



**Tecnoambiente
Centroamericano**

INFORME DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA

N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA

PARA LA DEFINICIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL

POZO CN-725 UBICADO EN PAPAGAYO NORTE,

GUANACASTE

Hidrogeól. Sandra Arredondo Li

Contraparte técnica y administrativa de la contratación:

MSc. Viviana Ramos Sánchez

Área Funcional de Hidrogeología-AYA

Octubre, 2015



**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
_05107

Firma: _____

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	OBJETIVO	6
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.1.2	METODOLOGÍA APLICADA.....	6
2	GEOLOGÍA.....	8
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL	8
2.2	GEOLOGÍA LOCAL.....	10
2.2.1	EL BASAMENTO ROCOSO DE LOS ALUVIONES.....	10
2.2.2	SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO TEMPISQUE, HOLOCENO	12
2.3	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	13
3	HIDROGEOLOGÍA	14
3.1	POZOS EN PAPAGAYO NORTE	14
4	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS.....	27
4.1	POZO CN-725 (TRANCAS N° 1).....	27
5	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL.....	29
6	ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS	30
6.1	MÉTODO DE TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS.....	30
6.2	MÉTODO DEL RADIO FIJO	32
6.3	MÉTODO DE GRUBB.....	33
6.4	CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO	34
6.4.1	POZO CN-725 (TRANCAS N° 1).....	35
7	CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES	37
8	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD.....	37
8.1	ACUÍFERO ALUVIAL PARA EL POZO CN-725 (TRANCAS N° 1)	38
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
10	REFERENCIAS	42

1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección de un pozo ubicado en el sector de Papagayo Norte, cercano a Comunidad en la provincia de Guanacaste, conocido como: CN-725 (Trancas N° 1).

Al momento de realizar el estudio, el pozo aún no se encontraba en funcionamiento, el pozo capta un acuífero Aluvial.

En el Cuadro N° 1, se resume la información del pozo analizado y su ubicación cartográfica en coordenadas Lambert.

Cuadro N° 1. Manantiales analizados en el estudio.

Nombre de la fuente	Nombre de fuente en AyA	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)	Caudal (l/s)
CN-725	TRANCAS N° 1	Pozo	361846	285850	22.8	80

El acceso al pozo ubicado en Papagayo Norte se realiza por la carretera nacional N° 21 y caminos vecinales, hasta llegar al pozo.

En la Figura 1 y Figura 2 se presentan los mapas de ubicación del pozo evaluado.

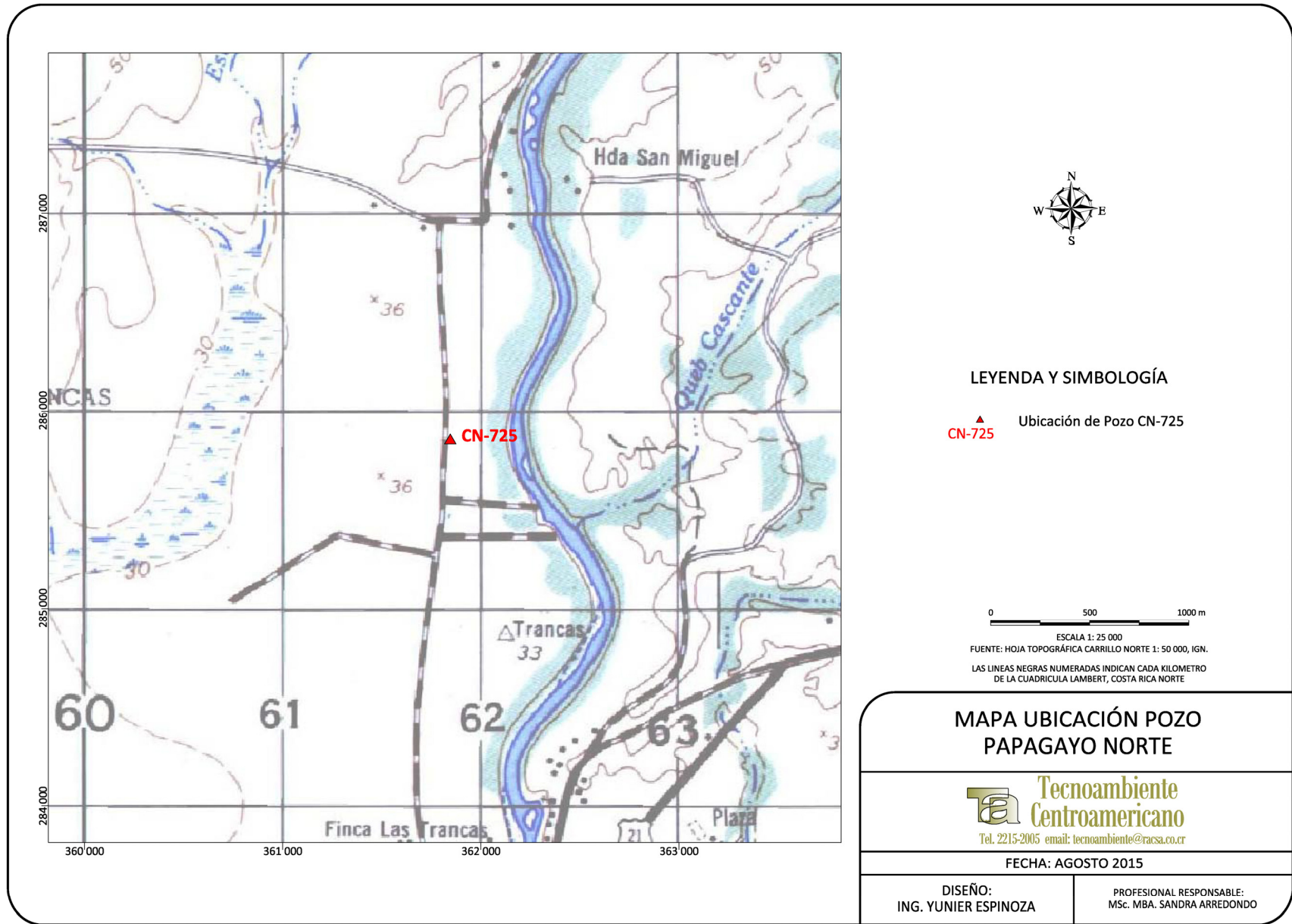


Figura 1. Ubicación del pozo de Papagayo Norte, Guanacaste.

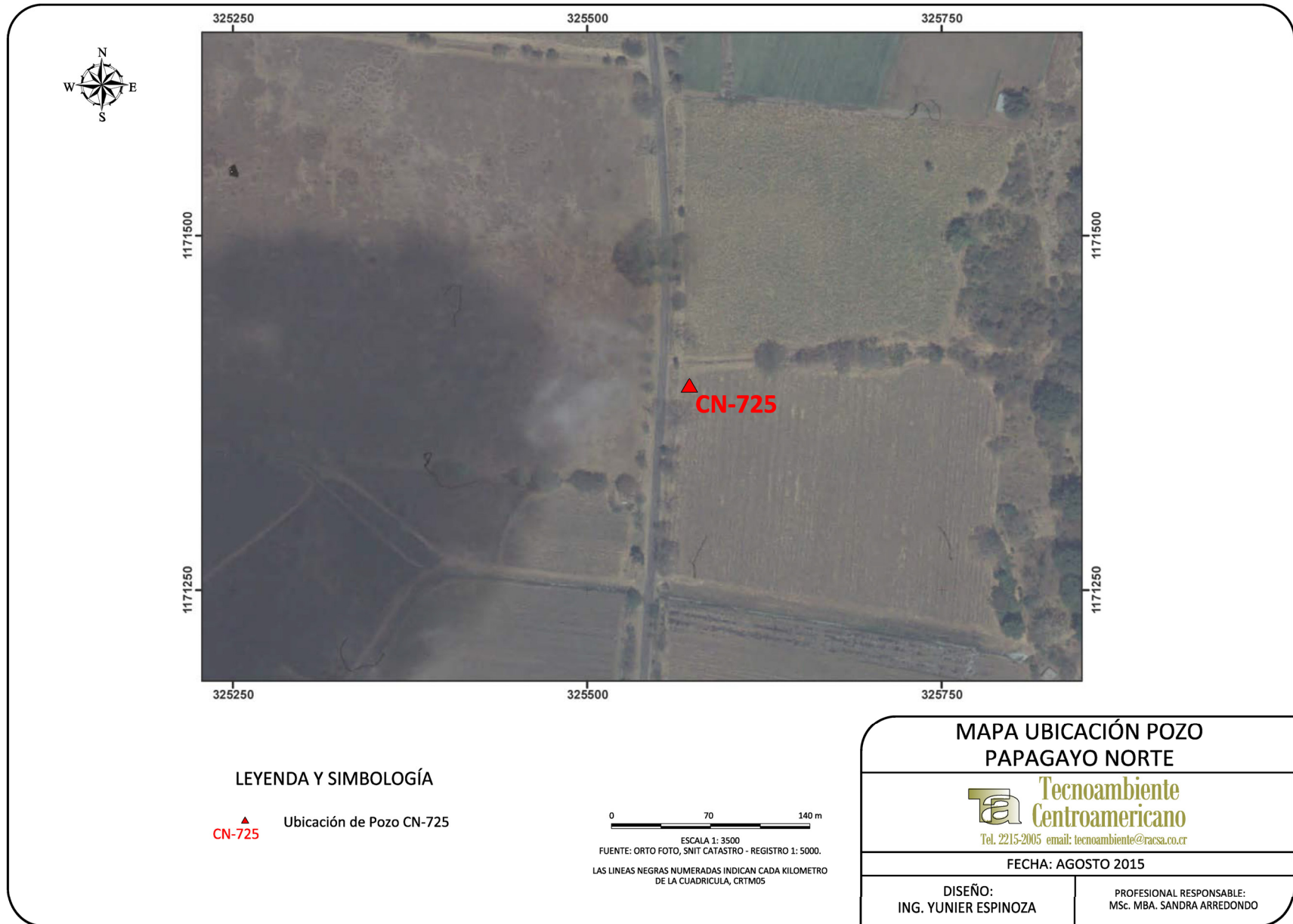


Figura 2. Ubicación del pozo de Papagayo Norte, Guanacaste con ortofoto.

1.1 OBJETIVO

El objetivo de la contratación es el de desarrollar un estudio hidrogeológico que contemple la definición de la zona de protección de una fuente de agua que ha selecciona el AyA, en este caso un pozo ubicado en la Papagayo Norte denominado CN-725 (Trancas N° 1), ubicado al norte de Comunidad en Guanacaste, con el fin de establecer la zona de protección absoluta o inmediata, que se requiere para la protección ante la amenaza de contaminación, como medida preventiva.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Obtener un mapeo geológico de campo en los alrededores de la fuente de agua.
- 2) Identificar si existen otras fuentes de agua cercanas que permitan analizar la situación circundante, como pozos u otras nacientes.
- 3) Obtener el caudal de la fuente de agua.
- 4) Ejecutar una campaña de pruebas de permeabilidad en los alrededores del pozo.
- 5) Obtener los datos de porosidad del suelo en la zona de influencia del pozo.
- 6) Definir el modelo hidrogeológico de la zona evaluada.
- 7) Calcular la zona de protección de la fuente de agua utilizando métodos aplicados internacionalmente para obtener la zona de protección absoluta inmediata.
- 8) Reportar la calidad del agua de la fuente captada.

1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km² a escala 1:25 000 que incluye un perfil hidrogeológico, los espesores calculados para las unidades geológicas se basan en el trabajo de campo realizado.

Adicionalmente se recopiló la información de pozos y nacientes en los alrededores de la fuente de agua con el fin de establecer el modelo geológico e hidrogeológico para cada caso.

En el caso si fuese posible, se trató de medir niveles freáticos en pozos cercanos para verificar las condiciones actuales de los niveles de agua subterránea, con el fin de elaborar el mapa de isofreáticas para cada sector.

Los datos de caudales y parámetros hidráulicos han sido tomados de los registros reportados por el AyA en cada región, sin embargo en algunos casos no se cuenta con caudales, parámetros hidráulicos o pruebas de bombeo, por lo tanto se realiza la valoración con datos de estudios previos, de la literatura internacional, válida para acuíferos con similares condiciones geológicas.

Las porosidades en la zona no saturada se obtuvieron de muestreos de suelos “in situ” que fueron analizados en el Laboratorio de Suelos INTA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Para desarrollar el cálculo de la zona de protección se utilizarán metodologías usadas internacionalmente, estas son: Grubb, método analítico y radio fijo; para ello se ejecutaron tres pruebas de permeabilidad para el pozo evaluado usando el método Porchet, mismos sitios donde se tomaron las muestras de suelo para ser evaluadas en el laboratorio del INTA, con el fin de obtener el valor de porosidad para los cálculos hidráulicos.

Adicionalmente se realizó un análisis de la vulnerabilidad a la contaminación en la zona de protección inmediata y a un radio de 500 m alrededor de la fuente utilizando el método GOD, el resultado se presenta en un mapa escala 1:25 000.

En los alrededores del área el basamento está formado por rocas del basamento ofiolítico regional, que incluye basaltos oceánicos de edad Jurásico-Cretácico, intrusivos gabroicos del Cretácico Superior (Intrusivo Potrero), y radiolaritas de edades Jurásico-Cretácico, en una compleja secuencia tectónica (Denyer & Baumgartner, 2006; Denyer & Gazel, 2009; Denyer et al., 2014). El basamento está sobreyacido discordantemente por rocas ignimbríticas predominantemente soldadas, de distribución regional, pertenecientes a la Formación Bagaces, miembros Medio y Superior, cuyas edades van, en este sector, de 3,2 a 2,1 Ma (Alvarado & Gans, 2012).

Esta área se encuentra en medio de sistemas de fallas regionales transcurrentes, con movimiento dextral: La Falla Tempisque, del Sistema de Falla Los Chanchos hacia el oeste, y la Liberia hacia el este (Figura 3; Montero & Denyer, 2011; Denyer et al., 2014). Hay otras fallas menores en el medio de estas fallas principales.

