

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



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DEL
 POZO BARBUDAL (COOPESOL), LOCALIZADO EN COLORADO DE ABANGARES,
 GUANACASTE.



Elaboró:

NATALIA MONTES RUIZ (FIRMA) Firmado digitalmente por
NATALIA MONTES RUIZ (FIRMA)
Fecha: 2020.04.30 16:07:12
0000

Geól. Natalia Montes Ruiz
 Área Funcional de Hidrogeología

Asistencia en campo:

Téc. Carlos Murillo-Gestor Experto AyA
 Téc. Marvin Gómez-Gestor Experto AyA

VIVIANA RAMOS SANCHEZ (FIRMA) Firmado
digitalmente por
VIVIANA RAMOS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.04.30
16:12:07

Supervisó, revisó y avaló:
 MSc. Viviana Ramos Sánchez,

Abril, 2020



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



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

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: **Gerencia General**

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

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

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



Firma: _____

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

Índice de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.	Objetivos del informe.....	3
1.1.1.	Objetivo General.....	3
1.1.2.	Objetivos específicos.....	3
1.2.	Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	4
1.3.	Antecedentes.....	4
2.	METODOLOGÍA.....	6
3.	INVESTIGACION.....	7
4.	GEOLOGÍA REGIONAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	10
4.1.	Complejo de Nicoya (basaltos).....	10
4.2.	Formación Berrugate.....	10
4.3.	Formación Barbudal.....	11
4.4.	Formación Santa Ana (Rivas).....	11
4.5.	Depósitos inconsolidados del Cuaternario.....	11
5.	MARCO ESTRUCTURAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
6.	GEOLOGÍA LOCAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
6.1.	Formación Berrugate.....	12
6.2.	Unidad de Depósitos Aluvionales.....	14
7.	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL SITIO.....	16
7.1.	Análisis de aforos diferenciales.....	18
7.2.	Cálculo de la interferencia del pozo Barbudal (Coopesol).....	20
7.3.	Parámetros hidráulicos de la zona saturada.....	24
7.4.	Zona de Protección del pozo Barbudal (Coopesol).....	26
	• Tiempos de tránsito de contaminantes.....	26
	• Radio Fijo del pozo Barbudal (Coopesol).....	30
	• Zona de captura del pozo Barbudal (Coopesol).....	30
	Ancho de zona de captura del pozo Barbudal (Coopesol).....	30
	Punto de no retorno del pozo Barbudal (Coopesol).....	31
	• Aplicación de la Ley de Darcy en el pozo Barbudal (Coopesol).....	32
7.5.	Áreas de Protección Especiales.....	32
	• Zona operacional y de protección absoluta bacteriológica del pozo Barbudal (Coopesol).....	32
	• Zona de Protección Absoluta Bacteriológica.....	33
8.	VULNERABILIDAD DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL).....	35
9.	CALIDAD DEL AGUA DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL).....	36
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
11.	REFERENCIAS.....	41

*DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL),
LOCALIZADO EN COLORADO DE ABANGARES, GUANACASTE.*

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en atención a la solicitud efectuada, mediante correo electrónico, por parte de la UEN Programación y Control a la Dirección de la UEN Gestión Ambiental, donde se pide la colaboración para ejecutar los estudios técnicos necesarios para definir la zona de protección absoluta del pozo Barbudal, propiedad de Coopesol, localizado en Colorado de Abangares y que será donado al AyA para atender la situación actual del suministro de agua en la zona. La visita al sitio para la realización de los estudios de campo necesarios se realizó del 5 al 6 de marzo del 2020 por parte de Hidrogeología y posteriormente el Área de Estudios Básicos, para realizar los aforos diferenciales.

1.1. Objetivos del informe

1.1.1. Objetivo General

Determinar el área especial de protección del pozo Barbudal localizado en Colorado de Abangares, Guanacaste.

1.1.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización geológica e hidrogeológica de los alrededores del pozo Barbudal localizado en Colorado de Abangares.
- Determinar, a partir de pruebas de campo, la permeabilidad de los suelos tanto en el sitio de ubicación del pozo como en sus alrededores.
- Realizar e interpretar aforos diferenciales a lo largo de la Quebrada Barbudal
- Definir, a partir de la aplicación de metodologías hidrogeológicas vigentes, la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo.
- Determinar la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las aguas subterráneas en el sitio de captación

1.2. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Como se muestra en la figura 1, el pozo en estudio se localiza en el sector de Barbudal, a unos 2 km al norte del poblado de Colorado de Abangares en Guanacaste, específicamente en las coordenadas Lambert Norte 243132 N y 415423 E de la hoja topográfica Abangares, 1: 50 000, sobre la margen izquierda de la Quebrada Barbudal. (Figura 1)

1.3. Antecedentes

Mediante oficio SBGSP-2014-1172, de 18 de diciembre 2014, por parte de Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos, se remite a la UEN Gestión Ambiental-Hidrogeología, los estudios técnicos denominados: Estudio Técnico del Acueducto de Colorado de Abangares, así como los Estudios Hidrogeológicos: Radio de Protección y Zona de Captura de los pozos Barbudal, Colorado Hills 2, Colorado Hills 1 y Raizal y pruebas de bombeo y estudio técnico de los pozos Barbudal, Raizal y Colorado Hills 1, presentados para su análisis por un grupo de empresarios que pretenden donarlos como propuesta al proyecto de Mejoras al Sistema de Colorado de Abangares.

Según oficio N° SB-AID-GA-2015-53 de la Dirección Funcional de Hidrogeología-UEN Gestión Ambiental, con fecha 19 de enero del 2015, se remite a la Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos, la valoración, desde el punto de vista hidrogeológico, de los 6 estudios hidrogeológicos presentados, en el cual se indica que: ***“...según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto N° 32327-S, Anexo 1, Cuadro 1. Parámetros de Calidad del agua-Primer nivel de control-N1, que el valor recomendado para conductividad es de 400 μ S/cm y en los pozos en estudio se sobrepasa los 600 μ S/cm.*”**

Sin embargo, nuevamente, mediante correo electrónico con fecha 26 de febrero del 2020 la UEN Programación y Control solicita a la Dirección de la UEN Gestión Ambiental realizar el estudio de la Zona de Protección del Pozo Barbudal.

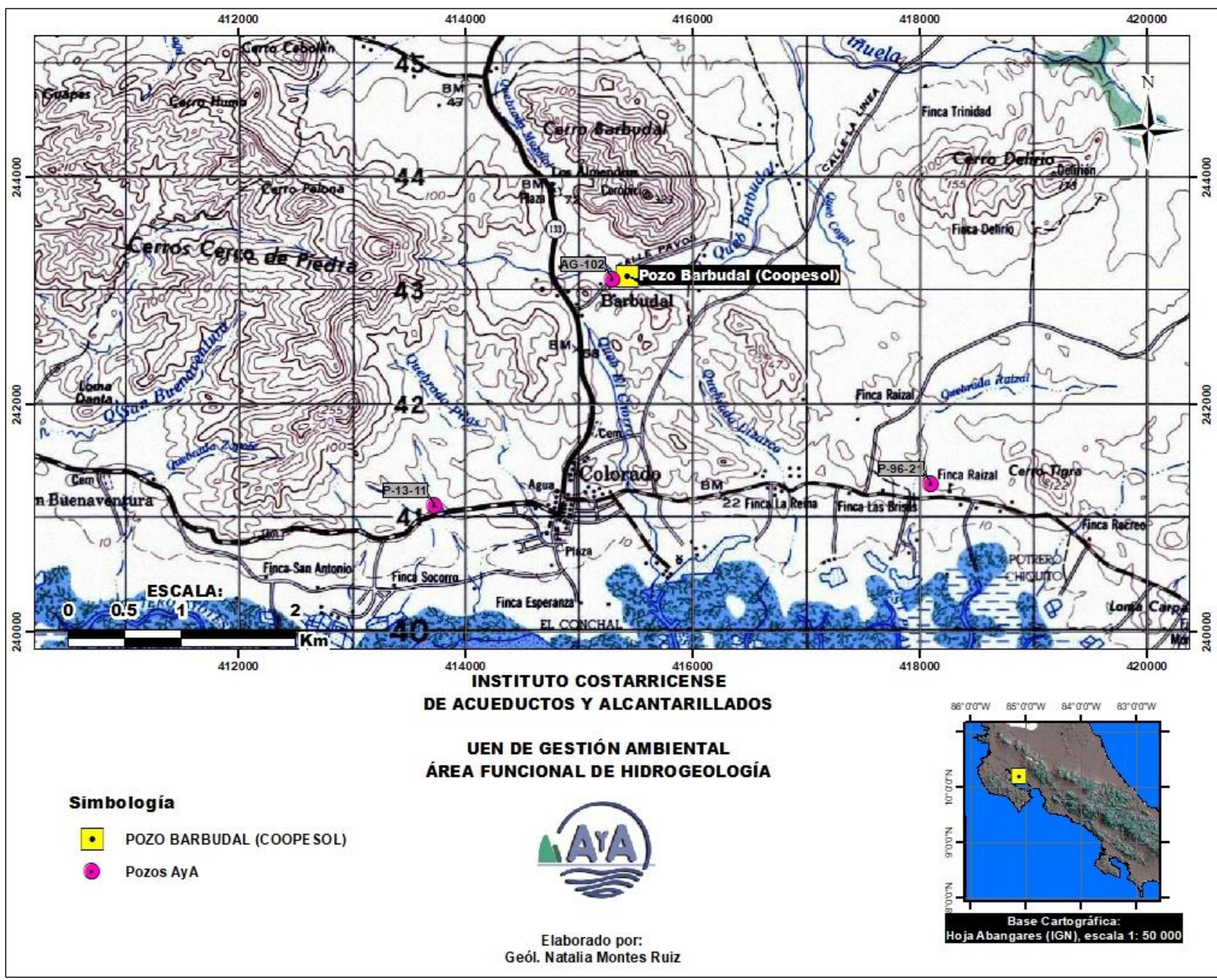


Figura 1: Mapa de ubicación del pozo en estudio

2. METODOLOGÍA

Como parte de la metodología desarrollada para la elaboración de este estudio se realizaron las siguientes actividades:

1. Trabajo de campo en el que se realizó el levantamiento con coordenadas de afloramientos geológicos y pozos de interés para este estudio, así como la elaboración de las pruebas de infiltración necesarias.
2. Investigación y recopilación de información actualizada del área de estudio relacionada a la geología regional así como información de reportes de perforación de pozos de las bases de datos de AyA y SENARA.
3. Determinación de la zona de protección mediante la aplicación de metodologías vigentes en el país.
4. Interpretación de aforos diferenciales, elaborados por el Área Funcional de Estudios Básicos, que se realizaron tanto en el sitio del pozo en estudio como aguas arriba y aguas abajo del mismo.
5. Análisis e interpretación de la información obtenida, elaboración de mapas e informe de la visita.

3. INVESTIGACION

3.1 Descripción del pozo en estudio y otros pozos cercanos utilizados para este estudio

A continuación, se describen tanto el pozo en estudio como otros pozos medidos en los alrededores, que son de interés para la investigación.

3.1.1 Pozo Barbudal (Coopesol) (Figura 1 y Fotografía 1)

Coordenadas: 243 132 N y 415 423 E

Elevación: 52 m.s.n.m

Condición: sin uso (brocal)

Profundidad (m): 35 (armado según informe de filmación del pozo de la UTP, Anexo 1)

Nivel estático (m.b.n.s): 1.17 (medido el 5 de marzo del 2020)

Caudal (l/s): 7 (según informe de filmación y prueba de bombeo de la UTP, Anexo 1)

Como se mencionó anteriormente, el pozo de Barbudal, propiedad de Coopesol y que se pretende donar al AyA, se localiza junto al camino principal de la comunidad de Barbudal, en un terreno de topografía plana, a una distancia de 10 m, de la Quebrada Barbudal, sobre la margen izquierda (fotografía 2), que al momento de la visita cuenta con un flujo de agua mínimo. Además, se ubica a unos 200 m de distancia del pozo del AyA (pozo P-1) ubicado en esa misma comunidad y que permanece en constante funcionamiento. Tal y como se muestra en la fotografía 1, en este momento el pozo en estudio consiste sólo en un brocal con tapa, sin equipo.



Fotografía 1. Ubicación del pozo Barbudal (propiedad de Coopesol) localizado en el sector de Colorado de Abangares, Guanacaste. (Coordenadas: 243132 N y 415423 E)



Fotografía 2. Diferentes vistas de la Quebrada Barbudal en las cercanías del pozo en estudio (Coordenadas: 243140 N/415324 E, 243210 N/415260 E y 243115 N/415416 E respectivamente)

3.1.2 Pozo P-1 Ay A-Barbudal (AG-84) (Figura 1 y Fotografía 3)

Coordenadas: 243 116 N y 415 231E

Elevación: 53 m.s.n.m

Condición: uso

Profundidad (m): 31 m

Nivel estático (m): 3.06 (medido el día de la visita)

Caudal (l/s): 2 l/s



Fotografía 3. Pozo P-1: AyA Barbudal, localizado en la comunidad de Barbudal, a 200 m del pozo en estudio y que permanece en constante funcionamiento (Coordenadas: 243 116 N y 415 231E)

3.1.3 Pozo P-2 Excavado (Figura 1 y Fotografía 4)

Coordenadas: 243 153 N y 415 376 E

Elevación: 53 m.s.n.m

Condición: sin bomba

Profundidad (m): 5.6

Nivel estático (m): 1.75 (medido el día de la visita)

Caudal (l/s): sin dato



Fotografía 4. Pozo excavado localizado a unos 50 m del pozo en estudio en una propiedad privada (Coordenadas: 243 153 N y 415 376 E)

4. GEOLOGÍA REGIONAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio forma parte de la Península de Nicoya que constituye uno de los territorios con las rocas más antiguas de nuestro país, ya que están conformados por un basamento de origen oceánico y una secuencia sedimentaria asociada que han sido afectados por una serie de eventos estructurales. Se encuentran los Basaltos del Complejo de Nicoya como basamento regional, así como las formaciones sedimentarias: Berrugate, Barbudal, Santa Ana y los depósitos recientes e inconsolidados del Cuaternario (Figura 2). A continuación, se describen brevemente, estas formaciones desde la más antigua a la más reciente.

4.1. Complejo de Nicoya (basaltos)

Forman parte de las rocas que constituyen el basamento de la región. Se trata de flujos de basaltos masivos cruzados por fracturas y vetas de ceolita, algunas con cuarzo, caracterizados por tener textura afírica ó afanítica, compuestos de plagioclasa, augita, clorita, óxidos de hierro y titanio, con vetas de calcedonia, ópalo, ceolitas y en menor proporción de calcita. Presentan mineralizaciones de manganeso relacionados a jaspes amarillos y rojos. Además, se encuentran estructuras de almohadillas, éstas muestran una corteza de hialoclastita fracturada. (Denyer et al., 2014).

4.2. Formación Berrugate

Flores (2003) la describe como una secuencia de 10-30 m de brechas finas basálticas y areniscas gruesas a medias intercaladas con lutitas y areniscas finas verdes y negras, silíceas y bituminosas en la parte basal. Sobreyaciendo las brechas se encuentra una secuencia de 10-20 m de intercalaciones centimétricas a decimétricas de lutitas verdes silíceas con areniscas finas y medias verdes silíceas y horizontes de lutitas bituminosas; seguido de una secuencia de aproximadamente 10-20 m de intercalaciones centimétricas de areniscas finas y medias verdes a gris verdoso calcáreas con lutitas gris verdosas calcáreas. En la parte superior se encuentran intercalaciones centimétricas de lutitas grises, cafés y calizas silíceas blancas. Denyer et al. (2014) determinó un espesor máximo aproximado de 170 m.

4.3. Formación Barbudal

De acuerdo con Rivier, (1983), la formación está constituida por un conglomerado de color morado rojizo, mal seleccionado con clastos subredondeados y subangulares de basalto con diámetro máximo de 20 cm, estos se encuentran en contacto interclasto y libre, en una matriz poco cementada que consta de arenas y barros rojizos; es característico observar brillo metálico en algunos clastos debido a la pátina de óxidos de manganeso. El mismo autor le asigna espesor máximo de 100m.

4.4. Formación Santa Ana (Rivas)

Denyer et al. (2014) la describe como depósitos turbidíticos y de masa, compuestos por clastos de calizas pelágicas y abundantes fragmentos de rudistas, así como variables contenidos de clastos de basaltos y serpentinas. Conformada por 20 m de conglomerados con clastos ígneos hasta de 50 cm, lutitas rojizas muy inclinadas y paquetes de areniscas medias a gruesas, color claro, cemento calcáreo con intercalaciones de material más grueso y en la parte superior un nivel bioclástico gruesos, casi caliza.

- **Miembro San Buenaventura**

Corresponde a 400 m de intercalaciones decimétricas a centimétricas de areniscas finas a medias gris-verdosa y lutitas de grises a negras calcáreas, las cuales presentan pliegues, es posible encontrar dentro de los estratos de lutitas gris verdosas fósiles como bivalvos, gasterópodos y otros fragmentos de moluscos. Además, se encuentran horizontes compuestos por estratos de areniscas negras calcáreas y calizas arenosas con fragmentos de rudistas y gasterópodos. Presenta estratificación decimétrica a centimétrica. (Denyer et al. 2014).

4.5. Depósitos inconsolidados del Cuaternario

Según Rivier (1983) en el área de estudio el Cuaternario se divide en aluviones y coluvios. Los aluviones de la zona suelen ser de poco espesor debido al tamaño y poco poder de arrastre de las quebradas.

5. MARCO ESTRUCTURAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Tal y como se indica en el mapa geológico de la figura 2, en las cercanías del área de estudio se ubica La Falla Barbudal con un rumbo N-S, extendiéndose entre los Cerros Barbudal y Cerco de Piedra, presenta un movimiento dextral con componente normal. Aguilar (1977) la propone como una falla inferida con una dirección N20W, evidenciada por un levantamiento de las unidades más antiguas en el bloque este y por un cambio brusco en el tipo de litologías a lo largo de la traza. Flores (2003) menciona que geomorfológicamente la falla es un antiguo escarpe erosionado y los datos geológicos muestran que el Complejo de Nicoya y los sedimentos de las formaciones Berrugate y Barbudal se ubican en el bloque este, mientras que del bloque oeste se encuentran afloramientos de las formaciones sedimentarias únicamente.

6. GEOLOGÍA LOCAL EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Localmente las rocas que afloran en las cercanías del pozo en estudio son las asociadas a la Formación Berrugate, que representan el basamento sedimentario en el sector y por su cercanía con la Quebrada Barbudal los depósitos aluvionales recientes transportados. Sin embargo, bajo el terreno en estudio también existen rocas de origen ígneo que conforman parte del basamento geológico de la región tal y como se muestra en las figuras 2 y 3.

6.1. Formación Berrugate

Consiste en bloques desde centimétricos a métricos de lutitas y areniscas finas silíceas, color verde, con presencia de clastos verde oscuro de tamaño milimétrico y vetas de calcita, areniscas medias calcáreas de coloración café a beige y brechas basálticas de coloración café-grisáceo, con clastos desde milimétricos hasta centimétricos. (Fotografías 5, 6 y 7)

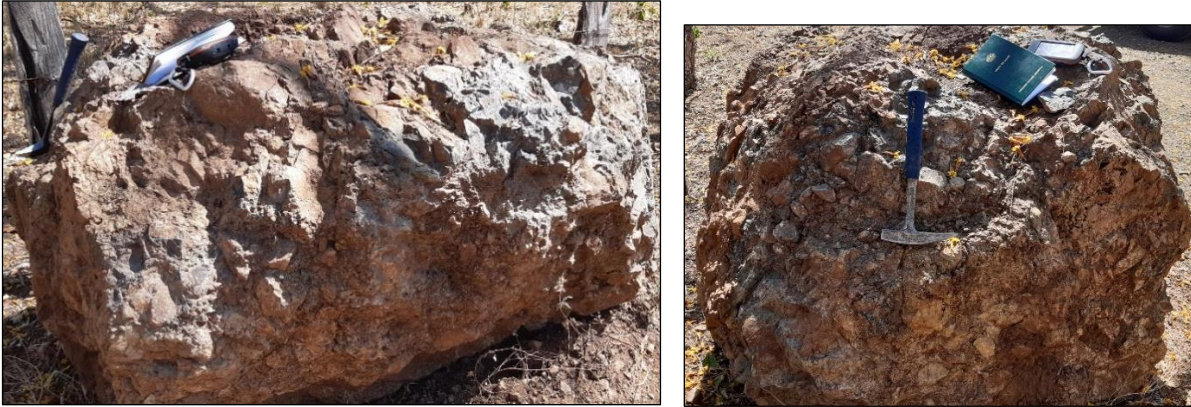
Esta formación representa la base de la secuencia sedimentaria de la zona de estudio y se correlaciona con la Formación Berrugate.



