



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS
ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS
PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO,
SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

Luis Eduardo Barales Cabrera

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, abril de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS
ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS
PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO,
SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de noviembre de 2018.



Luis Eduardo Barales Cabrera



Guatemala, 04 de marzo de 2020
Ref.EPS.DOC.207.03.2020

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Eduardo Barales Cabrera, Registro Académico 200715090 y CUI 2612 84924 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Silvio Rodríguez Serrano
Unidad de EPS
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería

c.c. Archivo
SJRS/ra



Guatemala, 23 de julio de 2,020

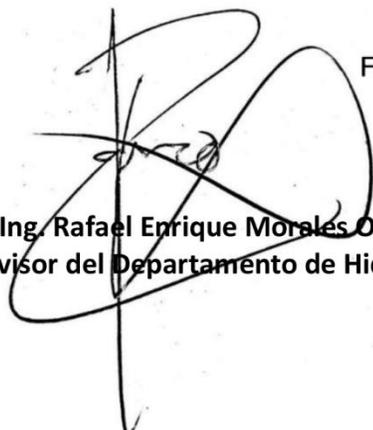
Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil c **Luis Eduardo Barales Cabrera**, CUI 2612 84924 0101, Registro Académico 2007 15090, quién contó con la asesoría de la **ING. Silvio José Rodríguez Serrano**, Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

/mrrm.





Guatemala, 19 de agosto de 2020
REF.EPS. D.19.08.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Eduardo Barales Cabrera**, CUI 2612 84924 0101 y **Registro Académico 200715090**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH

Nota: esta carta es una copia de la original, la cual se sustituirá por la original al momento de que se normalicen las actividades en la Universidad.



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

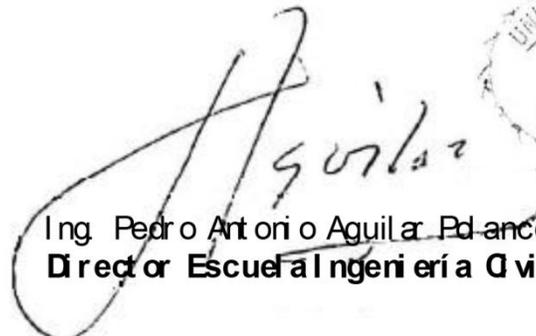
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 27 de agosto de 2020
 DE G-TG-EPS-007-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer los dictámenes del Asesor-Supervisor de EPS, Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano, del Director Unidad de EPS, Ingeniero Oscar Argueta Hernández y del revisor del Departamento de Hidráulica Ingeniero Rafael Enrique Morales Ochoa al trabajo de graduación correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante Luis Eduardo Bardes Cabrera, **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA FINULA Y ANÁLISIS FIZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCÓ, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA FINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS


 Ing. Pedro Antonio Aguilar Palanco
 Director Escuela Ingeniería Civil



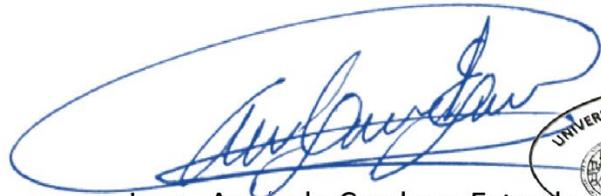
Interesado
 Asesor-Supervisor de EPS
 Director Unidad EPS
 Jefe del Departamento de Hidráulica



DTG. 168.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES DE LA ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA LOS MUNICIPIOS DE AMATITLÁN, MIXCO, SAN MIGUEL PETAPA, SANTA CATARINA PINULA, VILLA CANALES Y VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Eduardo Barales Cabrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, abril de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante guía en mi carrera profesional, y un soporte en mi vida personal.
Mis padres	Luis Alfredo Barales Dávila y Sara Gricelda Cabrera Sánchez de Barales, por su apoyo y amor incondicional.
Mi abuela	María Elena Barales Dávila (q. e. p. d.), por ser una importante influencia en mi vida.
Mis hermanos	Sara L. y Carlos A. Barales Cabrera.
Mi tío	Cesar Adolfo Barales Dávila, por ser una importante influencia en mi vida.
Mi madrina	Gladis Esperanza Hernández de Barales, por ser una importante influencia y ejemplo en mi vida.
Mis primos	Pablo y Rosa Barales.
Mi sobrina	Emilia Hernández.
Amigos de la familia	Don Pablo Hernández y Doña Elena de Hernández y familia.

Amigos de la familia

Adolfo Reyes, Elva Hernández de Reyes y familia.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi segundo hogar y por formarme como profesional en mi carrera.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos necesarios para convertirme en un profesional.

**Ing. Silvio José
Rodríguez Serrano**

Por ser un guía en mi etapa de EPS.

**Mancomunidad Gran
Ciudad del Sur (MGCS)**

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de EPS, en el diseño de drenaje sanitario.

**Fundación para la
Conservación del
Agua en la Región
Metropolitana de
Guatemala
(FUNCAGUA)**

Dra. María José Iturbide e Inga. Nadya Recinos, por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de EPS, en el ámbito de la investigación comparativa del agua subterránea.

**Mis amigos en la
Escuela de
Ingeniería Civil**

Andrea Gutiérrez, Astrid Vásquez, Diana Escobedo, Katherine Cienfuegos, Rudy Fuentes, Daniel Chacón, Jorge Coronado, Herbert López, Eduardo Mazariegos, Jairo Sáenz, Juan Diego Lacayo, Héctor Alvarado, Oscar Vargas, Roberto Sosa y Walter Juarez,

por acompañarme en mi formación académica
y compartir buenos y malos momentos en mi
vida personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SIMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula.....	1
1.1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.1.2. Localización y ubicación	2
1.1.3. Población.....	3
1.1.4. Clima e hidrografía	3
1.1.5. Vías de acceso	4
1.1.6. Servicios públicos	5
1.1.6.1. Agua potable.....	5
1.1.6.2. Servicios sanitarios y drenaje pluvial	5
1.2. Monografía de los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva (MGCS).....	6
1.2.1. Antecedentes históricos.....	6
1.2.2. Localización y ubicación	6
1.2.3. Vías de acceso	7
1.2.4. Servicios públicos	8
1.2.4.1. Agua potable.....	8

1.2.4.2.	Estudios de pozos de agua para consumo humano realizados con anterioridad	9
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado para las colonias El Carmen y Las Ilusiones del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Levantamiento topográfico	12
2.1.2.1.	Planimetría	13
2.1.2.2.	Altimetría	13
2.1.3.	Componentes de un sistema de alcantarillado.....	13
2.1.3.1.	Conexiones domiciliarias.....	13
2.1.3.2.	Colectores	14
2.1.3.3.	Pozos de visita	14
2.1.4.	Diseño del sistema	15
2.1.4.1.	Periodo de diseño	16
2.1.4.2.	Población de diseño	16
2.1.4.3.	Dotación	16
2.1.4.4.	Factor de retorno.....	17
2.1.5.	Determinación de caudales de diseño	17
2.1.5.1.	Caudal domiciliar	17
2.1.5.2.	Caudal comercial.....	18
2.1.5.3.	Caudal industrial.....	18
2.1.5.4.	Caudal de conexiones ilícitas	18
2.1.5.5.	Caudal de infiltración	19
2.1.5.6.	Caudal sanitario	19
2.1.5.7.	Actor de caudal medio.....	19

	2.1.5.8.	Factor de Harmond.....	20
	2.1.5.9.	Caudal de diseño.....	21
	2.1.5.10.	Relaciones hidráulicas.....	21
2.1.6.		Cotas invert.....	21
2.1.7.		Calculo hidráulico	22
2.1.8.		Propuesta de zona para el tratamiento	29
2.1.9.		Presupuesto del proyecto	30
2.1.10.		Cronograma de ejecución.....	30
2.1.11.		Evaluación ambiental.....	31
2.2.		Georreferenciación y análisis piezométrico de los pozos de agua en los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva....	32
2.2.1.		Descripción teórica	32
	2.2.1.1.	Digitalización.....	32
	2.2.1.2.	Georreferenciación	33
	2.2.1.3.	Coordenadas geográficas.....	33
	2.2.1.4.	Coordenadas GTM (Guatemala Transversal Mercator).....	34
	2.2.1.5.	Sistemas de información geográfica (SIG)	34
	2.2.1.5.1.	QGIS	34
	2.2.1.6.	Estructura de datos SIG	35
	2.2.1.6.1.	Formato vector	35
	2.2.1.6.2.	Formato ráster	36
	2.2.1.7.	Georreferenciación de los pozos de agua para consumo humano	36
	2.2.1.8.	Descripción general de los pozos de agua para consumo humano	36

2.2.1.9.	Definición de superficie de terreno y profundidad de los pozos de agua para consumo humano en perfil	37
2.2.1.10.	Aguas subterráneas	37
2.2.1.11.	Nivel estático	37
2.2.1.12.	Nivel dinámico	38
2.2.1.13.	Piezómetro	38
2.2.1.14.	Requerimientos, equipo y proceso para la obtención de niveles estáticos y dinámicos de los pozos	39
2.2.1.14.1.	Requerimientos	39
2.2.1.14.2.	Equipo	40
2.2.1.14.3.	Proceso	40
2.2.2.	Levantamiento de información para la creación de la base de datos	41
2.2.2.1.	Elaboración de mapas para visitas de campo.....	41
2.2.2.2.	Visitas de campo	41
2.2.3.	Digitalización de información obtenida en campo para colocarla en un sistema de información geográfico.....	42
2.2.3.1.	Traslado de información análoga a formato digital.....	42
2.2.3.1.1.	Dibujar geometrías en QGIS: puntos y líneas ...	43
2.2.3.1.2.	Generación de archivos tipo ráster y vectoriales	43

2.2.3.1.3.	Generación de perfiles para análisis piezométricos	44
2.2.3.1.4.	Generación de redes de flujo (curvas equipotenciales y líneas de flujo)	44
2.2.3.2.	Análisis comparativo histórico entre curvas equipotenciales y líneas de flujo de los niveles dinámicos y estáticos de pozos de agua para consumo humano en los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva.....	47
2.2.3.3.	Análisis comparativo histórico entre niveles dinámicos y estáticos de pozos de agua para consumo humano en los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva.....	54
2.2.3.4.	Diseño y ubicación de pozos para infiltración de agua al subsuelo.....	55
2.2.3.5.	Plan de mantenimiento a pozos de agua para consumo humano	61

CONCLUSIONES..... 71
RECOMENDACIONES 73
BIBLIOGRAFÍA..... 75
APÉNDICES..... 79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de las colonias La Arboleda y Las Ilusiones.....	2
2.	Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula dentro del departamento de Guatemala.....	3
3.	Ubicación de los municipios de MGCS	7
4.	Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en las colonias La Arboleda y Las Ilusiones	30
5.	Esquema general de un pozo	39
6.	Diagrama de redes de flujo de agua subterránea	46
7.	Red de flujo del nivel estático de pozos en 1978	48
8.	Red de flujo del nivel estático de pozos en 2018 (época seca).....	51
9.	Red de flujo del nivel dinámico de pozos en 2018 (época seca).....	53
10.	Perfil de municipios de Mixco, Villa Nueva y Amatitlán	55
11.	Vista en planta de instalación de pozo de infiltración de agua pluvial ..	57
12.	Vista en sección de pozo de infiltración	58
13.	Instalación final de pozo de infiltración de agua pluvial.....	59
14.	Ubicación de pozos de infiltración de agua pluvial	60

TABLAS

I.	Cronograma de ejecución de proyecto de drenaje sanitario	31
II.	Productos químicos desincrustantes.....	63
III.	Dosis de químico para desinfección.....	66
IV.	Frecuencia y responsables de las actividades de mantenimiento.....	68

V. Cronograma de actividades69

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
A tubo	Área del tubo
Q SecLlena	Caudal a sección llena
Q	Caudal a sección parcialmente llena
Q dis	Caudal de diseño
Q dom	Caudal domiciliar
Q com	Caudal commercial
Q med	Caudal medio
Cm	Centímetro
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
CTi	Cota de terreno inicial
CTf	Cota de terreno final
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
f QMedop	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
f.r.	Factor de retorno
lt/hab/día	Litros por habitante por día
lt/s	Litros por segundo
M	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metro cubico por unidad de segundo
m/s	Metro por unidad de segundo

No. Hab	Número de habitantes
S	Pendiente
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
P	Población
P f	Población final
P o	Población inicial
PVC	Policloruro de vinilo
%	Porcentaje
R	Porcentaje de crecimiento poblacional
H pozo	Profundidad del pozo de visita
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
VPN	Valor presente neto
TIR	Tasa interna de retorno
T	Tiempo en años

GLOSARIO

Agua pluvial	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
Agua residual	Agua que está contaminada con sustancias fecales, orina y habones, procedentes de desechos orgánicos y animales.
Agua subterránea	Es el agua que se encuentra en las grietas del subsuelo, y forma un manto acuífero.
AutoCAD	Software de diseño, dibujo modelado arquitectónico e ingeniería en 2d y 3d.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas residuales desde el interior de la vivienda hasta el frente de esta, donde se encuentra la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.

Curvas equipotenciales	Son líneas que unen puntos con igual potencial hidráulico y, por lo tanto, representan la altitud de la superficie freática del agua.
Densidad de vivienda	Relación que existe entre el número de habitantes por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se desfogan las aguas residuales proveniente de un colector, las cuales pueden estar cruzadas o tratadas.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes de una población por servir.
Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
Factor de Manning	Ecuación utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de ser utilizada va al sistema de drenaje sanitario.
Factor de rugosidad	Factor que expresa que tal lisa o rugosa es una superficie.

Fondo de los pozos	Indica la profundidad a la que esta perforado un pozo.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Líneas de flujo	Son líneas perpendiculares a las curvas equipotenciales.
MGCS	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.
Nivel dinámico	Es el nivel al que se encuentra el agua, cuando se mide su profundidad y la bomba y el motor se encuentran encendidos.
Nivel estático	Es el nivel al que se encuentra el agua, cuando se mide su profundidad y la bomba y el motor se encuentran apagados.
Niveles piezométricos	Son los niveles de profundidad a del agua subterránea.
Periodo de diseño	Período de tiempo en el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
QGIS	Software basado en sistemas de información geográfica.

Superficie del terreno Representa la forma superficial del terreno natural.

Tirante Altura de las aguas residuales y pluviales dentro de un drenaje.

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta para el diseño del sistema de drenaje sanitario para las colonias La Arboleda y Las Ilusiones, de la aldea El Carmen del municipio de Santa Catarina Pinula con el propósito de mejorar las condiciones sanitarias y la calidad de vida de la población.

En el primer capítulo se presenta la fase de investigación donde se describen los aspectos monográficos y de carácter socioeconómico del municipio de Santa Catarina Pinula.

También se muestra la dinámica que han sufrido los niveles piezométricos de la zona monitoreada en los pozos de agua para consumo humano de la MGCS, que comprende los municipios de Amatitlán, Mixco, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Villa Canales y Villa Nueva, y cómo se ha comportado el flujo del agua subterránea en los últimos cuarenta años. Adicionalmente se presenta un análisis general, de la situación el agua subterránea para los municipios, con lo cual se tendrá informatización necesaria para debatir aspectos del manejo integral del recurso en un pan general.

Se muestra también la ubicación ideal para la instalación de pozos de infiltración de agua pluvial, tomando en consideración que en los últimos cuarenta años ha habido un descenso del nivel del agua subterránea, que se explota y se distribuye a la población. Es por ello que, con el aumento de la población, se ha incrementado la demanda del recurso y áreas que antes infiltraban agua al subsuelo ahora son áreas urbanizadas impermeables, en donde se hace necesaria la construcción de pozos de infiltración.

Dentro del funcionamiento integral de los pozos de agua para consumo humano, también es de vital utilidad tener un plan para el mantenimiento preventivo de estos, para minimizar los costos de un mantenimiento correctivo. El plan que se presenta en este informe detalla las actividades por realizar en el pozo, los químicos por utilizar para limpiar zonas del pozo y la frecuencia con que se debe realizar el mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Diseño de drenaje sanitario para las colonias La Arboleda y Las Ilusiones de la aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula y Análisis piezométrico de pozos de agua para los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva, Guatemala.

Específicos

1. Realizar una monografía completa del lugar donde se realizó el diseño de alcantarillado sanitario.
2. Realizar una monografía completa de los municipios donde se realizó el monitoreo de niveles piezométricos.
3. Comparar los registros históricos entre los niveles piezométricos de agua subterránea contra los registros obtenidos del monitoreo en época seca de 2018.
4. Determinar zonas de recarga hídrica para los mantos acuíferos.
5. Desarrollar una campaña de capacitación para informar a técnicos y profesionales del estado actual del agua subterránea.
6. Presentar un plan de mantenimiento a los pozos.

INTRODUCCIÓN

Los habitantes de la aldea El Carmen, específicamente en la colonia La Arboleda Sector Sur V zona 10 y la colonia Las Ilusiones, cuentan en la actualidad con calles pavimentadas y también con una red de drenaje sanitario, que no se encuentra en uso ya que no tiene un lugar adecuado donde pueda desfogar y ser tratada. Debido a esto las aguas residuales corren sobre las calles del lugar.

También es de vital importancia entender que debido a esta condición la población es más propensa a problemas de salud y se hace daño al medio ambiente. Por ello se desea realizar una nueva red de drenaje sanitario en el lugar, la cual tendrá una longitud aproximadamente de 2,00 kilómetros de longitud y el agua será conducida hacia una PTAR en donde recibirá un tratamiento adecuado para que después pueda regresar al medio ambiente.

Los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva pertenecen al departamento de Guatemala y se ubican en el sector sur del mismo. Dichas municipalidades cuentan con información incompleta de la ubicación, funcionamiento, materiales, profundidad, mantenimiento, infiltración de agua en el suelo, año de construcción y medición de niveles tanto estáticos como dinámicos de los pozos de agua para consumo humano.

Debido a los problemas que tienen los municipios con el suministro continuo de los servicios de agua, se tiene la hipótesis de que esto es causado por la baja capacidad de infiltración del agua al subsuelo, en ese sentido es de

vital importancia recopilar toda la información disponible para conocer los niveles estáticos y dinámicos de los pozos para así determinar la zonas de recarga hídrica en donde se puedan construir pozos de infiltración.

Muchos de los problemas que presentan los pozos de agua para consumo humano son por falta de mantenimiento y de ahí surge la necesidad de crear planes de mantenimiento para los pozos. Por la problemática anterior surge la necesidad de crear un análisis comparativo de los niveles estáticos, dinámicos y los registros históricos del agua subterránea en el área sur del departamento de Guatemala.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Desarrollar una investigación implica la realización de una serie de etapas que llevan una secuencia lógica. No se debe omitir, ni alterar su orden, pues se corre el riesgo de que los resultados de la investigación no sean válidos y confiables.

1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula

Dentro de la monografía se realizará un estudio detallado sobre varios aspectos relacionados a un tema en concreto. En este caso nos enfocaremos en las condiciones del municipio de Santa Catarina Pinula.

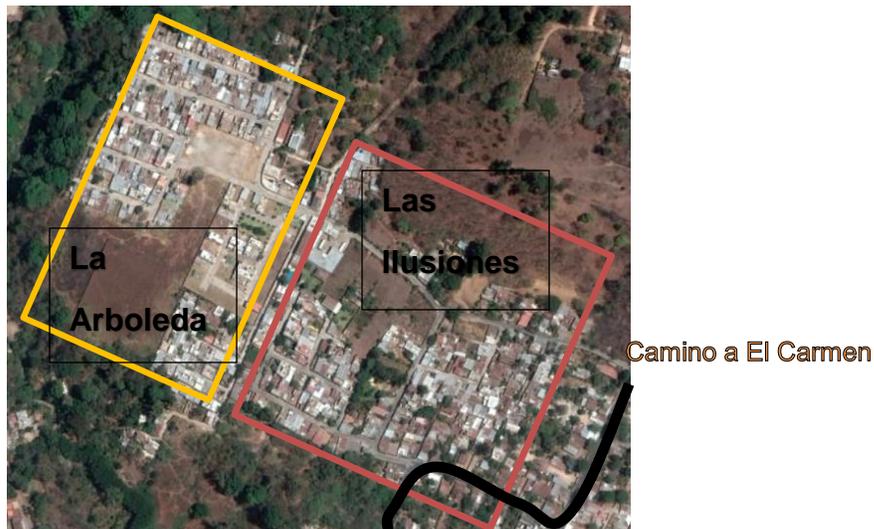
1.1.1. Antecedentes históricos

Santa Catarina Pinula, es uno de los seis municipios del departamento de Guatemala que trabaja en conjunto con otros por medio de la institución MGCS. Su historia se remonta desde la época prehispánica, cuando los indígenas de aquel momento fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola. El Pueblo debe su nombre a la lengua indiana llamada Pancac, cuyo significado etimológico es Pan que significa dentro o entre y Cac que tiene tres significados, Fuego, Nigua, y Guayaba. Una suposición es que tiene por significado Entre Guayabas.

1.1.2. Localización y ubicación

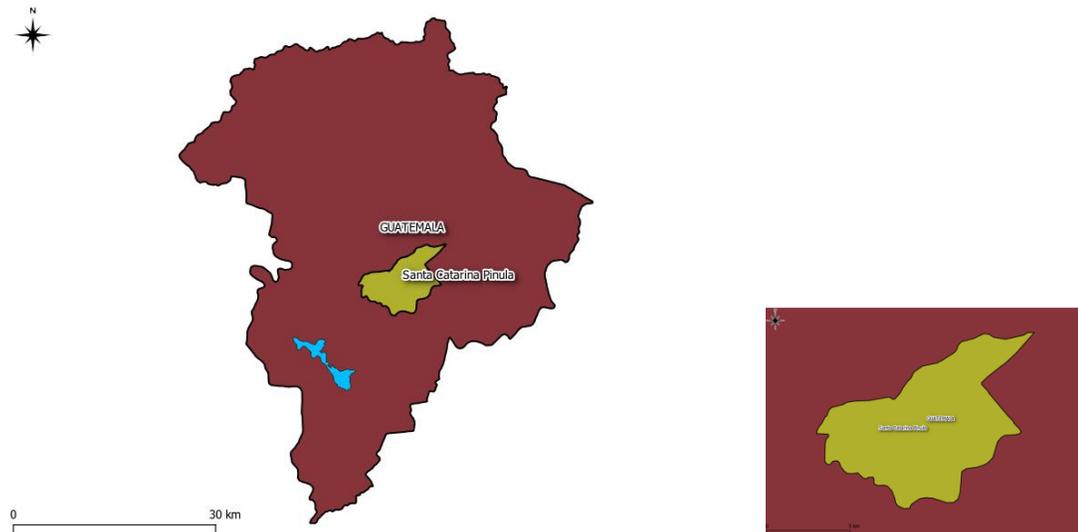
La cabecera municipal de Santa Catarina Pinula se encuentra ubicada en las coordenadas WGS84 latitud 14,571168° norte y longitud -90,496599° oeste, a una altitud de 1 550 msnm. Colinda al norte con el municipio de Guatemala, al sur con Fraijanes y Villa Canales, al este con San Jose Pinula y al oeste con de nuevo con Villa Canales y Guatemala. El nuevo diseño de drenaje sanitario se encuentra ubicado en la aldea El Carmen, en la colonia La Arboleda Sector sur V zona 10 y la colonia Las Ilusiones.

Figura 1. Ubicación de las colonias La Arboleda y Las Ilusiones



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula dentro del departamento de Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Población

Para 2002, según el censo realizado por el INE, existía una población de 63 767 pobladores, y para 2018 se espera que la población haya ascendido a 94 663 habitantes.

1.1.4. Clima e hidrografía

El municipio de Santa Catarina Pinula posee extensas áreas en las cuales no se ha realizado ninguna construcción, lo que permite que exista mayor vegetación la cual brinda un ambiente mayormente fresco.

En Santa Catarina Pinula los datos hidrológicos y climatológicos son proporcionados por la estación del INSIVUMEH ubicada en la a una altitud de

1 500 msnm en la latitud 14,5 y la longitud -90,5, e indica lo siguiente: La temperatura promedio es de 20,5 °C, la precipitación pluvial es de 1 450,9 mm, una humedad relativa del 77 %, velocidad del viento a 16,3 km/h, presión media de 640,4 mm y una evaporación promedio de 4,5 mm.

El municipio cuenta con diversos cauces de agua, debido a que la mayor parte del terreno dentro del municipio es ondulado, esto forma diferentes microcuencas que, a su vez, forman la subcuenca del río Pinula que se encuentra dentro del municipio. Esta es una lista de los ríos que se encuentran dentro del municipio.

- Ríos
 - Acatán
 - Chicoj
 - Chiquito
 - Los Ocotes
 - El Sauce
 - La Palma
 - De Las Minas
 - Pinula
 - Riachuelo Panasequeque

1.1.5. Vías de acceso

Una de las principales vías de acceso al municipio de Santa Catarina Pinula es ingresando por la 20 calle de la zona 10, en dirección oriente y se llega a la carretera a Santa Catarina Pinula RD-21.

Otra de las vías de acceso principales al interior del municipio es siguiendo la carretera a El Salvador CA-1, en dirección oriente, luego se desvía por carretera a Muxbal RD-53 y por último, se sigue por la carretera a Santa Catarina Pinula RD-21.

1.1.6. Servicios públicos

Los servicios públicos son aquellas actividades realizadas por los organismos del Estado bajo su control o regulación, en este caso la municipalidad de Santa Catarina Pinula, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de una población.

1.1.6.1. Agua potable

La fuente del servicio de agua potable que se distribuye dentro del municipio, proviene directamente de la explotación del agua subterránea, que hay dentro del municipio. La explotación del agua subterránea dentro del municipio de Santa Catarina Pinula se realiza por medio de 12 pozos, los cuales trabajan 24 horas al día. En la cabecera de Santa Catarina Pinula se otorgan 2 060 servicios de agua que obtienen agua de 5 de sus pozos.

1.1.6.2. Servicios sanitarios y drenaje pluvial

Santa Catarina Pinula es un municipio en donde existen diferentes sistemas de drenaje sanitario y pluvial alrededor de sus pueblos y aldeas. En la cabecera municipal existen 1 010 conexiones de drenaje sanitario municipales. En la aldea El Carmen, colonia La Arboleda Sector Sur V zona 10 y la colonia Las Ilusiones, existe un sistema de drenaje sanitario que actualmente no se

encuentra en uso y es allí donde se contempla la realización de la nueva propuesta para el diseño de una nueva red de drenaje sanitario.

1.2. Monografía de los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva (MGCS)

Dentro de la monografía se realiza un estudio detallado sobre varios aspectos relacionados a un tema en concreto. En este caso nos enfocaremos en las condiciones de los municipios que conforman la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.

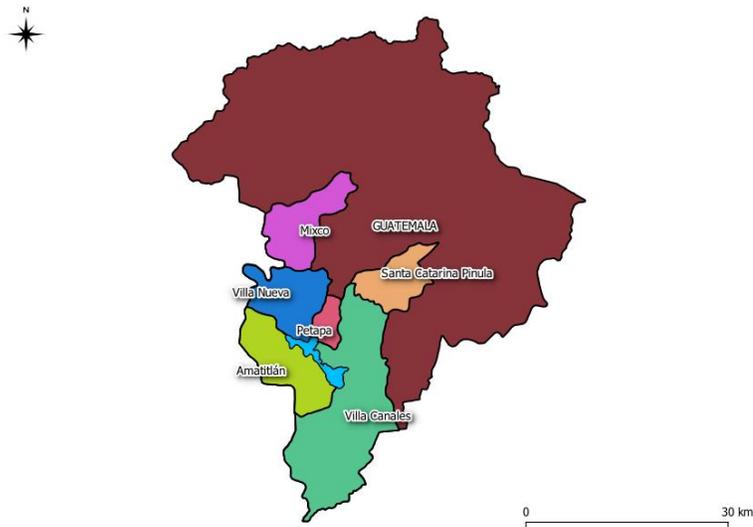
1.2.1. Antecedentes históricos

Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva forman parte de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur del departamento de Guatemala, entidad creada desde el 2 de agosto de 2012 cuando se firmó el acta de su constitución. La extensión territorial de los seis municipios en su conjunto es de aproximadamente de 650,60 km² y su población aproximada en 2018 era de 1 649 676 habitantes.

1.2.2. Localización y ubicación

La ubicación de la sede de MGCS está en el municipio de Villa Nueva, a una altitud de 1,301 msnm, una latitud de 14,509078° norte y una longitud de -90,579036° oeste.

Figura 3. **Ubicación de los municipios de MGCS**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de la zona que abarcan estos seis municipios se encuentra uno de los cuerpos de agua más grandes de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, el lago de Amatlán, que ocupa un área de 15,20 km². El río Villalobos es el mayor afluente del lago, cuyas aguas son drenadas por el río Michatoya, un afluente del río María Linda. Los ríos de cuenca del lago de Amatlán suman 289 km lineales. Siendo otros cauces como los ríos: Platanitos, Pinula, Las Minas, Tulujá, El Bosque, Molino, San Lucas y Parrameño.

1.2.3. **Vías de acceso**

Las principales vías de acceso hacia el interior de los municipios de Amatlán, Mixco, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Villa Canales y Villa Nueva, son las carreteras CA-1 oriente-occidente, que pasa por los

municipios de Villa Canales, Santa Catarina Pinula (oriente) y Mixco (occidente) y CA-9 sur, que pasa por Amatitlán, Villa Nueva y se une a la RD Guatemala-2 que se conecta con San Miguel Petapa.

1.2.4. Servicios públicos

Los servicios públicos son aquellas actividades realizadas por los organismos del Estado bajo su control o regulación, en este caso las municipalidades que conforman la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de una población.

1.2.4.1. Agua potable

El agua potable que se provee a los habitantes de los municipios de Amatitlán, Mixco, Santa Catarina Pinula, San Miguel Petapa, Villa Canales y Villa Nueva, proviene principalmente de fuentes de agua subterránea. Se explotan alrededor de 253 pozos mecánicos (solo se pudieron medir 91 para determinar la profundidad de los mantos acuíferos), para la obtención de este recurso, durante 24 horas al día, por cada pozo.

En la actualidad se entrega agua a un total de 1 649 676 habitantes, y no todas las municipalidades poseen el equipo necesario para realizar un monitoreo constante del estado de sus mantos acuíferos.

Debido al crecimiento demográfico y urbanístico dentro de los seis municipios también se tiene el problema de que cada vez existe una menor infiltración de agua al subsuelo, lo cual hace que los mantos acuíferos se encuentren cada vez más profundos, por lo que se dificulta y es costosa su extracción, razón por lo cual se propone el uso de pozos de infiltración de agua

superficial llovediza, que en la actualidad si se cuenta dentro de los seis municipios con estructuras de este tipo, pero merecen ser estandarizadas y colocadas en sitios estratégicos basados en evidencia científica, de su necesidad en el lugar, para su instalación.

1.2.4.2. Estudios de pozos de agua para consumo humano realizados con anterioridad

El agua, como elemento vital para la población, cada día se ha convertido en un problema mayor con el pasar de los años para los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva. Ya en 1978 se realizó un estudio por parte del Gobierno de Guatemala, en colaboración con la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH, que comprendía toda el área metropolitana de la época.

El estudio se titula estudio de aguas subterráneas en el valle de Guatemala y se realizó con el fin de poner en práctica una política racional de aprovechamiento del recurso hídrico en el subsuelo. Dicho estudio servirá como marco comparativo entre el estado de los niveles de agua de los pozos en 1978 y 2018 época seca.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado para las colonias El Carmen y Las Ilusiones del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales.

2.1.1. Descripción del proyecto

Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se realizaron estudios según las investigaciones monográficas, realizado a su vez mediante estudios de población futura de la aldea El Carmen. El proyecto consta de 2,00 km, establecido por medio del levantamiento topográfico, posteriormente se realizó el diseño hidráulico. La tubería que se utilizará será PVC, según la Norma ASTM F-949. También con base en lo anterior se construyeron los planos, presupuesto y cronograma de la obra.

En el tema de las aguas residuales a nivel municipal existe un manejo inadecuado, lo que se evidencia en escurrimientos de aguas residuales a flor de tierra, lo que potencia la problemática de poner en riesgo la salud de los habitantes, al contraer enfermedades gastrointestinales. La falta de un sistema de alcantarillado sanitario adecuado, hace que algunos pobladores se conecten a la red de drenajes que se encuentra inhabilitada, o que utilicen fosas sépticas para evacuar sus aguas residuales, dando lugar a malos olores, modificando el

medio ambiente en el que viven y produciendo contaminación a sus alrededores.

En el caso de la realización del proyecto del diseño del sistema de alcantarillado sanitario en La Arboleda y Las Ilusiones de la aldea El Carmen beneficiará a 300 habitantes aproximadamente y tendrá una longitud de 2 000 metros de largo, contará con tubería de PVC según el diámetro que requiera el diseño y pozos de visita. Este diseño tendrá una vida útil como mínimo de 20 años proyectada a futuro.

Actualmente este sector cuenta con servicios de tiendas, una escuela, una iglesia y con un sistema de alcantarillado sanitario, pero este no funciona, la mayoría de los lotes de la aldea se encuentran habitados, la población de la aldea es alta. Existe la posibilidad del sistema de alcantarillado sanitario debido a que existen terrenos que pueden utilizarse y calles principales municipales.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se realizaron visitas de campo para observar todos los factores que pueden afectar o favorecer al diseño hidráulico del sistema de drenaje sanitario, obteniendo así el trazo más óptimo para la ruta del flujo y la tubería. La topografía se encarga de representar la forma del terreno y se utiliza para determinar las posiciones de puntos clave sobre la superficie. El levantamiento topográfico consistió en una poligonal abierta para situar la línea central, radiando puntos para tomar las cotas de las calles y callejones e identificando diferentes estructuras en el lugar.

2.1.2.1. Planimetría

Es el conjunto de trabajos para finar las posiciones de los puntos proyectados en un plano horizontal. Se utiliza para localizar la red de drenaje sanitario dentro de las calles, ubicando pozos de visita.

2.1.2.2. Altimetría

La altimetría es el desarrollo del estudio de los métodos e instrumentos necesarios para determinar la situación de los puntos del terreno sobre la vertical, respecto de una superficie de comparación o de referencia previamente establecida. De esta forma se determinaron diferentes elevaciones y pendientes del terreno.

2.1.3. Componentes de un sistema de alcantarillado

Para que una red de alcantarillado sanitario pueda cumplir plenamente con su función principal tiene que contar con los siguientes componentes: conexiones domiciliarias, colectores y pozos de visita.

2.1.3.1. Conexiones domiciliarias

Su propósito es descargar las aguas residuales provenientes de casas, negocios, edificios, entre otros, y llevarlas hacia un colector principal. La candela será de concreto de 12" y su fondo será fundido de concreto. La altura mínima de la candela será de 1 metro.

2.1.3.2. Colectores

Se denomina colector al conducto del alcantarillado municipal en el que vierten sus aguas diversos ramales de alcantarilla. Por lo general se construyen bajo tierra y en medio de calle o callejones, de manera que cada una de las viviendas ubicadas sobre esa calle puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales. Los colectores conducen las aguas hasta un colector principal o interceptor que llevará las aguas hasta una planta de tratamiento de aguas residuales, o si no hubiera dicha planta se verterá al medio natural.

Para este diseño algunos colectores principales se encuentran a una profundidad de hasta 13 metros, lo cual nos ha llevado a pensar que para estos colectores conviene perforar un túnel de 1,2 metros de diámetro que lleve el colector principal, en lugar de una zanja. Esto con la finalidad de conseguir reducir el costo de la obra.

2.1.3.3. Pozos de visita

Los pozos de visita brindan un control del flujo de aguas residuales en cambios de dirección, cambios de pendiente y distancias muy largas, además de proporcionar ingreso de oxígeno al sistema para que este fluya como un canal abierto.

Para este diseño los pozos de visita son cilíndricos, con muros de ladrillo de punta y tapadera de concreto reforzado, cimentadas en planchas de concreto. Cuando la caída sea mayor a 0,70 m se construirá un sifón de PVC para que el flujo ingrese a un nivel adecuado dentro del pozo de visita.

Los criterios que se han utilizado para la ubicación de los pozos de visita son los siguientes:

- Colocar pozos en tramos iniciales
- Colocar pozos en esquinas
- Colocar pozos a una distancia máxima entre ellos de 100 m
- Colocar pozos en cada cambio de diámetro del colector principal

La profundidad mínima de un pozo de visita debe ser 1,20 m, sin embargo, para el caso de este diseño de drenaje sanitario se propone por parte de la municipalidad de Santa Catarina Pinula que esta profundidad sea de 1,50 m ya que facilita las condiciones del pozo al momento de realizar un mantenimiento dentro de este, lo cual no es una limitación si en algún caso específico se desea colocar un pozo de 1,20 m de profundidad.

El diámetro mínimo para la perforación de un pozo de visita es 1,20 m, no obstante, para el caso de drenaje sanitario la municipalidad de Santa Catarina Pinula propone un diámetro de 1,50 m, que facilita las labores de mantenimiento en el pozo.

2.1.4. Diseño del sistema

El diseño de un sistema de drenaje sanitario consiste en la determinación de una serie de variables necesarias para que el sistema pueda funcionar de manera adecuada. Dichas variables se resolverán una a una a continuación.

2.1.4.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño, de acuerdo con las normas generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), en su edición de noviembre de 2001 es de entre 30 a 40 años. Este proyecto se diseñará a 30 años a partir de 2018.

2.1.4.2. Población de diseño

Se necesita conocer la población de la aldea El Carmen según los censos realizados con anterioridad y luego calcularlos para la fecha requerida. Según datos de INE, la aldea El Carmen tiene una tasa de crecimiento poblacional de 3,6 %.

$$P_f = P_o(1+r)^t$$

Donde:

- P_o = población inicial
- r = porcentaje de crecimiento poblacional en el período
- t = tiempo en años del período
- P_f = población futura

2.1.4.3. Dotación

Es la cantidad de agua que puede consumir en un día una persona, se expresa en litros por habitante por día (lt/hab/d). La dotación que se consume en la aldea El Carmen corresponde a 150 lt/hab/d.

2.1.4.4. Factor de retorno

Es un porcentaje de la dotación de agua para cada usuario y este retorna al sistema de alcantarillado sanitario, este valor se encuentra entre el 75 % y 90 % del consumo de agua. Es un valor que depende del criterio del diseñador; en función de las costumbres de los pobladores y las condiciones climáticas del lugar.

2.1.5. Determinación de caudales de diseño

Los caudales de diseño son los que dotan de flujo al sistema de drenaje sanitario, ayudan a separar y conocer cuánto aportan de flujo los diferentes tipos de servicios en los que se consume el agua potable.

2.1.5.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar se define como el caudal que se utiliza en el hogar para diferentes actividades de limpieza o preparación de alimentos. Está relacionado con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que será vertida en el drenaje, como los jardines, lavado de vehículos, bebida, entre otros.

$$Q_{dom} = \frac{No.Hab * dot * fr}{86400}$$

Donde:

- Q_{dom} = caudal domiciliar (lt/s)
- Dot = dotación (lt/hab/día)

- $f.r.$ = factor de retorno
- No. Hab = número de habitantes

2.1.5.2. Caudal comercial

Son las aguas residuales que se desechan de los comercios, comedores, restaurantes, entre otros. La dotación comercial varía entre 600 y 3 000 lt/comercio/día, en función del tipo de comercio.

$$Q_{com} = Dot * No.Comercios$$

Donde:

- Q_{com} = caudal comercial
- Dot = dotación (lt/comercio/día)
- No. comercios = cantidad de comercios en la zona

2.1.5.3. Caudal industrial

Se considera un caudal industrial a las aguas residuales que se desecha de edificios como fábricas.

2.1.5.4. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por viviendas que conectan su drenaje pluvial al alcantarillado sanitario. Para el diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad puede hacer conexiones ilícitas. El porcentaje de viviendas por conexiones ilícitas puede ser entre 0,5 y 2,5 según INFOM. Este valor puede tomarse como un 10 % del caudal domiciliar.

2.1.5.5. Caudal de infiltración

El agua que se infiltra en el alcantarillado sanitario, depende del nivel de los mantos freáticos del agua. Para el cálculo de este caudal se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en la tubería y la calidad de la mano de obra. Para el diseño de este proyecto no se tomó en consideración este caudal de infiltración, puesto que el material por utilizar es PVC.

2.1.5.6. Caudal sanitario

El caudal sanitario es determinado por la integración de caudales de aguas residuales de tipo domiciliar, infiltraciones, comercial, industrial y conexiones ilícitas.

$$Q_{Dis} = f_{QMedio} * FH * No.Hab$$

Donde:

- Q_{Dis} = caudal de diseño (lt/s)
- f_{QMedio} = factor de caudal medio
- FH = factor de Harmond
- No. Hab = número de habitantes contribuyentes

2.1.5.7. Actor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, se considera como la suma de los caudales domiciliarios, de infiltración, comercial, industrial,

conexiones ilícitas. Obteniendo el valor de los caudales descritos, se procede a la integración de caudal medio del área por drenar, que debe ser un valor entre 0,002 y 0,005.

Para este proyecto se utilizará el factor de caudal medio de 0,003 según EMPAGUA, que se encuentra entre los parámetros que dentro de la Dirección General de Obras Públicas DGIO: $0,002 \leq f_{Q \text{ medio}} \leq 0,005$. Por lo tanto, se tomará el valor del caudal medio de 0,003, que se encuentra entre los parámetros establecidos por DGOP.

2.1.5.8. Factor de Harmond

Este factor también llamado factor de flujo instantáneo, es un factor que involucra a la población para servir un tramo determinado, actúa en las horas pico o de mayor utilidad del drenaje. Para esto es necesario efectuar el caudal medio por un factor conocido como el factor de Harmond, el cual suele variar entre 1,5 a 4,5; según el tamaño de la población. La expresión para determinar el factor de Harmond es adimensional y viene definida por:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población en miles (P = población/1 000)

2.1.5.9. Caudal de diseño

Para estimar la cantidad de agua residual que fluirá en los diferentes tramos del sistema de alcantarillado, se tendrá que multiplicar el número de habitantes por servir por el factor de caudal medio y por el factor de Harmond.

2.1.5.10. Relaciones hidráulicas

En la realización del diseño para la tubería, se agilizarán de alguna manera los resultados de la velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, relacionado con los términos de la sección llena. De los resultados obtenidos se ha elaborado gráficas y tablas, con la ecuación de Manning y se utilizarán para el diseño del sistema de drenaje.

De esta manera se implementarán las tablas obteniendo primero la relación q/Q , se buscará el valor obtenido en la tabla o un valor aproximado. Con esta relación se facilita la obtención de la relación de velocidades v/V , así como la relación de diámetros o tirantes d/D estos valores son la relación de la sección totalmente llena y tienen que ver con los de la sección parcialmente llena. Los límites se encuentran entre 0,1 – 0,75 con la relación de tirante hidráulico d/D con esta se obtiene la velocidad que se encuentra entre 0,6 - 3.

2.1.6. Cotas invert

Determinan la locación de la profundidad de la tubería donde entra y sale al pozo de visita. La entrada respecto del fondo del pozo debe ser de 0,03 m en tramos de tubería de igual diámetro. En el cambio de tubería debe usarse como mínimo la diferencia entre los diámetros de la tubería, en este diseño no ha tomado en cuenta esta consideración por el hecho de que se busca tener un

valor de cota final del drenaje sanitario por encima de la cota inicial de la planta de tratamiento.

$$CT_f = CT_i - (DH * S_{terreno\%})$$
$$S_{terreno\%} = \frac{Cota\ inicial - Cota\ final}{DH} * 100$$
$$CIS = CT_i - H_{min}$$
$$CIE = CIS - DH * S_{tubo\%}$$
$$H_{pozo} = CT_i - CIS$$

Donde:

- CT_i = cota del terreno inicial
- CT_f = cota del terreno final
- CIS = cota Invert de salida de la tubería
- CIE = cota Invert de entrada de la tubería
- H_{min} = altura mínima
- DH = distancia horizontal
- S = pendiente de la tubería o terreno en porcentaje
- H_{pozo} = profundidad del pozo

2.1.7. Cálculo hidráulico

Incluye los criterios por considerar para el diseño del sistema de drenaje, considerando parámetro de normativas y cálculos con números.

Especificaciones técnicas:

- Tipo de sistema: alcantarillado sanitario
- Período de diseño: 30 años

- Tasa de crecimiento poblacional: 3,6 %(INE)
- Tipo de tubería: ASTM F-949
- Forma de evacuación: por gravedad
- Pozo de visita: máximo a 100 m entre pozo y pozo
- Velocidad mínima: 0,6 m/s
- Velocidad máxima: 3,00 m/s
- Tirante mínimo: 10 % del diámetro de la tubería
- Tirante máximo: 75 % del diámetro de la tubería

Ejemplo de diseño de un tramo. Diseño de tramo con pozos de visita: PV 33 - PV 34.

Datos generales

- Densidad de vivienda: 6 habitantes por vivienda
- Factor de caudal medio: 0,003
- Material por utilizar: tubería PVC ASTM F-949
- Coeficiente de rugosidad: 0,009 para tubería PVC

Datos del tramo PV 33 - PV 34

- Cota inicial del terreno: 987,594
- Cota final del terreno: 986,38
- Longitud del tramo efectiva: 22,05 m
- Número de viviendas en el tramo: 1
- Número de viviendas acumuladas: 497
- Diámetro de tubería: 12 pulgadas

Población actual:

$$P_o = \frac{6 \text{ habitantes}}{\text{vivienda}} * 497 = 2\,982 \text{ habitantes}$$

Población futura:

$$P_f = 2\,982(1 + 3,6\%)^{30} = 8\,616 \text{ habitantes}$$

Pendiente del terreno:

$$S_{\text{terreno}\%} = \frac{987,594 - 986,380}{22,05} * 100 = 5,51 \%$$

$$S_{\text{tubo}\% \text{propuesto}} = 0,50 \%$$

Factor de Harmond:

Mientras exista una mayor población va a ser menos probable que se utilicen todos los servicios al mismo tiempo.

Actual:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{2\,982}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{2\,982}{1\,000}}} = 3,44$$

Futuro:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{8\,616}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{8\,616}{1\,000}}} = 3,02$$

Caudal de diseño:

fqm: factor de caudal medio

FH: factor de Harmond

P: población

$$Q_{dis} = fqm * FH * P \text{ (Its/s)}$$

Actual:

$$Q_{Dis} = 0,003 * 3,44 * 2\,982 = 30,8156 \text{ lt/s}$$

Futuro:

$$Q_{Dis} = 0,003 * 3,02 * 8\,616 = 78,02 \text{ lt/s}$$

Área de tubería

A: área de tubería en m²

ø: diámetro nominal en pulgadas

$$A_{tubo} = \frac{\pi}{4} * \varphi^2 = \frac{\pi}{4} * (12 * 0,0254)^2 = 0,0730 \text{ m}^2$$

Velocidad a sección llena:

V: velocidad a sección llena en m/s

η : coeficiente de rugosidad del material del que está hecha la tubería

\varnothing : diámetro nominal en pulgadas

S: pendiente de la tubería

$$V = \frac{1}{\eta} * \left(\frac{\varphi}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,009} \left(\frac{12}{4} * 0,0254\right)^{\frac{2}{3}} * (0,5 \%)^{\frac{1}{2}} = 1,4121 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

Se multiplica por 1 000 para obtener el resultado en lts/s

$$Q_{SecLlena} = AV$$

$$Q_{SecLlena} = 0,0730 \text{ m}^2 * 1,4121 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1\,000 \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} = 103,0416 \text{ lt/s}$$

Relaciones hidráulicas:

Relación de caudales actual:

$$\frac{Q_{Dis}}{Q_{SecLlena}} = \frac{30,8156 \text{ lt/s}}{103,0416 \text{ lt/s}} = 0,2991$$

Relación de velocidades actual:

Se busca el valor q/Q más aproximado al valor 0,2991 y se localiza el valor correspondiente de v/V que es 0,87423 y se este valor se multiplica por la

$V_{SecLlena}$ que calculamos con anterioridad y se obtiene el valor de la velocidad v a sección parcialmente llena.

v : velocidad a sección parcialmente llena en m/s

V : velocidad a sección llena en m/s

$$\frac{v}{V_{SecLlena}} = 0,8723$$

$$v = 0,8723 * V_{SecLlena} = 0,8723 * 1,4121 = 1,23 \text{ m/s}$$

La velocidad es correcta, ya que está entre los parámetros de 0,60 m/s a 3,00 m/s.

Relación de tirantes actual:

La relación de tirantes representa el porcentaje de la altura del diámetro nominal del colector que tiene el flujo de aguas residuales en un tramo específico. Para obtener el valor d/D se localiza el valor q/Q más aproximado al valor 0,2991 y se localiza el valor correspondiente de d/D (0,3740) que debe ser un valor mayor a 0,10 para que se considere que si existe un flujo dentro de la tubería y no debe exceder de 0,75 ya que se consideraría que la tubería trabaja a presión después de este valor.

d : diámetro de sección parcialmente llena

D : diámetro de sección llena

$$\frac{d}{D} = 0,3740$$

La relación de tirantes es correcta, ya que se encuentra dentro del rango permisible de 10 % a 75 % del diámetro de la tubería.

Relación de caudales futura:

$$\frac{Q_{Dis}}{Q_{SecLlena}} = \frac{78,0254 \text{ lt/s}}{103,0416 \text{ lt/s}} = 0,7572$$

Relación de velocidades futura:

$$\frac{v}{V_{SecLlena}} = 1,100$$
$$v = 1,100 * V_{SecLlena} = 1,100 * 1,4121 = 1,55 \text{ m/s}$$

La velocidad es correcta, ya que está entre los parámetros de 0,60 m/s a 3,00 m/s.

Relación de tirantes futuro:

$$\frac{d}{D} = 0,65$$

La relación de tirantes es correcta, ya que se encuentra dentro del rango permisible de 10 % a 75 % del diámetro de la tubería.

Cotas invert

Cota invert de salida

La altura del pozo de visita aguas arriba es de 2,27m.

$$H_{\text{pozo aguas arriba}} = 2,27 \text{ m}$$

$$CIS = CT_i - H_{\text{pozo aguas arriba}}$$

$$CIS = 985,32 - 0,03 = 985,29 \text{ m}$$

Cota invert de entrada

$$Desnivel = S * DH$$

$$Desnivel = \left(\frac{0,50}{100}\right) * 22,05 = 0,11 \text{ m}$$

$$CIE = CIS - Desnivel$$

$$CIE = 985,29 - 0,11 = 985,18 \text{ m}$$

Altura del pozo aguas abajo

$$H_{\text{pozo aguas abajo}} = CT_i - CIE$$

$$H_{\text{pozo aguas abajo}} = 986,38 - 985,18 = 1,2 \text{ m}$$

Ir a anexos para verificar todos los tramos del proyecto. Revisar alturas de pozo malas.

2.1.8. Propuesta de zona para el tratamiento

En el tratamiento de aguas servidas se obtiene una separación de sólidos, se disminuye la demanda bioquímica de oxígeno y hay una reducción de organismos coniformes. Este tratamiento otorga los siguientes beneficios: conservación de la fuente de abastecimiento de agua potable, se evitan enfermedades infecciosas y no se contamina centros de recreación como lagos, ríos y playas o nacimientos de agua.

Se propone una planta de gravedad, que la condición del terreno propuesto posee las condiciones topográficas para este tipo de tratamientos y su área es lo suficientemente grande para su desarrollo, como vemos en la imagen 4.

Figura 4. **Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales en las colonias La Arboleda y Las Ilusiones**



Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Presupuesto del proyecto

El apéndice 2 muestra los renglones de trabajo que se realizarán al momento de ejecutar el proyecto de sistema de drenaje sanitario de las colonias La Arboleda y Las Ilusiones, de la aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala, Guatemala.

2.1.10. Cronograma de ejecución

En el cronograma de ejecución del proyecto establece el tiempo que debe durar cada actividad que se requiera realizar para construir el sistema de drenaje.

Tabla I. **Cronograma de ejecución de proyecto de drenaje sanitario**

Cronograma											
Proyecto	Drenaje sanitario para las colonias La Arboleda y Las Ilusiones, aldea El Carmen										
Municipio	Santa Catarina Pinula										
Departamento	Guatemala										
Fecha	28/02/2019										
Núm.	Actividad	Tiempo en meses									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Trabajos preliminares	■	■								
2	Colectores		■	■	■	■	■				
3	Pozos de visita		■	■	■	■	■				
4	Conexiones domiciliarias					■	■	■	■		
5	Caída mayor			■	■	■	■	■	■		
6	Reposición de pavimento							■	■	■	
7	Obras y trabajos complementarios									■	■

Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Evaluación ambiental

El proyecto no genera un impacto negativo permanente al medio ambiente, debido a que esto solo sucederá en el momento de realizar la obra, afectará de forma leve el suelo, que será removido en el momento de la excavación y este, a su vez, levantará polvo en ocasiones, dependiendo de las condiciones del clima, como intensidad del viento, lluvia, granizo, sol, entre otros.

