

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



**“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA UBICACIÓN DE UNA PERFORACIÓN Y
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, MONTE GALÁN, CARRILLO,
GUANACASTE.**



Cristian Corrales Díaz

**Elaboró: Geól. Cristian Corrales Díaz
Área Funcional de Hidrogeología.**

Colaboración:

Ing. Marco Solano, Ing. Olman Jiménez y Tec. Allan Pizarro – Región Chorotega

Msc. Sofía Ramírez y Geól. Mauricio Zúñiga - Área Funcional de Hidrogeología

**Estudiantes del curso Práctica Geológica - Escuela Centroamericana de Geología – Universidad
de Costa Rica**

Viviana Ramos Sánchez

**Supervió, revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología.**

AGOSTO 2016





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



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

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

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

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

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Objetivo General	4
1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Ubicación cartográfica de la zona de estudio.....	4
II. METODOLOGÍA.....	6
III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
3.1 Geología Regional.....	6
3.1.1 Formación Bagaces:	6
3.1.2 Depósitos Cuaternarios.....	9
3.2 Marco Estructural Regional.....	10
3.3 Geología Local.....	10
3.3.1 Ignimbritas (Formación Bagaces):	10
3.3.2 Depósitos arenosos (Dep. Aluviales Recientes):.....	12
IV. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO EN ESTUDIO.....	14
V. POZOS INVENTARIADOS EN CAMPO.....	15
5.1 Pozo 1: Privado 1 Doña Miriam (Foto 11).....	15
5.2 Pozo 2: AyA 5 Baltodano (Foto 12).....	15
5.3 Pozo 3: Excavado seco (Foto 13).....	16
5.4 Pozo 4: Privado 2 (Foto 14).....	16
5.5 Pozo 5: AyA 4 Parcelas El Roble (Foto 15).....	16
5.6 Pozo 6: Privado 3 (Foto 16).....	16
5.7 Piezómetro 1: AyA 5 Baltodano (Foto 17).....	17
VI. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS.....	19
6.1 Conductividad hidráulica de los suelos.....	19
6.2 Modelo Hidrogeológico.....	20
6.3 Parámetros hidráulicos del acuífero.....	22
6.4 Niveles de agua subterránea, direcciones de flujo y gradiente hidráulico.....	23
VII. CÁLCULO DEL TIEMPO DE TRÁNSITO DE LOS CONTAMINANTES.....	24
Zona No Saturada.....	24
Zona saturada.....	26
VIII. LEY DE DARCY.....	27
IX. MÉTODO DEL RADIO FIJO.....	28
X. MÉTODO DE GRUBB.....	28
XI. CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO.....	29
XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
XIII. REFERENCIAS.....	33
ANEXO I:	35
POZOS CON INFORMACIÓN EN BASE DE DATOS DEL SENARA Y AYA	35
Pozo AyA 5 Baltodano (CN-571) / AyA N°05-19.	36
Piezómetro - AyA 5 Baltodano (CN-707).	37
Pozo CN-235.....	39
Pozo CN-611.....	40
Pozo CN-505.....	40
Pozo CN-385.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación Monte Galán.....	5
Figura 2: Mapa geológico Monte Galán.....	7
Figura 3: Mapa geológico local Monte Galán.....	11
Figura 4: Mapa de Elementos Hidrogeológicos Sitio Monte Galán.....	18
Figura 5: Perfil hidrogeológico Sitio Monte Galán.....	21
Figura 6: Mapa de zona de protección y zona operacional Sitio Monte Galán.....	31

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Ignimbritas en el río Tempisque Coordenadas: 362228 / 287521.....	12
Foto 2: Ignimbritas en el río Tempisque Coordenadas: 362228 / 287521.....	12
Foto 3: Depósitos arenosos en cauce del río Tempisque (margen izquierda). Coordenadas: 362260 / 287517.....	12
Foto 4: Ignimbritas y terraza de depósitos aluviales sobre el río Tempisque (margen derecha) Coordenadas: 362260 / 287517.....	13
Foto 5: Proyección del terreno en estudio sobre el depósito de ignimbritas en el río. Coordenadas: 362260 / 287517.....	13
Foto 6: Ubicación del río Tempisque respecto al lote en estudio. Coordenadas: 362139 / 287551.....	14
Foto 7: Vista hacia el Sur, camino en frente del terreno en estudio. Coordenadas 362087 / 287501.....	14
Foto 8: Vista hacia el Norte, camino en frente del terreno en estudio. Coordenadas 362087 / 287501.....	14
Foto 9: Terreno en estudio vista hacia el SE. Coordenadas 362133 / 287497.....	15
Foto 10: Terreno en estudio vista hacia el SW. Coordenadas 362133 / 287497.....	15
Foto 11: Pozo privado 1 Doña Miriam.....	15
Foto 12: Pozo AyA 5 Baltodano.....	15
Foto 13: Pozo excavado seco.....	16
Foto 14: Pozo privado 2.....	16
Foto 15: Pozo AyA 4 Parcelas El Roble.....	16
Foto 16: Pozo privado 3.....	16
Foto 17: Piezómetro - AyA 5 Baltodano.....	17
Foto 18: Prueba de infiltración PI-1.....	19
Foto 19: Prueba de infiltración PI-2.....	19
Foto 20: Prueba de infiltración PI-3.....	19

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA UBICACIÓN DE PERFORACIÓN DE POZO PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO, MONTE GALÁN, CARRILLO, GUANACASTE”

I. INTRODUCCIÓN

En atención al correo enviado por el Ing. German Araya Montezuma, en donde se hace de conocimiento la necesidad de reforzar varios sistemas de acueductos de la zona, uno de ellos en la comunidad de Monte Galán, debido a una posible donación de un lote en un sitio ubicado en la margen derecha del río Tempisque, cerca de la entrada a El Roble. Ante esta situación, se le solicitó a la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología - UEN Gestión Ambiental, que inspeccione dicho lote con el objetivo de gestionar una perforación.

En cumplimiento con lo acordado, se realizaron dos giras al sitio, la primera en compañía del Ing. Marco Solano de la Región Chorotega, y con los señores Ing. Olman Jiménez y Allan Pizarro de la Oficina Cantonal de El Coco, para la respectiva coordinación al ingreso del inmueble; en esta gira se realizó el cartografiado geológico y el levantamiento de pozos cercanos. En la segunda gira se realizaron las pruebas de infiltración para conocer la permeabilidad del suelo donde se ubica el proyecto.

1.1 Objetivo General

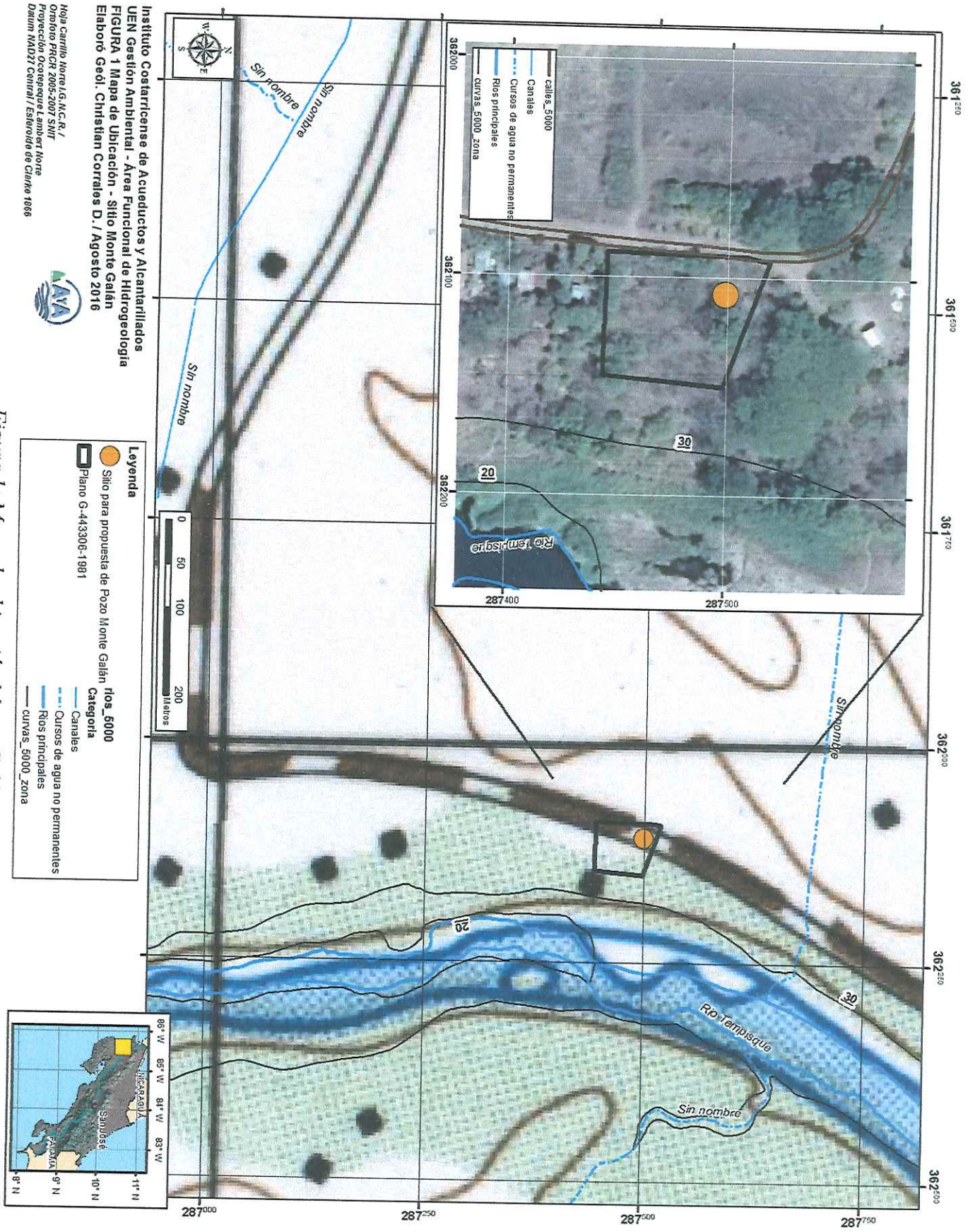
- Definir el modelo hidrogeológico en un sitio ubicado en Monte Galán, para valorar la posibilidad de una perforación.

1.2 Objetivos Específicos

- Realizar un cartografiado geológico en el sitio para definir la estratigrafía litológica aflorante.
- Llevar a cabo un levantamiento de los pozos cercanos al sitio de futura perforación para verificación del nivel del agua subterránea.
- Determinar el modelo hidrogeológico de la presente en la zona.
- Definir si el punto propuesto cumple o no con las condiciones hidrogeológicas aptas para una futura perforación de pozo.

1.3 Ubicación cartográfica de la zona de estudio

La Figura 1 se observa la zona de estudio, ubicada en el distrito de Palmira, cantón Carrillo, Guanacaste, en donde se encuentra el lote a valorar, dicha zona se extiende entre las coordenadas Norte 287750 - 287000 m y Este 362000 – 362250 m, cuadrante Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Carrillo Norte (IGNCR), a escala 1:50 000.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología
 FIGURA 1 Mapa de Ubicación - Sitio Monte Galán
 Elaboró Geod. Christian Corrales D. / Agosto 2016



Hoja Carrión Norte/G. N.C.R./
 Ortofoto PRCH 2005-2007 SNI/
 Proyección Ocutoreque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central / Esferoide de Clarke 1886

Leyenda

- Sitio para propuesta de Pozo Monte Galán
- Plano G-443306-1981
- ríos_5000
- Canales
- Cursos de agua no permanentes
- Ríos principales
- curvas_5000_zona

Figura 1: Mapa de ubicación Monte Galán

Se indica que todos los puntos de control levantados en la gira, fueron establecidos en el campo. Las coordenadas fueron tomadas con GPS marca Garmin Monterra 650 (precisión del dato de ubicación: ± 5 m).

II. METODOLOGÍA

Durante las visitas de inspección al área de estudio, se realizaron las siguientes actividades, las cuales se describen oportunamente en el presente capítulo:

- Reunión con el Ing. Marco Solano de la Región Chorotega, y con el Lic. Olman Jiménez y el Sr. Allan Pizarro de la Oficina Cantonal de El Coco, para la respectiva coordinación al ingreso del inmueble.
- Descripción geológica de campo del sitio de interés.
- Análisis Geológico-Hidrogeológico de la zona de estudio a través de la elaboración de perfiles con datos de pozos de la Base de datos del SENARA.
- Elaboración de pruebas de infiltración mediante el método de doble anillo de Kostiakov.

Cabe aclarar que el modelo geológico del sitio, fue concretado posterior a la gira, una vez que se evaluó la información de la base de datos de pozos del SENARA. Lo anterior debido a que para este tipo de investigaciones, se hace necesario someter a verificación el modelo levantado en el campo. Se indica que se ha realizado para estos efectos, el debido proceso de correlación de la información.

