

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO**

**CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DEL POZO  
BARÚ 1 (16-05) BARÚ, PÉREZ ZELEDÓN, SAN JOSÉ.**

**Elaboró:**

Geól. José Manuel Jiménez Murillo  
Área Funcional de Hidrogeología

**Con la colaboración de campo:**

Geól. Christian Delgado Segura  
Área Funcional de Hidrogeología

**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez**  
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología.



**FEBRERO, 2017**



**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  
-06'00'

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

## Índice de contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Objetivos del informe.....	4
1.1.1 Objetivo General.....	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.2 Ubicación Cartográfica y Contextual.....	5
2 GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	7
2.1 Formación Turraba .....	7
2.2 Unidad Depósitos Recientes y Aluviales.....	7
2.3 Geología local.....	9
3 CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
3.1 Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico.....	12
4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO.....	13
4.1 Conductividad hidráulica en la zona saturada.....	13
4.2 Conductividad hidráulica en la zona no saturada.....	18
5 TIEMPOS DE TRÁNSITO.....	18
5.1 Zona no saturada.....	18
5.2 Zona saturada.....	20
6 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA.....	21
6.1 Zona de captura.....	21
6.2 Radio fijo.....	22
6.3 Ecuación de Darcy.....	22
6.4 Zona de captura geomorfológica.....	23
6.5 Zona operacional.....	23
6.6 Zona de protección.....	23
7 VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA.....	24
8 CALIDAD DE AGUA.....	24
9 CONCLUSIONES.....	27
10 REFERENCIAS.....	28

## Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del sitio en estudio. Elaboración propia.....	6
Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.....	8
Figura 3: Mapa de ubicación de perforaciones en los alrededores del área de estudio. Fuente: SENARA (2016) y AyA (2016).....	14
Figura 4: Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para el área de estudio .....	15
Figura 5: Perfil hidrogeológico A-B.....	16
Figura 6: Perfil hidrogeológico D-C.....	17
Figura 7: Ubicación de las pruebas de infiltración en los alrededores de la fuente en estudio.....	19
Figura 8: Zonas de protección de las Fuentes Cascada.....	25
Figura 9: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación en el área de estudio.....	26

## **Índice de cuadros**

Cuadro 1: Datos generales del pozo en estudio.....	5
Cuadro 2: Datos del pozo DM-30.....	12
Cuadro 3: Datos del pozo Barú (16-05).....	13
Cuadro 4: Resultados de las pruebas de infiltración.....	18
Cuadro 5: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada limo-arenosa.....	20
Cuadro 6: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada de aluvión.....	20
Cuadro 7: Distancia horizontal mínima para la protección del pozo analizado.....	21
Cuadro 8: Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas.....	21
Cuadro 9: Punto de no retorno para las fuentes analizadas.....	21
Cuadro 10: Radio fijo de protección para el pozo analizado.....	22
Cuadro 11: Ancho de la zona de protección calculada a partir de la ecuación de Darcy.....	23
Cuadro 12: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del pozo analizado.....	24

## **Índice de anexos**

Anexo 1: Correo electrónico de Subgerencia Ambiente Investigación y Desarrollo.....	30
Anexo 2: Informe de perforación pozo Barú, Pérez Zeledón, San José (16-05).....	33
Anexo 3: Informe del pozo DM-30.....	60
Anexo 4: Pruebas de infiltración.....	62

# ***CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DEL POZO BARÚ 1 (16-05) BARÚ, PEREZ ZELEDÓN, SAN JOSÉ.***

## **1 INTRODUCCIÓN.**

El presente estudio se realiza en atención a las instrucciones giradas por la Subgerencia de Ambiente Investigación y Desarrollo, vía correo electrónico del miércoles 7 de diciembre del 2016 (Anexo 1), y como resultado de la solicitud emitida por el Director de la UEN de Programación y Control para efectuar los estudios técnicos para definir la zona de protección del Pozo Barú 1 (16-05).

Así, la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología, designa un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios correspondientes en el lugar del Pozo Barú 1 (16-05). La visita al lugar y los ensayos de campo correspondientes, se realizaron del 19 al 21 de diciembre del 2016.

Por parte de la UEN de Gestión Ambiental – Área Funcional de Hidrogeología asistieron:

- Geól. José Manuel Jiménez Murillo
- Geól. Christian Delgado Segura

En el sitio, se contó con la colaboración de los siguientes funcionarios de la oficina cantonal del AyA de Perez Zeledon:

- Sr. Byron Hidalgo Quesada.
- Sr. Oscar Mena Navarro.

### **1.1 Objetivos del informe**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Determinar la zona de protección absoluta (bacteriológica) del Pozo Barú 1 (16-05)

#### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ◆ Efectuar un diagnóstico hidrogeológico del entorno en el que se ubica el pozo en estudio.
- ◆ Realizar un cartografiado geológico del sitio.
- ◆ Realizar pruebas de infiltración alrededor del pozo, para determinar la conductividad hidráulica de la zona no saturada.
- ◆ Determinar el tiempo de tránsito de contaminantes patógenos en el medio acuífero que capta el pozo en mención.
- ◆ Definir geográficamente el área correspondiente a la zona de protección del pozo.

## 1.2 Ubicación Cartográfica y Contextual

El pozo en estudio se ubica en las coordenadas 479272 E y 359338 N (Lambert Sur), en la hoja topográfica Dominical escala 1:50 000 del IGN, a 3,3 km al noreste del centro urbano de Dominical (Osa, Puntarenas) (Figura 1),

El acceso al lugar donde se ubica el pozo, se da por la carretera nacional N° 22 que comunica al poblado de Dominical con el de Pérez Zeledón, la cual se encuentra en un muy buen estado. Por sus condiciones, esta ruta permite el tránsito de todo tipo de vehículo.

En la Fotografía 1 se observa el sitio y ubicación del pozo, cuyos datos se muestran en el Cuadro 1. El lote donde se ubica el pozo es utilizado actualmente como patio temporal de materiales de construcción.

*Cuadro 1: Datos generales del pozo en estudio.*

Nombre	Lambert Sur		Caudal recomendado (L/s)*	Altitud (msnm)**
	Latitud	Longitud		
Barú 1	359338	479272	26	10,684

\*Caudal de explotación recomendado para el pozo, según informe 011909-UTP-051-2016 de la Unidad Técnica de Perforación de la UEN Administración de Proyectos (Anexo 2).

\*\*Altura calculada a partir de modelo digital.



*Fotografía 1: Pozo Barú 1 (359,338 Norte y 479,272 Este, proyección Lambert Costa Rica Sur)*

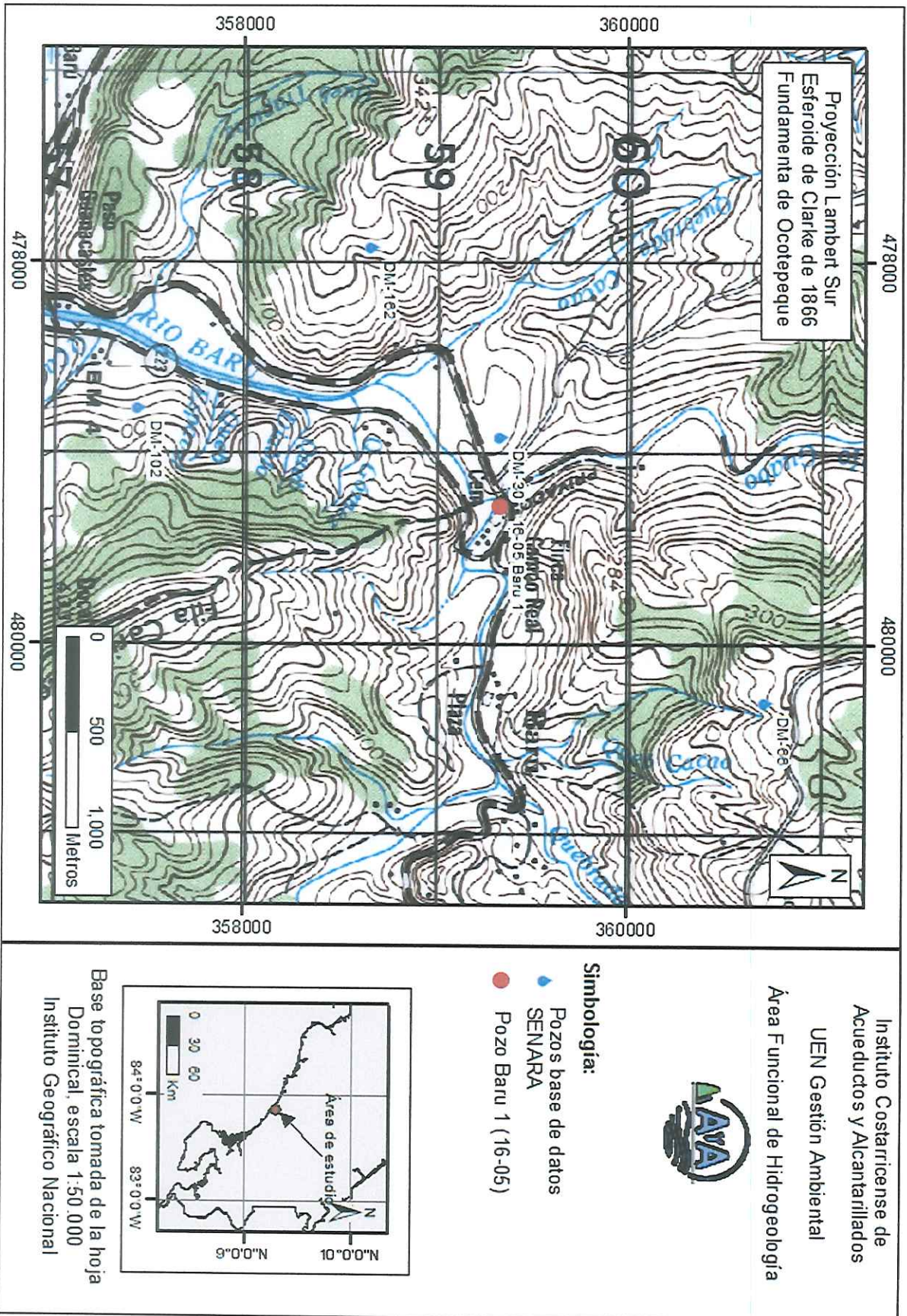


Figura 1: Mapa de ubicación del sitio en estudio. Elaboración propia

## **2 GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Dentro de la información de carácter regional sobre el tipo de materiales geológicos que se encuentran en la zona de estudio, se puede reconocer dos unidades diferentes: Formación Terraba y la Unidad Depósitos recientes y Aluviales. La distribución geográfica de estas unidades se puede observar en la Figura 2.

Estas unidades geológicas son descritas en los párrafos siguientes.

### **2.1 Formación Terraba**

Esta unidad se caracteriza por la presencia de lutitas calcáreas, a veces silíceas, intercaladas por bancos de calizas impuras (Campos *et. al.*, 1984) Estos autores también describen la predominancia de limonitas, areniscas tobáceas y conglomerados en el tramo entre Dominical y la Palma, y al mismo tiempo hay una disminución en la distribución de las lutitas. Estos sedimentos frecuentemente se encuentran intruídos por gabros, presentes como diques y sills (Estrada, 1979).

Mora (1979) describe la formación como una serie de asociaciones de facies turbidíticas de edad Oligoceno a Mioceno Inferior y la divide en 2 unidades, la unidad Zapote y la unidad Lagarto.

**Unidad Zapote:** de acuerdo con Mora (1979), consiste de una serie de facies intermedias de turbiditas de edad Oligoceno Inferior a Medio, compuesta por alternancias de areniscas, limolitas y arcillolitas con intercalaciones de productos de vulcanismo submarino (aglomerados, brechas, vulcarenitas y conglomerados volcánicos), depositada en un ambiente de profundidad intermedia. Las brechas y aglomerados tienen componentes de naturaleza andesítica y matriz tobácea. Es sobreyacida concordantemente por la unidad Lagarto. Su espesor varía entre 1200 m, siendo mayor hacia el sector oriental de la zona.

**Unidad Lagarto:** según Mora (1979) corresponde con facies proximales de turbiditas del Oligoceno Superior a Mioceno Inferior, en las que predominan conglomerados y areniscas, así como depósitos de canales turbidíticos, en un ambiente de profundidad moderada. Presenta fragmentos pequeños de carbón fósil y huellas de bioturbación. Su espesor total varía entre 1200 y 1500 m, siendo subyacida concordantemente por la Unidad Zapote

### **2.2 Unidad Depósitos Recientes y Aluviales**

Se trata de depósitos provenientes de las partes altas de las cuencas, los cuales se desprenden por gravedad y son depositados en el pie de la montaña, así como depósitos aluviales de los ríos generando una topografía de valles de inundación. .

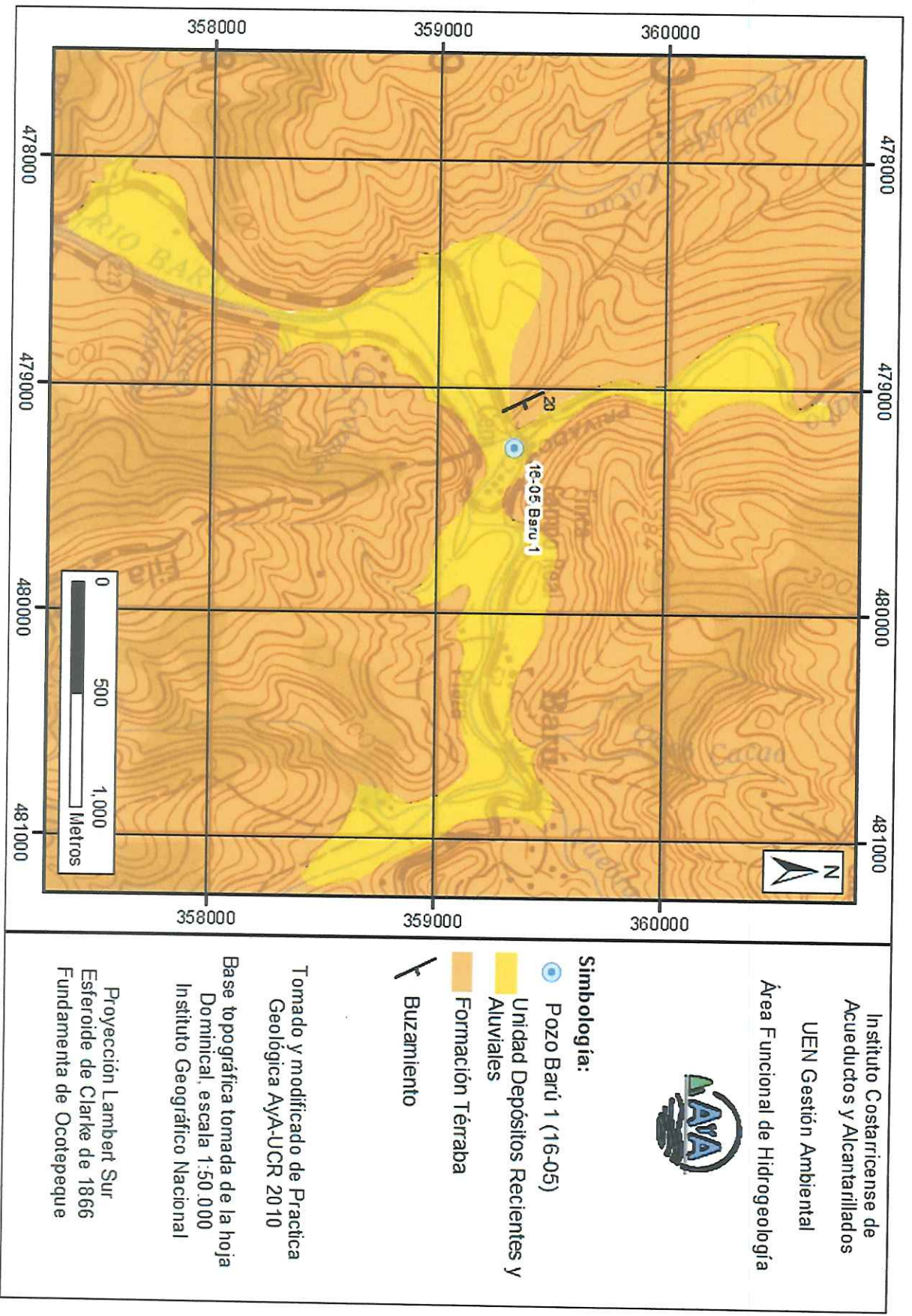


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.

### 2.3 Geología local

Como lo muestra la Fotografía 2, el pozo se ubica sobre un terreno utilizado para el depósito temporal de materiales de construcción. Debajo de este material y en los alrededores del lote se encuentra un relleno de aluvión generado por las inundaciones de los ríos Barú y Guabo. El espesor mínimo medido para el aluvión es de 3,3 m, como se observa en la Fotografía 3, en un corte en el margen del río Guabo. Estos depósitos se caracterizan por presentar bloques subredondeados con esfericidad media.



