

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



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

**CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN (OPERACIONAL-ABSOLUTA)
BACTERIOLÓGICA DEL POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06) EN SIQUIRRES,
LIMÓN**

Elaboró

JOSE MANUEL JIMENEZ MURILLO
Firmado digitalmente por JOSE MANUEL JIMENEZ MURILLO (FIRMA)
Fecha: 2020.06.17 07:02:46 -06'00'

Geól. José Manuel Jiménez
Área Funcional de Hidrogeología

Colaboración en el trabajo de campo
Área Funcional de Hidrogeología:
Téc. Carlos Murillo Alvarado

Firmado digitalmente por VIVIANA RAMOS SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.06.18 17:22:08 -06'00'

Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental

Junio, 2020



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



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

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: **Gerencia General**

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

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

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



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

Firma: _____

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivo del informe.....	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
1.2. Ubicación cartográfica y contextual	5
2. GEOLOGÍA REGIONAL	5
2.1. Formación Suretka	8
2.2. Depósitos Aluviales	8
3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	8
3.1. Falla Siquirres Matina	8
4. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
4.1. Perfil A-B	9
4.2. Perfil C-D.....	12
4.3. Unidades hidrogeológicas	12
4.4. Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico.....	12
5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO	15
5.1. Conductividad hidráulica en la zona no saturada.....	15
5.2. Conductividad hidráulica en la zona saturada	15
6. TIEMPO DE TRANSITO DE CONTAMINANTES.....	17
6.1. Zona no saturada.....	17
6.2. Zona saturada	18
7. CALCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA	18
7.1. Zonas de captura	18
7.2. Radio fijo	19
7.3. Ecuación de Darcy.....	20
8. ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN ABSOLUTA.....	20
8.1. Zona de protección absoluta.....	21
9. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA.....	21
10. CALIDAD DE AGUAS	24
11. CONCLUSIONES	24
12. REFERENCIAS.....	25
Anexo 1: Reporte de perforación pozo Unión Campesina (19-06).....	28

Anexo 2: Inventario de pozos alrededores del área de estudio	29
Anexo 3: Informes de perforación	31
Anexo 4: Resultados pruebas de infiltración	32
Anexo 5: Análisis de prueba de bombeo en pozo Unión Campesina (19-06)	34
Anexo 6: Análisis de calidad del agua realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA.....	35

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área en estudio.....	6
Figura 2: Mapa geológico del área de estudio. Tomado de Denyer & Alvarado (2007).	7
Figura 3: Mapa de ubicación de nacientes cerca de la fuente en estudio.....	10
Figura 4: Perfil hidrogeológico A-B.	11
Figura 5: Perfil hidrogeológico C-D.....	13
Figura 6: Curvas equipotenciales para el pozo en estudio.	14
Figura 7: Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración alrededor del pozo.....	16
Figura 8: Zona de protección del pozo en estudio.	22
Figura 9: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente en estudio.....	23

Índice de cuadro

Cuadro 1: Información general de las fuentes en estudio.....	5
Cuadro 2: Información de nacientes alrededor del área de estudio.....	9
Cuadro 3: Resultados de las pruebas de infiltración.....	15
Cuadro 4:Parámetros hidráulicos de los pozos.	17
Cuadro 5:Tiempo de transito de contaminantes en la zona no saturada para la fuente analizada.	17
Cuadro 6: Distancia horizontal mínima para la protección de la fuente.....	18
Cuadro 7: Ancho de la zona de captura de la fuente analizada.	19
Cuadro 8: Punto de no retorno de la fuente analizada.	19
Cuadro 9: Radio fijo de protección para la fuente analizada.	20
Cuadro 10: Ancho de la zona de captura calculada a partir de la ecuación de Darcy.	20
Cuadro 11: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente analizada.	21

CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN (OPERACIONAL-ABSOLUTA) BACTERIOLÓGICA DEL POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06) EN SIQUIRRES, LIMÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en atención a la solicitud por parte de la UEN Programación y Control. Donde se solicita a la Dirección UEN-GA efectuar los estudios pertinentes, con el fin de determinar la zona de protección del pozo Unión Campesina (19-06).

Así, la Dirección UEN-GA, designa un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios correspondientes. La visita al lugar y los ensayos de campo correspondientes se realizaron el 07 y 08 de mayo del 2020.

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

- Geól. José Manuel Jiménez Murillo
- Téc. Carlos Murillo Alvarado

1.1. Objetivo del informe

1.1.1. Objetivo General

Definir el área especial de protección absoluta (bacteriológica) del pozo Unión Campesina (19-06) en Siquirres, Limón.

1.1.2. Objetivos Específicos

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

1.2. Ubicación cartográfica y contextual

El pozo en estudio se ubica en las coordenadas 231,787 N y 603, 783 E Lambert Norte, en la Hoja Cartográfica Matina, escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional. Este pozo se ubica a 1,5 km al noroeste del poblado de Veintiocho Millas, en Batán (Figura 1).

El acceso a la propiedad donde se ubica el pozo se da por la carretera nacional N°32 hasta el poblado de Río Hondo, posteriormente tomando el camino que comunica este poblado con la comunidad de Veintiocho millas. El camino para acceder al pozo está en condiciones óptimas para transitar con cualquier tipo de vehículo. En la Fotografía 1 se observa el estado del pozo, mientras que la información relevante de este se muestra en el Cuadro 1, el cual se ubicada a 85 m de la base actual del río Madre de Dios.

Cuadro 1: Información general de las fuentes en estudio.

Nombre	Lambert Norte		Q (l/s) *
	Latitud	Longitud	
Unión Campesino (19-06)	231,787	603,783	10

*Caudal recomendado por la UEN- AP según la prueba de bombeo realizada en el pozo (Anexo 1).



Fotografía 1: Ubicación del pozo Unión Campesino (19-06). Coordenadas 231,787 N y 603,783 E (proyección Lambert Costa Rica Norte).

2. GEOLOGÍA REGIONAL

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

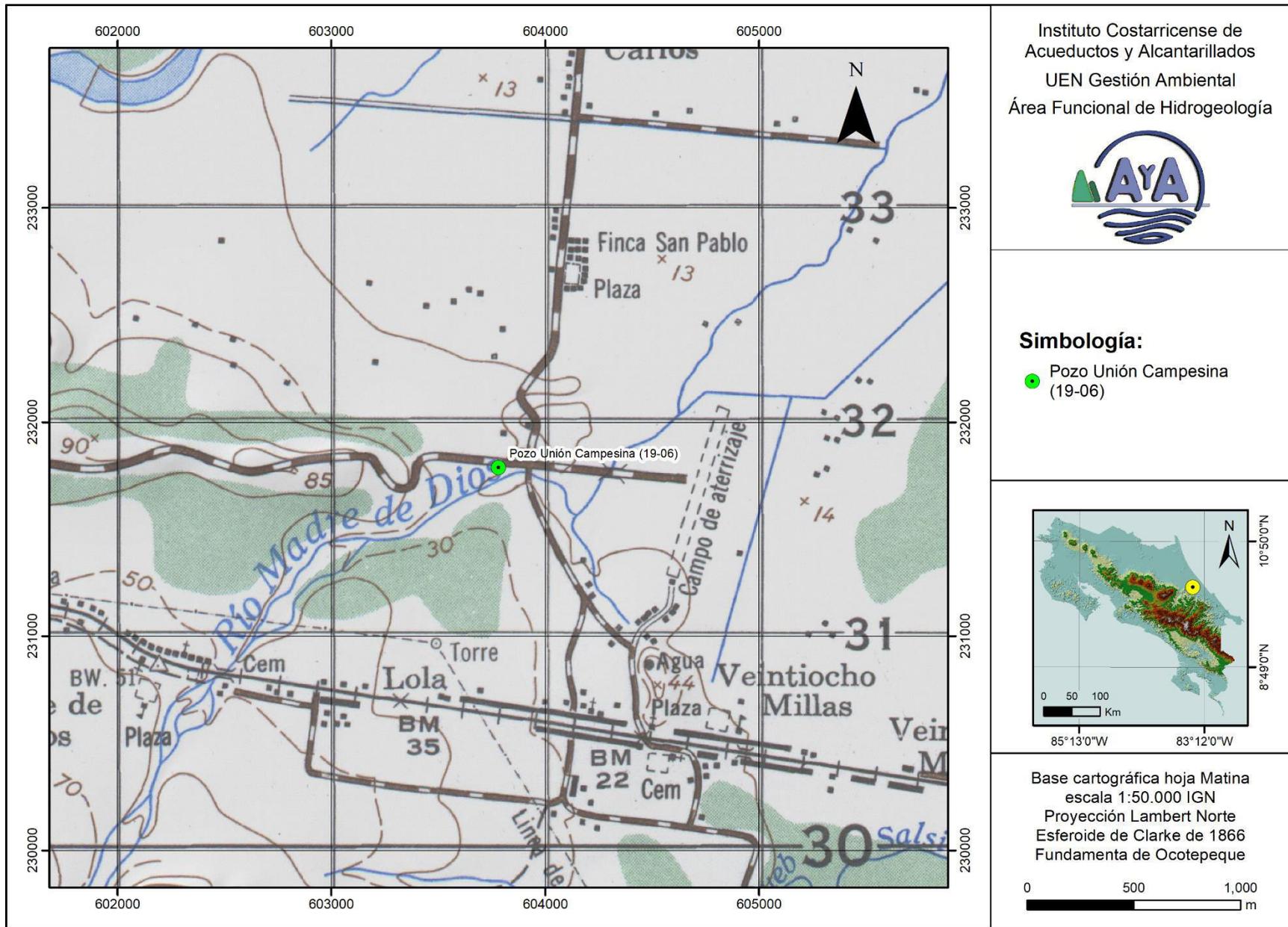


Figura 1: Mapa de ubicación del área en estudio.

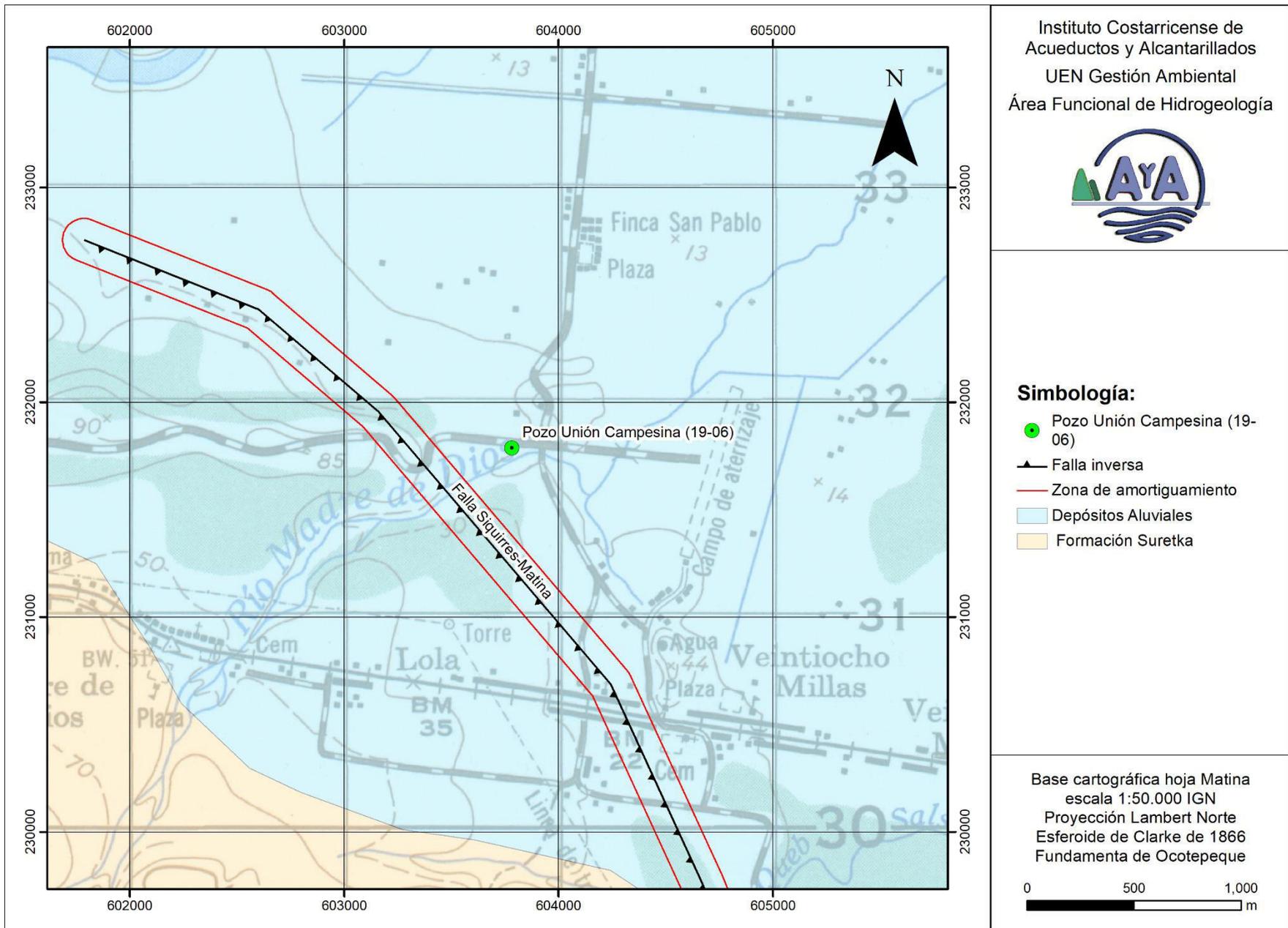


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio. Tomado de Denyer & Alvarado (2007).

2.1. Formación Suretka

Fernández *et al.* (1994) describen esta formación como una secuencia de depósitos progradantes de abanicos aluviales, con litologías de conglomerados con clastos de tamaño centimétrico y decimétrico de lavas, subredondeados a subangulares y con esfericidad alta a media dentro de una matriz areno-arcillosa color café, presentan laminaciones paralelas de clastos y gradación inversa.

Según Fernández *et al.* (1994) esta formación alcanza espesores desde 1500 a 2000 m. Sobreyace discordantemente a la Formación Uscari y se encuentra sobreyacida por depósitos cuaternario. Su edad es Plio-Pleistoceno. (Pérez, 1996).

2.2. Depósitos Aluviales

Se trata de depósitos aluviales de gran extensión y de poco espesor que forman las grandes llanuras al norte y este de la zona de estudio. Sobreyacen a las rocas de la formación Suretka. Se caracteriza por ser un depósito no consolidado de bloques entre decimétricos hasta métricos englobados por una matriz arenosa.

3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

3.1. Falla Siquirres Matina

Ubicada en la provincia de Limón, extendiéndose desde el sur del poblado de Guácimo, pasando por San Miguel de Matina y al sur de la ciudad de Limón, hasta unos 5 km al sur de Cahuita, con una longitud máxima de 130 km (Denyer *et al.*, 2009).

Es una falla inversa con inclinación hacia el suroeste y con componente de rumbo sinistral (Denyer *et al.*, 2009). La sección noroeste de esta falla, desde Guácimo a Siquirres, posee un rumbo sureste, por otra parte, entre Matina y Puerto Limón, su rumbo es aproximadamente este-oeste y desde allí hasta el sur de Cahuita, su rumbo es sureste.

De acuerdo con la RSN su trazo coincide con el borde noreste de la Cordillera Volcánica Central y en el sector central marca el límite con la zona montañosa de la Fila Matama y otras filas de montañas locales de la costa del Caribe sureste de la provincia de Limón.

Según Boschini (1989), en 1953 un terremoto superficial de magnitud M_w de 5,2 originó daños en la ciudad de Limón y su epicentro se le ubicó entre Matina y Limón. De acuerdo a Climent *et al.* (2005) y Alvarado *et al.* (2012) puede presentar un potencial sísmico de magnitud M_w 7,0, mientras que Denyer *et al.* (2009) catalogan esta falla como neotectónica.

4. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, del SENARA y el AyA (2020) en un radio de 4 km alrededor del sitio en estudio se tiene registro de nueve pozos con reporte de perforación y su respectiva descripción litológica utilizados para plantear el modelo hidrogeológico de la zona.

Un resumen de la información que presentan estos pozos se muestra en el Anexo 2 y Anexo 3, mientras que su distribución espacial se observa en la Figura 3. También en estas bases de datos se encuentra registro de dos nacientes cuya información se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Información de nacientes alrededor del área de estudio

Naciente	Coordenadas Lambert Norte		Caudal	Elevación (m s.n.m.)
	Latitud	Longitud		
28 Millas	231,299	604,480	6	21,31
La Lola	229,799	603,298	12	46,95

Utilizando la información de los reportes de perforación y considerando su distribución espacial, se realizaron dos perfiles hidrogeológicos con el fin de caracterizar hidrogeológicamente el área de estudio y conocer la distribución y características del acuífero. La ubicación de estas líneas de perfil se observa en el mapa de la Figura 3.

4.1. Perfil A-B

Este perfil se observa en la Figura 4 con dirección suroeste a noreste y una longitud de 4,33 km. Para la elaboración de este perfil se cuenta con la información litológica de tres pozos. Según se observa en este perfil, bajo el área de estudio se da un predominio de rocas sedimentarias de origen fluvial, donde se reconoce primeramente hacia el sector noreste un paquete de bloques de diversos diámetros englobados en una matriz arenosa. Estos materiales están inconsolidados y pueden alcanzar los 29 m de espesor según el pozo Unión Campesina pertenecientes a la unidad Depósitos Aluviales.

Bajo estos materiales y aflorando en superficie hacia el sector suroeste de la zona en estudio se encuentra un paquete de arcillas color gris la cual alcanza espesores desde los 24 m (pozo 93-18) y presenta un acuñamiento hacia el pozo Unión Campesina. Este paquete de arcillas pertenece a la Formación Suretka y se originó en la meteorización de los materiales que componen esta formación. Subyaciendo estas arcillas se observa una secuencia de alternancia de capas de diferentes litologías entre arenas finas tobas gravas y lavas, todas pertenecientes a la Formación Suretka. En el pozo Unión Campesina (19-06) solo se reconocen de esta formación los paquetes de arenas con variada granulometría, donde el estrato que sirve como basamento son arenas finas con mucho contenido de arcillas.

Además, se reconoce el trazo del sistema de fallas Siquirres-Matina, el cual corta toda la secuencia desde los aluviones de los Depósitos Aluviales hasta los estratos de la Formación Suretka. El trazo de esta falla tiene un buzamiento hacia el suroeste y es de tipo inversa.

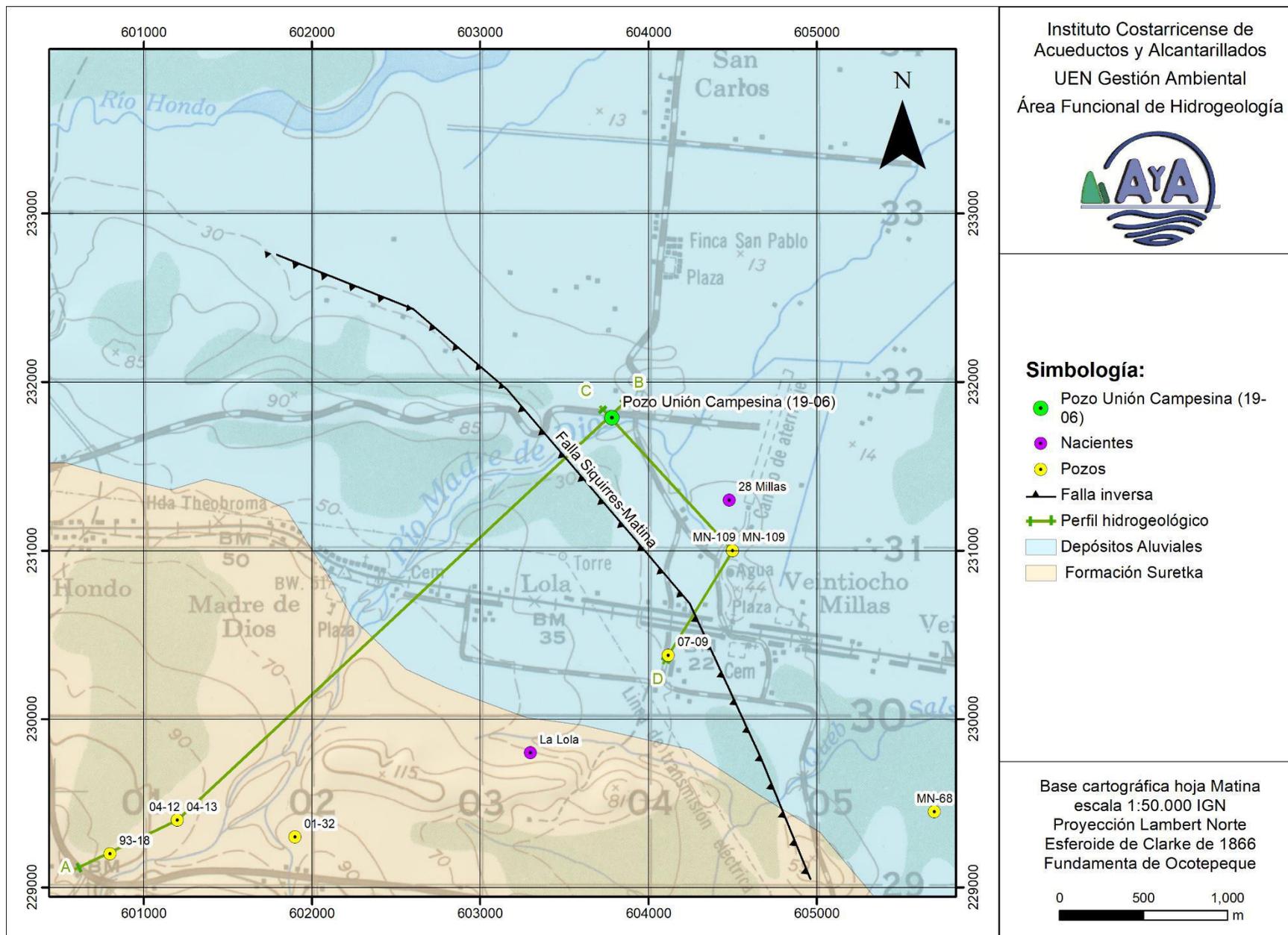


Figura 3: Mapa de ubicación de nacientes cerca de la fuente en estudio.

4.2. Perfil C-D

Este perfil se observa en la Figura 5 con una longitud de 1,9 KM. Para la elaboración de este perfil se contó con la información litológica de tres pozos, los cuales muestran un predominio de materiales sedimentarios de origen fluvial.

Se reconoce como una primera capa un suelo arcilloso hacia el sector sureste del perfil con un espesor máximo de 5 m y disminuyendo su espesor hacia el noroeste. Mientras que bajo esta capa y aflorando hacia el noroeste en el perfil se reconocen los depósitos aluviales conformados por arenas gruesas y gravas las cuales presentan su espesor máximo en el pozo MN-109 de 40 m.

Subyaciendo se encuentra la secuencia de materiales que conforman la Formación Suretka, empezando por una capa de arcilla seguido de una arenisca fina de color gris. Esta arenisca se encuentra cortada por una pequeña capa de gravas con una matriz arenosa con un espesor de 6 m.

4.3. Unidades hidrogeológicas

Mediante el análisis de la información hidrogeológica recopilada se reconocen dos unidades hidrogeológicas, La primera se desarrolla en las rocas sedimentarias de origen fluvial de la Formación Depósitos Aluviales. El acuífero de esta unidad se almacena en los espacios porosos entre las rocas y la matriz

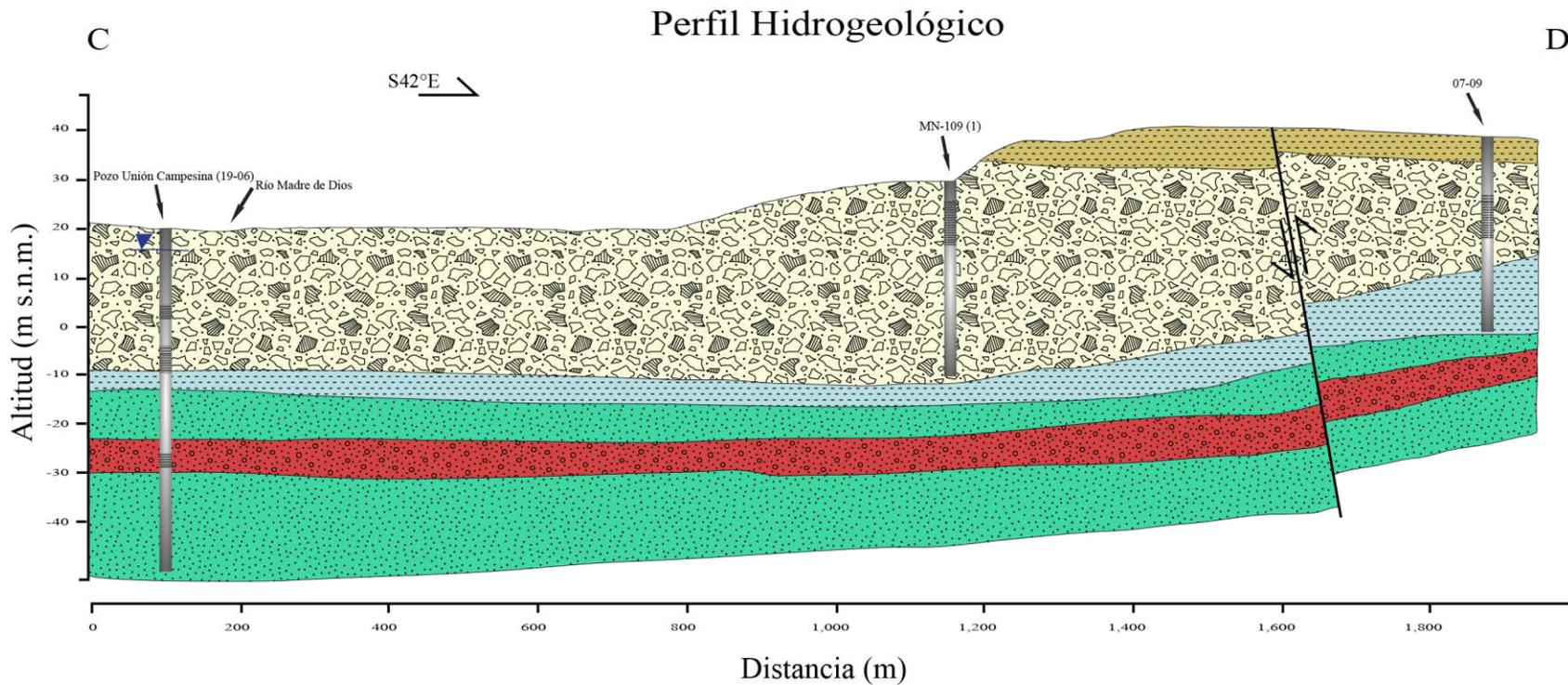
Este acuífero aluvial se clasifica como libre con un potencial hidrogeológico moderado, con una transmisividad de $64 \text{ m}^2 / \text{día}$ en el pozo Unión Campesina (19-06) y caudales de extracción que pueden alcanzar los 14 l/s según el pozo MN-109. Los niveles estáticos que reportan los pozos 07-09 y MN-68 varían entre los 0,5 m y 1,33 m de profundidad.