III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

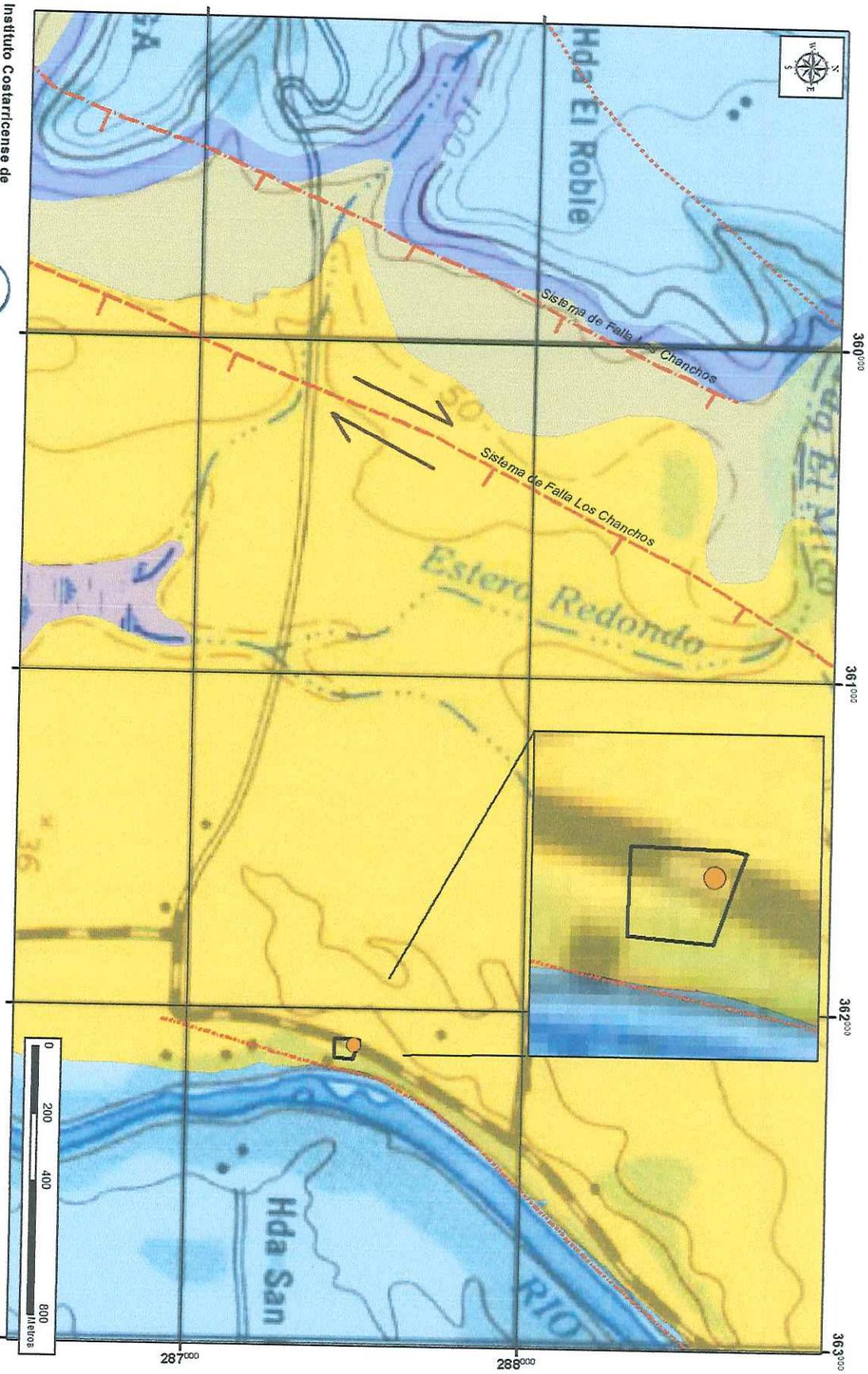
3.1 Geología Regional.

En la Figura 2 Mapa Geológico, se muestra la geología superficial de los alrededores y del terreno donde se ubica el sitio de interés para el futuro pozo.

La geología del sitio de interés esta compuesta por rocas y depósitos de origen volcánico del Cuaternario, las cuales pertenecen principalmente a las formaciones Bagaces y Depósitos del Cuaternario.

3.1.1 Formación Bagaces:

Esta formación fue denominada por Dondoli (1950) como: "Toba Gris". Posteriormente Dengo (1962), la definió con el nombre de Formación Bagaces. A la misma se le asigna una edad Pleistocena Temprana (Naciones Unidas, 1975). Para Mora (1988), esta posee un rango temporal amplio de 7.2 m.a. hasta 0.64 m.a. de acuerdo con una datación radiométrica para la parte superior que dio un resultado de 0.64 \pm 0.04 m.a según Mainieri & McIntyre (1976).



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental
 Área Funcional de Hidrogeología
 FIGURA 2 Mapa Geológico Regional
 Elaboró Geól. Christian Corrales D. Agosto 2016

Hoja Cartillo Norte IG, M.C. R. /
 Proyección Geocéntrica Lambert Norte
 Datum MAD72 Central / Esferoide de Clarke 1866
 Modificación de Deuyser et al., 2014

Leyenda

- Sitio para propuesta de Pozo Monte Galán
- Plano G-443306-198-1
- Alineamiento
- - - - - Falta Normal (Mov. relativo dextral) cubierta
- · · · · Falta Normal sugerida
- · · · · Falta sugerida
- Mov. relativo dextral
- Mov. relativo normal

Geología - Mte. Galán

- Unidades Geológicas
- Depósito de arcilla y limo (humedad)
- Depósito coluvial
- Depósitos aluviales recientes
- Formación Bagaces Superior
- Formación Bagaces Medio

Figura 2: Mapa geológico Monte Galán

Su definición más básica la describe como tobas de composición dacítica, principalmente del tipo ignimbríta y por sedimentos lacustres asociados. Según Bohnenberger (1968), esta se presenta como una potente sucesión compleja resultado de erupciones volcánicas con 120 m de espesor en la región de Liberia, pero se puede estimar una potencia total del rango entre 300 a 400 m (Naciones Unidas, 1975).

Esta formación de acuerdo con Bohnenberger (1968), cubre una superficie de 250 km², que forma cerros relictos bajos, constituidos por una capa subhorizontal de materiales piroclásticos.

Con base en Bohnenberger (1968), Naciones Unidas (1975), Tournon (1984), Chiesa *et al.* (1984, 1998), Herrera & Vargas (2012) y Alvarado & Gans (2012), se hace la siguiente descripción en cuatro unidades o miembros:

● **Dacita Carbonal:** corresponde con un potente macizo rocoso (> 90 m de espesor). Litológicamente es una dacita negra (plag + cpx), vidriosa, con textura hialopilitica o perlítica, estructuras de flujo, pliegues, brechas locales, rosas de prismas por disyunción columnar en la parte superior. Se le asigna una edad de 8,05 ± 0,09 Ma, según Alvarado & Gans (2012).

● **Miembro Bagaces Inferior:** Representado por ignimbritas bien soldadas, gris blancuzco con *fiammes* blancuzcos y negros, tobas grises y blancas con intercalaciones de coladas de basalto-andesitas hasta dacitas masivas y lajeadas (Chiesa *et al.*; 1994).

Por otro lado se describe como productos de procesos lacustres y fluviolacustres. En la escarpada del Río Tempisque y hacia el norte y noreste este miembro se compone de arenas y arcillas cenicientas, las cuales alternan con lapillis, y presentan algunos horizontes de grava y algunos fósiles litorales. Estos sedimentos, en general, contienen mucha ceniza y algo de arcilla, y aunque se encuentran bien compactados, no son duros y el espesor se estima de 100 a 160 m (Naciones Unidas, 1975). Se le asigna una edad de entre 4,87 y 3,64 Ma según dataciones radiométricas de las ignimbritas (Denyer *et al.*; 2014).

● **Miembro Bagaces Medio:** El intermedio esta constituido por sedimentos fluviales y lacustres intercalados en las ignimbritas de la Formación Bagaces. Como estratotipo se designó un afloramiento ubicado en un tajo en la Hacienda Pelón de la Bajura. Se destacan además los afloramientos ubicados en la Hacienda Monte del Barco (Hoja Carrillo Norte, 359280/287250). Litológicamente corresponde con tobas grises y blancas intercaladas con conglomerados decimétricos de clastos bien redondeados y capas de pómez de caída, corresponde con más de 30 m de depósitos fluviales y fluviolacustres del paleo-Tempisque y otros ríos asociados (Denyer *et al.*; 2014).

Según Naciones Unidas (1975) este miembro se encuentra compuesto por ignimbritas, lavas y tobas aglutinadas. Existen tobas columnares, bien expuestas, que afloran al suroeste de la Hacienda El Real. Cerca de las Haciendas Palenque y Pelón de la Bajura, aflora una ignimbrita densa y fracturada, que conforma la base de este miembro. Sobre la ignimbrita hay algunas tobas arenosas, y un manto de lava que se interpreta como un manto continuo en una extensa área por el análisis de perforaciones y afloramientos. La lava es un basalto olivínico porfirítico y frecuentemente vesicular. Se presenta desde fracturada y con grietas, hasta laminadas. Cuenta con un espesor total de 40 a 50 m (Naciones Unidas, 1975). Alvarado (com. Pers; 2013) indica que la edad para este miembro varía entre 3 y 4 Ma.

Según Denyer et al. (2014) las violentas erupciones que depositaron las ignimbritas del Miembro

Bagaces Inferior produjeron un desequilibrio de todo el sistema de drenaje, y originó grandes avenidas fluviales, así como lagos y lagunas por taponamiento.

● **Miembro Bagaces Superior:** esta constituido por una toba aglutinada, toba soldada y material heterogéneo compuesto por tobas de distinta textura, que se encuentran entre suelos foscimentados por cenizas, a veces simplemente compactadas, y otras aglutinadas. Las grietas son frecuentes, y están rellenas por material residual. Estas tobas están formadas fundamentalmente, por material heterogéneo, detrítico, con fragmentos líticos, escorias residuales, cuarzo y vidrio volcánico, este Miembro Superior tiene un espesor de 25 a 35 m (Naciones Unidas, 1975). Según Bohnenberger (1968), la cima de la Formación Bagaces está definida por una última sucesión depositada en agua, y formada por estratos de arena, cenizas pomáceas, a veces laminadas y alteradas a arcilla. A menudo, estos lechos arenosos sobreyacen a suelos antiguos. Su color es comúnmente entre crema y gris claro, con una variación amarillenta y anaranjada, debido a procesos de meteorización.

Al tope de la Formación Bagaces aparece un suelo fósil, arcilloso, rojizo, muy definido, de no más de 5 m de espesor. Actúa como límite con la Formación Liberia, a partir de donde se puede inferir que hubo una época de calma volcánica, que permitió el desarrollo de una topografía y drenajes algo estables (Bolaños, 2004).

Se indica además que según Denyer *et al* (2014), este miembro se encuentra compuesto también por ignimbritas con *fiammes* grandes (35 cm de diámetro y 3 cm de espesor) y pómez grandes de color blanco y amarillento. Las litología tienen diferentes grado de soldamiento, así como variable grado y tipo de alteración. Se le asigna una edad de entre 3,21 y 2,0 Ma según dataciones radiométricas de las ignimbritas (Denyer *et al*; 2014).

Como aspectos finales se menciona que el contacto inferior no se conoce en detalle. Al norte de Carrillo, se observa descansando sobre el Complejo de Nicoya. En Cañas, se encuentra en contacto con la Formación Aguacate (Bolaños, 2004). Y el mismo autor menciona para el contacto superior la presencia de la Formación Liberia donde la Formación Bagaces está en contacto directo con materiales volcánicos no diferenciados, así como con aluviones.

3.1.2 Depósitos Cuaternarios

Los depósitos aluviales recientes se encuentran mejor desarrollados en la Hoja Carrillo Norte, donde tienen un espesor máximo de 60 m entre Comunidad y Sardinal (con base en el archivo de pozos de SENARA). En la hoja Belén los espesores máximos están al norte de Filadelfia y al este de Belén, con valores máximos de 70 y 60 m respectivamente. En la hoja Matapalo y Punta Gorda el espesor generalmente no sobrepasa los 20 m (Denyer & Arias, 1993). Sin embargo en el informe de la Contratación Directa N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA para el Pozo CN-725 Trancas 1 del AyA se indica que los aluviones en el sector de la Finca Las Trancas habían sido mapeado por Denyer *et al.* (2014) como muy delgados, con menos de 10 m de espesor. No obstante los pozos perforados en esta zona, evidencian que los depósitos aluviales recientes alcanzan espesores de 26 a 67 m, de manera abrupta desde la margen izquierda del Tempisque, lo cual es evidencia geomorfológica de la falla inferida. Estos depósitos son arenosos a gravosos, con horizontes de arcillas y tobitas frecuentes, con espesores decimétricos a métricos. Se supone una anatomía de canales y paleocanales con sedimentos de inundación.

