



Preparado para:



Estudio de Agua Subterránea para las Etapas 2 y 3 del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina - *Reporte Final*

Agosto 2017

Environmental Resources Management
1776 I Street N.W.
Suite 200
Washington, DC 20006

www.erm.com



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1.0 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.3 ALCANCE.....	8
1.4 DEFINICIONES	10
1.5 ESTUDIOS PREVIOS	11
2.0 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	13
2.1 GEOMORFOLOGÍA.....	15
2.2 AMBIENTE GEOLÓGICO.....	15
2.3 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA	18
2.4 CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES.....	24
2.5 USUARIOS DE AGUA	27
2.6 AMENAZAS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	27
3.0 POTENCIAL HÍDRICO DE LA ZONA.....	30
3.1 DESCRIPCIÓN DEL USO DEL RECURSO	31
3.2 DEMANDA DE AGUA PARA LAS ETAPAS 2 Y 3.....	34
3.3 PRUEBA DE AFORO	34
3.4 PRUEBAS DE BOMBEO	41
3.5 RENDIMIENTO DE LOS POZOS.....	50
3.6 ESTIMACIÓN DE BALANCE HÍDRICO.....	55
4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56

5.0 LITERATURA Y FUENTES CONSULTADAS..... 60

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1:	Formaciones geológicas de las cuencas hidrográficas 62 y 64	16
Tabla 2-2:	Análisis fisicoquímico de muestras de aguas subterráneas cercanas al sitio del Proyecto.....	26
Tabla 3-1:	Extracciones de Agua por Sector en Nicaragua	31
Tabla 3-2:	Aprovechamiento de Agua Subterránea en la Cuenca No. 64	31
Tabla 3-3:	Población y Consumo de Agua per Cápita Estimada, 2016	32
Tabla 3-4:	Requerimientos de agua para las etapas 2 y 3	34
Tabla 3-5:	Descripción técnica del aforo al pozo El Potosí-Parcelas.....	37
Tabla 3-6:	Parámetros registrados en los pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo a caudal constante de larga duración	49
Tabla 3-7:	Propiedades hidráulicas estimadas de las pruebas de bombeo realizadas en el pozo Potosí-Parcelas.....	53
Tabla 3-8:	Capacidad específica de los pozos El Potosí-Parcelas y el Capulín.....	53
Tabla 3-9:	Rendimiento de los pozos El Potosí-Parcelas y el Capulín	54
Tabla 3-10:	Estimación del Balance Hídrico en la Zona de Cosigüina Considerando la Demanda Máxima de Agua, Otros Usuarios y Recarga de Subcuenca 2	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1:	Plataforma C del pozo de exploración de diámetro reducido	4
Figura 1-2:	Pila comunal en El Potosí, aguas debajo de la pila a la altura del sitio de toma.....	7
Figura 1-3:	Ubicación del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina	9
Figura 2-1:	Sitio del Proyecto respecto a las cuencas hidrográficas 62 y 64	14
Figura 2-2:	Cordillera Volcánica del Pacífico	16

Figura 2-3:	Mapa geológico de la península de Cosigüina	17
Figura 2-4:	Recursos hídricos superficiales y subterráneos en la península de Cosigüina	19
Figura 2-5:	Cisterna de captación (izquierda) de la quebrada Aguas Agria (derecha) durante la temporada seca del 2017	20
Figura 2-6:	Recursos de agua subterránea en Nicaragua	22
Figura 2-7:	Mapa hidrogeológico de la Cuenca No. 62.....	23
Figura 2-8:	Modelo conceptual de agua subterránea del Volcán Cosigüina	24
Figura 2-9:	Puntos de muestreo de calidad del agua (2014) en la Península de Cosigüina	25
Figura 2-10:	Amenazas naturales en la Península de Cosigüina.....	29
Figura 3-1:	Manantiales en las faldas del Volcán Cosigüina	30
Figura 3-2:	Concesiones de agua otorgadas por ANA y UMAS dentro del municipio El Viejo.....	33
Figura 3-3:	Aforo del pozo El Potosí-Parcelas por parte del ENEL-MEM y UMAS .	35
Figura 3-4:	Pozo El Capulín previsto para mediciones de nivel estático.....	35
Figura 3-5:	Ubicación de los pozos Potosí, el Capulín y tres pozos de monitoreo	36
Figura 3-6:	Gráfico de perfil del Pozo Potosí	38
Figura 3-7:	Cambios en el nivel dinámico del Pozo Potosí a caudal constante de 40 gpm	39
Figura 3-8:	Descenso (h_0-h) en el nivel dinámico del Pozo Potosí a caudal constante de 40 gpm	40
Figura 3-9:	Prueba de bombeo preliminar a un caudal máximo de 110 gpm	43
Figura 3-10:	Evolución de los niveles dinámicos durante la prueba de bombeo a caudal variable (48 gpm, 73 gpm y 110 gpm) en el pozo Potosí-Parcelas	44
Figura 3-11:	Evolución de los niveles de agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí	46

<i>Figura 3-12:</i>	<i>Evolución de la temperatura del agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3-13:</i>	<i>Evolución de la conductividad específica del agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3-14:</i>	<i>Evolución de los niveles de agua subterránea durante la prueba de bombeo preliminar a caudal constante de 110 gpm en el pozo Potosí</i>	<i>51</i>
<i>Figura 3-15:</i>	<i>Clasificación de la magnitud de la transmisividad dada por Krásny (1993)</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4-1:</i>	<i>Área potencial para la ubicación del pozo de agua para abastecer las actividades del Proyecto</i>	<i>59</i>

RESUMEN EJECUTIVO

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó en 2016 un préstamo al Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Nicaragua, con apoyo de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) para la operación del “Programa de Exploración Geotérmica y Mejoras en Transmisión en el Marco del Plan de Inversiones de Nicaragua, PINIC” (el Programa). Este programa está compuesto de dos principales componentes: exploración geotérmica (Componente No.1) y mejoras en el sistema de transmisión (Componente No. 2). El componente No. 1 incluye tres etapas (1. pre-factibilidad, 2. factibilidad y 3. producción).

De acuerdo a resultados de estudios y consultas previas realizadas para el componente No. 1, el BID ha solicitado al MEM/ENEL la preparación de un estudio de agua subterránea cuyos objetivos son describir el estado actual de los recursos hídricos subterráneos en el área de influencia directa (AID); evaluar la disponibilidad del agua subterránea para cumplir con el abastecimiento de agua requerido para la perforación de pozos de exploración de diámetro comercial (máximo de 793 galones/minuto (gpm) o 50 litros/segundo L/s) sin generar efectos sobre otros usuarios de agua; así como proponer recomendaciones para la preservación y manejo de los recursos hídricos subterráneos.

Este estudio de agua subterránea se realizó considerando información secundaria existente e información primaria limitada a pruebas de aforo (a 40 gpm) y bombeo (preliminar a 110 gpm, escalonada a 48 gpm, 73 gpm y 110 gpm y caudal constante de larga duración a 110 gpm) realizadas al pozo de abastecimiento Potosí-Las Parcelas. Otros tres pozos fueron utilizados como pozos de monitoreo a fin de evaluar el abatimiento del nivel dinámico del agua en la zona. Los resultados de este estudio indican que el agua subterránea en la zona sería suficiente para cumplir con las demandas de las Etapas 2 y 3 del Proyecto sin producir efectos en el abastecimiento de agua a las comunidades y/o efectos ambientales dentro y alrededor del AID.

Utilizando los resultados obtenidos de las pruebas de aforo y bombeo, se calcularon los rendimientos de los pozos Potosí y El Capulín de 17,544 gpm (1,107 L/s) y 3,420 gpm (216 L/s), respectivamente (ver Tabla 3-9). Estos resultados indican la disponibilidad hídrica subterránea para abastecer la demanda de agua para las Etapas 2 y 3 del Proyecto (50 L/s). Sin embargo, es importante implementar un programa participativo de monitoreo de calidad y cantidad de agua en las fuentes de agua (superficial y subterránea) ubicadas dentro del AID a fin de detectar en

tiempo y forma los posibles efectos asociados a la construcción y operación del Proyecto.

Se recomienda la perforación del nuevo pozo para el abastecimiento de agua del proyecto en la parte baja de la microcuenca del río El Mojado, considerando una distancia de separación entre los pozos existentes de 100 metros (m), profundidades entre 46 m y 61 m con un diámetro de 20 pulgadas para revestir con 14 pulgada a fin de conseguir caudales mayores a los 200 gpm (13 L/s).

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID o Banco) aprobó en octubre de 2016 el préstamo NI-L1094 para la operación del “*Programa de Exploración Geotérmica y Mejoras en Transmisión en el Marco del Plan de Inversiones de Nicaragua, PINIC*” (el Programa), la cual está siendo ejecutado por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de Nicaragua, con apoyo de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL). Dicho programa tiene como objetivo contribuir a la sostenibilidad del sector eléctrico de Nicaragua mediante la exploración del potencial geotérmico a fin de diversificar las fuentes energéticas en el país. El Programa incluye dos componentes principales:

- **Componente No. 1**, el cual incluye la exploración para el campo Cosigüina a nivel de factibilidad de producción. Este componente está ubicado dentro de la Reserva Natural Volcán de Cosigüina (RNVC) ubicada en la provincia de Chinandega a aproximadamente 80 kilómetros (km) al noroeste de la ciudad de Chinandega (ver Figura 1-1); y
- **Componente No. 2**, el cual consiste en la construcción y operación de cuatro sub-proyectos para mejorar la infraestructura eléctrica de transmisión, los cuales se ubicarán fuera de áreas protegidas dentro de los departamentos de Chinandega, León, Managua, Granada, Rivas y Matagalpa.

Como parte del préstamo aprobado para el Programa, el BID ha solicitado al MEM/ENEL una serie de planes y estudios adicionales para dar cumplimiento con sus políticas de ambiente y salvaguardas. Uno de estos requerimientos incluye llevar a cabo un Estudio de Agua Subterránea (EDAS) para las Etapas 2 y 3 del componente No. 1. De acuerdo a lo solicitado por el BID, el EDAS deberá incluir información que involucre pruebas de bombeo y niveles de agua de los pozos existentes utilizados por las comunidades aledañas al Proyecto.

La Etapa 1 del componente No. 1 es ejecutada por el MEM-PNESER y la compañía Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua, S.A. (ACN). Esta etapa incluye la perforación de tres (3) pozos de exploración de diámetro reducido (o *Slim hole*) con una profundidad de hasta 1000 metros (m). El objetivo de la Etapa 1 es obtener información que pueda ser utilizada para confirmar o modificar el modelo conceptual preliminar del sistema geotérmico. La perforación de estos tres pozos de exploración está

conformada por tres plataformas (A, B, C) de aproximadamente 625 metros cuadrados (m²).



Fuente: ERM, 2017

Figura 1-1: *Plataforma C del pozo de exploración de diámetro reducido*

La Etapa 2 del componente No. 1 se considera como la etapa de factibilidad, la cual contempla la perforación de entre tres (3) a cinco (5) pozos nuevos con diámetro comercial (8 pulgadas de diámetro) a una profundidad mayor de hasta 2000 metros (m). El objetivo de esta Etapa 2 es obtener información necesaria para confirmar o modificar el modelo conceptual preliminar del sistema geotérmico, así como confirmar los resultados de los pozos de exploración perforados durante la Etapa 1 (ver Figura 1-1). La Etapa 2 incluirá la construcción de una pileta o fosa impermeable para almacenamiento de agua por pozo, con capacidad de almacenamiento entre 1,400 metros cúbicos (m³) y 2,000 m³ dentro o muy cercana a la plataforma de perforación, así como dos lagunas adicionales con capacidad mínima entre 1,400 m³ y 2,000 m³ para el almacenamiento de recortes de perforación y para el drenaje del contrapozo (BID, 2016).

Las actividades de la Etapa 3 (producción) contemplarían la preparación de plataformas adicionales para pozos comerciales de producción o reinyección de perforación profunda, así como la construcción de una planta geotérmica de aproximadamente 40 MW, una línea de transmisión de 77 kilómetros (km) de extensión que evacuará la electricidad a la subestación El Viejo, una torre de enfriamiento, lagunas de almacenamiento, tuberías de agua adicionales, y la apertura de caminos de acceso adicionales.

El Proyecto Geotérmico Cosigüina (el Proyecto) está ubicado en las comunidades El Mojado, El Capulín y Potosí que forman parte del municipio El Viejo, Departamento de Chinandega en la región del Pacífico de Nicaragua (ver Figura 1-3). De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (MEM), el campo Cosigüina tiene un potencial estimado de 106 MW.

1.1

ANTECEDENTES

Las actividades de perforación exploratoria y comercial para las Etapas 1,2 y 3 requieren de agua. La pila comunal ubicada en la comunidad Potosí ha sido utilizada como fuente de agua para la Etapa 1 del Proyecto. De acuerdo al aforo, realizado por ACN-Jacobs y citado por PELICAN (2016), la pila tiene un caudal de 3.0 litros por segundo (L/s) proveniente de dos ojos de agua que la alimentan (ver Figura 1-2). De acuerdo a registros recolectados durante la visita de campo realizada por el equipo de especialistas de ERM a los sitios de perforación, el personal de ACN reportó (comunicación personal, abril 2017) que aproximadamente seis (6) pipas con capacidad de 23,000 litros son llevadas al sitio de perforación, lo que representa un caudal de bombeo de 1.6 L/s. Las pipas extraen el agua aguas abajo de la Pila (aproximadamente 20-25 metros) para evitar impactos sobre los usuarios de la misma.

Sin embargo, el recurso hídrico de la pila comunal en el Potosí resulta no viable para cumplir con los caudales máximos requeridos para las actividades de perforación de las Etapas 2 y 3 del Proyecto (ACN y Jacobs, 2014; ERM, 2016c), la cuales requerirán un caudal máximo de 50 L/s (MEM/ENEL comunicación personal julio 2016).

Aunado a lo anterior, en junio del 2016, el BID solicitó a ERM su opinión técnico profesional sobre la disponibilidad hídrica para la perforación de los pozos de diámetro comercial de la Etapa 2 del Proyecto. Esto debido a que pobladores de las comunidades aledañas al Proyecto habían expresado sus inquietudes sobre la disponibilidad del recurso durante las

consultas públicas realizadas como parte de los estudios de la Etapa 1 y el EEA de la Etapa 2 (ERM, 2016c).

En el estudio de disponibilidad hídrica (ERM, 2016c), ERM realizó las siguientes principales recomendaciones:

- Realizar un estudio de agua subterránea para la zona de Cosigüina para identificar y proponer la ubicación del pozo o pozos para el abastecimiento de agua para la Etapa 2. Se recomienda considerar los resultados de la Etapa 1 que involucra la perforación de pozos de diámetro angosto o *Slim Hole* y así contar con información localizada y reciente. Asimismo, se recomienda realizar pruebas por etapas de bombeo a corto y largo plazo (*step pump test*) de los pozos rurales considerando diferentes bombeos y monitoreando el descenso del nivel freático (dinámico y estático). Estas pruebas permitirán determinar tasas de bombeo favorablemente sustentables para la zona específica de Cosigüina.
- Se recomienda implementar el Plan de Manejo de Recursos Hídricos que se incluye dentro del estudio de disponibilidad hídrica para prevenir (dentro de lo posible), manejar y mitigar los potenciales efectos adversos sobre los recursos hídricos y los usuarios de los mismos durante la Etapa 2 del Proyecto.

Considerando lo anterior, se presenta un Estudio de Agua Subterránea (EDAS) para las Etapas 2 y 3 del componente No. 1, el cual se basa en recopilación de información secundaria incluyendo componentes tales como descripción de la geología y la hidrogeología regional, descripción de la distribución de aguas subterráneas existentes en el AID. También, el EDAS incluye un análisis sobre la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo para cumplir con las necesidades de las Etapas 2 y 3 del Proyecto.



Fuente: ERM, abril 2017

Figura 1-2: *Pila comunal en Potosí, aguas debajo de la pila a la altura del sitio de toma*

El EDAS está organizado en las siguientes secciones:

- *Sección 1.0:* Introducción, incluyendo antecedentes, estudios previos, objetivos y alcances del EDAS.
- *Sección 2.0:* Una breve descripción del Área de Estudio incluyendo sus características geofísicas, hidrogeológicas y geoquímicas.
- *Sección 3.0:* Estimación del potencial hídrico subterráneo del Área de Estudio incluyendo resultados de pruebas de aforo y bombeo realizadas a los pozos de suministro de agua cercanos al Proyecto.
- *Sección 4.0:* Conclusiones y recomendaciones.
- *Sección 5.0:* Literatura y fuentes consultadas.

Además, se incluyen los siguientes apéndices:

- *Apéndice A:* Pruebas de aforo en el Pozo El Capulín-Parcelas
- *Apéndice B:* Pruebas de bombeo de pozos realizadas por ENACAL, métodos y resultados
- *Apéndice C:* Consulta Pública – Agua Subterránea para las Etapas 2 y 3

1.2

OBJETIVOS

Los principales objetivos del presente EDAS son:

- Descripción del estado actual de los recursos hídricos subterráneos en el área de estudio;
- Evaluación de la disponibilidad del agua subterránea en el área de estudio; y
- Proponer recomendaciones para la preservación y manejo de los recursos hídricos subterráneos.

1.3

ALCANCE

El presente EDAS proporciona una descripción de los recursos hídricos subterráneos dentro del área de influencia directa (AID) del Proyecto, así como su disponibilidad para cumplir con las demandas de agua para las Etapas 2 y 3. El EDAS está basado en información secundaria existente e información primaria limitada a pruebas de aforo y bombeo llevadas a cabo por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en los pozos Potosí y El Capulín.

El alcance del presente EDAS toma en consideración las limitaciones que el desarrollador de un proyecto puede enfrentar en este tipo de evaluación, incluyendo: (i) información incompleta sobre otros proyectos y actividades (p.ej., si la información no está disponible en el ámbito público); (ii) incertidumbre respecto de la ejecución de proyectos futuros; (iii) falta de planes estratégicos nacionales, sectoriales o de uso de recursos e (iv) información limitada de línea base sobre recursos hídricos subterráneos.

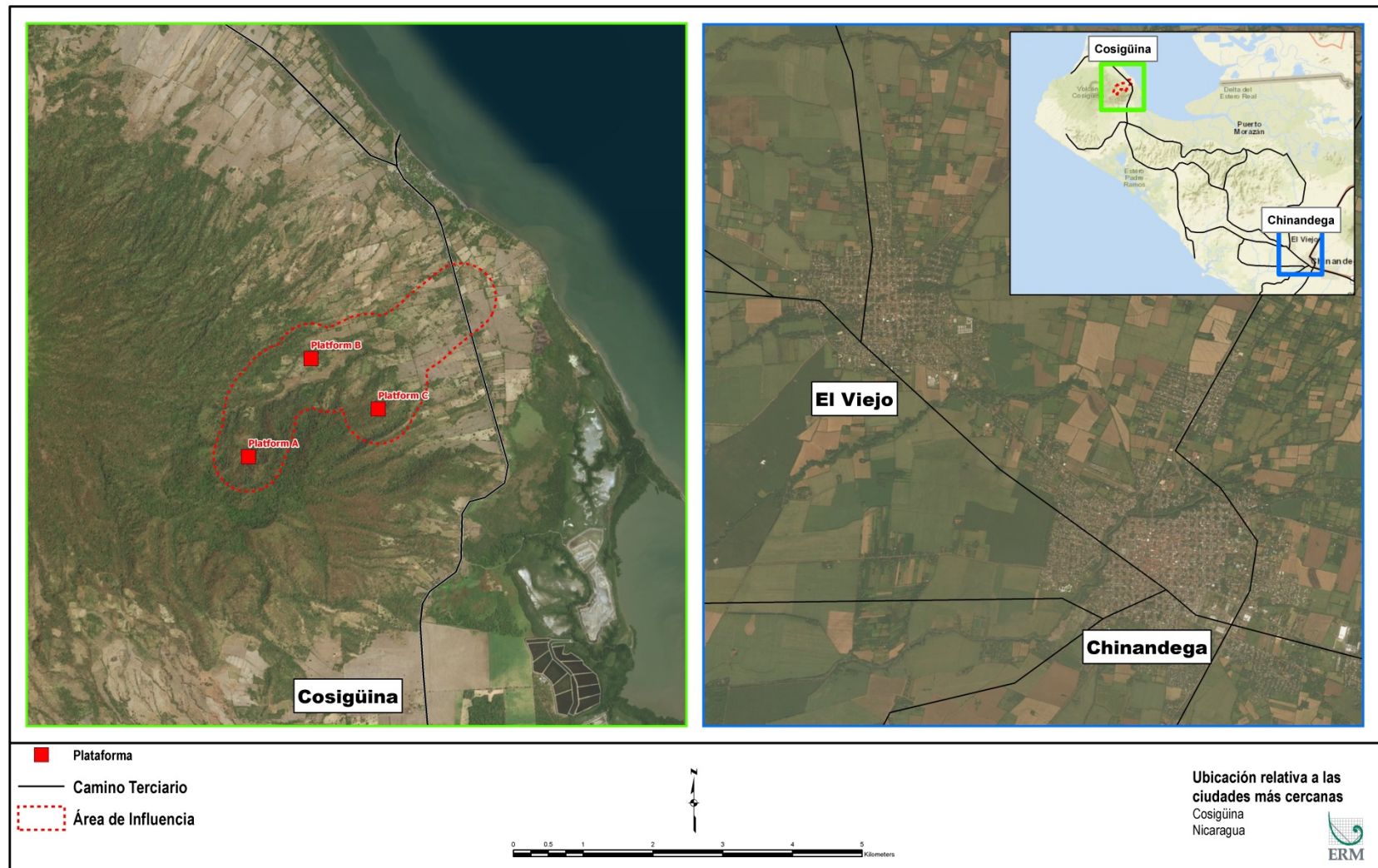


Figura 1-3: Ubicación del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina

En esta sección se presenta una lista de conceptos básicos sobre agua subterránea referidos en este EDAS. Las definiciones fueron tomadas principalmente de la Ley No. 620 Nacional de Aguas de Nicaragua y el Reglamento de la Ley General de Aguas, Decreto No. 44-2010 (ANA, 2013).

- **Acuífero**, unidades geológicas permeables saturadas de agua, que pueden transmitir dicho fluido en cantidades significativas y de las cuales es económicamente factible extraerlo. A este grupo lo forman los depósitos granulares no consolidados y las rocas fracturadas.
- **Acuitardo**, unidades geológicas que contiene agua y la transmite muy lentamente.
- **Agua Subterránea**, es el agua que se filtra y satura el suelo o las rocas, se almacena y a su vez abastece a cuerpos de aguas superficiales, así como a los manantiales y acuíferos. Estas aguas se clasifican en: subterráneas profundas y subterráneas someras.
- **Agua Superficial**, es el agua que fluye sobre la superficie de la tierra, de forma permanente o intermitente y que conforma los ríos, lagos, lagunas y humedales.
- **Calidad del Agua**, es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad o propósito. La calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua con directrices de calidad del agua o estándares.
- **Cuenca hidrográfica**, es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por una línea imaginaria que marca los puntos de mayor elevación en dicha unidad, en donde brota o escurre el agua en distintas formas, y esta se almacena o fluye en forma superficial, subsuperficial y subterránea.
- **Pozos exploratorios**, son pozos de diámetro comercial de al menos 2,000 metros de profundidad con el fin de evaluar el potencial geotérmico del área concesionada.
- **Pozo de bombeo**, es la captación que suministra agua a innumerables desarrollos de todo tipo y tamaño (desde los pequeños asentamientos rurales hasta metrópolis).

- **Prueba de bombeo**, se realiza para determinar las características hidráulicas de los acuíferos y los pozos. Estas pruebas proporcionan información básica para la solución de problemas locales y aún regionales sobre el flujo del agua subterránea.
- **Recarga**, es el volumen de agua que recibe un acuífero en un intervalo de tiempo dado. La recarga puede ser natural, artificial e incidental.
- **Recurso hídrico**, es el bien natural conocido comúnmente como agua en cualquiera de sus estados físicos.