La Falla Tempisque del Sistema de Falla Los Chanchos (Fotografía 1) se encuentra unos 2 km al oeste del sitio del pozo, está orientada NE, está mapeada por CNE (2000 a), un poco diferente a la de Denyer et al. (2003) y Denyer & Alvarado (2007), y su mejor traza está en el mapa de Denyer et al. (2013) de la hoja Carrillo Norte. Tiene un conspicuo escarpe, con el lado SE bajando, y corta a la secuencia de rocas del Plioceno terminal - Pleistoceno Temprano de la Formación Bagaces y por tanto, estos últimos autores la consideran neotectónica, es decir, con actividad reciente.



Fotografía 1. El escarpe de la Falla Tempisque, al fondo, visto desde el sitio del pozo CN-725 (Trancas N° 1).

El río Tempisque corre cercano a una falla inferida, que estaría cortando a rocas de la Formación Bagaces y la hace bajar cerca de 40-60 m, lo cual es explicable solamente a través de una falla inferida, la cual no es mostrada por Denyer et al. (2013). En el sector de graben entre el Tempisque y el escarpe de la Falla Tempisque, en el sector oeste, se han perforado rocas de la Formación Descartes. El pozo CN-723, a 2,5 km al noroeste del pozo, ha tocado estas rocas sedimentarias a 57,70 m de profundidad, el cual consta, hasta los 90,70 m de profundidad, de lutitas negras carbonatadas con vetillas de calcita, que el perforador ha correlacionado con rocas de la Formación Descartes (Vargas & Araya, 2015). Por correlación estratigráfica y con base en las descripciones actualizadas de las diferentes formaciones de la cobertura al basamento ofiolítico en la Península de Nicoya (Denyer et al., 2014), estas rocas se correlacionan con las rocas del Miembro Zapotal de la Formación Descartes, que incluyen 100 m de intercalaciones centimétricas de rocas finas, incluyendo lutitas calcáreas oscuras. De hecho, estas rocas afloran unos 10 km al noroeste, en las cercanías de Bahía de Culebra (Denyer et al., 2013).

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

Los trabajos de base que se han utilizado para la compilación geológica y tectónica son los de Denyer et al. (2003; 2009), Denyer & Alvarado (2007), Montero & Denyer (2011), y Denyer et al. (2013; 2014).

Estos trabajos y sus mapas han sido complementados con una revisión y afinamiento del mapa geológico aquí presentado (Figura 4).

2.2.1 EL BASAMENTO ROCOSO DE LOS ALUVIONES

Con base en la geología mostrada por diecisiete pozos perforados en los alrededores del pozo CN-725 estudiado (Trancas N° 1), y la geología del pozo mismo, estos aprovechan los aluviones del Tempisque (Fotografía 1), y solo seis de ellos (los CN-553, 505, 413, 406, 403 y 218) tocan el basamento rocoso de la ignimbrita, o bien de la Formación Descartes (el CN-723).

El pozo CN-725 (Trancas N° 1) corta la ignimbrita a 61 m y hasta los 98 m, y está subyacida por otros depósitos aluviales o bien fluvio-lacustres, hasta al menos los 150 m de profundidad. Los otros pozos adyacentes muestran la ignimbrita 26-50 m, con espesores de 10-11 m, y subyacidas asimismo por paleoaluviones de edad Pleistoceno Temprano. Algunos pozos alcanzan hasta 67 m de depósitos aluviales sin tocar la ignimbrita.

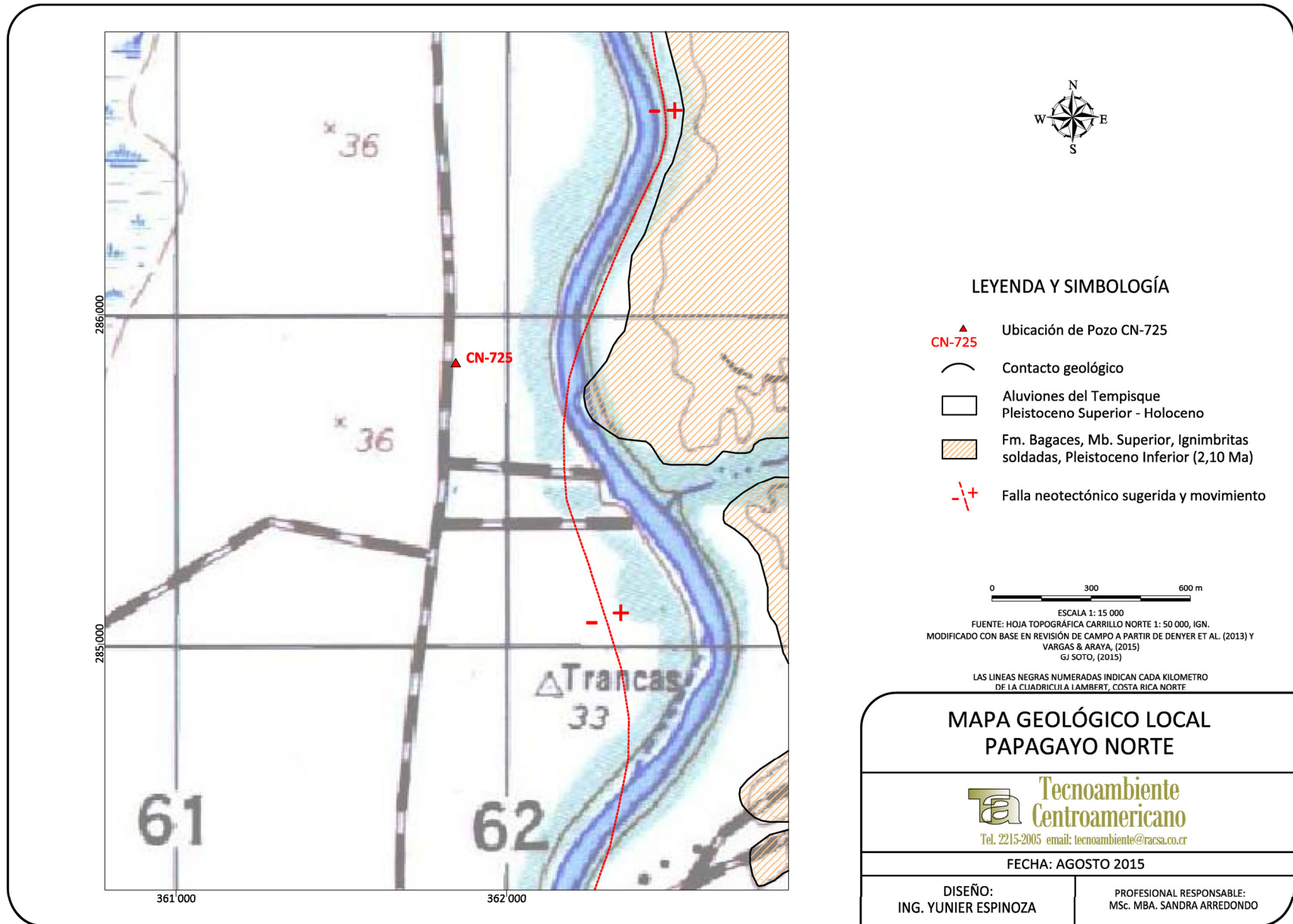


Figura 4. Mapa geológico en los alrededores del pozo CN-725 (Trancas N° 1), en las cercanías de Guardia. Parte de la hoja Carrillo Norte.

La Formación Bagaces (para detalles geológicos y estratigráficos, ver Aiazzi et al., 2004; Civelli et al., 2005 y las referencias en esos trabajos) es una serie de ignimbritas soldadas mayoritariamente de color gris oscuro a negro: Fotografía 2), usualmente ricas en fiammes y con cristales de plagioclasa visibles. Suelen tener disyunción prismática, y alcanzan espesores variables entre 20 y 40 m. Tienen lavas y epiclastos subordinados en sus secuencias estratigráficas.

Afloran a lo largo de la carretera Interamericana desde Cañas hasta La Cruz y en la ruta 21 (Liberia-Aeropuerto-costa), formando gran parte de la vertiente pacífica de la Cordillera de Guanacaste y la Meseta Ignimbrítica de Santa Rosa. Las ignimbritas que afloran en este sector son del Miembro Superior, que tiene edades de 2,10 Ma (Alvarado & Gans, 2012). Hacia el noroeste, en el escarpe de la Falla Tempisque, afloran en la base rocas del Miembro Medio, con edades de 2,97-3,21 Ma.



Fotografía 2. Afloramientos de la Formación Bagaces en los alrededores del Aeropuerto de Liberia (izq.: 371200E-287600N; der.: 368500E-2863000N). Son ignimbritas soldadas gris oscuro con fracturas múltiples, la mayoría por enfriamiento.

2.2.2 SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO TEMPISQUE, HOLOCENO

El río Tempisque fluye de noreste a suroeste, pero cambia de dirección de N a S unos 5 km al norte de Guardia, lo cual también es un argumento estructural para la falla inferida que se ha mapeado en el mapa de la Figura 4.

Los aluviones en el sector de la Finca Las Trancas había sido mapeado por Denyer et al. (2013) como muy delgados, con menos de 10 m de espesor. Los pozos perforados mencionados, sin embargo,

evidencian que acá los aluviones 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.

Los aluviones 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.

2.3 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

El pozo en estudio es:

Nombre de la fuente	Nombre de fuente en AyA	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)	Caudal (l/s)
CN-725	TRANCAS N° 1	Pozo	361846	285850	22.8	80

Se puede observar el estado actual del pozo en la Fotografía 3 y Fotografía 4, donde se aprecia la base de concreto y la boca del tubo, con un diámetro de aproximadamente 12", el armado del pozo CN-725 se puede observar en el Anexo N° 3.



Fotografía 3. Pozo CN-725 (Trancas N° 1) 361846 E – 285850 N. Margen este de carretera, vista al norte-este.



Fotografía 4. Pozo CN-725 (Trancas N° 1) 361846 E – 285850 N. Margen este de carretera, vista al sur-este .

3 HIDROGEOLOGÍA

3.1 POZOS EN PAPAGAYO NORTE

Con base en el análisis de la información geológica disponible y de campo, y la información de pozos del Archivo Nacional de Pozos en el SENARA y la Dirección de Aguas del MINAE, se determina que en el área de estudio se localizan pozos en el Archivo Nacional de Pozos del SENARA y Concesiones de Agua en la Dirección de Aguas del MINAE, se ha realizado una búsqueda de pozos y concesiones de agua con un radio de 2 km desde el pozo estudiado, con el fin de obtener la información necesaria para definir la hidrogeología de la zona y las curvas isofreáticas que definen la dirección del flujo del sistema acuífero existente en el lugar, adicionalmente tomando en cuenta los datos recabada en campo.

El acuífero identificado en la zona es de origen aluvial, se alberga en los depósitos de arenas, gravas e ignimbritas que presentan buena permeabilidad.

En el Cuadro N° 2 y Figura 5 se presentan los pozos de la zona que tienen información útil para el análisis y en el Anexo N° 3 se adjuntan los informes de los pozos que se adquirieron en SENARA y el Departamento de Aguas del MINAE.

Cuadro N° 2. Lista de Pozos registrados en la Dirección de Aguas del MINAE y SENARA, sector de Papagayo.

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	NF (m)	Q (l/s)	USO	LITOLÓGÍA
CN-218	363 250	284 200	ARROCERA LA ESPIGA	48.50	12.00	3.15	DOMESTICO	0,00-1,00 capa vegetal/ 1,00-12,00arcilla/ 12,00-24,00 cascajo/ 24,00-30,00 toba/ 30,00-40,00 arcilla con grava/ 40,00-48,50 arena fina/ 48,50,
CN-237	361 650	284 500	A Y A	43.00	7.24	11.85	ABAST.PUBLICO	0,00-12,00 arcilla/ 12,00-20,00 arena, media y fina, sana/ 20,00-26,00 arcilla(toba)color marron, meteorizada/ 26,00-29,00 arcilla con arena p.a baja/ 29,00-32,00 arena y grava p.a alta/32,00-33,00 arena/ 33,00-37,00 arena, media, sana, p.a .alta/ 32,00-33,00 arena/ 33,00-37,00 arena, media, sana, p.a alta/ 37,00-43,00 arcilla, color gris, muy plastica/ 43,00,
CN-411	360 200	286 100	AYA COMUNIDAD	30.00	0.00	0.10	ABAST.PUBLICO	0,00-9,00 arcillas plasticas con arenas finas / 9,00-13,00 arena fina / 13,00-15,00 arena medio limpia / 15,00-21,00 arena fina en matriz arcillosa muy plastica / 21,00-24,00 arena muy fina en matriz arcillosa / 24,00-28,00 material limo arcilloso compactado / 28,00-29,00 arenas con arcillas sueltas / 29,00-30,00 arena en matriz arcillosa / 30,00

