ha manifestado su oposición a que se perfore en su predio un pozo de exploración - producción, tal como se indica en el memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 0026 y en el memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00896, se propone la Opción 2, según se indica a continuación:

- Se recomienda perforar el pozo de exploración - producción en la ubicación en la cual se realizó el SEV LlaV2, en las coordenadas 318,750 Norte y 494,351 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), con el objetivo de captar el basalto medianamente conductor de 10 Ω m a 25 Ω m. La profundidad de perforación propuesta es de 150 m, pudiendo ubicar el punto de perforación a ambos lados del camino en el que fue realizado este sondeo eléctrico vertical, según sea la anuencia de los propietarios a ubicar la perforación en sus predios.
- Se deberán realizar las respectivas pruebas de bombeo: prueba escalonada (4 etapas), prueba de 72 horas a caudal constante (larga duración), y recuperación.
- Antes de culminar las pruebas de bombeo correspondientes al nuevo pozo, se deberá coordinar con el Laboratorio Nacional de Agua del AyA, la recolección y análisis completo (físico - químico y bacteriológico) de las respectivas muestras de agua.
- El nuevo pozo deberá contar un área operativa y de protección absoluta mínima de 900 m², definida como un área de al menos 15 m de radio alrededor del pozo.

9 REFERENCIAS

Gazel, E., Alvarado, G.E., Obando, J. & Alfaro, A., 2005: Geología y evolución magmática del arco de Sarapiquí, Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 32: 13 – 31.

Anexo I: Memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00269



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-5326. fvilchez@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Viviana Ramos Sanchez
UEN Gestión Ambiental

FECHA: 10 de marzo del 2020

FERNANDO
VILCHEZ
ROJAS (FIRMA)
Firmado digitalmente
por FERNANDO VILCHEZ
ROJAS (FIRMA)
Fecha: 2020.03.11
17:48:58 -06'00'

DE: Fernando Vilchez Rojas
UEN Administración de Proyectos GSD

No. GSD-UEN-AP-2020-00269

**ASUNTO: Comunidades de Moravia de Cutris, Crucitas de Cutris y
Llano Verde de Pocosol**

Con el fin de atender las necesidades de las comunidades de Moravia de Cutris, Crucitas de Cutris y Llano Verde de Pocosol, y otros sectores cercanos, que actualmente no cuentan con un sistema de agua potable para el abastecimiento de su población, la UTP solicitó a la UEN Gestión Ambiental en el documento UEN-AP-2019-00977, se efectuara un estudio de prospección geofísica en la localidad de Llano Verde, con el fin de establecer la posibilidad de una perforación.

A partir de dicha solicitud, la UEN Gestión Ambiental, bajo la coordinación de Héctor Zúñiga, visitó el lugar del 3 al 5 de Junio del 2019, y ubicó el lugar para la perforación del pozo. Sin embargo, cuando esta UEN procedió a ubicar a la propietaria de dicho terreno con el fin de que facilitara los permisos para la perforación del pozo, no hubo anuencia de su parte.

Debido a lo anterior, necesitamos se vuelva a plantear otro sitio de perforación en la comunidad de Llano Verde, con capacidad para satisfacer el proyecto propuesto, pero en una propiedad diferente a la ubicada anteriormente.

Se recomienda que al realizar el nuevo estudio, se coordine con los líderes de la comunidad, con el fin de que estos puedan ubicar a los dueños y establecer la anuencia de una vez. Nos ponemos a disposición para colaborar con la coordinación entre la AFH y los líderes comunales.

Dado que el caso de Crucitas reviste una condición especial, agradeceríamos nos informen de la posible fecha del nuevo estudio.