1.5

ESTUDIOS PREVIOS

Para la elaboración de este EDAS, ERM revisó y utilizó información de estudios previos realizados por el MEM-PNESER, BID y sus contratistas para la descripción del AID del Proyecto. Por ejemplo, Artículos y Construcción de Nicaragua S.A (ACN), contratista seleccionada por el MEM, llevó a cabo el estudio de pre-factibilidad - Fase I del Proyecto. Además, ACN desarrolló varios estudios ambientales y sociales para la Fase I, incluyendo: *Estudio Socioeconómico del Proyecto de Exploración Geotérmica Volcán Cosigüina* (ACN 2015a), *Estudio de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio* (ACN 2015b), *Documento de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio* (ACN 2015c) e *Informe de Consulta Pública* (ACN 2015d).

Otros estudios realizados encargados por el BID a ERM incluyen: *Evaluación de Efectos Acumulativos del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II* (ERM, 2016a), *Evaluación Complementaria y Plan de Acción para la Biodiversidad del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II* (ERM, 2016b) y *Evaluación de Disponibilidad Hídrica para la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Reporte Final* (ERM, 2016c).

Reportes regionales preparados por agencias internacionales en colaboración con Instituciones del gobierno central, nacionales y municipales, fueron también utilizados para la preparación de este estudio. Entre los principales reportes se incluyen: *Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca. Diseño Borrador del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de las Comunidades de Potosí y Las Parcelas* (Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER, 2012), *Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca 64 (Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo/acuífero de Occidente. Informe Final* (Koschel, 2017); *Análisis de la Viabilidad Ambiental del Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca”* (Meyrat, 2012);

Caracterización de la Cuenca No. 64. Entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo (MARENA, 2010a) y Caracterización de la Cuenca No. 62 y Entre Estero Real y Volcán Cosigüina (MARENA, 2010b).

El AID del Proyecto abarca las cuencas hidrográficas 62 y 64 dentro del municipio El Viejo en el Departamento de Chinandega al extremo noroeste de Nicaragua entre las coordenadas 12°40' de latitud y 87°10' de longitud a una altitud de aproximadamente 43 metros sobre el nivel del mar (msnm). El municipio de El Viejo ocupa una superficie de aproximadamente 1,274 kilómetros cuadrados (km²) colindando al norte con el Golfo de Fonseca, al sur con el municipio El Realejo, al este con el municipio de Puerto Morazán y al oeste con el océano Pacífico y el municipio de Puerto Morazán (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2017).

La cuenca hidrográfica No. 62 se extiende desde el Estero Real y hasta el Volcán Cosigüina e incluye la subcuenca Cosigüina. El clima predominante en esta cuenca es de Sabana Tropical con temperaturas promedio que fluctúan entre 27 °C y 29 °C y precipitaciones anuales entre 1200 y 2000 milímetros (mm) anuales (MARENA, 2010b). El área en donde se ubican las comunidades Potosí, El Capulín y las Parcelas reciben precipitaciones anuales promedio entre 1600 mm y 2000 mm.

La cuenca hidrográfica No. 64, que incluye la otra parte del municipio El Viejo, se extiende entre el Volcán Cosigüina y el río Tamarindo. Esta cuenca también tienen un clima predominante de Sabana Tropical con temperaturas que fluctúan entre los 27 °C y 28 °C (MARENA, 2010^a) mientras que la precipitación anual promedio fluctúa entre los 1141 y 2203 mm de acuerdo a lo reportado por Koschel (2017). Sin embargo, en el municipio El Viejo, la precipitación promedio anual fluctúa entre los 750 mm y 2000 mm; mientras que las temperaturas promedio son de 24 °C a 38 °C (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2017).

Las comunidades más cercanas al sitio del Proyecto son las comunidades rurales de Puerto Potosí, Las Parcelas y El Capulín, las cuales se ubican a aproximadamente 69 km de la cabecera municipal de El Viejo. De acuerdo a datos reportados en Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER (2012), estas comunidades están formadas por aproximadamente 370 familias (929 hombres y 851 mujeres).

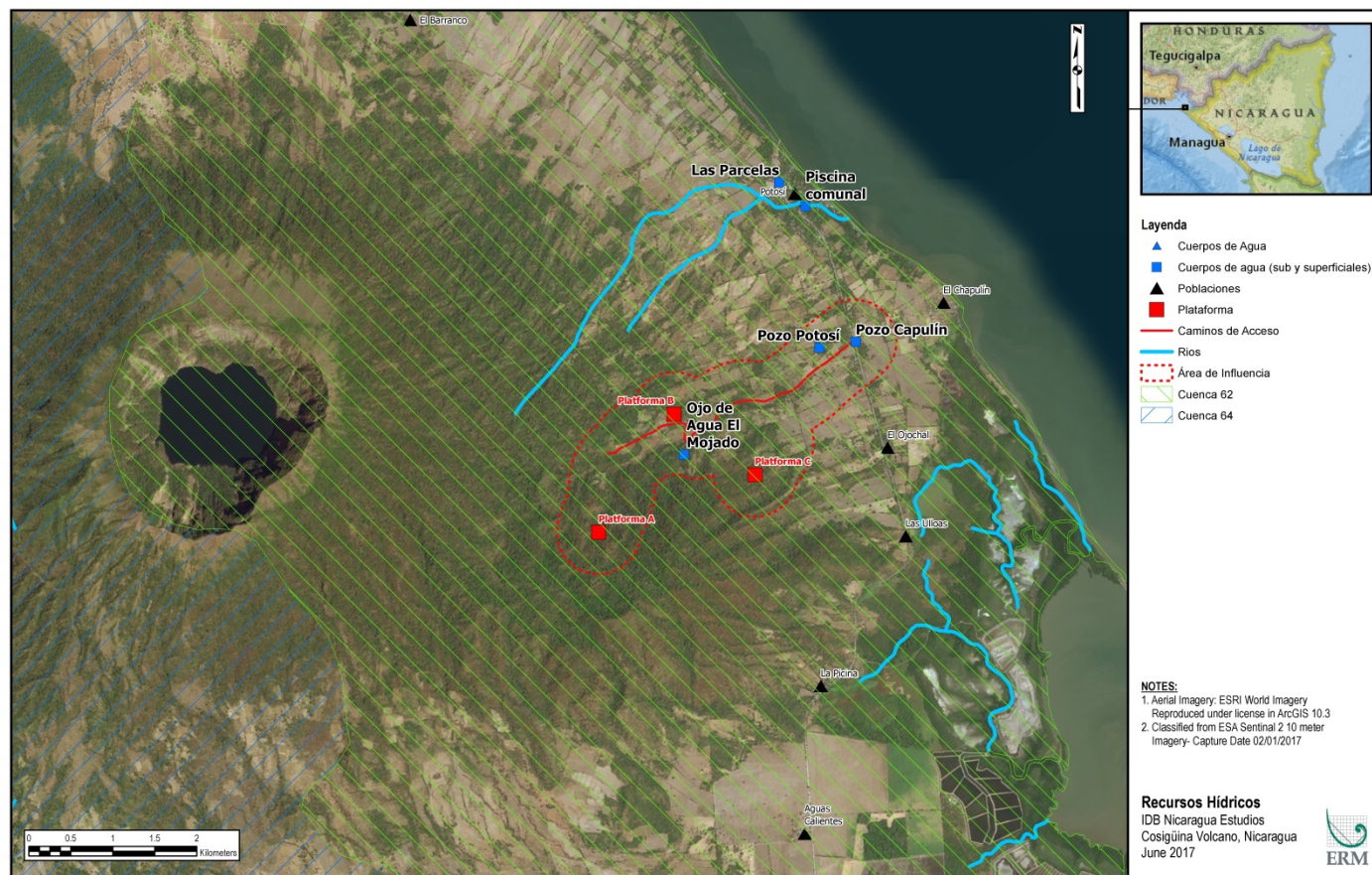


Figura 2-1: Sitio del Proyecto respecto a las cuencas hidrográficas 62 y 64

2.1

GEOMORFOLOGÍA

La cuenca hidrográfica 62 tiene un área de drenaje de 429 km² con una altura media de 70 msnm y pendiente media de la cuenca de 9.5%. Esta cuenca es considerada baja siendo el Volcán Cosigüina (872 msnm) la parte más alta de la misma. Por otro lado, la cuenca No. 64 tiene un área de drenaje de 2,951 km² y alturas medias de sus principales subcuencas (río Atoya, río Posoltega, río Telica y río Chiquito) entre los 40 msnm y los 100 msnm (MARENA, 2010b y c). La Figura 2-1 muestra los límites de las cuencas hidrográficas 62 y 64.

El municipio de El Viejo representa aproximadamente 33.5% del área total de drenaje de la cuenca hidrográfica No. 64 ocupando un área de 989.82 km². La topografía de este municipio se caracteriza en su mayoría por ser regular con sistemas montañosos de sur a norte y elevaciones promedio de 600 msnm y pendientes que varían entre el 40% y 60% (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2017).

2.2

AMBIENTE GEOLÓGICO

El Proyecto se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la planicie costera del Pacífico. Esta característica se extiende a lo largo de toda la costa del Pacífico de Nicaragua, desde Punta Cosigüina en el Golfo de Fonseca hasta Punta Descartes en Costa Rica, al norte de la península de Santa Elena. Esta línea costera angosta se encuentra al oeste de la depresión de Nicaragua y del frente volcánico y al este de la fosa oceánica de América Central. Incluye una planicie costera norte con relieves bajos y una costa sur delineada por acantilados, donde rocas marinas sedimentarias del período cretácico y la era cenozoica de la cuenca del antearco de Sandino se extienden por tierra en una serie de pliegues paralelos al borde (Marshall 2007).

El Volcán Cosigüina forma parte del cordón volcánico del periodo cuaternario (desde hace 2.6 millones de años hasta el presente) que se ha desarrollado a lo largo del suelo de la depresión de Nicaragua, con la mayoría de los centros volcánicos ubicados a lo largo del borde suroeste controlado por las fallas. El cordón comienza en el noroeste en el volcán Cosigüina del Golfo de Fonseca y se extiende hacia el sur a lo largo de la cordillera Los Marabios hasta el estratocono Momotombo en el Lago de Managua. La cadena volcánica luego continúa hacia el sur, pasando la caldera de Apoyeque, hasta el escudo de ignimbritas de Las Sierras y las calderas de Masaya y Apoyo. En la extensión sur del frente volcánico, la cordillera de Cocibolca se extiende desde el volcán Mombacho en la costa norte del Lago de Nicaragua hasta los estratovolcanes gemelos Concepción y Madera en la Isla de Ometepe (ver la Figura 2-2) (INETER 2013).



Fuente: INETER 2013

Figura 2-2: Cordillera Volcánica del Pacífico

En la Tabla 2-1 se presenta un resumen de las formaciones geológicas de las cuencas hidrográficas No. 62 y 64, en donde se encuentra el AID del Proyecto.

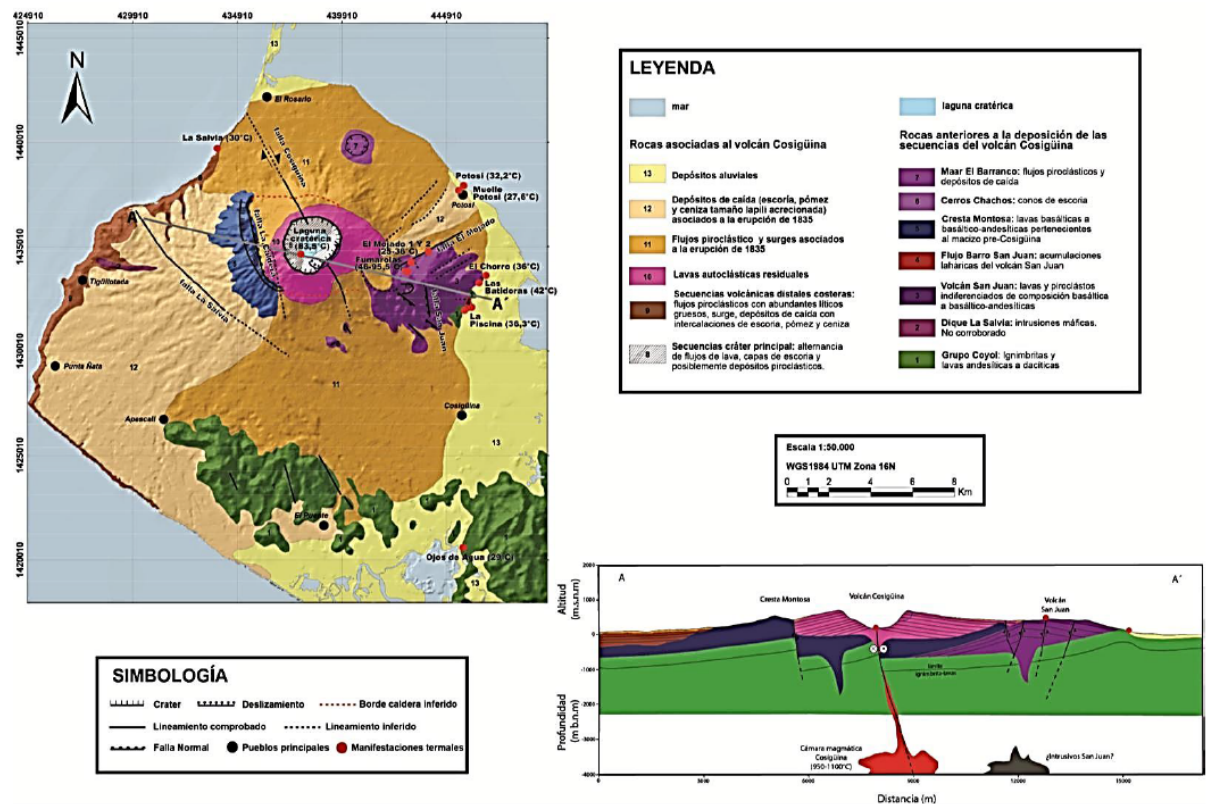
Tabla 2-1: Formaciones geológicas de las cuencas hidrográficas 62 y 64

Cuenca 62	Cuenca 64
<ul style="list-style-type: none"> • Compuestas de depósitos de grava y arenas finas a gruesas, así como depósitos volcánicos del plioceno compuestos por ignimbritas, toba, lava y basaltos • Dentro de la Depresión (Graben) nicaragüense, afloran depósitos pleistoceno-holocénicos poco consolidados. • Depósitos aluviales y coluviales en los valles jóvenes de los ríos son de edad holocénica y están compuestos por guijarros, suelos arenosos y arcillosos, arenas lagunares, arenas de playa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicada dentro de la Faja de la Costa del Pacífico y la Gran Depresión de Nicaragua. • <i>Relleno coluvio-aluvional</i>: Esta formación está compuesta de arena, grava y arcilla. • <i>Las Sierras</i>: Compuesta de tobas líticas, aglomeráticas, pómez, sedimentos litorales • <i>Tamarindo</i>: Compuesta de ignimbritas, tobas, flujos andesítico-basálticos • <i>El Fraile</i>: Compuesta de arenisca, limolita y caliza en la cuenca de sedimentación del Pacífico y

Cuenca 62	Cuenca 64
	<p>correspondiente al Mioceno.</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Volcánico-Reciente:</i> Compuesta de piroclastos no consolidados y flujos lávicos densos que forman parte de la depresión (Graben) nicaragüense del Reciente Holoceno

Fuente: Adaptado de MARENA (2010b y 2010c)

La geología que predomina en el AID del Proyecto está constituida por suelos formados a partir de lava y Piroclastos indiferenciados, los cuales están asociados con depósitos volcánicos del plioceno. Además, se encuentran formaciones pertenecientes al coyol Superior Basalto y formaciones de tipo coluvial (Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER, 2012). En la Figura 2-3 se presenta un mapa geológico de la península de Cosigüina preparado por Jacobs y ACN (2015). Tal y como se ilustra en este mapa, las áreas en donde se encuentra el Proyecto se caracteriza por depósitos de caída (escoria, pómez y ceniza tamaño lapilli acrecionada) y flujos piroclástico y surges asociados a la erupción de 1835.



Fuente: Jacobs y ACN, 2015

Figura 2-3: Mapa geológico de la península de Cosigüina

Aguas Superficiales

La península de Cosigüina tiene muy pocos cuerpos de agua superficial perenne debido a que los suelos del área son volcánicos y muy permeables, lo que resulta en la infiltración rápida del agua de lluvia hacia el acuífero somero. Se han identificado dos ríos perennes en la RNVC: El Chorro y Apascalí (MARENA 2006), ambos en el suroeste del volcán Cosigüina (ver Figura 2-4).

El sitio del Proyecto está ubicado sobre dos subcuencas principales: Potosí y el Ojochal. La subcuenca de Potosí incluye el río Potosí, alimentado por manantiales termales, que drena al mar cerca del poblado Potosí. La subcuenca Ojochal es también alimentada por manantiales termales que eventualmente desembocan en el Estero Real. Los manantiales termales corresponden a caudales superficiales de acuíferos colgantes discontinuos en las laderas del volcán Cosigüina. El área del Proyecto se considera una zona de recarga. Debido a la permeabilidad de los suelos, el caudal de cuerpos de agua superficiales es usualmente reinfiltrado al acuífero aguas abajo, resultando en ríos y riachuelos discontinuos o secos. En el área del Proyecto se han identificado más de 40 manantiales con caudales de hasta 160 L/s y temperaturas entre 27°C y 42°C (ACN, 2015b,c).

Los cursos de agua superficial en el sitio del Proyecto son estacionales. El EIA de la Fase I identificó una sola quebrada intermitente, quebrada Aguas Agria, la cual va de la parte alta en las laderas del volcán San Juan hacia la comunidad El Mojado. La quebrada se seca durante la temporada seca (ver Figura 2-5).

El otro cuerpo de agua cercano al sitio del Proyecto, es la pila comunal ubicada en Potosí, la cual tiene un caudal de 3.0 L/s proveniente de dos ojos de agua. Esta pila es de uso recreacional para la comunidad de Potosí (ver Figura 1-2).

La hidrología del AID está compuesta de la laguna del cráter del volcán Cosigüina, acuíferos colgantes discontinuos en las laderas del volcán y un acuífero más extenso, el cual es un tanto discontinuo extendiéndose por debajo del nivel del mar (ver Figura 2-7). Este mismo estudio indica que el acuífero regional puede estar estructuralmente controlado con el flujo de agua subterránea por una pendiente desde el noroeste hacia el área de descarga de humedales en el sureste, llevando agua tanto fría como caliente (ACN y JACOBS, 2014).

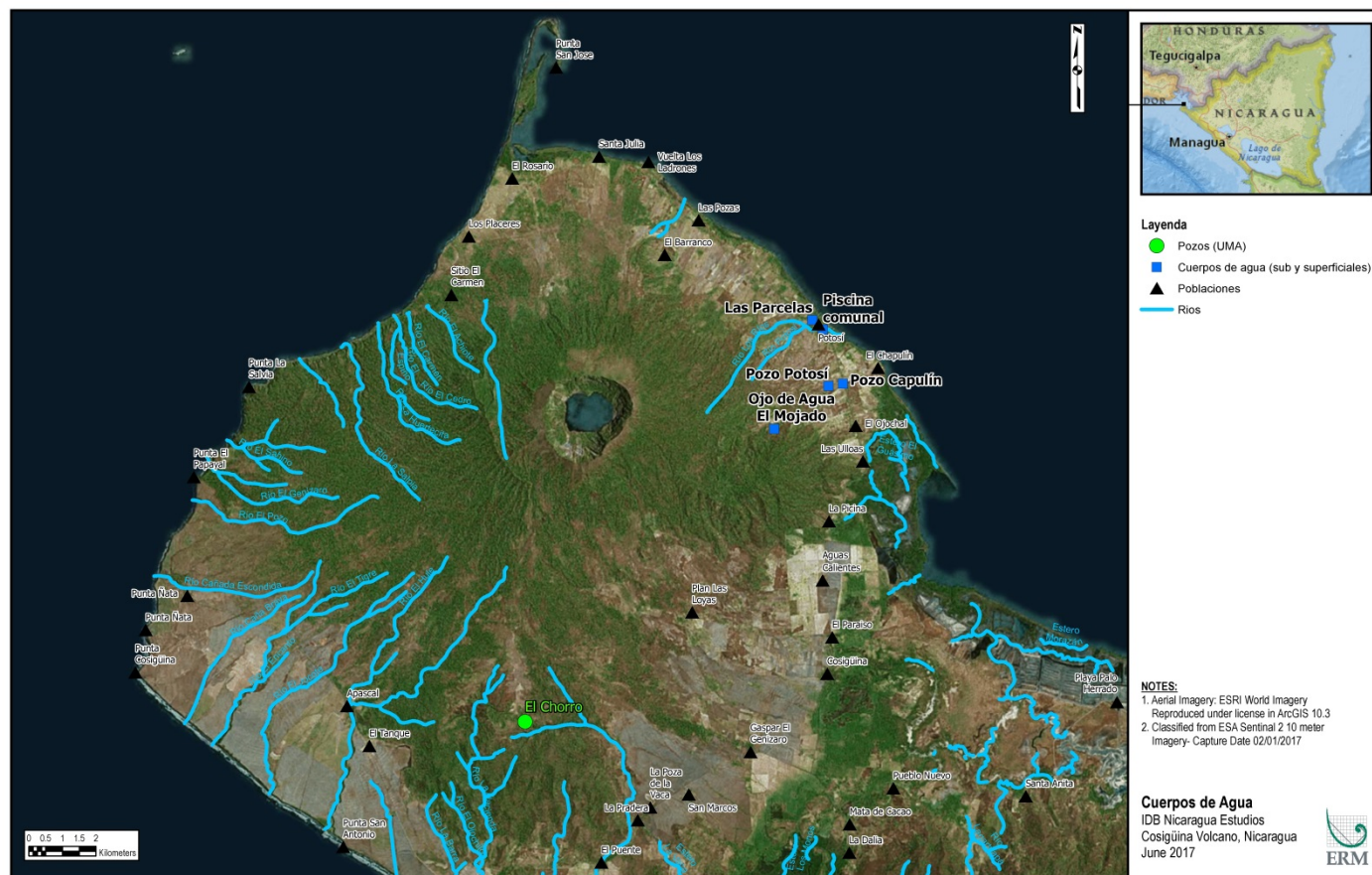


Figura 2-4: Recursos hídricos superficiales y subterráneos en la península de Cosigüina



Fuente: ERM Abril del 2017

Figura 2-5: *Cisterna de captación (izquierda) de la quebrada Aguas Agria (derecha) durante la temporada seca del 2017*

2.3.2 Aguas Subterráneas

Como resultado de los impactos en los recursos de agua superficial, Nicaragua depende fuertemente del agua subterránea como suministro de agua. La mayor parte del país cuenta con suficientes suministros de agua dulce subterránea. Los suministros más abundantes se encuentran en acuíferos aluviales del período cuaternario y depósitos volcánicos de los períodos terciario y cuaternario en la depresión de Nicaragua y las tierras bajas del Caribe y el Pacífico.

Los recursos de aguas subterráneas son muy importantes para la economía de Nicaragua, ya que aproximadamente el 90 por ciento de la producción de agua proviene de pozos subterráneos (Webster et al. 2001). Las variaciones en las estructuras geológicas, los terrenos, los tipos de rocas y las precipitaciones contribuyen a las condiciones ampliamente variables del agua subterránea en diferentes partes del país. Las fuentes más productivas de agua subterránea se encuentran en los acuíferos aluviales del período cuaternario, los cuales están interestratificados con materiales piroclásticos, y los depósitos volcánicos de los períodos terciario y cuaternario. Los manantiales generan grandes cantidades de agua a lo largo de zonas de fractura y contacto dentro de los depósitos aluviales, principalmente en las tierras bajas del noroeste del Pacífico, en la depresión de Nicaragua con el Lago de Managua interior y el Lago de Nicaragua, y hasta 100 kilómetros tierra adentro de la costa del Caribe.