**Fotografía 5: Lutitas silíceas color verde incluidas en la Formación Berrugate.
(Coordenadas: 415 294 E y 243 444N)**



**Fotografía 6: Areniscas medias calcáreas incluidas en la Formación Berrugate.
(Coordenadas: 414 964 E y 243 689 N)**



**Fotografía 7: Brechas basálticas incluidas en la Formación Berrugate.
(Coordenadas: 415 500 E y 243 248 N)**

6.2. Unidad de Depósitos Aluvionales

Consisten en los depósitos de arcillas, arenas finas hasta gruesas y en menos cantidad gravas que son arrastradas y depositadas a lo largo de la Quebrada Barbudal y sus alrededores. Consiste en un depósito, de color oscuro limo arenoso hasta arcilloso con clastos de tamaño milimétrico y de poco espesor, con máximo visible de 1.5 m. (Fotografía 8)



**Fotografía 8: Depósito aluvional fino a lo largo de la Quebrada Barbudal.
(Coordenadas: 243 115 N y 415 416 E)**

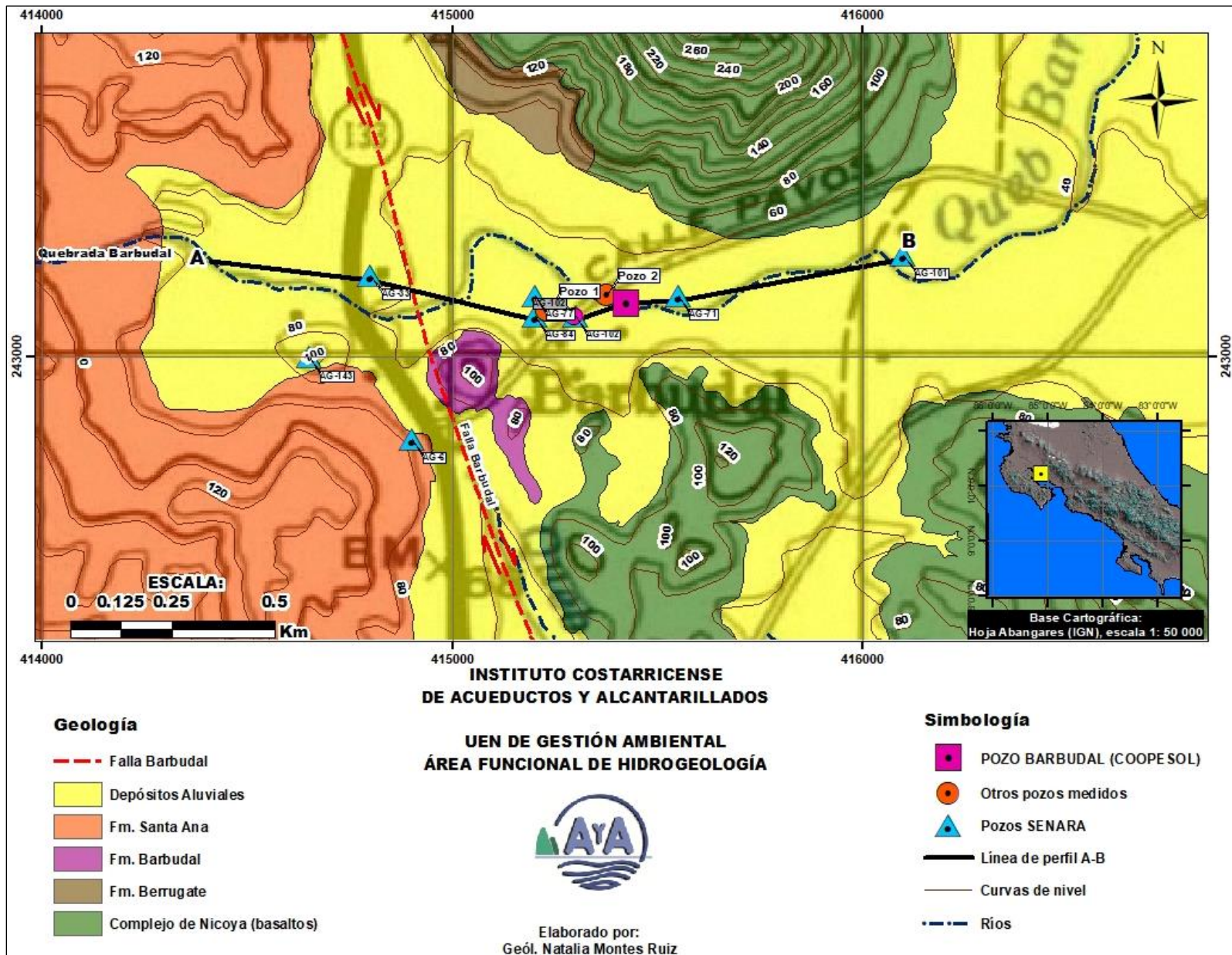


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio. (Tomado y modificado de Denyer et al., 2014)

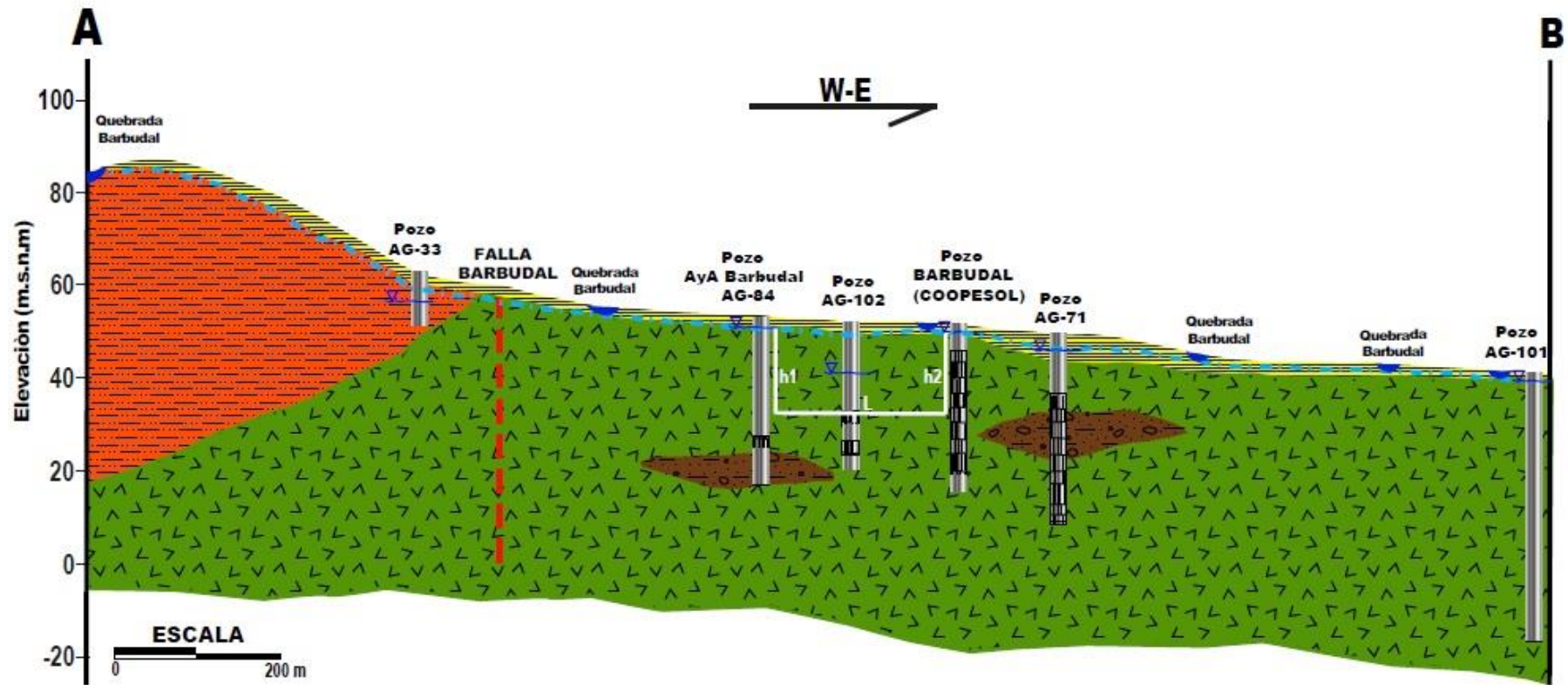
7. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL SITIO

La figura 3 representa un perfil hidrogeológico realizado en la zona de estudio, en dirección W-E y que muestra el modelo hidrogeológico planteado para el sitio, a partir de la interpretación de las descripciones litológicas e información de los pozos AG-33, AG-84, AG-102, del pozo en estudio Barbudal (Coopesol), el pozo AG-71 y el pozo AG-101.

Como se observa en el mapa geológico de la figura 2 y el modelo de la figura 3, tanto el pozo Barbudal, en estudio, como los pozos utilizados para la elaboración del modelo (Tabla 1) y la mayoría de los pozos existentes en la zona, se ubican en superficie, sobre la planicie conformada por los materiales que componen la unidad de depósitos aluvionales, transportados por los ríos y quebradas de la zona y que, de acuerdo con los reportes de perforación, están constituidos por un espesor que varía entre 1y 6 m (pozo AG-71) de un aluvión fino compuesto principalmente por arcillas con arenas de color café y ocasionales fragmentos líticos.

Tabla 1. Pozos utilizados para el análisis y elaboración del modelo hidrogeológico de la zona de estudio (Tomado de reportes de perforación, Anexo 1)

Pozo	Acuífero	Profundidad (m)	Nivel estático (m.b.n.s)	Rejilla (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad (m ² /d)
AG-33 (Excavado)	Sedimentario	11.2	6.68	-	-	-
AG-84 (Perforado)	Ígneo (Complejo de Nicoya)	35.85	2.05	De 25 a 28	2*	4.04*/57**
AG-102 (Perforado)	Ígneo (Complejo de Nicoya)	31	5	De 19 a 22 y de 25 a 28	0.5	-
Barbudal (Coopesol) (Perforado)	Ígneo (Complejo de Nicoya)	35	1.17	De 5 a 33*	7	171***
AG-71(Perforado)	Ígneo (Complejo de Nicoya)	40	2.4	De 12 a 40	2	-
AG-101(Perforado)	Ígneo (Complejo de Nicoya)	57	2	-	-	-
* Obtenido de informe de filmación (2020)						
** Hidroterra (2014)						
*** Reporte de perforación						
**** Obtenida de la prueba de bombeo mediante el método de Newman						



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UEN DE GESTION AMBIENTAL**

GEOLOGÍA

- Depósitos aluvionales
- Formación Santa Ana (areniscas y lutitas)
- Complejo de Nicoya (brechas)
- Complejo de Nicoya (basaltos)

AREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGIA

**FIGURA 3. PERFIL HIDROGEOLOGICO
EN LOS ALREDEDORES DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL)**

Elaborado por: Geól. Natalia Montes Ruiz

SIMBOLOGÍA

- Nivel de agua subterránea
- Pozo con rejilla
- Pozo con ademe

Como se muestra en el modelo hidrogeológico, en los pozos localizados al este del trazo de la Falla Barbudal, bajo en nivel del aluvión fino se reconoce la presencia de las rocas basálticas incluidas dentro del Complejo de Nicoya, que por su alto grado de meteorización en los reportes de perforación de los pozos se describen como areniscas gruesas de color gris oscuro hasta marrón y verdoso, sin embargo, también se presentan tramos más sanos, los cuales se reconocen como lavas sanas gris verdosas, fracturadas, este paquete presenta un espesor máximo de 56 m según el pozo AG-101. Finalmente, en la sección basal se describe, en algunos pozos (AG-84 y AG-71), una brecha de coloración gris-violeta hasta verdosa, de hasta 10 m de espesor, que se asocian a autobrechas del mismo flujo de basaltos.

Según los datos de reportes de perforación de los pozos utilizados, se concluye que a excepción del pozo excavado AG-33, tanto el pozo en estudio como el resto de los analizados, captan el acuífero libre cubierto formado en los basaltos fracturados y meteorizados del Complejo de Nicoya, que están cubiertos por una capa de hasta 6 metros de suelos residuales areno-arcillosos. Los pozos presentan profundidades entre 31 y 57 m, con tramos de rejillas entre las profundidades de 5 y hasta los 40 m.b.n.s, que representan longitudes de hasta 28 m. Como se indica, los niveles estáticos son muy superficiales oscilan entre 1.17 (medido en el pozo en estudio) y 5 m.b.n.s, para un caudal generado entre 0.5 y 7 lt/s (en el caso del pozo Barbudal en estudio) y una transmisividad de $171 \text{ m}^2/\text{d}$ obtenida, también, de la prueba de bombeo del pozo en estudio y mediante el método de Newman (Tabla 1 y Anexo 1).

7.1. Análisis de aforos diferenciales

Considerando la información de los 13 aforos realizados en la Quebrada Barbudal, por el Área Funcional de Estudios Básico, localizados tal y como se muestra en la figura 4 y se detalla en la tabla 2, se tiene que, a los 274 m aguas arriba del pozo (aforo-1), la Quebrada Barbudal presenta un caudal de 0.13 lt/s, sin embargo, a partir de los 254 m la quebrada se mantiene sin caudal hasta en el sitio de ubicación del pozo e incluso 35 m aguas abajo del mismo (aforos del 2 al 9). Es a partir de los 70 m aguas abajo del pozo (aforo-10) que la quebrada adquiere un caudal que aumenta de los 0.14 lt/s (aforo-10) a los 0.51 lt/s (aforo-11), por lo que en este sector la quebrada se describe como efluente, es decir que en este tramo la Quebrada Barbudal es alimentada por el acuífero. Posteriormente, a partir de los 198 m aguas abajo del

pozo la quebrada vuelve a disminuir su caudal, pasando de los 0.51 lt/s en el aforo-11 a 0.09 lt/s en el aforo 12, por lo que, en esta sección la quebrada se caracteriza como influente.

Tabla 2. Aforos realizados a lo largo de la Quebrada Barbudal (Tomado y modificado de Estudios Básicos, 2020)

Aforos	Coordenada X (CRTM-05)	Coordenada Y (CRTM-05)	Caudal (lt/s)	Condición	Observaciones
Aforo-1 (AF-1)	378872	1128718	0.13	Influente	274 m aguas arriba del pozo
Aforo-2 (AF-2)	378882	1128705	0	Seco	254 m aguas arriba del pozo
Aforo-3 (AF-3)	378974	1128668	0	Seco	155 m aguas arriba del pozo
Aforo-4 (AF-4)	379007	1128637	0	Seco	114 m aguas arriba del pozo
Aforo-5 (AF-5)	379040	1128612	0	Seco	78 m aguas arriba del pozo (puente)
Aforo-6 (AF-6)	379081	1128587	0	Seco	44 m aguas arriba del pozo
Aforo-7 (AF-7)	379118	1128609	0	Seco	Sitio de pozo
Aforo-8 (AF-8)	379123	1128604	0	Seco	Sitio de pozo
Aforo-9 (AF-9)	379144	1128589	0	Seco	35 m aguas abajo del pozo
Aforo-10 (AF-10)	379188	1128613	0.14	Efluente	70 m aguas abajo del pozo
Aforo-11 (AF-11)	379216	1128608	0.51	Efluente	98 m aguas abajo del pozo
Aforo-12 (AF-12)	379316	1128617	0.09	Influente	198 m aguas abajo del pozo
Aforo-13 (AF-13)	379442	1128625	0	Seco	325 m aguas abajo del pozo

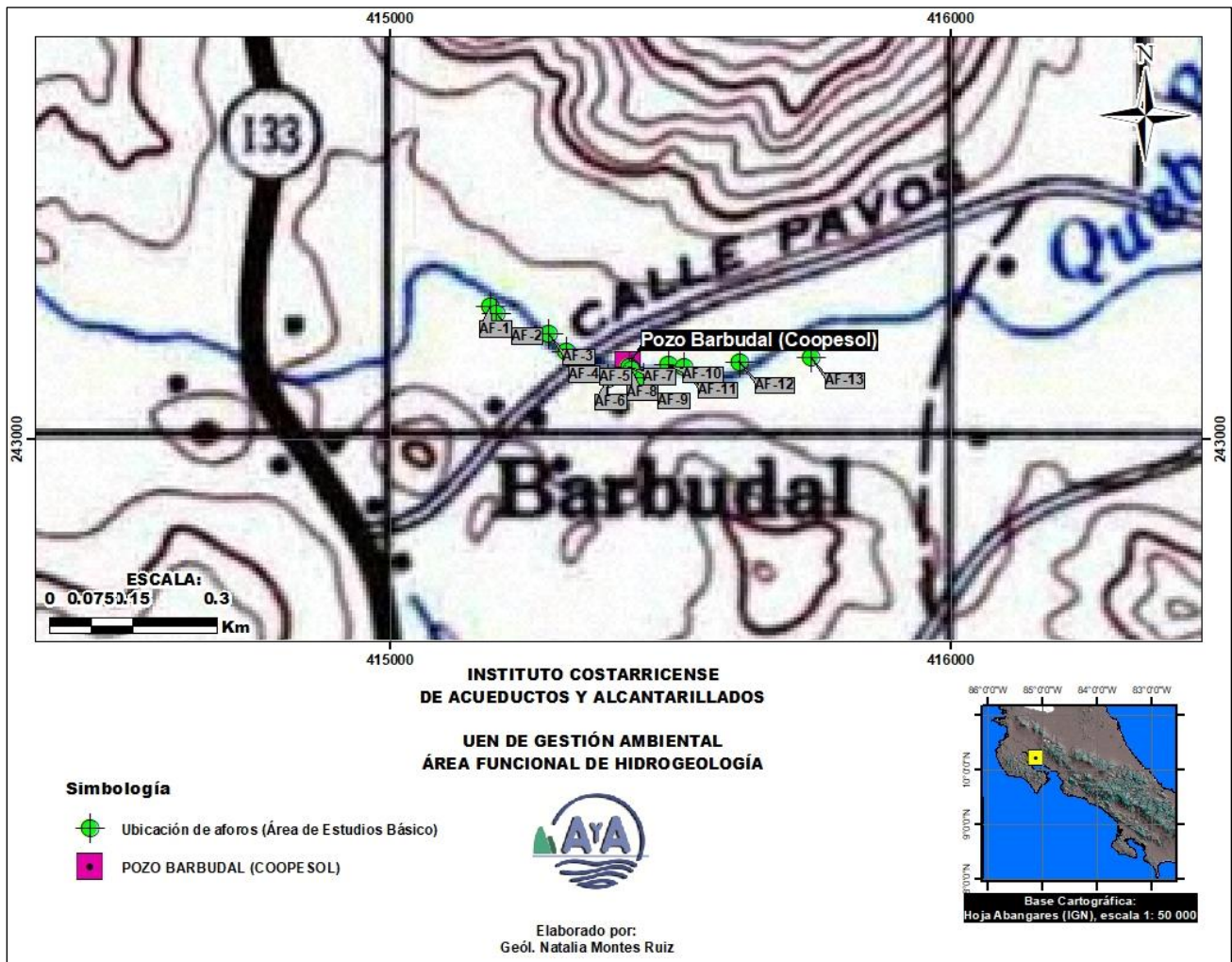


Figura 4: Mapa de ubicación de los sitios de los afloros realizados en la Quebrada Barbudal por parte del Área de Estudio Básicos.

7.2. Cálculo de la interferencia del pozo Barbudal (Coopesol)

Se procedió a realizar el cálculo de radios de interferencia del pozo con relación a la quebrada. Para esto se calcula primero el radio de influencia del pozo según la ecuación:

- Radio de influencia**

$$r = (2,25 T t / S)^{1/2}$$

Donde:

T = Transmisividad del acuífero [m²/día]: 171

t = Tiempo de bombeo [día]: 1

S = coeficiente de almacenamiento [adimensional]: 0.1 (acuífero libre cubierto)

r = radio [m]

$$r = 62 \text{ m}$$

Lo que indica que hasta una distancia de 62 m alrededor del pozo, el abatimiento vuelve a ser cero (Figura 5).

- **Abatimiento teórico en el pozo**

Aplicando la ecuación de Jacob:

$$s = (2,3 Q / 4 \pi T) * \log (2,25 T t / r^2 S)$$

Donde:

Q = Caudal de extracción del pozo [m³/día]: 604.8

T = Transmisividad del acuífero [m²/día]: 171

t = Tiempo de bombeo [día]: 1

r = radio del pozo [m]: 0.075

S = coeficiente de almacenamiento [adimensional]: 0.1 (acuífero libre cubierto)

s = Abatimiento teórico en el pozo producido por la extracción [mbns]

$$s: 3.75 \text{ m}$$

Lo que indica que, bajo los parámetros hidráulicos determinados para el pozo en estudio, el abatimiento teórico esperado es de 3.75 m (Figura 5).

- **Abatimiento en la Quebrada Barbudal**

Se realiza el cálculo del abatimiento a una distancia de 10 m entre el pozo y la quebrada a partir de la siguiente fórmula:

$$s = (2,3 Q / 4 \pi T) * \log (2,25 T t / R^2 S)$$

Donde:

Q = Caudal de extracción del pozo [m³/día]: 604.8

T = Transmisividad del acuífero [$m^2/día$]: 171

t = Tiempo de bombeo [día]: 1

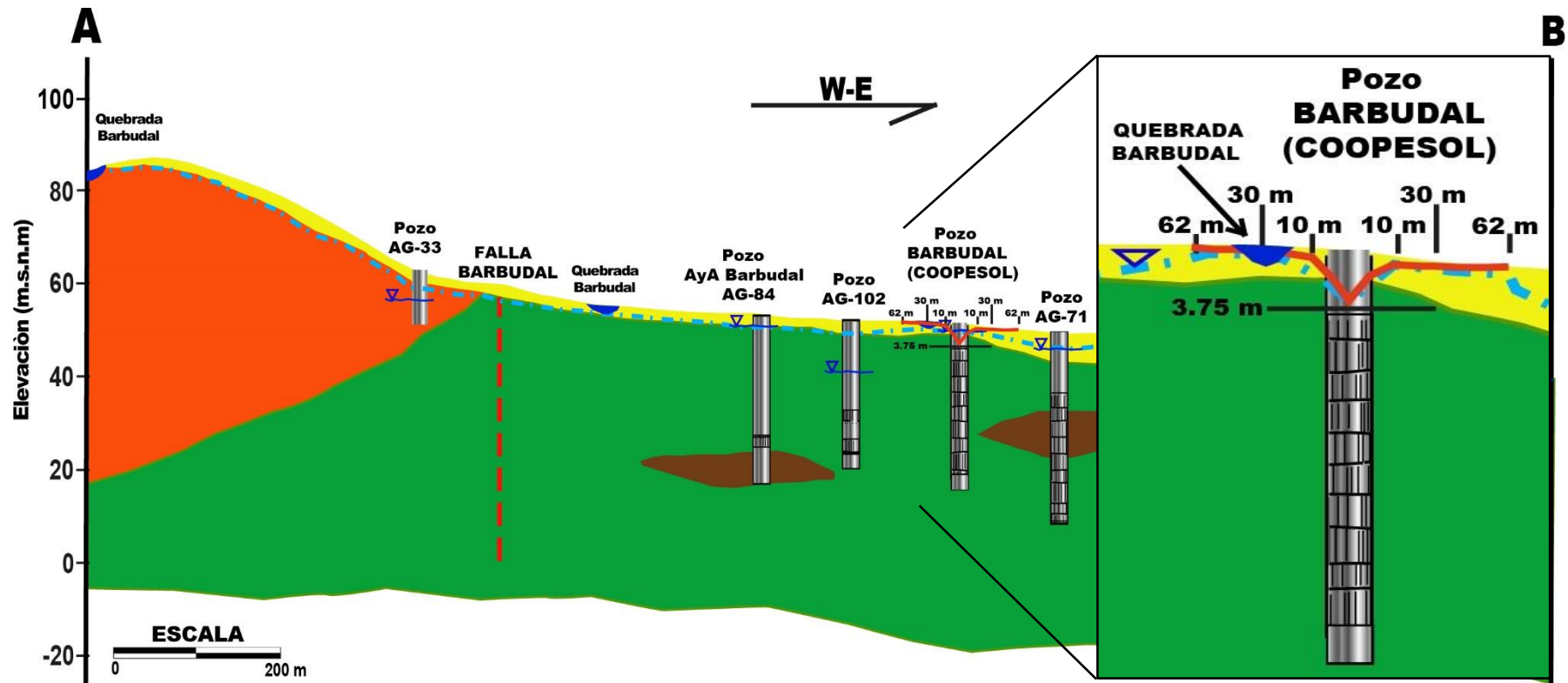
R = distancia entre el pozo y la quebrada [m]: 10

S = coeficiente de almacenamiento [adimensional]: 0.1(acuífero libre cubierto)

s = Abatimiento en la quebrada producido por la extracción [mbns] a una distancia R

s: 1.02 m

Es decir que, a la distancia de 10 m, con respecto al pozo Barbudal, el nivel del agua sería de 1.02 m, lo cual coincide con el nivel de la quebrada (Figura 5).