*Fotografía 2: Materiales de relleno en la ubicación del pozo. (359,347 Norte y 479,308 Este foto izquierda, 359,338 Norte y 479,272 Este, foto derecha, proyección Lambert Costa Rica Sur)*

Además, como también se denota en la Fotografía 3, se presentan 2 tamaños de clastos, unos grandes que van desde los 10 cm hasta los 60 cm de diámetro en la parte basal, y los pequeños que no superan los 3 cm de diámetro en la parte superior. Estos clastos son de composición sedimentaria correspondiente a areniscas finas de colores gris, pardo y negro. Este material se encuentra englobado por una matriz arenosa de color café violáceo sin consolidar (Fotografía 4). Existe una proporción de 60% bloques y 40% matriz.

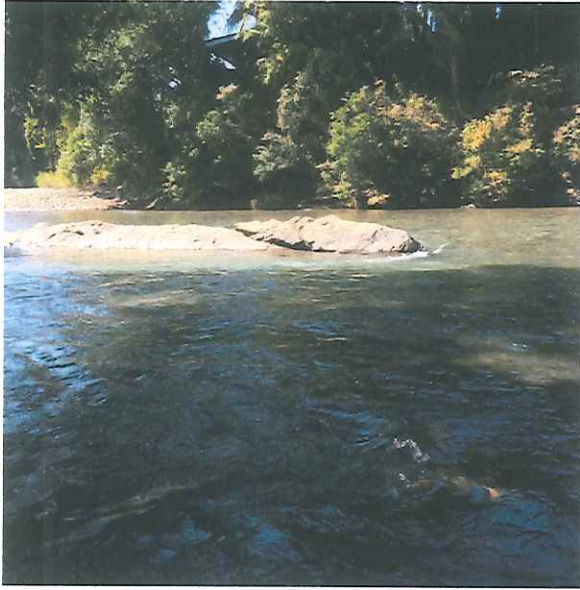


*Fotografía 3: Corte de aluvión donde se observa su espesor mínimo, identificado en las coordenadas 359,383 Norte y 479,214 Este, proyección Lambert Costa Rica Sur.*



*Fotografía 4: Matriz entre los bloques del aluvión coordenadas para ambas fotos 359,339 Norte y 479,229 Este, proyección Lambert Costa Rica Sur.*

A lo largo del margen derecho río abajo (Fotografía 5) se observa aflorando las areniscas de la Formación Térraba. Estas rocas son de color gris claro en sus partes sanas, su granulometría es fina y no presentan fósiles ni estructuras sedimentarias.



*Fotografía 5: Areniscas de la Formación Térraba aflorando en el río Barú. (359,320 Norte y 479,247 Este foto izquierda, 359,383 Norte y 479,214 Este foto derecha, proyección Lambert Costa Rica Sur)*

Estas mismas rocas se encuentran aflorando hacia el noroeste de la ubicación del pozo en un corte de camino secundario. En este punto los paquetes de roca tienen un espesor mínimo de 4 m (Fotografía 6). Se observan en dos paquetes masivos y se encuentran sanas Estas rocas presentan un buzamiento con dirección N 65 E y un ángulo de 20°.



*Fotografía 6: Afloramiento de areniscas con buzamiento. (359,316 Norte y 479,082 Este, proyección Lambert Costa Rica Sur)*

### **3 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Según la Base de Datos del SENARA (2016) y del Registro Nacional de Concesiones del MINAE (2016), en los alrededores del área de estudio se tiene registro, de cuatro pozos. El que se encuentra más cercano es el pozo DM-30 (Figura 3) (Anexo 3), ubicado a una distancia de 357 m hacia el oeste de la fuente en estudio, el cual se utiliza como insumo para realizar el modelo hidrogeológico. Los datos de este pozo se observan en el Cuadro 2

*Cuadro 2: Datos del pozo DM-30*

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)	Litología	Altitud (msnm)*
DM-30	359330	478915	6,0	0-8 m: Arcilla color café. 8-22 m: Aluviones muy limpios de tamaño medio. 22-35 m: Lutitas de tamaño fino con arcillas	18,612

\*Altura calculada a partir de modelo digital.

Según se observó durante la visita de campo, el pozo analizado se encuentra captando materiales aluvionales. Según los rasgos morfológicos y el mapa geológico de la Figura 2, estas rocas corresponden con la formación geológica Unidad Depósitos Recientes y Aluviales. El tipo de acuífero es libre cubierto.

Según la geología regional las rocas sedimentarias de la formación Terraba generan una barrera topográfica para el movimiento del agua, propiciado por la dirección de buzamiento de la roca en dirección NE. Por lo cual se determina que el acuífero se encuentra restringido dentro de los márgenes de la Unidad Depósitos Recientes y Aluviales y que existe una conexión directa entre el acuífero y los ríos circundantes.

#### **3.1 Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico**

Para conocer las direcciones de flujo subterráneo y el gradiente hidráulico se construyó el mapa de líneas isofreáticas de la Figura 4. Para su construcción se tuvo como referencia el nivel freático planteado en el perfil hidrogeológico de la Figura 5 y Figura 6, a partir del cual, se dibujaron con criterio experto las curvas equipotenciales, de forma tal que fueran consecuentes con el gradiente hidráulico planteado en dicho perfil.

Como se definió anteriormente, existe una conexión hidráulica entre el pozo y el río, por lo tanto para poder determinar el gradiente hidráulico del acuífero se hizo una medición de la altura del espejo de agua a nivel del río en dos puntos distanciados a una distancia  $L$  sobre el mismo cauce.

Así entonces, un primer punto de medición se encuentra a una altitud de 4,30 m.s.n.m., y el segundo punto a una altitud de 6,7 m.s.n.m., con una separación horizontal  $L$  de 104,20 m, por lo que:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = 6,7 - 4,3 = 2,4 \text{ m}$$

$$L = 104,20 \text{ m}$$

$$i = 0,023$$

Donde:

i: gradiente hidráulico.

h: elevación de las líneas potenciométricas.

L: distancia entre líneas potenciométricas.

#### 4 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

##### 4.1 Conductividad hidráulica en la zona saturada

Para poder establecer la conductividad hidráulica del acuífero se necesita conocer la transmisividad de éste. La determinación de la transmisividad se efectuó por medio de la prueba de bombeo (Anexo 2) realizada en el pozo en estudio por la Unidad Técnica de Perforación de la UEN de Administración de Proyectos (Anexo 2), el día 29 de marzo del 2016. La información de este pozo se encuentra en el Cuadro 3.

*Cuadro 3: Datos del pozo Barú (16-05)*

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel Estático (m)*	Litología	Armado	Parámetros
16-05	359338	479272	6,38	0-26 m: Aluvión, presencia de bloques angulares inmersos en una matriz arenosa  26-28 m: Arcillas	0-2 m: sello sanitario. 0-12 m: Tubo ciego 12-17,5 m: Rejilla 17,5-205 m: Tubo ciego 20,5-26 m: Rejilla 26-28 m: Tubo ciego	Transmisividad de recuperación: 1567,95 m <sup>2</sup> / día.

\*Nivel estático medido en la visita de campo, sin brocal

Tomando en cuenta el armado del pozo Barú (16-05) y la colocación de las rejillas, se tiene que el espesor de la zona saturada "b" es de 11 m. Así, aplicando la ecuación indicada para obtener la conductividad hidráulica del acuífero (K), se obtiene para este un valor de:

$$K = \frac{T}{b} = 142,54 \text{ m/día}$$



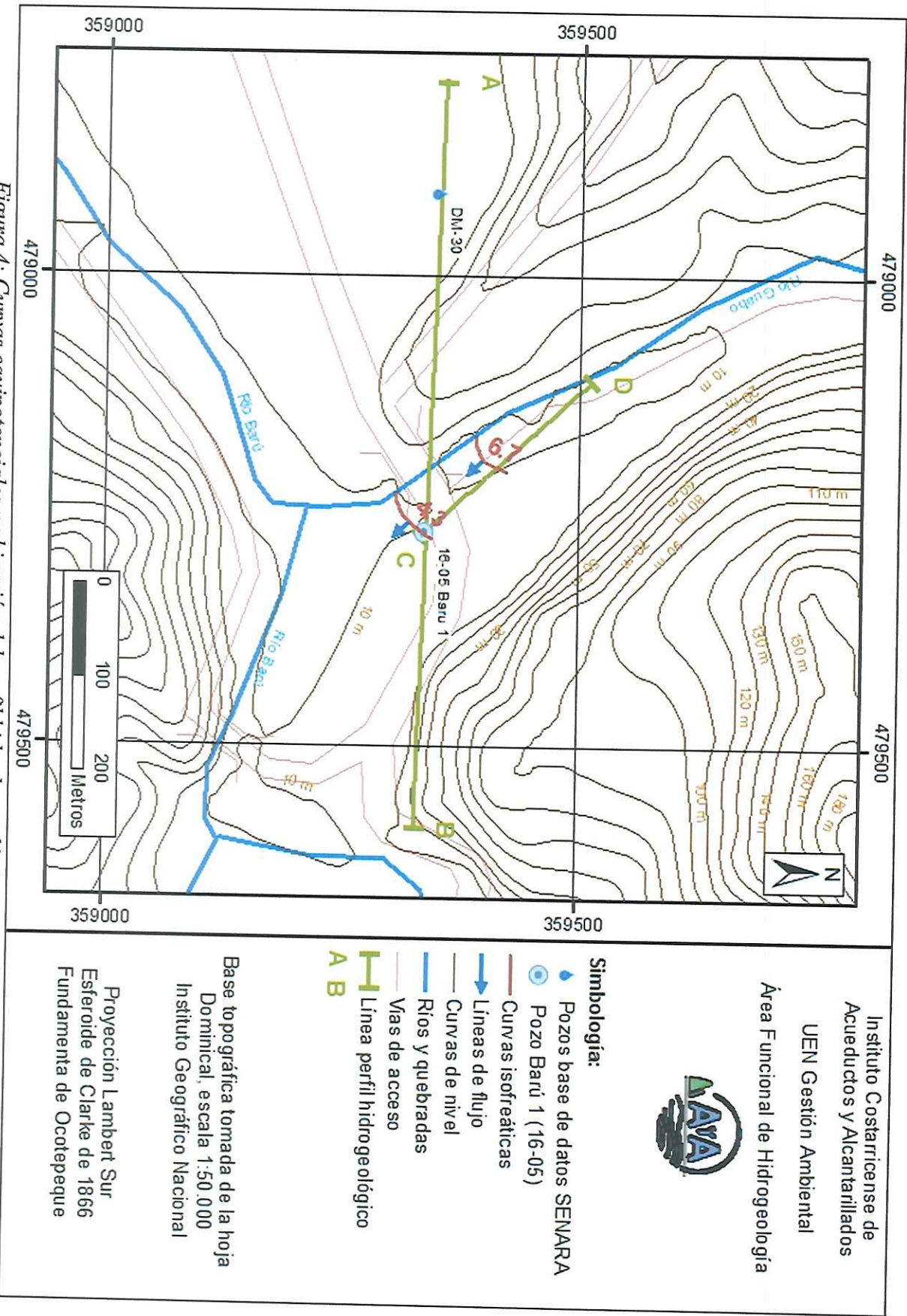


Figura 4: Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para el área de estudio



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

**Simbología:**

- Pozos base de datos SENARA
  - Pozo Barú 1 (16-05)
  - Curvas isofreáticas
  - Líneas de flujo
  - Curvas de nivel
  - Ríos y quebradas
  - Vías de acceso
  - Línea perfil hidrogeológico
  - A B
- Base topográfica tomada de la hoja  
Dominical, escala 1:50.000  
Instituto Geográfico Nacional
- Proyección Lambert Sur  
Esferoide de Clarke de 1866  
Fundamenta de Ocotepaque

# Perfil hidrogeológico

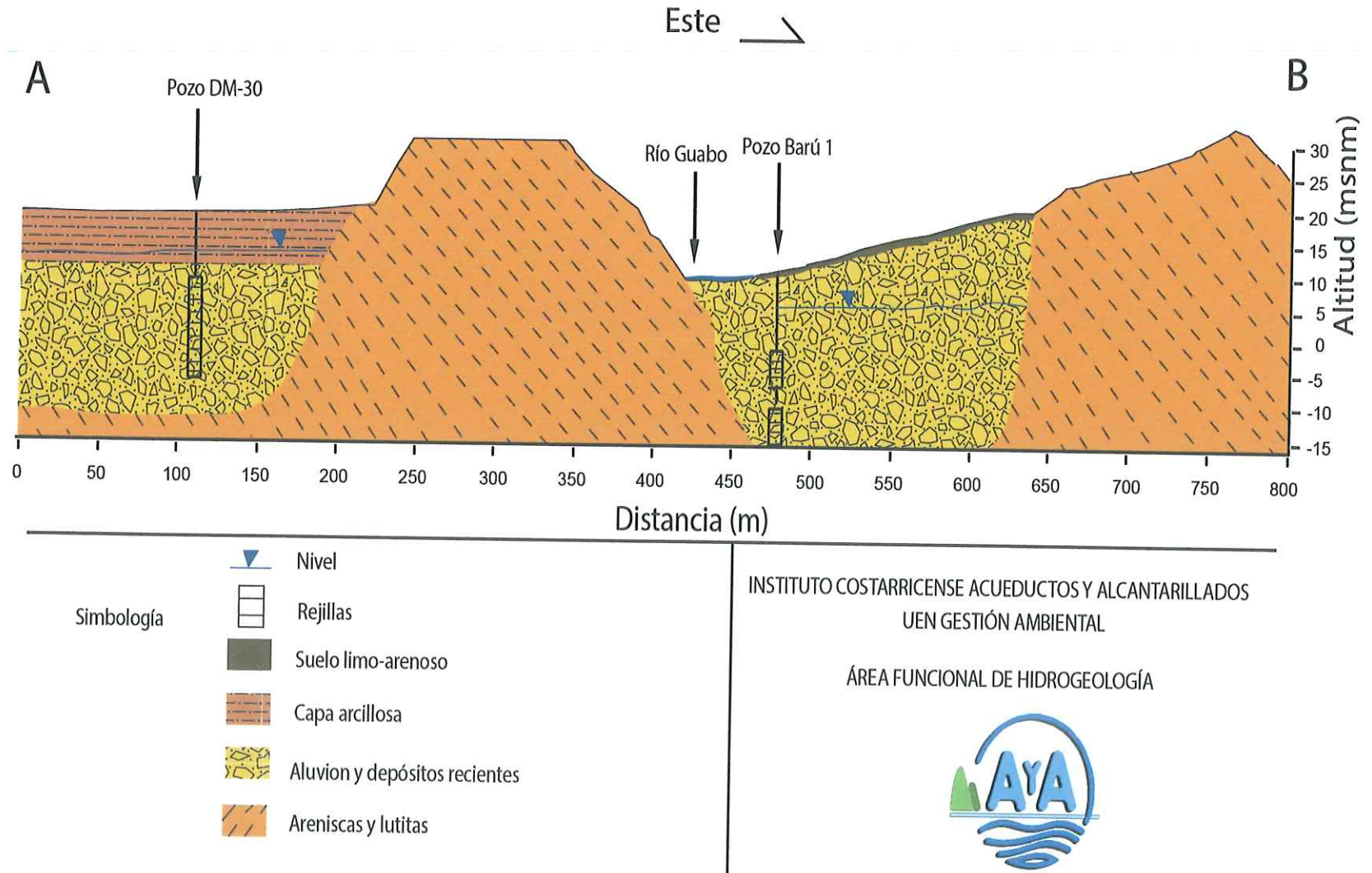
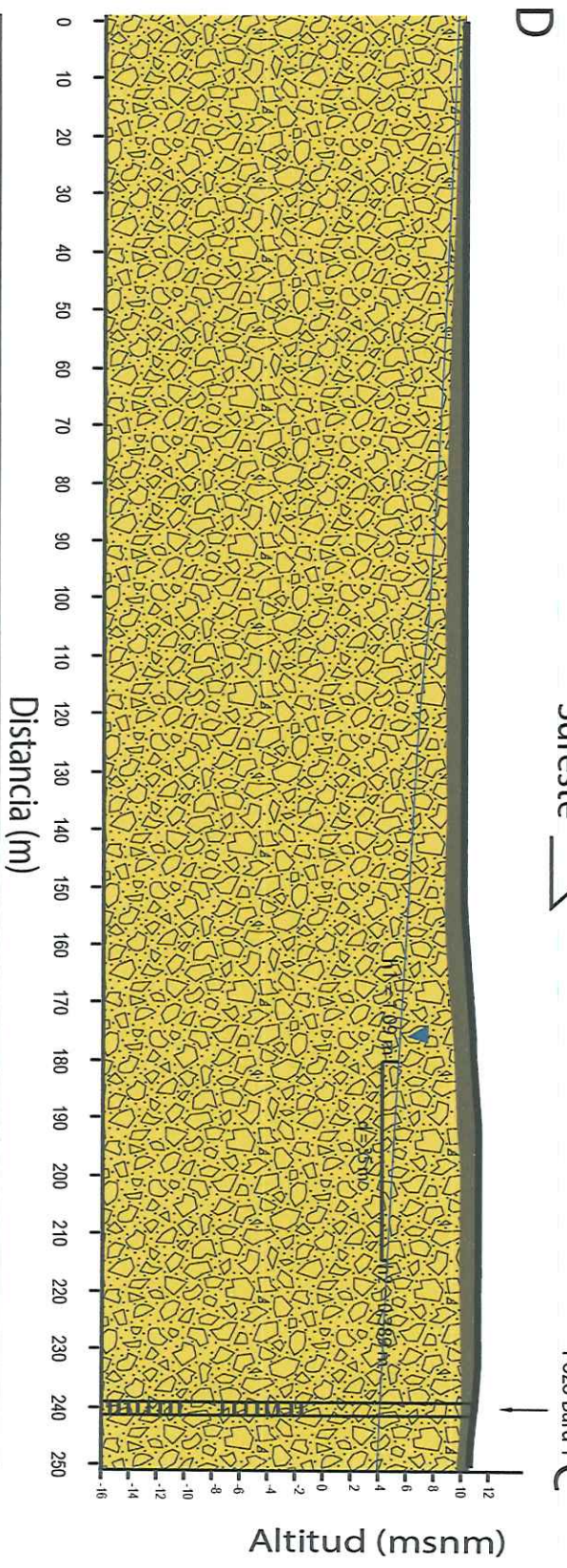


Figura 5: Perfil hidrogeológico A-B.