En el resto del país, especialmente en las tierras altas del interior, las condiciones de las aguas subterráneas son generalmente desfavorables debido a las formaciones geológicas que tienen baja porosidad primaria y baja permeabilidad. Las montañas y las colinas contienen muchos tipos de acuíferos,

incluidas rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de baja permeabilidad. En las tierras altas del interior y en partes dispersas de las tierras bajas del Pacífico, los acuíferos sedimentarios de los períodos terciario y cretácico tienen un bajo rendimiento. Las rocas volcánicas de los períodos terciario a cuaternario de las tierras altas del interior son acuíferos pobres, excepto en los casos en que la erosión y las fracturas han mejorado la permeabilidad. Los acuíferos ígneos y metamórficos del Paleozoico en el noreste de las tierras altas del interior son prácticamente impermeables. Tienen rendimientos entre inadecuados y escasos, excepto localmente, donde las fracturas han mejorado la permeabilidad y la porosidad. Las planicies aluviales, las tierras bajas y la depresión de Nicaragua constituyen alrededor del 55 por ciento del país, pero contienen aproximadamente el 80 por ciento de las reservas de aguas subterráneas disponibles. Figura 2-6 resalta los recursos de aguas subterráneas dentro de Nicaragua.

El AID del Proyecto, se encuentra dentro de las áreas aluviales (mapa de la unidad 1 en Figura 2-6) que constituyen alrededor del 35 por ciento del país y contienen aproximadamente el 50 por ciento de las reservas de aguas subterráneas disponibles. Las áreas que contienen depósitos volcánicos de depósitos piroclásticos basálticos y andesíticos y flujos de lava basáltica (mapa de la unidad 2) constituyen alrededor del 20 por ciento del país y contienen aproximadamente el 35 por ciento de las reservas de aguas subterráneas disponibles. Los acuíferos de baja permeabilidad (mapas de las unidades 3, 4 y 5) constituyen alrededor del 45 por ciento del país y contienen aproximadamente el 15 por ciento de las reservas de aguas subterráneas disponibles (Webster et al. 2001).

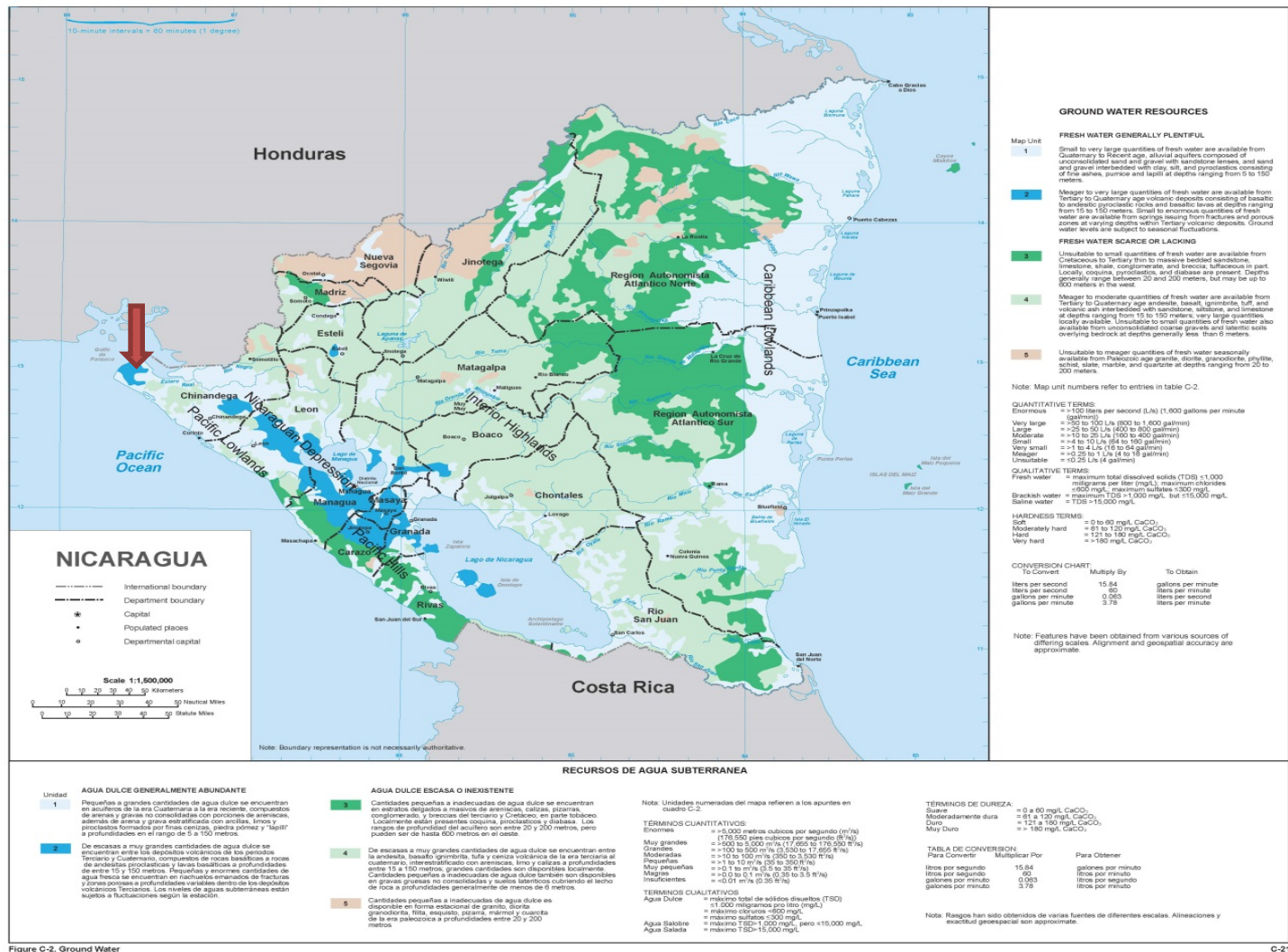


Figure C-2. Ground Water

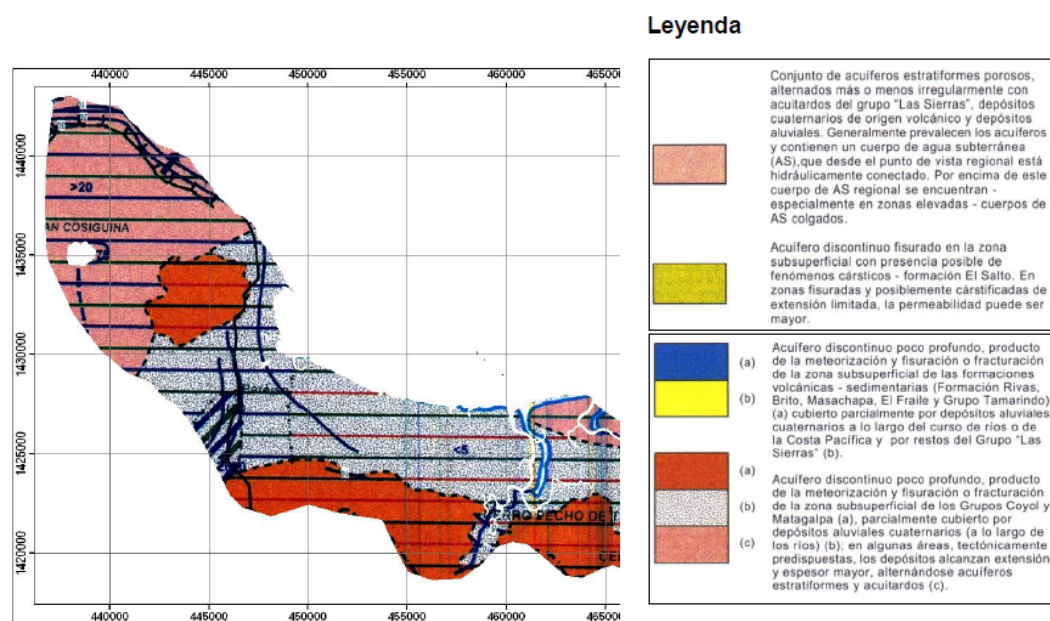
C-21

Nota: La flecha en color rojo indica la ubicación del Proyecto.
Fuente: Webster et al. 2001

Figura 2-6: Recursos de agua subterránea en Nicaragua

Datos recolectados en 1985 indicaron que la cuenca No. 62 (MARENA, 2010c) presentaba, en ese entonces, un nivel estimado de infiltración de 257 millones de metros cúbicos por año ($Mm^3/año$). En esta cuenca los acuíferos son poco profundos y discontinuos, parcialmente cubiertos por depósitos aluviales cuaternarios (ver Figura 2-6).

El AID está compuesta por un acuífero discontinuo somero producido por la meteorización y fisuración o fracturación de la zona superficial de los grupos Coyol y Matagalpa (ver Figura 2-6). Esta área se encuentra parcialmente cubierta por depósitos aluviales cuaternarios y en algunas áreas tectónicas predispuestas, los depósitos alcanzan mayores extensiones y espesores alternándose acuíferos estratiformes y acuilardos (Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER, 2012)



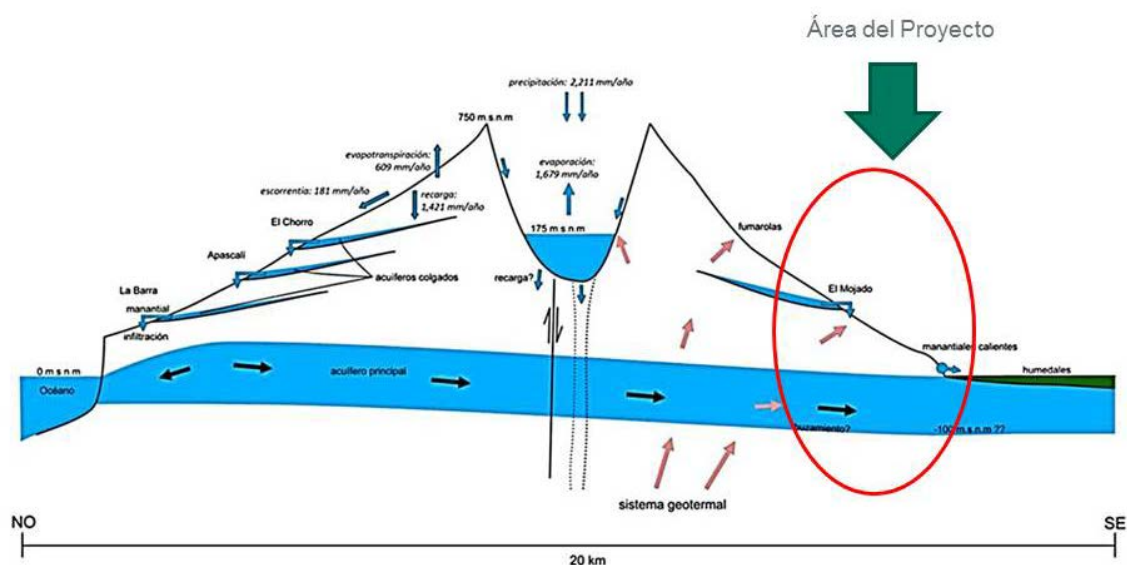
Fuente: Tomado de MARENA (2010c) INETER-COSUDE, sin fecha

Figura 2-7: Mapa hidrogeológico de la Cuenca No. 62

El sistema Cosigüina se considera un acuífero independiente al acuífero de León- Chinandega (INETER, sin fecha). Lo anterior refuerza la importancia de mantener las áreas boscosas en las laderas del volcán con el fin de mantener y mejorar la capacidad de infiltración de los suelos en dicha zona. El tipo de laguna en el cráter del Volcán Cosigüina indica la existencia de un acuífero subterráneo pequeño que se alimenta de las aguas infiltradas dentro del cono (ver Figura 2-7).

El agua subterránea en el área del Proyecto se encuentra ubicada en la planicie del Pacífico y a poca profundidad, entre 10 m y 40 m (ACN 2015b). De acuerdo a la Alcaldía Municipal de El Viejo (2002), este municipio dispone de los mejores acuíferos subterráneos de Nicaragua. Lo anterior se ha confirmado con estudios

realizados por el Ingenio Monte Rosa sobre evaluaciones de las aguas subterráneas para la micro-cuenca del Río Viejo y Atoya, revelando potenciales acuíferos para fines de riego.



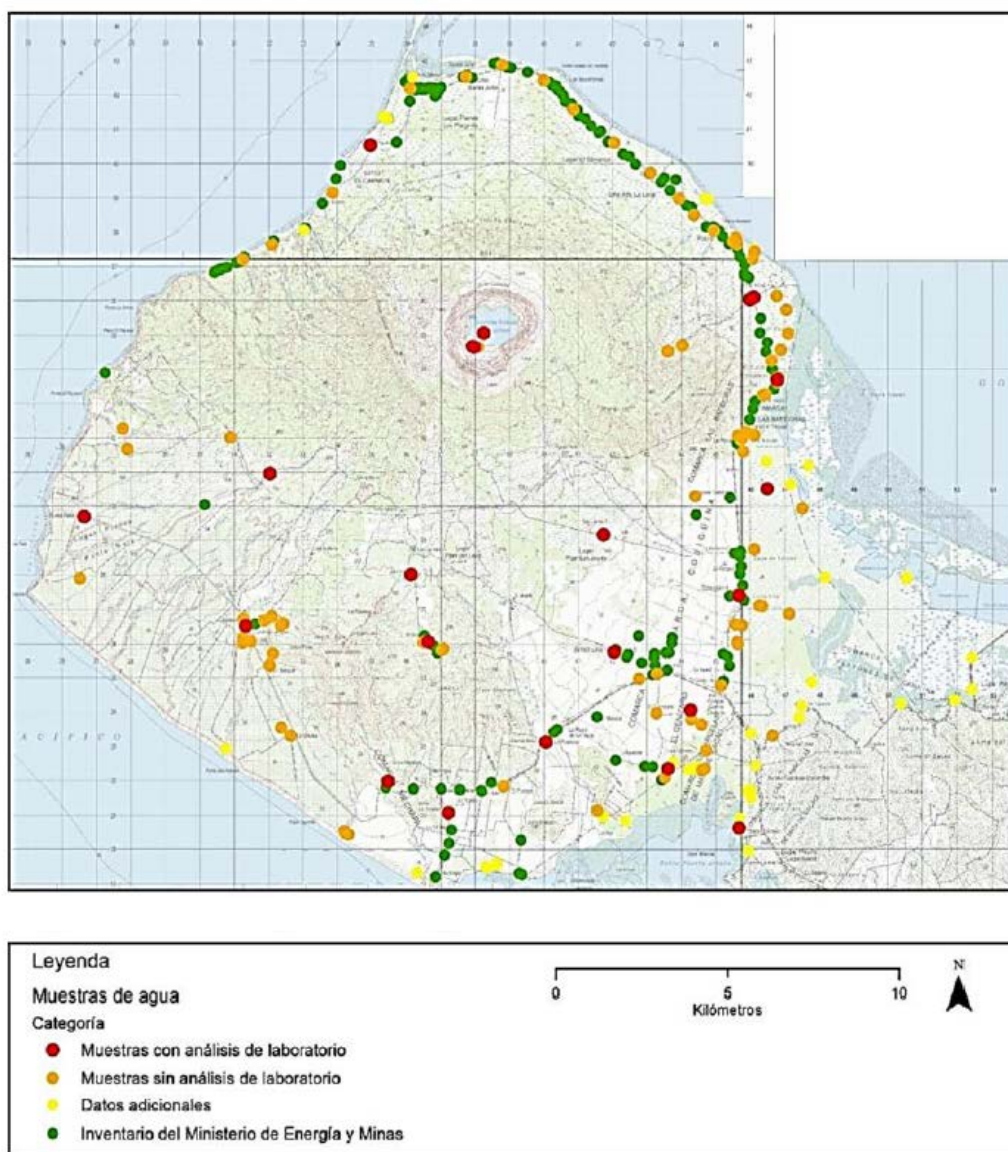
Fuente: Adaptado de Jacobs y ACN (2014)

Figura 2-8: *Modelo conceptual de agua subterránea del Volcán Cosigüina*

2.4 CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES

El estudio hidrogeológico, realizado por Jacobs y ACN (2015) entre el 26 de febrero y el 15 de abril del 2014, reporta que se colectaron y analizaron muestras de aguas superficiales y subterráneas de la Península de Cosigüina (ver Figura 2-9). En total se tomaron 122 muestras y se analizaron 20 muestras representativas de la extensión geográfica de la península. Algunos de los parámetros medidos en campo incluyeron temperatura, pH, alcalinidad, potencial de óxido-reducción (POR), conductividad, cloruro, oxígeno disuelto (OD), turbidez, dureza y arsénico; mientras que los parámetros analizados en laboratorio incluyeron calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, sílice reactivo disuelto, dureza total, alcalinidad total entre otros.

En la Tabla 2-2 se presentan los resultados de los análisis de algunos pozos y manantiales cercanos al sitio del Proyecto utilizados para caracterizar las aguas subterráneas de la Península de Cosigüina. Resultados físico-químicos de muestras tomadas en otros cuerpos de agua y que fueron utilizados para dicha caracterización se reportan en Jacobs y ACN (2015).



Fuente: Jacobs y ACN, 2015

Figura 2-9: *Puntos de muestreo de calidad del agua (2014) en la Península de Cosigüina*

Tabla 2-2: Análisis fisicoquímico de muestras de aguas subterráneas cercanas al sitio del Proyecto

Sitio	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Silice Reactivo Disuelto (mg/L)	Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)
Apascalí, pozo perforado (agua potable)	60.12	23.81	27.2	4.19	15.35	133.14	164.00	85.82	248	134
Cosigüina, pozo perforado (agua potable)	88.30	33.72	52.4	9.83	40.59	215.17	187.94	93.45	359	154
San Luis, pozo perforado (agua potable)	13.948	34.02	50.1	15.51	10.40	366.19	261.17	91.85	488	214
El Capulín, manantial	122.65	69.98	270.0	29.44	306.59	487.27	292.89	109.09	594	240
El Capulín, pozo perforado (agua potable-Potosí)	103.84	22.31	75.4	8.75	112.71	189.53	170.86	106.91	351	140
El Capulín, pozo perforado (agua potable)	105.81	34.02	90.9	11.55	184.98	163.09	183.06	104.38	404	150
Laguna de Cosigüina (29 °C)	163.53	74.84	1076.0	87.79	1173.34	1045.13	353.87	180.45	718	290

Sitio	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)	Fluoruros (mg/L)	Boro (mg/L)	Arsénico (ug/L)	Turbidez (UNT)	pH	Conductividad (uS/cm)	SDT (mg/L)
Apascalí, pozo perforado (agua potable)	8.41	<LD	0.04	<LD	0.13	-	0.3	7.66	534	438.68
Cosigüina, pozo perforado (agua potable)	18.10	0.007	0.05	0.39	-	-	0.4	8.15	812	594.62
San Luis, pozo perforado (agua potable)	3.98	<LD	<LD	<LD	-	-	1.7	8.27	1105	791.07
El Capulín, manantial	1.68	0.003	<LD	<LD	-	50	0.7	8.11	2480	1482.63
El Capulín, pozo perforado (agua potable-Potosí)	16.38	<LD	<LD	<LD	-	-	0.4	7.30	1027	662.94
El Capulín, pozo perforado (agua potable)	17.04	<LD	0.03	<LD	-	2	0.5	8.25	1282	746.21
Laguna de Cosigüina (29 °C)	<LD	0.036	<LD	<LD	34.6	275	0.7	7.85	5980	3975.08

mg/L = miligramos por litro; ug/L: microgramos por litro; LD: Limite de Detección; SDT: Solidos Disueltos Totales; uS/cm: microSiemes por centímetro; UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

Fuente: Adaptado de Jacobs y ACN, 2015.

La quebrada Aguas Agria, la cual forma parte de la microcuenca el Mojado, presentó un pH medianamente ácido (5.6), con concentraciones altas de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, sulfatos e iones (magnesio, calcio, potasio) (ACN 2015b). Estos resultados son característicos de aguas termales y volcánicas.

Las comunidades usualmente se abastecen de pozos propios excavados de diferentes profundidades y calidades. Muchas veces al excavar los pozos, el agua encontrada es de color amarillo-rojizo con sabor ferroso y caliente, en la parte norte se ha detectado aguas termales con presencia de arsénico y antimonio en los pozos perforados a aproximadamente 30 m. La excavación de pozos con instrumentos manuales ha resultado en varias muertes por la presencia de bolsones de gases venenosos. Estos accidentes se han dado especialmente en el sector norte de la Península. Se sabe de excavaciones de pozos a mano (barra, coba, pala, balde, mecate y rondana) hasta de 150 m de profundidad sin éxito de encontrar agua (Meyrat, 2012).

2.5 USUARIOS DE AGUA

Los pozos de agua comunitarios, ubicados dentro del AID, se utilizan principalmente para abastecer de agua a las comunidades de Potosí, El Capulín y las Parcelas (ver Figura 2-4) a través de líneas de distribución y conexiones domiciliarias. Estos pozos públicos son administrados y operados por los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS).

Los usuarios de estos pozos comunitarios utilizan el agua para cocinar, bañarse, crianza de ganado, actividades de pesca y lavado de ropa. Estos pozos comunitarios abastecen de agua a las escuelas y puestos de salud ubicados en la zona. También existen pozos de agua privados utilizados en su mayoría para el riego de fincas agrícolas dedicadas a la producción de maní, ajonjolí, caña, aguacate y banano (comunicación personal con personal del UMAS).

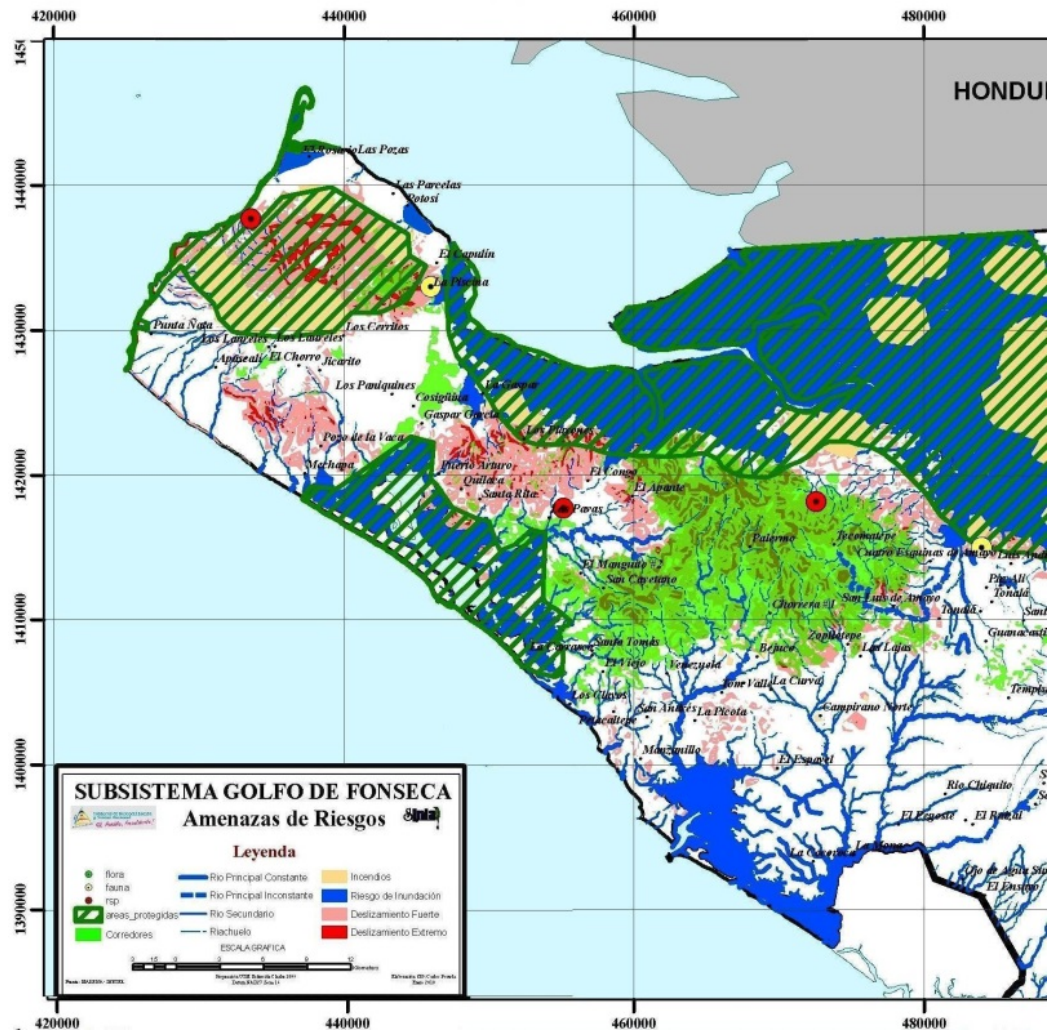
2.6 AMENAZAS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Entre los principales factores que ponen en riesgo los recursos hídricos subterráneos de la Península de Cosigüina se encuentran las amenazas naturales y antropogénicas. Las principales amenazas naturales para la península se muestran en la Figura 2-10, indicando que esta zona es propensa a inundaciones y fuertes deslizamientos. Meyrat (2012) reporta que durante el Huracán Mitch, las comunidades más afectadas estuvieron entre Potosí-Las Parcelas en la parte Noroeste de la Península cercanas al área de influencia del Proyecto. Este tipo de eventos naturales pueden dañar los pozos de suministro de agua produciendo

deslizamiento de tierras, derrumbes y sedimentos que obstruyan los afloramientos de agua que sirven como fuente de suministro de agua.