Un impacto ambiental positivo será la inexistencia de aguas servidas que corren sobre la superficie de las calles y callejones del lugar, la eliminación de

criaderos de mosquitos y zancudos transmisores, de enfermedades, así evitar su propagación a los pobladores de la zona.

Estos impactos beneficiarán a los pobladores en su calidad de vida; también se encontrará mejorado el entorno de la zona al no tener aguas residuales corriendo por la comunidad debido a una disposición de las aguas usadas a nivel domiciliar adecuada.

2.2. Georreferenciación y análisis piezométrico de los pozos de agua en los municipios de Amatlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva

La georreferenciación y análisis piezométrico buscan encontrar un punto de comparación entre niveles piezométricos de pozos.

2.2.1. Descripción teórica

La descripción teórica hace referencia a diferentes procesos y términos utilizados para la generación de mapas y perfiles piezométricos.

2.2.1.1. Digitalización

La digitalización consiste en la transformación de la información analógica, propia de la naturaleza y obtenida en campo, en información digital adecuada para ser manipulada según el uso y las necesidades de la población a quien va a ser útil la información, por medio de bases de datos.

2.2.1.2. Georreferenciación

El término alude al posicionamiento espacial de un cuerpo en una localización geográfica de acuerdo con un sistema de coordenadas y a datos específicos, es decir que se refiere a la ubicación de algo en el espacio por medio de un sistema de coordenadas geográficas. Los sistemas de coordenadas geográficas sirven para conferenciar un punto en la superficie terrestre mediante dos coordenadas angulares, la longitud y la latitud. Teniendo estos dos valores y agregando la altitud en msnm, se obtiene la georreferenciación.

2.2.1.3. Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son un sistema de valores que permite que cada ubicación en la Tierra sea especificada por un conjunto de números, letras o símbolos. Las coordenadas se eligen de manera que una de las referencias represente una posición horizontal, otra un desplazamiento vertical y que la tercera represente la altitud. A las coordenadas de posición horizontal se les llama longitud y a las de posición vertical, latitud, su sistema de medición es tipo esférico cuyo centro es el de la tierra cortado por un plano inicial que pasa sobre el meridiano de Greenwich y los centros de los polos para el caso de la longitud. En el caso de la latitud el plano inicial se corresponde con el ecuador de la tierra. La forma en que se expresa la longitud y latitud suele ser en grados sexagesimales.

2.2.1.4. Coordenadas GTM (Guatemala Transversal Mercator)

Es la proyección específica para la república de Guatemala, basada en el sistema UTM respecto de una figura cilíndrica. Se diferencian debido a que para esta proyección Guatemala usa un huso de 15,5, ubicado entre los usos 15 y 16, pero su mayor diferencia radica en la coordenada X con 250 km de diferencia aproximadamente. Esta proyección se dio bajo la resolución del Instituto Geográfico Nacional (IGN) 01/99.

2.2.1.5. Sistemas de información geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica (SIG), por su acrónimo en inglés, es una integración de organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular analizar y visualizar en diferentes formas la información referenciada geográficamente con el objetivo de solucionar problemas de planificación y gestión del uso de un área en específico.

2.2.1.5.1. QGIS

QGIS (anteriormente llamado Quantum GIS) es un software de sistemas de información geográfica (SIG) de código abierto, licenciado bajo GNU - *General Public License*. QGIS es un proyecto oficial de *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos.

Se lanzó por primera vez en julio de 2002 en la versión 0.0.1, actualmente está por lanzarse la versión 3.8.2 del software.

2.2.1.6. Estructura de datos SIG

Entre las maneras de codificar o representar la geografía (reducir la realidad percibida de los elementos geográficos a cierto nivel de abstracción) están: el formato vector y el formato ráster.

2.2.1.6.1. Formato vector

Se reduce lo que presenta la realidad a tres niveles geométricos básicos:

- Punto
- Línea o multilínea
- Polígono

La geométrica punto se usa para definir elementos separados y de relativa o poca dimensión para los propósitos de un mapa. Pueden representar un aeropuerto, pozo, edificio, entre otros, pueden ser representados por un punto o varios puntos.

Las líneas se usan para representar objetos con formas alargadas como ríos o carreteras.

Los polígonos (áreas) se utilizan para representar superficies de dimensiones considerables, como: parcelas, campos deportivos, huellas de edificios, la reglamentación de uso de un territorio, el área de un municipio, barrios, sectores censados, locales, entre otros.

2.2.1.6.2. Formato ráster

La forma más utilizada de un ráster para representar geografía es la fotografía aérea. Una vez digitalizada, la imagen que está compuesta de píxeles que tienen valores geográficos. También se pueden representar la topografía de un área, el comportamiento de los mantos freáticos de un lugar, fotografía aérea especializada como carreteras, ríos, curvas de nivel, direcciones de flujo, entre otros.

2.2.1.7. Georreferenciación de los pozos de agua para consumo humano

Como se mencionó en el apartado 2.2.1.2., la georreferenciación de los pozos de agua para consumo humano consiste en el posicionamiento espacial de un objeto sobre la superficie de la tierra, en este caso los pozos de agua, de los cuales se obtienen los datos de latitud, longitud y altura, de los lugares en donde se encuentran cada uno de los pozos, por medio de un software especializado en el posicionamiento espacial.

2.2.1.8. Descripción general de los pozos de agua para consumo humano

Un pozo de agua es una obra de captación vertical que permite la explotación del agua subterránea contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo o acuífero. El agua puede llevarse hasta el nivel del suelo de manera sencilla con la ayuda de un recipiente o más fácilmente con una bomba, manual o motorizada.

2.2.1.9. Definición de superficie de terreno y profundidad de los pozos de agua para consumo humano en perfil

Superficie del terreno en perfil: es una proyección que da la superficie de un terreno, cuando pasa por este una rasante. En el caso del presente estudio, la rasante se refiere a la unión de los puntos de los pozos de agua monitoreados que se encuentran distribuidos en la zona de estudio.

Profundidad de los pozos: es una proyección semejante a la que describe la superficie del terreno, con la diferencia que esta muestra como es la unión entre las profundidades de perforación de los pozos, que están unidas por la misma rasante de la superficie del terreno.

2.2.1.10. Aguas subterráneas

La mayor parte del agua que se distribuye a las personas se origina del agua de lluvia filtrada desde la superficie del terreno hasta los acuíferos, esta zona del subsuelo se conoce como zona no saturada y alimenta al manto freático o acuífero que conforma la zona saturada contenida en los espacios vacíos o fracturas que las rocas y el suelo, y que denominamos aguas subterráneas.

2.2.1.11. Nivel estático

Medida de nivel de agua presente en un pozo, cuando este se encuentra en reposo o estancamiento (cuando la bomba y el motor se encuentran sin operar), es una medida relativa a la superficie del terreno.

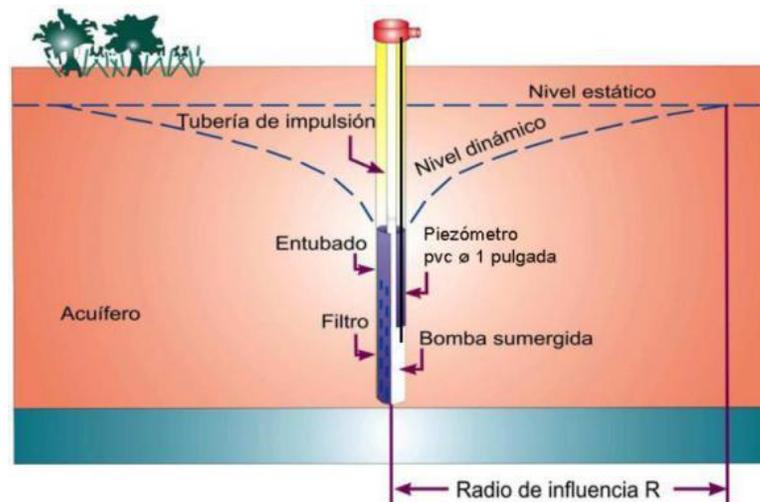
2.2.1.12. Nivel dinámico

Medida del nivel de agua de un pozo cuando este se encuentra en estado de producción (cuando la bomba y el motor se encuentran operando), es una medida que al igual que el nivel estático es relativa a la superficie del terreno. En la imagen 5 se encuentra la ilustración de los niveles estático y dinámico presentes en un pozo mecánico.

2.2.1.13. Piezómetro

El piezómetro forma parte de la infraestructura mínima que debe tener un pozo mecánico. Consiste en una serie de tubos de PVC que acompaña a la tubería de la columna de extracción de agua de los pozos. Típicamente se coloca en el fondo del piezómetro un tapón y se crean ranuras alrededor de la tubería en la parte más profunda para que el agua se filtre y se pueda realizar la medición de niveles estático y dinámico del agua subterránea a través de los pozos (figura 5).

Figura 5. Esquema general de un pozo



Fuente: ALVARENGA, Alan, CRUZ, Hernán, PORTILLO, Héctor; PORTILLO, Orfa. *Evaluación del impacto hídrico que se genera en el acuífero subterráneo de la cuenca del río El Jute del municipio de San Miguel, por la explotación de pozos de uso industrial y abastecimiento de agua potable.* p. 245.

2.2.1.14. Requerimientos, equipo y proceso para la obtención de niveles estáticos y dinámicos de los pozos

Para llevar a cabo la actividad de lectura de niveles dinámicos y estáticos en pozos es necesario que se cumplan algunos requerimientos mínimos, los cuales se mencionan a continuación.

2.2.1.14.1. Requerimientos

Las condiciones mínimas para la medición de niveles son: piezómetro instalado sin obstrucciones y en buen estado, con un diámetro mínimo de 3/4",

fácil acceso a los piezómetros, motor y bomba en perfecto funcionamiento, permisos a localidades privadas donde hay pozos municipales.

2.2.1.14.2. Equipo

- Sonda de nivele electrónico

Para el monitoreo se utilizó una sonda de nivel electrónico. Este dispositivo consiste en un equipo que cuenta con señal luminosa y acústica, que se activan cuando la punta de la sonda entra en contacto con el agua que se encuentra dentro del piezómetro. La sonda puede ser de diferentes longitudes y esta graduada en cm con dm numerados para tomar la medida del nivel del agua. La sonda utilizada para este monitoreo es de 500 metros de longitud.

- Otros dispositivos

Un dispositivo útil para tener una mayor precisión en la lectura de los niveles del agua subterránea es una cinta métrica, que se utiliza para descartar la longitud que sobrepasa el nivel en que se encuentra el brocal del pozo. Para el manejo de la sonda se recomienda la utilización de guantes antideslizantes. Una prenda que es de vital importancia es el calzado, se recomienda la utilización de un calzado adecuado para terrenos de difícil acceso.

2.2.1.14.3. Proceso

La lectura de los niveles dinámicos y estáticos de los pozos se da al introducir la sonda electrónica para pozos dentro del piezómetro instalado en el pozo. Cuando la punta de la sonda hace contacto con el agua se activa la señal

acústica y luminosa, entonces se toma la medida de la profundidad a la que se encuentra el agua, determinando así el nivel de esta. Cabe resaltar que cuando el equipo de los pozos se encuentra encendido y se hace la medición se obtiene el nivel dinámico y cuando se encuentra apagado se obtiene el nivel estático.

2.2.2. Levantamiento de información para la creación de la base de datos

El levantamiento de información es un proceso que se realiza en campo con el fin de obtener diferentes parámetros que aportan información a una base de datos.

2.2.2.1. Elaboración de mapas para visitas de campo

Consiste en la creación e impresión de mapas en donde se muestre la ubicación de los pozos que en la municipalidad tienen registrados, con la finalidad de que tener un panorama general de la distribución de pozos en las zonas que van a ser monitoreadas y en caso de no conocer la ubicación de los pozos, no perderse en el camino.

2.2.2.2. Visitas de campo

La lectura de los niveles dinámicos y estáticos de los pozos se da al introducir la sonda electrónica para pozos dentro del piezómetro instalado en el pozo. Cuando la punta de la sonda hace contacto con el agua se activa la señal acústica y luminosa, entonces se toma la medida de la profundidad a la que se encuentra el agua, determinando así el nivel de esta.

La obtención de datos adicionales a lectura de niveles en pozos mecánicos se realiza de forma individual (por pozo) y se obtiene por medio de una entrevista a la persona encargada del pozo ubicado en la localidad. La información que se recolecta consiste en el nombre del pozo, su dirección, lugares a los que el pozo otorga agua, entre otros datos, los cuales se pueden ver en anexos.

2.2.3. Digitalización de información obtenida en campo para colocarla en un sistema de información geográfico

La digitalización consiste en pasar la información obtenida en campo hacia un sistema digital que permita la manipulación de la información.

2.2.3.1. Traslado de información análoga a formato digital

Una vez obtenidos los datos por medio de la entrevista y con las lecturas de los niveles piezométricos por medio de la sonda electrónica, se procede a la digitalización de la información, lo cual es un proceso que se puede realizar directamente en una plataforma como QGIS o iniciar en un programa como Excel y luego migrar la información a QGIS.

Debido a la versatilidad que posee Excel para el manejo de datos en filas y columnas se ha optado en este estudio por la segunda opción. Se proponen todos los campos que debe tener la futura tabla de atributos para QGIS y se procede a llenar dicha tabla. Dentro de los campos más importantes para este estudio se tienen los campos de los niveles estático y dinámico, coordenadas y nombre de pozos; y se procede a digitalizar toda la información obtenida en campo. Cuando la información está completamente digitalizada se procede a

migrar el archivo de Excel a un formato que pueda ser interpretado por QGIS, como por ejemplo el formato .csv.

2.2.3.1.1. Dibujar geometrías en QGIS: puntos y líneas

La geometría de puntos se utiliza para representar la ubicación de los pozos y se creará a partir de una tabla de hoja de cálculo, que contendrá toda la información específica relacionada con cada pozo. La información que poseen estos puntos servirá para generar una distribución espacial (ráster) de como la profundidad. También servirá para crear perfiles que mostrarán la forma de los mantos acuíferos en el subsuelo.

Las líneas se utilizarán para realizar cortes sobre los archivos tipo ráster, obedeciendo a la ubicación de cada pozo que se encuentre dentro del área en estudio y así ver en un perfil los diferentes comportamientos de los mantos acuíferos en diversas situaciones.

2.2.3.1.2. Generación de archivos tipo ráster y vectoriales

Los archivos ráster creados a partir de la geometría de puntos serán utilizados para generar archivos vectoriales que muestren la forma de los acuíferos vistos en una perspectiva de planta representados como curvas de nivel del agua subterránea que llamaremos curvas equipotenciales y que a partir de estas se generara una tendencia del flujo subterráneo al que llamaremos líneas de flujo. Los archivos tipo ráster también se utilizarán para generar la distribución espacial de la superficie del terreno, y la profundidad de

los pozos, que sirve como guía para un seguimiento de profundidades de perforación actuales.

2.2.3.1.3. Generación de perfiles para análisis piezométricos

Los perfiles se construyen a partir de la obtención de información registrada de cada pozo. La profundidad del pozo es un dato que debe ser proporcionado por la municipalidad. Los datos obtenidos en campo son la altura en metros sobre el nivel del mar (msnm) que tiene el lugar donde se encuentra el pozo, y los niveles dinámicos y estáticos del pozo que se obtienen por medio de la sonda. Por medio de una serie de operaciones matemáticas y haciendo uso de la herramienta de interpolación, en un software SIG, se puede crear un conjunto de datos para cada pozo que pueden proyectarse en perfiles del agua subterránea, basando se en momentos diferentes de la historia, o diferentes condiciones de la medición, entre otros.

2.2.3.1.4. Generación de redes de flujo (curvas equipotenciales y líneas de flujo)

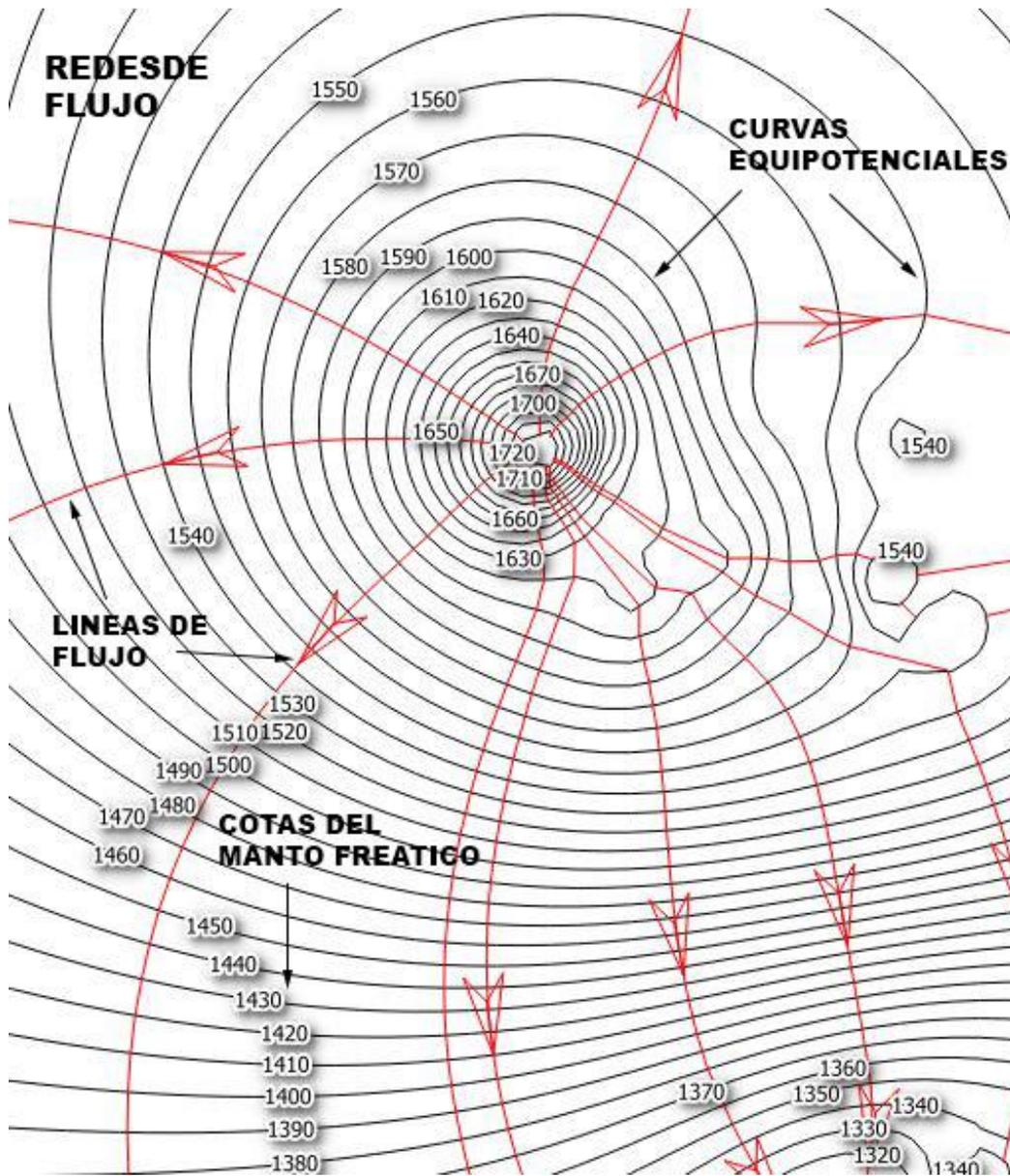
Las redes de flujo son mallas que resultan de la intersección de dos familias de líneas, las curvas equipotenciales, las cuales son curvas que unen puntos con igual potencial hidráulico (en la sección vertical o en la horizontal) y, por tanto, representan la altitud o cota absoluta de la superficie freática (o de la superficie piezométrica general) como puede observarse en la imagen 6, y las líneas de flujo, las cuales representan, de forma idealizada, la trayectoria seguida por las partículas de agua en su movimiento a través del medio saturado.

Dado que el agua subterránea se desplaza en la dirección en que el gradiente hidráulico es máximo, las líneas de flujo son perpendiculares a las curvas equipotenciales en los medios isótropos, un diagrama en conjunto de líneas equipotenciales y líneas de flujo puede observarse en la imagen 6, con la representación de una red de flujo.

Las redes de flujo se construyen a partir de los archivos ráster generados de la interpolación de datos, que dan como resultado mapas de profundidad del agua subterránea que, a su vez, se utilizan para crear las curvas equipotenciales. Con la obtención de las curvas equipotenciales se define un punto de convergencia que se refiere a las cotas más altas o más bajas de dichas curvas, y a partir de ese punto se dispone a generar líneas rectas a 90° de las curvas equipotenciales, lo que dará lugar a estas líneas lleguen a otro punto de convergencia y a partir de allí iniciar nuevamente y así hasta tener una red.

Con la red terminada hará falta determinar la dirección de las líneas rectas a 90° y eso se hace colocando flechas que indiquen la dirección del flujo, que siempre va de una altura superior a una altura inferior como se muestra en la imagen 6.

Figura 6. Diagrama de redes de flujo de agua subterránea

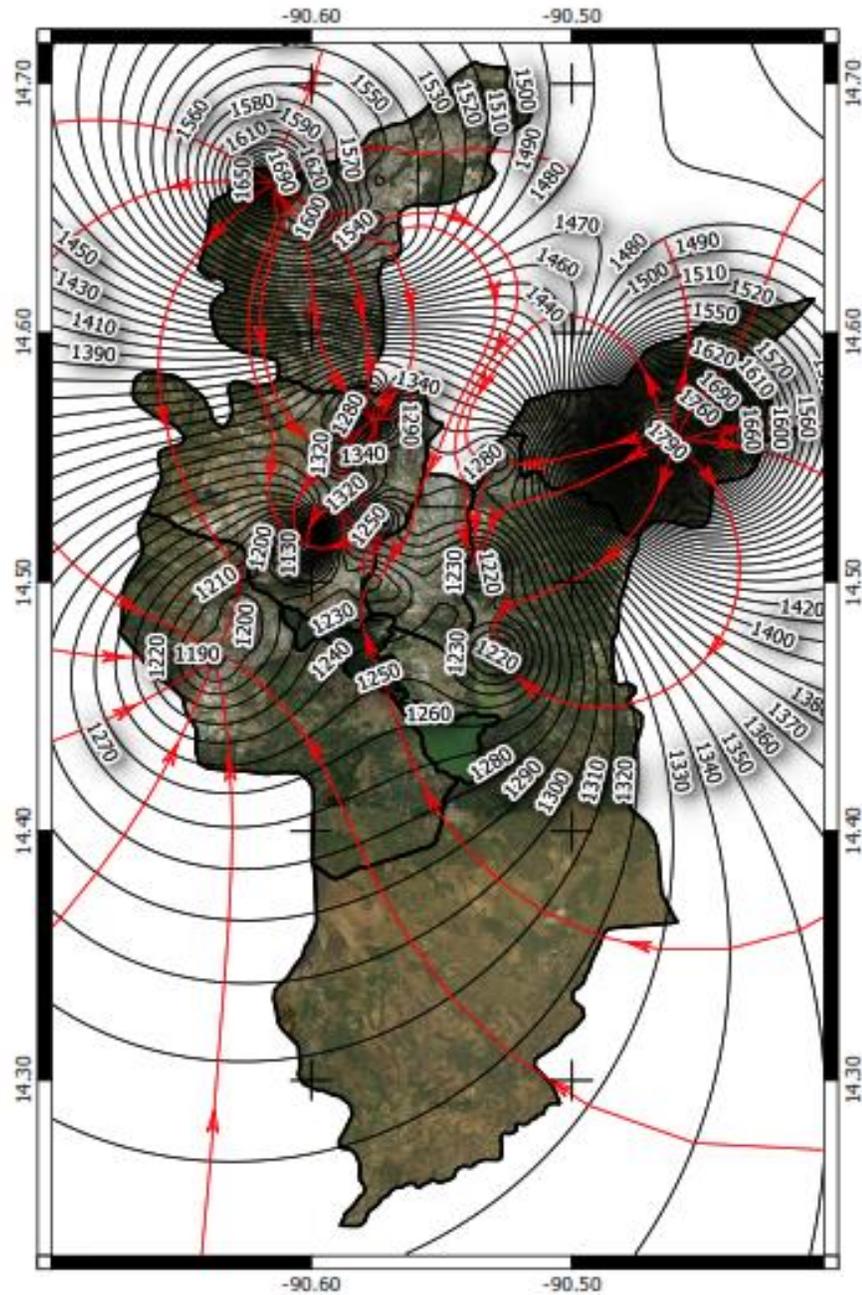


Fuente: NAVER. *Ground Water Flow Net*. https://inside.mines.edu/~epoeter/_GW/09FlowNets/FlowNetsPdf.pdf. Consulta: 27 de septiembre de 2019.

2.2.3.2. Análisis comparativo histórico entre curvas equipotenciales y líneas de flujo de los niveles dinámicos y estáticos de pozos de agua para consumo humano en los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva

Con la información del estudio histórico se pudo digitalizar la ubicación de pozos y características físicas de los mismos como profundidad, nivel estático para el año 1978, con lo cual a través del software QGIS, se realizó una distribución espacial de los datos abarcando el área de interés, los resultados de esta distribución de datos espacial pueden observarse en la imagen 7.

Figura 7. Red de flujo del nivel estático de pozos en 1978



Fuente: elaboración propia, empleando datos del Informe final del estudio de aguas subterráneas en el valle de la ciudad de Guatemala 1978.

Dentro del contexto general de los municipios de Amatitlán, Mixco, Petapa, Santa Catarina Pínula, Villa Canales y Villa Nueva, se puede observar que en general el flujo del agua subterránea con los datos recopilados del estudio en mención para 1978 históricamente se desplazaba desde las zonas donde las cotas freáticas o líneas equipotenciales eran mayores hacia las zonas donde estas eran menores.

En el caso de Mixco el agua subterránea se desplazaba hacia los cuatro puntos cardinales del municipio y era el mismo caso para Santa Catarina Pinula. Villa Nueva por su parte recibía agua por parte de Mixco y cedía agua a la zona del casco central de Amatitlán.

Continuando con Amatitlán, las condiciones de los flujos de agua subterránea mostraban un comportamiento parecido a un embudo ya que el flujo subterráneo recibía agua desde sus cuatro puntos cardinales.

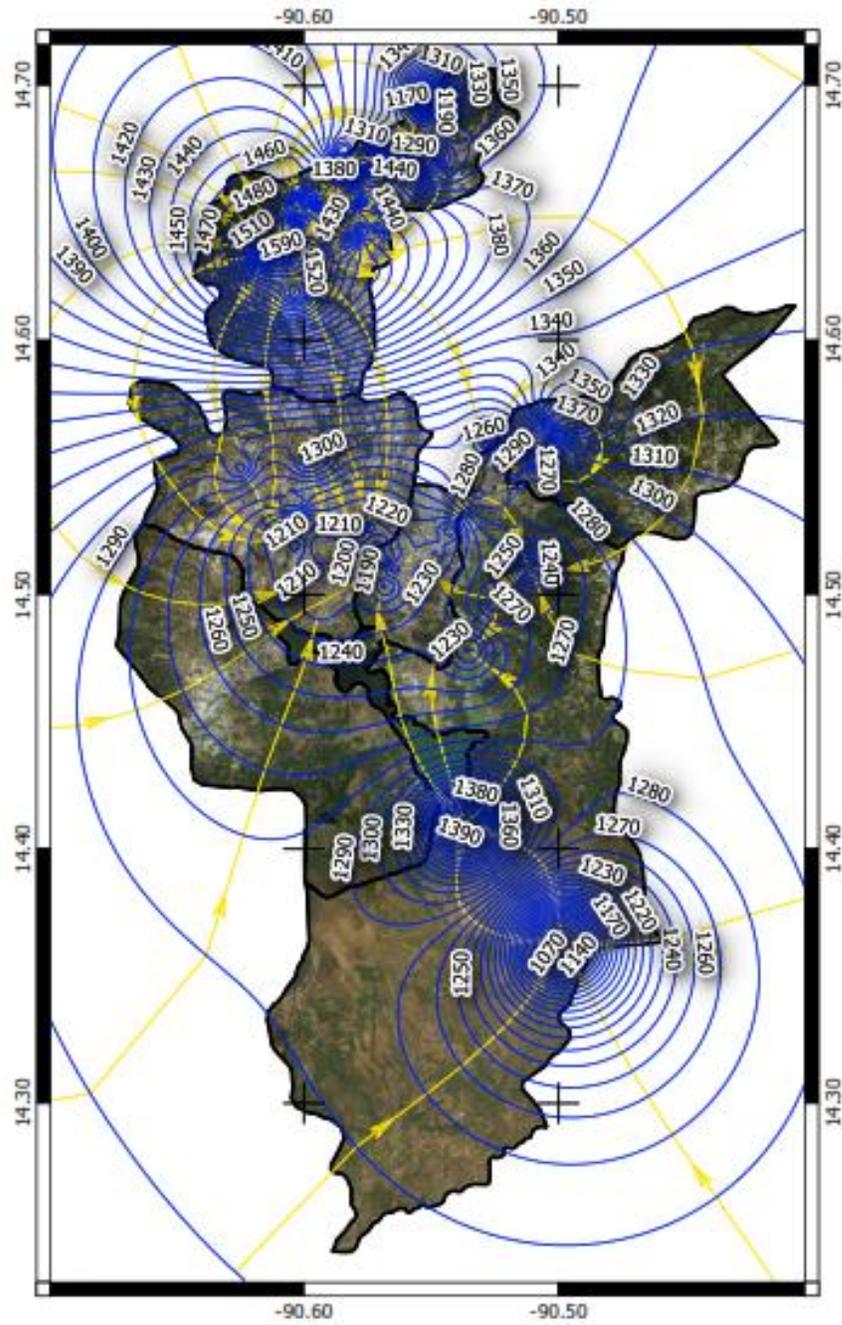
El municipio de San Miguel Petapa básicamente funcionaba como medio para transportar agua a Villa Canales y Villa Nueva. Villa Canales concentraba el agua que recibía en su zona norte, más específicamente del área del casco central y en Boca del Monte, de igual forma la zona sur del municipio era el medio para llevar agua subterránea a la zona sur del municipio de Amatitlán.

El trabajo de campo realizado en el primer semestre de 2018 consistió en registrar 180 pozos de los 6 municipios que pertenecen a MGCS enfatizando en parámetros tales como la ubicación de cada uno de los pozos, incluyendo información de la elevación sobre el nivel del mar de cada uno de los brocales del pozo. Esta información es de mucha importancia para el análisis de dirección de flujo de aguas subterráneas pues es la base para realizar la distribución espacial de los niveles estático y dinámico recolectados.

Se obtuvo información de niveles estático y dinámico de 91 pozos distribuidos en el área de los municipios que integran la MGCS, a través del software QGIS, se realizó una distribución espacial de los datos abarcando el área de interés. Los resultados de esta distribución de datos espacial pueden observarse en las imágenes 8 y 9.

Tomando en consideración que los equipos bomba y motor se encontraban apagados en el momento en que se estableció el nivel freático estático, se obtiene un modelo del desplazamiento natural y actual del agua a través del subsuelo. Ver figura 8.

Figura 8. Red de flujo del nivel estático de pozos en 2018 (época seca)

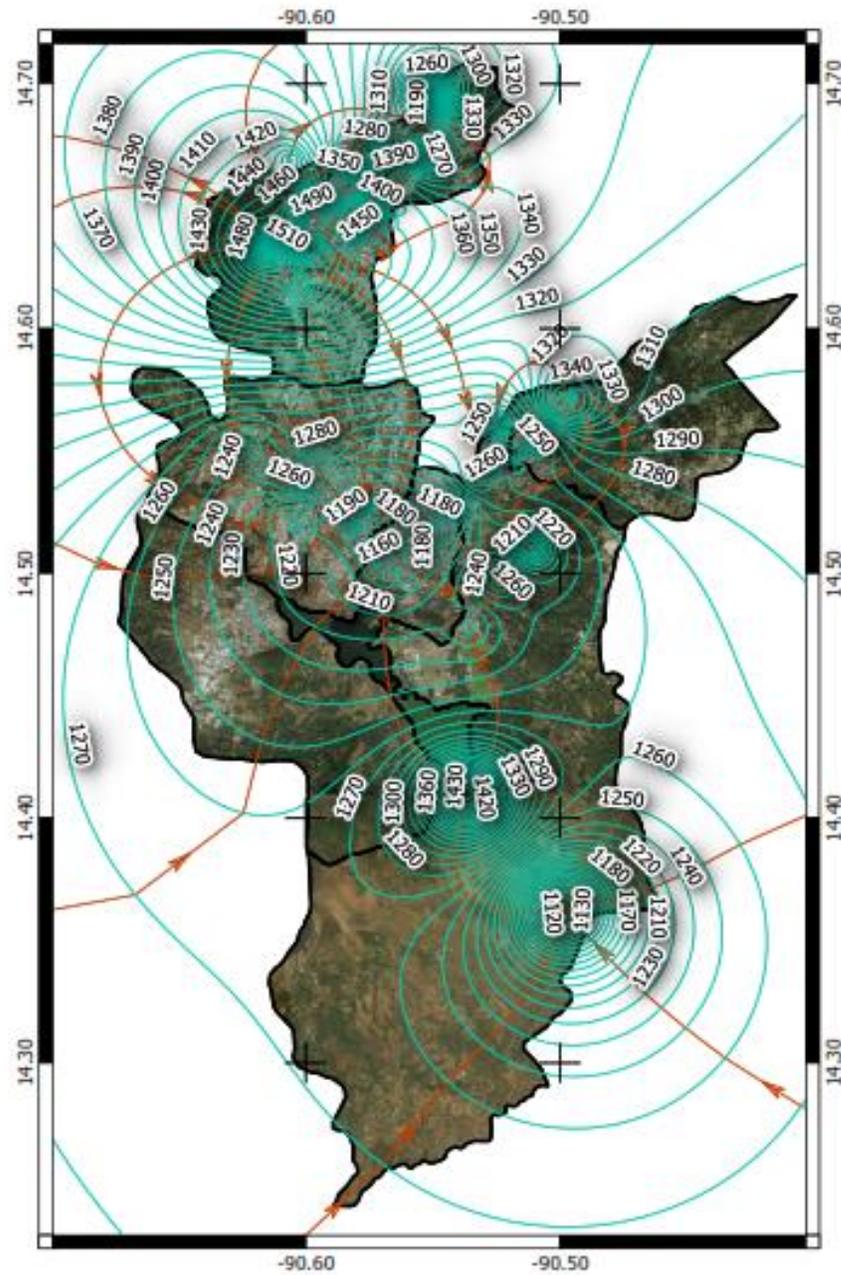


Fuente: elaboración propia, empleando datos obtenidos en campo 2018 (época seca).

Como puede observarse en la figura 8 el agua de los seis municipios en estudio se desplaza hacia la zona fronteriza entre los municipios de Villa Nueva y Petapa, así como hacia la zona norte del municipio de Villa Canales.

Tomando en consideración que los equipos bomba y motor permanecen encendidos 24 horas al día en su mayoría, en el momento en que se estableció el nivel freático dinámico, se obtiene un modelo del desplazamiento diario y actual del agua a través del subsuelo. Ver figura 9.

Figura 9. Red de flujo del nivel dinámico de pozos en 2018 (época seca)



Fuente: elaboración propia, empleando datos obtenidos en campo 2018 (época seca).

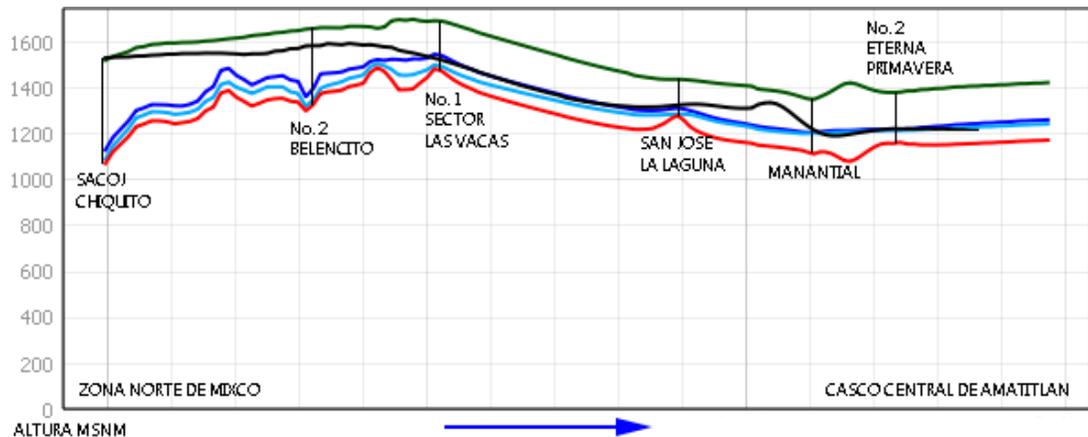
2.2.3.3. Análisis comparativo histórico entre niveles dinámicos y estáticos de pozos de agua para consumo humano en los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva

Con los modelos de distribución espacial de los niveles de aguas subterráneas registrados tanto para 1978 como para 2018 (mediciones piezométricas de niveles estáticos y dinámicos realizadas durante la época seca del año) se pudo integrar información para obtener la distribución espacial de superficie del terreno, nivel estático y dinámico época seca 2018, nivel piezométrico de 1978 y la profundidad de los pozos, que sirvieron para construir perfiles piezométricos del territorio, observando dicha información.

En los perfiles se puede observar el estado general de los niveles dinámicos y estáticos de 2018 en época seca de los pozos que se encuentran dentro de los municipios de Amatitlán, Mixco, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Villa Nueva. Al mismo tiempo muestran que en algunos lugares ha habido un descenso en el nivel piezométrico del área de hasta 400 m en los últimos 40 años, como es en el caso de Sacoj Chiquito en el municipio de Mixco, esto debido a la explotación del recurso hídrico para diferentes fines dentro de algunas zonas, como puede observarse en la figura 10.

Adicionalmente, existen zonas donde la recarga hídrica ha permanecido constante con el pasar del tiempo, como por ejemplo el tramo que existe entre el pozo núm. 1 sector Las Vacas y el pozo San José la Laguna, uno de Mixco y el otro de Villa Nueva, respectivamente.

Figura 10. Perfil de municipios de Mixco, Villa Nueva y Amatitlán



Fuente: elaboración propia, empleando datos del Informe final del estudio de aguas subterráneas en el valle de la ciudad de Guatemala 1978 y datos obtenidos en campo 2018 (época seca).

2.2.3.4. Diseño y ubicación de pozos para infiltración de agua al subsuelo

Debido a una mala organización para el desarrollo urbanístico de una ciudad, se puede crear una insuficiente captación de las aguas de lluvias mediante redes de drenaje, para lo cual se han desarrollado sistemas alternativos de captación de estas aguas, como los pozos de infiltración.

Los pozos de infiltración consisten en excavaciones normalmente cilíndricas de profundidad variable, que pueden estar rellenas o no de material y permiten filtrar el agua de lluvia directamente al suelo en espacios pequeños, reduciendo el caudal máximo, disminuyendo el volumen escurrido y recargando la napa de agua subterránea.

Esta técnica tiene la ventaja de ser aplicada en zonas donde el estrato superior del suelo es poco permeable, como ocurre en zonas urbanizadas, pero que tienen capacidades importantes de infiltración en las capas profundas del suelo.

Los pozos de infiltración, por lo general, se ubican en pequeños espacios, abiertos o cubiertos, cerca de las superficies impermeables que drenan a ellos, para operar preferentemente con agua limpia.

Desde el punto de vista de la forma en que se evacuan el agua se denomina pozo de infiltración cuando el agua sale del pozo a través de estratos no saturados del suelo, es decir, cuando la superficie de agua subterránea se ubica debajo de la base del pozo, de manera que las aguas lluvias se filtran en el suelo antes de llegar al nivel del agua subterránea. Si la napa de agua subterránea se ubica sobre el nivel del fondo del pozo, de manera que la evacuación de las aguas lluvias se realiza directamente al agua subterránea se llama pozo de inyección.

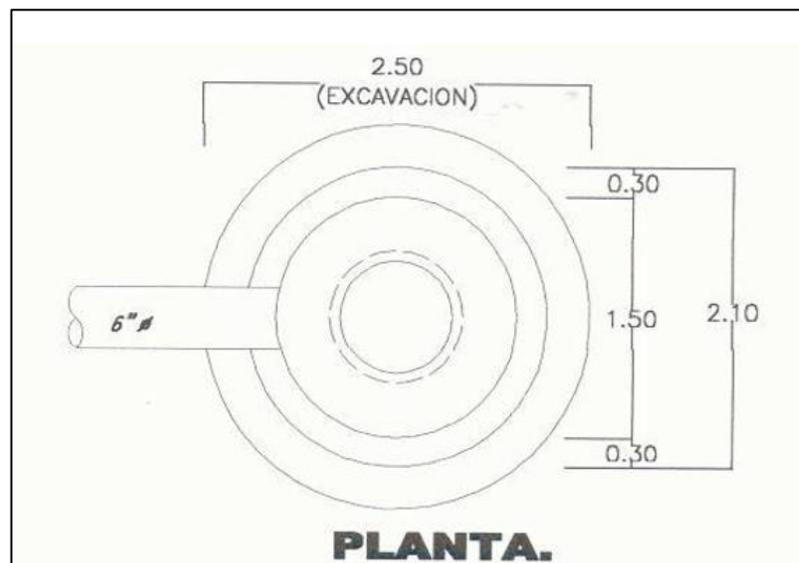
Además de las ventajas comunes a todas las obras de infiltración, su principal ventaja es su integración a condiciones urbanas restringidas, ya que son poco visibles, no tienen restricciones topográficas para su instalación y comprometen solo una pequeña parte del suelo, economizando terreno.

Respecto de las desventajas, la principal es la capacidad de almacenamiento reducida en comparación con otras obras. Por esto es recomendable su instalación solo en lugares en que no se puede instalar otro sistema. El almacenamiento depende del nivel de la napa. Napas poco profundas limitan el uso de los pozos al disminuir su volumen de almacenamiento y reducir sus capacidades hidráulicas. Otra desventaja es que

puede presentar problemas de colmatación al retener las partículas finas presentes en el agua, para lo cual se debe requerir mantenimiento durante la vida útil de la obra. Otra desventaja es el riesgo de contaminación de la napa, para lo cual es muy importante conocer las características de las aguas que se van a infiltrar.

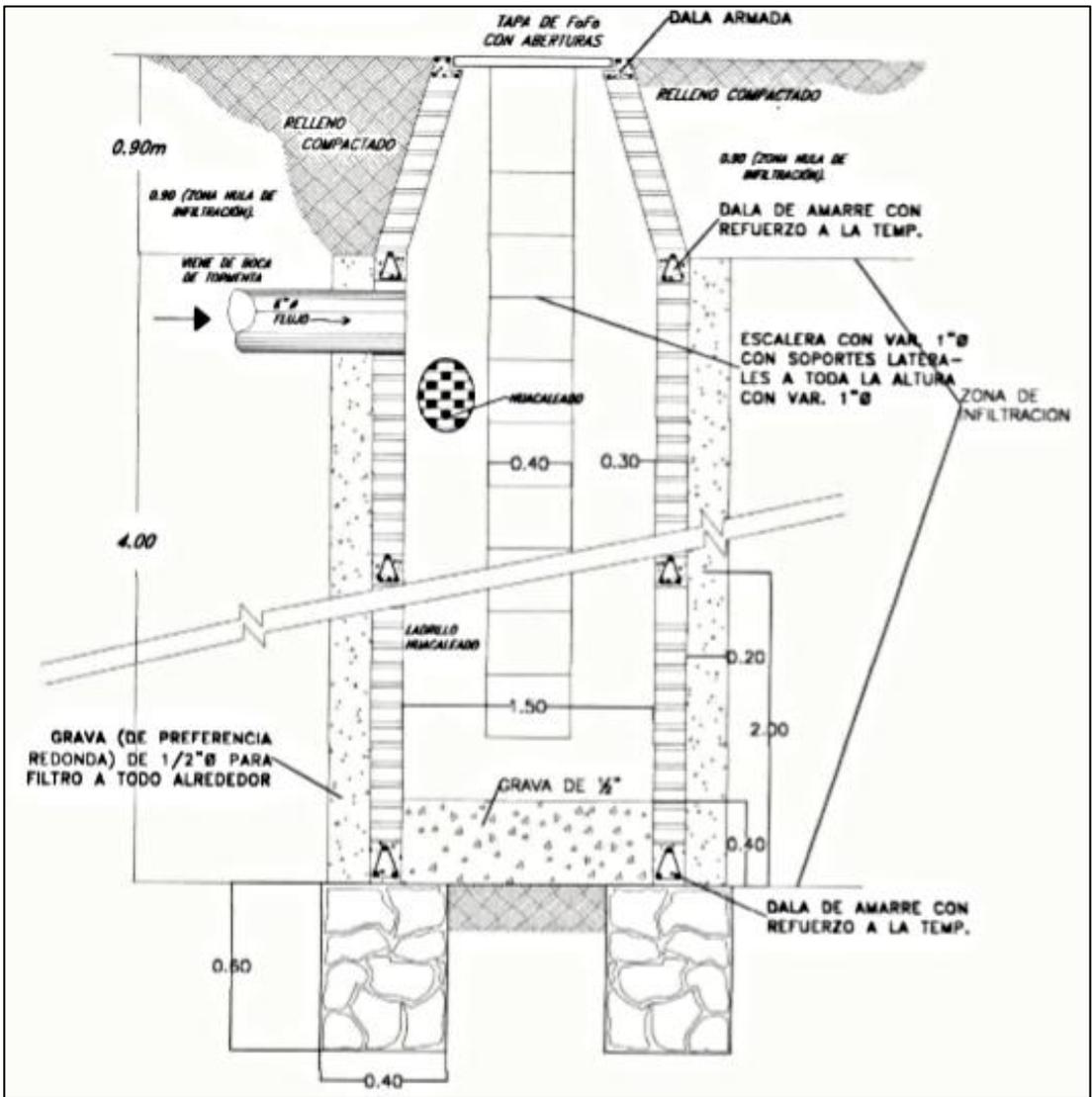
El diseño de pozos para absorción de agua de lluvia surge de la necesidad de dotar de agua los mantos acuíferos, de los que se extrae el agua subterránea, para su distribución a las comunidades donde las municipalidades otorgan este servicio. En las figuras 11, 12 y 13 podemos ver el diseño de un pozo de infiltración y una vista de la forma final que debe tener el pozo.

Figura 11. **Vista en planta de instalación de pozo de infiltración de agua pluvial**



Fuente: Lineamientos técnicos para factibilidades, SIAPA. *Infiltración pluvial. Criterios y lineamiento técnicos para factibilidades, Cap. 5.* https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_5._infiltracion_pluvial.pdf. Consulta: 15 de septiembre de 2019.

Figura 12. Vista en sección de pozo de infiltración



Fuente: Lineamientos técnicos para factibilidades, SIAPA. *Infiltración pluvial. Criterios y lineamiento técnicos para factibilidades, Cap. 5.* https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_5._infiltracion_pluvial.pdf. Consulta: 15 de septiembre de 2019.

Figura 13. **Instalación final de pozo de infiltración de agua pluvial**



Fuente: QUIROZ, Gisela; BECERRA, Raúl. *Pozos de infiltración*.

<https://hidroextrema.blogspot.com/2008/09/pozos-de-infiltracin.html>. Consulta: 15 de septiembre de 2019.

La ubicación ideal para estos pozos de infiltración sería en una zona muy cercana a los pozos de explotación de agua subterránea, debido a que las lecturas de los niveles de los mantos freáticos se tomaron directamente en los pozos. Sin embargo, no en todas las localidades de los pozos existe suficiente espacio para estructuras de este tipo, por lo que se aconseja que los pozos de infiltración se coloquen en un lugar cercano al pozo en un radio de 50 m.

Para determinar la ubicación que estos pozos deben tener dentro del área de los municipios de Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, se realizará la comparación de mantos acuíferos de nivel estático y nivel dinámico. Si el nivel estático y dinámico no muestran una diferencia significativa, no se instalará pozo de absorción debido a que en la zona hay un buen balance entre los mantos acuíferos cuando no se están explotando y cuando no. En el caso de que sí exista una diferencia considerable entre los niveles estáticos y dinámicos, se colocará un pozo de absorción. Si el nivel dinámico o estático de los pozos se encuentra cerca de la profundidad de perforación del pozo,

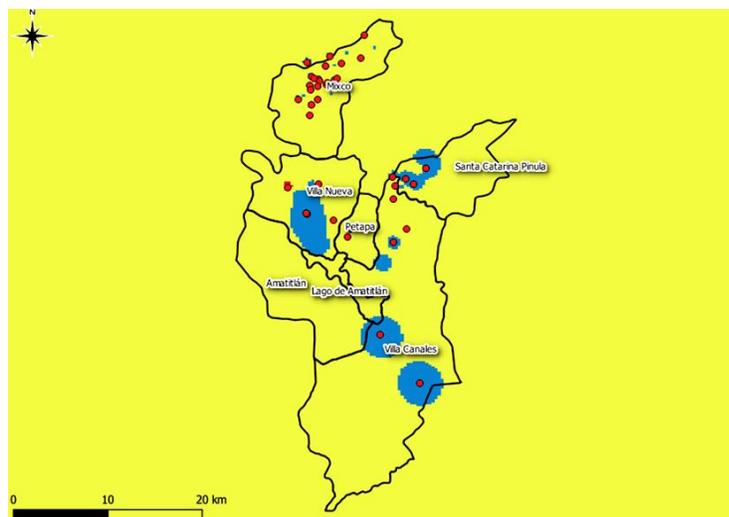
entonces también se colora un pozo de absorción, sin importar que los niveles de los acuíferos no presenten una diferencia significativa. Para determinar que existe una diferencia significativa entre niveles, se procederá calcular la diferencia porcentual de niveles piezométrico (que deberá ser mayor al 5 %), con la siguiente expresión:

$$dif_{\%} = \frac{|nvl.din. - nvl.est.}|}{nvl.est.} * 100$$

Donde:

- $dif_{\%}$ = diferencia porcentual
- $nvl.din.$ = nivel dinámico
- $nvl.est.$ = nivel estático

Figura 14. **Ubicación de pozos de infiltración de agua pluvial**



Fuente: elaboración propia, empleando datos obtenidos en campo.

2.2.3.5. Plan de mantenimiento a pozos de agua para consumo humano

El mantenimiento compone una o más acciones necesarias para prolongar la vida útil de los equipos de bombeo, garantizar el suministro de agua y prevenir la suspensión de las actividades socio-económicas de los municipios que pertenecen a Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Se tiene como propósito planificar las inspecciones básicas, suspensión de actividades de bombeo y realizar las acciones de mantenimiento que se requieran a fin de evitar reparaciones de urgencia que impliquen mayores costos para las municipalidades.

Las principales causas de disminución del rendimiento de un pozo y que impliquen tomar acciones son:

- La obstrucción de los filtros y los alrededores del pozo con incrustaciones químicas, bacteriológicas y mecánicas.
- Descenso excesivo del nivel de bombeo por interferencia de pozos cercanos y veranos prolongados.
- Desgaste de la bomba por envejecimiento, mala calidad de los materiales o instalación deficiente.
- Corrosión de la tubería o filtro que pueden producir el derrumbamiento del pozo y pérdida total de las instalaciones sino es corregida a tiempo.

El enfoque del plan de mantenimiento en pozos se enfoca desde el punto de vista de la prevención.

- Mantenimiento preventivo de pozos
 - Desinstalar la bomba: labor realizada por técnicos con experiencia y el equipo necesario para evitar accidentes como el dejar ir la bomba al pozo que es lo más común.
 - Revisar la bomba: observar qué tipo de minerales o incrustaciones están adheridos a la superficie del cuerpo de tazones y a la tubería o columna de conducción. Anotar el número de tubos de conducción, revisar su estado de desgaste, las roscas de los tubos y uniones. Lo mismo de los ejes. Todas las observaciones debe ser anotadas en la hoja reporte de mantenimiento de la bomba.
 - En lo posible tomar un vídeo del pozo con el fin de observar el estado estructural del pozo y las incrustaciones que tengan los filtros, luego este vídeo permite observar qué filtros están más incrustados que otros y qué tipo de incrustaciones tiene. El vídeo es una herramienta muy importante para programar el tratamiento químico y mecánico del pozo y detectar cualquier desgaste por corrosión que pueda tener la tubería de revestimiento del pozo.
 - Pistoneo del pozo: consiste en pistonear el pozo con inyección simultánea de aire con compresor en frente de cada filtro para extraer la mayor cantidad de fino o arena antes de aplicar lo químicos.
 - Aplicación de químicos: cuando un pozo muestra diferentes tipos de incrustaciones lo mejor es aplicar químicos en el siguiente orden: ácido, polifosfato y cloro. Cada aplicación tiene que ser en frente de

los filtros y agitada vigorosamente con el pistón para que penetre en los acuíferos, transcurrido el tiempo de contacto se debe pistonear nuevamente cada filtro para extraer los químicos y las incrustaciones disueltas.

