

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: VIABILIDAD DE UBICACIÓN DE DOS LOTES  
PARA PERFORACIÓN DE POZOS Y DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE  
AMORTIGUAMIENTO DE LOS LOTES 1 Y 2.**

**SAN RAFAEL, VASQUEZ DE CORONADO, SAN JOSÉ**



**Lote n° 1**

---

**Elaboró: Geól. Cristina Castanedo Sotela**

**Colaboró: Geól. José Daniel Vargas Bolaños**

**Asistencia en trabajo de campo:**

**Gestores Expertos: Sr. Marvin Gómez, Sr. Carlos Murillo, Sr. Francisco Segura  
Personal de la Regional Metropolitana**

---

**Supervisión, revisión y VB°:**

**MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga  
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología  
Abril, 2016**



**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, **Annette Henchoz Castro**

---

**N° Cédula: 1-0725-0409**

---

**Dependencia: Gerencia General**

---

Autorizo como Sub 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, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

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

**E-mail:** [centrodoc@aya.go.cr](mailto:centrodoc@aya.go.cr) **N° Teléfono:** 2242-5487

**Annette  
Henchoz Castro**

Firmado digitalmente por  
Annette Henchoz Castro  
Fecha: 2019.11.25 16:07:20  
-05'00'

**Firma:** \_\_\_\_\_

# **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: VIABILIDAD DE UBICACIÓN DE DOS LOTES PARA PERFORACIÓN DE POZOS Y DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DE LOS LOTES 1 Y 2.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente estudio fue realizado en atención a la solicitud del Ing. Luis Fernando Soto Viquez (UEN Producción y Distribución Zona 4 GAM), dirigida a la Dirección de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental, mediante correo electrónico el día 3 de febrero de 2016.

Se realizó reunión del día 12 de febrero del 2016, en la UEN Gestión Ambiental en compañía del Ing. Carlos Artavia, el Ing. Luis Fernando Soto, la Hidrogeóloga Viviana Ramos y la Geól. Cristina Castanedo, para definir el alcance de los trabajos a realizar. Entre ellos:

1. La visita al lote n°1 el cual es colindante a la nueva escuela y Colegio de las Nubes, por lo que se solicitó delimitar el área de amortiguamiento previo a la construcción del futuro pozo Las Nubes para coordinar anticipadamente con el MEP la distribución de las instalaciones escolares.

Además el Ing. Soto, nos indicó que en este lote n°1, se encuentra ubicada una perforación por el Área Funcional de Pozos, y que se requería la zona de amortiguamiento.

2. En el lote n°2 se solicita la definición de sitio de perforación y zona de amortiguamiento.

Se programó una inspección de campo los días 16, 18 y 19 de febrero de 2016, donde se contó con la participación del personal de la Regional Metropolitana. Las labores realizadas durante esos días fueron:

- Reunión con representantes del MEP y AyA (Ing. Luis Fernando Soto, Ing. Carlos Artavia, ambos de la Regional Metropolitana y Geól. Cristina Castanedo de Hidrogeología – UEN Gestión Ambiental).
- Reconocimiento geológico-hidrogeológico de las áreas.
- Establecimiento de puntos para la realización de pruebas de infiltración
- Realización de pruebas de infiltración
- Localización e intento de visita al pozo de la zona.

Además del trabajo de campo se recopiló la información de los pozos de la zona en SENARA, en la base de datos del AyA, así como las captaciones y nacientes en uso. Toda esta información se utilizó para la elaboración del perfil y el modelo conceptual hidrogeológico.

## 1.1 Objetivo General

- Valorar dos sitios (lote n°1 y lote n° 2) para perforación de pozos.
- Determinar la zona de amortiguamiento del Lote n° 1, en cuyas cercanías se ubicarán instalaciones del MEP, ubicado de la Escuela de las Nubes 1,7 Km al este.
- Determinar la zona de amortiguamiento del Lote n° 2, ubicado a 2 Km al oeste del lote 1, con un área de 1418 m<sup>2</sup>.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Plantear el modelo conceptual hidrogeológico de los sitios de interés.