Los principales factores antropogénicos que podrían poner en riesgo el recurso hídrico, es una combinación de sobre explotación de pozos de agua, remoción de la cobertura de las partes altas y medias de las microcuencas que funcionan como zonas de recarga para los acuíferos. El cuidado de la cobertura vegetal y actividades continuas de reforestación de las zonas de recarga ayudarán a mejorar la infiltración de agua pluvial hacia los acuíferos, evitando las escorrentías superficiales.

Otros factores que pueden impactar la calidad del agua de los acuíferos y pozos, son la sobreexplotación de pozos y el uso de plaguicidas en actividades agrícolas. Estos últimos pueden contaminar el recurso y afectar la salud de la población. Además, debido a su cercanía con la zona costera del Golfo de Fonseca, los pozos de agua perforados y/o excavados podrían presentar intrusión salina. La sobreexplotación de acuíferos cercanos a la costa produce un descenso de los niveles piezométricos y por ende un avance tierra adentro de la frontera entre agua dulce y agua salada. A medida de la proximidad de los pozos a la línea de costa, existen mayores probabilidades de salinización por agua marina.



Fuente: SINIA y MARENA sin fecha

Figura 2-10: Amenazas naturales en la Península de Cosigüina

MARENA (2010c) reporta que la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en la cuenca No. 62 ha sido calculada en aproximadamente 166 Mm³ con un índice de infiltración de 10% en base al balance hídrico realizado para dicha cuenca. Sin embargo, este mismo reporte de MARENA (2010c) indica que no se cuenta con datos de aprovechamiento del mismo dentro de la cuenca No. 62 pero se considera que los recursos hídricos subterráneos están siendo utilizados de forma mínima debido a la poca población.

Dentro de las principales fuentes de recurso hídrico del AID se encuentran los pozos de abastecimiento El Potosí, El Capulín y Las Parcelas; así como el ojo de agua El Mojado ubicado en la parte media de la microcuenca con el mismo nombre. De acuerdo al estudio hidrogeológico realizado por Jacobs y ACN (2015) existen diferentes afloramientos (manantiales/ojos de agua) de agua subterránea en las faldas de Volcán Cosigüina (ver Figura 3-1).



Fuente: Jacobs y ACN, 2015.

Figura 3-1: Manantiales en las faldas del Volcán Cosigüina

Las comunidades en y cerca del sitio del Proyecto se abastecen de fuentes de agua subterránea mediante pozos, manantiales y ojos de agua (MARENA 2006). La comunidad El Mojado se abastece de agua de manantiales termale. En la comunidad El Capulín existen dos pozos perforados, uno que abastece a Potosí-Las Parcelas y otro a El Capulín. Las comunidades usan el agua para consumo humano, actividades domésticas, agua para el ganado y en menor medida para riego de cultivos (ACN 2015b).

3.1 DESCRIPCIÓN DEL USO DEL RECURSO

En la Tabla 3-1 se presentan los porcentajes de extracciones de agua por sector a nivel nacional reportadas para el año 2011 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2016).

Tabla 3-1: Extracciones de Agua por Sector en Nicaragua

Sector	Porcentaje por sector para un total de 1545 millones de m³ en 2011
Industrial	5%
Municipal y Domestico	19%
Ganadería	5%
Riego	71%

Fuente: Adaptado de FAO (2016)

La Alcaldía El Viejo reportó que la única información disponible de uso de agua por sector se encuentra a nivel de cuenca (cuenca No. 64) para pozos perforados y excavados reportada por INETER y el Ministerio Agropecuario (MAG), ver Tabla 3-2. En la Cuenca No. 62, las principales actividades económicas que demandan agua son la agricultura, pesca, cultivo de camarón y en menor cantidad la actividad pecuaria. El consumo de agua para el sector industrial se considera bajo debido a que solamente existen pequeñas cooperativas (MARENA 2010c).

Tabla 3-2: Aprovechamiento de Agua Subterránea en la Cuenca No. 64

Uso	Pozos perforados (% Volumen)	Pozos excavados (% Volumen)	Análisis de la consulta de estudios de vulnerabilidad
Doméstico	5.68	95.35	7%
Riego	75.45	3.65	74%
Industrial	8.72	1.00	9%
Municipal	10.16	---	10%

Fuente: Adaptado de MARENA (2010b)

La *Caracterización Municipal 2017* del municipio El Viejo reporta que el total de la población que se abastece de agua potable es de 6,860 habitantes, de los cuales 2,002 cuentan con medidores y 4,858 tienen tarifa fija. La cobertura de agua potable es de 80% en las zonas urbanas del municipio cuyos barrios y colonias se les brinda el servicio las 24 horas y el 20% reciben agua entre 3 y 16 horas al día (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2017).

Por otro lado, los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) son los que dan cobertura de agua potable en el sector rural del municipio. El municipio tiene registrado un total de 23 CAPS, principalmente proveedores de servicio que les otorga el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA). Sin embargo, de acuerdo a la alcaldía y ENACAL no todas las comunidades del municipio están organizadas por medio de los CAPS debido a que una parte de las comunidades del municipio utiliza agua proveniente de fuentes naturales

tales como ríos, esteros, quebradas y ojos de agua (Alcaldía Municipal de El Viejo, 2017).

El consumo de agua per cápita para la zona de Cosigüina en el 2016 se estima entre 60 l/día/persona (0.06 m³/día/persona) de acuerdo a Amigos de la Tierra y LIDER (2012) y 170 l/día/persona (0.17 m³/día/persona) de acuerdo a la *Normativa del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)* reportado en Pelican (2016), ver Tabla 3-3. Este último presenta una estimación de población de las 18 comunidades presentes en la península de Cosigüina.

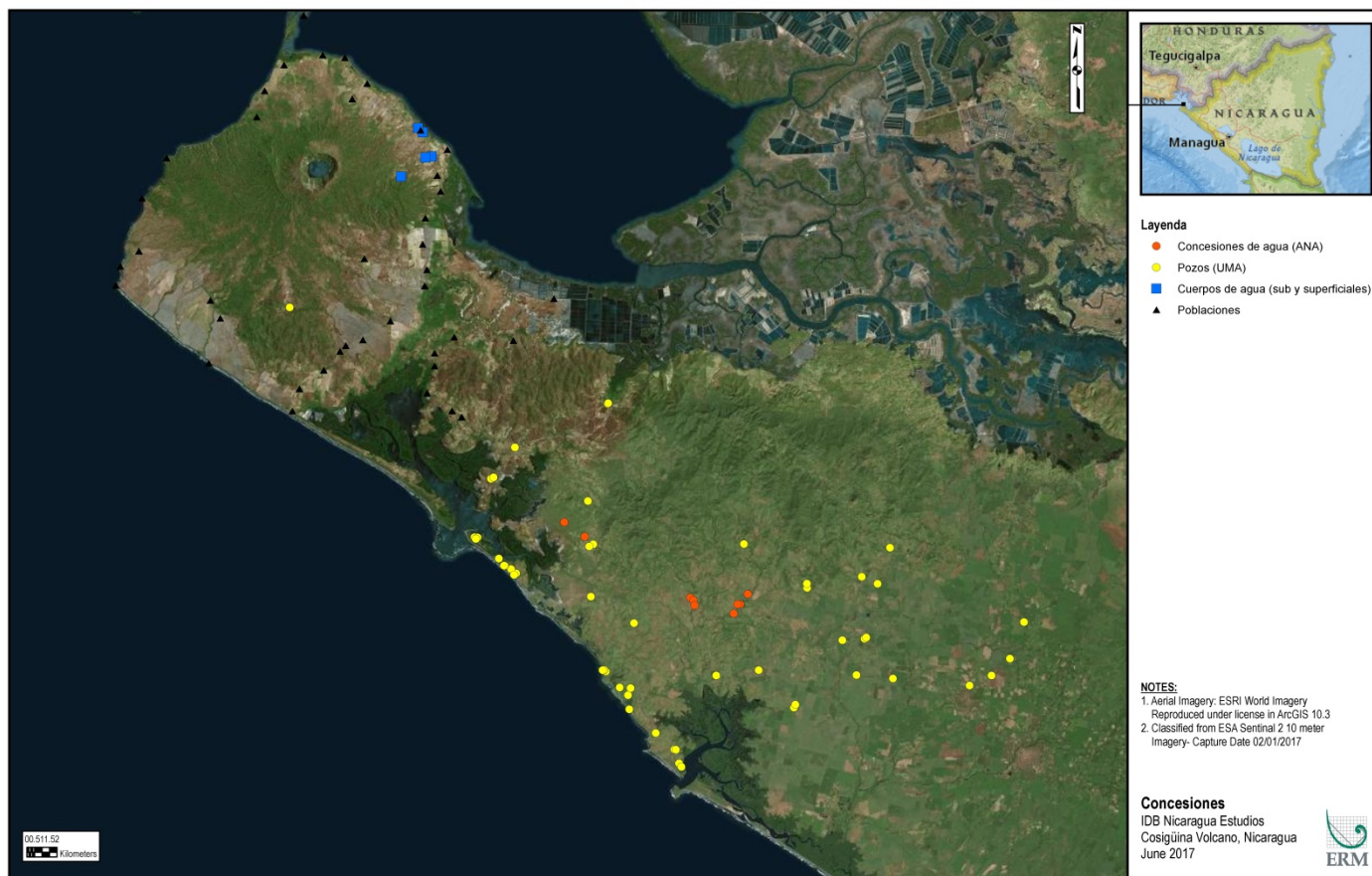
Tabla 3-3: Población y Consumo de Agua per Cápita Estimada, 2016

Fuente	Población estimada en número de habitantes	Consumo per cápita (m ³ /día/persona)	Comentarios
Pelican (2016)	11,332	0.17	Con base en población reportada en el Estudio socio-económico JACOBS/ACN 2014. Considerando 18 comunidades.
Amigos de la Tierra y LIDER (2012)	2,003	0.06	Considerando una población inicial de 1,1780 habitantes para las comunidades Potosí y las Parcelas en el 2012 y una tasa de crecimiento del 3%.

Fuente: Adaptado de Pelican (2016), Amigos de la Tierra y LIDER (2012) y JACOBS y ACN (2014).

Durante las visitas a campo realizadas por ERM (junio-julio de 2016 y abril 2017), se observó que existen diversos campos y/o fincas agrícolas dedicados principalmente a la producción de maní, ajonjolí, caña, aguacate y banano. De acuerdo a ENACAL y la Alcaldía de El Viejo, las fincas cuentan con sus propios pozos de riego. Sin embargo, en muchas ocasiones no se cuentan con registros de niveles estáticos y dinámicos de los pozos.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) no reporta concesiones otorgadas en el AID del Proyecto. La concesión de ANA más cercana al AID se encuentra a aproximadamente 25 km tal y como se muestra en la Figura 3-2.



Fuente: Creación propia en base a datos proporcionados por ANA y UMAS El Viejo

Figura 3-2: *Concesiones de agua otorgadas por ANA y UMAS dentro del municipio El Viejo*

3.2

DEMANDA DE AGUA PARA LAS ETAPAS 2 Y 3

El MEM/ENEL y Pelican (comunicación personal 2016) han reportado que los requerimientos de caudales mínimos y máximos de agua del Proyecto Geotérmico, oscilan entre 20 L/s y 50 L/s. Este requerimiento de agua es para cada uno de los pozos de diámetro comercial a ser perforados. Es importante mencionar que no se perforarán pozos de manera simultánea de acuerdo a lo descrito por el personal de ACN y el MEM/ENEL.

En la Tabla 3-4 se presentan detalles de los requerimientos de agua para las Etapas 2 y 3 del Componente No. 1 de acuerdo a la información proporcionada por MEM, ENEL y ACN.

Tabla 3-4: Requerimientos de agua para las etapas 2 y 3

Componente 1	Valor	Notas
Capacidad mínima	20 L/s	Por máquina de perforación. Este valor mínimo se considera cuando no se presentan pérdidas de circulación.
Capacidad mínima con pérdidas	20 L/s y 25 L/s	Si se utilizará la técnica de perforación aireada.
Capacidad máxima	50 L/s	Proporcionada por contratistas de perforación del MEM y ENEL.
Pileta o fosa impermeable	1,400 y 2,000 m ³	Para almacenamiento de agua por pozo
Dos lagunas adicionales	1,400 y 2,000 m ³	Para el almacenamiento de recortes de perforación y para el drenaje del contrapozo.
Tubería de agua	35 L/s	Este valor se obtiene de un promedio ponderado de suministro de agua que considera 60% de la perforación a un caudal estimado de 20 L/s y 40% de la perforación a un caudal estimado de 50 L/s.
Cantidad máxima de agua requerida por máquina perforadora	2,765 m ³ /día	Considerando un periodo de 24 horas
Periodo estimado para la perforación de cada pozo	3.5 meses/pozo	Comunicación personal con el MEM/ENEL

Fuente: Adaptado de MEM/ENEL (2016)

3.3

PRUEBA DE AFORO

Durante los días 27 y 28 de abril del 2017, personal de ENEL, MEM y la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMAS). (ver Figura 3-3) llevaron a cabo una prueba de aforo del pozo de suministro Potosí (o Potosí-Parcelas) que actualmente abastece a las comunidades Potosí y Las Parcelas. El objetivo de dicha prueba fue evaluar la disminución del nivel freático del pozo Potosí-

Parcelas y El Capulín durante el caudal máximo de operación. Sin embargo, debido a la falta de piezómetro y orificio que permitiera el ingreso de la sonda piezométrica en el pozo El Capulín (ver Figura 3-4), no fue posible utilizar este último como pozo de monitoreo durante la prueba de aforo. Considerando lo anterior, el nivel dinámico fue medido en el mismo pozo Potosí. En la Tabla 3-5 se resumen las principales características técnicas de la prueba de aforo, así como de las características técnicas del pozo Potosí. El pozo Potosí-Parcelas se localiza en la comunidad de El Capulín, a unos 1800 m al sur de la localidad El Capulín y en las cercanías del entronque de la carretera principal que conduce a Potosí y la comunidad de El Capulín (aproximadamente 120 m). El pozo El Capulín se encuentra a una distancia de 140 m del pozo Potosí-Parcelas (ver Figura 3-5).



Fuente: ENEL-MEM abril 2017

Figura 3-3: *Aforo del pozo El Potosí-Parcelas por parte del ENEL-MEM y UMAS*



Fuente: ENEL-MEM abril 2017

Figura 3-4: *Pozo El Capulín previsto para mediciones de nivel estático*



Fuente: Adaptado de ENACAL, 2017

Figura 3-5: *Ubicación de los pozos Potosí, El Capulín y tres pozos de monitoreo*

Tabla 3-5: Descripción técnica del aforo al pozo El Potosí-Parcelas

Parámetro	Valor
Periodo de prueba	22:00 hrs (27 de abril del 2017) hasta las 12:00 hrs (28 de abril del 2017)
No. Total de horas	14
Profundidad del pozo	106.7 metros (350 pies) ^a
Diámetro del pozo	0.15 m (6 pulgadas)
Capacidad del equipo de bombeo	7.5 Hp
Nivel estático ⁱ	27.05 metros
Altura del brocal del pozo a partir del suelo	0.64 metros
Altitud del pozo	39 metros sobre el nivel del mar (msnm)
Caudal bombeado	40 galones por minuto (gpm) ⁱⁱ
Revestido	Tubería de PVC

^a Profundidad según documento de diseño del pozo.

Fuente: Adaptado de los aforos realizados por el personal de ENEL-MEM abril 2017 y Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER, 2012.

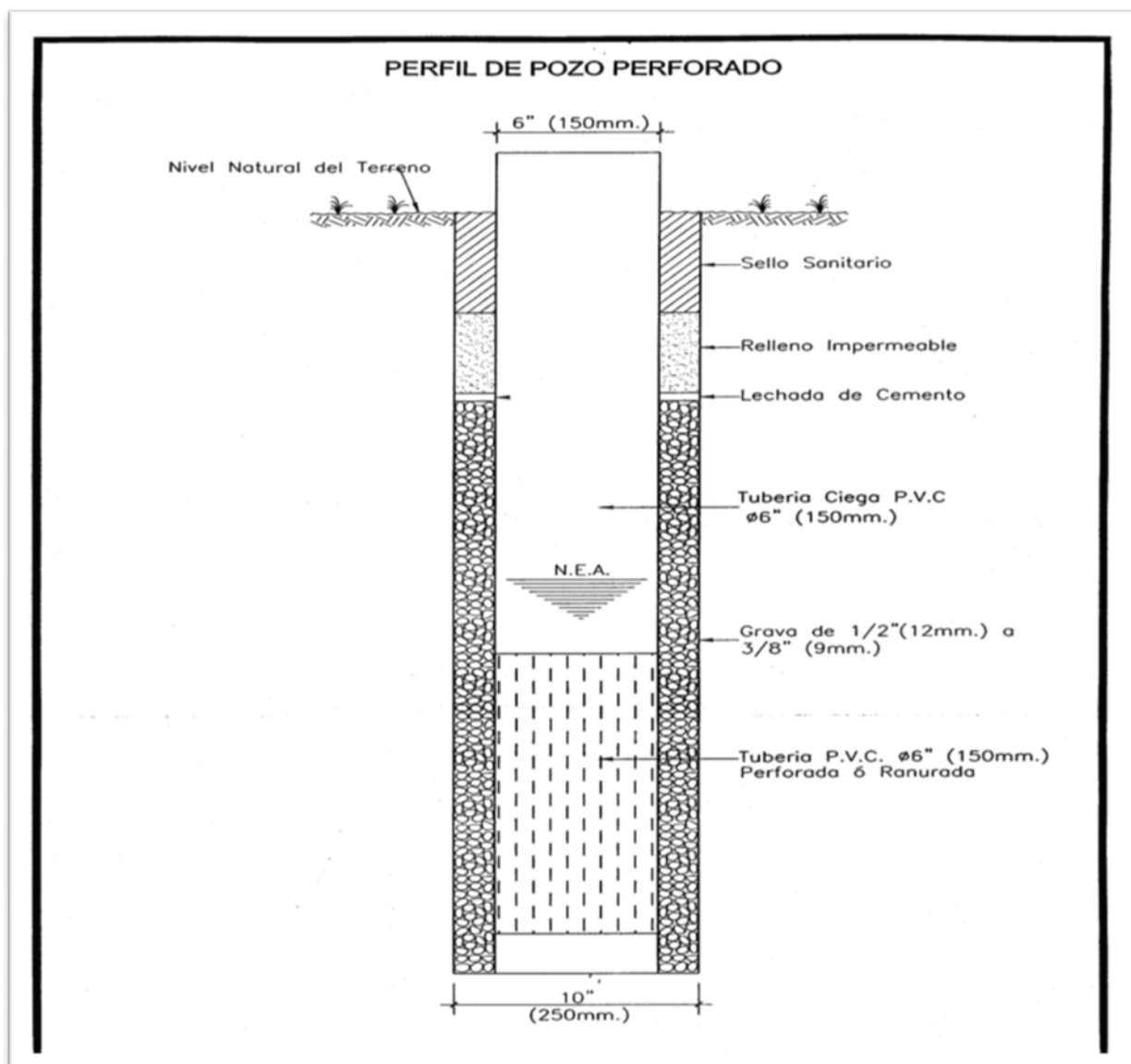
El aforo del pozo Potosí (o conocido por la población local como Potosí-Las Parcelas), cuyo perfil preparado por Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER (2012) se muestra en la Figura 3-5, tuvo intervalos de tiempo de 5 minutos por cada dos horas y de 10 minutos cada dos horas hasta las 12:00 horas del día 28 de abril del 2017. En la Figura 3-6 se muestra el cambio en el nivel dinámicoⁱⁱⁱ del pozo aforado durante un periodo total de catorce (14) horas a un caudal constante de 40 galones por minuto (gpm) o 2.5 L/s; mientras que en el *Apéndice A* se presentan los valores registrados por el personal de ENEL/MEM durante la prueba de aforo. Es importante mencionar que las actividades de aforo tuvieron que ser suspendidas por una hora alrededor de las 2:11 horas del día 28 de abril del 2017 debido a una tormenta eléctrica en la Península de Cosigüina.

En la Figura 3-6 se muestra el descenso en el nivel estático debido a un rendimiento o caudal de bombeo de 40 gpm. El descenso se refiere a la diferencia entre el nivel estático (h_0) de 27.05 m (ver Tabla 3-5) y el nivel dinámico (h) medido durante las 14 horas de bombeo (ver Figura 3-7).

ⁱ Nivel estático (h_0), es el nivel del agua estable antes de iniciar el bombeo.