- Revisión del filtro de grava: la aplicación de los químicos debe disolverlas al rededor del pozo, haciendo que el filtro de grava se mueva y descienda en la medida que se extraigan los sedimentos o incrustaciones. Si la grava no se mueve, es señal de que la incrustación es demasiado fuerte, que el tratamiento no es efectivo y, por consiguiente, el mantenimiento no cumplió su objetivo.
- Nivelación de la grava: debe completar la grava con otra similar a la que tiene el pozo para garantizar las condiciones de diseño y construcción. La gravedad debe estar disponible todo el tiempo durante la operación y el mantenimiento del pozo almacenada en una caneca de 55 galones para conservarla limpia.

Tabla II. **Productos químicos desincrustantes**

Desinfectantes	Tipos más usados	Presentación	Tipo de incrustaciones que atacan	Dosis	Tiempo de contacto (horas)
Acidos	Muriático	Líquido	Todos los minerales	1,5 volúmenes de agua contenida en los filtros del pozo	2
	Sulfámico	Granular	Carbonatos y óxidos de hierro	1,5 volúmenes de agua contenida en los filtros del pozo	12
	Acélico	Líquido	Incrustaciones ferrosas y bacterias	1 galón por cada 15 galones de agua contenida en los filtros del pozo	16
Polifosfatos	Hexametafosfato de sodio Tripolifosfato de sodio	Granular	Arcillas, limos, arenas e incrustaciones de hierro	1 kilogramo por cada 100 galones de agua contenida en los filtros del pozo	24

Continuación de la tabla II.

Cloro	Hipoclorito de calcio Hipoclorito de sodio	Granular Líquido	Bacterias	1 kilogramo por cada 200 galones de agua contenida en los filtros del pozo	12
--------------	---	---------------------	-----------	--	----

Fuente: HERRERA, Martha. *Plan de mantenimiento preventivo aljibes, pozos profundos y tanques de almacenamiento sede Barcelona*. p. 2.

- Chequeo final del pistoneo: se debe chequear todos los filtro, uno por uno, con el pistón y el compresor para verificar que el agua esté saliendo limpia de cada uno de ellos sin finos o arena en suspensión y de que el filtro de grava se haya estabilizado nuevamente.
- Toma de video de comprobación: para verificar la efectividad de los tratamiento realizados, observando el estado en que la tubería y los filtros.
- Instalación de la bomba: la bomba y el motor deben ser revisado en talleres especializados en este tipo de equipos, las piezas desgastadas y en mal estado deben ser reemplazadas. Antes de instalar la bomba se debe hacer un inventario completo de ella. Cuando se compruebe que está completa y en perfecto estado se procede a la instalación. Durante la instalación del equipo de bombeo se debe verificar que la bomba baje libremente y bien nivelada, que los tubos de conducción y ejes queden bien alineados y apretados. La bomba nunca debe quedar recostada sobre la tubería del pozo, debe quedar totalmente vertical y libre, para garantizar su alineamiento y buen funcionamiento. En bombas turbinas se debe revisar el engranaje de transmisión, si tiene, y hacer las reparaciones o mantenimiento del caso.

- Se debe aprovechar el tiempo durante se realiza el mantenimiento para revisar todos los equipos, tubería y conexiones del pozo. El mantenimiento de un pozo puede tardar entre una o dos semanas, por lo cual el mantenimiento de un pozo debe ser previamente programado de tal manera que tenga preparada una fuente alterna y así garantizar el suministro de agua.
- Desinfección de pozos: se debe mezclar agua con el hipoclorito de calcio o de sodio al 70 % hasta que quede disuelto, aplicando a través de la tubería plástica de PVC de una pulgada de diámetro en frente de cada filtro y a lo largo de toda la profundidad del pozo. Luego de aplicado se debe agitar vigorosamente dentro del pozo con un pistón o con aire con un compresor y garantizar un tiempo de contacto en el pozo entre 6 y 8 horas. Luego se debe bombear el pozo durante un tiempo mínimo de 2 horas o el que se necesite hasta que el agua salga sin residuos, ni olor a cloro.
- Todos los elementos que componen la bomba, la tubería de conducción, accesorios también deben ser desinfectados en forma simultánea con el pozo.
- En cuanto a la dosis, se recomienda de acuerdo con la longitud y el diámetro de los filtro, es decir, a su volumen de almacenamiento, como observa en la siguiente tabla:

Tabla III. **Dosis de químico para desinfección**

Profundidad del pozo (m)	Dosis (Kg de hipoclorito de sodio o calcio)
100	10
200	15
400	15

Fuente: HERRERA, Martha. *Plan de mantenimiento preventivo aljibes, pozos profundos y tanques de almacenamiento sede Barcelona*. p. 3.

- Mantenimiento del equipo de bombeo de pozos

Como los equipos de bombeo, en especial las bombas sumergibles, están instaladas dentro del pozo y son lubricadas por el agua que bombean, el mantenimiento preventivo que debe realizar el operador se reduce a:

- Revisar el mantenimiento del sistema eléctrico y las conexiones de las instalaciones hidráulicas.
- Para los que tienen bomba turbina, se debe revisar los ejes, el engranaje de transmisión, si tiene, y el motor eléctrico.
- Acciones en la bomba: se debe limpiar completamente todas las piezas de la bomba y revisar los desgastes. Todas las piezas desgastadas deben reemplazarse. Como la reparación o revisión de una bomba-puede tardar uno o varios días, es recomendable tener a disposición en el sitio bomba sumergible, similar a la que está instalada en el pozo. En bombas turbinas diariamente se debe verificar que el eje gire libremente y la lubricación de los cojinetes con agua debe ser previo antes de prender la bomba.

- Acciones en el engranaje de transmisión: revisar el estado de los rodamientos y piñones para luego lubricarlos con aceite de transmisión cada 2 000 horas de trabajo.
- Mantenimiento de partes del motor y equipos eléctricos: al ser equipos especializados y se traba con alto voltaje y energía trifásica, el operador solo debe revisar el estado de todas las conexiones, limpiarlas si tienen polvo y secarlas si tienen humedad, lo mismo que apretarlas si están flojas, observando las normas de seguridad desconectando la corriente antes de hacer estas labores; las demás revisiones debe ser realizadas por el técnico electricista.
- El operador debe vigilar y supervisar todas las labores realizadas durante el mantenimiento, en lo posible participar en algunas de ellas, tales como la instalación y desinstalación de la bomba, desinfección del pozo y mantenimiento del equipo eléctrico.
- Frecuencia del mantenimiento

A continuación se presenta la frecuencia del desarrollo de las actividades antes mencionadas y el responsable de su ejecución.

Tabla IV. **Frecuencia y responsables de las actividades de mantenimiento**

Actividades	Frecuencia	Responsables
Inspecciones del sistema	Trimestral	DMP y Dirección de Agua y Saneamiento de las municipalidades
Mantenimiento preventivo de pozos	<p>Se programa cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La capacidad específica se haya reducido en más de un 20 % de su valor original. • El pozo produce arrastre de arenas y fino en suspensión por más de diez minutos después de iniciando el bombeo. • El pozo comience a presentar señales de intermitencia en el flujo por descenso excesivo del nivel de bombeo. • La bomba presente problemas de desgaste. 	DMP y Dirección de Agua y Saneamiento de las municipalidades
Mantenimiento del equipo de bombeo de pozos	Cada dos años sino hay requerimientos acorde a las inspecciones del sistema o cuando se presenten condiciones de ruido, vibración o reducción del flujo de descarga cuando es causada por desgaste de la bomba.	DMP y Dirección de Agua y Saneamiento de las municipalidades

Fuente: HERRERA, Martha. *Plan de mantenimiento preventivo aljibes, pozos profundos y tanques de almacenamiento sede Barcelona*. p. 5.

- Programación del mantenimiento

La ejecución o programación de las actividades del plan de trabajo se muestra en el siguiente esquema, en el cual se toman como base los años 1 y 2, del tercer año en adelante se ejecutaran las actividades acorde al orden indicado en dichos años base.

Tabla V. **Cronograma de actividades**

Actividades	Año 1												Año 2												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Inspecciones del sistema																									
Mantenimiento preventivo de pozos																									
Mantenimiento del equipo de bombeo de pozos profundos																									

Fuente: HERRERA, Martha. *Plan de mantenimiento preventivo aljibes, pozos profundos y tanques de almacenamiento sede Barcelona.* p. 7.

CONCLUSIONES

1. El proyecto de drenaje sanitario para la aldea El Carmen, colonias La Arboleda y Las Ilusiones del municipio de Santa Catarina Pinula disminuirá las enfermedades y contaminación ambiental de los mantos freáticos, que se produce por las aguas residuales que se encuentran a flor de tierra y conectados al drenaje actual de forma ilícita.
2. El sistema de drenaje sanitario beneficiará actualmente a 2 982 habitantes de las colonias La Arboleda y Las Ilusiones y a 8 616 habitantes en el futuro, por un periodo de 30 años, por lo cual este proyecto mejorará la calidad de vida de la población, reduciendo focos de contaminación y enfermedades debido a un mejor manejo de desalojo de aguas residuales.
3. El impacto ambiental que generará el proyecto será únicamente cuando este esté en ejecución, por un periodo de 10 meses, y se avisará a los pobladores con anticipación, para que tomen sus propias medidas de prevención respecto del polvo que generará la obra.
4. En 1978 el flujo de agua subterránea presente en los municipios que comprende el estudio se desplazaba desde las zonas más altas de los municipios, Mixco, Santa Elena Barillas y Santa Catarina Pínula, hasta las zonas norte y sur del municipio de Villa Nueva, y una parte del agua se quedaba en la zona del casco urbano de Amatitlán. Para 2018 el flujo general del agua subterránea presente fluye desde las zonas más elevadas, Mixco, Santa Elena Varillas y Santa Catarina Pínula, hacia una

zona centralizada ubicada en la frontera entre los municipios de Villa Nueva y San Miguel Petapa.

5. Los municipios de Santa Catarina Pinula y Mixco son los que presentan un mayor descenso en los niveles piezométricos dinámicos y estáticos de agua comparados entre 2018 (mediciones realizadas en época seca) y 1978 alcanzando 400 m en algunas áreas de Mixco y 200 m para el caso de Santa Catarina Pinula. Los pozos de Amatitlán no cuentan con piezómetro, razón por la cual en la campaña de monitoreo de niveles piezométricos de 2018 no se logró realizar ninguna medición. En 1978 se realizaron lecturas de niveles estáticos, con lo que se puede decir que el nivel estático en los pozos se encuentra aproximadamente a 200 m de la superficie del terreno. El pozo Las Margaritas del municipio de San Miguel Petapa, es un pozo próximo por deshabilitarse puesto que los niveles piezométricos se encuentran muy cerca del fondo del pozo. En Villa Canales es evidente que el nivel estático registrado en 1978 ha descendido hasta 50m respecto del nivel estático medido en la época seca de 2018. En el municipio de Villa Nueva muestra que el comportamiento de los niveles piezométricos dinámicos y estáticos de los últimos 40 años se ha mantenido constante sin mayor alteración.
6. Los pozos de infiltración se colocarán en las zonas donde se haga evidente que existen problemas con las fuentes de agua subterránea.
7. El plan de mantenimiento preventivo de los pozos de agua se realiza a lo largo de un periodo de tiempo cada dos años para cada actividad, sin embargo, queda a criterio de las autoridades encargadas del pozo seguir esta programación, ya que pueden ejecutar el plan con mayor frecuencia o dejando un mayor tiempo entre actividades.

RECOMENDACIONES

1. Instalar, por lo menos, un piezómetro en cada pozo, para tener mayor conocimiento del comportamiento de los niveles piezométricos y de esta forma realizar una toma de decisión más acertada al momento de monitorear condiciones presentes del recurso y su explotación a futuro.
2. Verificar que los piezómetros instalados en los pozos, sean por lo menos de 1 pulgada de diámetro, para evitar problemas al introducir equipos en que su uso implique ingresarlos por el piezómetro.
3. Tener un plan de monitoreo constante en los pozos, por lo menos dos veces al año, en primer semestre y segundo semestre, para llevar un registro histórico que proporcione información para tomar decisiones relacionadas a aguas subterráneas.
4. Permitir que monitoreo de niveles piezométricos de los pozos pueda complementarse con toma de muestras de agua para realizar análisis de calidad y generar así un modelo de distribución espacial de ciertos parámetros de calidad de agua que permitan un control efectivo de las condiciones de calidad presentes en el territorio.
5. Conseguir que cada municipalidad realice un esfuerzo para comprar una sonda electrónica para la medición de niveles de agua en los pozos.

6. Contar en cada municipalidad con un reglamento municipal para regular la explotación del recurso hídrico en el sector privado.
7. Promover la habilitación de zonas de recarga hídrica dentro de los municipios como medida para mejorar la cantidad de agua en los mantos acuíferos.
8. Tomar como base para el sistema de drenaje sanitario la norma general de EMPAGUA e IFOM y las especificaciones técnicas de la tubería PVC de la norma ASTM F-949, así como la información proporcionada por el fabricante AMANCO, con el fin de asegurar un buen funcionamiento dentro del sistema.
9. Colocar los pozos de infiltración en las zonas donde se evidencie la falta de agua subterránea que se distribuye a la población.
10. Dar el seguimiento adecuado al plan de mantenimiento preventivo, ya que de lo contrario es posible que se llegue a casos en que el mantenimiento a los pozos tenga carácter correctivo, y esta condición hace que el costo del mantenimiento sea más elevado.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARENGA, Alan, CRUZ, Hernán, PORTILLO, Héctor; PORTILLO, Orfa. *Evaluación del impacto hídrico que se genera en el acuífero subterráneo de la cuenca del río el jute del municipio de san miguel, por la explotación de pozos de uso industrial y abastecimiento de agua potable*. San Miguel, El Salvador: Universidad de El Salvador, 2016. 307 p.
2. BEARD. *Conceptos básicos*. [en línea]. <http://www.perforadoras.cl/documentos/conceptos_basicos.pdf>. [Consulta: 28 de septiembre de 2019].
3. BERDUCIDO, Sergio. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Manzano La Libertad y carretera hacia la aldea San José El Manzano, Santa Catarina Pinula, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 184 p.
4. CHIGUAQUE, David. *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para los sectores Cuatro Caminos, El Cerrito y la frontera, aldea El Pajón y sistema de agua potable para la aldea El Pueblito y 0 calle de la cabecera municipal Santa Catarina Pinula, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 216 p.

5. Escuela de Formación y Capacitación para el Desarrollo Territorial y Catastral y Registro de Información Catastral. *Curso: Quantum GIS - conceptos básicos*. Guatemala: RIC - ESCAT: Gerencia Técnica y Unidad de SI, 2014. 3 p.
6. GIRÓN, Dayryn. *Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula, 2009*. Trabajo de graduación de Ing. Agronomía. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011. 96 p.
7. HERNÁNDEZ, Jackeline. *Evaluación de la calidad bacteriológica de agua de pozos para consumo humano del casco urbano del departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 60 p.
8. HERRERA, Martha. *Plan de mantenimiento preventivo aljibes, pozos profundos y tanques de almacenamiento sede Barcelona*. Colombia: Universidad de los Llanos Villavicencio, 2015. 15 p.
9. Instituto Nacional de Estadística, Censos Nacionales Integrados y Fondo de Población de las Naciones Unidas. *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Guatemala: INE, 2003. 278 p.

10. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Instituto Geográfico Nacional y Organización de Naciones Unidas. *Informe final del proyecto estudio de aguas subterráneas en Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH, 1978. 164 p.
11. Lineamientos técnicos para factibilidades, SIAPA. *Infiltración pluvial. Criterios y lineamiento técnicos para factibilidades, Cap. 5*. [en línea]. <https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_5._infiltracion_pluvial.pdf>. [Consulta: 15 de septiembre de 2019].
12. QUIROZ, Gisela; BECERRA, Raúl. *Pozos de infiltración*. [en línea]. <<https://hidroextrema.blogspot.com/2008/09/pozos-de-infiltracin.html>>. [Consulta: 15 de septiembre de 2019].
13. REBOLLO, Luis. *Hidrogeología*. Madrid, España: Universidad de Alcalá, Departamento de Geología – UAH, 2014. 21 p.
14. Weather Spark. *El clima promedio en Amatitlán, Mixco, Santa Catarina Pínula, San Miguel Petapa, Villa Canales y Villa Nueva*. [en línea]. <<https://es.weatherspark.com/>,<https://es.weatherspark.com/y/11622/Clima-promedio-en-Villa-Nueva-Guatemala-durante-todo-el-año>>. [Consulta: 11 de octubre de 2019].
15. La enciclopedia libre. *Lago Amatitlán*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Lago_Amatitlán>. [Consulta: 6 de agosto de 2019].

16. _____. [en línea]. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Colector>>. [Consulta: 6 de agosto de 2019].
17. WikiWater. *Los diversos tipos de pozos y perforaciones*. [en línea]. <https://wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y#outil_sommaire>. [Consulta: 28 de septiembre de 2019].

APÉNDICES

Apéndice 1. Boleta para entrevista en los pozos

No.	Nombre del pozo	Dirección del pozo	Colonia que abastece	Tipo de pozo			Estado del pozo	Administración del pozo		Conectado a			Costo mensual de operación (Q)	Profundidad del pozo (ft)	Diámetro entubado del pozo (") y material	Potencia del equipo (HP)		Tipo de equipo: sumergible, etc.	Reparación del equipo	Periodo hora/día	Nivel dinámico / Nivel estático	Existe cloración si/no - Funciona si/no	Año de construcción/ Fecha de levantamiento	
				Mecánico	Manual	Caudal (lts), (m ³ /d), etc.		Municipal	Privado	Red	Pozo de distribución	Temperatura del pozo (C/F)				Motor	Bomba							

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Presupuesto de diseño de alcantarillado sanitario**

Proyecto		Construcción sistema de tratamiento aguas residuales en colonia las ilusiones, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula				
Municipio		Santa Catarina Pinula				
Departamento		Guatemala				
Fecha		Febrero de 2019				
Presupuesto						
Renglón		Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Sub totales
1		Trabajos preliminares				
1	1	Replanteo topográfico	2 359,56	Metro	Q9,39	Q22 156,27
1	2	Trazo manual	5 323,86	Metro	Q10,67	Q56 805,59
1	3	Demolición de gradas de concreto	0,00	Metro ²	Q93,81	Q0,00
1	4	Demolición de pavimento de concreto hidráulico	2 341,86	Metro ²	Q197,38	Q462 236,33
1	5	Demolición de carpeta asfáltica	0,00	Metro ²	Q133,77	Q0,00
1	6	Excavación con maquinaria o manual	10 051,00	Metro ³	Q79,72	Q801 265,72
1	7	Relleno con vibroapisonador (material de excavación+capa selecto)	2 895,00	Metro ³	Q13,31	Q38 532,45
1	8	Relleno con vibroapisonador (material de excavación)	8 301,00	Metro ³	Q4,63	Q38 433,63
1	9	Acarreo manual a 20 m + camión a 10 km	2 895,00	Metro ³	Q115,71	Q334 980,45
						Q0,00
2		Colectores				
						Q0,00
2	1	Tubería PVC ø 200 mm (8") ASTM f 949	2 939,89	Metro	Q257,86	Q758 080,04
2	2	Tubería PVC ø (10") ASTM f 949	150,76	Metro	Q388,77	Q58 610,97
2	3	Tubería PVC ø (12") ASTM f 949	66,86	Metro	Q518,25	Q34 650,20
2	4	Túnel m ø 1,10 m, t= 0,12 m refuerzo circular no, 3 @ 0,20 m + refuerzo longitudinal no, 3 @ 0,30 m	785,00	Metro	Q3 728,50	Q2 926 872,50
						Q0,00
3		Pozo de visita				
						Q0,00
3	1	Pozo de visita (1,20 a 2,00) mampostería	45,00	Unidad	Q12 547,67	Q564 645,15
3	2	Pozo de visita (2,01 a 6,00) mampostería	10,00	Unidad	Q18 785,37	Q187 853,70
3	3	Caja de mampostería (block o ladrillo) o concreto armado	5,00	Unidad	Q5 643,59	Q28 217,95
3	4	Pozo de visita > 6 m de concreto armado	5,00	Unidad	Q119 014,39	Q595 071,95
						Q0,00

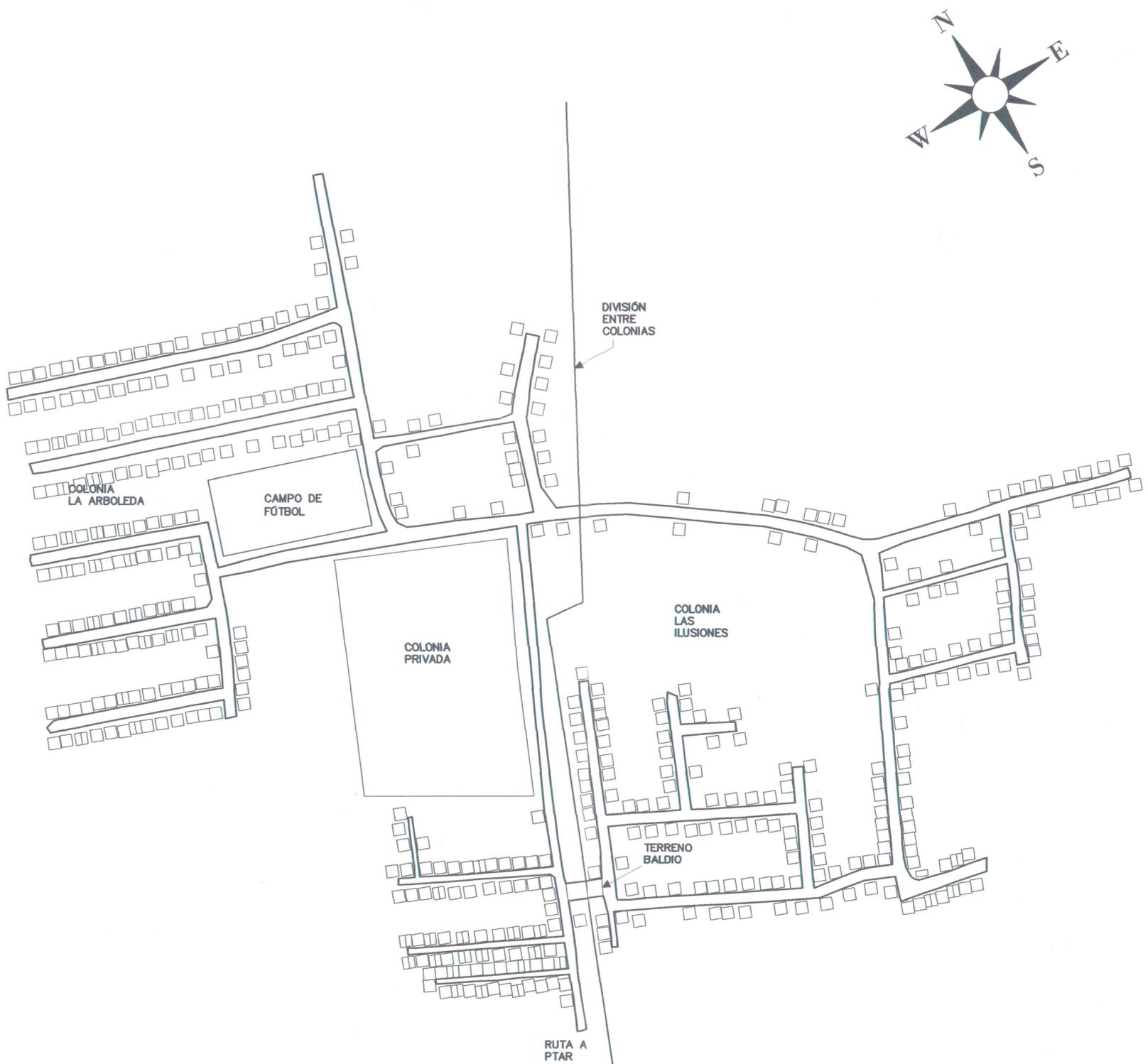
Continuación del apéndice 2.

4								Conexiones domiciliars					Q0,00
	4	1						Tubería y accesorios PVC ø 100 mm (4") ASTM f 949	2 442,00	Metro	Q624,09		Q1 524 027,78
	4	2						Candela domiciliar (t,c, 12")	407,00	Unidad	Q2 066,88		Q841 220,16
													Q0,00
5								Caída mayor					Q0,00
	5	1						Caidas mayores a 0,70	26,00	Unidad	Q3 935,06		Q102 311,56
	5	2						Disipador de energía caídas > 2,00 m	15,00	Unidad	Q17 618,17		Q264 272,55
													Q0,00
6								Reposición de pavimento					Q0,00
	6	1						Capa de sub-base granular	470,00	Metro ³	Q333,86		Q156 914,20
	6	2						Capa de base material triturado	470,00	Metro ³	Q595,31		Q279 795,70
	6	3						Concreto 4001 mr 600	470,00	Metro ³	Q3 039,46		Q1 428 546,20
	6	4						Perfilado	2 342,00	Metro ²	Q22,05		Q51 641,10
	6	5						Riego de liga	6 187,00	Galón	Q93,30		Q577 247,10
	6	6						Asfalto	0,00	Ton-m	Q1 227,81		Q0,00
													Q0,00
7								Obras y trabajos complementarios					Q0,00
	7	1						Construcción de gradas de concreto	0,00	Metro ²	Q227,99		Q0,00
													Q12 134 389,23

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Planos de drenaje sanitario**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



ÍNDICE DE PLANOS	
No.	NOMBRE
01	PLANTA DE CONJUNTO
02	PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
03	PLANTA DE ESTRUCTURA EXISTENTE
04	PLANTA DE DENSIDAD DE POBLACIÓN
05	PLANTA DE DRENAJE SANITARIO
06	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 1-9
07	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 2-9
08	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 3-9
09	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 4-9
10	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 5-9
11	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 6-9
12	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 7-9
13	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 8-9
14	PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 9-9
15	DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR
16	DETALLE DE POZO DE VISITA MAYOR A 1.2 m
17	DETALLE DE POZO DE CONCRETO ARMADO
18	DETALLE DE TÚNEL Y CAJA DE REGISTRO

REFERENCIAS

CONDICIONES NORMALES (ACCESORIOS)

- A. CABO TRANSFORMADOR Ø4" x Ø3"
- B. TUBERÍA PVC Ø 4"
- C. YEE (Ø " COLECTOR x 4")

ESPECIFICACIONES

f'c = 210 Kg/cm²
 Fy = 2810 Kg/cm²

PVC = TUBO DE POLICLORURO DE VINILO

- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL
- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN f'c=280 kg/cm²
- EL ACERO A UTILIZAR SERÁ fy=2810 kg/cm² (VARILLAS DE 20 PIES - GRADO 40)

NOTA:

- TODA LA TUBERÍA DEBE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM F949.

NOTA:

- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188

PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA 1:750

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
	ASESORA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ESCRIBIDO: PLANTA DE CONJUNTO	FECHA: FEBRERO, 2015	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	ESCALA: INDICADA	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ	PROGRAMA EPS: USAC	
PLANO: 01		HOJA: 18		



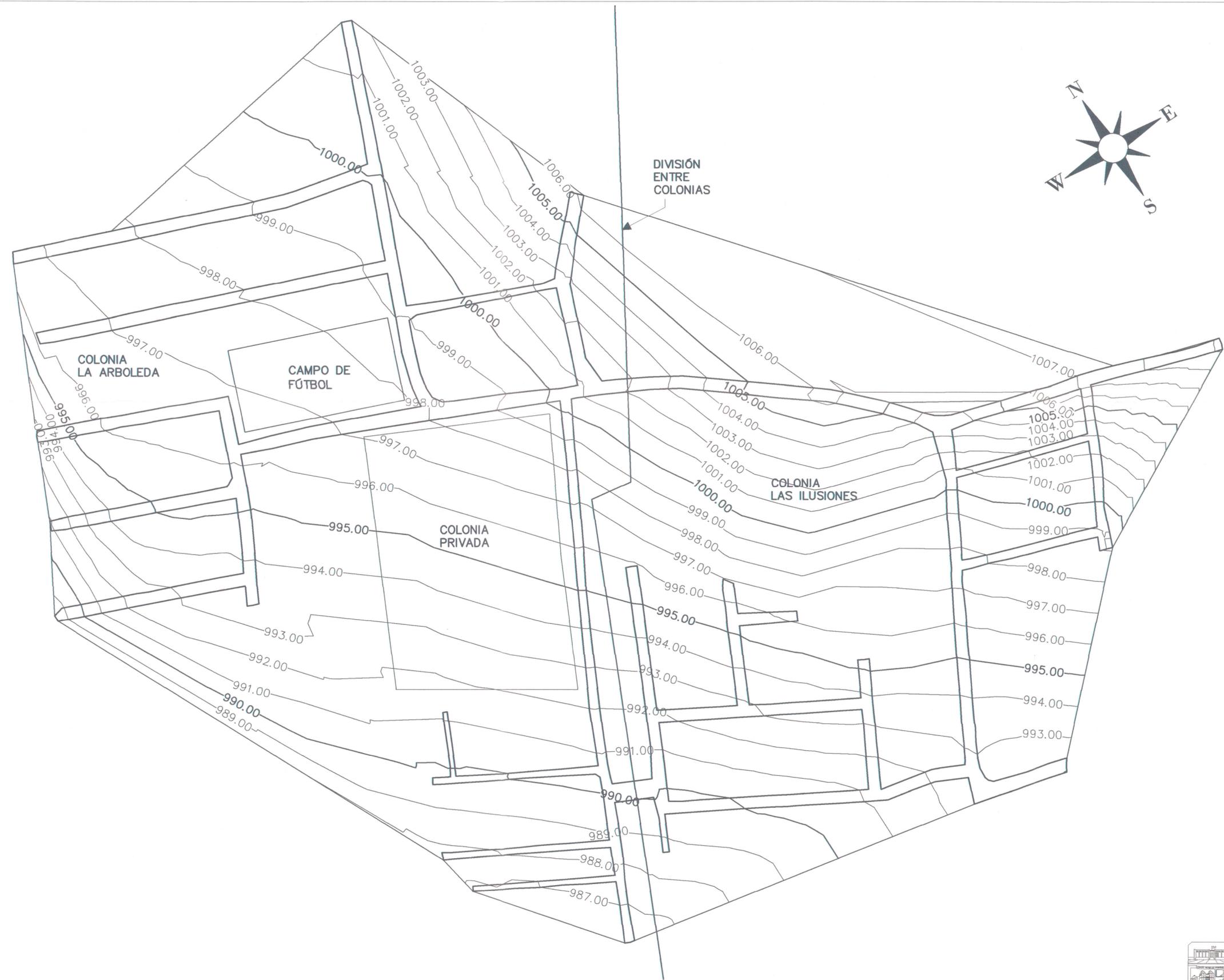
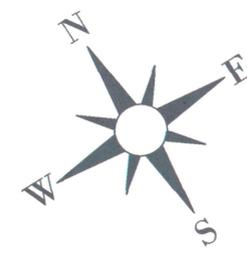


TABLA DE PUNTOS		
PUNTO	ELEVACIÓN	ESTACIÓN
1	1000.00	E-1
84	999.43	E-2
90	998.13	E-3
185	999.08	E-4
186	996.61	E-5
188	996.79	E-6
197	995.66	E-7
198	993.72	E-8
271	988.43	E-9
311	1000.32	E-10
329	1000.88	E-11
341	992.57	E-12
348	990.57	E-13
349	990.19	E-14
350	988.69	E-15
351	987.60	E-16
365	1002.58	E-17
381	1004.51	E-18
429	989.72	E-19
501	990.25	E-20
510	989.64	E-21
511	991.83	E-22
541	991.09	E-23
592	992.79	E-24
615	995.53	E-25
641	992.86	E-26
661	992.54	E-27
685	997.51	E-28
694	1000.54	E-29
729	999.02	E-30
777	1007.03	E-31
810	1003.50	E-32
825	1006.19	E-33

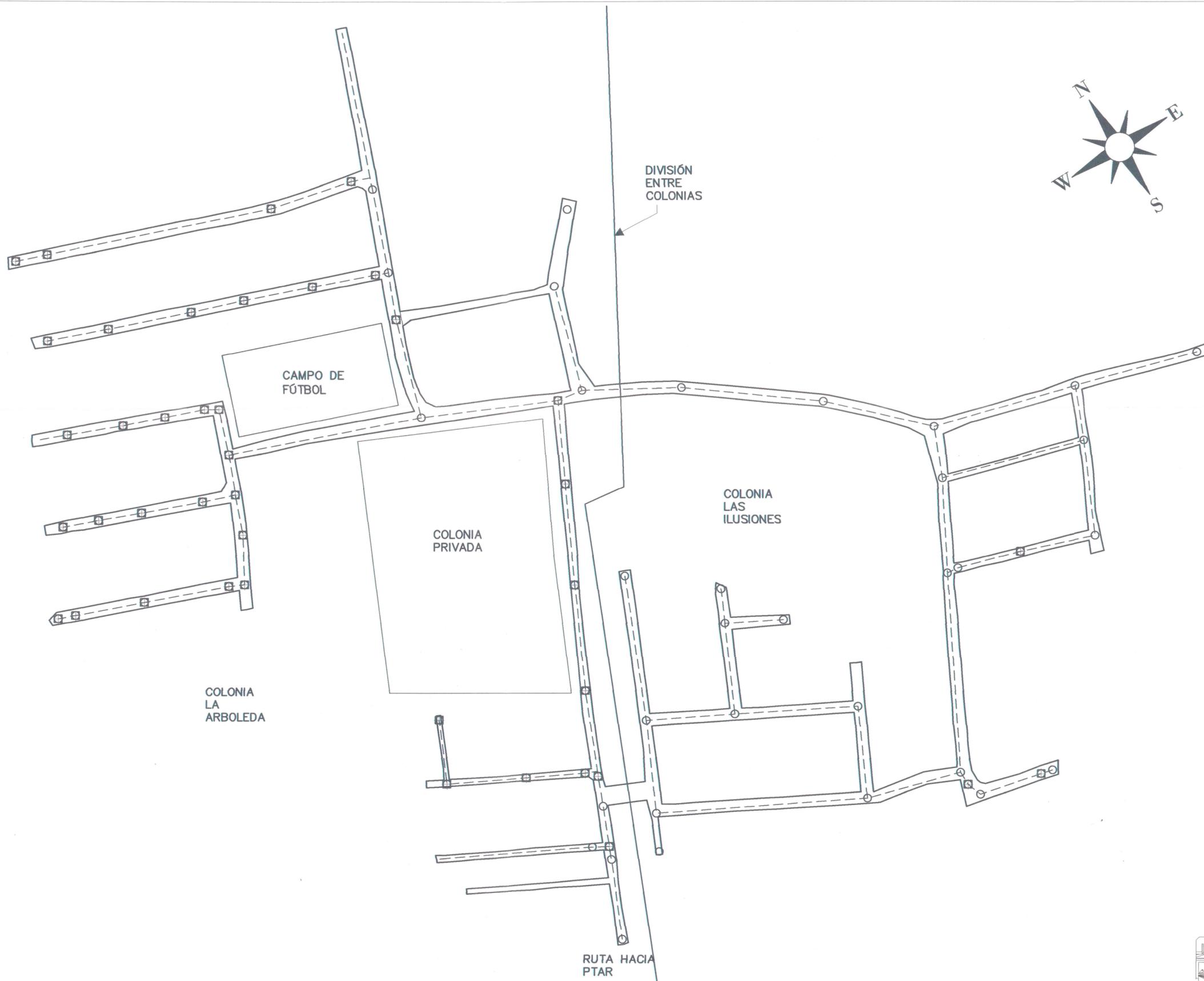
NOTA:
 • LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188



PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1:750

<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</p> <p>DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN</p>	<p>PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO A AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN</p> <p>UBICACIÓN: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA</p>
	<p>CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA DE ALCANTARILLADO</p>
<p>ASESORIA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR</p>	<p>FECHA: FEBRERO 2019</p>
<p>DESENÑO Y CÁLCULO: IUS EDUARDO BARALES CABRERA</p>	<p>REVISÓ: IUS EDUARDO BARALES CABRERA</p>
<p>PROGRAMA EPS: USAC</p>	<p>REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ</p>
<p>PLANO: 02</p>	<p>H.O.J.A.: 18</p>



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
○	POZO DE VISITA EXISTENTE
□	CAJA DE INSPECCIÓN CONCRETO HIDRÁULICO A DEMOLER
— — —	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA

NOTA:
 • LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188

PLANTA DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

ESCALA 1:750

		PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LAS ILUSIONES ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN		LUGAR: COLONIA LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA	
DISEÑO: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	CONTENIDO: PLANTA ESTRUCTURAS EXISTENTES EN ALCANTARILLADO	FECHA: FEBRERO, 2019	DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN
CÁLCULO: INDICADA	REVISÓ: INDICADA	PLANO: ARG EST INT DET	
		HOJA: 03 / 58	

Ing. Silvia José Rodríguez Serrano
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

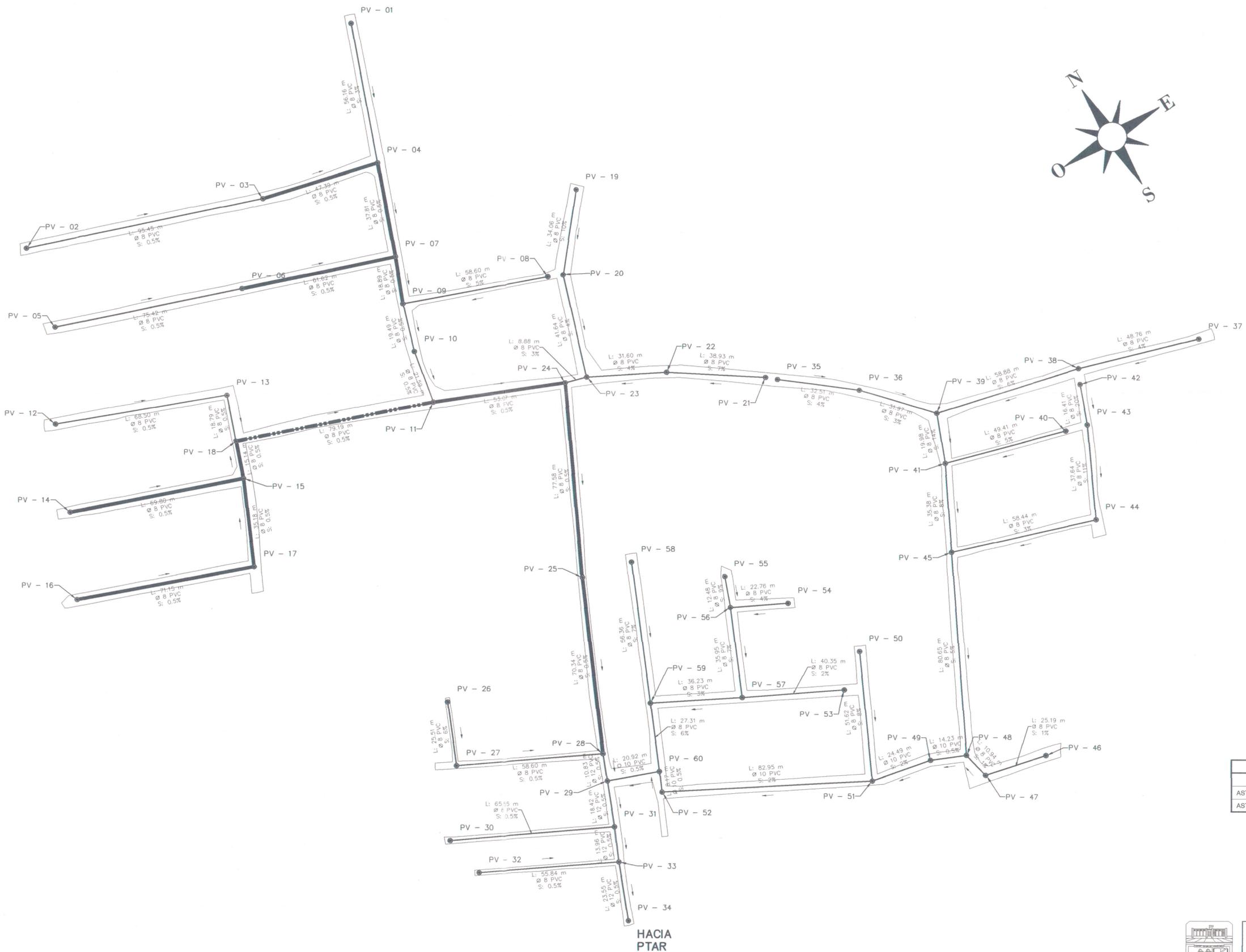


SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	VIVIENDA
	TERRACERIA
	PAVIMENTO EN MAL ESTADO
	PAVIMENTO EN BUEN ESTADO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA

PLANTA DE DENSIDAD DE POBLACIÓN

ESCALA 1:750

		PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA	
ASISTENTE: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD DE POBLACIÓN	
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA		FECHA: FEBRERO, 2019	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
PROGRAMA EPS: USAC		ESTAD. INDICADA	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ
		PLANOS: ARQ. EST. INT. DET.	H.O. J. A.: 04 / 18



SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	TÚNEL CON TUBERÍA
	TÚNEL CON TUBERÍA Y TUBERÍA AUXILIAR

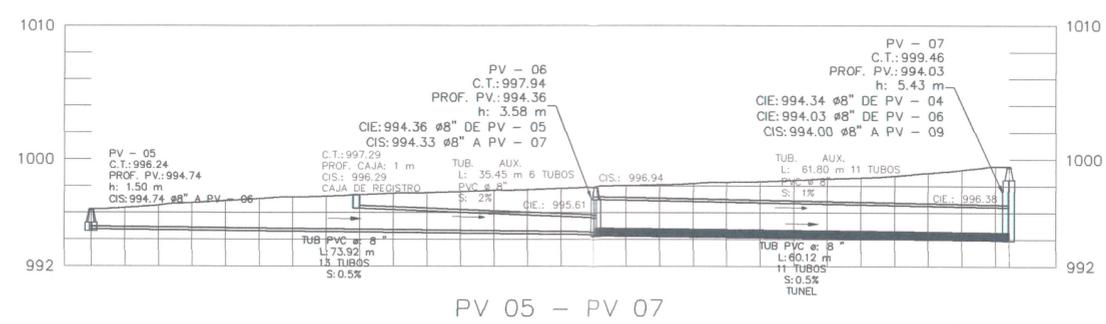
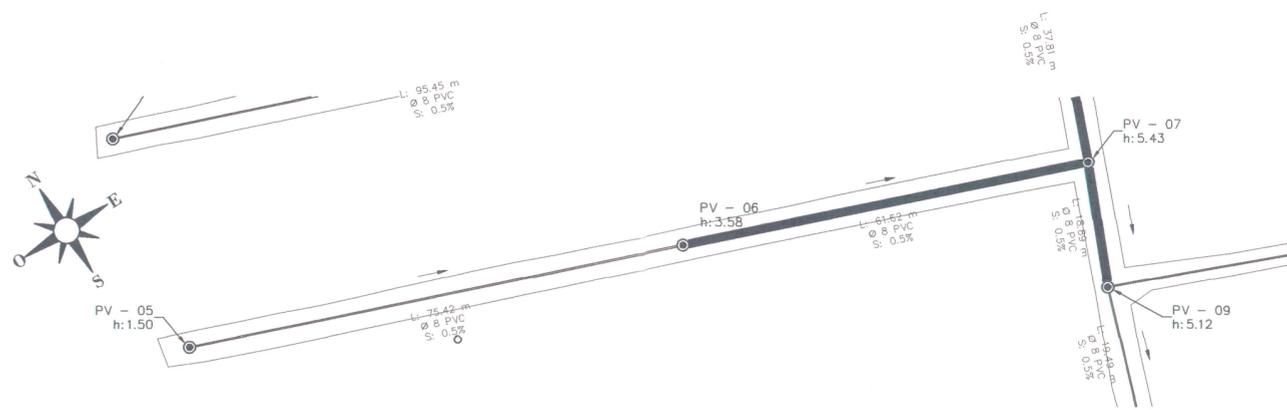
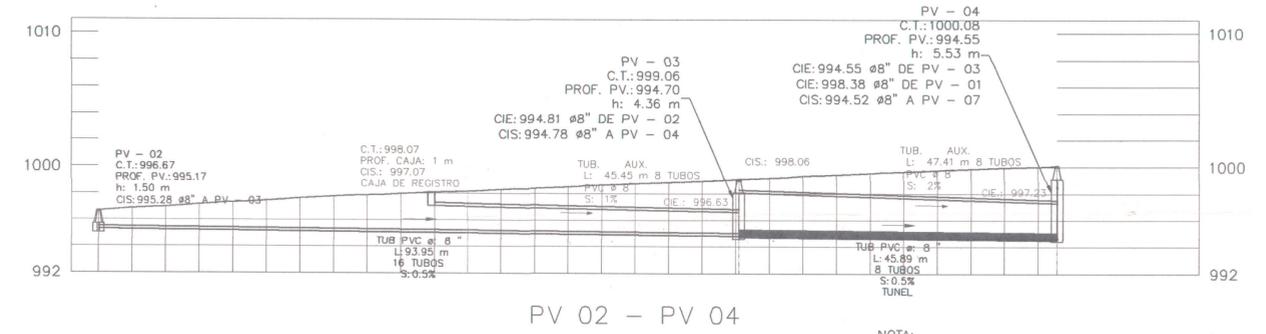
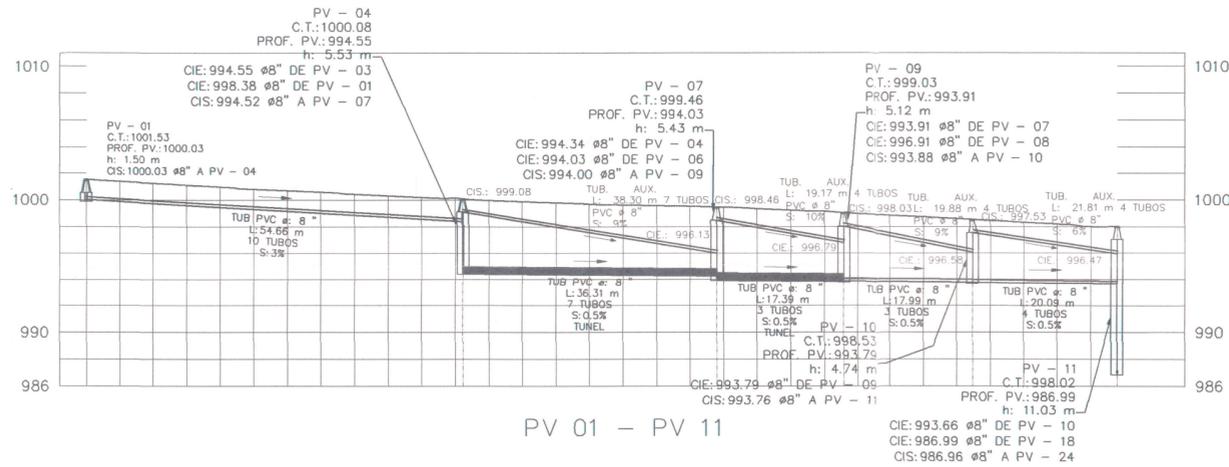
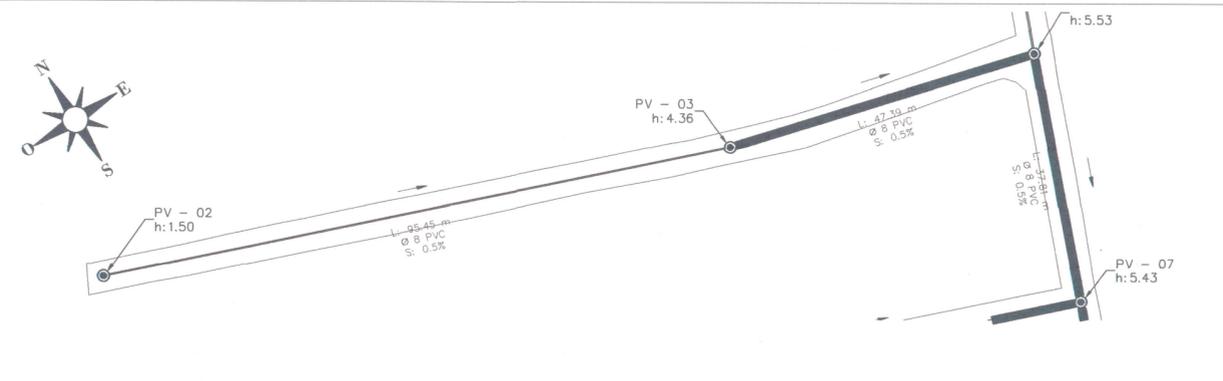
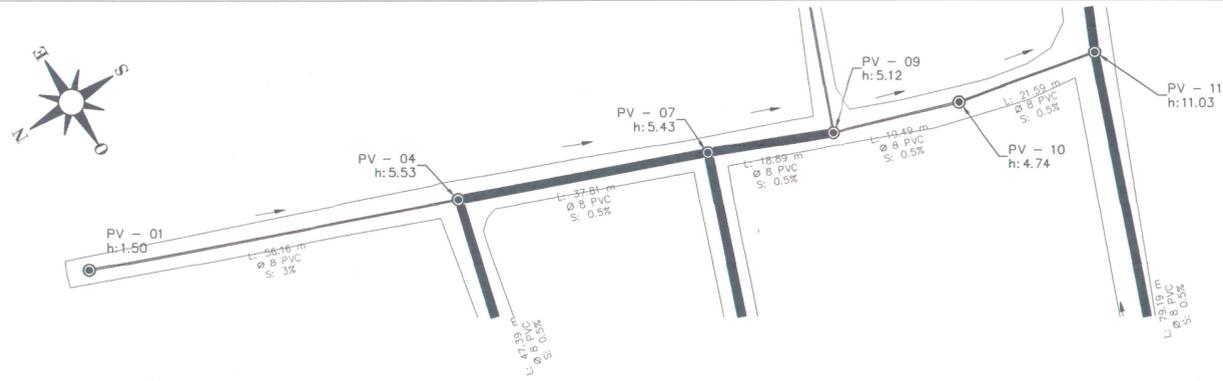
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

PLANTA GENERAL DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA 1:750

 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA
	CONTENIDO: PLANTA GENERAL DE DISEÑO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLADO	
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	FECHA: FEBRERO 2019	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA
PROGRAMA EPS: USAC	ESCALA: 	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ
PROGRAMA EPS: USAC		PLANEO: INE INT. 05 HOJA: 05

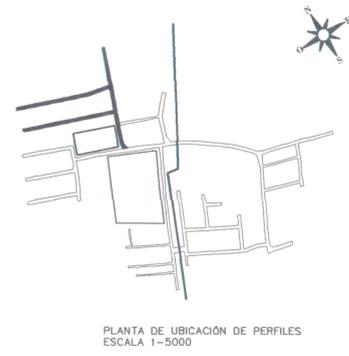




SIMBOLOGÍA	
	TÚNEL CON TUBERÍA
	POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA ALTURA DE POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
	COTAS DE TERRENO
	LONGITUD DE TUBERÍA
	DIÁMETRO
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	POLICLORURO DE VINILO
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA

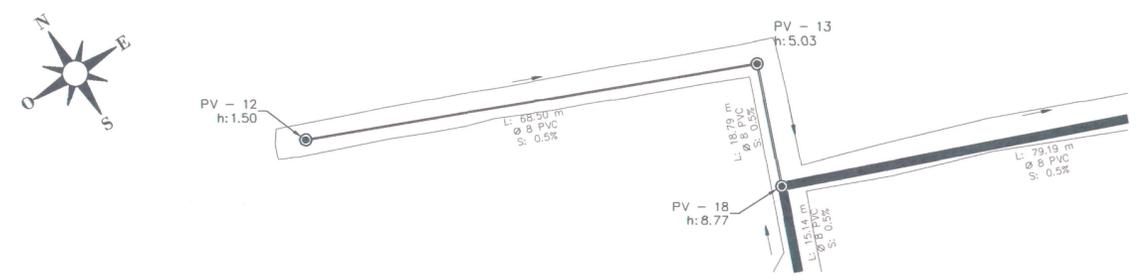
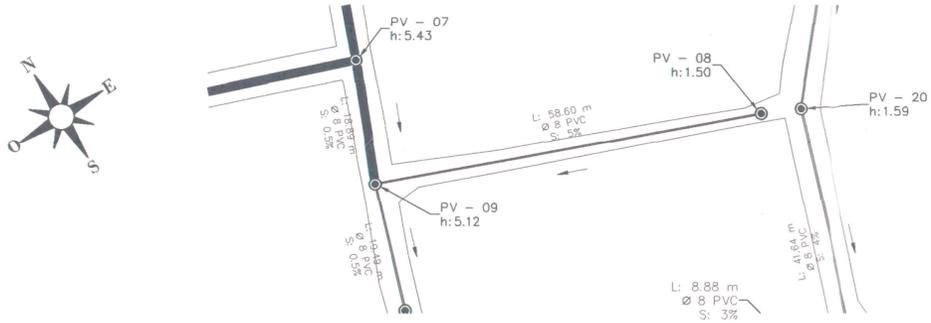
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA



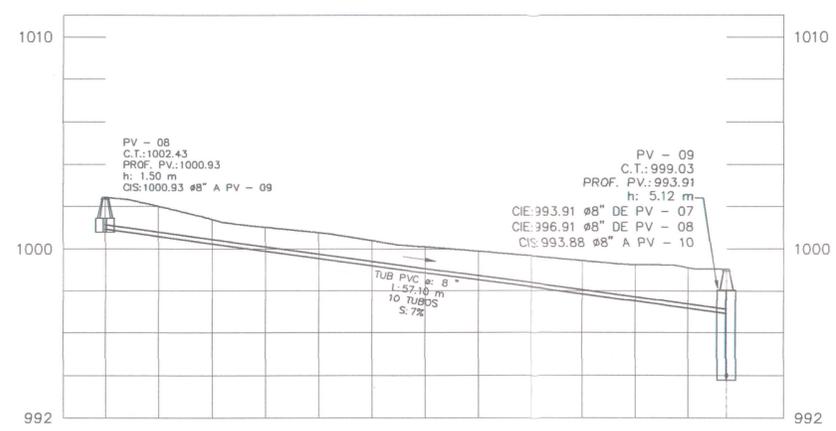
PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA H. 1:500 - V. 250

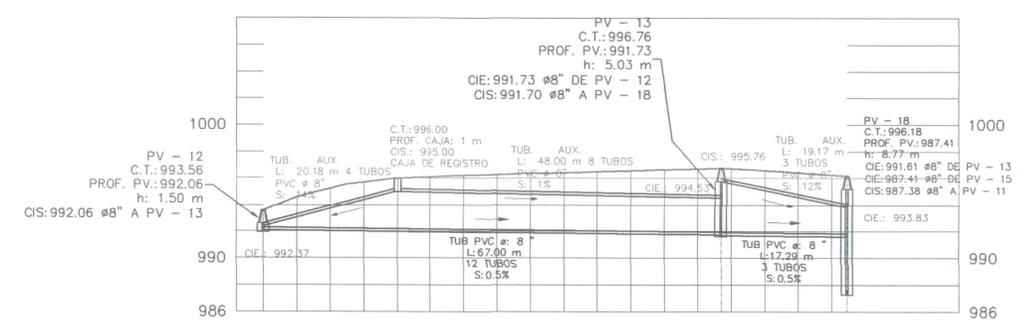
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATERINA PINULA, GUATEMALA
	CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 1-9 EN ALCANTARILLADO
MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	FECHA: FEBRERO 2019
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA
PROGRAMA EPS: USAC	ESCALA:
 Ing. Silvo Rodríguez Serrano ASISTENTE TÉCNICO DE EPS Unidad de Planeación, Ingeniería y EPS	REVISÓ: ING. SILVO RODRIGUEZ PLANO:
HOJA: 16	OG



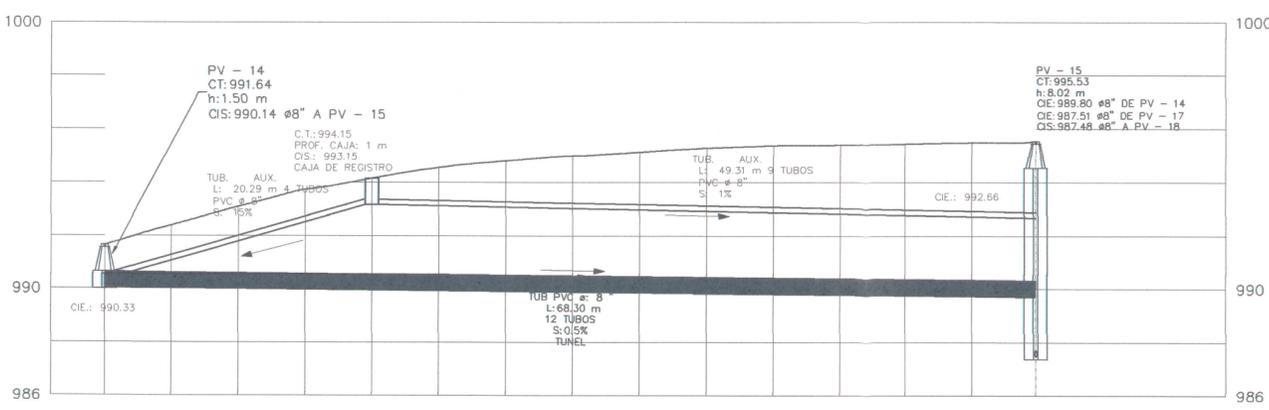
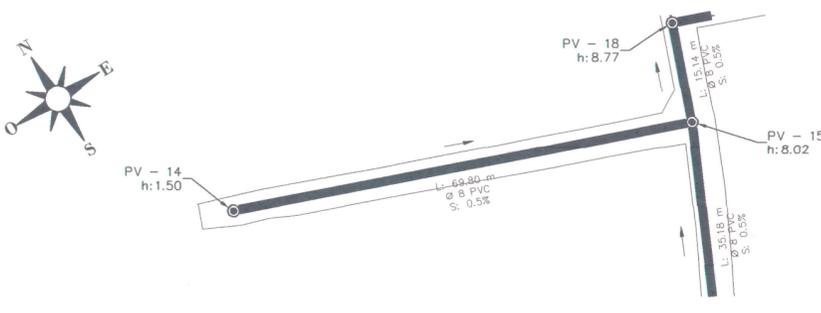
- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA



PV 08 - PV 09

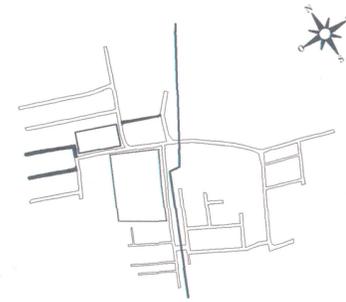


PV 12 - PV 18



PV 14 - PV 15

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA



PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES ESCALA 1-5000

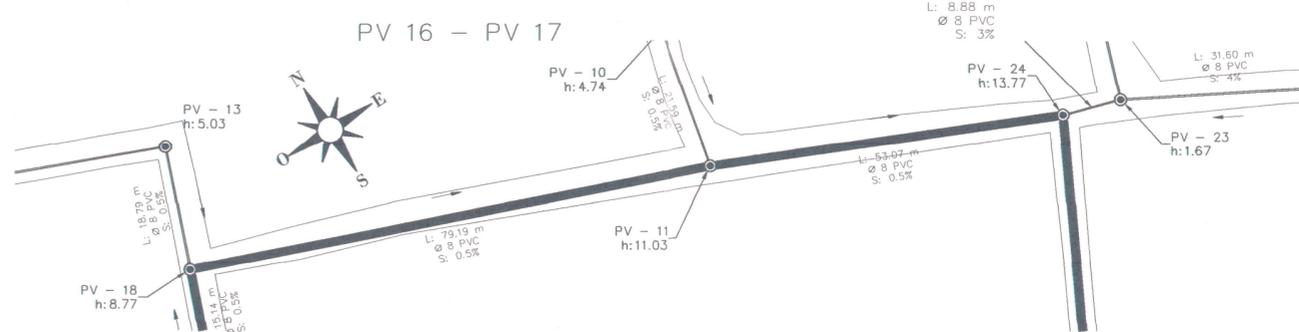
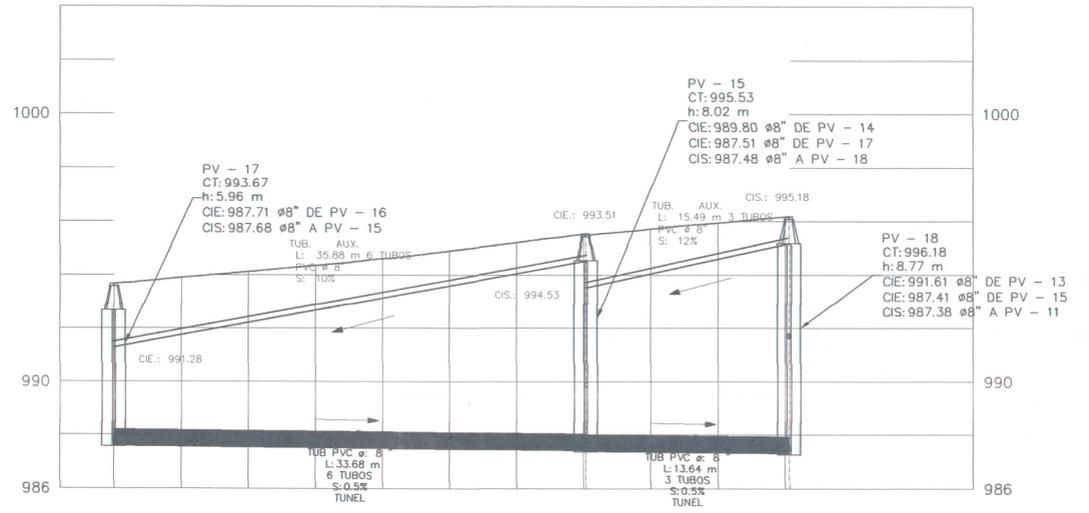
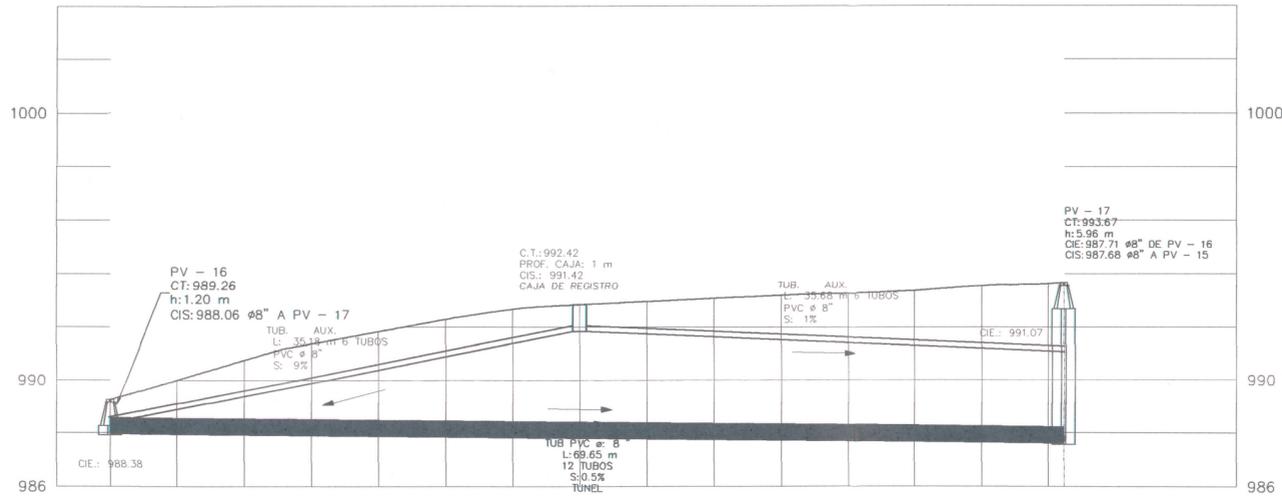
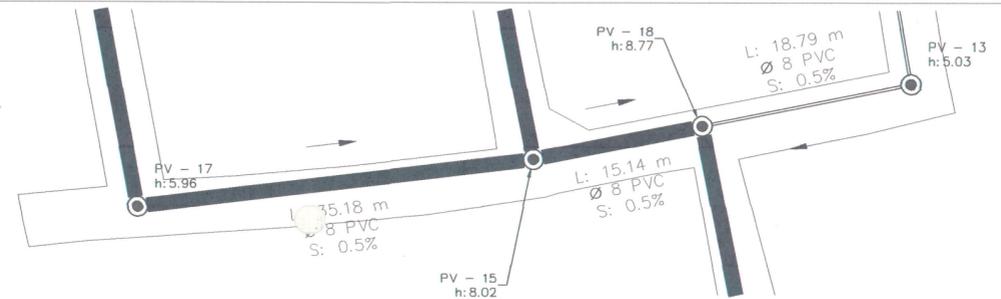
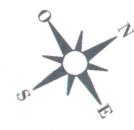
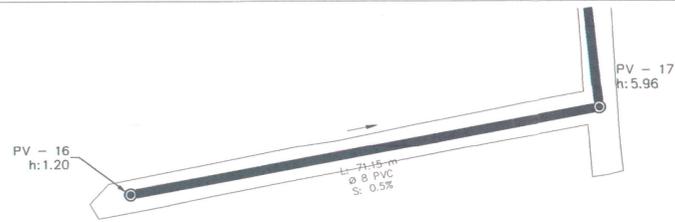
SIMBOLOGÍA	
	TÚNEL CON TUBERÍA
	POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	TUBERÍA
	C T COTA DE TERRENO
	L LONGITUD DE TUBERÍA
	S PENDIENTE
	Ø DIÁMETRO
	h ALTURA DE POZO DE VISITA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
	PVC POLICLORURO DE VINILO
	PTAR PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA H. 1:750 - V. 375

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA
	CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 2-P EN ALCANTARILLADO
ASESORA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	FECHA: FEBRERO, 2019
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA
PROGRAMA EPS: USAC	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ
PLAN: ARG EST INT DEF	H.O.J.A.: 07

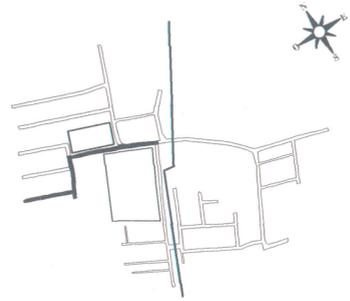
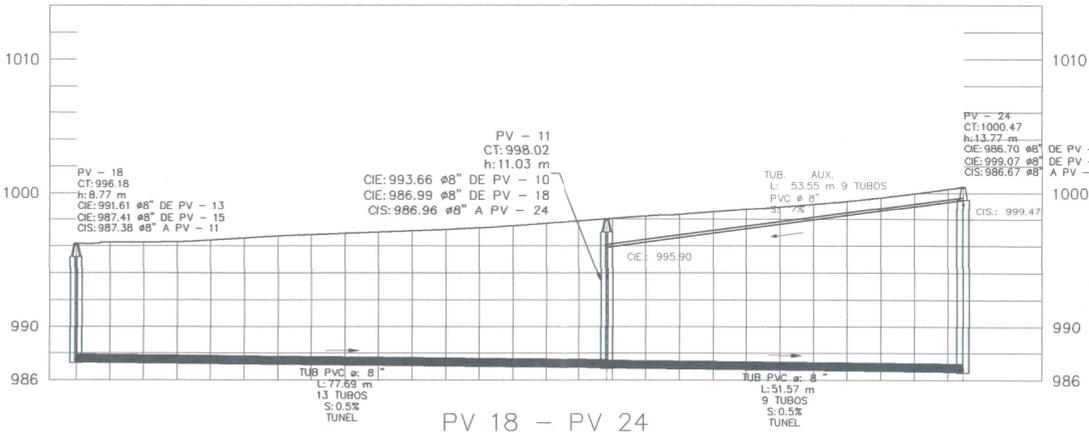




- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

SIMBOLOGÍA			
	TÚNEL CON TUBERÍA		S PENDIENTE
	POZO DE VISITA		Ø DIÁMETRO
	POZO DE VISITA		h ALTURA DE POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO		CIS COTA INVERT DE SALIDA
	TUBERÍA		CIE COTA INVERT DE ENTRADA
	C T COTA DE TERRENO		PVC POLICLORURO DE VINILO
	L LONGITUD DE TUBERÍA		PTAR PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



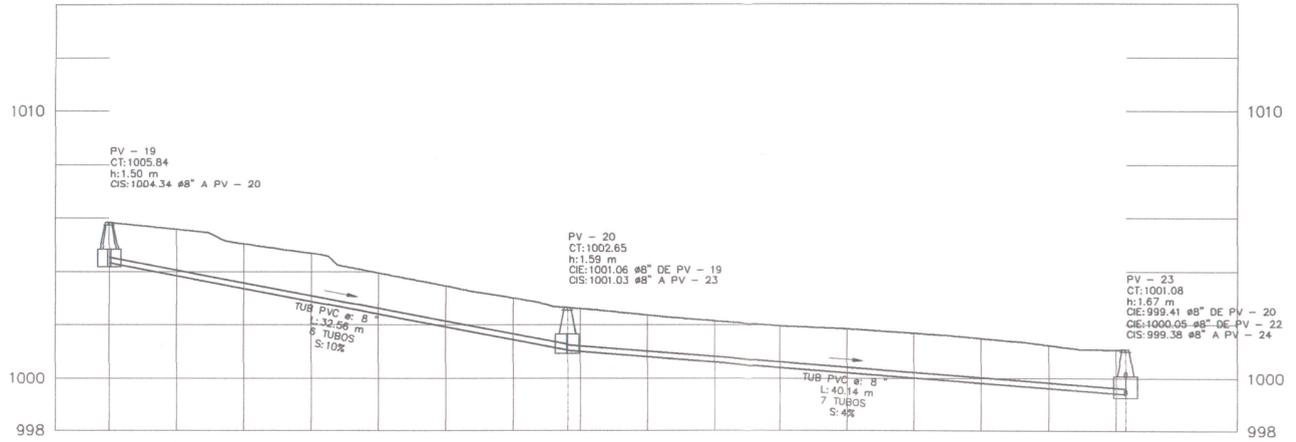
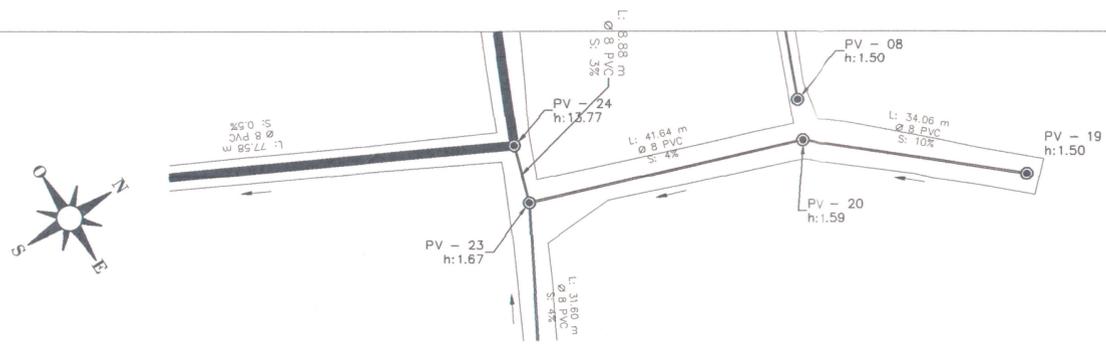
PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES ESCALA 1-5000

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

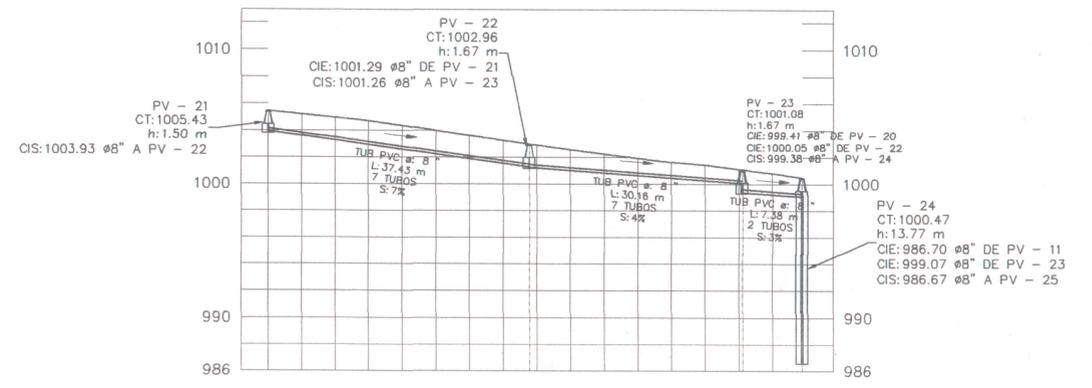
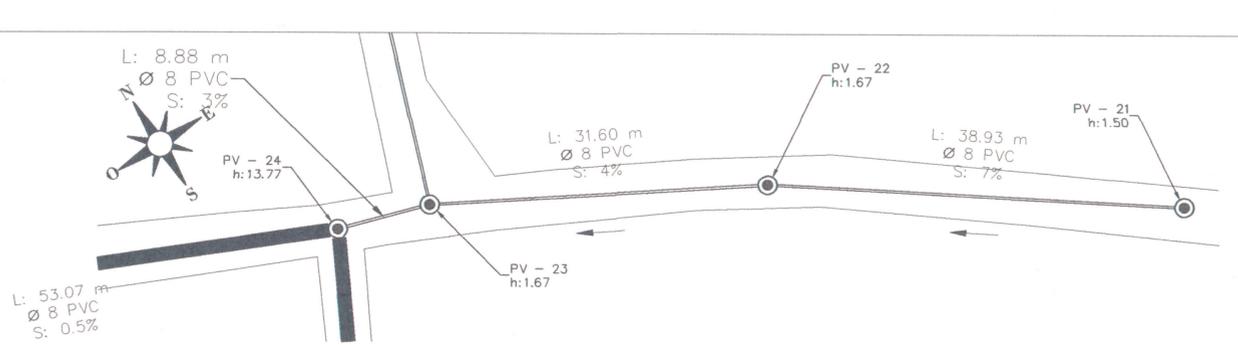
ESCALA H. 1:750 - V. 375

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATERINA PINULA, GUATEMALA	
	ASESORA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 3-9 EN ALCANTARILLADO
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	ESCALA: 1:750	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ
PROGRAMA IPR: USAC	PLANEO: 05	HOJA: 18

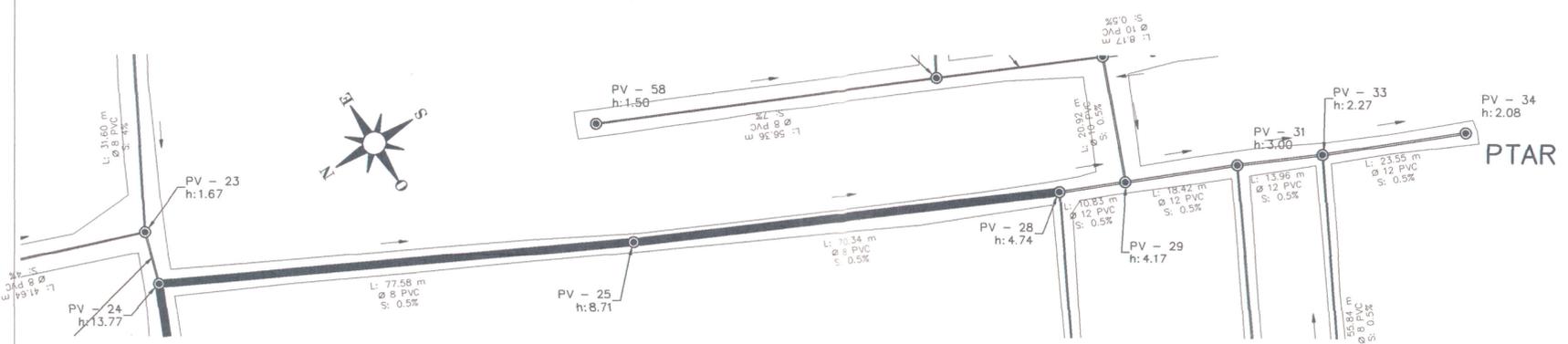




PV 19 - PV 23



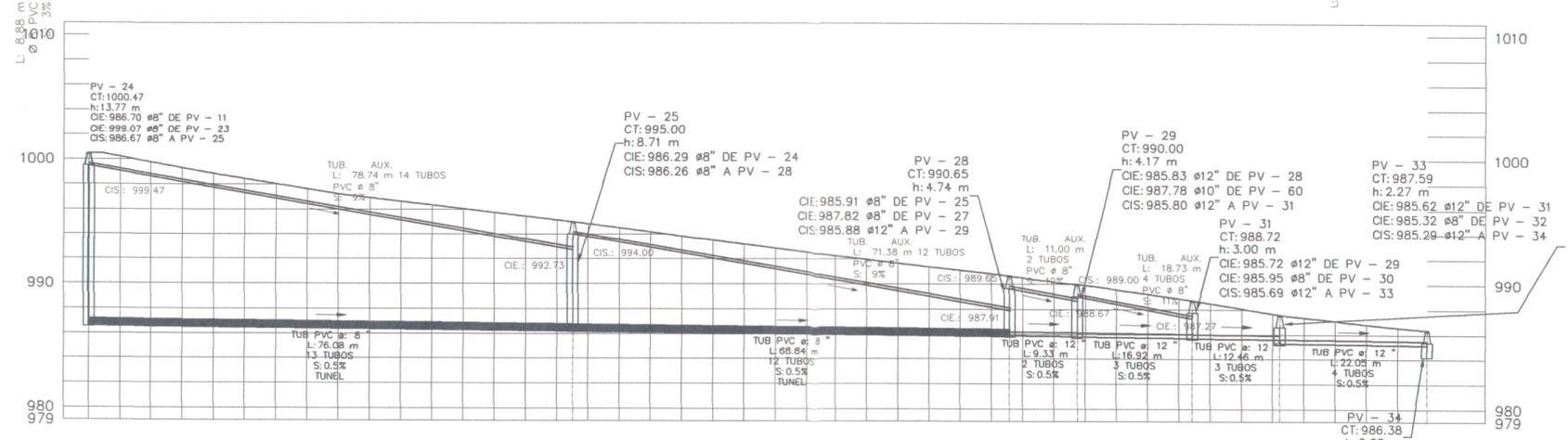
PV 21 - PV 24



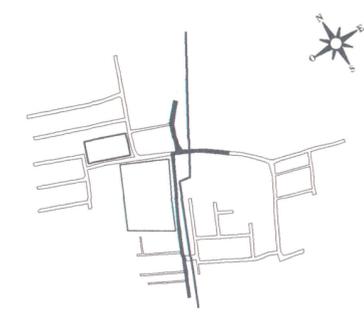
- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA

SIMBOLOGÍA	
	TÚNEL CON TUBERÍA
	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	COTA DE TERRENO
	LONGITUD DE TUBERÍA
	S PENDIENTE
	DIÁMETRO
	ALTURA DE POZO DE VISITA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
	PVC POLICLORURO DE VINILO
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA



PV 24 - PV 34

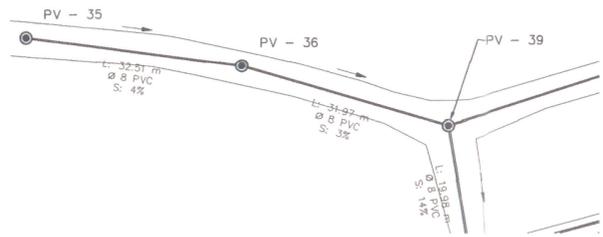


PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES ESCALA 1-5000

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

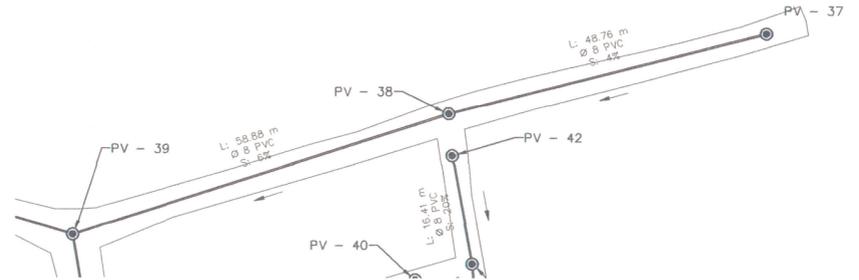
ESCALA H. 1:750 - V. 375

<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</p> <p>DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN</p>	<p>PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN</p> <p>LOCAL: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA</p>
	<p>CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 4-9 EN ALCANTARILLADO</p>
<p>MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR</p>	<p>FECHA: FEBRERO, 2019</p>
<p>DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA</p>	<p>REVISÓ: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA</p>
<p>PROGRAMA EPS: USAC</p>	<p>ING. SILVIO RODRIGUEZ</p>
<p>PLANO: 09</p>	<p>HOJA: 16</p>

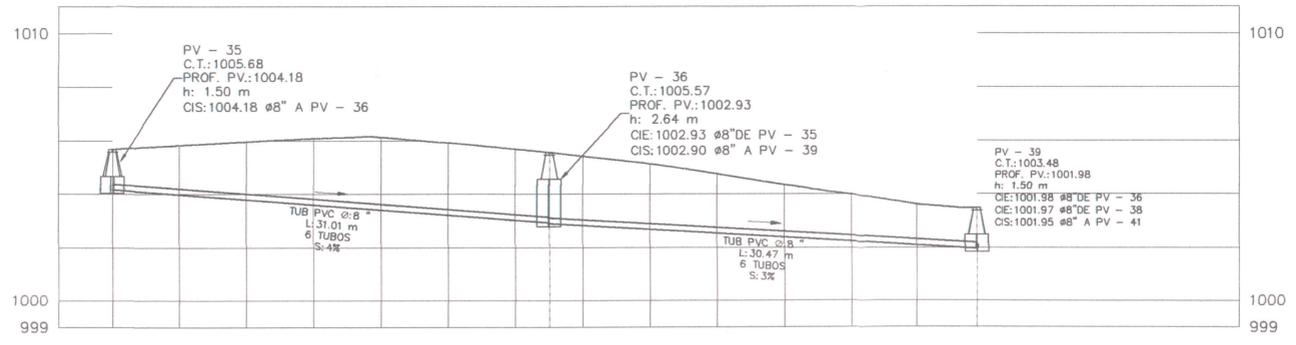


NOTA:

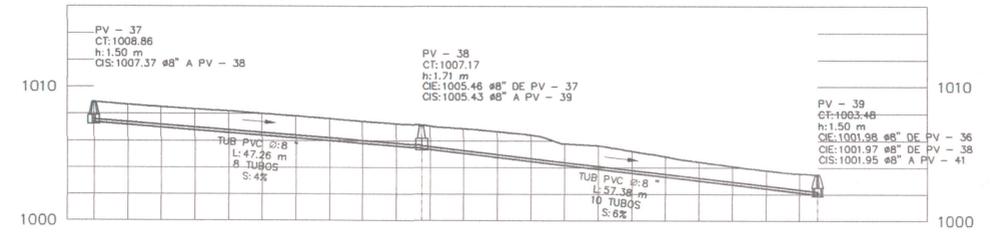
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
- LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA



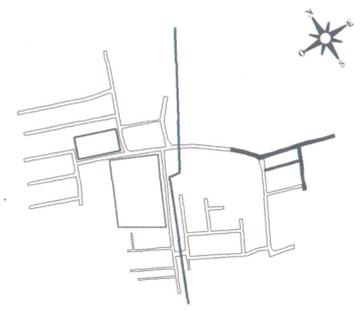
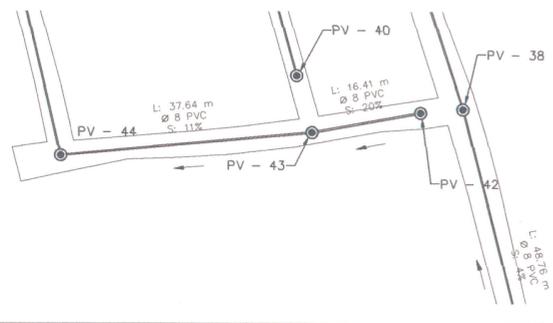
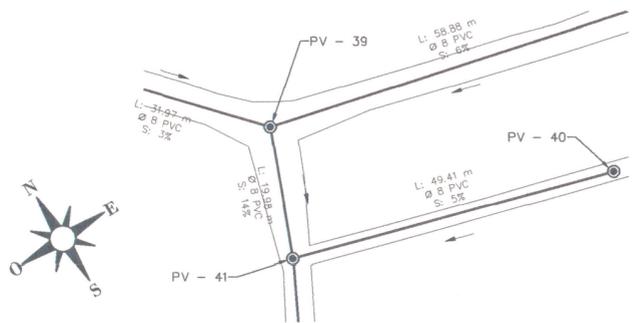
SIMBOLOGÍA	
	S PENDIENTE
	Ø DIÁMETRO
PV-1 POZO DE VISITA	h ALTURA DE POZO DE VISITA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
CT	PVC POLICLORURO DE VINILO
L	PTAR PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



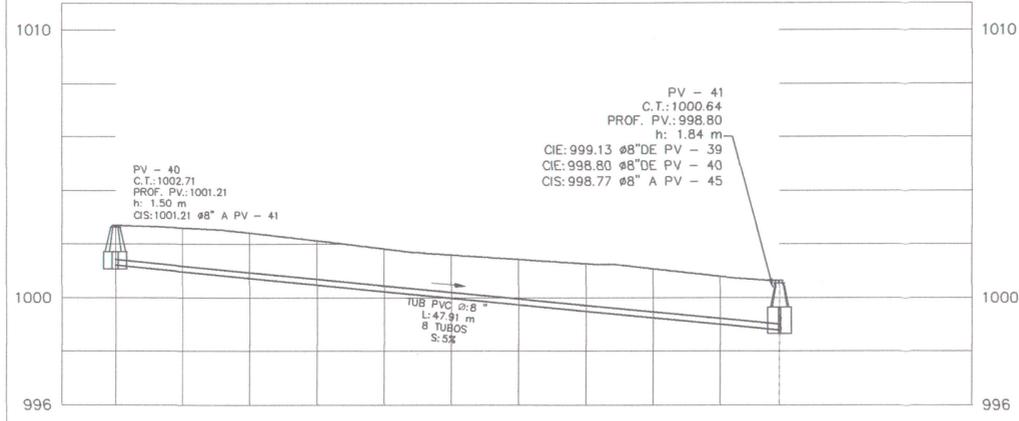
PV 35 - PV 39



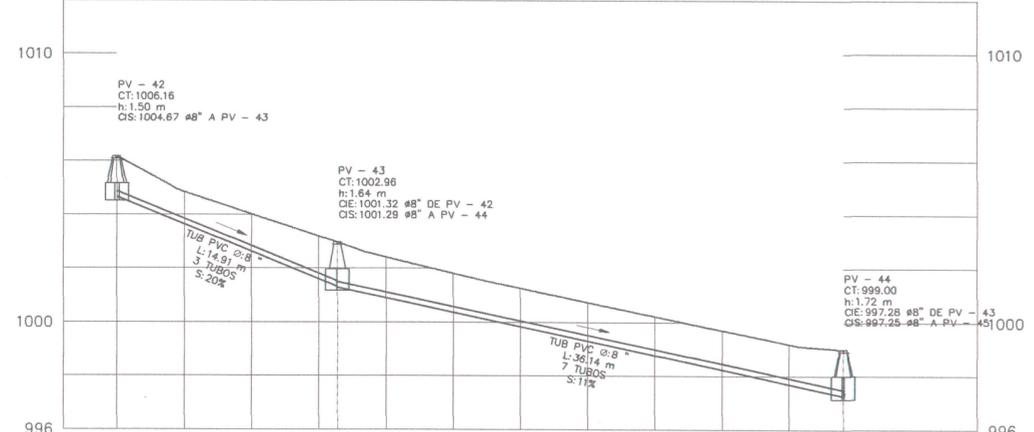
PV 37 - PV 39



PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES
ESCALA 1-5000



PV 40 - PV 41



PV 42 - PV 44

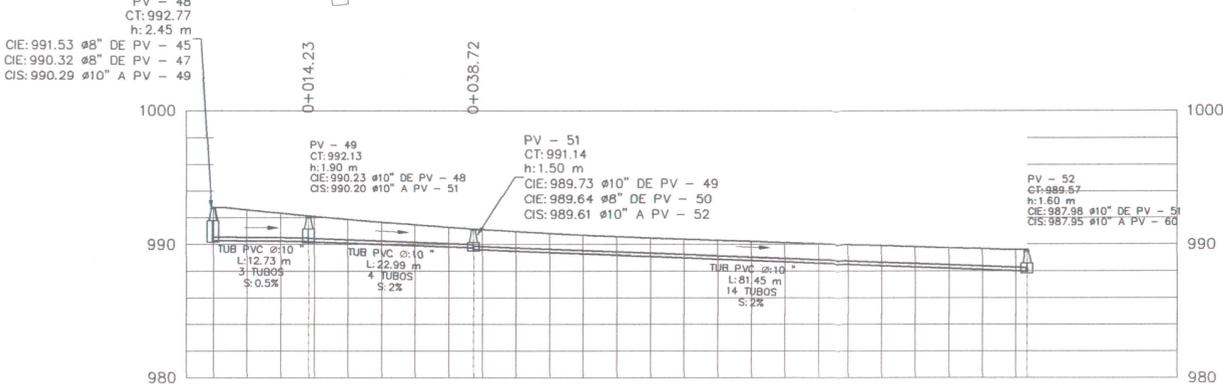
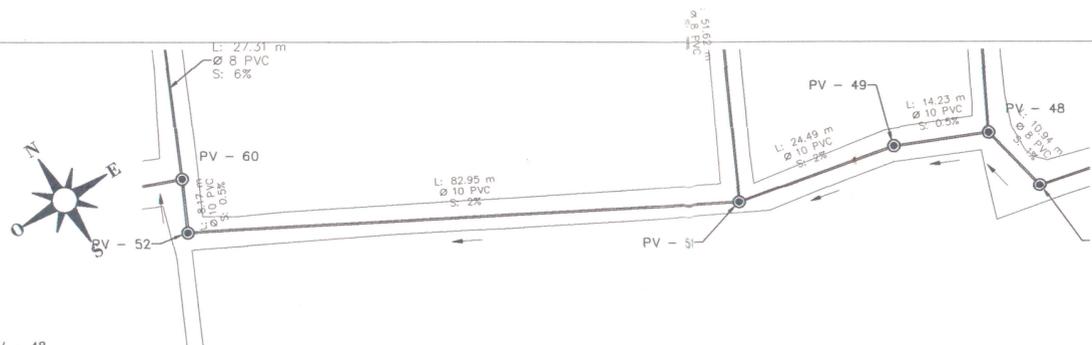
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

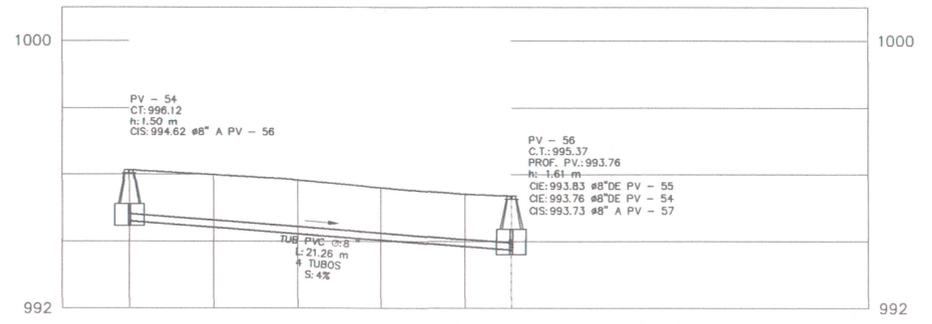
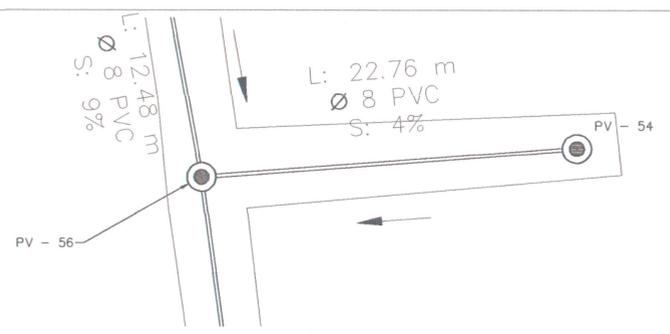
ESCALA H. 1:750 - V. 375

<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</p> <p>DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN</p>	<p>PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN</p> <p>LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA</p>
	<p>CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO EN ALCANTARILLADO</p>
<p>MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR</p>	<p>FECHA: FEBRERO, 2019</p>
<p>DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA</p>	<p>REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA</p>
<p>PROGRAMAR ETC: USAC</p>	<p>REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ</p>
<p>PLANO: 10</p>	<p>HÓJ.A.: 10</p>





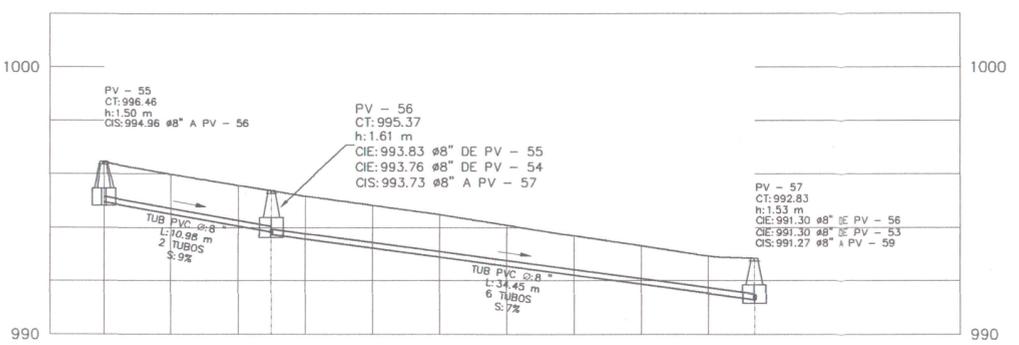
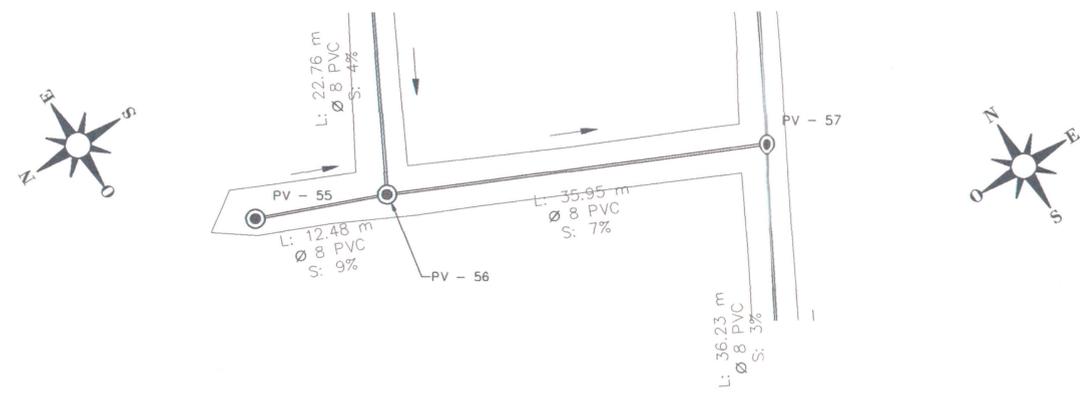
PV 48 - PV 52



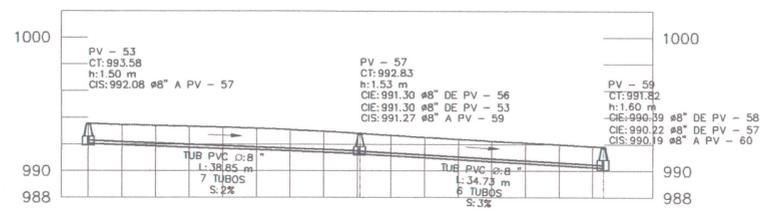
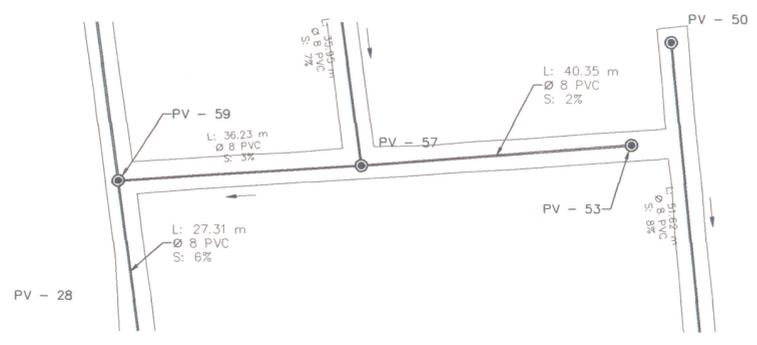
PV 54 - PV 56

SIMBOLOGÍA	
	TUNEL CON TUBERÍA
	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	CT COTA DE TERRENO
	L LONGITUD DE TUBERÍA
	S PENDIENTE
	Ø DIAMETRO
	h ALTURA DE POZO DE VISITA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
	PVC POLICLORURO DE VINILO
	PTAR PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

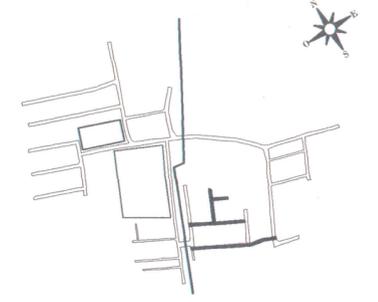
- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA



PV 55 - PV 57



PV 53 - PV 59



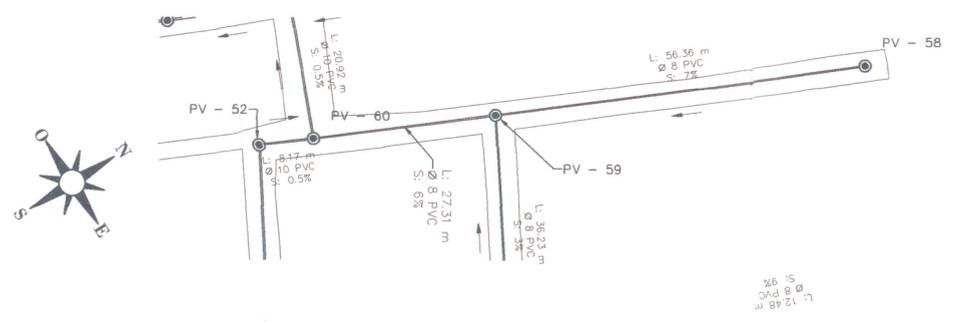
PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES ESCALA 1-5000

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

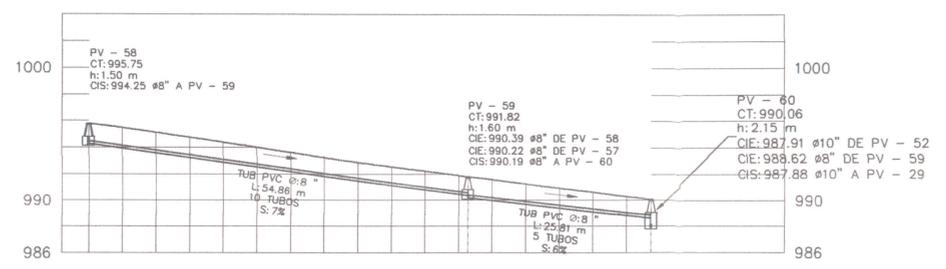
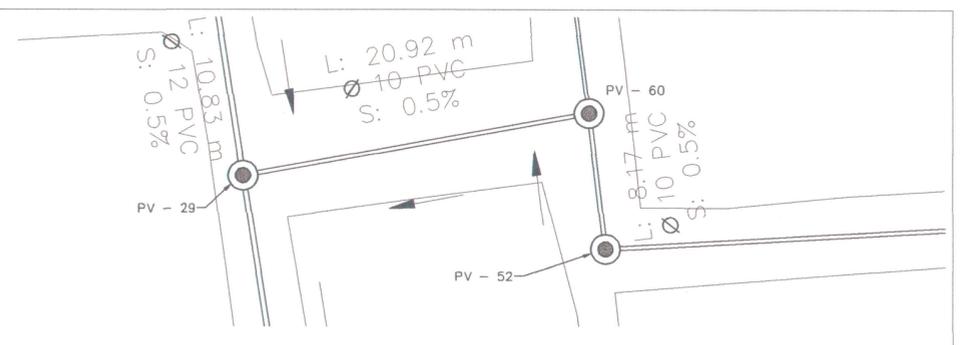
ESCALA H. 1:750 - V. 375

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA	
	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR FECHA: FEBRERO, 2019	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA INGENIERO
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA PROGRAMA EPS: USAC	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ INGENIERO	PLANO: 12 HOJA: 18

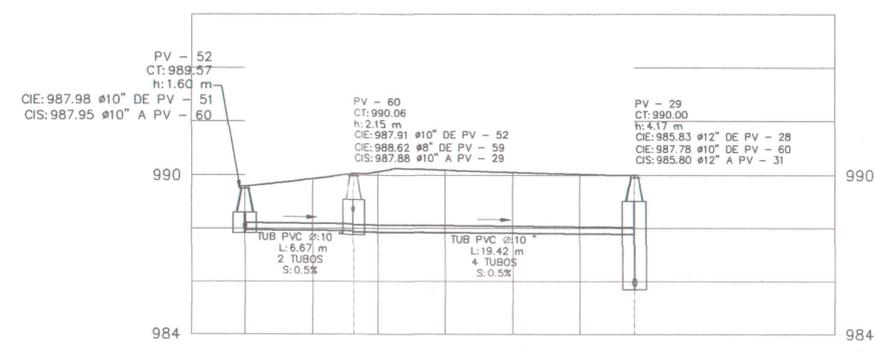


NOTA:

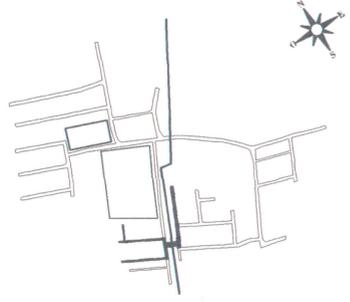
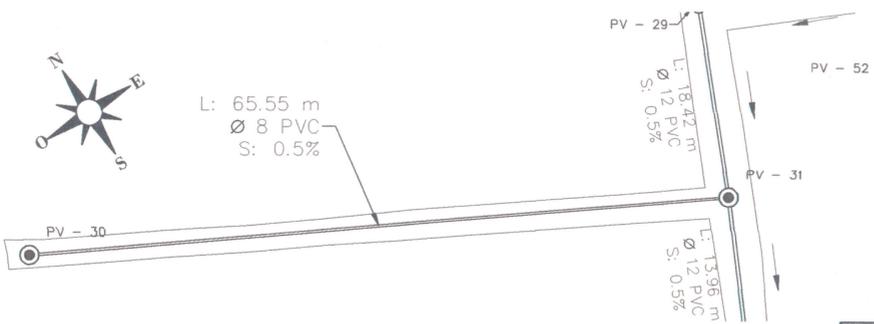
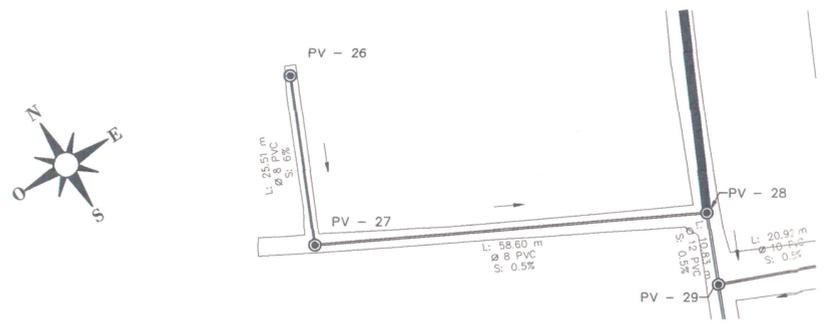
- LA ELEVACION TOPOGRAFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACION TOPOGRAFICA DE LA PTAR 1368.8188
- LA LONGITUD DE TUBERIA EN PLANTA ESTA DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTA DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA



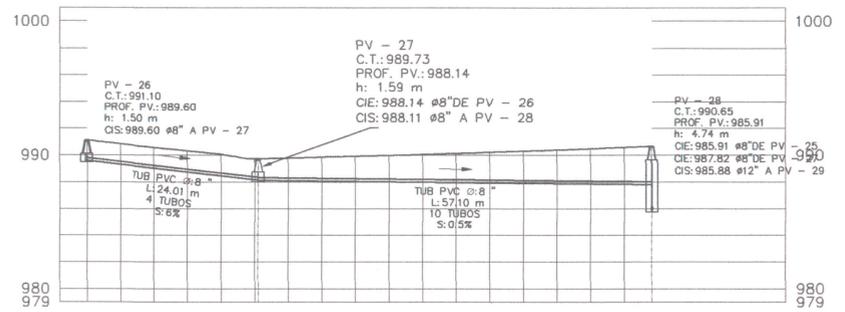
PV 58 - PV 60



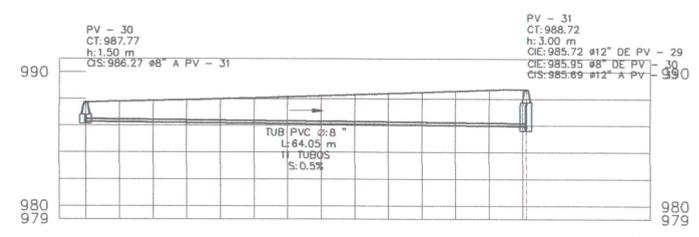
PV 52 - PV 29



PLANTA DE UBICACION DE PERFILES ESCALA 1-5000



PV 26 - PV 28



PV 30 - PV 31

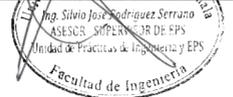
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