# Perfil hidrogeológico

Sureste 

Pozo Barú 1 



**Simbología**

-  Nivel
-  Rejillas
-  Suelo limo-arenoso
-  Aluvion y depósitos recientes

INSTITUTO COSTARRICENSE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
 UEN GESTIÓN AMBIENTAL  
 ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Figura 6: Perfil hidrogeológico D-C.

Donde:

K= conductividad hidráulica

T= Transmisividad del acuífero (tomado de la prueba de bombeo del pozo)

b= espesor de la zona saturada (según el perfil hidrogeológico)

Por lo tanto se obtiene un valor de k de 142,54 m/día. Este valor se utilizara para cálculos posteriores.

#### 4.2 Conductividad hidráulica en la zona no saturada

Para conocer las características de los materiales que cubren al acuífero se hicieron 3 pruebas de infiltración directamente sobre el terreno, cuya ubicación se observa en la Figura 7. En el Cuadro 4 y en el Anexo 4 se observan los resultados obtenidos con estos ensayos.

*Cuadro 4: Resultados de las pruebas de infiltración*

Código	Latitud	Longitud	Infil (cm/min)	Infil (m/s)	Tipo de suelo
PI Barú – 1	359338	479332	0,0242	4,033x10 <sup>-6</sup>	Suelo limoso
PI Barú – 2	359282	479368	0,0097	1,616x10 <sup>-6</sup>	Suelo limoso
PI Barú – 3	359452	479243	0,2954	4,92310 <sup>-5</sup>	Suelo arenoso

A partir de estos resultados, se tiene que la infiltración promedio en los alrededores de la fuente en estudio es de 1,83 x 10<sup>-5</sup> m/s (1,580 m/día). Sanders (1998) indica una porosidad de 40 % para los suelos en los que se realizaron estas pruebas.

### 5 TIEMPOS DE TRÁNSITO

#### 5.1 Zona no saturada

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada (t<sub>1</sub>), se determina con la fórmula:

$$t_1 = \frac{b \cdot ne}{K_v \cdot i}$$

Donde:

t = tiempo de tránsito vertical.

b = espesor de la zona no saturada.

ne = Porosidad efectiva = Según Sanders (1998)

K<sub>v</sub> = Conductividad hidráulica vertical

i = Gradiente hidráulico = 1 (flujo vertical)

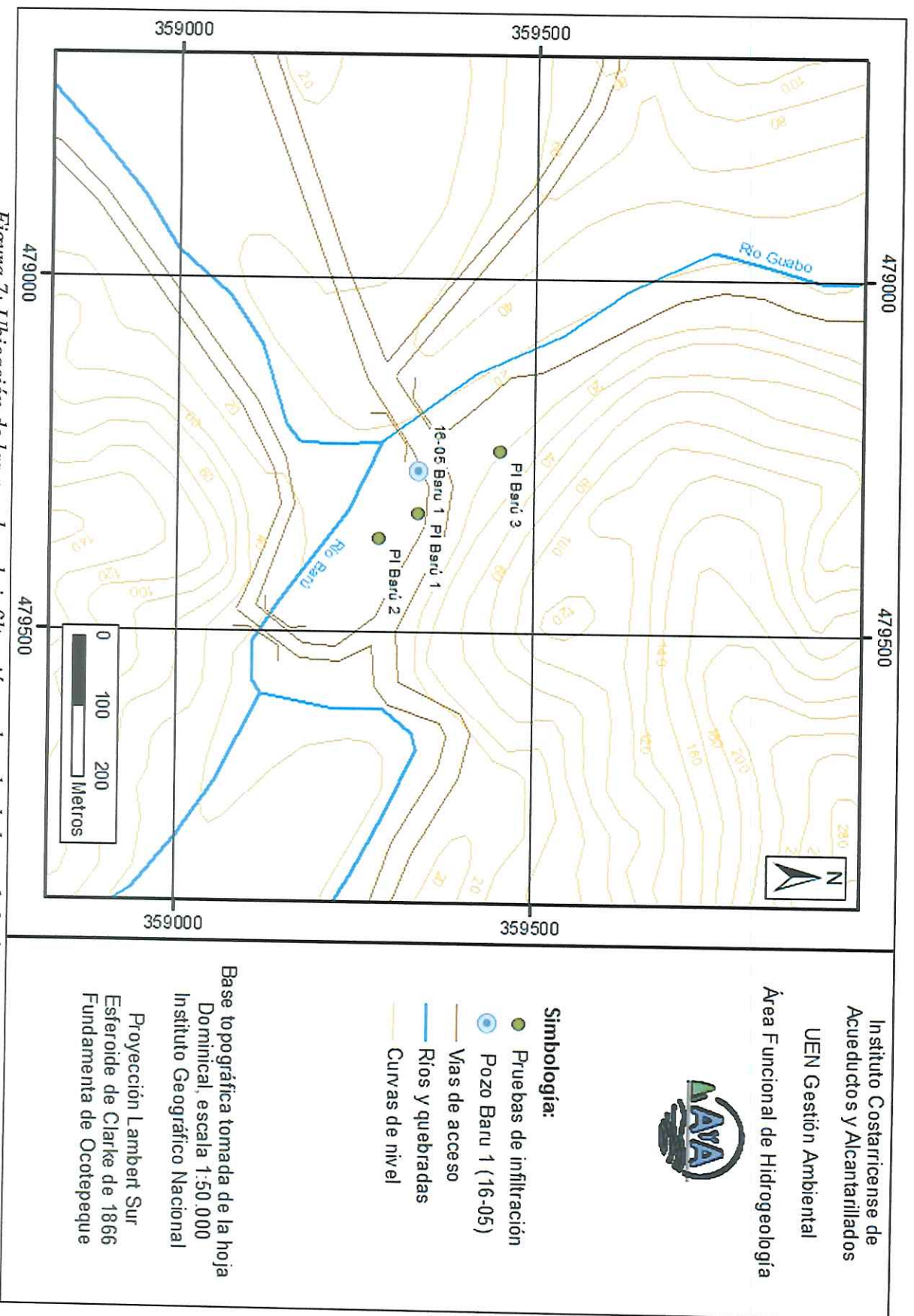


Figura 7: Ubicación de las pruebas de infiltración en los alrededores de la fuente en estudio.

Para la zona no saturada se tienen dos materiales diferentes, una capa limo-arenosa de 1 m de espesor, medido en el campo, y subyaciendo esta capa se tiene el aluvión con un espesor de 5,38 m, según mediciones de campo e información del pozo. Sustituyendo estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados consignados en el Cuadro 5 y Cuadro 6. La permeabilidad de la primera zona se utiliza la averiguada en las pruebas de infiltración, para el segundo material se utiliza el valor calculado en el apartado 4.1 .

Cuadro 5: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada limo-arenosa.

Pozo	Permeabilidad (m/d)	Porosidad	Espesor	t <sub>1</sub> (días)
Barú 1 (16-05)	1,580	0,40	1	0,25

Cuadro 6: Tiempos de tránsito de contaminantes en la zona no saturada de aluvión.

Pozo	Permeabilidad (m/d)	Porosidad	Espesor	t <sub>1</sub> (días)
Barú 1 (16-05)	142,54	0,25	5,38	0,01

## 5.2 Zona saturada

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve en la tabla de agua subterránea (t<sub>2</sub>), se determina con la fórmula:

$$t_2 = \frac{d * ne}{k * i}$$

Donde:

- d: distancia recorrida por un contaminante en un tiempo t<sub>2</sub>
- ne: porosidad del medio en la zona saturada = 25% Sanders (1998)
- k: permeabilidad del acuífero = 142,54 m/día según se calculó en el apartado 4
- i: gradiente hidráulico = 0,023

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA, para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t<sub>2</sub>), puede determinarse restando el tiempo total de vida de las bacterias, 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994), menos el tiempo en el tránsito vertical.

Para la porosidad del medio en la zona saturada se utiliza el valor teórico propuesto por Sanders (1998) para las acuíferos de este tipo.

Por tanto, la distancia mínima requerida para la protección de las fuentes será (Cuadro 7):

Cuadro 7: Distancia horizontal mínima para la protección del pozo analizado.

Fuente	k (m/día)	i	t <sub>2</sub> (días)	Porosidad	d (m)
Barú 1 (16-05)	142,54	0,023	69,74	0,25	915

## 6 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA

### 6.1 Zona de captura

Para delimitar la zona de protección del pozo en estudio, Grubb (1993) propone una serie ecuaciones con las que se calcula el ancho máximo de la zona de captura (tubo de flujo) en el sentido perpendicular a la dirección del flujo, así como el punto de no retorno de aguas abajo de la toma de agua en sentido de la dirección de flujo.

Así, este método incluye las siguientes expresiones matemáticas:

$y = \frac{2 \cdot Q \cdot L}{k \cdot (h_1^2 - h_2^2)}$	$x_0 = \frac{\pm Q \cdot L}{\pi \cdot k \cdot (h_1^2 - h_2^2)}$
---	---

Donde:

y: ancho de la zona de captura en el eje "y".

x<sub>0</sub>: punto de no retorno en el eje "x".

Q: caudal (m<sup>3</sup> / día).

k: conductividad hidráulica (m / día)

L: distancia entre dos puntos de observación.

h<sub>1</sub>: altitud de la tabla de agua en un punto de observación del río.

h<sub>2</sub>: altitud de la tabla de agua en un punto de observación del río.

Al sustituir estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados expuestos en el Cuadro 8 y Cuadro 9.

Cuadro 8: Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas

Fuente	Q (L/s)	Q (m <sup>3</sup> /d)	k (m/d)	h <sub>1</sub> (m)*	h <sub>2</sub> (m)**	L (m)	y (m)
Barú 1 (16-05)	26	2246,4	142,54	1,09	0,389	35	1064,04

\*: Altura de la tabla de agua 15 m aguas arriba del pozo.

\*\* : Altura de la tabla de agua 50 m aguas arriba del pozo.

Cuadro 9: Punto de no retorno para las fuentes analizadas

Fuente	Q (L/s)	Q (m <sup>3</sup> /d)	k (m/d)	h <sub>1</sub> (m)*	h <sub>2</sub> (m)**	L (m)	± X <sub>0</sub> (m)
Barú 1 (16-05)	26	2246,4	142,54	1,09	0,389	35	169,35

\*: Altura de la tabla de agua 15 m aguas arriba del pozo.

\*\* : Altura de la tabla de agua 50 m aguas arriba del pozo.

## 6.2 Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección a partir de un círculo de radio “R”, se emplea la siguiente ecuación del radio fijo:

$$R = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\pi \cdot n \cdot b}}$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/día) del pozo.

t: tiempo de tránsito del flujo horizontal en el acuífero.

n: porosidad del acuífero.

b: espesor del acuífero.

R: es el radio fijo en metros.

Para este calculo se utilizará el caudal que se recomienda utilizar en el informe de perforación del pozo, que es de 26 L/s.

*Cuadro 10: Radio fijo de protección para el pozo analizado.*

Fuente	Q (L/s)	Q (m <sup>3</sup> /d)	t (días)	Porosidad	b (m)*	R (m)
Barú 1 (16-05)	26	2246,4	69,74	0,25	11	134,66

\*: Espesor del acuífero obtenido a partir de información de campo, del pozo y del perfil hidrogeológico.

## 6.3 Ecuación de Darcy

Para establecer el ancho de la zona de protección, una de las metodologías a emplear se basa en la aplicación de la Ley de Darcy, la cual establece que:

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde:

Q: caudal (m<sup>3</sup>/día) del pozo.

T: transmisibilidad promedio del acuífero.

L: ancho de la sección transversal a través de la cual se da el flujo de agua.

Despejando “L” de la ecuación anterior, se tiene:

$$L = \frac{Q}{T \cdot i}$$

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados expuestos del Cuadro 11:

*Cuadro 11: Ancho de la zona de protección calculada a partir de la ecuación de Darcy*

Fuente	Q (L/s)	Q (m <sup>3</sup> /d)	T (m <sup>2</sup> /día)*	i	L (m)
Barú 1 (16-05)	26	2246,4	1567,95	0,023	62,29

\*: Valor de transmisibilidad promedio calculado en el apartado 4 .

#### 6.4 Zona de captura geomorfológica

Como se mencionó en párrafos anteriores, el acuífero se ubica en un material muy poroso y se encuentra muy somero, por lo que para la protección de esta zona es relevante la identificación y delimitación de esta zona. Además tomando en cuenta que existe una conexión directa entre el río y el acuífero, el ancho de la zona de protección del pozo se delimitara por geomorfología a lo largo del río.

#### 6.5 Zona operacional

Según Foster et al (2002), la zona operacional de un pozo se define como el perímetro de protección más interior dentro de una zona de resguardo o protección, la cual comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. Es deseable que esta área sea propiedad y esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación.

Es un área de reserva absoluta y 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 alcancen la fuente ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las adyacencias (Foster et al, 2002).

Todas las partes de esta zona que sean usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deberían tener un piso de concreto para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc), que sean utilizadas en el mantenimiento. Para prevenir la invasión de animales y vandalismo, la colocación de una cerca perimetral en esta zona es una práctica usual y muy recomendable (Foster et al, 2002).

La especificación de la dimensión de esta área es siempre algo arbitraria y depende en cierto modo de la naturaleza de las formaciones geológicas locales, aunque es altamente recomendable que posea un radio de por lo menos 15 metros (Foster et al, 2002), tal como se observa en la Figura 8.

#### 6.6 Zona de protección

Luego de integrar los resultados obtenidos con los distintos métodos de análisis, así como el área mínima que debe guardar la zona operacional, se ha definido la zona de protección del pozo Barú 1 (16-05) (Figura 8), cuyas dimensiones son las siguientes:

- La **zona operacional y de protección absoluta** tendrá un ancho de 30 m, definido como un radio de 15 m alrededor de la fuente. En ella no se podrán desarrollar actividades ajenas a la captación, mantenimiento y protección de la fuente.

- La zona de protección absoluta, según los resultados obtenidos con la metodología de radio fijo tendrá un largo de 134,66 m, siguiendo por geomorfología aguas arriba la dirección del flujo subterráneo, pero de acuerdo a la ley se establece el largo hasta los 200 m. También tendrá un ancho máximo de 140 m delimitado por geomorfología, delimitado en un costado por el río y en el otro por el pie de monte.

## **7 VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA**

La vulnerabilidad de la zona operacional y de protección inmediata es determinada mediante la aplicación del método G.O.D. (Foster et al, 2002), el cual toma en cuenta tres factores y aplica un índice a cada uno de ellos (Figura 9). Los tres factores analizados son los siguientes:

- Grado de confinamiento (G)
- Estrato sobreyacente (O)
- Profundidad al nivel freático (D)

Para la fuente analizada, su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación es la siguiente (Cuadro 12):

*Cuadro 12: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del pozo analizado.*

<b>Fuentes</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>D*</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	
Barú 1	1 (Acuífero libre cubierto)	0,7 (Material aluvial in consolidado)	0,8 (6,38 m)	0,56	Alta

\*: Espesor de la zona no saturada, medido en el campo.

## **8 CALIDAD DE AGUA**

A partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, se indica en los reportes de análisis físico – químicos (Anexo 2):

- AYA – ID – 02839 – 2016 (pozo Barú) del 06 de abril del 2016: “Agua de calidad excelente, según los parámetros físicos-químicos evaluados, y los criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012.”.

Bacteriológicamente, el reporte 130159 (Anexo 2) del 7 de abril del 2016, indica para la muestra correspondiente al pozo Barú 1: “4-De acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, la calidad del agua es regular”.

