



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

**CANTON LOMA DE LA CRUZ JURISDICCIÓN DE JUCUAPA,
DEPARTAMENTO DE USulután**

**WALTER EDIN MACHUCA GOMEZ
ORLANDO RIVERA RIVERA**

**Para Optar al Grado de:
INGENIERO CIVIL**

NOVIEMBRE, 2000

SAN SALVADOR,

EL SALVADOR,

CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES

LIC. JOSÉ MAURICIO LOUCEL
RECTOR

ING. NELSON ZARATE SÁNCHEZ
VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. FRANCISCO ARMANDO ZEPEDA
DECANO

JURADO EXAMINADOR:

ING. NELSON PASTOR HÉRCULES MELÉNDEZ
(Presidente)

ING. JORGE BOANERGES SOLANO ALVARADO
(Primer Vocal)

ING. JOSÉ MARIO GUEVARA RETANA
(Segundo Vocal)

Noviembre, 2000

DEDICATORIA

❖ **A Dios Todopoderoso:**

Por ser la fuente de toda sabiduría y haberme iluminado, dándome la fortaleza necesaria para seguir adelante durante la trayectoria de mi carrera, permitiéndome alcanzar uno de mis mejores ideales, haciéndome un ser útil a mis semejantes.

❖ **A mis Padres**

Dionisio Humberto Machuca (DGR), María del Tránsito Gómez V. de Machuca. A ellos que me dieron el ser y supieron guiarme con sabiduría

❖ **A mis Hermanos**

Antonio Humberto (DGR), Ana Mabel (DGR), Marta Elma (DGR), Laura Celina, Rosa Guillermina, Jorge Augusto, Milton Ricardo, María Isabel, Antonia Guadalupe. Por brindarme su apoyo moral en todas las etapas de mi vida.

❖ **A mi Esposa**

Mirna Elena Castillo. Con quien compartí todo el proceso de mi carrera y además darme fuerza en los momentos de flaqueza.

❖ **A mis Hijos**

Fátima Carolina Machuca, Walter Dionisio Machuca. A quienes sacrifique, al no compartir con ellos lo mejor del tiempo que merecieron.

❖ **A mis Familiares**

Y a todas aquellas personas que de alguna forma me ayudaron a que mi esfuerzo no fuera en vano.

❖ **A mis Maestros**

Con el mayor respeto y aprecio, al enseñar sin egoísmo y brindar su amistad.

❖ **A mi Compañero de Tesis**

Por compartir este triunfo uniendo más nuestros lazos de amistad.

❖ **A la Universidad Tecnológica de El Salvador.**

Por hacer de mí un profesional

Walter Edín Machuca Gómez

DEDICATORIA

- ♦ **A Dios Todopoderoso:**
Por darme la vida para alcanzar esta meta.
- ♦ **A mis Padres**
Orlando y Margarita
Por el apoyo incansable de toda la vida
- ♦ **A mis Hermanos**
Luis y Diana
Por estar Siempre a mi lado
- ♦ **A mis Abuelos**
Papá Abraham, Angelita, Mamá Lidia y Mamá Chole
Por estar siempre pendientes de mí
- ♦ **A mi Novia**
Lucy
Por todo el Apoyo brindado
- ♦ **A mi Compañero de Tesis**
Por la Paciencia de Trabajar con migo
- ♦ **A mis Amigos**
Por el apoyo brindado.
- ♦ **A la Universidad**
Por darme la guía a seguir.

Orlando Rivera Rivera

ÍNDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO I. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO	11
1.1. ANTECEDENTES.....	11
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	12
1.3. UBICACIÓN Y ACCESO	12
1.4. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA POTABLE	13
CAPITULO II. HIDROLOGÍA.....	14
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	14
2.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA REGIÓN	16
2.2.1. CLIMA	16
2.2.2. TEMPERATURA	16
2.2.3. PRECIPITACIÓN	17
2.2.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	17
2.3. ESCURRIMIENTO	17
2.3.1. ANÁLISIS DEL FLUJO BASE	18
2.3.2. RÍOS	18
2.4. APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL	18
2.5. INVENTARIO DE MANANTIALES	18
CAPITULO III. GEOLOGÍA	20
3.1. GEOMORFOLOGÍA	20
3.2. GEOLOGÍA HISTÓRICA.....	20
3.3. GEOLOGÍA SUPERFICIAL	22
3.4. ESTRATIGRAFÍA.....	23
CAPITULO IV. HIDROGEOLOGÍA	24
4.1. FORMACIONES DIFERENCIADAS	24

4.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES DIFERENCIADAS	25
CAPITULO V. APROVECHAMIENTO SUBTERRÁNEO	27
5.1. INVENTARIO DE POZOS.....	27
5.1.1. POZOS EXCAVADOS	27
5.1.2. POZOS PERFORADOS.....	28
5.2. AGUA SUBTERRÁNEA	28
5.2.1. PROFUNDIDAD AL AGUA	28
5.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO	28
5.3.1. GRADIENTE HIDRÁULICO	29
5.3.2. TRANSMISIVIDAD.....	29
5.3.3. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.....	30
CAPITULO VI. BALANCE HIDROLÓGICO DEL ÁREA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA LOMA	31
CAPITULO VII. CALIDAD DEL AGUA.....	34
7.1. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA	34
7.2. PELIGROS DE CONTAMINACIÓN.....	34
CAPITULO VIII. COSTO DE PERFORACIÓN DE POZO EN EL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN	35
8.1. COSTO DE PERFORACIÓN	35
8.3. FUENTE DE FINANCIAMIENTO	36
CAPITULO IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
9.1. CONCLUSIONES.....	37
9.2. RECOMENDACIONES	42
MARCO CONCEPTUAL	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXO #1 ----- FIG.No.1	
ANEXO #2 ----- Mapa de Ubicación	
Mapa Geológico	

Mapa de Cuenca Hidrográfica

Mapa de Curvas Isofreáticas

ANEXO #3 ----- Fotografías de época lluviosa

Fotografías de época seca

ANEXO #4 ----- Perfiles Geológicos

(Columna Litológica)

ANEXO #5 ----- Diseños de Pozos

ANEXO #6 ----- Calidad del Agua

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se ha realizado con el propósito de establecer alternativas para el mejoramiento de abastecimiento de agua potable para el Cantón Loma de La Cruz, Jurisdicción de Jucuapa, Depto. de Usulután. Para tal fin se ha investigado el potencial hídrico de la zona.

El método de trabajo empleado ha estado constituido por los siguientes aspectos:

1. Trabajo de campo.
 - Levantamiento geológico del área para determinar los tipos de rocas, así como sus características físicas y petrográficas.
 - Medición de niveles estáticos en pozos existentes en el área de estudio.
 - Levantamiento hidrogeológico, ubicación de puntos de agua (manantiales y pozos), mediciones de elevación y coordenadas.
2. Trabajo de Oficina.
 - Interpretación de fotografías aéreas a escala 1:20,000, con el objeto de definir la morfología del área.
 - Recopilación y evaluación de la información hidrogeológica existente y la obtenida en la presente investigación.
 - Elaboración de mapas de ubicación, geológico, de cuenca hidrográfica y de superficie freática a escala 1:50,000.
 - Elaboración del informe final.

Además, todo el trabajo en sí o documento final está constituido por nueve capítulos y diferentes anexos que van relacionados entre sí.

En cada uno de estos capítulos se puede valorar la importancia que tiene un **“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO”**, tal como se muestra en el desglose de cada uno de ellos.

En el capítulo I, encontramos antecedentes y generalidades del estudio, donde se puede ver la necesidad del agua potable que tiene el cantón Loma de La Cruz, lo cual impulsó a ejecutar este tipo de trabajo (Estudio Hidrogeológico), para buscarle alternativas de solución a tal problema.

El objeto general de este estudio es analizar las características hidrogeológicas del cantón Loma de La Cruz, para determinar la capacidad de explotación de los recursos hídricos existentes, como también el sitio más adecuado para la perforación de un pozo profundo.

El cantón Loma de La Cruz, se encuentra ubicado 1.5 km al noroeste de la ciudad de Jucuapa en la región Oriental.

Actualmente los habitantes del cantón Loma de La Cruz demandan un caudal medio de 1.11 L/s (17.54 GPM) y proyectado para un período de 20 años necesitarán un caudal de 3.10 L/s (49.11 GPM).

En el capítulo II, se hace mención de la hidrología definida como CIENCIA QUE ESTUDIA LAS AGUAS SUPERFICIALES Y METEÓRICAS, además se habla de:

- Las características de las cuencas hidrográficas tanto de ríos como de quebradas. En este caso se estudia la subcuenca de la quebrada La Loma, la cual en época lluviosa es afluente del río San Buenaventura.

Las características de la cuenca hidrográfica están constituidas por: El área total, perímetro, factor de forma, elevación máxima, elevación mínima, pendiente media, todo esto se detalla en este capítulo.

- Climatología de la Zona.

El clima en el área de estudio, se clasifica como Sabana Tropical Caliente, y tierra templada, por estar comprendida su elevación entre 0 y 1601 mSNM.

La temperatura promedio anual y la temperatura promedio absoluta anual dependen de la elevación y vegetación de la zona de estudio, así como de los factores climáticos del ciclo hidrológico, como la precipitación y la evapotranspiración.

Respecto al análisis del flujo base, en la parte sur del área de estudio no existe ningún manantial que pueda ser aprovechado, únicamente un flujo subterráneo que descarga en forma de manantiales al norte del área de estudio, dando origen al río San Buenaventura y San Luis, en los cuales fluye un caudal de poca representatividad.

Entre los manantiales que se cuentan en el área de estudio, únicamente se tienen los que abastecen la población de San Buenaventura y diferentes cantones, todos de la jurisdicción de ésta población.

La geología está constituida por diferentes aspectos, tales como:

- Geomorfología.

Con ésta conocemos la forma de la tierra y unidad geomorfológica donde se desarrolla y encuentra el área de interés, como también las diferentes elevaciones.

- Geología Histórica.

Aquí nos damos cuenta como surgieron cada una de las formaciones geológicas y unidades geomorfológicas, también el origen, época y período de cada una de ellas.

- Geología Superficial.

Aquí se hace mención de los diferentes materiales superficiales de los que está constituida el área de estudio, como también a qué formación pertenecen, qué cantidad de terreno cubren, con lo que se deduce la capacidad de absorción del terreno en estudio.

- Estratigrafía.

La estratigrafía consiste en conocer cómo están constituidos los estratos o capas de la tierra y para saber de la permeabilidad que tiene cada una de las capas que la conforman, esto se hace a través de pozos exploratorios, pero en el caso que ya existen pozos se hace más fácil el estudio de la estratigrafía.

La Hidrogeología es el estudio de las aguas subterráneas por lo que se le da mayor énfasis, debido a que se pretende encontrar un recurso hídrico que al ser explotado pueda cubrir las demandas de agua que del Cantón Loma de La Cruz.

En este capítulo se describen las formaciones hidrogeológicas identificadas y sus características hidráulicas.

Formaciones Diferenciadas.

Son las que constituyen la estructura de la corteza terrestre; en este caso se mencionan las que forman parte del área de estudio, descritas de más recientes a más antiguas, como son la Formación San Salvador y la Formación Cuscatlán (constituidas ambas por materiales del Cuaternario Aluvial y Cuaternario Volcánico), donde cada una de ellas poseen características de diferente permeabilidad, que dependen de su estado de meteorización.

El agua subterránea es el recurso hídrico que se pretende utilizar en el área específica de estudio, debido a que no hay otra forma de abastecerlo en forma eficiente.

- El área de estudio cuenta con pozos excavados en el sector noreste del cantón Loma de La Cruz y varios pozos perforados dentro del área estudiada.
- La profundidad al agua subterránea en estos pozos excavados, se encuentra entre 7 metros a 35 metros y en los pozos perforados entre 19 metros a 158 metros.
- El gradiente hidráulico es menor en el sector de interés (cantón Loma de La Cruz) que en el noroeste del mismo. La transmisividad del acuífero estudiado aumenta al norte del área de interés.
- En el área de estudio el coeficiente de almacenamiento se ha estimado en 0.01, el cual está dentro del rango de acuífero libre.