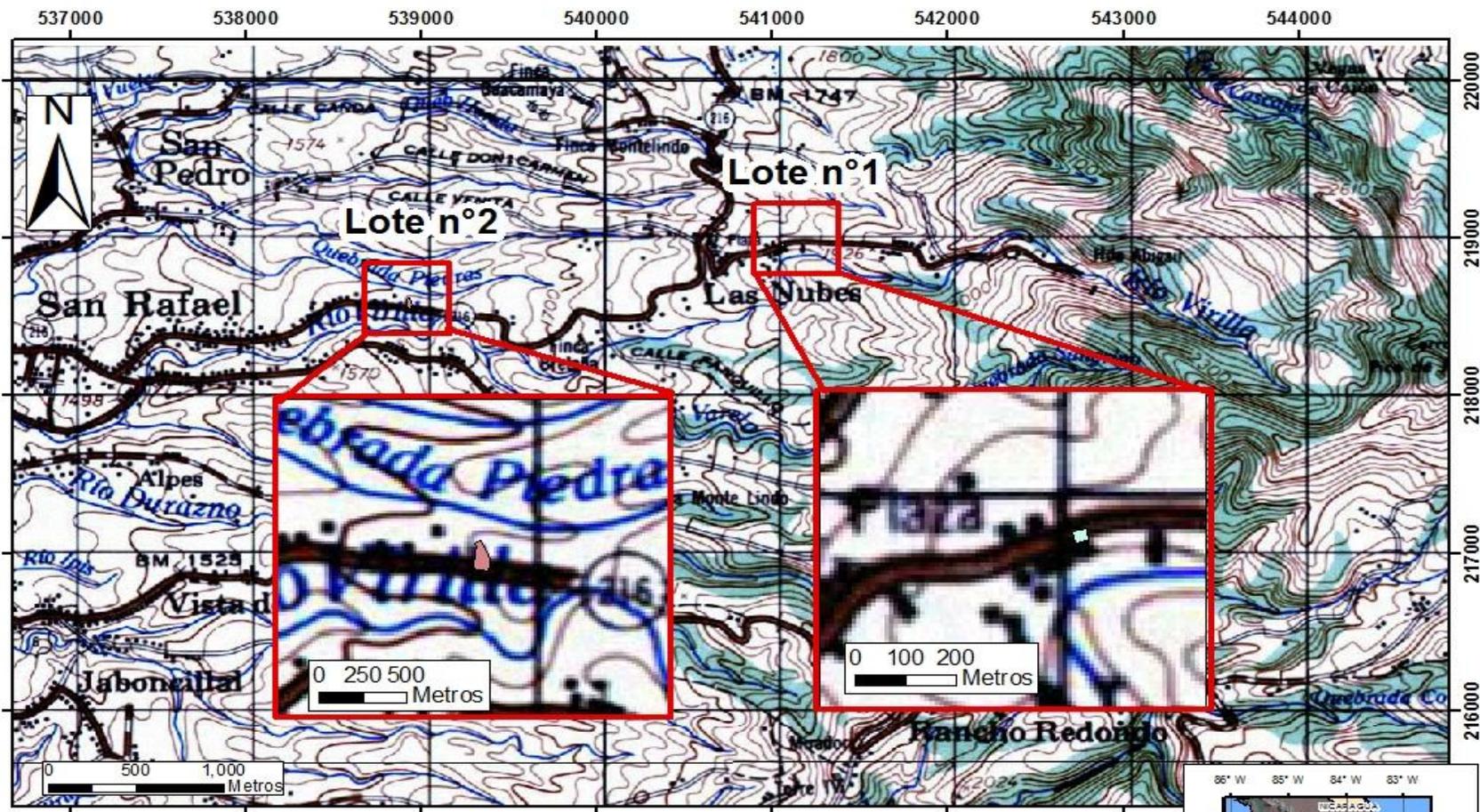
## II. UBICACIÓN CARTOGRÁFICA

Los lotes de estudio se encuentran en el Distrito de San Rafael, del Cantón de Vasquez de Coronado, en la Provincia de San José.

Específicamente, el lote n° 1: MEP, se ubica en las coordenadas N 218953 m y E 541049 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica de Istarú (IGN), a escala 1:50000 (**Fig. 1**). Las coordenadas fueron tomadas en el campo con GPS marca Garmin Montana 650 (precisión del dato de ubicación:  $\pm 3$  m).

El lote n° 2, el cual es propiedad del AyA, y se encuentra en las coordenadas 218582 m y E 538932 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica de Istarú (IGN), a escala 1:50000, y tiene un área de 1418 m<sup>2</sup>, se encuentra ubicado topográficamente a menor elevación que el anterior.

La **Figura 1**, es un **mapa que detalla la ubicación** del lote n° 1 y 2.



Hoja Istaru I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

Modificado de: Krushensky, 1972.

**Leyenda**

- Lote n°1
- Lote n°2



### III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Geología Regional

La zona de estudio se encuentra constituida por rocas volcánicas asociadas al Grupo Irazú, el cual está conformado por las formaciones: Reventado, Sapper, Birris y Cervantes (Krushensky, 1972). Estas formaciones corresponden con cenizas, lahares y lavas de edad Pleistoceno (Alvarado & Gans, 2012). A continuación se presenta una síntesis de la geología regional existente en la zona de estudio (**Figura 2**).

Según Krushensky (1972) el Grupo Irazú se subdivide de la formación más antigua a la más reciente de la siguiente forma:

#### **Formación Reventado**

Esta formación ha sido dividida en tres diferentes miembros, descritos a continuación:

***Miembro Paraíso:*** constituido por coladas de lava andesítica augítica con fenocristales de plagioclasa y augita, en una matriz densa y de grano fino. Presenta un espesor de 170 m en la catarata Los Novios.

***Miembro Manto de Ceniza Roja:*** compuesto por una delgada capa de ceniza fina, que se caracteriza por un color café-naranja oscuro, mostrando espesores aproximados de 15 m. Sobreyace al Miembro Paraíso y está sobreyacido por lahares.

***Miembro Superior:*** conformado por al menos 4 coladas de lava andesítica provenientes del volcán Irazú y numerosas coladas locales. Presenta un espesor de más de 600 m.

#### **Formación Sapper**

Conformada por una secuencia de 15 o más flujos de lava intercalados con lahares y capas de ceniza. Las lavas se caracterizan por ser densas, de color negro verdusco cuando están sanas y rojizas cuando están meteorizadas. En cuanto a los lahares, contienen clastos de lava provenientes de la Formación Reventado.

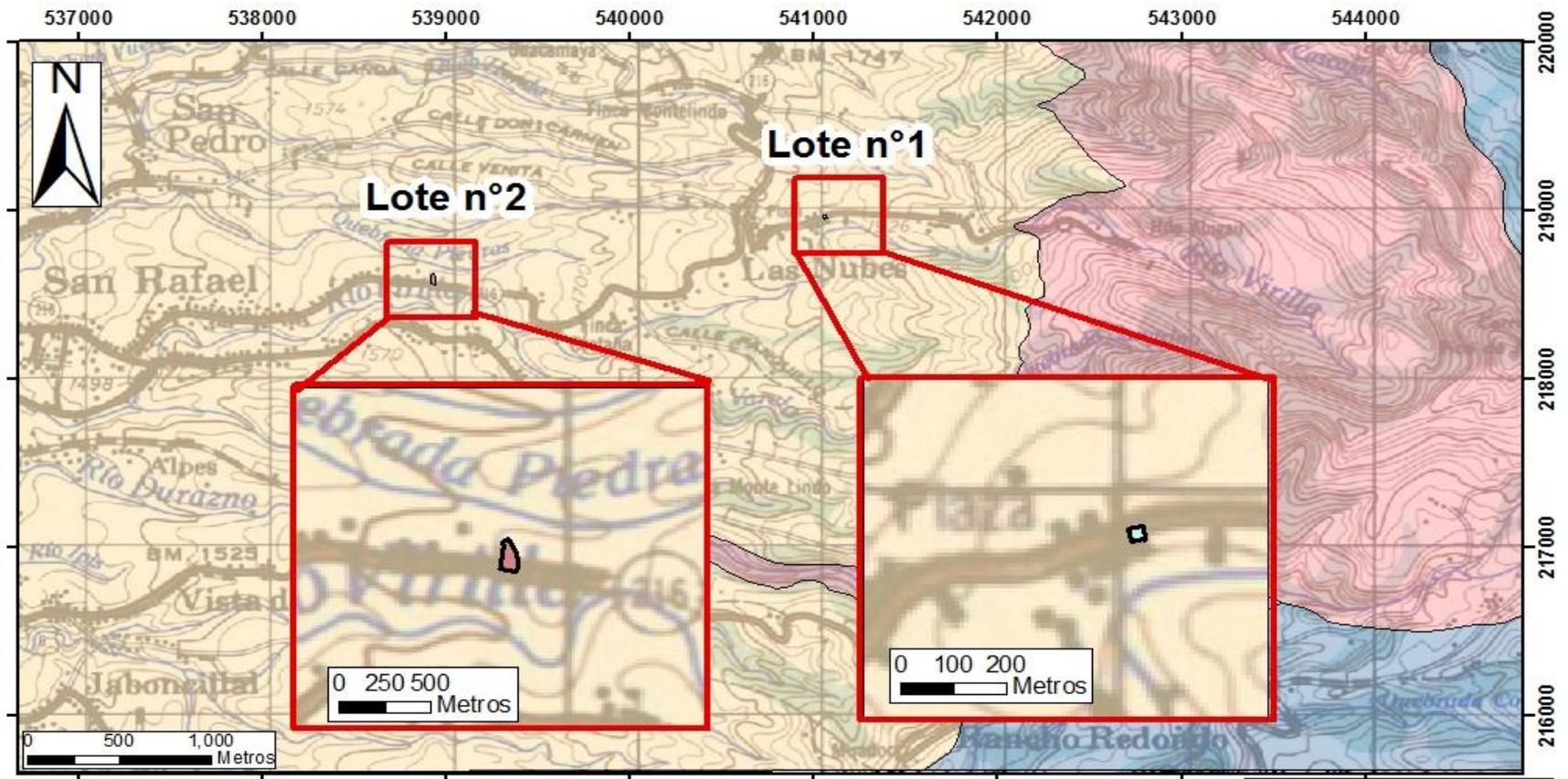
Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Reventado y es sobreyacida de manera discordante por la Fm. Birris, al oeste del cerro Noche Buena.