Mientras que la segunda unidad hidrogeológica se encuentra almacenada en los diferentes estratos que conforman la Formación Suretka. Se reconoce que las capas más productoras de este acuífero son las conformadas por arenas y gravas gruesas, mientras que las capas de arenas finas y arcillosas presentan poca capacidad hidrogeológica. Este acuífero es de tipo poroso, donde los caudales de extracción rondan los 15 l/s y transmisividades que pueden superar los $100 \text{ m}^2 / \text{día}$ según los pozos 04-12, 04-13 y 93-18, lo que indica que presenta un potencial hidrogeológico de moderado a alto.

En el caso del pozo Unión Campesina se reconoce que está captando tanto al acuífero aluvial como el acuífero Suretka por lo que presenta un aporte de ambas formaciones, separados por una capa arcillosa de 4 m de espesor.

4.4. Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico

Para definir la dirección del flujo subterráneo se elaboró el mapa de líneas isofreáticas de la Figura 6. Para su construcción se tuvo como referencia el nivel freático planteado en el perfil hidrogeológico de la Figura 4 y la Figura 5, a partir del cual, se elaboraron las curvas isofreáticas. Este análisis solo fue posible realizarlo para el acuífero aluvial ya que no se cuenta con suficiente información sobre el acuífero Suretka.



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



Figura 5: Perfil hidrogeológico C-D.

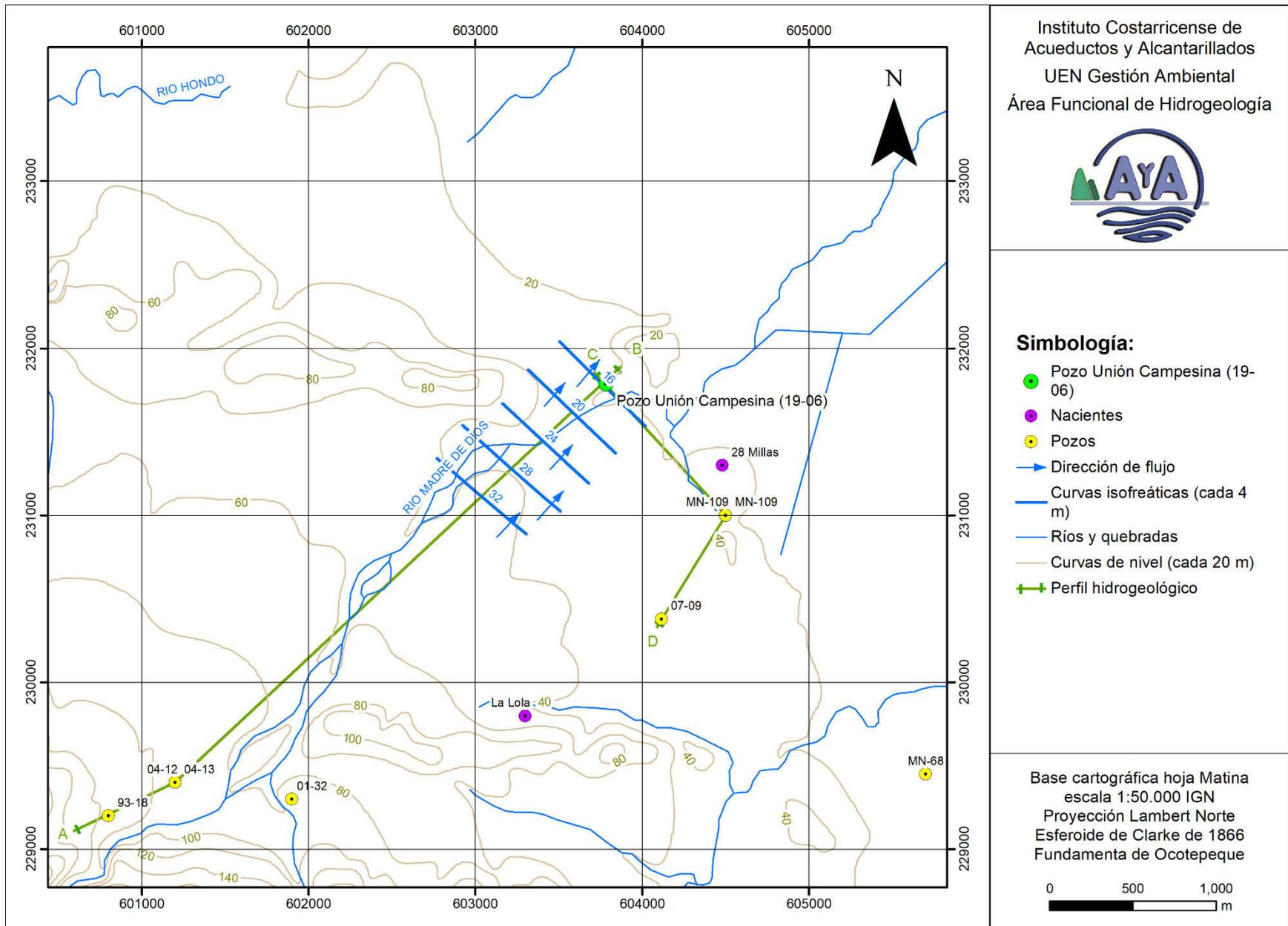


Figura 6: Curvas equipotenciales para el pozo en estudio.

Como se observa en el mapa de la Figura 6, la dirección de flujo del agua subterránea en el acuífero aluvial tiene una dirección predominante hacia el noreste. El gradiente hidráulico del acuífero fue obtenido a partir de las curvas isofreáticas, midiendo la diferencia de carga hidráulica entre dos líneas isofreáticas y la distancia entre ambas. Se toma como referencia la curva isofreática 32 y la curva isofreática 28.

Por lo tanto, para este acuífero se tiene que:

$$\begin{aligned}\Delta h &= h_2 - h_1 = 32 - 28 = 4 \text{ m} \\ L &= 245 \text{ m} \\ i &= 0,0163\end{aligned}$$

Donde:

i: gradiente hidráulico.

h: elevación de las líneas isofreáticas.

L: distancia entre líneas isofreáticas.

5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

5.1. Conductividad hidráulica en la zona no saturada

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

Cuadro 3: Resultados de las pruebas de infiltración.

Pozo	Código	Lambert Norte		Infil (cm/min)	Infil (cm/s)	Infil (m/día)	Tipo de suelo
		Latitud	Longitud				
Unión Campesina (19-06)	Pi-UC1	231,776	603,783	0,0596	9,93E-04	0,86	Arcilloso
	Pi-UC2	231,729	603,686	0,0031	5,17E-05	0,045	Arcilloso
	Pi-UC3	231,696	603,583	0,0001	1,67E-06	0,0014	Arcilloso
Promedio	-	-	-	0,0209	0,00035	0,301	-

A partir de estos resultados se tiene una infiltración promedio en los alrededores de la fuente de 0,301 m/día. El valor de porosidad para los suelos se tomará según la clasificación de Sander (1998), siendo de 0,4.

5.2. Conductividad hidráulica en la zona saturada

Para poder establecer la conductividad hidráulica del acuífero se necesita conocer la transmisividad de éste. Este valor de transmisividad se tomó según la prueba de bombeo realizada en el pozo, donde los resultados de la interpretación de esta prueba se muestran en el Anexo 5.

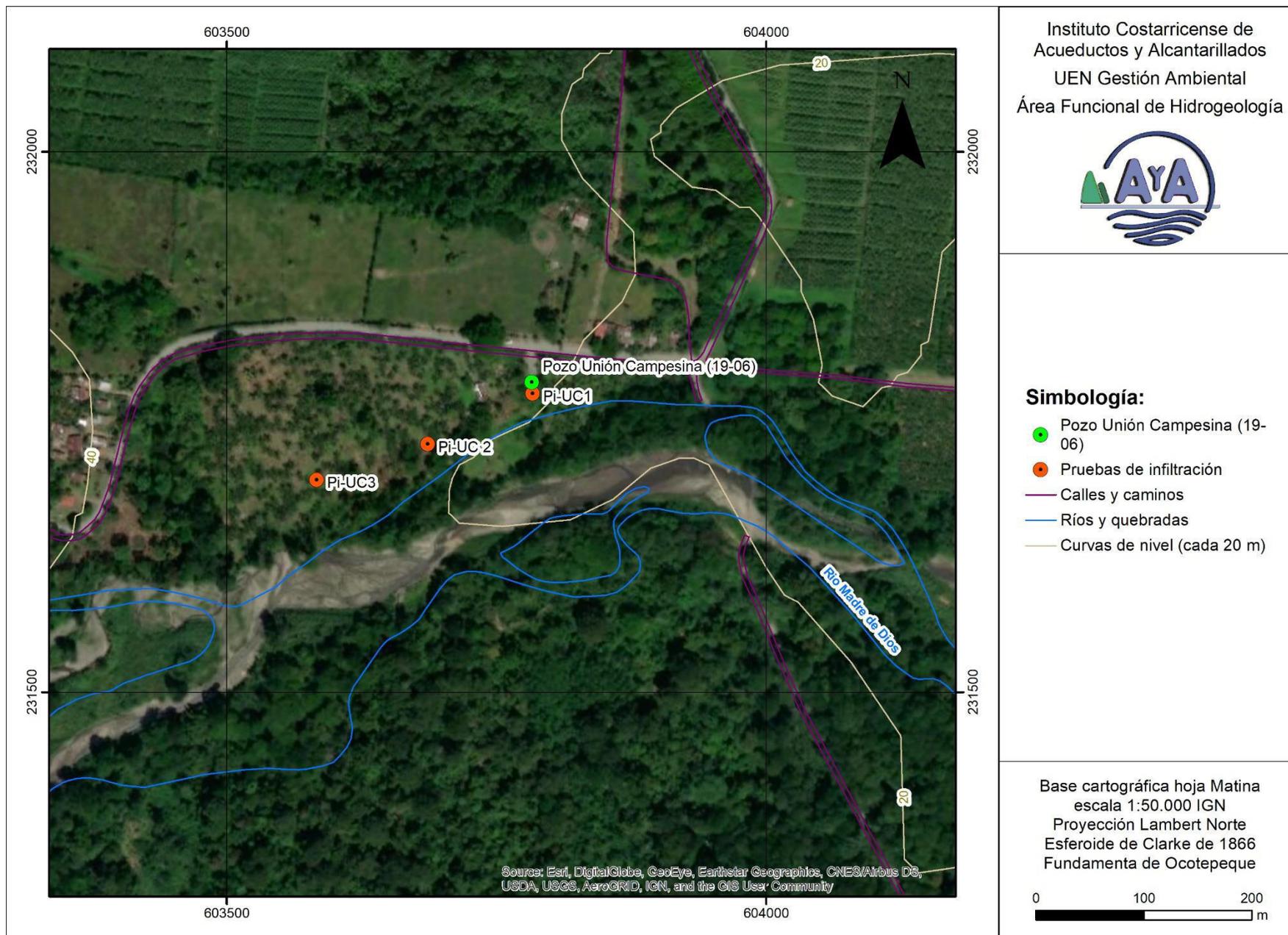


Figura 7: Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración alrededor del pozo.

Para este pozo el ensayo fue realizado el 24 de junio del 2019, con una duración de 72 horas a un caudal de 12 l/s. Al tomar la profundidad del nivel estático en el pozo Unión Campesina (19-06) hasta la profundidad de la base del acuífero, se obtiene el espesor de la zona saturada que capta este pozo, y se aplica la siguiente ecuación para obtener la conductividad hidráulica del acuífero (K), la cual establece que:

$$K=T/b$$

Donde:

K= conductividad hidráulica

T= Transmisividad del acuífero

b= espesor de la zona saturada (según informe de pozo)

Los parámetros obtenidos son mostrados en el Cuadro 4.

Cuadro 4:Parámetros hidráulicos de los pozos.

Pozo	T (m ² /día)	K (m/día)	Espesor saturado(m)
Unión Campesina (19-06)	64	2,31	27,62

6. TIEMPO DE TRANSITO DE CONTAMINANTES

6.1. Zona no saturada

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada (t_1), se determina con la fórmula:

$$t_1 = \frac{b * ne}{kv * i}$$

Donde

t = tiempo de tránsito vertical.

b = espesor de la zona no saturada.

ne = Porosidad efectiva = 40% (Sander, 1998).

Kv = Conductividad hidráulica vertical (m/día).

i = Gradiente hidráulico = 1 (flujo vertical).

Sustituyendo estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados consignados en el Cuadro 5.

Cuadro 5:Tiempo de transito de contaminantes en la zona no saturada para la fuente analizada.

Pozo	Permeabilidad (m/día)	Porosidad	Espesor*	t ₁ (días)
Unión Campesina (19-06)	0,301	0,4	4,38	5,81

* Según observado en el reporte de perforación y perfil hidrogeológico.

6.2. Zona saturada

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve en la tabla de agua subterránea (t_2), se determina con la fórmula:

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

Donde:

- d: distancia recorrida por un contaminante en un tiempo t_2
- ne: porosidad del medio en la zona saturada = 30% (Sander, 1998)
- k: permeabilidad promedio del acuífero = 2,31 m/día.
- i: gradiente hidráulico = según se calculó en el apartado 3

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA, para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t_2), puede determinarse restando el tiempo total de vida de las bacterias (70 días), según el medio, menos el tiempo en el tránsito vertical (según Rodríguez, 2013).

Para la porosidad del medio en la zona saturada se utiliza el valor de Sanders (1983) para los materiales que conforman el acuífero.

Por tanto, la distancia mínima requerida para la protección de la fuente será (Cuadro 6):

Cuadro 6: Distancia horizontal mínima para la protección de la fuente.

Pozo	K (m/día)	i	t_2 (días)	Porosidad	D (m)
Unión Campesina (19-06)	2,31	0,0163	64,19	0,30	8

7. CALCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA

7.1. Zonas de captura

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

Así, este método incluye las siguientes expresiones matemáticas:

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

Donde:

y: ancho (m/día).

L: distancia entre dos puntos de observación.

h1: altitud de la tabla de agua en un punto de observación aguas arriba del pozo.

h2: altitud de la tabla de agua en un punto de observación aguas abajo del pozo.

Al sustituir estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados expuestos en Cuadro 7 y Cuadro 8.

Cuadro 7: Ancho de la zona de captura de la fuente analizada.

Pozo	Q (L/s)	Q (m ³ /d)	k (m/d)	h1 (m)*	h2 (m)**	L	y (m)
Unión Campesina (19-06)	10	864	2,31	16,58	15,8	35	1033,4

*: Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 50 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

** : Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 15 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

Cuadro 8: Punto de no retorno de la fuente analizada.

Pozo	Q (L/s)	Q (m ³ /d)	k (m/d)	h1 (m)*	h2 (m)**	L	± X ₀ (m)
Unión Campesina (19-06)	10	864	2,31	16,58	15,8	35	164,5

*: Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 50 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

** : Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 15 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

Se indica que, mediante criterio de experto, se dejará 15 m aguas abajo de la fuente como parte de la zona operacional y de protección absoluta.

7.2. Radio fijo

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

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

Donde:

Q: caudal (m³/día) del pozo.

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

n: porosidad del acuífero.

b: espesor del acuífero.

R: radio fijo en metros.

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados del Cuadro 9.

Cuadro 9: Radio fijo de protección para la fuente analizada.

Pozo	Q (L/s)	Q (m3/d)	t (días)	Porosidad	b (m)*	R (m)
Unión Campesina (19-06)	10	864	64,19	0,30	27,62	46,16

*: Espesor del acuífero obtenido a partir del reporte de perforación.

7.3. Ecuación de Darcy

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

$$Q = T * i * L$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) del pozo.

T: transmisibilidad promedio del acuífero.

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

i: gradiente hidráulico = según se calculó en el apartado 3

Despejando "L" de la ecuación anterior, se tiene:

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

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados expuestos del Cuadro 10.

Cuadro 10: Ancho de la zona de captura calculada a partir de la ecuación de Darcy.

Pozo	Q (L/s)	Q (m3/d)	T (m ² /día)	i	L (m)
Unión Campesina (19-06)	10	864	64	0,0163	828,2

8. ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN ABSOLUTA

8.1. Zona operacional y de protección absoluta

Según Foster et al (2002), la zona operacional de un pozo se define como el perímetro de protección más interior dentro de una zona de resguardo o protección, la cual comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. Es deseable que esta área sea propiedad y esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación, siendo delimitada por un área de 15 metros de radio alrededor de la fuente.

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

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

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

8.2. Zona de protección absoluta bacteriológica

La zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Unión Campesina (19-06) estará conformada con unas dimensiones de 46,16 m, según los resultados obtenidos con la delimitación por radio fijo, medidos tanto a ambos lados del pozo así como en dirección aguas arriba, mientras que en la dirección aguas abajo la distancia está dada por el límite de la zona operacional y de protección absoluta correspondiente a 15 m (Figura 8).

Esta zona no se debe permitir la instalación de tanques sépticos, plantas de tratamiento o ningún tipo vertido (fertilizantes, herbicidas, aguas residuales) en el suelo.

9. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA

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

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

Para la fuente analizada, su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación es la siguiente (Cuadro 11):

Cuadro 11: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente analizada.

Fuente	G	O	D	Vulnerabilidad	
Unión Campesina (19-06)	0,9 (Acuífero libre no cubierto)	0,8 (Gravas coluviales)	0,9 (<5 m)	0,64	Alta

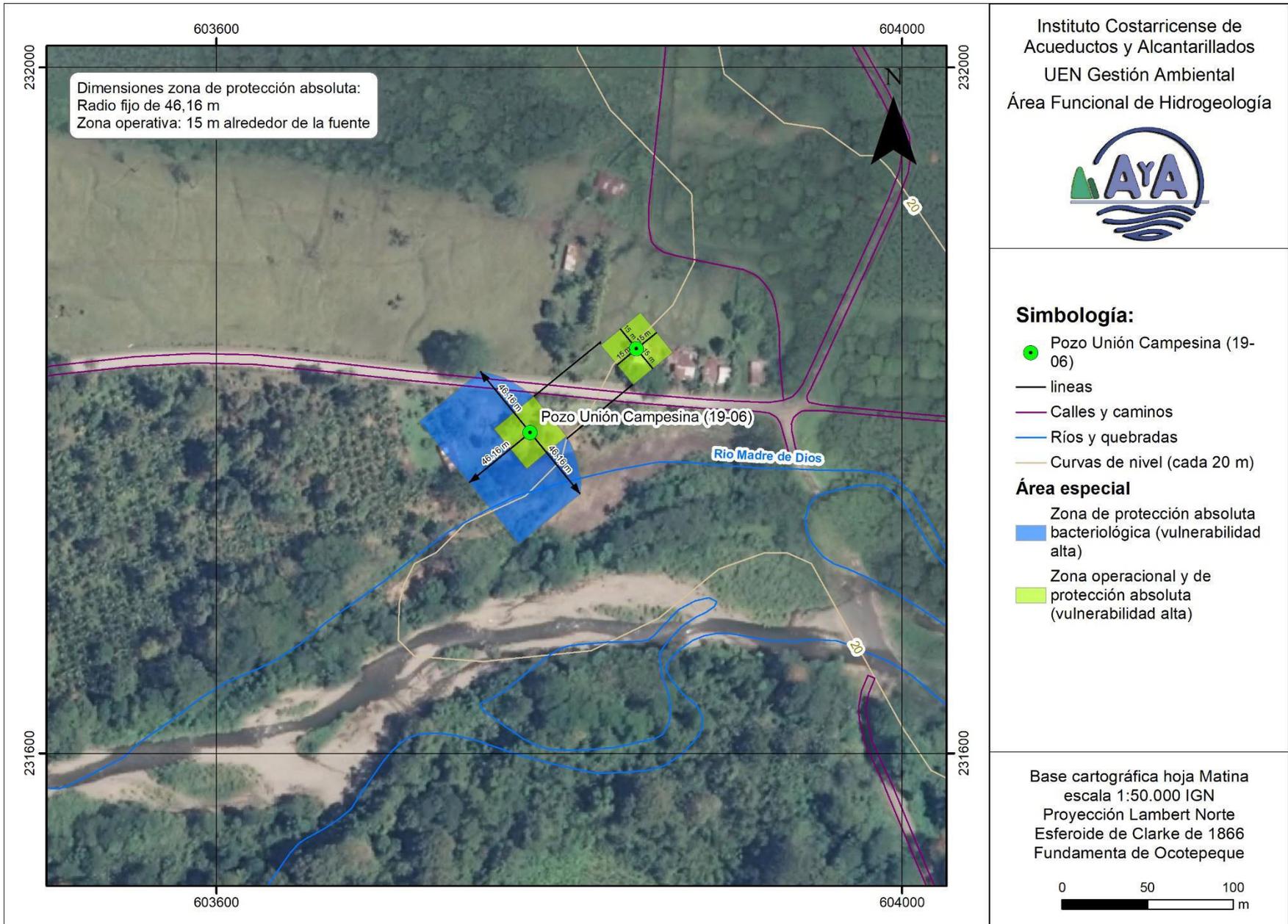


Figura 8: Zona de protección del pozo en estudio.

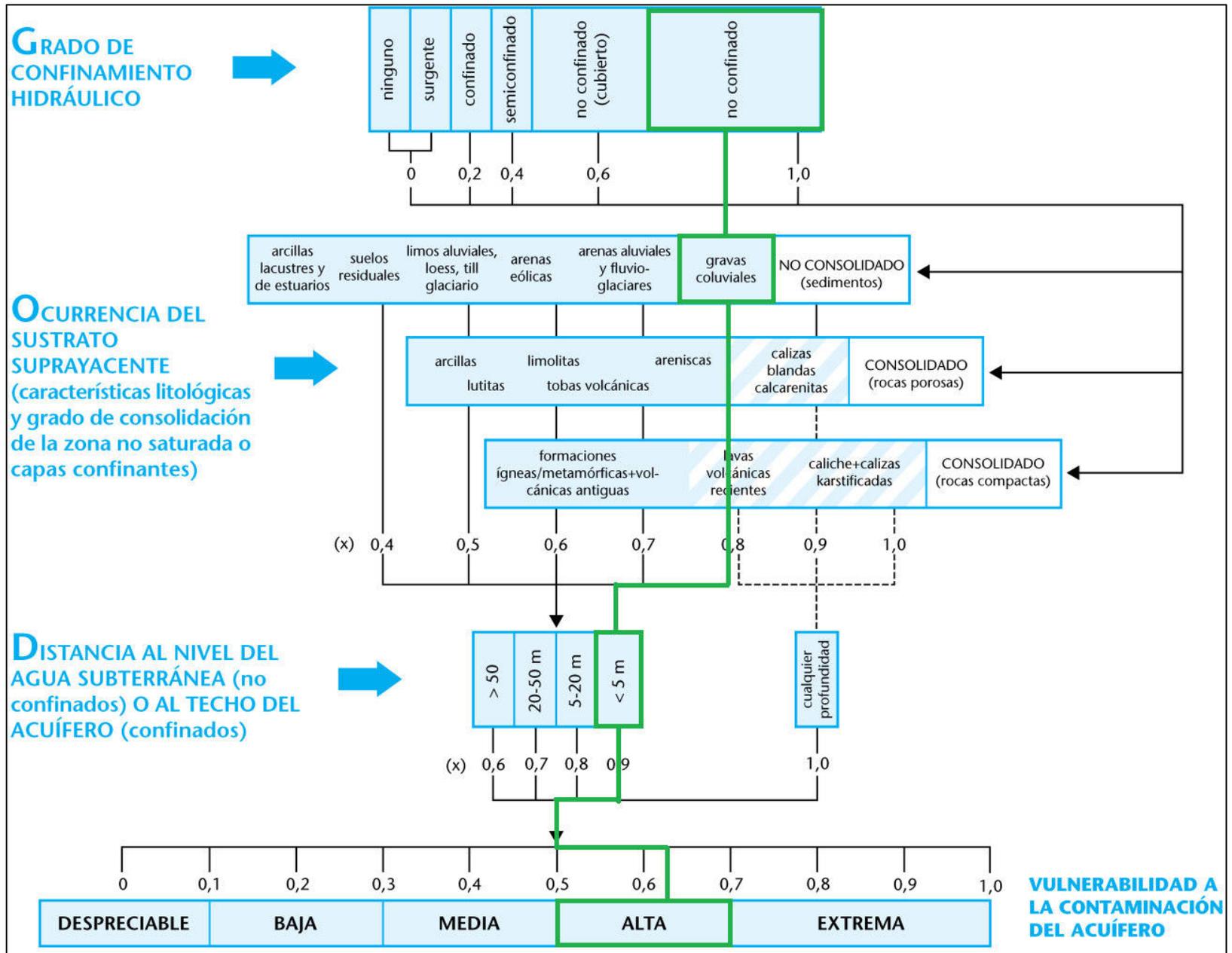


Figura 9: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente en estudio.

10. CALIDAD DE AGUAS

Mediante correo electrónico con fecha 15 de mayo del 2020 se aportó por parte del Área de Química de Agua Potable & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 6):

- AYA – ID – 005439 – 2019 del 12 de julio del 2019: “Agua de calidad excelente según los parámetros físico-químicos evaluados y los criterios de calidad para potabilización de Aguas y Pozos y Nacientes LNA 2012”.

Mediante correo electrónico con fecha 15 de mayo del 2020 se aportó por parte Área de Micro biología & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 6):

- Reporte 150581 del 02 de julio del 2019: 4- “En este análisis puntual de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el pozo 19-06 es de calidad buena”.