3.2 Marco Estructural Regional.

El área de estudio se ubica en una zona de dominio translacional-extensivo, y el sistema de falla más cercano es el Sistema de falla dextral Los Chanchos (Figura 2) , esta fue reportada por Dengo (1962) en un principio, y se extiende desde el S cerca de playa Ostional, pasando por 27 de Abril, Cartagena, y en su extremo N continua con varias trazas de falla de rumbo tipo dextral con componente normal ubicadas al Oeste del río Tempisque.

3.3 Geología Local.

Localmente la zona de estudio se ubica en la margen derecha del río Tempisque, la cual se encuentra conformada litológicamente por depósitos de ignimbritas bien soldadas que afloran en el cauce del río Tempisque, sobreyaciendo a estas se encuentran depósitos arenosos color gris, y por encima de esta se ubica un capa de suelo café grisáceo generado por la meteorización del depósito arenoso en sí (Figura 3).

3.3.1 Ignimbritas (Formación Bagaces):

Se trata de los depósitos de ignimbritas soldadas muy sanas de color gris oscuro, de leve a moderadamente fracturada, algunas de las fracturas son cerradas, mientras que otra se encuentran abierta con un espaciamiento de unos 3 a 5 mm. Se encuentra conformada por fiames de pómez, así como líticos juveniles, y también se encuentran granos subredondeados de líticos, envueltos en una matriz de ceniza soldada de color gris oscuro. Presenta un espesor aflorante en el río de unos 3 m aproximadamente (Foto 1 y Foto 2).

Es posible observar varios afloramientos de estas mismas ignimbritas en los cortes de la carretera que comunica a el poblado de Guardia con el asentamiento de Monte Galán (Do It Center, 362041/282333), así como en las cercanías del Aeropuerto Internacional de Liberia (367412/286011).

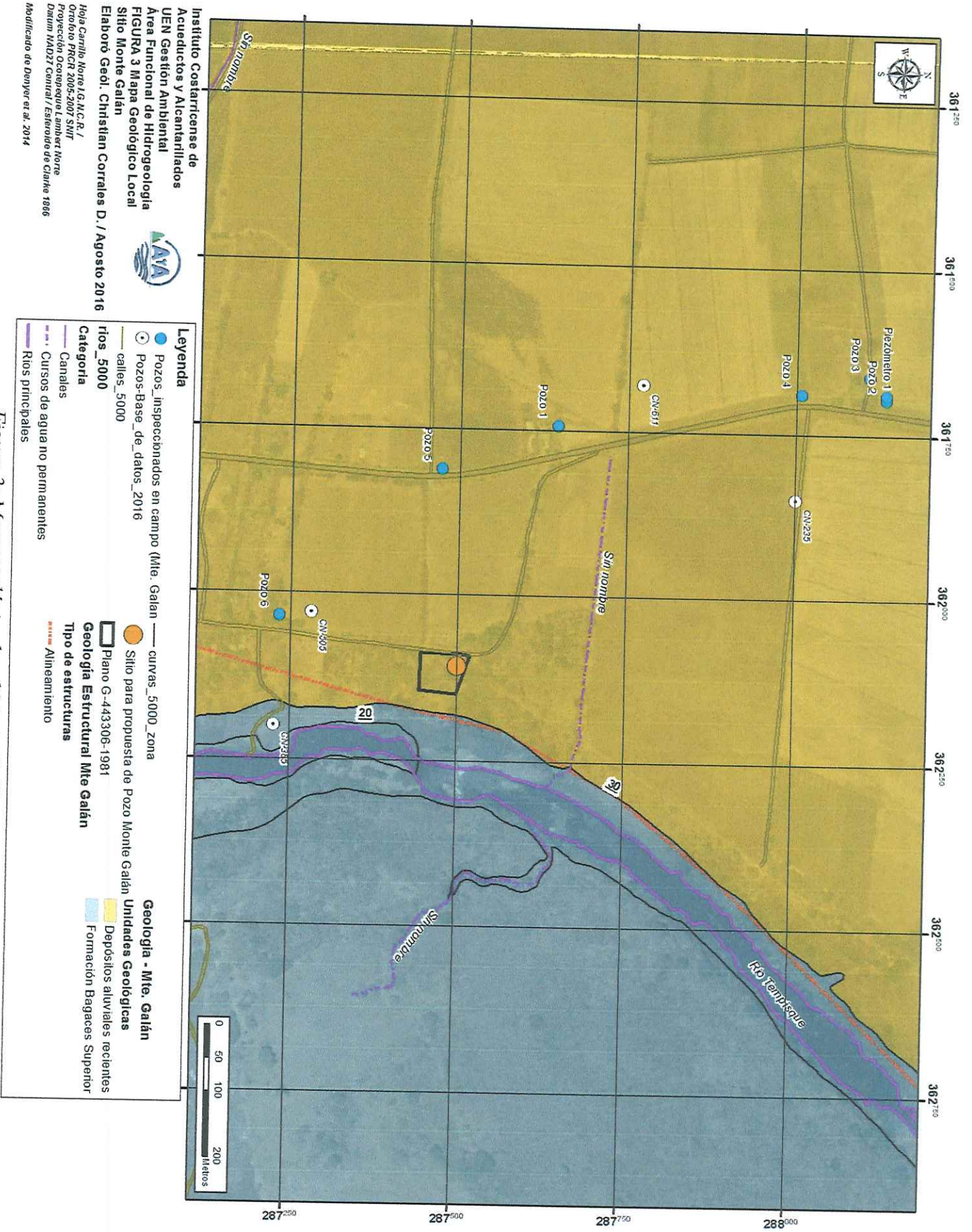


Figura 3: Mapa geológico local Monte Galán



*Foto 1: Ignimbritas en el río Tempisque
Coordenadas: 362228 / 287521*



*Foto 2: Ignimbritas en el río Tempisque
Coordenadas: 362228 / 287521*

3.3.2 Depósitos arenosos (Dep. Aluviales Recientes):

Sobreyaciendo a estas ignimbritas se encuentra una alternancia de depósitos arenosos, muy deleznable (Foto 3), de color café grisáceo, esta se extiende en ambos márgenes del río Tempisque (Foto 4), con un espesor de unos 10 metros a partir de la medición del distanciómetro láser marca Bushnell desde cauce del río hacia la parte plana donde se ubica el terreno en estudio (Foto 5). En la parte superior de este depósito se extiende una capa de suelo producto de la meteorización de estos mismos depósitos, generando así un suelo arenoso de color café grisáceo. La parte plana del terreno se ubica a 75 m de distancia con respecto al cauce del río Tempisque (Foto 6).



*Foto 3: Depósitos arenosos en cauce del río
Tempisque (margen izquierda). Coordenadas:
362260 / 287517*



*Foto 4: Ignimbritas y terraza de depósitos aluviales sobre el río Tempisque (margen derecha)
Coordenadas: 362260 / 287517*



Foto 5: Proyección del terreno en estudio sobre el depósito de ignimbritas en el río. Coordenadas: 362260 / 287517



Foto 6: Ubicación del río Tempisque respecto al lote en estudio. Coordenadas: 362139 / 287551

IV. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO EN ESTUDIO

El terreno se ubica del cruce sobre la carretera (ruta 253) hacia Hacienda El Roble, 330 m hacia la derecha (Foto 7 y Foto 8), a una elevación de 33 m.s.n.m. Se encuentra sobre los depósitos aluviales que generaron suelos arenosos, semicompactados, y topográficamente se ubica en la margen derecha del río Tempisque, presenta una topografía plana con una pendiente menor a los 5° (Foto 9 y Foto 10). En la Figura 1, se observa el plano catastro con el número G-443306-1981, terreno el cual estaría siendo donado según comunicación verbal con el Ing. Marco Solano (Región Chorotega-AyA) y en donde se pretende perforar un pozo para abastecimiento público. En dicho terreno se tomaron varios puntos de control para corroborar en campo la ubicación del lote, los cuales se observan en la Figura 1.



Foto 7: Vista hacia el Sur, camino en frente del terreno en estudio. Coordenadas 362087 / 287501



Foto 8: Vista hacia el Norte, camino en frente del terreno en estudio. Coordenadas 362087 / 287501



*Foto 9: Terreno en estudio vista hacia el SE.
Coordenadas 362133 / 287497*



*Foto 10: Terreno en estudio vista hacia el SW.
Coordenadas 362133 / 287497*

V. POZOS INVENTARIADOS EN CAMPO

Alrededor de la zona de estudio se encontraron varios pozos y cuerpos de agua que se describen a continuación (Figura 4):

5.1 Pozo 1: Privado 1 Doña Miriam (Foto 11)

Ubicación: 361743/287644.
Brocal: 0,6 m.
N.E: 11,06 m.b.n.s.
Profundidad: 42 m. (reportada por propietaria).
Tub. De succión: 1 ½" / Armado en PVC: 6".
Ubic. De bomba: 28 m. HP: ½.
Uso: Ganado.



*Foto 11: Pozo privado 1 Doña
Miriam*

5.2 Pozo 2: AyA 5 Baltodano (Foto 12)

Código AyA N°05-19.
Código SENARA CN-571.
Ubicación: 361696/288134.
Brocal: 0,6 m.
N.E: 6,8 m.b.n.s. (reportado-AyA).
N.D: 18,75 m.b.n.s. (reportado-AyA).
Profundidad: 74 m. (informe de pozos).
Tub. De succión: 10". / Armado en HG: 14".
Uso: Abastecimiento público.
Caudal: 39,1 L/s (reportado-AyA).
Profundidad: 74 m.b.n.s. (reportado-AyA).



Foto 12: Pozo AyA 5 Baltodano

5.3 Pozo 3: Excavado seco (Foto 13)

Ubicación: 361663/288109
Brocal: 1 m.
N.E: aterrado a los 7,53 m.b.n.s.
Armado en concreto: 1 m.
Desuso.



Foto 13: Pozo excavado seco

5.4 Pozo 4: Privado 2 (Foto 14)

Ubicación: 361690/288007
Brocal: 1,16 m.
N.E: 11,64 m.b.n.s.
Armado en HG: 6".
Uso: Riego.



Foto 14: Pozo privado 2

5.5 Pozo 5: AyA 4 Parcelas El Roble (Foto 15)

Ubicación: 361812/287472
Brocal: 0,34 m.
N.E: 11,52 m.b.n.s.
Armado en PVC: 10".
Sin equipo de bombeo. Desuso.
Caudal: 10 L/s (reportado-AyA).



Foto 15: Pozo AyA 4 Parcelas El Roble

5.6 Pozo 6: Privado 3 (Foto 16)

Ubicación: 362036/287232
Brocal: 0,40 m.
N.E: 15,25 m.b.n.s.
Armado en PVC: 6".
Sin equipo de bombeo. Desuso.
Contacto: Maria Urbina (Tel: 26671232)



Foto 16: Pozo privado 3

5.7 Piezómetro 1: AyA 5 Baltodano (Foto 17)

Código SENARA CN-707.

Ubicación: 361691/288134, a 6 m del
Pozo AyA 5 Baltodano.

Brocal: 0,45 m.

N.E: 12,53 m.b.n.s.