El balance hidrológico se calculó basándose en la información de las estaciones climatológicas y pluviométricas existentes dentro y fuera del área de estudio, información contenida en los almanaques preparados por el Centro de

Recursos Naturales del Servicio de Meteorología e Hidrología del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Los valores que se obtienen de estos almanaques son: Precipitación (P) y Evapotranspiración Potencial (ETP); luego se calcula la Evapotranspiración Real (ETR), Reserva o almacenamiento en el suelo, Excedente, Déficit y Escurrimiento Total, de tal manera que al final de los cálculos el Excedente Agrícola Anual sea igual al Escurrimiento (Q).

Se le efectuó análisis físico-químico al agua (clorada) que se recibe en el cantón Loma de La Cruz, observando que todos los resultados obtenidos están dentro de los parámetros de aceptación para el consumo humano.

En ninguno de los sitios seleccionados para la perforación del pozo profundo existen focos de contaminación que puedan afectar los mantos acuíferos; primero porque en el sitio #1, únicamente existe una vivienda y letrina a una distancia aproximada de 30 metros; las demás viviendas en ambos sitios, a una distancia aproximada de 600 metros. En estos sitios el nivel del agua subterránea se estima a 90 metros de profundidad.

Costo de Perforación de Pozo.

Aquí se pueden observar los costos que ocasiona la perforación de un pozo profundo, desde la movilización de la maquinaria, equipos y herramientas hasta la perforación, revestimiento y prueba de capacidad del pozo.

Nos referimos a las conclusiones y recomendaciones, es decir, comentar la información relevante del área de estudio, que antes de la investigación no se conocía, así como dar propuestas para resolver un problema social, después de

haber efectuado investigaciones de campo y revisado trabajos hechos con anterioridad, los cuales han servido de apoyo para la elaboración de este documento.

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1. ANTECEDENTES.

El cantón Loma de La Cruz, jurisdicción de Jucuapa, Departamento de Usulután, al igual que otros cantones, caseríos, pueblos y ciudades de El Salvador, carecen del servicio de agua potable o existe un déficit de éste, debido al crecimiento poblacional, deforestación y mal uso de los recursos hídricos. Provocando así una mayor demanda de agua potable para abastecer a la población.

El cantón Loma de La Cruz actualmente se abastece de un pozo perforado, existente en la ciudad de Jucuapa, es decir, desde la red de abastecimiento existente en Jucuapa, se deriva una tubería hasta el cantón Loma de La Cruz (aproximadamente 1.5 Kms.); esta derivación (tubería), termina en el centro del cantón con un grifo, formando así un sistema denominado “cantarera”.

Según versión de los habitantes del cantón y en inspección efectuada en el mencionado lugar, nos pudimos dar cuenta del problema, como también de la cantidad de agua que reciben, ya que al momento de las primeras inspecciones observamos que para llenar un cántaro se tardaba aproximadamente quince minutos, a pesar de que las efectuamos en época lluviosa y en época seca (verano) los pobladores tienen que hacer grandes filas y esperar mucho tiempo para obtener si es posible un cántaro de agua al día, como se puede observar en las fotografías (en anexos).

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar las características hidrogeológicas del cantón Loma de la Cruz por medio de un estudio hidrogeológico para la determinación de la capacidad de los recursos hídricos existentes.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1.2.2.1. Describir las características del cantón Loma de La Cruz, para conocer todos los factores que se relacionan en el área de estudio, tales como: el clima, la temperatura, la geología, la hidrogeología, la hidrología, la precipitación y la evapotranspiración.
- 1.2.2.2. Evaluar las condiciones hídricas del cantón Loma de La Cruz, para conocer los parámetros hidráulicos del acuífero (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, porosidad, infiltración, etc.) y la estratigrafía de la zona.
- 1.2.2.3. Determinar el sitio más adecuado para la perforación de un pozo.

1.3. UBICACIÓN Y ACCESO.

El cantón Loma de La Cruz, jurisdicción de Jucuapa, Depto. de Usulután, se encuentra ubicado 1.5 kilómetros al noroeste de la población de Jucuapa y el acceso es por calle de tierra en buenas condiciones vehiculares, además, Jucuapa se ubica 4 kms al sur del km 114 de la carretera Panamericana en la zona oriente del país.

Además, el área de estudio está delimitada al norte por las coordenadas geográficas 258.500 – 271.250, y al Este por las coordenadas 561.00 – 570.750.

1.4. POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA.

La población total a servir proyectada hasta los 20 años se presenta en el cuadro No.1:

CUADRO No.1.

POBLACIÓN Y DEMANDA DE AGUA POTABLE

AÑO	POBLACIÓN	CAUDAL	
		(Lts/seg)	(GPM)
1999	1275	1.11	17.54
2009	2422	2.10	33.32
2019	3570	3.10	49.11

Fuente: Unidad de Salud de Jucuapa

$$Q_{md} \text{ (Lts/seg)} = (\text{No. de Hab.} \cdot \text{Dotación}) / 86400$$

Se ha aplicado una dotación de 75 litros por persona por día y para el crecimiento poblacional se usó una proyección aritmética con una tasa de crecimiento poblacional de 0.09 para el cantón Loma de La Cruz (fuente: censo poblacional de 1997 y 1998), este parámetro se ha tomado en base al censo de población de diferentes años realizados al cantón.

$$P_n = P_o (1+rt)$$

P_n = Población futura

P_o = Población inicial

r = Tasa de crecimiento

t = Tiempo en años.

CAPITULO II

HIDROLOGÍA

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

La cuenca hidrográfica que se analiza en el presente estudio es la subcuenca de la quebrada “La Loma”, la cual es afluente en época lluviosa del río San Buenaventura.

La quebrada “La Loma” es alimentada por diferentes quebradas, tales como: quebrada La Loma, La Cruz, El Pozo, El Panadero, El Barranco, El Zapote y La Joya Grande, como podemos observar en el mapa de ubicación (mapa No.1, Anexo No.1).

La cuenca hidrográfica de la quebrada “La Loma” se extiende desde el cerro “El Tigre” hasta conectar con la quebrada “San Luisito” y el río San Buenaventura como se puede observar en Mapa #3 (Anexo #2). Este río recibe las descargas de las aguas negras del alcantarillado de la ciudad de Jucuapa y Chinameca; también las aguas mieles de los beneficios de café “La Esperanza” ubicado en Jucuapa, y PROMERCA ubicado en Chinameca; y en la época lluviosa las descargas de las aguas lluvias de los sistemas de drenaje pluvial de estas ciudades.

A continuación se presentan las características fisiográficas de la cuenca de la quebrada “La Loma”, siendo su punto de cierre aproximadamente 200 metros antes de desembocar con el río San Buenaventura.

- Área total (At): 13.19 Km² (se obtuvo por medio de planímetro).

- Perímetro (P): 19.5 Km (se obtuvo por medio de curvímetro)
- Factor de Forma (k):

$$k = \frac{0.28 P}{\sqrt{At}}$$

$$k = \frac{0.28 (19.50)}{\sqrt{13.19}}$$

$$k = 1.58$$

- Elevación máxima: 1601 mSNM
- Elevación mínima: 400 mSNM

NOTA:

Obtenidas del mapa topográfico del área de estudio.

- Elevación media (hm):

$$hm = \sum h_i A_i / At$$

Intervalos de altura (h)	Altura Media (h _i)	Area (A _i)	h _i A _i
400 – 700	550	10.53	5813.50
700 – 1000	850	2.015	1712.75
1000 – 1300	1150	0.475	546.25
1300 – 1600	1450	0.13	188.50

$$At = 13.19 \quad \sum 8261$$

$$hm = 8261/13.19$$

$$hm = 626.31 \text{ mSNM}$$

- Pendiente media (s):
 $s = DL/At$
 $s = (0.30)(6 \text{ km})/13.19$
 $s = 13.65\%$

Nota:

D = Separación entre curvas topográficas (unidad en kms)

L = Longitud total de las curvas (unidad en kms)

At = Area total de la cuenca

2.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA REGIÓN.

2.2.1. CLIMA.

De acuerdo a la clasificación climática de El Salvador, elaborada por Köppen, Sapper y Lauer, el área del cantón Loma de La Cruz y sus alrededores (área de estudio) se clasifican como Sabana Tropical o tierra caliente, por estar comprendida su elevación entre 0 y 800 mSNM.

Los cerros ubicados al sur del área de estudio se elevan a 1,601 mSNM, por lo que su clima se clasifica como tierra templada, según Sapper-Lauer, y clima tropical de las alturas según Köppen.

2.2.2. TEMPERATURA.

Según información recopilada en el Almanaque Salvadoreño del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), para la estación climatológica de Santiago de María, la temperatura promedio máxima y mínima anual en el área del cantón Loma de La Cruz es la siguiente:

- Temperatura promedio anual: 21.80 °C.
- Temperatura máxima promedio anual: 28.90 °C.
- Temperatura mínima promedio anual: 17.50 °C.
- Temperatura máxima absoluta: 35.70 °C.
- Temperatura mínima absoluta: 10.40 °C.

2.2.3. PRECIPITACIÓN.

La precipitación anual se estima de 1678 mm, que es el valor registrado en la estación pluviométrica de Jucuapa.

2.2.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.

La evapotranspiración promedio anual para la estación climatológica de Santiago de María es de 1661 mm, valor que incluye la transpiración de la vegetación, en condiciones de cobertura vegetal del 100% del área de la cuenca analizada.

2.3. ESCURRIMIENTO.

La magnitud del escurrimiento de una región está regida por varios factores entre los que cabe mencionar:

- Intensidad y duración de la lluvia.
- Pendiente del terreno.
- Cobertura vegetal.
- Humedad del suelo
- Permeabilidad del terreno.

2.3.1. ANÁLISIS DEL FLUJO BASE.

El flujo base del río San Buenaventura se origina en las descargas del acuífero de la cuenca de la quebrada “La Loma” y quebrada “San Luisito”.

El caudal de este río es difícil medirlo debido a que constantemente recibe aguas residuales de la población de San Buenaventura, Jucuapa y Chinameca.

2.3.2. RÍOS.

Dentro del área de estudio existen ríos únicamente al norte, siendo estos: río San Buenaventura y río San Luis. Al sur en la zona alta no hay ríos; las aguas lluvias han formado una red de drenajes consistente en quebradas, tales como: quebrada El Panadero, La Loma, La Cruz, La Joya Grande, El Pozo, El Barranco y El Zapote.

2.4. APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL.

De acuerdo a inspecciones y análisis del flujo base, no existe ningún manantial en la parte sur del cantón Loma de La Cruz que se pueda aprovechar, únicamente un flujo subterráneo que descarga en manantiales al norte del área de estudio, dando origen al río San Buenaventura, el cual fluye con un caudal de poca representatividad.

2.5. INVENTARIO DE MANANTIALES.

Como parte de la investigación, se efectuó inventario de manantiales, los cuales se encuentran sobre el cauce del río San Luis a la altura del caserío San Cristóbal, actualmente estos manantiales están captados, los cuales abastecen la población de San Buenaventura y el caserío San

Cristóbal (el manantial Pila del Cura), cantón Las Charcas, Los Espinos y La Isla (el manantial Los Encuentros).

CAPITULO III

GEOLOGÍA

3.1. GEOMORFOLOGÍA.

El área de estudio se encuentra ubicada en la unidad geomorfológica conocida como Valle Central, la cual es un graben que atraviesa el territorio nacional con rumbo WNW-ESE; el cantón Loma de La Cruz se encuentra sobre el parte aguas que delimita a la quebrada La Loma y a la quebrada La Cruz.

El área de estudio se encuentra asentada en una depresión tectónica comprendida entre el cerro El Tigre (al sur) y cerro El Cimarrón (al norte); además, se encuentra con una inclinación media hacia el norte y en la parte sur es donde se encuentran las mayores elevaciones con una máxima de 1601 mSNM (Cerro El Tigre).

Estos cerros forman parte del Valle Central originados en zonas de debilidad (fallamientos) existentes en este valle.