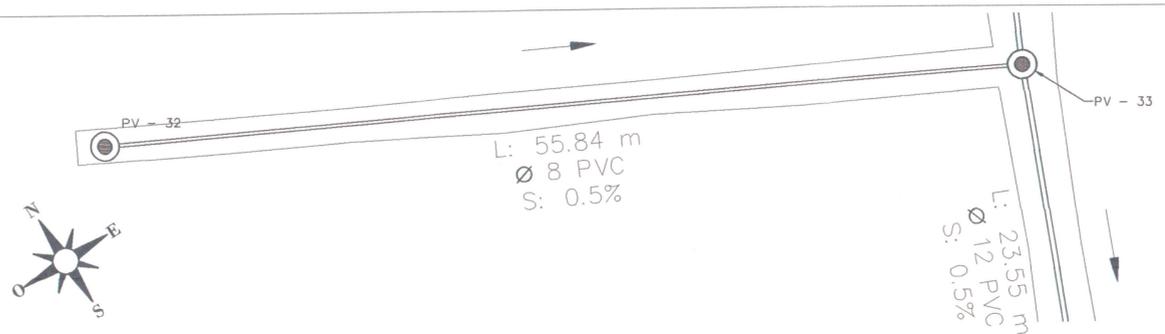
SIMBOLOGÍA	
	S PENDIENTE
	Ø DIÁMETRO
	h ALTURA DE POZO DE VISITA
	CIS COTA INVERT DE SALIDA
	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
CT	COTA DE TERRENO
PVC	POLICLORURO DE VINILO
L	LONGITUD DE TUBERÍA
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA H. 1:750 - V. 375

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.
	ASOCIACIÓN: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR FECHA: FEBRERO, 2011 TÉCNICO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA ESCALA: INDICADA DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA PROGRAMA EPS: USAC

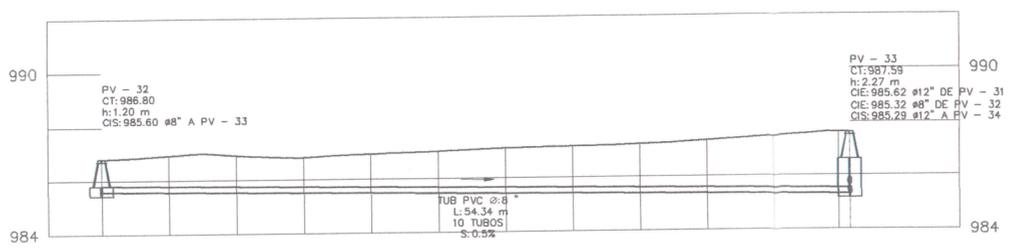




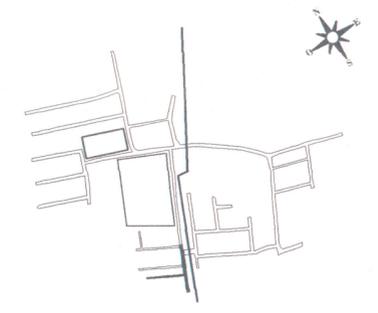
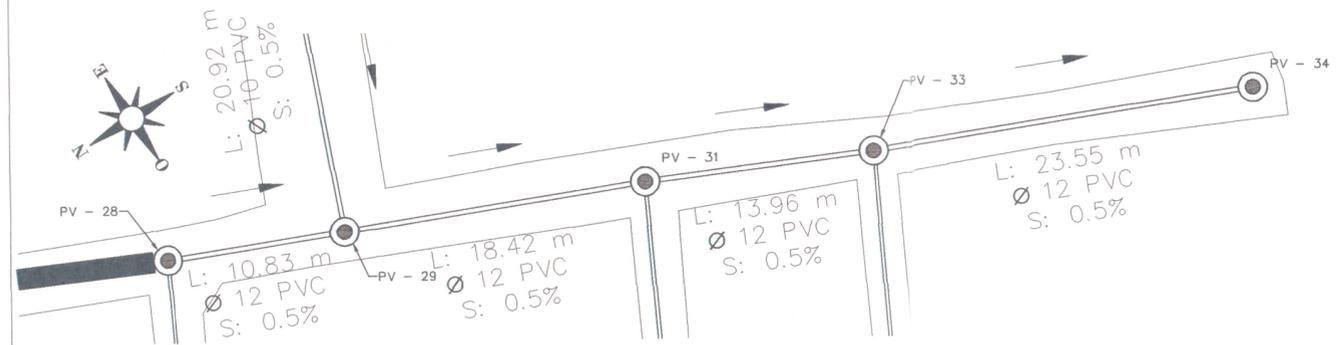
- NOTA:
- LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DEL ALCANTARILLADO 986.38 CORRESPONDE A LA ELEVACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA PTAR 1368.8188
 - LA LONGITUD DE TUBERÍA EN PLANTA ESTÁ DADA A EJES DEL POZO DE VISITA Y EN LOS PERFILES ESTÁ DADA A ROSTROS DEL POZO DE VISITA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	EMPAQUE DE HULE PARA SELLO ENTRE TUBERÍAS Y CONEXIONES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA

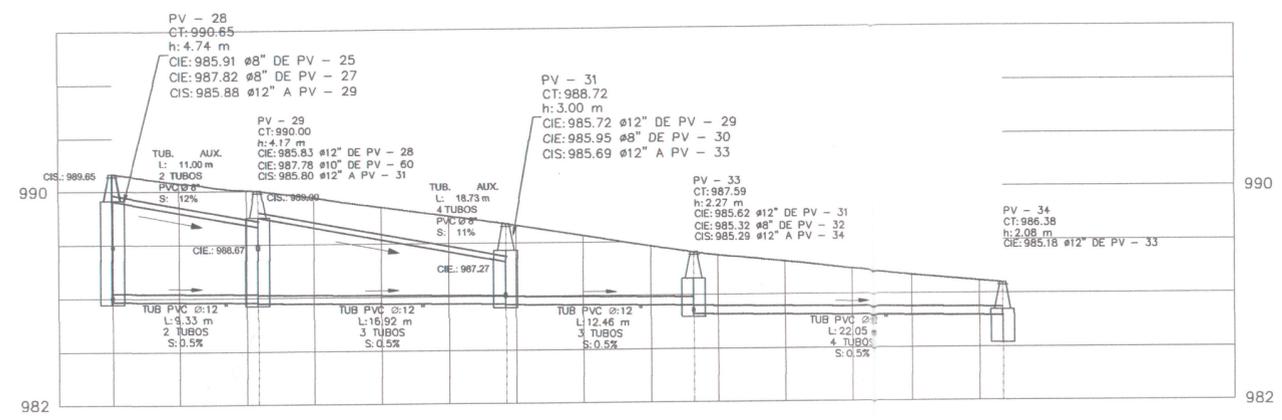
SIMBOLOGÍA	
	TUNEL CON TUBERÍA
	POZO DE VISITA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	COTA DE TERRENO
	LONGITUD DE TUBERÍA
	PENDIENTE
	DIÁMETRO
	ALTURA DE POZO DE VISITA
	COTA INVERT DE SALIDA
	COTA INVERT DE ENTRADA
	POLICLORURO DE VINILO
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



PV 32 - PV 33



PLANTA DE UBICACIÓN DE PERFILES
ESCALA 1-5000

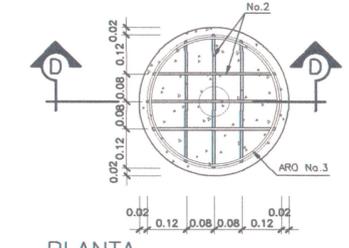
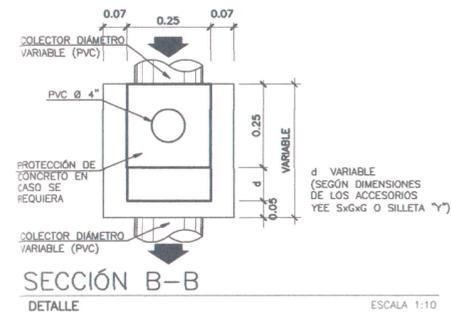
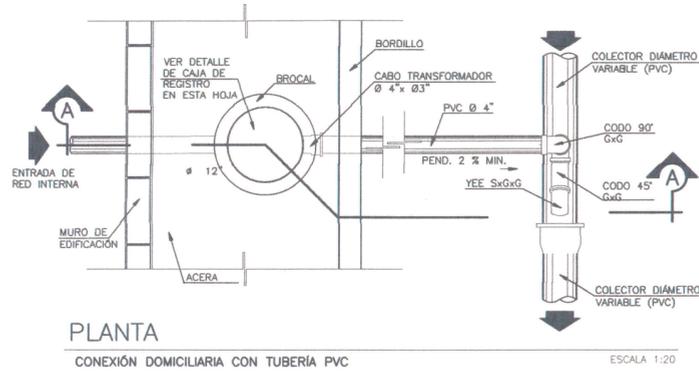


PV 28 - PV 34

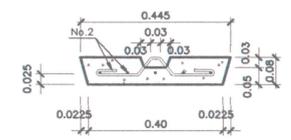
PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA H. 1:750 - V. 375

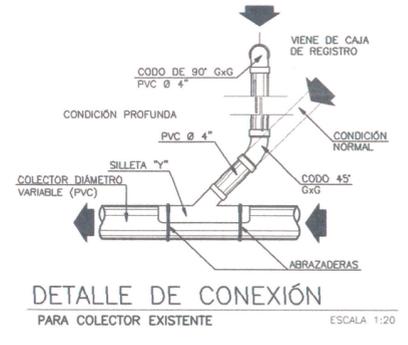
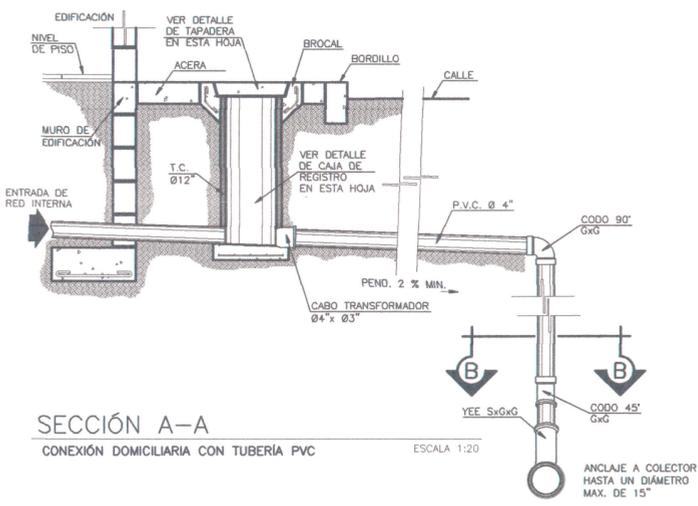
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN		PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.	
ASESORA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	CONTENIDO: PERFILES DE DISEÑO HIDRÁULICO 9-9 EN ALCANTARILLADO	FECHA: FEBRERO 2017	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA	ESCALA: HORIZONTAL: 1:500 VERTICAL: 1:100	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ	PLANO: 14
		HOJA: 18	



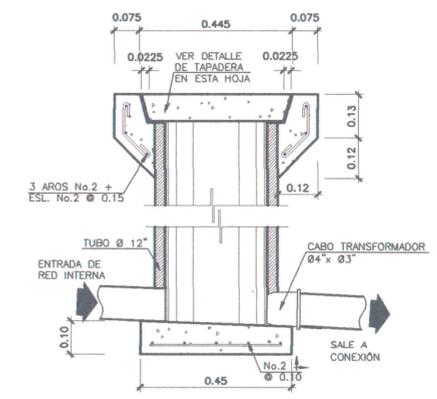
PLANTA TAPADERA ARMADO ESTRUCTURAL ESCALA 1:10



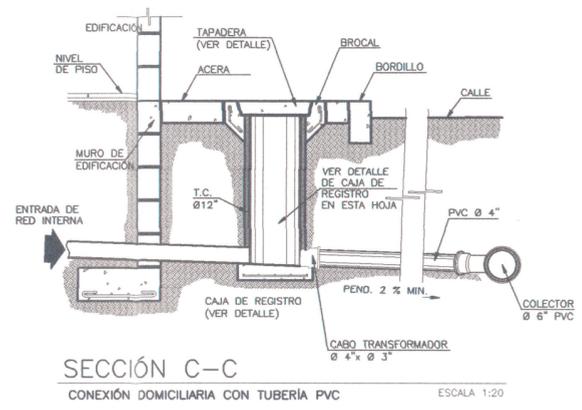
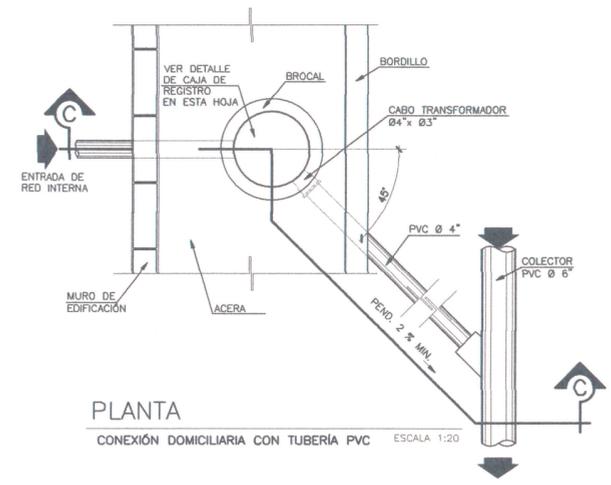
SECCIÓN D-D TAPADERA ARMADO ESTRUCTURAL ESCALA 1:10



DETALLES DE TAPADERA EN CAJA DE REGISTRO ESCALA INDICADA



DETALLE CAJA DE REGISTRO ESCALA 1:10



REFERENCIAS

CONDICIONES NORMALES (ACCESORIOS)

- A. CABO TRANSFORMADOR Ø 4" x Ø 3"
- B. TUBERÍA PVC Ø 4"
- C. YEE (Ø " COLECTOR x 4")

ESPECIFICACIONES

f'c = 210 Kg/cm²
Fy = 2810 Kg/cm²

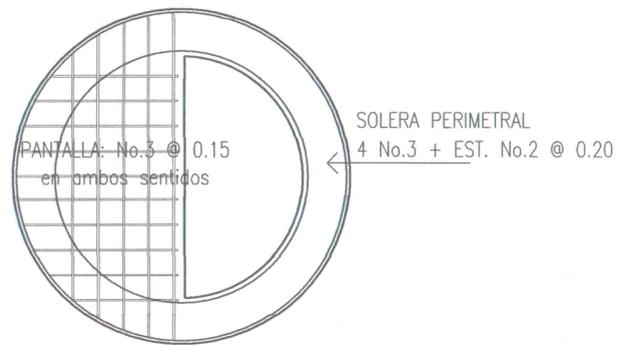
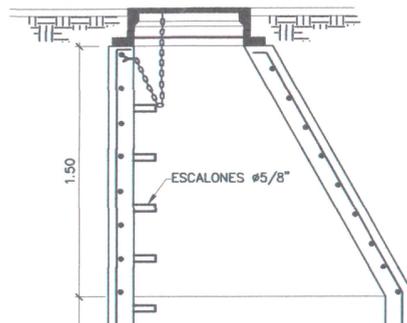
T.C. = TUBO DE CONCRETO

NOTA:

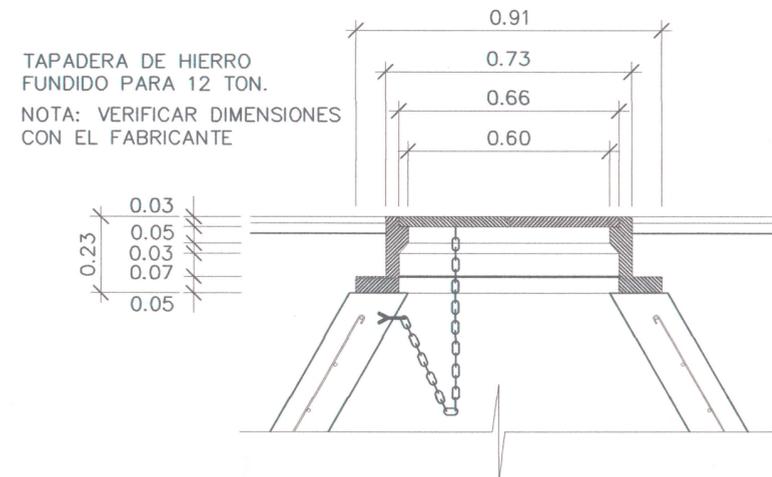
- TODA LA TUBERÍA DEBE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM F949.

DETALLES DE DISEÑO HIDRÁULICO

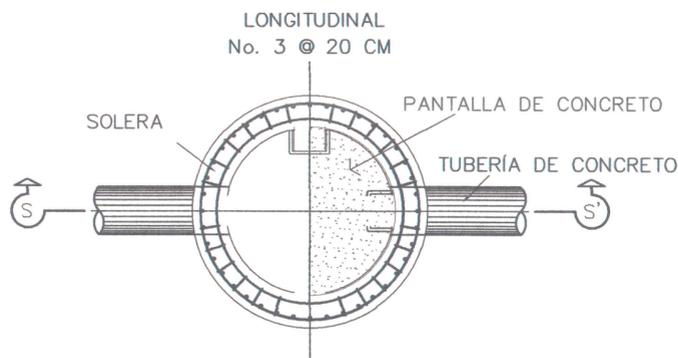
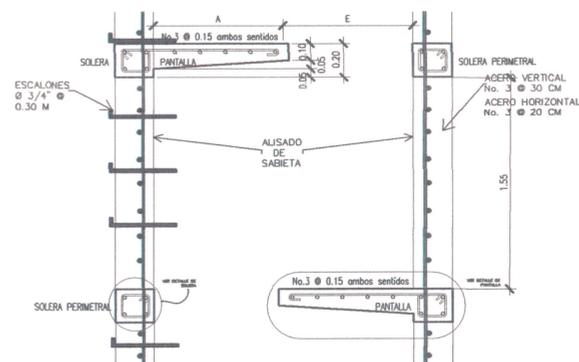
<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</p> <p>DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN</p>	<p>PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN</p> <p>LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN</p> <p>SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA</p>
	<p>MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR</p> <p>FECHA: FEBRERO 2019</p> <p>REVISOR: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA</p> <p>ING. SILVO RODRIGUEZ</p>
<p>USAC</p>	<p>PROGRAMA EPS: 15</p> <p>HOJA: 16</p>



PLANTA ARMADO DE PANTALLA Y SOLERA PERIMETRAL
ESCALA 1:20

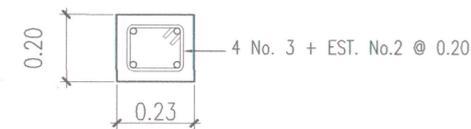


DETALLE, TAPADERA
ESCALA 1/20

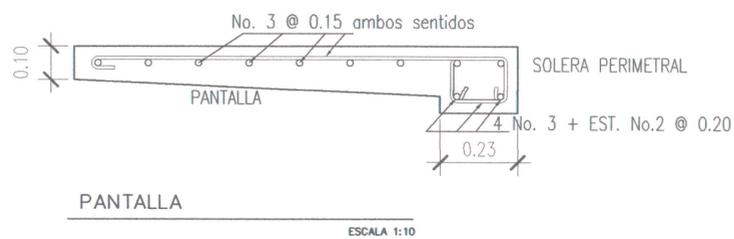
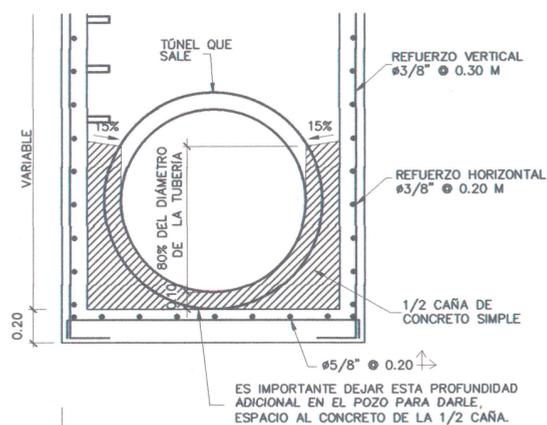


PLANTA ARMADO DE MURO DE POZO
ESCALA 1:25

DIÁMETROS INTERNOS DE POZOS	
DIÁMETRO DE TUBERÍA AFLUENTE MAYOR.	DIÁMETRO
TÚNEL 1.10 M	2.00 M.



SOLERA PERIMETRAL
ESCALA 1:10

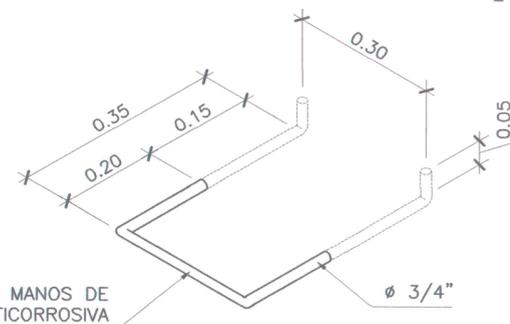


PANTALLA
ESCALA 1:10

- ESPECIFICACIONES
- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL
 - EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f'c=280$ kg/cm²
 - EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $f_y=2810$ kg/cm² (VARILLAS DE 20° GRADO 40)

POZO DE CONCRETO ARMADO

ESCALA 1:20



APLICAR TRES MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA

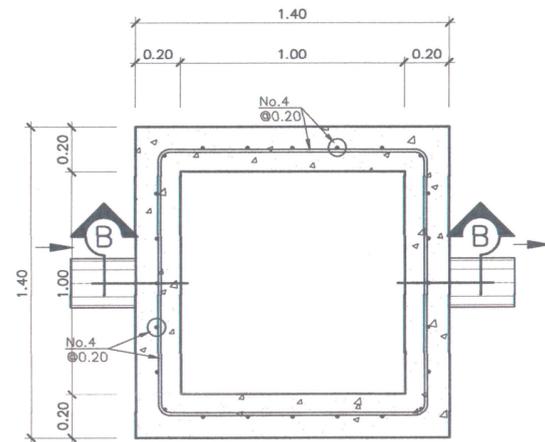
DETALLE DE ESCALÓN

SIN ESCALA

DETALLES DE DISEÑO HIDRÁULICO

		PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN UBICACIÓN: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.	
MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR		CONTENIDO: DETALLE DE POZO DE CONCRETO ARMADO	
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA		REVISÓ: LUIS EDUARDO BARRALES CABRERA	
PROGRAMA EPS: USAC		REVISÓ: ING. SILVO RODRIGUEZ	
FECHA: FEBRERO, 2019		PLANO: ARG EST INT DET	
ESCALA: INDICADA		HOJA: 17	
HOJA: 18			

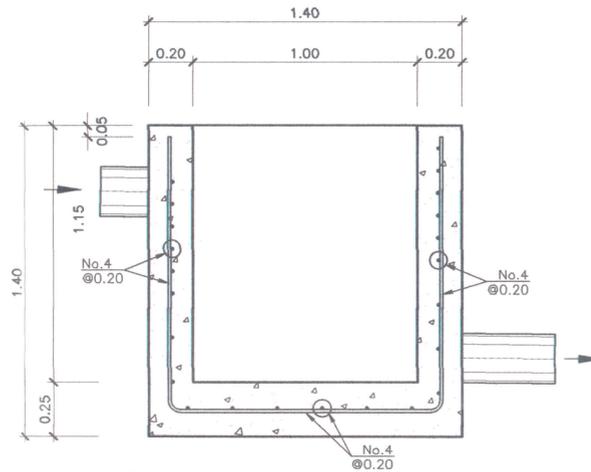




PLANTA

CAJA TOMA DE MUESTRAS, DE REGISTRO
CONCRETO 3000 PSI

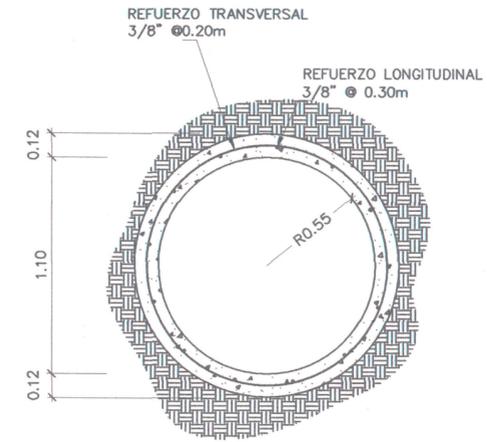
ESCALA 1:20



SECCIÓN B-B

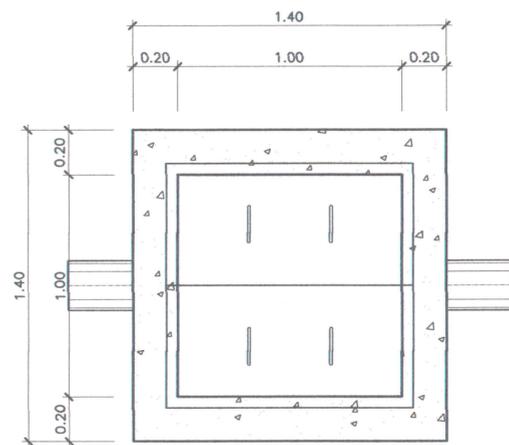
CAJA TOMA DE MUESTRAS, DE REGISTRO

ESCALA 1:20



SECCIÓN TÍPICAS DE TÚNEL

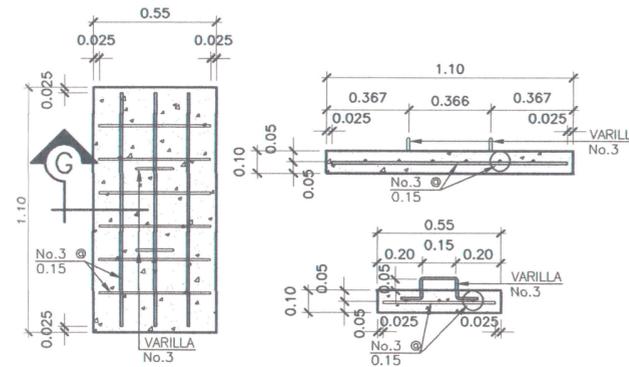
ACERO GRADO 40
CONCRETO 4000 PSI



PLANTA

CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1:20

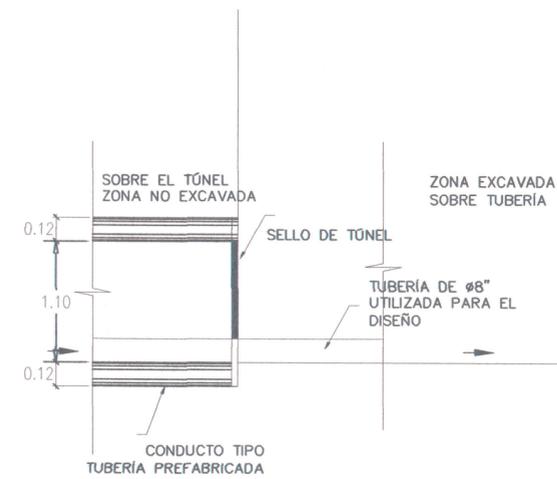


DETALLE

PLANTA Y SECCIÓN DE TAPADERA
DE CAJA DE REGISTRO

SECCIÓN G-G

ESCALA 1:25



DETALLE DE TRANSICIÓN
TUBERÍA-TÚNEL

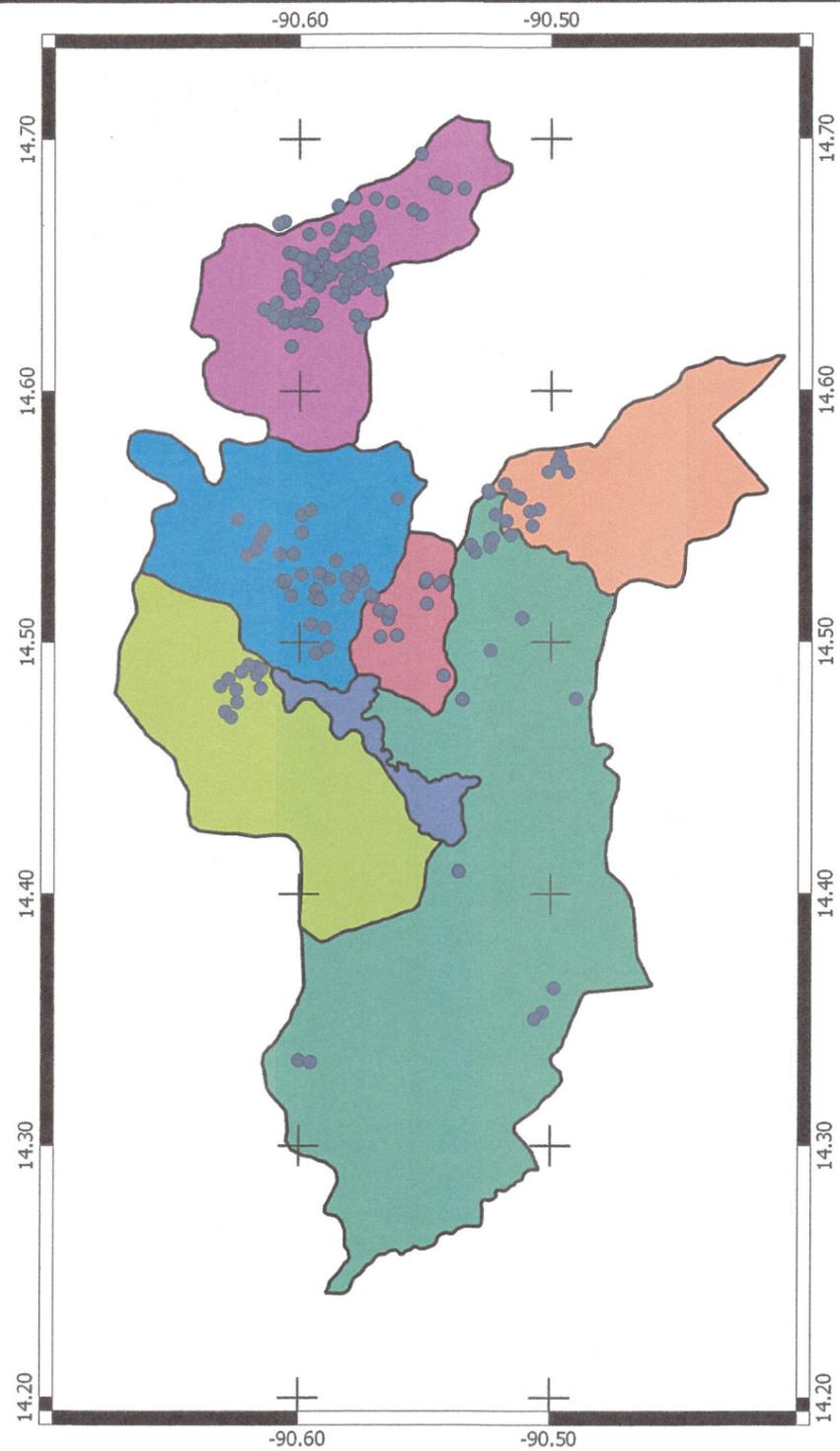
DETALLES DE DISEÑO HIDRÁULICO

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN	PROYECTO: SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN LUGAR: COLONIA LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA		
	ASESORA: MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	CONTENIDO: DETALLE DE TÚNEL Y CAJA DE REGISTRO	FECHA: FEBRERO 2019	REVISÓ: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
DISEÑO Y CÁLCULO: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA	ESCALA: INDICADA	REVISÓ: ING. SILVIO RODRIGUEZ	PLANO:	HOJA: 18
PROGRAMA EPS: USAC	PROGRAMA EPS:	PROGRAMA EPS:	PROGRAMA EPS:	PROGRAMA EPS:

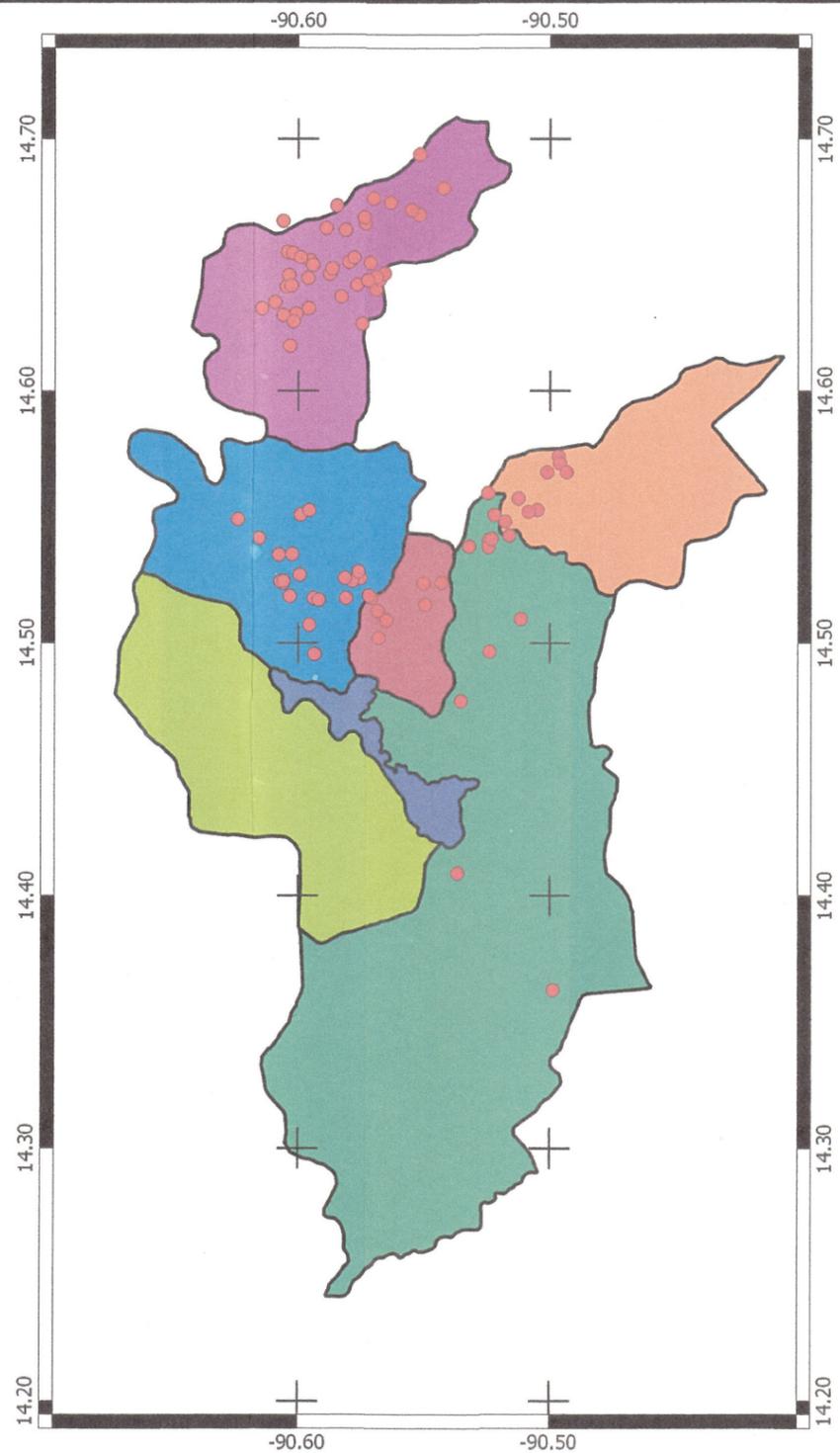


Apéndice 4. **Planos de análisis de aguas subterráneas**

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.



DISTRIBUCIÓN DE POZOS VISITADOS
180 POZOS VISITADOS



DISTRIBUCIÓN DE POZOS MONITOREADOS
91 POZOS MONITOREADOS



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A
MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

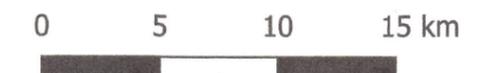
SIMBOLOGÍA

POZOS

- 91 POZOS MONITOREADOS
- 180 POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATITLÁN
- LAGO DE AMATITLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA



000

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN DE POZOS MUNICIPALES DE LA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR ÉPOCA SECA 2018

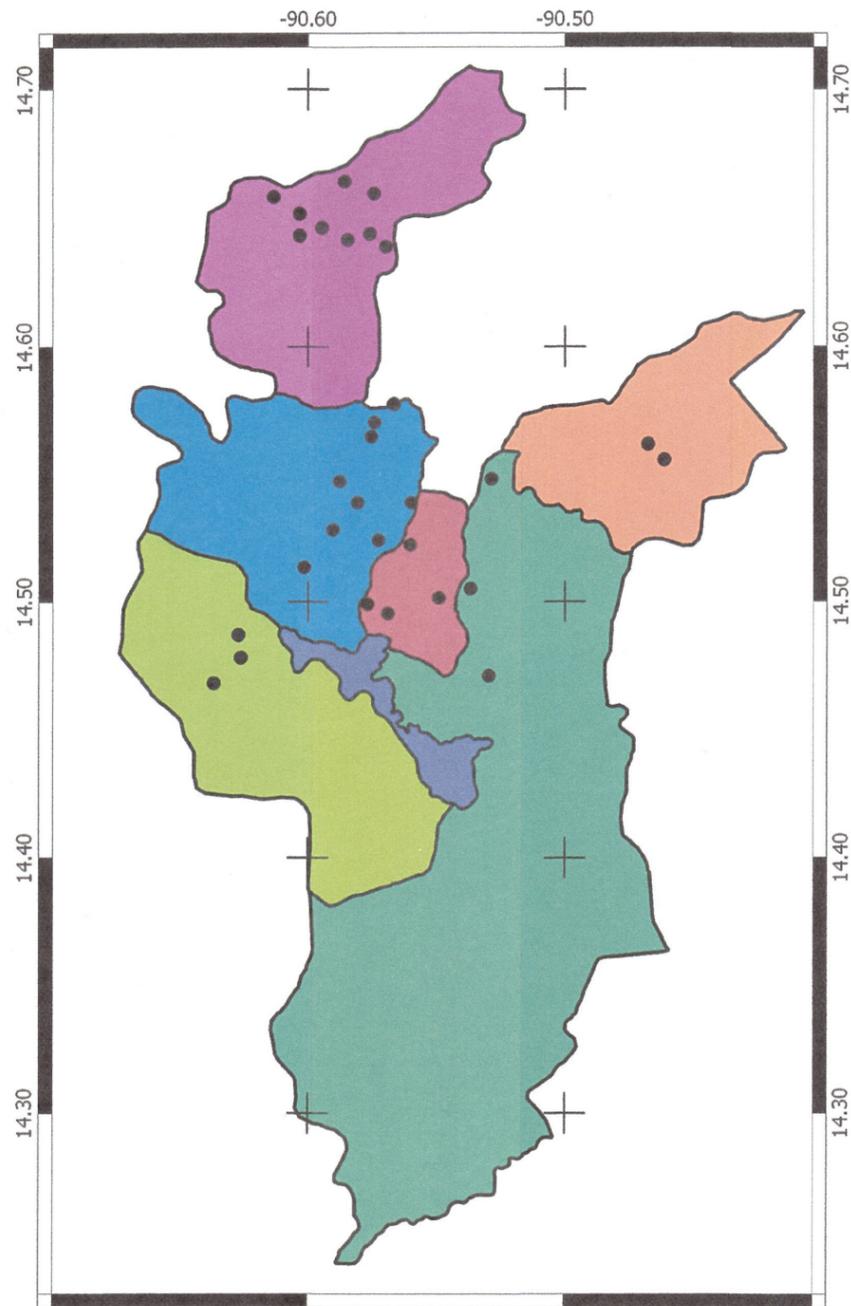
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:250000

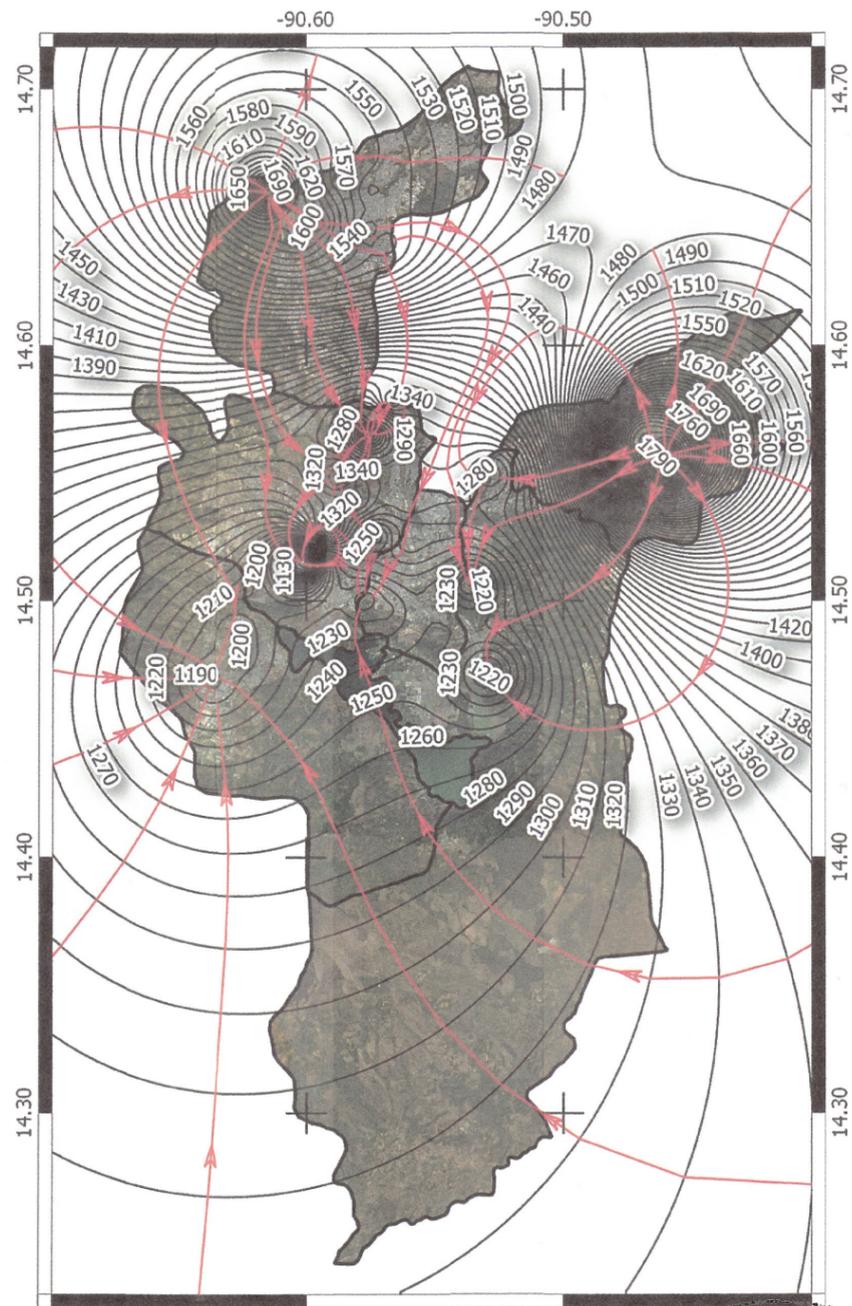
FECHA:
JULIO 2018

PROYECCIÓN:
WGS 84
EPSG: 4326





UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS
- POZOS MONITOREADOS 1978 SDEA

MUNICIPIOS

- AMATILÁN
- LAGO DE AMATILÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

001

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LÍNEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR 1978

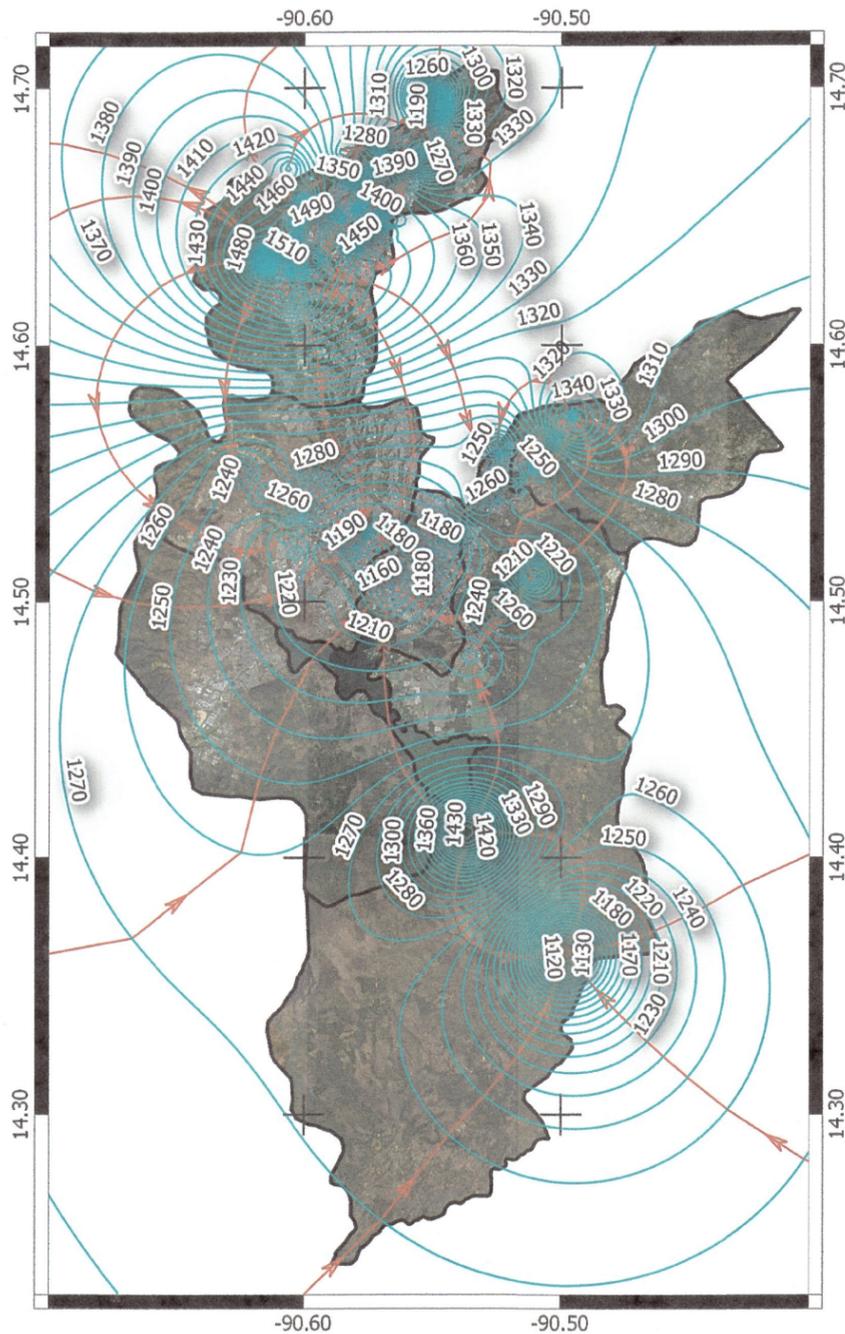
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:250000

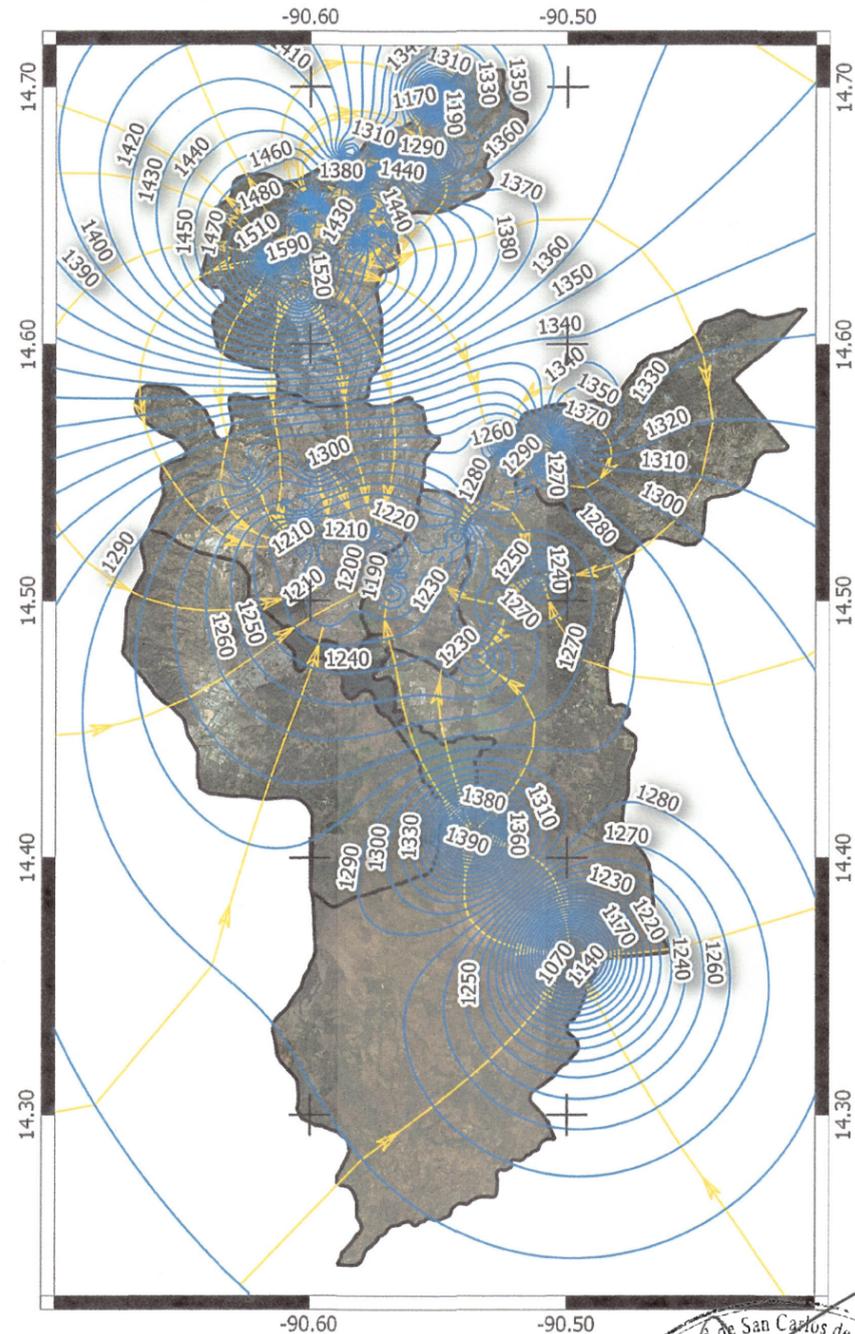
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326





RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

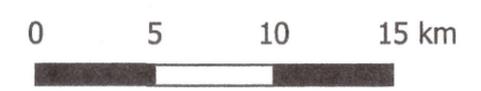
SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- POZOS MONITOREADOS
 - POZOS VISITADOS

- MUNICIPIOS**
- AMATITLÁN
 - LAGO DE AMATITLÁN
 - MIXCO
 - SANTA CATARINA PINULA
 - SAN MIGUEL PETAPA
 - VILLA CANALES
 - VILLA NUEVA

- REDES DE FLUJO**
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



002

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LINEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRANEAS DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR ÉPOCA SECA 2018