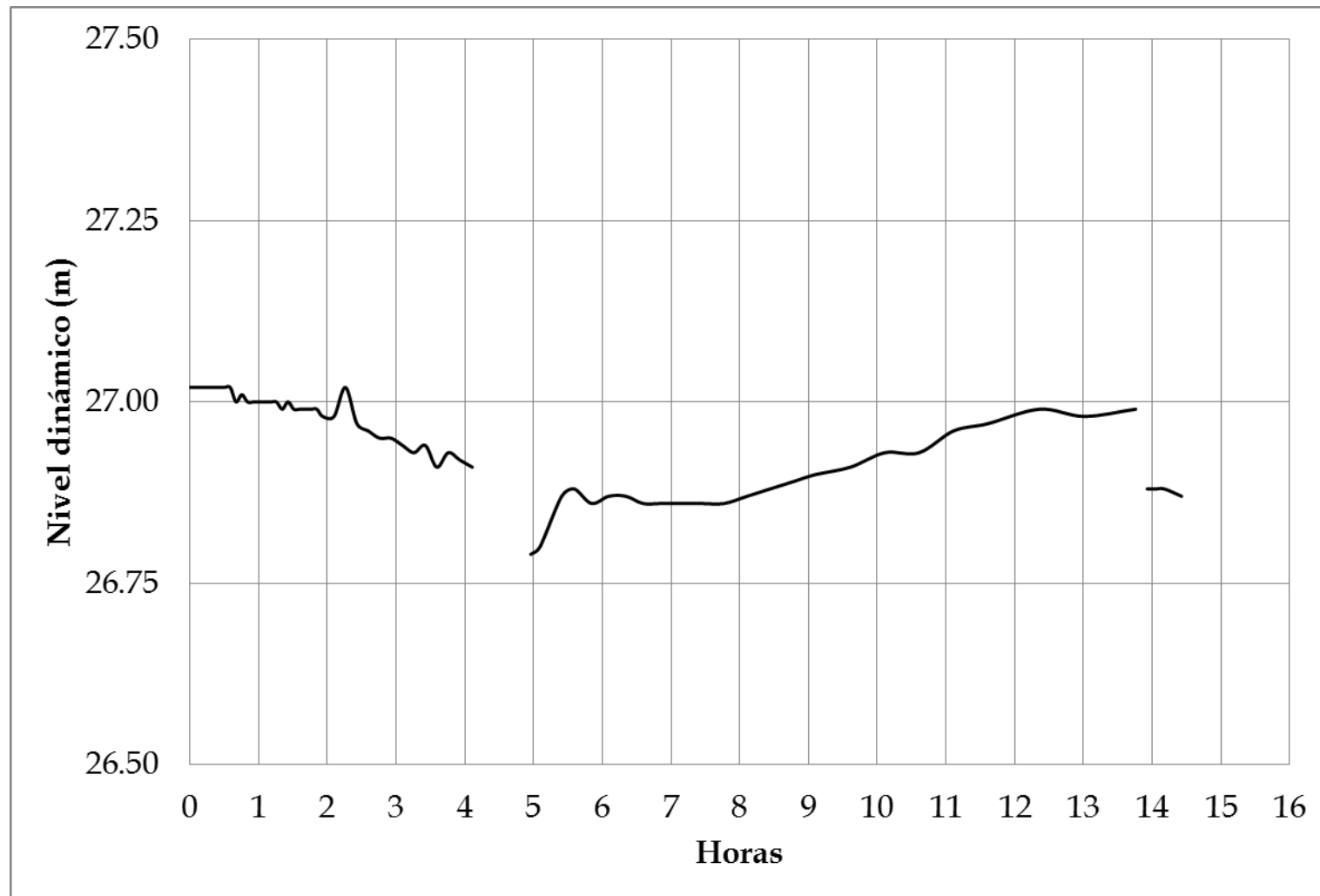
ⁱⁱ Durante los aforos el operador de la bomba indicó que el caudal de operación de la bomba es de 40 gpm, sin embargo el reporte de diseño del pozo presenta un caudal de operación de 50 gpm.

ⁱⁱⁱ Nivel dinámico (h), es el nivel del agua variable durante el bombeo.



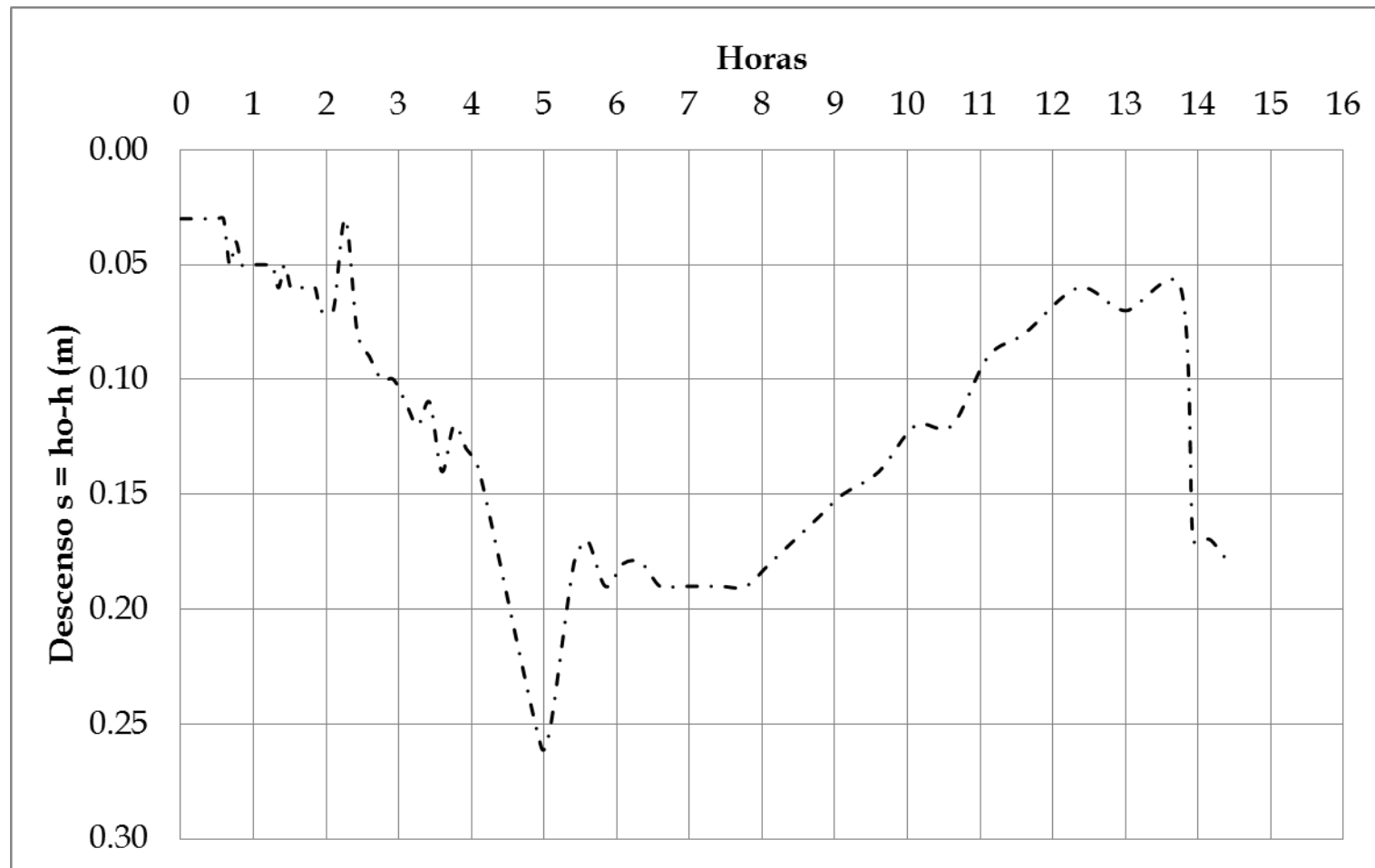
Fuente: Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER (2012)

Figura 3-6: Gráfico de perfil del Pozo Potosí



Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENEL-MEM abril 2017

Figura 3-7: *Cambios en el nivel dinámico del Pozo Potosí a caudal constante de 40 gpm*



Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENEL-MEM abril 2017

Figura 3-8: Descenso (h_0-h) en el nivel dinámico del Pozo Potosí a caudal constante de 40 gpm

Una prueba de bombeo tiene dos objetivos principales. El primer objetivo es determinar las características hidráulicas de los acuíferos y el segundo es proporcionar los datos necesarios para determinar la capacidad específica o la relación caudal-abatimiento, para la selección del equipo de bombeo adecuado. A partir del comportamiento de los descensos (abatimientos) de los niveles, la distancia entre los pozos de observación y el pozo bombeado y el caudal de bombeo, se puede obtener información sobre las características del acuífero tales como: conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, existencia de barreras impermeables cercanas, recarga del acuífero. También los resultados de las pruebas de bombeo ayudan a definir y confirmar el tipo de respuesta hidráulica del acuífero (CONAGUA, 2007).

Con el objetivo de definir el caudal máximo con que se debe explotar en los pozos existentes Potosí y El Capulín^{iv} cercanos al sitio del Proyecto, conocer de manera general la calidad del agua subterránea en la zona y calcular parámetros hidráulicos del acuífero, ENEL y MEM junto con el BID solicitaron a la ENACAL la realización de pruebas de bombeo para ambos pozos. Sin embargo, ENACAL reportó que solamente una prueba se pudo realizar, en el pozo Potosí-Las Parcelas, debido a que por desviación del revestimiento el pozo El Capulín no tenía el tamaño apropiado para la bomba (ver Anexo B). También, las pruebas de bombeo que realizó ENACAL permitieron definir el caudal buscado por MEM/ENEL y la distancia mínima que debe existir entre un pozo y otro para satisfacer la demanda de agua requerida para las Etapas 2 y 3 del Proyecto. Las pruebas de bombeo se iniciaron con una reunión de arranque llevada a cabo el 17 de mayo del 2017 entre los funcionarios de ENACAL, MEM/ENEL, UMAS de la alcaldía de El Viejo y encargados de los CAPS para conocer el sitio y las condiciones existentes para la realización de las pruebas de bombeo. Estas pruebas de bombeo se realizaron entre el 23 y 28 de mayo de 2017. El procedimiento utilizado por ENACAL incluye los siguientes pasos:

- *Prueba de bombeo preliminar:* Esta prueba tuvo una duración máxima de dos horas con un caudal constante, al 100% de abertura de la válvula de descarga. Esta prueba sirvió para la planificación de las siguientes dos pruebas de bombeo, la de caudal variable (escalonada) y la de larga duración.

^{iv} Política y administrativamente, los dos pozos pertenecen al Municipio de El Viejo, del departamento de Chinandega.

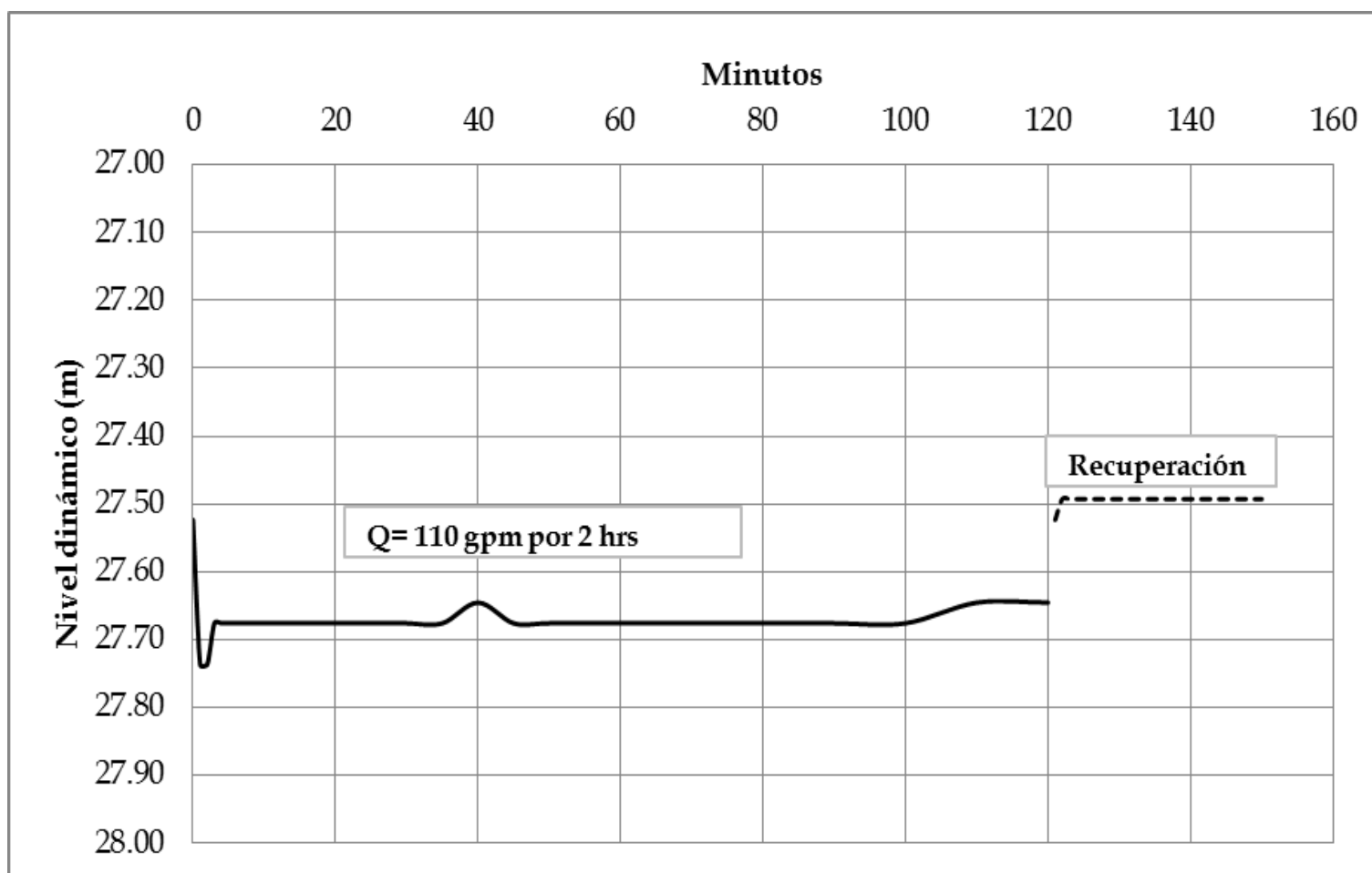
- Prueba de bombeo a caudal variable (escalonada): Esta prueba consistió en tres etapas de bombeo como mínimo (50% del caudal máximo; 75% del caudal máximo y la última etapa se bombea con el caudal máximo 100%).
- Prueba de bombeo a caudal constante (larga duración): Se bombeó el caudal máximo (100%) que puede extraer el equipo de bombeo con una duración de 25 horas continuas y se hicieron las lecturas de los niveles de bombeo con la sonda eléctrica.

Los resultados de estas tres pruebas de bombeo junto con el proceso metodológico seguido por ENACAL para la realización de las mismas se describen con mayor detalle en el *Apéndice B* de este reporte. De la Figura 3-9 a la Figura 3-11 se presentan gráficos que muestran los resultados de las tres pruebas de bombeo.

En la Figura 3-9 se presentan los resultados de la prueba preliminar, la cual se realizó por un periodo de 120 minutos (2 horas) a un caudal máximo de 110 gpm. Los resultados indican un descenso brusco durante los primeros dos minutos y posteriormente un ascenso del nivel del agua subterránea, sin alcanzar el nivel estático inicial, lo cual no es común en las pruebas de bombeo (ENACAL, 2017). El nivel estático (NE) registrado al inicio de la prueba preliminar fue de 27.5 m (o 90.3 ft) alcanzando un descenso máximo de 0.21 m (o 0.7 ft) y ascendiendo en forma gradual al final de los 120 minutos, alcanzando un descenso de 0.12 m (o 0.4 ft).

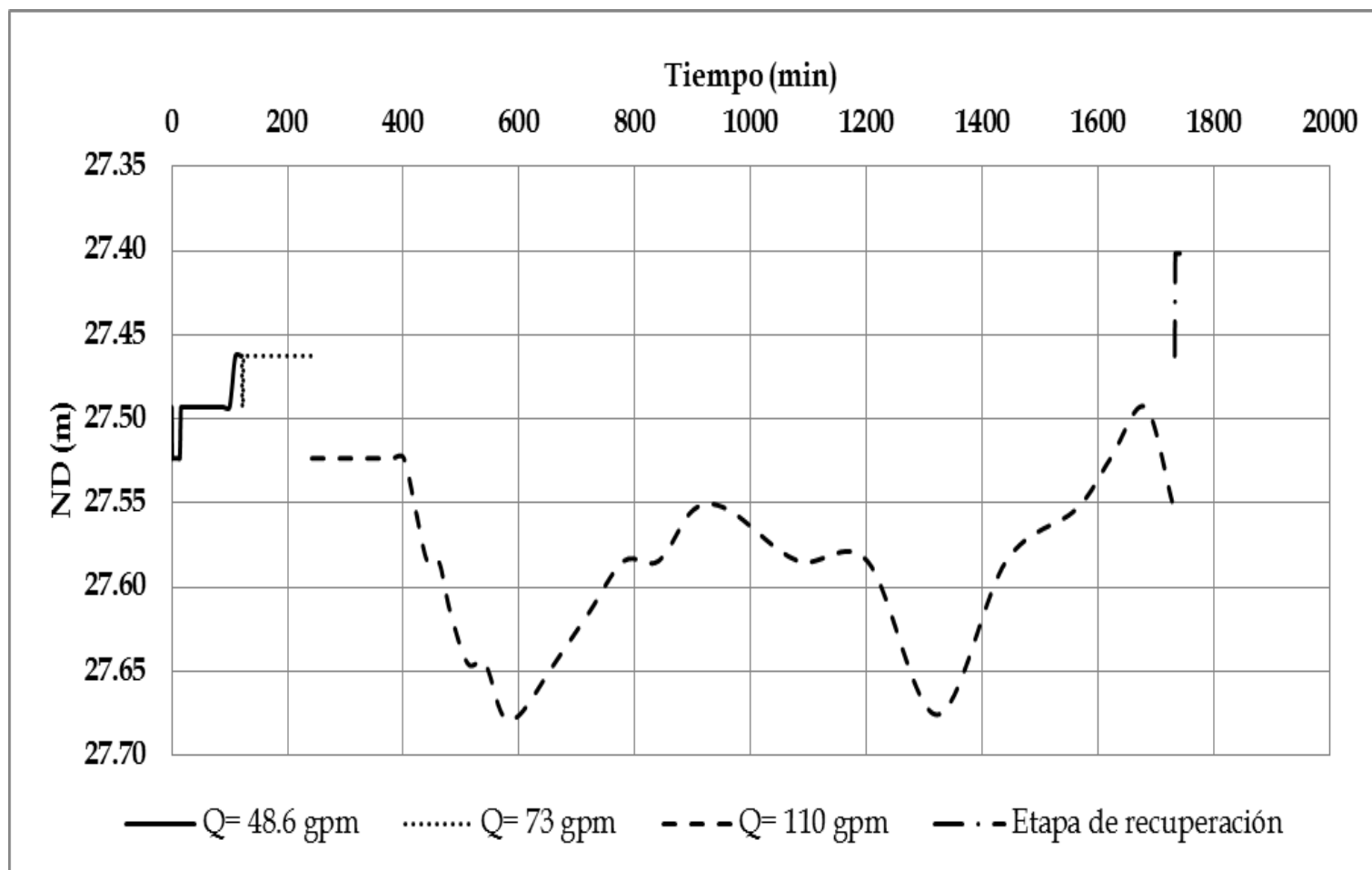
Los caudales bombeados durante la prueba escalonada fueron 48 gpm, 73 gpm y 110 gpm que correspondieron al 44%, 66% y 100% del caudal máximo de bombeo. Las primeras dos etapas de la prueba escalonada tuvieron una duración de 2 horas cada una y la tercera etapa con una duración de 25 horas (ver Figura 3-10). Para los 48 gpm, los niveles dinámicos descendieron un máximo de 0.03 m (0.10 ft), registrando un ascenso de 0.03 m (0.10 ft) sobre el nivel estático inicial de 27.5 m (90.2 ft), lo cual podría estar asociado a la influencia de las mareas.

En la segunda etapa (73 gpm) se mantuvo constante el nivel de 0.03 m (0.10 ft) por encima del nivel estático inicial de 27.5 m (90.2 ft); mientras que en la tercera etapa (110 gpm) los descensos fluctuaron entre los 0.03 m (0.1 ft) y 0.18 m (0.6 ft) con un descenso final de 0.06 m (0.20 ft).



Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL mayo 2017 (ENACAL, 2017)

Figura 3-9: *Prueba de bombeo preliminar a un caudal máximo de 110 gpm*



ND= nivel dinámico

Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL (ENACAL, 2017)

Figura 3-10: *Evolución de los niveles dinámicos durante la prueba de bombeo a caudal variable (48 gpm, 73 gpm y 110 gpm) en el pozo Potosí-Parcelas*

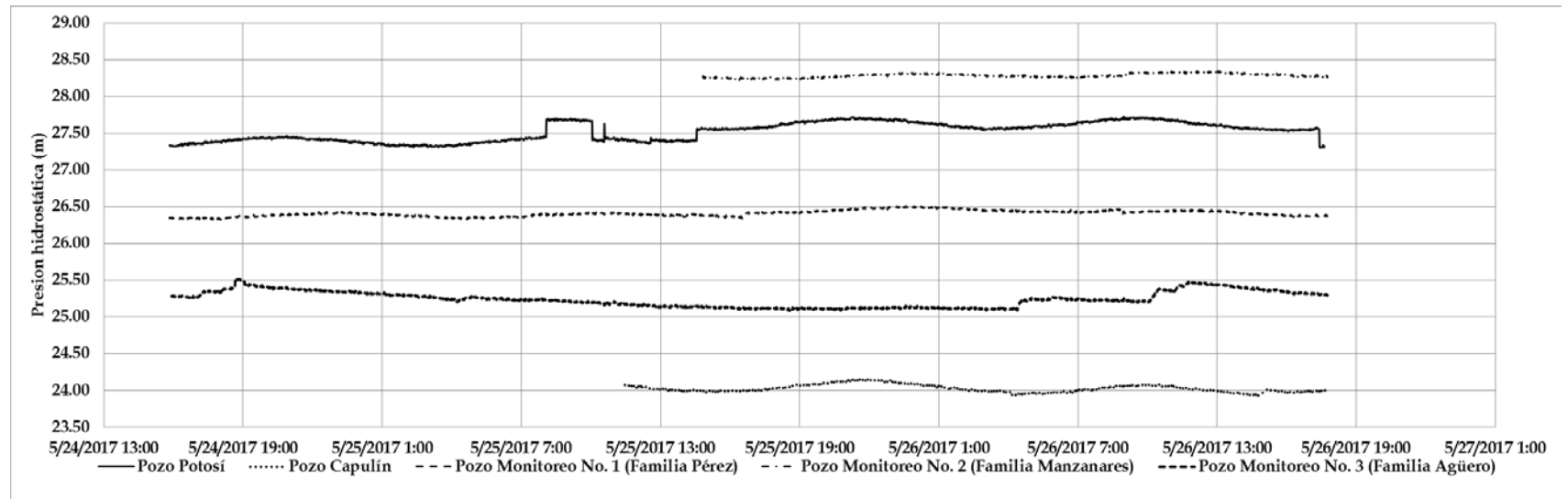
De la Figura 3-11 a la Figura 3-13, se presentan los resultados de la prueba de bombeo a caudal constante de 110 gpm (larga duración) realizada en el pozo Potosí-Las Parcelas y en donde se monitorearon los niveles dinámicos, temperatura y conductividad en cuatro pozos aledaños al pozo bombeado (ver Figura 3-5). ENACAL registró los niveles de agua subterránea entre las 15:50 horas del 24 de mayo de 2017 hasta las 17:45 horas del 26 de mayo de 2017. En la Tabla 3-6 se presenta un resumen de los parámetros registrados en cada uno de los pozos monitoreados durante la prueba de bombeo a caudal constante de 110 gpm de larga duración.

Los niveles de agua registrados en el pozo de monitoreo No. 1 (fam. Pérez) fluctuaron entre 26.32 m y 26.51 m presentando un descenso máximo de 0.02 m (2 cm) y un ascenso máximo de 0.16 m (16 cm). La temperatura del agua registró valores mínimos y máximos de 34.14 °C y 34.88 °C, respectivamente; mientras que los valores de conductividad estuvieron entre 0.64 mili-Siemens por centímetro (mS/cm) y 0.67 mS/cm.

En el pozo de monitoreo No. 2 (fam. Manzanares) se midieron niveles de agua entre 28.2 m y 28.4 m registrando un descenso máximo de 0.05 m (5.2 cm) y un ascenso máximo de 0.07 m (7 cm). La temperatura de agua registrada en el pozo de monitoreo No. 2 fluctuó entre 33.3 °C y 33.7 °C; mientras que los valores de conductividad específica estuvieron entre 0.26 mS/cm y 0.45 mS/cm.