3.2. GEOLOGÍA HISTÓRICA.

Durante la época Pliocénica del período Terciario, tuvo lugar un volcanismo intenso, con eyecciones de materiales volcánicos casi en su totalidad a través de fisuras de gran extensión. Los materiales eyectados fueron coladas de lavas (efusiones tranquilas), piroclásticos (efusiones explosivas), lahares (correntadas de lodo hirviendo) y tobas aglomeradas; Estas rocas corresponden a la Formación El Bálsamo y Formación Cuscatlán a fines del Terciario que en la actualidad constituyen el basamento.

Durante las épocas Plioceno y Pleistoceno de los períodos Terciario y Cuaternario, se inició una fase de movimientos tectónicos conocida como Tafrogénesis. Como resultado de dicho tectonismo, los materiales originalmente depositados durante el volcanismo desarrollado a fines del terciario, fueron fracturados o dislocados con fallas principales de orientación este-oeste.

Estos movimientos tectónicos se desarrollaron en todo el territorio nacional y dieron origen a las unidades geomorfológicas que conforman el relieve terrestre en montañas y valles, las cuales son: Montaña Norteña, Valle Interior, Montaña Interior, Valle Central, Montaña Costera y Planicie Costera. Con la dislocación de las rocas se formaron bloques hundidos (Grabén) y bloques alzados (Horst).

Dichas unidades geomorfológicas se extienden a lo largo de toda la República Salvadoreña, como podemos observar en la figura #1 (Anexo #1).

Durante la época Pleistocénica del período Cuaternario, de nuevo hubo actividad volcánica intensa. A diferencia del volcanismo Terciario, esta vez sí se formaron conos volcánicos a lo largo de una línea de falla principal con rumbo ONO-ESE, sobre el Valle Central.

En el área de estudio, los volcanes recientes se encuentran en el sur, estando más relacionado con la geología de la zona de interés el cerro El Tigre.

La depresión en la que se encuentra el área de estudio, ha sido rellenada por potentes acumulaciones o depósitos de material piroclástico, coladas de lava andesítica y basáltica, provenientes de la actividad volcánica del volcán Chaparrastique; todos estos rellenos pertenecen a la Formación San Salvador y su edad varía desde el Pleistoceno Superior hasta el Holoceno Inferior.

Los depósitos piroclásticos inferiores están poco compactos y su granulometría varía de limos a gravas finas y forman una sucesión de tobas aglomeráticas, tobas líticas blandas, lapilli, pómez y ceniza. El espesor de estos depósitos piroclásticos poco compactos es de aproximadamente 70 metros. Sobre estos depósitos se encuentran piroclásticos sueltos más recientes que granulométricamente corresponden a limos, arenas y gravas finas.

3.3. GEOLOGÍA SUPERFICIAL.

Las características geológicas del área del cantón Loma de La Cruz y sus alrededores están indicadas en el mapa geológico a escala 1:50,000, derivado del “Mapa Geológico de la República de El Salvador” publicado por el Instituto Geográfico Nacional.

De la observación de este mapa se visualiza cómo el área está constituida por diferentes formaciones geológicas que datan desde finales del período Terciario y principios del Cuaternario (ver mapa No.2).

En este estudio, la formación más antigua es la Formación Cuscatlán, constituida por materiales tales como: efusivas básicas intermedias.

La Formación San Salvador, de edad desde el Pleistoceno hasta el Holoceno Reciente, está constituida por un manto de tobas poco compactas y piroclásticos sueltos que descansan sobre lavas andesíticas y basálticas muy fracturadas, con intercalaciones de escorias y lapilli. Se encuentran en un 95% aproximadamente del área total de estudio.

3.4. ESTRATIGRAFÍA.

La estratigrafía del área está íntimamente relacionada con las erupciones del volcán Chaparrastique de San Miguel.

Los materiales predominantes en la zona son piroclásticos ácidos y tobas color café que rellenan las depresiones tectónicas. Las lavas recientes de finales del Pleistoceno, también afloran en algunos puntos al norte y sur del área de estudio; éstas se encuentran muy fracturadas y junto con los piroclásticos ácidos y tobas color café, constituyen la Formación San Salvador.

El espesor del relleno de materiales volcánicos es mayor en la zona alta, al sur del área de estudio, comparado con la zona norte, que las capas del relleno son menores.

CAPITULO IV

HIDROGEOLOGÍA

Es el componente de la investigación que con mayor importancia debe ser considerado para determinar si en un área existe un recurso hídrico que al ser explotado cubra la demanda de un proyecto.

4.1. FORMACIONES DIFERENCIADAS.

La secuencia estratigráfica de los afloramientos de rocas presentes en los caminos que la cruzan y en los cauces de ríos y quebradas efímeros, nos demuestran que estos materiales pertenecen al período Cuaternario, época Pleistoceno a la Holoceno, de la era CENOZOICO.

En el área de estudio han sido diferenciadas dos formaciones hidrogeológicas de interés:

El conjunto de lavas, tobas y piroclásticos de la formación San Salvador (Cuaternario Volcánico) que comprende las épocas del Pleistoceno y base del Holoceno, las lavas y tobas de la formación Cuscatlán, que comprende a la época Pleistocénica (Cuaternario Volcánico) la primera y la segunda formación corresponde al periodo Cuaternario.

FORMACIÓN SAN SALVADOR:

La Formación San Salvador está constituida por las rocas siguientes:

Cuaternario Volcánico:

- Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas (tobas color café) que se encuentran cubriendo la mayor extensión, distribuidos en toda el área de estudio.
- Las lavas básicas-intermedias constituyen la parte sur (cerro El Tigre) del área de estudio.
- Las piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas y lavas básicas-intermedias de la base de la formación constituyen un porcentaje al noreste del área de estudio.

FORMACIÓN CUSCATLÁN:

La formación Cuscatlán está conformada por las rocas siguientes:

Cuaternario Volcánico:

Las lavas básicas e intermedias constituyen un porcentaje de poca representatividad ubicada al suroeste del sitio de interés.

4.2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES DIFERENCIADAS.

FORMACIÓN SAN SALVADOR:

La formación San Salvador está conformada en esta área por diferentes capas geológicas que tienen las características siguientes:

Cuaternario Volcánico:

- Piroclásticos y tobas.

Piroclastitas ácidas, tienen una porosidad buena y una permeabilidad media a alta.

Tobas color café, tienen una porosidad buena y una permeabilidad media a baja, formando una unidad hidrogeológica de media a baja permeabilidad, estas capas constituyen acuíferos de bajo rendimiento.

- Lavas.

Lavas básicas-intermedias, su porosidad es despreciable así como su permeabilidad primaria, pero poseen una permeabilidad secundaria muy alta, ya que a través de las grietas circulan cantidades importantes de aguas subterráneas, constituyendo acuíferos de altos rendimientos. Se encuentran formando el cerro El Tigre.

FORMACIÓN CUSCATLÁN:

Las rocas de la formación Cuscatlán por ser relativamente recientes, tienen características hidrogeológicas favorables dependiendo de su grado de consolidación y meteorización.

- Lavas básicas-intermedias, poseen una buena permeabilidad secundaria, por lo que constituyen acuíferos de medianos rendimientos siempre y cuando las grietas no estén selladas.

CAPITULO V

APROVECHAMIENTO SUBTERRÁNEO

La profundidad al agua subterránea en el sector Este del cantón Loma de La Cruz, es de aproximadamente 90 metros (295.20 pies).

5.1. INVENTARIO DE POZOS.

5.1.1. POZOS EXCAVADOS.

En el sector del cantón Loma de La Cruz no existen pozos excavados, pero en el lugar donde se pretende recomendar para la perforación de un pozo profundo existió un pozo excavado que actualmente se encuentra azolvado, el cual en la década de los años 60's, era de donde se abastecía el mencionado cantón.

En la parte baja de la cuenca de la quebrada La Loma, existen pozos excavados con niveles estáticos de 20 metros (65.60 pies), tal como se muestra en el siguiente cuadro.

CUADRO No.2

Pozo No.	NE (m)	Elevación (mSNM)	Propietario	Ubicación
1	20.00	400	José Daniel Claros	La boveda San Buenaventura
2	35.00	410	Hombergert	Finca San Joaquín, San Buenaventura
3	7.00	355	María Gómez	Caserío San Cristobal

5.1.2. POZOS PERFORADOS.

CUADRO No.3

No.	Nombre	Prof. (m)	Diam. (Pulg.)	Nivel Est. (m)	Caudal (l/s)	Abatim. (m)	Capacidad Específica (L/s)	Transmis. (m ² /día)
1	El Triunfo #1	70.10	10	35.00	15.90	0.9	17.40	1850
2	El Triunfo #2	149.70	14 y 10	19.00	18.90	0.075	-	-
3	Llano Grande	201.10	10	158.00	18.90	24	0.80	83
4	El Semillero	115.85	8	63.57	9.59	15.40	0.62	217.64
5	Jucuapa 3	153.90	12	119.00	65.00	7.43	8.7	920
6	Jucuapa 2	100.60	10	73.20	19.05	5.79	3.29	264.91
7	Nueva Guadalupe #2	111.50	10	70.00	12.60	1.21	10.4	1100
8	Nueva Guadalupe #3	131.00	10	93.30	18.61	6.92	-	-
9	Chinameca	142.60	10	117.00	15.80	0.30	52.60	5500

5.2. AGUA SUBTERRÁNEA.

5.2.1. PROFUNDIDAD AL AGUA.

Se han perforado algunos pozos en el área de estudio y conociendo las características de éstos, se han podido determinar la profundidad al agua subterránea y el gradiente hidráulico.

En el cantón Llano Grande se perforó un pozo para abastecer al mismo Cantón (Llano Grande Arriba y Llano Grande Abajo); el nivel estático del agua se encuentra a 511.68 pies (156 m), teniendo el terreno una elevación de 545 mSNM; en Jucuapa existen pozos perforados con niveles estáticos de 75 metros (pozo de mayor antigüedad) ubicado a una altura de 478 mSNM, y pozo en terreno con una elevación de 490 mSNM y nivel estático de

119 metros (pozo más reciente) y de donde actualmente es abastecida la población de Jucuapa, como también algunos cantones (Tapisquillo Alto, Tapisquillo Bajo, El Amatón, Loma de La Cruz, etc.). Además existen pozos perforados en las poblaciones de Chinameca, Nueva Guadalupe, Villa El Triunfo y el cantón Semillero jurisdicción de San Buenaventura, que tienen las mismas condiciones geológicas e hidrogeológicas; todo esto ha contribuido como se dijo al inicio de este párrafo, la determinación de la posible profundidad al agua subterránea en el sitio de perforación, tal como se menciona a continuación.

El nivel del terreno donde se pretende perforar el pozo para abastecer al cantón Loma de La Cruz está a una altura topográfica de 475 mSNM, por lo que se deduce que el nivel estático se encuentra a una profundidad de 295.2 pies (90 metros).

5.3. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO.

5.3.1. GRADIENTE HIDRÁULICO.

El gradiente hidráulico en el área del cantón Loma de La Cruz es de 0.0069, calculado entre las curvas isofreáticas con valores de 340 mSNM y 360 mSNM; el gradiente hidráulico aumenta al noroeste del cantón Loma de La Cruz, como se muestra en el mapa de curvas isofreáticas (Mapa #4, Anexo #2).

5.3.2. TRANSMISIVIDAD.

Con los datos de que se dispone de los pozos perforados en el área, se estima que la transmisividad del acuífero del cantón

Loma de La Cruz es de 450.33 m²/día (36,261.01 gpd/pie). Sin embargo la transmisividad puede aumentar hacia el norte.

5.3.3. COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.

El acuífero del cantón Loma de La Cruz se ha considerado ***acuífero libre o tabla de agua***, debido a que en la zona no existen estratos impermeables ni pozos artesianos, que son característicos de este tipo de acuífero. Además, se ha estimado un coeficiente de almacenamiento de 0.01 como representativo para toda el área de estudio, el cual está dentro del rango de acuífero libre.