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UEN DE GESTION AMBIENTAL**

GEOLOGÍA

- Depósitos aluvionales
- Formación Santa Ana (areniscas y lutitas)
- Complejo de Nicoya (brechas)
- Complejo de Nicoya (basaltos)

AREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGIA

SIMBOLOGÍA

- Nivel de agua subterránea
- Abatimiento del pozo
- Pozo con ademe
- Pozo con rejilla

FIGURA 5. INTERFERENCIA Y ABATIMIENTO EN EL POZO BARBUDAL (COOPESOL) Y ALREDEDORES

Elaborado por: Geól. Natalia Montes Ruiz

7.3. Parámetros hidráulicos de la zona saturada

Para la determinación de los parámetros hidráulicos del acuífero evaluado, se calcula el valor de la permeabilidad mediante la ecuación:

$$T = k \cdot b$$

Donde:

T: Transmisividad del pozo en estudio (m^2/d) = 171 (prueba de bombeo, Anexo 1)

b: Espesor del acuífero = 28 m (longitud de rejilla del pozo en estudio)

k: Permeabilidad del acuífero (m/d)

Por lo que la permeabilidad del acuífero aluvial es:

$$k = 6 \text{ m/d}$$

- **Dirección de flujo y gradiente hidráulico en los alrededores del pozo en estudio**

El gradiente hidráulico para el acuífero desarrollado en los basaltos y calculado entre las isofreáticas con los valores de 51 del pozo AG-84 y 50.8 del pozo Barbudal (en estudio) es de 0.0009, mientras que entre las isofreáticas con el valor de 50.8 del pozo Barbudal (en estudio) y con el valor de 47 del pozo AG-71 es de 0.03. Se considerará este último valor para los cálculos de este análisis. La dirección de flujo del agua subterránea es en sentido W-E, siguiendo la dirección de la Quebrada Barbudal. (Figura 6).

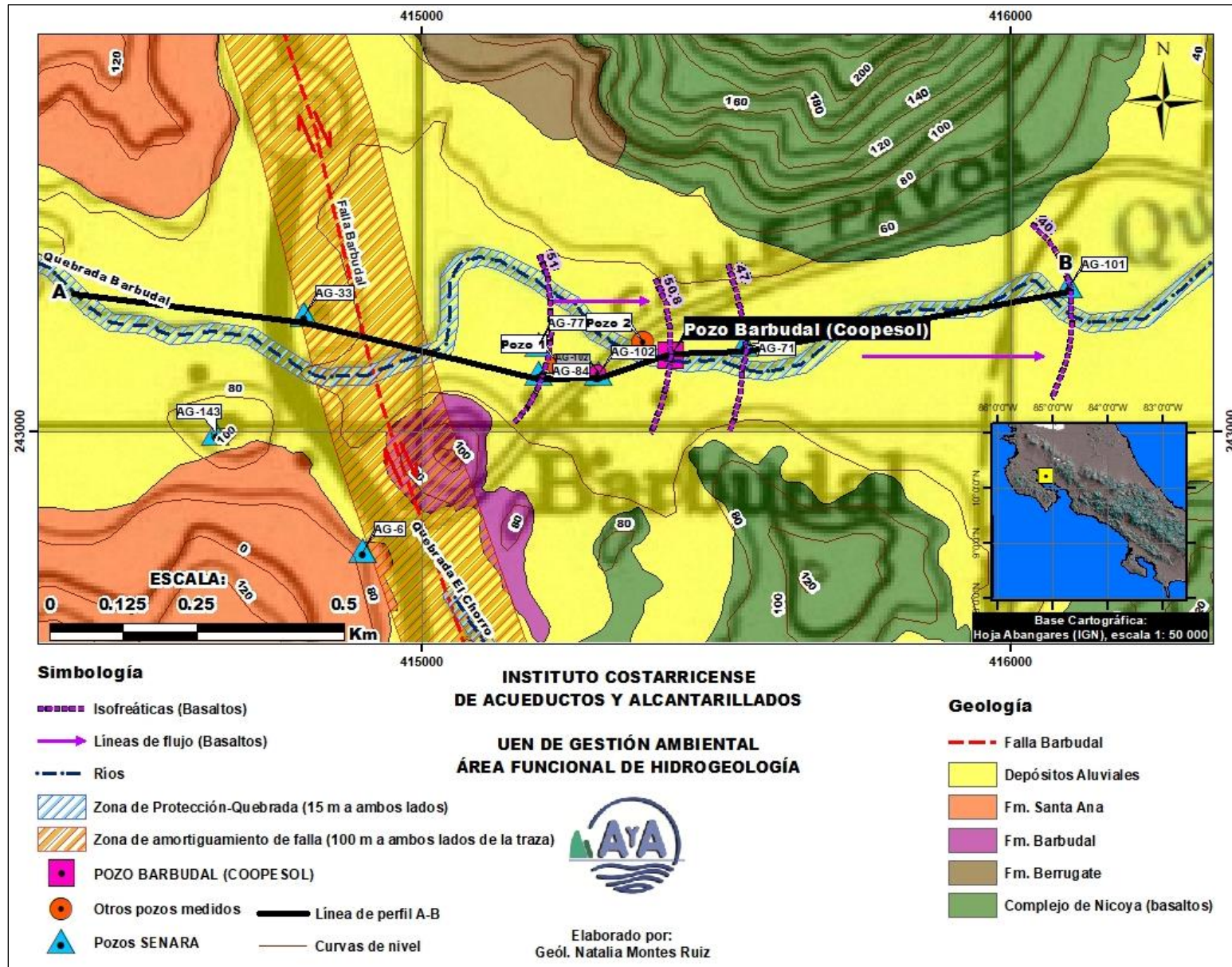


Figura 6. Mapa de elementos hidrogeológicos del pozo en estudio y alrededores

7.4. Zona de Protección del pozo Barbudal (Coopesol)

Para la determinación de la zona de protección del pozo, se deben de calcular los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos, de acuerdo con la metodología de Rodríguez (1994), con lo cual se establece la zona de protección bacteriológica respectiva.

- **Tiempos de tránsito de contaminantes**

En este caso, se establecen las distancias para un tiempo de tránsito de 100 días ya que la zona saturada corresponde a un medio fracturado, como lo son los basaltos del Complejo de Nicoya existentes en el sitio de estudio.

Caracterización de la zona no saturada del pozo Barbudal (Coopesol)

Pruebas de infiltración en los alrededores del pozo

Para la caracterización de los materiales superficiales existentes en el sitio de ubicación del pozo, se realizaron tres pruebas de infiltración con el método del doble anillo, tanto en el mismo sitio de ubicación del pozo como aguas arriba del mismo, tal y como se indica en la figura 7 y tabla 3, donde, además, se presentan los resultados de las 3 pruebas realizadas. Los gráficos de cada ensayo se adjuntan en el Anexo 2.

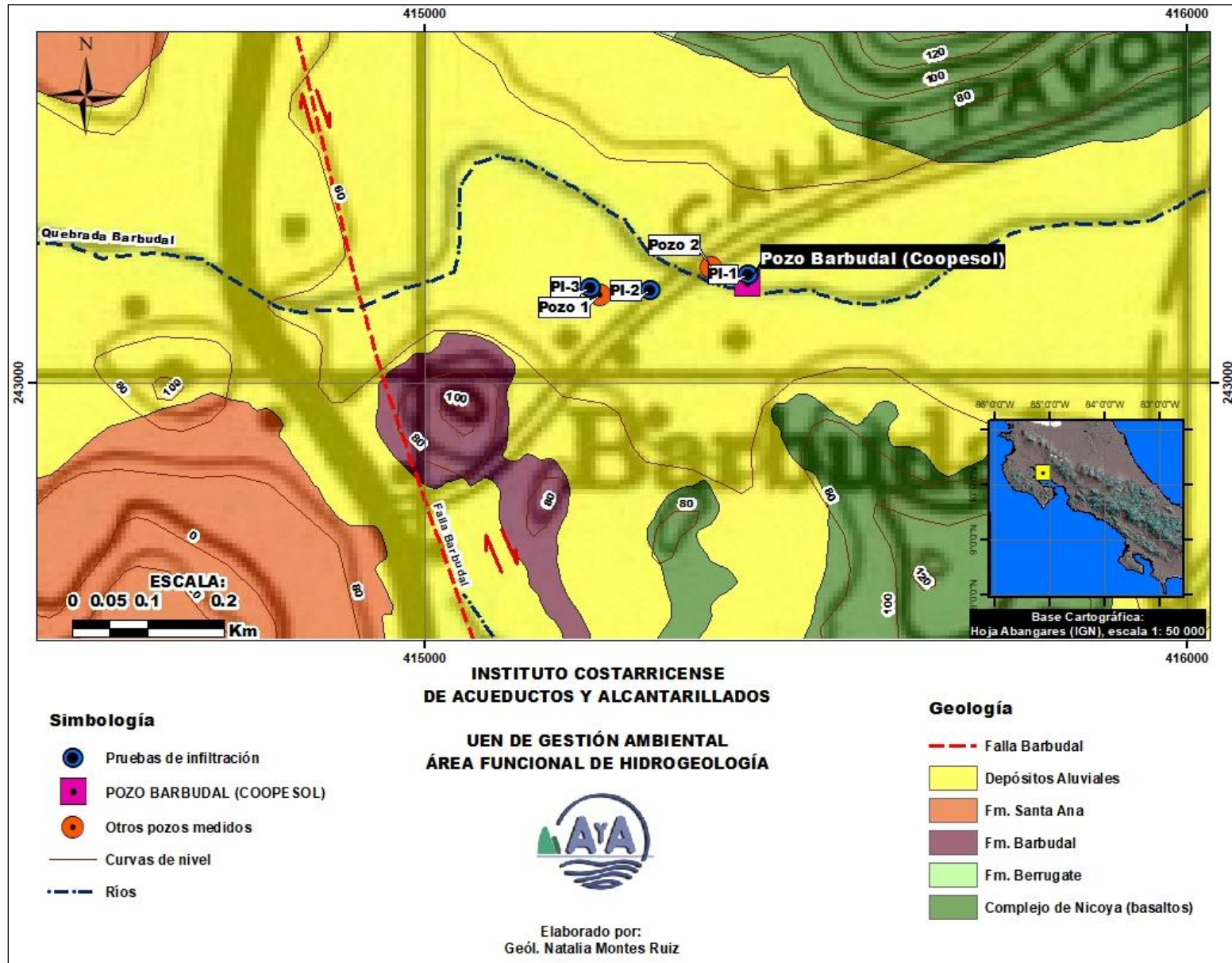





Figura 7: Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración realizadas alrededor del pozo en estudio

Tabla 3. Resultados de las pruebas de infiltración realizadas tanto en el pozo, como aguas arriba del mismo.

Ensayo		Coordenada X	Coordenada Y	K (cm/min)	K (cm/s)	K (m/d)	Clasificación	Litología
PI-1 (en ubicación del pozo)		415425	243143	0.013	0.00022	0.1872	Moderada	Suelo arcillo-arenoso
PI-2 (100 m aguas arriba del pozo)		415297	243122	0.0155	0.00026	0.2232	Moderada	Suelo arcillo-arenoso
PI-3 (200 m aguas arriba del pozo, en pozo AyA-Barbudal)		415218	243126	0.0064	0.00011	0.09216	Moderada	Suelo arcillo-arenoso

Como se muestra en las pruebas realizadas, la permeabilidad de los materiales superficiales existentes en las cercanías del pozo Barbudal en estudio y que corresponden, principalmente, a suelos de granulometrías finas como arcillas y areniscas originados a partir de los depósitos aluvionales, se clasifica, en los tres casos como moderada, por lo que, para la caracterización de la zona no saturada, se determina un valor promedio de 0.17 m/d. Además, de acuerdo con Sanders (1998), para este tipo de materiales, la porosidad tiene un valor de 45%.

Tiempo de tránsito de contaminantes en zona no saturada

El tiempo de tránsito (t_1) para un flujo vertical de contaminantes bacteriológicos, en el caso de la zona no saturada, se determina mediante la fórmula:

$$t_1 = \left(\frac{b * \Theta}{k * i} \right)$$

En el caso del sitio de localización del pozo en estudio y como se indica en la figura 3, la zona no saturada está conformada por los suelos arcillo-arenosos por lo que se tiene:

b: espesor de la zona no saturada = 1.17 m

Θ : porosidad efectiva de la zona no saturada (45%) = 0,45

k: permeabilidad vertical de la zona no saturada= 0.17 m/d (promedio de las pruebas de infiltración)

i: gradiente vertical = 1

Por lo que:

$$t_1 = 3.1 \text{ días}$$

Es decir que, el tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada (vertical) correspondiente al tramo de los suelos bajo el sitio de ubicación del pozo Barbudal en estudio es de 3.1 días.

Tiempo de tránsito de contaminantes zona saturada

Para el caso de la zona saturada se determina la distancia horizontal entre el sitio de estudio y un punto posible de contaminación en caso de un flujo de contaminantes bacteriológicos que se mueve en la tabla de agua subterránea, esto despejando de la fórmula:

$$t_2 = \left(\frac{d * \Theta}{k * i} \right)$$

Para este caso, se calcula para el acuífero más superficial que lo conforman las rocas ígneas fracturadas del Complejo de Nicoya

Por lo que:

$$t_2: 100 \text{ días} - (t_1: 3.1) = 96.9 \text{ días}$$

$$\Theta: \text{porosidad de la zona saturada} = 10\%: 0.1$$

$$k: \text{permeabilidad del acuífero} = 6 \text{ m/d.}$$

$$i: \text{gradiente hidráulico} = 0.03$$

$$d: \text{distancia horizontal entre el sitio de estudio y un punto posible de contaminación}$$

Despejando d, se obtiene que:

$$d = 174 \text{ m}$$

Lo que significa que, bajo estas condiciones del medio y características de los materiales presentes en el sitio, se requiere de una distancia horizontal de 174 m para que las bacterias, en la zona saturada de los basaltos, se degraden en su totalidad.

- **Radio Fijo del pozo Barbudal (Coopesol)**

Para el cálculo de la zona de protección a partir de este método se aplica la ecuación:

$$R = \sqrt{\left(\frac{Q * T_{sat}}{\pi * \Theta * b}\right)}$$

Donde:

Q (m³/d): 7 lt/s (caudal según reporte de perforación, Anexo 1) = 604.8 m³/d

T₂ (días): tiempo de tránsito del flujo horizontal en el acuífero = 96.9 d

Θ: porosidad del acuífero = 10% = 0,1

Π: 3,14

b (m): espesor del acuífero = 28 m (longitud de rejillas según reporte de perforación del pozo en estudio, Anexo 1)

R (m): radio fijo

$$R = 82 \text{ m}$$

- **Zona de captura del pozo Barbudal (Coopesol)**

En este apartado se determinarán el ancho de la zona de captura, para lo cual se define un tiempo de tránsito menor a 100 días debido a que, geológicamente el sitio de estudio está conformado por materiales de características fracturadas como los basaltos presentes.

Ancho de zona de captura del pozo Barbudal (Coopesol)

De acuerdo con Grubb, (1993) y para acuíferos libres, como en este caso, está definida por la ecuación:

$$a = \frac{2 * Q * L}{k (h_1^2 - h_2^2)}$$

En donde:

a (m): Ancho de la zona de captura

Q (m³/d): 7 lt/s (caudal según reporte de perforación, Anexo 1) = 604.8 m³/d

k: permeabilidad del acuífero = 6 m/d

h1 (m): 19 m, espesor de zona saturada en el pozo Barbudal (según figura 3)

h2 (m): 18 m, espesor de zona saturada en el pozo Barbudal (según figura 3)

L: 233 m distancia horizontal entre h1 y h2

Por lo que:

$$a = 1269 \text{ m}$$

Punto de no retorno del pozo Barbudal (Coopesol)

De acuerdo con (Grubb, 1993):

$$X_0 = \frac{-Q \cdot L}{\Pi \cdot k [h_1]^2 - (h_2)^2}$$

En donde:

X0 (m): radio de no retorno

Q (m³/d): 7 lt/s (caudal según reporte de perforación, Anexo 1) = 604.8 m³/d

Π: 3,14

k: permeabilidad del acuífero = 6 m/d

h1 (m): 19 m, espesor de zona saturada en el pozo Barbudal (según figura 3)

h2 (m): 18 m, espesor de zona saturada en el pozo Barbudal (según figura 3)

L: 233 m distancia horizontal entre h1 y h2

$$X_0: 202 \text{ m}$$

Sin embargo, en este caso y a partir del criterio de experto se aplicará el radio operacional de 15 m para proteger la zona aguas abajo del pozo, tal y como se observa en la figura 8.

- **Aplicación de la Ley de Darcy en el pozo Barbudal (Coopesol)**

De la siguiente relación de Darcy también se puede obtener el ancho de la zona de captura

$$Q = TiL$$

Donde:

Q (m³/d): 7 lt/s (caudal según reporte de perforación, Anexo 1) = 604.8 m³/d

T(m²/d): Transmisividad del acuífero = 171

L (m): ancho de la zona de captura

i: gradiente hidráulico (a partir de isofreáticas) = 0.03

Por lo que, el ancho de la zona de captura es de:

$$L = 118 \text{ m}$$

7.5. Áreas de Protección Especiales

A partir del análisis realizado de los parámetros hidráulicos se definen las siguientes zonas de protección para el pozo en estudio.

- **Zona operacional y de protección absoluta bacteriológica del pozo Barbudal (Coopesol)**

De acuerdo con Foster et al (2002), la zona operacional de una fuente comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento, definida en 15 m, esta constituye un área de reserva absoluta, por lo que no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aun así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen la fuente ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías.

Todos los sectores de esta zona que sean usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deberían estar protegidas con un piso de concreto para prevenir la infiltración de sustancias químicas, aceites, etc, que sean utilizadas en el mantenimiento, además, se recomienda la

colocación de una cerca perimetral en esta zona para prevenir la invasión de personas o animales que puedan provocar algún tipo de contaminación o vandalismo (Foster et al, 2002). Las dimensiones de esta zona están en función de las condiciones geomorfológicas del terreno y las características geológicas de los materiales que lo conforman, tanto en superficie como en profundidad, sin embargo, se recomienda un radio de 15 m, tanto aguas arriba, como aguas abajo y lateralmente al pozo (figura 8).

- **Zona de Protección Absoluta Bacteriológica**

La zona de Protección Absoluta Bacteriológica del pozo Barbudal (Coopesol), estará conformada por una distancia de 82 m, obtenida mediante la metodología de radio fijo y que se medirá a ambos lados del pozo. En dirección aguas arriba, se considerará la distancia obtenida por medio del cálculo de tránsito de contaminantes, equivalente a 174 m, mientras que, aguas abajo del pozo la distancia estará dada por el límite de la Zona Operacional y de Protección Absoluta correspondiente a 15 m (figura 8).

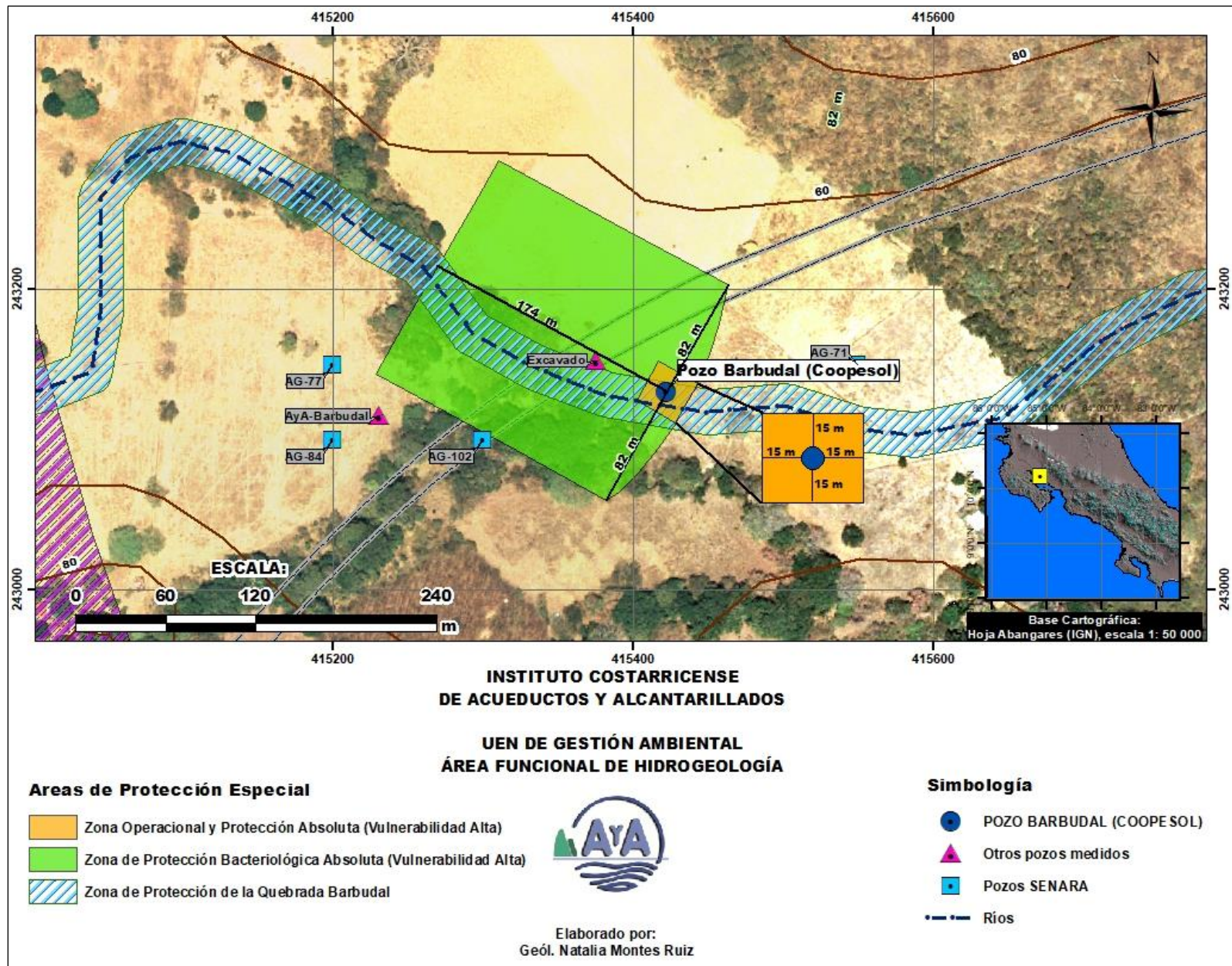


Figura 8. Mapa de definición de zonas de protección del pozo Barbudal (Coopesol)

8. VULNERABILIDAD DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL)

La vulnerabilidad en la zona de protección inmediata al pozo en estudio se determina mediante el método GOD (Foster et.al, 2002) (figura 9) para lo cual se toman en cuenta los siguientes tres parámetros a los cuales se les asigna un índice según corresponda al sitio analizado:

- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad al nivel freático

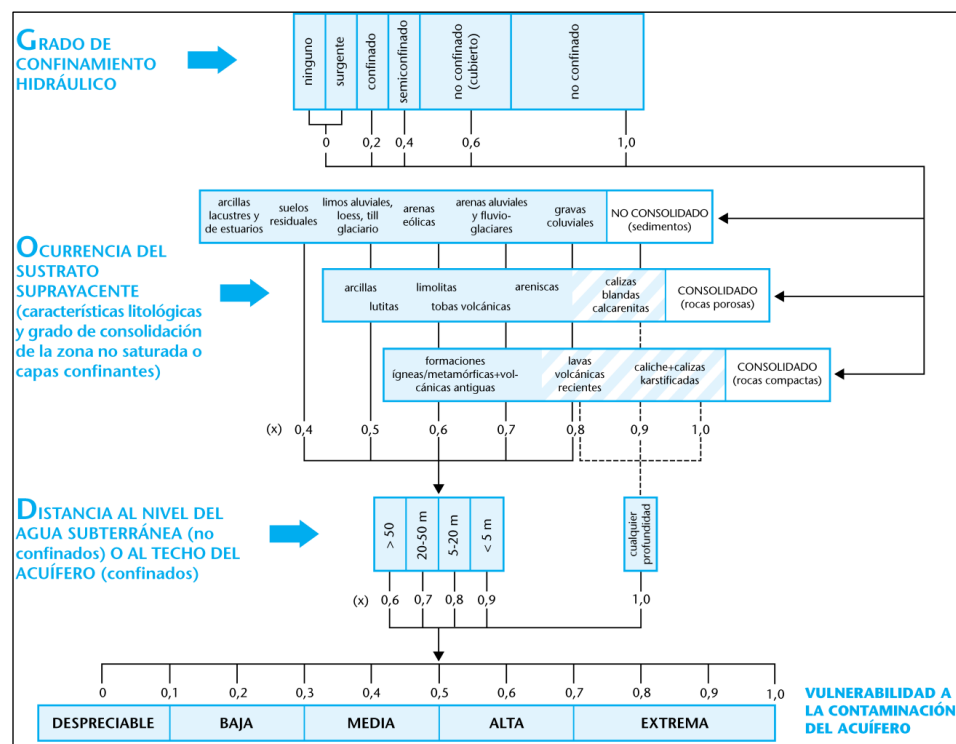


Figura 9. Esquema del Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos

De acuerdo con esto, en el caso del pozo Barbudal (Coopesol) se tiene:

- Grado de confinamiento: no confinado cubierto = 0.6
- Ocurrencia del sustrato: arcillas y arenas = 0.6
- Profundidad al nivel freático: < 5 m = 0.9

Por lo que, en el sitio de ubicación del pozo Barbudal (Coopesol) se determina un grado de

vulnerabilidad a la contaminación de 0.3, lo que de acuerdo con (Foster et.al, 2002), significa una Vulnerabilidad Media.