11. CONCLUSIONES

1. El área de estudio se encuentra en un medio geológico de origen sedimentario con una influencia fluvial conformado por aluviones y depósitos recientes, así como también conglomerados de abanicos aluviales bien consolidados y bancos de arenas de la Formación Suretka.
2. En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá cumplir lo siguiente:
 - La zona operacional de protección absoluta, donde se localiza la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
 - La zona de protección absoluta solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
 - Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
 - Mantener una cerca perimetral alrededor de la fuente.
3. La zona de protección absoluta bacteriológica se define mediante la metodología de radio fijo con unas dimensiones de 46,16 m medidos tanto a ambos lados del pozo, así como en dirección aguas arriba, mientras que en la dirección aguas abajo la distancia está dada por el límite de la zona operacional y de protección absoluta correspondiente a 15 m. Esta zona no se debe permitir la instalación de tanques sépticos, plantas de tratamiento o ningún tipo vertido (fertilizantes, herbicidas, aguas residuales) en el suelo.

4. Se determina a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, con los cuales se contó a la fecha de elaboración de este informe, en el reporte físico –químicos para el pozo Unión Campesina que “Agua de calidad excelente según los parámetros físico-químicos evaluados y los criterios de calidad para potabilización de Aguas y Pozos y Nacientes LNA 2012”. Según el reporte Bacteriológico 150581 para el pozo en estudio, se determina que “En este análisis puntual de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el pozo 19-06 es de calidad buena”.
5. La zona donde se localiza el pozo se clasifica como de vulnerabilidad alta, según la metodología de GOD para la clasificación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
6. Se recomienda mantener un monitoreo constante de análisis físico-químico y bacteriológicos para el pozo y también en los sistemas de distribución y tanques de almacenamiento, cada tres meses.
7. Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica del pozo Unión campesina es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea en esta área es alta.

12. REFERENCIAS

- ALVARADO, G., ARAYA, M., CALDERÓN, R. & BARQUERO R., 2012: Fallamiento en la zona de incidencia del P.H. Reventazón: Un insumo hacia los estudios de detalle sismo tectónicos y de potencial de deslizamientos co-sísmicos. Informe ICE, UEN_PSA. 23P.
- BOSCHINI, I., 1989: Incidencia de las fuentes sísmicas en la región Caribe de Costa Rica. Tesis de Lic., Univ. de Costa Rica. 97 pp.
- CLIMENT, A., BARQUERO, R. & ALVARADO, G., 2005. P.H. Pacuare, estudio de amenaza sísmica. UEN-PISA, Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Costa Rica. Enero, 2005, 31p.
- DENYER, P., MONTERO, W & ALVARADO, G., 2009: Atlas tectónico de Costa Rica. – 2 ed. – San José, Costa Rica.
- FERNANDEZ, A., BOTTAZZI, G., BARBOZA, G. & ASTORGA, A., 1994. Tectónica y estratigrafía de la cuenca Limón Sur. Rev. Geol. Amér. Central, vol. Esp. Terremoto de Limón: 15-28
- FOSTER, S. HIRATA, R. GOMES, D. D’ELIA, M. & PARÍS, M., 2002: “Protección de la calidad del agua subterránea”. Banco Mundial. Washington.
- GRUBB, S., 1993: “Analytical model for estimation of steady-state capture zones of pumping wells in confined an unconfined aquifer”. Ground Water 31, No. 1:21-32.

PÉREZ, W., 1996: Estudio geológico y de amenazas naturales, Corredor Turrialba-Siquirres, poliducto de Recope, sector Laguna Bonilla-Guayacán. - 71 págs. Universidad de Costa Rica, San José. [Informe Campaña Geológica].

SANDERS, L., 1998: A manual of field Hydrogeology. Prentice Hall. 381 pp.

Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica: Hoja Topográfica Matina N° 3346 III, escala 1: 50000, edición 2-IGCR, San José, 1988.

<http://www.da.go.cr/rp/login.action?userName=publico&password=publico> (Base de datos de la Dirección de Agua consultada el 14 de mayo del 2020).

<http://base-digh.senara.or.cr/index.php> (Base de datos de SENARA consultada el 14 de mayo del 2020).

ANEXOS

Anexo 1: Reporte de perforación pozo Unión Campesina (19-06)

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

INFORME FINAL DE PERFORACIÓN
POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06)

(Expediente Interno C-0612-19-PER)

(Orden de costos 0002019013-0)

LUGAR:
Unión Campesina, Pacuarito, Siquirres, Limón.

SOLICITA: Ing. Rafael Barboza Topping
Subgerencia de Gestión Sistemas Periféricos

Fecha: 1 de agosto de 2019

INFORME: 070302-UTP-00029-2019

JEISSON CHAVES Firmado digitalmente
por JEISSON CHAVES
GAMBOA GAMBOA (FIRMA)
(FIRMA) Fecha: 2019.08.01
13:58:11 -06'00'

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



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe describe las labores ejecutadas por la Unidad Técnica de Perforación (UTP) de la UEN Administración de Proyectos (UEN AP) en relación al Proyecto de Perforación y Construcción del pozo nombrado "Unión Campesina", localizado en el distrito de Pacuarito, cantón de Siquirres, provincia Limón.

La solicitud de perforación es realizada por la Gerencia General del AyA y la Subgerencia de Gestión Sistemas Periféricos en atención a un Recurso de Amparo interpuesto por los vecinos de la comunidad de Unión Campesina, Recurso que cuenta con la resolución N°2017-012659 donde se le notifica al AyA, que se declara con lugar el recurso correspondiente, ordenando un plazo de 18 meses para que se solucione la problemática de desabastecimiento de la localidad.

El nuevo pozo construido por la UTP corresponde al código 19-06 de la numeración interna del AyA, Proyecto asignado bajo el expediente con numeración C-0612-19-PER.

1.1 Antecedentes

El Proyecto de perforación y construcción de un pozo en la localidad de Unión Campesina de Siquirres es incluido en el Programa Anual de Perforaciones de la UTP para el año 2019, esto a partir de la solicitud realizada por parte de la Gerencia General del AyA y la Subgerencia de Gestión Sistemas Periféricos en reunión sostenida el día 8 de abril de 2019.

La perforación tiene como objetivo construir una fuente de abastecimiento de agua potable que permita aprovechar el recurso existente en el subsuelo de la localidad y de esta manera solventar los problemas de desabastecimiento que enfrenta actualmente la comunidad de Unión Campesina, comunidad que actualmente carece de un acueducto.

De previo a la perforación, la Dirección de Estudio Básicos de la UEN Gestión Ambiental realizó un estudio hidrogeológico en la zona denominado: "Estudio Geofísico para ubicar sitios potenciales para construir pozos", estudio elaborado por el Geólogo Sigifredo Morera Guillén.

A partir de los resultados de la prospección geofísica, el estudio establece dos sitios potenciales para la perforación del pozo, el primero de ellos ubicado en el sitio donde se realizó el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) 2 (coordenadas 603748 E / 231385 N) y el segundo sitio localizado en el sector donde se realizó el SEV 3 (coordenadas 602873 E / 231798 N); para ambos casos el estudio efectuado establece una profundidad de perforación de 70 m.

La UTP coordina y realiza la visita previa a la localidad el día 9 de abril del presente año, con el fin de valorar las condiciones de los sitios propuestos en el Estudio Hidrogeológico, además de definir aspectos de logística relacionados con el acondicionamiento del área de trabajo y el ingreso de los equipos de perforación. Los resultados de la visita de campo fueron expuestos ampliamente en el informe 070302-UTP-00014-2019 remitido bajo el memorando No.UEN-AP-2019-00847 con fecha del 24 de abril de 2019.

1.2 Objetivo

Perforar un pozo con una profundidad de 70 m en un diámetro de 14" (350 mm) para posteriormente introducir tubería metálica tipo acero al carbono (ACCA) en un diámetro de 8" (200 mm) y de esta manera captar el agua almacenada en el subsuelo de la localidad.



1.3 Metodología

La perforación se realizó mediante el método de rotación con recirculación de fluido de perforación a base de bentonita sódica. El equipo de perforación a utilizar es el denominado T3W n°4 (N/S 21474), operado por el perforador Melvin Hidalgo Mosquera con la asistencia de los técnicos Walter Hidalgo Barahona y Ronulfo Cascante Badilla.

1.4 Plazo de ejecución

El plazo establecido para la ejecución del Proyecto es de 30 días naturales.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

En la presente sección, se describirán y analizarán los principales aspectos involucrados en la ejecución del Proyecto. Inicialmente se presenta un recuento de los resultados obtenidos a partir de la visita previa efectuada por la UTP a la propiedad, posteriormente, se describe las características de los materiales geológicos existentes en la zona, considerando para ello la información aportada en el estudio hidrogeológico elaborado. Finalmente se realiza un recuento detallado referente a las labores ejecutadas durante el proceso de perforación, construcción, limpieza-desarrollo y prueba de bombeo.

2.1 Visita Previa / Acondicionamiento del área de trabajo

La visita previa a la localidad fue realizada por la UTP el día 9 de abril del presente año, a cargo del Geólogo Alonso Fallas Montoya y el Supervisor Marcos Cascante Palacios, en compañía del Geólogo Sigifredo Morera Guillén (Geólogo responsable del Estudio Hidrogeológico) quien se encarga durante la visita de campo establecer los sitios recomendados para la perforación del pozo "exploración-producción".

Ante las condiciones valoradas de los sitios visitados, la UTP avala realizar la perforación en el sitio donde se realizó el Sondeo Eléctrico Vertical n°2, esto por cuanto el sitio presenta mayores facilidades para el ingreso de los equipos, además desde el punto de vista geomorfológico la zona presenta condiciones interesantes, esto al tratarse de una llanura aluvial conformada por materiales aluviales recientes, los cuales han sido acarreados y depositados por los ríos existentes en las inmediaciones.

El sitio establecido para la perforación es debidamente demarcado en campo por el Geólogo Morera en el punto con coordenadas Lambert Norte 603783 E / 231787 N, ubicado en propiedad con plano de catastro L-1274004-2008 perteneciente a los señores Fernando Segura González y Freddy Segura González, los cuales están en total anuencia para otorgar el permiso de perforación correspondiente, ver fotografías 1-2.

De previo al ingreso de los equipos de perforación, la UTP establece la necesidad de conformar un área de trabajo mediante la colocación de una cama de lastre medio en un área con dimensiones de 10 m de ancho por 20 m de largo. El acondicionamiento del área de trabajo fue realizado satisfactoriamente por la UTP entre los días del 23 al 25 de abril, empleando la maquinaria con que cuenta la Unidad (back hoe / vagoneta).

Cabe anotar que durante la visita previa, se establece la necesidad de que la Regional Atlántica disponga de una camión cisterna el cual traslade de manera periódica agua hasta el sitio de perforación, esto con el fin de preparar el fluido de perforación que será utilizado.

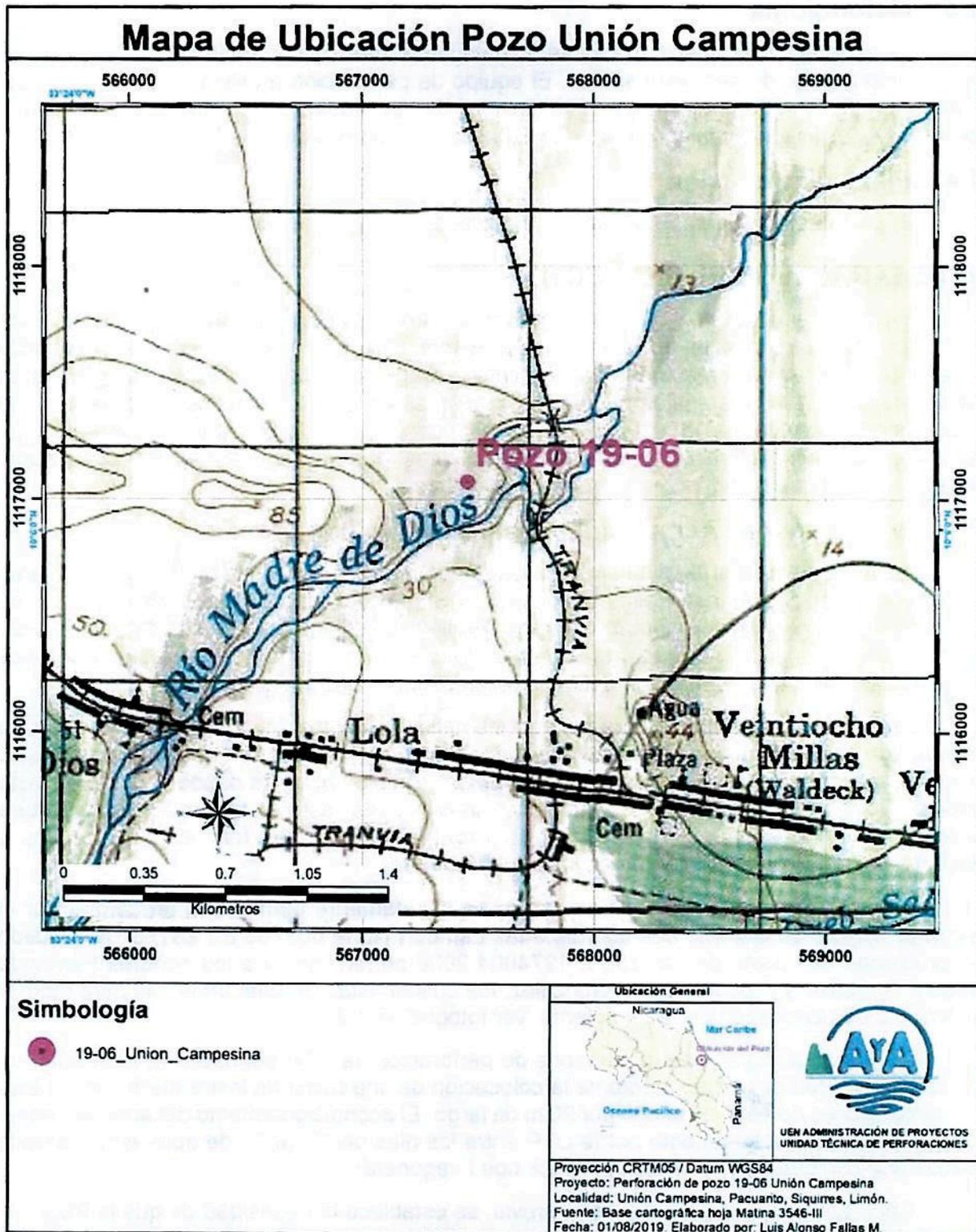


Figura 1: Mapa de ubicación Pozo 19-06. Tomado y modificado de la hoja Matina, escala 1:50 000, IGN.



Fotografías 1-2: Ambas fotografías ilustran las características y el estado de la propiedad privada de previo al acondicionamiento del área de trabajo e ingreso de los equipos de perforación.

2.2 Contexto Geológico

A partir de la bibliografía existente y principalmente de las anotaciones realizadas en el Estudio Hidrogeológico elaborado por el AFH, se describe a continuación brevemente y en orden cronológico cada una de las unidades geológicas identificadas en el área de estudio:

2.1.1 Formación Río Banano

Según Taylor 1975, la Formación Río Banano se divide litológicamente en cinco facies; facies de areniscas, facies de conglomerados, facies de arrecifes de coral, Facies arenas Pueblo Nuevo y Facies de Arcillas, Miembro Arcillas de Moín

En esta sección será descrita la facies de Areniscas, la cual se extiende por gran parte del área de estudio, asimismo fue hallada durante la perforación realizada. Esta facies se caracteriza por presentar una arenisca fangosa de grano fino, con colores gris verdoso, los cuales meteorizan a un color naranja grisáceo. Las estructuras sedimentarias están bien desarrolladas, especialmente en las secuencias más recientes; también se presentan evidencias de bioturbación y trazas fósiles.

Esta facie fue depositada en su mayor parte en un ambiente marino somero y los sedimentos provienen de las tierras volcánicas altas ubicadas al oeste de la cuenca de Limón.

2.1.2 Unidad de Depósitos Cuaternarios

Esta Unidad se encuentra conformada por el acarreo y depósito de materiales aluviales recientes, producto de la actividad fluvial del río Madre de Dios. Los depósitos aluviales de la zona se caracterizan por presentar bloques de dimensiones centimétricas a métricas inmersos en una matriz que contiene arenas, gravas, arcillas y limos. Estos depósitos presentan poca compactación y una buena selección de grano; su continuidad es irregular y suelen presentarse variaciones granulométricas tanto verticales como horizontales.

A partir de los valores de resistividad obtenidos por medio de la prospección geofísica se determina un espesor de aluvión cercano a los 37 m. La Figura 2, muestra el mapa geológico establecido para la zona.

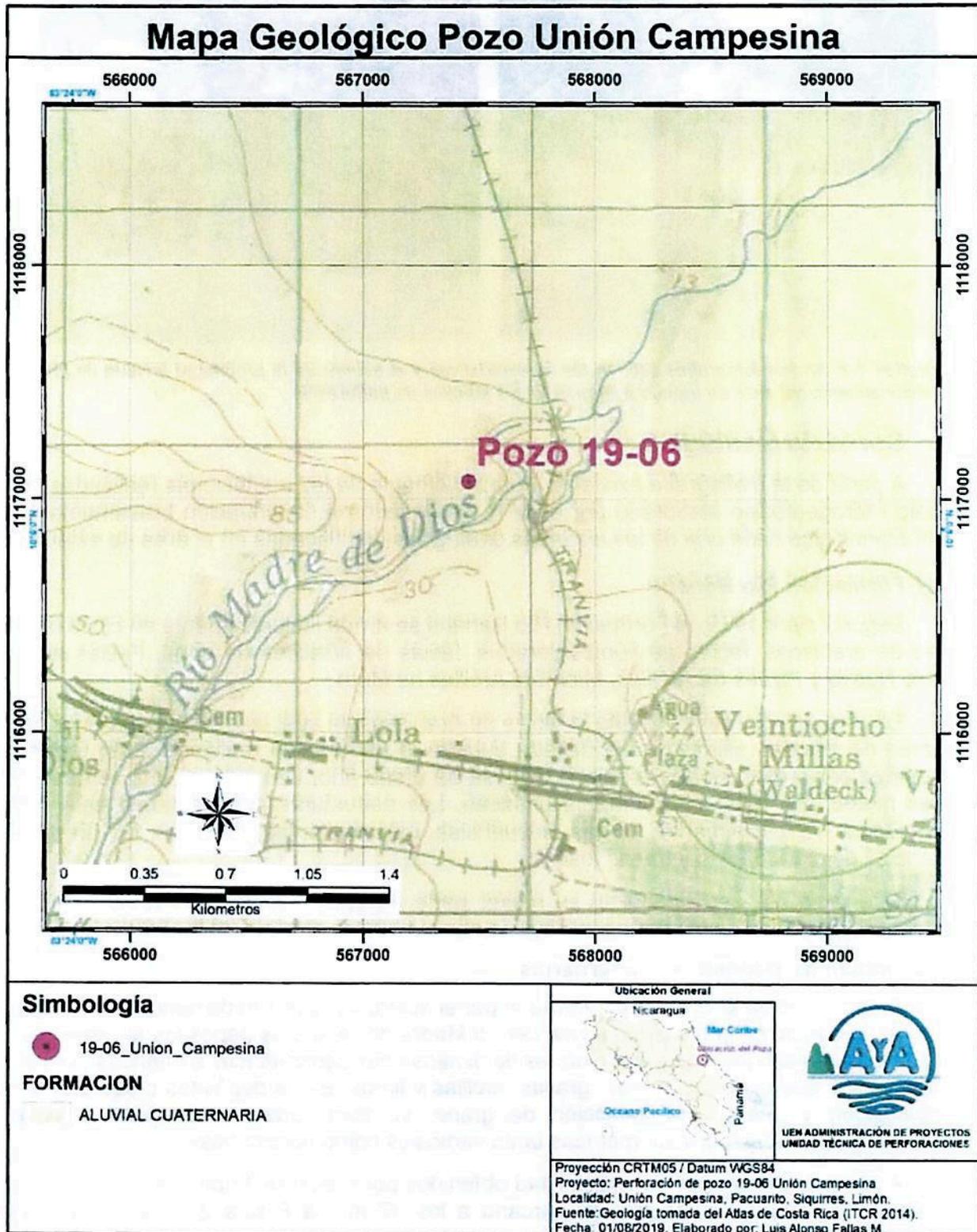


Figura 2: Mapa Geológico.



2.3 Perforación y Construcción del Unión Campesina

El proyecto de perforación y construcción del pozo Unión Campesina inicia el día 23 de abril con el traslado del equipo perforador al sitio y concluye de manera satisfactoria el día 20 de junio de 2019, por lo que el proyecto comprende de un total de 59 días naturales; cabe señalar que la ejecución de la prueba de bombeo se realizó entre los días del 19 al 27 de junio y estuvo a cargo de los técnicos electromecánicos con que cuenta la UTP. Es importante anotar que la jornada de trabajo de los funcionarios que conforman la cuadrilla de perforación es de 8 horas diarias, a excepción de algunos días donde se trabajó horas extraordinarias.

Con el propósito de determinar índices de rendimiento para generar una auto-evaluación en relación al tiempo de ejecución del Proyecto, las labores efectuadas durante el proceso, son clasificadas en cinco categorías: días asociados a traslados, días donde se efectúan labores varias (no propiamente labores de perforación), días detenidos debido a fallos mecánicos del equipo o labores de mantenimiento, días enfocados en labores de perforación-construcción y días libres para el descanso de los funcionarios.

Las principales labores ejecutadas, así como las demás actividades afines al proceso de perforación y construcción del pozo, se muestran en el Cuadro 1 (Cronograma de ejecución del Proyecto), información que es obtenida a partir del análisis de la bitácora del Proyecto.

Del tiempo de ejecución del proyecto, un total de 7 días lo que representa el 12% del tiempo fueron empleados en labores asociadas a traslados, en particular al ingreso y salida de los equipos del sitio de perforación y al traslado de los funcionarios al Plantel UTP para la correspondiente liquidación de viáticos y trámites administrativos; la salida de los funcionarios del Proyecto se realizó siguiendo el cronograma de trabajo establecido por la UTP para el año 2019, el cual establece las fechas de ingreso y salida de gira.

Durante la ejecución del Proyecto los funcionarios que integran la cuadrilla de perforación gozaron de 12 días de descanso, correspondiente con algunos fines de semana y días feriados, este apartado representa el 20% del tiempo de ejecución del Proyecto.

El apartado de labores varias incluye aquellos días donde se realizaron labores no asociadas propiamente al proceso de perforación y construcción del pozo, tales labores relacionadas con el acondicionamiento del área de trabajo, descarga y acomodo de la herramienta, posicionamiento de la máquina perforadora, cementación de la zona aledaña al pozo, entre otros. Las labores varias comprenden un total de 10 días de trabajo, lo que corresponde al 17% del tiempo de Proyecto.

Durante el proceso de perforación la máquina perforadora T3W n°4 presentó fallos en mandos de control, tal situación provocó la visita del técnico de Epiroc para la revisión y reparación correspondiente; asimismo, el equipo de lodos presentó un daño importante por lo que fue necesario su reemplazo. Por su parte entre los días 18 y 19 de junio técnicos de Font proceden a realizar el mantenimiento preventivo de las 1500 horas a la máquina perforadora.

Ante los problemas mecánicos y mantenimiento preventivo de los equipos, las labores estuvieron detenidas por espacio de 6 días, lo que representó un 10% del tiempo del proyecto; una vez efectuadas las reparaciones las labores fueron retomadas de manera inmediata.

El tiempo efectivo de perforación y construcción del nuevo pozo es de 24 días lo que corresponde con el 41% del tiempo real del proyecto; es importante señalar que este apartado



**INFORME DE PERFORACIÓN
POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06)
PACUARITO, SIQUIRRES, LIMÓN.**



además del tiempo de perforación (apertura del agujero en 14" de diámetro) incluye los tiempos destinados a la construcción y posterior limpieza-desarrollo del pozo recién construido.

Analizando a detalle la bitácora del Proyecto, se determina que la perforación del agujero requirió de un total de 12 días de trabajo, la construcción del pozo (ingreso de tubería de armado y engravado) comprende 2 día de trabajo, mientras que la limpieza y desarrollo del pozo (pistoneo, cepillado, doble pistón e inyección de aire comprimido) se prolongó por espacio de 8 días, en tanto la construcción del sello sanitario requirió de 1 día de trabajo.