CAPITULO VI

BALANCE HIDROLÓGICO DEL ÁREA DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA LOMA

El balance hidrológico del área de la cuenca de la quebrada La Loma se ha calculado en base a la información disponible en los almanaques de los años 1992 y 1993, preparados por el Centro de Recursos Naturales, Servicio de Meteorología e Hidrología del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Se han tomado en cuenta los registros de cantidades normales de precipitación en milímetros de las estaciones pluviométricas del área de estudio en el Departamento de Usulután y los datos de evapotranspiración potencial se han calculado en base a la elevación promedio de la subcuenca.

El desarrollo del balance hidrológico se basa en el método expuesto por G. Castany en el documento “Tratado Práctico de Las Aguas Subterráneas” el cual utiliza las fórmulas de G.W. Thornthwaite y L. Serra.

El método consiste en la determinación de las variables de la ecuación general del Balance Hidrológico, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$P = R + I + ETR$$

Donde:

P = Precipitación

R = Escorrentía

I = Infiltración

ETR = Evapotranspiración Real

Las variables R e I son calculadas conjuntamente en el método como “Q”, término que representa el escurrimiento superficial, escurrimiento hipodérmico y escurrimiento subterráneo.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro siguiente:

**BALANCE HÍDRICO MEDIO MENSUAL EN mm.
SEGÚN G.W. THORNTHWAITE**

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Precipitación (mm) (P)	2	2	8	38	203	293	259	214	377	253	42	7	1678
ETP	130	130	160	158	152	134	157	148	125	124	120	123	1661
ETR	2	2	8	38	152	134	157	148	125	124	120	29	1039
Reserva (100 mm)	0	0	0	0	51	100	100	100	100	100	22	0	
Excedente	0	0	0	0	0	110	82	66	252	129	0	0	639
Déficit (P-ETP)	128	128	152	120	0	0	0	0	0	0	0	94	
Escurrimiento Sup. (Q)	18	9	5	2	1	55	69	67	160	145	72	36	639

Del cuadro anterior se establecen los valores siguientes:

Precipitación anual : 1678 mm
 Evapotranspiración Potencial : 1661 mm
 Evapotranspiración Real : 1039 mm
 Excedente Anual : 639 mm
 Escurrimiento (Q) : 639 mm

A partir de estos resultados se concluye que la lámina de escurrimiento superficial y subterráneo en la zona de la quebrada “La Loma” es de 639 mm por unidad de área de la sub-cuenca hidrográfica, equivalente a un volumen anual de 8,428,410.00 m³, obtenida de la ecuación $V = h \times A$, donde:

$V = \text{Volumen, m}^3$

$h = \text{Escorrentía Superficial, m}$

$A = \text{Área de la Cuenca, m}^2$

CAPITULO VII

CALIDAD DEL AGUA

7.1. CALIDAD FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA.

La calidad química de las aguas del acuífero es generalmente buena para uso potable en toda la zona de estudio. Según análisis reciente efectuado sobre muestras de agua procedente del pozo profundo de la ciudad de Jucuapa, como podemos observar en el anexo “Calidad del Agua”, en donde todos los parámetros encontrados están dentro del intervalo aceptable, únicamente se detectó que el agua es un poco corrosiva, pero está dentro del parámetro de aceptación para el consumo humano.

7.2. PELIGROS DE CONTAMINACIÓN.

En el área de estudio y en el sitio seleccionado para la perforación de un pozo profundo, no existen fuentes de contaminación que dañen la calidad del agua del recurso hídrico existente en esa zona, como también el agua subterránea a utilizarse está a gran profundidad y por tanto más difícil de contaminarse.

Por precaución siempre conviene tomar medidas de protección o desinfección del agua.

CAPITULO VIII
COSTO DE PERFORACIÓN DE POZO
EN EL LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

8.1. COSTO DE PERFORACIÓN DE POZO EXPLORATORIO.

En el siguiente cuadro se muestra el desglose de las diferentes actividades que conlleva la ejecución de la perforación de un pozo, como también el costo de cada una de ellas.

Descripción	Cant.	Unidad	Precio Unit.	Sub-Total
Traslado e instalación de maquinaria, herramienta y equipo.	1	S.G.		20,000.00
Perforación en material blando con diámetro 6".	97	mts	492.00	47,724.00
Perforación en material duro con diámetro de 6"	40	mts	1,000.00	40,000.00
Análisis de columna litológica y diseño de pozo.	1	c/u	2,000.00	4,000.00
Registro eléctrico	1	c/u	2,000.00	3,500.00
Total:				115,224.00

8.2. COSTO DE PERFORACIÓN DE POZO PRODUCTIVO.

En el siguiente cuadro se muestra el desglose de las diferentes actividades que conlleva la ejecución de la perforación de un pozo, como también el costo de cada una de ellas.

Además, se muestran los materiales utilizados en el revestimiento, como también su costo.

Descripción	Cant.	Unidad	Precio Unit.	Sub-Total
Perforación en material blando con diámetro 15".	97	mts	750.00	72,750.00
Perforación en material duro con diámetro de 15"	40	mts	1,500.00	60,000.00
Suministro e instalación de rejilla de acero al cobre diam. 19" y espesor 3/16".	25	mts	1,400.00	35,000.00
Suministro e instalación de la tubería ciega de acero al cobre diam. 10" y espesor 3/16".	112	mts	900.00	100,800.00
Empaque de grava selecta de 4 a 8 mm.	7	m ³	800.00	5,600.00
Desarrollo y limpieza	1	S.G.		16,000.00
Prueba de bombeo	51	Horas	650.00	33,150.00
Prueba de recuperación	4	Pulg.	250.00	1,000.00
Evaluación de prueba de bombeo.	1	S.G.		3,000.00
Análisis físico – químico del agua.	1	S.G.		2,000.00
Sello sanitario y brocal	1	S.G.		2,500.00
Total:				333,800.00

8.3. FUENTE DE FINANCIAMIENTO.

- La ejecución del proyecto “perforación de pozo profundo”, será financiado por la alcaldía municipal de Jucuapa, ya que es uno de los entes interesados en que se ejecute este proyecto.
- Se buscará apoyo a una ONG's para el equipamiento del pozo.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES.

Como resultado de la investigación se concluye:

- El cantón Loma de La Cruz, actualmente es abastecida de un pozo perforado existente en la ciudad de Jucuapa; desde este lugar se deriva una tubería hasta el cantón, finalizando en cantarera, por lo que existe déficit de agua potable debido al tipo de abastecimiento con el que cuenta, razón por la cual se ven en la necesidad de buscar otras formas de abastecerse, como es yendo a traerla hasta Jucuapa, comprándole a los vendedores que llegan a vender el agua en barriles.
- El Cantón Loma de La Cruz se ubica aproximadamente 1.5 km al noroeste de la ciudad de Jucuapa; el acceso es por calle de tierra en buenas condiciones vehiculares.
- La población con la que contaba el cantón Loma de La Cruz en el año de 1999 era de 1,275 habitantes, demandando un caudal de 1.11 L/s (17.54 GPM) y para el año 2,019, la población será de 3,570 habitantes, quienes demandarán un caudal de 3.10 GPM).

La fuente de información sobre el censo de la población fue la Unidad de Salud de la ciudad de Jucuapa; además, para el crecimiento poblacional se aplicó una proyección aritmética, con una tasa de crecimiento de 0.09, basada en los censos de población de 1996,

1997, 1998 y 1999, realizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social a través de sus inspectores.

- En este estudio fue delimitada la subcuenca hidrográfica de la quebrada La Loma, contando con las siguientes características: 13.19 km² de extensión, factor de forma igual a 1.58, 19.5 km de perímetro, 1,601 mSNM de elevación máxima, 400 mSNM de elevación mínima, 626.3 mSNM de elevación media y 13.65% como pendiente media.
- En el área de estudio, el clima se clasifica como Sabana Tropical o Tierra Caliente, según Köppen, Sapper y Lauer. La estación climatológica de Santiago de María ha registrado los siguientes valores: la temperatura máxima promedio anual de 28.90°C y mínima promedio anual de 17.50°C; la precipitación registrada por la estación pluviométrica de Jucuapa es de 1,678 mm.

Además, la estación climatológica de Santiago de María registró una evapotranspiración potencial promedio anual de 1,661 mm.

- Cerca del cantón Loma de La Cruz, no existen manantiales que puedan abastecer a este cantón; únicamente al noreste del área de estudio existen manantiales que ya están captados y además abastecen la población de San Buenaventura y algunos cantones aledaños.
- Dentro de la cuenca de estudio no existen ríos, únicamente existen quebradas que en ningún momento reciben desechos industriales ni hospitalarios que pudieran dañar el acuífero por la infiltración y percolación de aguas contaminadas ya que es en otra quebrada que

está fuera de la cuenca donde la ciudad de Jucuapa drena las aguas residuales.

- Los materiales que conforman el área de estudio pertenecen a la era Cuaternaria, techo de la Formación Cuscatlán y base de la Formación San Salvador.
- El área de estudio está asentada sobre la unidad geomorfológica denominada Valle Central, constituida al sur por el cerro El Tigre, el cual surgió debido a una zona de debilidad (fallamientos) de la corteza terrestre, provocados por la intensa actividad volcánica de la época pleistocénica del período Cuaternario.
- Los materiales que predominan en el área de estudio constituyen las formaciones San Salvador y Cuscatlán, siendo éstos: tobas poco compactas, piroclásticos sueltos que descansan sobre lavas andesíticas y basálticas muy fracturadas de la Formación San Salvador y efusivas básicas intermedias de la Formación Cuscatlán, como se puede observar en el mapa #2 (Mapa Geológico – Anexo #2).
- La estratigrafía del área de estudio está relacionada con las erupciones volcánicas del volcán Chaparrastique de San Miguel, constituida por piroclásticos ácidos y tobas color café, que rellenan las depresiones tectónicas.

El espesor del relleno es mayor al sur del área de estudio.

- El subsuelo del área investigada está constituida por materiales de origen volcánico, unos de permeabilidad media y otros de permeabilidad alta, lo cual permite una buena infiltración de agua para recargar de los mantos acuíferos subterráneos.

El área de estudio está bien reforestada y principalmente en la parte sur, la cual está cultivada de café, árboles frutales y maderables, que también contribuyen a que haya mayor infiltración de agua, menos escorrentía superficial y evita la erosión.

En el área de estudio existen pozos excavados y perforados, con profundidad al agua máxima de 35 metros y 158 metros, respectivamente y ubicados en elevaciones topográficas de 400 mSNM hasta 545 mSNM.

Al relacionar la profundidad al agua subterránea y altura topográfica de los diferentes pozos, se llegó a determinar la probable profundidad al agua subterránea en el sector del cantón Loma de La Cruz, estimándola a 90 metros, siendo la única forma de aprovechar los mantos acuíferos subterráneos a través de pozos perforados.

- Con los resultados de los pozos perforados en el área de estudio, se estima un gradiente hidráulico de 0.0069 y una transmisividad de 36,261.01 gpd/pie; también al no existir estratos impermeables ni pozos artesianos en el área, se deduce que el acuífero investigado es un acuífero libre o tabla de agua, por lo que se asume coeficiente de almacenamiento igual a 0.01, el cual está dentro del rango de este tipo de acuíferos.

- Con el balance hidrológico de la cuenca de la quebrada La Loma, se pudo determinar que el volumen de precipitación es mayor al volumen que se evapora, ya que la precipitación anual es de 1,678 mm y la evapotranspiración real de 1,039 mm, lo que nos indica que parte del agua pasa a formar parte de los mantos acuíferos subterráneos, infiltrándose y el resto a través de la escorrentía superficial a quebradas y ríos.

A partir de estos resultados se obtiene la de escurrimiento superficial y subterráneo, equivalente a 639 mm, un volumen anual de 8,428,410.00 m³.

- El agua que reciben en Jucuapa, como en el cantón Loma de La Cruz, posee un poco de corrosividad, pero es apta para el consumo humano, ya que se encuentra dentro de los rangos de aceptación según la norma Salvadoreña NSO 13.07.01:97, publicada en el diario oficial de fecha 13 de agosto de 1998, acuerdo #414.
- En los sitios seleccionados para la perforación de pozo, no existe peligro de contaminación, debido a que en la parte alta de la cuenca no existen elementos que causen tal efecto, tales como industrias o asentamientos humanos; además, la profundidad al agua subterránea es considerable.
- Los costos de perforación de un pozo son elevados, debido a la gran cantidad de equipos, herramientas, personal y materiales utilizados para tal fin y también los costos aumentan directamente proporcional con la profundidad.