#### **Formación Birris**

Consiste de 4 o 5 flujos de lava andesítica porfirítica de color gris claro a oscuro. Característicamente cada flujo muestra una delgada capa de escombros con hematita de color rojo oscuro de 15 a 60 cm de espesor y que consiste de bombas o lapilli. Estratigráficamente sobreyace discordantemente a la Formación Sapper y está sobreyacida de manera concordante por la Formación Cervantes.

#### **Formación Cervantes**

Constituida por una colada de lava en forma de bloques andesíticos-basálticos de colores oscuros, superficialmente escoriaáceos, que descansa sobre las Formaciones Birris y Reventado.



Hoja Istaru I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

Modificado de: Krus h e n s k y, 1972.

**Leyenda**

- Lote n°1
- Lote n°2

**Litología**

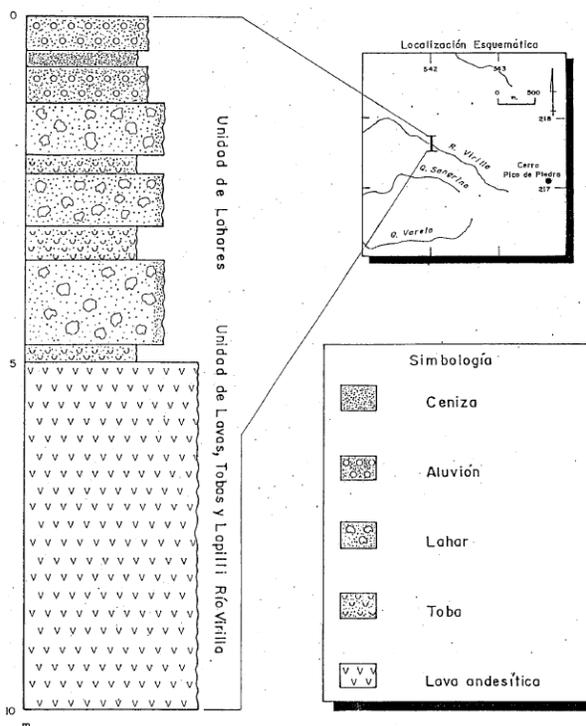
- Depósitos de materiales fluviales con cenizas superficiales
- Formación Sapper
- Formación Reventado



Entre las localidades de Yas y Santiago muestra depresiones circulares muy numerosas y tubos de lavas colapsados.

La superficie inferior de la formación es extremadamente irregular, por lo que el espesor varía marcadamente. Cerca de la localidad de San Martín alcanza un espesor de 25 m, mientras que en el cañón del antiguo río Reventazón llega a los 200 m.

A continuación, en la **figura 3**, se indica la columna estratigráfica general de la zona del Río Virilla, Hacienda Abigail.



**Figura 3. Columna estratigráfica del Río Virilla en Hacienda Abigail.  
Fuente: A. Vargas, 1994.**

### 3.2. Geología Local

En las inmediaciones de los lotes estudiados (fotografías 1 y 2) en el lecho de la quebrada Piedras, afloran depósitos de cenizas meteorizadas (**Figura 4**) procedentes de los flujos piroclásticos del Volcán Irazú.

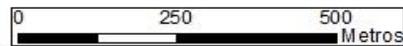
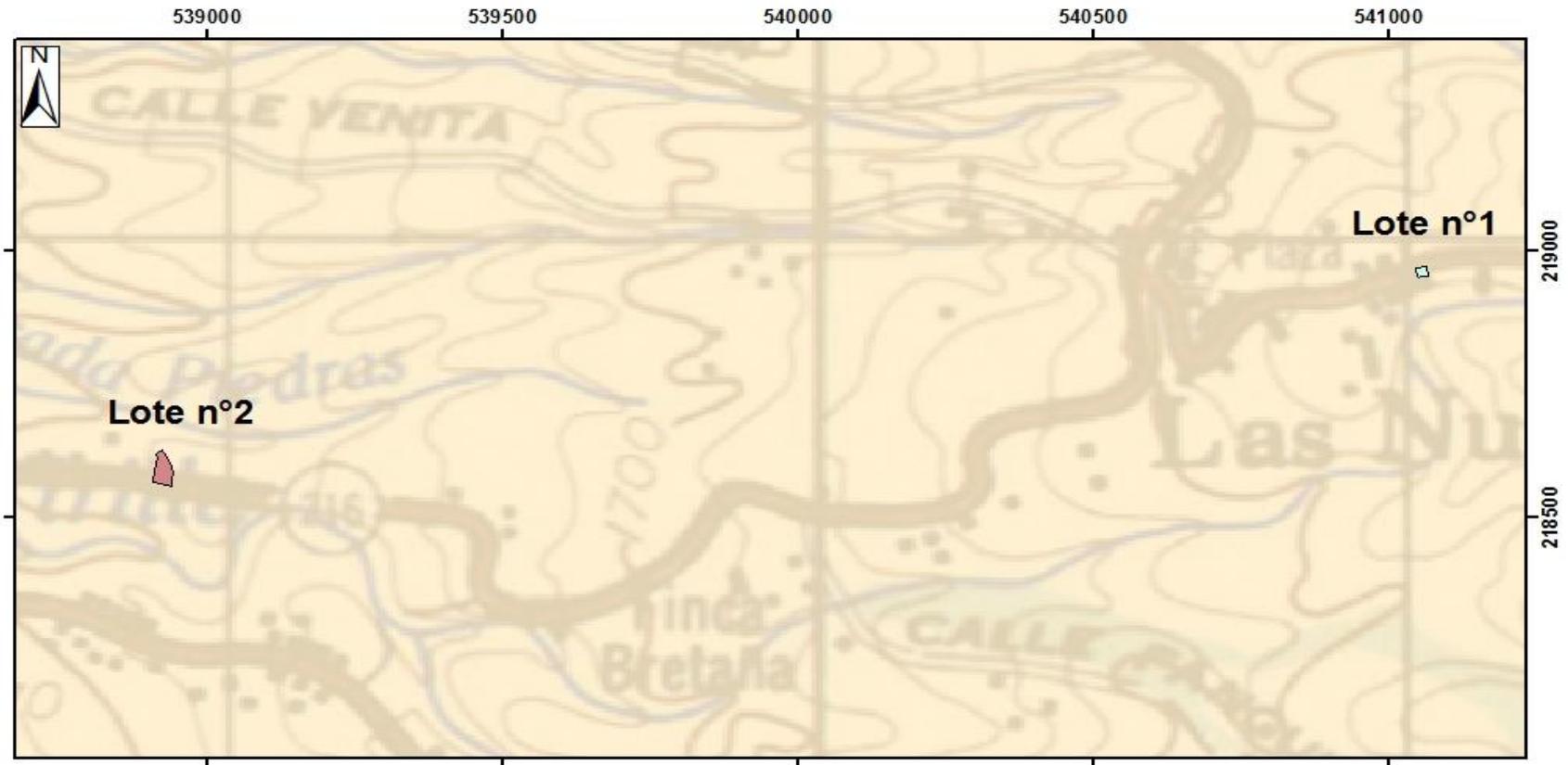
Están compuestas por arcillas limosas, con algunos bloques de lava subangulares a subredondeados de tamaño centimétrico. Estas cenizas constituyen los suelos en la zona de estudio, y presentan diferentes espesores y grados meteorización. Son de color café oscuro.