Fecha	Actividad	Profundidad	Avance diario	Comentario
23/04/2019	Trasladando			Realizando traslado de máquina perforadora y herramienta desde Plantel UTP hacia Siquirres.
24/04/2019	Labores varias			Realizando acondicionamiento del sitio de trabajo y armado caseta de seguridad.
25/04/2019	Labores varias			Finalizando acondicionamiento del área de trabajo. Posicionando perforadora y máquina de lodos.
26/04/2019	Labores varias			Se procede a posicionar la máquina perforadora, levante de la torre, armado sarta de perforación. Llenado de tanques.
27/04/2019	Perforando	3	3	Se alcanza la profundidad de 3 m, en materiales aluviales gruesos. Colocando tubo emboquillado.
28/04/2019	Libres			Domingo
29/04/2019	Labores varias			Efectuado labores de mantenimiento del equipo perforador. Condiciones climáticas adversas.
30/04/2019	Labores varias			Debido a la fuga de lodos se procede a construir una base de cemento hacia las inmediaciones del emboquillado.
01/05/2019	Perforando	3.75	0.75	Se alcanza la profundidad de 3,75 m. Se presenta fuga en el fluido de perforación.
02/05/2019	Perforando	4,75	1	Se alcanza la profundidad de 4,75 m. Se registra el avance de 1 m en materiales aluviales gruesos.
03/05/2019	Perforando	6	1.25	Continúa la perforación en materiales aluviales gruesos con presencia de fugas de lodo.
04/05/2019	Perforando	7	1	Se alcanza la profundidad de 7 m.
05/05/2019	Libres			Domingo
06/05/2019	Labores varias			Extrayendo sarta de perforación y preparando para aplicar el producto Hole Plug.
07/05/2019	Perforando	8	1	Se aplica el producto Hole plug en la sección perforada con el fin de sellar la fuga. Posteriormente se reperfora y alcanza los 8 m
08/05/2019	Perforando	12.4	4.4	Se alcanza la profundidad de 12.4 m, se evidencia mejoría en cuanto al control de la fuga de lodos.
09/05/2019	Trasladando			Los funcionarios se trasladan al Plantel UTP para la liquidación de viáticos correspondiente.
10/05/2019	Libres			Cambio de Feriado 2 de mayo
11/05/2019	Libres			Sábado
12/05/2019	Libres			Domingo
13/05/2019	Trasladando			Los funcionarios se trasladan desde el Plantel UTP hasta la localidad de Siquirres.
14/05/2019	varados			Repartando daño en el mando de control, se realiza búsqueda de repuesto de resorte dañado.
15/05/2019	varados			A la espera de la reparación del mando por parte del Técnico.
16/05/2019	varados			Se continúa la perforación, no obstante se presenta un daño en el equipo de lodos.
17/05/2019	varados			Se realiza revisión del equipo y se procede a su reemplazo. Traslado del otro equipo de lodos con que cuenta la UTP.
18/05/2019	Perforando	14.4	2	Se alcanza la profundidad de 14,4 m. Continúa la perforación en materiales aluviales.
19/05/2019	Libres			Domingo
20/05/2019	Perforando	21	6.6	Se continúa con la perforación en materiales aluviales alcanzando la profundidad de 21 m.
21/05/2019	Perforando	33	12	Se alcanza la profundidad de 33 m, registrándose un cambio en la litología.
22/05/2019	Perforando	50	17	Se alcanza la profundidad de 50 m. Se registra un importante avance en el proceso de perforación.
23/05/2019	Perforando	70	20	Se alcanza la profundidad de perforación de 70 m, perforando materiales arcillosos sin condiciones acuíferas.
24/05/2019	Labores varias			Mantenimiento de equipo perforador.
25/05/2019	Labores varias			Mantenimiento de equipo perforador y preparación para iniciar con el armado del pozo.
26/05/2019	Libres			Domingo
27/05/2019	Perforando			Se repasa el agujero perforado, limpiando fondo y extrayendo sarta de perforación.
28/05/2019	Labores varias			Acomodando herramienta y descargando tubería de armado.
29/05/2019	Perforando			Se procede a introducir la tubería de armado en 8" hasta la profundidad de 63 m. Iniciando engravado del pozo.
30/05/2019	Perforando			Terminando el engravado del pozo, arralando el lodo por medio de la inyección de agua. Confeción de pistón.
31/05/2019	Trasladando			Los funcionarios se trasladan al Plantel UTP para la liquidación de viáticos correspondiente.
01/06/2019	Libres			Sábado
02/06/2019	Libres			Domingo
03/06/2019	Trasladando			Los funcionarios se trasladan desde el Plantel UTP hasta la localidad de Siquirres.
04/06/2019	Perforando			Iniciando proceso de desarrollo por medio de la inyección de aire.
05/06/2019	Perforando			Aplicando pistón en las secciones de rejilla, inyectando aire al fondo. Aplicando aqua-clear.
06/06/2019	Perforando			Labores de pistoneo en secciones de rejilla, grava descendiendo.
07/06/2019	Perforando			Labores de pistoneo en secciones de rejilla, grava descendiendo.
08/06/2019	Perforando			Se procede a extraer el pistón y se realiza el cepillado del pozo.
09/06/2019	Libres			Domingo
10/06/2019	Perforando			Inicia el proceso de desarrollo mediante el uso del doble pistón
11/06/2019	Perforando			Continúa la aplicación del doble pistón.
12/06/2019	Perforando			Continúa la aplicación del doble pistón.
13/06/2019	Perforando			Se realizó el vaciado del pozo y se construye el respectivo sello sanitario.
14/06/2019	Trasladando			Los funcionarios se trasladan al Plantel UTP para la liquidación de viáticos correspondiente.
15/06/2019	Libres			Sábado
16/06/2019	Libres			Domingo
17/06/2019	Labores varias			Inicia la carga de equipo y acomodo de herramienta para realizar el traslado.
18/06/2019	varados			Técnicos de Font proceden a realizar el mantenimiento de las 1500 horas.
19/06/2019	varados			Técnicos de Font proceden a realizar el mantenimiento de las 1500 horas.
20/06/2019	Trasladando			Se ingresa el equipo de bombeo. Se carga los camiones, se traslada maquinaria al sitio Caño Seco.

Cuadro 1: Cronograma de ejecución del Proyecto.

El Cuadro 2, desglosa los tiempos para cada una de las actividades que comprenden el proceso de perforación y construcción del pozo.

Actividad realizada	Cantidad de Días	Porcentaje
Traslados	7	12%
Días Libres	12	20%
Labores Varias	10	17%
Daños/Mantenimientos	6	10%
Perforación	24	41%

Cuadro 2: Detalle de los tiempos de ejecución del Proyecto.

2.4 Detalles del Proceso de Perforación y Construcción del Pozo.

Una vez verificado el cumplimiento de los aspectos señalados en la visita previa, la UTP procede a programar y coordinar el traslado de la máquina perforadora y demás herramienta de trabajo. Posicionada de manera segura la máquina perforadora en el punto previamente establecido para la perforación, se procede a realizar el embanque de la máquina y posteriormente se ejecuta el levante de la torre de perforación. De manera paralela al posicionamiento del equipo dentro de la propiedad, los funcionarios trabajan en la descarga y acomodo de la herramienta en el área de trabajo definida, ver fotografías 3-4.



Fotografías 3-4: A la izquierda se muestra el posicionamiento de los equipos de perforación dentro del área de trabajo, a la derecha la máquina perforadora T3W n°4 utilizada durante la perforación del pozo 19-06.

Durante el proceso de perforación del pozo, la herramienta (sarta de perforación) se conformó de la siguiente manera: broca tricónica en un diámetro de 14" (350 mm) con insertos tipo botón de carburo de tungsteno, un estabilizador, un adaptador para barra de peso, una barra de peso tipo helicoidal, adaptador para barra de perforación y posteriormente barras de perforación, las cuales son agregadas conforme el avance en profundidad.



Considerando el contexto geológico de la zona de estudio y particularmente la presencia de materiales poco consolidados (depósitos aluvionales) hacia los primeros metros de profundidad, esto según lo expuesto en el estudio hidrogeológico efectuado por el AFH, la UTP establece la necesidad de emplear el método de rotación mediante la recirculación de fluidos de perforación a base de bentonita sódica. Cabe anotar que el agente viscosificante utilizado durante la perforación es de alto rendimiento (producto Quik-Gel Gold) certificado según Norma 60 de NSF/ANSI.

Con el objetivo de agilizar el proceso de perforación, la UTP traslada al sitio un equipo especializado en la recirculación de lodos (equipo de lodos Mudpuppy modelo MP255-25C), el cual procesa el fluido de perforación que es inyectado al agujero, para posteriormente separar y evacuar los detritos generados durante la perforación, ver fotografía 5.

De previo al inicio de la perforación se procede a preparar el fluido de perforación, por lo que el agua es tratada por medio del producto Soda ASH (carbonato de sodio) con el fin de aumentar el nivel de acidez (pH) a un valor cercano a 9 y controlar la dureza del agua para que no exceda el rango de las 150 partes por millón (ppm). El control del pH y dureza en el agua es indispensable para la efectiva activación del agente viscosificante (bentonita).

Ante la no disponibilidad de agua en la zona, se coordinó el traslado de agua al sitio de perforación por medio de un camión cisterna perteneciente al AyA; de esta manera el perforador a cargo del proyecto coordinaba el traslado del agua según las necesidades que se iban presentando.

Durante el proceso de perforación, el fluido utilizado es monitoreado de manera constante por los funcionarios que conforman la cuadrilla, controlando principalmente las propiedades de viscosidad, densidad y contenido de arenas. Al momento de la perforación el fluido se manejó bajo una viscosidad de entre 40 a 45 segundos por cuarto (seg/qt), asimismo, el fluido fue controlado logrando que el contenido de arenas fuese inferior al 2%; de la misma manera la densidad del fluido fue registrada entre el rango de los 9 a 9,5 libras por galón (lbs/gal), ver fotografía 6.



Fotografías 5-6: A la izquierda se muestra el equipo de lodos trasladado para evacuar los detritos producto de la perforación, a la derecha se observa el monitoreo del fluido de perforación a partir de la medición de la viscosidad.

Según las necesidades que se presentan en el transcurso de la perforación, el fluido es modificado y mejorado mediante el uso de polímeros especializados. Durante la perforación



fue necesario aplicar el polímero llamado Quick Trol, producto ideal para el control de filtración en materiales arenosos, esto por cuanto el depósito aluvial registra una matriz arenosa, por su parte en las secciones donde se identificaron materiales arcillosos fue necesario aplicar al fluido el polímero llamado EZMUD el cual tiene como función principal inhibir las arcillas a fin de evitar su expansión.

Cabe anotar que al inicio del proceso de perforación y hacia los primeros metros de avance (tramo de 5 a 7 m) persiste una importante fuga de lodo, esto a pesar de los intentos realizados por su control. Ante el problema suscitado, se procede al traslado del producto llamado Hole-plug, producto ideal para el control y sellado de fugas en zonas acuíferas. El día 7 de mayo se procede a aplicar el producto hasta la profundidad de 8 m, para posteriormente reperforar el agujero; la aplicación de este producto tuvo resultados favorables, ya que la fuga de fluido pudo ser controlada, permitiendo incrementar el avance en la perforación.

Es importante aclarar 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 de profundidades del perfil litológico perforado, el perfil constructivo 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.

La perforación se desarrolló en un diámetro de apertura de 14" (350 mm) alcanzando la profundidad final de 70 m, esto según la profundidad establecida previamente en el Estudio Hidrogeológico elaborado por el AFH.

Conforme avanza la perforación, se recolectan muestras de los materiales perforados cada 2 m de avance, posteriormente las muestras son colocadas en bolsas plásticas transparentes debidamente rotuladas con tinta indeleble. Las muestras de materiales recuperados son entregadas al Geólogo con el objetivo de analizar las características de los materiales y establecer la columna litológica que definirá posteriormente el diseño de armado del pozo.

A partir del registro litológico definido, se determina la presencia de un espesor de 29 m de materiales aluviales gruesos, conformados por la presencia de bloques métricos en una matriz arenosa poco consolidada. Este depósito aluvial muestra una disminución en la granulometría, principalmente en el tamaño de los bloques, conforme avanzaba la perforación. En este tramo el grado de porosidad primaria es destacable lo que permite condiciones de alta porosidad y permeabilidad favoreciendo la conformación de acuíferos

En el tramo de 29 a 33 m de profundidad se registra la presencia de un horizonte de arcillas plásticas de coloración grisácea, correspondiente a una zona de meteorización de las areniscas identificadas en profundidad.

Entre los 33 a 43 m de profundidad se identifica una arenisca de color gris oscuro, la cual presenta una matriz de grano fino, sin presencia de cristales. El material se presenta compacto y no se identifican condiciones acuíferas. Entre los 43 a 44 m se halló un horizonte de arcillas y arenas finas las cuales contenían materia orgánica (trozos de madera).

Posteriormente, en el tramo de 44 a 50 m de profundidad se presentan gravas inmersas en una matriz arenosa de buena selección; estos materiales se encuentran poco inconsolidados, mostrando alguna caída durante el proceso de perforación.



En el tramo de 50 a 70 m de profundidad se presentan arenas finas inmersas en una matriz arcillosa de color gris, este tramo no registra condiciones acuíferas, por tal razón, este tramo no es captado y se decide por no continuar con la perforación a una mayor profundidad a la propuesta inicialmente.

La perforación de los materiales aluviales tuvo una velocidad de avance reducida, esto debido a la inestabilidad de los materiales que conforman la matriz del aluvión, lo que ameritaba un control minucioso del fluido, asimismo, la presencia de fugas en el fluido inyectado provoca que las labores de perforación se concentren en mantener una adecuada recirculación del fluido. Una vez atravesado el depósito aluvial, la perforación de los materiales subyacentes se caracterizó por un avance acelerado y sin complejidad alguna.

Ante los resultados de la perforación realizada, se determina la presencia de dos niveles productores, el primero de ellos desarrollado en materiales aluviales de granulometría grueso y un nivel productor profundo desarrollado en materiales gravosos y arenosos de buena selección.

Durante todo el proceso de perforación el Geólogo a cargo del Proyecto mantenía una comunicación constante con el perforador, a fin de conocer el avance y determinar situaciones particulares durante la perforación y construcción del pozo, asimismo el Geólogo y Supervisor de Perforaciones realizaron visitas constantes al campo con el objetivo de supervisar y orientar la ejecución de las labores.

Una vez analizadas las muestras de los materiales perforados e identificadas las zonas con potencial acuífero, el Geólogo a cargo del Proyecto se encarga de definir el diseño de armado del pozo con el objetivo de potencializar la producción de la nueva fuente de abastecimiento. Los materiales perforados se describen con mayor detalle en el Cuadro 3, el cual corresponde con el perfil litológico del pozo 19-06.

Profundidad	Litología
0 a 29 m	Materiales aluviales recientes, conformados por la presencia de bloques métricos inmersos en una matriz arenosa. Materiales inconsolidados.
29 a 33 m	Arcillas de color gris, zona de meteorización de las areniscas.
33 a 43 m	Areniscas de color gris oscuro, matriz fina sin contenido de cristales. El material se encuentra consolidado.
43 a 44 m	Arcillas plásticas con presencia de materia orgánica (trozos de madera).
44 a 50 m	Gravas inmersas en una matriz arenosa de buena selección. Material poco consolidados.
50 a 70 m	Arenas finas en una matriz arcillosas de color gris. No se identifican condiciones acuíferas. Se registra un incremento en la viscosidad del fluido de perforación.

Cuadro 3: Detalle de los materiales geológicos perforados y descritos a partir del análisis de las muestras.



Es importante señalar que debido al método de perforación utilizado el cual involucra que el agujero perforado se encuentre totalmente ocupado por fluido de perforación, no es posible identificar entradas de agua provenientes de las zonas de producción.

Una vez finalizada la perforación, se procede a extraer toda la sarta de perforación utilizada; retirada toda la herramienta del agujero, se procede a inyectar y recircular agua, para de esta manera lograr descender el grado de viscosidad del fluido existe dentro del agujero perforado, esto con el propósito de eliminar el lodo que se encuentra sellando el acuífero y lograr un descenso eficiente de la tubería de armado.

Para el armado del pozo 19-06 se ingresa tubería metálica tipo acero al carbono (ACCA), tubería que tiene una longitud de 5,5 m, un diámetro interno libre de 8" (200 mm) y espesor de pared de 6.35 mm (1/4"). Cabe indicar que para el acoplamiento de la tubería de armado, los tubos metálicos son soldados en sus extremos mediante cordones de soldadura (soldadura tipo 6013) depositados en el collarín. Por su parte, para el caso de las secciones de filtración de agua, las rejillas utilizadas son del tipo ranura celosía (louver).

Ante la presencia de materiales de granulometría fina (arcillas y arenas finas) se opta por colocar rejillas con abertura de 1,524 mm (slot 60). Mediante las aberturas seleccionadas en la rejilla se pretende controlar el ingreso de sedimentos finos, además de potencializar el libre ingreso de agua acuífera al interior del pozo.

El diseño de armado del pozo 19-06 contempla tres secciones de rejilla, el primer tramo se localiza entre los 15,5 a 18,5 m de profundidad, la segunda sección de filtración se ubica entre los 24 a 29,5 m, mientras que la sección de rejilla inferior se localiza entre los 46 a 49 m de profundidad. En total, la sección de rejilla comprende una longitud de 11,5 m.

A continuación, se detalla el diseño de armado establecido para el pozo Unión Campesina.

Profundidad	Materiales
0 a 15,5 m	Tubo ciego ACCA
15,5 a 18,5 m	Rejilla Tipo Celosía slot 60'
18,5 a 24 m	Tubo ciego ACCA
24 a 29,5 m	Rejilla Tipo Celosía slot 60'
29,5 a 46 m	Tubo ciego ACCA
46 a 49 m	Rejilla Tipo Celosía slot 60'
49 a 63 m	Tubo ciego ACCA
63 a 70 m	Relleno de grava

Cuadro 4: Detalle del diseño de armado del pozo 19-06.

Posterior al armado del pozo, se procede a colocar el empaque de grava alrededor de la tubería, utilizando grava redondeada a subredondeada debidamente seleccionada y limpia (libre de sedimentos finos); considerando que la perforación se realizó en un diámetro de



apertura de 14" y la tubería de armado tiene un diámetro de 8", el espacio anular cuenta con un espacio libre de 6" (es decir un espesor de 3" de grava a cada lado de la tubería).

El espesor de grava instaurado pretende controlar y retener el ingreso de sedimentos finos al interior del pozo, aspecto que tuvo resultados excelentes, puesto que durante el desarrollo de la prueba de bombeo no se registró el ingreso de sedimentos al interior del pozo.

Para la efectiva limpieza y desarrollo del pozo se aplicaron una serie de métodos mecánicos, los cuales fueron acompañados por el uso de métodos químicos (productos especializados en la limpieza de pozos).

El primer método mecánico empleado consistió en la inyección de aire comprimido a una presión de 150 psi sobre los tramos de sección de rejilla; este proceso genera el reacomodo del empaque de grava y el desplazamiento de los sedimentos finos localizados en el espacio circundante a la sección ranurada. Durante este proceso la presión de aire provoca que el agua existente en el interior del pozo asciende a superficie, ver fotografía 7.

Posteriormente, se aplicó el uso de un pistón, el cual por medio de un movimiento vertical provoca que la columna de agua existente en el interior del pozo se desplace, arrastrando consigo los sedimentos finos existentes en el empaque de grava. De manera paralela al uso del pistón, se aplicó el producto Aqua-Clear PFD, producto especializado que permite desintegrar los enlaces de la bentonita aplicada en el fluido de perforación y de esta manera garantizar la eliminación del fluido previamente inyectado y que se encuentra sellando el acuífero captado, ver fotografía 8.

Conforme se pistonea el pozo, la grava instaurada en la zona circundante desciende de manera paulatina, efecto que evidencia la efectividad del proceso y la conformación de un empaque adecuado. Finalizado el proceso de pistoneo, se ingresa un cepillo con cerdas de acero, el cual provoca la eliminación de residuos de bentonita adheridos al interior de la tubería.

Para afinar el proceso de limpieza y desarrollo del pozo se utiliza el método del doble pistón, el cual consiste en la generación de un vacío en el interior del pozo por medio del uso de dos pistones, provocando un efecto de succión que arrastra los sedimentos finos y el agua acuífera al interior del pozo. Las labores concluyen una vez que el flujo de agua se aprecia cristalino y libre de sedimentos finos, además que el empaque de grava es eficiente y se presenta debidamente acomodado en el espacio anular.

El proceso de desarrollo culmina con el vaciado del pozo, proceso en el que se genera la extracción de todos los sedimentos acumulados y precipitados al fondo del pozo, producto de los procesos anteriormente descritos.

Concluida la limpieza del pozo y garantizando que el desarrollo generó un acomodo eficiente de la grava, se procede a construir el sello sanitario de concreto entre el nivel de superficie y los primeros 3 m de profundidad, evitando de esta manera posibles filtraciones indeseadas provenientes de la superficie que a la postre lleguen a contaminar los niveles acuíferos captados.

La UTP procede a instalar un tubo engravador de 3" de diámetro en PVC, el cual tiene conexión con el empaque de grava instalado previamente, esto con el objetivo de controlar algún descenso en el empaque de grava durante la operación del pozo.



Fotografías 7-8: A la izquierda se muestra el proceso de desarrollo por medio de la inyección de aire comprimido, a la derecha la aplicación del producto químico para la desintegración de la bentonita.

Una vez finalizadas las labores de construcción del pozo, la cuadrilla de perforación se prepara para la salida del sitio, por lo que se procede a cargar los camiones con la herramienta de perforación, al desacople de mangueras y al movimiento de la máquina perforadora. En la medida de lo posible se pretende dejar la propiedad bajo las condiciones previas en que fue encontrada. El traslado final se realizó el día 20 de junio de 2019, movilizand o la herramienta y maquinaria al siguiente sitio de perforación.

3. PRUEBA DE BOMBEO

Con el fin de ejecutar la prueba de bombeo al pozo 19-06, la cuadrilla de bombeo perteneciente a la UTP se traslada al sitio y desarrolla la prueba entre los días del 19 al 27 de junio de 2019. La prueba estuvo a cargo de los técnicos en electromecánica, los señores Manuel Vargas González, Carlos Sojo Gómez, Emmanuel Aguilar Vargas y Rodolfo Araya Campos.

Para el desarrollo de la prueba de bombeo se instaló el día 19 de junio un equipo de bombeo sumergible de la marga Grundfos con potencia de 40 HP en un diámetro de 125 mm (5"). El equipo de bombeo fue colocado en el interior del pozo a la profundidad de 43 m, empleando para ello tubería de columna metálica en un diámetro de 4" (100 mm), además para la descarga del agua se utilizó tubería de PVC en un diámetro de 4". Cabe indicar que para la instalación del equipo de bombeo fue necesario la utilización de una grúa.

Una vez instalado el equipo de bombeo sumergible y realizadas las pruebas eléctricas para verificar la correcta operación, los funcionarios 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 para la obtención de un dato certero en relación al caudal de extracción se utilizó un caudalímetro portátil ultrasónico modelo CHRONOFLO 4.30.

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 a la interpretación y análisis de los resultados de la evaluación.

La prueba de bombeo realizada por la UTP fue ejecutada mediante tres etapas, las cuales son detalladas a continuación:

3.1 Prueba por etapas

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

3.2 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 72 horas de bombeo continuo.

3.3 Prueba de recuperación

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

Las fotografías 9-10 muestran parte de los equipos trasladados y utilizados por la UTP para la ejecución de la prueba de bombeo.



Fotografías 9-10: A la izquierda se muestra la instalación del equipo de bombeo sumergible, a la derecha la planta eléctrica trasladada para la ejecución de la prueba de bombeo.

3.4 Resultados Obtenidos

Con el fin de determinar un comportamiento preliminar del acuífero, los técnicos en bombeo proceden a realizar la prueba por etapas bajo un caudal inicial de 12,9 L/s, no obstante transcurridos 30 minutos de prueba el nivel dinámico desciende de manera drástica hasta la profundidad de 29,74 razón por la cual el caudal es regulado a 10,9 L/s.



A partir del comportamiento evidenciado en la prueba por etapas (comportamiento de los abatimientos), se decide ejecutar la prueba a caudal constante bajo un caudal de 10 L/s, siendo el caudal de bombeo mínimo que permite el equipo instalado.

Si bien, la prueba a caudal constante arranca bajo un caudal de 10 L/s, el nivel dinámico muestra leves descensos, ante ello y con el objetivo de someter al acuífero a un régimen de bombeo mayor, se aumentó el caudal de extracción a 15 L/s, sin embargo, al incrementar el caudal los abatimientos son mayores y el nivel dinámico desciende de manera inmediata a la profundidad de 28,93 m, por lo que es necesario regular el caudal a 12 L/s.

El caudal de prueba de 12 L/s se extiende hasta el final de la prueba de bombeo, la cual tuvo una duración total de 72 horas de bombeo continuo en consideración a lo expuesto por el Área Funcional de Hidrogeología en el Estudio Hidrogeológico previamente elaborado.

Al comienzo de la prueba a caudal constante, el nivel estático (n.e) del agua se registró a los 4,38 metros bajo el nivel de suelo (m.b.n.s), sin embargo, conforme avanza la prueba el nivel desciende de manera paulatina y controlada. Al finalizar la prueba de bombeo el nivel de la columna de agua alcanzó la profundidad final de 25,26 m.b.n.s (nivel dinámico) por lo que al considerar los descensos que experimentó la columna de agua durante el desarrollo de la prueba de bombeo se establece un abatimiento total de 20,88 m.

A partir del caudal de extracción empleado (12 L/s) y el abatimiento total de 20,88 m que experimentó el nivel de agua, se calcula una capacidad específica de 0,575 L/s/m, dicho valor representa la descarga por unidad de abatimiento. Por su parte, el cálculo del valor de transmisividad del acuífero durante la etapa de bombeo es del orden de 32,25 m²/día, clasificada como transmisividad baja.

Es importante anotar que durante la prueba de bombeo no fue posible realizar mediciones de niveles en pozos cercanos, esto debido a que no existe pozos perforados en la localidad y solamente existen pozos excavados de poca profundidad (2 a 5 m de profundidad) los cuales captan niveles superficiales de uso doméstico.

La gráfica de la figura 3 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 ejecutado.

Por medio de la gráfica se observa como durante la ejecución de la prueba de bombeo bajo un caudal de 10 L/s los abatimientos son leves, sin embargo, al momento de aumentar el caudal de prueba a 15 L/s el nivel desciende de manera abrupta e inmediata, por tal razón la discontinuidad que muestra la gráfica.

Una vez regulado el caudal de prueba a 12 L/s, se evidencia como la columna de agua asciende y los abatimientos registrados son leves y controlados entre sí. Cabe anotar que durante la prueba de bombeo realizada el nivel dinámico no logra estabilizarse, ante ello se interpreta que el acuífero captado no tiene la capacidad de compensar en su totalidad el caudal de extracción al que es sometido durante la evaluación.



UNION CAMPESINA

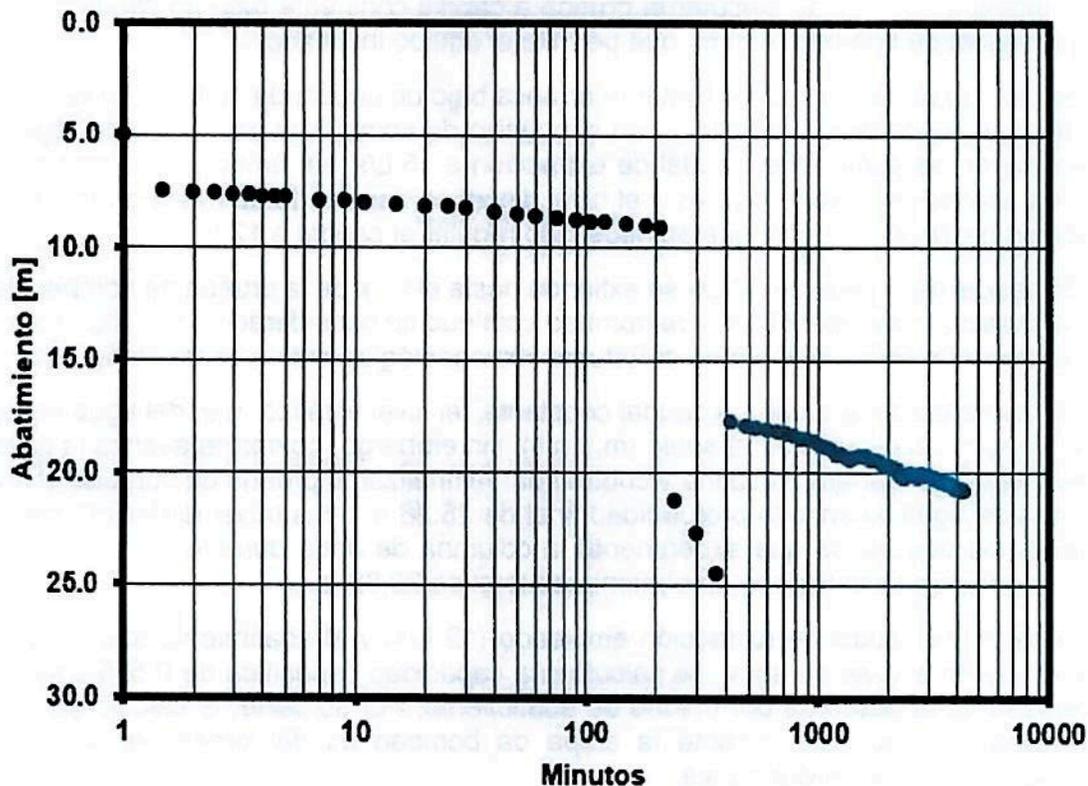


Figura 3: Variación gráfica de los abatimientos registrados durante la ejecución de la prueba de bombeo.

