



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA
MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS
REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL
PETAPA, GUATEMALA**

Pablo Esteban Nolasco Chávez

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA
MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS
REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL
PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO ESTEBAN NOLASCO CHÁVEZ

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 28 de febrero de 2018.



Pablo Esteban Nolasco Chávez



Guatemala, 11 de mayo de 2018
REF.EPS.DOC.392.05.2018

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pablo Esteban Nolasco Chávez**, Registro Académico 201403823 y CUI 3001 11940 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es; **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, 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"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 17 de mayo de 2018

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pablo Esteban Nolasco Chávez, con CUI 3001119400101 Registro Académico No. 201403823, quien contó con la asesoría del 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

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
 Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 HIDRAULICA
 USAC

/mrrm.



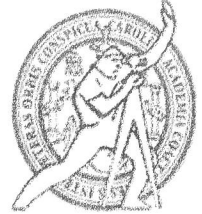
Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 17 de agosto de 2018

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pablo Esteban Nolasco Chávez, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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

~~Ing. civil,~~ Guillermo Francisco Melini Salguero
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

/mrrm.



Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 06 de septiembre de 2018

Ref.EPS.D.343.09.18

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

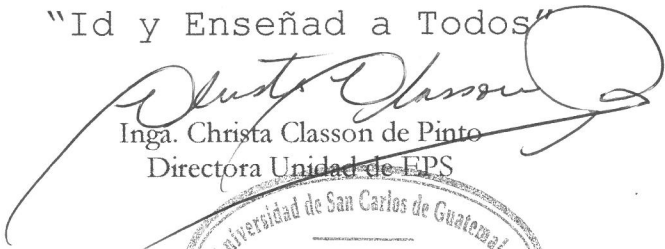
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Pablo Esteban Nolasco Chávez, Registro Académico 201403823 y CUI 3001 11940 0101**, 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 del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Pablo Esteban Nolasco Chávez titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2018

/mrrm.



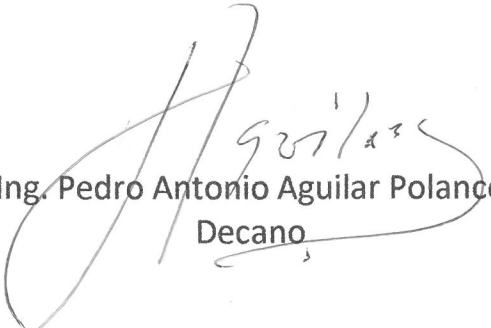
Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



DTG. 420.2018

El Decano 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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2 DE MIXCO Y LEVANTAMIENTO Y GEORREFERENCIACIÓN DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE VILLA HERMOSA I Y II, ZONA 7 DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Pablo Esteban Nolasco Chávez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida, la sabiduría y la oportunidad de estudiar una carrera tan hermosa como la ingeniería civil.
- Mis padres** Arturo Nolasco y Lillian Chávez, porque a pesar de las dificultades siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo incondicional. Espero que esta meta alcanzada sea una honra para ustedes.
- Mi abuelito** Guillermo Chávez, quien en vida fue mi amigo, consejero e inspiración en cualquier aspecto de la vida.
- Mi hermano** Arturo Nolasco, por sus consejos a lo largo de mi carrera y por ser un ejemplo como persona y como profesional.
- Mi hermana** Marcela Nolasco, por ser una inspiración para luchar por cada uno de mis sueños.
- Mi novia** Jary Rucal, por estar conmigo en buenos y malos momentos y apoyarme durante toda mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería, por cada una de las enseñanzas que me permitieron convertirme en profesional.

**Mancomunidad Gran
Ciudad del Sur**

Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado y por las asesorías brindadas por cada uno de sus miembros.

Municipalidad de Mixco

En especial al Ingeniero Juan José Gómez por el apoyo brindado en el desarrollo de mi proyecto.

**Municipalidad de San
Miguel Petapa**

En especial al Ingeniero Javier Abascal, quien brindó un gran apoyo y compartió sus conocimientos sin esperar nada a cambio.

**Mis compañeros y
amigos de la
universidad**

Rody Cardona, Edwin Cal y Allan Colindres, con quienes compartí grandes experiencias y recuerdos inolvidables.

**Mis compañeros
epesistas de la
Mancomunidad**

Bairon Nájera, Mario Mont, Pedro Gaitán, Luis Rodríguez y Wilson Ajtún, por hacer de esta etapa una de las más alegres y enriquecedoras de mi vida.

Familia Canchán

Por su hospitalidad y por los buenos momentos vividos durante la realización de mi ejercicio profesional supervisado.

**Familia Nolasco y
Chávez**

Porque a pesar de que no puedo nombrar a cada uno, fueron siempre una motivación y me mostraron su apoyo en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Mixco	1
1.1.1. Aspectos generales e históricos	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Hidrografía.....	3
1.1.5. Vías de acceso	4
1.1.6. Servicios Públicos.....	6
1.1.6.1. Agua potable.....	6
1.1.6.2. Alcantarillado y disposición final	6
1.2. Monografía del municipio de San Miguel Petapa	7
1.2.1. Aspectos generales e históricos	7
1.2.2. Ubicación y localización.....	7
1.2.3. Clima	9
1.2.4. Hidrografía.....	9
1.2.5. Vías de acceso	10
1.2.6. Servicios Públicos.....	12
1.2.6.1. Agua potable.....	12

	1.2.6.2.	Alcantarillado y disposición final.....	13
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	15
	2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en colonia Santa Mónica, zona 2 de Mixco.	15
	2.1.1.	Descripción del proyecto	15
	2.1.2.	Levantamiento topográfico	15
	2.1.2.1.	Planimetría	16
	2.1.2.2.	Altimetría	16
	2.1.3.	Componentes del sistema	17
	2.1.3.1.	Colectores	17
	2.1.3.2.	Pozos de Visita.....	18
	2.1.3.3.	Conexiones Domiciliares	18
	2.1.4.	Parámetros de diseño	19
	2.1.4.1.	Población actual.....	19
	2.1.4.2.	Periodo de diseño	20
	2.1.4.3.	Estimación de la población futura.....	20
		2.1.4.3.1. Método geométrico	21
		2.1.4.3.2. Método lineal.....	21
	2.1.4.4.	Dotación	22
	2.1.4.5.	Factor de retorno.....	22
	2.1.5.	Determinación de caudal de diseño	22
	2.1.5.1.	Caudal domiciliar	23
	2.1.5.2.	Caudal comercial.....	23
	2.1.5.3.	Caudal industrial.....	24
	2.1.5.4.	Caudal de conexiones ilícitas	24
	2.1.5.5.	Caudal de infiltración	25
	2.1.5.6.	Caudal sanitario	26
	2.1.5.7.	Factor de caudal medio	26