CN-406	361 750	286 400	ARLITO TERCERO AMARILLO, S.A.	60.00	7.00	35.00	DOMESTICO	0,00-1,00 suelo vegetal / 1,00-7,00 material arcillo-arenoso / 7,00-13,50 arcillas color amarillo / 13,50-14,00 arenas finas / 14,00-40,00 arcillas rojizas / 40,00-50,00 arcillas color negro / 50,00-57,00 lavas rojizas duras formacionbagaces / 57,00-60,00 ignimbritas color negro / 60,00
CN-570	361 763	286 500	AYA	24.00	11.60	24.00	ABAST.PUBLICO	0,00-24,00 al final de 58 a 61 / 24,00-30,00 arcilla café / 30,00-36,00 arena fina-media 36,00-40,00 arcilla / 40,00-44,00 arena fina / 44,00-52,00 arcilla / 52,00-54,00 arena media / 54,00-58,00 arena fina con arcilla / 58,00-61,00 arena fina / 61,00-65,00 arena fina-media gris parece toba / 0,00-4,00 arcilla / 4,00-10,00 arena media / 10,00-16,00 arcilla gris / 16,00-24,00 arena gris marron
CN-568	361 763	286 500	AYA	65.00	10.87	9.50	ABAST.PUBLICO	0,00-5,00 suelo y arenas finas / 5,00-7,00 arenas finas y arcillas / 7,00-9,00 arena gruesa negra / 9,00-12,00 arcilla gris / 12,00-20,00 arena media negra / 20,00-22,00 arena gruesa negra.p.a buena / 22,00-25,00 arena fina media / 25,00-34,00 arcilla cafe claro / 34,00-39,00 arena fina con arcilla gris oscura / 39,00-45,00 arena fina media / 45,00-65,00 limo, arena fina arcilla
CN-402	361 775	286 675	ARLITO TERCERO AMARILLO, S.A.	60.00	7.00	30.00	ABAST.PUBLICO	0,00-1,00 suelo vegetal / 1,00-8,00 arcillas amarillas / 8,00-12,00 arenas finas con arcillas / 12,00-13,00 arenas y gravas de tamaño regular / 13,00-17,00 arcillas con gravillas / 17,00-31,00 arcillas / 31,00-37,00 arcillas con arenas / 37,00-41,00 arcillas color cafe / 41,00-60,00 arenas con arcillas / 60,00
CN-236	360 750	286 800	A Y A	44.50	8.35	20.00	ABAST.PUBLICO	0,00-11,00 arena fina y limo arcilloso/ 11,00-16,00 arcilla gris/ 16,00-20,00 arena seca/ 20,00-24,00 arena marron/ 24,00-30,00 arcilla (toba)/ 30,00-34,00 arena/ 34,00-36,00 arcilla/ 36,00-39,00 arena fina/ 39,00-43,00 arena media/ 43,00-43,00 arena media, limpia, sana/ 43,00-44,50 arcilla
CN-206	361 500	286 850	N/D	67.00	6.93	0.5	DOMESTICO	0,00-3,00 arcilla gris/ 3,00-4,50 arcilla marron/ 4,50-9,00 arena gruesa con grava/ 9,00-14,00 grava con arena gruesa/ 14,00-17,00 arena gruesa con grava/ 17,00-20,00 arena y grava con arcilla/ 20,00-23,00 arena gruesa con grava y arcilla/ 23,00-26,00 arena gruesa a mediana/ 26,00-31,50 grava mediana y arena con arcilla/ 31,50-41,20 grava de tamaño diverso/ 41,20-44,20 arena gruesa con grava pequeña/ 44,20-50,20 arcilla blanca y gris con algo de arena/ 50,20-55,00 arena con pequeña proporcion de grava y poca arcilla/ 55,00-56,50 arena gruesa con grava negra/ 56,50-67,00 grava de tamaño diverso con arena gruesa,
CN-544	362 410	286 850	CYCAS DE COSTA RICA, S.A.	35.00	4.00	4.00	RIEGO	0,00-1,50 suelo oscuro / 1,50-6,00 arena fina color negro / 6,00-25,00 arenas gruesas / 25,00-35,00 arcillas color café / 35,00
CN-413	362 000	287 000	GRANOS DEL PACIFICO, S.A.	50.00	3.44	4.70	RIEGO	0,00-2,00 suelo limo arcilloso / 2,00-8,00 arenas finas a medias con limo / 8,00-14,00 arena media a gruesa / 14,00-16,00 arcilla café con arena / 16,00-20,00 arcilla plastica pocos granos de grava / 20,00-26,00 arena arcillosa / 26,00-35,00 arenas gruesas de granos volcanicos / 35,00-38,00 arenas de textura media / 38,00-48,00 aluvionmas grueso / 48,00-50,00 toba litica sana

CN-385	362 200	287 225	AGROP. LA FORTUNA DE MUZAR	30.00	10.65	3.8	AGROINDUSTRIAL	0,00-2,00 materia organica / 2,00-13,00 tobas / 13,00-30,00 cenizas volcanicas / 30,00
CN-505	362 030	287 280	FERNANDO A. GONZALEZ BOLAÑOS	40.00	12.00	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 unicienta / 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
CN-553	360 410	287 363	INVERSIONES MONTE DEL BARCO, S.A.	45.00	7.00	4.1	DOMEST-RIEGO	0,00-3,00 arcilla se trata de sonsocuite / 3,00-15,00 toba minerales y pequeños fragmentos liticos / 15,00-27,00 ignimbrita color gris relativamente sana / 27,00-45,00 toba minerales pequeños fragmentos liticos / 45,00
CN-723	360 027	287 611	SENARA	90.70	12.85	N/D	PIEZOMETRO	0,00-9,70 arenas amedias / 9,70-17,20 limos y arcillas con lentes de arena gruesa color café / 17,20-20,20 arenas gruesas en matriz arcillosa / 20,20-23,20 limos y arcillas / 23,20-24,70 arenas gruesas / 24,70-30,70 limos y arcillas con lentes de arenas / 30,70-35,20 gravas gruesas con clastos andesíticos, en donde dentro de los clastos andesíticos se presenta mucha porosidad / 35,20-39,70 arenas finas y gravas / 39,70-42,70 gravas con clastos de lutitas / 42,70-57,70 coluvio formado por fragmentos de lutitas grises carbonatadas / 57,70-90,70 lutitas grises carbonatadas, con fracturas rellenas de calcita
CN-403	361 800	286 150	ARLITO TERCERO AMARILLO S.A	90.00	7.00	30	ABAST. PUBLICO	0.00m-1.00m. Suelo vegetal, p.a. baja. / 1.00m-3.00m. Arcillas color amarillo, p.a. baja. / 3.00m-11.00m. Material arenoso-arcilloso. P.a. baja. / 11.00m-17.00m. Aluvion de grano grueso. P.a. buena. / 17.00m-50.00m. Material heterogeneo areno-arcilloso. P.a. baja. / 50.00m-61.00m. Tobas color rojizo granulado. P.a. regular. / 61.00m-62.00m. Estratos de arena y arcillas. P.a. baja. / 62.00m-68.00m. Material arcilloso. P.a. baja. / 68.00m-79.00m. Material arcilloso. P.a. baja. / 79.00m-86.00. Ignimbritas color negro.p.a. buena. / 86.00m-90.00m. Material arcilloso, p.a. baja.
CN-155	360 860	285 100	I.C.T.	70.00	4.23	22	PIEZOMETRO	N/D

CN-725	361 846	285 850	AYA	150.00	13.00	80	ABAST.PUBLICO	1-4 - Limo arenoso café, Limo arenoso café, gravas. / 5-10 - Subredondeadas con cuarzo y líticos. Arena gruesas con menos cuarzo y clastos. /11 - Angulares de toba. / 12-14 Arena y gravas subredondeadas. Arena, gravas angulares de composición lávica. / 15-18 - cuarzosas y tobáceas. / 19-20 - idem con menos cuarzo. / 21-23 – Grava media redondeada a subredondeada. / 24-27 - Arena gruesa con poca grava. / 28 - Grava media angular a subangular. / 29 - Arena gruesa. / 30-34 - Arena gruesa y grava fina. / 35-37- Arena gruesa. / 38-40 – Gravamedia. / 41-44 - Arena gravosa. / 45 - Arena media y grava fina. / 46 - Grava media. / 47 - Arena gravosa. / 48-49 - Arena. / 50-53 - Grava arenosa. / 54-57 - Gravatina gris, con clastos escoriáceos, grava fina gris, con pocos clastosescoriáceos. / 58-59 - Mayor porcentaje de líticos Clastos angulares color gris, pumíticos con FeO2. / 60 – (Techo de la Ignimbrita). / 61-66 - Ignimbrita. / 67 - Cambio en la coloración en la ignimbrita (Meteorización). / 68-71 Ignimbrita sana. / 72 - Clastos tobáceos blanco-amarillentos y líticos. / 73-78 -Toba alterada, Clatos café angulares. / 79-80 - (Techo meteorizado de la Ignimbrita, posible paleosuelo). / 81-82 - Ignimbrita meteorizada. / 83-93 -Ignimbrita sana. / 94 - Base de la ignimbrita. / 95-98 -Toba café. / 99-100 - Arena media y grava fina color verde. / 101-107 - Fluvio-Lacustre. / 108 - Clastos angulares grises en matriz arcillosa. / 109 -Fluvio-Lacustre. / 110-115 - Idem 108 con clastos subredondeados. / 116-120 -Arenas medias y finas. / 121-125 - Fluvio-Lacustre color gris. / 126-132Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla. / 133-138 - Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arenas. / 139 - Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla. / 139 a 150Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla
--------	---------	---------	-----	--------	-------	----	---------------	--

N/D: No hay dato.

En el Cuadro N° 3 y Figura 5 se presentan los pozos cercanos no utilizados para el análisis.

Cuadro N° 3. Pozos cercanos no utilizados

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIE.	PROF. (m)	Q (l/s)	USO
CN-714	361721	283889	La Tajona de la Bajura (Inversiones Río Orinoco)	N/D	18	Riego-Doméstico-Turismo
CN-371	362750	283950	HECTOR HIDALGO CARBALLO S.A.	70	0.5	DOMESTICO
CN-655	362924	283994	PLUMA DE ACERO S.A.	50	2	COMERCIAL
CN-111	361650	284050	SALAS Y MOYA	65.25	9.45	DOMESTICO
CN-390	362950	284250	LLANOS DEL TEMPISQUE S.A.	N/D	N/D	RIEGO
CN-76	363400	284300	SENARA	57.64	2.3	DOMESTICO
CN-333	363075	284325	MUELLE GRANDE S.A.	0	0.5	DOMESTICO
CN-152	360300	284400		15		ABANDONADO
CN-153	360300	284400	SENARA	15	0.5	DOMESTICO
CN-465	362620	284410	ROXANA CALDERON CHINCHILLA	30	1	DOMESTICO
CN-315	362350	284600	GIORA G. ANGRES	N/D	0.5	DOMESTICO

Informe de la Contratación Directa N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA

CN-730	360083	284634	Gildan Liberia S.r.l.	120	85	Industrial
CN-691	363300	284690	Parque Empresarial Millenium S.A	130	5	Industrial
CN-700	363485	284723	Inversiones Colven de Liberia SA	80	5	Industrial
CN-690	363160	284790	Parque Empresarial MilleniumS.a	130	5	Doméstico-Riego
CN-692	363350	284800	Parque Empresarial Millenium S.A	130	3	Doméstico-Riego
CN-729	360226	284811	Gildan Liberia S.r.l.	120	85	Industrial
CN-704	360600	285000	Instituto Costarricense De Acueductos Y Alcantarillados	100	0	Piezómetro
CN-157	360860	285100	AYA	80	22	ABAST. PUBLICO
CN-164	361850	285150	NICOLAS CATA?EDA	N/D	0.5	DOMESTICO
CN-154	360080	285340	I.C.T.	50	N/D	TURISTICO
CN-725	361853	285853	Inversiones Río Orinoco, S.a.	150	0	Otros Usos
CN-726	361870	285853	Inversiones Río Orinoco, S.a.	150	0	Otros Usos
CN-492	361250	286100	MARIA ELENA MORALES VARGAS	6	3	VARIOS
CN-30	360400	286200	FEDERICO APESTEGUI	N/D	0.5	DOMESTICO
INV-282	361763	286557	Icaa	N/D	0	Seleccione el Uso
CN-415	362000	286800	GRANOS DEL PACIFICO S.A.	70	50	TURISTICO
CN-674	361062	286881	BANCO BCT S.A.#1	60	5	DOMEST-RIEGO
CN-705	360740	287000	Banco BctS.a	150	0	Piezómetro
CN-672	360705	287044	BANCO BCT S.A. #3	60	5	DOMEST-RIEGO
CN-166	360800	287200	H. GOICOECHEA	N/D	0.5	DOMESTICO
CN-603	361500	287200	ELIZABETH MENDEZ LARA	50	20	DOMEST-RIEGO
CN-42	361900	287200		16.5	0.5	DOMESTICO
CN-606	360395	287245	INVERSIONES MONTE DEL BARCO	40	2	DOMEST-RIEGO
CN-225	362100	287400	I.D.A.	N/D	0.5	DOMESTICO
CN-580	361900	287420	CARLOS ALBERTO MORALES MORALES	60	4	DOMEST-RIEGO
CN-338	360350	287500	FELIX RODRIGUEZ PAVON	N/D	N/D	RIEGO
CN-163	362000	287500		N/D	0.5	DOMESTICO
CN-585	360423	287533	INVERSIONES MONTE DEL BARCO S.A.	46	4.7	DOMEST-RIEGO
CN-93	362400	287600	SENARA	26.21	0.5	DOMESTICO
CN-92	362270	287660	SENARA	30.18	0.5	DOMESTICO
CN-611	361680	287770	GRANOS DEL PACIFICO S.A.	60	30	DOMEST-RIEGO

N/D: No hay dato.