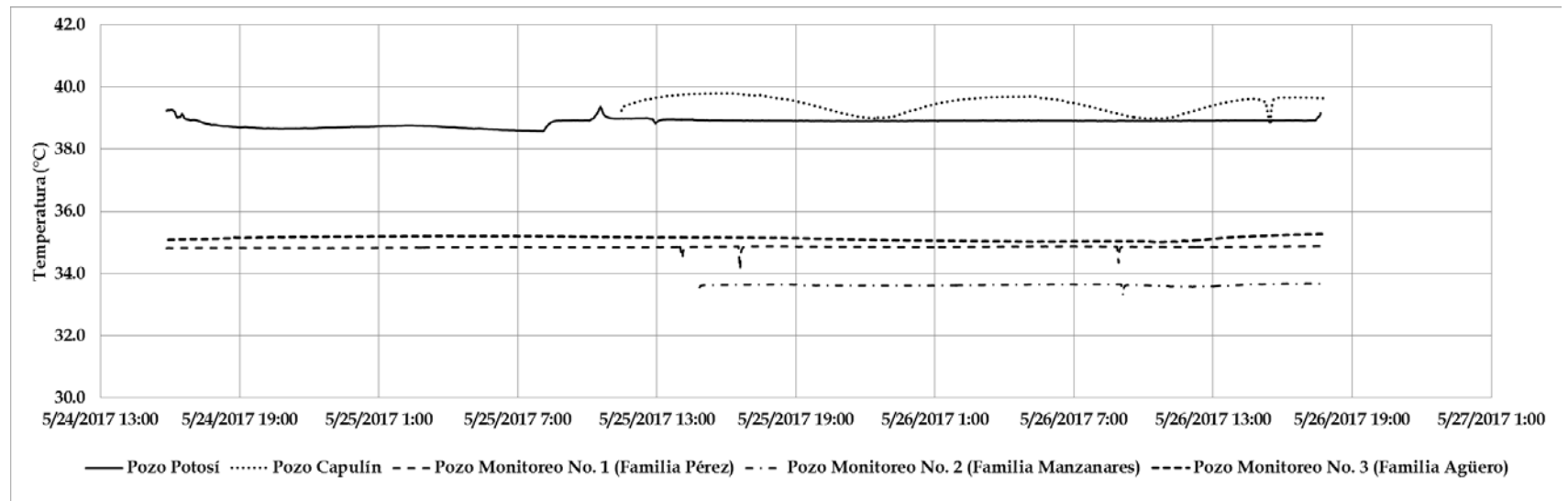
El pozo de monitoreo No. 3 (fam. Agüero) registró niveles de agua entre 25.08 m y 25.53 m durante el bombeo del pozo Potosí a 110 gpm. Este bombeo produjo un descenso máximo del nivel de agua de 0.19 m (19 cm) y un ascenso máximo de 0.25 m (25 cm). La temperatura de agua registrada en este pozo fluctuó entre 35.0 °C y 35.3 °C; mientras que los valores de conductividad estuvieron entre 0.77 mS/cm y 0.80 mS/cm.

En general no se observaron cambios significativos en los niveles de agua en los pozos de monitoreo durante la prueba bombeo a caudal constante de 110 gpm (larga duración) realizada en el pozo Potosí-Las Parcelas. Los resultados que se muestran en la Figura 3-11 indican que los niveles de agua presentan un comportamiento similar al movimiento de la marea oceánica del Golfo de Fonseca (principalmente el pozo de monitoreo No. 3 – fam. Agüero), el cual se localiza a una distancia aproximada de 1000 metros.



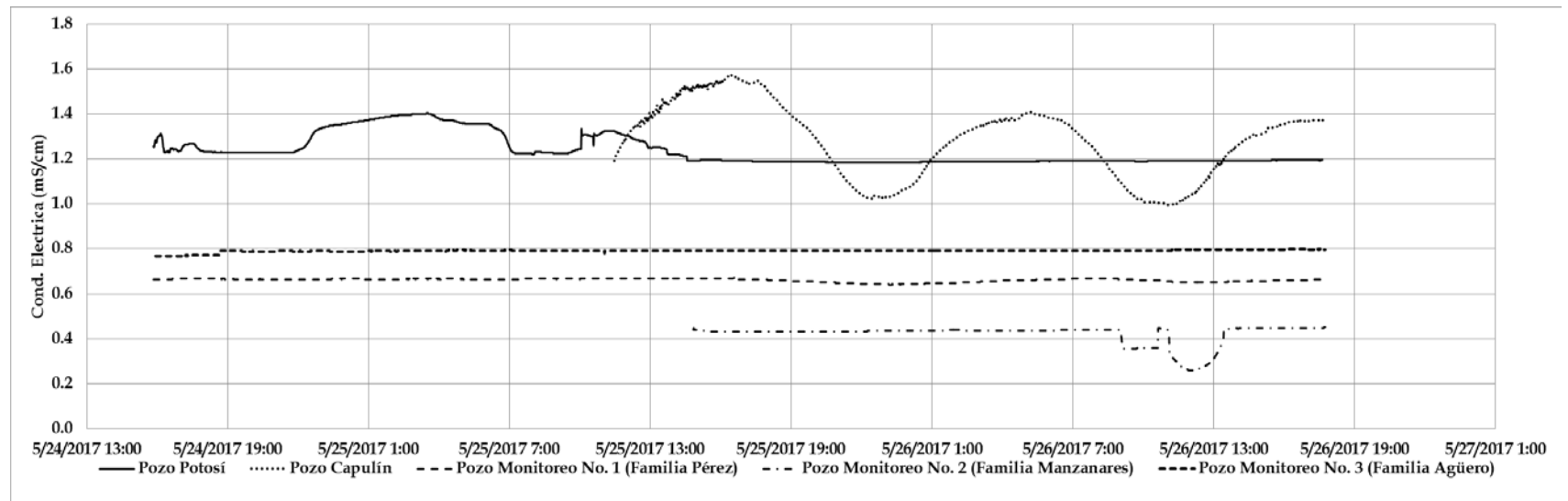
Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL (ENACAL, 2017)

Figura 3-11: *Evolución de los niveles de agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí*



Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL (ENACAL, 2017)

Figura 3-12: *Evolución de la temperatura del agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí*



Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL (ENACAL, 2017)

Figura 3-13: *Evolución de la conductividad específica del agua subterránea en diferentes pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo de larga duración a caudal constante de 110 gpm in el pozo Potosí*

Tabla 3-6: *Parámetros registrados en los pozos de monitoreo durante la prueba de bombeo a caudal constante de larga duración*

Pozo	Nivel mínimo (m)	Nivel máximo (m)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Conductividad eléctrica mínima (mS/cm)	Conductividad eléctrica máxima (mS/cm)
Pozo de monitoreo no. 1 (Fam. Pérez)	26.32	26.51	34.14	34.88	0.64	0.67
Pozo de monitoreo no. 2 (Fam. Manzanares)	28.22	28.35	33.30	36.68	0.26	0.45
Pozo de monitoreo no. 3 (Fam. Agüero)	25.08	25.53	35.01	35.27	0.77	0.80
Pozo de monitoreo El Capulín	23.93	24.15	38.79	39.80	1.00	1.58
Pozo Potosí	27.30	27.73	38.58	39.36	1.18	1.40

Fuente: Elaboración de ERM con datos recolectados por ENACAL (ENACAL, 2017)

3.5

RENDIMIENTO DE LOS POZOS

Considerando el caudal de bombeo de 40 gpm reportado por el operador de la bomba durante el aforo y datos obtenidos durante el aforo del pozo Potosí-Parcelas, se registró un descenso máximo de 0.26 m y ERM calculó una capacidad específica del pozo de 154 gpm/m (ver Tabla 3-5). Con esta información, además, se calculó el máximo descenso del nivel del agua para el caudal de extracción máximo de 50 L/s (793 gpm) requerido para la perforación de pozos comerciales, siendo de aproximadamente 5.0 m. También se calculó la capacidad específica para el pozo El Capulín, la cual fue de 190 gpm/m considerando un descenso en el nivel estático de 0.20 m de acuerdo a datos proporcionado por la Alcaldía de El Viejo durante las visitas a campo llevadas a cabo en junio de 2016 y junio 2017 (ver Tablas 3-8 y 3-9).

Con los resultados de las pruebas de bombeo llevadas a cabo por ENACAL en mayo de 2017, se calcularon los parámetros de capacidad específica del pozo Potosí-Parcelas, transmisividad y permeabilidad hidráulica. De acuerdo al reporte de las pruebas de bombeo preparado por ENACAL (2017), la transmisividad se calculó considerando la evolución de los niveles de agua en el pozo Potosí, los cuales presentaron una tendencia en ascenso. Con esta información, se preparó la Figura 3-14 en escala semilogarítmica encontrando que los niveles se estabilizaron a los 420 minutos. Con esta figura se trazó la tendencia con una recta presentándose un incremento por ciclo logarítmico Δs y se aplicó la siguiente fórmula:

$$T = \frac{264 Q}{\Delta s} \quad \text{Ecuación no. 1}$$

En donde,

T = Transmisividad en m²/día;

Q = Caudal de bombeo en gpm; y

Δs = decaimiento máximo en ft.

La transmisividad fue calculada en 5,185 metros cuadrados por día (m²/día) para un caudal de bombeo de 110 gpm y un decaimiento máximo de 0.07 ft (0.52 ft-0.45 ft) o 0.02 m (20 cm). Una vez calculada la transmisividad (T), se determinó la conductividad hidráulica, la cual está relacionada con el espesor saturado mediante la siguiente ecuación:

$$T = K * m \quad \text{Ecuación no. 2}$$

En donde,

T = Transmisividad en m²/día;

K = conductividad hidráulica en m/día; y

m = el espesor saturado probado en m.

La conductividad hidráulica fue calculada en 276 metros por día (m/día) utilizando la transmisividad de 5,185 m²/día calculada con la ecuación No. 1 y un espesor saturado probado de 18.8 m (ENACAL, 2017). De acuerdo a la clasificación de la magnitud de la transmisividad dada por Krásny (2003), ésta conductividad hidráulica es considerada alta.

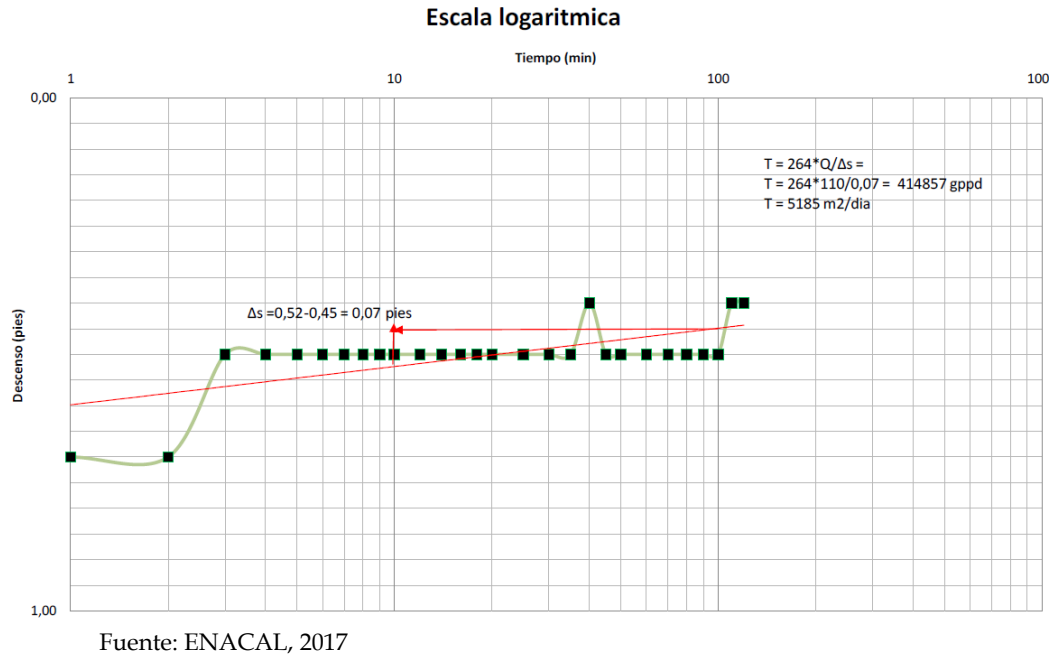


Figura 3-14: Evolución de los niveles de agua subterránea durante la prueba de bombeo preliminar a caudal constante de 110 gpm en el pozo Potosí

Coefficiente de transmisividad (m ² /d)	Clase de la magnitud de la transmisividad	Denominación de la magnitud del acuífero (del medio hidrogeológico)	Parámetros comparativos regionales aproximadamente correspondientes al coeficiente de transmisividad	Estimación de posibilidades aprovechamiento de agua subterránea. La demanda de agua puede cubrirse por extracciones	Caudal aproximado en L/s de un pozo con un descenso de 5 m
			No logarítmico: Caudal específico (L/sm)	Logarítmico: Índice de transmisividad Y	
	I	Muy alta		de gran importancia regional	> 50
1,000	II	Alta	10	de menor importancia regional	5 - 50
100	III	Moderada	1	para abastecimiento local (sitios pequeños, plantas etc.)	0.5 - 5
10	IV	Baja	0.1	menores para abastecimiento local (grupos de casas, fincas pequeñas)	0.05 - 0.5
1	V	Muy baja	0.01	para abastecimiento local de demanda reducida	0.005 - 0.05
0.1	VI	Imperceptible	0.001	hasta el abastecimiento local es muy difícil de asegurar	< 0.005

Fuernte: Krásny (2003)

Figura 3-15: Clasificación de la magnitud de la transmisividad dada por Krásny (1993)

Una vez calculadas las capacidades específicas utilizando los resultados de las pruebas de aforo y las de bombeo, así como la transmisividad y conductividad hidráulica, se consideró la profundidad total de los pozos para estimar el descenso disponible de los mismos. Para esto, se consideró la profundidad total menos 12 metros y se estimó el rendimiento total de ambos pozos resultando en 5,231 gpm (330 L/s) para el pozo Potosí-Parcelas utilizando datos obtenidos en la prueba de aforo y de 17,544 gpm (1,107 L/s) con datos obtenidos de la prueba de bombeo preliminar. En tanto, para el pozo El Capulín el rendimiento potencial fue estimado en 3,420 gpm (216 L/s). Es importante mencionar que los valores estimados de rendimiento para el pozo El Capulín están basados únicamente en información proporcionada por el personal de UMAS y CAPS responsable de administrar dicho pozo.

Tabla 3-7: Propiedades hidráulicas estimadas de las pruebas de bombeo realizadas en el pozo Potosí-Parcelas

Prueba	Caudal de bombeo (gpm) ^A	Descenso máximo (m)	Capacidad específica (gpm/m)	Transmisividad (m ² /día)	Espesor saturado (m)	Permeabilidad
Preliminar	110	0.21 (0.7 ft)	516 (157 gpm/ft)	5,185	18.81	275.64
Escalonada	48	0.03 (0.1 ft)	1,575 (480 gpm/ft)			
	73	-0.03 (-0.1 ft)				
	110	0.18 (0.6 ft)	601 (183 gpm/ft)			
Promedio			897 (273 gpm/ft)			

A. Dato obtenidos de las pruebas de bombeo

Fuente: Adaptado de ENACAL (2017)

Tabla 3-8: Capacidad específica de los pozos El Potosí-Parcelas y El Capulín

Pozo	Caudal de bombeo (gpm) ^A	Descenso (m)	Capacidad específica (gpm/m)	Bombeo Pozo nuevo (gpm) ^B	Descenso (m)
Potosí-Las Parcelas ^C	40 ^A	0.26	153.8	793	5.0
Potosí-Las Parcelas ^D	110	0.21	516.0	793	1.5
El Capulín	26	0.20	130.0	793	6.0

A. Dato suministrado por el operador de la bomba

B. 50 L/s caudal máximo requerido para la perforación de los pozos de exploración del proyecto Geotérmico

C. Considerando los resultados de la prueba de aforo realizada por el personal del MEM/ENEL y UMAS en abril del 2017

D. Considerando los resultados de la prueba de bombeo preliminar realizada por el personal de ENACAL (ENACAL, 2017)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de ENACAL (2017).

Tabla 3-9: Rendimiento de los pozos El Potosí-Parcelas y El Capulín

Pozo	Caudal de bombeo (gpm) ^A	Descenso (m)	Capacidad específica (gpm/m)	Profundidad total del pozo (m)	Descenso disponible(m) ^B	Rendimiento potencial estimado (gpm)
Potosí-Las Parcelas	40 ^A	0.26	154	46	34	5,231 (330 L/s)
Potosí-Las Parcelas	110 ^C	0.21	516	46	34	17,544 (1,107 L/s)
El Capulín	26	0.20	190	30	18	3,420 (216 L/s)

A. Dato suministrado por el operador de la bomba

B. Profundidad total menos 12 metros

C. Considerando los resultados de la prueba de bombeo preliminar realizada por el personal de ENACAL (ENACAL, 2017)

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de ENACAL (2017).

3.6

ESTIMACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

ERM llevó a cabo un balance de disponibilidad hídrica para la zona de Cosigüina (ver Tabla 3-10) a fin de estimar la disponibilidad hídrica en la AID del Proyecto sin producir efectos en los recursos hídricos de la zona y/o en otros usuarios durante las Etapas 2 y 3. Detalles sobre la metodología se describen en el estudio de *Evaluación de Disponibilidad Hídrica para la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Reporte Final* (ERM, 2016c). La metodología considera la recarga de la subcuenca 2 (ACN y Jacobs, 2014) así como la demanda de otros usuarios que es un estimado del consumo de otros usuarios incluyendo consumo de agua per cápita y consumo de otros sectores (p.ej. riego, ganadería, industrial), en base a datos regionales y nacionales. Los resultados estiman un balance hídrico positivo en la zona de Cosigüina considerando la demanda máxima de agua para la perforación durante las Etapas 2 y 3 (50 L/s). El balance hídrico positivo se considera un estimado generalizado de la zona. La disponibilidad hídrica real del acuífero estaría sujeta a la ubicación, topografía y usos de suelos de cada localidad específica.

Es importante recalcar que los cálculos mostrados en la Tabla 3-10 están basados en información disponible a la fecha sobre el Proyecto proporcionados por el MEM/ENEL y usos de agua reportados en la zona (ver *Sección 3.1*).

Tabla 3-10: Estimación del Balance Hídrico en la Zona de Cosigüina Considerando la Demanda Máxima de Agua, Otros Usuarios y Recarga de Subcuenca 2

Oferta/Demanda	Estimación 2016 (m³/día)	Comentario / Fuente
Recarga del cráter (1)	+ 15,200	Estudio JACBOS/ ACN 2014
Recarga subcuenca 2 (2)	+ 809,999	Estudio JACBOS/ ACN 2014
Consumo otros usuarios (3)	- 27,521	Consumo de agua per cápita (JACOBS/ ACN 2014) y consumo estimado para otros sectores considerando los porcentajes de consumo mostrados en la Tabla 3-1
Consumo de 1 perforadora de pozo comercial (4)	- 4,400	Demanda máxima de 50 l/s de agua las 24 horas del día
Balance hídrico	+ 780,958	= (1) + (2) - (3) - (4)

Fuente: ERM (2016c).

Este EDAS incluyó la descripción actual de los recursos hídricos subterráneos en el AID, así como la evaluación de la disponibilidad y calidad del agua subterránea. Este estudio estuvo basado principalmente en información secundaria disponible para la Península de Cosigüina e información primaria limitada a pruebas de aforo y de bombeo del pozo de agua que abastece a las comunidades Potosí y Las Parcelas. Se llevaron a cabo las pruebas de bombeo en tres diferentes etapas (preliminar, escalonada y la de caudal constante de larga duración). Los resultados de estas pruebas permitieron determinar las condiciones hidráulicas del pozo, tales como capacidad específica, transmisividad y conductividad hidráulica, los cuales son considerados muy altos de acuerdo a la clasificación dada por Krásny (2003).

Los resultados de las pruebas de bombeo indican que el pozo Potosí se encuentra en una zona en donde existe un acuífero rico que se ubica en capas de piroclastos y arenas volcánicas. Lo anterior garantiza y sostiene los flujos que se necesitan para los pozos que abastecerían la demanda de agua requerida para llevar a cabo la perforación de los pozos de exploración durante las Etapas 2 y 3 del Proyecto sin producir efectos sobre otros usuarios de agua ubicados dentro del AID.

Por otro lado, los datos de temperatura del agua recolectados de los cuatro pozos de monitoreo (ver Tabla 3-6 y Figura 3-12) registraron valores por encima de los estándares de agua potable (30 °C) y en todos los pozos están por encima de los 34 °C hasta 39 °C. Con respecto a los valores de conductividad eléctrica, estos también estuvieron en su mayoría por encima del valor recomendado por las normas del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE) de 0.4 mS/cm (ver Figura 3-13). Estos niveles de conductividad eléctrica indican aguas consideradas entre ligeramente y moderadamente duras.

Considerando la información disponible para la Península de Cosigüina y el AID, ERM concluye y recomienda lo siguiente:

- La información existente indica que el agua subterránea en la zona sería suficiente para cumplir con las demandas de las Etapas 2 y 3 del Proyecto sin producir efectos negativos en el abastecimiento de agua a las comunidades y/o efectos ambientales dentro y alrededor del AID. Sin embargo, es importante implementar un programa participativo de monitoreo de calidad y cantidad de agua en las fuentes de agua (superficial y subterránea) ubicadas dentro del AID a fin de detectar posibles efectos asociados a la construcción y operación del Proyecto.

- De acuerdo a lo acordado durante la consulta pública del 1 de junio del 2017, no se utilizará agua de los pozos existentes de abastecimiento de las comunidades Potosí, El Capulín y Las Parcelas (ver Apéndice C).
- Se recomienda la perforación de un pozo nuevo para abastecer las necesidades del Proyecto considerando los resultados obtenidos de las pruebas de bombeo (Apéndice B) y comentarios recibidos durante la consulta pública llevada a cabo el 1 de junio de 2017 por parte del MEM/ENEL (ver Apéndice C), y los comentarios recibidos de ENACAL. Además, se recomienda la perforación del nuevo pozo en la parte baja de la microcuenca del río El Mojado considerando una distancia de separación, en relación a los pozos existentes, de 100 m, profundidades entre 46 m y 61 m, con un diámetro de 20 pulgadas para revestir con 14 pulgadas a fin de conseguir caudales mayores a los 200 gpm (13 L/s). Además, con el objetivo de alargar la vida útil del pozo, se recomienda que el revestimiento tanto de tubería ciega y rejilla, sea de acero inoxidable Tipo 304, dada las moderadas concentraciones de cloruros, sulfatos, conductividades en las aguas subterráneas de la zona. Considerando lo anterior, en la Figura 4-1 se muestra el área potencial para la ubicación del pozo de agua para abastecer las demandas del Proyecto.
- Una vez terminadas las actividades de perforación de las Etapas 2 y 3, se sugiere que el nuevo pozo de abastecimiento de agua quede al servicio de la comunidad a fin de expandir la red de abastecimiento a las comunidades del Potosí, El Capulín y la Parcelas, las cuales están cercanas al sitio del Proyecto. Esto deberá ser acordado entre el MEM/ENEL y las comunidades.
- Se recomienda implementar el Programa de Monitoreo Comunitario de la Calidad del Agua junto a un programa de educación ambiental para los comunitarios que incluya temas tales como: manejo de recursos hídricos (superficiales y subterráneos), prevención y monitoreo de intrusión salina, cambio climático y ordenamiento/ protección de cuencas.
- El Programa de Monitoreo deberá ser implementado durante todo el periodo que duren las Etapas 2 y 3 del Proyecto Geotérmico (ver detalles en el *Programa de Monitoreo Calidad del Agua preparado por el MEM/ENEL*). Dicho programa deberá considerar el monitoreo de calidad del agua de los pozos Potosí, Las Parcelas, El Capulín, así como el nuevo propuesto a ser perforado. También se recomienda el monitoreo de los niveles estáticos y dinámicos de una manera frecuente (p.ej., mensual); así como de las concentraciones de

salinidad debido a que los niveles de agua presentan un comportamiento similar a las mareas del Golfo de Fonseca y tienen el potencial de presentar intrusión salina si hay una sobre explotación de los pozos de agua.