2.1.5.8.	Factor de Hardmond.....	27
2.1.5.9.	Caudal de diseño.....	27
2.1.6.	Cotas invert.....	28
2.1.7.	Ecuaciones hidráulicas	30
2.1.7.1.	Ecuación de Manning	30
2.1.7.2.	Ecuación de continuidad.....	31
2.1.8.	Relaciones hidráulicas.....	32
2.1.8.1.	Relación de caudales	32
2.1.8.2.	Relación de velocidades.....	32
2.1.8.3.	Relación de tirantes	32
2.1.9.	Normas para diámetros, velocidades y zanjas	33
2.1.9.1.	Diámetros mínimos.....	33
2.1.9.2.	Velocidades máximas y mínimas.....	33
2.1.9.3.	Anchos de zanja	34
2.1.10.	Volumen de Excavación	35
2.1.11.	Muestra de cálculo.....	35
2.1.12.	Presupuesto del proyecto	43
2.1.13.	Cronograma de ejecución.....	44
2.1.14.	Estudio de impacto ambiental.....	45
2.1.14.1.	Definición.....	45
2.1.14.2.	Proyectos que requieren un EIA	45
2.1.14.3.	Objetivos.....	46
2.1.14.4.	Métodos para realizar un EIA	47
2.1.14.4.1.	Matriz de Leopold.....	47
2.1.14.5.	Identificación de posibles impactos ambientales y medidas de mitigación ..	50
2.1.14.5.1.	Suelos	50
2.1.14.5.2.	Aguas subterráneas	51

	2.1.14.5.3.	Vegetación natural y cultivos	51
	2.1.14.5.4.	Agua.....	52
	2.1.14.5.5.	Ruido y vibración.....	52
	2.1.14.5.6.	Aire.....	53
2.1.15.		Propuesta de tratamiento	53
2.1.16.		Evaluación financiera	55
	2.1.16.1.	Valor presente neto	55
	2.1.16.2.	Relación Beneficio / Costo	57
	2.1.16.3.	Costo anual unitario equivalente (CAUE).....	58
2.2.		Levantamiento y georreferenciación de las redes de alcantarillados de Villa Hermosa I y II, zona 7 de San Miguel Petapa	60
	2.2.1.	Descripción teórica.....	60
		2.2.1.1. Sistema de información geográfica (SIG).....	60
		2.2.1.1.1. Representación de datos en formatos ráster y vectorial.....	61
		2.2.1.2. Coordenadas Geográficas.....	62
		2.2.1.3. Proyecciones cartográficas	64
		2.2.1.3.1. Sistema de coordenadas UTM.....	64
		2.2.1.3.2. Sistema de coordenadas GTM	65
		2.2.1.4. Georreferenciación.....	66
		2.2.1.5. QGIS	66
2.2.2.		Reconocimiento e identificación de la zona.....	67

2.2.3.	Levantamiento de la información para la creación de la base de datos	67
2.2.3.1.	Elaboración de mapas para levantamiento de información	68
2.2.3.2.	Visitas de campo	69
2.2.4.	Digitalización y georreferenciación de la información levantada.....	70
2.2.4.1.	Creación de capas vectoriales.....	70
2.2.4.2.	Dibujo de geometría	72
2.2.4.3.	Registro de tabla de atributos	73
2.2.5.	Elaboración de mapas con información digitalizada.....	74
2.2.6.	Verificación de la digitalización y georreferenciación de las redes de alcantarillado con las autoridades locales.....	75
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		79
BIBLIOGRAFÍA.....		81
APÉNDICES		83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Mixco, Guatemala.....	2
2.	Ríos del municipio de Mixco.....	4
3.	Carreteras del municipio de Mixco	5
4.	Localización del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala	8
5.	Ríos del municipio de San Miguel Petapa	10
6.	Carreteras del municipio de San Miguel Petapa	11
7.	Obtención de agua potable en el municipio de San Miguel Petapa	12
8.	Saneamiento ambiental en el municipio de San Miguel Petapa.....	13
9.	Diagrama para cálculo de cotas invert	30
10.	Formatos de representación en un SIG	62
11.	Componentes utilizados en coordenadas geográficas	63
12.	Mapa de Villa Hermosa para levantamiento de información	68
13.	Levantamiento de información de redes de alcantarillado	69
14.	Dibujo de pozos de visita	72
15.	Dibujo de tuberías	73
16.	Edición de la tabla de atributos	74

TABLAS

I.	Valores para el factor de caudal medio.....	27
II.	Rango de Velocidades.....	33
III.	Anchos de zanja mínimos.....	34
IV.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	43
V.	Cronograma de ejecución físico y financiero	44
VI.	Nomenclatura de la matriz de Leopold	48
VII.	Matriz modificada de Leopold	48
VIII.	Parámetros considerados para el cálculo del valor presente neto.....	57
IX.	Interpretación de la relación beneficio / costo	58
X.	Campos a incluir en la tabla de atributos de los pozos de visita	71
XI.	Campos a incluir en la tabla de atributos de las tuberías.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
Qd	Caudal de diseño
Qs	Caudal sanitario
PVC	Cloruro de polivinilo
CT	Cota de terreno
CIE	Cota invert de entrada
CIS	Cota invert de salida
Ø	Diámetro
fqm	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de Harmond
fr	Factor de retorno
gal	Galón
° ‘ “	Grados, minutos y segundos
Hab	Habitantes
PSI	Libras por pulgada cuadrada (<i>Poundal square inch</i>)
lts/hab/día	Litros por habitante día
lt/s	Litros por segundo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m/s	Metro por segundo
S	Pendiente del terreno

n	Periodo de diseño
P	Población
Pf	Población futura
PV	Pozo de visita
plg²	Pulgada cuadrada
Rh	Radio hidráulico
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
s	Segundo
SIG	Sistema de información geográfica
R	Tasa de crecimiento
V	Velocidad de flujo a sección llena

GLOSARIO

Aguas residuales	Se refiere a todo el caudal que proviene de viviendas, comercios o industrias cuyas características han sido modificadas.
Alcantarillado sanitario	Sistema de tuberías que conducen las aguas residuales desde las viviendas, comercios e industrias hacia una descarga.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia métodos y procedimientos para representar las alturas de un terreno respecto a un nivel de referencia.
Candela	Tubería que recibe las aguas residuales provenientes de una vivienda y que las conducen al colector del sistema.
Caudal	Cantidad de agua por unidad de tiempo.
Coordenadas GTM	Sistema de coordenadas creado a partir del sistema de coordenadas UTM con uso exclusivo en Guatemala.
Cota de terreno	Nivel de terreno expresado en un número arbitrario y que lo diferencia en altura de otros puntos.

EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua
Georreferenciación	Proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas diferente al que se encuentra
INE	Instituto Nacional de Estadística
Pendiente	Es la inclinación de un objeto respecto a un plano de referencia, generalmente medida en grados o en porcentaje.
Planimetría	Rama de la topografía que estudia métodos y procedimientos para analizar en un plano horizontal las medidas de un terreno.
QGIS	Software libre relacionado con Sistemas de Información Geográfica.
Saneamiento	Conjunto de técnicas y procedimientos orientados a mejorar las condiciones sanitarias de una población.
Sedimento	Material fragmentado transportado por el agua que puede quedar suspendido o depositado durante la conducción.

SIG	Integración de hardware, software y datos geográficos para capturar, almacenar, manipular y analizar información georreferenciada.
Tasa de crecimiento	Razón a la cual crece una población en el transcurso del tiempo.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se presentan las fases que componen el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado en la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur y en el cual se realizó un proyecto en la Municipalidad de Mixco y otro en la Municipalidad de San Miguel Petapa.

La primera fase consiste en una breve investigación monográfica de los dos municipios en los que se encuentran los proyectos desarrollados. En esta se incluyen mapas y gráficas que fundamentan y justifican la realización de ambos proyectos.

La segunda fase, inicia con el diseño del alcantarillado sanitario para la colonia Santa Mónica de la zona 2 de Mixco. En esta parte se explica: el tipo de funcionamiento del sistema, los componentes, los criterios utilizados y, además, se incluye una memoria de cálculo.

Seguidamente se presentan los incisos correspondientes al proyecto de levantamiento y georreferenciación de las redes de alcantarillado en Villa Hermosa I y II. En esta subfase se incluye el procedimiento realizado desde el levantamiento en campo hasta la elaboración de los mapas, pasando por la digitalización de la información.

En la tercera fase, que podría nombrarse una fase complementaria se presentan las conclusiones y recomendaciones, que ayudan a establecer los objetivos alcanzados y pueden ser utilizadas para optimizar el funcionamiento de los proyectos desarrollados.

OBJETIVOS

General

Desarrollar infraestructura para mejorar los servicios públicos y el saneamiento del municipio de Mixco y elaborar información georreferenciada para la gestión municipal de San Miguel Petapa.

Específicos

1. Contribuir al desarrollo de la infraestructura del municipio de Mixco mediante el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario de acuerdo a distintas normas de diseño.
2. Disminuir la proliferación de zancudos y mosquitos en la colonia Santa Mónica provocada por el colapso de los drenajes en época de invierno.
3. Desarrollar levantamientos de información relacionada con las redes de alcantarillado existentes en los sectores de Villa Hermosa I y II de la zona 7 de San Miguel Petapa.
4. Trasladar la información de redes de alcantarillado a un Sistema de Información Geográfica para una mejor presentación e interpretación de datos.
5. Mejorar la respuesta por parte de la Municipalidad de San Miguel Petapa en caso de fallas en un sistema de alcantarillado.

INTRODUCCIÓN

Con el fin de solucionar las distintas problemáticas que se presentan en los municipios aledaños a la capital, específicamente los ubicados en el sur, se creó la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, conformada por los municipios de: Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, San Miguel Petapa, Villa Canales y Santa Catarina Pinula.

Entre los ejes de acción con los que cuenta la Mancomunidad se encuentra el saneamiento ambiental, que incluye el desarrollo de sistemas de alcantarillado sanitario. En base a esto se realizó un diagnóstico junto al personal de la Municipalidad de Mixco, en el que se determinó que la colonia Santa Mónica ubicada en la zona 2 del municipio requiere un sistema de alcantarillado sanitario, con el fin de utilizar el actual sistema combinado únicamente como alcantarillado pluvial.

El alcantarillado sanitario consta de una longitud de 1 831 metros dentro de los cuales se pretende beneficiar a una población actual de aproximadamente 1 500 habitantes. Su diseño fue realizado en base a normas y reglamentos utilizados en el medio nacional, con el fin de que se garantizara el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su periodo de diseño. Adicionalmente al diseño, planos y especificaciones, se realizó un presupuesto y cronograma de ejecución físico-financiero que pueden ser utilizados por la Municipalidad en los procesos de adjudicación y ejecución del proyecto.

Por otro lado, la Mancomunidad recientemente ha desarrollado distintos proyectos relacionados a la georreferenciación y digitalización de información geográfica de los distintos municipios que la conforman. Antes de la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, la Municipalidad de San Miguel Petapa carecía de una información geográfica relacionada con las redes de agua y saneamiento con los que cuenta en su territorio. Debido a esto se propuso recaudar y validar información de las redes de alcantarillado ubicadas en los sectores de Villa Hermosa I y II. Posteriormente la información fue trasladada a un medio digital, con el fin que esta fuera georreferenciada.

Con la información ya georreferenciada, se procedió a editar los atributos o características de cada uno de los componentes de los sistemas de alcantarillado. Finalmente, se desarrolló un mapa por cada sector en donde se clasificaron las tuberías y pozos de visita de acuerdo al origen del caudal que transportaban (sanitario, pluvial o combinado).

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Mixco

A continuación, se presenta una breve monografía del municipio de Mixco, con el fin de dar a conocer las condiciones y necesidades que existen actualmente en el área donde se realizó el proyecto de alcantarillado sanitario.

1.1.1. Aspectos generales e históricos

“Mixco es un municipio perteneciente al departamento de Guatemala y ubicado al oeste del mismo. La extensión territorial actual del municipio es de 132 kilómetros cuadrados, la cual fue establecida en el año 1 970 después de resolver el litigio de límites territoriales existentes con el municipio de Guatemala”.¹

La historia de Mixco se remonta a la época precolombina, ya que era un área donde los cakchiqueles tenían una fortaleza en el área conocida actualmente como Mixco Viejo. El traslado de la ciudad capital a su ubicación actual le permitió alcanzar un gran desarrollo hasta ser nombrado municipio del departamento de Guatemala.