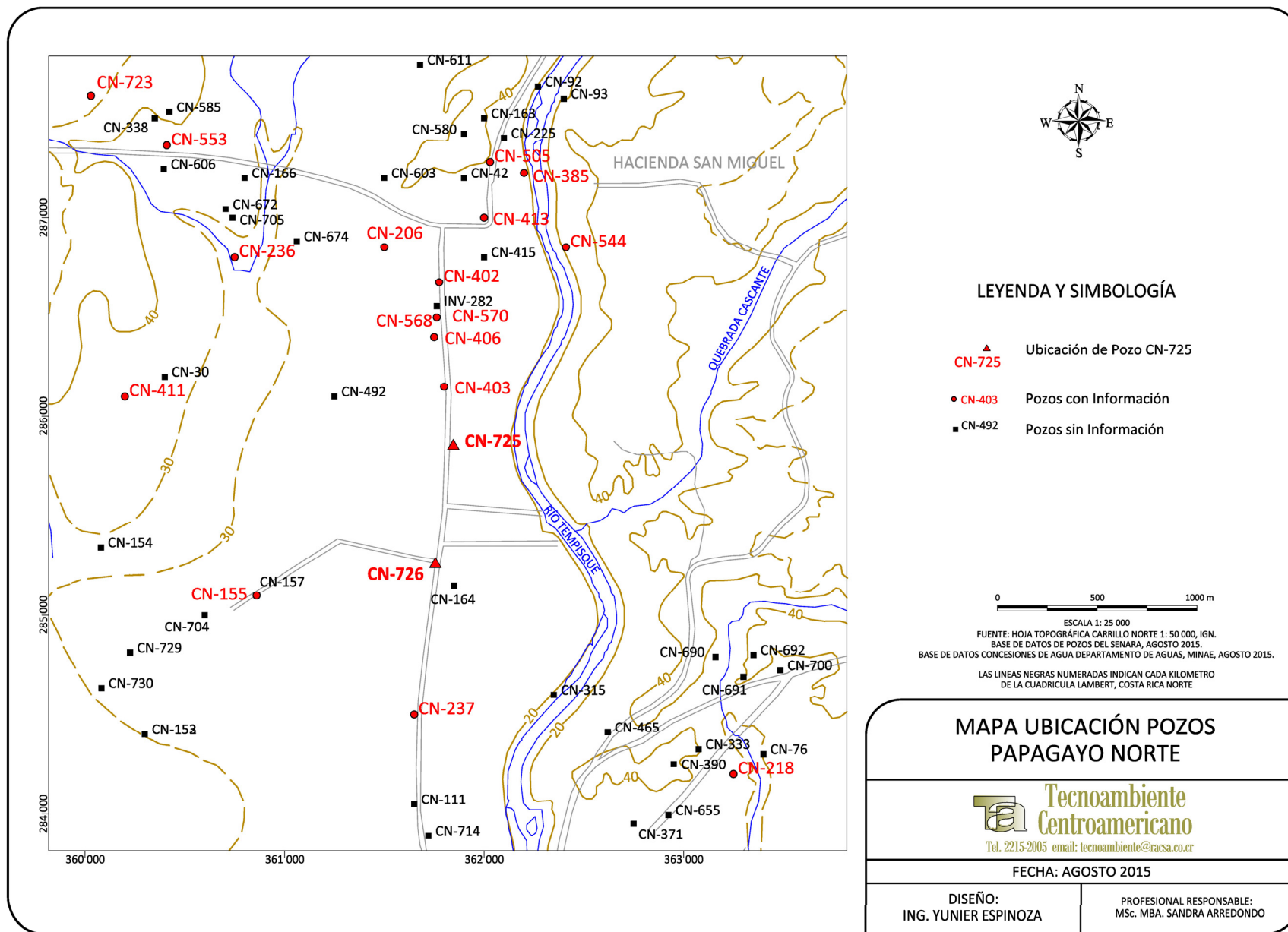


Figura 5. Mapa de Ubicación de Pozos registrados en la Dirección de Aguas y SENARA (Papagayo Norte).

En el Cuadro N° 4, se presenta la lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE para la zona de Papagayo.

En el mapa de la Figura 6, se presentan las concesiones registradas en la zona, algunos de ellas corresponden con tomas de aguas superficial y pozos.

Cuadro N° 4. Lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE, sector de Papagayo Norte.

Exped.	Este (m)	Norte (m)	Estado	Nombre Apellido	Fuente	Caudal (l/s)
15319-P	361721	283889	SOLICITUD NUEVA	LA TAJONA DE LA BAJURA S.A.	1 ACUIFERO	0
10583-P	362762	283895	SOLICITUD NUEVA	HIDALGO CARBALLO, S.A.	1 ACUIFERO	0
9703-P	363000	284300	OTORGADO	LLANOS DEL TEMPISQUE S.A.	1 ACUIFERO	0.15
4730-P	363350	284500	CANCELADO POR MOROSIDAD	AGRITRES R.P.I. S.A.	1 ACUIFERO	0.5
16491-P	360083	284634	SOLICITUD NUEVA	GILDAN LIBERIA SRL.	2 ACUIFERO	0
13774-P	363339	284663	SOLICITUD NUEVA	PARQUE EMPRESARIALMILLENIUM S.A.	1 ACUIFERO	0
13869-P	363485	284723	OTORGADO	INVERSIONES COLVEN DE LIBERIA S.A.	1 ACUIFERO	4
16491-P	360226	284811	SOLICITUD NUEVA	GILDAN LIBERIA SRL.	1 ACUIFERO	0
13773-P	363270	284890	SOLICITUD NUEVA	PARQUE EMPRESARIALMILLENIUM S.A.	1 ACUIFERO	0
15578-P	360611	285296	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	1 ACUIFERO SIN NUMERO	0
15578-P	360114	285321	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	2 ACUIFERO SIN NUMERO	0
16529-A	362400	285500	SOLICITUD NUEVA	GILDAN LIBERIA SRL.	1 RIO TEMPISQUE	0
2095-A	362400	285500	OTORGADO	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A.	1 RIO TEMPISQUE	225
15635-P	362097	285732	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	1 ACUIFERO SIN NUMERO	0
15635-P	361853	285853	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	2 ACUIFERO	0
16545-P	361853	285853	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	1 ACUIFERO	0
15635-P	361870	285853	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	3 ACUIFERO	0
16545-P	361870	285853	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RIO ORINOCO S.A	2 ACUIFERO	0
602-R	360200	286100	OTORGADO	AYA	869 ACUIFERO	0
10772-P	361250	286100	SOLICITUD NUEVA	MARIA ELENA MORALES VARGAS	1 ACUIFERO	0
7450-P	362100	286600	CANCELADO POR MOROSIDAD	LLANURAS DEL TEMPISQUE MB, S.A.	1 ACUIFERO	1
2227-A	362300	287000	CANCELADO POR VENCIMIENTO	BANCO BCT S.A.	1 RIO TEMPISQUE	66.5
9696-P	362200	287225	CANCELADO POR MOROSIDAD	LIDIET VARGAS MOYA	1 ACUIFERO	4
12029-P	362030	287280	CANCELADO POR MOROSIDAD	LAS LLANURAS DEL RIO CELESTE E Y A S.A.	1 ACUIFERO	3.85
735-R	359945	287289	INSCRITO	AYA	1 ACUIFERO	2.6
12760-P	360410	287363	OTORGADO	INVERSIONES MONTE DEL BARCO S.A.	1 ACUIFERO	11.3

Informe de la Contratación Directa N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA

4942-A	362200	287400	CANCELADO	S.U.A. LA CASCADA DE COMUNIDAD CARRILLO	1 RIO TEMPISQUE	0
12761-P	360423	287533	OTORGADO	FIDUCIARIA AML S.A	1 ACUIFERO	39
15970-P	360030	287615	SOLICITUD NUEVA	SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS, RIEGO Y AVENIMIENTO	51 ACUIFERO	0
10765-A	362400	287750	OTORGADO	SOCIEDAD DE USUARIOS DE AGUA AURISTELA	1 RIO TEMPISQUE	100

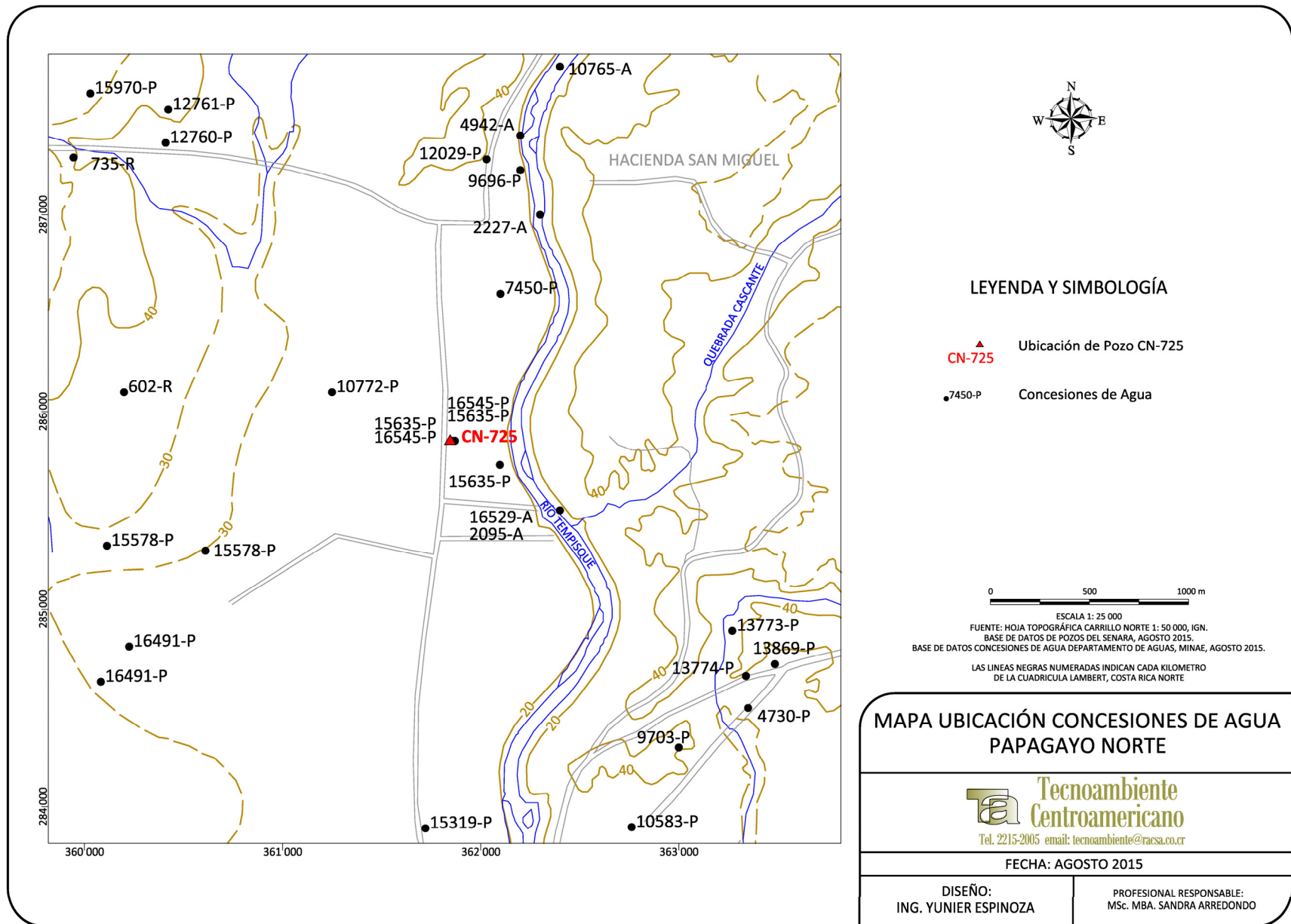


Figura 6. Mapa de Ubicación de concesiones de agua registrados en la Dirección de Aguas (Papagayo).

La delimitación de las isofreáticas en el acuífero consideró los siguientes criterios técnicos:

- a. Es un acuífero libre cubierto.
- b. Se albergan en los depósitos aluviales de la zona.

A partir de estos criterios, las curvas isofreáticas fueron delimitadas tomando en cuenta todos los criterios técnicos indicados anteriormente y además las alturas de los niveles de cada pozo utilizado, con el fin de contar con la mayor cantidad de puntos de nivel de agua subterránea y considerando la topografía actual (Figura 7 y Figura 8).

Con base en ello, se elaboró el perfil hidrogeológico de la Figura 9.

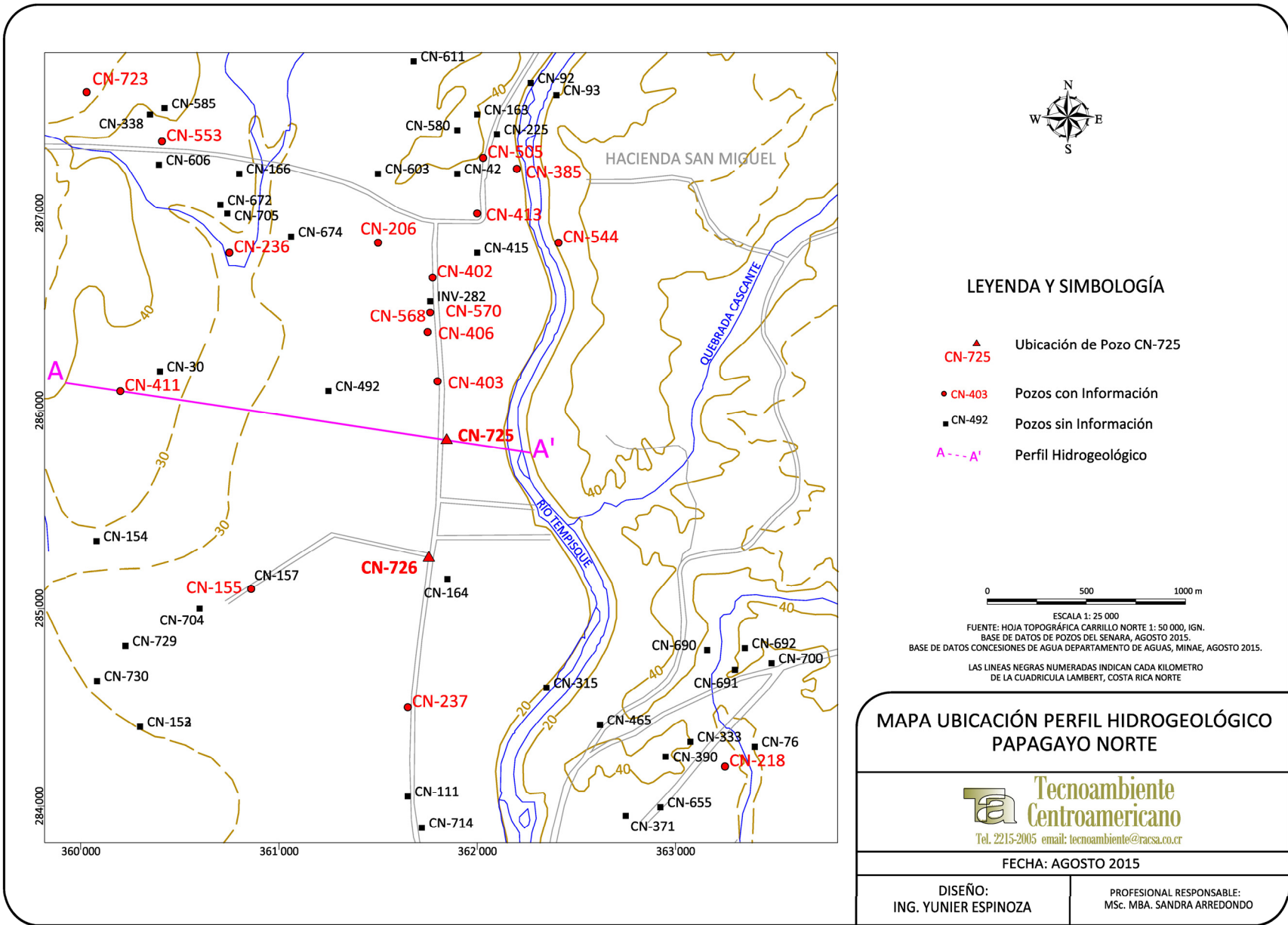


Figura 7. Mapa Ubicación del perfil hidrogeológico.