9. CALIDAD DEL AGUA DEL POZO BARBUDAL (COOPESOL)

Con respecto a la calidad del agua del pozo en estudio y de acuerdo con los resultados de los análisis de calidad (tanto físico-químicos como microbiológicos), realizados durante la prueba de bombeo, se indica:

- Reporte de análisis físico-químico con código AyA-ID-11261-2019 y fecha 20 de diciembre del 2019 (Anexo 3): no se indican observaciones, sin embargo los resultados de los parámetros de calcio: 98.9 mg/L (con VMA: 100 mg/L), conductividad: 664 μ S/cm (con VA: 400 μ S/cm), dureza total: 369 mg/L (con VA: 300 mg/L y VMA: 400 mg/L) y magnesio: 29.6 mg/L (con VA: 30 mg/L y VMA: 50 mg/L) se encuentran cerca de los valores máximos admisibles o sobrepasando los valores alertas, según Decreto Ejecutivo 38924-S.
- En el reporte de análisis microbiológico N° 153629, con fecha 19 de diciembre del 2019 (Anexo 3): negativo para coliformes fecales y calidad excelente.

Además, durante el trabajo de campo efectuado para este estudio, entre los días 5 y 6 de marzo, se tomó una muestra de agua del pozo para realizar el análisis, directamente en el campo, de los parámetros físico-químicos básicos de conductividad, pH y temperatura. Los resultados obtenidos fueron:

- Conductividad: 538.1 μ S/cm (VA: 400 μ S/cm)
- pH: 6.85
- Temperatura: 28.6 °C

Como se indica, en este caso también sobrepasa el Valor Alerta establecido en el Decreto Ejecutivo 38924-S del Ministerio de Salud.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Geológicamente en los alrededores de la zona de estudio se observan dos litologías presentes: los materiales rocosos asociados a la Formación Berrugate, que representan el basamento sedimentario del sector y por su cercanía con la Quebrada Barbudal, los depósitos aluvionales recientes que son transportados por la misma quebrada. Sin embargo, bajo el terreno en estudio existen también rocas que conforman parte del basamento ígneo de la región como lo son los basaltos del Complejo de Nicoya.
2. Los terrenos donde se localiza el pozo Barbudal (Coopesol) en estudio, están formados superficialmente por una primer capa correspondiente a un aluvión fino de un espesor que varía entre 1 y 6 m, compuesto principalmente por arcillas con arenas de color café y ocasionales fragmentos líticos. Subyaciendo este primer nivel se reconoce la presencia de rocas basálticas del Complejo de Nicoya, de coloración gris oscuro hasta marrón y verdoso y con un alto grado de meteorización y fracturación, sin embargo, también se describe la presencia de algunos tramos más sanos, así como una brecha gris-violeta hasta verdosa. Todo este paquete presenta un espesor máximo alcanzado de 56 m en los alrededores de la zona de estudio y constituye un acuífero libre cubierto. Los pozos que están captando este acuífero presentan profundidades entre 31 y 57 m, con tramos de rejillas entre las profundidades de 5 y 40 m.b.n.s, lo que representan longitudes de 28 m. Los niveles estáticos son muy superficiales, oscilan entre 1. 17 y 5 m.b.n.s, para un caudal generado entre 0.5 y 7 lt/s (en el caso del pozo Barbudal en estudio) y una transmisividad de 171 m²/d obtenida, también, de la prueba de bombeo del pozo en estudio. Además, se determinó que el acuífero captado por el pozo tiene conexión subterránea con la Quebrada Barbudal como se demostró con los aforos diferenciales realizados.
3. Se define, para el acuífero desarrollado en los basaltos del Complejo de Nicoya un gradiente hidráulico de 0.03, con una dirección de flujo del agua subterránea en sentido W-E, siguiendo la dirección de la Quebrada Barbudal.

4. A partir del cálculo de interferencias del pozo Barbudal (Coopesol) en estudio se determina que:

- Bajo los parámetros hidráulicos determinados para el pozo en estudio, el abatimiento esperado es de 3.75 m.
- A una distancia de 62 m alrededor del pozo, el abatimiento es cero.
- A una distancia de 10 m del pozo Barbudal, donde se localiza la Quebrada, el abatimiento del agua subterránea sería de 1.02 m, lo cual coincide con la posición del nivel en la quebrada, confirmando la conexión subterránea entre ambos.

5. A partir del análisis del tránsito de contaminantes y la aplicación de diversas metodologías para el cálculo de las zonas de protección de pozos se establece, para el pozo Barbudal (Coopesol) en Colorado de Abangares las siguientes áreas de protección especiales:

- **Zona Operacional y de Protección Absoluta:** constituida por una distancia de 15 metros tanto en dirección aguas arriba, como aguas abajo del pozo y lateralmente a la misma. En esta zona no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y deben estar cuidadosamente controladas para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen la fuente ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías. Todos los sectores de esta zona que sean usadas para actividades de mantenimiento del pozo, deberían estar protegidas con un piso de concreto para prevenir la infiltración de sustancias químicas, aceites, etc, además, se recomienda la colocación de una cerca perimetral para prevenir la invasión de personas o animales que puedan provocar algún tipo de contaminación o vandalismo.
- **Zona de Protección Absoluta Bacteriológica:** estará conformada por una distancia de 82 m, obtenida mediante la metodología de radio fijo y que se medirá a ambos lados del pozo. En dirección aguas arriba, se

considerará la distancia obtenida por medio del cálculo de tránsito de contaminantes, equivalente a 174 m, mientras que, aguas abajo del pozo la distancia estará dada por el límite de la Zona Operacional y de Protección Absoluta correspondiente a 15 m. Esta zona debe dedicarse a la conservación y protección forestal.

- Sin embargo, es importante indicar que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica del pozo es de 900 m².
6. Tal y como se muestra en la figura 8, el pozo Barbudal (Coopesol) se localiza a una distancia de 10 m de la Quebrada Barbudal, ubicándose dentro de la zona de protección de los 15 m según lo indicado en el Artículo 33 de la Ley Forestal (N° 7575).
 7. Con relación a la vulnerabilidad del pozo Barbudal (Coopesol) y a partir de los parámetros evaluados, se obtiene un grado de vulnerabilidad a la contaminación de 0.3, lo que de acuerdo significa una Vulnerabilidad Media.
 8. Con respecto a la calidad del agua del pozo Barbudal (Coopesol) en los análisis de calidad (tanto físico-químicos como microbiológicos) se indica:
 - Reporte de análisis físico-químico con código AyA-ID-11261-2019 y fecha 20 de diciembre del 2019 (Anexo 3): no se indican observaciones, sin embargo los resultados de los parámetros de calcio: 98.9 mg/L (con VMA: 100 mg/L), conductividad: 664 µS/cm (con VA: 400 µS/cm), dureza total: 369 mg/L (con VA: 300 mg/L y VMA: 400 mg/L) y magnesio: 29.6 mg/L (con VA: 30 mg/L y VMA: 50 mg/L) se encuentran cerca de los valores máximos admisibles o sobrepasando los valores alertas, según Decreto Ejecutivo 38924-S.
 - En el reporte de análisis microbiológico N° 153629, con fecha 19 de diciembre del 2019 (Anexo 3): negativo para coliformes fecales y calidad excelente.

- En los parámetros físico-químicos básicos de conductividad, pH y temperatura medidos directamente en el campo durante el trabajo de campo se reporta:
Conductividad: 538.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (VA: 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH: 6.85 y Temperatura: 28.6 $^{\circ}\text{C}$.

11. REFERENCIAS

- AGUILAR, T., 1977: Geología del área de las lomas Monte Potrero y alrededores, cantón de Abangares, provincia Guanacaste, Costa Rica. - 21 págs. Escuela Centroamericana de Geología UCR [Inf. Campaña Geológica]
- DENYER, P; MONTERO, W. & AGUILAR, T; 2013: Mapa Geológico de la Hoja Abangares: Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica.
- DENYER, P; MONTERO, W. & AGUILAR, T; 2014: Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica – Estratigrafía y Tectónica. - 207 págs. Editorial UCR, San José.
- FLORES, K., 2003: Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya. - 176 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Tesis Lic.]
- 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.
- HIDROTERRA; 2014: Estudio Hidrogeológico: Zonas de Protección de dos fuentes de agua Pozo 1 y Pozo 2-Barbudal. Abangares, Guanacaste. Contratación Directa N° 2013 LA-000024-PRI, AYA. -36 págs.
- INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (AyA), 2020: Registro digital de pozos.
- SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO (SENARA), 2020: Registro digital de pozos.
- RIVIER, F., 1983: Síntesis geológica y mapa geológico del área de bajo Tempisque, Guanacaste, Costa Rica.- Inf. Sem. IGN, 1983(1): 7-3

ANEXO 1
Reportes de perforación de pozos

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS

Inventario de Pozos y Manantiales

Pozo N° 45-33

Fecha 6/4/76

Manantial N° _____

5
VI
4

Colector G. Quezada R. Fuente de información Salvador Díaz Obando

- 1.- Localización: Provincia Quoneceste Cantón Abogare Distrito Colorado
 Lugar Barbudal Nombre Salvador Díaz Obando
 Mapa Hoja Abogare N° 3146-1 Coordenadas 4 14-8 / 243-2
 - 2.- Propietario Salvador Díaz Dirección Barbudal Inquilino _____
 Perforador _____ Dirección _____
 - 3.- Topografía plana Elevación 60^t m. sobre-bajo nivel del mar _____
 - 4.- Perforación: Rotación _____ Percusión _____ Excavado Clavado _____ Barrenado _____ Otros _____
 Fecha 6/4/76 Observaciones Hace 26 años fue construido.
 - 5.- Profundidad: Reportada _____ m. Medida 11.18 m. con Cinta por Quezada Fecha 6/4/76
 - 6.- Nivel estático: Reportado _____ m. Medido 6.68 m. con Cinta por Quezada Fecha 6/4/76
 Punto de referencia para medición nivel estático Borde pop local (Esquema atrás)
 - 7.- Acuíferos: Principales de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.
 Otros de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.; de _____ m a _____ m.
 - 8.- Revestimiento: Tipo _____ Ø _____ mm de _____ a _____ m. Ø _____ mm de _____ a _____ m.
 Rejillas: Tipo _____ Ø _____ mm de _____ a _____ m. Ø _____ mm de _____ a _____ m.
 - 9.- Explotación: Tipo _____ Capacidad _____ N.D. _____ m. si-no estabilizado _____
 - 10.- Usos: Doméstico Abrevaderos _____ Irrigación de _____ Hect. de _____ Industrial _____
 - 11.- Calidad: Color _____ Olor _____ Sabor _____ Temp. _____ °C Si-no se tomó muestra
 Observaciones está en uso A Uasin
- Manantiales: Roca de donde brota _____
- 12.- Estructura: Fractura _____ N° de ojos _____ Características _____
 Posible origen _____
 - 13.- Descripción de la captación _____
 Caudal: Reportado _____ Fecha _____ Medido _____ con _____ Fecha _____
 - 14.- Precipitación describir _____ Cantidad _____
 - 15.- Esquemas de localización y otros; estratigrafía: análisis; observaciones: en página _____ tras.

SERVICIO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO
DIRECCION DE OPERACIONES
LABORATORIO CENTRAL

EXAMEN FISICO - QUIMICO
DE AGUAS SUBTERRANEAS
(Nº 1170)

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

MUESTRA Nº 948

RECOGIDA POR E. Quesada

FECHA

ORIGEN
Pozo Construido Nº. B-26-AG-33

DE
RECOLECCION

DE
RECIBO

DE
REPORTE

PUNTO DE RECOLECCION Brocal
Barbudal de Abangares

20-5-76

21-5-76

27-5-76

LOCALIZACION
Guanacaste

SOLICITADO POR
SENAS y SNE

DETERMINACIONES FISICO - QUIMICAS

BALANCE IONICO

DATOS DE CAMPO		DETERMINACIONES FISICO - QUIMICAS	
PH	7.3	ACIDEZ	12.5
TEMPERATURA	27.5	ALCALINIDAD FENOLF.	0.0
COND. ESPECIFICA	1200	ALCAL. AN. METILO	343.0
CAUDAL		DUREZA TOTAL	380.0
OLOR		DUREZA DE CARBONATOS	343.0
PROFUNDIDAD	11.18 m.	DUREZA DE NO CARBONATOS	37.0
		DUREZA DE CALCIO	275.0
		DUREZA DE MAGNESIO	105.0
		CLORUROS	4.6
		CIANUROS	
		FLUORUROS	0.18
		NITRATOS	
		SULFATOS	14.4
		ALUMINIO	
		ARSENICO	
		BORO	
		CALCIO	110.0
		ZINC	0.00
		COBRE	0.00
		HIERRO TOTAL	0.00
		HIERRO DISUELTO	
		HIERRO EN SUSPENSION	25.2
		MAGNESIO	
		MANGANESO	
		PLOMO	0.00
		SELENIO	

IONES	MG/L	MEQ/L	% MEQ/L
CLORURO (CL ⁻)	4.6	0.30	
CARBONATO (CO ₃ ²⁻)	0.0		
HIDROCARBONATO (HCO ₃ ⁻)	418.1	6.853	
SULFATO (SO ₄ ²⁻)	14.4	0.300	
		Σ 7.283	
CALCIO (Ca ⁺⁺)	110.0	5.490	
MAGNESIO (MG ⁺⁺)	25.2	2.072	
SODIO (Na ⁺)			
POTASIO (K ⁺)			
		Σ 7.562	
SODIO + POTASIO (Na ⁺ + K ⁺)			
POR DIFERENCIA			Σ

DATOS DE LABORATORIO

COLOR	3	SULFATOS	14.4
TURBIEDAD	0.35	ALUMINIO	
OLOR	negativo	ARSENICO	
PH	7.30	BORO	
PH SATURACION	7.20	CALCIO	110.0
INDICE DE SATURACION	+0.10	ZINC	0.00
COND. ESPECIFICA		COBRE	0.00
S. A. R.		HIERRO TOTAL	0.00
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS		HIERRO DISUELTO	
SOLIDOS EN SUSPENSION Sed.	0.0	HIERRO EN SUSPENSION	25.2
SILICE (SiO ₂)	34	MAGNESIO	
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	33.4	MANGANESO	
Coordenadas: 414-8/243-2		PLOMO	0.00
Prop.: Salvador Díaz Obando		SELENIO	
Nivel de agua: 6.68 m.			

OBSERVACIONES Está en uso

Agua muy dura. Físico-químicamente potable.-

RECIBIDO 22 Jun. 1976

	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Na ⁺ + K ⁺			
Ca ⁺⁺			
Mg ⁺⁺			

ENCARGADO ANALISIS

JEFATURA SECCION

JEFATURA LABORATORIO



POZO: COLORADO AG - 84

ARMADO Ø. 8

SELLO SANITARIO
CONCRETO

ANTEPOZO ACERO

Ø= MM

3 .MTS

TUBO ACERO CIEGO

Ø= 200 MM

REJILLA TIPO

JOHNSON

Ø= 200 MM

25 M.

28 M.

35.85 .MTS

LITOLOGIA

0-2 MTS.

Arena con arcilla

2-13 Arenisca

algo meteorizada color marrón.

13-23 Lava

sana dureza

media color gris verdosa.

23-29 MTS.

Lava fracturada y algo meteorizada. Presenta

Pátinas de oxidación y

aparente alta permeabilidad.

29 - 35 MTS.

Brecha sedimentaria, color gris violeta.

PROPIETARIO: LA MUNICIPALIDAD	
UBICACION	
PROVINCIA	GUANACASTE
CANTON	ABANGARES
DISTRITO	COLORADO
H/ING	ABANGARES
COORDENADAS	415.20/243.10 ABANGARES
PERFORACION	
DIAMETRO	MATERIALES
Ø PERFORACION: 250 MM.	<input type="checkbox"/> ADEME
Ø ARMADO: 200 MM.	<input checked="" type="checkbox"/> ACERO <input type="checkbox"/> P.V.C
Ø REJILLA: 200 MM.	<input type="checkbox"/> OTRO:
Ø ADEME PROV.:	
LONGITUD	REJILLA
PERFORACION: 35 MTS.	<input type="checkbox"/> H.G <input type="checkbox"/> A.I <input type="checkbox"/> P.V.C
ARMADO: 32.85 MTS.	<input checked="" type="checkbox"/> OTRO
REJILLA: 3 MTS.	
ADEME PROV.:	
DESARROLLO	<input checked="" type="checkbox"/> R.CONT <input type="checkbox"/> CELOSIA
<input type="checkbox"/> PISTON <input checked="" type="checkbox"/> NEOMATICO <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> PUENTE <input type="checkbox"/> RANURADO
<input checked="" type="checkbox"/> BOMBEO 24 TIEMPO HRS	<input type="checkbox"/> PS <input type="checkbox"/> TELESC.
EXPLOTACION	SLOT 40 = MM
Q= 4 L/S T= 8 HRS	PRUEBA
MAQUINARIA	Q.DE PRUEBA 4.5 L/S
EQUIPO: 60 RL	NIVEL ESTATICO 2.05 MTS
	NIVEL DINAMICO 24.41 MTS
	DURACION 24 HRS
METODO DE PERFORACION	TIEMPO DE EJECUCION
PERCUSION	
PERFORADOR JOSE ANGEL	FECHA DE INICIO: 11-04-91
VARELA CHAVES	FECHA DE TERMINO: 11-05-91
OBSERVACIONES:	Sin tapa al fondo.

Ubicación del Pozo:

El sitio de perforación se encuentra localizado a unos 350 m. de la carretera Colorado - Pueblo Nuevo, en el poblado de Barbudal, en la margen derecha de la quebrada del mismo nombre. Específicamente se localiza sobre las coordenadas 415.20 / 243.10 de la hoja Abangares escala 1:50.000, en finca del señor José Angel Urbina.

Inicialmente se había planeado el sitio de perforación a unos 150 m. al noreste del sitio actual, en la margen izquierda de la quebrada. En este punto se había llevado a cabo un sondeo de resistividad por parte de la Dirección de Aguas Subterráneas del SENARA y se habían determinado buenas perspectivas acuíferas. El cambio de sitio de perforación se debió a problemas de acceso de la maquinaria pesada hasta ese lugar.

Pruebas de Bombeo:

Fueron realizadas dos tipos de pruebas de bombeo: a caudal variable o escalonada y a caudal constante.

a) Prueba escalonda:

Se llevó a cabo a los caudales de 2, 3, 4.4 y 6 l/s. Los tres primeros caudales fueron mantenidos por 60 minutos ininterrumpidamente y el aumento de caudal se hizo de manera súbita sin detener el bombeo.

El cuarto caudal (6 l/s) sólo pudo ser sostenido por 40 minutos debido a que el nivel del agua en el pozo empezó a descender a una proporción extremadamente mayor a como lo hizo durante las primeras etapas.

La figura 1 muestra la evolución del nivel de agua con el tiempo en la prueba escalonada. Se observa de una manera clara como a los 180 minutos la profundidad al agua aumentó desproporcionadamente.

La figura 2 es similar a la figura 1 pero con diferente escala para poder apreciar el abatimiento del nivel correspondiente a cada etapa. De esta figura 2 se desprende el cuadro 1.

C U A D R O I

PRUEBA ESCALONADA

Caudal (l/s)	Prof. al agua (m)	Abatimiento desde el nivel original (m)
2	3.4	1.35
3	4.5	2.45
4.4	6.2	4.15

El nivel estático del agua se encontraba a 2.05 m. bajo el suelo el día de la prueba (28 mayo 1991).

b) Prueba a caudal constante:

Esta se llevó a cabo el mismo 28 de mayo de 1991, 90 minutos después de haber finalizado la prueba escalonada. El nivel del agua antes de la prueba se encontraba a 2.60 m. bajo el suelo y la prueba se prolongó por 1380 minutos (23 horas) al caudal constante de 4.5 litros por segundo.

La figura 3 muestra el gráfico de variación del nivel del agua con el tiempo. Se observa que a partir de los 500 minutos (aprox. 8 horas) los abatimientos del nivel del agua se incrementan. Este comportamiento puede ser causado por el hecho de que el acuífero tiene una extensión limitada y el cono de abatimiento que se extiende desde el pozo y se expande con el tiempo durante el bombeo alcanza una zona de baja permeabilidad.

También se indica en la figura 3 el cálculo de transmisividad del acuífero, la cual resulta ser de 57 m²/d. Este valor puede ser usado para estimar la distancia a la que se encuentra la zona de baja permeabilidad, resultando ser de 20 a 30 m.

.../...

Una vez finalizada la prueba se procedió a medir la recuperación del nivel por un lapso de 60 minutos, al final del cual se encontraba a la profundidad de 2.91 m., restando solamente 31 cm. para su recuperación total.