- Se sugiere que las comunidades y CAPS colaboren en conjunto con UMAS y ENACAL en la detección y atención adecuada y oportuna de fuga de agua en las tuberías y pilas existentes a fin de conservar el vital líquido.
- Evitar la contaminación potencial de las aguas subterráneas por plaguicidas utilizados en actividades agrícolas en el área de infiltración.
- Preservar el área de recarga (evitar tala de árboles, quema de bosques, programa de reforestación). La preservación de esta área es vital para la recarga de los acuíferos que alimentan los pozos de abastecimiento de agua para las comunidades Potosí, Parcelas y El Capulín.

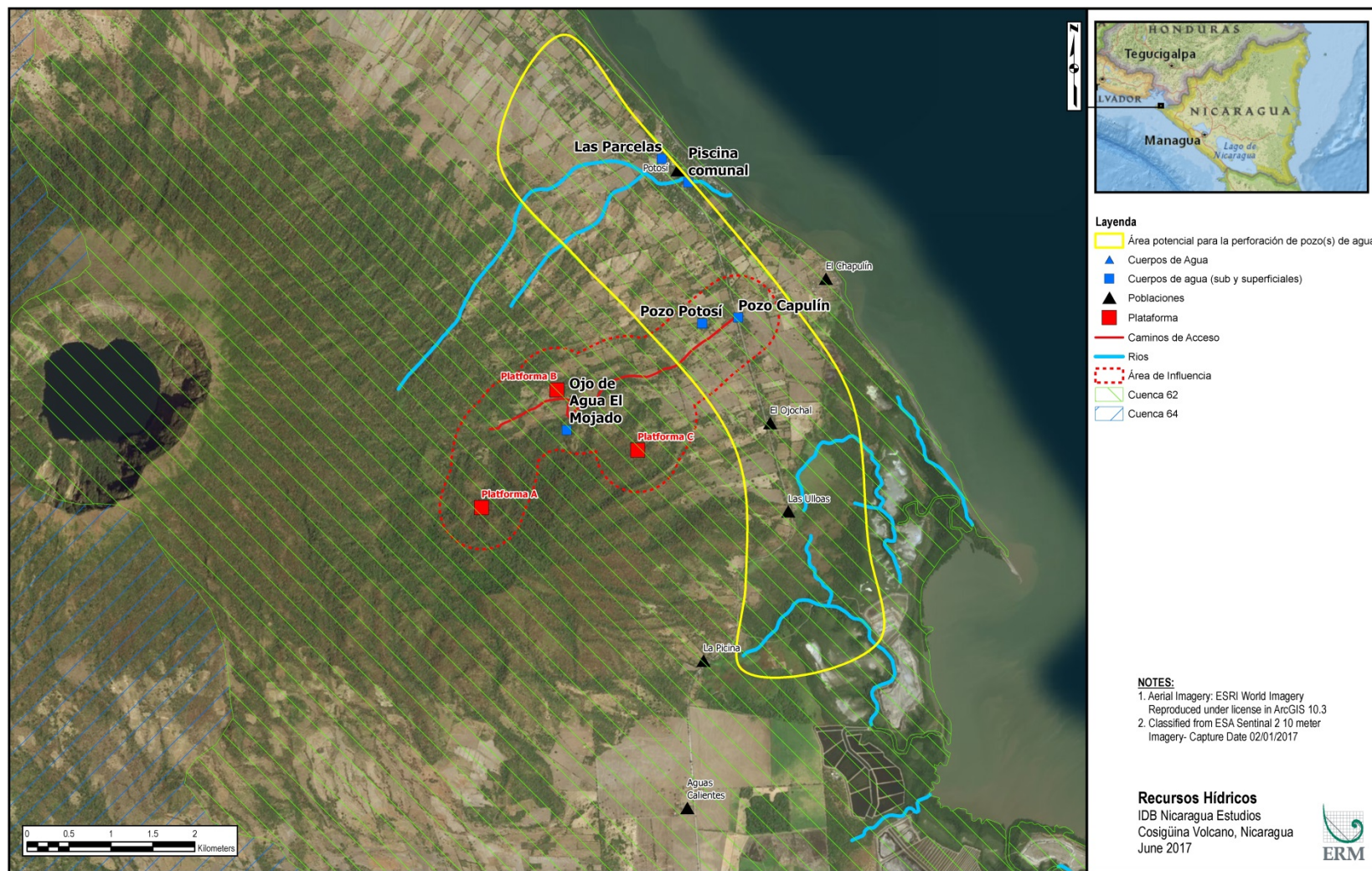


Figura 4-1: Área potencial para la ubicación del pozo de agua para abastecer las actividades del Proyecto

- Alcaldía Municipal de El Viejo. (2002). *Proyecto Conservación de los Ecosistemas Costeros en el Golfo de Fonseca*. PROGOLFO. Corredor Biológico del Golfo de Fonseca. El Viejo, Chinandega. Accedido el 17 de julio del 2016, en: <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Caballero-Paniagua2002Ecosistemas.pdf>
- _____. 2017. *Caracterización Municipal 2017*. Abril 2017.
- Amigos de la Tierra España y Fundación LIDER. 2012. *Proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca. Diseño Borrador del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de las Comunidades de Potosí y Las Parcelas*. Alcaldía El Viejo, Amigos de la Tierra, Luchadores Integrados al Desarrollo de la Región (LIDER), Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (AECID) y Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS). El Viejo-Chinandega, Junio del 2012.
- Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua S.A. (ACN). 2013. *Metodología y Plan de Trabajo para la Ejecución de Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán de Cosigüina*. Noviembre 2013.
- _____. 2015a. *Estudio Socioeconómico del Proyecto de Exploración Geotérmica Volcán Cosigüina*. Mayo 2015.
- _____. 2015b. *Estudio de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio*. Septiembre 2015.
- _____. 2015c. *Documento de Impacto Ambiental del Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase Perforación Exploratorio*. Noviembre 2015.
- _____. 2015d. *Informe de Consulta Pública, Estudio de Pre-factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina, Chinandega*. Diciembre 2015.
- ACN y JACOBS. 2014. *Estudio de Pre-Factibilidad para el Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina. Reporte Científico Integrado-versión Final*. SBCC-007-2012-PNESER. Artículos y Construcciones Eléctricas de Nicaragua (ACN) S.A. JACOBS New Zealand Limited. 20 de octubre de 2014.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2006. *Políticas de Medio Ambiente y Cumplimiento de Salvaguardias*.

- _____. 2012. *Perfil de Proyecto del Programa Nacional de Electrificación Sostenible y Energía Renovable (PNESER) – Tercer Préstamo*. Accedido el 27 abril 2016, en: <http://www.iadb.org/en/projects/project-description-title,1303.html?id=NI-L1063>
- Caballero, Bismark y Paniagua, Edwing. 2002. *Plan Ambiental Municipio El Viejo, Nicaragua*. Accedido el 25 abril 2016, en: <http://www.bionica.info/Biblioteca/Caballero-Paniagua2002Ecosistemas.pdf>
- Comisión Nacional de Energía (CNE). 2001. *Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua, Volumen II – Evaluación del Área del Volcán Cosigüina*.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2007. *Manual del Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Diciembre de 2007.
- Environmental Resources Management (ERM). 2016a. *Evaluación de Efectos Acumulativos del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II*.
- _____. 2016b. *Evaluación Complementaria y Plan de Acción para la Biodiversidad del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Fase II*.
- _____. 2016c. *Evaluación de Disponibilidad Hídrica para la Fase II del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina – Reporte Final*.
- FAO. 2016. *Nicaragua. AQUASTAT*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Accedido el 17 de Julio de 2016, en: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/nic/indexes.p.stm
- Krásny, J. 2003. Distribución espacial de los parámetros hidráulicos en diversos medios hidrogeológicos. *Boletín Geológico y Minero*, 114 (2): 171-182.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). 2013. *Dirección General de Geofísica, Boletín Sismo Volcánico, Capítulo 2, Actividad de los Volcanes Activos de Nicaragua*. Diciembre 2013.
- International Finance Corporation (IFC). 2007. *Environmental, Health and Safety Guidelines for Geothermal* Washington D.C.: IFC.
- Koschel, R. 2017. *Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca 64 (Entre Volcán Cosigüina y Río Tamarindo/acuífero de Occidente. Informe Final*. Cooperación Alemana Deutschce Zusammenarbeit, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) Gmb, Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS). Enero 2017.

- Marshall, J. 2007. *Chapter 3: The Geomorphology and Physiographic Provinces of Central America*. In *Central America: Geology, Resources and Hazards*. J. Bundschuh and G. Alvarado, G., eds. Taylor and Francis: London.
- Meyrat, A. 2012. *Análisis de la Viabilidad Ambiental del Proyecto “Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Gestión, Saneamiento y Conservación del Recurso Hídrico en Comunidades Rurales del Golfo de Fonseca”*. Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS), Alcaldía El Viejo y el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (AECID).
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). 2015. *Plan de Inversión – Nicaragua (PINIC) del Programa SREP Nicaragua*. Accedido el 26 abril 2016, en: https://www-cif.climateinvestmentfunds.org/sites/default/files/meeting-documents/nicaragua_pi_srep_0_0.pdf
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Natural (MARENA). 2006. *Plan de Manejo del Área Protegida Reserva Natural Volcán Cosigüina*. Dirección General de Áreas Protegidas.
- _____.2010a. *Caracterización de la Cuenca No. 64. Entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo*. Dirección General de Patrimonio Natural.
- _____.2010b. *Caracterización de la Cuenca No. 62. Entre Estero Real y Volcán Cosigüina*. Dirección General de Patrimonio Natural.
- Pelican S.A. 2016. *Programa para la Ampliación de la Energía Renovable en Países de Ingreso Bajo – SREP, Manejo Ambiental y Social Componente 1 – Geotermia*.
- Webster, T. C., B. Markley, and L. Waite. 2001. *Water Resources Assessment of Nicaragua*. Prepared for the U.S. Southern Command Engineer's Office by the U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center, Topographic Engineering Center: Alexandria, VA

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ACN	Artículos y Construcción de Nicaragua S.A
AID	área de influencia directa
ANA	Autoridad Nacional del Agua
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
EDAS	Estudio de Aguas Subterráneas
EIA	estudio de impacto ambiental y social
ENATREL	Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica
ENEL	Empresa Nicaragüense de Electricidad
ERM	<i>Environmental Resources Management</i>
ft	pies
IFC	Corporación Financiera Internacional
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario
km	kilómetro
km ²	kilómetro cuadrado
kV	kilovoltio
L/s	litros por segundo
m	metro
mm	Milímetros
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
MEM	Ministerio de Energía y Minas de Nicaragua
mg/L	Miligramos por litros
msnm	metros sobre el nivel del mar
MW	mega watts
OMS	Organización Mundial de la Salud
RNVC	Reserva Natural Volcán Cosigüina
SIG	Sistema de Información Geográfico
UMAS	Unidad Municipal de Agua y Saneamiento

ESTA PÁGINA HA SIDO INTENCIONALMENTE
DEJADA EN BLANCO

Apéndice A: Pruebas de aforo en el Pozo El Capulín-Parcelas

Fecha	Hora	N.D(m)	Observaciones
27/04/2017	10:05	27.02	
27/04/2017	10:10	27.02	
27/04/2017	10:15	27.02	
27/04/2017	10:20	27.02	
27/04/2017	10:25	27.02	
27/04/2017	10:30	27.02	
27/04/2017	10:35	27.02	
27/04/2017	10:40	27.02	
27/04/2017	10:45	27.00	
27/04/2017	10:50	27.01	
27/04/2017	10:55	27.00	
27/04/2017	11:00	27.00	
27/04/2017	11:05	27.00	
27/04/2017	11:10	27.00	
27/04/2017	11:15	27.00	
27/04/2017	11:20	27.00	
27/04/2017	11:25	26.99	
27/04/2017	11:30	27.00	
27/04/2017	11:35	26.99	
27/04/2017	11:40	26.99	
27/04/2017	11:45	26.99	
27/04/2017	11:50	26.99	
27/04/2017	11:55	26.99	
29/04/2017	12:00	26.98	
29/04/2017	12:10	26.98	
29/04/2017	12:20	27.02	
29/04/2017	12:30	26.97	
29/04/2017	12:40	26.96	
29/04/2017	12:50	26.95	
29/04/2017	1:00	26.95	
29/04/2017	1:10	26.94	
29/04/2017	1:20	26.93	
29/04/2017	1:30	26.94	
29/04/2017	1:40	26.91	
29/04/2017	1:50	26.93	
28/04/2017	2:00	26.92	
28/04/2017	2:11	26.91	El operador toma la decisión de suspender el bombeo de agua por 1 hora debido a fuerte tormenta eléctrica

Fecha	Hora	N.D(m)	Observaciones
28/04/2017	3:02	26.79	
28/04/2017	3:10	26.80	
28/04/2017	3:25	26.87	
28/04/2017	3:40	26.88	
28/04/2017	3:55	26.86	
28/04/2017	4:10	26.87	
28/04/2017	4:25	26.87	
28/04/2017	4:40	26.86	
28/04/2017	4:55	26.86	
28/04/2017	5:10	26.86	
28/04/2017	5:30	26.86	
28/04/2017	5:50	26.86	
28/04/2017	6:10	26.87	
28/04/2017	6:30	26.88	
28/04/2017	6:50	26.89	
28/04/2017	7:10	26.90	
28/04/2017	7:40	26.91	
28/04/2017	8:10	26.93	
28/04/2017	8:40	26.93	
28/04/2017	9:10	26.96	
28/04/2017	9:40	26.97	
28/04/2017	10:25	26.99	
28/04/2017	11:05	26.98	
28/04/2017	11:50	26.99	se apagó bomba a las 11:55am(se hicieron 4 mediciones para ver recuperación después de 5 min de apagada la bomba)
28/04/2017	12:00	26.88	Recuperación
28/04/2017	12:07	26.88	
28/04/2017	12:15	26.88	
28/04/2017	12:30	26.87	

Apéndice B: Pruebas de bombeo de pozos realizadas por ENACAL, métodos y resultados

PROCESO METODOLOGICO PARA LA REALIZACION DE PRUEBAS DE BOMBEO DE POZOS ENACAL

1. Equipamiento:

- Equipo de bombeo: Motor y bomba sumergible de potencia variable, según caudal a extraer. ENACAL tiene equipos de bombeo sumergibles desde 30 a 900 gpm.
- Columna de bombeo, diámetros según caudal a extraer, desde 2" hasta 8".
- Generador eléctrico, para alimentar de energía el equipo de bombeo. ENACAL cuenta con generadores de potencias desde 75, 150, 300, y 750 kW.
- Sonda eléctrica graduada en pies o en metros, de longitudes hasta de 2400 pies.
- Vertedor de orificio, diámetros según caudal a extraer. De 2" a 1 ½", de 4" a 3", de 6" a 5" y de 8" a 6", piezómetro de manguera, con sus tablas de caudales-altura piezométrico.
- Sarta de bombeo, compuesta de piezómetro de manguera, válvula de compuerta y Nipple, en diámetros de 2", 4", 6", 8", según caudal a extraer.

2. Personal:

- Jefe de cuadrilla de aforo.
- Dos ayudantes.
- Conductor, operador de camión con grúa.

3. Maquinaria:

- Un camión de 12 tons, con grúa integrada capacidad de levante de 4 tons. Es utilizada para instalación y desinstalación de equipos de bombeo de pequeño y mediano diámetro.

4. Proceso metodológico de pruebas de bombeo:

ENACAL, comúnmente para probar los nuevos pozos perforados o algún pozo rehabilitado, realiza tres tipos de pruebas, la primera, prueba preliminar, la segunda, a caudal variable y la tercera, de larga duración, las cuales se detallan a continuación. Entre cada prueba se toma un tiempo de receso, para que el pozo alcance su nivel estático original o alcance al menos un 90 % del mismo. El agua bombeada se canaliza fuera del área del pozo, ya sea a un cauce natural, mediante tuberías, de tal manera que al agua bombeada no se aglomere cerca de pozo y pueda infiltrarse directamente al acuífero y recargue en las proximidades al acuífero. La altura piezométrica se relaciona con tablas que definen el caudal bombeado, dependiendo de los diámetros del vertedor de orificio.

4.1 Prueba de bombeo preliminar:

Esta prueba es de corta duración, máximo dos horas. Se realiza con el objetivo de planificar la prueba de bombeo a caudal variable (stepdrawn test) y la de larga duración. Se instala el equipo de bombeo de capacidad aproximada, en base a la información de otros resultados, y se bombea a válvula de compuerta abierta totalmente, para que el equipo de bombeo extraiga el máximo caudal que puede dar la bomba instalada. Se mide con sonda eléctrica el Nivel Estático del agua subterránea minutos antes de iniciado el bombeo. Una vez iniciado el bombeo se van tomando lecturas de niveles de bombeo con sonda eléctrica y registrando

la altura piezométrica en la manguera instalada en sarta de bombeo. Al terminar la prueba de bombeo preliminar, se toma recuperación de los niveles el mismo tiempo de bombeo o hasta que el nivel alcance un 90 % de recuperación.

Se anexa formato de registro de niveles de pruebas de bombeo preliminar y de recuperación.

4.2 Prueba de bombeo a caudal variable (stepdrawn test):

Una vez establecido el caudal máximo del pozo mediante la prueba preliminar, se planifica la prueba de caudal variable, con tres etapas de bombeo como mínimo, siendo el caudal de la primera etapa, el 50 % del caudal máximo, la siguiente etapa corresponde a un 75 % del caudal máximo, y la última etapa se bombea con el caudal máximo 100 %, que puede extraer el equipo de bombeo.

Las regulaciones de caudal se hacen con el estrangulamiento de la válvula de compuerta de la sarta de bombeo. En cada etapa, se lee la altura piezométrica y se garantiza que no varíe durante cada etapa. Los niveles se leen con sonda eléctrica conforme el formato que se anexa, ver formato de prueba de bombeo a caudal variable. La duración de cada etapa será al menos de dos horas y tomara más tiempo, en el caso que el nivel de bombeo no se estabilice, durante determinada etapa de bombeo.

4.3 Prueba de bombeo a caudal constante (larga duración):

En esta prueba se bombea el caudal máximo (100 %), que puede extraer el equipo de bombeo, con una duración de 24 horas hasta 48 horas continuas. Se hacen las lecturas de los niveles de bombeo con la sonda eléctrica, de acuerdo al formato que se anexa, y se lee la altura piezométrica. Al término de la prueba se inicia la recuperación con la toma de niveles, ver formato de registro de prueba de recuperación, durante un tiempo prudencial, hasta donde se haya recuperado un 90 % del descenso total del pozo.

5. De Metodología exigida por BID al MEM-ENEL:

El documento suministrado por consultor BID a MEM-ENEL, en torno a los equipos y procedimientos a utilizar en prueba de bombeo, difiere a la metodología utilizada por ENACAL, en los siguientes puntos:

Con referencia a equipos a utilizar:

- Solicita se use transductor de presiones y ordenador portátil con software de transductor para la toma de niveles de bombeo. En este caso la Gerencia de pozos de ENACAL, no tiene y no utiliza este tipo de dispositivo, para esto se apoya con sonda eléctrica y registros transcritos a mano.
- Solicita caudalímetro y/o cubetas con volúmenes calibrados para medición de caudal. La Gerencia de pozos de ENACAL, ocupa convencionalmente para la medición de caudal, vertedor de orificio y piezómetro de manguera de polietileno, mediante el cual se obtiene un valor correcto.

[illegible]

[illegible]

TABLA 2A : PRUEBA DE BOMBEO A DESCARGA VARIABLE

INFORMACIÓN GENERAL											
Pozo :	CAPS Potosi-Las Parcelas				No. 1	Diametro del pozo (pulg.):		6" Material: PVC			
Fecha :	Inicio:	5/25/2017	Final:	5/25/2017	Código de Pozo:	Nivel estático agua (pies)		90.20			
Hora :	Inicio	12:30 PM	Final	2:30 PM		Profundidad del Pozo (pies)		152			
Ejecutor:	GCP, ENACAL					Personal:		Roger Berrios y Sergio Villabos			
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO											
Tipo :	Motor y Bomba Sumergible				Bomba :	Bomba Grundfos 10 etapas, 20 Hp, 460 V, 3F					
Columna de bombeo :	135 pies tubería HF de 3".										
Planta eléctrica:	GENERADOR ELECTRICIO SUMINISTRADO POR MEM. CUMMINS PERKINS 120 Kw/460 V					Vertedor :	Orificio de 4" a 2 1/2"				
Caudales de bombeo (gpm)											
Etapa 3 :			110	gpm		Etapa de recuperacion :					
Hora / Fecha	Minutos	Nivel Dinámico (pies)	s1	Altura Piezométrica (pulg.)	Observaciones	Hora / Fecha	Minutos	Nivel de recuperación (pies)	Depresion residual (pie)	Recuperación (pie)	Observaciones
2:31 PM	241	90.30	0.10		Inicio 3ra. Etapa	5:20 PM	1731	90.10	-0.10	-90.10	Inicio Recuperacion
4/30/1900	242	90.30	0.10			5/26/2017	1732	89.90	-0.30	-89.90	
	243	90.30	0.10				1733	89.90	-0.30	-89.90	
	244	90.30	0.10				1734	89.90	-0.30	-89.90	
	245	90.30	0.10				1735	89.90	-0.30	-89.90	
	246	90.30	0.10				1736	89.90	-0.30	-89.90	
	247	90.30	0.10				1737	89.90	-0.30	-89.90	
	248	90.30	0.10				1738	89.90	-0.30	-89.90	
	249	90.30	0.10				1739	89.90	-0.30	-89.90	
2:40 PM	250	90.30	0.10			5:30 PM	1740	89.90	-0.30	-89.90	
	252	90.30	0.10								
	254	90.30	0.10								
	256	90.30	0.10								
	258	90.30	0.10								
	260	90.30	0.10								
	265	90.30	0.10								
3:00 PM	270	90.30	0.10								
	275	90.30	0.10								
	280	90.30	0.10								
	285	90.30	0.10								
	290	90.30	0.10								
3:30 PM	300	90.30	0.10		Esta presente personal de ENEL; ENATREL, MEM, ENACAL CHINANDEGA, ENACAL MANAUA , PERSONAL DEL CAPS El capullin.						
	310	90.30	0.10								
	320	90.30	0.10								
	330	90.30	0.10								
	340	90.30	0.10								
	350	90.30	0.10								
4:30 PM	360	90.30	0.10								
	380	90.30	0.10								
	400	90.30	0.10								
5:30 PM	420	90.40	0.20								
	440	90.50	0.30								
	460	90.50	0.30								
6:30 PM	480	90.60	0.40								
	480	90.60	0.40								
	510	90.70	0.50								
7:30 PM	540	90.70	0.50								
	570	90.80	0.60								
8:30 PM	600	90.80	0.60								
9:30 PM	660	90.70	0.50								
10:30 PM	720	90.60	0.40								
11:30 PM	780	90.50	0.30								
1/0/1900	840	90.50	0.30								
1:30 AM	900	90.40	0.20								
2:30 AM	960	90.40	0.20								
4:30 AM	1080	90.50	0.30								
6:30 AM	1200	90.50	0.30								
8:30 AM	1320	90.80	0.60								
10:30 AM	1440	90.50	0.30								
2:30 PM	1560	90.40	0.20								
3:30 PM	1620	90.3	0.10								
4:30 PM	1680	90.2	0.00								
5:30 PM	1730	90.4	0.20								
CAPACIDAD ESPECIFICA (gpm/pie)			183.33								
Nota:											
Para la medición de los niveles de bombeo, se tomo un punto de medicion en la tubería piezométrica de prueba, a una altura de 25 pulagadas por encima del terreno. No se pudo determinar la capacidad especifica en la 1ra. Etapa de bombeo, pues el nivel ascendio durante el bombeo											

Apéndice C: Consulta Pública – Agua Subterránea

AYUDA MEMORIA

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"

I. Desarrollo del Taller de Consulta

La actividad fue desarrollada bajo la modalidad de audiencia pública. El Taller de Consulta se llevó a cabo el día 01 de junio del 2017, en horario de 10:00 a.m. a 12:30 en las instalaciones de la Casa Comunal de Potosí, en el Municipio de El Viejo, Departamento de Chinandega.