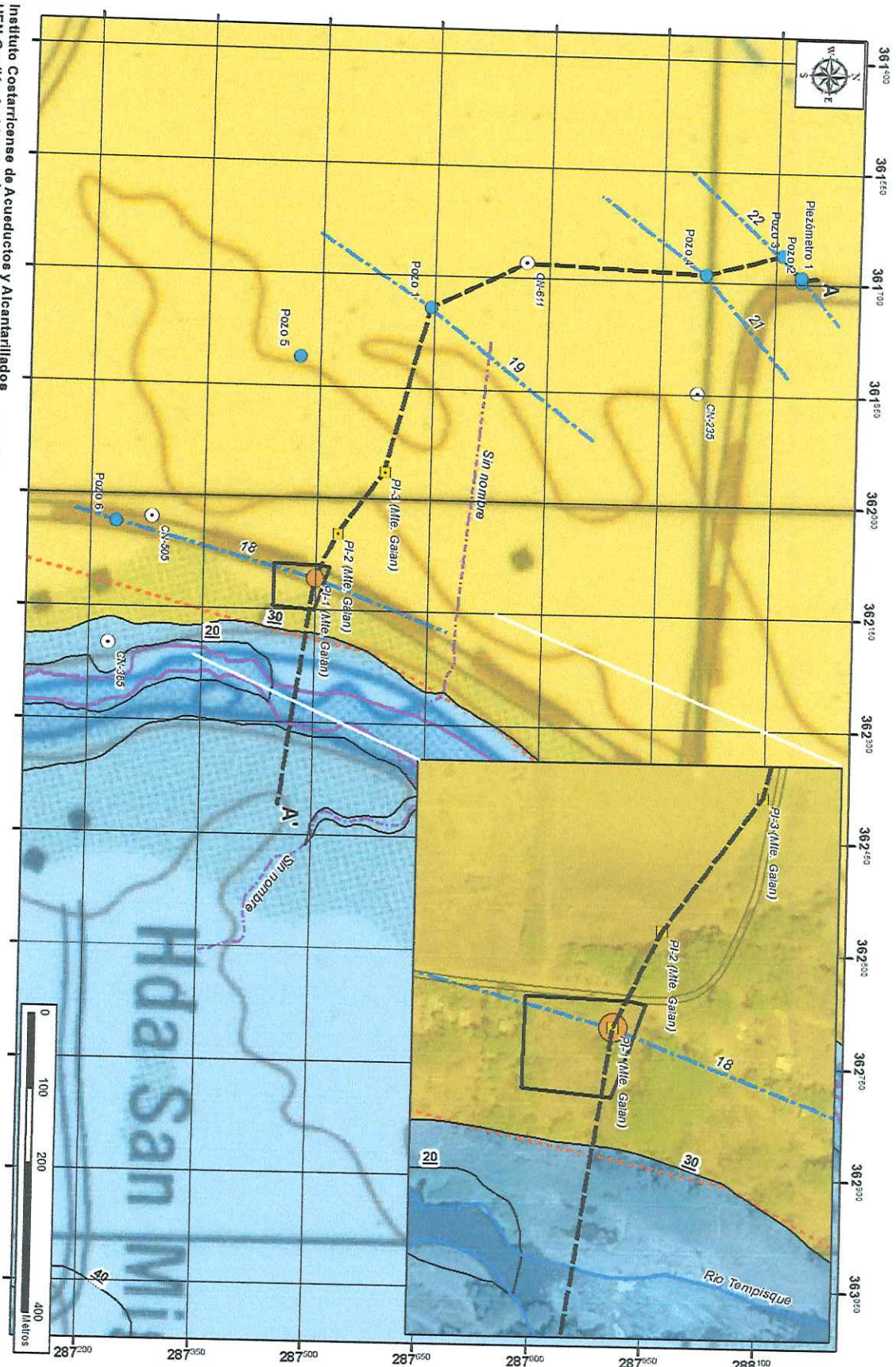
Tub. De succión: 2" / Armado en HG: 3".

Uso: Investigación.

Profundidad: 150 m.b.n.s. (reportado-AyA).



*Foto 17: Piezómetro - AyA 5
Baltodano*



Instituto Costarricense de Acueductos Y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología
FIGURA 4 Mapa de Elementos Hidrogeológicos
 Sitio Monte Galán
 Elaboró Gadi. Christian Corrales D. / Agosto 2016

Hda Carilla, Heredia, A.C.R., /
 Ortofoto PRCR 200-2500r SHIT
 Proyección Geográfica: UTM
 Datum: AD2011 Central / Esfera de Datum: Clarke 1866
 Modificado de Denyer et al. 2014

LEYENDA

	Pozos Inspeccionados en campo (Mte. Galán)		Plano G-443306-1981
	Sitio para propuesta de Pozo Monte Galán		curvas_5000_zona
	Pl (Monte Galán)		Alineamiento
	Pozos Base de datos_2016		Curso de agua no permanentes
	Linea de perfil		Rios principales
			Isotrealías
			Formación Bagaces Superior

Estructuras Tectónicas

Geología - Mte. Galán

Unidades Geológicas

Categoría

Geología - Mte. Galán

Figura 4: Mapa de Elementos Hidrogeológicos Sitio Monte Galán

VI. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

6.1 Conductividad hidráulica de los suelos

Se realizaron 3 pruebas de infiltración (Cuadro 1, Figura 4) para analizar los tiempos de tránsito aguas arriba del sitio propuesto para la perforación del pozo, la duración de cada prueba fue de 2 horas y se efectuaron con el método del Doble Anillo (Foto 18, Foto 19 y Foto 20).

Cuadro 1: Pruebas de infiltración

Pruebas	X	Y	K			Tipo (Conductividad)	Formación
			Permeabilidad (cm/min)	K (cm/s)	K (m/d)		
Prueba 1	362108	287498	0,4696	7,83E-03	6,76224	Media	Dep. Aluviales
Prueba 2	362048	287527	0,0553	9,22E-04	0,79632	Media	Dep. Aluviales
Prueba 3	361955	287589	0,1934	3,22E-03	2,78496	Media	Dep. Aluviales

Se tomará el valor más crítico de conductividad hidráulica para los respectivos cálculos, el cual es de 6,76224 m/d.



Foto 18: Prueba de infiltración PI-1



Foto 19: Prueba de infiltración PI-2



Foto 20: Prueba de infiltración PI-3

6.2 Modelo Hidrogeológico

La zona de estudio tal y como se indicó anteriormente se encuentra constituida por depósitos arenosos depositados por el río Tempisque, y por debajo de esta unidad se encuentran las ignimbritas pertenecientes a la formación Bagaces Superior (Figura 3); dentro de esta formación el comportamiento del agua subterránea se restringe a la conductividad hidráulica, a la porosidad, al espesor de cada unidad litológica, al gradiente hidráulico de las isofreáticas y además al patrón de fracturas que presenten las ignimbritas, dichas fracturas presentan espaciamientos a través de los cuales el agua se infiltra hacia el acuífero.

El agua una vez que se infiltra a través de los poros del suelo arenoso, y posteriormente por los depósitos aluviales, comienza a infiltrarse de forma vertical, posterior a esto alcanza la unidad de ignimbritas a través de las fracturas y poros de la misma.

Para el acuífero aluvial se concluye según el perfil hidrogeológico y los datos de campo de los pozos (Figura 4 y Figura 5) que se trataría de un acuífero libre cubierto, mientras que para el acuífero albergado en las ignimbritas se le definió como un acuífero libre. Además se indica que existe una comunicación hidráulica entre sí ya que se encontraron niveles de agua a elevaciones similares en pozos que captaban tanto el segmento aluvial como el de ignimbritas.

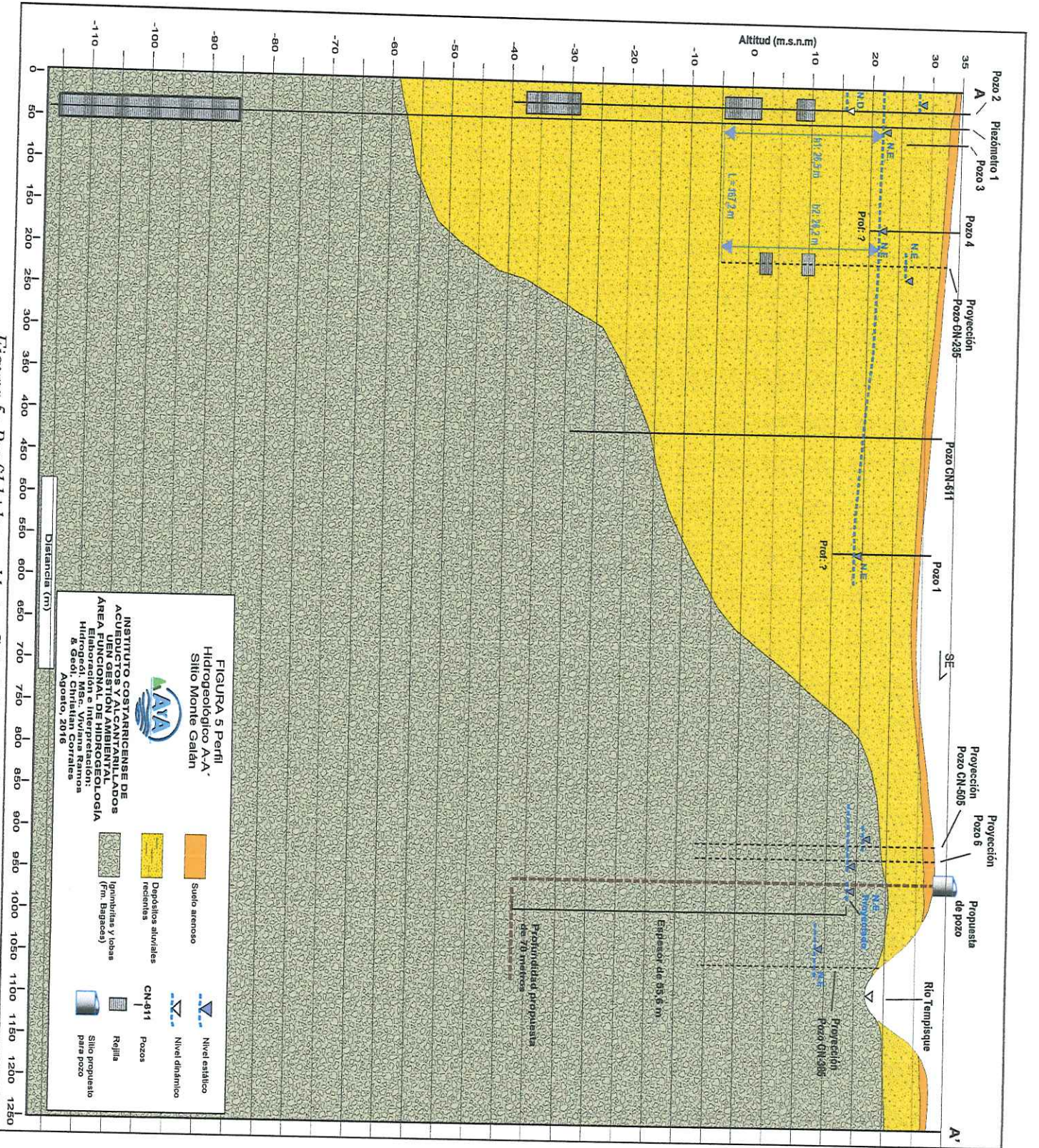


Figura 5: Perfil hidrogeológico Sitio Monte Galán

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALICANTARILLADOS
AREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGIA
 Elaboración e Interpretación:
 Hidrogeol. Msc. Viviana Ramos & Geod. Christian Contreras
 Agosto, 2016

FIGURA 5 Perfil Hidrogeológico A-A'
 Sitio Monte Galán

	Suelo arenoso
	Depósitos aluviales recientes
	Ignimbritas y lobas (fm. Bagaces)
	Nivel estático
	Nivel dinámico
	CN-811
	Pozos
	Rejilla
	Sitio propuesto para pozo

6.3 Parámetros hidráulicos del acuífero

Para la zona de estudio se encontraron tanto en el campo como en la base de datos del SENARA y AyA varios pozos cercanos con valores de transmisividad (Cuadro 2 y Cuadro 3). En los cuales se definieron los espesores de la zona no saturada y saturada a partir de datos de campo y del perfil hidrogeológico (Figura 5), en este mismo se observa que existe una buena correlación entre el modelo hidrogeológico para el sitio propuesto y las litologías captadas por los pozos cercanos, cuyos respectivos informes presentan valores calculados para la porosidad, transmisividad y permeabilidad de los dos acuíferos que se encuentran captando (Ver Anexo I), los cuales se indican a continuación:

- Acuífero aluvial: Captado por el pozo CN-571 (AyA Baltonado 5), ubicado a 760 m de distancia del sitio de estudio, con un caudal recomendado de 39,1 L/s, y una transmisividad T de 469 (m²/d).
- Acuífero de ignimbritas: Captado por el piezómetro CN-707, ubicado a 760 m también, en donde se reportó una transmisividad T de 43,68 (m²/d).

Ambos valores de transmisividades se tomaron del estudio para los pozos Artolitos 1, 2, 3 y 5 de la zona de Trancas (Contratación 2013LA-000024-PRI Anexo I).

Cuadro 2: Parámetros de pozos levantados en campo

Código de pozo	X	Y	Armado de pozos (m)	Transmisividad (m ² /d)	Espesor de acuífero (m)	Permeabilidad del acuífero (m/d)	Acuífero
Pozo 1	361743	287644	S.D	S.D	S.D	S.D	
Pozo 2	361696	288134	24-27m: Rejilla 33-39m: Rejilla. 63-72m: Rejilla.	469	67,2	6,98	Aluvión
Piezómetro 1	361691	288134	0-122m: Tubo ciego 122-150m: Rejillas	43,7	28	1,56	Ignimbritas
Pozo 3	361663	288109	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Pozo 4	361690	288007	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Pozo 5	361812	287472	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Pozo 6	362036	287232	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Datos calculados							
S.D.= sin dato							

Cuadro 3: Parámetros de pozos tomados de la base de datos del SENARA 2016

Código de pozo	X	Y	Armado de pozos (m)	Transmisividad (m ² /d)	Espesor de acuífero (m)	Permeabilidad del acuífero (m/d)	Acuífero
Pozo CN-235	361850	288000	22-24 m: Rejilla. 29-31 m: Rejilla	430	24	17,92	Aluvión
Pozo CN-611	361680	287770	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Pozo CN-505	362030	287280	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Pozo CN-385	362200	287225	S.D	S.D	S.D	S.D	S.D
Datos calculados							
S.D.= sin dato							

6.4 Niveles de agua subterránea, direcciones de flujo y gradiente hidráulico

Para el sitio en estudio se analizaron los parámetros respectivos según el modelo hidrogeológico definido, tal y como se observa en las Figura 4 y Figura 5 el nivel del agua aflora a una elevación de 18 m.n.s.m, a una elevación similar al pozo privado 3 el cual se midió el mismo día de la gira. Estas líneas isofreáticas pertenecen al acuífero aluvial, y se trazaron a partir de la altura de los niveles estáticos de cada pozo inventariado el día de la gira encontrados alrededor del sitio en estudio, así como de los pozos encontrados en la base de datos del SENARA 2016 (Cuadro 4 y Cuadro 5).