Por medio de los resultados de la prueba de bombeo se evidencia que el nivel dinámico sobrepasó el primer tramo de rejilla ubicado entre los 15,5 a 18,5 m de profundidad, dejando esta sección totalmente expuesta, tal situación permite establecer que las zonas de producción identificadas y captadas en profundidad son las que aportan en conjunto el caudal de 12 L/s que fue empleado en la prueba de bombeo.

Alcanzadas las 72 horas de bombeo continuo se apaga el equipo y de manera inmediata se efectúa la prueba de recuperación, en la cual el acuífero compensa libremente y de manera natural el nivel. El nivel inicial de la prueba de recuperación se localiza a la profundidad de 25,26 m.b.n.s, no obstante, transcurridos 40 minutos de prueba el nivel logra ascender de manera inmediata y localizarse a la profundidad de 5,87 m.b.n.s, lo que representa un porcentaje de recuperación eficiente del 93% con respecto a la ubicación del nivel estático inicial.

Con el propósito de evitar una disminución en la productividad y eficiencia que ofrece el pozo, es importante establecer un caudal de extracción seguro a largo plazo, acompañado por un periodo de reposo que permita la recuperación efectiva del nivel de agua. Considerando los resultados de la prueba de bombeo realizada, la UTP recomienda un caudal de extracción máximo de 10 L/s, considerando para ello un abatimiento teórico de 17,57 m. Se establece un periodo de bombeo de 20 horas diarias con 4 horas de reposo para la efectiva recuperación del acuífero.



Fotografías 11-12: A la izquierda se muestra el estado físico del agua al inicio de la prueba de bombeo a caudal variable, a la derecha el agua extraída con aspecto cristalino y libre de sedimentos.

4. CALIDAD DEL AGUA

Durante la ejecución de la prueba de bombeo a caudal constante, el agua extraída del pozo presenta un aspecto visual cristalino, por su parte, los técnicos a cargo reportan un leve olor y sabor metálico (hierro). Cabe anotar que el agua extraída durante la prueba de bombeo se encuentra libre de sedimentos finos, lo que demuestra la efectividad de los procesos de limpieza y desarrollo que enfrentó el pozo.

Minutos previos a la finalización de la prueba de bombeo se procede 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 las propiedades originales, siguiendo los lineamientos establecidos en la cadena de custodia.

Las muestras recolectadas son remitidas el día 21 de junio de 2019 al Laboratorio Nacional de Aguas (LNA); a continuación, se presentan los resultados de los análisis efectuados a las muestras recolectadas:

4.1 Análisis Físico-Químico (AYA-ID-05439-2019)

El resultado del análisis Físico-Químico establece que con base en las determinaciones efectuadas el agua es de calidad excelente y cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S, esto por cuanto los valores de los parámetros evaluados se encuentran por debajo de los límites permitidos.

4.2 Análisis Microbiológico (150581)

El resultado del análisis microbiológico establece: *"En este análisis puntual, de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el agua del pozo 19-06 es de calidad buena"*. Según el resultado del ensayo se detecta la presencia de un coliforme fecal por cada 100 mililitros de agua, por lo que el agua se clasifica como de calidad buena.

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



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El pozo nombrado Unión Campesina fue perforado y construido satisfactoriamente por la UTP y corresponde al código 19-06 de la numeración interna del AyA. La nueva fuente de abastecimiento se localiza en las coordenadas Lambert Norte 603783 E / 231787 N (CRTM05: 567456 E / 1117073 N) a una elevación de 25 m.s.n.m.

La perforación se realizó mediante el método de rotación con recirculación de fluido de perforación a base de bentonita sódica, utilizando una broca tricónica de 14" de diámetro. La perforación alcanzó la profundidad final de 70 m tal y como lo establecía el Estudio Hidrogeológico efectuado por el AFH.

Por medio del análisis de las muestras recuperadas durante la perforación, se determina la presencia de dos niveles productores, el primer nivel superficial desarrollado en materiales aluviales gruesos y un segundo nivel productor conformado por gravas y arenas de buena selección.

La construcción del pozo 19-06 se realizó hasta la profundidad de 63 m, utilizando tubería metálica acero al carbono (ACCA) en un diámetro interno de 8" (200 mm); por su parte las secciones de filtración de agua (rejillas) son del tipo celosía con abertura en las ranuras de 1,524 mm (slot 60).

El diseño de armado del pozo 19-06 contempla tres secciones de rejilla, el primer tramo se localiza entre los 15,5 a 18,5 m de profundidad, la segunda sección de filtración se ubica entre los 24 a 29,5 m, mientras que la sección de rejilla inferior se localiza entre los 46 a 49 m de profundidad. En total, la sección de rejilla comprende una longitud de 11,5 m.

La prueba de bombeo al pozo se realizó de manera satisfactoria por la UTP entre los días del 24 al 28 de junio del presente año y tuvo una duración de 72 horas de bombeo continuo. La prueba a caudal constante se desarrolló bajo un caudal de prueba de 12 L/s, esto al considerar el comportamiento de los abatimientos registrados durante la prueba por etapas.

Ante los resultados de prueba de bombeo y al considerar el valor de transmisividad calculado y el comportamiento de los abatimientos, la UTP recomienda la explotación del pozo a un caudal máximo de 10 L/s, considerando para ello un abatimiento teórico de 17,7 m. Se recomienda un periodo de bombeo de 20 horas diarias y 4 horas de reposo para la efectiva recuperación del acuífero.

La recomendación de bombeo se realiza con el objetivo de potencializar el caudal de extracción que tendrá la nueva fuente de abastecimiento, considerando la exposición que tendrá el tramo de rejilla superior localizado entre los 15,5 a 18,5 m de profundidad.

El equipo de bombeo sumergible deberá de ser colocado a los 40 metros de profundidad, garantizando que la succión de la bomba se enfrente al tramo de tubería ciega existente (cámara de bombeo). La UTP es clara en indicar que de ubicarse y enfrentar la succión del equipo en la sección de rejilla se potencializará el ingreso de sedimentos finos al interior del pozo.

Los resultados del análisis microbiológico y físico-químico efectuados a la muestra de agua recolectada determinan que el agua captada por el nuevo pozo cumple satisfactoriamente con el Reglamento para la Calidad de Agua Potable N°38924-S.



**INFORME DE PERFORACIÓN
POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06)
PACUARITO, SIQUIRRES, LIMÓN.**



Con relación a la selección del equipo de bombeo que debe ser instalado en el interior del pozo, éste es un tema fuera del ámbito de trabajo de la UTP, por ello se recomienda que un especialista en la materia valore el equipo de bombeo idóneo que deberá ser instalado.

Es de suma importancia que el operador del pozo realice 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 localidad que a la postre influyan con el caudal de extracción recomendado en el presente informe, de manera particular se recomienda realizar monitoreos durante la época de verano.

La UTP le indica al Operador del pozo que según las directrices internas del AyA, deberá de gestionar ante la UEN de Gestión Ambiental, la debida solicitud de uso de agua de la nueva fuente de abastecimiento, ya que sin este procedimiento, no se puede dar inicio a la explotación del agua que aportará la fuente de abastecimiento construida por la UTP.



ANEXO

- Reporte de Perforación
- Resumen Ejecutivo Prueba de Bombeo
- Datos de Campo Prueba de Bombeo
- Análisis de Agua Físico – Químico (AYA-ID-05439-2019)
- Análisis de Agua Microbiológico (150581)



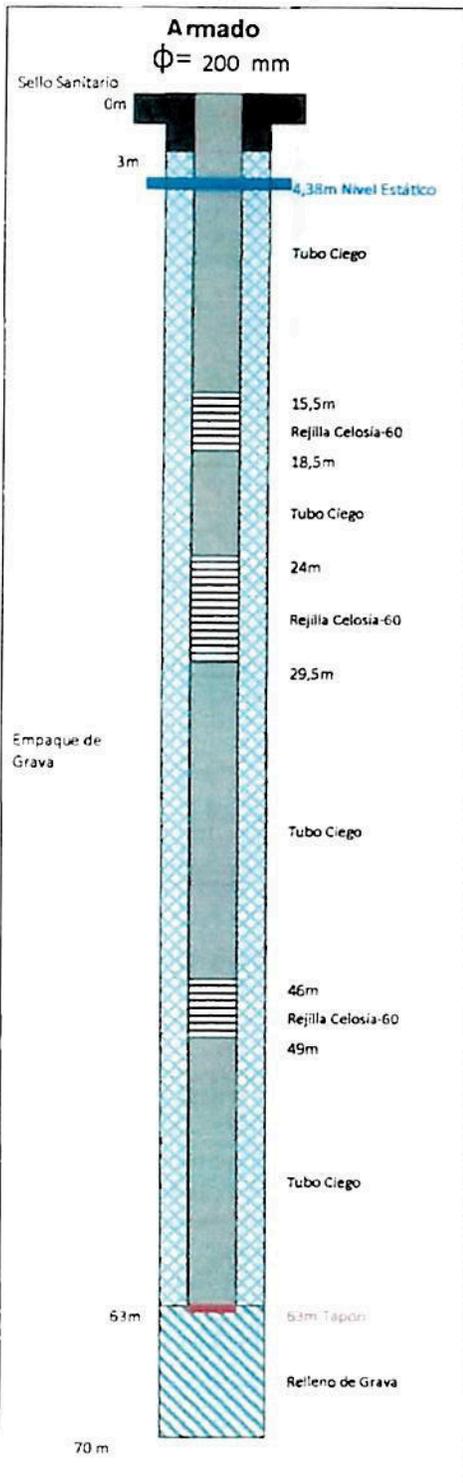
Nombre: Unión Campesina
N° Pozo SENARA/MINAE:

Geol. Luis Alonso

Firmado digitalmente por Geol. Luis Alonso Fallas Montoya
Fecha: 2019.08.01 13:46:39 -06'00'

VALIDACIÓN: Informe generado por Luis Alonso Fallas Montoya el 01/08/2019. Nulo sin firma y sello de persona autorizada

Fallas Montoya



Ubicación

Localidad: Unión Campesina

Coord: N 231787 - E 603783

Elev(m): 25

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: MATINA 3546 III

Provincia:

Limón

Propietario: AyA

Cantón:

Siquirres

Código: 07-03-02

Distrito:

Pacuarito

Equipo de Perforación

Maquinaria: T3w N°4

Método:

Rotación con lodos

Perforador: Melvin Hidalgo Mosquera

Orden Costos:

0002019013-0

Inicio: 23/04/2019

Final: 14/06/2019

Duración:

52 días

Datos de Perforación

Datos Prueba de Bombeo

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	350	70
Tubería	200	51.5
Rejilla	200	11.5
Ademe	0	0

Fecha de prueba:	24/06/2019
Potencia bomba (hp):	40
Profundidad bomba (m):	43
Nivel estático (m):	4.38
Nivel dinámico (m):	25.26
Caudal prueba (l/s):	12
Abatimiento (m):	20.88
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m2/día):	32
Caudal rec. (l/s):	10
Tiempo bombeo rec.(h):	20

Material ACCA
Tiempo Desarrollo (h): 40

Desarrollo:

Pistón, Aire comprimido

Observaciones:

A partir de los resultados de la prueba de bombeo efectuada, la UTP recomienda un caudal de extracción máximo de 10 L/s, considerando para ello un abatimiento teórico de 17,57 m. Se recomienda un periodo de bombeo diario de 20 horas, con 4 horas de reposo para la eficiente recuperación del acuífero. El equipo de bombeo deberá de ser instalado a la profundidad de 40 m garantizando que la succión de la bomba este enfrentada al tramo de tubería ciega. Según los análisis efectuados la muestra de agua es de calidad excelente.

Litología

0-29 m	Materiales aluviales recientes, conformados por la presencia de bloques inmersos en una matriz arenosa. Materiales inconsolidados.
29-33 m	Arcillas de color gris. Corresponde con una zona de meteorización.
33-43 m	Arenisca de color gris oscuro, matriz fina sin contenido de cristales. El material se encuentra consolidado.
43-44 m	Arcillas con presencia de materia orgánica (trozos de madera).
44-50 m	Gravas inmersas en una matriz arenosa de buena selección. Presencia de pátinas de oxidación en los materiales.
50-70 m	Arenas finas en una matriz arcillosa de color gris. No se observan condiciones acuíferas. Se registra un incremento en la viscosidad del fluido de perforación.



Imágenes



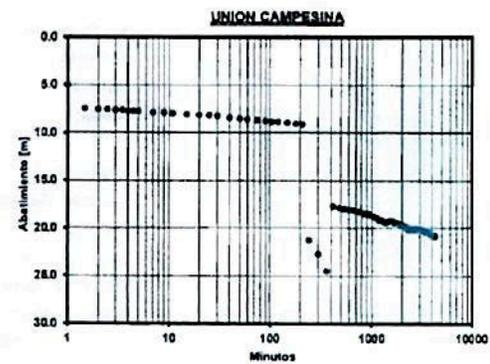
Máquina perforadora T3W n°4 utilizada durante las labores de perforación.



Labores de desarrollo del pozo por medio de la inyección de aire en la sección ranurada.



Prueba de bombeo ejecutada por la UTP por espacio de 72 horas. Caudal de prueba 12 L/s.



Comportamiento de los abatimientos durante la ejecución de la prueba de bombeo ejecutada por la UTP.

Reportes de calidad de agua

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
1	Microbiológica	150581	27/06/2019	Según el resultado del análisis microbiológico la muestra de agua evaluada es de calidad buena, esto por cuanto se determinó la presencia de 1 coliforme fecal por cada 100 mL.
2	Físico-química	AyA-ID-05439-2019	27/06/2019	El resultado del análisis Físico-químico establece que la muestra de agua es de calidad excelente y cumple con el reglamento según los parámetros evaluados.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UN ADMINISTRACION DE PROYECTOS

UNIDAD TÉCNICA DE PERFORACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

DATOS GENERALES

LOCALIDAD : UNION CAMPESINA
POZO N° : 19-06
FECHA DE PRUEBA : 24-jun-2019
REALIZADA POR : Manuel Vargas Gonzalez
FECHA DE ANALISIS : 17-jul-2019
ANALIZADO POR : Luis Alonso Fallas Montoya

ARMADO GENERAL DE POZO

DIAMETRO DE PERFORACION [m] = 0.35
DIAMETRO DE ADEME [m] = 0.2
MATERIAL DE ADEME = Acero al Carbono
PROFUNDIDAD INICIO DE REJILLAS [m] = 15.5
PROFUNDIDAD FINAL DE REJILLAS [m] = 49.00
PROFUNDIDAD DE POZO [m] = 63.00
MATERIAL DE REJILLA = Acero al Carbono

PRUEBA POR ETAPAS

NUMERO DE ETAPAS = 1.00
CAUDAL ETAPA 1 [lps] = 11.90
CAUDAL ETAPA 2 [lps] = 0.00
CAUDAL ETAPA 3 [lps] = 0.00
CAUDAL ETAPA 4 [lps] = 0.00
COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C" [m/lps²] =
COEFICIENTE DE ACUIFERO "B" [m/lps-día] =
EFICIENCIA DE POZO [%] =

PRUEBA DE BOMBEO

NIVEL ESTÁTICO - POZO BOMBEO [m] = 4.38
NIVEL ESTÁTICO - POZO OBSERVACION [m] =
CAUDAL DE BOMBEO [lps] = 12.01
DURACION DE BOMBEO CONTINUO [min] = 4320
NIVEL DINAMICO POZO DE BOMBEO [m] = 25.26
NIVEL DINAMICO POZO OBSERVACION [m] =
TRASMISIVIDAD [m²/día] = 32.25
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO = INDEF
RECUPERACION POZO BOMBEO (1hr) [%] = 93

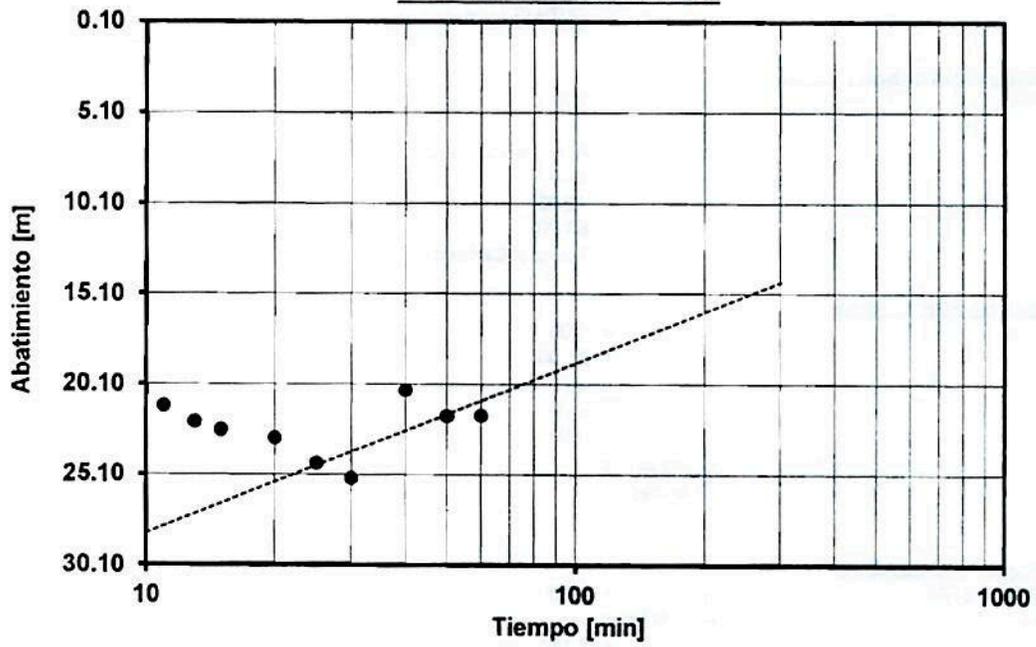
CAUDAL DE EXPLOTACION

CAUDAL DE EXPLOTACION [lps] = 10.00
ABATIMIENTO [m] = 17.57
TIEMPO DE BOMBEO CONTINUO [hrs] = 20.00
CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO (lps) = 10.00
ABATIMIENTO MÁXIMO RECOMENDADO (m) = 17.57



PRUEBA DE BOMBEO A CAUDAL VARIABLE

UNION CAMPESINA



Q1 [lps]= 11.9

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



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UEN ADMINISTRACION DE PROYECTOS

UNIDAD TÉCNICA DE PERFORACIÓN

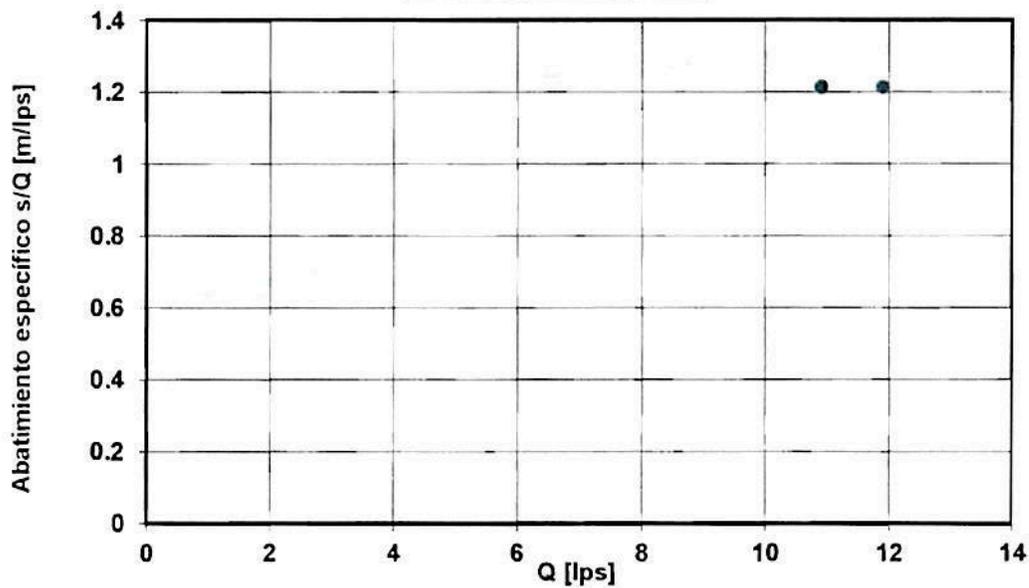
COEFICIENTE DE TURBULENCIA "C"

OBTENIDO DE PRUEBA DE CAUDAL VARIABLE

UTILIZANDO JACOB, ANALIZADO POR EL METODO (BIERSCHENK, 1964)

$$s/Q = B + CQ$$

UNION CAMPESINA



C [m/lps²] =

B [m/lps/día] =

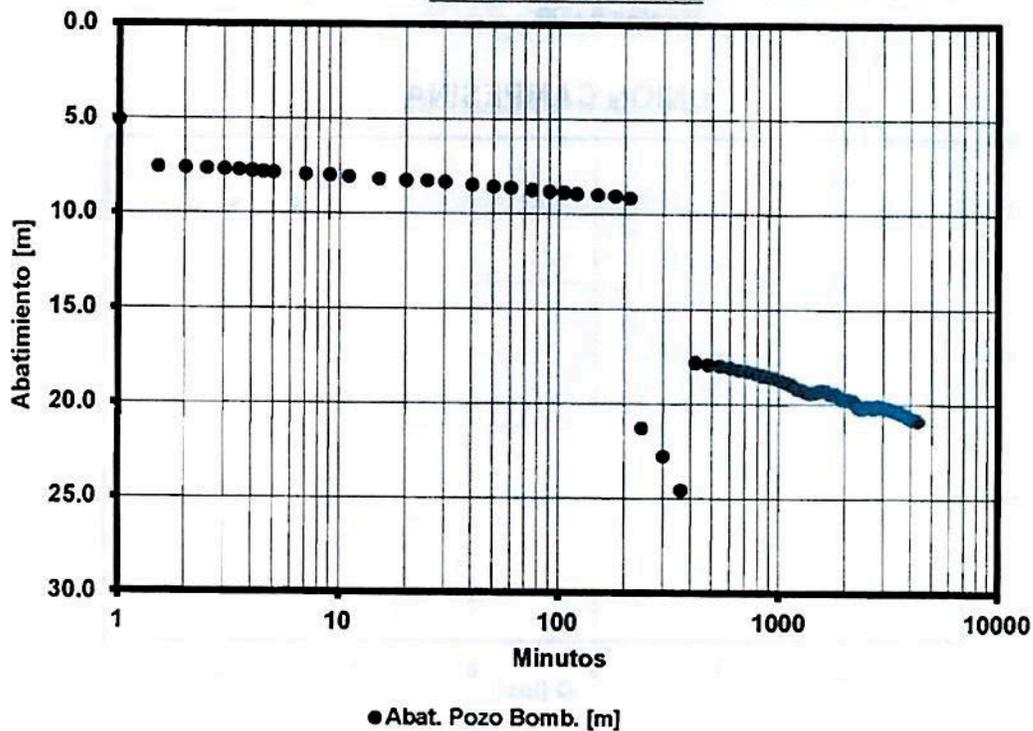
Eficiencia [%] =

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

UNION CAMPESINA



T [m²/día] = 32.25
S =

Nivel Estático [m] = 4.38
Q [lps] = 12.01

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



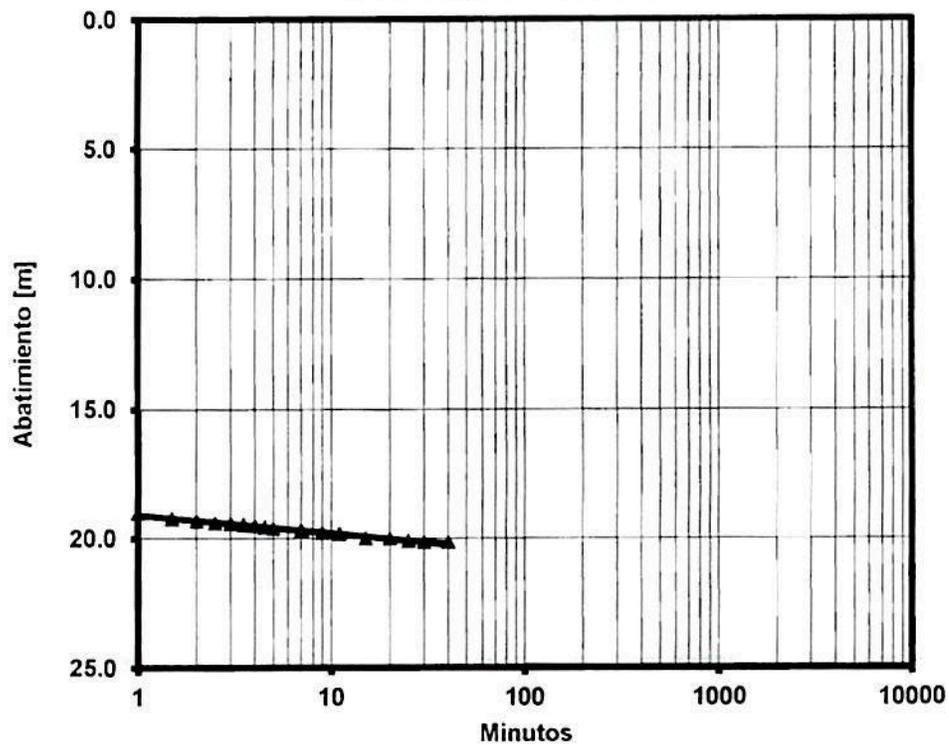
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