- El financiamiento para la perforación de un pozo será efectuado por la parte interesada; en este caso es la Alcaldía Municipal de Jucuapa.

9.2. RECOMENDACIONES.

- Efectuar la perforación de un pozo exploratorio con diámetro de 6 pulgadas, hasta encontrar la parte más sólida e impermeable; se deberá perforar hasta una profundidad 137 metros (449.36 pies); terminada la perforación, correr un registro eléctrico y análisis de las muestras de perforación, para determinar la conveniencia de ampliar o no el pozo perforado.

Los sitios recomendados para la perforación se señalan en el mapa de ubicación y están descritos de la siguiente manera:

Sitio	Ubicación	Elevación (mSNM)	Coordenadas		Propietario
			N	E	
1	Adyacente al costado oriente del cantón Loma de La Cruz	475	267.150	565.150	Municipalidad
2	Aproximadamente 700 metros al noroeste del cantón Loma de La Cruz	355	267.850	564.800	José Antonio Díaz

- Contratar los servicios de un técnico, para que se encargue de la supervisión de la perforación del pozo, entubamiento, prueba de bombeo y cálculos hidráulicos.
- En el caso de ampliar el diámetro del pozo, se hace necesario entubarlo con un diámetro de 10 pulgadas y luego efectuarles pruebas de bombeo preliminares para determinar el caudal de aforo; prueba de bombeo en etapas sucesivas de una hora cada una, con

doble del precedente cada hora; y prueba de bombeo a caudal constante durante 72 horas, con un caudal igual o superior al requerido ($Q_{\text{máx.}} \text{ Diario} \times k_1 \times k_b$).

- Construir un sello sanitario hasta una profundidad mínima de 10 mts. para evitar infiltración de aguas superficiales que puedan alterar la calidad del recurso de aguas subterráneas. Además, desinfectar el pozo con una solución de hipoclorito de calcio posterior al desarrollo y prueba de bombeo.
- No ubicar botaderos de basura en la parte alta ni cercanos a los sitios propuestos para la perforación del pozo profundo.
- Efectuar un estudio complementario de investigación geofísica para definir el sitio más adecuado para la perforación del pozo profundo.

MARCO CONCEPTUAL

Abatimiento:

Es la diferencia de altura entre el nivel estático y el nivel dinámico ocurrida en un pozo.

Azolvado:

Suciedad que obstruye un conducto.

Afloramiento:

Es el aparecimiento de la roca desde el subsuelo provocado por la erosión.

Balance Hidrológico:

El balance hidrológico de una cuenca o de una región determinada, tiene por finalidad contabilizar los aportes y pérdidas del agua.

Basamento:

Sistema de distribución de agua potable, que consta de una tubería final con dos grifos instalados para abastecer a una comunidad.

Capacidad Específica (CE):

Se define como el rendimiento por unidad de abatimiento. $CE = \frac{Q}{S_m}$

Q = Caudal de bombeo (GPM ó L/s)

S_m = Abatimiento máximo (pies o metros).

Cuenca de los Ríos:

Depresión cerrada de las superficies terrestres de paredes suaves, amplio espacio de sedimentación de forma cóncava relleno de sedimentos recientes.

Coeficiente de Almacenamiento (s):

De un acuífero, es el volumen de agua cedida o tomada del almacenamiento del mismo, por unidad de área superficial cuando se produce un cambio unitario de carga.

Caudal de Explotación:

Es el caudal que se extrae diariamente de un pozo (durante un tiempo definido y un caudal definido).

Curvímetro:

Es un aparato manual y graduado en diferentes escalas; al cual al hacerlo girar sobre una superficie plana, nos va marcando la cantidad de kilómetros recorrido para medir la distancia en un plano.

Densidad de Cauces:

Relación entre el número de cauces de la cuenca y el área total de la cuenca.

Densidad de Drenaje:

Es la suma de las longitudes de las corrientes entre el área de la cuenca.

Estratigrafía:

Es la composición de diferentes capas de materiales geológicamente hablando de un estrato del suelo.

Efusiones:

Se dice de la emisión fluida y continuada de la lava volcánica.

Efímeros:

Breve, fugaz, que dura poco.

Escurrimiento Hipodérmico:

Es el escurrimiento producido por una parte del agua infiltrada, que fluye por las capas superiores del subsuelo.

Fisuras:

Fractura o hundidura longitudinal en la corteza terrestre.

Factor de Forma:

Relación que expresa el ancho promedio del área drenada con la longitud de la cuenca.

Geología:

Es el estudio de la tierra y las rocas.

Geomorfología:

Es la ciencia que describe e interpreta las características del relieve terrestre.

Geología Histórica:

Estudia la evolución cronológica de la tierra con inclusión de las formas de vida que la han habitado.

Gradiente Hidráulico:

Pérdida de presión entre dos puntos.

Hidrología:

Es la ciencia que estudia las aguas superficiales, ya sea de cuerpos fijos (lagos, lagunas) o la caída y desplazamiento de las aguas meteóricas (aguas lluvias).

Hidrograma:

Es sinónimo del volumen que drena la cuenca medido en litros por segundo.

Mapa Topográfico:

Es un plano que nos demuestra diferentes lugares y relieves del terreno.

Mapa Geológico:

Es un plano que nos demuestra las diferentes formaciones superficiales de todo El Salvador.

Meteorización:

Descomposición química de la roca.

Nivel Freático:

Es la altura donde se encuentra el agua subterránea respecto al nivel del mar (mSNM).

Precipitación:

Es la caída de lluvia, nieve, granizo ó agua nieve sobre la superficie de la tierra o mares.

Porosidad:

Es un índice que determina la resistencia del suelo.

Permeabilidad:

Capacidad que tiene el suelo de absorber el agua.

Planímetro:

Instrumento eléctrico ó de baterías que sirve para medir áreas de planos.

Recurso Hídrico:

Capacidad que tiene el subsuelo de poderle extraer una determinada cantidad de agua.

Transmisividad:

Es el volumen de agua que circula a través de la formación y se define como la tasa a la cual el agua fluye en una franja vertical del acuífero de ancho unitario extendiéndose en todo el espesor saturado del mismo, bajo un gradiente hidráulico de 1.

$$T = \frac{264 \times Q}{S}$$

Registro Eléctrico:

Es el que nos mide los índices de potencial espontáneo (milivoltios) y la resistividad aparente (ohms/pie) de las formaciones perforadas.

Resistividad Aparente:

Es aquella propiedad que se caracteriza por su oposición a la circulación de corriente eléctrica. La resistividad eléctrica de una formación acuífera está directamente relacionada con la naturaleza, cantidad y distribución del agua que contenga.

Radio de Influencia (R):

Es la distancia desde el centro del pozo hasta el límite del cono de depresión. Este radio es mayor en los conos de depresión que rodean a pozos artesianos que en aquellos situados alrededor de pozos freáticos.

Tectónico:

Parte de la geología que trata de la estructura de la corteza terrestre, en relación con las fuerzas internas que actúan sobre ella.

Vulcanismo:

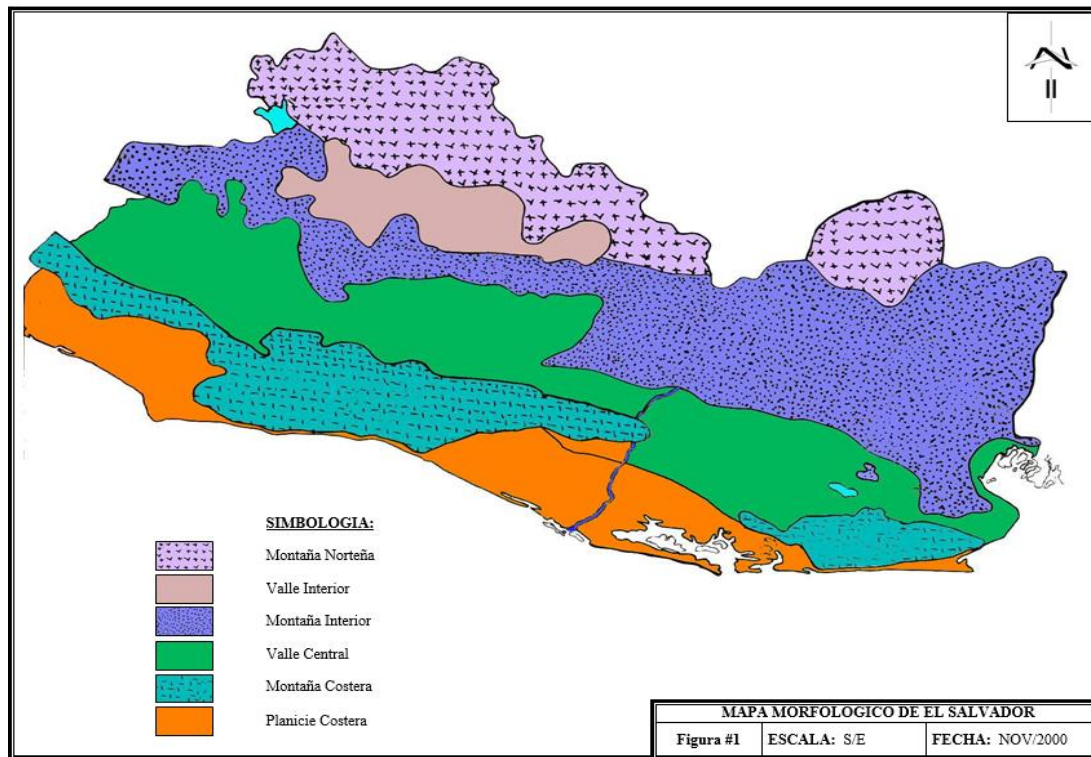
Conjunto de fenómenos y procesos que tienen relación con la ascensión del magma y con los volcanes.

BIBLIOGRAFÍA

1. CENTRO DE RECURSOS NATURALES, SERVICIO DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA, “Almanaque Salvadoreño”, Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador, 1992.
2. DEPARTAMENTO DE HIDROGEOLOGÍA, “Estudio Hidrogeológico del Area de Nueva Guadalupe – Chinameca – Jucuapa – San Buenaventura”, Departamento de Hidrogeología, El Salvador, 1985.
3. CASTELLANOS FEDERICO, INGENIERO, Estudio del Comportamiento y Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas, San Salvador, 1969.
4. G. CASTANY, Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas San Salvador, 1963.
5. H.S. WEBER, G. WEISEMANN, Mapa Geológico, Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico Nacional, El Salvador, 1964-1970.
6. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, Ing. Guzmán, Pablo Arnoldo, “Mapa Topográfico”, Ministerio de Obras Públicas, El Salvador, 1985.
7. JOHNSON DIVISION, UOP INC, El Agua Subterránea y los Pozos, Saint Paul, Minnesota 55165, 1975.
8. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, “Manual Técnico de Hidrogeología”, Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador, 1992.