**Fotografía 1. Detalle de cenizas en talud. Coordenadas N 218983 m y E 541286 m Costa Rica Lambert Norte.**

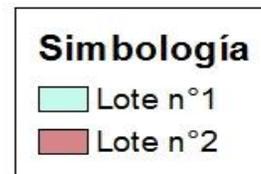


**Fotografía 2. Detalle de cenizas y bloques en cauce de quebrada. Coordenadas N 218604 m y E 539084 m, Costa Rica Lambert Norte.**



Hoja Istaru I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotepeque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

Modificado de: Krushensky, 1972.



## IV. HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1. Pozos en la zona

Para realizar el estudio hidrogeológico de la zona se consultó las bases de datos de los pozos registrados del AyA y del SENARA ubicados en las proximidades, con la finalidad de identificar la presencia y características de las capas litológicas perforadas en el área de estudio.

En la zona de estudio se tiene el registro del pozo, IS-507, el cual se encuentra a una distancia de 231 m del lote n°2.

Además existe el piezómetro realizado en la Finca Coronado, en el año 2001, en las coordenadas N 219050 m y E 536650 m, Costa Rica Lambert Norte.

Así como los pozos CL-3 y CL-5, en las coordenadas N 221200 m y E 540800 m, Costa Rica Lambert Norte, y las coordenadas N 220700 m y E 540600 m, Costa Rica Lambert Norte respectivamente.

Para dichos pozos se analizaron las principales características como coordenadas, profundidad del pozo, niveles de agua, condiciones litológicas, ubicación de las rejillas caudal y datos de las pruebas de bombeo.

En la **tabla 1** se adjuntan los datos de los niveles estáticos del pozo según registro de SENARA. En el anexo 1, se adjunta los datos del pozo IS-507, CL-3 y CL-5.

**Tabla 1. Nivel estático de los pozos**

Pozo	Nivel Estático (m)
IS-507	22,3
Piezómetro Coronado	15,65
CL-3	seco
CL-5	14

### 4.2. Parámetros hidráulicos

La **Figura 5** corresponde a la planta de la zona de estudio, donde se indica el trazo del perfil hidrogeológico A-A', (correspondiente a la **figura 6**). En el perfil hidrogeológico se puede observar la ubicación de los lotes, los pozos más cercanos y la proyección de los mismos, la litología y el nivel de agua.

El acuífero se encuentra en lahares, presenta algunos niveles de acuíferos colgados, no se considera un acuífero continuo ni constante en extensión lateral ya que depende de las condiciones de porosidad del lahar (su contenido en finos).

El caudal del pozo IS-507 es de 0,47 l/s. Lo que demuestra que el acuífero a considerar es de bajo rendimiento.

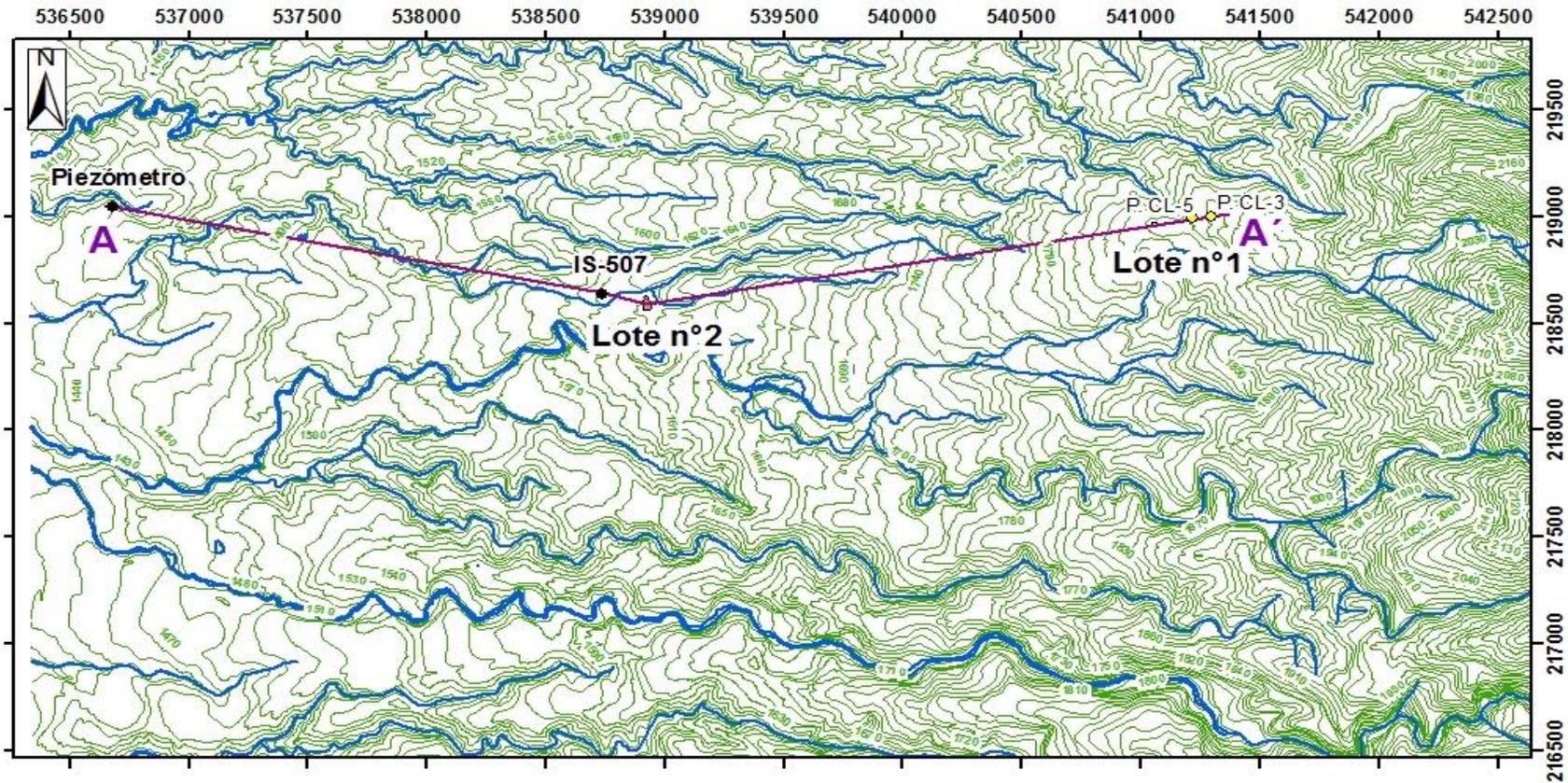
La dirección de flujo del agua subterránea en la zona de estudio es en sentido E al W (**figura 5 y 6**).