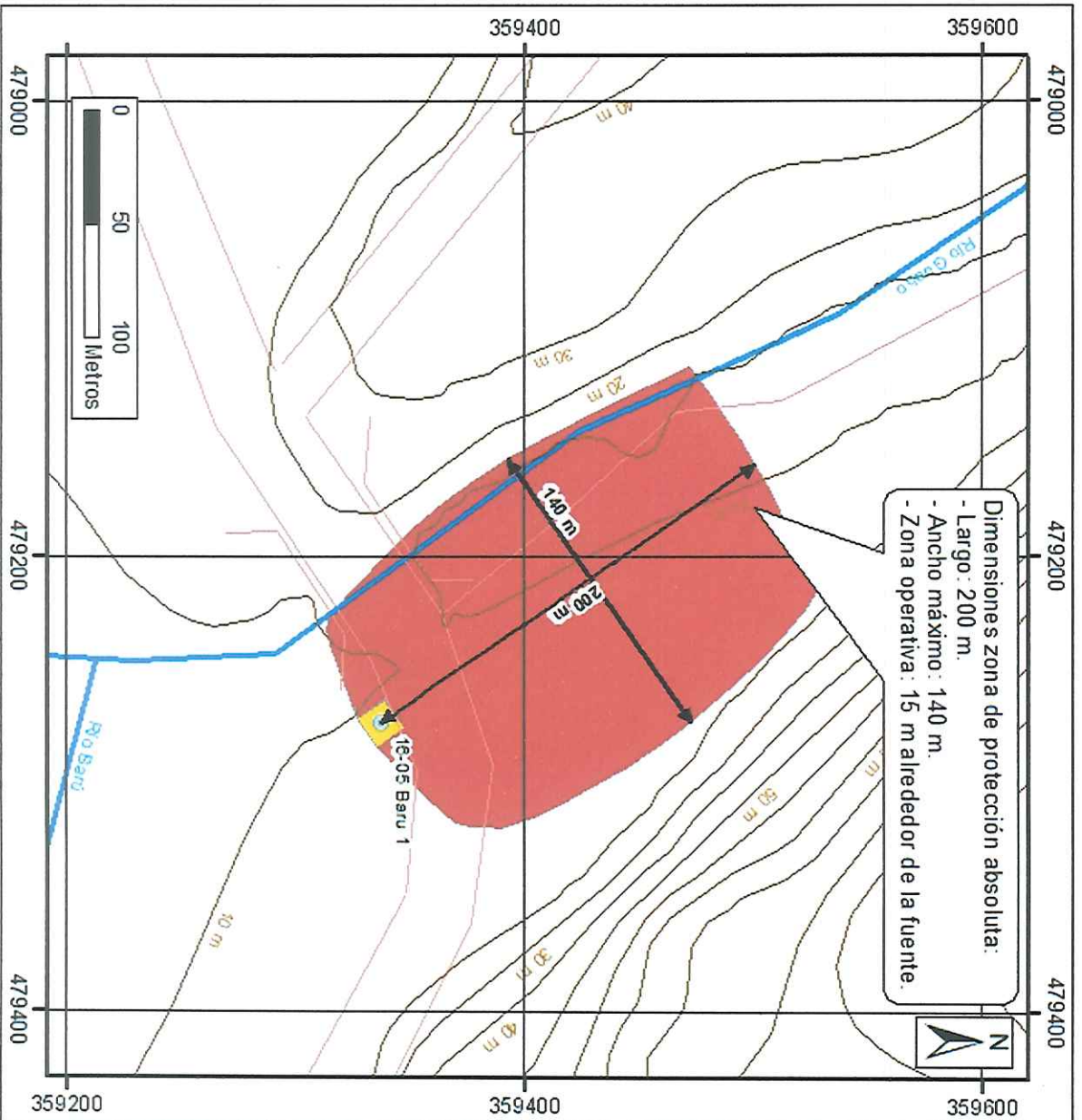



Figura 8: Zonas de protección de las Fuentes Cascada.

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



**Simbología:**

- Pozo Barú 1 (16-05)
- Curvas de nivel
- Ríos y quebradas
- Vías de acceso

**Zona de Protección absoluta (bacteriológica)**

- Zona de protección absoluta (bacteriológica): 0 m a 200 m
- Zona operacional y de protección absoluta (vulnerabilidad alta)

Base topográfica tomada de la hoja  
Dominical, escala 1:50.000  
Instituto Geográfico Nacional

Proyección Lambert Sur  
Eferoide de Clarke de 1866  
Fundamenta de Ocotepaque

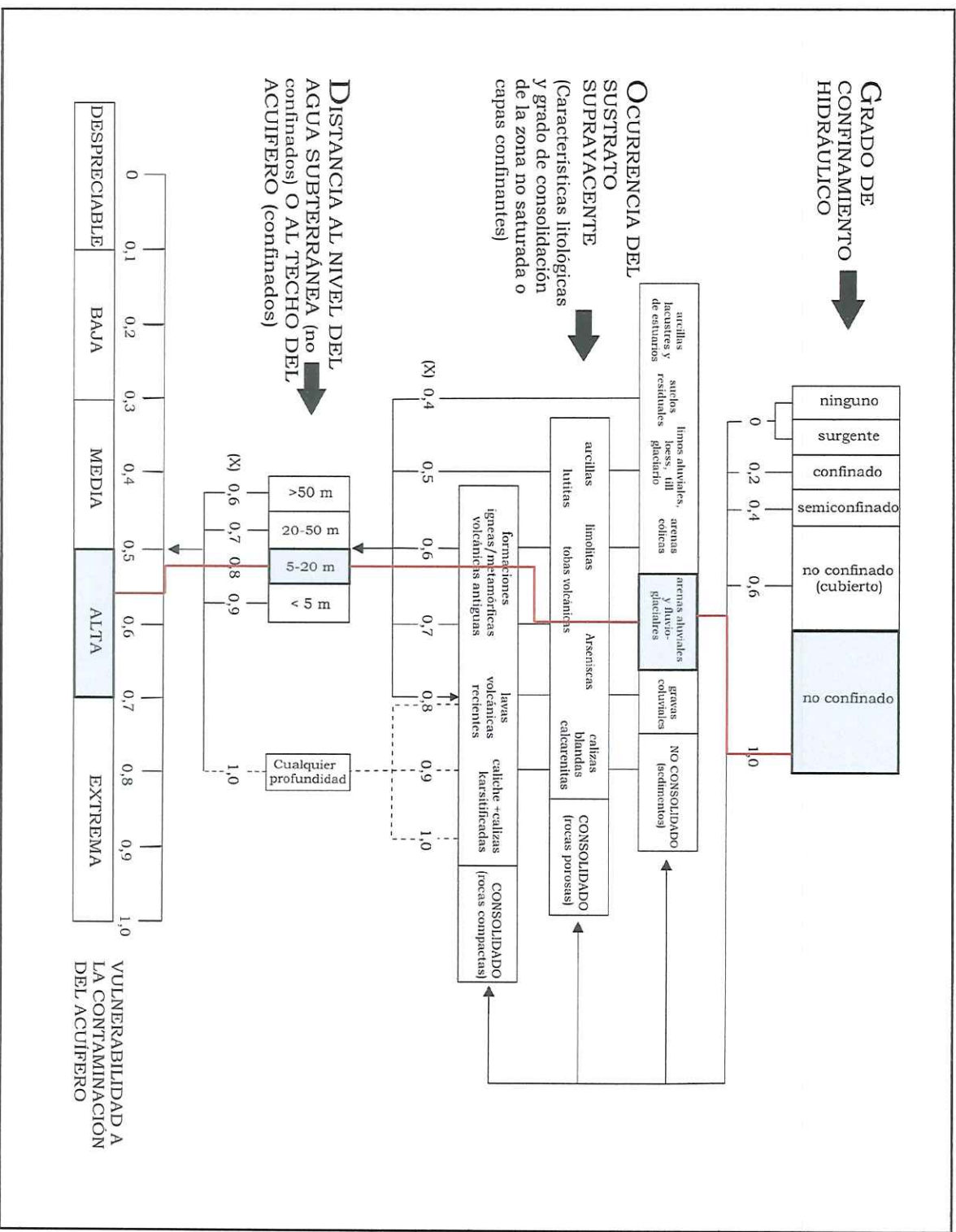


Figura 9: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación en el área de estudio.

## **9 CONCLUSIONES**

Luego de analizar la información existente sobre el área de estudio, así como de la información producto del trabajo de campo, se tienen las siguientes conclusiones:

- 1) El área de estudio se encuentra en un medio geológico de aluvión y depósitos inconsolidados recientes, que corresponde con la Unidad Depósitos Recientes y Aluviales.
- 2) El agua se encuentra almacenada en aluvión generado por los depósitos de los ríos Barú y Guabo. El espesor mínimo medido para el aluvión es de 3,3 m. Estos depósitos se caracterizan por presentar bloques subredondeados con esfericidad media, la cual constituye un acuífero libre cubierto.
- 3) En lo que respecta a la zona de protección (Figura 8) del pozo, sus dimensiones quedan establecidas de la siguiente forma:

Fuente	Zona operacional y de protección absoluta	Largo zona de protección absoluta (Bacteriológica)	Ancho zona de protección absoluta (Bacteriológica)
Barú 1	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	200 m (aguas arriba) 15 m (aguas abajo)	140 m

- 4) En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá:
  - La superficie de la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
  - El área de reserva absoluta, solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
  - Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
  - Construir una cerca perimetral alrededor de la captación, para prevenir la invasión de animales y vandalismo.
  - La zona de protección absoluta debe dedicarse a la conservación y protección forestal
- 5) El pozo actualmente se encuentra fuera de uso y no cuenta con las instalaciones de protección apropiadas para la extracción del agua. Se debe realizar las mejoras necesarias en el momento que inicie su producción.
- 6) Además se recomienda dejar de utilizar el terreno en el cual se ubica el pozo como patio temporal de materiales de construcción, ya que está practica puede poner en peligro la integridad del pozo así como del agua subterránea.

- 7) Se determina que a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, en los reportes de análisis físico – químicos AYA – ID – 02839 – 2016 “*El agua es de calidad excelente*” y según el reporte Bacteriológico 130159 “*la calidad del agua es regular*”.

## **10 REFERENCIAS**

- AyA 2016: Informe de Perforación Pozo Barú, Pérez Zeledón San José (16-05). Unidad Técnica de Pozos, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados [Informe interno No 011909-UTP-051-2016]
- ACEVEDO, B. & CHACON, D., 2010: Practica Geológica AyA-UCR
- CAMPOS, L., MONTALTO, F. & SOLANO, C., 1984: Formación Térraba.- En: SPRECHMANN, P. (ed.): Manual de Geología de Costa Rica, vol. 1: Estratigrafía. Ed. Universidad de Costa Rica, 187-193.
- ESTRADA, F., 1979: Geología del área al norte de Puerto Nuevo, cantón de Osa, provincia de Puntarenas, Costa Rica.- 32 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Info. camp. geol.].
- FOSTER, S. HIRATA, R. GOMES, D. D’ELIA, M. & PARÍS, M., 2002: “Protección de la calidad del agua subterránea”. Banco Mundial. Washington.
- GRUBB, S., 1993: “Analytical model for estimation of steady-state capture zones of pumping wells in confined an unconfined aquifers”. Ground Water 31, No. 1:21-32.
- MORA, S., 1979: Estudio geológico de una parte de la región sureste del Valle del General, Provincia de Puntarenas, Costa Rica.- 185 págs (vol. 1). Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- RODRÍGUEZ, H. (2013): Definición de la zona de protección absoluta inmediata del pozo de Alto López, Atenas, (Pozo 95 – 2). - 9 págs. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José. [Informe Interno Contratación Directa 2012CDS-065-PRI]
- SANDERS, L;1998: A manuel of field Hydrogeology. Prentice Hall. 381 pp.
- SENARA, 2016: Base de datos de perforación.

## **ANEXOS**

*Anexo 1: Correo electrónico de Subgerencia Ambiente Investigación y Desarrollo*

RE: Pozo Dominical

Luis Guillermo Sanchez Solís ([gsanchez@aya.go.cr](mailto:gsanchez@aya.go.cr)) [Agregar contacto](#)

Para: Viviana Ramos Sanchez; Irving Zelaya Palacios;

CC: Sonia Esperanza Rodríguez Esquivel; Javier Valverde Hernandez; Jose Manuel Jimenez Murillo;

Con mucho gusto.

-----Mensaje original-----

De: Viviana Ramos Sánchez [<mailto:vramos@aya.go.cr>]

Enviado el: jueves 8 de diciembre de 2016 08:00 a.m.

Para: Luis Guillermo Sanchez Solís; Irving Zelaya Palacios

CC: Sonia Esperanza Rodríguez Esquivel; Javier Valverde Hernandez; Jose Manuel Jimenez Murillo

Asunto: Re: Pozo Dominical

Muchas Gracias Don Guillermo, vamos a contactar a Irving, porque requerimos la información antes de la visita de campo. Gracias.

---

MSc. Viviana Ramos Sánchez

Directora Área Funcional Hidrogeología - UEN Gestión Ambiental.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Tel.: (506) 25436516 || Fax: (506) 22906595 || Apdo.: 1097-1200.

E-Mail: [vramos@aya.go.cr](mailto:vramos@aya.go.cr) || Web Site: <http://www.aya.go.cr/>

---

-----Mensaje original-----

From: Luis Guillermo Sanchez Solís

Sent: Thursday, December 8, 2016 6:52 AM

To: Irving Zelaya Palacios

Cc: Viviana Ramos Sanchez ; Sonia Esperanza Rodríguez Esquivel ; Javier Valverde Hernandez

Subject: RV: Pozo Dominical

En el momento que la hidrogeóloga Viviana nos visite para ver lo del Pozo para Dominical, ubicado en Barú . Favor acompañarla y brindarle la información que se requiera.

-----Mensaje original-----

De: Viviana Ramos Sánchez [<mailto:vramos@aya.go.cr>]

Enviado el: jueves 8 de diciembre de 2016 06:13 a.m.

Para: Javier Valverde Hernandez; Andres Saenz Vega; Jose Luis Arguedas Negrini

CC: Luis Guillermo Sanchez Solís; Gerardo Ramirez Villegas; Roxana Sanchez Rivera

Asunto: Re: Pozo Dominical

-----Mensaje original-----

De: Viviana Ramos Sánchez [mailto:vramos@aya.go.cr]

Enviado el: jueves 8 de diciembre de 2016 06:13 a.m.

Para: Javier Valverde Hernandez; Andres Saenz Vega; Jose Luis Arguedas Negrini

CC: Luis Guillermo Sanchez Solis; Gerardo Ramirez Villegas; Roxana Sanchez Rivera

Asunto: Re: Pozo Dominical

Saludos Don Andrés, procederemos a programar lo antes posible, quien nos puede colaborar con la información del pozo, ubicación y prueba de bombeo y calidad del agua. Gracias.

---

MSc. Viviana Ramos Sánchez.

Directora Área Funcional Hidrogeología - UEN Gestión Ambiental.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Tel.: (506) 25436516 || Fax: (506) 22906595 || Apdo.: 1097-1200.

E-Mail: [vramos@aya.go.cr](mailto:vramos@aya.go.cr) || Web Site: <http://www.aya.go.cr/>

---

-----Mensaje original-----

From: Javier Valverde Hernandez

Sent: Wednesday, December 7, 2016 10:08 AM

To: Andres Saenz Vega ; Jose Luis Arguedas Negrini

Cc: Luis Guillermo Sanchez Solis ; Gerardo Ramirez Villegas ; Roxana Sanchez Rivera ; Viviana Ramos Sanchez

Subject: RE: Pozo Dominical

ya la pedi a Guillermo sanchez que mande el formulario para inscribir el proyecto.

---

-----Mensaje original-----

De: Andres Saenz Vega

Enviado el: miércoles 7 de diciembre de 2016 07:33 a.m.

Para: Jose Luis Arguedas Negrini; Javier Valverde Hernandez

CC: Luis Guillermo Sanchez Solis; Gerardo Ramirez Villegas; Roxana Sanchez Rivera; Viviana Ramos Sanchez

Asunto: RE: Pozo Dominical

---

-----Mensaje original-----

De: Andres Saenz Vega

Enviado el: miércoles 7 de diciembre de 2016 07:33 a.m.

Para: Jose Luis Arguedas Negrini; Javier Valverde Hernandez

CC: Luis Guillermo Sanchez Solis; Gerardo Ramirez Villegas; Roxana Sanchez Rivera; Viviana Ramos Sanchez

Asunto: RE: Pozo Dominical

Recibido. Copio a D Gerardo Ramirez para programar lo relativo a la zona de protección. Saludos, Andrés

-----Mensaje original-----

De: Jose Luis Arguedas Negrini

Enviado el: martes 6 de diciembre de 2016 03:10 p.m.

Para: Javier Valverde Hernandez <[jvalverde@aya.go.cr](mailto:jvalverde@aya.go.cr)>

CC: Luis Guillermo Sanchez Solis <[gsanchez@aya.go.cr](mailto:gsanchez@aya.go.cr)>; Andres Saenz Vega <[asaenz@aya.go.cr](mailto:asaenz@aya.go.cr)>

Asunto: Pozo Dominical

Procederemos con los levantamientos topográficos en sitio de pozo, se cuenta con la definición del área de protección?

Para los diseños el proyecto debe ir al Comité de Inversiones o Proyectos para que se le incluya en plan de inversiones y podamos proceder

-----Mensaje original-----

De: Javier Valverde Hernandez

Enviado el: martes 6 de diciembre de 2016 09:05 a.m.