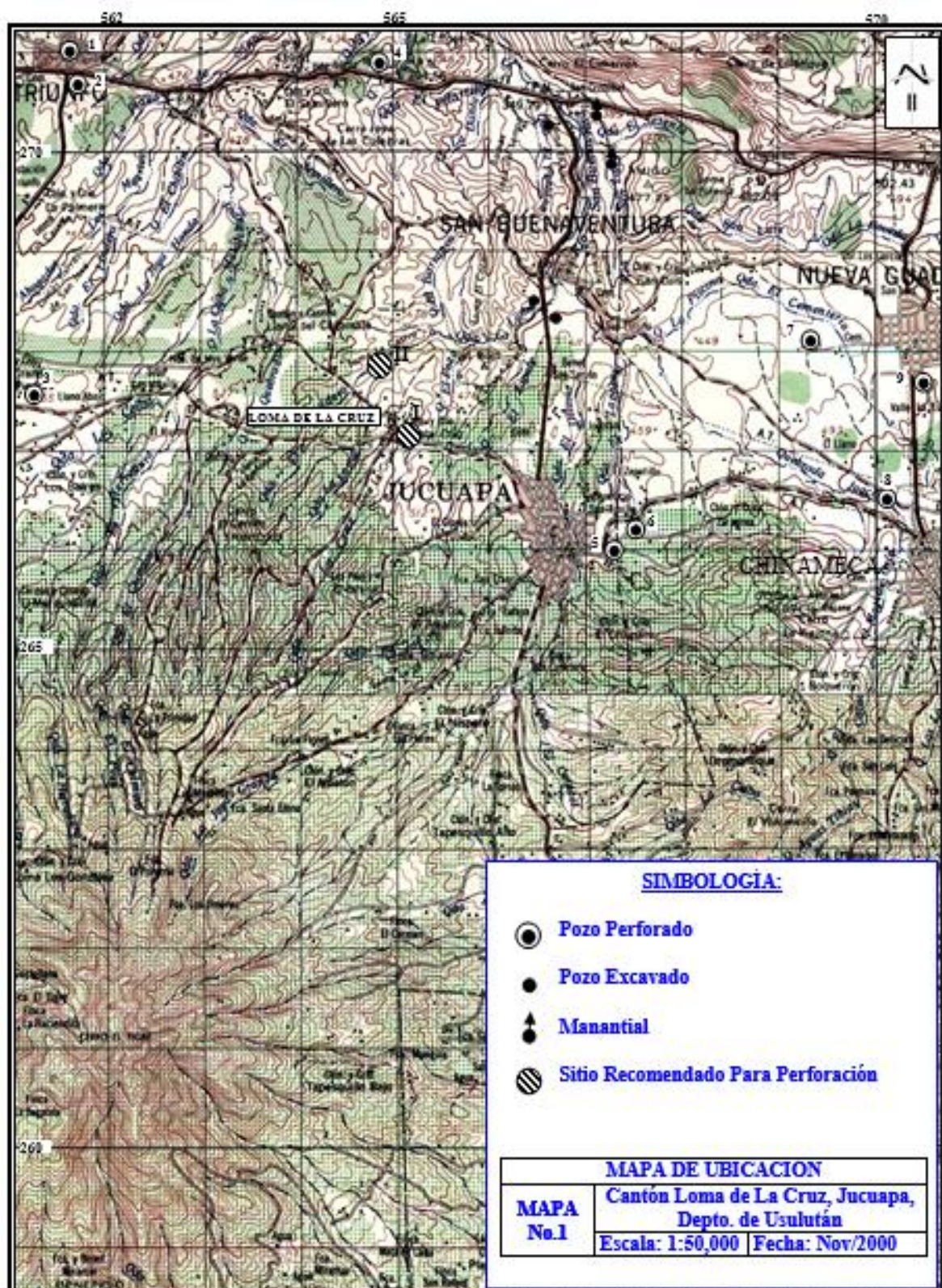
ANEXO #1

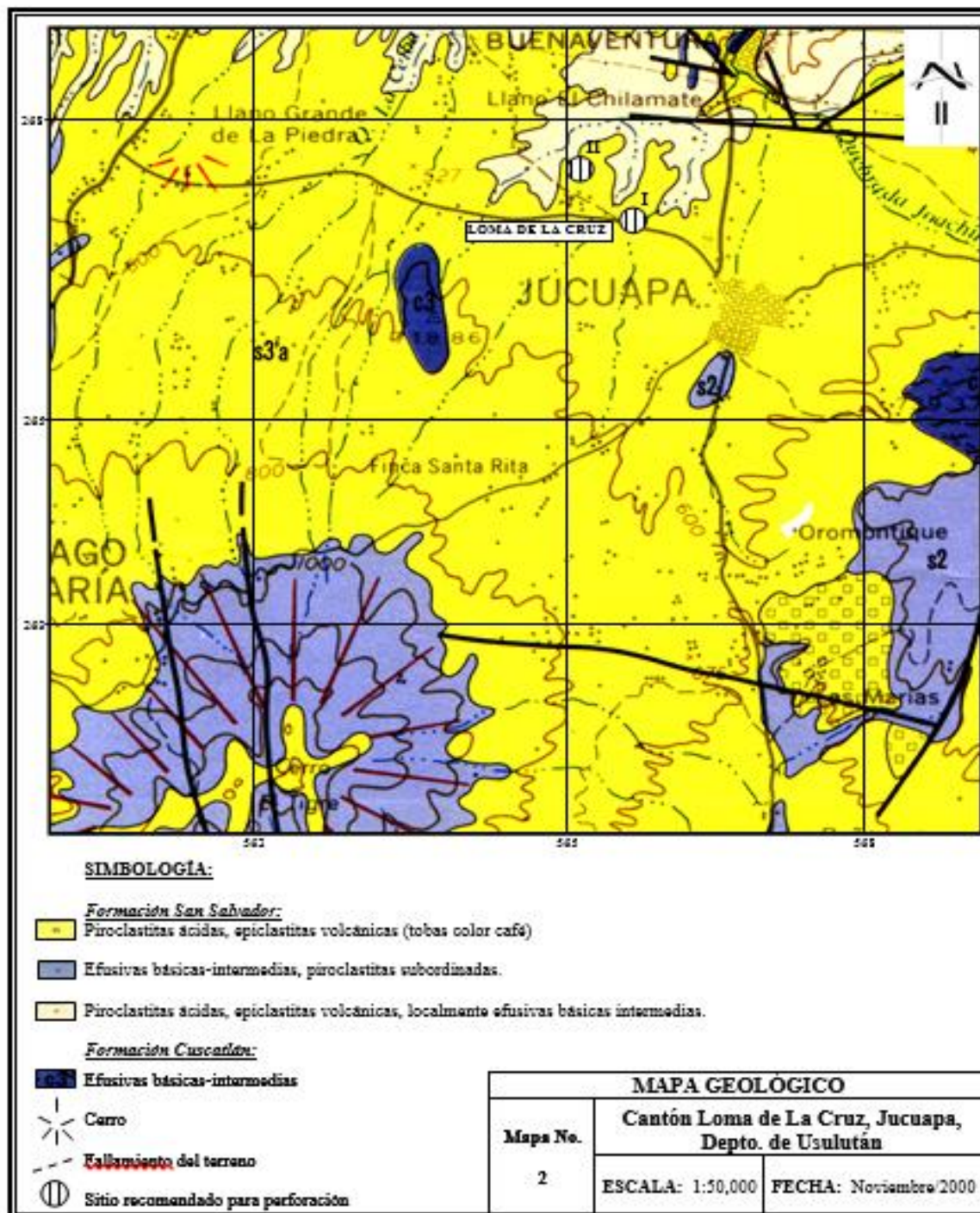
FIGURAS

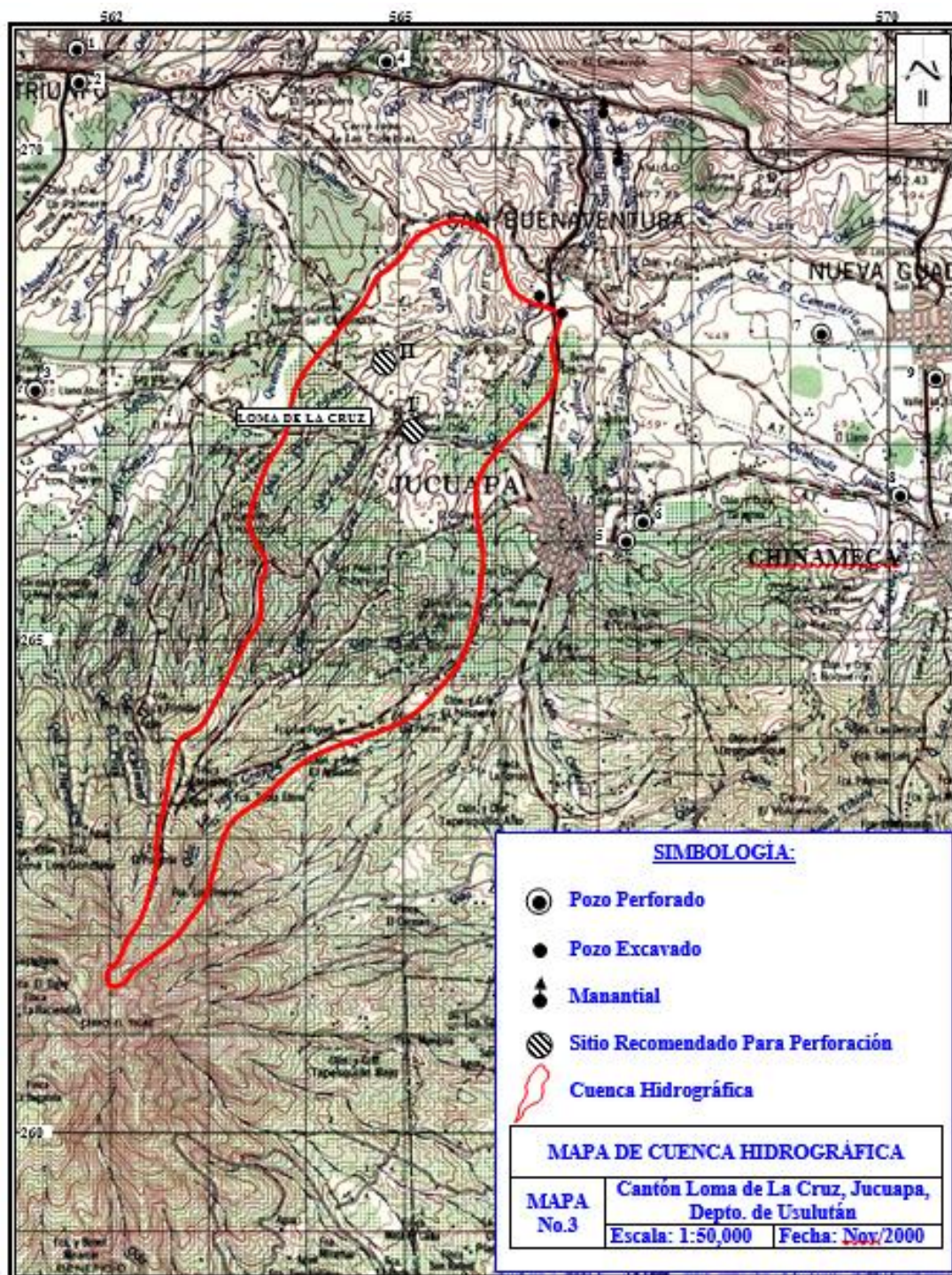


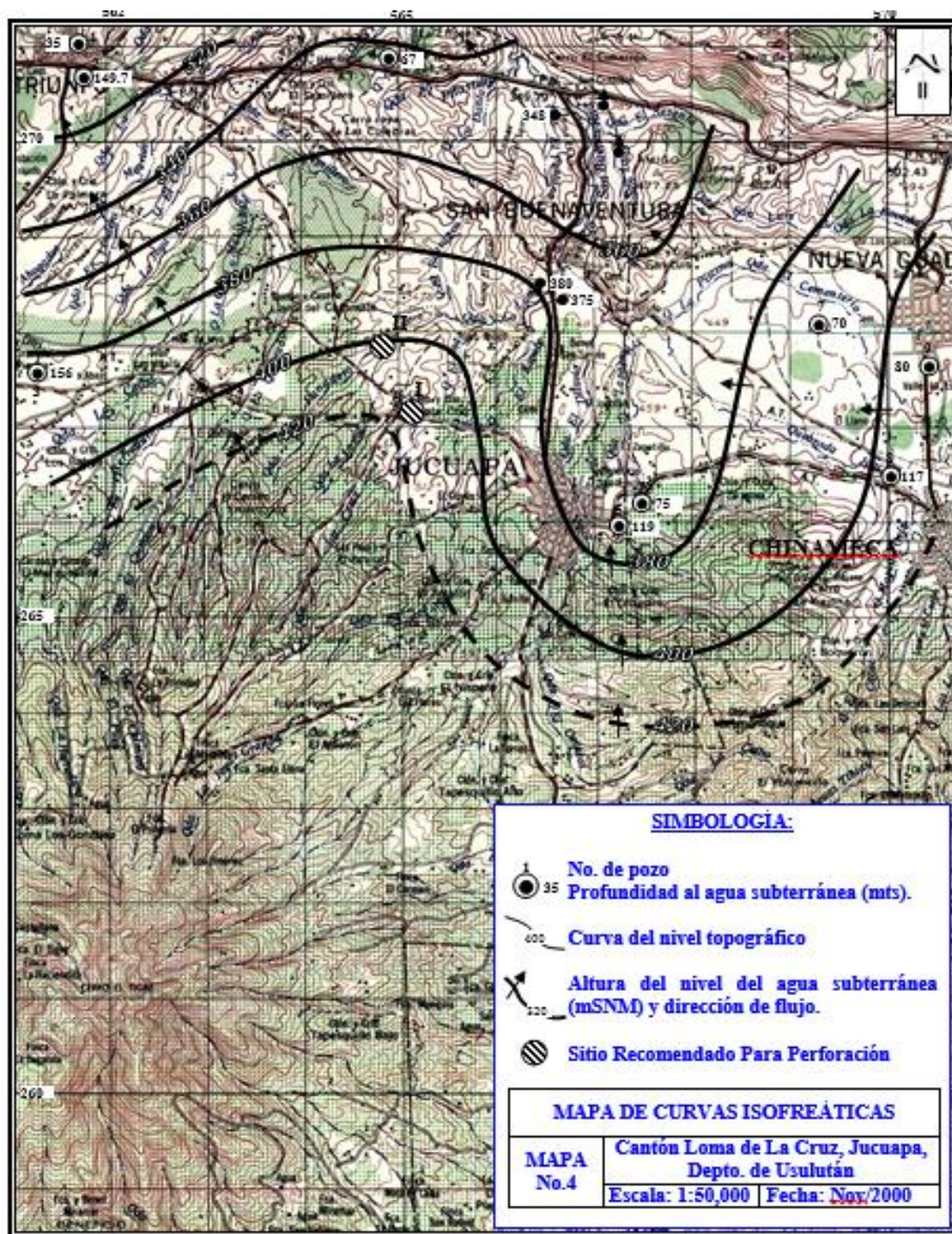
ANEXO #2

MAPAS









ANEXO #3

FOTOS

PLANTA DE BOMBEO LA CRUZ



NOTA:

Lugar de donde se abastece la población de Jucuapa y Cantón Loma de La Cruz.

PLANTA DE BOMBEO EL ZAPOTILLO



1 CANTARERA

Ubicada a la salida del Cantón Loma de La Cruz.



NOTA:

Lugar de donde se abastece parte de la población de Jucuapa, que no cuenta con acometidas (servicio de agua potable) y también pobladores del Cantón Loma de La Cruz, que poseen bueyes y carretas.



2 CANTARERA EN CANTÓN LOMA DE LA CRUZ



NOTA:

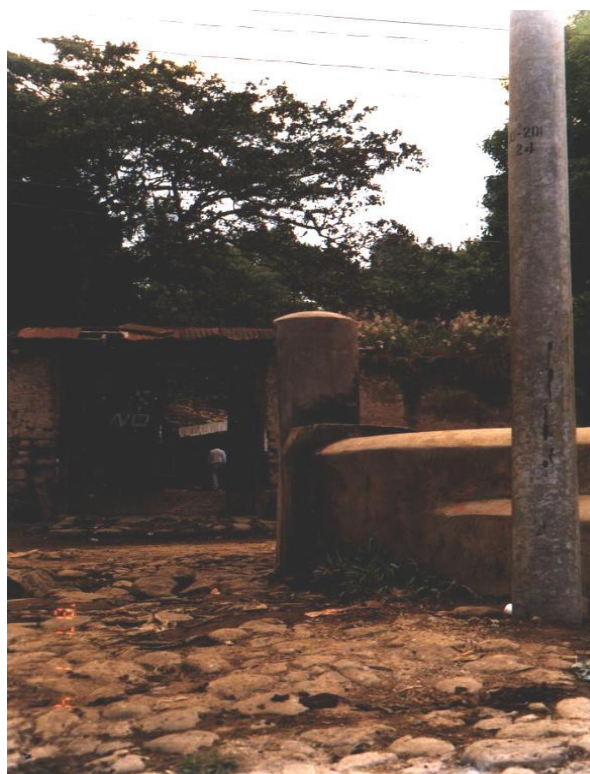
Lugar de donde se abastecen los pobladores del Cantón Loma de La Cruz (en época lluviosa –invierno-).





1.1.1.1 CANTARERA

Abastecimiento de agua del Cantón Loma de La Cruz y parte de la población de Jucuapa que carece del servicio de agua potable. (Epoca Lluviosa – Invierno)



3 CANTARERA EN CANTÓN LOMA DE LA CRUZ

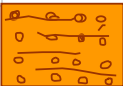
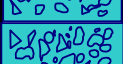
4 (Epoca Seca – Verano)



ANEXO #4

PERFILES GEOLÓGICOS

(Columnas Litológicas)

COLUMNA LITOLÓGICA			
POZO EL SEMILLERO No.1, J/SAN BUENAVENTURA			
DEPTO. DE USULUTÁN			
		0	COLUMNA LITOLÓGICA
		35	Toba Aglomerada
		60	Piroclásticos
		90	Piroclásticos
		160	Piroclásticos
			
		275	Lava
			
			
			
			
			
		355	Lava
			
			
			
		390	Piroclásticos
Nota: cotas en pies.			

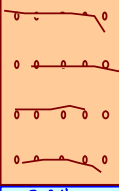
ANÁLISIS Y COLUMNA LITOLÓGICA
POZO EL SEMILLERO No.1, SAN BUENAVENTURA, DEPTO. DE USULUTÁN
NOVIEMBRE DE 1998.

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
0	35	35	TOBA AGLOMERADA. Color café amarillo. Estructura semicompacta y textura arenosa. Está constituida por piroclásticos (piedras y cenizas) de andesita englobadas en una matriz de polvo volcánico; entre 15 y 20' se presenta un horizonte quemado descompuesto a arcilla que separa las dos capas que conforman el estrato. La parte superior de éste puede considerarse como un sedimento aluvial por estar totalmente argilizado. La muestra de perforación consiste de granos subredondeados y angulosos, de superficies meteorizadas y recientes con tamaño de: 0/5', entremezcla de arcilla, limo y arena muy fina; 5/15', arena gruesa, mediana y fina; 15/20', arena fina y mediana con arcilla; 20/35', arena mediana y fina con gruesa y alguna grava fina.
35	60	25	PIROCLÁSTICOS. Color amarillo y gris. Estructura suelta y textura clástica. Consisten en piedras, cenizas y bombas pequeñas de andesita, en diversos tamaños y superficialmente muy meteorizada. La muestra de perforación es de granos subangulosos y angulosos de superficies antiguas alteradas y recientes con tamaño de: 35/40', arena fina a gruesa; 40/50', arena mediana; 50/60', arena fina y mediana.

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
60	90	30	PIROCLÁSTICOS. Color rojizo. Estructura suelta y textura clástica. Están constituidos por piedras, cenizas, bombas y bloques de basalto escoriáceo en variados tamaños. La muestra de perforación es de granos subredondeados, angulosos y redondeados con superficies antiguas y recientes al tamaño correspondiente a: 60/70', arena gruesa y fina; 70/80', arena gruesa con grava fina; 80/90', arena gruesa y mediana.
90	160	70	PIROCLÁSTICOS. Color gris rojizo. Estructura suelta y textura clástica. Consisten en bombas, piedras, cenizas y bloques de tamaños diversos y de andesita porfirítica dispuestos en tres capas separadas por horizontes quemados a: 105 y 125'. La muestra de perforación es de granos subangulosos y angulosos de superficies antiguas y recientes al tamaño de. 90/100', arena mediana y gruesa; 100/110', arena fina con gruesa; 110/130', arena gruesa y fina; 130/140', arena fina a gruesa; 140/160', arena gruesa, mediana y fina.

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