Los resultados de la prueba de bombeo del Pozo IS-507, aporta la siguiente información de los parámetros hidráulicos del acuífero. **Tabla 2:**

**Tabla 2. Características del acuífero.**

<b>Parámetros Hidráulicos del Acuífero (Zona Saturada)</b>			
<b>Pozo</b>	<b>T(m<sup>2</sup>/día)</b>	<b>b (m)</b>	<b>K (m/día)</b>
IS-507	3,1*	15,2	0,2

\* Transmisividad obtenida aplicando la metodología de Galofre.



Hoja Istaru I.G.N.C.R.  
Proyección Ocatepeque Lambert Norte  
Datum NAD27 Central  
Esferoide de Clarke 1866

Modificado de: Krushensky, 1972.

### Simbología

- Pozos de la zona
- ◆ P. CL-X: Proyección de Pozo

### Simbología

- Lote n°1
- Lote n°2
- Ríos
- Curvas de Nivel
- Línea de Perfil Hidrogeológico



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

**Figura 5: Planta y ubicación Perfil Hidrogeológico.**

Elaboró: Geól. J. Daniel Vargas B.

Marzo, 2016

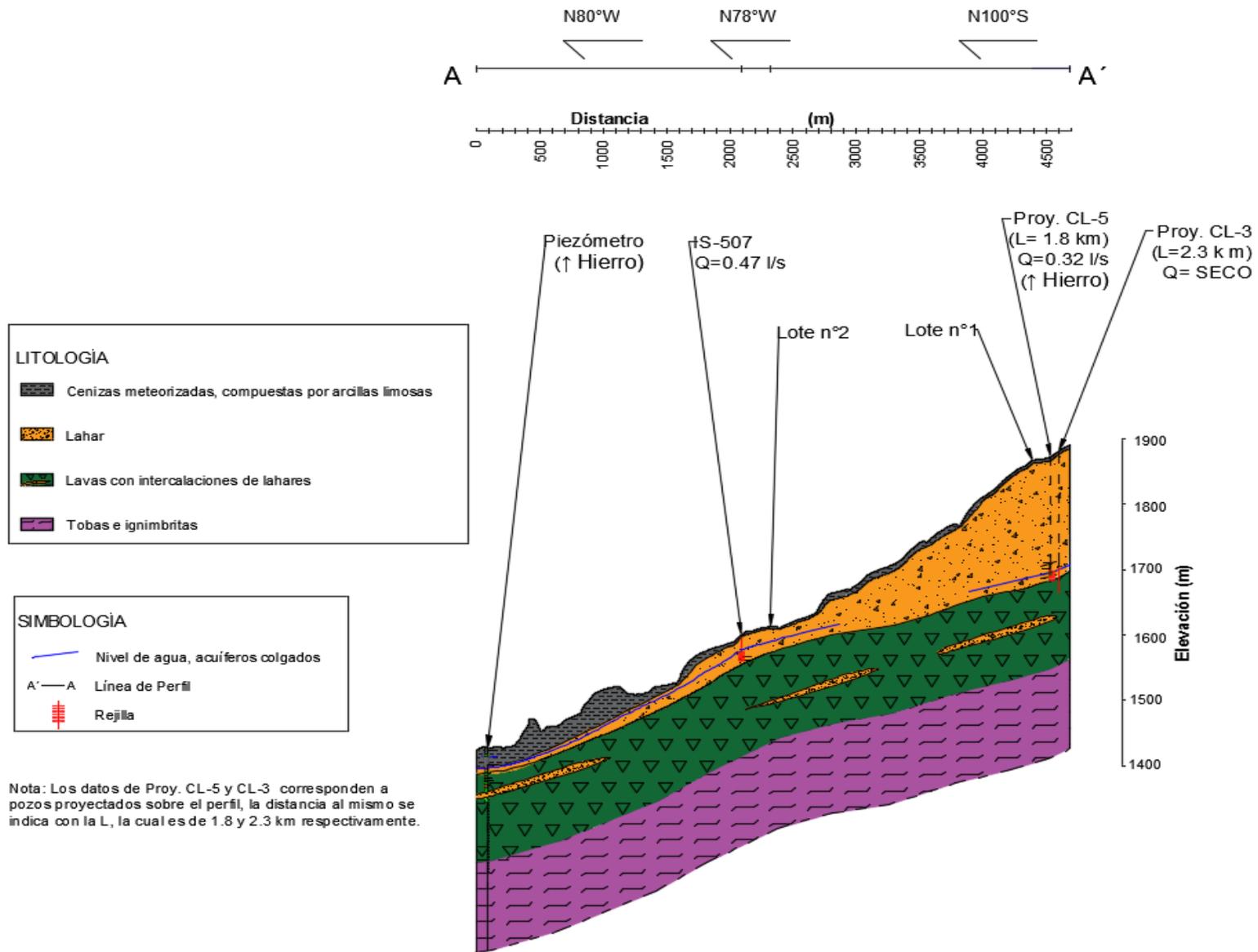


Figura 6. Perfil Hidrogeológico

### 4.3 Resultados de pruebas infiltración

Las pruebas de infiltración se realizaron los días 18 y 19 de febrero de 2016, se elaboraron 3 pruebas para cada lote, (**fotografías 3 – 7**) ejecutándose un total de 6 pruebas. La metodología empleada en todas ellas fue la del doble anillo (Kostiakov). Las pruebas se realizaron en materiales representativos de la zona. De las 3 pruebas realizadas en cada lote, una se ubicó en el interior del mismo, y las dos restantes aguas arriba del lote, en la dirección del flujo de las aguas subterráneas a 100 y 200 m aproximadamente del lote. En la **figura 7** se detalla la ubicación de estas pruebas.