UEN ADMINISTRACION DE PROYECTOS

UNIDAD TÉCNICA DE PERFORACIÓN

PRUEBA DE BOMBEO-RECUPERACION

UNION CAMPESINA



▲ Recup.emul. bombeo[m]

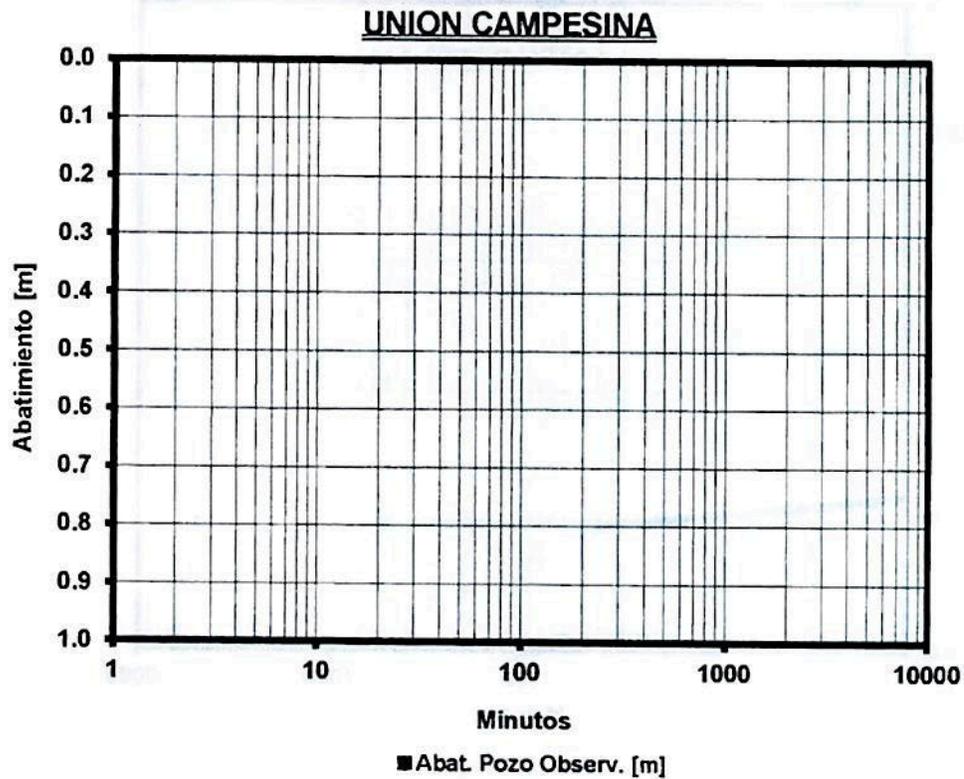
T [m²/día] = 265.28
S =

Recuperación [%] = 93
Q [lps] = 12.01

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



PRUEBA DE BOMBEO - POZO DE OBSERVACION



T [m²/d] =
S =

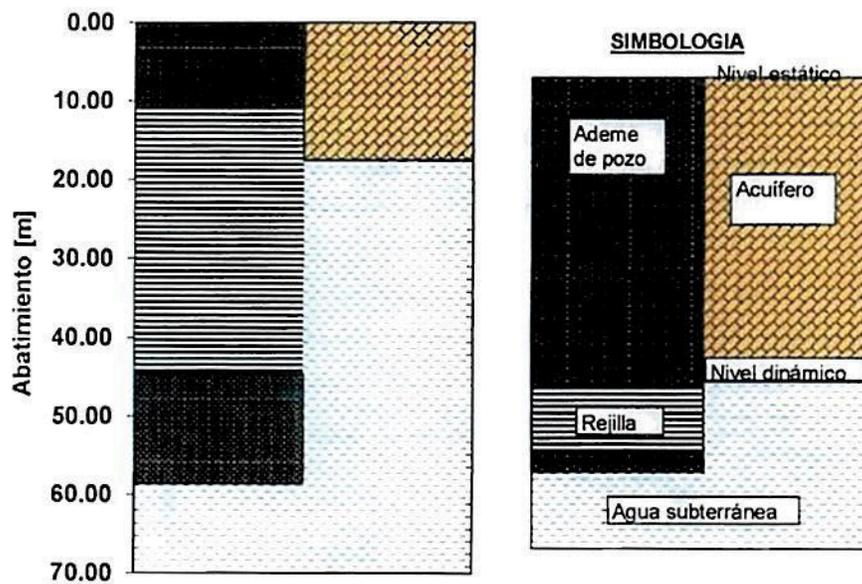
Q [lps] = 12.01

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



CAUDAL DE EXPLOTACION

UNION CAMPESINA



Nivel de abatimiento máximo permisible [m] = 17.57

Caudal de explotación [lps] = 10.00

Abatimiento de caudal de explotación [m] = 17.57

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.

Pozo 19-06



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SUBGERENCIA - AID - UEN - GESTION AMBIENTAL

Reporte de Prueba de Producción de Pozo

LUGAR: Unión Compañeros Siquirres

PROVINCIA: 7 CANTON: 3 DISTRITO: 2

UBICACION DEL POZO: Pozo # 19-06

FECHA: 19/6/19

PROFUNDIDAD DEL POZO: 63 metros

PROFUNDIDAD DE COLOCACION DE LA BOMBA: 43 metros

DIAMETRO TUBERIA DESCARGA (CACHERA): 100 milímetros

DIAMETRO TUBERIA DE SUCCION (COLUMNA): 100 milímetros

DIAMETRO ENCAMIZADO DEL POZO: 200 mm. PVC ALBERO

CARACTERISTICAS DE LA BOMBA DE PRUEBAS:

MARCA: Grundfos

MODELO: _____

POTENCIA: 40 HP

DIAMETRO: 125 mm

CONDICIONES CLIMATOLOGICAS:

VERANO INVIERNO LLUVIA SI NO

TEMPERATURA AMBIENTE: _____ °C; _____ °F.

CARACTERISTICAS DEL PUNTO DE MUESTREO:

TERRENO: PLANO LADERA QUEBRADO

VEGETACION: MUCHA POCA NINGUNA

CONDICIONES HIGIENICAS: regulares BUENA MALA

RAY ANIMALES SI (VACAS, CABALLOS, CERDOS, GALLINAS, PATOS, PERROS, etc) NO

LOTE DEL POZO CERCADO: SI NO

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA:

OLOR SI NO

TURBIA MUCHO 25 f3 POCO NO

COLOR SI (_____) NO

TEMPERATURA: _____ °C; _____ °F

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Variable

LUGAR: Unión CompañeraNIVEL ESTÁTICO AL INICIO DE LA PRUEBA: 5.25 metrosCAUDAL INICIAL DE BOMBEO (Q₁): 12.9 L/SFECHA DE INICIO DE LA PRUEBA: 20/6/19

HORA		TIEMPO DES DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL L/S	OBSERVACIONES
AM	PM				
		0.0	5.25	00	inicio prueba por etapas
		0.5	21.64	12.9	altura de superficie a
		1.0	22.20	12.9	bases tubo indicadas de
		1.5	22.87	12.9	nivel en el 82 cm
		2.0	23.48	12.9	agua sale poco turbia
		2.5	23.45	12.9	al inicio
		3.0	23.60	12.9	
		3.5	23.83	12.9	
		4.0	24.08	12.9	
		4.5	24.31	12.9	
		5.0	24.55	12.9	
		7.0	25.40	12.9	
		9.0	25.98	12.9	
		11.0	26.56	12.9	
		13.0	27.45	12.9	
		15.0	27.82	12.9	
		20.0	28.35	12.9	
		25.0	29.73	12.9	
		30.0	30.56	12.9	se regula el caudal a
		40.0	25.70	10.8	10.8
		50.0	27.12	10.9	
		60.0	27.10	10.9	
		70	27.18	10.4	
		80	27.26	10.4	Q2: 1.5 Q1
		90	27.29	10.4	
		100	27.34	10.4	
		1.5			
		2.0			

2532

90617 1598

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Variable

LUGAR : _____

FECHA : _____

HORA		TIEMPO DES DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL L/S	OBSERVACIONES
AM	PM				
		2.5			
		3.0			
		3.5			
		4.0			
		4.5			
		5.0			
		7.0			
		9.0			
		11.0			
		13.0			
		15.0			
		20.0			
		25.0			
		30.0			
		40.0			
		50.0			
		60.0			
		0.0			Q ₃ : 2.2 Q!
		0.5			
		1.0			
		1.5			
		2.0			
		2.5			
		3.0			
		3.5			
		4.0			
		4.5			
		5.0			
		7.0			
		9.0			
		11.0			
		15.0			

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Variable

LUGAR :

HORA		TIEMPO DES_ DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL l/s	OBSERVACIONES
AM	PM				
		20.0			
		25.0			
		30.0			
		40.0			
		50.0			
		60.0			
		0.0			Q ₄ : 30 l
		0.5			
		1.0			
		1.5			
		2.0			
		2.5			
		3.0			
		3.5			
		4.0			
		4.5			
		5.0			
		7.0			
		9.0			
		11.0			
		15.0			
		20.0			
		25.0			
		30.0			
		40.0			
		50.0			
		60.0			

MEDIDAS HECHAS POR _____ DE LAS _____ A LAS _____
 _____ DE LAS _____ A LAS _____
 SUPERVISION REALIZADA POR _____ DE LAS _____ A LAS _____
 FECHA _____

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Constante

LUGAR: Union Compefino (Liquiore)
 NIVEL ESTÁTICO AL INICIO DE LA PRUEBA: 5.20 metros.
 CAUDAL DE PRUEBA: 10 inicio L/S.
 FECHA DE INICIO DE LA PRUEBA: 24/6/19

HORA		TIEMPO DES DE EL INICIO minutos	NIVEL DINÁMICO metros	CAUDAL L/S	OBSERVACIONES
AM	PM				
		0.0	5.20	10	altura de superficie a base tubo hidráulico de nivel en de 82 cm.
		0.5	8.66	10	
		1.0	10.27	10	
		1.5	12.73	10	
		2.0	12.77	10	
		2.5	12.80	10	
		3.0	12.84	10	
		3.5	12.89	10	
		4.0	12.93	10	
		4.5	12.96	10	
		5.0	13.00	10	
		7.0	13.10	10	
		9.0	13.15	10	
		11.0	13.23	10	
		15.0	13.32	10	
		20.0	13.41	10	
		25.0	13.43	10	
		30.0	13.49	10	
		40.0	13.63	10	
		50.0	13.73	10	
		60.0	13.80	10	
		75.0	13.90	10	
		90.0	13.98	10	
		105.0	14.04	10	

MECIDAS HECHAS POR: Armando Vasquez DE LAS _____ A LAS _____
 DE LAS _____ A LAS _____
 DE LAS _____ A LAS _____

SUPERVISION REALIZADA POR: [Signature]

FECHA: 24/6/19

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Constante

LUGAR: Unión Compañero Aguilar

HORA		TIEMPO DES DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL l/s	OBSERVACIONES
AM	PM				
		120.0	14.10	10	
	13	150.0	14.15	10	
		180.0	14.21	10	
		210.0	14.33	10	
		240.0	26.49	15	Se Regula Válvula e
		300	27.96	15	15 l/s/seg
		360	29.75	15	se regula el caudal
		420	21.30	12	a 12 l/s
		480	23.10	12	
		540	23.19	12	
		600	23.28	12	
		660	23.39	12	
		720	23.46	12	
		780	23.57	12	
		840	23.69	12	
		900	23.77	12	
		960	23.85	12	
		1020	23.96	12	
		1080	24.05	12	
		1140	24.17	12	
		1200	24.40	12	
		1260	24.43	12	
		1320	24.56	12	
		1380	24.63	12	
			24.63	12	

MEDIDAS HECHAS POR: Alfonso Vique DE LAS _____ A LAS _____
Carlos Rojas DE LAS _____ A LAS _____
Roberto Rojas DE LAS _____ A LAS _____
 SUPERVISION REALIZADA POR: Emilio Rojas
 FECHA: 25/6/19

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Constante

LUGAR:

Unión Compañeros Aguirre

HORA		TIEMPO DES. DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL l/s	OBSERVACIONES
AM	PM				
		1440	24.58	12.	
		1500	24.52	12	
		1560	24.46	12.	
		1620	24.48	12	
		1680	24.63	12	
		1740	24.67	12	
		1800	24.67	12	
		1860	24.77	12	
		1920	24.90	12.	
		1980	24.92	12	
		2040	24.95	12	
		2100	24.97	12	
		2160	25.01	12	
		2220	25.10	12	
		2280	25.32	12	
		2340	25.40	12	
		2400	25.40	12	NUEVE TORRENCIALMENTE
		2460	25.32	12	
		2520	25.30	12	ESCAMPO
		2580	25.33	12	
		2640	25.35	12	
		2700	25.41	12	
		2760	25.34	12	
		2820	25.28	12	
		2880	25.33	12	
		2940	25.34	12	
		3000	25.37	12	
		3060	25.39	12	
		3120	25.41	12	

MEDIDAS HECHAS POR:

Francisco Rojas

DE LAS

A LAS

Rodolfo Torres

DE LAS

A LAS

Emmanuel Aguirre

DE LAS

A LAS

SUPERVISION REALIZADA POR

Carlos Rojas

FECHA:

26/6/19

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Constante

LUGAR:

Unión Compañeros Agricultores

HORA		TIEMPO DES. DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL l/s	OBSERVACIONES
AM	PM				
		3180	25.44	12	
		3240	25.47	12	
		3300	25.50	12	
		3360	25.53	12	
		3420	25.57	12	
		3480	25.60	12	
		3540	25.62	12	
		3600	25.66	12	
		3660	25.70	12	
		3720	25.73	12	
		3780	25.77	12	
		3840	25.82	12	
		3900	25.88	12	
		3960	25.94	12	
		4020	25.96	12	
		4080	25.99	12	
		4140	25.98	12	
		4200	26.02	12	
		4260	26.04	12	
		4320	26.08	12	
		0.5	7.90		RECUPERACION
		1.0	7.79		
		1.5	7.60		
		2.0	7.50		
		2.5	7.42		
		3.0	7.40		
		3.5	7.36		
		4.0	7.30		
		4.5	7.26		

MEDIDAS HECHAS POR:

Carlos J. Jara

DE LAS

A LAS

Manuel Ureaga

DE LAS

A LAS

Emmanuel Domínguez

DE LAS

A LAS

SUPERVISIÓN REALIZADA POR:

Rafaela Orosco

FECHA:

26/6/19

INSTITUTO GOSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Prueba de Bombeo a Caudal Constante

LUGAR:

Unión Comunal Sigüenza

HORA		TIEMPO DES. DE EL INICIO minutos	NIVEL DINAMICO metros	CAUDAL l/s	OBSERVACIONES
AM	PM				
		5.0	7.20		
		7.0	7.15		
		9.0	7.05		
		11.0	7.00		
		15.0	6.90		
		20	6.83		
		25	6.73		
		30	6.69		
		40	6.58		
		50			
		60			
		75			
		90			
		105			
		120			
		150			
		180			
		210			
		240			
		300			
		360			
		420			
		480			
		540			
		600			

MEDIDAS HECHAS POR: *Yann W. Vazquez* DE LAS _____ A LAS _____
 DE LAS _____ A LAS _____
 DE LAS _____ A LAS _____

SUPERVISION REALIZADA POR: _____

FECHA: *27/6/17*

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Desarrollo Cronológico de Pruebas de BombeoLOCALIDAD Unión Compañero Niquieros CODIGO: _____

SE LLEGO AL SITIO DE TRABAJO A LAS _____ HORAS DEL _____

PROCEDIENDO A REPARAR EL EQUIPO _____

A LAS _____ HORAS DEL _____, INICIAMOS EL DESARROLLO A BROCAL CERRADO,

ADICIONADO AL POZO ESPUMANTE Y CLORO (1 LITRO DE ESPUMANTE Y 1.25 KG. DE CLORO GRANULAR (65%)). UNA VEZ

TERMINADO EL DESARROLLO SE LIMPIA EL POZO CON EL COMPRESOR, TERMINADO A LAS _____ HORAS.

SEGUIDAMENTE SE ADICIONA AL POZO 2.5 kg HTH EN 200 lts. AGUA (QUE DEBE REMOVERSE CON EL COMPRESOR Y

DEJAR ACTUAR POR UN MINIMO DE 12 HORAS.

A LAS _____ HORAS DEL _____ SE INICIA EL LAVADO DEL POZO CON EL EQUIPO

DE BOMBEO, TOMANDO MUESTRAS QUE AL REACCIONAR CON LA ORTOTOLIDINA DEBE DAR UN COLOR ROJO (SE TOMA UNA MUESTRA PARA PRUEBA Y UNA PARA CONTROL DE LA OFICINA) SEGUIDAMENTE SE INICIA EL PERIODO DE PRUEBAS A CAUDAL VARIABLE, TERMINADO EL CUAL SE INICIA LA PRUEBA DE LARGA DURACION A CAUDAL CONSTANTE. EN EL CURSO DE ESTA PRUEBA SE TOMAN MUESTRAS PARA COMPROBAR AUSENCIA DEL CLORO A FIN DE PROCEDER

ALA TOMA DE MUESTRAS PARA EL LABORATORIO (GALON Nº 51 y 1654 BOTELLAS Nos 480), QUE

FUERON ENVIADAS CON EL SENOR económico (buz)

LA PRUEBA SE TERMINO A LAS _____ HORAS.

SE PROCEDE AL LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES, DANDO POR TERMINADA LA TAREA A LAS _____

HORAS DEL _____

MATERIALES GASTADOS EN LA PRUEBA :

____ LITROS DIESEL COMPRESOR (_____ HORAS)

1400 LITROS DIESEL MOTOR-PLANTA ELECTRICA SD40 (74 HORAS)

____ LITROS - Grs. ESPUMANTE

____ GRAMOS DE CLORO GRANULAR (HTH 65%) _____

NOMBRE DEL JEFE DE LA CUADRILLA

Manoel O. Vasquez

FECHA _____

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Reporte de Prueba de Bombeo

LOCALIDAD: Unión Compañeros Requinos CODIGO: _____

UBICACION DEL POZO: # 19-06

FECHA DE PRUEBA: 24, 25, 26, 27/6/19

PROFUNDIDAD DEL POZO: 63 mts

DIAMETRO DEL POZO 200 mm. ENCAMIZADO HF PVC

NIVEL ESTÁTICO 5.20 metros

NIVEL DINÁMICO 26.08 metros

CAUDAL DE PRUEBA: 12 litros por segundo.

DURACION DE LA PRUEBA: 72 + 2" horas por tipo horas 74"

EQUIPO INSTALADO EN SITIO: SI NO TIPO: _____

EQUIPO DE PRUEBA: motor bomba caudal 40 HP

PROFUNDIDAD COLOCACION BOMBA: 43 mts

HAY ENERGIA ELECTRICA EN EL SITIO: SI NO 10 30 VOLTIOS.

HAY CASETA DE BOMBEO CONSTRUIDA SI NO metros.

SE RECOLECTARON MUESTRAS DE AGUA PARA EL ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO
 SI NO GALON N° 51 y 1654 BOTELLA Ns. 480

EL POZO SE DESARROLLO DURANTE: _____ horas.

OBSERVACIONES: agua tiene poca olor y sabor a hierro
agua limpio durante la prueba
nivel dinámico no estabilizó

[Signature]
 ENCARGADO DE LA PRUEBA

UEN - GESTION AMBIENTAL



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05439-2019

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Rios, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dm.mora@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	Araya Campos Ro	
SISTEMA:	UNIÓN CAMPESINA POZO (19-06)		Fecha de muestreo	27-jun.-19	
			Fecha de ingreso :	28-jun.-19	
Muestreo:	POZO 19-06		Fecha de Reporte:	12-jul.-19	
Dirección:	BROCAL		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:		
PROVINCIA:	Limón	CANTON:	SIQUIRRES	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:		Fax:		Hora de recolección:	13:00

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	83	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	28,3	µg/L	11,3	21,2	24,0	3125 B Mo		200
Antimonio	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		3
Calcio	*	19,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B		100
Cloruros	*	3,08	mg/L	0,81	1,10	1,30	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	11,3	21,2	24,0	3125 B Mo	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	194	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		50
Dureza de Calcio	*	48	mg/L	2,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	82	mg/L	2,0	2,0	3,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	D.	mg/L	0,027	0,040	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Hierro	*	75,4	µg/L	11,3	21,2	24,0	3125 B Mo		300
Magnesio	*	8,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	33,4	µg/L	11,3	21,2	24,0	3125 B Mo	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,18	0,18	0,19	3125 B Mo		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		20
Nitratos	*	1,80	mg/L	0,53	0,81	1,40	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,040	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		10
Potasio	*	1,8	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	1,2	1,2	1,4	3125 B Mo		10
Sodio	*	9,1	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	7,26	mg/L	0,79	0,81	1,60	4110B Cro	25	250
Turbiedad	*	0,54	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
email: 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

AYA-ID-05439-2019

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Zinc	*	N.D.	µg/L	11,3	21,2	24,0	3125 B Mo		3000

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

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muestra tomada después de 72 horas de bombeo.

Observaciones:

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

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

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

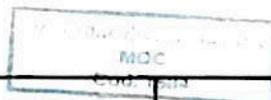
Análisis Microbiológico

Procedencia UNIÓN CAMPESINA POZO (19-06)	Solicitado por: UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	Recolección: 27/06/2019
Canton SIQUIRRES	Recolectado por: RODOLFO ARAYA CAMPOS	Conclusion análisis: 29/06/2019
Provincia: LIMÓN	Tipo de muestra: Pozos ó manantiales	Número reporte: 150581
		Emision reporte: 02/07/2019

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	COLIFORMES * 100 mL ¹			NMP E col: 44 5° C
		TOTALES	FECALES		
POZO 19-06 Ericka	13:00		1,0		Negativo

1- Orden 03590-19
2- Reporte de campo: muestra tomada después de 72 horas de bombeo.
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 de evaluación de pozos, el pozo 19-06 es de calidad buena.

PROFESIONAL RESPONSABLE



AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"

Anexo 2: Inventario de pozos alrededores del área de estudio

No. pozo	Coordenadas Lambert		NE (m)	ND (m)	Q (l/s)	T (m ² /día)	Litología y profundidad (m)	Posición de rejillas (m)
	X	Y						
04-12	601200	229400	0	3,36	15	267,85	0-42: Material arcilloso plástico color grisáceo 42-52 Lavas densas con cierto fracturamiento	37-43 y 45-51
04-13	601200	229400	0	15,48	15	96,89	0-24: Arcillas muy plásticas 25-30: Arenas medias a finas 30-45: Toba gris 45-54: Arenas medias a gruesas 55-56-Lava densa	45-48 y 49,5-53
01-32	601900	229300	0,5	-	-	-	0-3: Gravas 3-5: Arenas gruesas 5-10: Aluvión en matriz arcillosa 10-24: Lavas densas 24-28: Arcilla café plástica	13-22
07-09	604117	230379	1,33	9,89	5	58,51	0-5: Material limoso 5-27: Arenas de media a gruesa 27:40: Arcillas plásticas	12-21
93-18	600800	229200	-	17,16	15	-	0-3: Suelo café 3-10: Arcilla gris plástica 20-24: Arcilla café 24-30: Arenas medias a finas 30-45: Toba gris 45-54: Arenas medias a gruesas 55-56: Lavas densas	24-30 y 45-54
MN-109 (1)	604500	231000			14		0-16,75: Materiales aluviales entre arenas y gravas 16.75-17.2: Arcilla 17.2-40: Conglomerado	4.2-13.2
MN-109 (2)	604500	231000			8		0-2: Mezcla de arenas y gravas 2-5.8: Arcilla limosa 5.8-17.2: Mezcla de arenas y gravas 17.2-17.8: Arcilla 17.2-18: Conglomerados	5.8-17.8
MN-68	605700	229450	0.5				0-3: Arcilla café 3-12: Aluvión fino 12-24: Aluvión fino 24-26: Arcilla 26-32: Aluvión grueso	16.3-22.3 y 26-32

No. pozo	Coordenadas Lambert		NE (m)	ND (m)	Q (l/s)	T (m ² /día)	Litología y profundidad (m)	Posición de rejillas (m)
	X	Y						
Unión Campesina 19-06	603783	231787	4,38	25,26	12	64	0-29: Bloques en una matriz arenosa 29-33: Arcilla gris 33-43: Arenisca gris 43-44: Arcilla con materia orgánica 44-50: Gravas con matriz arenosa 50-70: Arenas finas en una matriz arcillosa	15,5-18,5, 24-29,5 y 46-49

NE: Nivel estático / ND: Nivel dinámico / Q: Caudal / T: transmisividad

Anexo 3: Informes de perforación



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Administración de Proyectos
Unidad Técnica de Perforaciones

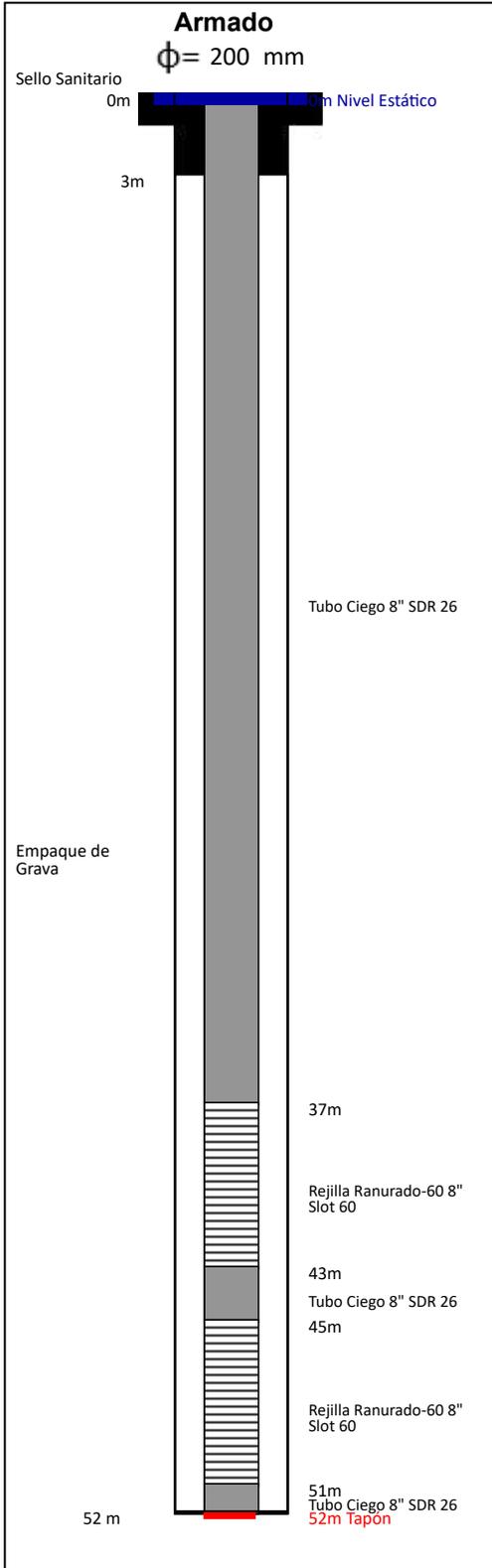
Pozo N° 04-12

Pag. 1

Nombre: Madre de Dios n°2

N° Pozo SENARA/MINAE: MN-131

VALIDACIÓN: Informe generado por Perfil Visita el 15/05/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Madre de Dios

Coord: N 229400 - E 601200

Elev(m): 0

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: MATINA 3546 III

Provincia:

Limón

Propietario: AyA

Cantón:

Siquirres

Código: 07-03-02

Distrito:

Pacuarito

Equipo de Perforación

Maquinaria: 60 RL n°3 (antes 60RL1)

Método:

Percusión

Perforador: Marcos Cascante

Orden Costos:

Inicio: 06/01/2004

Final: 20/02/2004

Duración:

45 días

Datos de Perforación

Datos Prueba de Bombeo

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	300	52
Tubería	200	40
Rejilla	200	12
Ademe	300	0

Material PVC
Tiempo Desarrollo (h): 8
Desarrollo: Aire comprimido

Observaciones:

El pozo se ubica del puente sobre el río Madre de Dios 25 m al Oeste y 700 m al Norte entrada a mano izquierda. El río se ubica a una distancia de 60 m. Corresponde con un pozo surgente, el nivel estático se localiza a los 0 m, durante el desarrollo de la prueba de bombeo el nivel dinámico se ubicó a los 3.36 m.b.n.s. Se recomienda de manera conservadora un caudal de extracción de 15 L/s, con un periodo de bombeo diario de 20 h y 4 h de reposo para la recuperación efectiva del acuífero. Se recomienda ubicar el equipo a la profundidad de 32 m. Es importante monitorear el posible descenso que experimente el nivel dinámico en el pozo n°3, esto debido a la cercanía entre los pozos (distancia de separación 15 m).