Cuadro 4: Información sobre niveles de agua subterránea de pozos levantados en campo

Código de pozo	X	Y	Elev. Top. (m.s.n.m.)	Prof. N.E. (m.s.n.m.)	Elev. N.E. (m.s.n.m.)	Prof. N.D. (m.s.n.m.)
Pozo 1	361743	287644	29,8	11,06	18,74	S.D
Pozo 2	361696	288134	38,2	<u>6,8</u>	31,4	18,75
Piezómetro 1	361691	288134	34,6	12,53	22,07	S.D
Pozo 3	361663	288109	37,5	S.D	S.D	S.D
Pozo 4	361690	288007	33,4	11,64	21,76	S.D
Pozo 5	361812	287472	28,7	11,52	17,18	S.D
Pozo 6	362036	287232	33,7	15,25	18,45	S.D
Sitio propuesto	362108	287499	33,2	15,25	17,95	
Datos tomados en campo						
<u>Datos reportados</u>						
S.D.= sin dato						

Cuadro 5: Información sobre niveles de agua subterránea de pozos de la base de datos del SENARA 2016

Código de pozo	X	Y	Elev. Top. (m.s.n.m.)	Prof. N.E. (m.s.n.m.)	Elev. N.E. (m.s.n.m.)	Prof. N.D. (m.s.n.m.)
Pozo CN-235	361850	288000	37,4	<u>3,67</u>	33,73	9,65
Pozo CN-611	361680	287770	37,1	<u>2</u>	35,1	S.D
Pozo CN-505	362030	287280	37,7	<u>12</u>	25,7	S.D
Pozo CN-385	362200	287225	23,5	<u>10,65</u>	12,85	S.D
Sitio propuesto	362108	287499	33,2	15,25	17,95	
<u>Datos reportados</u>						
S.D.= sin dato						

A partir de los espesores de suelo vistos en el cauce del río Tempisque y de la información litológica de los pozos cercanos, se proyectaron dichos espesores en el perfil hidrogeológico (Figura 5), hacia el punto donde se pretende realizar el pozo; por lo tanto se definió un espesor no saturado tanto para la capa de suelo, como para los depósitos aluviales y las ignimbritas.

Como se indica en el estudio de CONAGUA (2001), para esta zona, los acuíferos presentan una conexión hidráulica entre sí, de ahí que los niveles proyectados en el perfil se encuentran a una elevación similar, por lo tanto la dirección de flujo para el acuífero aluvial así como para el acuífero albergado en las ignimbritas es hacia el SE, con un gradiente hidráulico muy bajo de **0,007**, calculado entre las curvas de 19 y 21 m.s.n.m.

VII. CÁLCULO DEL TIEMPO DE TRÁNSITO DE LOS CONTAMINANTES

Los tiempos de tránsito se determinan en dos fases en el sitio para la propuesta del pozo: zona no saturada (tránsito vertical) y zona saturada o acuífero (tránsito horizontal). Para este cálculo se considera lo siguiente:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Si el medio en la zona no saturada es poroso (areniscas, limolitas) el tiempo total (vertical en la zona no saturada más el horizontal en la zona saturada) es de 70 días. Por lo contrario si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural (lavas o tobas-ignimbritas), el tiempo total (vertical en la zona no saturada más el horizontal en la zona saturada) el tiempo mínimo requerido para el análisis es de 100 días. (Rodríguez, 1994).

Zona No Saturada.

Para los respectivos cálculos de los tiempos de tránsito, se tomaron en cuenta tres diferentes capas litológicas para el sitio en estudio:

- Capa de suelo arenoso, con un espesor de 1,7 m (Figura 5), una permeabilidad máxima registrada por las pruebas de infiltración la cual es de **6,762 m/d**, y un valor de porosidad de 47,3 % tomado del estudio para el pozo Trancas 1 (Contratación Directa N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA).
- Capa de depósitos aluviales, con un espesor de 6 m (Figura 5), una transmisividad (**T**) de **469 m²/d**, tomada del pozo CN-571 (AyA Baltonado 5) (Anexo I), una porosidad de 30% para los materiales aluviales (Custodio & Llamas, 1983), un espesor de acuífero para el pozo CN-571 de **b acf. = 67,2 m**, en donde se obtuvo un valor de conductividad hidráulica para el acuífero de **k acf. = 6,98 m/d**, despejando la fórmula 1:

$$T = k \text{ acf.} * b \quad 1$$

- Capa de ignimbritas, con un espesor medido de 6,7 en la zona no saturada (Figura 5), con una transmisividad (**T**) de **43,7 m²/d** tomada del piezómetro CN-707 (Anexo I), un espesor de acuífero para el piezómetro CN-707 de **b acf. = 28 m**, en donde se obtuvo el valor de conductividad hidráulica para el acuífero de **k acf. = 1,56 m/d** según la fórmula 1. Por tratarse este último de un medio en donde la mayoría del flujo es del tipo fisural, la porosidad asignada es de **0,1** según normas establecidas para los cálculos que se harán más adelante (AyA, 1994).

- Capa de suelo limo arenoso (Cuadro 6)

$$(t_1) = (b \cdot \theta) / (k \cdot i)$$

2

En donde:

t_1 = Tiempo de tránsito del agua en la zona no saturada, en días.

b = 1,7 m; espesor de la zona no saturada.

θ = 47,3 %; porosidad efectiva en la zona no saturada.

k = 6,762 m/día; conductividad hidráulica de las pruebas de infiltración.

i = gradiente hidráulico, igual a 1 para gradiente vertical.

Cuadro 6: Zona no saturada suelo limo arenoso

Unidad Litológica	b (m)	k (m/d)	Porosidad	i	(t_1)
Suelo limo-arenoso	1,7	6,762	0,473	1,0	0,119

- Depósitos aluviales (Cuadro 7)

En donde:

t_1 = Tiempo de tránsito del agua en la zona no saturada, en días.

b = 6,0 m; espesor de la zona no saturadas.

θ = 30 %; porosidad efectiva en la zona no saturada.

k acf. = 6,979 m/día; conductividad hidráulica para el acuífero.

i = gradiente hidráulico, igual a 1 para gradiente vertical.

Cuadro 7: Zona no saturada tramo aluvial

Unidad Litológica	b (m)	k acf. (m/d)	Porosidad	i	(t_1)
Dep. Aluv. Rec.	6,0	6,979	0,300	1,0	0,258

- Depósito ignimbrítico (Cuadro 8)

En donde:

t_1 = Tiempo de tránsito del agua en la zona no saturada, en días.

b = 6,7 m; espesor de la zona no saturada.

$\theta = 10 \%$; porosidad efectiva en la zona no saturada.

$k_{acf} = 1,56$ m/día; conductividad hidráulica para el acuífero.

i = gradiente hidráulico, igual a 1 para gradiente vertical.

Cuadro 8: Zona no saturada tramo ignimbrítico

Unidad Litológica	b (m)	k (m/d)	Porosidad	i	(t_1)
Ignimbritas	6,7	1,56	0,1	1	0,429

En el Cuadro 9, se muestran el resumen de los valores correspondientes para el cálculo de los tiempos de tránsito en la zona no saturada:

Cuadro 9: Zona no saturada (Total en días)

Unidad Litológica	(t_1)
Suelo limo-arenoso	0,119
Dep. Aluv. Rec.	0,258
Ignimbritas	0,429
Total en días	0,806

La suma de los tiempos de tránsito para los tres tramos de la zona no saturada es de 0,806 días. Como el lapso considerado como adecuado para que se produzca una completa eliminación de las bacterias debe ser mayor a 100 días ya que se trata de una mezcla de tramos porosos y fracturados, se debe por lo tanto calcular la distancia de recorrido en la horizontal para la eliminación de las bacterias en un lapso de tiempo de 99,194 días.

Zona saturada.

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA (1994), para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece la fórmula 3:

$$t_2 = (d * \theta) / (k * i) \quad 3$$

En donde:

t_2 = corresponde a los 100 días (medios porosos y fracturados).

d = corresponde a la distancia horizontal entre el punto analizado y un posible foco de contaminación, en metros.

$\theta = 0,1$; porosidad efectiva en la zona saturada.

$k_{acf} = 1,56$ m/día; conductividad hidráulica del acuífero.

$i = 0,007$; gradiente hidráulico (determinado a partir de las curvas isofreáticas).

En el Cuadro 10, se muestran los valores correspondientes para el cálculo de la distancia horizontal en la zona saturada.

Cuadro 10: Zona Saturada

Unidad Litológica	K acf. (m/d)	Porosidad	i	(t_1)	(t_2)	d (m)
Ignimbritas	1,56	0,1	0,007	0,806	99,194	11,5

El espesor indicado en el Cuadro 10, corresponde al espesor promedio de la zona saturada para la unidad de ignimbritas en la zona (Figura 5). Se obtiene por lo tanto una distancia horizontal de **11,5 m** (valor redondeado) a partir del punto propuesto hacia aguas arriba, la misma corresponde con la distancia bacteriológica en la cual las bacterias viajarán de manera horizontal hasta que se degraden naturalmente.

VIII. LEY DE DARCY

Para determinar el ancho de la zona de captura o zona de influencia (Cuadro 11), se utiliza la fórmula hidráulica de Darcy que estipula lo siguiente:

$$Q = T i L \quad 4$$

$$L = Q / T i \quad 5$$

- Q = caudal de cada pozo en m³/d. El cual se definió de 30 L/s (2592 m³/d).
- T = 469 m²/d; transmisividad del acuífero más somero.
- i = 0,007; gradiente hidráulico (determinado a partir de las curvas isofreáticas).
- L = Ancho de la zona de captura o zona de influencia (m).

Cuadro 11: Ecuación de Darcy

Q (L/s)	Q (m ³ /día)	T (m ² /d)	i	L (m)
30,0	2592,000	469,0	0,007	740,5714285714

IX. MÉTODO DEL RADIO FIJO

Para calcular el radio fijo del sitio propuesto para el pozo, se toma en cuenta las metodologías hidrogeológicas para la evaluación del recurso hídrico que fueron publicadas en el diario oficial La Gaceta N° 147 del 31 de julio del 2012. En estas metodologías en el artículo 11, se define la fórmula 6 para la zona de protección de pozos tomando en cuenta la zona de captura con base en la ecuación analítica de Darcy, con base en el siguiente planteamiento:

$$r = (Qt/\pi * n * b)^{0,5} \quad 6$$

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando (Cuadro 12):

- Q = caudal del pozo en m³/d. El cual se estimó en 30 L/s (2592 m³/d).
- t₂ = se utiliza el tiempo establecido para degradación de bacterias para medios entre porosos y fracturados, en este caso un medio fracturado, por lo que el t₂ sería de 100 días – t₁ = t₂, es decir, 100 días – 0,806 días = 99,194 días .
- n = porosidad de las rocas que albergan al acuífero (Custodio & Llamas, 1983), la cual sería de 0,1.
- b acf = espesor saturado promedio del acuífero captado por el pozo a ubicar, 55,6 m según el sitio propuesto en el perfil hidrogeológico, tomando en cuenta una profundidad total del pozo de 70 m.

Cuadro 12: Radio fijo

Q (L/s)	Q (m ³ /día)	π	n	b acf. (m)	t ₂ días	r (m)
30,0	2592,000	3,1415	0,1	55,600	99,194	121,3

X. MÉTODO DE GRUBB

Para calcular la distancia de retiro (Y máxima) se debe emplear el método de Grubb (1993), aplicando la siguiente fórmula, tomando en cuenta que el acuífero más somero y más propenso a la contaminación sería el acuífero aluvial, por lo que se tomaron los parámetros hidráulicos para esta unidad y no para el acuífero albergado en las ignimbritas:

$$Y = QL / (k(h1^2 - h2^2)) \quad 7$$

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando (Cuadro 13):

- Q = caudal de cada pozo en m³/d. El cual se definió de 30 L/s (2592 m³/d).
- L = 387; Longitud entre dos puntos de observación del nivel freático en el perfil (m).
- k acf= 6,979; conductividad hidráulica del acuífero más somero (acuífero aluvial), en m/día.

- $h1^2-h2^2 = 15,81$; Carga hidráulica.