Para: Jose Luis Arguedas Negrini <[jarguedas@aya.go.cr](mailto:jarguedas@aya.go.cr)>

CC: Luis Guillermo Sanchez Solis <[gsanchez@aya.go.cr](mailto:gsanchez@aya.go.cr)>

Asunto: RV: Escaneo Direccion

La situación de abastecimiento de agua en las comunidades de Dominical y Dominicalito es deprorable, en el informe adjunto se detalla un poco ésta situación.

Ya se ha construido un pozo que dio buenos resultados y por lo tanto es una posible fuente para resolver el problema del abastecimiento de agua.

Requerimos de sus intervención para proceder con el plano y con el avalúo para una vez que contemos con esta información solicitar la adquisición del terreno

---

Anexo 2: Informe de perforación pozo Barú, Pérez Zeledón, San José (16-05).

**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados**  
**UEN – AP – Unidad Técnica de Perforaciones**  
**U.T. P.**

**INFORME DE PERFORACIÓN**  
**POZO BARÚ, PÉREZ ZELEDON, SAN JOSÉ (16-05)**  
**(Orden de Costo 0002016006-0)**

**LUGAR:**

*Costado este del puente sobre el río Guabo, ruta 22*

**SOLICITA**

**Subgerencia Gestión de Sistemas Periféricos**  
**Región Brunca**

Fecha: 10 de octubre del 2016.

011909-UTP-051-2016

Realizado por: *Jeisson Chaves Gamboa*  
Geólogo Unidad Técnica de Perforación – UTP  
UEN Administración de Proyectos

*Carlos González Chacón*  
V.B. Ing. Carlos González Chacón  
Jefe Unidad Técnica de Perforación





## **1. INTRODUCCIÓN**

A partir del Programa Anual de Perforaciones de la Unidad Técnica de Perforaciones (UTP), se ejecutó la perforación y construcción de una nueva fuente de abastecimiento de agua para la localidad de Barú, acueducto administrado por la Subgerencia Gestión de Sistemas Periféricos, Región Brunca, el proyecto de perforación fue realizado entre los días durante los días 25 de febrero al 17 de marzo del presente año, ejecutado con el equipo perforador T3w #1, el cual perforo una profundidad de 28 m y construyó un pozo con una longitud de 28 m, en el presente documento se expondrán los pormenores de la labor realizada, así como los resultados obtenidos tanto de la perforación realizada, como de la prueba de bombeo ejecutada para valorar la capacidad de extracción de agua de la nueva fuente construida, en el Anexo I, se aporta el Reporte de Perforación del pozo 16-05.

Las labores de perforación y construcción fueron ejecutadas por el técnico en perforación Melvin Hidalgo Mosquera, quien contó con la asistencia y apoyo de campo de los funcionarios Walter Hidalgo Barahona y el señor Danilo Viales Cascante, todos funcionarios de la UTP.

El pozo se localiza en la localidad de Barú, del cantón de Pérez Zeledón, provincia San José; específicamente en las coordenadas Lamberth Sur 479272 E, 359338 N, CRTM05 516017 E, 1026347 N (Figura 1), a una elevación de 27 m.s.n.m. Corresponde a la hoja topográfica Dominical, número (3443-IV), escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.).

### **1.1 Objetivo**

Construir una nueva fuente de agua potable, que permita aumentar la capacidad de abastecimiento en la localidad, suplir las necesidades crecientes del acueducto de la localidad de Barú, mediante la perforación y construcción de un pozo nuevo.

## **2. GEOLOGÍA**

El contexto geológico de la localidad se encuentra conformado por la depositación de materiales aluvionales producto de la actividad hídrica de los ríos y quebradas cercanos, macizos rocosos han sido correlacionados con la formación Terraba.

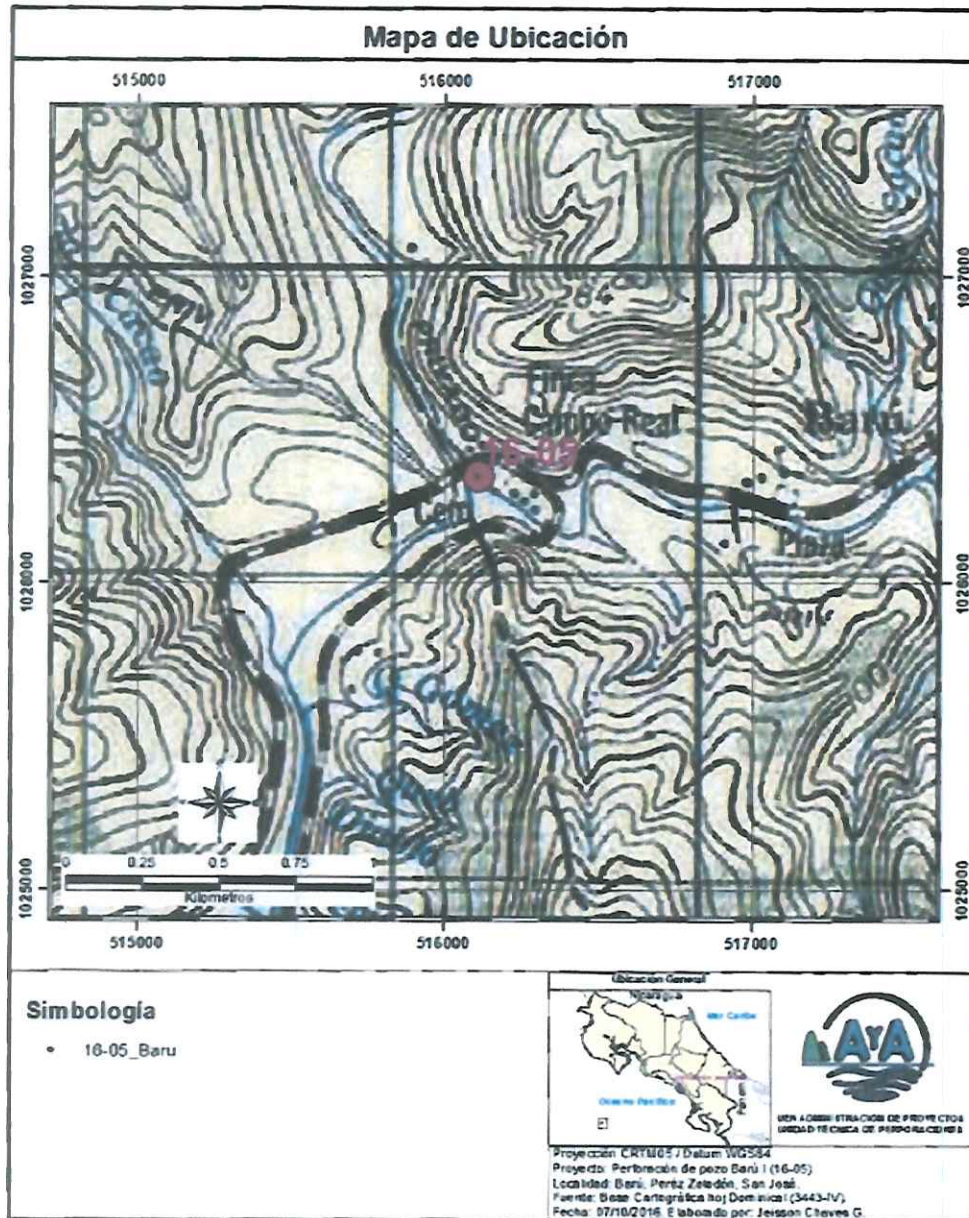


Figura 1: Mapa de ubicación Pozo 16-05. Tomado y Modificado hoja Dominical, escala 1:50 000, IGN.



## **2.1. Mapa Geológico de la Zona.**

La Figura 2 muestra la distribución de las unidades geológicas, el cual ha sido tomado de la información del Atlas de Costa Rica (ITCR, 2014); además a partir de criterios geomorfológicos observados y detallados en la base topográfica de la localidad.

## **2.2. Descripción de las Unidades Geológicas**

A partir de bibliografía técnica existente para el área de interés, se describen cada una de las unidades geológicas presentes; a continuación serán descritas brevemente en orden cronológico desde la más antigua a la más reciente.

### **2.2.1 Formación Terraba**

Consiste en una secuencia compuesta por lutitas, limolitas y areniscas calcáreas de color gris oscuro a negro, que se encuentra bien expuesta en el río Terraba, entre la boca del río Chánguina y el paso de El Cajón. Su edad es del Oligoceno al Mioceno Inferior, determinada con base en su contenido faunístico.

Dengo (1962) la subdividió originalmente en tres miembros: Curré (Oligoceno-Mioceno), Lagarto (Oligoceno y Cajón ( Eoceno superior). Henningsen (1965) restringió la formación Terraba al Miembro Lagarto, mientras que el Miembro Cajón lo consideró parte de la formación Brito y al Miembro Curré lo elevó al rango de formación. Posteriormente, Mora (1979) subdividió a la formación Terraba en dos unidades, Zapote y Lagarto.

#### **Unidad Zapote**

La localidad tipo es la quebrada Zapote y el caserío de igual nombre a orillas de la carretera interamericana. Buenos afloramientos se encuentran entre Palm ar Norte y Disciplina (Mora, 1979).

Consiste de una alternancia de areniscas, limolitas y arcillolitas con intercalaciones de productos de vulcanismo submarino (aglomerados, brechas, vulcarenitas y conglomerados volcánicos). Presenta estructuras sedimentarias como ondulitas, estructuras de carga, huellas de impacto y marcas de corrientes; también hay estratos de arena con gradación positiva, ya que esta unidad corresponde con la facies intermedia de una turbidita, que fue depositada en un ambiente de profundidad intermedia (nerítica <200 m).

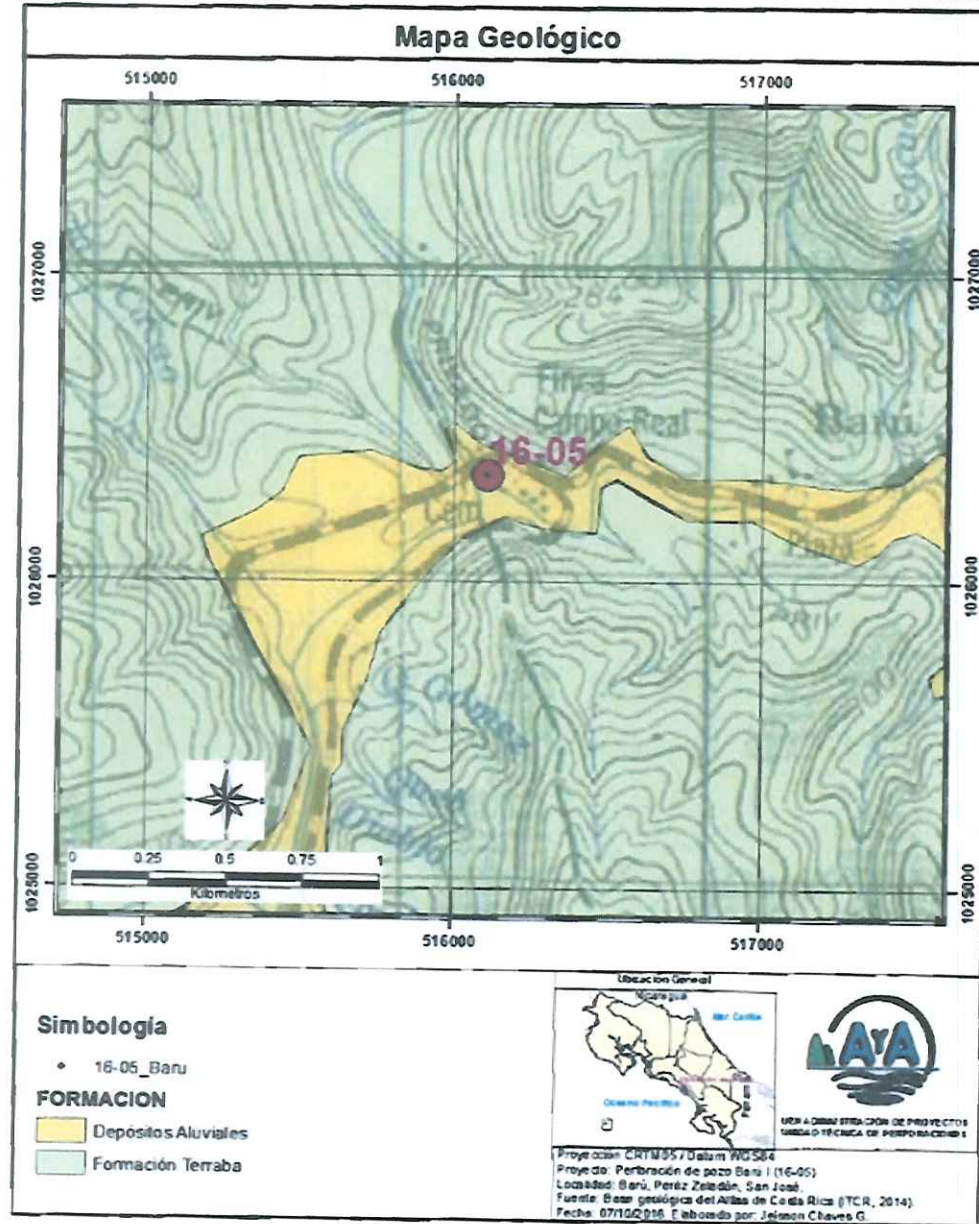


Figura 2: Mapa geológico de la localidad.



Esta unidad sobreyace concordantemente y en forma transicional de la unidad Cajón de la formación Brito y subyace a la unidad Lagarto de manera concordante. Su espesor es de alrededor de 1200 m, engrosándose hacia el este.

#### Unidad Lagarto

La localidad tipo se encuentra en el caserío Lagarto, en las márgenes del río Térraba. Su espesor varía entre 1200 y 1500 m (Mora, 1979). Las rocas predominantes son conglomerados y areniscas, además de depósitos de canales turbidíticos. Son comunes las estructuras sedimentarias tales como laminaciones cruzadas, ondulitas, carga, pliegues de convolución y estratos con gradación positiva, carbón y otros restos de fósiles e icnofósiles. Es subyacida concordantemente por la Unidad Zapote y es sobreyacido de la misma manera por la formación Curré.

#### **2.2.3 Unidad Aluvial**

La Unidad Aluvial corresponde con materiales que han sido erosionados, transportados y depositados hacia las zonas bajas por acción de las corrientes fluviales de los ríos y quebradas. Los depósitos están relacionados directamente con la actividad hídrica de los ríos Guabo y Barú, así como la por la influencia de las quebradas efuentes a éstos.

Estos depósitos se caracterizan por presentar poca compactación y una buena selección de grano; su continuidad es irregular y suelen presentarse variaciones granulométricas tanto verticales como horizontales, alcanzando altos contenidos en materia orgánica en determinados medios.

Conforme los procesos aluviales se alejan de las zonas montañosas, se genera una selección de grano debido al transporte, depositando los materiales finos (tipo arcillas y arenas) en las partes bajas y distantes de los valles. La permeabilidad depende de la granulometría y generalmente presentan un nivel freático alto.

En la unidad también se incluye los depósitos coluviales que por efecto de la gravedad, son acumulados al pie de los cerros.

### **3. LABORES REALIZADAS.**

Las labores ejecutadas por la UTP inician el día 25 de febrero del 2016 cuando la



cuadrilla de perforación se trasladada hacia el nuevo sitio de perforación y finalizan el día 17 de marzo del 2016 con el retiro de la cuadrilla y máquina perforadora, por lo que el tiempo total de ejecución del proyecto se prolongó por espacio de 22 días naturales.

Del tiempo total de ejecución del proyecto 3 días lo que representa un 14% del tiempo fueron empleados en labores asociadas a traslados (ingresos y salidas por parte de la cuadrilla, traslado de máquina perforadora, herramienta, etc). Por su parte días libres se contabilizo 5 días (domingos y libres por salidas) y representa el 23% de la duración del Proyecto.

El tiempo efectivo de perforación y construcción del nuevo pozo es de 14 días lo que corresponde con el 64% del tiempo del proyecto. Es importante indicar que este periodo de tiempo involucra, la perforación de un pozo de 14 m el cual sufrió el colapso total de la pared, por lo que fue necesario su reperfusión con una modificación en el fluido de perforación, lo que conllevo 4 días adicionales de labor, así como la construcción del pozo, limpieza y desarrollo final del mismo. La tabla 1 desglosa los tiempos que comprenden el desarrollo del proyecto.

Actividad realizada	Cantidad de Días	Porcentaje
Traslados	3	14%
Labor de perforación	14	64%
Días Libres	5	23%

Tabla 1. Detalle de los tiempos de ejecución del proyecto.

Con el fin de evaluar las condiciones hidrogeológicas del acuífero y recomendar un caudal de extracción apropiado, la UTP realiza una prueba de bombeo entre los días 29 y 30 de marzo del 2016.

### **3.1 Perforación y Construcción del Pozo 16-05**

El nuevo pozo con código 16-05 de la numeración interna del AyA se localiza en las coordenadas Lambert Sur 479282 E, 359338 N (CRTM05: 516017 E, 1026347 N), a una elevación de 27 m.s.n.m.