Fecha de prueba:	20/05/2004
Potencia bomba (hp):	7.5
Profundidad bomba (m):	24
Nivel estático (m):	0
Nivel dinámico (m):	3.36
Caudal prueba (l/s):	9
Abatimiento (m):	3.36
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m²/día):	0
Caudal rec. (l/s):	15
Tiempo bombeo rec.(h):	20

Litología

0-42 m	Material aciloso plástico de coloración grisácea.
42-52 m	Lavas densas con cierto grado de fracturamiento.

Imágenes**Reportes de calidad de agua**

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
1	Microbiológica	48767	21/05/2004	Según el resultado del análisis microbiológico la concentración de coliformes fecales es negativa, por lo tanto el agua es de calidad excelente, de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos.

Ver validación en página 1



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Administración de Proyectos
Unidad Técnica de Perforaciones

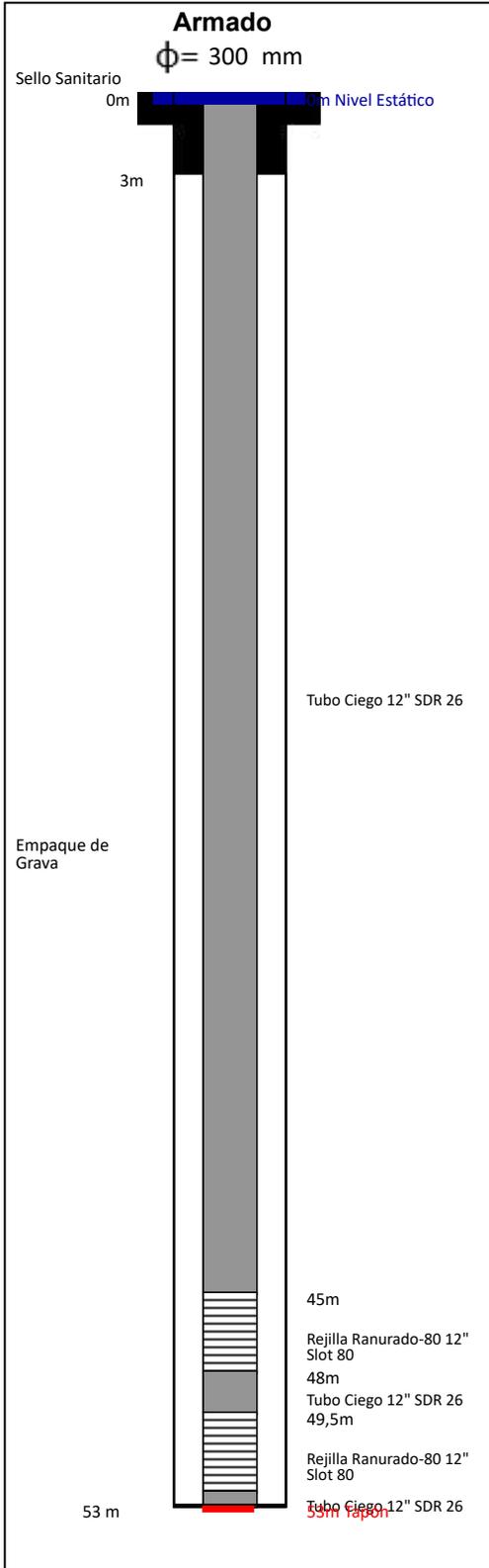
Pozo N° 04-13

Pag. 1

Nombre: Madre de Dios n°3

N° Pozo SENARA/MINAE:

VALIDACIÓN: Informe generado por Perfil Visita el 15/05/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Madre de Dios

Coord: N 0 - E 0

Elev(m): 0

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: MATINA 3546 III

Provincia:

Limón

Propietario: AyA

Cantón:

Siquirres

Código: 07-03-02

Distrito:

Pacuarito

Equipo de Perforación

Maquinaria: 60 RL n°3 (antes 60RL1)

Método:

Percusión

Perforador: Marcos Cascante

Orden Costos:

Inicio: 23/02/2004

Final: 01/05/2004

Duración:

68 días

Datos de Perforación

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	400	53
Tubería	300	47
Rejilla	300	6
Ademe	400	0

Material: PVC
Tiempo Desarrollo (h): 8
Desarrollo: Aire comprimido
Observaciones:

El pozo se ubica del puente sobre el Rio Madre de Dios, 25 m al Oeste y 700 m al Norte, entrada a mano izquierda. Se recomienda un caudal de extracción de 7 L/s, con un periodo de bombeo diario de 20 h y 4 h de reposo para la recuperación efectiva del acuífero. Se recomienda ubicar el equipo de bombeo a la profundidad de 42 m. Durante la prueba por etapas y bajo un caudal de 9 L/s, el nivel desciende hasta alcanzar la profundidad de 30 m.

Datos Prueba de Bombeo

Fecha de prueba:	25/05/2004
Potencia bomba (hp):	7.5
Profundidad bomba (m):	30
Nivel estático (m):	0
Nivel dinámico (m):	15.48
Caudal prueba (l/s):	6
Abatimiento (m):	15.48
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m²/día):	0
Caudal rec. (l/s):	7
Tiempo bombeo rec.(h):	20

Litología

0-44 m	Material arcilloso plástico de coloración grisácea. El material tiende a atrapar la herramienta.
44-53 m	Lavas densas con cierto grado de fracturamiento. Corresponde con la zona productora. Material resistente que provoca un avance lento.

Imágenes**Reportes de calidad de agua**

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
1	Microbiológica	48841	26/05/2004	Según el resultado del análisis microbiológico la concentración de coliformes fecales es negativa, por lo tanto el agua es de calidad excelente, de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos.

Ver validación en página 1



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Administración de Proyectos
Unidad Técnica de Perforaciones

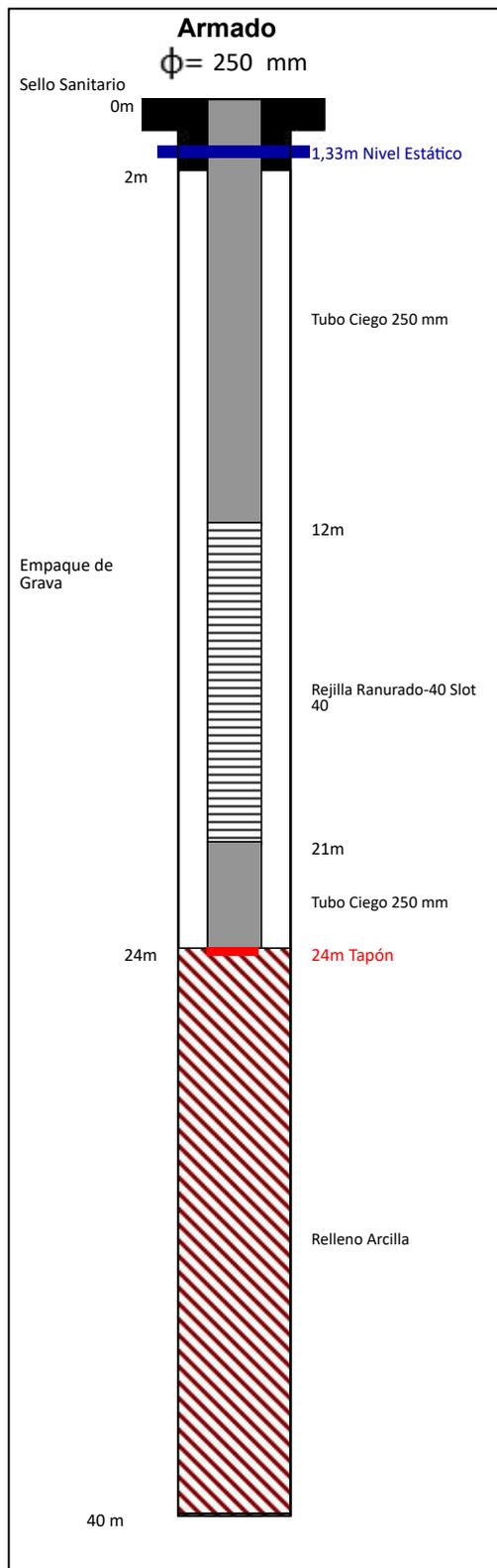
Pozo N° 07-09

Pag. 1

Nombre: Veintiocho Millas de Batán

N° Pozo SENARA/MINAE: INV-107

VALIDACIÓN: Informe generado por Perfil Visita el 15/05/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Veintiocho Millas de Batán

Coord: N 230379 - E 604117

Elev(m): 0

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: MATINA 3546 III

Provincia:

Limón

Propietario: AyA

Cantón:

Matina

Código: 07-05-02

Distrito:

Batán

Equipo de Perforación

Maquinaria: 60 RL n°4 (antes 60RL2)

Método:

Percusión

Perforador: Luis Fernando Gómez Brenes

Orden Costos:

Inicio: 24/04/2007

Final: 23/05/2007

Duración:

29 días

Datos de Perforación

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	300	40
Tubería	250	15
Rejilla	250	9
Ademe	300	0

Material: PVC
Tiempo Desarrollo (h): 0
Desarrollo:

Observaciones:

De acuerdo con la evaluación del potencial de producción del pozo se recomienda extraer un caudal de 5 L/s con un abatimiento de 9.85 m. A partir de la visita del día 18-02-2020 se evidencia que el pozo se encuentra fuera de operación.

Datos Prueba de Bombeo

Fecha de prueba:	14/06/2007
Potencia bomba (hp):	5
Profundidad bomba (m):	19
Nivel estático (m):	1.33
Nivel dinámico (m):	9.89
Caudal prueba (l/s):	5
Abatimiento (m):	8.56
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m²/día):	0
Caudal rec. (l/s):	9.85
Tiempo bombeo rec.(h):	20

Litología

0-2 m	Material meteorizado color blancuzco
2-5 m	Material limoso gris oscuro
5-10 m	Arenas con grava
10-14 m	Gravas redondas en matriz arenosa
14-17 m	Arenas gruesas con presencia de arcilla
17-20 m	Arenas gruesas
22-27 m	Arenas medias
27-40 m	Arcillas plásticas

Imágenes



Estado del pozo 07-09. Pozo sin operar.



Vista panorámica del sitio donde se ubica el pozo nombrado 28 Millas.

Reportes de calidad de agua

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
------------	----------------	-------------	---------------------------	---------------

Ver validación en página 1



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Administración de Proyectos
Unidad Técnica de Perforaciones

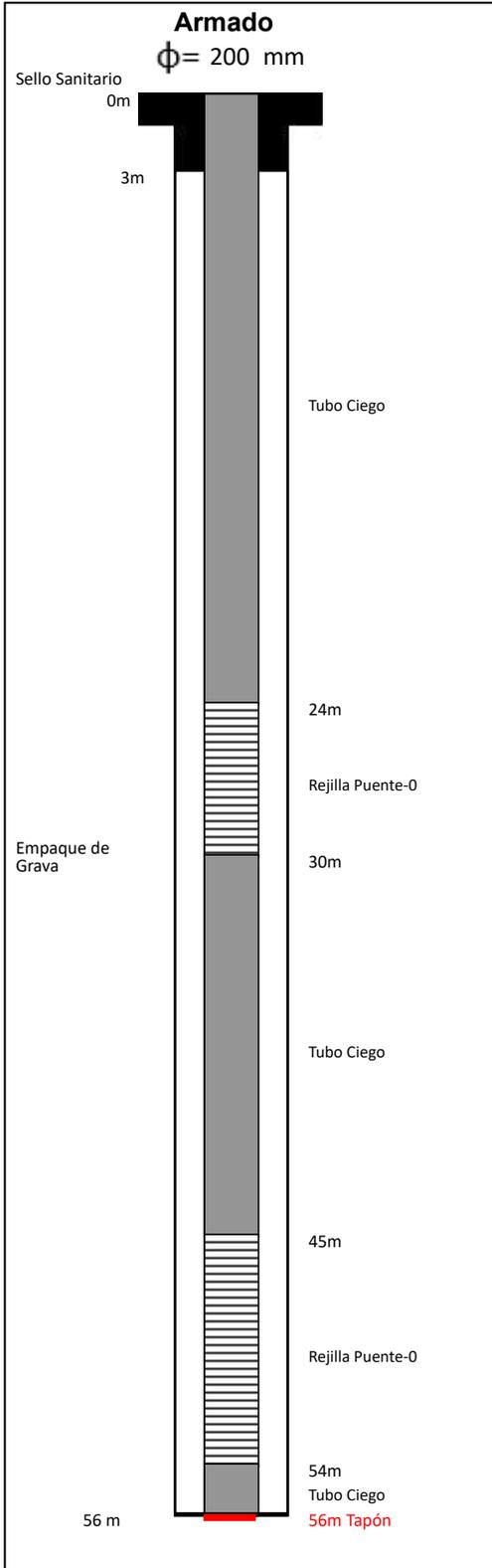
Pozo N° 93-18

Pag. 1

Nombre:

N° Pozo SENARA/MINAE: MN-112

VALIDACIÓN: Informe generado por Perfil Visita el 15/05/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: CIMARRONES DE SIQUIRRAS

Coord: N 229200 - E 600800

Elev(m): 0

Sist:

Lambert Norte

H/IGN: MATINA 3546 III

Provincia:

Limón

Propietario: ICAA

Cantón:

Siquirres

Código: 07-03-02

Distrito:

Pacuarito

Equipo de Perforación

Maquinaria: 60 RL n°3 (antes 60RL1)

Método:

Percusión

Perforador: Pablo Mora

Orden Costos:

Inicio: 19/10/1993

Final: 17/11/1993

Duración:

29 días

Datos de Perforación

Datos Prueba de Bombeo

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	350	56
Tubería	200	41
Rejilla	200	15
Ademe	0	0

Material: PVC
Tiempo Desarrollo (h): 0
Desarrollo: No
Observaciones:

Fecha de prueba:	12/01/1994
Potencia bomba (hp):	0
Profundidad bomba (m):	47
Nivel estático (m):	0
Nivel dinámico (m):	17.16
Caudal prueba (l/s):	15
Abatimiento (m):	0
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m2/día):	0
Caudal rec. (l/s):	0
Tiempo bombeo rec.(h):	0

Litología

0-3 m	Suelo café meteorizado, lomo, arcilloso.
4-10 m	Arcilla gris, muy plástica, permeabilidad sumamente baja.
20-24 m	Arcilla café oscura, permeabilidad muy baja.
25-30 m	Arenas medias a fina, aparenta alta permeabilidad.
30-45 m	Aparenta ser una toba gris clara de muy baja permeabilidad.
45-47 m	Arena gruesa, permeabilidad alta.
48-50 m	Arenas medias, alta permeabilidad.
51-54 m	Arenas gruesas.
55-56 m	lava densa.

Imágenes**Reportes de calidad de agua**

No. Prueba	Tipo de prueba	No. Reporte	Fecha recolección muestra	Observaciones
------------	----------------	-------------	---------------------------	---------------

Ver validación en página 1

Donna

GEOTECNIA S. A.
INFORME 1424

OK
24/2/02.

PREPARADO
PARA

INSTITUTO COSTARRICENSE
DE
ACUEDUCTOS
Y
ALCANTARILLADOS

PROYECTO

VEINTIOCHO MILLAS

PERFORACION
Y
CONSTRUCCION
POZOS DE AGUA

SAN JOSE - COSTA RICA
MARZO 2001

NOTA: ESTE INFORME NO PODRA SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL O TOTAL
SIN LA APROBACION ESCRITA DE GEOTECNIA, S.A.

**INSTITUTO COSTARRICENSE
DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

**PROYECTO
VEINTIOCHO MILLAS**

**PERFORACION
Y
CONSTRUCCION
POZOS DE AGUA**

**GEOTECNIA S. A.
INFORME No. 1424**

**SAN JOSE, COSTA RICA
MARZO 2001**

CONTENIDO

1 - INTRODUCCION. ANTECEDENTES Y FINALIDAD.

2 - PERFORACION POZO EXPLORATORIO.

3 - PERFORACION POZOS

- 3.1 - Localización de pozos.
- 3.2 - Equipo de perforación y métodos.
- 3.3 - Profundidad y diámetros.
- 3.4 - Columnas litológicas perforadas.

4 - CONSTRUCCION DE POZOS.

- 4.1 - Entubados y rejillas.
- 4.2 - Sellos

5 - PRUEBAS DE BOMBEO.

6 - RECOMENDACIONES DE EXPLOTACION.

ANEXO:

- PERFIL PERFORACION Y CONSTRUCCION POZO NO. 1.
- PERFIL PERFORACION Y CONSTRUCCION POZO NO. 2.

INSTITUTO COSTARRICENSE
DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
REGION HUETAR ATLANTICA

PERFORACION Y CONSTRUCCION POZOS DE AGUA.

1 - INTRODUCCION. ANTECEDENTES Y FINALIDAD.

Con el fin de aumentar el caudal de agua disponible para el abastecimiento de la zona de Matina, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) promovió el concurso no. CDH-2000-00100 para la perforación y construcción de un pozo profundo en terrenos propiedad de AyA, ubicado en el distrito de Veintiocho Millas.

Mediante propuesta no. 1622, GEOTECNIA S.A. presentó los respectivos documentos para la ejecución del pozo.

Con el documento no. 4500003024 del 30 de noviembre del 2000 (PEDIDO NACIONAL), el AyA notifica a GEOTECNIA, S.A. el pedido de perforación del pozo.

Una vez efectuados los respectivos trámites de permisos de perforación, la obra se inicia el día 6 de febrero del 2001, después de que el punto de perforación fuese señalado por el Sr. Hidrogeologo Hugo Rodríguez Estrada, funcionario del Departamento de Estudios Básicos de la Dirección de Estudios y Proyectos del AyA.

El presente documento corresponde a los aspectos de perforación y construcción de la obra, considerándose como el INFORME FINAL sobre los trabajos ejecutados, que involucra aspectos relacionados con:

- Litologías perforadas;
- Métodos de perforación empleados;
- Construcción del pozo.

2 - PERFORACION POZO EXPLORATORIO:

Con base en los términos de referencia del Concurso y la propuesta no. 1622, la perforación se realiza con diámetro de 317 mm (12 ½") y se recolectan muestras de los materiales perforados a cada metro. También se lleva control del comportamiento hidráulico del pozo (pérdidas de circulación, entrada de flujos de agua, etc....), por lo que esta primera fase de los trabajos se considera un pozo exploratorio.

Cuando el pozo alcanzó una profundidad de 40 metros, se acuerda con el Sr. Hidrogeólogo Hugo Rodríguez, suspender la perforación del pozo, dadas las condiciones hidrogeológicas encontradas.

Dado que los primeros 17 metros de perforación de este pozo exploratorio presentaban características de buenos acuíferos, el Sr. Rodríguez solicitó utilizar unos 18 metros de lo originalmente contratado para hacer un segundo pozo de producción, y de esa forma obtener el caudal total requerido por el proyecto, unos 25 litros/seg.

Con base en el punto no. 2.3 de los términos de referencia, Geotecnia S.A. acepta la modificación de los diseños originales a efectos de adaptarlos a las reales condiciones hidrogeológicas encontradas. De ahí que la obra se constituye en dos pozos de explotación con el fin de lograr el caudal necesitado.

3 – PERFORACION DE POZOS:

Los trabajos de perforación de los pozos fueron realizados de la siguiente forma:

3.1 - Localización de pozos:

El punto de perforación inicial (Pozo no. 1), dentro de los límites que la propiedad ofrecía fue marcado por el profesional de AyA, cuyas coordenadas aproximadas son: latitud 231.000 y longitud 604.500, ubicándose en la Hoja Matina no. 3546 III. El Pozo no. 2 se situó a una distancia de 13.00 metros del Pozo no. 1, ya que la propiedad no permitía una mayor separación.

3.2 - Equipo de perforación y métodos:

La perforación del pozo fue realizada con un equipo de perforación marca Gardner Denver, modelo 1400, equipada con compresor de aire de 650 pies cúbicos por minuto de desplazamiento de aire a presión máxima de 125 libras por pulgada cuadrada y bombas de lodos, con barras de 3 7/8" x 20 pies.

Se utilizó el método rotativo de perforación con lodos bentoníticos biodegradables.

3.3 - Profundidad y diámetros:

POZO NO. 1:

Al como se indicara anteriormente, el pozo no. 1 que originalmente estaba programado para alcanzar una profundidad de 60 metros, fue suspendido cuando tenía una profundidad de 40 metros, debido a las condiciones hidrogeológicas encontradas (ver litología de los materiales perforados). El pozo fue ejecutado con un diámetro nominal de 317 mm (12 ½") hasta su profundidad total de 40 metros. Posteriormente, los primeros 7.00 metros fue ampliado a 355 mm. (14") con el fin de instalar una rejillas en acero inoxidable de 254 mm (10") diámetro nominal.

POZO NO. 2:

El Pozo no. 2 alcanzó una profundidad de 18.00 metros y su diámetro es de 317 mm. (12 ½").

3.4 - Columna litológica perforada:

En el anexo se presenta el perfil de perforación y construcción de cada uno de los pozos, donde se indica la columna litológica perforada.

A modo de resumen, se perforaron los siguientes materiales:

POZO NO. 1:

- 0.00 a 7.50 metros de profundidad = Mezclas de gravas y arenas medias a gruesas, con predominio de las arenas medias. Limpias. Presenta características de Buenos a Muy Buenos acuíferos.
- 7.50 a 16.75 metros de profundidad = Materiales aluvionales constituidos por mezclas de bloques, cascajos, gravas y arenas sucias. Pareciera constituir un buen acuífero.
- 16.75 a 17.20 metros de profundidad = Zona arcillificada.
- 17.20 a 40.00 metros de profundidad = Rocas sedimentarias constituidas por conglomerado de piezas de granulometría muy variada que van desde bloques con diámetros superiores al metro a arcillas. Se presenta muy compacta y muy poco fracturada. Puede corresponder a conglomerados de la Formación Suretka. Muy baja permeabilidad a prácticamente nula.

POZO NO. 2:

- 0.00 a 2.00 metros de profundidad = Sedimentos formados por mezclas de gravas y arenas limpias. Presenta muy buena permeabilidad. Buen Acuífero.
- 2.00 a 5.80 metros de profundidad = Arcillas limosas con poca cantidad de arenas. Baja permeabilidad. Acuífero pobre.

- 5.80 a 17.20 metros de profundidad = Sedimentos aluvionales formados por mezclas de bloques y cascajos con gravas y arenas sucias. Buen acuífero.
- 17.20 a 17.80 metros de profundidad = Zona arcillificada.
- De 17.80 a 18.00 metros de profundidad se presenta el conglomerado indicado en el Pozo no. 1 después de los 17.20 metros. Pareciera corresponder a rocas de la Formación Suretka.

4 – CONSTRUCCION DE POZOS:

En el anexo se presenta un diagrama sobre la construcción del pozo.

4.1 - Entubados y rejillas:

POZO NO. 1:

Camisas =

Entre + 0.20 y 4.20 metros se encamisó el pozo con tubos de PVC con espesor SDR-26 y un diámetro nominal de 203 mm. (8"). El final del tubo de PVC se acopló adaptador en acero para ampliación a diámetro nominal de 254 mm. (10")

Entre 13.20 y 16.00 metros se instaló tubo ciego, a modo de cenicero, de PVC con espesor SDR-26 y un diámetro nominal de 203 mm. (8"). El final del tubo lleva tapón del mismo material PVC.

Rejillas =

Entre 4.20 y 7.20 metros se instalaron rejillas de producción, en acero inoxidable, marca Johnson, tipo ranuración continua (Free Flow) con diámetro nominal de 254 mm (10") y abertura 40 con una capacidad de flujo de 19.2 litros/seg. a velocidad de entrada de 0.03 metros/seg. y eficiencia de entrada del 80 %. Al final de la rejilla se acopló adaptador en acero para disminución a diámetro nominal de 203 mm. (8").

Entre 7.20 y 13.20 metros se instalaron rejillas de producción, en PVC, con espesor Sch-40, tipo ranuración ("Slotted") con una capacidad total de flujo de 5.08 litros/seg. a velocidad de entrada de 0.03 metros/seg. con eficiencia de entrada del 60 %.