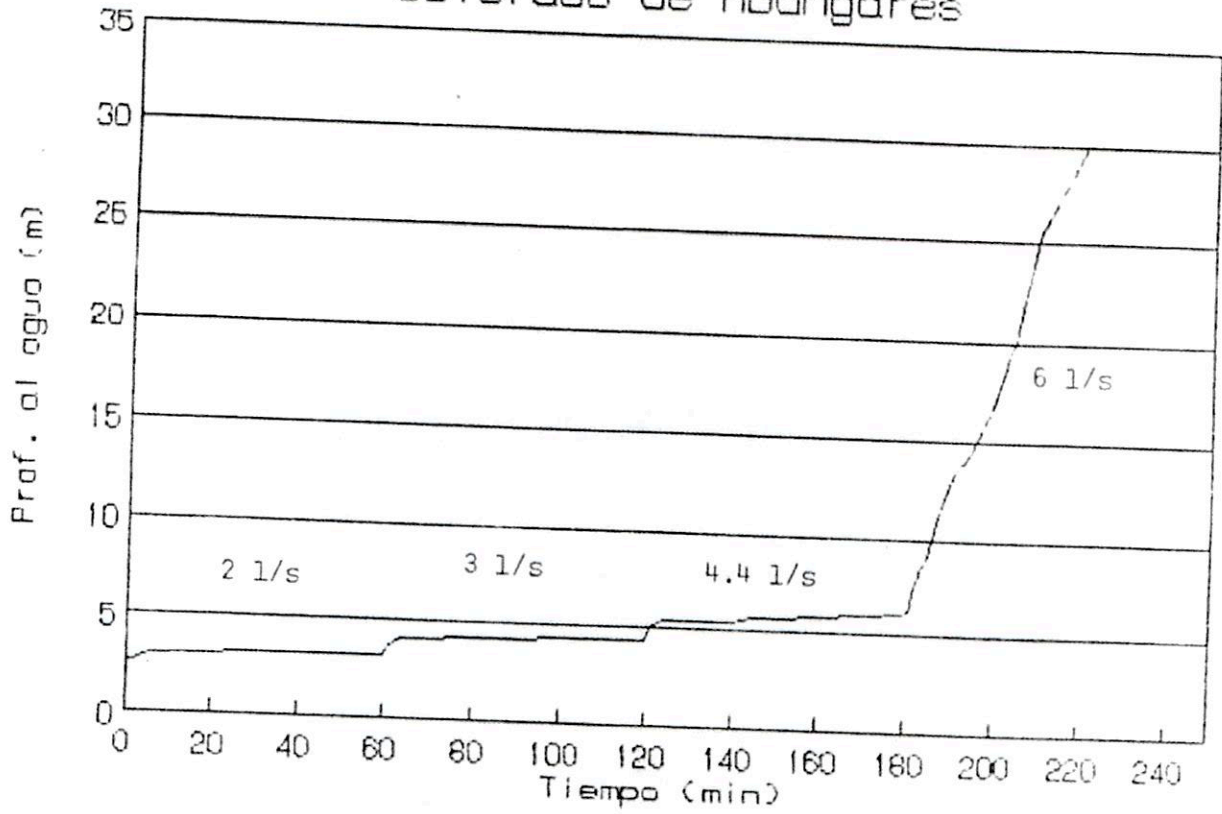
Recomendaciones:

- a) Se recomienda extraer de este pozo un caudal no mayor a los cuatro litros por segundo (4 l/s) por períodos máximos de 8 horas, seguidos de dos horas de recuperación. La profundidad máxima del nivel del agua para este régimen de bombeo se estima en ocho (8) metros.
- b) La profundidad de colocación de la bomba se recomienda en 15 metros.
- c) Es aconsejable proteger el área del pozo en una extensión de 30 metros a la redonda del mismo. Dentro de esta área de protección no debe permitirse el uso de agroquímicos, cría de animales, construcción de casas, letrinas o tanques sépticos ni debe permitirse el vertido de basuras.
- d) Se recomienda tramitar ante el Servicio Nacional de Electricidad la concesión de explotación de este pozo para que la extracción del agua se haga conforme lo indican las leyes vigentes y se cuente al mismo tiempo con protección legal.

HRE/xmlc.

POZO AG-84

Colorado de Abangares

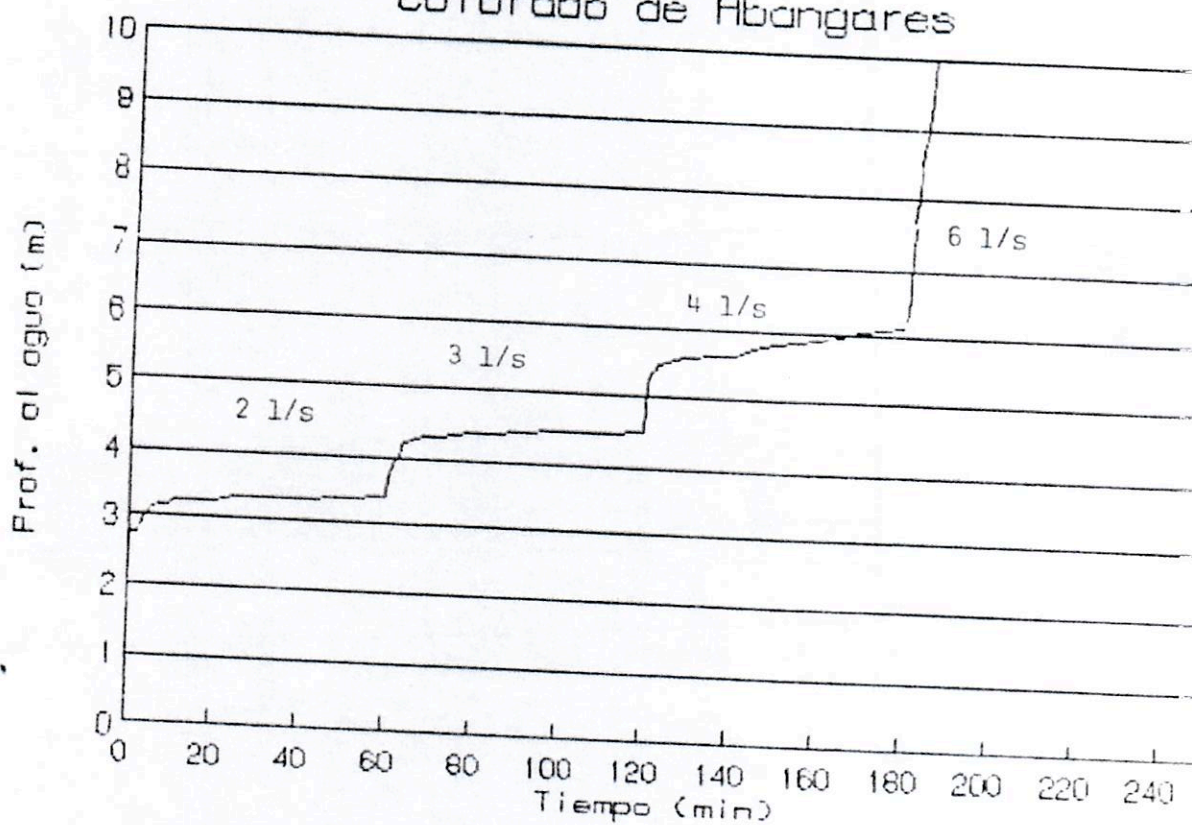


Nivel estático = 2.05 m

FIGURA 1

POZO AG-84

Colorado de Abangares



Nivel estático = 2.05 m

FIGURA 2

POZO RG-84

Municip. Colorado de Abangares

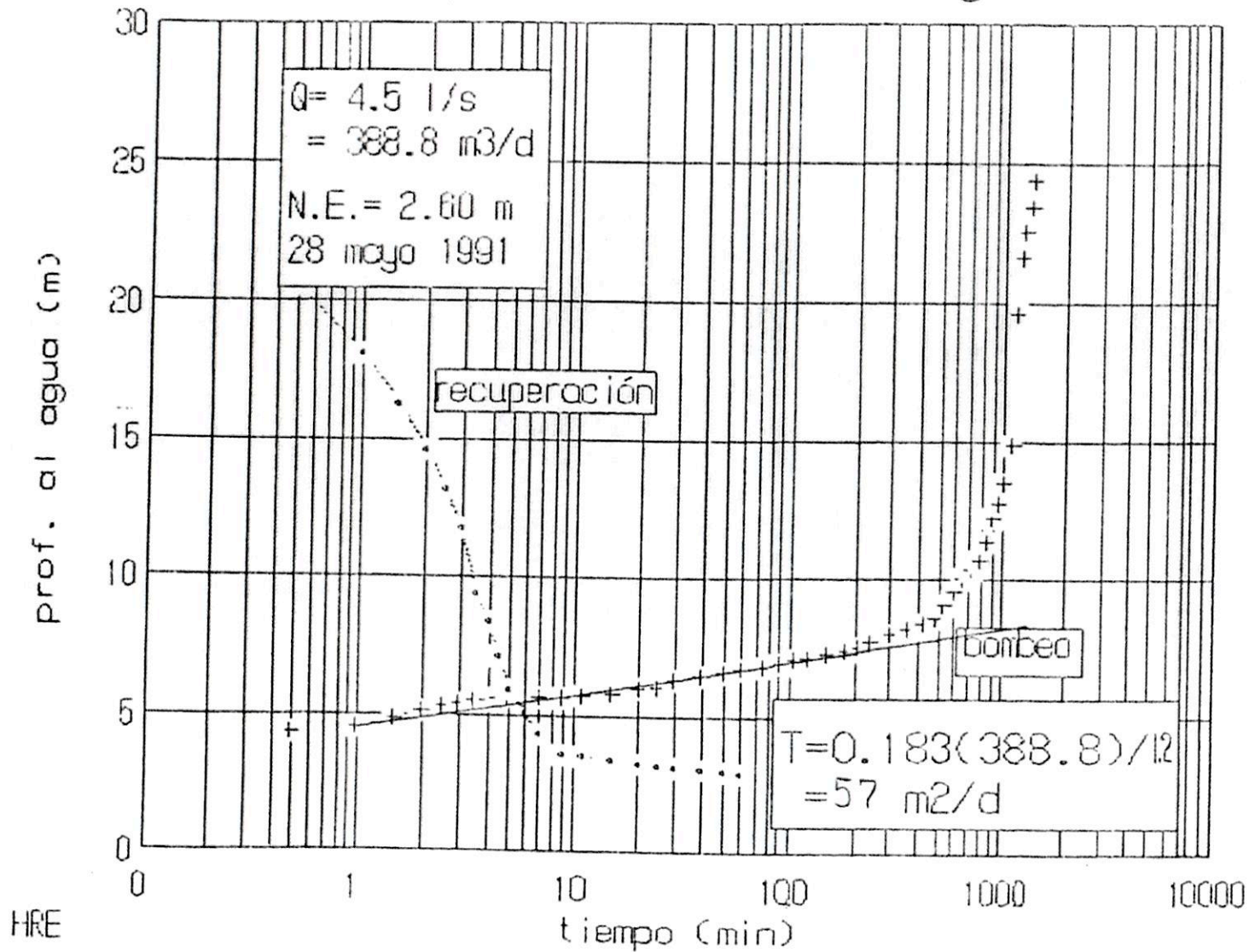


FIGURA 3

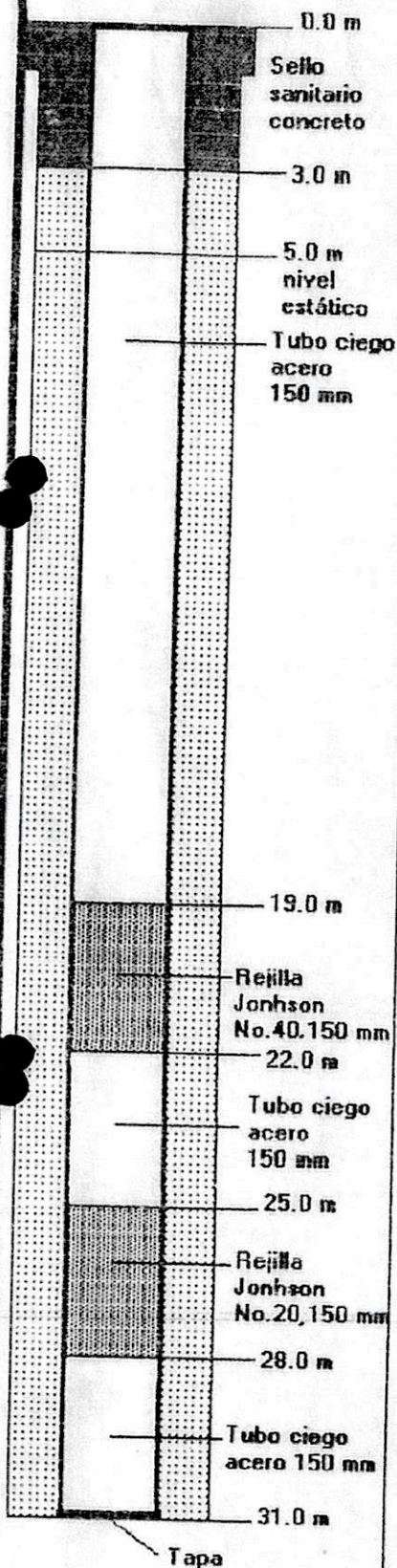
~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
División de Obras por Administración
Departamento de Pozos

Pozo #: AG-102

Propietario:

Localidad: Colorado de Abangares No. 1



Litología	
0-3 m:	suelo, arcilloso, marrón
3-6 m:	arenisca, algo meteorizada, grano grueso, dura pero suave por meteorización. Aparenta permeabilidad media a baja, presenta pátinas de oxidación.
6-30 m:	arenisca, sana. La anterior se va tornando menos meteorizada hasta presentarse de un color oscuro. Granos gruesos angulares, permeabilidad baja.

Datos de perforación		
Diámetro		
Diám. perforación:	250 mm	
Diám. armado:	150 mm	
Diám. rejilla:	150 mm	
Longitud		
Perforación:	31.0 m	
Armado:	31.0 m	
Rejilla:	6.0 m	
Material del aderezo		
<input type="checkbox"/> Acero	<input type="checkbox"/> P.V.C.	
<input type="checkbox"/> Otro:		
Material de la rejilla		
<input type="checkbox"/> H.G.	<input checked="" type="checkbox"/> A.I.	<input type="checkbox"/> P.V.C.
<input type="checkbox"/> Otro:		

Tipo de rejilla	
<input checked="" type="checkbox"/> Continua	
<input type="checkbox"/> Celosía	
<input type="checkbox"/> Puente	
<input type="checkbox"/> Ranurado	
<input type="checkbox"/> Telescópica	
<input type="checkbox"/> Ps	

Datos Generales	
Ubicación	
Provincia:	Guanacaste
Cantón:	Abangares
Distrito:	Colorado
H/IGN:	Abangares
Coordenadas:	415.3/243.1
Orden de trabajo	
N° de Orden:	93-02-069
Código:	05-07-04
Prueba de bombeo	
Fecha de prueba:	6/8/93
Profundidad de colocación de la bomba:	
Potencia de bomba:	
Nivel estático:	
Nivel dinámico:	
Caudal de prueba:	0.5 l/s
Duración de prueba:	30 min
Observaciones	
Se metieron 11 metros de tubería de clavado. El pozo se abatió a los 30 minutos	

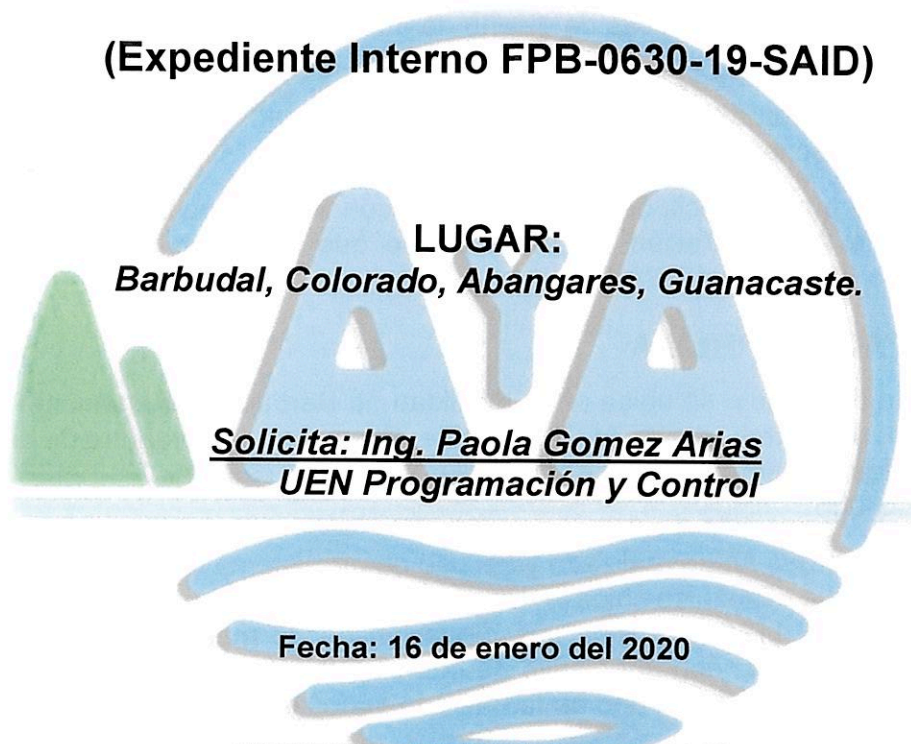
Desarrollo	
<input type="checkbox"/> Pistón	
<input type="checkbox"/> Neumático	
<input type="checkbox"/> Otro	
Tiempo de bombeo _____ horas	
Maquinaria	
Equipo: 22 W No. 2	
Método de Perforación	
Percusión	
Perforador	
José Ortiz Rodríguez	
Tiempo de ejecución	
Inicio: 9/6/93	Final: 1/7/93

OK

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN – AP – Unidad Técnica de Perforación
UTP

INFORME DE FILMACION Y PRUEBA DE BOMBEO
POZO BARBUDAL DE COLORADO

(Expediente Interno FPB-0630-19-SAID)



LUGAR:

Barbudal, Colorado, Abangares, Guanacaste.

Solicita: Ing. Paola Gomez Arias
UEN Programación y Control

Fecha: 16 de enero del 2020

INFORME: 050704-UTP-0001-2020

Geol. Luis
Alonso Fallas
Montoya

Firmado digitalmente
por Geol. Luis Alonso
Fallas Montoya
Fecha: 2020.01.17
10:32:40 -06'00'

Realizado por: Luis Alonso Fallas Montoya
Geólogo Unidad Técnica de Perforación – UTP
UEN Administración de Proyectos – AP



1. INTRODUCCIÓN

A partir de la solicitud efectuada por parte de la Ingeniera Paola Gomez Arias de la UEN de Programación y Control, la Unidad Técnica de Perforación (UTP) procede a coordinar y ejecutar la prueba de bombeo en un pozo privado ubicado en la localidad de Barbudal de Colorado, el cual actualmente pertenece a la Empresa COOPESOL.

El objetivo de la prueba de bombeo consiste en evaluar y determinar el caudal de producción del pozo, además de conocer la calidad del agua existe, esto ante la posibilidad de que el pozo sea donado por el Desarrollador al AyA, debido a los serios problemas de abastecimiento de agua potable que enfrenta la localidad de Colorado.

El pozo se encuentra fuera de operación y no se tiene conocimiento a detalle del diseño de armado de construcción, razón por la cual, de previo a la ejecución de la prueba de bombeo la UTP recomienda realizar la filmación del pozo con el objetivo de determinar su estado estructural y definir las características de diseño de armado.

El presente informe describe las labores ejecutadas por la UTP durante la filmación, limpieza y prueba de bombeo del pozo nombrado "Barbudal", además de presentarse los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas.

Cabe señalar que la solicitud realizada cuenta con toda la documentación y formularios establecidos por la Administración Superior, por lo que la solicitud es asignada bajo el expediente interno FPB-0630-19-SAID.

2. INFORMACIÓN PREVIA

El pozo objeto de estudio se ubica en la localidad de Barbudal perteneciente al distrito de Colorado, cantón Abangares, provincia Guanacaste. El pozo se ubica dentro de una propiedad privada perteneciente al señor Carlos Bonilla Ayub, plano de catastro G-1791382-2014, finca folio real 5008113-000.

A partir de la visita de campo realizada y del uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se establece que el pozo se ubica en las coordenadas Lambert Norte 415415 E / 243133 N (CRTM05 379107 E 11286123 N) a una elevación de 33 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Cabe indicar que con el objetivo de compilar la información generada en torno al pozo Barbudal, el mismo es registrado en la Base de Datos de la UTP bajo el código EXT-12.

El pozo objeto de estudio fue perforado y construido por una Empresa Privada, no obstante, no se conoce la fecha exacta de su construcción y no se conoce el método utilizado para la perforación del mismo. Según un informe técnico aportado por el Desarrollador, el pozo tiene una profundidad de 35 m y se encuentra armado mediante tubería PVC SDR-26 la cual cuenta con un diámetro de 6" (150 mm). El informe indica que los tramos de rejilla presentan ranuras de 52 mm de largo y 1,52 mm de ancho; además el informe técnico indica que el pozo cuenta con su debido empaque de grava y un sello sanitario a base de concreto.

El informe aportado presenta los resultados de una prueba de bombeo realizada por una Empresa Privada (AQUAMBIENTE) entre los días 6 y 7 de agosto del año 2014. Según se indica en el informe, la prueba de bombeo fue realizada utilizando un equipo sumergible de 5 HP de potencia, equipo que fue instalado a la profundidad de 24 m. De previo a la ejecución

de la prueba a caudal constante, se realizó una prueba preliminar (prueba por etapas) empleando cuatro caudales ascendentes de descarga 1, 2, 3 y 4 L/s respectivamente.

La prueba de bombeo a caudal constante tuvo una duración de 24 horas, empleando un caudal de extracción de 6,66 L/s, siendo el máximo caudal de extracción que permitió el equipo de bombeo sumergible instalado (descarga libre).

Según los datos suministrados durante la ejecución de la prueba de bombeo, al inicio de la prueba el nivel estático se registró a la profundidad de 2,3 m y alcanzó un nivel dinámico al final de la prueba de 4,44 m, lo que representa un abatimiento total de 2,14 m. A partir de los resultados obtenidos se recomendó un caudal de extracción máximo de 6,66 L/s.

3. LABORES EJECUTADAS

A continuación, se describe cada una de las labores realizadas por la UTP en el pozo Barbudal, además de presentar los resultados obtenidos.

3.1 FILMACIÓN POZO BARBUDAL

La filmación del pozo Barbudal fue realizada satisfactoriamente por la UTP el día 9 de diciembre de 2019 previa coordinación con la señora Susana Porras Barquero de la Empresa COOPESOL. La filmación estuvo a cargo del Geólogo Alonso Fallas Montoya con la asistencia del Técnico Carlos Sojo Gomez, empleando el equipo de filmación modelo RCAM-1000, el cual a partir de un visor frontal y lateral permite obtener un registro continuo del estado interno del pozo, ver fotografías 1-2.