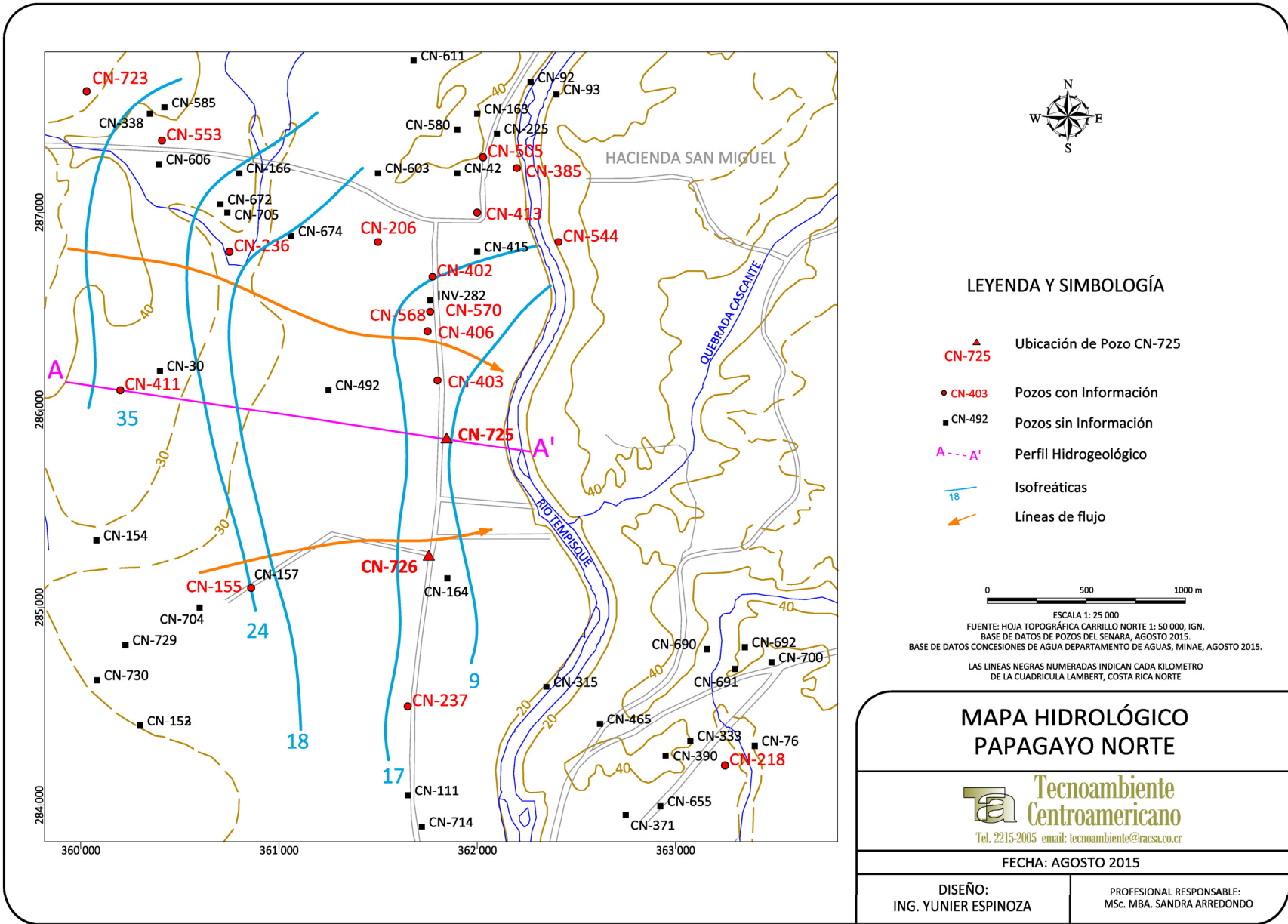
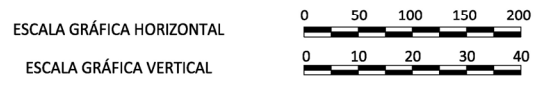
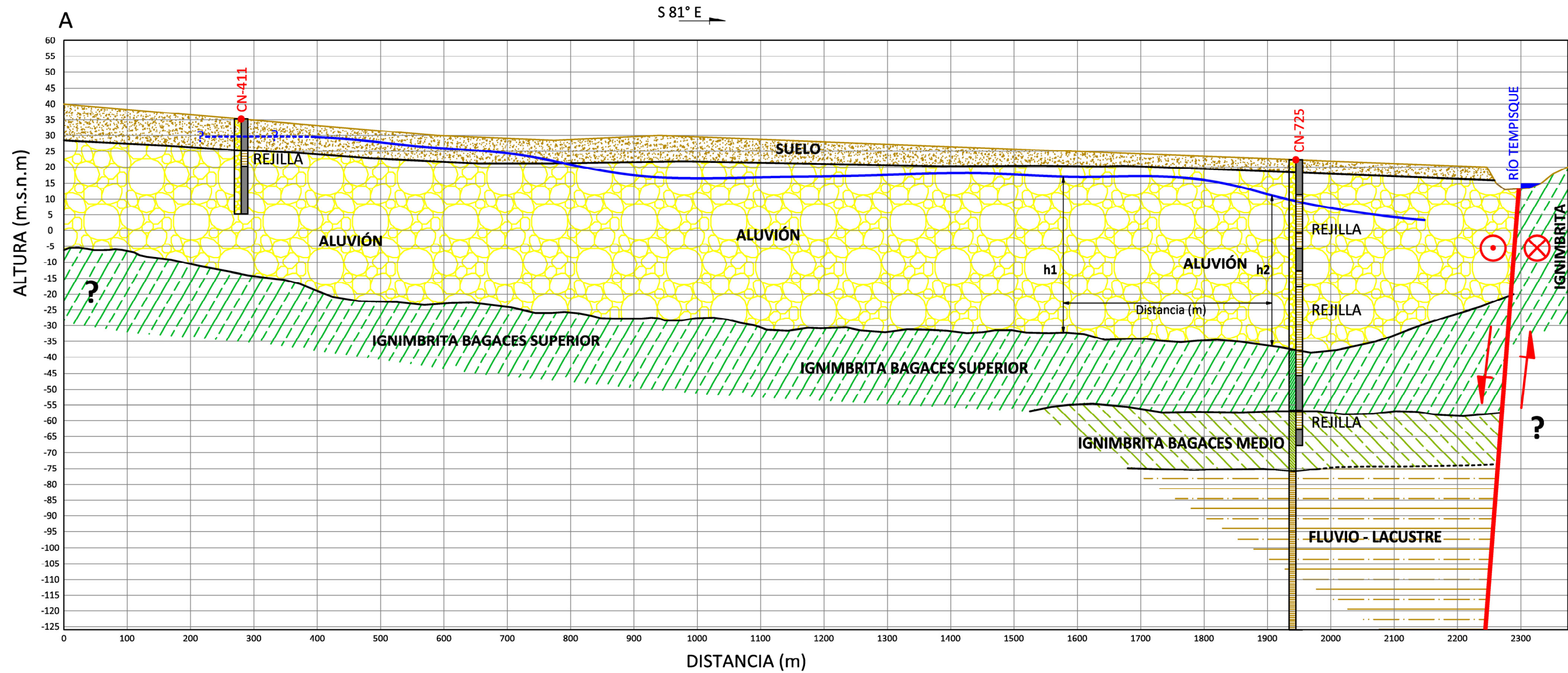


Figura 8. Mapa de Hidrológico (Papagayo Norte).



- LEYENDA Y SIMBOLOGÍA**
- Aluvión
 - Ignimbrita Bagaces Superior
 - Ignimbrita Bagaces Medio
 - Fluvio - Lacustre
 - Movimiento Falla
- ARMADO DE LOS POZOS**
- Tubo Ciego del pozo
 - Rejilla del Pozo

- Ubicación Pozo CN-725
- Nivel Freático
- Nivel Freático inferido
- Contacto Geológico

**PERFIL HIDROGEOLÓGICO A-A'
PAPAGAYO NORTE**

Tel. 2215-2005 email: tecnoambiente@racsaco.cr

FECHA: AGOSTO 2015

DISEÑO: ING. YUNIER ESPINOZA	PROFESIONAL RESPONSABLE: MSc. MBA. SANDRA ARREDONDO
---------------------------------	--




Figura 9. Perfil hidrogeológico A-A'.

4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS

4.1 POZO CN-725 (TRANCAS N° 1)

Los resultados obtenidos de porosidad y permeabilidad en el campo para el Pozo, se presentan en el Cuadro N° 5 (Anexos N° 1 y Anexo N° 2). Las ubicaciones de las pruebas de permeabilidad coinciden con los puntos de muestreo se presentan la Figura 10.

Cuadro N° 5. Resultados de porosidad y permeabilidad.

PUNTO	MUESTRA	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (m/d)	ESTE (m)	NORTE (m)	FOTO
POZO CN-725 POZO TRANCAS N° 1	CN725-P1	48,60	1,3018	361850	285872	
	CN725-P2	48,00	1,3026	361925	285945	
	CN725-P3	45,30	2,0251	361802	285950	

La ubicación de las Pruebas de permeabilidad se pueden observar en la Figura 10.

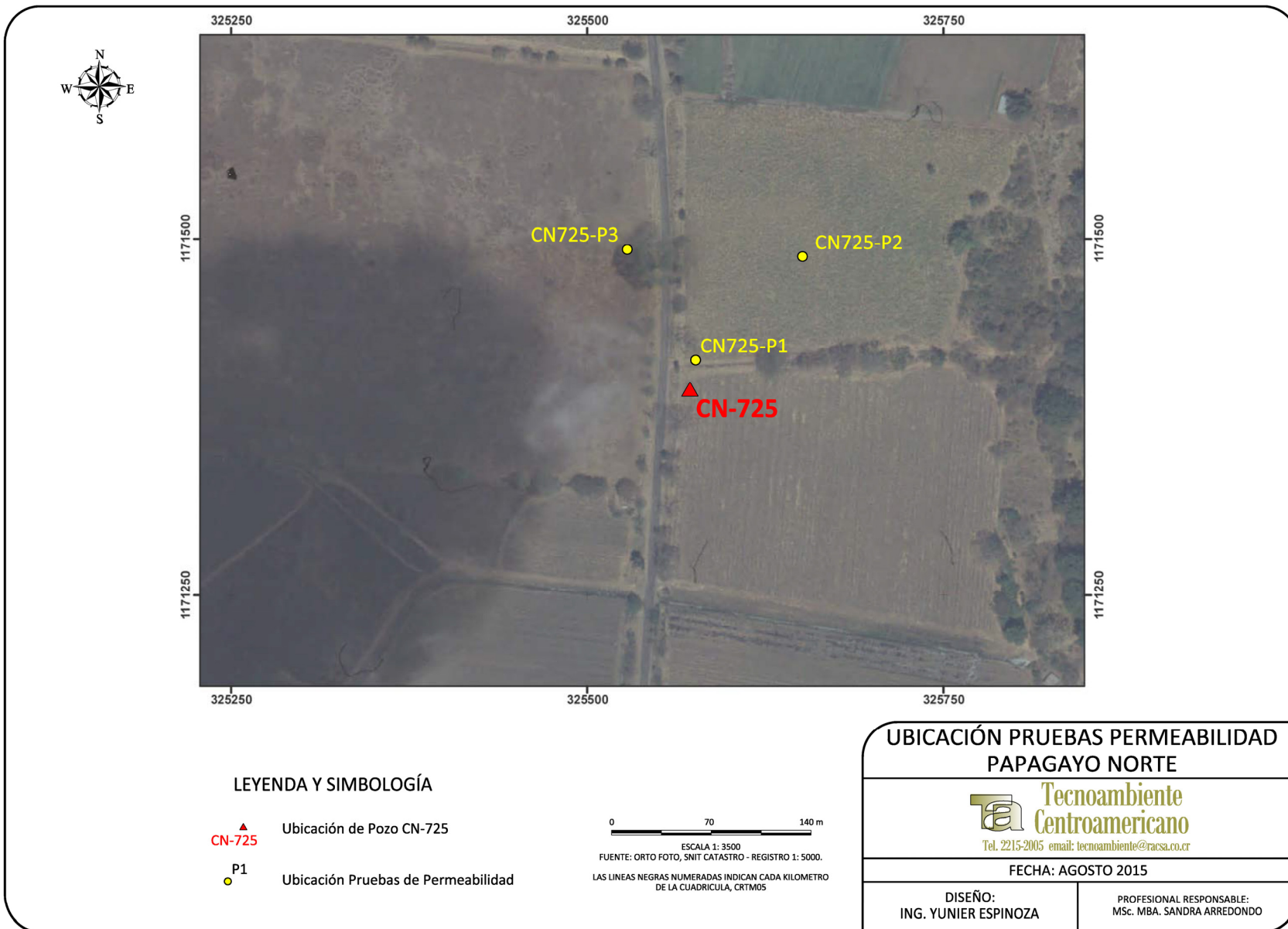


Figura 10. Ubicación Pruebas de Permeabilidad Papagayo Norte.

5 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

En la zona donde se ubica el pozo, se identifica un acuífero albergado en depósitos aluviales que subyacen un basamento ignimbrítico que a su vez sobreyace depósitos fluvio lacustres.

La gradiente hidráulica del acuífero aluvial presenta una dirección de oeste a este con una gradiente de 0,012 con descarga hacia el río Tempisque, misma que fue calculada a partir de la isofreática 9 a la 24 m.s.n.m. y con una distancia horizontal entre ellas de 1258,040 m, sobre la línea de perfil ver Figura 8 y Figura 9.