Las labores de perforación se inician con el sistema de inyección de aire, debido a que se esperaba un espesor pequeño (menor a 10 m) de materiales aluviales, pero durante la



ejecución de la perforación, se avanzó hasta la profundidad de 16 m con el sistema de inyección de aire y se produjo un colapso de la pared perforada lo que imposibilitó continuar con la perforación, requiriendo cambiar el método de perforación a la inyección de fluidos a base de bentonita sódica, el equipo de perforación empleado corresponde con el equipo perforador T3w N° 4, operado por el perforador Meivin Hidalgo. El pozo fue abierto en un diámetro de 437.5 mm (17.5") hasta la profundidad de 28 m.

Solventada la estabilidad de la pared perforada con el cambio del método de perforación, la labor de apertura del nuevo pozo presentó un avance aceptable en su profundización, logrando alcanzar la profundidad de 28 m, atravesando la totalidad del material aluvional, el cual presentó muy buenas condiciones de aporte de agua, evidenciado en la primera perforación con aire.

Conforme se avanza con la perforación, los funcionarios recolectan muestras de materiales; las muestras posteriormente son remitidas al Geólogo, quien procede al análisis de las mismas, esto para establecer el perfil litológico el cual permitirá realizar el diseño del armado del pozo, la descripción de estos materiales se muestra en la Tabla 2.

Profundidad	Litología
0 a 26 m	Aluvión, bloques angulares a subangulares, inmersos en una matriz arenosa.
26 a 28 m	Arcillas plásticas de coloración oscura.

Tabla 2. Detalle de los materiales geológicos perforados, a partir del análisis de las muestras recolectadas.

Considerando las características acuíferas de los materiales perforados y en particular los niveles de mayor aporte identificados al momento de la perforación, se procede a realizar el armado del pozo hasta la profundidad de 28 m, empleando en su diseño tubería metálica tipo Acero al Carbono en un diámetro de 200 mm (8").

En el diseño del armado del pozo se instaura una sección de tubos ranurados tipo celosía con una abertura de 2.03 mm (slot 80'), como sección de filtración de agua con una longitud total de 11 m, localizada entre los 12 a 17.5 y de 20.5 a 26 m, la cual corresponde con la zona de mayor aporte de agua acuífera identificada tanto en la labor de perforación



como en el análisis de los materiales perforados. A continuación se resume el detalle en cuanto al diseño del armado del pozo 16-05.

Finalizado el armado del pozo se procede a instaurar el empaque de grava alrededor del mismo, ésta labor se realiza de forma simultánea a la extracción de tubería de protección temporal.

Profundidad	Materiales
0 a 12 m	Tubo ciego
12 a 17.5 m	Rejilla celosía slot 80'
17.5 a 20.5 m	Tubo ciego
20.5 a 26 m	Rejilla celosía slot 80'
26 a 28 m	Tubo ciego

Tabla 3. Detalle del diseño de armado del pozo 16-05.

Una vez engravado el pozo se realiza la limpieza y desarrollo del mismo mediante la aplicación de químicos para la dispersión del fluido de perforación y la aplicación de aire comprimido en toda la circunferencia y longitud de la sección de rejilla, esto con el fin de desplazar los sedimentos finos presentes en el espacio circundante a la sección ranurada y provocar un reacomodo en la grava para efectos de desarrollar un empaque de grava más eficiente.

Posteriormente se construye el sello sanitario entre el nivel de superficie y los 3 m de profundidad, evitando de esta manera posibles filtraciones indeseadas provenientes de la superficie que a la postre contaminen el acuífero.

### **3.2 Evaluación Hidrogeológica del Pozo 16-05**

Con el fin de realizar la evaluación hidrogeológica al pozo 16-05, la cuadrilla de bombeo perteneciente a la UTP se traslada al sitio y desarrolla la prueba de bombeo entre los días 29 y 30 de marzo del 2016. La prueba estuvo a cargo de los técnicos en electromecánica, los señores, Manuel Vargas y Carlos Sojo.

Una vez instalado el equipo de bombeo, los funcionarios proceden a medir y registrar



los niveles de agua a diferentes intervalos de tiempo, ésto conforme se extrae agua del interior del pozo; posteriormente el reporte de la prueba es entregado al geólogo a cargo, quién a partir de los datos suministrados procede al análisis e interpretación de los resultados.

Para las labores de extracción se emplea una moto-bomba sumergible marca Groundfos con potencia de 10 HP en un diámetro de 125 mm. El equipo de bombeo fue colocado en el interior del pozo a la profundidad de 22 m de profundidad, empleando para ello una tubería de columna (succión) de 50 mm en PVC.

La prueba de bombeo fue ejecutada en tres etapas, las cuales son detalladas a continuación:

### **3.2.1 Prueba por etapas**

En esta evaluación el pozo es probado a diferentes caudales de extracción por espacio de una hora con el fin de determinar un comportamiento preliminar del acuífero y definir en el campo un caudal de extracción óptimo para realizar la siguiente etapa.

### **3.2.2 Prueba a caudal constante**

La prueba a caudal constante consiste en la evaluación del pozo a un caudal óptimo durante un espacio de tiempo mínimo de 24 horas, con el fin de valorar el comportamiento del acuífero durante una etapa de explotación acuífera. Se logra determinar el régimen de bombeo para una explotación adecuada del acuífero captado por el pozo, así como el comportamiento del mismo durante el tiempo de bombeo.

### **3.2.3 Prueba de recuperación**

La prueba de recuperación se realiza una vez finalizada la prueba a caudal constante. En esta prueba se determina, de manera natural (sin efectos del bombeo), el comportamiento del acuífero captado, ya que durante esta prueba el pozo no es bombeado sino que, por el contrario, el acuífero libremente recupera nivel en el pozo.

### **3.2.4 Resultados Obtenidos**

Con el fin de determinar el comportamiento del acuífero los técnicos en bombeo proceden a realizar una evaluación preliminar a partir de etapas sucesivas de extracción,



empleando para ello diferentes caudales de descarga. Los caudales evaluados durante la prueba consistieron de 3, 6, 9 y 12 L/s respectivamente por un periodo de bombeo continuo de una hora para cada uno de los caudales.

Considerando los descensos y el comportamiento que experimenta el acuífero durante la evaluación preliminar, la prueba a caudal constante se desarrolló empleando el máximo caudal de extracción que permitía el equipo de bombeo instalado (descarga libre), para efectos del pozo 16-05 el caudal de extracción fue de 15 L/s. La prueba a caudal constante se desarrolló por espacio de 1440 minutos (24 horas) de bombeo continuo.

Al comienzo de la prueba el nivel estático del agua se registró a 6.69 m de profundidad, sin embargo conforme avanza la prueba el nivel desciende de manera paulatina y controlada alcanzando la profundidad de 7.65 m al finalizar la prueba, si bien se presentan variaciones pequeñas (milimétricas) durante a ejecución de la prueba de bombeo, este efecto no se considera significativo para definir o determinar la presencia de alguna barrera positiva o negativa durante la ejecución de la prueba. Considerando los descensos que experimenta la columna de agua durante el desarrollo de la prueba de (Figura 3) bombeo se establece un abatimiento de 0.96 m al caudal de prueba de 15 L/s.

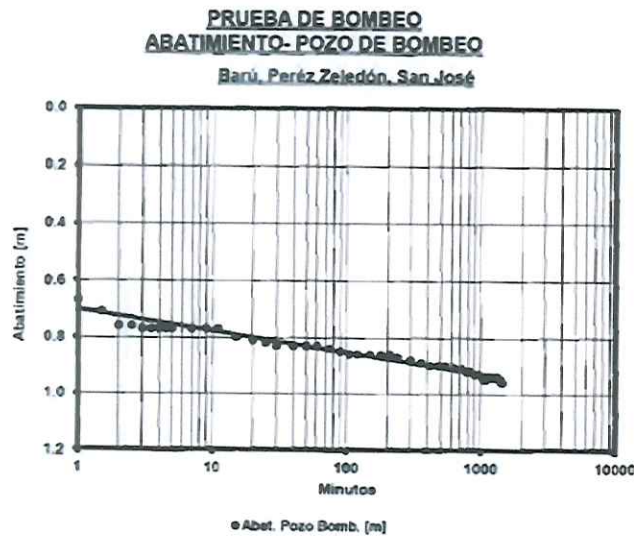


Figura 3: Variación gráfica del abatimiento registrado en la ejecución de la prueba de bombeo del pozo 16-05.



A partir del caudal de extracción empleado (15 L/s) y el abatimiento de 0.96 m que experimenta el nivel de agua, se calcula una capacidad específica de 16.62 L/s/m, dicho valor representa la descarga por unidad de abatimiento.

Durante la ejecución de la prueba de bombeo el agua extraída se presenta cristalina, libre de sedimentos. Debido a las propiedades físicas que muestra el agua extraída, una vez finalizada la prueba de bombeo se procede a recolectar muestras de agua, con el fin de ser remitidas al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) para su correspondiente análisis.

Durante la prueba de recuperación el acuífero compensa libremente y de manera natural el caudal de agua extraído durante el bombeo. El nivel inicial de la prueba de recuperación se localiza a la profundidad de 7.65 m; transcurridos 20 minutos de prueba el nivel se localiza a los 6.64 m lo que representa un porcentaje de recuperación mayor al 100% del total descendido durante la prueba.

Con el propósito de evitar una disminución en la productividad y eficiencia que ofrece el pozo, es importante establecer un caudal de extracción seguro a largo plazo, acompañado por un período de reposo que permita la recuperación efectiva del nivel de agua.

Por tanto la UTP recomienda un caudal de extracción de 26 L/s, considerando un periodo de bombeo continuo de 20 horas diarias con 4 horas de descanso que permitan una recuperación efectiva del acuífero. Ante tal recomendación el equipo de bombeo deberá de ser colocado a los 18 m de profundidad.

### **3.3 Calidad del Agua**

Finalizada la prueba de bombeo se recolecta muestras de agua, con el propósito de determinar las características físico-químicas y microbiológicas presentes en la misma. Las muestras recolectadas son remitidas al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), e ingresan el día 31 de marzo del 2016.

A partir del análisis microbiológico se determina que de acuerdo con el criterio microbiológico de evaluación de pozos, el agua evaluada es de calidad regular. Por su parte los resultados del análisis físico-químico establece que las determinaciones efectuadas, cumplen con el reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.



En el anexo I se adjunta los reportes de laboratorio correspondientes para ambos ensayos.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El nuevo pozo con código interno del AyA (16-05) se ubica en la localidad de Barú de Pérez Zeledón, específicamente en las coordenadas Lambert Sur 479272 E, 359338 N, (CRTM05: 516017 E, 1026347 N) a una elevación de 27 m.s.n.m.

La perforación del pozo 16-05, en primera instancia se realiza mediante el método de roto percusión con martillo de fondo y aire comprimido, el fluido utilizado para la labor fue realizado a partir de espumante industrial degradable, alcanzo la profundidad de 14 m en un diámetro de apertura de 350 mm (12.25"), pero debido a la presencia de materiales inconsolidados y gran aporte de agua acuífera, la pared perforada no pudo mantenerse estable y colapso, lo que conllevó el cambio del método de perforación rotación con recirculación de lodos a base de bentonita sódica.

El pozo fue construido de manera satisfactoria con el método de rotación y uso de fluidos de perforación a base de bentonita, el diámetro de perforación fue de 437.5 (17.5"), en donde se profundizó el pozo hasta la profundidad de 28 m, donde se presentó un cambio significativo del material perforado, evidenciando la penetración total de los materiales aluvionales, los cuales son caracterizados con un alto potencial acuífero en la localidad.

El espesor de materiales aluvionales en el sitio de perforación fue de 26 m, los cuales son los generadores de un importante acuífero con recarga directa tanto de los ríos que lo conforman como del agua de lluvia en la zona.

Para el armado del pozo 16-05 se emplea tubería metálica tipo acero al carbono, en un diámetro de 200 mm (8"); en tanto para la sección de filtración de agua se emplea rejilla tipo celosía de acero al carbono con aberturas 2.03 mm (slot 80"), tal abertura considerando la existencia de arenas finas. En total la sección de rejilla consta de 11 m de longitud y se encuentra localizada entre los 12 a 17.5 y de 20.5 a 26 m de profundidad.

El diseño del armado del pozo se realizó considerando las características de los materiales perforados y los niveles de mayor aporte identificados al momento de la perforación, por ello la sección de rejilla se ubica en función de los materiales aluvionales



porosos con mayor aporte de agua identificado tanto en la perforación como en el análisis de las muestras extraídas.

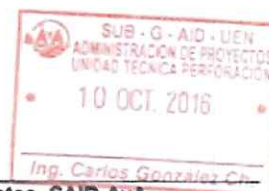
La prueba de bombeo fue realizada entre los días 29 y 30 de marzo del año 2016, fue llevada a cabo por los técnicos de bombeo pertenecientes a la UTP. Para lo cual se colocó un equipo de bombeo temporal, exclusivamente para realizar la evaluación, una vez finalizada la prueba de bombeo el equipo fue extraído por el personal de la UTP.

A partir de la evaluación hidrogeológica, se recomienda una extracción máxima de 26 L/s, con un descenso teórico de 1.5 m, un periodo de bombeo continuo de 20 horas diarias y un descanso de 4 horas que permitan la recuperación efectiva del acuífero. Ante tal recomendación el equipo de bombeo deberá de colocarse a la profundidad de 18 m.

El análisis microbiológico de la muestra de agua evaluada establece una calidad regular. Por su parte los resultados del análisis físico-químico indica que las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.

Es de suma importancia monitorear y realizar mediciones periódicas de los niveles de agua en el pozo, esto con el fin de establecer variaciones en el comportamiento acuífero de la localidad que a la postre influyan con el caudal de extracción recomendado en el presente informe.

La UTP le recuerda al solicitante que según las directrices internas del AyA, el Solicitante del pozo debe de gestionar ante la UEN de Gestión Ambiental, la debida solicitud de uso de agua de la nueva fuente de abastecimiento para la operación del acueducto requerida.

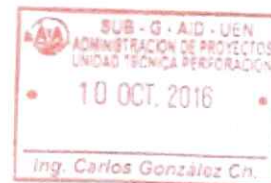




## ANEXO I

### Información del Pozo 16-05

- Informe de Perforación
- Prueba de Bombeo
- Análisis de Agua

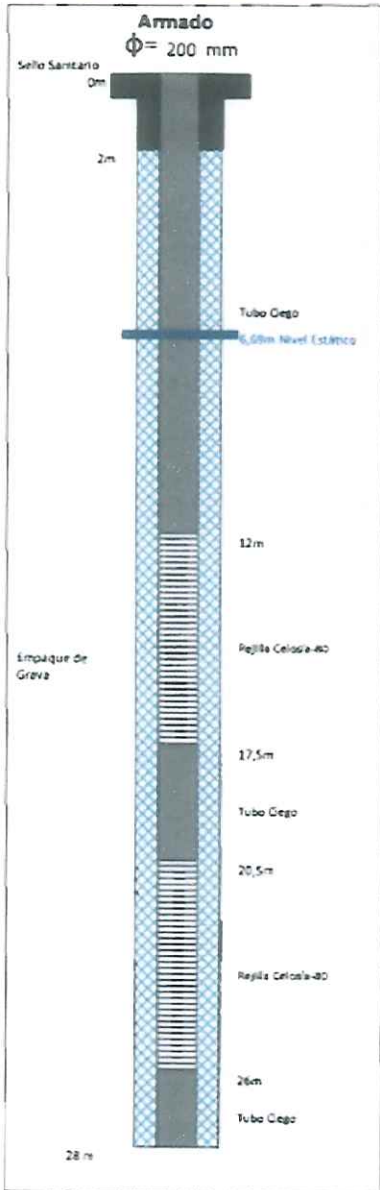




Nombre: Barú I

N° Pozo SENARA/MINAE:

VALIDACIÓN: Informe generado por Jeisson Chaves Gamboa el 07/10/2016. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



**Ubicación**

Localidad: Barú de Pérez Zeledón  
Coord: N 359338 - E 479272 Elev(m): 27 Sist: Lambert Sur  
H/IGN: DOMINICAL 3443 IV Provincia: San José  
Propietario: Sistemas Periféricos AYA Cantón: Pérez Zeledón  
Código: 01-19-09 Distrito: Barú

**Equipo de Perforación**

Maquinaria: T3w N°4 Método: Rotación con lodos  
Perforador: Melvin Hidalgo Mosquera Orden Costos: 0002016006-0  
Inicio: 25/02/2016 Final: 17/03/2016 Duración: 21 días

**Datos de Perforación**

	Díámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	437.5	28
Tubería	200	17
Rejilla	200	11
Ademe	0	0

Material: ACCA  
Tiempo Desarrollo (h): 8  
Desarrollo: Pistón

**Observaciones:**

CRTMCS: 516017 E, 1026347 N.  
Se recomienda un caudal de explotación de 26 L/s, en periodos de bombeo máximo de 20 horas y 4 horas de reposo. Se recomienda instalar el equipo de bombeo a una profundidad de 18 m.