POZO NO. 2:

Camisas =

Entre + 0.20 y 5.80 metros se encamisó el pozo con tubos de PVC con espesor SDR-26 y un diámetro nominal de 203 mm. (8").

Rejillas =

Entre 5.80 y 17.80 metros se instalaron rejillas de producción, en PVC, con espesor Sch-40, tipo ranuración ("Slotted") con abertura 30 y una capacidad total de flujo de 7.42 litros/seg. a velocidad de entrada de 0.03 metros/seg. con eficiencia de entrada del 60 %. El final de las rejillas se colocó un tapón de PVC.

4.2 – Sellos y filtros:

Para ambos pozos se efectuó un sello y brocal de concreto hasta los 0.50 metros de profundidad.

El espacio anular entre el encamisado y el pozo fue llenado con gravas seleccionadas del Río Banano, limpias, como filtro. El volumen total colocado en ambos pozos fue de 5 metros cúbicos, ya que el pozo no. 1 necesitó llenar el espacio hasta los 40 metros.

5 – PRUEBAS DE BOMBEO:

5.1 - LIMPIEZAS Y DESARROLLOS:

Una vez instaladas las rejillas, los encamisados y los filtros, para ambos pozos, se efectuó un proceso de limpieza de lodos utilizando el sistema de retrolavado por pistoneo de aire comprimido con presiones máximas de 125 libras por pulgada cuadrada.

Al obtenerse agua clara en el bombeo con aire, se efectuó una limpieza adicional agregándole espumantes a base de ácido sulfónico, hasta que se observó agua clara.

Posteriormente, se continuó con el bombeo mediante aire comprimido, en forma continua, para realizar el desarrollo final de los pozos.

Durante estas operaciones de limpieza y desarrollo se tomaron medidas del caudal bombeado, a efectos de tener una estimación del caudal de explotación permisible para cada pozo.

Una vez terminadas las operaciones de limpieza y desarrollo, en ambos pozos, se tuvieron artesianismos resurgentes a superficie.

Los caudales obtenidos durante el bombeo con aire fueron los siguientes:

Pozo no. 1 = Las estimaciones fueron del orden de los 16 litros/seg. y el proceso de bombeo fue de unas 4 horas.

Pozo no. 2 = Los caudales son ligeramente inferiores, del orden de 10 litros/seg. y el proceso de bombeo fue de unas 6 horas.

Durante el bombeo con aire comprimido del pozo no. 2 se observó que el pozo no. 1 mantuvo su resurgencia a superficie, por lo que se considera que no hay interferencia entre ambos pozos, aún a caudales de 10 litros/seg.

5. 2 - PRUEBAS DE BOMBEO:

Conocidas las capacidades de flujo de las rejillas instaladas, las estimaciones de caudal de explotación permisibles, la salida de agua a superficie (artesianismo) y la profundidad de los acuíferos y pozos, se efectuaron pruebas de bombeo, en ambos pozos, utilizando el siguiente equipo de bombeo:

- Bomba Gardner Denver, modelo FG-FxG, de 30 Hp de potencia y succión instalada a 6.00 metros de profundidad.
- Tubería de producción de 100 mm. (4").

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

POZO NO. 1:

- Caudal de bombeo = Regulado a 14 litros/seg.
- Abatimiento = Instantánea (menos de un minuto) a 1.20 metros de profundidad.
- Estabilización = Menos de un minuto en aproximadamente 1.00 metros.
- Recuperación = Instantánea a paro de bombeo.

POZO NO. 2:

- Caudal de bombeo = Regulado a 8 litros/seg.
- Abatimiento = A los 2 minutos en 2.30 metros de profundidad.
- Estabilización = A entre 2.50 y 2.75 metros después de 2 minutos.
- Recuperación = Instantánea a paro de bombeo.

6 - RECOMENDACIONES DE EXPLOTACION:

De acuerdo con el comportamiento hidráulico de los pozos construidos, la profundidad de los acuíferos, la época pluviométrica de las pruebas de bombeo, la separación de los pozos y el tipo de rejillas instaladas, les recomendamos los siguientes caudales de explotación:

POZO NO. 2:

Considerando que disponemos de 12 metros de rejillas PVC, tipo "Slotted", importadas, en Sch 40 y con diámetro nominal de 203 mm. (8") y que lo recomendable es no exceder la velocidad de entrada de 0.03 metros/seg. para evitar arrastres importantes de finos, nuestra recomendación es **una explotación no superior a los 8 litros/seg.**

POZO NO. 1:

Dado que el problema de capacidad de rejillas no se presenta en este pozo, donde se puede obtener, sin superar la velocidad de entrada recomendada de 0.03 m/s., caudales de hasta 24 litros/seg., les recomendamos, **un nivel de explotación máximo de 16 litros/seg.**

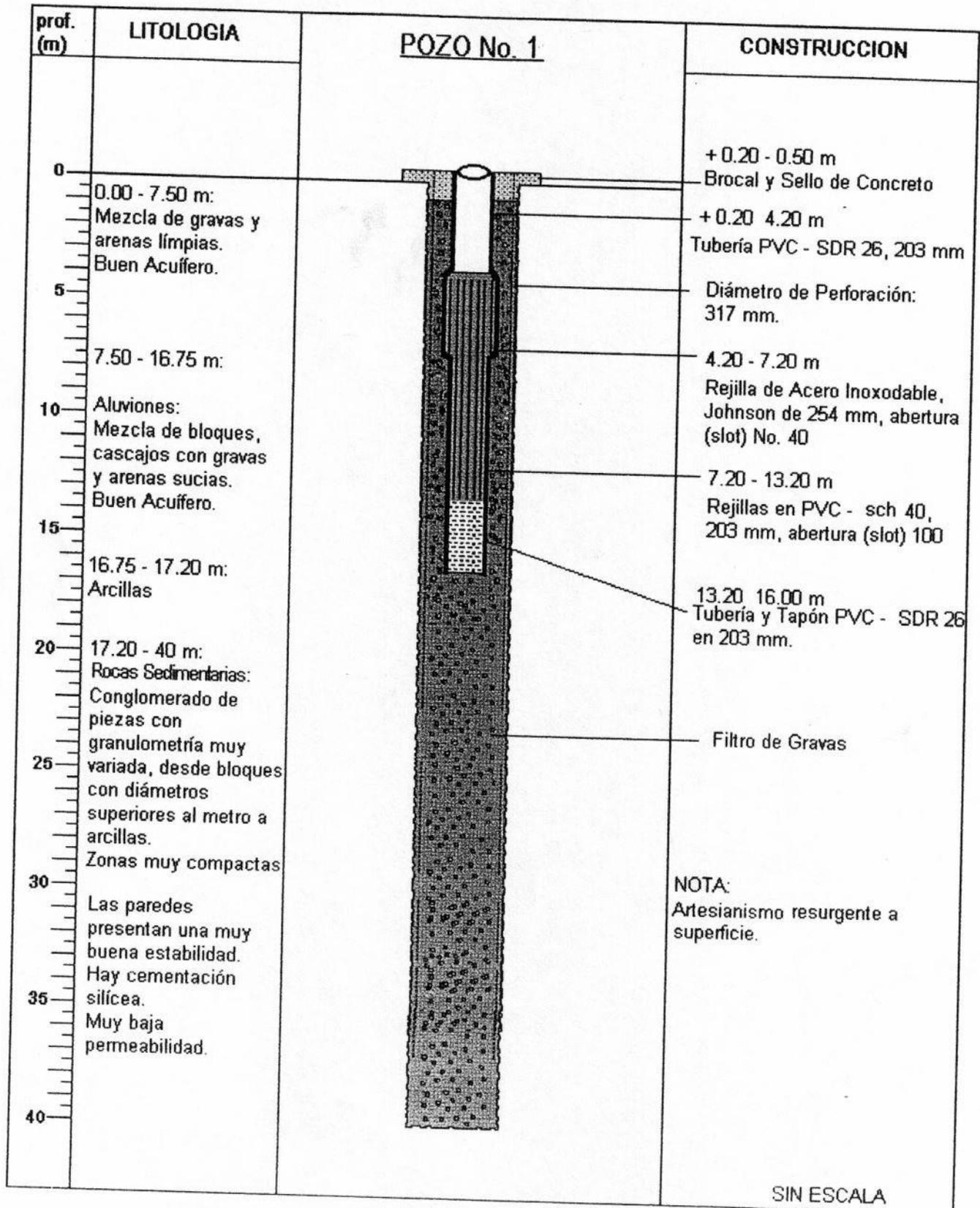
POR GEOTECNIA S.A.

PEDRO S. AFONSO L.
Certificado Col. Geólogos no. 1

ANEXO - LAMINAS

PROYECTO:
 VEINTIOCHO MILLAS
 CONTRATACION CDH - 2000-00100
 PROPUESTA No. 1622

GEOTECNIA, S.A.
 INFORME No. 1424



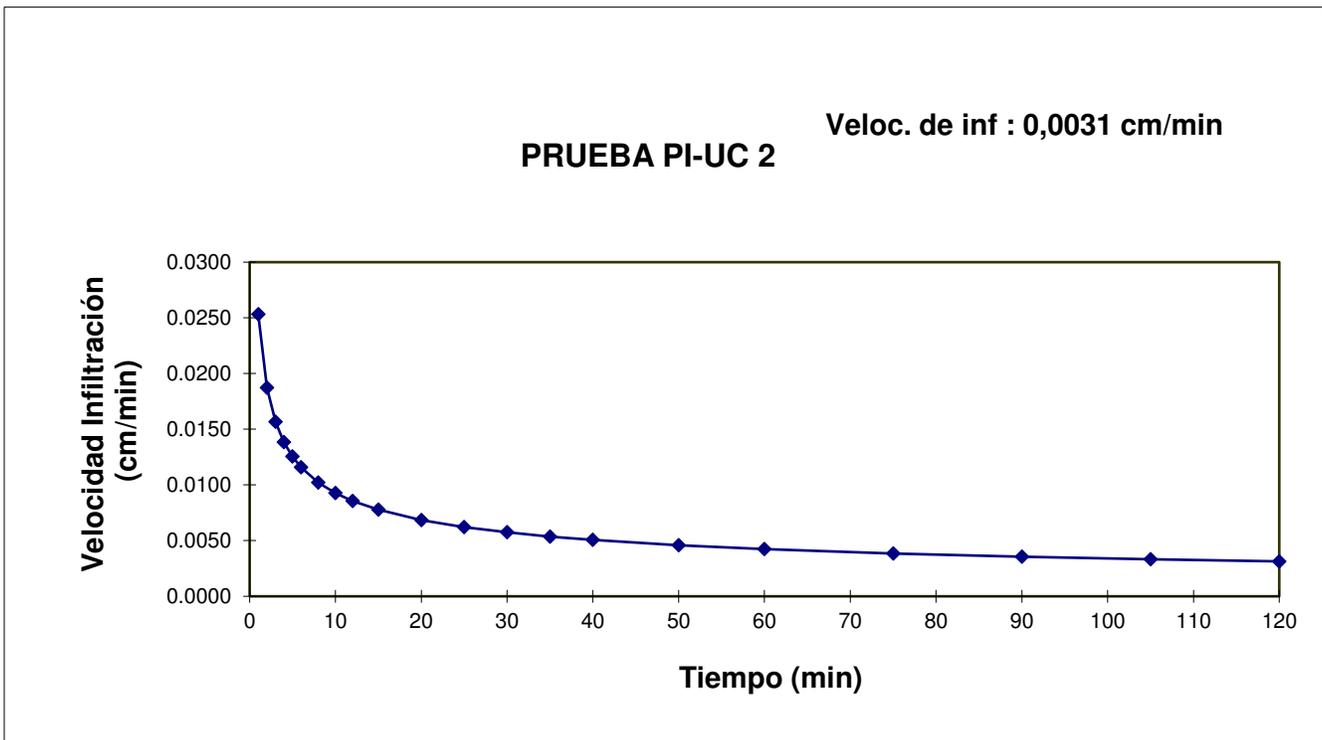
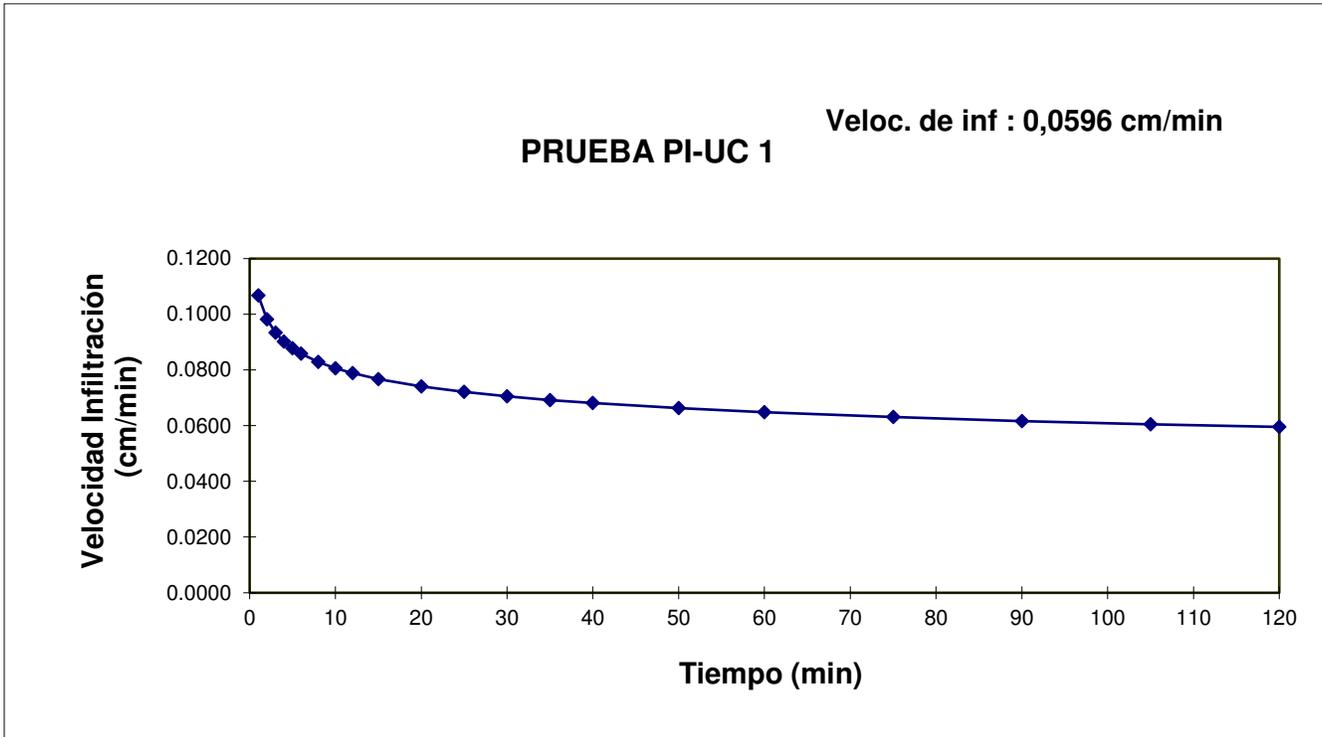
PROYECTO:
 VEINTIOCHO MILLAS
 CONTRATACION CDH - 2000-00100
 PROPUESTA No. 1622

GEOTECNIA, S.A.
 INFORME No. 1424

prof. (m)	LITOLOGIA	POZO No. 2	CONSTRUCCION
0	0.00 - 2.00 m: Mezcla de gravas y arenas limpias. Buen Acuífero.		+ 0.20 - 0.50 m Brocal y Sello de Concreto
5	2.00 - 5.80 m: Arcillas y Limos con pocas arenas, Acuífero pobre.		+ 0.20 - 5.80 m Tubería de PVC-SDR 26, 203 mm
10	5.80 - 17.20 m: Aluviones: Mezcla de bloques, cascajos con gravas y arenas sucias. Buen Acuífero.		Diámetro de Perforación: 317 mm.
15	17.20 - 17.80 m: Arcillas		Filtro de Gravas
20	17.80 - 18.00 m: Rocas Sedimentarias: Conglomerado de piezas con granulometría muy variada, desde bloques con diámetros superiores al metro a arcillas. Zonas muy compactas Las paredes presentan una muy buena estabilidad. Hay cementación silíceas. Muy baja permeabilidad.		5.80 - 17.80 m: Rejillas en PVC - sch 40, 203 mm, abertura (slot) 30
			Tubería y Tapón PVC - SDR 26 en 203 mm.
			NOTA: Artesianismo resurgente a superficie.

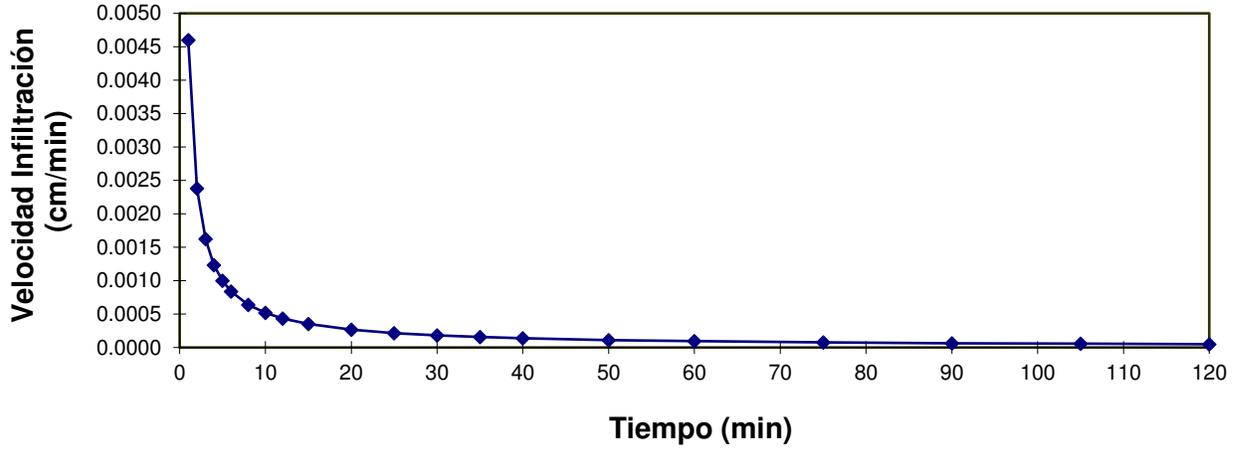
SIN ESCALA

Anexo 4: Resultados pruebas de infiltración

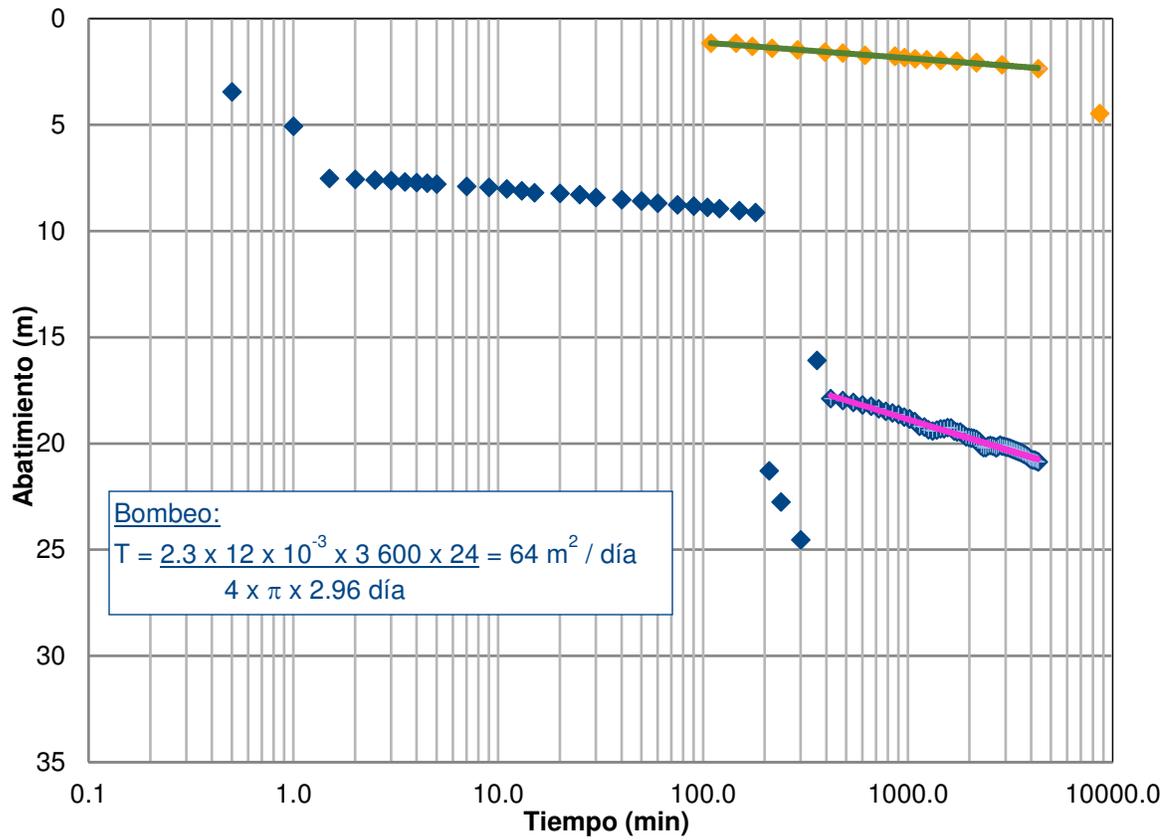


PRUEBA PI-UC 3

Veloc. de inf : 0,0001 cm/min



Prueba de bombeo pozo 19-06



Anexo 6: Análisis de calidad del agua realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del Aya



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05439-2019

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

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



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS		Proc. muestreo	AYA-PT-019 6	
Contacto:			Muestreado por	Araya Campos Ro	
SISTEMA:	UNIÓN CAMPESINA POZO (19-06)		Fecha de muestreo	27-jun.-19	
			Fecha de ingreso :	28-jun.-19	
Muestreo:	POZO 19-06		Fecha de Reporte:	12-jul.-19	
Dirección:	BROCAL		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:		
PROVINCIA:	Limón	CANTON:	SIQUIRRES	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:		Fax:		Hora de recolección:	13:00

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	83	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	28,3	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	*	19,4	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloruros	*	3,08	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	*	194	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	*	48	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	82	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	*	75,4	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	8,2	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	33,4	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	*	1,80	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	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	1,8	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	9,1	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	7,26	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro
Turbiedad	*	0,54	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Damer Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-05439-2019

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°: LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

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

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 después de 72 horas de bombeo.

Observaciones:

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

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

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

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

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

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

MSc. Nuria Ma. Alfaro Herrera
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Procedencia: UNIÓN CAMPESINA POZO (19-06)	Solicitado por: UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	Recolección: 27/06/2019
Cantón: SIQUIRRES	Recolectado por: RODOLFO ARAYA CAMPOS	Conclusión análisis: 29/06/2019
Provincia: LIMÓN	Tipo de muestra: Pozos ó manantiales	Número reporte: 150581
		Emisión reporte: 02/07/2019

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	COLIFORMES * 100 mL ¹		Número reporte:	Emisión reporte:
		TOTALES	FECALES		
POZO 19-06 Brocal	13:00		1,0		Negativo

1- Orden: 03590-19.

2- Reporte de campo: muestra tomada después de 72 horas de bombeo.

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 de evaluación de pozos, el pozo 19-06 es de calidad buena.


PROFESIONAL RESPONSABLE

Dr. Pablo Rivera Navarro
MGC
Cód. 1984

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

San José, Costa Rica

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

MEMORANDO

PARA: Sergio Nuñez
UEN Programación y Control

FECHA: 16 de junio del 2020

DE: Viviana Ramos Sánchez
UEN Gestión Ambiental

No. UEN-GA-2020-02253

ASUNTO: Entrega del estudio: CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN (OPERACIONAL-ABSOLUTA) BACTERIOLÓGICA DEL POZO UNIÓN CAMPESINA (19-06) EN SIQUIRRE, LIMÓN

De acuerdo a lo solicitado se adjunta el informe: "Cálculo de la zona de protección (operacional-absoluta) bacteriológica del pozo Unión Campesina (19-06) en Siquirres Limón.

Se indica del estudio las siguientes conclusiones:

1. El área de estudio se encuentra en un medio geológico de origen sedimentario con una influencia fluvial conformado por aluviones y depósitos recientes, así como también conglomerados de abanicos aluviales bien consolidados y bancos de arenas de la Formación Suretka.
2. En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá cumplir lo siguiente:
 - La zona operacional de protección absoluta, donde se localiza la captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
 - La zona de protección absoluta solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
 - Las partes usadas para actividades de mantenimiento del pozo deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
 - Mantener una cerca perimetral alrededor de la fuente.

3. La zona de protección absoluta bacteriológica se define mediante la metodología de radio fijo con unas dimensiones de 46,16 m medidos tanto a ambos lados del pozo, así como en dirección aguas arriba, mientras que en la dirección aguas abajo la distancia está dada por el límite de la zona operacional y de protección absoluta correspondiente a 15 m. Esta zona no se debe permitir la instalación de tanques sépticos, plantas de tratamiento o ningún tipo vertido (fertilizantes, herbicidas, aguas residuales) en el suelo.
4. Se determina a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, con los cuales se contó a la fecha de elaboración de este informe, en el reporte físico – químicos para el pozo Unión Campesina que “Agua de calidad excelente según los parámetros físico-químicos evaluados y los criterios de calidad para potabilización de Aguas y Pozos y Nacientes LNA 2012”. Según el reporte Bacteriológico 150581 para el pozo en estudio, se determina que “En este análisis puntual de acuerdo con el criterio de evaluación de pozos, el pozo 19-06 es de calidad buena”.
5. La zona donde se localiza el pozo se clasifica como de vulnerabilidad alta, según la metodología de GOD para la clasificación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
6. Se recomienda mantener un monitoreo constante de análisis físico-químico y bacteriológicos para el pozo y también en los sistemas de distribución y tanques de almacenamiento, cada tres meses.
7. Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica del pozo Unión campesina es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea en esta área es alta.

C: Yamileth Astorga Espeleta, Presidencia Ejecutiva
Florentino Fernandez Venegas, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Natalie Montiel Ulloa, Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos
Gerardo Rivas Rivas, UEN Programación y Control
Jorge Madrigal Garcia, Región Atlántica
Christian Delgado Segura, UEN Gestión Ambiental
Jose Matarrita Cortes, Región Atlántica
Isabel Fallas Salamanca, UEN Gestión Ambiental

Archivo 554