160	275	115	LAVA. Color gris. Estructura diaclasada y textura microcristalina. Consiste en un mato de andesita laminar formado por dos capas separadas por un horizonte quemado de color rojizo, estructura fisurada y textura escoriácea. La muestra de perforación es de granos angulosos con superficies recientes y tamaño de: 160/180', arena fina a gruesa; 180/190', arena fina y mediana; 190/200', arena fina y gruesa; 200/210', arena fina y mediana; 210/220', arena fina; 220/240', arena fina, mediana y alguna gruesa; 240/250', arena fina con mediana; 250/275', arena fina.
275	355	80	LAVA. Color gris oscuro. Estructura diaclasada y textura microcristalina. Consiste en un manto de basalto microclínico dispuesto en tres capas separadas por zonas de cocimiento (horizontes quemados) a 300' y 325'. La muestra de perforación es de granos angulosos con superficies recientes y tamaño correspondiente a: 275/280, arena gruesa y mediana; 280/300', arena fina con gruesa; 300/310', arena fina, gruesa y mediana; 310/320', arena fina; 320/340', arena mediana; 340/355', arena fina y gruesa.

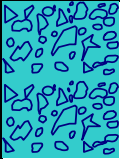
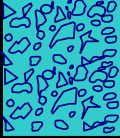
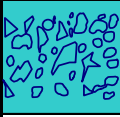
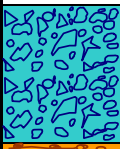
PROFUNDIDAD (PIES)	ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
355 390	35	PIROCLÁSTICOS. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en dos capas de materiales ígneos (piedras, cenizas, bombas y algunos bloques) sueltos de basalto masivo y escoriáceo, separadas por un horizonte quemado a los 370'. La muestra de perforación es de granos angulosos y subangulosos con superficies recientes y meteorizadas al tamaño de: 355/360', arena fina a gruesa; 360/370', arena gruesa con grava fina; 370/380, arena gruesa a fina; 380/390', arena gruesa.

COLUMNA LITOLÓGICA			
POZO EL ZAPOTILLO, JUCUAPA			
DEPTO. DE USULUTÁN			
		0	COLUMNA LITOLÓGICA
		30	Sedimento Aluvional
		110	Toba Lítica
		190	Sedimento Aluvional
		320	Zona Arcillosa
		360	Sedimento Aluvional
		420	Zona Arcillosa
		440	Sedimento Aluvional
Nota: Cotas en pies.			

COLUMNA Y DISEÑO LITOLÓGICO
POZO EL ZAPOTILLO, JUCUAPA, DEPTO. DE USulután

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
0	30	30	SEDIMENTO ALUVIONAL: Color gris. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en arena y grava fina con un porcentaje mínimo de pómez. La muestra de perforación es un grano redondeado con superficies media y meteorizadas del grupo metamórfico con tamaño correspondiente a arena y grava fina.
30	110	80	TOBA LÍTICA: Color amarillo. Estructura suelta y textura arenosa limosa. Consiste en una mezcla de cenizas finas de pómez en la parte media un 15% de arena y grava fina y en la parte baja un 30% de arcilla poco consolidada. La muestra de perforación es de un grano redondeado y anguloso correspondiente a arena y limos.
110	190	80	SEDIMENTO ALUVIONAL: Color gris. Estructura semicompacta y textura clástica. Consiste en arena y grava fina en la parte media un 15% de piedra fracturada y en la parte baja arena muy fina con arcilla con poco transporte. La muestra de perforación es un grano anguloso con superficies medias, con tamaño correspondiente a arena y grava fina de épocas antiguas.

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
190	320	130	ZONA ARCILLOSA: Estructura semicompacta y textura elástica. Consiste en un barro grueso en la parte baja un 20% de arena fina incrustada. La muestra de perforación es un barro grueso elástico con un porcentaje mínimo de arena fina con superficies medianas con una permeabilidad media a baja.
320	360	40	SEDIMENTO ALUVIONAL: Estructura suelta y textura clástica. Consiste en arena fina y en la parte alta un 15% de arcilla con una permeabilidad media. La muestra es un grano anguloso con superficies recientes con tamaño que corresponde de arena.
360	420	60	ZONA ARCILLOSA: Estructura semicompacta y textura elástica. Consiste en un barro grueso con una permeabilidad baja. La muestra es un barro grueso compacto de épocas antiguas.
420	440	20	SEDIMENTO ALUVIONAL: Color gris. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en arena fina con un porcentaje mínimo de felpatoides con una permeabilidad alta. La muestra de perforación es un grano redondeado con tamaño que corresponde de arena fina con poco transporte.