Según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2002, la población del municipio de Mixco era de 403 689 habitantes. Esta población se distribuye a lo largo de las 11 zonas establecidas y delimitadas por la Municipalidad.

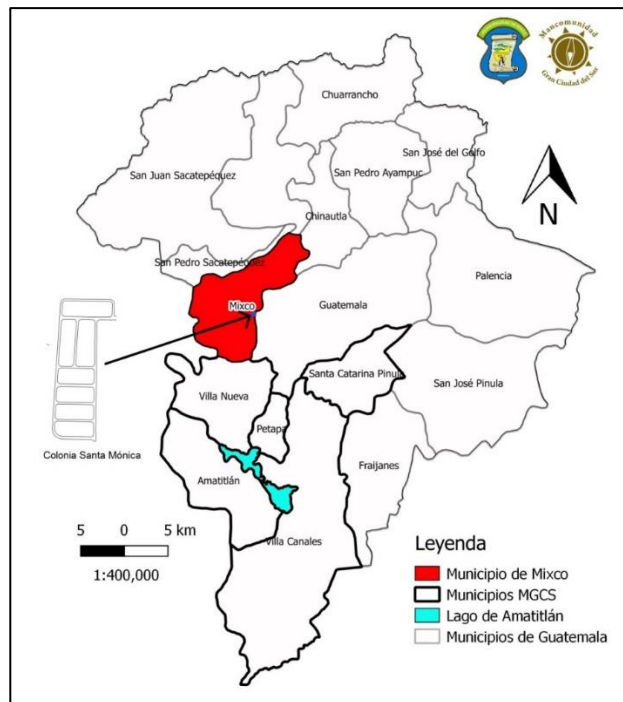
¹ HERNÁNDEZ DE SOSA, Dora Ninette. *Actualización de la monografía del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala*. 2011. p.34.

1.1.2. Ubicación y localización

El municipio de Mixco pertenece al departamento de Guatemala y está ubicado en el lado oeste del mismo. Las colindancias del municipio incluyen a: los municipios de San Pedro Sacatepéquez y Chinautla en el noroeste; el municipio de Villa Nueva en el sur; el municipio de Guatemala en el este; y el departamento de Sacatepéquez al oeste.

La cabecera municipal se encuentra a 17 kilómetros de la ciudad capital y sus coordenadas geográficas son: latitud norte de 14°37'59" y longitud oeste de 90°36'23".

Figura 1. Localización del municipio de Mixco, Guatemala



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

1.1.3. Clima

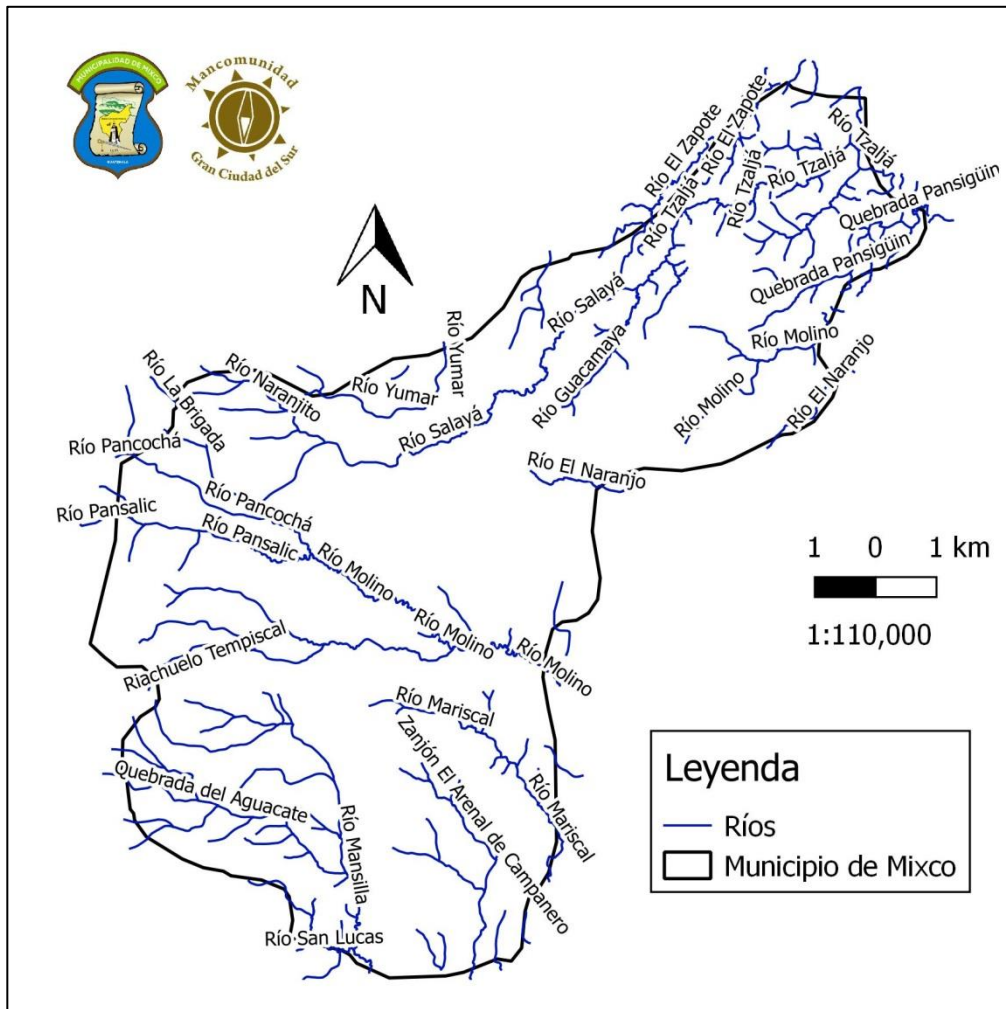
El clima del municipio en su mayoría es templado, sin embargo, en los sectores donde existen montañas se tiene un clima templado-frío, especialmente en la parte alta de las mismas. De acuerdo a una de las estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), ubicada en el municipio, en el último año se recaudó la siguiente información:

- Altitud: 1470 msnm.
- Temperatura media: 20.6 °C
- Temperatura máxima promedio anual: 25.4 °C
- Temperatura mínima promedio anual: 15.7 °C
- Temperatura máxima absoluta anual: 34.5 °C
- Temperatura mínima absoluta anual: 7.0 °C
- Humedad relativa media: 70%
- Velocidad del viento promedio: 7 km/h
- Precipitación promedio anual: 1310.30 mm
- Nubosidad promedio anual: 75%

1.1.4. Hidrografía

El municipio cuenta con un amplio recurso hídrico dentro del cual destacan los siguientes ríos: Salayá, en el límite con Chinautla; San Lucas, en límite con Villa Nueva; Mariscal, que corre por el barranco que divide la aldea La Comunidad y las colonias de San Cristobal; Pansalik, que aguas abajo es nombrado El Molino; Manila, que se une con el Mariscal y desemboca en la presa de la Brigada, perteneciente a la Municipalidad de Guatemala; el Zapote, que cruza las colonias de Lo De Bran, Sacoj y El Milagro.