**Datos Prueba de Bombeo**

Fecha de prueba:	29/03/2016
Potencia bomba (hp):	10
Profundidad bomba (m):	22
Nivel estático (m):	6.69
Nivel dinámico (m):	7.65
Caudal prueba (l/s):	15
Abatimiento (m):	0.96
Coef. almacenamiento:	0
Transmisividad (m <sup>2</sup> /día):	1567
Caudal rec. (l/s):	26
Tiempo bombeo rec. (h):	20

**Litología**

0-26 m	Aluvión, presencia de bloques angulares inmersos en una matriz arenosa.
26-28 m	Arcillas.





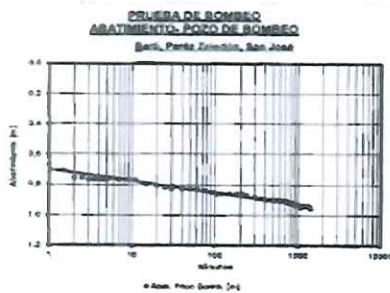
Imágenes



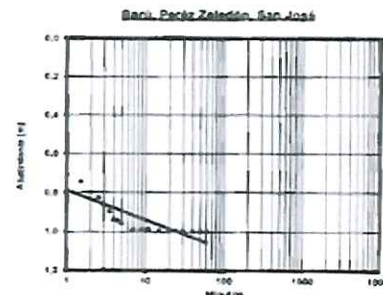
Vista del sitio de perforación.



Labores de la prueba de bombeo



Variación gráfica de la prueba de bombeo ejecutada



Variación gráfica de la prueba de recuperación.

Reportes de calidad de agua

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
1	Físico-química	AYA-ID-02839	06/04/2016	Agua de excelente calidad, según los parámetros físico-químicos evaluados y los Criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012.
1	Microbiológica	130159	07/04/2016	De acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, la calidad del agua es regular.



Ver validación en página 1



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UN ADMINISTRACION DE PROYECTOS

UNIDAD DE POZOS

## RESUMEN EJECUTIVO

### DATOS GENERALES

LOCALIDAD : Barú, Pérez Zeledón, San José  
POZO Nº : 16-05  
FECHA DE PRUEBA : 29-mar-2016  
REALIZADA POR : Manuel Vargas  
FECHA DE ANALISIS : 7-oct-2016  
ANALIZADO POR : Jeisson Chaves

### ARMADO GENERAL DE POZO

DIAMETRO DE PERFORACION [m] = 0.4375  
DIAMETRO DE ADEME [m] = 0.2  
MATERIAL DE ADEME = Acero al Carbono  
PROFUNDIDAD INICIO DE REJILLAS [m] = 12  
PROFUNDIDAD FINAL DE REJILLAS [m] = 26.00  
PROFUNDIDAD DE POZO [m] = 26.00  
MATERIAL DE REJILLA = PVC

### PRUEBA POR ETAPAS

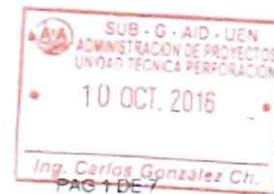
NUMERO DE ETAPAS = 4.00  
CAUDAL ETAPA 1 [lps] = 3.00  
CAUDAL ETAPA 2 [lps] = 6.00  
CAUDAL ETAPA 3 [lps] = 9.00  
CAUDAL ETAPA 4 [lps] = 12.00  
COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C" [m/lps<sup>2</sup>] = 0.00  
COEFICIENTE DE ACUIFERO "B" [m/lps-día] = 0.06  
EFICIENCIA DE POZO [%] = 100.00

### PRUEBA DE BOMBEO

NIVEL ESTÁTICO - POZO BOMBEO [m] = 6.69  
NIVEL ESTÁTICO - POZO OBSERVACION [m] =  
CAUDAL DE BOMBEO [lps] = 15.00  
DURACION DE BOMBEO CONTINUO [min] = 1440  
NIVEL DINAMICO POZO DE BOMBEO [m] = 7.65  
NIVEL DINAMICO POZO OBSERVACION [m] = 0.00  
TRASMISIVIDAD [m<sup>2</sup>/día] = 1567.95  
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO = 0.00  
RECUPERACION POZO BOMBEO (1hr) [%] = 103

### CAUDAL DE EXPLOTACION

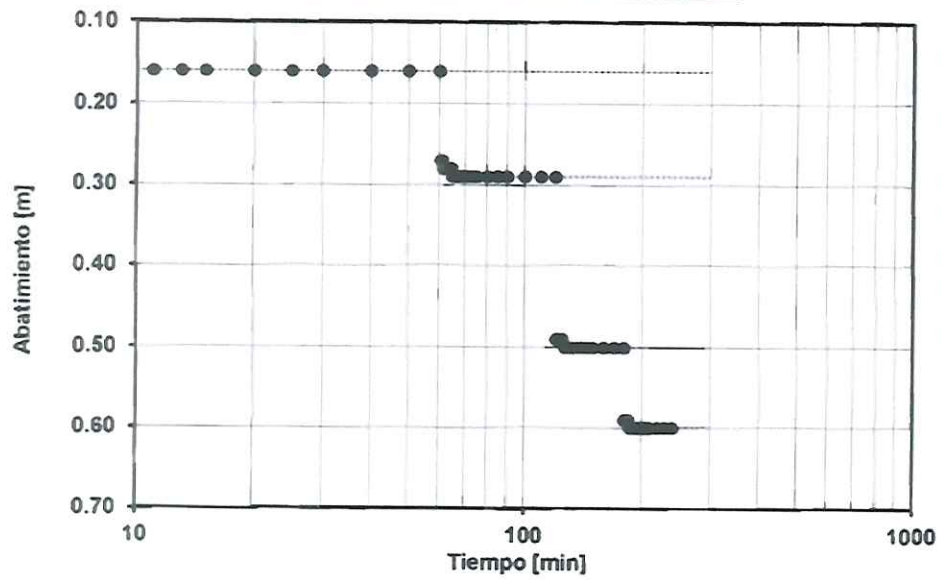
CAUDAL DE EXPLOTACION [lps] = 26.11  
ABATIMIENTO [m] = 1.75  
TIEMPO DE BOMBEO CONTINUO [hrs] = 20.00  
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO [lps] = 26.11  
ABATIMIENTO MÁXIMO RECOMENDADO [m] = 1.75





### PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE

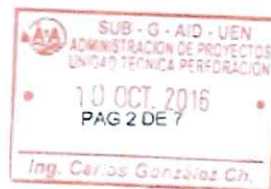
#### Barú, Pérez Zeledón, San José



Q1 [lps]= 3.0  
Q2 [lps]= 6.0

Q3 [lps]= 9.0  
Q4 [lps]= 12.0

Fig -1 Prueba a caudal variable, extrapolando cada etapa a 300 minutos



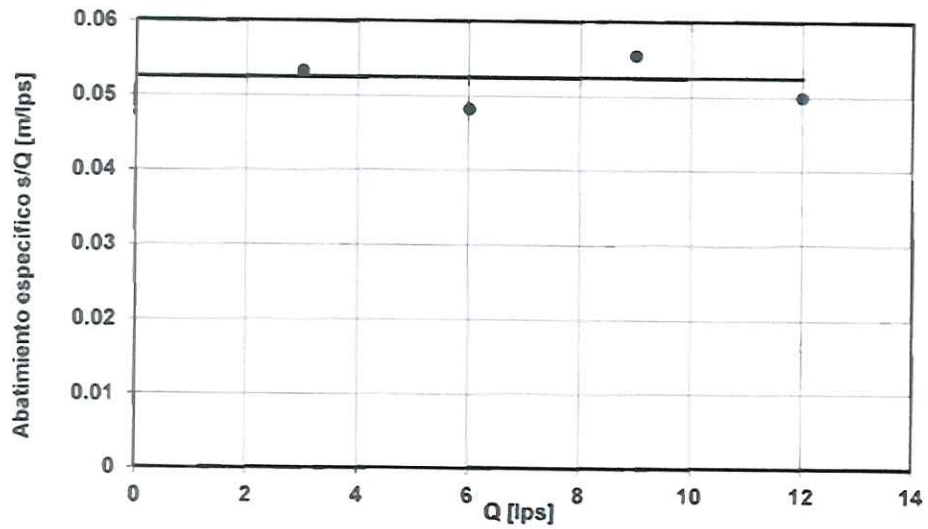


INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
UEN ADMINISTRACION DE PROYECTOS  
UNIDAD DE POZOS

### COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C"

OBTENIDO DE PRUEBA DE CAUDAL VARIABLE  
UTILIZANDO JACOB, ANALIZADO POR EL METODO (BIERSCHENK, 1964)  
 $s/Q = B + CQ$

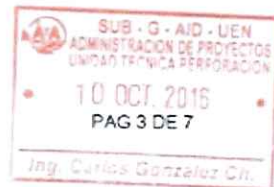
#### Barú, Pérez Zeledón, San José



$C [m/lps^2] = 0.00$

$B [m/lps/día] = 0.06$   
Eficiencia [%] = 100.00

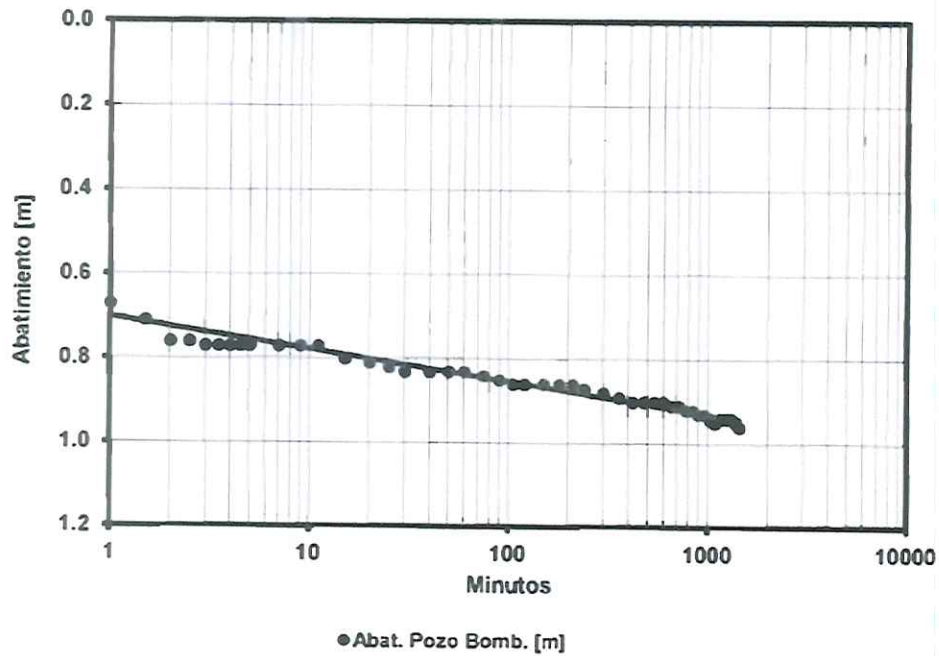
Fig 2 - El valor de "C" corresponde a la pendiente del gráfico. Los valores de  $s/Q$ , son obtenidos de la extrapolación del abatimiento a los 300 minutos.





**PRUEBA DE BOMBEO**  
**ABATIMIENTO- POZO DE BOMBEO**

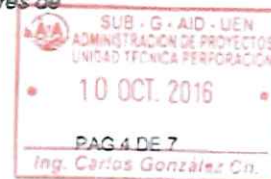
Barú, Pérez Zeledón, San José



T [m<sup>2</sup>/día] = 3117.93  
S =

Nivel Estático [m] = 6.69  
Q [lps] = 15.00

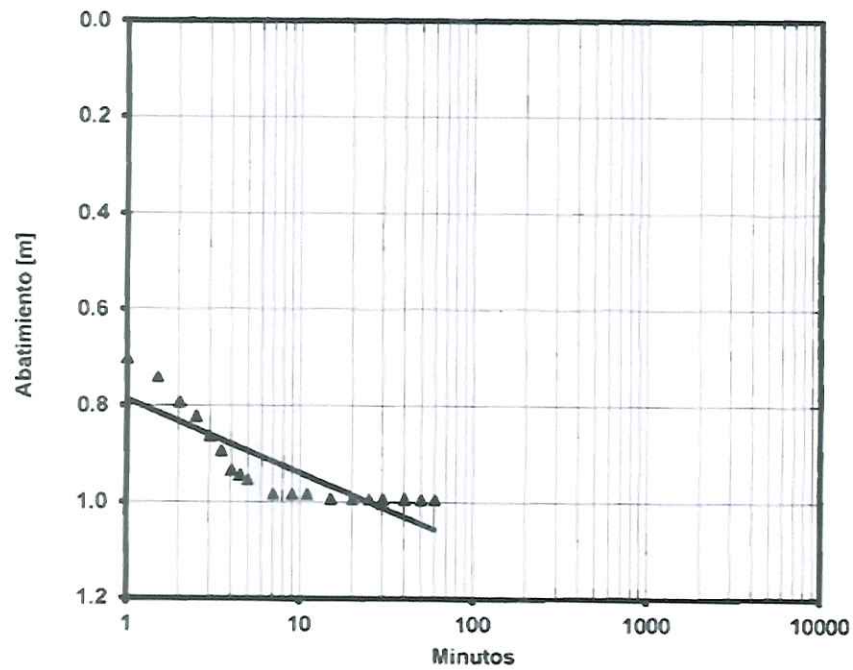
Fig 3 - Gráfico de abatimientos en el pozo de bombeo y valores de transmisividad coeficiente de almacenamiento calculados





### PRUEBA DE BOMBEO-RECUPERACION

#### Barú, Pérez Zeledón, San José

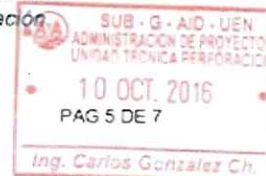


▲ Recup.emul. bombeo[m]

T [m<sup>2</sup>/día] = 1567.95  
S = 5.31E-04

Recuperación [%] = 103  
Q [lps] = 15.00

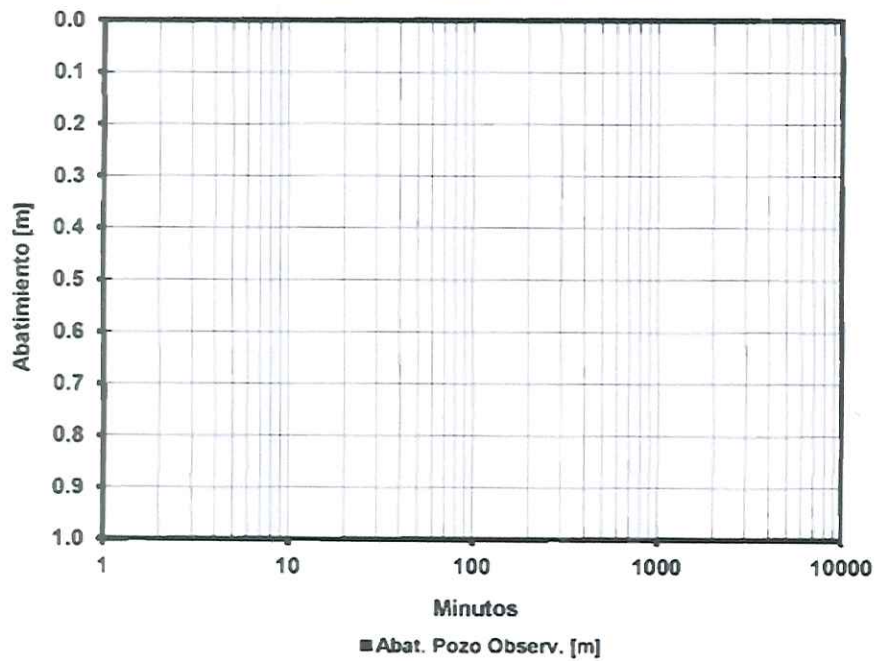
Fig 3 - Gráfico de recuperación en el pozo de bombeo y valores de transmisividad, coeficiente de almacenamiento y % de recuperación calculados.