Los caudales que puede rendir el acuífero aluvial se pueden clasificar de alto rendimiento ya que el pozo analizado registra hasta 80 L/s según prueba de bombeo realizada, y la transmisividad obtenida por medio de la prueba de bombeo ejecutada por Hidrotica - AyA en junio del 2015 es en promedio 2500 m²/d.

Los parámetros hidráulicos son tomados de la literatura internacional y de análisis en acuíferos similares realizados en investigaciones hidrogeológicas previas, con base en ello, la porosidad de los acuíferos aluviales es tomada de Custodio & Llamas, 1984.

Los caudales se tomaron a partir de información aportada por el AyA (Anexo N° 3) y se presentan en el Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. Caudales registrados por AyA

Pozo	Caudal (l/s)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	80

Cuadro N° 7. Parámetros hidráulicos del acuífero en el sector de Papagayo, obtenidos a partir de literatura internacional y valores en acuíferos similares en investigaciones hidrogeológicas del país.

Pozo N°	Porosidad del acuífero aluvial (tomado de Custodio & Llamas, 1984) (%)	Transmisividad (m ² /d)	Espesor saturado promedio (m) **	Permeabilidad (m/día)***
CN-725 (TRANCAS N° 1)	30	2500*	47,04	53,146

Nota:

* Tomado de Prueba de Bombeo Pozo CN-725 o Trancas N° 1, Hidrotica - AyA, 17 Junio 2015.

** Tomado de la descripción del pozo perforado Trancas N° 1 y el perfil hidrogeológico.

*** Valor obtenido a partir de la fórmula de flujo $T=k*b$.

6 ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS

6.1 MÉTODO DE TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS

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

$$Q = TIL$$

$$L = Q/Ti$$

En el Cuadro N° 8, se resumen los datos hidráulicos para el cálculo de L para el pozo CN-725 o Trancas N° 1 de Papagayo Norte, Guanacaste:

Cuadro N° 8. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L

Pozo N°	Transmisividad (m ² /d)	Gradiente (adimensional)	Caudal (L/s)	Caudal (m/día)	L (ancho del tubo de flujo) (m)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	2500	0,012	80	6912,00	230,400

Considerando que el tiempo de residencia máxima de bacterias patógenas para flujos fisurados es de 70 días para medios porosos, se calcula el tiempo de tránsito para la zona no saturada de la siguiente forma:

$$t = (b * \theta) / k$$

Donde

- b: es el espesor de la zona no saturada.
- θ : es la porosidad media del obtenido en el laboratorio del INTA para cada caso.
- K= es la permeabilidad de la zona no saturada y con base en las pruebas de Porchet realizadas para cada pozo.

Entonces se tiene que:

Cuadro N° 9. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en suelo limoso

Pozo N°	Espesor ZNS Suelo Limoso (b) (m)	θ INTA (Fracción de %)	K Promedios de las pruebas de Porchet (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
CN-725 (TRANCAS N° 1)	4,00	47,30	1,5432	1,226

Cuadro N° 10. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en Aluvión

Pozo N°	Espesor ZNS Aluvión (b) (m)	Θ Tomado de Custodio & Llamas, 1984. (Fracción de %)	K del aluvión Tomado del Cuadro N° 7 (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
CN-725 (TRANCAS N° 1)	8,96	30	53,146	0,051

Como el tiempo tránsito para medios porosos se estimado en 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1992 en Rodríguez, H, 1994), se observa que al hacer el cálculo para la zona no saturada (ZNS) y el tiempo de tránsito vertical el valor en días no supera los 70 día para la degradación de las bacterias patógenas, entonces por ese motivo, se calculará el tiempo de tránsito en la zona saturada (ZS) para eliminar las bacterias y conocer la zona de protección absoluta del pozo, tomando en cuenta la diferencia entre 70 días menos los días obtenidos en la zona no saturada para cada una, situación que se presenta en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11. Diferencia entre los 70 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS.

Pozo N°	Tiempo de transito obtenido de la ZNS (días)	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	1,277	68,723

La fórmula de Darcy establecida para este cálculo en la Zona Saturada (ZS) es:

$$t = (d * \Theta) / (k * i)$$

De la fórmula se despeja “d” :

$$d = (t * k * i) / \Theta$$

Donde:

Cuadro N° 12. Distancia Zona de Protección Inmediata.

Pozo N°	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)	Θ Acuífero (Custodio & Llamas, 1984) (Fracción de %)	K Permeabilidad del acuífero aluvial promedio (tomado a partir del Cuadro N° 7) (m/d)	Gradiente del acuífero para cada pozo (adimensional)	Distancia de la zona de protección inmediata (m)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	68,723	30	53,146	0,012	146,096

6.2 MÉTODO DEL RADIO FIJO

Para calcular el radio fijo de los pozos analizados, 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 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:

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5} \text{ (fórmula F-1)}$$

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando:

- Q = caudal de cada pozo en m³/d.
- t = se utiliza el tiempo establecido para degradación de bacterias para medios porosos que es de 70 días.
- n = porosidad de las rocas que albergan al acuífero (Custodio & Llamas, 1984).
- b = espesor saturado promedio del acuífero para cada pozo, tomado a partir de los informes de cada pozo.

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5} \text{ (fórmula F-1)}$$

Cuadro N° 13. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo

Pozo N°	Caudal (m ³ /d)	Porosidad del acuífero (n) (%)	Tiempo (días)	b Espesor saturado del acuífero para el pozo (m)	Radio fijo (m)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	6912	30	68,723	47,040	103,511

6.3 MÉTODO DE GRUBB

Para utilizar el método de Grubb (1993), se aplica la siguiente fórmula:

$$Y_{\max} = Q L / (k(h_1^2 - h_2^2))$$

Para cada pozo se presenta el resumen del valor obtenido:

Cuadro N° 14. Resultados por medio del Método Grubb.

Pozo N°	Caudal del pozo (m³/d)	L Longitud entre dos puntos de observación del NF (m)	K Conductividad hidráulica del acuífero (m/d)	h1	h2	h1²-h2²	Y (max) M
CN-725 (TRANCAS N° 1)	6912	329,410	53,146	49,206	47,656	150,136	285,353

En el Cuadro N° 15 y en la Figura 11 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta el resumen de las zonas de protección obtenidos por diferentes métodos:

Cuadro N° 15. Zonas de protección absoluta por diferentes métodos.

MÉTODO	TRANCAS N° 1
Tiempo de tránsito de degradación de bacterias	146,096
Radio fijo con tiempos de tránsito	103,511

El ancho de la zona de captura definido por el método de Grubb, para el pozo es de:

Cuadro N° 16. Zona de Captura Método de Grubb

Pozo N°	L (método Grubb) (m)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	285,353

El ancho de la zona de captura definido por el método de Darcy, para el pozo es de:

Cuadro N° 17. Ancho de Captura Método de Darcy

Pozo N°	L (ancho del tubo de flujo) (m)
CN-725 (TRANCAS N° 1)	230,400

Con base en el análisis realizado a partir de los valores hidráulicos y trabajo de campo realizado, se considera que el método de Radio Fijo y con el método de Darcy, para el CN-725 (Trancas N° 1) se ha definido un ancho de la zona de captura o tubo de flujo es 230,400 m y la zona de protección inmediata de 103,511 m, obtenido por el método de Radio Fijo, se ha seleccionado este método a partir del mapeo de campo realizado y la condición del pozo.

Además se ha definido un radio operacional y de Protección Inmediata Absoluta de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2003.

6.4 CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO

Los puntos de no retorno para cada zona de protección se han calculado a partir de 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:

$$\text{Punto de no retorno } X_0 = Q / (2 * \pi * k * b * i)$$

Donde:

$$Pi (\pi) = 3,1415$$

k = permeabilidad

b = espesor del acuífero **(Se toma en cuenta que $T = k * b$)**

i = gradiente

Q = caudal

6.4.1 POZO CN-725 (TRANCAS N° 1)

$$X_0 = 6912 / (2\pi * 2500 * 0,012)$$

$$(\text{Punto de no retorno}) = 36,669 \text{ m}$$

Con base en los resultados obtenidos para el cálculo del punto de no retorno, se observa que para el Pozo CN-725 (Trancas N° 1), es de 36,669 m.

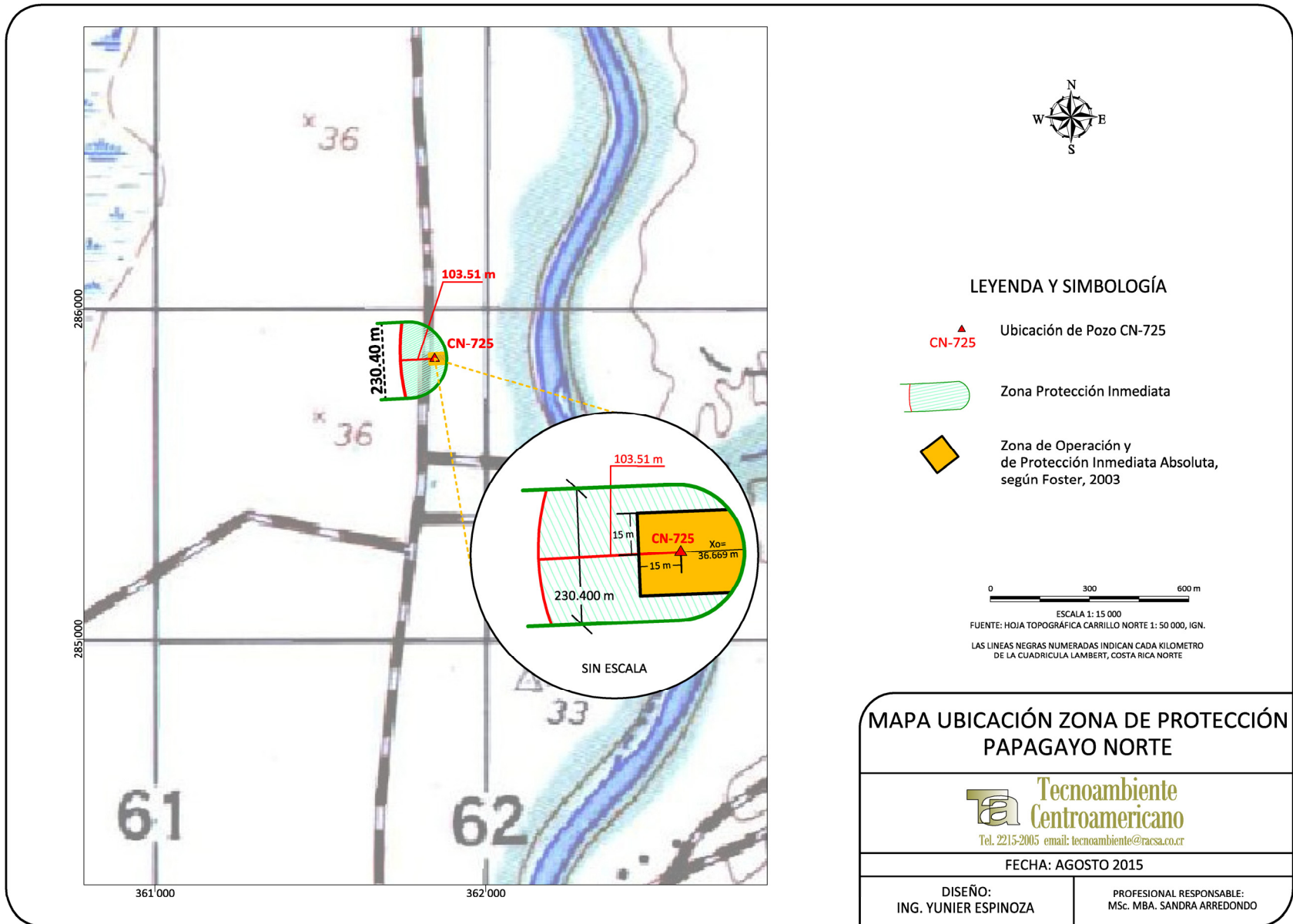


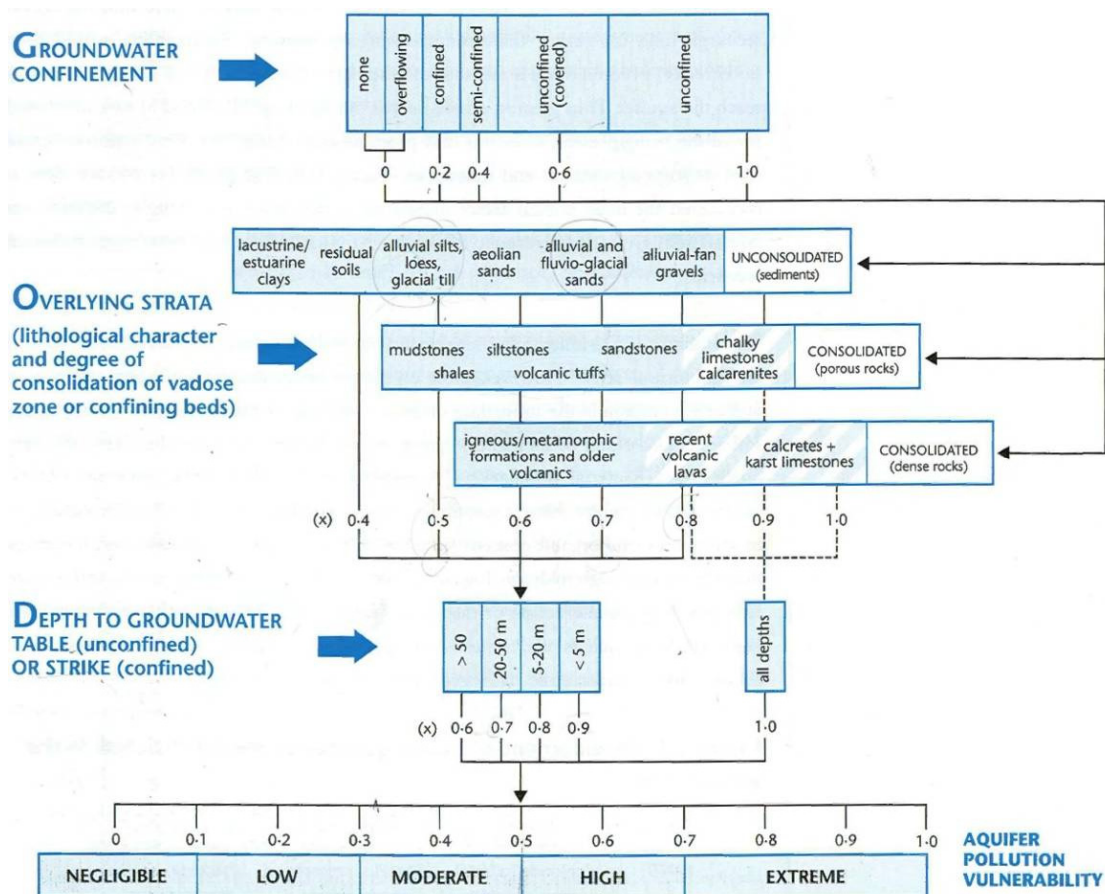
Figura 11. Ubicación Zonas de Protección del Pozo CN-725 (Trancas N° 1).