COLUMNA LITOLÓGICA			
POZO No.2 VILLA EL TRIUNFO			
DEPTO. DE USULUTÁN			
		0	COLUMNA LITOLÓGICA
		5	Sedimento Aluvional Eluvial
		70	Toba Aglomerada
		140	Piroclásticos
		180	Toba Aglomerada
		240	Piroclásticos
		290	Piroclásticos
		380	Lava Basáltica
		440	Piroclásticos
		460	Toba Aglomerada
		550	Piroclásticos
Nota: cotas en pies.			

ANÁLISIS Y COLUMNA LITOLÓGICA
POZO No.2 VILLA EL TRIUNFO, DEPTO. DE USULUTÁN
JUNIO DE 1991.

PROFUNDIDAD (PIES)	ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
0 5	5	SEDIMENTO ALUVIONAL ELUVIAL (ARCILLA). Color café oscuro. Estructura plástica y textura areno-arcillosa. Consisten en una capa de descomposición de materia orgánica. La muestra de perforación está representada por una mezcla de arcilla, limos y arenas.
5 70	65	TOBA AGLOMERADA. Color café oscuro. Estructura semicompacta y textura areno-terrosa. Consiste en piedra y cenizas de basalto y andesita, cementadas por una matriz de ceniza media y polvo volcánico. La muestra de perforación está representada por granos subredondeados y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, con los tamaños de arena gruesa a media con alguna fina.

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
70	140	70	PIROCLASTICOS. Colores claros predominando el gris. Estructura suelta y textura clásica. Consiste en piedras medianas a pequeñas y cenizas de basalto, andesita, etc. La muestra de perforación está formada por granos subredondeados, angulosos y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, con tamaños de: Arena gruesa a media (70' – 90') Grava fina con arena media (90' – 110') Arena gruesa a media con fina (110' – 140')
140	180	40	TOBA AGLOMERADA. Color café y gris oscuro. Estructura semicompacta y textura areno-terrosa. Consiste en piedras y cenizas de andesita y basalto, cementadas por una matriz de ceniza media y polvo volcánico. La muestra de perforación es un grano subredondeado y subanguloso, de superficies antiguas y recientes, con tamaños de: Grava gruesa a media (140' – 150') Grava media con alguna fina y arena fina a media (150' – 170') Grava fina con arena media y fina (170' – 180')

PROFUNDIDAD (PIES)		ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
180	240	60	PIROCLASTICOS. Color gris oscuro. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en piedras y cenizas de andesita y basalto. La muestra de perforación está constituida por granos subredondeados y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, a los tamaños correspondientes de: Grava fina a fina (180' – 200') Grava gruesa y media (200' – 240').
240	290	50	PIROCLASTICOS. Color gris oscuro. Estructura suelta y textura clástica. Consisten en piedra y ceniza gruesa de andesita y basalto. La muestra de perforación está formada por granos subredondeados y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, a los tamaños correspondientes a: Grava gruesa con media y poca arena gruesa.

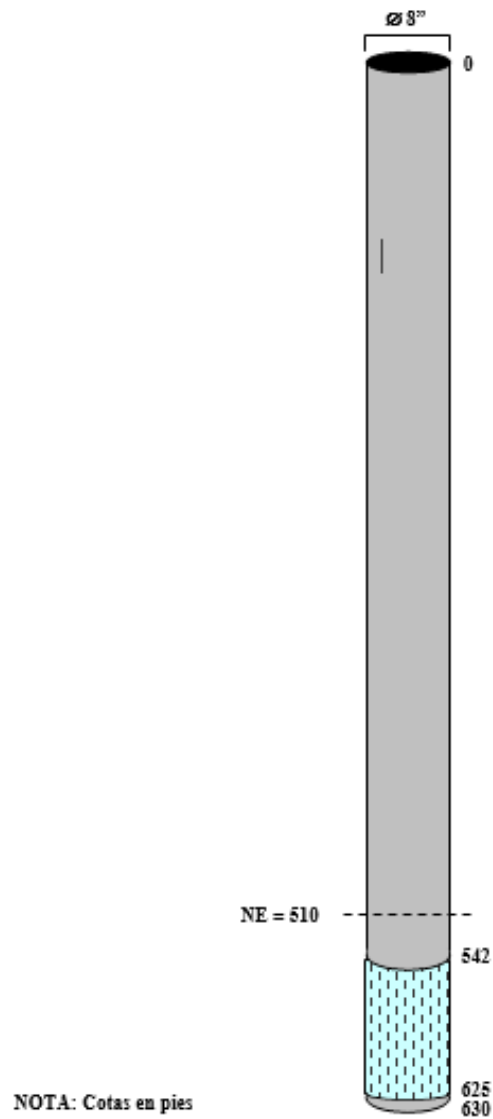
PROFUNDIDAD (PIES)	ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
290 380	90	LAVA (BASALTICA). Color gris oscuro. Estructura compacta y textura porfirítica. Consisten en una capa de basalto, cuya parte central es más compacta que sus zona superior e inferior, presentando grietas en todo su espesor. La muestra de perforación está formada por granos angulosos, de superficies recientes, a los tamaños correspondientes a: Grava gruesa y media (290' – 320') Arena media y fina (320' – 330') Grava media y fina con poca arena gruesa (330' – 360') Arena media y fina con alguna gruesa (360' – 380').
380 440	60	PIROCLÁSTICOS. Color gris oscuro. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en piedras y cenizas de andesita y basalto. La muestra de perforación está representada por granos subredondeados y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, a los tamaños de: Grava fina con arena media (380' – 400') Arena gruesa con media (400' – 420') Arena gruesa y grava fina (420' – 440')

PROFUNDIDAD (PIES)	ESPESOR (PIES)	DESCRIPCIÓN
440 460	20	TOBA AGLOMERADA. Colores claros predominando el café y el gris. Estructura semicompacta y textura areno-terrosa. Consisten en piedras y cenizas de andesita y basalto, cementadas por una matriz de ceniza y polvo volcánico. La muestra de perforación está representada por granos subangulosos, subredondeados y angulosos, de superficies antiguas y recientes, a los tamaños de: Arena gruesa con media y fina.
460 550	60	PIROCLASTICOS. Color gris oscuro. Estructura suelta y textura clástica. Consiste en piedras y cenizas de basalto. La muestra de perforación está formada por granos subredondeados y subangulosos, de superficies antiguas y recientes, a los tamaños de: Grava fina con arena gruesa (460' – 490') Arena gruesa con media (490' – 520') Grava gruesa con media y arena media con fina (520' – 550')

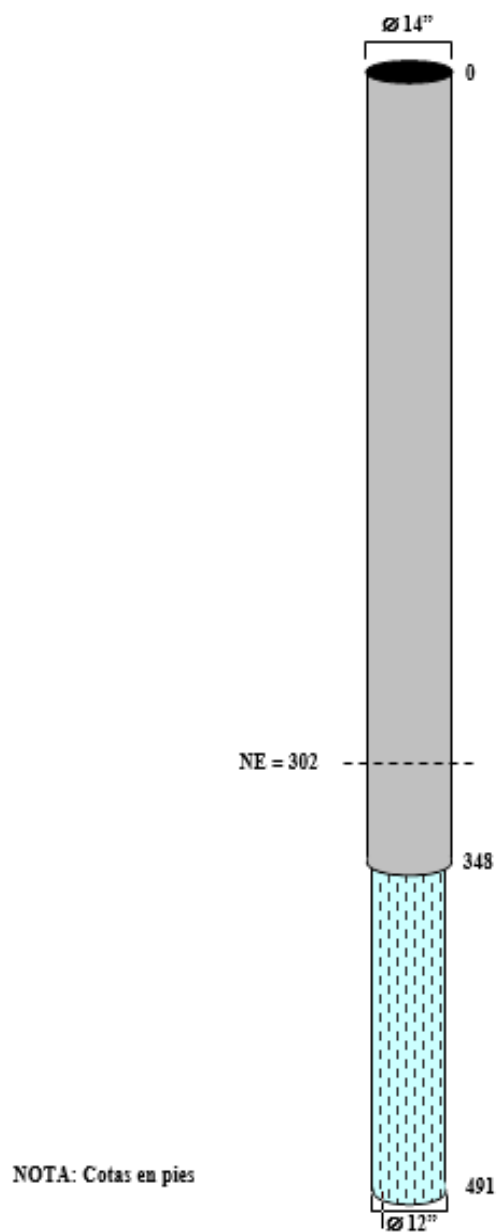
ANEXO #5

DISEÑO DE POZOS

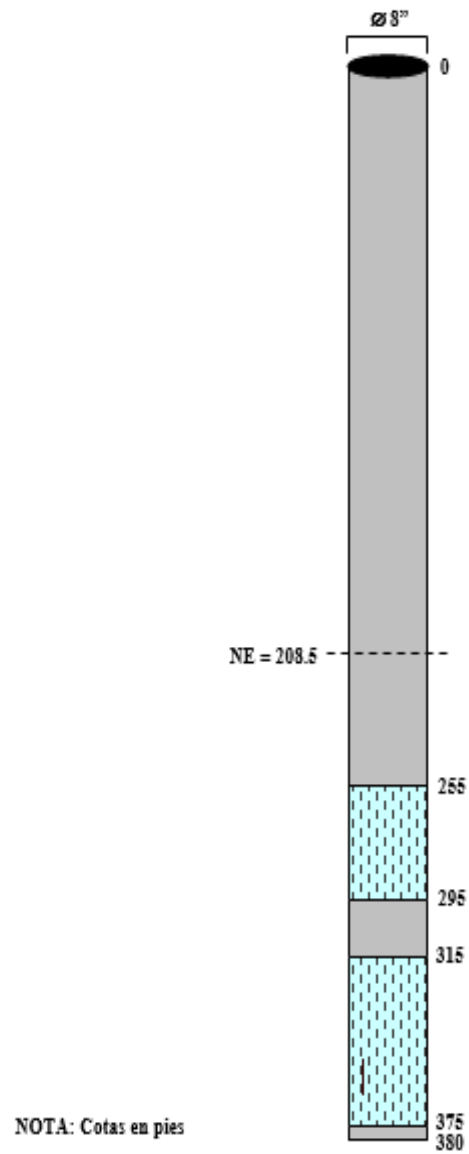
DISEÑO DE POZO
POZO No.1, CANTÓN LLANO GRANDE,
J/JUCUAPA, DEPARTAMENTO DE USULUTÁN



DISEÑO DE POZO
POZO N^o.2, VILLA EL TRIUNFO
DEPARTAMENTO DE USULUTÁN



DISEÑO DE POZO
EL SEMILLERO #1, SAN BUENAVENTURA
DEPARTAMENTO DE USULUTÁN



ANEXO #6

CALIDAD DEL AGUA

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

TIPO DE MUESTRA: Agua Clorada

FECHA DE MUESTREO: 14/03/2000

HORA: 4:15 P.M.

PROCEDENCIA: Pozo perforado en Jucuapa

LUGAR DE LA TOMA DE MUESTRA: Cantón Loma de La Cruz

ANÁLISIS	RESULTADO	EXPRESADO COMO UNIDADES
Ph	7.4	-
Color	0	-
Turbiedad	2	Mg/l
Sólidos suspendidos	5	Mg/l
NO3	4.3	Mg/l
NO2	0.010	Mg/l
Conductividad	376	μs/cm
Temperatura	25.7	°C
Alcalinidad	126	Mg/l
Dureza Total	154	Mg/l
Dureza Cálrica	104	Mg/l
Cloruros	50	Mg/l
Bióxido de carbono	19.356	Mg/l
Magnesio	50	Mg/l
Dureza Carbonática	126	Mg/l
Indice Longelir (I.L)	0.067	-

CONCLUSIÓN:

El agua es corrosiva pero aceptable para el consumo humano, en vista que se encuentra en el intervalo de aceptación.