C.: Florentino Fernández Venegas- Subgerencia de Ambiente, Investigación y Desarrollo
Grace García Muñoz – Presidencia Ejecutiva

Anexo 2: Memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00896



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-5270. cabarca@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Viviana Ramos Sánchez
UEN Gestión Ambiental

FECHA: 14 de julio del 2020

MARIA DE LOS ANGELES
ABARCA ALVAREZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MARIA
DE LOS ANGELES ABRACA
ALVAREZ (FIRMA)
Fecha: 2020.07.14 14:04:52 -06'00'

DE: Maria de los Angeles Abarca Alvarez
UEN Administración de Proyectos GSD

No. GSD-UEN-AP-2020-00896

ASUNTO: Ubicación de puntos para estudio de perforación de pozo LLano Verde

Según los acuerdos tomados en la reunión del día 30 de Julio, respecto a la ubicación de los puntos identificados por funcionarios del departamento ambiental para realizar los estudios de perforación de pozos en la comunidad de Llano Verde de Cutris, le informo lo siguiente:

- El día 07 de Julio, se ubicaron los puntos SEV 3, SEV 2 y Alt 1.
- Se ubicaron otros puntos (propuesta 1 y 2) los cuales fueron recomendados por los miembros de la Asociación, para evaluar la posibilidad de realizar los estudios en dichos terrenos.
- Se ubicaron los puntos Pozo 1 y pozo 2, los cuales son los que abastecen actualmente la comunidad de Llano Verde.
- Se ubicaron los propietarios de cada uno de los terrenos, así como las respectivas autorizaciones para los estudios en sus terrenos, los cuales se adjuntan.
- Basado en la información de los propietarios, se cuenta con la información registral de cada terreno, los cual se adjuntan.

En la tabla 1, se indican los datos de los propietarios, el punto ubicado con las coordenadas e información importante para los estudios a realizar.

Tabla 1. Información de puntos ubicados en Llano Verde.

Punto	Propietario	Coordenadas Lambert Norte		Coordenadas CRTM05		Condición del terreno	Condición del propietario
		Norte	Este	Norte	Este		
SEV 3	Marcos Agüero Chavez	318676	493558	1204089	457335	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia para hacer los estudios, en caso de requerir el terreno para perforación de pozo, se debe informar al dueño nuevamente.
SEV 2	Guillermo Herrera Castro	317763	494143	1203175	457918	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia para hacer los estudios, en caso de requerir el terreno para perforación de pozo, se debe informar al dueño nuevamente.
Alt 1	Lorena Moreno Pérez	318175	494426	1203587	458202	Inscrito ante el registro	Fue la primera opción visitada en el 2019, está en proceso de negociación del terreno, no contamos con anuencia
Propuesta 1	Diego Gamboa Alpizar	319270.725	494661.498	1204667.99	458435.567	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia del propietario
Propuesta 2	Amalia Miranda Muñoz Teresa Miranda Muñoz	320241.731	494327.603	1205639.28	458102.764	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia del propietario
Pozo 1	Oldemar Durán Cordero	319793.242	493720.17	1205191.5	457494.891	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia del propietario
Pozo 2	Oldemar Durán Cordero	319851.598	493777.871	1205249.79	457552.652	Inscrito ante el registro	Se cuenta con anuencia del propietario

Quedamos a la espera de la coordinación para la visita al sitio para los respectivos estudios.

C: Daniel Ruíz Tijerino, UEN Administración de Proyectos GSD
Fernando Vilchez Rojas, UEN Administración de Proyectos GSD
Archivo

Anexo 3: Resultados de los análisis físico - químicos y bacteriológicos realizados a la muestra de agua recolectada en el pozo administrado por la ADI de Llano Verde.

 Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados Laboratorio Nacional de Aguas		Análisis Microbiológico				
Procedencia: ACUÍFERO LLANO VERDE,POCOSOL,SAN CARLOS		Solicitado por: UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL			Recolección: 05/08/2020	
Cantón: San Carlos		Recolectado por: HÉCTOR ZÚNIGA			Conclusión análisis: 07/08/2020	
Provincia: ALAJUELA		Tipo de muestra: Pozos o manantiales		Número reporte: 157122	Emisión reporte: 14/08/2020	
PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 mL ⁻¹		NMP E. coli 44.5° C	
			TOTALES	FECALES		
POZO ADI LLANO VERDE	12:12			Negativo	NEGATIVO	
1- Orden: 04178-2020. 2- Reporte de campo: muestra para análisis físico-químico y bacteriológico completo, iones mayores (aniones y cationes) y arsénico. Criterio microbiológico de evaluación de pozos: a) calidad excelente: 0 coliformes fecales/100 mL; b) calidad buena: 0 - 2,7 coliformes fecales/100 mL; c) calidad regular: 2,7 - 30 coliformes fecales/100 mL; d) calidad mala: 30 a 750 coliformes fecales/100 mL; e) calidad muy mala: >750 coliformes fecales/100 mL. -En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el pozo es de calidad excelente. PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA) Firmado digitalmente por PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA) Fecha: 2020.08.19 13:46:32 -06'00'						
PROFESIONAL RESPONSABLE			AREA MICROBIOLOGIA			

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"

Pág. 1



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05321-2020

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.ea.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	GESTION AMBIENTAL			Proc. muestreo	***
Contacto:	Viviana Ramos Sánchez			Muestreado por	Héctor Zuñiga M.
SISTEMA:	ACUÍFERO LLANO VERDE, POCOSOL, SAN CARLOS			Fecha de muestreo	05-ago.-20
				Fecha de ingreso :	06-ago.-20
Muestreo:	POZO ADI LLANO VERDE			Fecha de Reporte:	01-sep.-20
Dirección:	TUBO PARA AFORAR EL POZO			Inicio Análisis MIC:	
				Teléfono:	2223-13-16
PROVINCIA:	Alajuela	CANTON:	San Carlos	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	vramos@aya.go.cr	Fax:	2223-13-16	Hora de recolección:	12:12

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	77	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	51,7	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	22,9	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloruros	*	3,10	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Color Aparente	*	N.D.	1,0	2,0	4,0	5	15	UPT-Co	2120 C
Conductividad	*	172	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Dureza de Calcio	*	57	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	69	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
Fluoruros	*	N.D.	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hierro	*	37,4	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	2,9	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	N.D.	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
pH	**	7,02	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	1,6	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	9,0	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	N.D.	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro
Turbiedad	*	0,26	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17

AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05321-2020

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

VMA.: Valor Máximo Admisible del Decreto Ejecutivo 38924-S

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater o un método oficial.

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

*** Muestreo y datos aportados por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Observaciones de Campo:

--

OBSERVACIONES:

-Análisis puntual.

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

-Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumpliría con el reglamento respectivo.

-Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumpliría con el reglamento respectivo.

Esta Regla de Decisión conlleva la posibilidad de que el resultado fluctúe dentro de un ámbito debido a la incertidumbre asociada a cada método (riesgo estadístico).

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

MSc. Nuria Ma. Alfaro Herrera
Jefe del Laboratorio Química



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

San José, Costa Rica

Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-6516. vramos@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: M.Sc. Yamileth Astorga Espeleta
Presidencia Ejecutiva

FECHA: 7 de setiembre del 2020

Ing. Fernando Vilchez Rojas
UEN Administración de Proyectos GSD

No. UEN-GA-2020-03446

DE: M.Sc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental



Asunto: Addendum a la prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, San Carlos.

En atención a los memorandos GSD - UEN - AP - 2020 - 00269 y GSD - UEN - AP - 2020 - 00896, la UEN Gestión Ambiental realiza la entrega del informe titulado *“Addendum a la prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, San Carlos”*, elaborado por el M.Sc. Héctor Zúñiga Mora.

A continuación se detallan las conclusiones y recomendaciones del estudio:

- A) A partir de los resultados obtenidos con los sondeos eléctricos verticales, y de los perfiles geoelectricos realizados, se tiene que el área de estudio se caracteriza por el siguiente modelo de capas:
- La secuencia litológica inicia con un basamento medianamente conductor, el cual ha sido correlacionado con una roca basáltica fracturada y saturada. Esta capa cuenta con un espesor mínimo registrado de 40 m (SEV LlaV3) y un espesor máximo de 165 m (SEV LlaV1); su resistividad es de 10 Ω m a 25 Ω m.
 - El basalto medio es sobreyacido por un basalto conductor (6,5 Ω m a 8 Ω m), el cual se encuentra muy fracturado. Su espesor es de 25 m en el SEV

LlaV3, y aumenta hacia el norte (65 m en el SEV LlaV2) y hacia el oeste (70 m en el SEV LlaV4).