Es importante señalar que al momento de la visita de campo se evidencia que el pozo se encuentra fuera de operación y no cuenta con equipo de bombeo instalado en su interior, además, se observa que el pozo carece de una tapa de protección que impida que materiales u objetos ajenos ingresen al interior del pozo; particularmente y de previo al inicio de la filmación es necesario extraer un trozo de madera que se encontraba en suspensión dentro de la columna de agua existen en el interior del pozo.

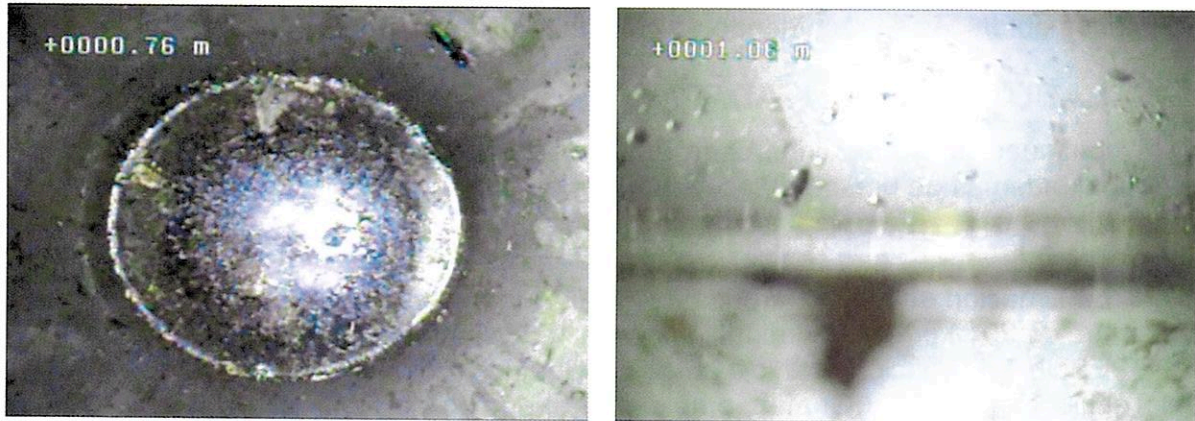


Fotografías 1-2: A la izquierda se muestra el estado del pozo al momento de la visita de campo, a la derecha el equipo de filmación perteneciente a la UTP.

Una vez realizada la instalación y conexión del equipo de filmación se procede a descender lentamente el equipo, paralelamente un sistema de grabación registra en tiempo real el desarrollo del proceso, mismo que posteriormente es analizado de manera minuciosa

por el Geólogo a cargo. Es importante indicar que todas las medidas de profundidad que se indican en el presente documento están referidas al nivel de superficie actual del terreno, esto aplica tanto para los datos del perfil de diseño de armado del pozo, los datos de las mediciones de la prueba de bombeo, así como las recomendaciones que se generan a partir del análisis de éstos.

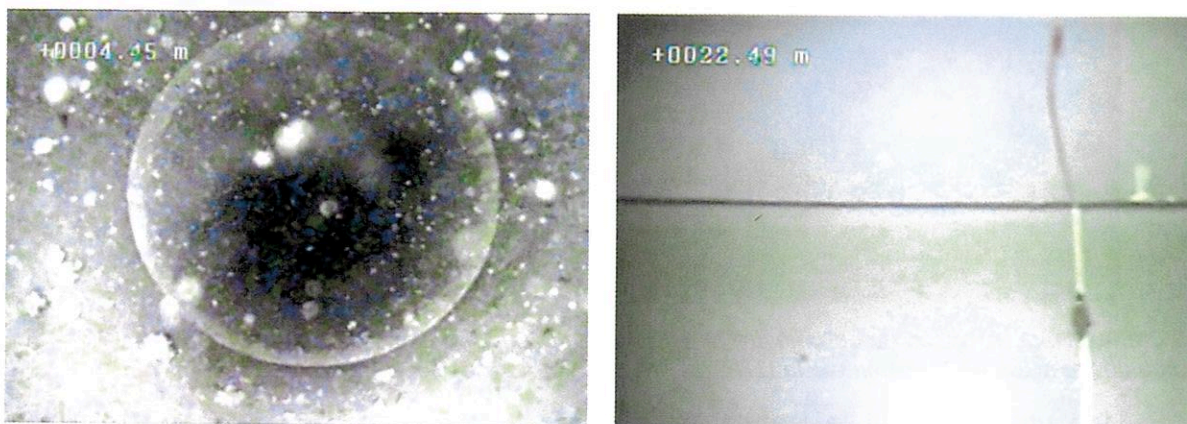
Mediante la filmación, se registra que el nivel estático del pozo se ubica cercano a superficie, concretamente a la profundidad de 1,06 metros bajo el nivel de superficie, ver fotografías 3-4.



Fotografías 3-4: Ambas fotografías evidencian la ubicación del nivel estático en el interior del pozo.

Al momento de sumergirse el equipo en la columna de agua, es posible observar la presencia de partículas y materiales en suspensión, tal aspecto asociado a la acumulación de materiales debido al tiempo de inactividad que presenta el pozo.

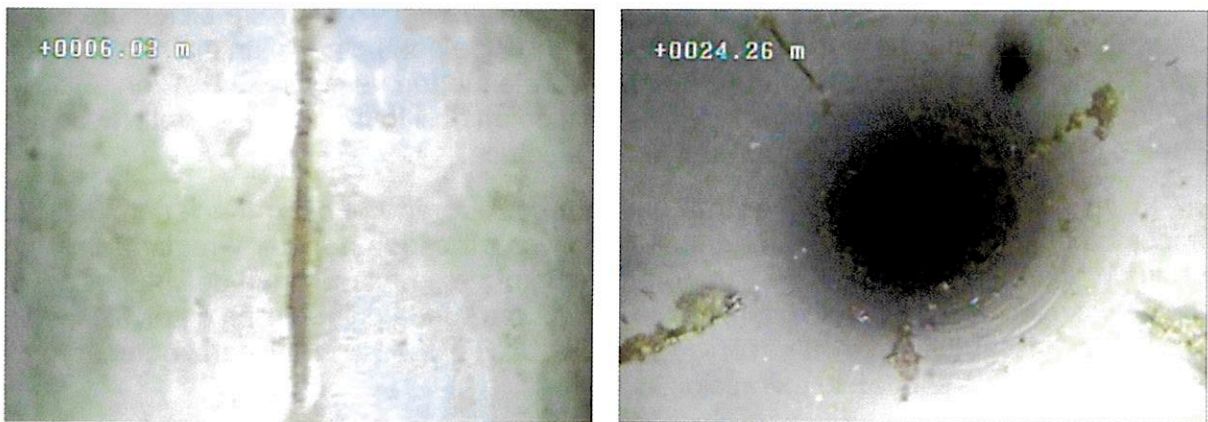
Es importante destacar que por medio de la filmación realizada se descarta algún daño estructural en la tubería de PVC el cual impida o afecte la operación normal del pozo; se descarta la presencia de agujeros, grietas, fisuras o desgaste en la tubería, asimismo, se evidenció que las uniones de tubería se encuentran perfectamente acopladas entre sí. Por medio de la filmación se establece que cada tubo que conforma el armado del pozo tiene una longitud de 6 m.



Fotografías 5-6: A la izquierda se muestra la presencia de materiales en suspensión y adheridos a la tubería de PVC, a la derecha el estado que muestran las uniones de tubería.

Mediante la filmación se identifica que la sección de rejillas está conformada por ranuras hechizas realizadas en la tubería de PVC. Estas ranuras se presentan distribuidas aleatoriamente y distantes entre sí, iniciando a la profundidad de 5 m y continuando hasta la profundidad de 33 m. La mayoría de las ranuras se encuentran obstruidas y selladas debido a la presencia de sedimentos y al crecimiento de algas, evidentemente esta condición limita y reduce el ingreso del agua acuífera al interior del pozo lo que afecta la eficiencia de producción de la fuente de agua, ver fotografías 7-8.

Ante el estado que muestran las ranuras, la UTP recomienda efectuar de previo a la prueba de bombeo una limpieza del pozo mediante la inyección de aire comprimido y el uso de espumante, para de esta manera eliminar las obstrucciones en las ranuras presentes en la tubería.



Fotografías 7-8: Ambas fotografías muestran el estado de las ranuras, las mismas se aprecian selladas y obstruidas por la acumulación de sedimentos.

La filmación alcanzó la profundidad final de 33,43 m, esto por cuanto al fondo del pozo se presenta una acumulación de materiales los cuales imposibilitan continuar con el descenso del equipo, ver fotografías 9-10. Al considerar que el pozo presenta una profundidad de 35 m (dato presentado en el informe técnico aportado) se calcula un relleno de materiales en el fondo del pozo aproximado a los 1,6 m.



Fotografías 9-10: Ambas fotografías evidencian la acumulación de materiales en el interior del pozo, materiales que no permiten continuar con el descenso del equipo de filmación.



3.2 PRUEBA DE BOMBEO POZO BARBUDAL

De previo a la ejecución de la prueba de bombeo, la UTP procede a realizar el día 12 de diciembre de 2019 la limpieza del pozo por medio de la inyección de aire comprimido y el uso de espumante; cabe indicar que tales labores fueron coordinadas de previo con el Ingeniero Alejandro Contreras Lopez funcionario destacado de la Regional Chorotega, particularmente se coordina el préstamo y traslado de un compresor de aire.

Las labores de limpieza se prolongaron por espacio de 6 horas, una vez que se garantiza la extracción de los sedimentos que se encontraban en suspensión y adheridos a la tubería de armado. Finalizado el proceso de limpieza y de manera inmediata se inicia con la instalación del equipo de bombeo sumergible.

La prueba de bombeo fue realizada entre los días del 16 al 18 de diciembre de 2019, utilizando un equipo de bombeo sumergible de 7,5 HP de potencia con un diámetro de 90 mm, el cual es instalado a la profundidad de 28 m mediante tubería de columna PVC en un diámetro de 50 mm (2"). Ante la ausencia de servicio eléctrico en el sitio, para el desarrollo de la prueba de bombeo la UTP traslada y utiliza una planta eléctrica.

Una vez instalado el equipo de bombeo y corroborado el buen funcionamiento de los equipos eléctricos, los técnicos a cargo de la prueba proceden a medir y registrar los niveles de agua a diferentes intervalos de tiempo, esto conforme se extrae agua del interior del pozo; para la ubicación de los niveles dinámicos se utilizó una sonda de medición de niveles, además del uso de un caudalímetro ultrasónico modelo CHRONOFLO 4.30 para obtener un dato certero en cuanto al caudal de extracción.

Finalizada la prueba de bombeo, los datos obtenidos en campo (reporte de la prueba de bombeo) es entregado al Geólogo a cargo, quién a partir de los datos suministrados procede al análisis e interpretación de los resultados de la evaluación.

La prueba de bombeo estuvo a cargo de los técnicos en electromecánica, los señores Manuel Vargas González y Carlos Sojo Gómez con la asistencia de los técnicos José Abarca Cespedes y Leonel Sanchez Bogantes.

La prueba de bombeo realizada por la UTP contempló tres etapas, las cuales son descritas brevemente a continuación:

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 campo un caudal de extracción óptimo para realizar la siguiente etapa.

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.

A partir del desarrollo de la prueba 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. Para este caso particular, la prueba de bombeo a caudal constante se realizó por espacio de 48 horas de bombeo continuo.

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 de manera libre recupera nivel en el pozo.

Resultados Obtenidos

Con el objetivo de determinar un comportamiento preliminar del acuífero que es captado por el pozo, los técnicos en bombeo proceden a realizar el día 12 de diciembre una prueba por etapas a partir de cuatro caudales ascendentes de descarga. Considerando los resultados obtenidos en la evaluación preliminar se define el caudal de extracción a emplear durante la prueba de bombeo definitiva (prueba de bombeo a caudal constante).

Los caudales evaluados durante la prueba por etapas consistieron en 2, 4, 6 y 7,3 L/s respectivamente, por espacio de una hora de bombeo para cada caudal; considerando que los abatimientos registrados son reducidos, se decide ejecutar la prueba de bombeo a caudal constante bajo un caudal de 7,4 L/s, siendo el máximo caudal de extracción que permite el equipo de bombeo instalado, lo que se conoce como descarga libre. La prueba de bombeo a caudal constante tuvo una duración total de 48 horas (2880 minutos).

Al comienzo de la prueba de bombeo, el nivel estático (n.e) se registró a 1,1 m.b.n.s, no obstante, conforme avanza la prueba a caudal constante se registran descensos paulatinos y controlados en el nivel dinámico (n.d). Al finalizar la prueba, el nivel dinámico se localizó a la profundidad de 5,27 m.b.n.s, lo que representa un abatimiento total de 4,17 m. Al considerar el caudal de extracción empleado durante la prueba de bombeo (7,4 L/s) y el abatimiento total que experimentó la columna de agua (4,17 m), se calcula una capacidad específica de 1,774 L/s/m, dicho valor representa el caudal de descarga por unidad de abatimiento. Con respecto al valor de transmisividad calculado para el acuífero durante la etapa de bombeo se determina un valor de 319 m²/día.

La gráfica de la figura 1 muestra el comportamiento de los abatimientos durante el desarrollo de la prueba de bombeo, el eje vertical registra los valores de abatimiento, mientras que el eje horizontal muestra el tiempo de bombeo establecido donde se realizaron las mediciones de niveles.

Por medio de la gráfica se observa como durante los primeros 15 minutos de prueba se presentan los mayores descensos en el nivel dinámico; posteriormente los abatimientos tienden a reducir y mostrar leves descensos, tal condición evidenciada a partir del cambio en la pendiente negativa que muestra la gráfica. A partir del minuto 1140 de prueba se determina una disminución en la tasa de los abatimientos, particularmente en el lapso entre el minuto 1140 y 2040 de prueba se registra un abatimiento de apenas 9 cm.

Superado el minuto 2040 y hasta alcanzar el final de la prueba de bombeo, el nivel dinámico se mantiene prácticamente estabilizado a la profundidad de 5,27 m.b.n.s, por lo que se determina que el acuífero captado por el pozo tiene la capacidad para compensar de manera efectiva el caudal de extracción al que está siendo sometido durante la prueba.

Durante la totalidad de la prueba de bombeo no se evidencia la presencia de barreras positivas o negativas las cuales influyan en el caudal de producción o en la ubicación del nivel dinámico.

Es importante señalar que durante toda la ejecución de la prueba de bombeo a caudal constante el agua extraída siempre se mostró cristalina y libre de sedimentos finos, lo que revela la efectividad del proceso de limpieza efectuado previamente.

Barbudal de Colorado

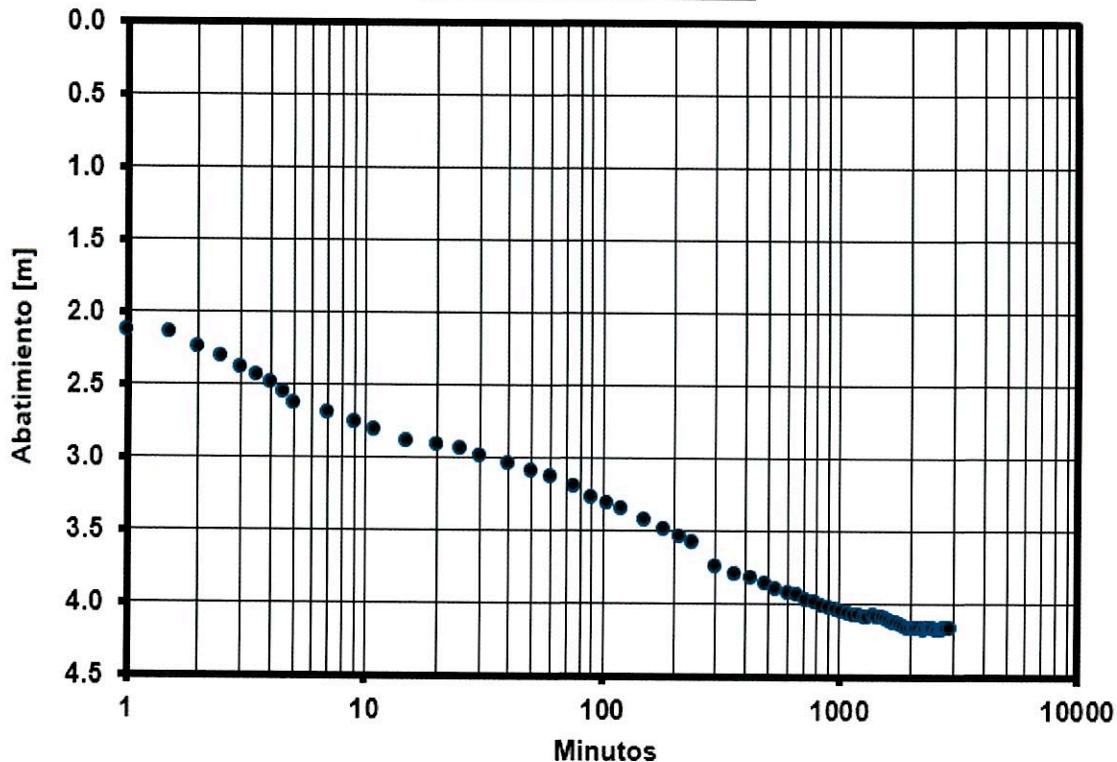


Figura1: Variación gráfica de los abatimientos registrados durante la ejecución de la prueba de bombeo.

Alcanzadas las 48 horas de bombeo continuo se apaga el equipo y de manera inmediata se efectúa la prueba de recuperación, efectuando mediciones de los niveles conforme el acuífero compensa libremente y de manera natural el nivel. Al iniciar la prueba de recuperación el nivel se localizaba a la profundidad de 5,27 m.b.n.s, no obstante, transcurridos 60 minutos de prueba, el nivel asciende rápidamente localizándose a la profundidad de 1,51 m.b.n.s, lo que representa un porcentaje de recuperación eficiente del 90% con respecto a la ubicación del nivel estático inicial.

Con el propósito de evitar una afectación en la eficiencia que ofrece el pozo, es importante establecer un caudal de extracción seguro a largo plazo, acompañado por un periodo de reposo que permita la recuperación efectiva del nivel de agua. A partir del comportamiento que mostró el acuífero durante la prueba de bombeo ejecutada, la UTP recomienda un caudal de extracción máximo de 7 L/s considerando para ello un abatimiento teórico de 4,38 m.

Cabe señalar que durante la ejecución de la prueba de bombeo no fue posible realizar monitoreos de niveles en otros pozos, esto por cuanto no se tiene conocimiento de la existencia de pozos construidos hacia las cercanías.



Fotografías 11-12: A la izquierda se muestra la instalación del equipo de bombeo sumergible, a la derecha el caudal de extracción empelado durante la prueba de bombeo a caudal constante (7,4 L/s).

4. CALIDAD DEL AGUA

Durante la ejecución de la prueba de bombeo a caudal constante, el agua extraída del pozo muestra un aspecto visual cristalino y se presenta libre de sedimentos finos, además, los técnicos a cargo de la prueba reportan que el agua no presenta olor o sabor particular.

Minutos previos a la finalización de la prueba de bombeo los funcionarios Manuel Vargas y la funcionaria Natasha Rojas de la UEN de Investigación y Desarrollo, proceden a la recolección de muestras de agua, para posteriormente remitirlas al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) y realizar los ensayos físico-químico y microbiológico correspondientes. Las muestras de agua recolectadas son debidamente resguardadas con el objetivo de conservar sus propiedades originales, siguiendo para ello los lineamientos establecidos en la cadena de custodia.

Las muestras son remitidas el día 18 de diciembre de 2019 al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA); a continuación, se presentan los resultados de los análisis efectuados a las muestras recolectadas:

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO (AYA-ID-11261-2019)

El resultado del análisis físico-químico establece que la muestra de agua evaluada cumple satisfactoriamente con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S; si bien, el valor de conductividad obtenido (664 $\mu\text{S}/\text{cm}$) supera el valor alerta establecido (V.A), esto no representa un incumplimiento al Reglamento, según la observación realizada por el LNA ante la consulta efectuada vía correo electrónico el día 14 de enero de 2020.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO (153629)

El resultado del análisis microbiológico establece: “En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio microbiológico de evaluación de pozos, el agua del pozo Barbudal es de calidad



excelente". Según el resultado del ensayo realizado a la muestra recolectada, la presencia de coliformes fecales es negativa.

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

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El pozo nombrado Barbudal de Colorado se ubica dentro de una propiedad privada perteneciente al señor Carlos Bonillas Ayub; específicamente el pozo se localiza en las coordenadas Lambert Norte 415415 E / 243133 N (CRTM05 379107 E 11286123 N). El pozo Barbudal es registrado en la Base de Datos de la UTP bajo el código EXT-12.

El pozo Barbudal fue perforado y construido por una Empresa Privada y se encuentra armado en tubería PVC con diámetro de 6" (150 mm) hasta la profundidad de 35 m. Las secciones de rejilla corresponden con ranuras hechizas realizadas en la tubería ciega, las cuales se localizan y distribuyen entre los 5 a 33 m de profundidad.

La UTP realizó el día 9 de diciembre de 2019 la filmación del pozo, evidenciando que las ranuras existentes en la tubería se presentaban selladas y obstruidas por sedimentos y algas; además, por medio de la filmación se descartó la presencia de algún daño de índole estructural el cual comprometa la operación normal del pozo.

De previo a la ejecución de la prueba de bombeo, la UTP realizó la limpieza del pozo por medio de la inyección de aire comprimido y el uso de espumante, lo que permitió el retiro y la extracción del sedimento que se encontraba en suspensión y adherido a la tubería de armado.

La prueba de bombeo fue ejecutada satisfactoriamente por la UTP entre los días del 16 al 18 de diciembre de 2019, utilizando un equipo de bombeo sumergible de 7,5 HP de potencia instalado a la profundidad de 28 m. La prueba de bombeo fue realizada por espacio de 48 horas de bombeo continuo empleando un caudal de extracción de 7,4 L/s (máximo caudal de extracción que permitió el equipo de bombeo instalado).

A partir de los resultados obtenidos en la prueba de bombeo ejecutada, particularmente el comportamiento mostrado por el nivel dinámico (leves abatimientos) y el valor de transmisividad calculado, la UTP recomienda un caudal de extracción máximo de 7 L/s considerando para ello un abatimiento teórico de 4,38 m.

La UTP recomienda un periodo de bombeo máximo de 20 horas diarias con 4 horas de descanso el cual permita la efectiva recuperación del acuífero; además se recomienda ubicar el equipo de bombeo sumergible a la profundidad de 28 m.

Con respecto a la calidad del agua, el resultado del análisis microbiológico (Reporte 153629) efectuado a la muestra recolectada determina que el agua es de calidad excelente, asimismo, los resultados del análisis físico-químico (Reporte AYA-ID-11261-2019) determinan que la muestra evaluada cumple satisfactoriamente con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S.

Es de suma importancia realizar monitoreos y mediciones periódicas de los niveles del agua en el pozo, esto con el fin de establecer variaciones en el comportamiento acuífero de la



INFORME DE FILMACIÓN Y PRUEBA DE BOMBEO
POZO BARBUDAL
COLORADO, ABANGARES, GUANACASTE.



localidad que a la postre influyan con el caudal de extracción recomendado en el presente informe, de manera particular realizar monitoreos durante la época de estiaje. Aunado a lo anterior, se recomienda recolectar periódicamente muestras de agua provenientes del pozo, esto con el objetivo de realizar ensayos de Laboratorio y establecer eventuales fluctuaciones en las concentraciones de los elementos disueltos en el agua subterránea.