Previo al inicio de la exposición, representante del Ministerio de Energía y Minas dio la bienvenida a los asistentes y una breve introducción sobre el proyecto geotérmico y sus alcances, y el objetivo del estudio de aguas subterráneas para su desarrollo.

A. Exposición de Estudio de Agua Subterránea por representante de la Firma Consultora ERM

El consultor dio inicio a la exposición visual, abordando los objetivos del estudio en el marco de cumplimiento de condiciones previas establecidas por el BID.

Se expuso que la disponibilidad de agua para el proyecto fue identificado como el tema de mayor relevancia durante consultas públicas realizadas previamente sobre Evaluación de Efectos Acumulativos de la Fase II del Proyecto, Evaluación Complementaria y Plan de Acción para la Biodiversidad de la Fase II.

La presentación incluyó datos sobre la demanda de agua requerida para la Etapa 2 y 3 del Proyecto Geotérmico, la diferencia entre pozos geotérmicos y pozos de abastecimiento de agua, los resultados de las pruebas de bombeo realizadas en los pozos existentes y la confirmación de disponibilidad agua subterránea para abastecimiento del proyecto y las comunidades. También abordó las medidas necesarias para la explotación del acuífero evitando problemas de intrusión salina y la importancia del programa de monitoreo participativo de calidad de agua para las comunidades cercanas al proyecto.

En el transcurso de la presentación hubo problemas técnicos debido a un corte de electricidad en la zona, lo cual impidió continuar mostrando las diapositivas. Sin embargo la exposición continuó en el orden

previsto, dando lugar al intercambio de opiniones con los participantes en el momento.

B. Síntesis de las opiniones recibidas y comentarios en el proceso de consulta pública

Durante la Audiencia Pública efectuada, se realizó registro de participación de nueve representantes pertenecientes a comunidades cercanas al proyecto, quienes realizaron intervenciones comentando lo siguiente:

- Estoy de acuerdo porque sabemos que es para la producción de energía y esperamos apoyo para la conservación de la reserva, que exista una relación amigable con el medio ambiente y se actualice el área protegida del Volcán Cosigüina.
- Que se establezca un plan de reforestación en el sector donde está el proyecto con plantas nativas del sector (en miles, ej. Cortez, ojoche, cedro, pochote, madroño, caoba).
- Que haya apoyo a las comunidades con responsabilidad social para el desarrollo de las mismas; y que las instituciones tengan presencia, y no que se exponen los proyecto y luego no hay contacto con la comunidad.
- Actualizar el comité de manejo colaborativo para una mejor interrelación comunidad-proyecto.
- Regular la toma de tierra ilegal en la reserva, ya que está destruyendo.
- Cuál es el impacto del proyecto y sus consecuencias dado su misma naturaleza. Ventajas y desventajas.
- Si la fuente de agua potable podría ser afectada.
- Uso de agua para el proyecto y las posibles afectaciones a los pozos de suministro de agua de las comunidades.
- Si los pozos de las comunidades serán utilizados para abastecer al proyecto.
- Como CAPS de El Capulín, nos preocupa que al hacer unas perforaciones más grandes en la parte de arriba puedan encontrar gases tóxicos que



afecten las aguas de nuestro pozo ya que este se encuentra abajo de sus perforaciones. ¿Hay posibilidad de que se contamine el agua de alguna u otra manera o baje el caudal de cada uno de los pozos?

- Nos preocupa que este estudio afecte con el despale la única zona de recarga de agua que tenemos.
- ¿Qué beneficio tendremos si su estudio encuentra algo positivo? ¿En qué beneficiarían como la comunidad?
- ¿Se puede esperar que el servicio de energía eléctrica en la zona mejore cuando el proyecto se construya?
- El proyecto geotérmico es muy importante para el desarrollo de la zona pero la preocupación es que si no afectará las venas de agua de los pozos de cada comunidad aledaña al Volcán Cosigüina. De no afectar, sea bienvenido el proyecto.
- Los problemas de tala indiscriminada que afectan la Reserva Natural Volcán Cosigüina son mayores que los impactos ambientales que podría generar el proyecto.
- La necesidad de presencia de instituciones como MARENA, que hasta la fecha no ha sido suficiente para controlar las actividades ilegales que se realizan dentro de la reserva.
- Si se va a hacer reforestación que no solo dejen las plantas en las comunidades porque eso no funciona, se tiene que realizar actividades para plantarlas con participación de las instituciones, incluir el establecimiento de un vivero en las comunidades, brindar asistencia técnica.
- La toma de tierras dentro de la reserva es uno de los mayores problemas que enfrenta el área protegida.
- La etapa actual el proyecto está por finalizar. ¿Cuándo iniciaría la segunda Etapa?
- Que se amplíe la pila de agua la piscina que actualmente utiliza como fuente la empresa del estudio que se está realizando.
- Se necesita vigilancia y control en el área protegida, no hay guarda parques.



- De acuerdo a los estudios se está perdiendo la retención de agua en el Volcán Cosiguina debido a los despales o destrucción de bosques. Que se presenten los estudios al gobierno y al MARENA.
- Mi deseo es que esto llegue hasta más arriba, porque tal vez el gobierno no sabe lo que está pasando con el Volcán Cosiguina, está siendo despalado con los toma tierra, toda la naturaleza y la fauna está siendo destruida.
- Hay preocupación sobre si el agua que se está suministrando a las comunidades es apta para consumo humano. Expresan que hay desconfianza porque sienten el agua pesada cuando se toma y llega caliente a sus viviendas.
- El sabor del agua que se consume no es agradable como el agua de otros lugares.
- El agua llega caliente a las viviendas y cuando se utiliza para lavar ropa causa molestias en las manos.
- Según los estudios químicos que se han realizado al agua, saber la calidad del agua que se está tomando. Algunos usuarios de la comunidad argumentan que no es apta para consumo humano.
- Hay que considerar el enfoque de manejo de cuencas y cambio climático para el proyecto, también el cuidado de la zona de recarga. En el EIA del proyecto considerar el componente hidrogeológico en beneficio de la comunidad y el proyecto, el problema de la intrusión salina de la zona.

Cuando se aborda del tema de calidad del agua, ENACAL informa que actualmente se realiza monitoreo de calidad de agua a nivel nacional y que se han analizado muestras de los pozos que abastecen a las comunidades Potosí y El Capulín y los resultados muestran que el agua es apta para consumo. De igual forma explican que el sabor y temperatura del agua en la zona es una característica natural debido a las condiciones geológicas asociadas al Volcán Cosiguina.

Representantes del Ministerio de Energía y Minas mencionaron que:

- Se espera que las actividades de la Etapa 2 del Proyecto en el sitio inicien en el primer semestre del 2018, pero desde la aprobación del primer desembolso del préstamo se estarán realizando actividades previas al inicio de obras en el lugar.

- Dentro de los beneficios esperados para la comunidad se prevé la generación de empleos. Durante los trabajos de construcción se necesitará mano de obra calificada y no calificada, además la presencia del proyecto traerá más actividades económicas a la zona.
- A nivel general se espera que el servicio de energía en la zona mejore porque la energía geotérmica además de ser una fuente renovable, es energía base, lo cual indica que habrá más estabilidad en la generación y menos dependencia de los combustibles fósiles. También habrá mejoras en la transmisión que es en lo que se enfoca el componente 2 del programa.
- El proyecto contempla la implementación de una serie de planes ambientales enfocados a la protección de bosques, la reforestación, fortalecimiento de guarda parques y brigadas contra incendios, uso sostenible de los recursos vivos nativos de la zona. Todo en función del área protegida.
- La reforestación es una de las actividades más importantes consideradas por el proyecto.
- El proyecto perforará un pozo de agua para abastecer su demanda. No se utilizará agua de los pozos existentes en las comunidades.
- El proyecto también considera el monitoreo participativo de la calidad del agua, donde se involucrará a los miembros de los CAPS en las actividades de monitoreo de agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades cercanas al proyecto. También se les informará sobre los resultados.

II. PARTICIPANTES

- Pobladores de las comunidades Potosí, Las Parcelas, El Capulín, El Mojado, Cosigüina y Santa Julia.
- Representantes de los CAPS de Potosí, El Capulín, Las Parcelas y Cosigüina.
- Representantes de Instituciones de Gobierno: MEM, ENEL, MARENA, ENACAL, Alcaldía Municipal de El Viejo, DGA, Policía Nacional.
- Banco Interamericano de Desarrollo, BID
- Firma consultora ERM

Nota: Lista de participantes adjunta en Anexo 1.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017
TIEMPOS DE VICTORIAS! *Por Gracia de Dios!*

III. ANEXOS

Anexo 1. Lista de participantes

Anexo 2. Formato de comentarios y aportes recibidos

Anexo 3. Fotografías del evento



TIEMPOS DE
VICTORIAS!

*Por Gracia
de Dios!*



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.

Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni





Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE VICTORIAS! *Por Gracia de Dios!*



TI
V



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.

Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni

Ministerio de
Energía y
Minas



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE VICTORIAS! *Por Gracia de Dios!*



T
V



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.

Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni





Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE VICTORIAS! *Por Gracia de Dios!*



T
V



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Ministerio de Energía y Minas

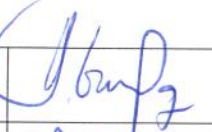

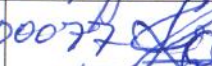






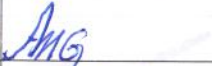

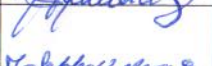
De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.

Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
Fecha: 01 de Junio de 2017

1	Emigdia Ferrufino Góng	ENACAL		8408-1936	
2	Alejandra Barboza M	GIZ		87397041	
3	Medardo López	MARENA	medlopez1962@yahoo.com - medardolopez@marena.gob.ni	89200077	
4	Yelda Ruiz Spillar	MARENA	director_dga@marena-gob.ni	85107375	
5	Wilber Mendoza	MARENA	wilber.mendoza33@gmail.com	5842-3476	
6	Carlos Ibarrón González	ACN	cibarron@grupodaci-acn.com	83361424	
7	Rodrigo F. Hernández H.	Potosí			
8	Martha L. Ortuño R.	Potosí			
9	Ana Maria Godoy	Potosí		89881041	
10	Maria Elena Espinales W.	Potosí			
11	Maritilde Mohaney Mega Gardo	Potosí		081-46382-00109	
12	Nidia del Socorro Maza Guido	Potosí		081-230784006E	

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
Fecha: 01 de Junio de 2017

13	Alexander Mejia Zarab	Alcaldia El Viejo	cel-090583-0050	8383 0760	
14	Roger Cascano				
15	Hector Hernandez Canales	Potosi			
16	Ivris Caballero Penabazco	Potosi			
17	Brenda Ninocca Benitez Arce	Escuela potosi	brendaninocca2012@gmail.com	87525631	
18	Jessica Fea Poveda Varela	Escuela Potosi	Jess Poveda 93@yahoo.com	8789-7831	
19	Brenda Acuña.				
20	Telma Vidal Flores	potosi	290-210454-0001x.	87701264	
21	Suzepa del Car. Flor	potosi			
22	Ana Maria Gaday	Potosi		89881041	
23	Javier Romero	Paracelas		77399295	
24	Elvelin Roxana Rivas Ramos	Potosi CAPS.		82851072.	

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3

Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"

Fecha: 01 de Junio de 2017

25	José Danilo Munguía	Potosí CAPS.		83832998	J. Danilo
26	Flor de María Reyes Ríos	Potosí		89744539	Flor de María
27	M C R				
28	Maria Betanco Espinoza				
29	María Pérez				
30	Yesenia Escalante				
31	Guadalupe F. González				Guadalupe
32	Arley Mauricio Munguía	Potosí		81 03 6818	Arley
33	Manuel Alexander Munguía	Potosí			M.A.M.M.
34	Dennis García G.	ENACAL MGA.	Dir. Planificación MGA.	89874959	Dennis
35	Dennis Xavier García	ENACAL MGA	11	8897-0085	Dennis Xavier G
36	Bernabe José Guzmán	El Capatín		7808-1103	Bernabe



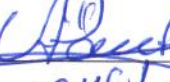
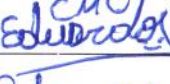


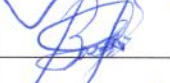

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
Fecha: 01 de Junio de 2017

37	Mauricio Antonio Gutierrez	Santa Julia	secretario politico	81654594	Wang, H
38	Ana Maria Estrada	Cosigüina	" " politica	86783507	Am8
39	Freddy Méndez	Potosi	politico de barrio	88775687	Freddy Méndez
40	Erlin Varela Zelaya	Cosigüina	Secret. P.	89676503	"Styler"
41	Sesun Alberto Betancourt	Potosi	gen José Rodríguez		Betancourt
42	Nubia del Carmen	Potosi	Felipe Acuña C	1662605470000	
43	Pastora Guzmán C.	Potosi	Man & Reyes	88141138	
44	Karla Ramirez	Potosi			
45	MARA ADRIAN SUAZO	Potosi			
46	Maritza Medina	Potosi			
47	Judith Hassiel Ruiz	Potosi			
48	Francisco Dims Bacelas	parcela	Pre caps		










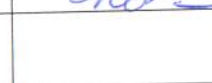
Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3

Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"

Fecha: 01 de Junio de 2017

49	Santos Reynaldo Garachid.	ADUASA (DGA)	Delegado.	8893 8556	
50	Wifredo Sanchez D	Policia MAE	Jefe Secto R	7876-5598	
51	Erini Alkima Sadga.	T.N.G.		88 68/457	
52	Eduardo Meza Caballero	Potosi			
53	Fatima Nohely Morada	Potosi		81861502	Fatima M.
54	Gaudy Rios	potosi		84730304	
55	Corina Ordóñez	potosi			Corina
56	Maribel Rivera Montes	Potosi			M R M
57	José Javier Pérez	ENACFL	ch.		
58	BENEDICTO VALDEZ	ENACFL	Email: benedictose 071 @ gmail.com	89201861	
59	Angela Solís d.	Potosi	Bocal. del agua de Potosi	8770	
60	Telma Vidal	potosi	Siscal del Agua.	87702064	Telma Vidal

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
Fecha: 01 de Junio de 2017

61	Joela Palacios	ENEL	jpalacios@enel.gob.ni		
62	Enayda Jacquin López	ENEL	enaydal@enel.gob.ni		
63	Retha Méndez	ENEL	rmendez@enel.gob.ni		
64	Juana Ruiz Echeverría	MEM	juana.ruiz@mem.gob.ni		
65	Juan A. Matus A	MEM	juan.matus@mem.gob.ni		
66	Mario González	MEM	mario.gonzalez@mem.gob.ni		
67	Maribel Aráuz T	MEM	maribel.arauz@mem.gob.ni		
68	Aaron Telles Santos	BJD	aaront@iadb.org	8837-6120	
69	Oliver Obregón	ERM	oliver.obregon@ernu.com		
70	Samor Rimawi	BJD	samorr@iadb.org		
71					
72					



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE *Por Gracia*
VICTORIAS! *de Dios!*

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Francisco Ines Izaca 056-29016500030	
Comunidad:	Las Porselas	
Institución/Cargo:	Comite Bolaborativo Cosigüina	
Correo:		Teléfono:
Comentarios y aportaciones del participante		
<p>Estoy de acuerdo porque sabemos es bapor para la Reproducción De Energía y para esperar Apolo para su conservación y conservación De la Reserva y Esperamos que exista una Relación amigable con el medio Ambiente que Actualise el Area protegida del Volcan Cosigüina</p> <p><i>de Dios!</i></p>		



CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!
Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.
Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni

Ministerio de
Energía y
Minas



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Hector A. Hernandez Canizales 081-081170-0088	
Comunidad:	Patosi	
Institución/Cargo:	comunitario - Antes coordinador de Gabinete	
Correo:		Teléfono: 87633097
Comentarios y aportaciones del participante		

- 1) Establecer planes de reforestación en el sector donde está el proyecto, con plantas nativas del sector. (En miles).
Ej. Cortez - ojoche - seco - pochote - madroño, cada.
- 2) - Apoyo a las comunidades con responsabilidad social, para el desarrollo de las mismas
- 3) - Actualizar el comité de manejo (laborativo para una mejor interrelación - comunidad - proyecto.
- 4) ~~ordenar~~ Parar las tallas ilegales en la reserva. que tienen de rodilla la reserva.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE *Por Gracia*
VICTORIAS! *de Dios!*

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Juan Alberto Reyes 086-100764-0007R.	
Comunidad:	Puerto POTOSÍ	
Institución/Cargo:	Promotor de los derechos humanos	
Correo:		Teléfono: 8814-1138
Comentarios y aportaciones del participante		
<p>El Impacto y sus consecuencias. Dado a su misma Naturaleza Bentajas y Desbentajas si la Fuente de Agua Potable Pudiera ser Afectada marea no a cumplido con el Decreto del ejecutivo 1320:</p>		

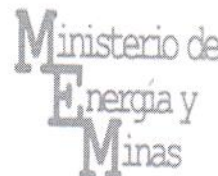


CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!

Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana. Managua, Nicaragua.
Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni

Sitio web: www.mem.gob.ni





Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre: <i>Zenaida Francisca Martínez Méndez</i> 086-190786-0013E	
Comunidad: <i>El Capolín</i>	
Institución/Cargo: <i>Tesorera OPRS</i>	
Correo:	Teléfono: <i>78691803</i> <i>Mor.</i>
Comentarios y aportaciones del participante	
<p><i>Como OPRS El Capolín nos preocupa lo siguiente,</i> <i>Al hacer su Empresa unas perforaciones más grande en</i> <i>la parte de arriba, Puedan encontrar gases Tóxicos que</i> <i>Afecten las aguas de nuestro pozo, Ya que este se encuentra</i> <i>abajo de sus Perforaciones. (Parte baja hay posibilidad</i> <i>que se nos Contaminen de alguna u otra manera con</i> <i>gases o baje el Caudal de agua de cada uno de los pozos.</i></p> <p><i>2. Nos Preocupa que este estudio afecte con el despate</i> <i>en la única zona de recarga de agua que tenemos.</i></p> <p><i>3. Nos Preocupa que Beneficiario Tendremos al encontrar</i> <i>su estudio de empresa ustedes como empresa Algo positivo</i> <i>¿en que nos Beneficiaria ustedes a nuestra Comunidad como</i> <i>Empresa?</i></p> <p><i>Por Gracia</i> <i>de Dios!</i></p>	



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Ing. BENEDICTO VALDEGOMAR		
Comunidad:	Dir. Planificación General DPTO. de Hidrología		
Institución/Cargo:	OH CED: 201-170260-0002W		
Correo:	benedictose@gmail.com	Teléfono:	89201866
Comentarios y aportaciones del participante			
<ul style="list-style-type: none">- Hay q/ CONSIDERAR El R FUGA DE MANEJO DE CUENCA. Y CONSIDERAR El Cambio Climático Para el proyecto.- El costo DE la ZONA DE RECARGA- CONSIDERAR EN El FID, EN La COMPONENTE Hidrogeológica EN BENEFICIO DE La COMUNIDAD Y El proyecto El problema DE INTRUSIÓN SALINA. DE La ZONA			
Ing. BENEDICTO VALDEGOMAR DPTO Hidrología/Dir. de Planific. GENERAL Email: benedictose@gmail.com ↳ benedictose@gmail.com			



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE *Por Gracia*
VICTORIAS! *de Dios!*

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre: <i>Roger Cárcamo</i>	
Comunidad: <i>Potosí golfo de Fonseca</i>	
Institución/Cargo: <i>Comunitario</i>	
Correo:	Teléfono: <i>89743023</i>
Comentarios y aportaciones del participante	
<p><i>Pregunta #1) que esta en funcion y que esta por su final y cuando Comensaria el segundo Comienso del segundo Pro lles to</i></p> <p><i>La #2 Pregunta y ProPesta que los Am</i></p> <p><i>Plen la fuente de agua de la Písina</i></p> <p><i>que AHora esta Utilisando dicha</i></p> <p><i>en Presa Perforadora del estudio</i></p> <p><i>que es tamrealizando en Nuestra</i></p> <p><i>Comunida'</i></p> <p><i>Por Gracia</i></p> <p><i>de Dios!</i></p>	



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Erlin Varela Zelaya 091-1005740000K		
Comunidad:	Cosigüina		
Institución/Cargo:	Miembro del CAP Cosigüina		
Correo:			Teléfono: 89676503
Comentarios y aportaciones del participante			
<p>mi comentario es que este proyecto Geotermico Es muy Importante para el desarrollo de la zona Pero Nuestra Preocupacion Es que sino afectara Las Venas de Agua de los pozos de Cada Comunidad Aledaños Al Volcan Cosigüina Deno Afectar PUES vienbenido sea Este proyecto</p> <p><i>Por Gracia de Dios!</i></p>			



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"

01 de Junio 2017

Nombre:	Rodrigo F. Hernández Hernández	001-110183-00024
Comunidad:	Potosí	
Institución/Cargo:	Pastor Evangelico de las Asambleas de Dios	
Correo:	Hernandezrodrigo214@gmail.com	Teléfono: 8963-0475
Comentarios y aportaciones del participante		
<p>Mi sugerencia hecha, fue pedirles al Ingeniero del proyecto de energía geotérmica, que de acuerdo a los estudios hechos de la retención del agua en el Volcán Cosigüina, donde el cuclaro que según sus estudios, se esta perdiendo la fuente de retención debido a los despaes o destrucción del bosque o reserva Cosigüina.</p> <p>Que dicho estudio se lo presenten al gobierno y al MARENA, ya que ellos no están haciendo nada para evitar dicha destrucción del bosque o reserva Cosigüina.</p> <p>Le agradecemos por sus estudios ambientales.</p>		



Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre: <i>Evelin Roxana Rivas Ramos 086-101191-0006B</i>	
Comunidad: <i>Puerto Potosí El Viejo Chinandega.</i>	
Institución/Cargo: <i>Tesorera CAPS.</i>	
Correo:	Teléfono: <i>82851072</i>
Comentarios y aportaciones del participante	
<p>MI pregunta es según los estudios químicos que se le realizarán al agua Saber que calidad de agua estamos tomando.</p> <p>Debido a la inquietud de la Comunidad, por que algunos usuarios argumentan que no es apta para consumo humano.</p> <p><i>TIEMPOS DE VICTORIAS!</i> <i>Por Gracia de Dios!</i></p>	



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2017

TIEMPOS DE *Por gracia*
VICTORIAS! *de Dios!*

Taller de Consulta "Estudio de Agua Subterránea para la Etapa 2 y 3 del
Proyecto Geotérmico Volcán Cosigüina"
01 de Junio 2017

Nombre:	Ana María Gadey Comunidad Potosí		
Comunidad:			
Institución/Cargo:	vice presidente del comité de Manejo Comunitario		
Correo:	0811 980 956 00036	Teléfono:	89 88 1041
Comentarios y aportaciones del participante			

Mi decepción es que esto llegue hasta Managua
Porque tal vez el gobierno no sabe lo que
está pasando con el Volcán Cosigüina
es despalado total con los fogones
toda la naturaleza está siendo
destruida toda la fauna está destruida
Gracias

*Por gracia
de Dios!*

FE,
FAMILIA
Y COMUNIDAD!

CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!
Ministerio de Energía y Minas

De la Rotonda Centroamérica 700 m, al oeste, Villa Fontana, Managua, Nicaragua.
Teléfonos (505) 2252-7400 y 2252-7500 Correo: salvador.mansell@mem.gob.ni
Sitio web: www.mem.gob.ni

Ministerio de
Energía y
Minas