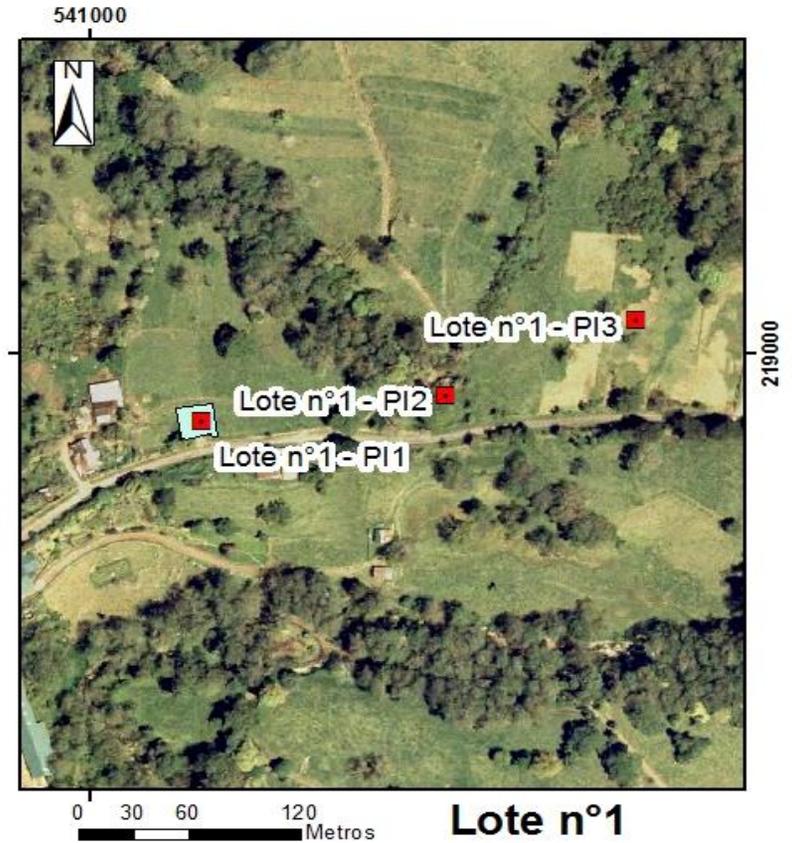
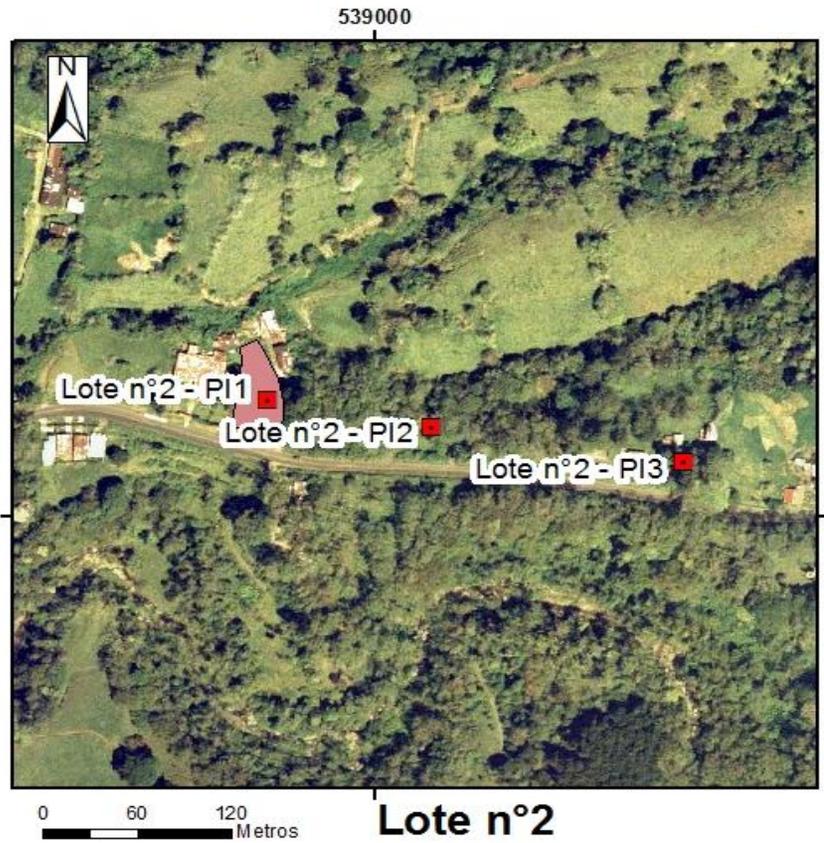
A través de las pruebas de infiltración se determinó que los materiales evaluados presentan una conductividad hidráulica moderada, en la **tabla 3**, se resumen los resultados obtenidos.

A continuación se muestran las fotografías de cada prueba.

		
<p><b>Fotografía 3. Prueba n°1 Lote del MEP. Coordenadas N 218960 m y E 541061 m, Costa Rica Lambert Norte.</b></p>	<p><b>Fotografía 4. Prueba n°2 Lote del MEP. Coordenadas N 218975 m y E 54192 m, Costa Rica Lambert Norte.</b></p>	<p><b>Fotografía 5. Prueba n°3 Lote del MEP. Coordenadas N 219020 m y E 541295 m, Costa Rica Lambert Norte.</b></p>
		
<p><b>Fotografía 6. Prueba n°1 Lote inferior. Coordenadas N 218582 m y E 538932 m, Costa Rica Lambert Norte.</b></p>	<p><b>Fotografía 7. Prueba n°3 Lote inferior. Coordenadas N 218538 m y E 539196 m, Costa Rica Lambert Norte.</b></p>	

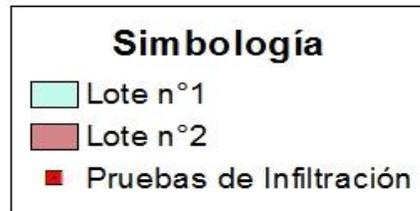
**Tabla 3. Datos prueba de infiltración.**

Prueba de infiltración	Prueba de infiltración	K (conductividad hidráulica m/día)	Rango
Lote n°1	1	0,19	Moderado
	2	0,65	Moderado
	3	0,27	Moderado
Lote n°2	1	1,31	Moderado
	2	1,26	Moderado
	3	5,25	Moderado



Hoja Istaru I.G.N.C.R.  
 Proyección Ocotepeque Lambert Norte  
 Datum NAD27 Central  
 Esferoide de Clarke 1866

Modificado de: Krushensky, 1972.