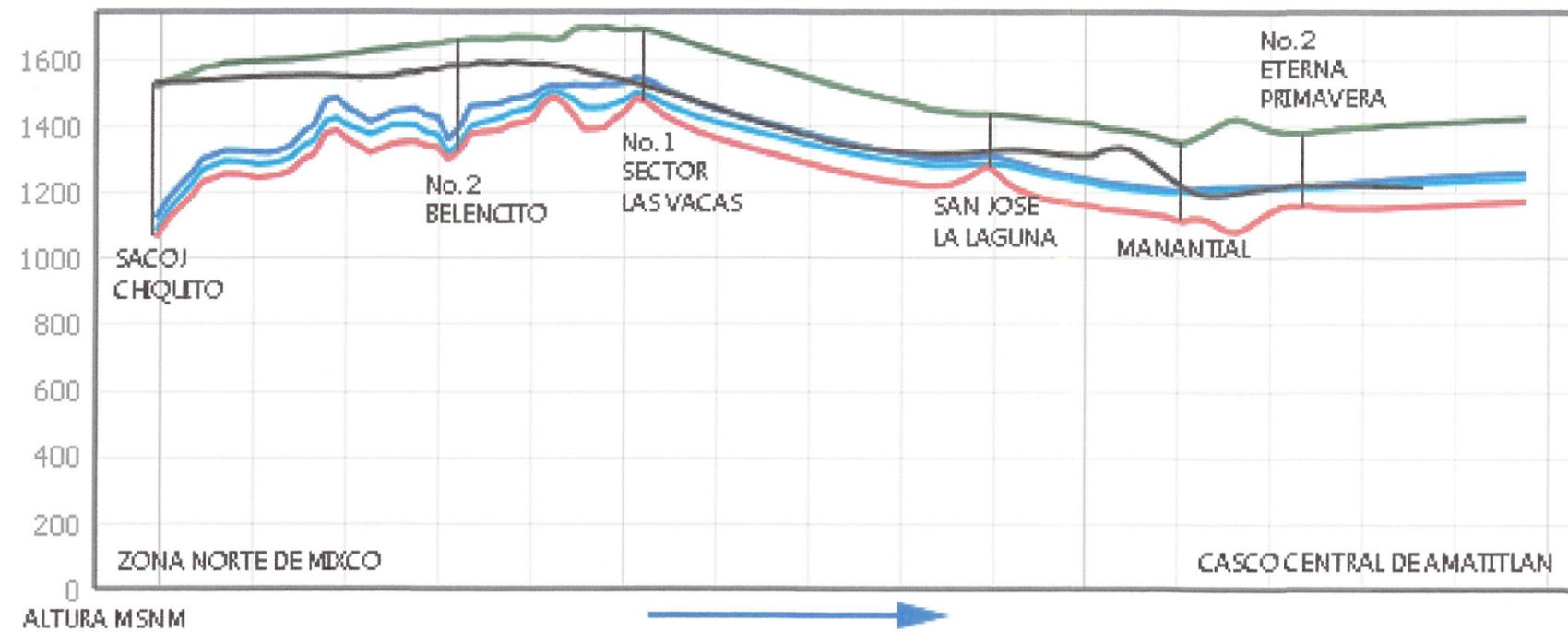
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:250000

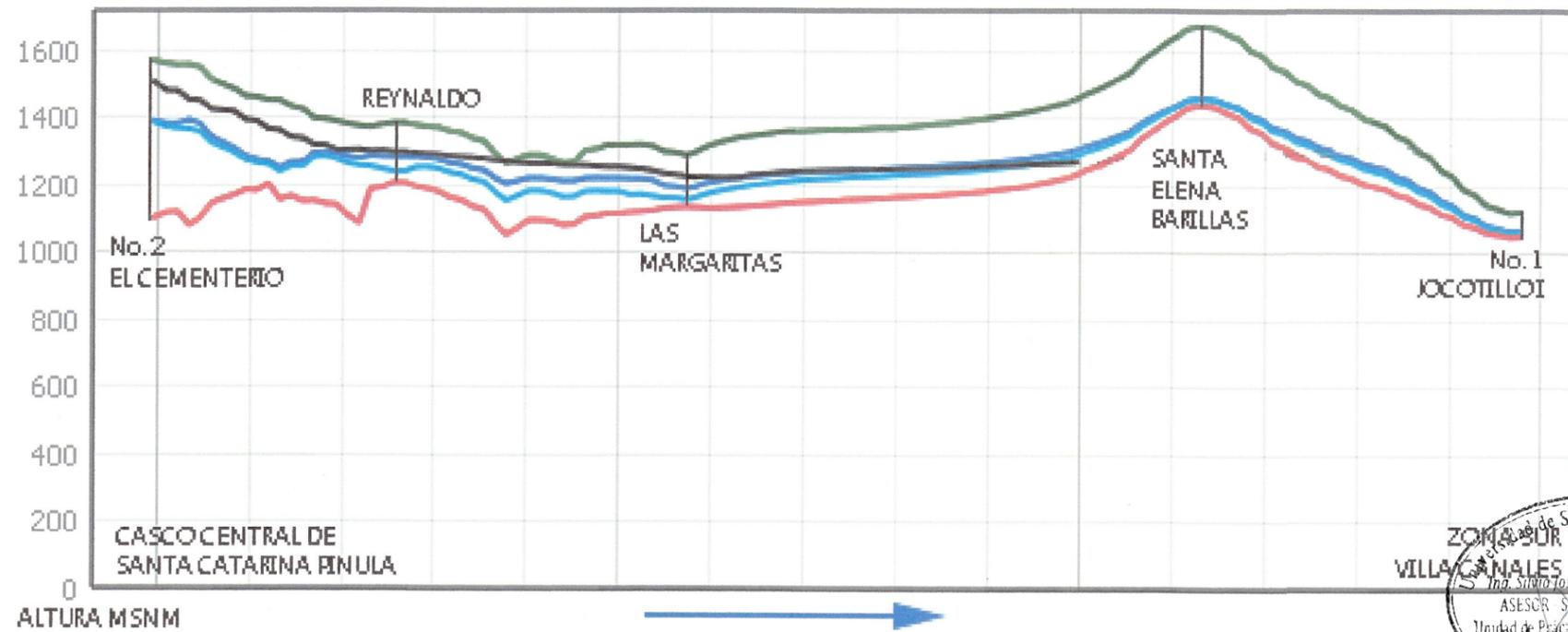
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326

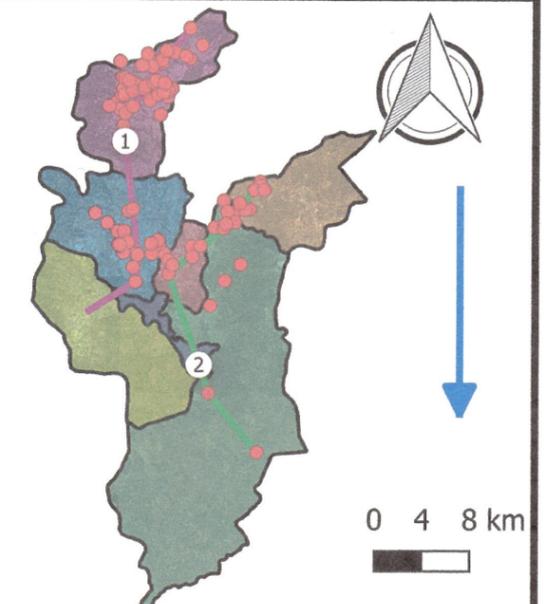




PERFIL GENERAL 1



PERFIL GENERAL 2



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A MGCS

SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



003

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DE SUR ÉPOCA SECA 2018 PERFILES GENERALES 1 Y 2

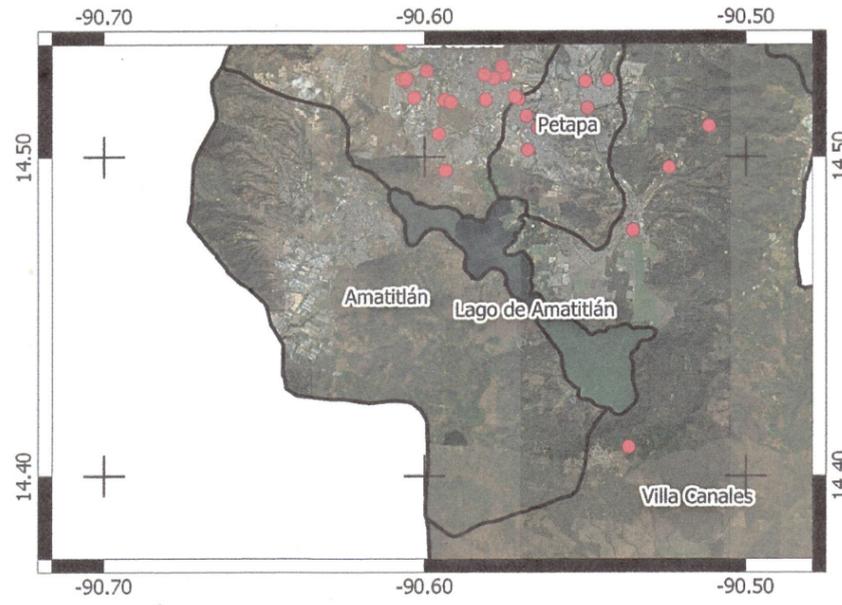
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:500000

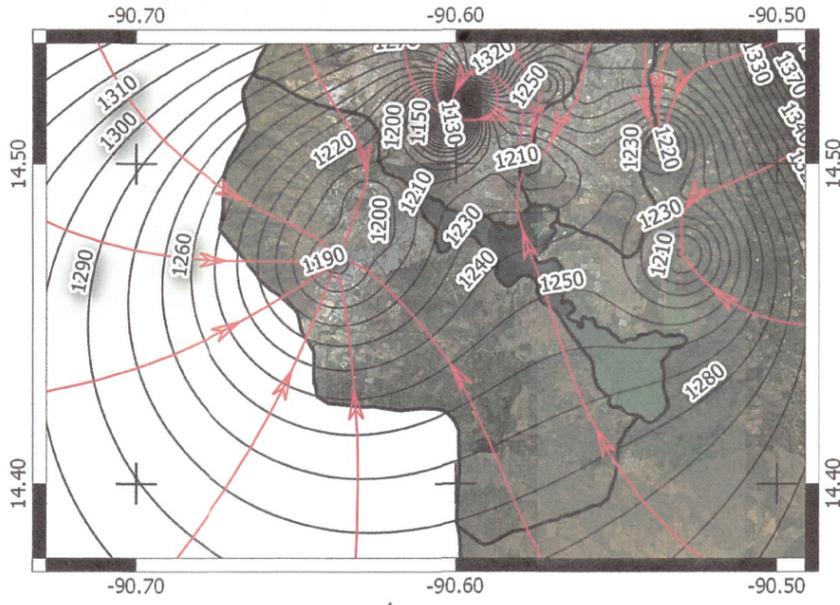
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326

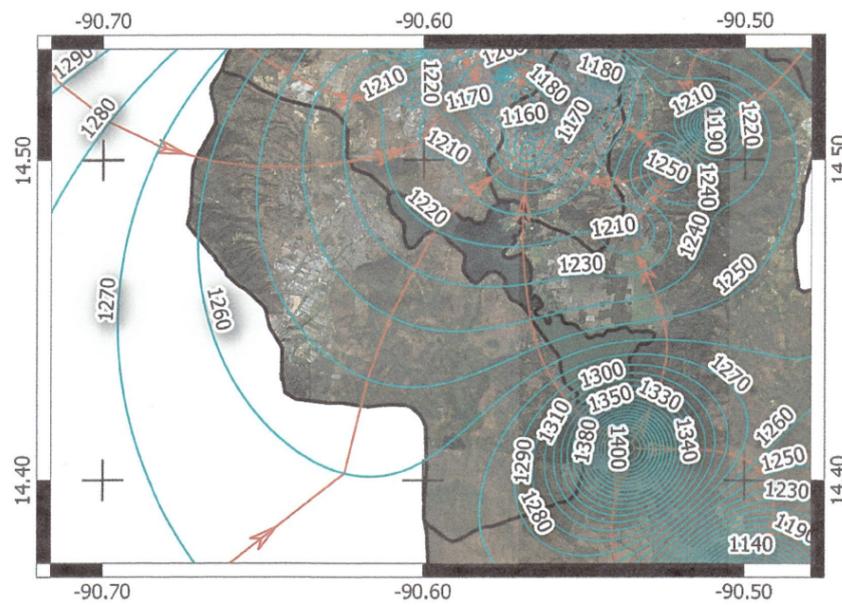




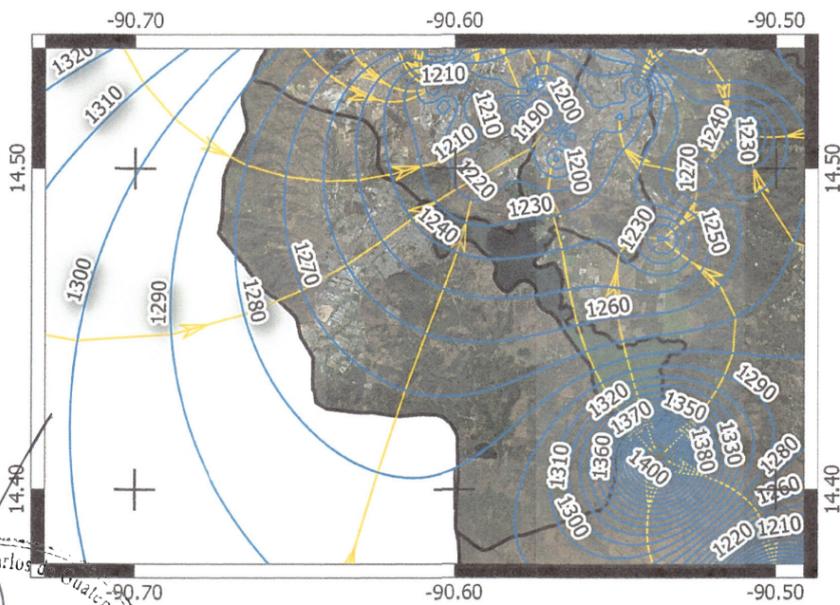
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



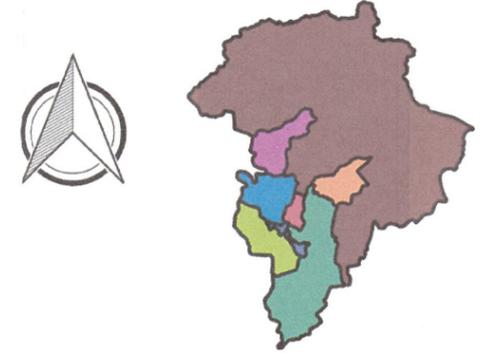
RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

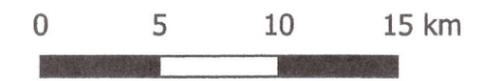
SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- POZOS MONITOREADOS
 - POZOS VISITADOS

- MUNICIPIOS**
- AMATITLÁN
 - LAGO DE AMATITLÁN
 - MIXCO
 - SANTA CATARINA PINULA
 - SAN MIGUEL PETAPA
 - VILLA CANALES
 - VILLA NUEVA

- REDES DE FLUJO**
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES**
- LINEAS DE FLUJO
 - CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



004

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LINEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN ÉPOCA SECA 2018

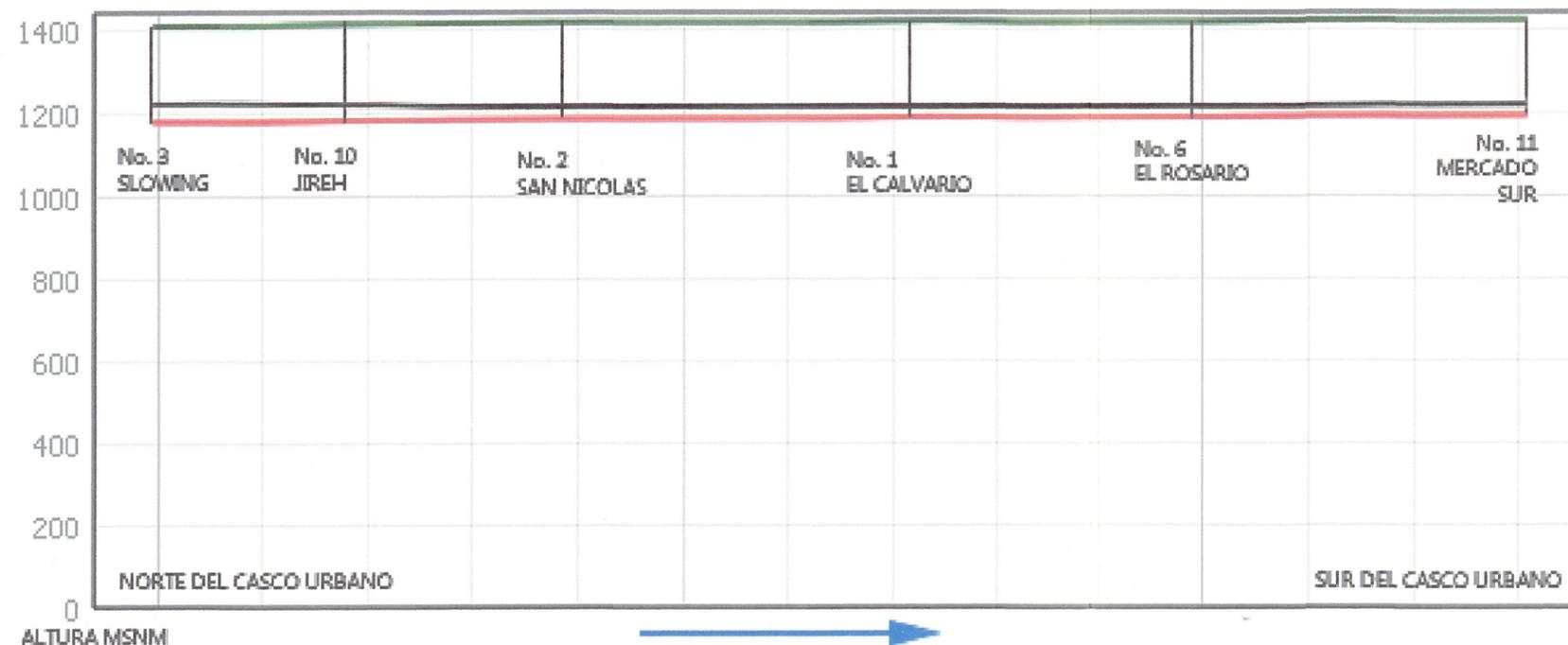
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:200000

FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

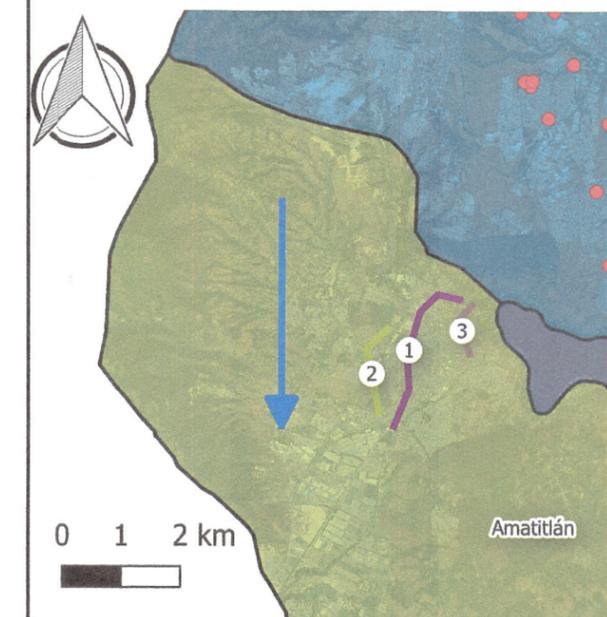




PERFIL GENERAL 1



PERFIL GENERAL 2



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE AMATITLÁN

SIMBOLOGÍA

POZOS

- 180 POZOS VISITADOS
- 91 POZOS MONITOREADOS

PERFILES

- TERRENO NATURAL 2018 ES
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES
- FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



005

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 1 Y 2

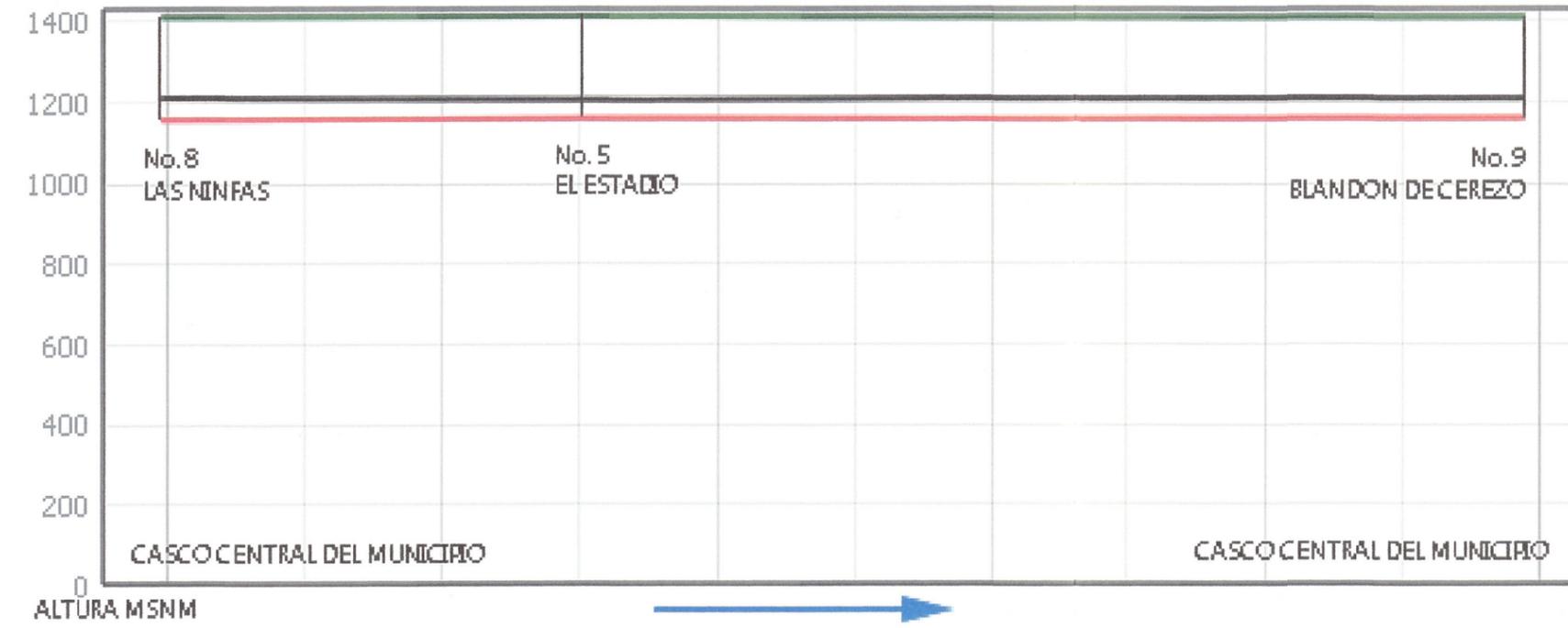
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:100000

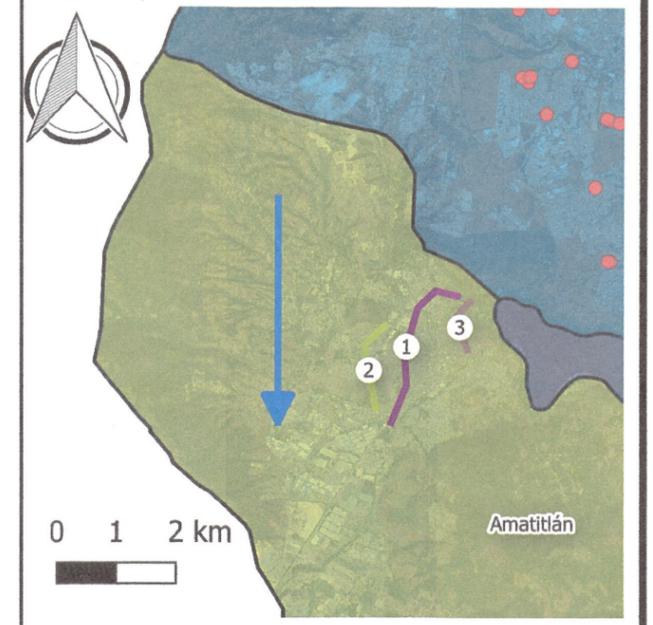
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326





PERFIL GENERAL 3



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE AMATITLÁN

SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



006

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE AMATITLÁN ÉPOCA SECA 2018 PERFIL 3

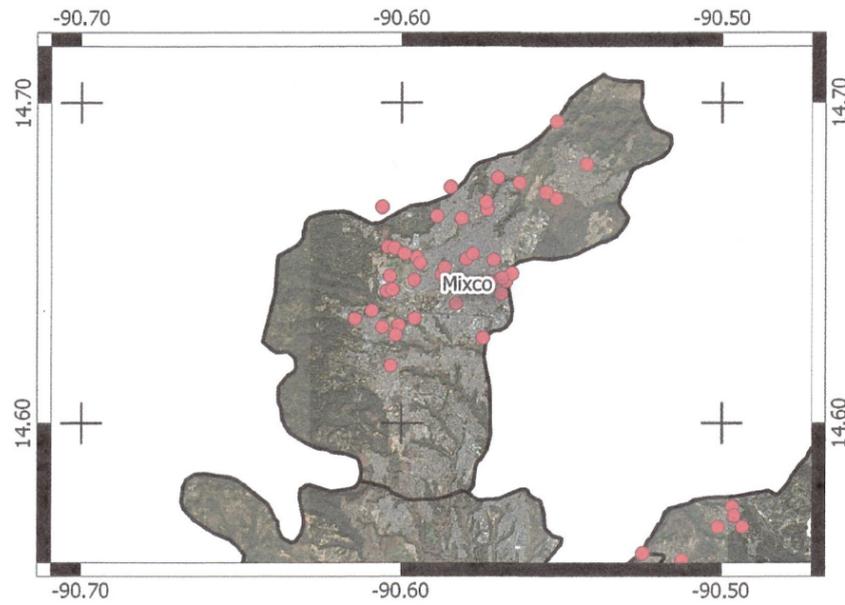
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:100000

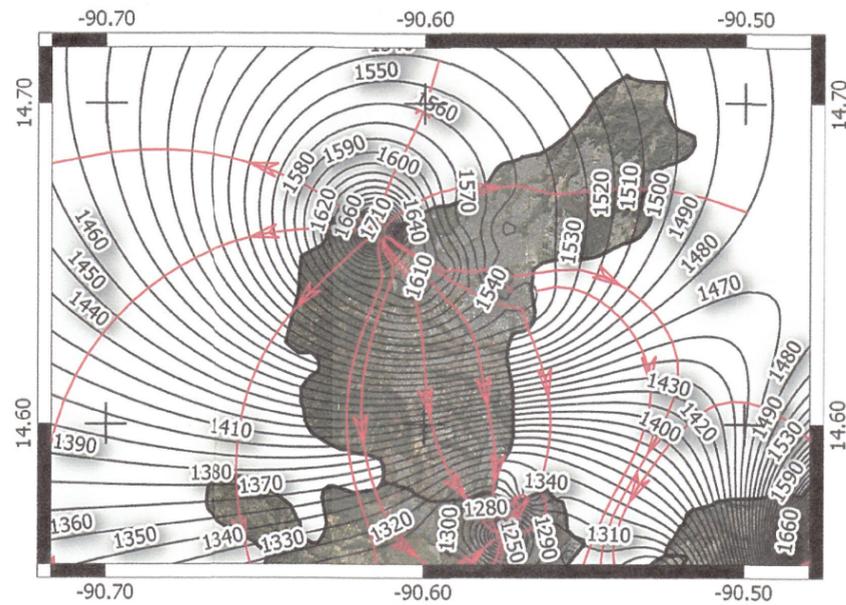
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

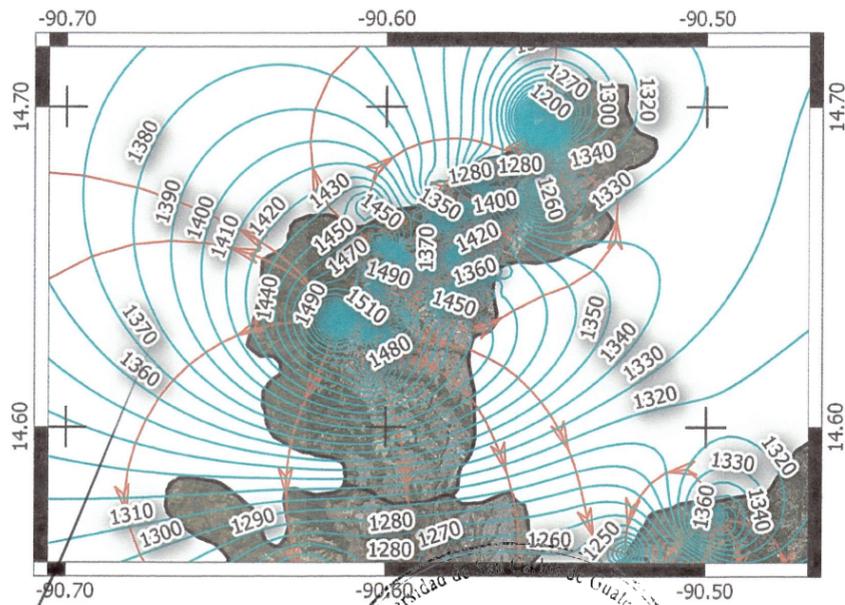




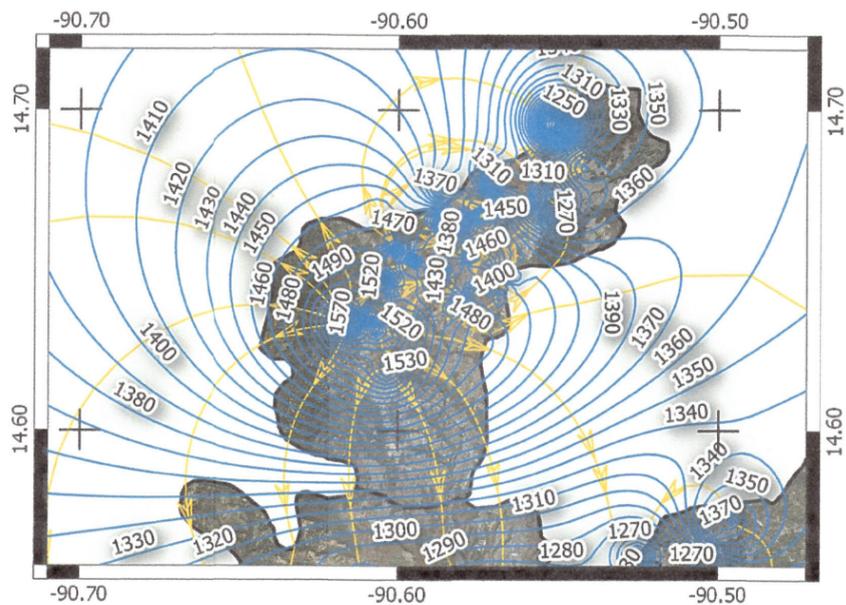
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



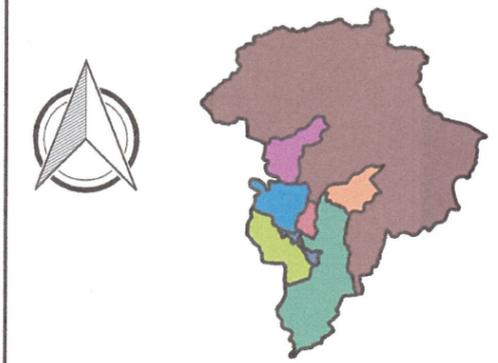
RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATITLÁN
- LAGO DE AMATITLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

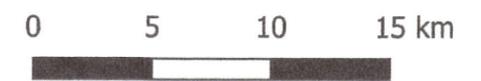
NIVEL DINÁMICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL ESTÁTICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

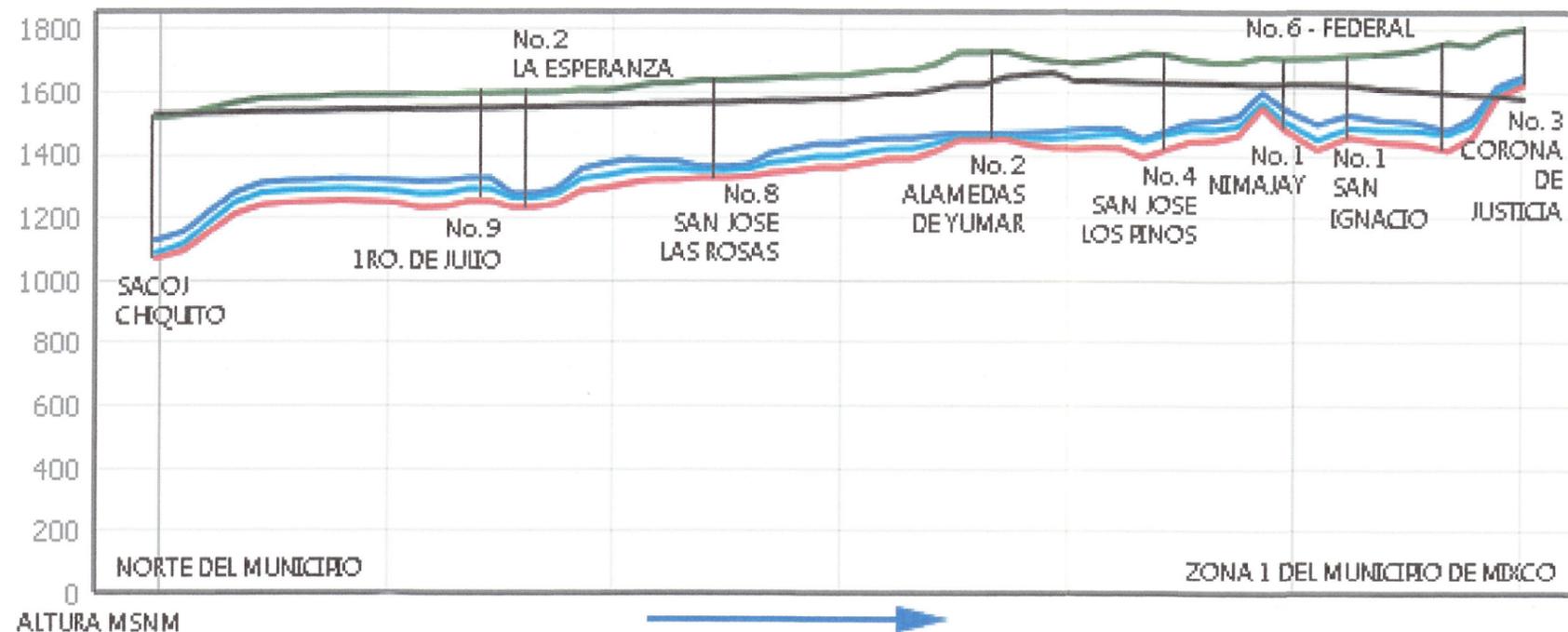
MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



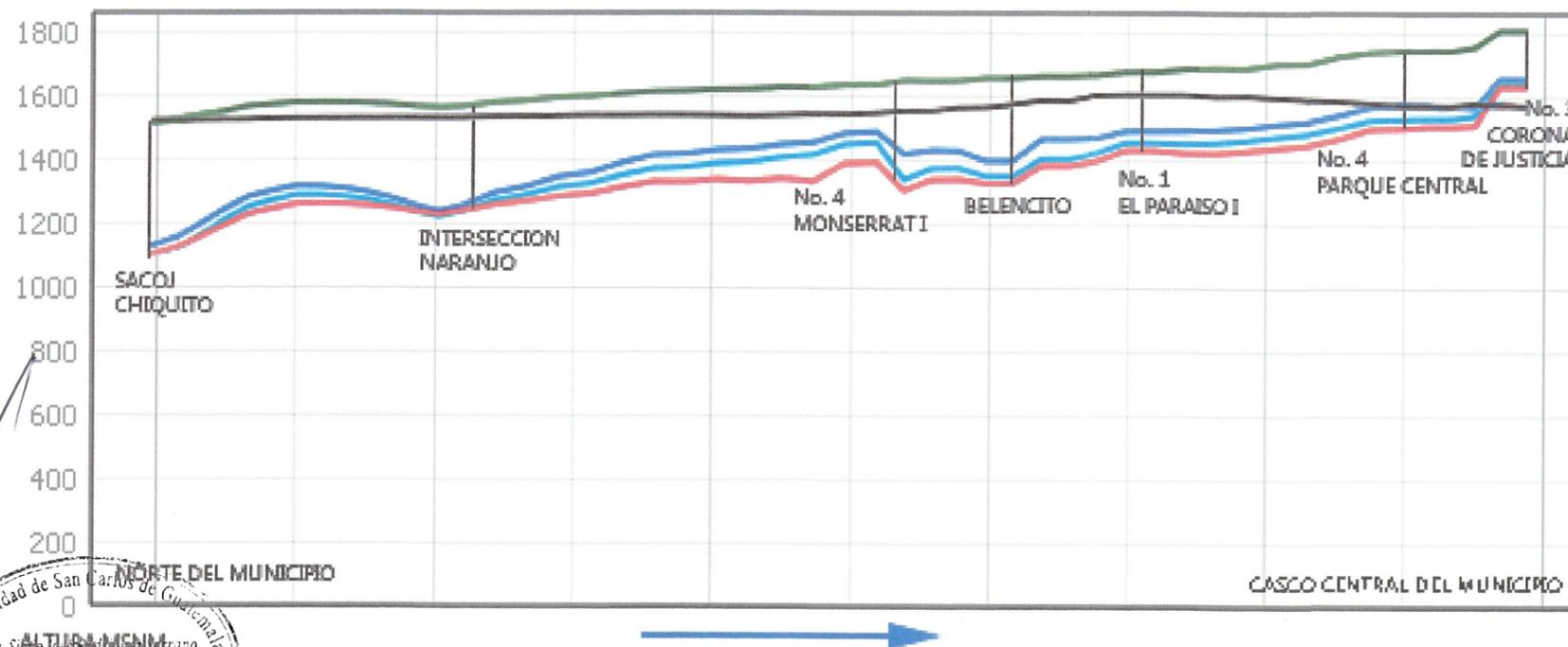
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

007	ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA		FECHA: JULIO 2018
	LÍNEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO ÉPOCA SECA 2018	ESCALA: 1:200000	PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326	

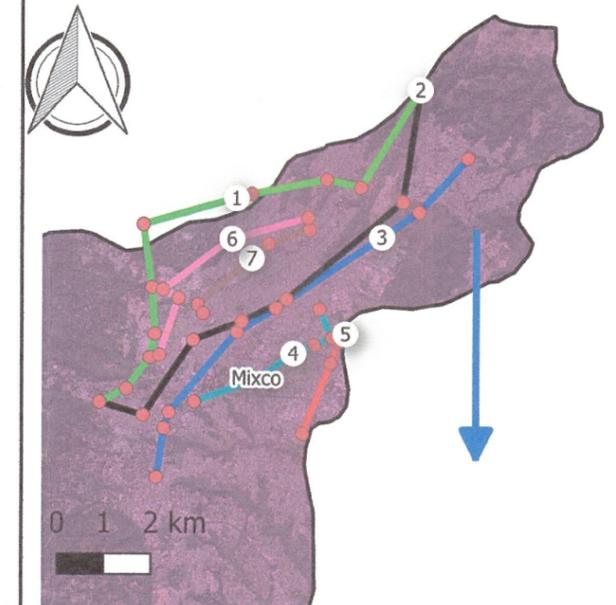




PERFIL GENERAL 1



PERFIL GENERAL 2



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE MIXCO

SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

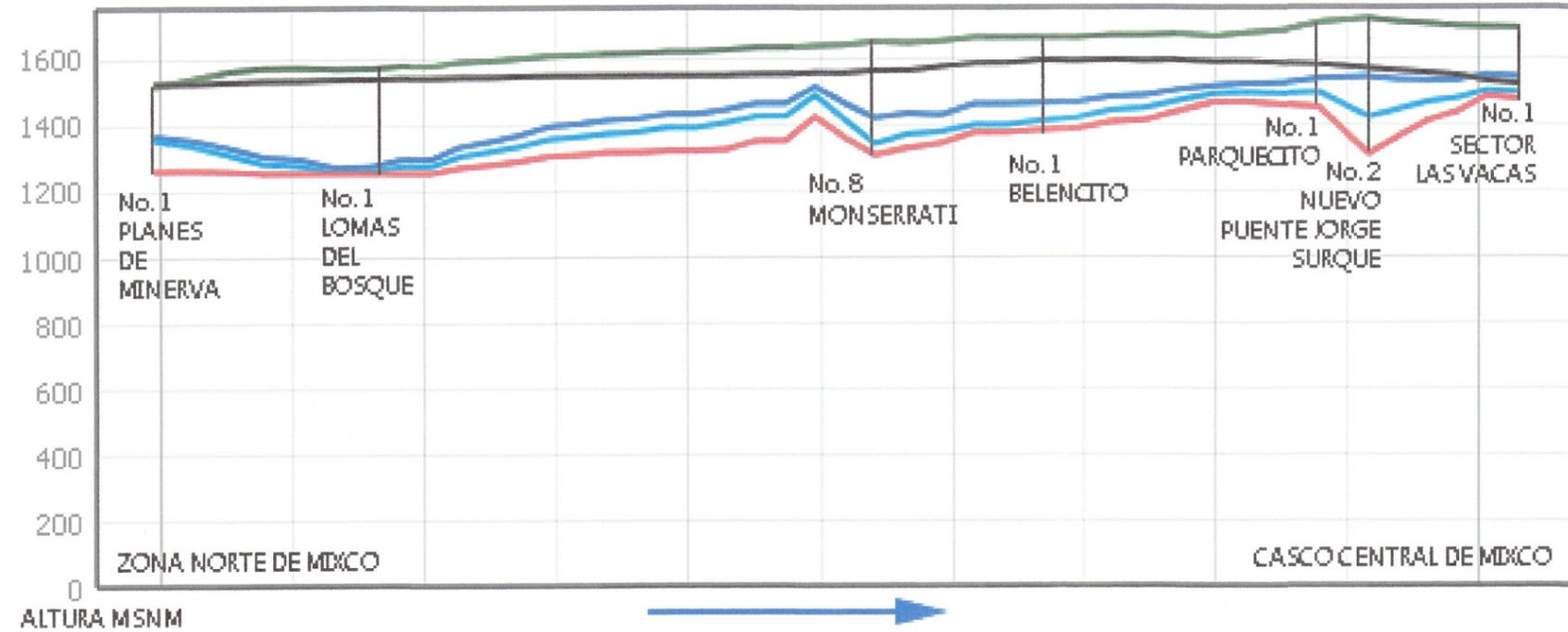
MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.

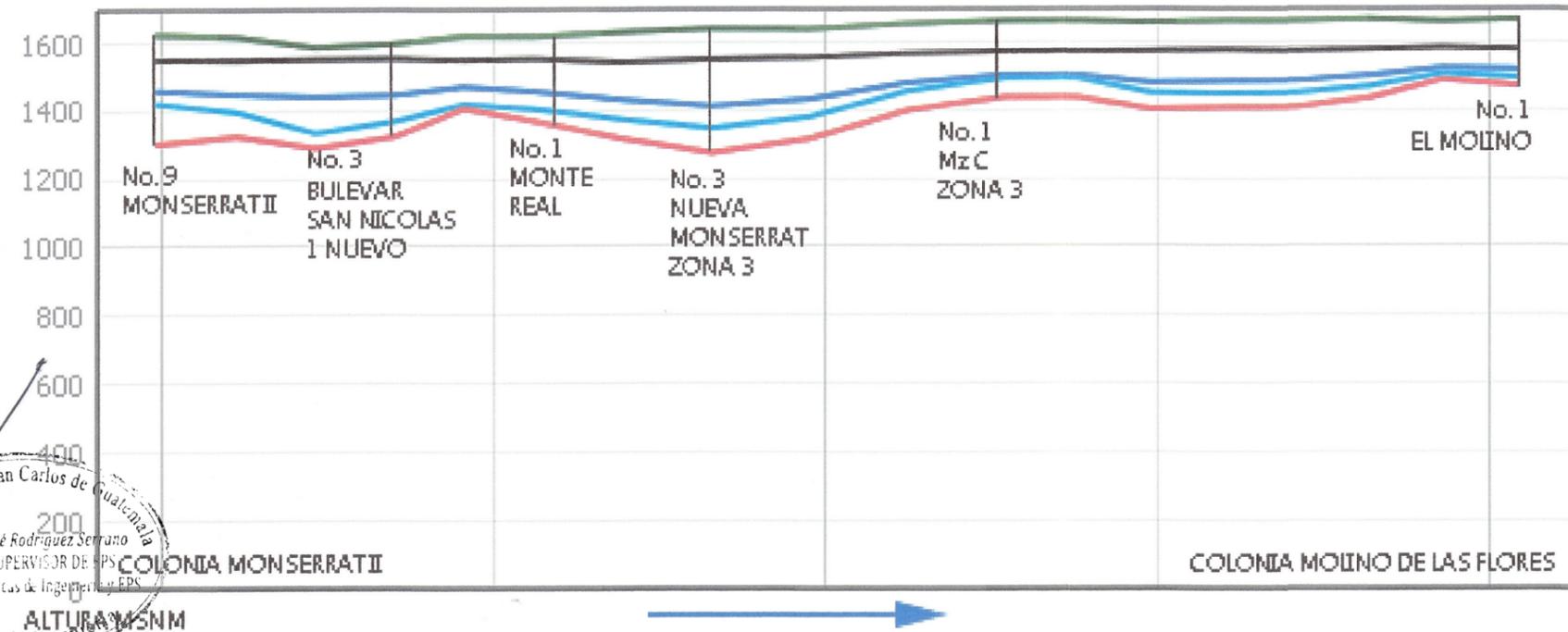


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Escobar Estrada
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Facultad de Ingeniería

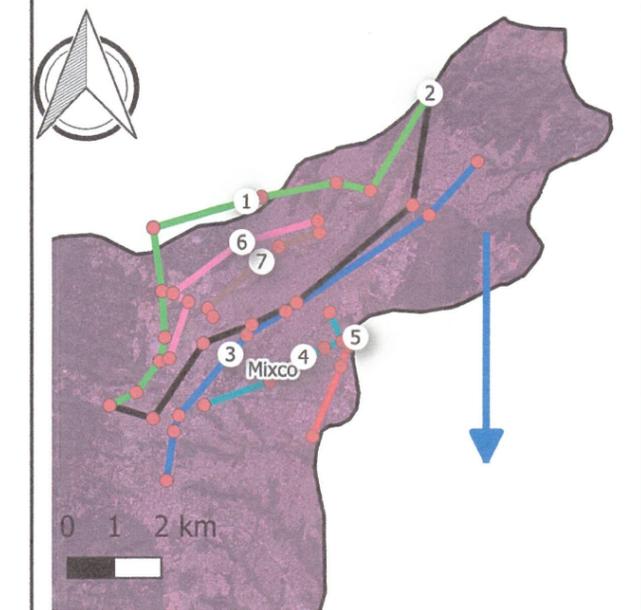
008	ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA	FECHA: JULIO 2018	  
	DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 1 Y 2	ESCALA: 1:125000	PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326	



PERFIL GENERAL 3



PERFIL GENERAL 4



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE MIXCO

SIMBOLOGÍA

POZOS

- 180 POZOS VISITADOS
- 91 POZOS MONITOREADOS

PERFILES

- TERRENO NATURAL 2018 ES
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES
- FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Planificación e Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

009

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 3 Y 4

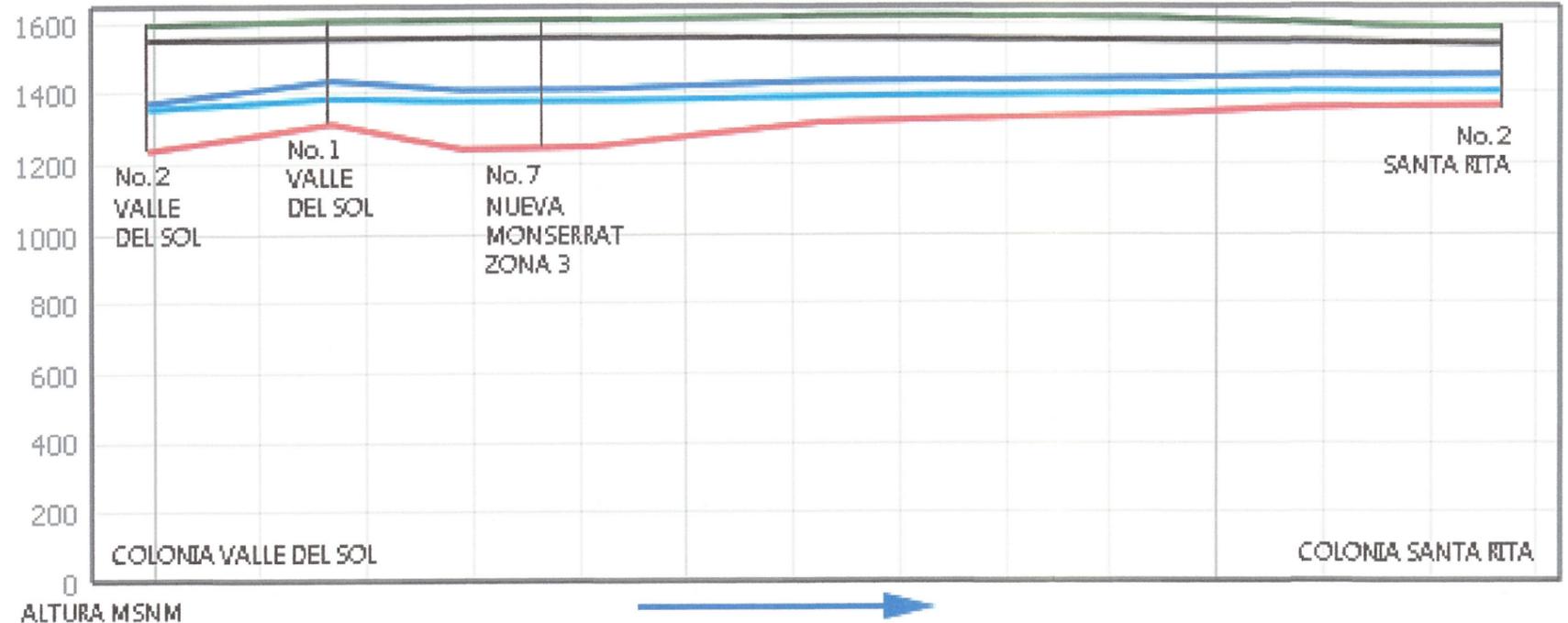
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

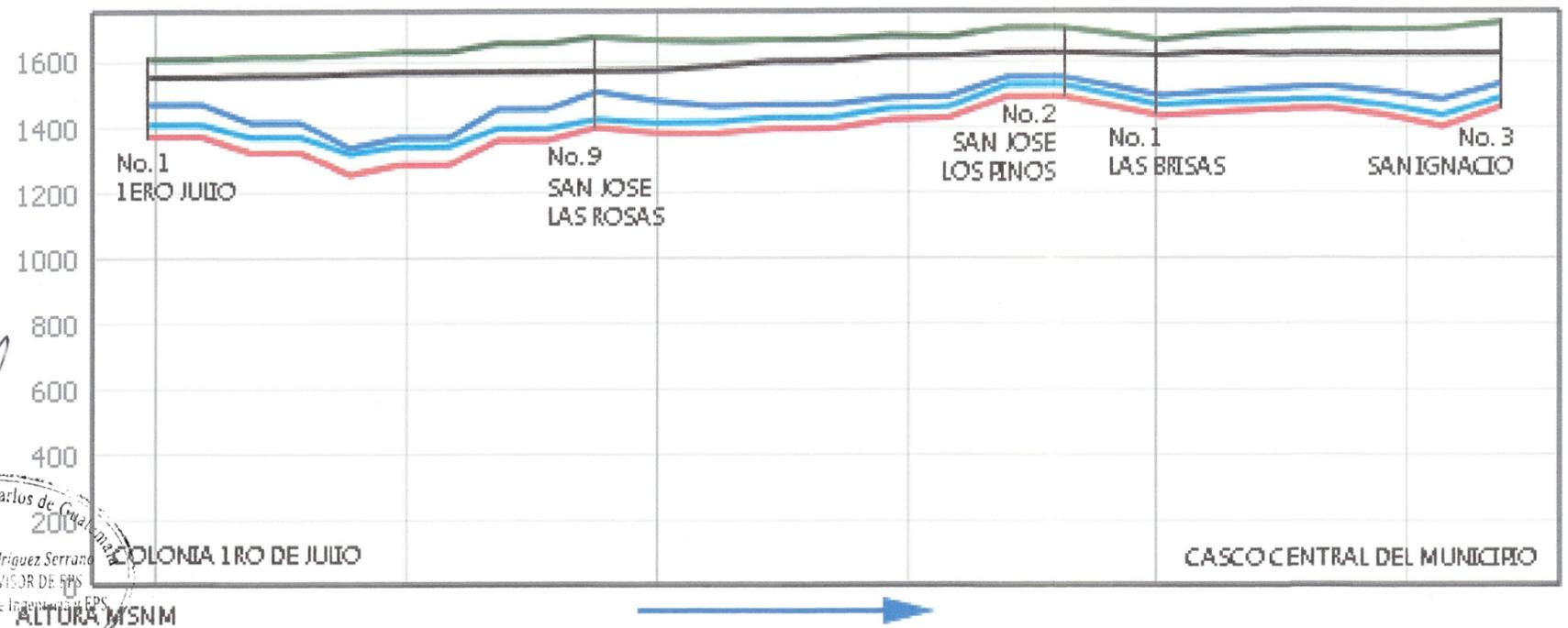
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