Figura 2. Ríos del municipio de Mixco



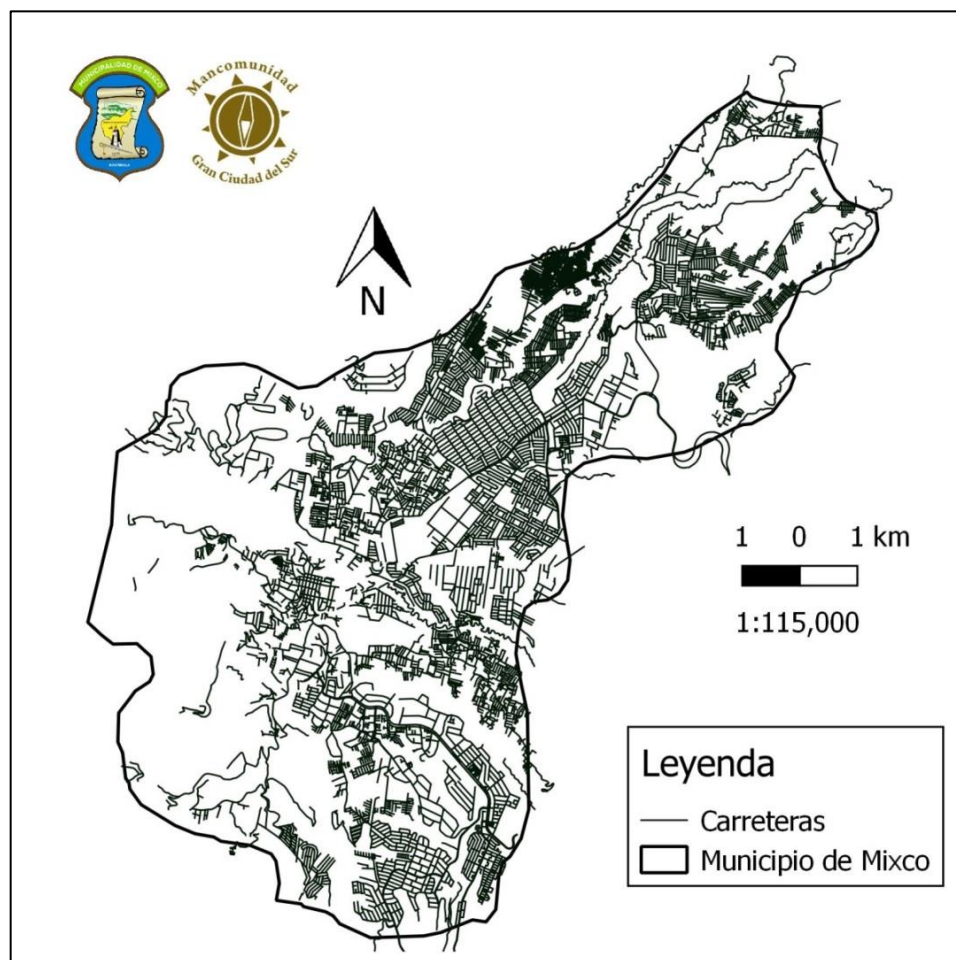
Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

1.1.5. Vías de acceso

Al colindar con la ciudad capital, el municipio de Mixco cuenta con distintos accesos hacia la misma, entre ellos destacan el Boulevard el Naranjo, la Calzada San Juan, el Boulevard San Cristóbal y la Carretera Interamericana, específicamente a través de la Calzada Roosevelt.

El acceso al resto de municipios se distribuye de la siguiente forma: por la CA-01, a 13 kilómetros en dirección sudeste se accede al municipio de San Lucas, Sacatepéquez; por medio del Boulevard Sur de San Cristobal en la CA-09 Sur, se accede a Villa Nueva; por la RD-GUA 5 se accede al municipio de San Juan Sacatepéquez; a través de la RN 5 se accede al municipio San Pedro Sacatepéquez; y cruzando el Boulevard Sacoj se llega al municipio de Chinautla.

Figura 3. Carreteras del municipio de Mixco



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS

1.1.6. Servicios Públicos

El proyecto desarrollado en Mixco está orientado al saneamiento ambiental, razón por la cual resulta de vital importancia describir la situación actual de los servicios de agua potable y alcantarillado.

1.1.6.1. Agua potable

“El servicio de agua potable en el Mixco es adecuado y constante en casi todas sus zonas, aldeas y caseríos. El servicio en la mayoría de las localidades está regulado por la Municipalidad y los acueductos son: El Manzanillo, San Miguel y San Jerónimo. Además, se cuenta con 93 pozos de extracción de agua subterránea”.²

1.1.6.2. Alcantarillado y disposición final

El servicio de alcantarillado en el municipio se encuentra a cargo de la Municipalidad apoyado por las alcaldías auxiliares. Actualmente, aproximadamente el 75% de la población cuenta con un servicio estable y se cuenta con distintas plantas de tratamiento ubicadas en las disposiciones finales utilizadas para la descarga de aguas residuales.

El proyecto diseñado está ubicado en la colonia Santa Mónica, la cual actualmente cuenta con un servicio de alcantarillado combinado, que posterior a la construcción del proyecto actuaría únicamente como alcantarillado pluvial. En relación con la disposición final actualmente se cuenta con un sistema de pozos de tratamiento.

² HERNÁNDEZ DE SOSA, Dora Ninette. *Actualización de la monografía del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala*. 2011. p. 43.

1.2. Monografía del municipio de San Miguel Petapa

Debido a que los proyectos fueron realizados en distintos municipios, existe la necesidad de presentar en los siguientes incisos, distintos aspectos monográficos pertenecientes al municipio de San Miguel Petapa.