Cuadro 13: Método de Grubb

Q (L/s)	Q (m ³ /día)	L (m)	k acf. (m/d)	h1 (m.s.n.m)	h2 (m.s.n.m)	h1 ² -h2 ²	Y (m)
30,0	2592,000	167,2	6,979	26,50	26,20	15,81	3927,7714

XI. CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO

El punto de no retorno, aguas abajo del sitio propuesto para el pozo, se calculó según la fórmula indicada en las Metodologías Hidrogeológicas para la evaluación del recurso hídrico que fueron publicadas en el diario oficial La Gaceta N° 147 del 31 de julio del 2012, de la siguiente forma:

$$X_o = Q / (2 * \pi * k * b * i)$$

8

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando (Cuadro 14):

- Q = caudal de cada pozo en m³/d. El cual se definió de 30 L/s (3456 m³/d).
- b acf = espesor saturado promedio del acuífero captado por el pozo a ubicar, 55,6 m según el sitio propuesto en el perfil hidrogeológico, tomando en cuenta una profundidad total del pozo de 70 m.
- Pi (π) = 3,1415.
- k acf = 6,979 m/día; permeabilidad del acuífero más somero.
- i = 0,007; gradiente hidráulico (determinado a partir de las curvas isofreáticas).

Cuadro 14: Punto de no retorno

Q (L/s)	Q (m ³ /día)	π	b acf. (m)	k acf. (m/d)	i	xo (m)
30,0	2592,000	3,1415	55,400	6,979	0,007	142,9782

Se calculó una distancia para el punto de no retorno de 142,98 m.

Por lo tanto para el sitio propuesto para la perforación del pozo, tomando en cuenta que este tendrá una profundidad total de 70 m, y que se extraerá agua a un caudal de 30 L/s; se define una distancia para el punto de no retorno de 74 m según criterio de experto (Figura 6).

A partir de los cálculos realizados con las diferentes metodologías, se presenta a continuación el cuadro resumen (Cuadro 15) en cuanto al largo que necesita tener la zona de protección:

Cuadro 15: Longitud calculada para la zona de protección según diferentes metodologías

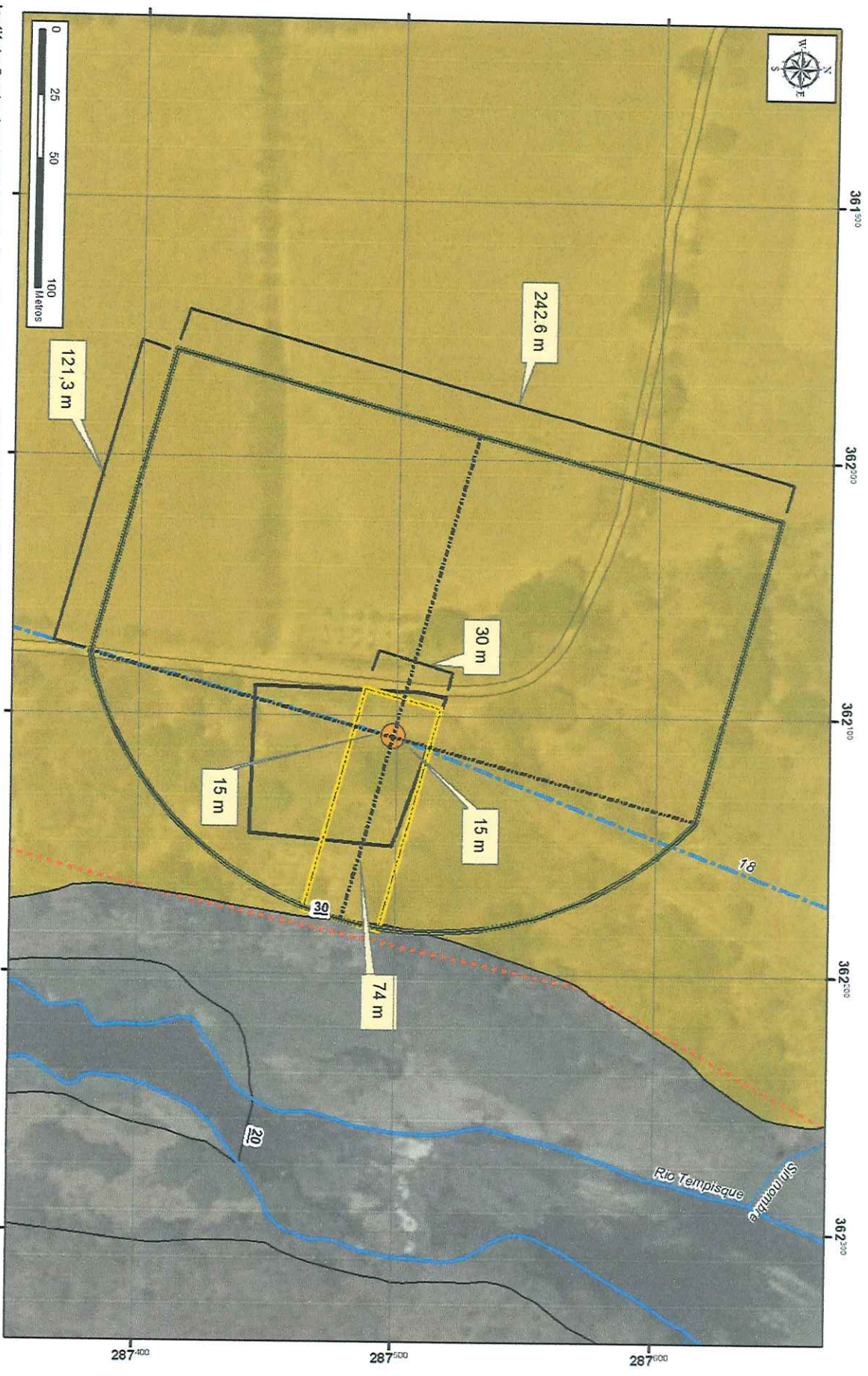
Tiempo de tránsito de degradación de bacterias (d)	11,5 metros
Radio fijo con tiempos de tránsito (r)	121,3 metros

En cuanto al ancho de la zona de protección se calcularon los siguientes valores (Cuadro 16):

Cuadro 16: Ancho calculado para la zona de protección según diferentes metodologías

Ancho (Y) Método de Grubb	3927,77 metros
Ancho de Captura (L) Método de Darcy	740,57 metros

Por lo tanto con base en el análisis realizado a partir de los valores hidráulicos y trabajo de campo realizado, se considera un ancho de la zona de protección de 121,5 metros según el método de Radio Fijo (Figura 6). Además se ha definido un radio operacional y de Protección Absoluta de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2002, y una distancia de 74 m aguas abajo según criterio de experto.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental
 Área Funcional de Hidrogeología
 FIGURA 5 Mapa de zona de protección
 Sitio Monte Galán
 Elabóro Geól. Christian Corrales D. / Agosto 2016

Hoja Carrillo Norte I.G., N.C., R., L.
 Ortofoto PRCR 2005-2007 SINI
 Proyección Ocatorque Lambert Norte
 Datum MAD27 Central / Esferoide de Clarke 1866
 Modificado de Denyer et al., 2014



Leyenda

	Zona de protección absoluta		Isobatómicas		Estructuras Tectónicas
	Zona Operacional y de amortiguamiento		calles_5000		Alineamiento
	Plano G-443306-1981		Ríos_5000		Depósitos aluviales recientes
	Sitio para propuesta de Pozo Monte Galán		Categoría		Formación Bagaces Superior
			Cursos de agua no permanentes		
			Ríos principales		
			curvas_5000_zona		

Figura 6: Mapa de zona de protección y zona operacional Sitio Monte Galán

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para el sitio propuesto (Coordenadas 362108 / 287499) para realizar una perforación de tipo exploratorio-producción se determinó que se ubica sobre una antigua planicie de inundación del río Tempisque conformada por arenas y limos arenosos, dicho material se encuentra muy deleznable y presenta un color café grisáceo, esta se extiende en ambos márgenes del río Tempisque y posee un espesor de unos 10 metros. Por debajo de esta unidad se encuentra un depósito de ignimbritas pertenecientes a la Formación Bagaces (Miembro Medio).
2. El terreno se ubica a una elevación de 33 m.s.n.m; en la margen derecha del río Tempisque, presenta una topografía plana con una pendiente menor a los 5°. Dicho terreno está siendo donado según comunicación verbal con el Ing. Marco Solano de la Región Chorotega AyA y en donde se pretende perforar un pozo para abastecimiento público.
3. Para el acuífero aluvial se concluye según el perfil hidrogeológico y los datos de campo de los pozos que se trataría de un acuífero libre cubierto, mientras que para el acuífero albergado en las ignimbritas se le definió como un acuífero libre. Además se indica que existe una comunicación hidráulica entre sí ya que se encontraron niveles de agua a elevaciones similares en pozos que captaban tanto el segmento aluvial como las ignimbritas.
4. Para la zona de estudio se encontraron varios pozos cercanos con información litológica u parámetros hidráulicos, por ejemplo se tomó el pozo CN-571 (AyA Baltonado 5), ya que este se encuentra captando el acuífero aluvial con una transmisividad T de 469 (m²/d); y se tomó el piezómetro CN-707, ya que este se encuentra captando el acuífero de ignimbritas a una profundidad entre 122 y 150 m y reporto una transmisividad T de 43,68 (m²/d).
5. Los caudales en la zona oscilan entre 40 y 80 L/s debido a que los pozos existentes captan tramos de mezcla de los acuíferos de ignimbritas y aluviales.
6. Para el sitio en estudio se estableció que el nivel del agua aflora a una elevación de 18 m.n.s.m., como se indica en el estudio de CONAGUA (2001), para esta zona, los acuíferos presentan una conexión hidráulica entre sí, de ahí que los niveles proyectados en el perfil se encuentran a una elevación similar. Por lo tanto la dirección de flujo para los acuíferos aluvial y el albergado en las ignimbritas es hacia el SE, con un gradiente hidráulico muy bajo de 0,007.
7. La zona de amortiguamiento corresponde con un ancho de 242,6 m y un largo de 121,3 metros según el método de Radio Fijo. Y además se estableció un radio operacional y una zona de amortiguamiento de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2003, y de 74 m aguas abajo, a partir de criterio de experto (Figura 5)
8. En la zona operacional y en la zona de protección absoluta no se deberán de realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial y extracción de rocas y suelos ya que pueden afectar la calidad del agua del pozo por rápida infiltración y por escorrentía superficial.
9. Se recomienda además a la Subgerencia de Sistemas Comunales y a la Región Chorotega que se valore técnicamente por parte de la Unidad de Perforación-AyA, el pozo #5 llamado "Pozo AyA 4 Parcelas E Roble" ubicado 297 m al oeste del sitio propuesto en este estudio, ya que este no está en uso y fue perforado por el AyA, y puede ser empleado para la zona de Alto El Roble y Cascadas.

10. En caso de ser perforado el pozo del estudio, el Área Funcional de Hidrogeología recomienda que se deberán recalcular las dimensiones de la zona de amortiguamiento anteriormente definidas, para oficializarla formalmente como zona de protección absoluta del pozo, con base en el registro de las características hidrogeológicas propias del sitio (litología por tramos, nivel del agua subterránea encontrado, prueba de bombeo respectiva) y del armado final del pozo.
11. De hacerse el pozo en el terreno seleccionado, este deberá ser evaluado mediante la prueba de bombeo de rigor. Se hace la salvedad de que será hasta este momento, y a partir de los datos de la prueba de bombeo, que se podrá definir un posible caudal de explotación del futuro pozo.

XIII. REFERENCIAS

- AYA; 1994: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. “Normas para el cálculo de los tiempos de tránsito entre los drenajes de los tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea”. División de Estudios y Proyectos. San José.
- AYA; 2016: Bases de datos de pozos.
- ALVARADO, G.E. & GANS, P.B.; 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogénia de Costa Rica, América Central.- Revista Geológica de América Central, 46: 7-122.
- BOHNENBERGER, O., 1968: “Reconocimiento foto geológico del área de Guanacaste entre la Cordillera Volcánica y el Río Tempisque”. *SENAS, Inf. Técn.* 16, 26 págs., 10 planos; San José, Costa Rica.
- BOLAÑOS, K., 2004: Formación Liberia.-EN Sprechman , P (ed) , Manual de Geología de Costa Rica. I Estratigrafía : 74-77. Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- CHIESA, S; ALVARADO, G.E; PECCHIO, M; CORELLA, M. & ZANCHI, A; 1994: Contribution to petrological and stratigraphical understanding of the Cordillera de Guanacaste lava flows, Costa Rica.- *Rev. Geol. Amér. Central*, 17: 19-43.
- CONAGUA, S.A; 2001: Estudio Hidrogeológico del valle aluvial superior del río Tempisque. Informe Interno. San José, Costa Rica. - 24 págs.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M.R; 1983: Hidrología subterránea. Tomo I.- 1557 págs. Ed. Omega, Barcelona.
- DENGO, G; 1962: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica.- 112 págs, Instituto Geográfico Nacional, San José.
- DENYER, P. & ARIAS, O; 1993: Geología del Norte de la Península de Nicoya, Costa Rica.- *Rev. Geol. Amér. Central*, 16:69-84.
- DENYER, P; MONTERO, W. & AGUILAR, T; 2014: Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica – Estratigrafía y Tectónica.- 207 págs. Editorial UCR, San José.