El siguiente cuadro resume los valores de los parámetros obtenidos a partir de la prueba de bombeo realizada por la UTP.

Parámetros	Pozo Barbudal
Nivel Estático (m.b.n.s)	1,1
Nivel Dinámico (m.b.n.s)	5,27
Abatimiento Total (m)	4,17
Caudal Recomendado (L/s)	7
Capacidad Específica (L/s/m)	1,774
Trasmisividad (m ² /día)	319
Profundidad colocación equipo bombeo (m)	28



ANEXO I

- Reporte de Perforación del Pozo Barbudal (EXT-12)
 - Resumen Ejecutivo Prueba de Bombeo
 - Resultado Análisis Microbiológico
 - Resultado Análisis Físico-Químico



Nombre: Barbudal

Geol. Luis

Firmado

N° Pozo SENARA/MINAE:

Alonso

digitalmente por

Fallas

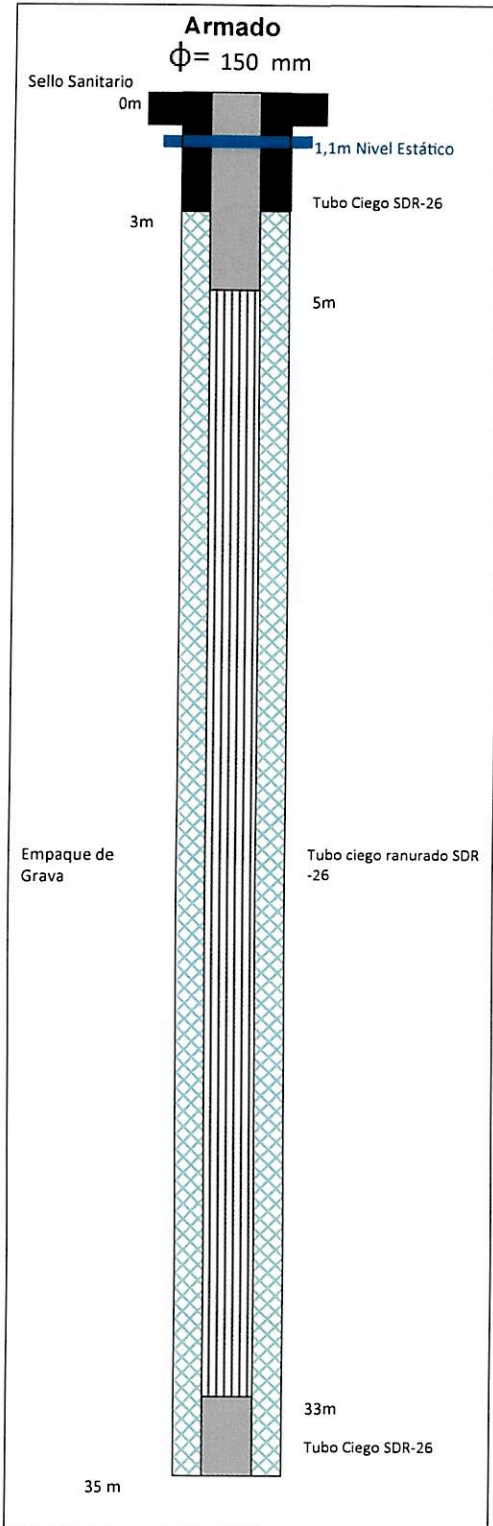
Geol. Luis Alonso

Montoya

Fallas Montoya

Fecha: 2020.01.17
10:03:59 -06'00'

VALIDACIÓN: Informe generado por Luis Alonso Fallas Montoya el 17/01/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Barbudal de Colorado

Coord: N 243133 - E 415415

Elev(m): 33

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: ABANGARES 3146 I

Provincia:

Guanacaste

Propietario: Privado

Cantón:

Abangares

Código: 05-07-04

Distrito:

Colorado

Equipo de Perforación

Maquinaria: Empresa Privada

Método:

No asignado

Perforador: FALTA

Orden Costos:

Inicio: 01/01/1900

Final: 01/01/1900

Duración:

0 días

Datos de Perforación

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	250	35
Tubería	150	7
Rejilla	150	28
Ademe	0	0

Material: PVC

Tiempo Desarrollo (h): 6

Desarrollo:

Aire comprimido

Observaciones:

Pozo perteneciente a la Empresa COOPESOL. A partir del resultado de la prueba de bombeo realizada por la UTP, se recomienda un caudal de extracción máximo de 7 L/s considerando para ello un abatimiento teórico de 4,38 m. Se recomienda un periodo de bombeo máximo de 20 horas diarias con 4 horas de reposo para la efectiva recuperación del acuífero. El equipo de bombeo sumergible deberá de ser ubicado a la profundidad de 28 m.

Datos Prueba de Bombeo

Fecha de prueba:	16/12/2019
Potencia bomba (hp):	7.5
Profundidad bomba (m):	28
Nivel estático (m):	1.1
Nivel dinámico (m):	5.27
Caudal prueba (l/s):	7.4
Abatimiento (m):	4.17
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m ² /día):	319
Caudal rec. (l/s):	7
Tiempo bombeo rec.(h):	20

Litología



Nombre: Barbudal

N° Pozo SENARA/MINAE:

Imágenes



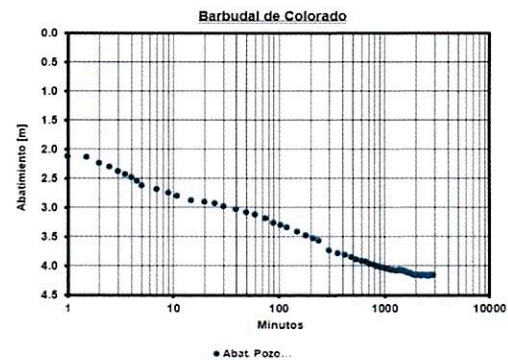
Estado del pozo Barbudal al momento de la visita efectuada el día 9-12-2019.



Labores de filmación del pozo Barbudal.



Prueba de bombeo realizada por la UTP. Caudal de extracción 7,4 L/s.



Comportamiento de los abatimientos durante el desarrollo de la prueba de bombeo.

Reportes de calidad de agua

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
1	Microbiológica	153629	18/12/2019	A partir de los resultados del ensayo realizado se establece que el agua del pozo Barbudal es de calidad excelente, ya que la presencia de coliformes fecales es negativa.
2	Físico-química	AyA-ID-11261-2019	18/12/2019	A partir de los resultados del análisis físico-químico la muestra de agua cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.



RESUMEN EJECUTIVO

DATOS GENERALES

LOCALIDAD	: Barbudal de Colorado
POZO N°	: EXT-12
FECHA DE PRUEBA	: 16-dic-2019
REALIZADA POR	: Manuel Vargas Gonzalez
FECHA DE ANALISIS	: 7-ene-2020
ANALIZADO POR	: Luis Alonso Fallas Montoya

ARMADO GENERAL DE POZO

DIAMETRO DE PERFORACION [m]	= 0.25
DIAMETRO DE ADEME [m]	= 0.15
MATERIAL DE ADEME	= PVC
PROFUNDIDAD INICIO DE REJILLAS [m]	= 5
PROFUNDIDAD FINAL DE REJILLAS [m]	= 33.00
PROFUNDIDAD DE POZO [m]	= 35.00
MATERIAL DE REJILLA	= PVC

PRUEBA POR ETAPAS

NUMERO DE ETAPAS	= 4.00
CAUDAL ETAPA 1 [lps]	= 2.00
CAUDAL ETAPA 2 [lps]	= 4.00
CAUDAL ETAPA 3 [lps]	= 6.00
CAUDAL ETAPA 4 [lps]	= 7.30
COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C" [m/lps ²]	= 0.03
COEFICIENTE DE ACUIFERO "B" [m/lps-día]	= 0.32
EFICIENCIA DE POZO [%]	= 100.00

PRUEBA DE BOMBEO

NIVEL ESTATICO - POZO BOMBEO [m]	= 1.10
NIVEL ESTATICO - POZO OBSERVACION [m]	=
CAUDAL DE BOMBEO [lps]	= 7.40
DURACION DE BOMBEO CONTINUO [min]	= 2880
NIVEL DINAMICO POZO DE BOMBEO [m]	= 5.27
NIVEL DINAMICO POZO OBSERVACION [m]	=
TRASMISIVIDAD [m ² /día]	= 319.00
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	= 0.00
RECUPERACION POZO BOMBEO (1hr) [%]	= 93

CAUDAL DE EXPLOTACION

CAUDAL DE EXPLOTACION [lps]	= 7.00
ABATIMIENTO [m]	= 4.38
TIEMPO DE BOMBEO CONTINUO [hrs]	= 20.00
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO (lps)	= 7.00
ABATIMIENTO MÁXIMO RECOMENDADO (m)	= 4.38



PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE

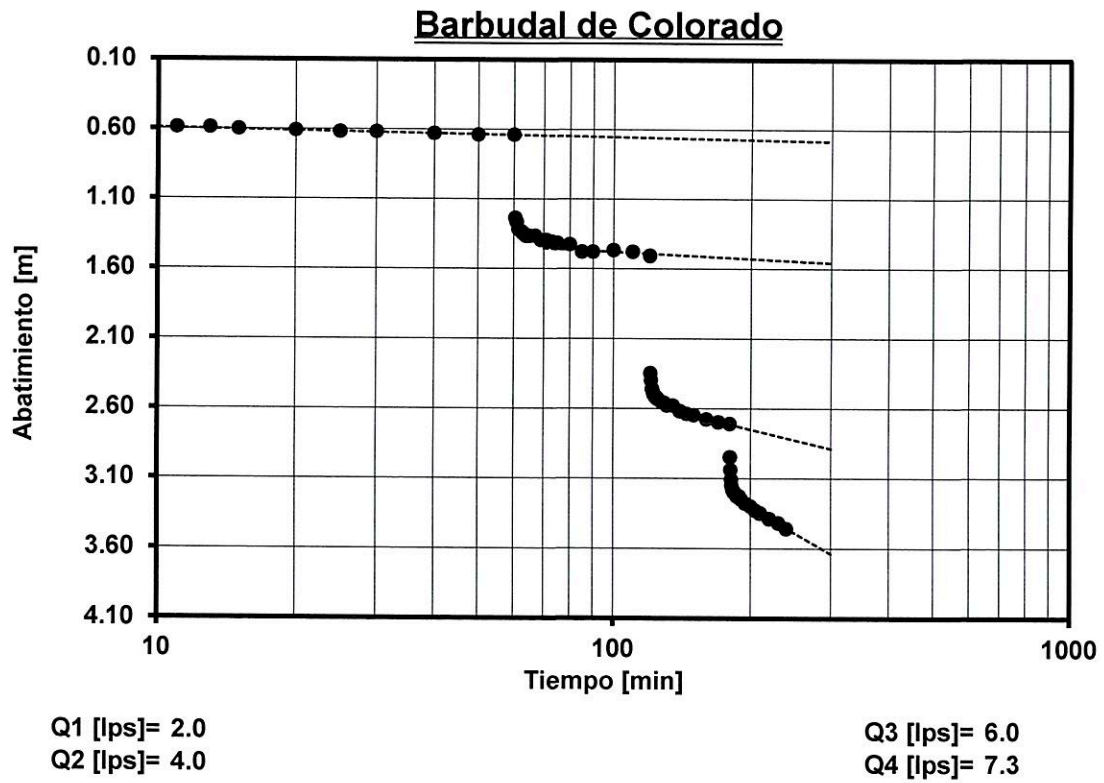


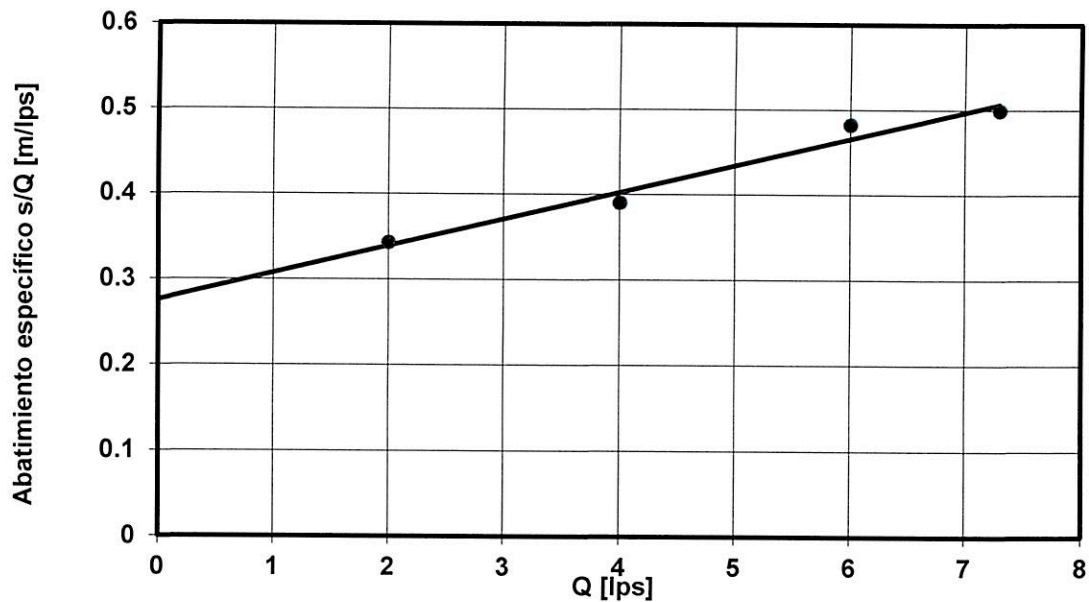
Fig -1 Prueba a caudal variable, extrapolando cada etapa a 300 minutos



COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C"

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

Barbudal de Colorado



$C [m/lps^2] = 0.03$

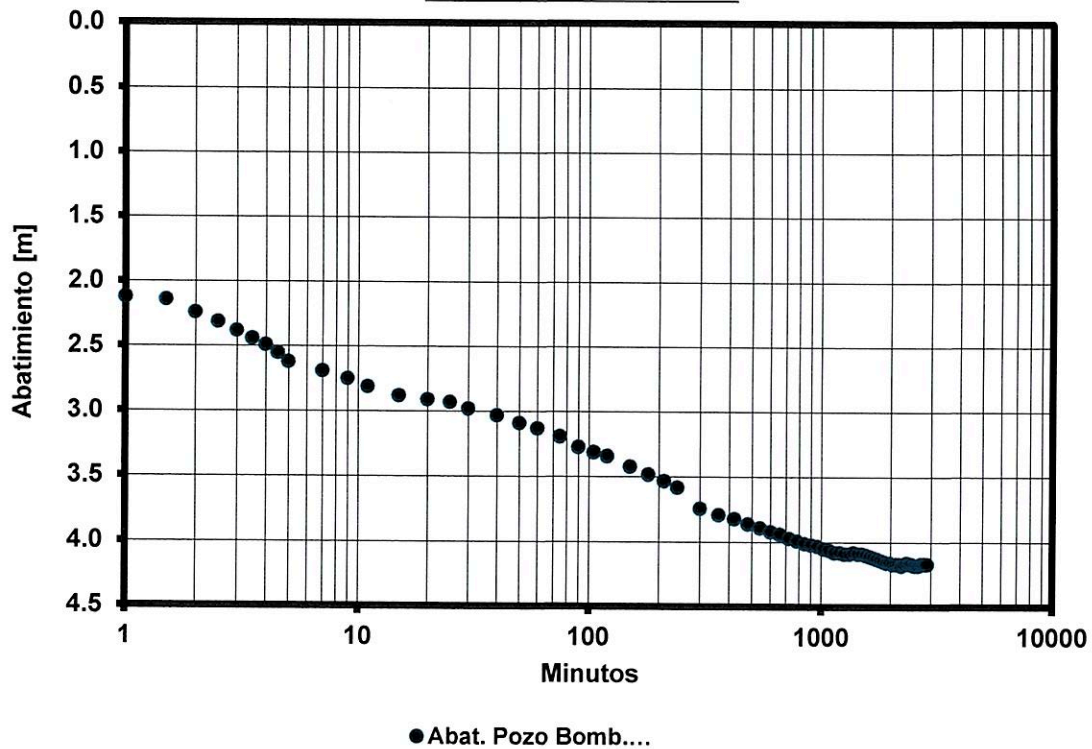
$B [m/lps/dia] = 0.32$
Eficiencia [%] = 57.59

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

Barbudal de Colorado



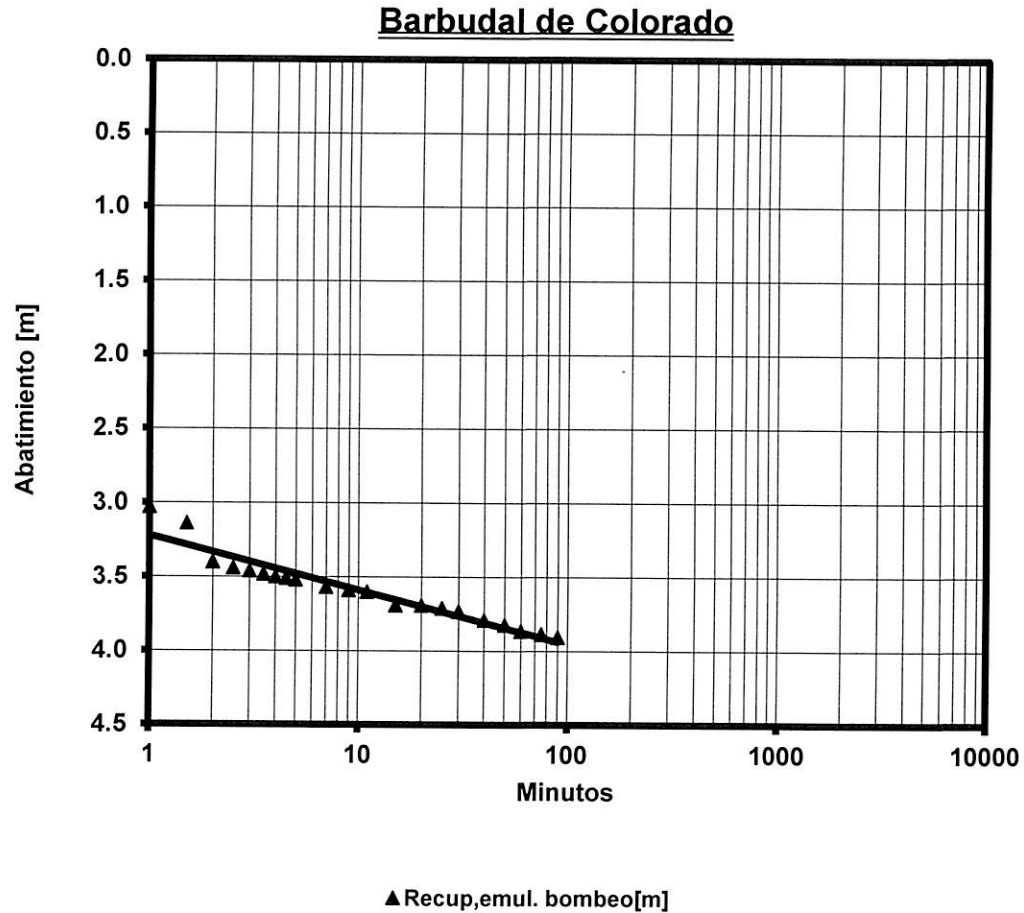
T [m²/día] = 184.67
S =

Nivel Estático [m]= 1.10
Q [lps] = 7.40

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



PRUEBA DE BOMBEO-RECUPERACION



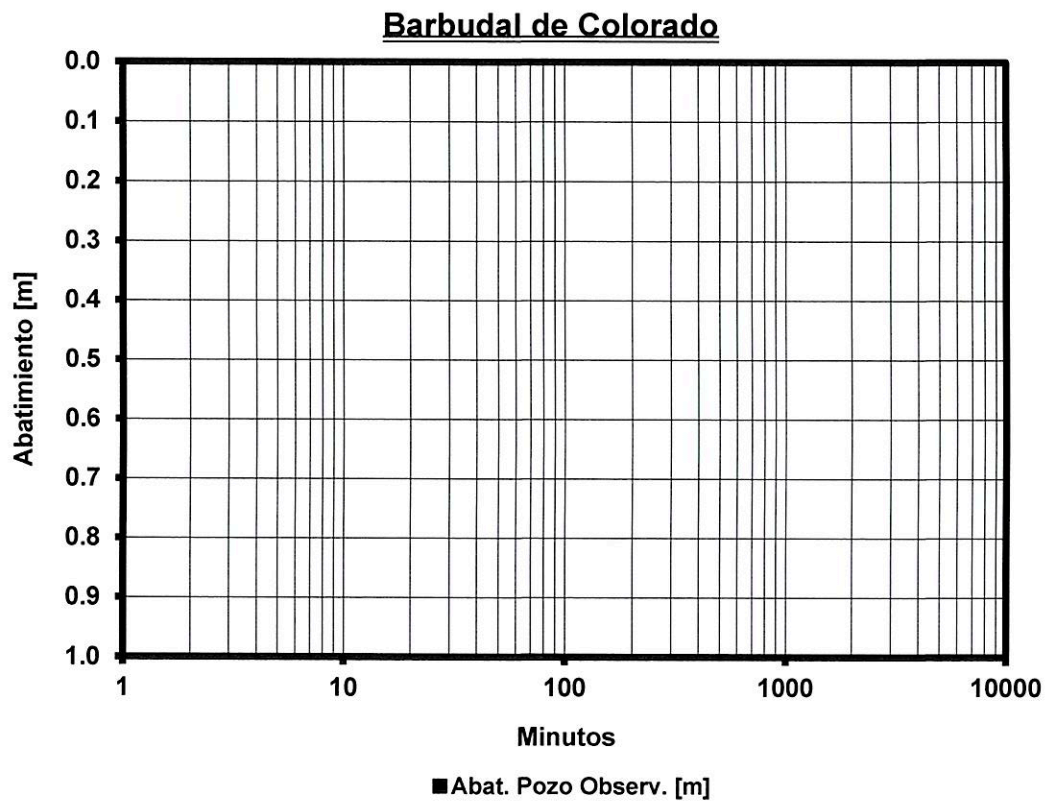
T [m²/día] = 318.71
S = 4.07E-03

Recuperación [%] = 93
Q [lps] = 7.40

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



T [m²/d] =
S =

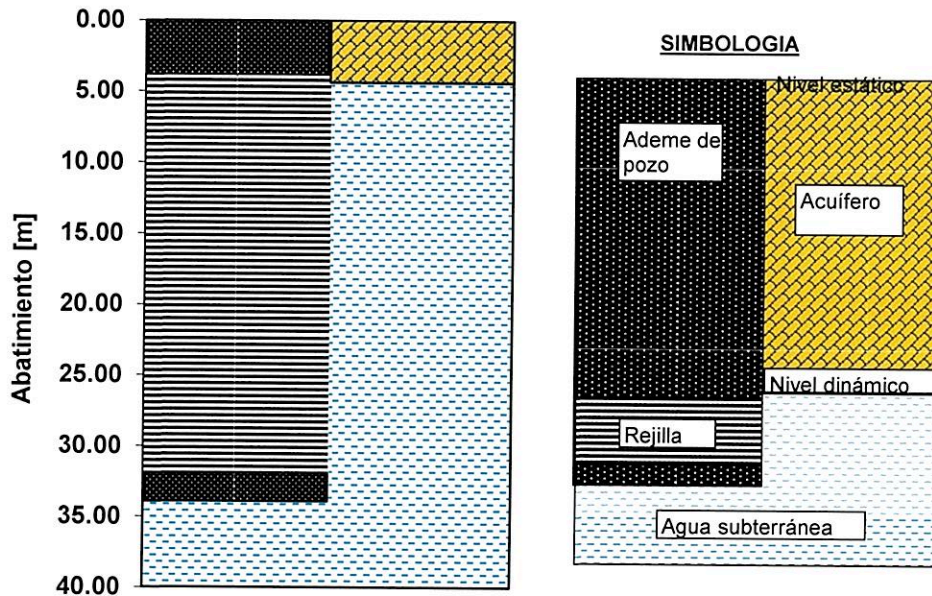
Q [lps] = 7.40

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



CAUDAL DE EXPLOTACION

Barbudal de Colorado



Nivel de abatimiento máximo permisible [m] =	4.38
Caudal de explotación [lps] =	7.00
Abatimiento de caudal de explotación [m] =	4.38
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.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Procedencia: BARBUDAL COLORADO	Solicitado por: UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	Recolección: 18/12/2019	
Cantón: ABANGARES	Recolectado por: NATASHA ROJAS V	Conclusión análisis: 19/12/2019	
Provincia: GUANACASTE	Tipo de muestra: Pozos ó manantiales	Número reporte: 153629	Emisión reporte: 19/12/2019

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 mL ⁻¹			NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES		
POZO BARBUDAL Directo del pozo	9:00			Negativo		Negativo

1- Orden: 6943-19. 2- Reporte de campo: a) pozo en finca privada; b) no está en uso; c) prueba de bombeo de 48 horas; d) muestra recolectada a las 47 horas; e) aspecto del agua limpia; f) jcaudal de prueba: 7, 4 L/s.