1.2.1. Aspectos generales e históricos

San Miguel Petapa es un municipio perteneciente al departamento de Guatemala, localizado al sur de la capital del país. Su extensión territorial es de 24,64 kilómetros cuadrados y según el censo realizado en el año 2008, la población del mismo es de 124 898 habitantes.

El origen del poblado es prehispánico y tiene ascendencia cakchiquel, específicamente en la rama de los Petapa, pueblo agrícola y lacustre cuyo nombre significa “cama de agua”. Debido a su origen indígena, en el municipio de San Miguel Petapa además del español, se habla pocomán y pocomchí.

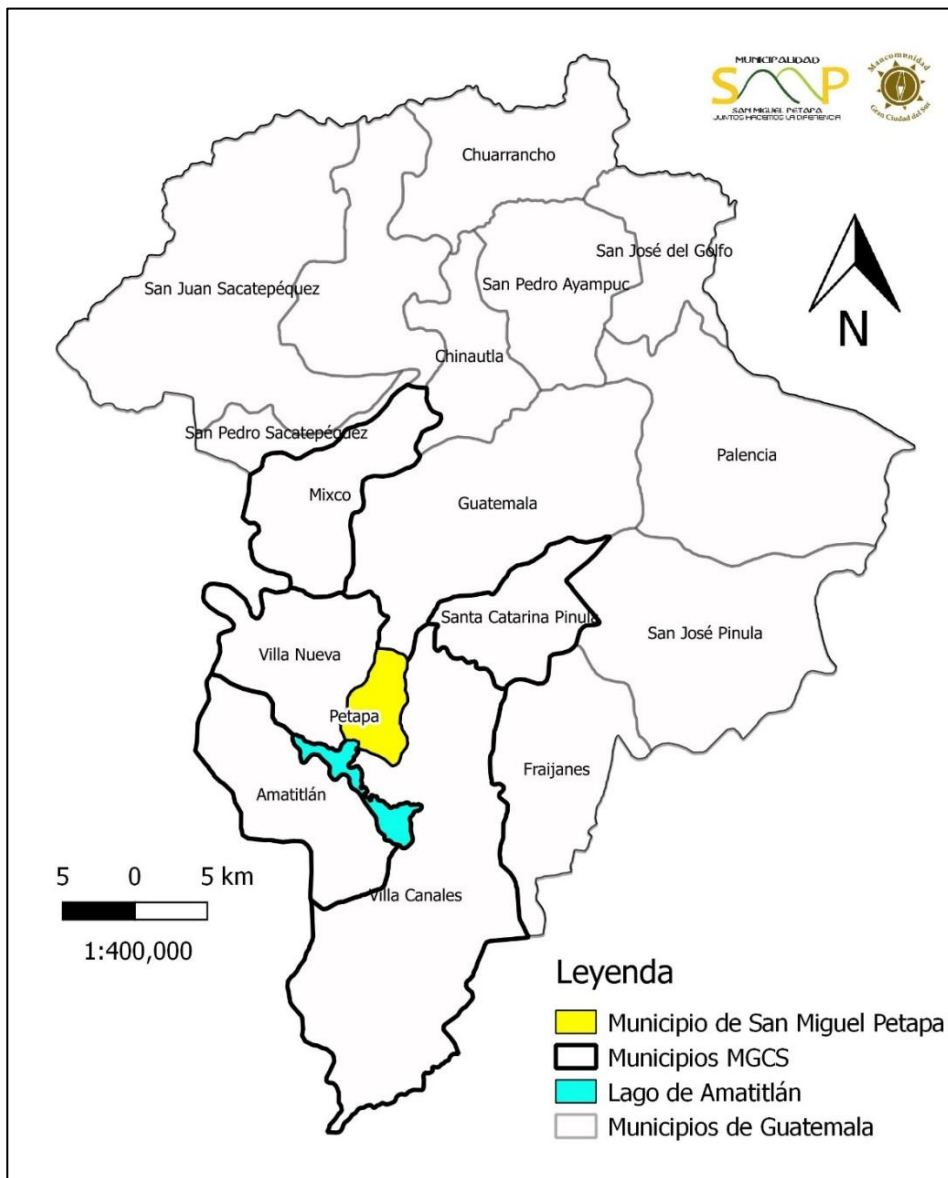
La fiesta patronal se celebra los días 29 y 30 de septiembre en honor al santo patrono, San Miguel Arcángel. Este evento es bastante concurrido por personas de la Ciudad Capital y tiene presencia de danzas folklóricas.

1.2.2. Ubicación y localización

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Las colindancias del municipio incluyen a: ciudad de Guatemala en el norte; el municipio de Villa Nueva en el oeste; el municipio de Villa Canales en el este; y el lago de Amatitlán en el sur.

La cabecera municipal se encuentra a 20 kilómetros de la ciudad capital y sus coordenadas geográficas son: latitud norte de 14°30' y longitud oeste de 90°33'.

Figura 4. Localización del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

1.2.3. Clima

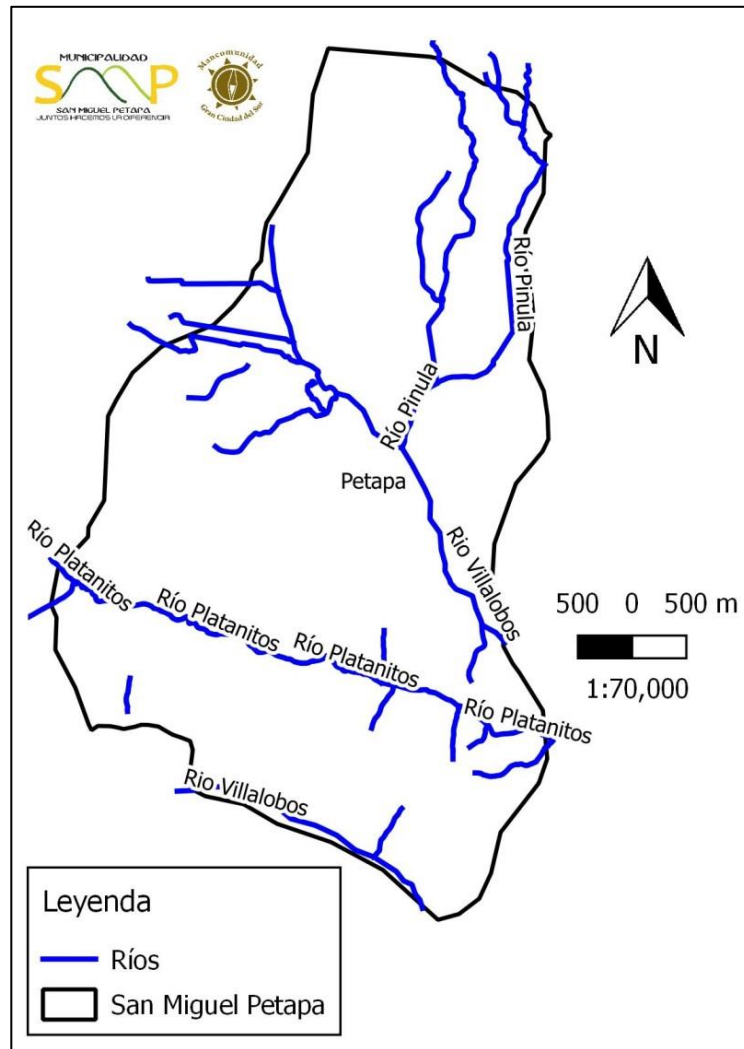
El clima del municipio en su mayoría es templado y agradable. Durante el año se presentan únicamente dos estaciones: época seca o verano y época lluviosa o invierno. De acuerdo a una de las estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) ubicada en el municipio, en el último año se recaudó la siguiente información:

- Altitud: 1 260 msnm.
- Temperatura media: 21,4 °C
- Temperatura máxima promedio anual: 26,3 °C
- Temperatura mínima promedio anual: 16,4 °C
- Temperatura máxima absoluta anual: 33,0 °C
- Temperatura mínima absoluta anual: 8,0 °C
- Humedad relativa media: 70%
- Velocidad del viento promedio: 8 km/h
- Precipitación: 1 093,7 mm
- Nubosidad promedio anual: 70%

1.2.4. Hidrografía

A pesar de ser el municipio más pequeño del departamento de Guatemala, San Miguel Petapa se caracteriza por contar con distintos afluentes dentro de los cuales destacan: el río Platanitos que viene de Villa Nueva y cruza el municipio de este a oeste en la parte sur del mismo; el río Pinula, uno de los principales desfuegos de los sistemas de alcantarillado; y el río Villalobos que cruza el municipio en casi toda su extensión.

Figura 5. Ríos del municipio de San Miguel Petapa



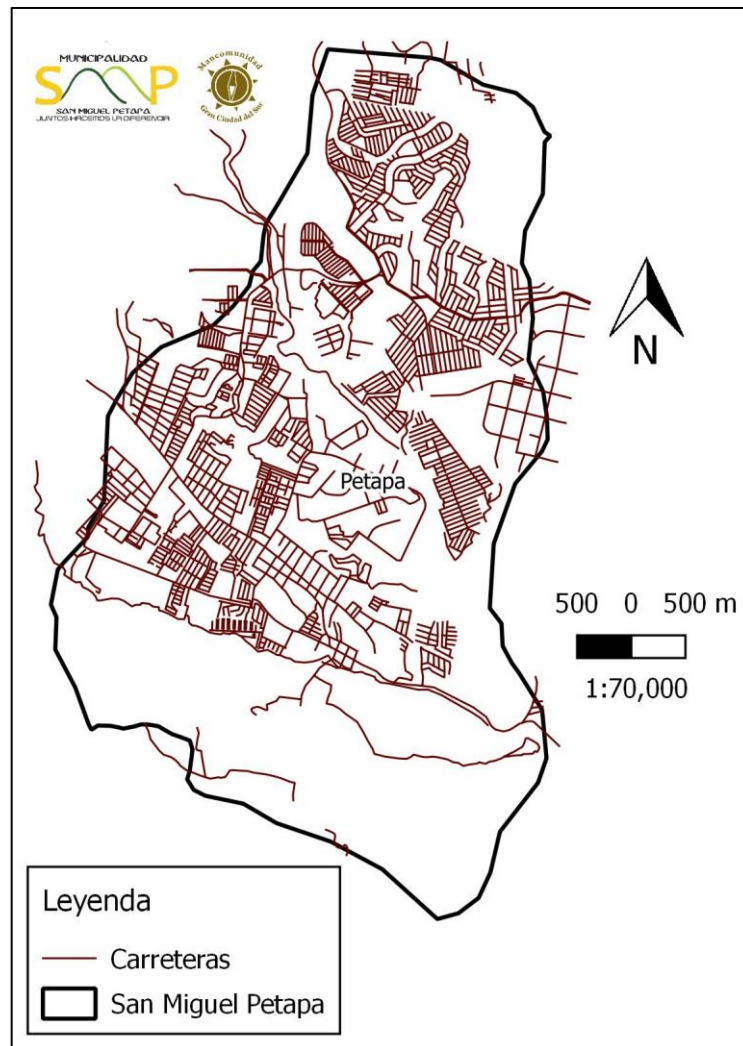
Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

1.2.5. Vías de acceso

El acceso al municipio de San Miguel Petapa se puede realizar a través de tres rutas. El primer acceso es por medio de la carretera centro americana CA-9 al sur, atravesando el municipio de Villa Nueva; el segundo acceso por la

carretera interdepartamental RD-GUA 01, que parte del Obelisco, Zona 10 de la ciudad capital, luego la avenida Hincapié hasta llegar a Boca del Monte, Villa Canales y finalmente se recorren 4 kilómetros en dirección noroeste hasta San Miguel Petapa; el tercer acceso es a través de la avenida Petapa hasta llegar al municipio.

Figura 6. Carreteras del municipio de San Miguel Petapa



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

1.2.6. Servicios Públicos

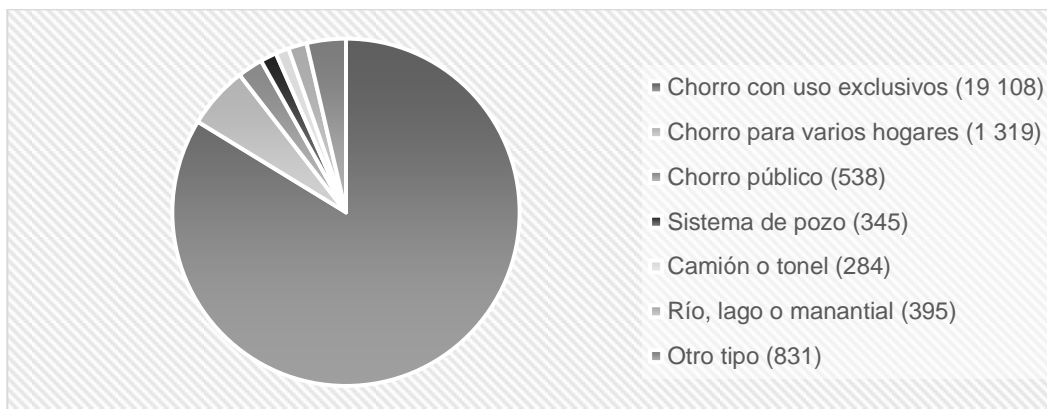
Con el fin de establecer las características actuales de las redes de saneamiento ambiental del municipio de San Miguel Petapa, se consultó un Plan de Desarrollo en el cuál se describen los datos expuestos a continuación.