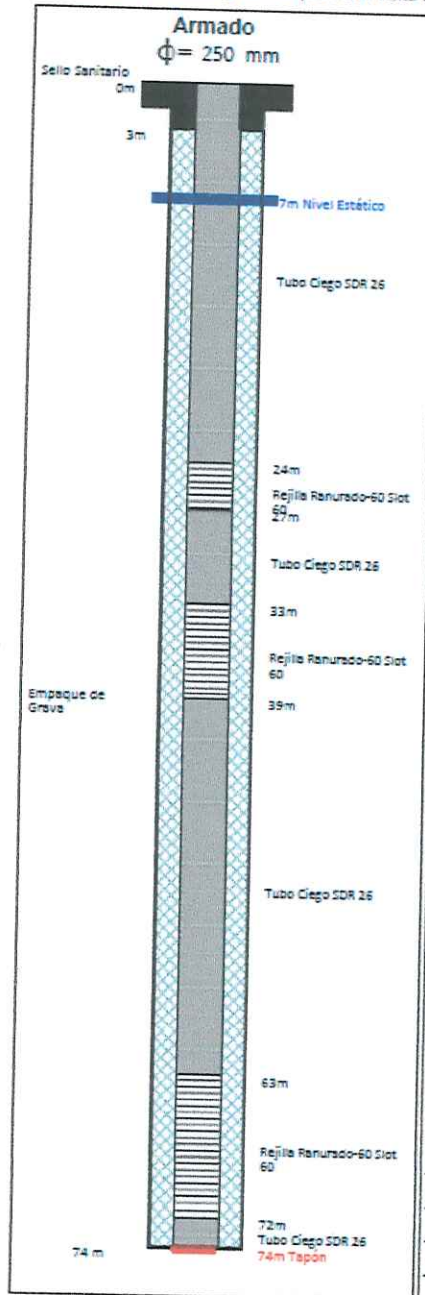
- DONDOLI, C., 1950: Liberia y sus alrededores .-8 págs ., Boletín Técnico N°. 3, Ministerio Agricultura e Industrias.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M. & PARIS, M.; 2002: Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.-115 págs. Banco Mundial, Washington, D.C.
- GRUBB, S; 1993: Analytical Model for Estimation of Steady-State Capture Zones of Pumping Wells in Confined and Unconfined Aquifers.- Ground Water, Vol 31, No 1.- 32 págs.
- HIDROTERRA; 2014: Estudio Hidrogeológico - Zonas De Protección De Los Pozos Artolito 1 (CN-403), Artolito 2 (CN-568), Artolito 3 (CN-402) Y Baltodano (CN-571), Las Trancas, Carrillo, Guanacaste. Contratación 2013LA-000024-PRI.- 47 Págs.
- LA GACETA; 2012: Metodologías Hidrogeológicas para la Evaluación del Recurso Hídrico.- N.147, martes 31 de julio del 2012.
- MAINERI, A., MCINTYRE, S., 1976: Proyecto Geotérmico de Guanacaste.-Inf de Prefactibilidad Técnica Anexo A. Geología) 97 pags., Inst. Costarricense de Electricidad, San José (inédita).
- MORA, O., 1988: Estudio Geológico-Petrológico de las piroclastitas en los alrededores de Bagaces provincia de Guanacaste Costa Rica.-Tesis Licenciatura Univ . Costa Rica : 150 pp., San José , Costa Rica.
- NACIONES UNIDAS; 1975: "Investigación de aguas subterráneas en zonas seleccionadas". 261 págs., 50 mapas; Proyecto ACUASUB, New York (informe técnico).
- SENARA; 2016: Bases de datos de pozos perforados.
- TECNOAMBIENTE CENTROAMERICANO; 2015: Informe Para La Definición De La Zona De Protección Del Pozo CN-725 Ubicado En Papagayo Norte, Guanacaste. Contratación Directa N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA. -52 págs.
- TOURNON, J; 1984: Magmatismes du Mesozoique a l'actual en Amerique Centrale: L'exemple de Costa Rica, des ophiolites aux andesites.- 335 págs. Univ. Pierre et Marie Curie [Tesis Ph.D].

ANEXO I:
POZOS CON INFORMACIÓN EN BASE DE DATOS DEL SENARA Y AYA

Pozo AyA 5 Baltodano (CN-571) / AyA N°05-19.

<p>Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados UEN Administración de Proyectos Unidad Técnica de Perforaciones</p>	<p>Pozo N° 05-19</p> <p>Nombre: _____ N° Pozo SENARA/MINAE: _____</p>
Pag. 1	

VALIDACION: Informe generado por Perfil Visita el 23/08/2015. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Papagayo Norte N°2			
Coord: N 288120 - E 361680	Elev(m): 0	Sist:	Lambert Norte
H/IGN: CARRILLO NORTE 30471	Provincia:	Guanacaste	
Propietario: ICAA	Cantón:	Carrillo	
Código: 05-05-02	Distrito:	Palmira	

Equipo de Perforación

Maquinaria: 60 RL n°5 (antes 60L)	Método: Percusión
Perforador: Melvin Hidalgo	Orden Costos:
Inicio: 24/08/2005	Final: 02/10/2005
Duración: 39 días	

Datos de Perforación		Datos Prueba de Bombeo	
	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Fecha de prueba: 18/12/2008
Perforación	350	74	Potencia bomba (hp): 60
Tubería	250	56	Profundidad bomba (m): 60
Rejilla	250	18	Nivel estático (m): 6.8
Ademe	350	0	Nivel dinámico (m): 18.75
			Caudal prueba (l/s): 39.1
Material	PVC		Abatimiento (m): 0
Tiempo Desarrollo (h):	0		Coef.almacenamiento: 0
Desarrollo:			Transmisividad (m2/día): 0
			Caudal rec. (l/s): 0
			Tiempo bombeo rec.(h): 0

Observaciones:
 Pozo en propiedad del señor Baltodano.
 Se recomienda extraer un caudal de 47.05 l/s con un abatimiento de 17.20 m.
 Pozo: CN-571

Litología

0-1 m	Arcilla plástica color gris.
1-5 m	Arena media color café.
5-9 m	Arcilla color café y gris con muy poca arena.
9-12 m	Arena color negra grano medio.
12-15 m	Arcilla con poca arena.
15-16 m	Arena gruesa color negra con clastos café.
16-22 m	Arcilla y arena color café oscuro.
22-28 m	Arena media con poca arcilla, color negro.
28-32 m	Arcilla con arena color café.
32-42 m	Arena muy gruesa con poca arcilla, color negro.
42-44 m	Arena muy fina color negro.
44-60 m	Arena fina, tobácea, color café, (depositos lacustres) con mucha arcilla.

Piezómetro - AyA 5 Baltodano (CN-707).

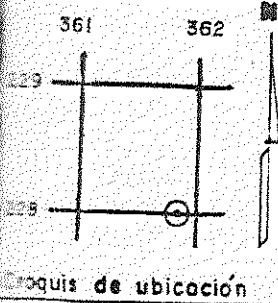
Pozo	Espesor (m)	Descripción litológica
CN-707	0.00-1.40	Arcilla negra.
	1.40-5.30	Arena media.
	5.30-7.00	Arcilla limosa café adhesiva.
	7.00-9.10	Arcillas grises.
	9.10-10.65	Grava fina, clasto 0.5,2,3,4 cm. Matriz de arena media.
	10.65-11.45	Arcilla limosa café
	11.45-13.70	Arena fina compactada, fragmentos de piriboles, magnetita.
	13.70-14.50	Arena negra gruesa.
	14.50-15.45	Arena fina café
	15.45-16.75	Arena limosa café.
	16.75-18.53	Arena fina gris suelta.
	18.53-24.83	Limo arcilloso negro, no plástico, no adhesivo.
	24.83-26.50	Arena muy gruesa negra.
	26.50-26.76	Muestra lavada.
	26.76-28.65	Arena café claro, granos finos, clastos de roca volcánica gruesa, cuarzo, piriboles y otras.
	28.65-29.18	Arena fina.
	29.18-29.58	Limo negro arcilloso.
	29.58-31.85	Limo arcilloso arenoso café con bandeamiento.
	31.85-33.20	Limo arcilloso gris.
	33.20-33.88	Limo arcilloso negro.
	33.88-34.91	Arena media negra.
	34.91-37.39	Arena fina gris verdusco.
	37.39-37.63	Limo blanco compacto.
	37.63-47.40	Arena fina graduada a media, de color gris a negro en sectores agujeros y madera.
	47.40-50.50	Arena gruesa café, planos de oxidación semisaturada (fragmentos de vidrio, cuarzo, feldespato, fragmentos de roca volcánica negra)
	50.50-59.65	Limo arcilloso café
	59.65-61.75	Arena gruesa a grava fina.
	61.75-63.30	Arena gris media con clastos de roca volcánica, cuarzoes angulares.
	63.30-65.95	Aluvión de grava gruesa, clastos de lavas negras y gris angulares, con tamaños de 20 mm a 45 mm (10-15%) angulares sub-redondeados.
	65.95-69.40	Arena fina con limo y arcilla gris blancuzco, compactadas, saturadas, al secar se fracturan. Grava fina gris, clastos de lava basáltica.
	69.40-71.65	Arena fina negra, saturada (obtenida del retorno, no del alma)
	71.65-75.95	Grava gruesa (Q-d), clastos de lavas negras, gris afántica porfirítica. Matriz de arena gruesa y media. Fractura seco (saturada color café rojizo) fragmentos angulares y subredondeados.
	75.95-80.55	Grava gruesa rojiza, clastos de 0.5 a 54 mm (Q-d), clastos de lava, núcleos sanos, pero bloques perforados
	80.55-81.60	
	81.60-88.70	Grava gruesa (Q-d), clastos de lava negra, arena media fina negra no recuperable, sólo de boca del pozo, núcleo de roca grandes perforado clastos de lava con mucho piroxeno.
	88.70-91.75	Arena media, con clastos tomada de boca del pozo, no hubo recuperación.
	91.75-93.60	Arena gruesa-muy gruesa, saturada, compactada.
	93.60-101.68	Grava gruesa (Q-d) con núcleos de lava redondeados en extremo. Aluvión de bloques volcánicos perforados. Núcleos de roca, clastos de roca volcánica negra.
	101.68-103.60	Ignimbrita gris violácea
	103.60-107.00	Toba cinerítica gris blancuzco fracturada y planos oxidados.
107.00-111.60	Sedimentos tobáceos meteorizados a arenas medias negras, se van degradando a arenas finas y gruesas, saturadas y poco coherentes.	
111.60-114.20	Arena negra gruesa a muy gruesa. Contienen alto contenido de Magnetita.	
114.20-116.15	Grava gruesa de clastos de lava angulares a subangulares	
116.15-117.97	Arena fina a media de color negra, posee alto contenido de magnetita compactada, clastos angulares subredondeados.	
117.97-122.25	ignimbrita gris blancuzco, fracturas verticales, planos de fracturas oxidados.	

Pozo	Espesor (m)	Descripción litológica
CN-707	122.25-123.80	Grava gruesa, bloques subangulares de lava negra afanítica porfírica (fracturada)
	123.80-124.90	Toba de fina a media verde saturada, sedimentos tobáceos finos.
	124.90-125.10	Toba Lítica.
	125.10-142.00	Arena fina verde saturada, sedimentos tobáceos. Matriz de arena fina verde, clastos de 1 mm hasta 15 mm (1-3%) sorteo pobre.
	142.00-144.00	Arenas finas grises compactadas.
	144.00-150.00	Arenas finas verdes, cristalina vítrea, cristales de vidrio, obsidiana, fragmentos de roca volcánica negra en matriz, se cristaliza de color verde de clarita y otros minerales verdes, roca compactada muy dura.