7 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES

En el Anexo N° 4 se adjuntan los resultados físico químicos, bacteriológicos y plaguicidas que hay disponibles en el Laboratorio Nacional de Aguas del AYA y Chemlabs, del último reporte presentado se puede concluir que la condición de calidad del agua en la actualidad es excelente en el pozo al momento de la elaboración del presente estudio, no obstante es recomendable realizar muestreos para análisis por lo menos semestrales, tanto físico-químicos como bacteriológicos ya que en las ortofotos del pozo evaluada se observa una extensión del uso del suelo para agricultura y ganadería.

8 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD

A continuación se presenta el análisis, para determinar su condición de vulnerabilidad siguiendo el método GOD (Figura 12).



Fuente: Foster, et al, 2002.

Figura 12. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera

8.1 ACUÍFERO ALUVIAL PARA EL POZO CN-725 (TRANCAS N° 1)

Clasificación GOD	Descripción del factor	Valor asignado	Tipo de vulnerabilidad
Grado de confinamiento	No confinado cubierto	0,7	Moderada
Tipo de característica litológica de la zona no saturada	suelos limosos aluviales	0,7	
Profundidad del nivel freático	12,96 m	0,8	
Evaluación de vulnerabilidad	0,392		

En la Figura 13, se presenta el mapa de vulnerabilidad acuífera para la zona de estudio.

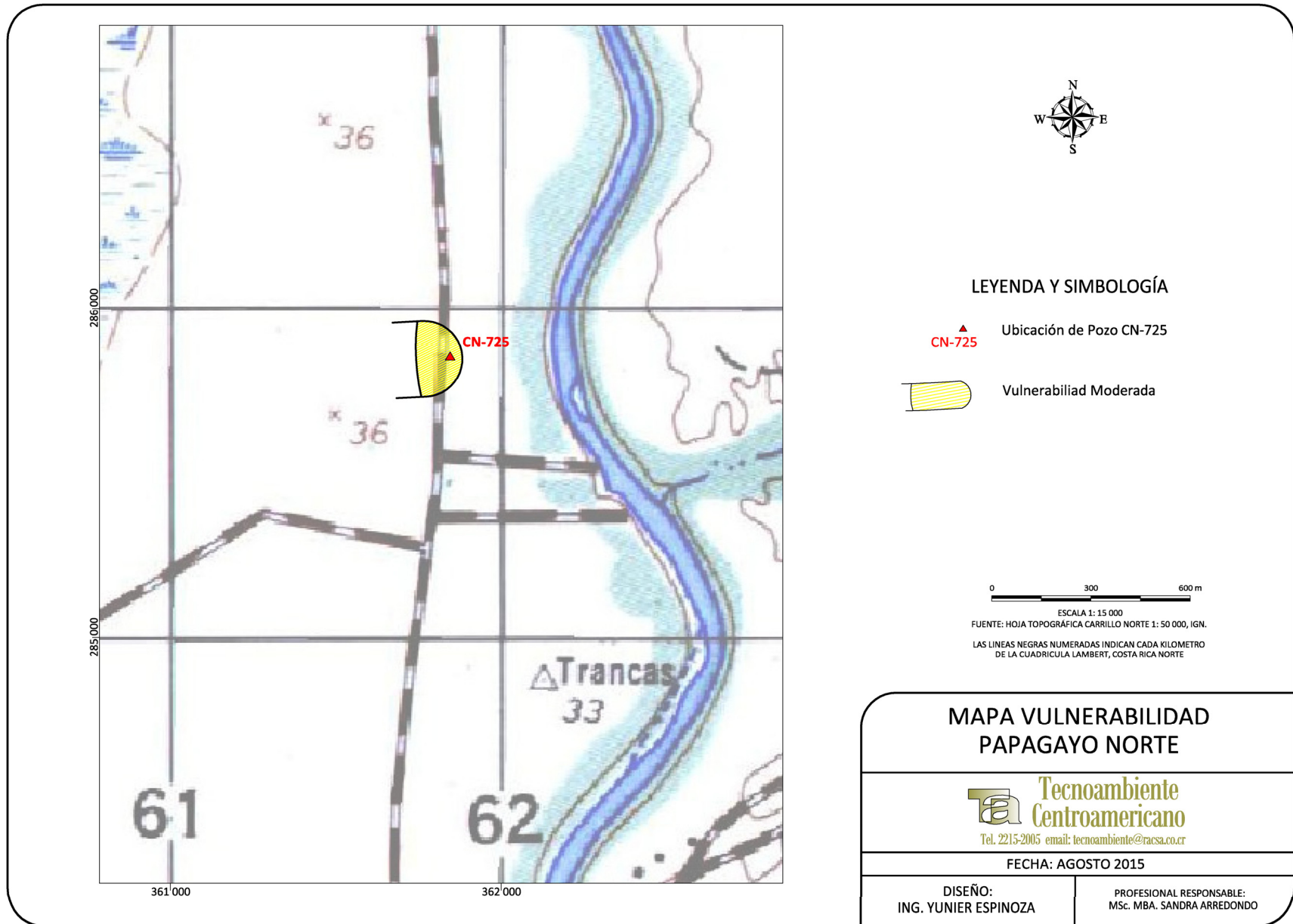


Figura 13. Mapa Vulnerabilidad Acuifera.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la zona de estudio se ha identificado un acuífero aluvial que registra altos rendimientos en pozos individuales, los valores obtenidos son del orden de los 80 L/s.

El basamento del acuífero está formado por depósitos ignimbríticos que a su vez subyacen una cubierta de materiales fluvio lacustres.

La gradiente del acuífero aluvial presenta una dirección de flujo de oeste a este con dirección de descarga al río Tempisque y con una gradiente hidráulica de 0,012.

Con base en el análisis realizado se determinó que el pozo CN-725 (Trancas N° 1), presenta un ancho de la zona de protección de 203,400 m por medio de Darcy, el límite de la zona es de 103,511 m, obtenido a través del método de Radio Fijo y el punto de no retorno que corresponde con la protección gradiente hidráulica subterránea abajo del pozo calculada es de 36,669 m.

Adicionalmente, se delimitó una Zona Operacional y de Zona de Protección Absoluta de 15 m alrededor del pozo y de 36.669 m aguas abajo.

Con base en las condiciones intrínsecas del acuífero, la vulnerabilidad calculada es moderada, obtenido a través del método GOD.

Los datos de calidad del agua registrados al momento del estudio, muestran una excelente calidad tanto físico química como bacteriológica, sin embargo se recomienda mantener muestreos de calidad del agua por lo menos semestrales para verificar que las condiciones no varíen en el tiempo.

En la zona operación y de protección absoluta no se recomienda 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.

Al momento de realizado el estudio, la calidad del agua desde el punto de vista químico de los pozos cumple con el reglamento de agua potable vigente, bacteriológicamente el análisis no reporte la presencia de coliformes fecales, ni plaguicidas. Se recomienda realizar análisis de calidad de aguas por

lo menos semestrales para monitorear el comportamiento a lo largo del año hidrológico y verificar si se mantiene su calidad en el tiempo.

10 REFERENCIAS

- AIAZZI, D., FIORLETTA, M., CIVELLI, G., CHIESA, S. & ALVARADO, G.E., 2004: Geología de la Hoja Cañas. – Revista Geológica de América Central, 30: 215-223.
- Alvarado, G.E. & Gans, P.B., 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – Revista Geológica de América Central, 46: 7-122
- CIVELLI, G., LOCATI, U., BIGIOGGERO, B., CHIESA, S., ALVARADO, G.E. & MORA, O., 2005: Geología de la Hoja Tierras Morenas. – Revista Geológica de América Central, 33: 99-110.
- CNE, 2000: Mapa de amenazas naturales potenciales de la hoja Carrillo Norte.- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. 1 hoja escala 1:50 000.
- Denyer, P. & Baumgartner, P.O., 2006: Emplacement of Jurassic-Lower Cretaceous radiolarites of the Nicoya Complex (Costa Rica). – *Geologica Acta*, 4 (1-2): 203-218.
- Denyer, P. & Alvarado, G.E., 2007: Mapa geológico de Costa Rica. – Escala 1:400 000. Librería Francesa S.A., San José.
- Denyer, P. & Gazel, E., 2009: The Costa Rica Jurassic to Miocene oceanic complexes: Origin, tectonics and relations. – *Journal of South American Earth Sciences*, 28: 429-442.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2003: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 81 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2009: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 55 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Denyer, P., Aguilar, T. & Montero, W., 2013a: Mapa geológico de la Hoja Carrillo Norte. – Escala 1:50 000, Universidad de Costa Rica – Minae.
- Denyer, P., Aguilar, T. & Montero, W., 2014: Cartografía geológica de La Península de Nicoya, Costa Rica. Estratigrafía y tectónica. – 207 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Departamento de Aguas del MINAE, Junio 2015, Base de datos de Concesiones y Pozos Registrados.
- MONTERO, W. & DENYER, P., 2011: Fallamiento neotectónico de la Península de Nicoya y su relación con el escape tectónico del antearco centroamericano. - *Revista Geológica de América Central*, 45: 9-52.
- SENARA, Agosto 2015, Base de datos de pozo.
- Vargas, C.A. & Araya, E., 2015: Informe de perforación Pozo CN-723. – Informe de Castro y de la Torre para MINAET, 40 págs.

ANEXO N° 1
RESULTADOS LABORATORIO DEL
INTA, MAG



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS
Laboratorio de Suelos
 Tel-Fax: 2278-0514; e-mail: labsuelos@inta.go.cr



LDS F 17

NOMBRE: **TECNOAMBIENTE CENTROAMERICANO S.A.**
 FAX: **2215-2003**
 LUGAR: **PAPAGAYO, GUANACASTE**

FECHA: 22/09/2015

INFORME #:

IDENT.		D.aparente	D.Real	Porosidad	
# LAB.	#CAMPO	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	
3577	CN-725 / P1	1.10	2.14	48.60	CN-725 / P1
3578	CN-725 / P2	1.17	2.25	48.00	CN-725 / P2
3579	CN-725 / P3	1.28	2.34	45.30	CN-725 / P3

Ing. Alexis Vargas Villagra

INTA-PAPAGAYO-POZO CN-725

ANEXO N° 2

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: AyA PAPAGAYO CN-725 P1

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 1 AyA PAPAGAYO POZO CN-725	Este (m)	361850.0	Norte (m)	285872.0
	Fecha:	30/07/2015	Hora:	08:18 a.m.
	t1 (min)	0.0	t1 (s)	0.0
	t2 (min)	5.0	t2 (s)	300.0
	H1 (cm)	20.0	H1 (mm)	200.0
	H2 (cm)	13.8	H2 (mm)	138.0
	r (cm)	4.3	r (mm)	43.0
	k (cm/min)	0.1412028	k (mm/s)	0.0235338

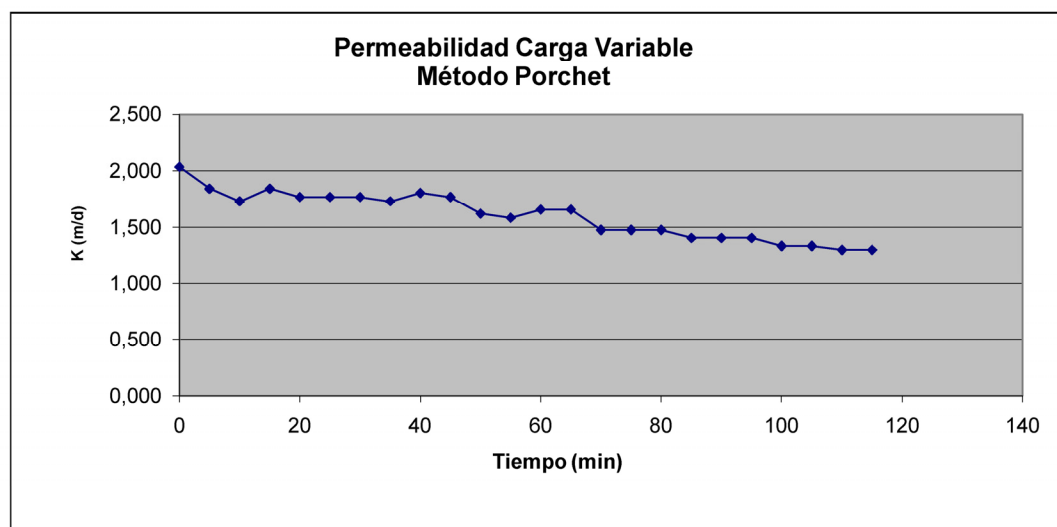
FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0035	t2 (seg)	300.00
H1 (m)	0.2000	H1 (cm)	20.00
H2 (m)	0.1380	H2 (cm)	13.80
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

k (m/d)	2.0333207	k (cm/seg)	0.0023534
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	20.0	13.80	4.3	0.1412028	0.0235338	2.0333207	0.0023534
5	10	20.0	14.30	4.3	0.1279302	0.0213217	1.8421944	0.0021322
10	15	20.0	14.60	4.3	0.1201589	0.0200265	1.7302878	0.0020026
15	20	20.0	14.30	4.3	0.1279302	0.0213217	1.8421944	0.0021322
20	25	20.0	14.50	4.3	0.1227337	0.0204556	1.7673657	0.0020456
25	30	20.0	14.50	4.3	0.1227337	0.0204556	1.7673657	0.0020456
30	35	20.0	14.50	4.3	0.1227337	0.0204556	1.7673657	0.0020456
35	40	20.0	14.60	4.3	0.1201589	0.0200265	1.7302878	0.0020026
40	45	20.0	14.40	4.3	0.1253241	0.0208873	1.8046670	0.0020887
45	50	20.0	14.50	4.3	0.1227337	0.0204556	1.7673657	0.0020456
50	55	20.0	14.90	4.3	0.1125255	0.0187543	1.6203677	0.0018754
55	60	20.0	15.00	4.3	0.1100109	0.0183352	1.5841571	0.0018335
60	65	20.0	14.80	4.3	0.1150550	0.0191758	1.6567914	0.0019176
65	70	20.0	14.80	4.3	0.1150550	0.0191758	1.6567914	0.0019176
70	75	20.0	15.30	4.3	0.1025541	0.0170923	1.4767787	0.0017092
75	80	20.0	15.30	4.3	0.1025541	0.0170923	1.4767787	0.0017092
80	85	20.0	15.30	4.3	0.1025541	0.0170923	1.4767787	0.0017092
85	90	20.0	15.50	4.3	0.0976537	0.0162756	1.4062138	0.0016276
90	95	20.0	15.50	4.3	0.0976537	0.0162756	1.4062138	0.0016276
95	100	20.0	15.50	4.3	0.0976537	0.0162756	1.4062138	0.0016276
100	105	20.0	15.70	4.3	0.0928086	0.0154681	1.3364441	0.0015468
105	110	20.0	15.70	4.3	0.0928086	0.0154681	1.3364441	0.0015468
110	115	20.0	15.80	4.3	0.0904064	0.0150677	1.3018518	0.0015068
115	120	20.0	15.80	4.3	0.0904064	0.0150677	1.3018518	0.0015068
					0.1224024	0.0204004	1.6040038	0.0020400