#### 4.4 Zona de amortiguamiento del lote n° 1.

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear la zona de amortiguamiento del futuro Pozo en el lote n°1, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

##### 4.4.1. Cálculo de tiempos de tránsito

Debido a lo solicitado para determinar los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos en el medio hidrogeológico, se consideran los siguientes supuestos:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural, el tiempo total mínimo requerido para el análisis es de 100 días y no de 70 días (Rodríguez, 1994).

De esto se desprende que el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno (ejemplo: bacterias y virus), considerando la componente vertical en la zona no saturada y la componente horizontal en la zona saturada, es de *70 días para medios porosos* y de *100 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

##### 4.4.1.1. Zona no saturada (CENIZAS)

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada ( $t_1$ ), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \square}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor del estrato de cenizas, el cual tiene un espesor de **b = 5 m**.

$\square$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de  $\square = 0,35$ .

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0,37 m/día**.

i: gradiente, en este caso es vertical, por lo que **i = 1**.

$t_1$ : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 4,7 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que  $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 65,3 \text{ días}$$

En conclusión se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua captada por el pozo en estudio.

#### 4.4.1.2. Zona no saturada (LAHARES)

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada ( $t_1$ ), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \square}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor del estrato de lahar por encima del nivel, el cual tiene un espesor de **b = 173 m**.

$\square$ : porosidad efectiva de los lahares de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de  $\square = 0,6$ .

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor obtenido despejando k, de la fórmula  $T = k \times b$ . Se empleó un valor de **k = 0,2 m/día**.

i: gradiente, en este caso es vertical, por lo que **i = 1**.

$t_1$ : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 519 \text{ días}$$

En conclusión se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, se degradaría antes de llegar a la tabla de agua captada por el pozo en estudio.

Se recomienda considerar una zona de amortiguamiento para el lote n° 1, de 15 m, a la redonda del futuro pozo, en base a criterio de experto, para protección del pozo donde según Foster et al (2002), esta área es de reserva absoluta, por lo que *no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aún así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente* para evitar la posibilidad de que contaminantes de cualquier tipo alcancen la fuente, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías. En dicha área no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo *advectivo* (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de *origen patógeno*- y mucho menos de otros tipos de contaminantes más

agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas, hidrocarburos o derivados del petróleo, etc). Entiéndase que la protección absoluta de esta área, implica también no admitir por ejemplo, el uso del terreno para instaurar tanques sépticos o letrinas dentro de esta propiedad.

#### 4.5 Zona de amortiguamiento del lote n° 2.

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear la zona de amortiguamiento del futuro Pozo en el lote n°2, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

##### 4.5.1. Cálculo de tiempos de tránsito

Debido a lo solicitado para determinar los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos en el medio hidrogeológico, se consideran los siguientes supuestos:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural, el tiempo total mínimo requerido para el análisis es de 100 días y no de 70 días (Rodríguez, 1994).

De esto se desprende que el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno (ejemplo: bacterias y virus), considerando la componente vertical en la zona no saturada y la componente horizontal en la zona saturada, es de *70 días para medios porosos* y de *100 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

##### 4.5.1.1. Zona no saturada (CENIZAS)

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada ( $t_1$ ), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula (**Ec. 1**):

$$t_1 = \frac{b \cdot \square}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor del estrato de cenizas, el cual tiene un espesor de **b = 2 m**.

$\square$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de  $\square = 0,35$ .

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 2,61 m/día**.

i: gradiente, en este caso es vertical, por lo que  $i = 1$ .  
 $t_1$ : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 0,3 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que  $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 69,7 \text{ días}$$

En conclusión se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994); para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua captada por el pozo en estudio.

#### 4.5.1.2. Zona no saturada (LAHARES)

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada ( $t_1$ ), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \square}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor del estrato de lahar por encima del nivel, el cual tiene un espesor de  $b = 20 \text{ m}$ .

$\square$ : porosidad efectiva de los lahares de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de  $\square = 0,6$ .

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor obtenido despejando k, de la fórmula  $T = k \times b$ . Se empleó un valor de  $k = 0,2 \text{ m/día}$ .

i: gradiente, en este caso es vertical, por lo que  $i = 1$ .

$t_1$ : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 60 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que  $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 10 \text{ días}$$

En conclusión se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994); para la zona

evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua captada por el pozo en estudio.

#### 4.5.1.3. Calculo Transmisividad con Galofre.

Considerando la fórmula de Galofre para la estimación de la Transmisividad (Ec. 2):

$$T = \frac{Q \cdot 100}{\Delta s}$$

Donde:

Q: es el caudal en l/s de la prueba de bombeo del pozo IS-507,  $Q = 0,47$  l/s.

$\Delta s$ : es el descenso, calculado como el nivel estático menos el dinámico,  $\Delta s = 15,20$  m

T: es la transmisividad en  $m^2/día$

Para el caso de estudio en concreto:

$$T = 3,1 \text{ m}^2/\text{ día}$$

#### 4.5.1.4. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \square}{k \cdot i}$$

y despejando la incognita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\square}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada,  $T = 10$  días

k: conductividad hidráulica de la zona saturada, calculado con en base a los datos de las pruebas de bombeo del Pozo IS-507,  $k = T/b$ ;  $k = 0,2$  m/día.

i: gradiente, calculado en el perfil,  $i = 0,055$

$\square$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de  $\square = 0,30$

d: distancia en metros.

Obteniendose:

$$d = 0,4 \text{ m}$$

Considerando que este valor es sumamente bajo, se procede a realizar el cálculo por medio del radio fijo.

#### 4.5.1.5. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\square \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal estimado en m<sup>3</sup>/día del futuro pozo Las Nubes n°1, el cual se consideró en varios rangos entre 0,47 a 1,5 l/s, correspondiente a **Q = 41 – 129,6 m<sup>3</sup>/día.**

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 69,7 días**

□: porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **m<sub>e</sub> = 0,35**

Π: número pi, **Π=3,14**

b: espesor de acuífero **b =36 m.**

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio variable en función de los caudales estimados que se valoraron entre 0,47 a 1,5 l/s, obteniéndose los siguientes datos que se muestran en la siguiente tabla, **tabla 4.:**

**Tabla 4. Estimaciones de radio fijo, según caudal.**

Q (m <sup>3</sup> /día)	Radio fijo (m)
40,6	5,55
43,2	5,72
86,4	8,09
129,6	9,91

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012.*».