Pozo CN-235.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DIRECCION DE DESARROLLO
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS
INVENTARIO DE POZOS



Pozo N° CN-235
 Ubicación: Guanacaste Carrillo
 Provincia Cantón
Palmira Finca Surinam
 Distrito Lugar
 Pozo #3 ICT
 Hoja cartográfica: Carrillo Norte
 Coordenadas: Lat. 228.0 Long. 361.85

Simbología Litológica

Armado	Descripción Litológica	Datos
	0m Arcilla	Propietario: <u>ICT</u> Profundidad: <u>37.5</u> m Nivel Estático: <u>3.67</u> m Topografía: <u>Plana</u> Elevación: <u>± 20</u> m s.n.m. Perforadora: <u>ICAA</u> Perforación por: <u>Rotación</u> Percusión: <input checked="" type="checkbox"/> Excavado: <input type="checkbox"/> otros: <u> </u> Revestimiento: tipo <u>Acero</u> ø <u>254</u> mm de <u>0.00</u> m a <u>22</u> m y <u>25.29</u> m y <u>31 - 37.5</u> m Rejilla: tipo <u>Jonhson</u> ø <u>254</u> mm de <u>22</u> m a <u>24</u> m y <u>29 - 31</u> m Explotación con Bomba tipo: <u>Turbina</u> Caudal: <u>12.5</u> LA Nivel Dinámico: <u>9.65</u> m Estabilizado: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Usos: <u>Abast. Pública</u> Doméstico <input type="checkbox"/> Irrigación <input type="checkbox"/> otros: <u>Hotelería</u> Calidad: Color <u> </u> Olor: <u> </u> Sabor <u> </u> temp. <u> </u> °C Muestreo: Si <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Observaciones: <u>Inicio de perforación 17-6-89 concluyó 2-9-89.</u>
	9 Limo	
	15 Arena Grava	
	33 Arcilla	
	Nivel Estático: <u>3.67 m</u> Nivel Dinámico: <u>1.5 m</u> Q = <u>20 l/s</u> T = <u>430 m²/d</u>	

Pozo CN-611.

Pozo	X	Y	Espesor (m)	Descripción litológica	Nivel de agua (m)	Armado de pozos
CN-611	361680	287770	0.00-1.50	Arcillas color gris a negro, muy plástico.	2	No se armó el pozo.
			1.50-7.00	Suelo limo arenosos color café.		
			7.00-46.80	Arenas medias a finas de llanura de inundación con lentes de arenas gruesas, permeabilidad alta.		
			46.80-60.00	Tobas blanca.		

Pozo CN-505.

Pozo	X	Y	Propietario	Prof. (m)	Nivel de agua (m)	Caudal (L/s)	Uso	Litología
CN-505	362 030	287 280	FERNANDO A. GONZALEZ BOLAÑOS	40.00	12	5	DOMEST- RIEGO	0,00-2,00 suelo / 2,00-9,00 arcilla con
								fragmentos de roca / 9,00-13,00 arenas
								volcanicas finas con matriz uncicenta / 13,00-21,00
								tobas constituidas con cuarzos y piedra pomez / 21,00-26,00 idem anterior / 26,00-30,00
								lavas volcanicas / 30,00-40,00 toba aparenta ser el final de la form. Bagaces muy densa / 40,00

Pozo CN-385.

Pozo	X	Y	Propietario	Prof. (m)	Nivel de agua (m)	Caudal (L/s)	Uso	Litología
CN-385	362 200	287 225	AGROP. LA FORTUNA DE MUZAR	30	10,65	3,8	AGROINDUS TRIAL	0,00-2,00 materia organica / 2,00-13,00 tobas /
								13,00-30,00 cenizas volcanicas / 30,00



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

MEMORANDO

PARA: German Araya Montezuma
Región Chorotega

FECHA: 22 de agosto del 2016

DE: Viviana Ramos Sánchez
UEN Gestión Ambiental

No. UEN-GA-2016-01013

ASUNTO: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA UBICACIÓN DE UNA PERFORACIÓN Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, MONTE GALÁN, CARRILLO, GUANACASTE.

En referencia a la solicitud de la Región Chorotega y al oficio SG-GSP-2016-00141 se hace entrega del estudio denominado “Estudio Hidrogeológico Para Ubicación de una Perforación y zona de Amortiguamiento, Monte Galán, Carrillo, Guanacaste”, el cual fue elaborado por el Área Funcional de Hidrogeología, en donde se indican las siguientes conclusiones:

1. Para el sitio propuesto (Coordenadas 362108 / 287499) para realizar una perforación de tipo exploratorio-producción se determinó que se ubica sobre una antigua planicie de inundación del río Tempisque conformada por arenas y limos arenosos, dicho material se encuentra muy deleznable y presenta un color café grisáceo, esta se extiende en ambos márgenes del río Tempisque y posee un espesor de unos 10 metros. Por debajo de esta unidad se encuentra un depósito de ignimbritas pertenecientes a la Formación Bagaces (Miembro Medio).
2. El terreno se ubica a una elevación de 33 m.s.n.m; en la margen derecha del río Tempisque, presenta una topografía plana con una pendiente menor a los 5°. Dicho terreno está siendo donado según comunicación verbal con el Ing. Marco Solano de la Región Chorotega AyA y en donde se pretende perforar un pozo para abastecimiento público.
3. Para el acuífero aluvial se concluye según el perfil hidrogeológico y los datos de campo de los pozos que se trataría de un acuífero libre cubierto, mientras que

para el acuífero albergado en las ignimbritas se le definió como un acuífero libre. Además se indica que existe una comunicación hidráulica entre sí ya que se encontraron niveles de agua a elevaciones similares en pozos que captaban tanto el segmento aluvial como las ignimbritas.

4. Para la zona de estudio se encontraron varios pozos cercanos con información litológica u parámetros hidráulicos, por ejemplo se tomó el pozo CN-571 (AyA Baltonado 5), ya que este se encuentra captando el acuífero aluvial con una transmisividad T de 469 (m^2/d); y se tomó el piezómetro CN-707, ya que este se encuentra captando el acuífero de ignimbritas a una profundidad entre 122 y 150 m y reporto una transmisividad T de 43,68 (m^2/d).
5. Los caudales en la zona oscilan entre 40 y 80 L/s debido a que los pozos existentes captan tramos de mezcla de los acuíferos de ignimbritas y aluviales.
6. Para el sitio en estudio se estableció que el nivel del agua aflora a una elevación de 18 m.n.s.m., como se indica en el estudio de CONAGUA (2001), para esta zona, los acuíferos presentan una conexión hidráulica entre sí, de ahí que los niveles proyectados en el perfil se encuentran a una elevación similar. Por lo tanto la dirección de flujo para los acuíferos aluvial y el albergado en las ignimbritas es hacia el SE, con un gradiente hidráulico muy bajo de 0,007.
7. La zona de amortiguamiento corresponde con un ancho de 242,6 m y un largo de 121,3 metros según el método de Radio Fijo. Y además se estableció un radio operacional y una zona de amortiguamiento de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2003, y de 74 m aguas abajo, a partir de criterio de experto (Figura 5)
8. En la zona operacional y en la zona de protección absoluta no se deberán de realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial y extracción de rocas y suelos ya que pueden afectar la calidad del agua del pozo por rápida infiltración y por escorrentía superficial.
9. Se recomienda además a la Subgerencia de Sistemas Comunales y a la Región Chorotega que se valore técnicamente por parte de la Unidad de Perforación-AyA, el pozo #5 llamado "Pozo AyA 4 Parcelas E Roble" ubicado 297 m al oeste del sitio propuesto en este estudio, ya que este no está en uso y fue perforado por el AyA, y puede ser empleado para la zona de Alto El Roble y Cascadas.
10. En caso de ser perforado el pozo del estudio, el Área Funcional de Hidrogeología recomienda que se deberán recalcular las dimensiones de la zona de amortiguamiento anteriormente definidas, para oficializarla formalmente como zona de protección absoluta del pozo, con base en el registro de las características hidrogeológicas propias del sitio (litología por tramos, nivel del agua subterránea encontrado, prueba de bombeo respectiva) y del armado final del pozo.

11. De hacerse el pozo en el terreno seleccionado, este deberá ser evaluado mediante la prueba de bombeo de rigor. Se hace la salvedad de que será hasta este momento, y a partir de los datos de la prueba de bombeo, que se podrá definir un posible caudal de explotación del futuro pozo.

Vb. Geóg. Gerardo Ramírez
Director UEN Gestión Ambiental

C: Andres Saenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Javier Valverde Hernández, Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos
Alejandro Contreras López, Región Chorotega
Carlos Gonzalez Chacon, UEN Administración de Proyectos
Cristian Corrales Díaz, UEN Gestión Ambiental
Archivo 393



COPIA

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

MEMORANDO

PARA: German Araya Montezuma
Región Chorotega

FECHA: 22 de agosto del 2016

DE: Viviana Ramos Sánchez
UEN Gestión Ambiental



No. UEN-GA-2016-01013

ASUNTO: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA UBICACIÓN DE UNA PERFORACIÓN Y ZONA DE AMORTIGUAMIENTO, MONTE GALÁN, CARRILLO, GUANACASTE.

En referencia a la solicitud de la Región Chorotega y al oficio SG-GSP-2016-00141 se hace entrega del estudio denominado "Estudio Hidrogeológico Para Ubicación de una Perforación y zona de Amortiguamiento, Monte Galán, Carrillo, Guanacaste", el cual fue elaborado por el Área Funcional de Hidrogeología, en donde se indican las siguientes conclusiones:

1. Para el sitio propuesto (Coordenadas 362108 / 287499) para realizar una perforación de tipo exploratorio-producción se determinó que se ubica sobre una antigua planicie de inundación del río Tempisque conformada por arenas y limos arenosos, dicho material se encuentra muy deleznable y presenta un color café grisáceo, esta se extiende en ambos márgenes del río Tempisque y posee un espesor de unos 10 metros. Por debajo de esta unidad se encuentra un depósito de ignimbritas pertenecientes a la Formación Bagaces (Miembro Medio).
2. El terreno se ubica a una elevación de 33 m.s.n.m; en la margen derecha del río Tempisque, presenta una topografía plana con una pendiente menor a los 5°. Dicho terreno está siendo donado según comunicación verbal con el Ing. Marco Solano de la Región Chorotega AyA y en donde se pretende perforar un pozo para abastecimiento público.
3. Para el acuífero aluvial se concluye según el perfil hidrogeológico y los datos de campo de los pozos que se trataría de un acuífero libre cubierto, mientras que

para el acuífero albergado en las ignimbritas se le definió como un acuífero libre. Además se indica que existe una comunicación hidráulica entre sí ya que se encontraron niveles de agua a elevaciones similares en pozos que captaban tanto el segmento aluvial como las ignimbritas.

4. Para la zona de estudio se encontraron varios pozos cercanos con información litológica u parámetros hidráulicos, por ejemplo se tomó el pozo CN-571 (AyA Baltonado 5), ya que este se encuentra captando el acuífero aluvial con una transmisividad T de 469 (m^2/d); y se tomó el piezómetro CN-707, ya que este se encuentra captando el acuífero de ignimbritas a una profundidad entre 122 y 150 m y reporto una transmisividad T de 43,68 (m^2/d).
5. Los caudales en la zona oscilan entre 40 y 80 L/s debido a que los pozos existentes captan tramos de mezcla de los acuíferos de ignimbritas y aluviales.
6. Para el sitio en estudio se estableció que el nivel del agua aflora a una elevación de 18 m.n.s.m., como se indica en el estudio de CONAGUA (2001), para esta zona, los acuíferos presentan una conexión hidráulica entre sí, de ahí que los niveles proyectados en el perfil se encuentran a una elevación similar. Por lo tanto la dirección de flujo para los acuíferos aluvial y el albergado en las ignimbritas es hacia el SE, con un gradiente hidráulico muy bajo de 0,007.
7. La zona de amortiguamiento corresponde con un ancho de 242,6 m y un largo de 121,3 metros según el método de Radio Fijo. Y además se estableció un radio operacional y una zona de amortiguamiento de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2003, y de 74 m aguas abajo, a partir de criterio de experto (Figura 5)
8. En la zona operacional y en la zona de protección absoluta no se deberán de realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial y extracción de rocas y suelos ya que pueden afectar la calidad del agua del pozo por rápida infiltración y por escorrentía superficial.
9. Se recomienda además a la Subgerencia de Sistemas Comunales y a la Región Chorotega que se valore técnicamente por parte de la Unidad de Perforación-AyA, el pozo #5 llamado "Pozo AyA 4 Parcelas E Roble" ubicado 297 m al oeste del sitio propuesto en este estudio, ya que este no está en uso y fue perforado por el AyA, y puede ser empleado para la zona de Alto El Roble y Cascadas.
10. En caso de ser perforado el pozo del estudio, el Área Funcional de Hidrogeología recomienda que se deberán recalcular las dimensiones de la zona de amortiguamiento anteriormente definidas, para oficializarla formalmente como zona de protección absoluta del pozo, con base en el registro de las características hidrogeológicas propias del sitio (litología por tramos, nivel del agua subterránea encontrado, prueba de bombeo respectiva) y del armado final del pozo.

11. De hacerse el pozo en el terreno seleccionado, este deberá ser evaluado mediante la prueba de bombeo de rigor. Se hace la salvedad de que será hasta este momento, y a partir de los datos de la prueba de bombeo, que se podrá definir un posible caudal de explotación del futuro pozo.


Vb. Geóg. Gerardo Ramírez
Director UEN Gestión Ambiental



C: Andres Saenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Javier Valverde Hernández, Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos
Alejandro Contreras López, Región Chorotega
Carlos Gonzalez Chacon, UEN Administración de Proyectos
Cristian Corrales Díaz, UEN Gestión Ambiental
Archivo 393