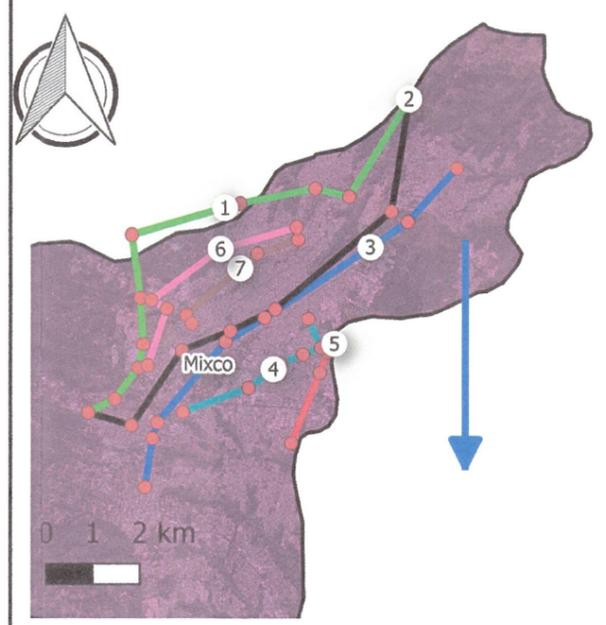




PERFIL GENERAL 5



PERFIL GENERAL 6



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE MIXCO

SIMBOLOGÍA

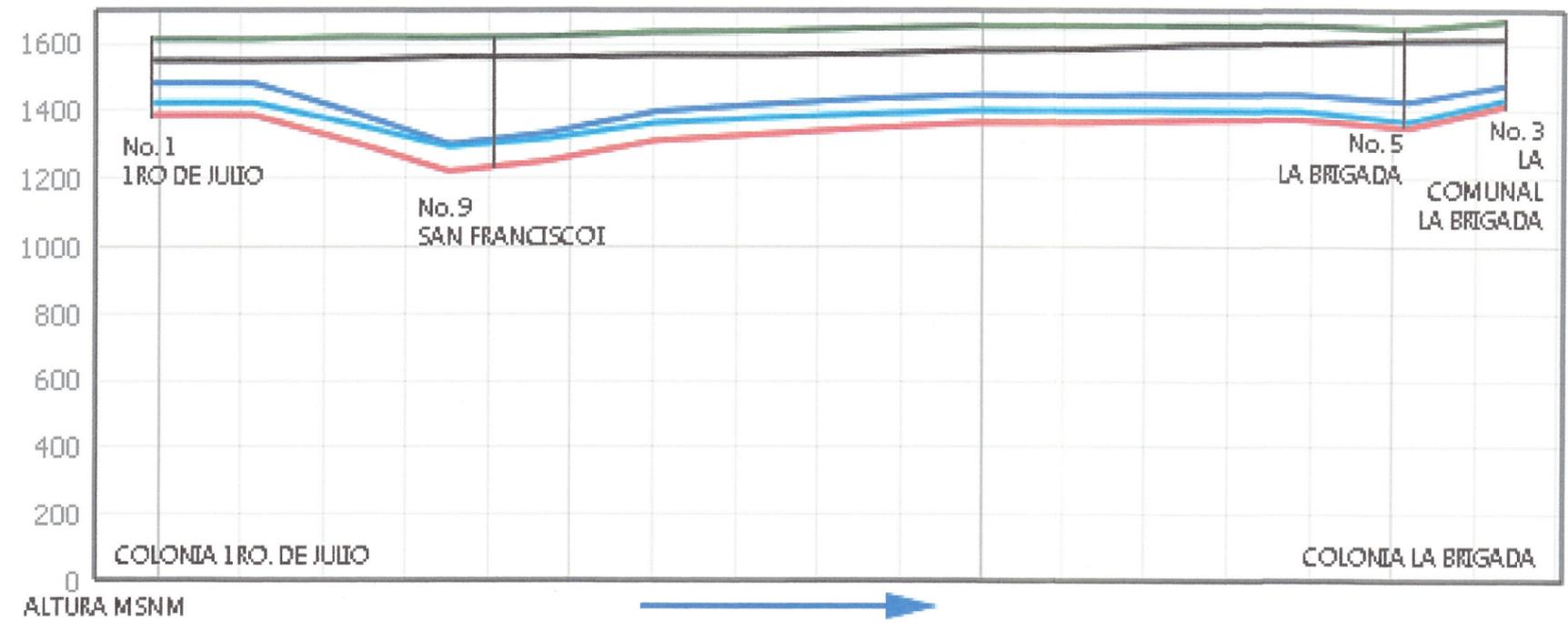
- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

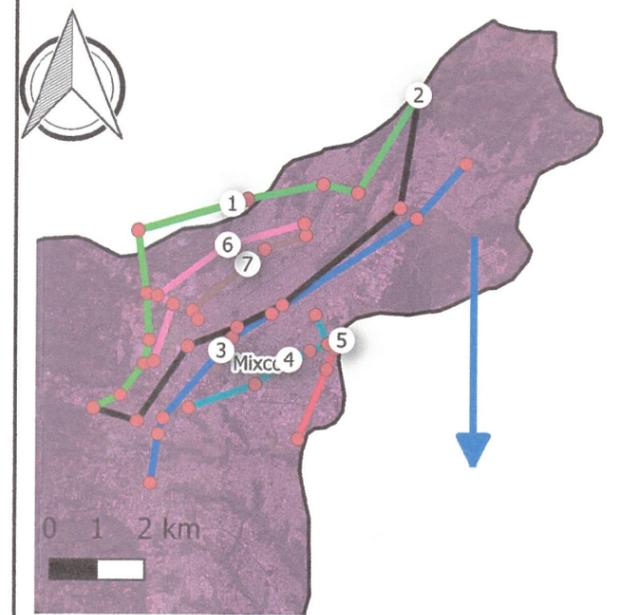
NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 MASESC SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Proyectos de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

010	ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA		FECHA: JULIO 2018	  
	DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 5 Y 6	ESCALA:	1:125000	PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326	



PERFIL GENERAL 7



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE MIXCO

SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 MSc. SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

011

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO ÉPOCA SECA 2018 PERFIL 7

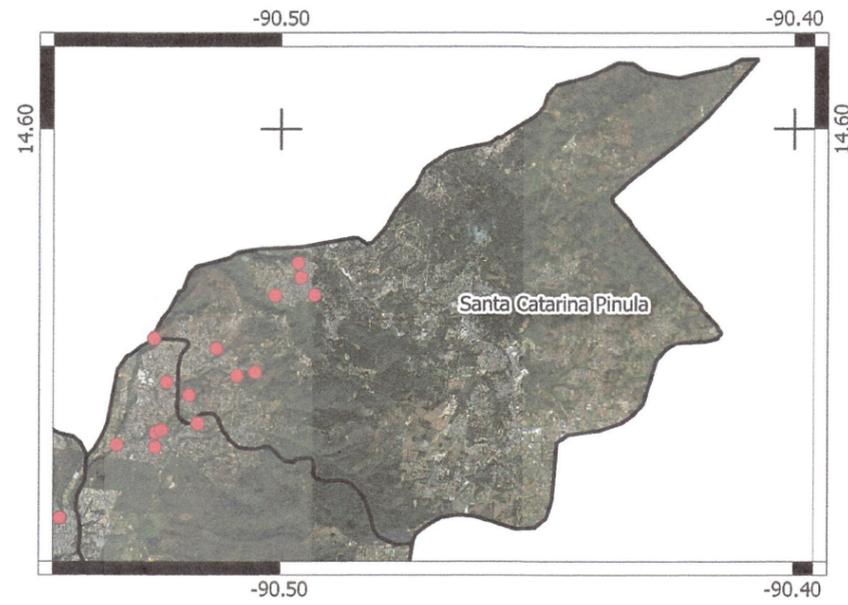
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

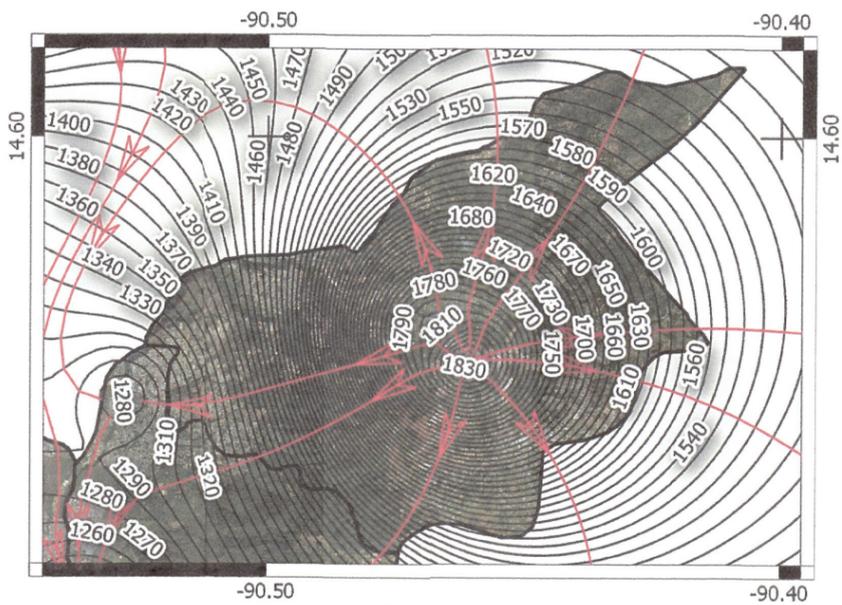
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

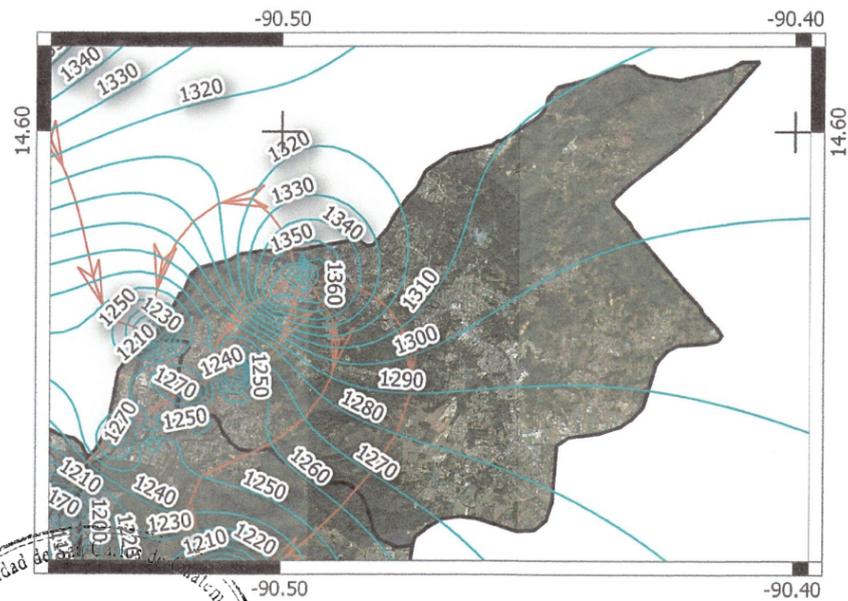




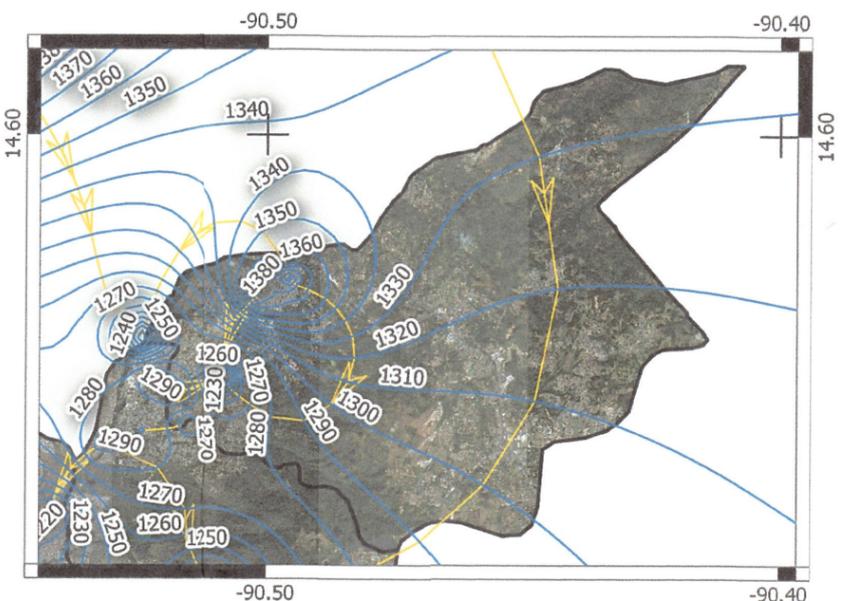
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



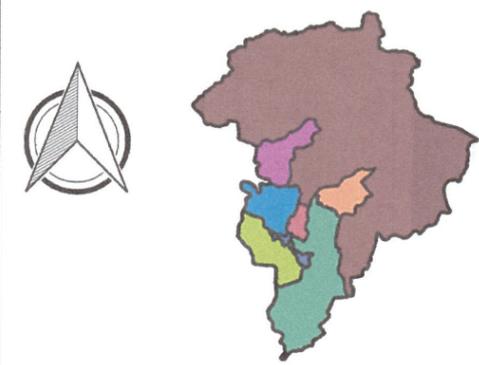
RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATITLÁN
- LAGO DE AMATITLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL DINÁMICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL ESTÁTICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



012

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LÍNEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA ÉPOCA SECA 2018

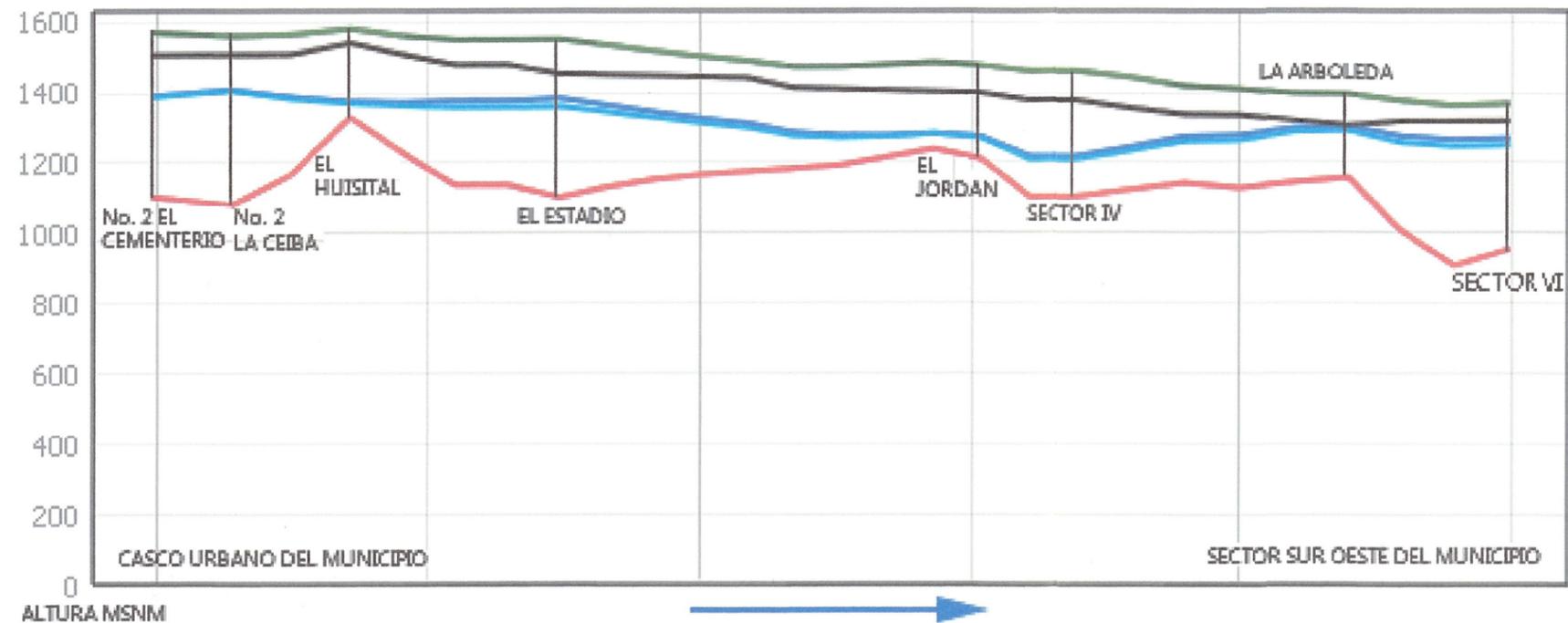
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

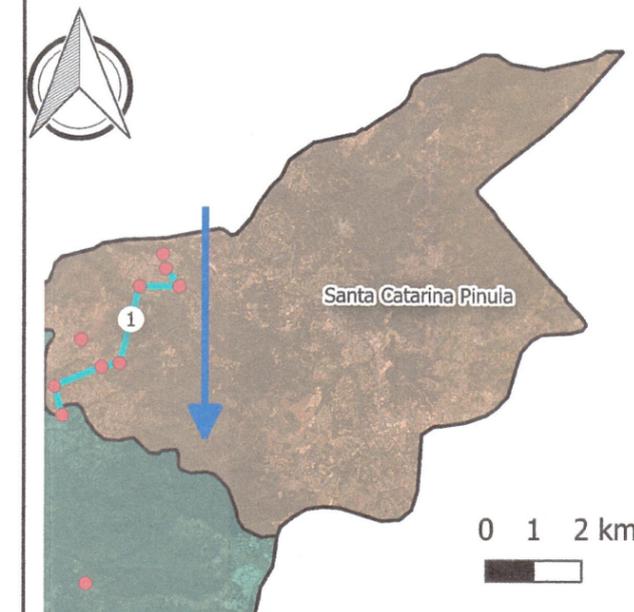
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326





PERFIL GENERAL 1



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE SANTA CATARINA PINULA

SIMBOLOGÍA

POZOS

- 180 POZOS VISITADOS
- 91 POZOS MONITOREADOS

PERFILES

- TERRENO NATURAL 2018 ES
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES
- FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



013

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA ÉPOCA SECA 2018 PERFIL 1

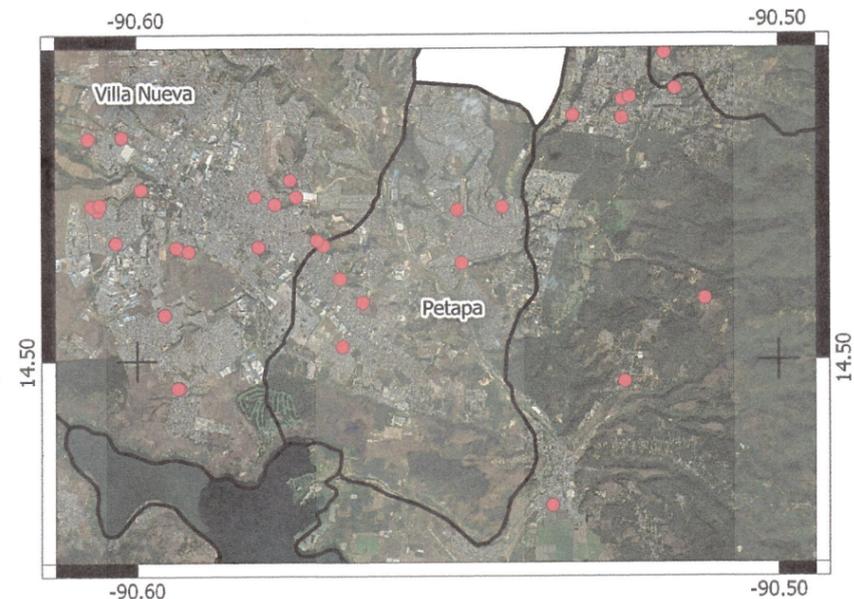
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

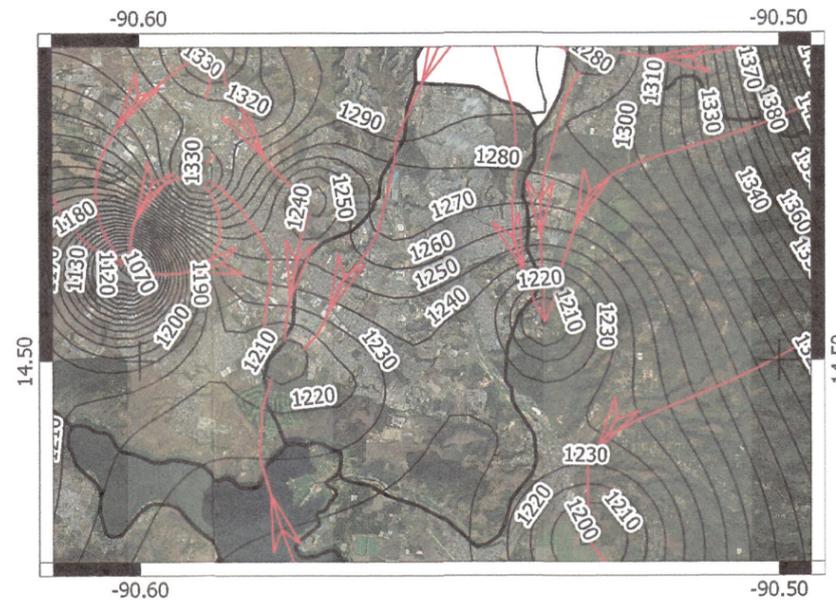
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326





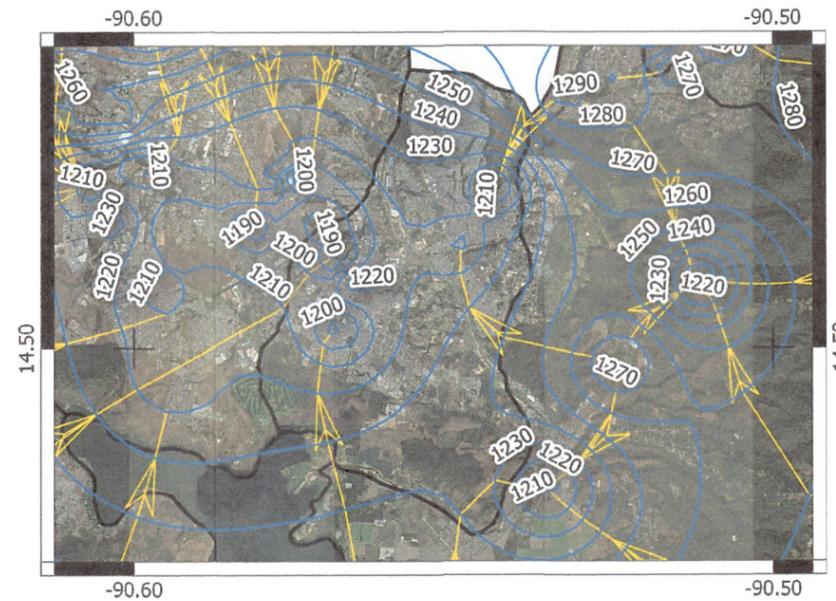
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



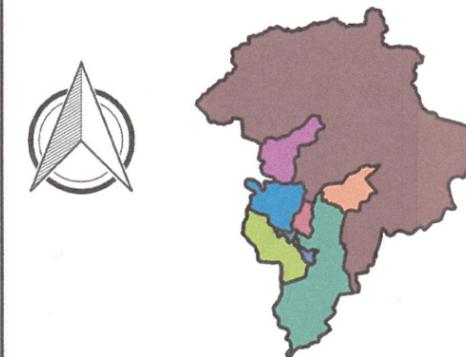
RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATITLÁN
- LAGO DE AMATITLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

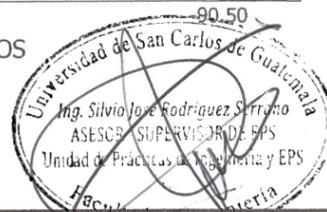
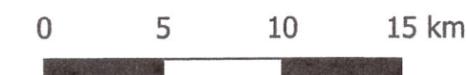
NIVEL DINÁMICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL ESTÁTICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



014

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LINEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA ÉPOCA SECA 2018

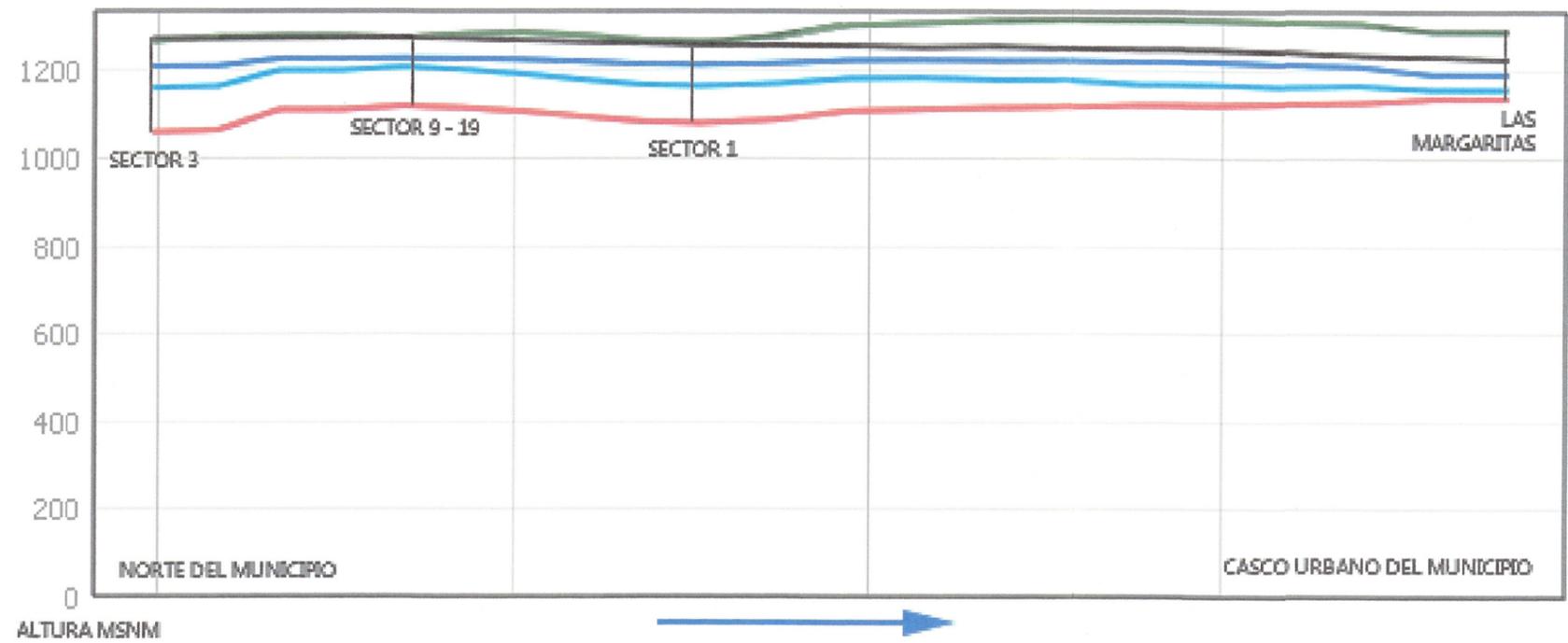
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:100000

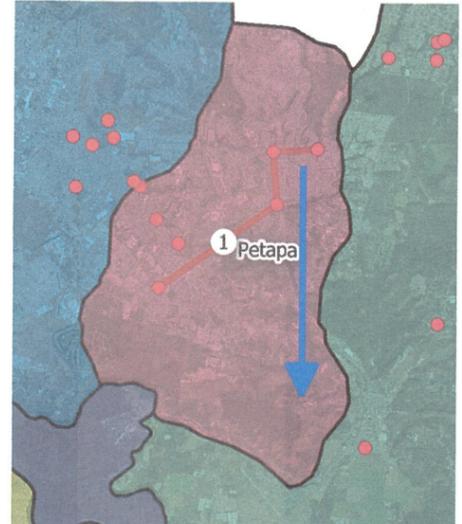
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326





PERFIL GENERAL 1



0 1 2 km

MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE SAN MIGUEL PETAPA

SIMBOLOGÍA

- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

015

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA ÉPOCA SECA 2018 PERFIL 1

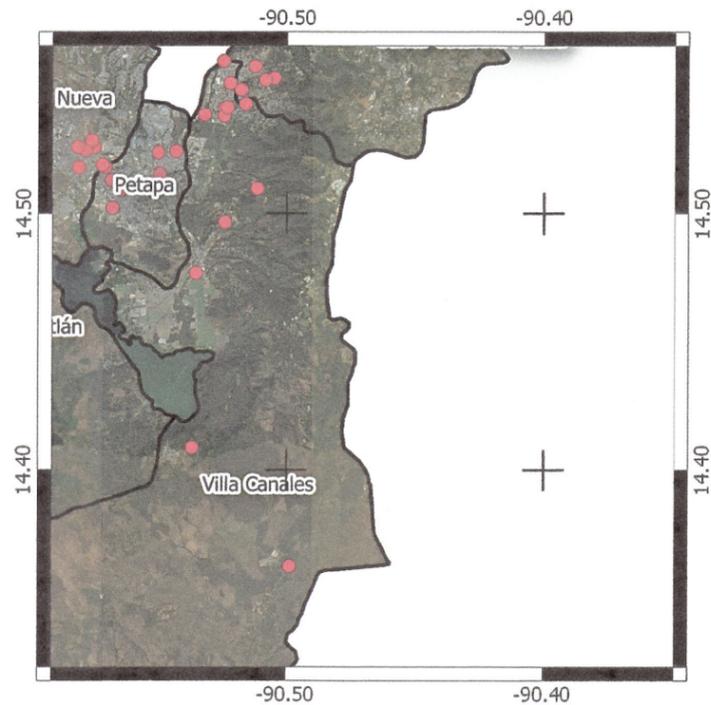
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:100000

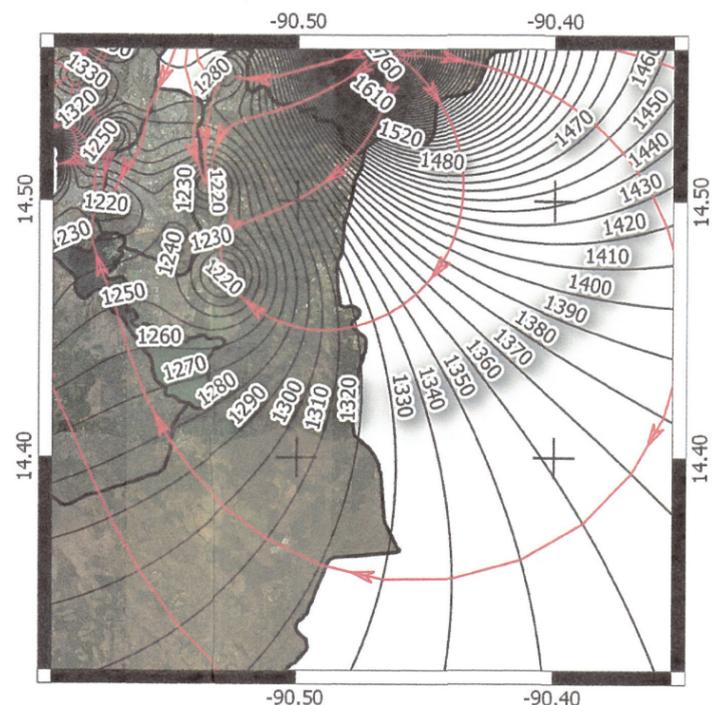
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

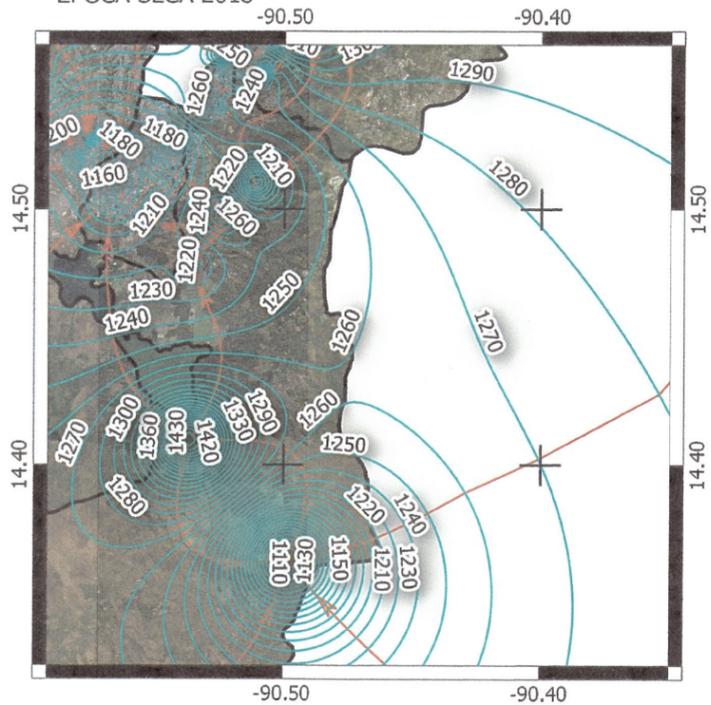




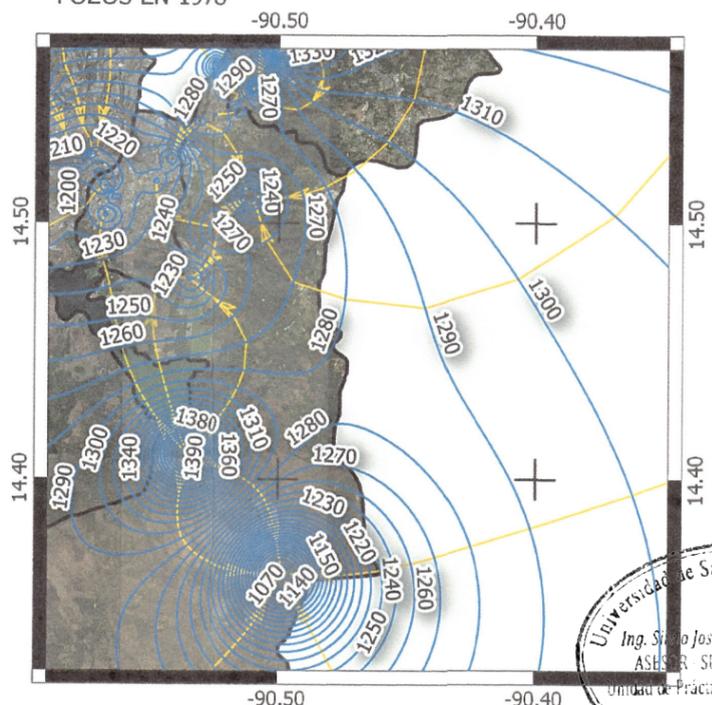
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATTLÁN
- LAGO DE AMATTLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL DINÁMICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL ESTÁTICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

0 5 10 15 km



016

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LÍNEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES ÉPOCA SECA 2018

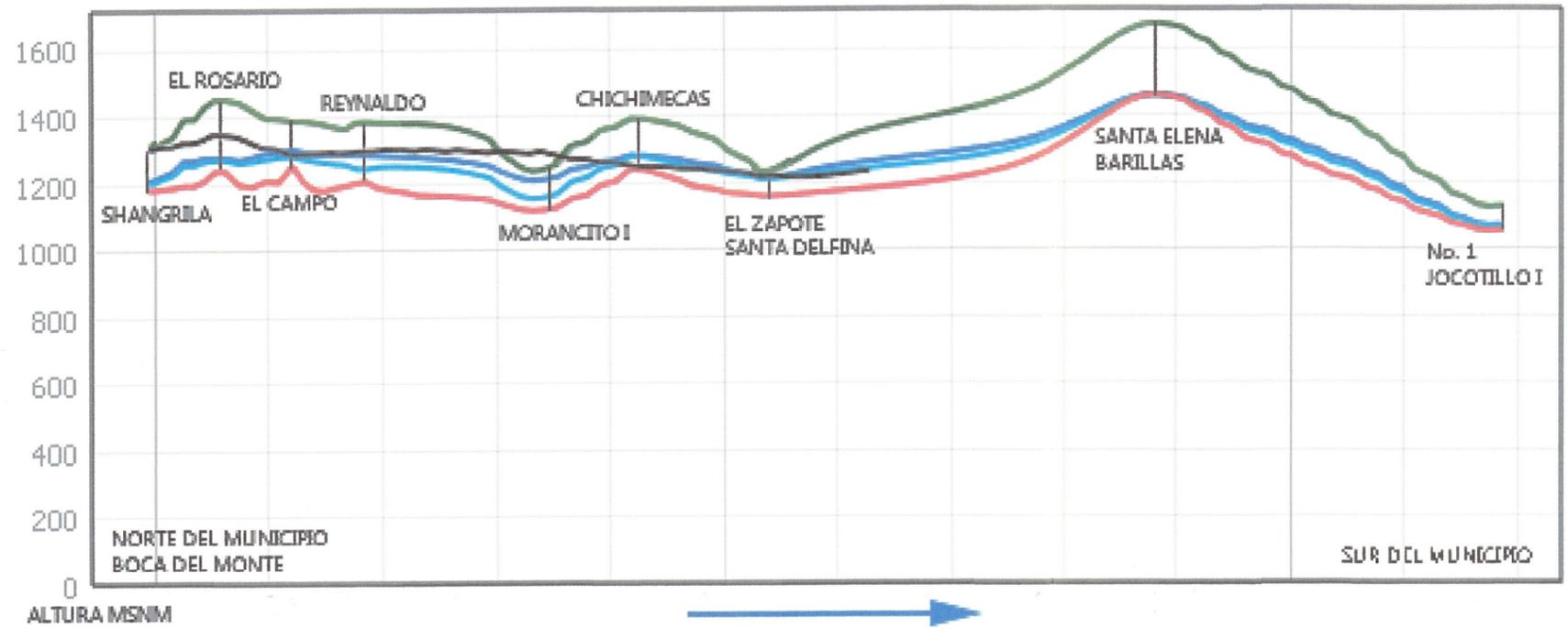
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:250000

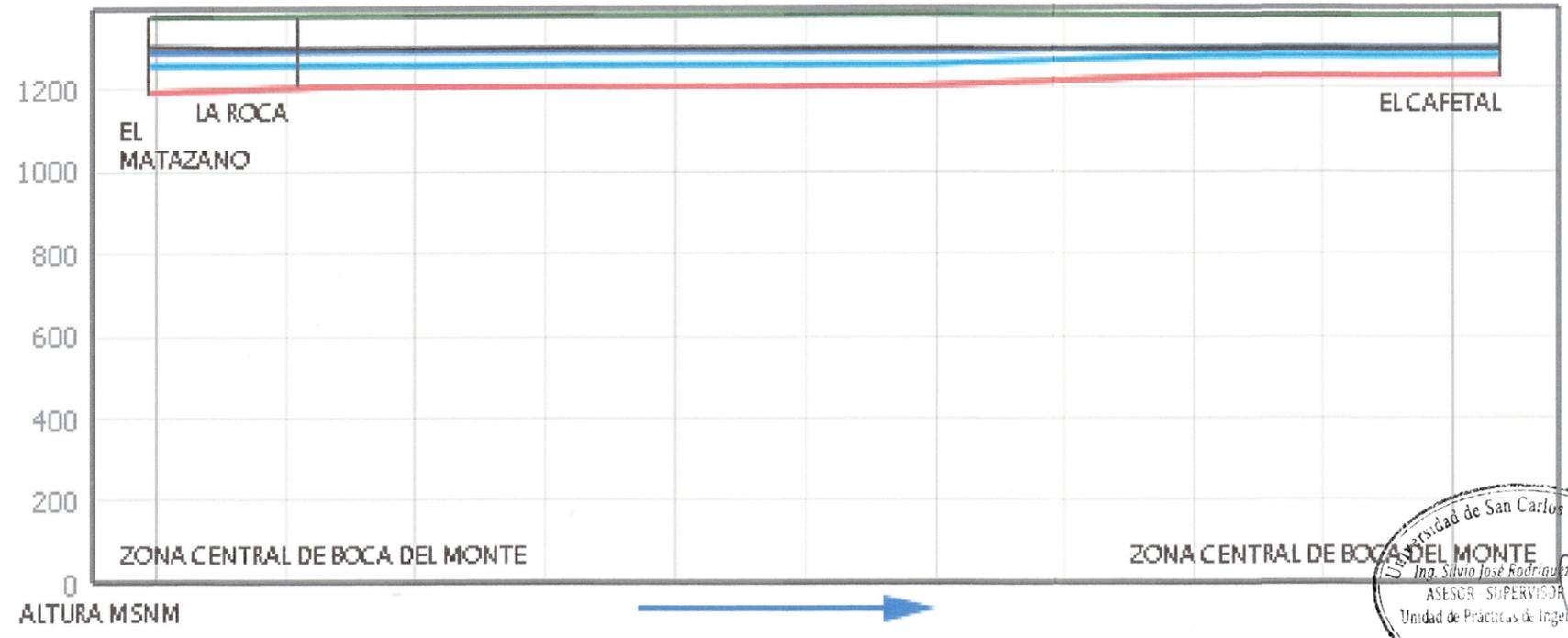
FECHA:
 JULIO 2018

PROYECCIÓN:
 WGS 84
 EPSG: 4326

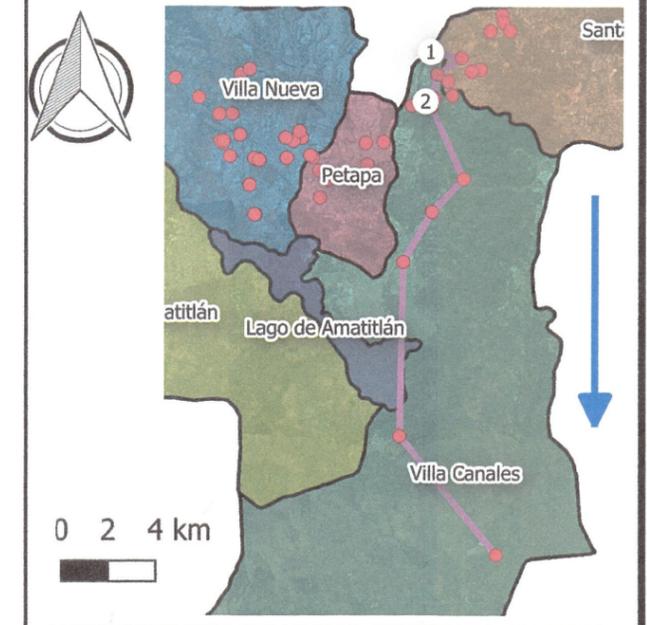




PERFIL GENERAL 1



PERFIL GENERAL 2



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE VILLA CANALES

SIMBOLOGÍA

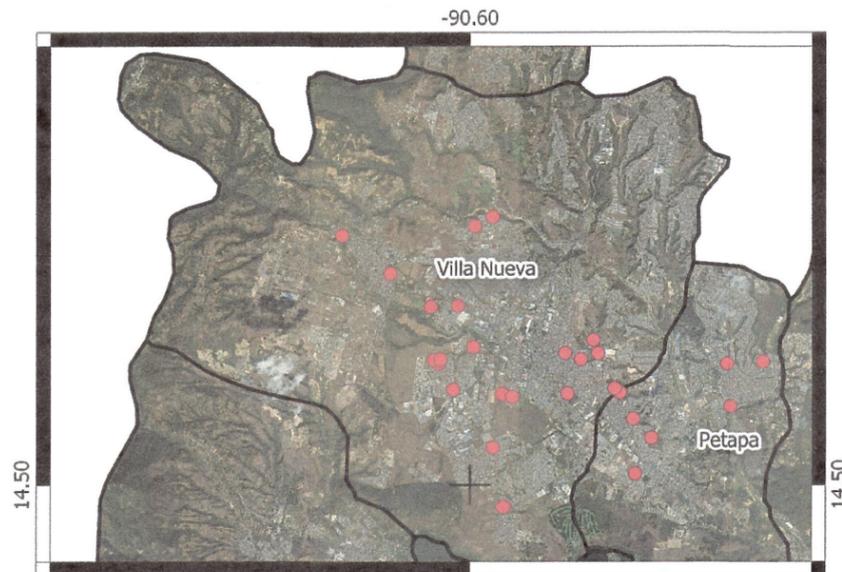
- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

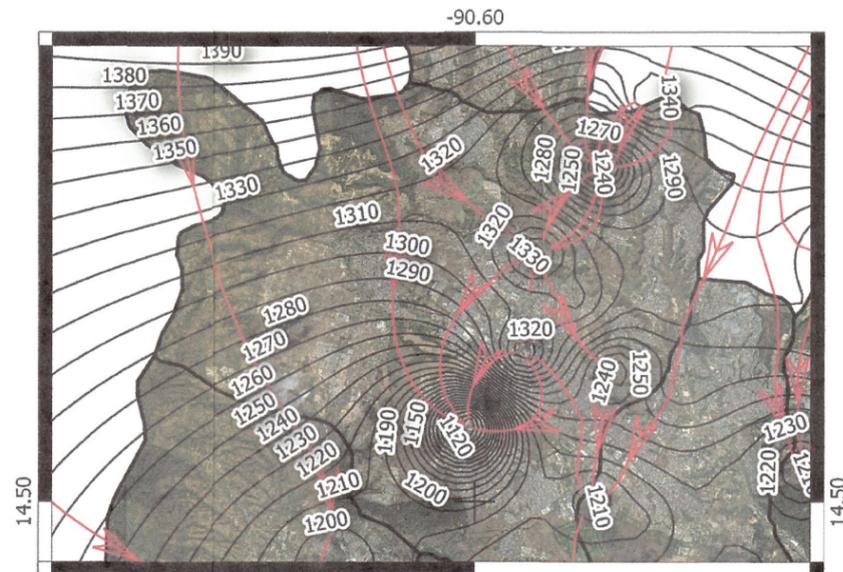
NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



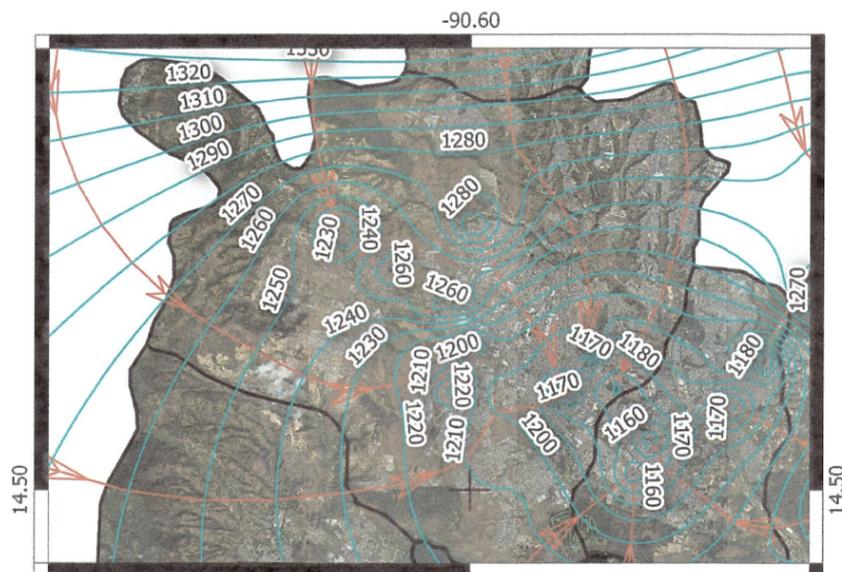
017	ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA	FECHA: JULIO 2018	
	DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE VILLA CANALES ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 1 Y 2	ESCALA: 1:250000	PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326	



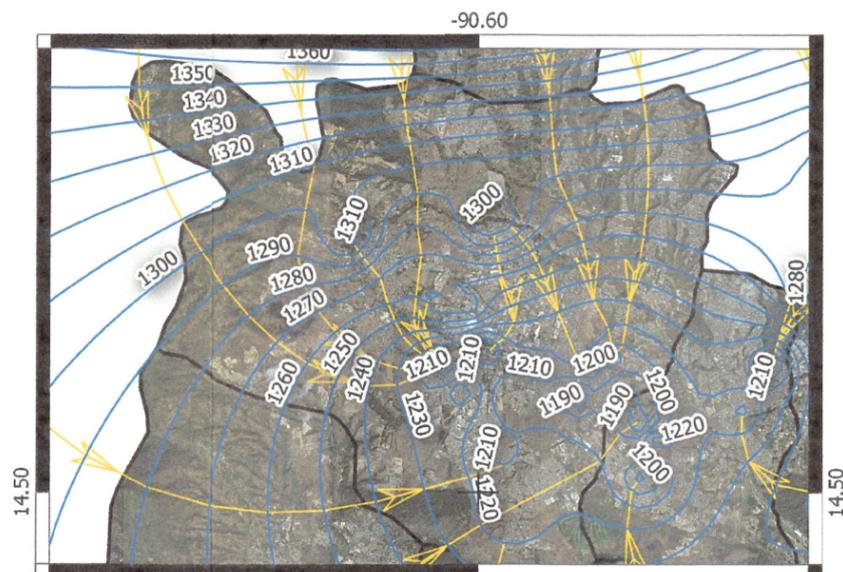
UBICACIÓN DE POZOS MONITOREADOS EN EPOCA SECA 2018



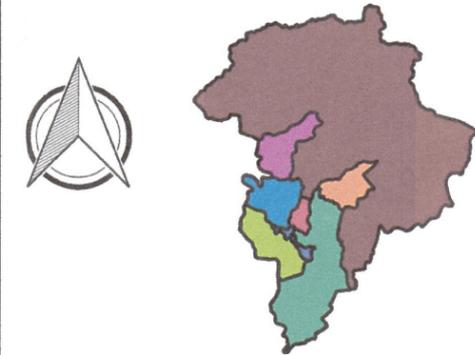
RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 1978



RED DE FLUJO DEL NIVEL DINÁMICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



RED DE FLUJO DEL NIVEL ESTÁTICO DE LOS POZOS EN 2018 EPOCA SECA



MAPA DE MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

SIMBOLOGÍA

POZOS

- POZOS MONITOREADOS
- POZOS VISITADOS

MUNICIPIOS

- AMATITLÁN
- LAGO DE AMATITLÁN
- MIXCO
- SANTA CATARINA PINULA
- SAN MIGUEL PETAPA
- VILLA CANALES
- VILLA NUEVA

REDES DE FLUJO

NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

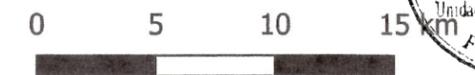
NIVEL DINÁMICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

NIVEL ESTÁTICO 2018 ES

- LINEAS DE FLUJO
- CURVAS EQUIPOTENCIALES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR de San Carlos de Guatemala
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO



018

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

LINEAS DE FLUJO DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA ÉPOCA SECA 2018

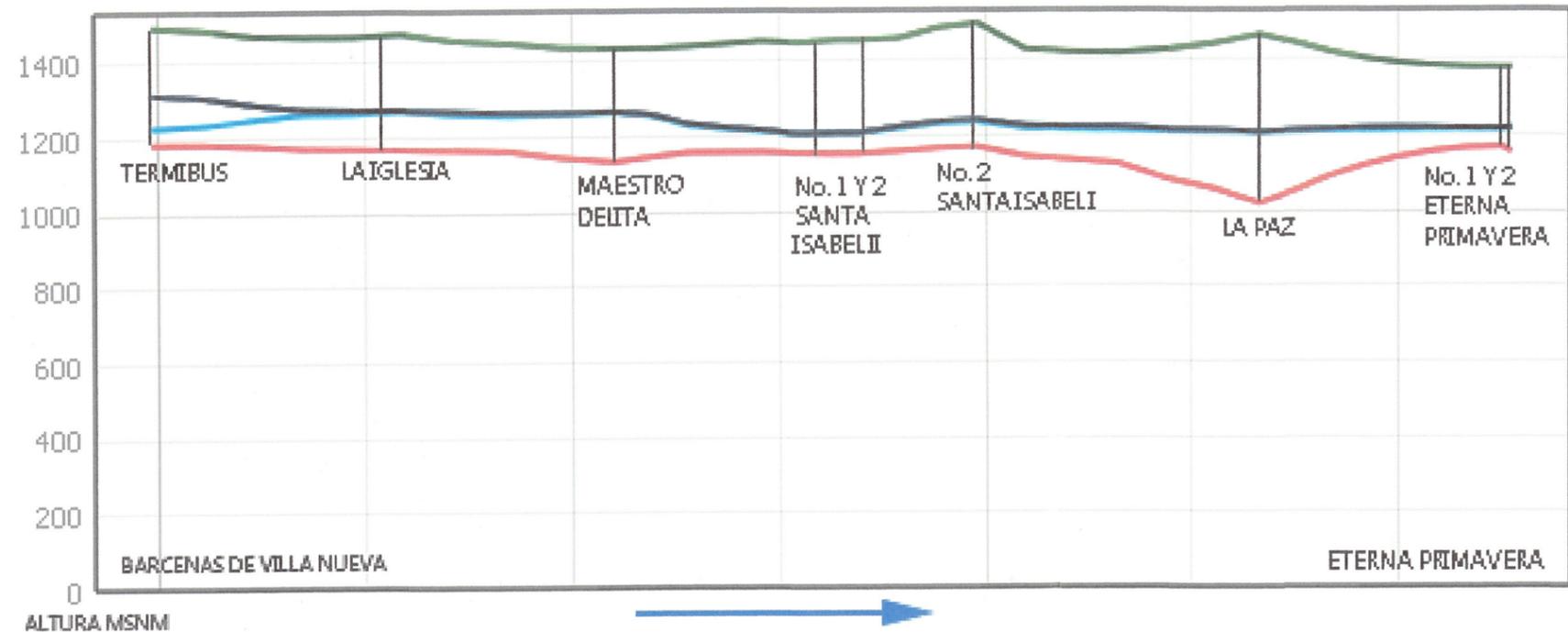
ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACION DEL AGUA DE LA REGION METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