En resumen, se recomienda considerar una zona de amortiguamiento para el lote n° 2, de 15 m, a la redonda del futuro pozo, en base a criterio de experto, para protección del pozo, donde según Foster et al (2002), esta área es de reserva absoluta, por lo que *no se deberán*

*permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aún así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente* para evitar la posibilidad de que contaminantes de cualquier tipo alcancen la fuente, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías. En dicha área no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo *advectivo* (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de *origen patógeno*- y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas, hidrocarburos o derivados del petróleo, etc). Entiéndase que la protección absoluta de esta área, implica también no admitir por ejemplo, el uso del terreno para instaurar tanques sépticos o letrinas dentro de esta propiedad.

## **V. CALIDAD DE AGUA**

Del estudio interno elaborado por el AyA – 2001 “Perforación exploratoria sacanúcleos, Finca Coronado” se concluye que geológicamente la zona presenta altas concentraciones de hierro y alteraciones hidrotermales.

En el Informe final del Pozo CL-5, realizado por Hidro Aragonés, S.A. se indica que el agua subterránea tiene un alto contenido de hierro.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La zona de estudio del Lote n°1 y Lote n°2 está constituida por cenizas meteorizadas arcillo limosas, lahares, lavas con intercalaciones de lahares, tobas e ignimbritas.
2. Desde el punto de vista hidrogeológico donde se localizan los lotes 1 y 2 el acuífero se clasifica de bajo rendimiento, debido a que no presenta condiciones hidrogeológicas óptimas. Esto se debe a que las lavas son muy recientes, están poco fracturadas y se presentan en paquetes intercaladas con los lahares, los cuales tampoco almacenan grandes cantidades de agua; únicamente existen algunos niveles colgados de baja importancia en los lahares, en donde el caudal es de 0,47 l/s.
3. La dirección de flujo del agua subterránea de los niveles calculados es en sentido E al W.
4. En el caso del lote 1 y 2, no se recomienda la perforación debido a que las condiciones Geológicas - Hidrogeológicas no son óptimas y los caudales varían entre 0,47 l/s y 0,32 l/s. Además la calidad de agua de los pozos empleados para el modelo conceptual registran altas concentraciones de hierro y alteraciones hidrotermales que provocan que el agua no sea potable.
5. De querer realizar aún estos pozos de baja producción y donde la calidad no reúne los parámetros del Reglamento para la calidad del Agua Potable (Decreto 38924-S); se indica que la zona de amortiguamiento será de un radio de 15 m, para un área total de 900 m<sup>2</sup> para cada uno de los lotes.
6. Una vez perforados estos pozos y conocidos sus parámetros hidráulicos se solicita esta información para recalcular la zona de amortiguamiento.

## VII. REFERENCIAS

Krushensky, R. D., 1972: "Geology of the Istarú Quadrangle, Costa Rica". U.S. Geol. Survey, Bull. 1358: 1-46, 2 maps.; Washington, D.C.

Alvarado, G. E. & GANS, P., 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central.- Rev. Geol. Amér. Central, 46: 7-122.

Vargas, A. 1994. Evaluación de características químicas de aguas superficiales e hidrogeológicas en las subcuencas parte alta Río Virilla y Río Durazno, Cantón Vazquez de Coronado, Provincia de San José, Costa Rica.

Ramos, V. Perforación exploratoria sacanúcleos, Finca Coronado. 2001. Informe interno AyA.

Senara, Copia de Registros de Pozos: IS-507, CL-5, CL-3.

Hidroterra. 2014. Estudio Hidrogeológico Zonas de Protección de tres fuentes de agua, Fuentes Chiverrales, Las Nubes, Coronado, San José. 27 pag.

Senara-Bgs; 1988: Continuación de la investigación hidrogeológica en la zona norte y este del Valle Central, Costa Rica. Informe final (1984-1987), Senara, Informe Técnico N° 165. Para Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). San José, Costa Rica. -135 Pag. Más Apéndice [Reporte Interno].

Bgs & Senara, 1985: Mapa hidrogeológico del valle Central de Costa Rica. 1:50 000, E.S.R. Limited, Inglaterra.

Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M. & Paris, M.; 2002: Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.-115 págs. Banco Mundial, Washington, D.C.

ANEXO I:



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
San José, Costa Rica  
Apartado 1097-1200. Teléfono 2291-7274. vramos@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Luis Fernando Soto Viquez  
UEN Producción y Distribución Zona 4 GAM

FECHA: 11 de mayo del 2016

DE: Viviana Ramos Sánchez  
Dirección Área Funcional de Hidrogeología  
UEN Gestión Ambiental

No. UEN/GSA-2016-00573

Cristina Castanedo Sotela  
Hidrogeología



**ASUNTO: Estudio Hidrogeológico: Viabilidad de ubicación de dos lotes para perforación de pozos y definición de las zonas de amortiguamiento de los Lotes 1 y 2.**

En referencia a la solicitud del Ing. Luis Fernando Soto Viquez, dirigida a la Dirección de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental, mediante correo electrónico del día 3 de febrero de 2016, se adjunta el siguiente informe denominado: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: VIABILIDAD DE UBICACIÓN DE DOS LOTES PARA PERFORACIÓN DE POZOS Y DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO DE LOS LOTES 1 Y 2."

VB° Geóg. Gerardo Ramírez Villegas  
Director  
UEN de Gestión Ambiental

- C: Andres Saenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
- Rolando Rojas Castro, UEN Producción y Distribución GAM
- Oscar Quesada Vargas, UEN Administración de Proyectos (AID)
- Isidro Solis Blanco, UEN Optimización de Sistemas GAM
- Randall Guzman Cambronero, UEN Administración de Proyectos (AID)
- Carlos Artavia Castro, UEN Producción y Distribución Zona 4 GAM
- Archivo Hidrogeología (interno: 236)

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: VIABILIDAD DE UBICACIÓN DE DOS LOTES  
PARA PERFORACIÓN DE POZOS Y DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE  
AMORTIGUAMIENTO DE LOS LOTES 1 Y 2.**

**SAN RAFAEL, VASQUEZ DE CORONADO, SAN JOSÉ**



**Lote n° 1**

**Elaboró: Geól. Cristina Castanedo Sotela**

**Colaboró: Geól. José Daniel Vargas Bolaños**

**Asistencia en trabajo de campo:  
Gestores Expertos: Sr. Marvin Gómez, Sr. Carlos Murillo, Sr. Francisco Segura  
Personal de la Regional Metropolitana**

**Supervisión, revisión y VB°:  
MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga  
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología  
Abril, 2016**