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-En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio microbiológico de evaluación de pozos, el pozo Barbudal es de calidad excelente.

PABLO CESAR RIVERA NAVARRO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
PABLO CESAR RIVERA
NAVARRO (FIRMA)
Fecha: 2019.12.20 08:00:14
-06'00

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS
RIEGO Y AVENAMIENTO (SENARA)

OK
11-9-86

OK
21/1/87

INVENTARIO DE POZOS

POZO N°: A6-71

FECHA: 21-1-87

Fuente de información Permiso de Perforación Colector: José Daniel Quesada

(1) Localización

Provincia: Guanacaste Cantón: Abangares Distrito: Colorado

Lugar: _____ Otras señas: Calle Higuierillas

Mapa(hoja): Abangares N° 3146-I Coordenadas: ~~241-2000~~ 415-500 E.

(2) Propietario o Inquilino Municipalidad

Dirección: Idem.

Perforador: Sánchez, S.A. Dirección: _____

(3) Topografía Plana Elevación ± 18

R.S.D.R.
19-05-87
25-05-87

(4) Perforado por: Rotación _____ Percusión X Clavado _____
Barrenado _____ Otro(especifique) _____

Fecha: Feb. 1987 Diámetro 10 pulg. Observaciones Ø = 754

(5) Profundidad 40 m. Fecha Feb. 1987.

(6) Nivel estático: 2.4 m. Fecha 24-05-87 Punto de referencia PA = 30.

para medición
1 HP
ND = 2.55
t = 480 min

(7) Acuíferos Principales: de _____ m, _____ m, _____

(8) Revestimiento tipo PVC Ø 152.4 Tramos 0-12

(9) Rejillas: Tipo PVC Ø 152.4 Tramos 12-40

en papel de grava

(10) Explotación tipo: Bomba eléctrica Caudal extraído: 2 L/S.
Regimen de Explotación _____

(11) Usos del agua: (X) Doméstico, () Riego, () Industrias, () otro
(Especifique) Comunal.

(12) Calidad: Análisis: () No, () Si; Color _____ Sabor _____
Olor _____ Otro _____

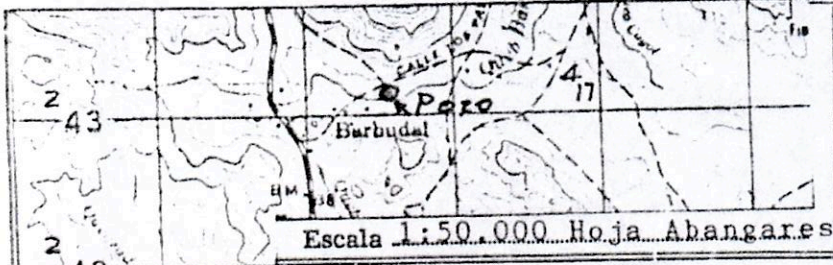
(13) Observaciones: Litología, diámetro

PERFORACIONES SANCHEZ, S. A.
POZOS PROFUNDOS

Apartado 20 - Teléfono 63-53-13
Esparza - C. R.

AG-71

corrección ubicación en
415.585 - 743.161 mps



Escala 1:50.000 Hoja Abangares

Leyenda	
	ARCILLA
	ARENISCA
	BRECHA
	ABATIMIENTO 15 cm.

Entubamiento	Profund.		Formación	Propietario	
	Mts.	Símbolo		Consejo Muni. Colorado, Abangares	
	N.E.		0-2 mts. Arcilla cafe grisaceo, muy plastica, adhesiva e imper.	Comenzado	19-mayo-1987
	N.D.		2-6 mts. Arcilla cafe con limo y arena, adhesiva e imper.	Terminado	25-mayo-1987
	10		Formacion Rivas 6-10mts.	Pozo Número	1
	20		Arcilla de color cafe 20%, 80% restante fragmentos angulares hasta 5 mm de arenisca gris oscuro, perm. moderada.	Localización	Barbudal- Colorado
	30		10-16 mts. 10% arcilla gris, 90% de arenisca gris oscuro, muy fracturada, buena perm.	Tipo de Pozo	Artesiano N° Artes X.
	40		16-26 mts. Material sedimentario de color gris brechoso, veteadado de verde, muy fracturado buena perm.	Perforador	Patrocinio Gonzalez
	50		26-40 mts. Material sedimentario, arenisca de color gris oscuro, semi dura, fracturas rellenas de cuarzo, perm. baja.	Cuadrilla	
	60		imper.= impermeabilidad	Método de Perforación	percusion a cable. Diametro de perfo. 2.5cm
	70		perm.=permeabilidad	Máquina	Bucyrus Erie 22 -W-3
	80			Sella sanitario	3 mts.
	90			Profundidad total del pozo	40 mts.
100			Entubamiento:	40 mts.	
110			Metal:	PVC	
			Longitudes y diámetros:	0-12mts. ciego Ø 15.24 cm.	
			Tipo de unión:	campana	
			Zaranda:	ranurada 12-40=28 mts.	
			Fabricante:	PVC	
			Diámetro:	15.24 cm.	
			Ranuras:	3.17mm x 254mm= 16/m	
			Accesorios:	piedra quebrada	
			Aforos:		
			Fechas:	24-mayo-1987	
			Nivel estático:	2.40 mts.	
			Bomba usada:	sumergible 1 HP	
			Caudal:	2- lt/seg.	
			Nivel dinámico:	2.55 mts.	
			Horas de bombeo:	8	
			Prof. de bomba	30 mts.	
			Hidrogeólogo:	Alvaro Suarez M.	
			Gerente	Antonio Sanchez	

S. L. 10000

EMPRESA PERFORADORA: Perforaciones Carlos Eduardo Vázquez P. Tel. 44-09-64	REPORTE FINAL (6) DE PERFORACION (AG-101)
POZO No.	ESTUDIOS BÁSICOS UBICACION CARTOGRAFICA 28 ABR 1993 RECIBIDO
LOCALIDAD: Colorado de Abangares, Guanacaste.	
CROQUIS DEL POZO CON RELACION AL TERRENO: Véase plano adjunto	
	LUGAR: ABANGARES No. 3146-I ESCALA 1: 50.000 del IGN

PROPIETARIO: Rancho APPALOOSA, S.A

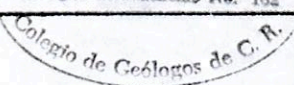
Uso que se dará al agua: Abrevadero	Método de perforación: Rotación	Equipo de Perforación: Máquina Reconstruida
La perforación se inició: 10-02-93	La perforación concluyó: 08-03-93	Profundidad total del pozo: 57.0 metros

VARIACION DE NIVEL DE AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACION	DESCRIPCION LITOLOGICA DETALLADA
PROF (m) NIVEL (m)	TRAMO (m) DESCRIPCION
El nivel estático se mantuvo en 2m durante casi toda la perforación, aunque, se observaron pequeñas variaciones.	0-1 m Suelo: Color café oscuro. Constituido por restos líticos principalmente, aunque contiene algo de materia orgánica. Su permeabilidad aparente es alta.
	1-20 m Aluvión: Conformado por materiales de diferente granulometría, de composición lávica predominantemente, color café verdoso. Con permeabilidad aparente media.
	20-39 m Lava: Color negro y textura afanítica, muy densa y sana, sin oxidación aparente. Permeabilidad aparente de media a baja.
	39-57 m Arenisca: De grano fino a medio, color gris verdoso. Muy sana y compacta, por lo que su permeabilidad aparente es muy baja.

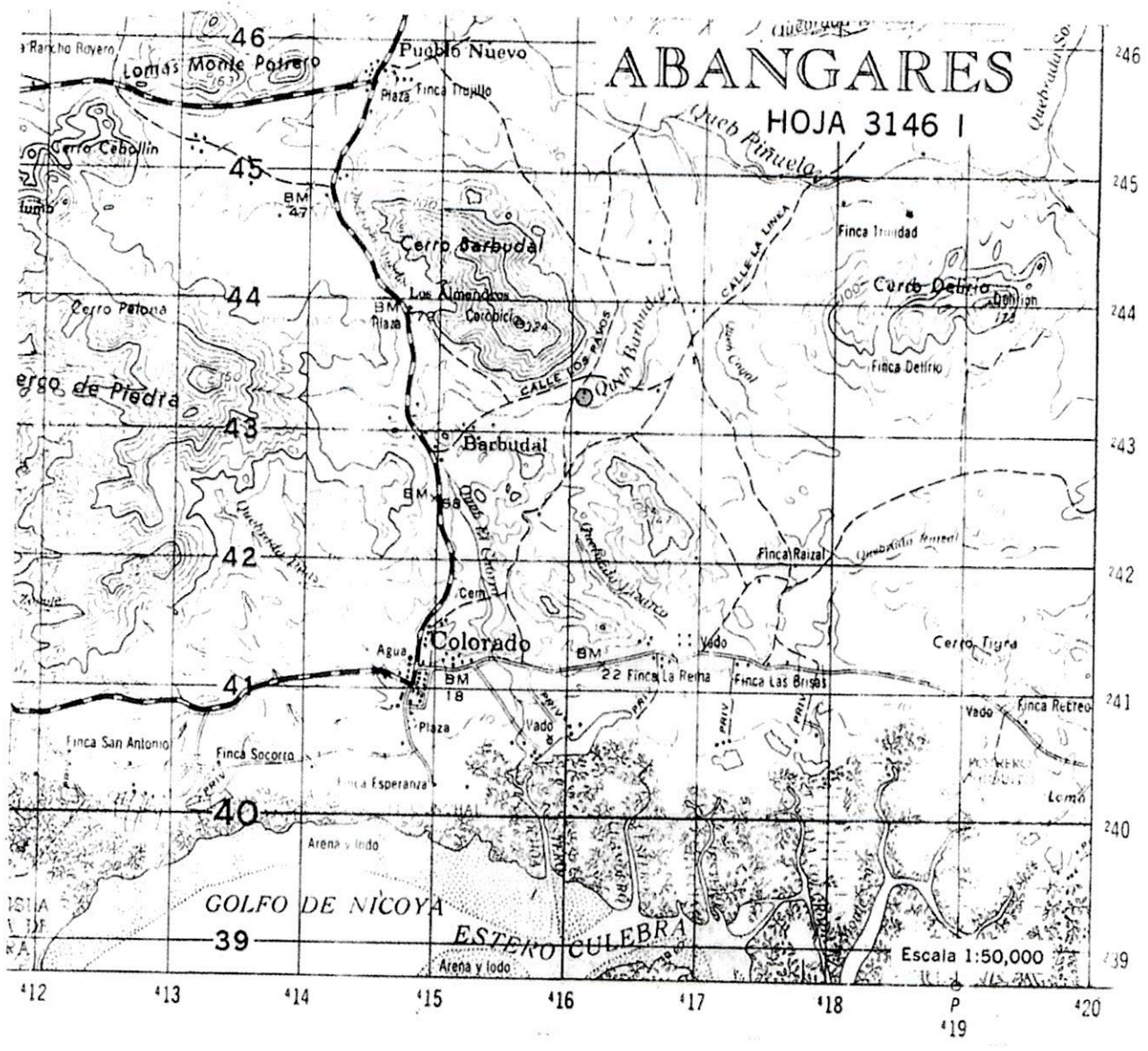
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS ENCONTRADAS

A pesar que el nivel del agua al final de la perforación era de 2m, la producción del pozo es muy baja, el abatimiento muy grande y la recuperación muy lenta, debido sobretodo, a la baja permeabilidad de los materiales perforados. Este pozo, al final no se armó, quedando sólo el agujero.

POZO No. AG-101: Rancho APPALOOSA, S.A.		OTROS DETALLES								
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	SELO SANITARIO Tipo: _____ Prof. _____ m.								
	DETALLES CONSTRUCTIVOS									
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60	AG-101 <p style="text-align: right;">Suelo</p> <p style="text-align: right;">Perforación en 9" sin armar.</p>	FILTRO DE GRUVA TIPO: <u>No</u> MARCHA: <u>---</u> DESARROLLO TIPO: <u>Aire y espumante</u> TUBERIAS: <u>4.0</u> DESINFECTACION: <u>---</u> CALIDAD DEL AGUA: <u>Buena</u> ADOS O ADITIVOS EMPLEADOS: <u>Bentonita</u> PRUEBA DE BOMBEO EQUIPO: PROFUNDIDAD: _____ mcs. FECHA: HORAS DE BOMBEO: CAUDAL: _____ Litros/seg. NIVEL INICIAL: <u>2.0 m</u> NIVEL FINAL: ESTABILIZADO ? TIEMPO DE RECUPERACION: % DE RECUPERACION: TRANSM. (m ² /D): CAPACIDAD ESP.:								
<p>Nota: Este pozo no se armó, por problemas de producción y económicos con el propietario.</p>										
<p><u>LEYENDA</u></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">xxx</td> <td>Suelo</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">v v v</td> <td>Lava</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">o o</td> <td>Aluvión</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">. . .</td> <td>Arenisca</td> </tr> </table>			xxx	Suelo	v v v	Lava	o o	Aluvión	. . .	Arenisca
xxx	Suelo	v v v	Lava							
o o	Aluvión	. . .	Arenisca							
<p><u>RECOMENDACIONES DEL EQUIPO A INSTALAR</u></p> BOMBA A INSTALAR: _____ CAPACIDAD: _____ PROFUND. _____ MOTOR: _____ CABLE _____ ARRANQUE _____ TUBERIA DESCARG. _____ ELECTRODOS _____ PARRA _____										
<p><u>RECOMENDACIONES SOBRE EXPLOTACION</u></p> CAUDAL EN LITROS/SEG.: _____ HORAS DIARIAS: _____ NIVEL DE BOMBEO MAX. _____										
CEELOO SUPERVISOR J. Daniel Quesada B. REPRESENTANTE DE LA EMPRESA: Carlos E. Vásquez										
CARTE: <u>Credencial # 152 CGCR</u>										
FECHA: <u>Octubre de 1986</u> FECHA: <u>Abril de 1993</u>										



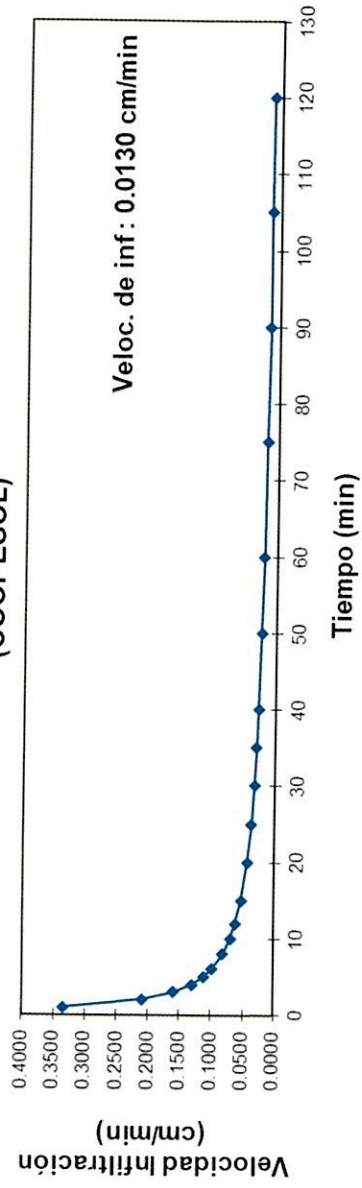
PLANO DE UBICACION



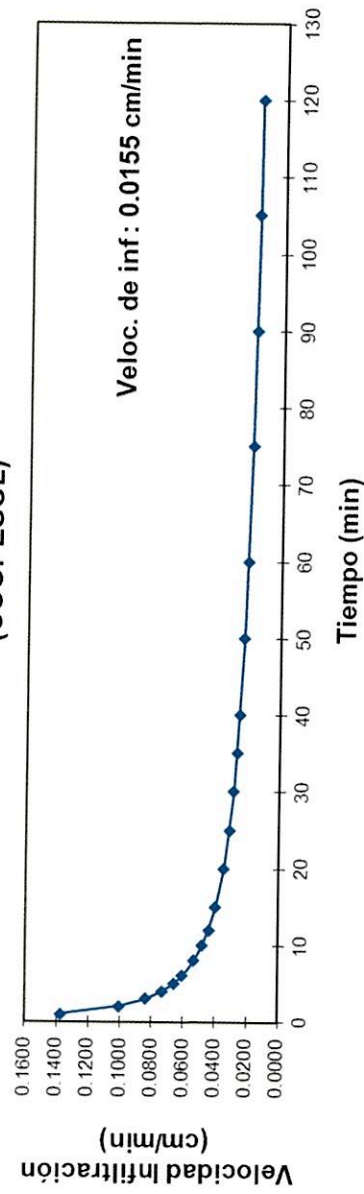
O: Localización del pozo (Rancho APPALOOSA, S.A)
AG-101

ANEXO 2
Resultados de las Pruebas de infiltración

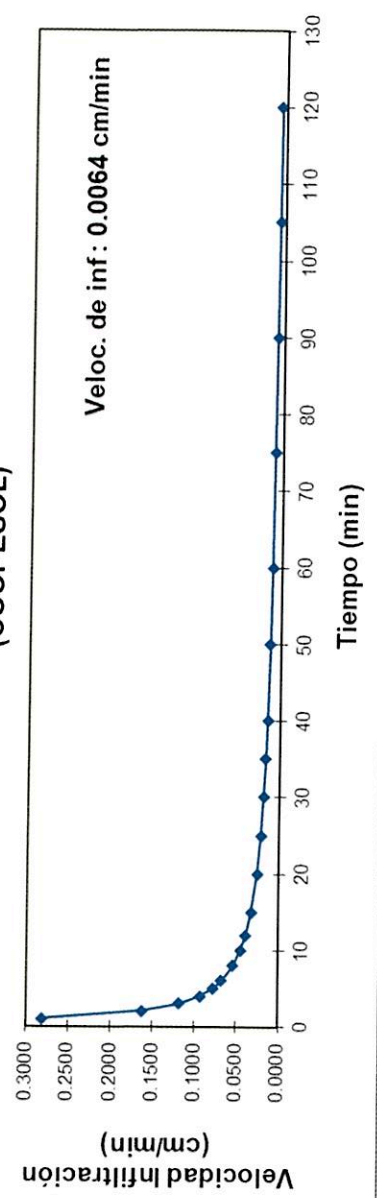
PI-1 - POZO BARBUDAL (COOPESOL)



PI-2 - POZO BARBUDAL (COOPESOL)



PI-3 - POZO BARBUDAL (COOPESOL)



ANEXO 3
Resultados de los análisis Físico-Químicos y Microbiológicos



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Procedencia: BARBUDAL COLORADO	Solicitado por: UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	Recolección: 18/12/2019	
Cantón: ABANGARES	Recolectado por: NATASHA ROJAS V	Conclusión análisis: 19/12/2019	
Provincia: GUANACASTE	Tipo de muestra: Pozos ó manantiales	Número reporte: 153629	Emisión reporte: 19/12/2019

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 mL ¹		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
POZO BARBUDAL Directo del pozo	9:00			Negativo	Negativo

1- Orden: 6943-19. 2- Reporte de campo: a) pozo en finca privada; b) no está en uso; c) prueba de bombeo de 48 horas; d) muestra recolectada a las 47 horas; e) aspecto del agua limpia; f) jcaudal de prueba: 7, 4 L/s.

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-En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio microbiológico de evaluación de pozos, el pozo Barbudal es de calidad excelente.

PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA)
Firmado digitalmente por PABLO CESAR RIVERA NAVARRO (FIRMA)
Fecha: 2019.12.20 08:00:14 -06'00'

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-11261-2019

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

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



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS		Proc. muestreo	AYA-PT-019-6	
Contacto:			Muestreado por	Rojas Natasha	
SISTEMA:	BARBUDAL COLORADO		Fecha de muestreo	18-dic.-19	
			Fecha de ingreso :	18-dic.-19	
Muestreo:	POZO BARBUDAL		Fecha de Reporte:	20-dic.-19	
Dirección:	Directo de Pozo		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:		
PROVINCIA:	Guanacaste	CANTON:	ABANGARES	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:		Fax:		Hora de recolección:	09:00

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	331	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	98,9	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloruros	*	5,89	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Color Aparente	*	N.D.	1,0	2,0	4,0	5	15	UPt-Co	2120 C
Conductividad	*	664	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Dureza de Calcio	*	247	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	369	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
Fluoruros	*	D.	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hierro	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	29,6	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	4,64	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
pH	*	7,03	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	N.D.	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	15,7	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	13,54	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

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



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

AYA-ID-11261-2019

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Turbiedad	*	0,19	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

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

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

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

** Ensayo no acreditado

Observaciones de Campo:

Muestra tomada a las 47 horas. Pozo en finca privada, no esta en uso, agua limpia, caudal de 7,4 L/s.

Observaciones:

Análisis Puntual.

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

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

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

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

A Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos

Jefe del Laboratorio Química