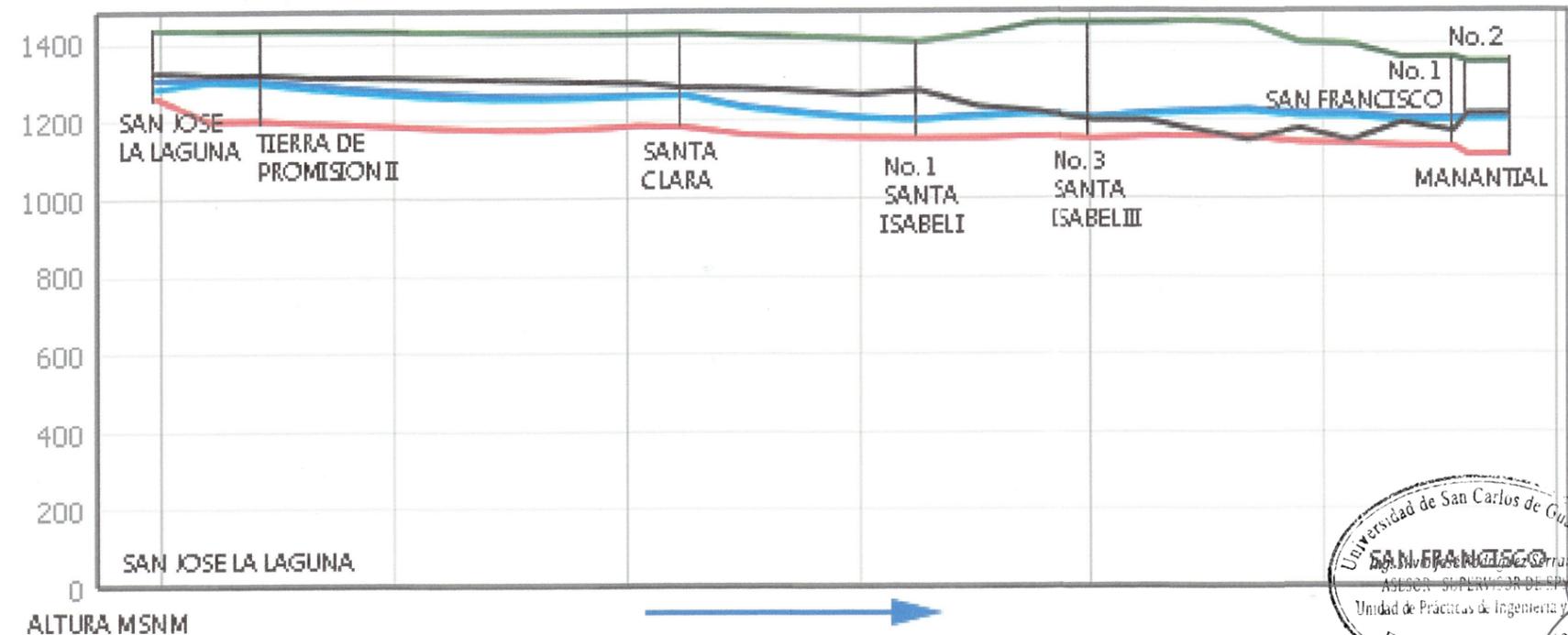
FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326

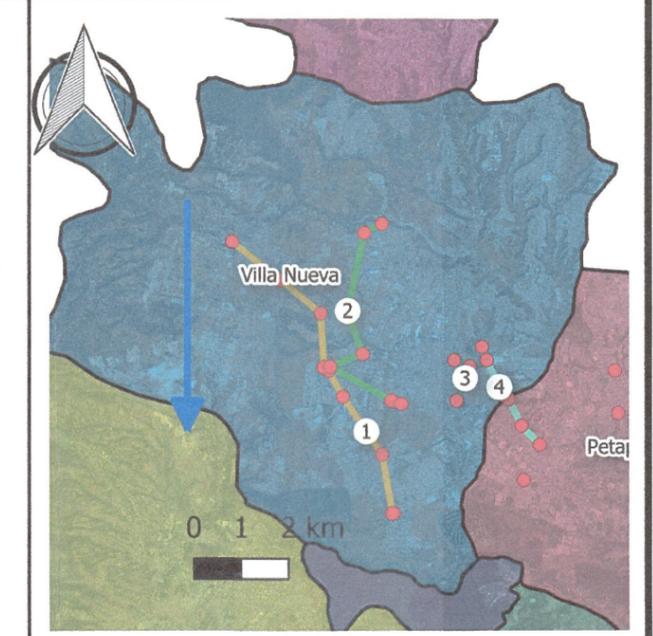




PERFIL GENERAL 1



PERFIL GENERAL 2



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE VILLA NUEVA

SIMBOLOGÍA

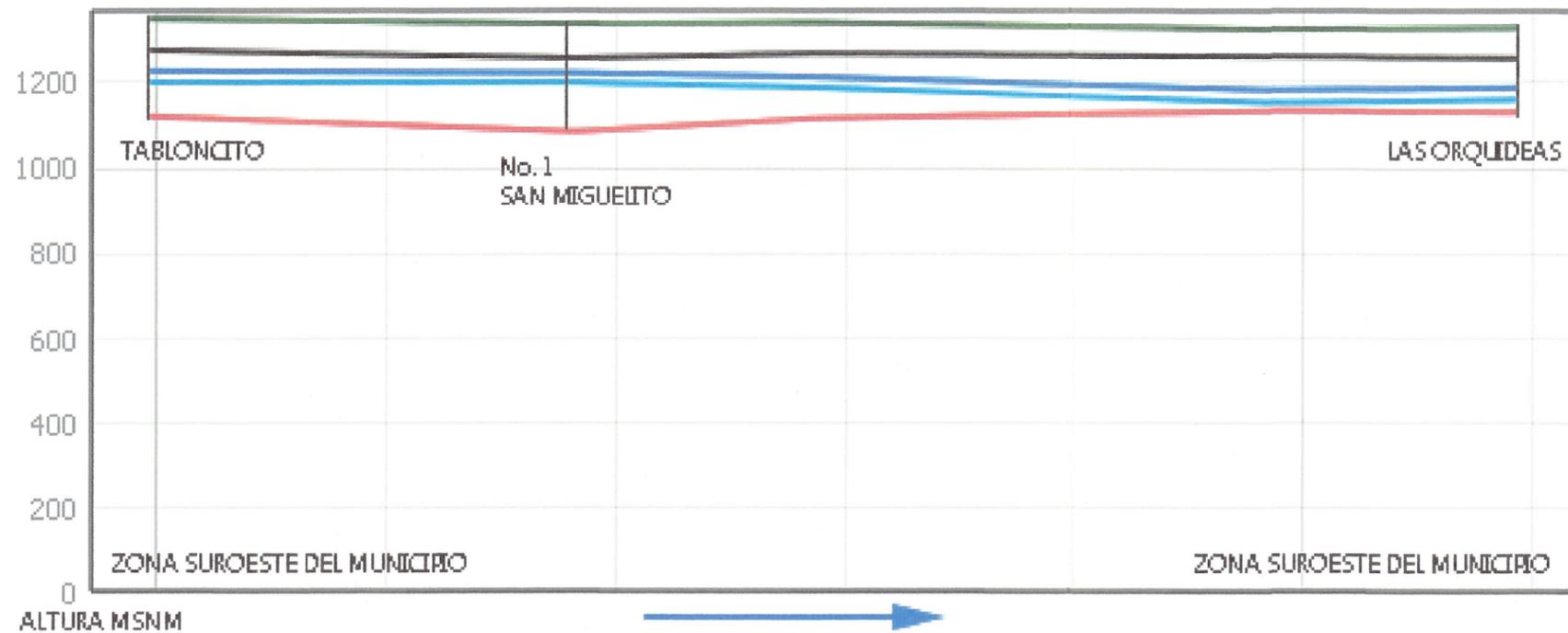
- POZOS**
- 180 POZOS VISITADOS
 - 91 POZOS MONITOREADOS
- PERFILES**
- TERRENO NATURAL 2018 ES
 - NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
 - NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
 - NIVEL DINÁMICO 2018 ES
 - FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

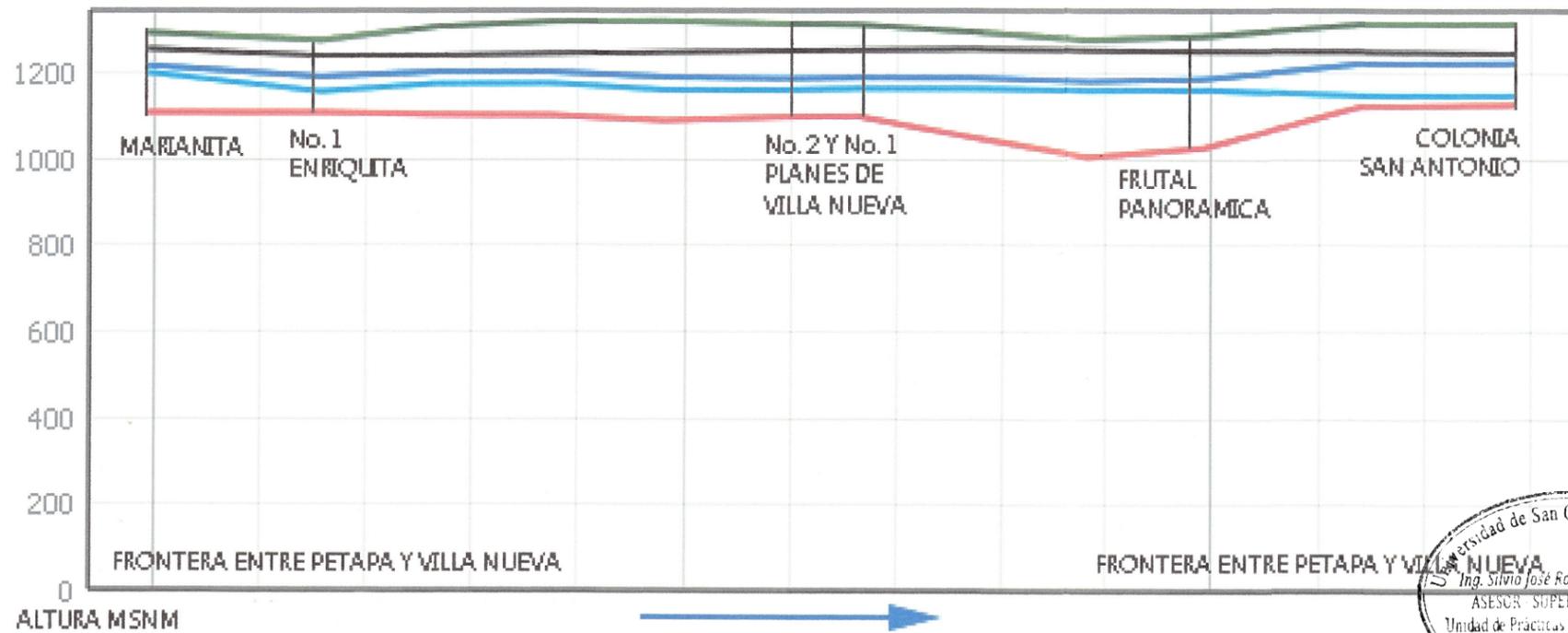
NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.



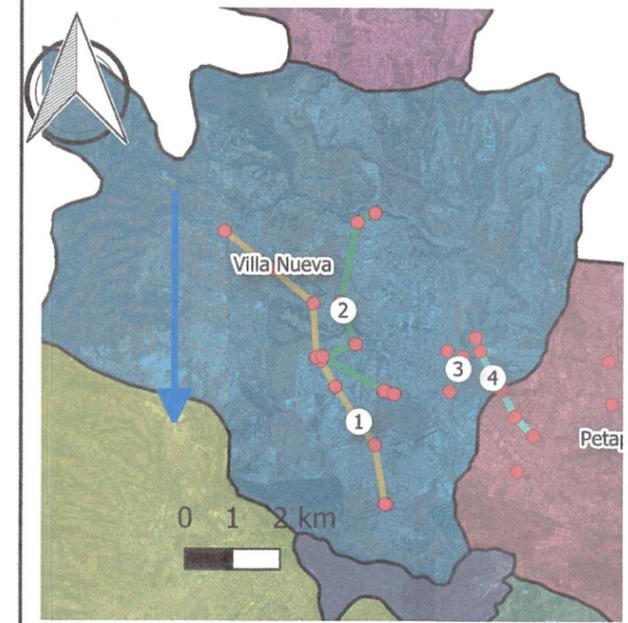
019	ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR	ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA	FECHA: JULIO 2018	
	DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 1 Y 2	ESCALA: 1:125000	PROYECCIÓN: WGS 84 EPSG: 4326	



PERFIL GENERAL 3



PERFIL GENERAL 4



MAPA CONJUNTO DE LINEAS GENERALES DE PERFIL DE VILLA NUEVA

SIMBOLOGÍA

POZOS

- 180 POZOS VISITADOS
- 91 POZOS MONITOREADOS

PERFILES

- TERRENO NATURAL 2018 ES
- NIVEL ESTÁTICO 1978 SDEA
- NIVEL ESTÁTICO 2018 ES
- NIVEL DINÁMICO 2018 ES
- FONDO DE POZOS 2018 ES

MSNM: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ES: EPOCA SECA
 SDEA: SIN DEFINIR EPOCA DEL AÑO

NOTA: LA DIRECCIÓN DE LA FLECHA DE LOS PERFILES CORRESPONDE DE NORTE A SUR EN PLANTA Y DE IZQUIERDA A DERECHA EN LOS PERFILES.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Silvio José Rodríguez Bertrando
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

020

ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE POZOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LOS MUNICIPIOS QUE PERTENECEN A MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

DISTRIBUCIÓN PIEZOMÉTRICA DE AGUA SUBTERRANEAS DEL MUNICIPIO DE VILLA NUEVA ÉPOCA SECA 2018 PERFILES 3 Y 4

ELABORACIÓN: LUIS EDUARDO BARALES CABRERA
 MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR - MGCS
 FUNDACION PARA LA CONSERVACIÓN DEL AGUA DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE GUATEMALA - FUNCAGUA

ESCALA: 1:125000

FECHA: JULIO 2018

PROYECCIÓN: WGS 84
 EPSG: 4326



Apéndice 5. **Tabla de datos para la creación de perfiles y redes de flujo en el software QGIS época seca 2018**

Municipio	Pozo	Latitud	Longitud	Altura msnm	Profundidad en msnm	Nivel estático msnm	Nivel dinámico msnm
Santa Catarina Pinula	El Cementerio 2	14,5738	-90,4966	1597,56	1140,24	1349,46	1343,56
Santa Catarina Pinula	La Ceiba 2	14,5710	-90,4961	1556,40	1068,60	1408,00	1406,20
Santa Catarina Pinula	El Estadio	14,5675	-90,5011	1555,79	1075,61	1391,79	1364,69
Santa Catarina Pinula	El Huisital	14,5675	-90,4934	1577,74	1333,84	1371,04	1365,74
Santa Catarina Pinula	El Jordán	14,5525	-90,5050	1482,01	1238,11	1280,01	1280,01
Santa Catarina Pinula	Sector IV	14,5518	-90,5085	1456,00	1059,66	1189,00	1180,00
Santa Catarina Pinula	La Arboleda	14,5480	-90,5178	1392,68	1148,78	1303,68	1296,18
Santa Catarina Pinula	Sector VI	14,5424	-90,5161	1358,00	900,68	1260,90	1242,70
San Miguel Petapa	Las Margaritas	14,5022	-90,5679	1284,00	1134,61	1186,08	1152,63
San Miguel Petapa	Sector 9-19	14,5236	-90,5500	1266,87	1117,48	1225,41	1205,94
San Miguel Petapa	Sector 3	14,5240	-90,5430	1257,30	1043,89	1198,80	1147,05
San Miguel Petapa	Sector 1	14,5153	-90,5494	1255,12	1072,19	1206,67	1155,72
Villa Canales	Hicapié	14,5592	-90,5246	1295,43	1178,43	1200,73	1195,43
Villa Canales	La Roca	14,5407	-90,5243	1367,38	1199,38	1292,63	1270,03
Villa Canales	El Campo	14,5506	-90,5221	1385,37	1277,37	1304,77	1282,77
Villa Canales	El Rosario	14,5571	-90,5125	1451,52	1253,52	1278,84	1273,69
Villa Canales	El Cafetal	14,5382	-90,5320	1369,51	1231,51	1295,23	1278,43
Villa Canales	Raynaldo	14,5378	-90,5244	1388,11	1217,11	1281,00	1228,00
Villa Canales	El Matazano	14,5411	-90,5232	1359,45	1191,45	1284,70	1254,15
Villa Canales	Morancito i	14,5096	-90,5115	1224,15	1110,15	1201,05	1143,73
Villa Canales	Chichimecas	14,4966	-90,5240	1390,67	1240,67	1279,59	1279,42
Villa Canales	Jocotillo i Núm. 1	14,3625	-90,4986	1117,68	1047,68	1064,24	1061,18
Villa Canales	El zapote o Sta. Delfina	14,4771	-90,5353	1225,30	1155,30	1207,65	1206,60
Villa Canales	Santa Elena Barillas	14,4089	-90,5366	1670,73	1435,98	1456,54	1455,73
Mixco	Federal núm. 6	14,6353	-90,6092	1760,06	1401,83	1464,98	1457,38
Mixco	Parquecito núm. 1	14,6307	-90,6009	1698,17	1492,38	1530,84	1514,74
Mixco	Núm. 1 - 1ro julio pozo	14,6667	-90,5732	1614,02	1435,37	1532,46	1464,62
Mixco	Núm. 6 - 1ro Julio Pozo	14,6690	-90,5736	1577,74	1269,82	1383,14	1317,54
Mixco	Núm. 9 - 1ro Julio Pozo	14,6750	-90,5632	1590,24	1228,96	1312,59	1272,09

Continuación del apéndice 5.

Mixco	Núm. 4 - El Parque Central	14,6301	-90,6059	1755,18	1547,87	1594,48	1558,48
Mixco	Núm. 3 - Corona De Justicia	14,6327	-90,6145	1824,39	1670,43	1683,94	1676,29
Mixco	Núm. 1 - Sector Las Vacas	14,6179	-90,6033	1688,41	1479,57	1543,06	1496,11
Mixco	Núm. 2 - Nuevo - Puente Jorge Surque	14,6276	-90,6019	1723,48	1235,67	1543,38	1384,18
Mixco	Núm. 1 - El Molino	14,6327	-90,5959	1651,83	1491,77	1520,80	1507,35
Mixco	Núm. 2 - Santa Rita	14,6266	-90,5746	1582,32	1361,28	1447,49	1401,32
Mixco	Núm. 1 - Mz C - z 3	14,6375	-90,5829	1660,98	1450,61	1510,18	1508,78
Mixco	Núm. 6 - Nueva Monserrat - z 3	14,6422	-90,5766	1636,28	1239,94	1391,88	1319,28
Mixco	Núm. 7 - Nueva Monserrat - z 3	14,6404	-90,5689	1604,57	1228,05	1402,67	1374,47
Mixco	Núm. 1 - San Ignacio	14,6414	-90,6046	1724,70	1514,33	1569,70	1536,40
Mixco	Núm. 1 - Nimajay	14,6461	-90,6037	1710,98	1547,87	1597,78	1565,08
Mixco	Núm. 3 - San Ignacio	14,6419	-90,6027	1697,87	1319,82	1426,17	1362,37
Mixco	Núm. 5 - La Brigada	14,6518	-90,5952	1618,29	1278,29	1372,49	1298,59
Mixco	Núm. 3 - La Comunal - La Brigada	14,6501	-90,5941	1672,87	1442,87	1494,07	1454,07
Mixco	Núm. 1 - El Paraiso I	14,6448	-90,5961	1672,56	1432,56	1490,96	1455,06
Mixco	Núm. 1 - Belencito	14,6466	-90,5874	1662,20	1392,20	1482,80	1408,60
Mixco	Núm. 2 - belencito	14,6487	-90,5865	1651,22	1286,22	1344,12	1305,22
Mixco	Núm. 4 - San Jose Los Pinos	14,6552	-90,6042	1725,91	1366,16	1423,91	1422,91
Mixco	Núm. 2 - Alamedas De Yumar	14,6676	-90,6059	1742,68	1462,20	1465,68	1464,53
Mixco	Núm. 2 - San Jose Los Pinos	14,6547	-90,6021	1716,77	1541,46	1599,87	1575,27
Mixco	Núm. 1 - Las Brisas	14,6531	-90,5990	1660,06	1452,74	1507,56	1489,86
Mixco	Núm. 1 - Valle Del Sol	14,6444	-90,5674	1604,57	1389,63	1459,97	1422,67

Continuación del apéndice 5.

Mixco	Núm. 2 - Valle Del Sol	14,6468	-90,5656	1586,89	1202,74	1346,79	1344,49
Mixco	Núm. 3 - Bulevar San Nicolás - 1 Nuevo	14,6454	-90,5687	1577,13	1276,83	1437,13	1317,13
Mixco	Núm. 1 - Monte Real	14,6440	-90,5722	1614,33	1416,33	1470,33	1420,33
Mixco	Núm. 8 - Monserrat I	14,6513	-90,5798	1645,73	1295,12	1409,83	1326,83
Mixco	Núm. 4 - Monserrat I	14,6530	-90,5777	1632,32	1428,05	1516,32	1493,02
Mixco	Núm. 2 - La Esperanza	14,6766	-90,5699	1595,12	1217,12	1250,02	1244,72
Mixco	Sacaj Cuiquitio	14,6941	-90,5515	1514,63	1064,63	1122,63	1082,53
Mixco	Núm. 9 - San Francisco I	14,6640	-90,5812	1613,72	1205,72	1284,72	1280,72
Mixco	Núm. 9 - San José Las Rosas	14,6647	-90,5888	1672,26	1396,26	1508,61	1420,44
Mixco	Núm. 8 - San José Las Rosas	14,6737	-90,5846	1636,89	1324,89	1343,19	1342,69
Mixco	Núm. 9 - Monserrat II	14,6511	-90,5712	1622,56	1271,95	1470,01	1445,16
Mixco	Núm. 1 - Planes De Minerva	14,6808	-90,5421	1514,33	1258,23	1362,93	1350,83
Mixco	Núm. 1 - Lomas Del Bosque	14,6701	-90,5517	1563,41	1251,41	1266,61	1254,26
Mixco	Intersección Naranja	14,6721	-90,5549	1557,62	1197,62	1229,12	1212,62
Villa Nueva	Maestro Delita	14,5349	-90,6076	1429,88	1125,00	1264,98	1264,18
Villa Nueva	Santa Clara	14,5351	-90,6024	1419,51	1193,90	1269,41	1268,71
Villa Nueva	La Iglesia	14,5414	-90,6156	1469,21	1164,33	1268,71	1266,81
Villa Nueva	Termibus	14,5489	-90,6249	1489,02	1179,57	1314,12	1221,42
Villa Nueva	Tierra De Promisión II	14,5506	-90,5991	1429,57	1185,67	1305,27	1303,17
Villa Nueva	San José La Laguna	14,5524	-90,5956	1432,93	1278,05	1307,63	1281,33
Villa Nueva	Núm. 1 - Planes De Villa Nueva	14,5180	-90,5709	1300,00	1112,50	1179,90	1159,30
Villa Nueva	Núm. 2 - Planes De Villa Nueva	14,5188	-90,5719	1323,48	1079,57	1189,08	1156,18
Villa Nueva	Frutal Panorámica	14,5128	-90,5683	1271,95	997,56	1178,15	1157,35
Villa Nueva	Colonia San Antonio	14,5091	-90,5648	1313,41	1133,54	1226,41	1140,61
Villa Nueva	Núm. 1 - Enriqueta	14,5256	-90,5751	1255,18	1108,84	1179,68	1140,18
Villa Nueva	Núm. 1 - San Miguelito	14,5245	-90,5785	1351,22	1046,34	1228,82	1212,82
Villa Nueva	Marianita	14,5283	-90,5760	1287,80	1104,88	1227,40	1222,30
Villa Nueva	Las Orquídeas	14,5178	-90,5810	1318,60	1131,10	1177,20	1146,10
Villa Nueva	Tabloncito	14,5257	-90,5815	1350,30	1156,71	1224,30	1191,10
Villa Nueva	Núm. 2 - San Francisco	14,5175	-90,5933	1350,61	1138,72	1200,41	1191,89
Villa Nueva	Núm. 1 - San Francisco	14,5177	-90,5938	1353,35	1127,74	1199,05	1192,25
Villa Nueva	Manantial	14,5171	-90,5918	1341,46	1097,56	1201,66	1201,46

Continuación del apéndice 5.

Villa Nueva	Núm. 2 - Eterna Primavera	14,4956	-90,5933	1376,83	1132,93	1218,13	1215,83
Villa Nueva	Núm. 1 - Eterna Primavera	14,4957	-90,5936	1371,95	1189,02	1208,25	1205,55
Villa Nueva	La paz	14,5072	-90,5956	1465,85	1008,54	1204,25	1204,05
Villa Nueva	Núm. 1 - Santa Isabel I	14,5269	-90,5994	1394,51	1150,61	1191,31	1191,26
Villa Nueva	Núm. 2 - Santa Isabel I	14,5185	-90,6033	1496,95	1167,68	1239,65	1235,17
Villa Nueva	Núm. 2 - Santa Isabel II	14,5236	-90,6061	1450,30	1145,43	1200,10	1199,25
Villa Nueva	Núm. 1 - Santa Isabel II	14,5243	-90,6070	1435,67	1146,95	1195,67	1195,07
Villa Nueva	Núm. 3 - Santa Isabel III	14,5244	-90,6058	1468,90	1167,07	1227,90	1223,90

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Tabla del diseño de drenaje sanitario**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

PROYECTO DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA EL CARMEN, COLONIAS LA ARBOLEDA Y LAS ILUSIONES
 MUNICIPIO SANTA CATARINA PINULA
 DEPARTAMENTO GUATEMALA

FECHA FEBRERO 2019

DATOS GENERALES
 HABITANTES POR VIVIENDA 6 MATERIAL DE TUBERIA PVC ASTM F 949
 TASA DE CRECIMIENTO 3.60% VELOCIDAD MÍNIMA 0.6 m/s
 PERIODO DE DISEÑO 30 AÑOS VELOCIDAD MÁXIMA 3 m/s

MEMORIA DE CALCULO PARA TUBERIAS DE DISEÑO HIDRÁULICO SANITARIO

De	A	Cota inicial	Cota final	Longitud (m) borde a borde	Número de Habitantes = No. viviendas * 6 hab/vivienda	Población Futura Hab	Factor de Hardmon		Caudal diseño(q dis)		Diametro pulgadas	S tubo %	V= velocidad seccion llena (m/s)	Q sec llena = A * V l/s	Relaciones q/Q	Relacion v/V	Velocidad v(m/s)	Tirante d/D	Relaciones q/Q	Relacion v/V	Velocidad v(m/s)	Tirante d/D	Cota invert entrada CIE- C/S- h
							actual	futuro	actual	futuro													
							actual	futuro	actual	futuro													
PV 1	PV 4	1001.533	1000.077	54.66	24	69	4.37	4.28	0.3146	0.8912	8	3.00	2.6397	85.6075	0.0037	0.2364	0.62	0.0440	0.0104	0.32	0.85	0.0710	998.39
PV 2	PV 3	996.781	999.173	93.95	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	994.81
PV 3	PV 4	999.173	1000.077	45.89	270	780	4.10	3.87	3.3191	9.0500	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0950	0.6297	0.68	0.2080	0.2589	0.84	0.90	0.3470	994.55
PV 4	PV 7	1000.077	999.458	36.31	276	797	4.09	3.86	3.3896	9.2374	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0970	0.6334	0.68	0.2100	0.2643	0.84	0.91	0.3500	994.34
PV 5	PV 6	996.235	997.943	73.92	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	994.37
PV 6	PV 7	997.943	999.458	60.12	564	1630	3.95	3.65	6.6779	17.8596	8	0.50	1.0777	34.9491	0.1911	0.7704	0.83	0.2960	0.5110	1.01	1.08	0.5060	994.03
PV 8	PV 9	1002.428	999.033	57.10	18	52	4.39	4.31	0.2369	0.6726	8	7.00	4.0323	130.7676	0.0018	0.1839	0.74	0.0300	0.0051	0.26	1.05	0.0510	996.93
PV 7	PV 9	999.458	999.033	17.39	594	1716	3.93	3.64	7.0114	18.7234	8	0.50	1.0777	34.9491	0.2006	0.7804	0.84	0.3030	0.5357	1.02	1.10	0.5200	993.92
PV 9	PV 10	999.033	998.531	17.99	500	1734	3.93	3.63	7.0779	18.8955	8	0.50	1.0777	34.9491	0.2025	0.7832	0.84	0.3050	0.5407	1.02	1.10	0.5230	993.80
PV 10	PV 11	998.531	998.021	20.09	612	1768	3.93	3.63	7.2108	19.2391	8	0.50	1.0777	34.9491	0.2063	0.7874	0.85	0.3080	0.5505	1.02	1.10	0.5290	993.67
PV 12	PV 13	993.563	996.756	67.00	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	991.73
PV 13	PV 18	996.756	996.183	17.26	186	537	4.16	3.96	2.3209	6.3810	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0664	0.5658	0.61	0.1740	0.1826	0.76	0.82	0.2890	991.61
PV 14	PV 15	991.641	995.634	68.30	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	989.80
PV 19	PV 20	1005.843	1002.649	32.56	42	121	4.33	4.22	0.5455	1.5362	8	10.00	4.8195	156.2972	0.0035	0.2328	1.12	0.0430	0.0098	0.32	1.5252	0.0690	1001.09
PV 20	PV 23	1002.649	1001.079	40.14	84	243	4.26	4.12	1.0744	2.9970	8	4.00	3.0481	98.8510	0.0109	0.3282	1.00	0.0730	0.0303	0.45	1.3644	0.1190	999.45
PV 21	PV 22	1005.433	1002.962	37.43	12	35	4.41	4.34	0.1586	0.4519	8	7.00	4.0323	130.7676	0.0012	0.1674	0.67	0.0260	0.0035	0.23	0.9246	0.0420	1001.31
PV 22	PV 23	1002.962	1001.079	30.10	108	312	4.23	4.07	1.3719	3.8111	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0113	0.3310	1.24	0.0740	0.0315	0.45	1.69	0.1210	999.48
PV 23	PV 24	1001.079	1000.466	7.38	114	329	4.23	4.06	1.4458	4.0127	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0119	0.3365	1.26	0.0760	0.0331	0.46	1.71	0.1240	998.98
PV 26	PV 27	991.098	989.727	24.01	36	104	4.34	4.24	0.4689	1.3227	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0039	0.2399	0.90	0.0450	0.0109	0.33	1.23	0.0730	988.16
PV 27	PV 28	989.727	990.653	57.10	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	987.84
PV 30	PV 31	987.767	988.723	64.05	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	985.95
PV 32	PV 33	986.796	987.594	54.34	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	985.32
PV 16	PV 17	989.259	993.67	69.65	180	520	4.16	3.97	2.2488	6.1869	8	0.50	1.0777	34.9491	0.0643	0.5598	0.60	0.1710	0.1770	0.75	0.81	0.2840	987.71
PV 17	PV 15	993.67	995.534	33.68	402	1161	4.02	3.76	4.8495	13.0917	8	0.50	1.0777	34.9491	0.1388	0.7023	0.76	0.2510	0.3746	0.93	1.00	0.4240	987.51
PV 15	PV 18	995.534	996.183	13.64	594	1716	3.93	3.64	7.0114	18.7234	8	0.50	1.0777	34.9491	0.2006	0.7804	0.84	0.3030	0.5357	1.02	1.10	0.5200	987.41
PV 18	PV 11	996.183	998.021	77.69	1206	3484	3.75	3.39	13.5533	35.3993	8	0.50	1.0777	34.9491	0.3878	0.9363	1.01	0.4320	1.0129	1.14	1.23	0.8310	987.00
PV 11	PV 24	998.021	1000.466	51.57	1332	3849	3.72	3.35	14.8502	38.6582	8	0.50	1.0777	34.9491	0.4249	0.9592	1.03	0.4550	1.1061	1.12	1.21	0.9000	986.71
PV 24	PV 25	1000.466	995.00	76.08	1332	3849	3.72	3.35	14.8502	38.6582	8	0.50	1.0777	34.9491	0.4249	0.9592	1.03	0.4550	1.1061	1.12	1.21	0.9000	986.30
PV 25	PV 28	995	990.653	68.84	1518	4386	3.68	3.30	16.7396	43.3847	8	0.50	1.0777	34.9491	0.4790	0.9887	1.07	0.4870	1.2414	1.12	1.21	0.9000	985.92
PV 35	PV 36	1005.682	1005.572	31.01	18	52	4.39	4.31	0.2369	0.6726	8	4.00	3.0481	98.8510	0.0024	0.2073	0.63	0.0360	0.0068	0.28	0.86	0.0580	1002.94
PV 36	PV 39	1005.572	1003.475	30.47	42	121	4.33	4.22	0.5455	1.5362	8	3.00	2.6397	85.6075	0.0064	0.2797	0.74	0.0570	0.0179	0.38	1.01	0.0930	1002.00
PV 42	PV 43	1006.165	1002.963	14.91	18	52	4.39	4.31	0.2369	0.6726	8	22.00	7.1484	231.8261	0.0010	0.1588	1.14	0.0240	0.0029	0.22	1.56	0.0390	1001.38
PV 43	PV 44	1002.963	999.004	36.14	84	243	4.26	4.12	1.0744	2.9970	8	11.00	5.0547	163.9258	0.0066	0.2797	1.41	0.0570	0.0183	0.38	1.94	0.0930	997.38
PV 44	PV 45	999.004	997.585	56.94	156	451	4.19	4.00	1.9588	5.4047	8	3.00	2.6397	85.6075	0.0229	0.4112	1.09	0.1040	0.0631	0.56	1.47	0.1700	995.64
PV 40	PV 41	1002.711	1000.639	47.91	30	87	4.35	4.26	0.3919	1.1078	8	5.00	3.4079	110.5188	0.0035	0.2328	0.79	0.0430	0.0100	0.32	1.09	0.0700	998.82
PV 46	PV 47	992.19	992.484	23.69	78	225	4.27	4.13	0.9995	2.7914	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0202	0.3961	0.60	0.0980	0.0565	0.54	0.82	0.1610	990.45
PV 47	PV 48	992.484	992.768	9.44	96	277	4.25	4.09	1.2235	3.4057	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0248	0.4211	0.64	0.1080	0.0689	0.57	0.87	0.1770	990.33
PV 50	PV 51	995.177	991.142	50.12	66	191	4.29	4.16	0.8492	2.3773	8	8.00	4.3107	139.7964	0.0061	0.2733	1.18	0.0550	0.0170	0.38	1.62	0.0900	989.67
PV 54	PV 56	996.122	995.369	21.26	24	69	4.37	4.28	0.3146	0.8912	8	4.00	3.0481	98.8510	0.0032	0.2257	0.69	0.0410	0.0090	0.31	0.95	0.0670	993.77

PROYECTO
MUNICIPIO
DEPARTAMENTO

DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA EL CARMEN, COLONIAS LA ARBÓLEDA Y LAS ILUSIONES
SANTA CATARINA PINULA
GUATEMALA

FECHA

FEBRERO 2019

DATOS GENERALES

HABITANTES POR VIVIENDA

6

MATERIAL DE TUBERIA

PVC ASTM F 949

TASA DE CRECIMIENTO

3.60%

VELOCIDAD MÍNIMA

0.6 m/s

PERIODO DE DISEÑO

30 AÑOS

VELOCIDAD MÁXIMA

3 m/s

MEMORIA DE CALCULO PARA TUBERIAS DE DISEÑO HIDRÁULICO SANITARIO

De	A	Cota inicial	Cota final	Longitud (m) borde a borde	Número de Habitantes = No. viviendas * 6 hab/vivienda	Población		Factor de Hardmon		Caudal diseño(q dis)		Diámetro pulgadas	S tubo %	V: velocidad seccion llena (m/s)	Q. sec. llena = A * V l/s	Relaciones		Relacion v/V	Velocidad v(m/s)	Tirante d/D	Relaciones		Relacion v/V	Velocidad v(m/s)	Tirante d/D	Cota invert. entrada CIE - CIS-n
						Población actual	Hab Futura	actual	futuro	actual	futuro					q/Q	q/Q				futuro	futuro				
PV	53	PV	57	993.58	992.831	38.85	54	156	4.31	4.19	0.6979	1.9591	8	2.00	2.1553	69.8982	0.0100	0.3194	0.69	0.0700	0.0280	0.44	0.94	0.1150	991.30	
PV	58	PV	59	995.753	991.82	54.86	102	295	4.24	4.08	1.2978	3.6088	8	7.00	4.0323	130.7676	0.0099	0.3194	1.29	0.0700	0.0276	0.44	1.76	0.1140	990.41	
PV	55	PV	56	995.46	995.369	10.98	48	139	4.32	4.20	0.6218	1.7482	8	10.00	4.8195	156.2972	0.0040	0.2399	1.16	0.0450	0.0112	0.33	1.60	0.0740	993.86	
PV	56	PV	57	995.369	992.831	34.45	132	381	4.21	4.03	1.6666	4.6132	8	7.00	4.0323	130.7676	0.0127	0.3452	1.39	0.0790	0.0353	0.47	1.89	0.1290	991.33	
PV	57	PV	59	992.831	991.82	34.73	276	797	4.09	3.86	3.3896	9.2374	8	3.00	2.6397	85.6075	0.0396	0.4842	1.28	0.1350	0.1079	0.65	1.72	0.2210	990.26	
PV	59	PV	60	991.82	990.061	25.81	294	849	4.08	3.84	3.6005	9.7974	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0297	0.4453	1.66	0.1180	0.0809	0.60	2.24	0.1920	988.68	
PV	37	PV	38	1008.865	1007.169	47.26	78	225	4.27	4.13	0.9995	2.7914	8	4.00	3.0481	98.8510	0.0101	0.3194	0.97	0.0700	0.0282	0.44	1.34	0.1150	1005.47	
PV	38	PV	39	1007.169	1003.475	57.38	138	399	4.20	4.02	1.7399	4.8120	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0144	0.3563	1.33	0.0830	0.0397	0.49	1.82	0.1360	1002.00	
PV	39	PV	41	1003.475	1000.639	18.48	174	503	4.17	3.97	2.1765	5.9921	8	15.00	5.9026	191.4241	0.0114	0.3310	1.95	0.0740	0.0313	0.45	2.67	0.1210	999.20	
PV	41	PV	45	1000.639	997.585	33.88	342	988	4.05	3.80	4.1590	11.2747	8	8.00	4.3107	139.7964	0.0298	0.4453	1.92	0.1180	0.0807	0.60	2.59	0.1920	996.08	
PV	45	PV	48	997.585	992.768	79.15	552	1595	3.95	3.66	6.5441	17.5126	8	5.00	3.4079	110.5188	0.0592	0.5478	1.87	0.1650	0.1585	0.73	2.49	0.2590	991.65	
PV	46	PV	49	992.768	992.132	12.73	564	1630	3.95	3.65	6.6779	17.8596	10	0.50	1.2505	63.3669	0.1054	0.6490	0.81	0.2190	0.2818	0.86	1.07	0.3630	990.24	
PV	48	PV	51	992.132	991.142	22.99	654	1890	3.91	3.60	7.6741	20.4351	10	2.00	2.5010	126.7339	0.0606	0.5498	1.38	0.1660	0.1612	0.73	1.83	0.2710	989.75	
PV	51	PV	52	991.142	989.574	81.45	762	2202	3.87	3.55	8.8537	23.4672	10	2.00	2.5010	126.7339	0.0699	0.5736	1.43	0.1780	0.1852	0.76	1.91	0.2910	988.01	
PV	52	PV	60	989.574	990.061	6.67	1074	3103	3.78	3.43	12.1785	31.9300	10	0.50	1.2505	63.3669	0.1922	0.7718	0.97	0.2970	0.5039	1.00	1.25	0.5020	987.95	
PV	60	PV	29	990.061	990	19.42	1074	3103	3.78	3.43	12.1785	31.9300	10	0.50	1.2505	63.3669	0.1922	0.7718	0.97	0.2970	0.5039	1.00	1.25	0.5020	987.82	
PV	28	PV	29	990.653	990	9.33	2598	7506	3.49	3.08	27.2379	69.2965	12	0.50	1.4121	103.0416	0.2643	0.8430	1.19	0.3500	0.6725	1.07	1.51	0.6000	985.85	
PV	29	PV	31	990	988.723	16.92	2796	8078	3.47	3.05	29.0914	73.8237	12	0.50	1.4121	103.0416	0.2823	0.8591	1.21	0.3630	0.7164	1.09	1.54	0.6260	985.73	
PV	31	PV	33	988.723	987.594	12.46	2976	8599	3.45	3.02	30.7602	77.8906	12	0.50	1.4121	103.0416	0.2985	0.8723	1.23	0.3740	0.7559	1.10	1.55	0.6490	985.64	
PV	33	PV	34	987.594	986.38	22.05	2982	8616	3.44	3.02	30.8156	78.0254	12	0.50	1.4121	103.0416	0.2991	0.8723	1.23	0.3740	0.7572	1.10	1.55	0.6500	985.18	
TUBERIAS AUXILIARES																										
Caja	2	PV	3	998.07	999.06	43.94	84	243	4.26	4.12	1.0744	2.9970	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0217	0.4037	0.62	0.1010	0.0605	0.55	0.84	0.1670	996.63	
Caja	3	PV	4	999.06	1000.08	41.34	66	191	4.29	4.16	0.8492	2.3773	8	2.00	2.1553	69.8982	0.0121	0.3396	0.73	0.0770	0.0340	0.46	1.00	0.1260	997.23	
Caja	4	PV	7	1000.08	999.46	32.48	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0005	0.1313	0.60	0.0180	0.0015	0.18	0.82	0.0290	996.16	
Caja	7	PV	9	999.46	999.03	16.38	12	35	4.41	4.34	0.1586	0.4519	8	10.00	4.8195	156.2972	0.0010	0.1588	0.77	0.0240	0.0029	0.22	1.05	0.0390	996.82	
Caja	9	PV	10	999.03	998.53	15.85	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0005	0.1313	0.60	0.0180	0.0015	0.18	0.82	0.0290	996.60	
Caja	10	PV	11	998.53	998.02	17.44	12	35	4.41	4.34	0.1586	0.4519	8	6.00	3.7332	121.0673	0.0013	0.1716	0.64	0.0270	0.0037	0.24	0.88	0.0440	996.48	
Caja	5	PV	6	997.29	997.94	33.92	72	208	4.28	4.14	0.9245	2.5848	8	2.00	2.1553	69.8982	0.0132	0.3480	0.75	0.0800	0.0370	0.48	1.02	0.1310	995.61	
Caja	6	PV	7	997.94	999.46	55.53	108	312	4.23	4.07	1.3719	3.8111	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0278	0.4357	0.66	0.1140	0.0771	0.59	0.90	0.1670	996.38	
Caja	13	PV	12	996	993.56	18.50	60	173	4.30	4.17	0.7736	2.1687	8	14.00	5.2795	171.2150	0.0042	0.2433	1.39	0.0460	0.0117	0.34	1.92	0.0760	992.41	
Caja	12	PV	13	996	996.76	47.00	78	225	4.27	4.13	0.9995	2.7914	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0202	0.3961	0.60	0.0980	0.0565	0.54	0.82	0.1610	994.53	
Caja	13	PV	18	996.76	996.18	15.77	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	12.00	5.2795	171.2150	0.0036	0.2328	1.37	0.0430	0.0102	0.32	1.90	0.0710	990.38	
Caja	15	PV	14	994.15	991.64	18.49	54	156	4.31	4.19	0.6979	1.9591	8	15.00	5.9026	191.4241	0.0005	0.1215	0.64	0.0160	0.0013	0.17	0.91	0.0270	993.87	
Caja	14	PV	15	994.15	995.53	48.30	84	243	4.26	4.12	1.0744	2.9970	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0217	0.4037	0.62	0.1010	0.0605	0.55	0.84	0.1670	992.67	
Caja	17	PV	16	992.42	989.26	33.50	102	295	4.24	4.08	1.2978	3.6088	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0088	0.3075	1.41	0.0660	0.0243	0.42	1.91	0.1070	988.41	
Caja	16	PV	17	992.42	993.67	34.65	78	225	4.27	4.13	0.9995	2.7914	8	1.00	1.5241	49.4255	0.0202	0.3961	0.60	0.0980	0.0565	0.54	0.82	0.1610	991.07	
Caja	15	PV	17	995.53	993.67	32.18	42	121	4.33	4.22	0.5455	1.5362	8	10.00	4.8195	156.2972	0.0035	0.2328	1.12	0.0430	0.0098	0.32	1.53	0.0690	991.31	
Caja	18	PV	15	996.18	995.53	13.60	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	7.00	4.0323	130.7676	0.0012	0.1674	0.67	0.0260	0.0035	0.23	0.92	0.0420	995.92	
Caja	24	PV	11	1000.47	998.02	50.75	12	35	4.41	4.34	0.1586	0.4519	8	12.00	5.2795	171.2150	0.0005	0.1215	0.64	0.0160	0.0013	0.17	0.91	0.0270	993.55	
Caja	24	PV	25	1000.47	995	74.60	12	35	4.41	4.34	0.1586	0.4519	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0012	0.1674	0.67	0.0260	0.0035	0.23	0.92	0.0420	995.92	
Caja	25	PV	28	995	990.65	67.34	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0012	0.1674	0.67	0.0260	0.0035	0.23	0.92	0.0420	995.92	
Caja	26	PV	29	990.65	990	7.83	6	17	4.43	4.39	0.0798	0.2282	8	9.00	4.5722	148.2765	0.0005	0.1313	0.60	0.0180	0.0015	0.18	0.82	0.0290	987.76	
Caja	29	PV	31	990	988.72	15.42	18	52	4.39	4.31	0.2369	0.6726	8	12.00	5.2795	171.2150	0.0005	0.1215	0.64	0.0160	0.0013	0.17	0.91	0.0270	988.71	
													8	11.00	5.0547	163.9258	0.0014	0.1758	0.89	0.0280	0.0041	0.24	1.23	0.0460	987.30	

Apéndice 7. Coordenadas de pozos de infiltración de agua pluvial

No.	NOMBRE DEL MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD MSNM	DIRECCIÓN DEL LUGAR
1	SANTA CATARINA PINULA	14.5675460	-90.4934000	1577.74	0 CALLE 0-70 ZONA 2
2	SANTA CATARINA PINULA	14.5524940	-90.5049600	1482.01	SECTOR 2 JORDAN
3	PETAPA	14.5021680	-90.5678940	1284.15	7 AVENIDA 3-01 COLONIA LAS MARGARITAS ZONA 10
4	VILLA CANALES	14.5591750	-90.5246200	1295.43	CARRETERA A BOCA DEL MONTE 7-27 ZONA 0 BOCA DEL MONTE
5	VILLA CANALES	14.5505550	-90.5221400	1385.37	3 AVENIDA A 3-47 ZONA 1 BOCA DEL MONTE
6	VILLA CANALES	14.5570990	-90.5124500	1451.52	9 AVENIDA A 2-08 ZONA 2 COLONIA EL ROSARIO BOCA DEL MONTE
7	VILLA CANALES	14.5378160	-90.5243900	1388.11	6 CALLE 3-61 ZONA 3 BOCA DEL MONTE
8	VILLA CANALES	14.5095810	-90.5114870	1224.09	2 AVENIDA 0-59 ZONA 1 VILLA CANALES-01
9	VILLA CANALES	14.4966200	-90.5239750	1390.55	1 AVENIDA 0-89 ZONA CHICHIMECAS
10	MIXCO	14.6666800	-90.5731900	1614.02	25 CALLE 9-70 COLONIA 1RO DE JULIO ZONA 5 DE MIXCO
11	VILLA CANALES	14.3625110	-90.4986400	1117.68	EL JOCOTILLO
12	VILLA CANALES	14.4089300	-90.5365900	1670.73	SANTA ELENA BARILLAS
13	MIXCO	14.6326630	-90.6144560	1824.39	CARRETERA VIEJA ANTIGUA 4-90 ZONA 1 DE MIXCO
14	MIXCO	14.6179060	-90.6033100	1688.41	20 CALLE A 0-11 SECTOR VISTA AL VALLE LO DE COY ZONA 1 DE MIXCO
15	MIXCO	14.6275650	-90.6018600	1723.48	CARRETERA INTERAMERICANA 1-90 KM 16.8 PUENTE JORGE SURQUE ZONA 1 DE MIXCO
16	MIXCO	14.6327490	-90.5958700	1651.83	4 CALLE A 52-30 COLONIA MOLINO DE LAS FLORES ZONA 2 DE MIXCO
17	MIXCO	14.6460550	-90.6036500	1710.98	12 CALLE 17-65 ZONA 7 DE MIXCO
18	MIXCO	14.6418940	-90.6027400	1697.87	16 AVENIDA A 15-10 ZONA 7 DE MIXCO
19	MIXCO	14.6518020	-90.5952300	1618.29	3 CALLE B 14-39 COLONIA LA BRIGADA ZONA 7 DE MIXCO
20	MIXCO	14.6500990	-90.5941400	1672.87	11 AVENIDA 5-14 LA COMUNAL ZONA 7 DE MIXCO
21	MIXCO	14.6448370	-90.5960900	1672.56	12 CALLE 12-80 COLONIA EL PARAIZO DE MIXCO
22	MIXCO	14.6465510	-90.5874400	1662.20	5 CALLE 2-35 COLONIA BELENCITO ZONA 7 DE MIXCO
23	MIXCO	14.6486580	-90.5864900	1651.22	3 CALLE A 3-00 COLONIA BEENCITO ZONA 7 DE MIXCO
24	MIXCO	14.6675570	-90.6059300	1742.68	38 AVENIDA 16-25 COLONIA ALAMEDAS DE YUMAR DE MIXCO
25	MIXCO	14.6547450	-90.6020600	1716.77	29 AVENIDA 2-66 COLONIA SAN JOSE LOS PINOS ZONA 6 DE MIXCO
26	MIXCO	14.6530740	-90.5990450	1660.06	22 AVENIDA Y 2 CALLE COLONIA LAS BRISAS ZONA 6 DE MIXCO
27	MIXCO	14.6444380	-90.5674300	1604.57	3 CALLE A 14-50 COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4 DE MIXCO
28	MIXCO	14.6454080	-90.5687400	1577.13	BULEVAR SAN NICOLAS ZONA 4 DE MIXCO
29	MIXCO	14.6512810	-90.5798000	1645.73	2 CALLE A 0-58 ZONA 4 DE MIXCO
30	MIXCO	14.6530140	-90.5777100	1632.32	0 AVENIDA A 4-16 COLONIA MONSERRAT I ZONA 4 DE MIXCO
31	MIXCO	14.6940890	-90.5515400	1514.63	VILLA SAN JOSE 62-50 - SACOJ CJIQUITO
32	MIXCO	14.6647290	-90.5888200	1672.26	15 AVENIDA 13-15 COLONIA SAN JOSE LAS ROSAS ZONA 6 DE MIXCO
33	MIXCO	14.6736600	-90.5846200	1636.89	15 AVENIDA 20-31 COLONIA SAN JOSE LAS ROSAS ZONA 6 DE MIXCO
34	MIXCO	14.6721020	-90.5548900	1557.62	INTERSECCION NARANJA
35	VILLA NUEVA	14.5488610	-90.6248860	1489.02	8 CALLE 0 AVENIDA ZONA 3
36	VILLA NUEVA	14.5524480	-90.5956100	1432.93	5 AVENIDA 10-53 ZONA 2
37	VILLA NUEVA	14.5091040	-90.5647600	1313.41	10 AVENIDA 4-80 COLONIA SAN ANTONIO
38	VILLA NUEVA	14.5177970	-90.5810200	1318.80	13 AVENIDA 2-21 ZONA 1
39	VILLA NUEVA	14.5236060	-90.6061000	1450.30	8 AVENIDA 23-16 ZONA 3 SANTA ISABEL II
40	VILLA NUEVA	14.5243010	-90.6070200	1435.67	8 AVENIDA 24-55 ZONA 3 SANTA ISABEL II

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