PROYECTO: AyA PAPAGAYO CN-725 P2

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 2 AyA PAPAGAYO POZO CN-725	Este (m)	361925.0	Norte (m)	285945.0
	Fecha:	30/07/2015	Hora:	09:40 a.m.
	t1 (min)	0.0	t1 (s)	0.0
	t2 (min)	10.0	t2 (s)	600.0
	H1 (cm)	14.0	H1 (mm)	140.0
	H2 (cm)	5.1	H2 (mm)	51.0
	r (cm)	4.3	r (mm)	43.0
	k (cm/min)	0.1721975	k (mm/s)	0.0286996

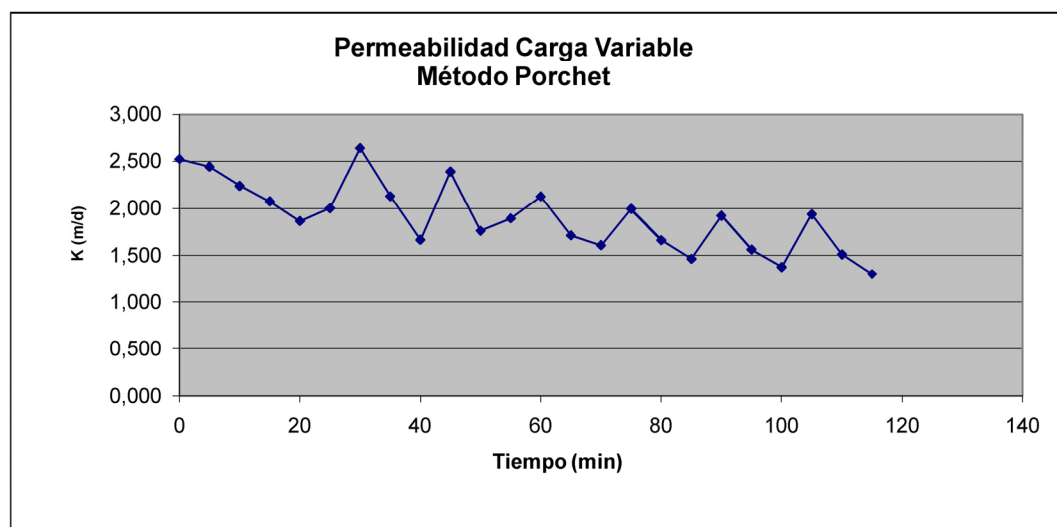
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0069	t2 (seg)	600.00
H1 (m)	0.1400	H1 (cm)	14.00
H2 (m)	0.0510	H2 (cm)	5.10
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

k (m/d)	2.4796439	k (cm/seg)	0.0028700
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	14.0	8.60	4.3	0.1750161	0.0291694	2.5202325	0.0029169
5	10	8.6	5.10	4.3	0.1693788	0.0282298	2.4390553	0.0028230
10	15	14.0	9.10	4.3	0.1554673	0.0259112	2.2387295	0.0025911
15	20	9.1	5.90	4.3	0.1439193	0.0239865	2.0724379	0.0023987
20	25	14.0	9.80	4.3	0.1295112	0.0215852	1.8649609	0.0021585
25	30	9.8	6.50	4.3	0.1389639	0.0231607	2.0010808	0.0023161
30	35	6.5	3.50	4.3	0.1831386	0.0305231	2.6371962	0.0030523
35	40	14.0	9.30	4.3	0.1478900	0.0246483	2.1296165	0.0024648
40	45	9.3	6.60	4.3	0.1156425	0.0192737	1.6652519	0.0019274
45	50	6.6	3.80	4.3	0.1658349	0.0276391	2.3880221	0.0027639
50	55	14.0	10.00	4.3	0.1223741	0.0203957	1.7621867	0.0020396
55	60	10.0	6.80	4.3	0.1314405	0.0219068	1.8927435	0.0021907
60	65	6.8	4.20	4.3	0.1475754	0.0245959	2.1250865	0.0024596
65	70	14.0	10.10	4.3	0.1188495	0.0198082	1.7114323	0.0019808
70	75	10.1	7.30	4.3	0.1115898	0.0185983	1.6068933	0.0018598
75	80	7.3	4.70	4.3	0.1383594	0.0230599	1.9923756	0.0023060
80	85	14.0	10.20	4.3	0.1153535	0.0192256	1.6610906	0.0019226
85	90	10.2	7.60	4.3	0.1016472	0.0169412	1.4637193	0.0016941
90	95	7.6	5.00	4.3	0.1333666	0.0222278	1.9204793	0.0022228
95	100	14.0	10.40	4.3	0.1084457	0.0180743	1.5616186	0.0018074
100	105	10.4	7.90	4.3	0.0955237	0.0159206	1.3755406	0.0015921
105	110	7.9	5.20	4.3	0.1345351	0.0224225	1.9373054	0.0022423
110	115	14.0	10.50	4.3	0.1050330	0.0175055	1.5124755	0.0017506
115	120	10.5	8.10	4.3	0.0904632	0.0150772	1.3026699	0.0015077
					0.1481656	0.0246943	1.9075917	0.0024694



PROYECTO: AyA PAPAGAYO CN-725 P3

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 3
AyA PAPAGAYO POZO CN-725

Este (m)	361802.0
Fecha:	31/07/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	5.0
H1 (cm)	19.0
H2 (cm)	12.3
r (cm)	4.3
k (cm/min)	0.1638066

Norte (m)	285950.0
Hora:	11:00 a.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	300.0
H1 (mm)	190.0
H2 (mm)	123.0
r (mm)	43.0
k (mm/s)	0.0273011

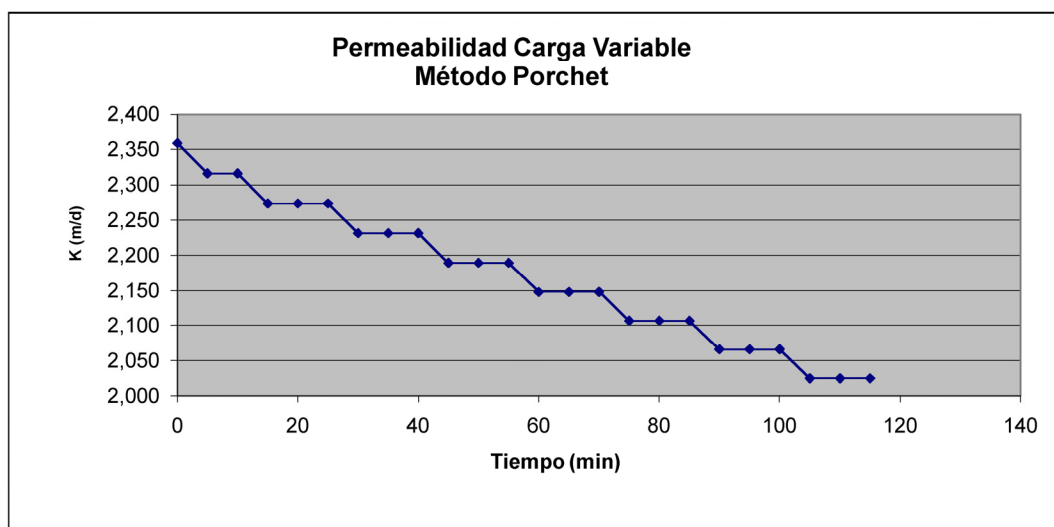
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0035	t2 (seg)	300.00
H1 (m)	0.1900	H1 (cm)	19.00
H2 (m)	0.1230	H2 (cm)	12.30
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

k (m/d)	2.3588145	k (cm/seg)	0.0027301
---------	-----------	------------	-----------

FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	19.0	12.30	4.3	0.1638066	0.0273011	2.3588145	0.0027301
5	10	19.0	12.40	4.3	0.1608410	0.0268068	2.3161109	0.0026807
10	15	19.0	12.40	4.3	0.1608410	0.0268068	2.3161109	0.0026807
15	20	19.0	12.50	4.3	0.1578958	0.0263160	2.2736997	0.0026316
20	25	19.0	12.50	4.3	0.1578958	0.0263160	2.2736997	0.0026316
25	30	19.0	12.50	4.3	0.1578958	0.0263160	2.2736997	0.0026316
30	35	19.0	12.60	4.3	0.1549706	0.0258284	2.2315771	0.0025828
35	40	19.0	12.60	4.3	0.1549706	0.0258284	2.2315771	0.0025828
40	45	19.0	12.60	4.3	0.1549706	0.0258284	2.2315771	0.0025828
45	50	19.0	12.70	4.3	0.1520652	0.0253442	2.1897391	0.0025344
50	55	19.0	12.70	4.3	0.1520652	0.0253442	2.1897391	0.0025344
55	60	19.0	12.70	4.3	0.1520652	0.0253442	2.1897391	0.0025344
60	65	19.0	12.80	4.3	0.1491793	0.0248632	2.1481819	0.0024863
65	70	19.0	12.80	4.3	0.1491793	0.0248632	2.1481819	0.0024863
70	75	19.0	12.80	4.3	0.1491793	0.0248632	2.1481819	0.0024863
75	80	19.0	12.90	4.3	0.1463126	0.0243854	2.1069018	0.0024385
80	85	19.0	12.90	4.3	0.1463126	0.0243854	2.1069018	0.0024385
85	90	19.0	12.90	4.3	0.1463126	0.0243854	2.1069018	0.0024385
90	95	19.0	13.00	4.3	0.1434649	0.0239108	2.0658950	0.0023911
95	100	19.0	13.00	4.3	0.1434649	0.0239108	2.0658950	0.0023911
100	105	19.0	13.00	4.3	0.1434649	0.0239108	2.0658950	0.0023911
105	110	19.0	13.10	4.3	0.1406360	0.0234393	2.0251580	0.0023439
110	115	19.0	13.10	4.3	0.1406360	0.0234393	2.0251580	0.0023439
115	120	19.0	13.10	4.3	0.1406360	0.0234393	2.0251580	0.0023439
					0.1561125	0.0260188	2.1714373	0.0026019



ANEXO N° 3

- **POZOS**

Cuadro 1.

Descripción litológica del Pozo Las Trancas N°1	
Profundidad (m)	Litología
1-4	Limo arenoso café
5-10	Limo arenoso café, gravas subredondeadas con cuarzo y líticos
11	Arena gruesas con menos cuarzo y clastos angulares de toba
12-14	Arena y gravas subredondeadas
15-18	Arena, gravas angulares de composición lávica, cuarzosas y tobáceas
19-20	idem con menos cuarzo
21-23	Grava media redondeada a subredondeada
24-27	Arena gruesa con poca grava
28	Grava media angular a subangular
29	Arena gruesa
30-34	Arena gruesa y grava fina
35-37	Arena gruesa
38-40	Grava media
41-44	Arena gravosa
45	Arena media y grava fina
46	Grava media
47	Arena gravosa
48-49	Arena
50-53	Grava arenosa
54-57	Grava fina gris, con clastos escoriáceos
58-59	Grava fina gris, con pocos clastos escoriáceos Y mayor porcentaje de líticos
60	Clastos angulares color gris, pumíticos con FeO ₂ (Techo de la Ignimbrita)
61-66	Ignimbrita
67	Cambio en la coloración en la ignimbrita (Meteorización)
68-71	Ignimbrita sana
72	Clastos tobáceos blanco-amarillentos y líticos
73-78	Toba alterada
79-80	Clastos café angulares (Techo meteorizado de la Ignimbrita, posible paleosuelo)
81-82	Ignimbrita meteorizada
83-93	Ignimbrita sana
94	Base de la ignimbrita
95-98	Toba café
99-100	Arena media y grava fina color verde
101-107	Fluvio-Lacustre
108	Clastos angulares grises en matriz arcillosa
109	Fluvio-Lacustre
110-115	Idem 108 con clastos subredondeados
116-120	Arenas medias y finas
121-125	Fluvio-Lacustre color gris
126-132	Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla
133-138	Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arenas
139	Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla
139 a 150	Fluvio-Lacustre con mayor cantidad de arcilla

ANEXO N° 4
RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS,
BACTERIOLÓGICOS Y PLAGUICIDAS DISPONIBLES
EN EL LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS DEL
AYA Y CHEMLABS