- Hacia el sur y hacia el oeste del área de estudio, el basalto superior es subyacido y sobreyacido por capas geoelectricas muy conductoras que han sido correlacionadas con basaltos arcillificados (3,5 Ω m a 4 Ω m). El espesor de estas capas varía de 10 m a 120 m (registrados en el SEV LlaV3).
- Culminando la secuencia, se tiene una capa correlacionada con el basalto meteorizado de la Unidad Hito Sar, dentro de la cual se ha registrado un nivel de saturación con agua, evidenciado a partir de la información recopilada durante el levantamiento de pozos en el área de estudio. La resistividad de esta capa muestra valores que se encuentran dentro del rango de 220 Ω m a 400 Ω m, y de 55 Ω m a 150 Ω m.

De las capas descritas en los párrafos anteriores, reviste mayor interés hidrogeológico el basalto medianamente conductor, el cual corresponde con la capa geoelectrica de 10 Ω m a 25 Ω m de resistividad, lo que es un indicador de una roca fracturada y saturada.

- B) Desde el punto de vista microbiológico y físico - químico, se determinó que la calidad del agua subterránea captada en el pozo de la ADI de Llano Verde se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por el Decreto Ejecutivo N° 38924-S *“Reglamento para la calidad del agua potable”*.
- C) A partir de esto, los resultados obtenidos con la investigación realizada en el área de estudio confirman la Opción 1 del informe titulado *“Prospección geofísica para caracterizar un sitio para la construcción de un pozo de exploración – producción en Llano Verde de Pocosol, Alajuela”*, como la más apta para ubicar un pozo de exploración - producción.

Sin embargo, debido a que la propietaria de la finca en la cual se ubica la Opción 1 ha manifestado su oposición a que se perfora en su predio un pozo de exploración - producción, tal como se indica en el memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 0026 y en el memorando GSD - UEN - AP - 2020 - 00896, se propone la Opción 2, según se indica a continuación:

- Se recomienda perforar el pozo de exploración - producción en la ubicación en la cual se realizó el SEV LlaV2, en las coordenadas 318,750 Norte y 494,351 Este (proyección Lambert Costa Rica Norte), con el objetivo de captar el basalto medianamente conductor de 10 Ω m a 25 Ω m. La profundidad de perforación propuesta es de 150 m, pudiendo ubicar el punto de perforación a ambos lados del camino en el que fue realizado este sondeo eléctrico vertical, según sea la anuencia de los propietarios a ubicar la perforación en sus predios.
- Se deberán realizar las respectivas pruebas de bombeo: prueba escalonada (4 etapas), prueba de 72 horas a caudal constante (larga duración), y recuperación.

- Antes de culminar las pruebas de bombeo correspondientes al nuevo pozo, se deberá coordinar con el Laboratorio Nacional de Agua del AyA, la recolección y análisis completo (físico - químico y bacteriológico) de las respectivas muestras de agua.
- El nuevo pozo deberá contar un área operativa y de protección absoluta mínima de 900 m², definida como un área de al menos 15 m de radio alrededor del pozo.

C: Florentino Fernández Venegas, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
 Cecilia Martínez Artavia, Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados
 Viviana Ramos Sánchez, UEN Gestión Ambiental
 Daniel Ruiz Tijerino, UEN Administración de Proyectos GSD
 María de los Ángeles Abarca Álvarez, UEN Administración de Proyectos GSD
 Christian Delgado Segura, UEN Gestión Ambiental
 Cristian Morales Quesada, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
 Ashley Barboza Avilés, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
 Héctor Enrique Zúñiga Mora, UEN Gestión Ambiental
 Isabel Fallas Salamanca, UEN Gestión Ambiental
 Archivo 968