## PRUEBA DE BOMBEO - POZO DE OBSERVACION

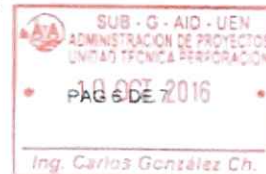
Barú, Pérez Zeledón, San José



T [m<sup>2</sup>/d] =  
S =

Q [lps] = 15.00

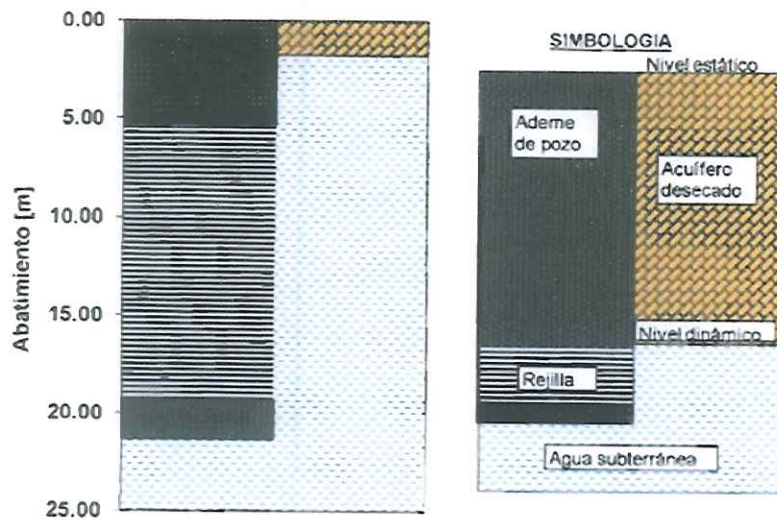
Fig 4 - Gráfico de abatimientos en el pozo de observación y valores de transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento calculados





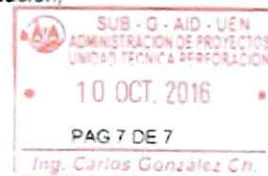
## CAUDAL DE EXPLOTACION

### Barú, Pérez Zeledón, San José



Nivel de abatimiento máximo permisible [m] = 2.00  
Caudal de explotación [lps] = 26.11  
Abatimiento de caudal de explotación [m] = 1.75  
Tiempo de bombeo continuo [hrs] = 20

Fig5 - Indica un perfil del armado del pozo de bombeo, con su ademe y rejilla. Además se indica el caudal y abatimiento de explotación; así como, el tiempo de bombeo continuo recomendado.





LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-02839-2016

## INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Traes Rios, Cartago  
Teléfono: (506) 279-5110  
Fax: (506) 279-5973  
e-mail: [lna@lna.ac.cr](mailto:lna@lna.ac.cr)



Laboratorio de Aguas  
Número de Acreditación No. 11-01-2009  
Acreditado según la ISO 17025  
Acreditación: 11-01-2009  
Acreditación: 11-01-2009  
Acreditación: 11-01-2009

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Cliente:</b>	UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS		<b>Proc. muestreo</b>	AYA-PT-019-5
<b>Contacto:</b>			<b>Muestreado por</b>	Vargas Manuel
<b>SISTEMA:</b>	BARÚ (DOMINICAL)		<b>Fecha de muestreo</b>	30-mar-16
			<b>Fecha de ingreso :</b>	31-mar-16
<b>Muestreo:</b>	POZO		<b>Fecha de Reporte:</b>	06-abr-16
<b>Dirección:</b>	DIRECTO DE POZO		<b>Inicio Análisis MIC:</b>	
			<b>Teléfono:</b>	
<b>PROVINCIA:</b>	San Jose	<b>CANTON:</b>	Pérez Zeledón	<b>Tipo de muestra:</b>
<b>e-mail:</b>		<b>Fax:</b>		Agua
			<b>Hora de recolección:</b>	14:00

### DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Alcalinidad	*	98	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	N.D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3		
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	0,6	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	32,2	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cobaltos	*	1,68	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	240	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	81	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	99	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	30,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	4,4	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	18,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		
pH	*	7,21		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10

Página 1 de 2

Editado e impreso por  
AYA 2006

Aprobado por:  
Dr. Darner Mora Alvarado





LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-02839-2016

### INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Rios, Cartago  
Teléfono: (506) 276 5118  
Fax: (506) 276 5973  
e-mail: [ayalab@aya.gub.cr](mailto:ayalab@aya.gub.cr)



Laboratorio de ensayo  
Asesoría y gestión de S.I.S. 001  
Acreditado según el S.I.S. 001  
Número de acreditación en asociación

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.REC	V.MAX
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,60	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	12,9	mg/L	2,1	2,3	2,9	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	12,50	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Turbiedad	*	0,2	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

\* Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eqa.or.cr](http://www.eqa.or.cr)

\*\* Ensayo no acreditado

#### Condiciones Ambientales:

Pozo nuevo perforado por Aya. En Barú Dominical. No está en uso y la muestra se toma al final de 24 horas de prueba de bombeo con un caudal de prueba de 15 L/s. Agua limpia y sin olor.

#### Observaciones:

Agua de calidad excelente, según los parámetros físicos-químicos evaluados, y los criterios de Calidad para Potabilización en Aguas de Pozos y Nacientes LNA 2012.

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

Licda. Azucena Urbina Campos  
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Editado e impreso por AYA 2006	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------------------	---





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Procedencia: BARÚ (DOMINICAL)	Solicitado por: UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	Recolección: 30/03/2016
Cantón: PÉREZ ZELEDÓN	Recolectado por: MANUEL VARGAS G.	Conclusión análisis: 03/04/2016
Provincia: SAN JOSÉ	Tipo de muestra: Pozos o manantiales	Número reporte: 130159
		Emisión reporte: 07/04/2016

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 mL <sup>-1</sup>		MMP E. coli 48 h. C.
			TOTALES	FECALES	
POZO	14:00			3.6	Negativo

1- Orden: 01620-16.  
 2- Reporte de campo: a) pozo nuevo perforado por AyA en Barú (Dominical); b) no está en uso y la muestra se toma el final de prueba de bombeo 24 horas; c) caudal: 15 l/s; d) agua limpia y sin olor; e) revisar contenido arsénico.  
 3- 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.  
 4- De acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, la calidad del agua es regular

PROFESIONAL RESPONSABLE

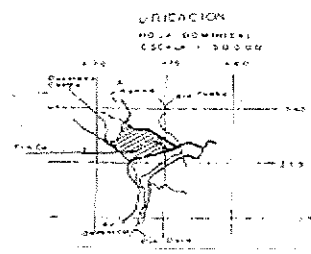
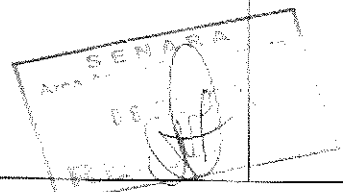

Dr. Pablo Rivera Navarro  
MOC  
Cód. 1684

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"

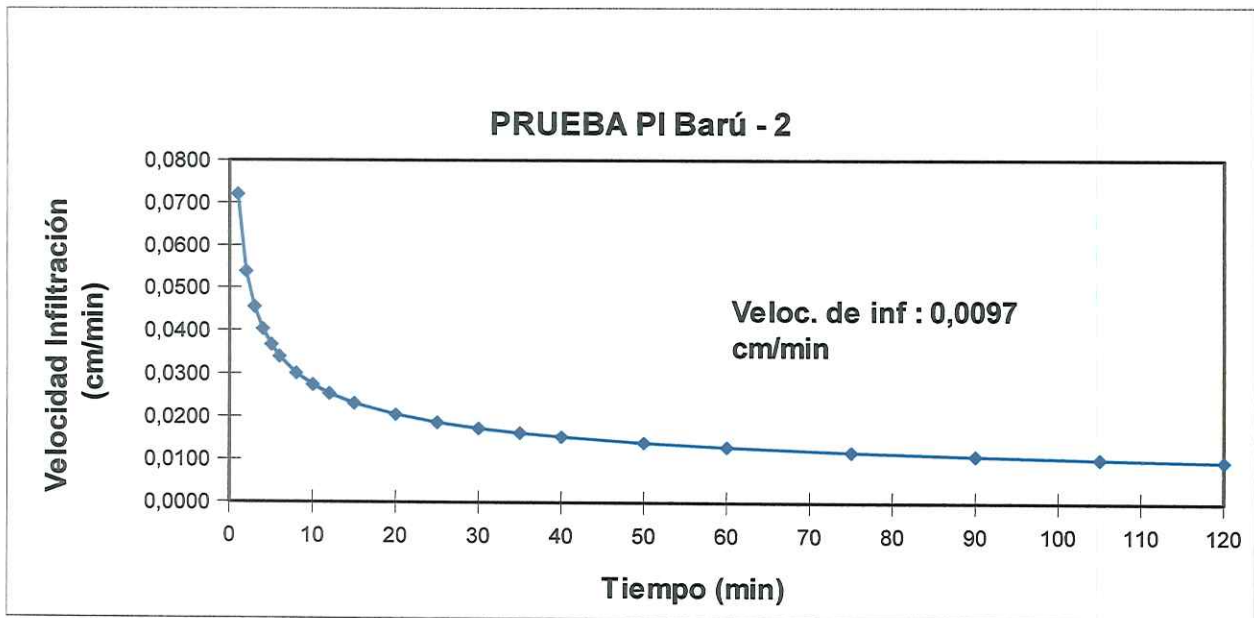
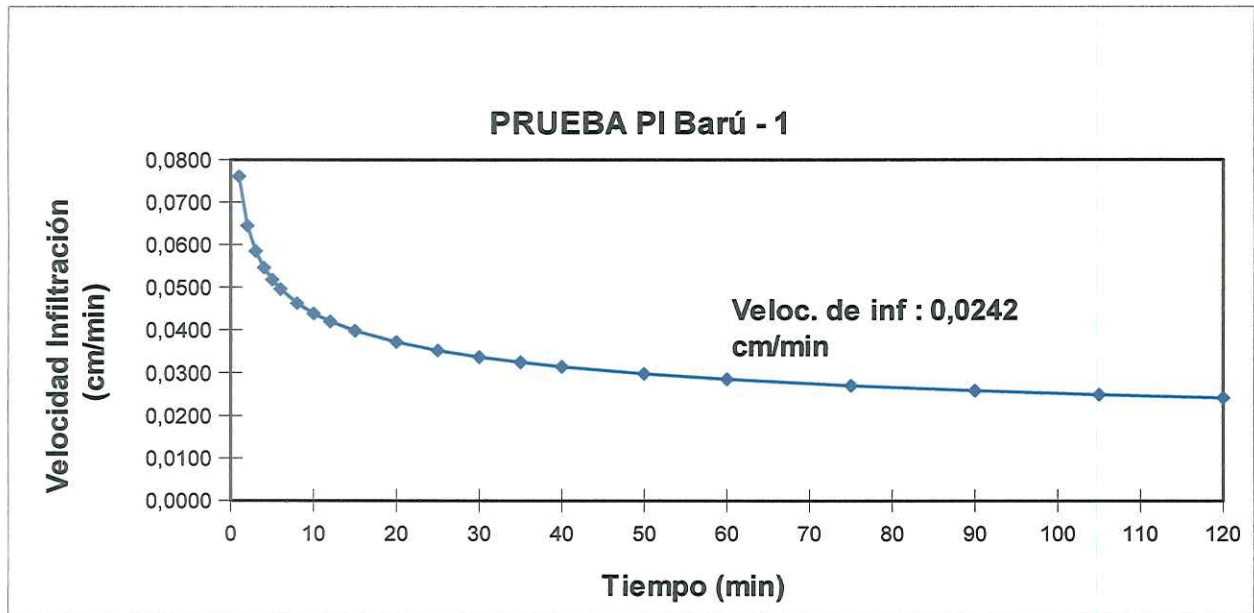
SUB-G-AID-UEN  
 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS  
 UNIDAD TÉCNICA PERFORACIÓN  
 10 OCT. 2016  
 Ing. Carlos González Ch.

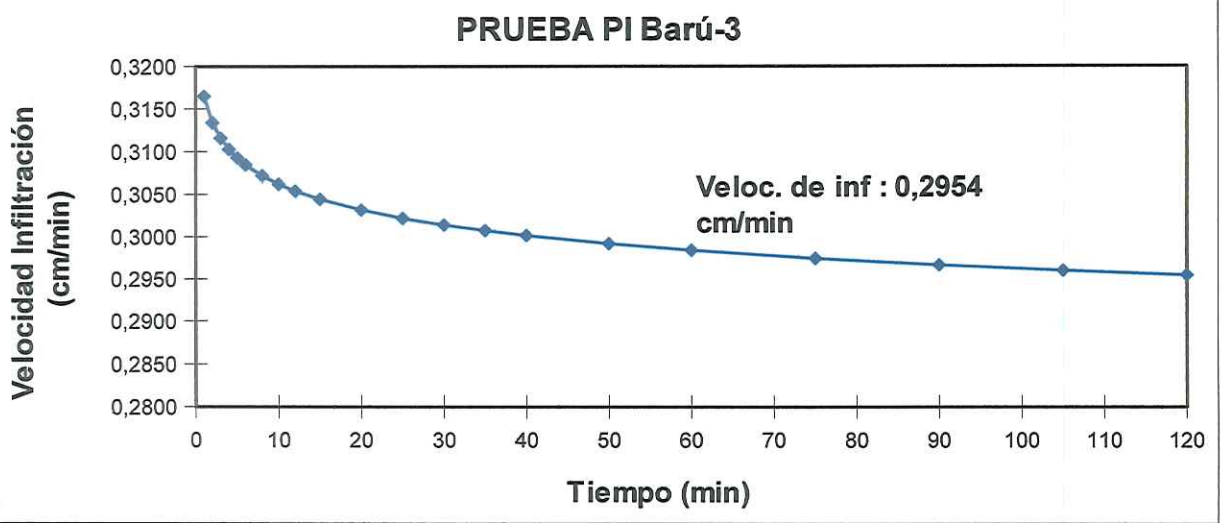
Anexo 3: Informe del pozo DM-30.

<b>REPORTE FINAL DE PERFORACIÓN</b> Página 1		Empresa perforadora: PERFORACIONES ACUARIO S.A.	
Pozo Número: DM-30      Bitácora No. CGCR 2381-04		UBICACIÓN CARTOGRÁFICA (Dibuje el cuadrante)	
Localidad: Barú, Puntarenas			
Croquis del pozo con relación al terreno:		Hoja: <u>Dominical</u> No. <u>3443-IV</u> Escala: 1: 50.000 Latitud: 359-350      Longitud: 478-915	
Propietario: Plaza del Sol de Barú, S.A.			
Uso que se dará al agua: Doméstico		Método de perforación: Percusión	
Inicio de perforación: 09/06/2004		Equipo de perforación: 22 W	
Final de perforación: 12/06/2004		Profundidad total: 35 metros	
VARIACIÓN DE NIVEL DE AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DETALLADA	
Prof. (m) 8.00	Nivel (m) 6.00	Tramo (m) 0- 8 8-22 22-35	Descripción Arcilla color café Aluviones muy limpios de tamaño medio. Lutitas de tamaño fino con arcilla
			
DEPARTAMENTO DE AGUAS 21 JUN. 2004 RECIBIDO			
CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS ENCONTRADAS Se encontraron excelentes condiciones hidrogeológicas, las cuales forman acuíferos de alto rendimiento, especialmente en la sección de 8 a 22 metros, pudiendo extraer mayores caudales que los obtenidos en la prueba de bombeo.			



Anexo 4: Pruebas de infiltración.







**COPIA**

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
San José, Costa Rica  
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-6516. vramos@aya.go.cr

**MEMORANDO**

**PARA:** Javier Valverde Hernández  
Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos

**FECHA:** 16 de febrero del 2017

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

**No. UEN-GA-2017-00146**



**ASUNTO:** Entrega del estudio Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Barú 1 (16-05) Barú. Pérez Zeledón, San José.

De acuerdo con solicitud mediante correo electrónico , se adjunta el informe Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Barú 1 (16-05) Barú. Pérez Zeledón, San José, elaborado por el Geól. Jose Manuel Jiménez Murillo.

Se indica del estudio las siguientes conclusiones:

- 1) El área de estudio se encuentra en un medio geológico de aluvión y depósitos inconsolidados recientes, que corresponde con la Unidad Depósitos Recientes y Aluviales.
- 2) El agua se encuentra almacenada en aluvión generado por los depósitos de los ríos Barú y Guabo. El espesor mínimo medido para el aluvión es de 3,3 m. Estos depósitos se caracterizan por presentar bloques subredondeados con esfericidad media, la cual constituye un acuífero libre cubierto.
- 3) En lo que respecta a la zona de protección del pozo, sus dimensiones quedan establecidas de la siguiente forma:

Fuente	Zona operacional y de protección absoluta	Largo zona de protección absoluta (Bacteriológica)	Ancho zona de protección absoluta (Bacteriológica)
Barú 1	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	200 m (aguas arriba) 15 m (aguas abajo)	140 m



- 4) En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá:
- La superficie de la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
  - El área de reserva absoluta, solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
  - Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
  - Construir una cerca perimetral alrededor de la captación, para prevenir la invasión de animales y vandalismo.
  - La zona de protección absoluta debe dedicarse a la conservación y protección forestal
- 5) El pozo actualmente se encuentra fuera de uso y no cuenta con las instalaciones de protección apropiadas para la extracción del agua. Se debe realizar las mejoras necesarias en el momento que inicie su producción.
- 6) Además se recomienda dejar de utilizar el terreno en el cual se ubica el pozo como patio temporal de materiales de construcción, ya que está practica puede poner en peligro la integridad del pozo así como del agua subterránea.
- 7) Se determina que a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, en los reportes de análisis físico – químicos AYA – ID – 02839 – 2016 *“El agua es de calidad excelente”* y según el reporte Bacteriológico 130159 *“la calidad del agua es regular”*.

  
Vb. Geóg. Gerardo Ramírez  
Director UEN Gestión Ambiental



C: Andres Saenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo  
Patricia Zamora Cordero, UEN Programación y Control  
Luis Guillermo Sanchez Solis, Región Brunca  
Archivo 48