1.2.6.1. Agua potable

De acuerdo con el Plan de desarrollo de San Miguel Petapa elaborado por la Secretaría de planificación y programación de la presidencia (SEGEPLAN) en el año 2010, el 100% de la población del municipio cuenta con servicio de agua potable. Sin embargo, una parte de la población no cuenta con un servicio de calidad lo que provoca una alta morbilidad por problemas del aparato digestivo.

La siguiente gráfica muestra los datos relacionados al tipo de servicio utilizado por las 22 820 viviendas ubicadas en el municipio.

Figura 7. **Obtención de agua potable en el municipio de San Miguel Petapa**

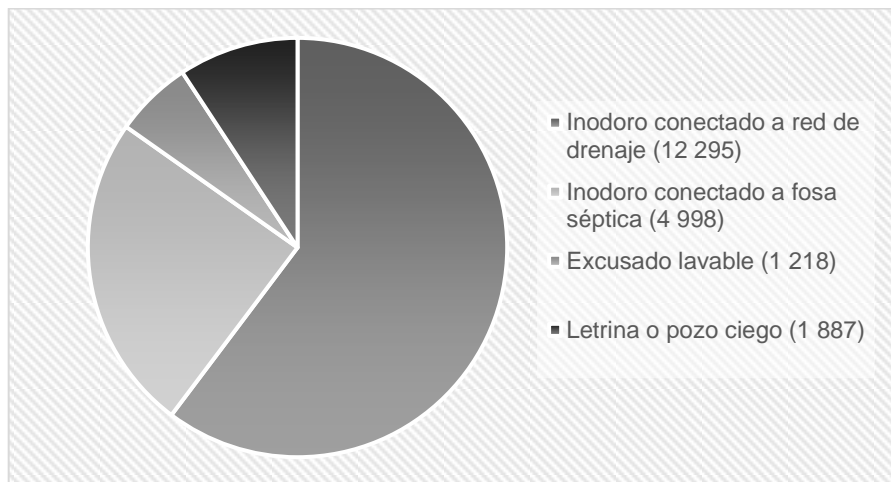


Fuente: Plan de desarrollo de San Miguel Petapa (SEGEPLAN).

1.2.6.2. Alcantarillado y disposición final

Según el Plan de desarrollo de SEGEPLAN, el municipio de San Miguel Petapa cuenta con un déficit de casi el 50% de hogares sin un sistema de red de drenajes. Esto se traduce en una alta contaminación debido al inadecuado manejo de las aguas residuales. Los tipos de servicios presentes en las viviendas son los presentados en la siguiente gráfica.

Figura 8. **Saneamiento ambiental en el municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: Plan de desarrollo de San Miguel Petapa (SEGEPLAN).

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en colonia Santa Mónica, zona 2 de Mixco.

En cualquier proyecto que involucre un diseño, es indispensable presentar los criterios, datos o factores que fueron utilizados con el fin de darle soporte y validez al trabajo realizado.

2.1.1. Descripción del proyecto

El sistema diseñado es un alcantarillado sanitario, por lo que se conducirán exclusivamente aguas servidas con un origen doméstico. El agua proveniente de las precipitaciones pluviales será conducida a través de otro sistema.

El sistema de conducción, que trabaja por gravedad, está compuesto por tubería PVC con diámetros de 6" y 8". Se debe mencionar que la tubería fue diseñada para que actúe como un canal abierto a sección parcialmente llena.

La longitud total es de 1 831 metros, dentro de la cual se distribuyen 27 pozos de visita. El desfogue para el sistema se realizará en una planta de tratamiento, cuya construcción está planificada dentro de los límites de la colonia Santa Mónica en donde actualmente se ubica un bosque.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico se refiere a todas las acciones realizadas con un equipo especial con el fin de determinar coordenadas y elevaciones de un terreno específico a ser utilizado en un proyecto.

Dependiendo del tipo de levantamiento realizado el equipo puede incluir: teodolito, estación total, GPS, trípode, plomadas, estadales o prismas. Para este caso el levantamiento topográfico fue realizado utilizando como referencia un norte magnético con equipo de la Municipalidad que incluía lo siguiente:

- Estación total marca SOUTH
- Trípode de metal
- Bastón y prisma
- Clavos
- Pintura

2.1.2.1. Planimetría

Llamada así al conjunto de trabajos efectuados en el campo para la toma de los datos geométricos necesarios basados en un norte magnético para su orientación. Debido a que el levantamiento fue realizado a través de estación total, los datos obtenidos son coordenadas X-Y.

2.1.2.2. Altimetría

Se le llama así a la representación sobre el plano horizontal de la tercera dimensión sobre un terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre puntos. La altimetría es la parte de la topografía que trata de la medida de las alturas; estas alturas son datos con coordenadas Z, obtenidas del uso con la estación total, a lo largo de toda la línea central (colector principal), orillas de calles y viviendas (candelas).

2.1.3. Componentes del sistema

Los componentes de un sistema de alcantarillado por lo general son: colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias. Estos tres se pueden clasificar en distintos tipos de acuerdo a su ubicación, función o características. Además de estos tres, hoy en día es indispensable considerar como un componente de un sistema de alcantarillado a la planta de tratamiento.

2.1.3.1. Colectores

Son todas las tuberías encargadas de transportar los caudales: domésticos, industriales, comerciales, de conexiones ilícitas y los de infiltración. Se caracterizan porque son diseñadas como canales abiertos, por lo que nunca deben trabajar a sección llena. De acuerdo a su ubicación se pueden clasificar de la siguiente forma:

- **Colector primario:** son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades y que transportan las aguas hasta su disposición final.
- **Colector secundario:** son las tuberías que transportan las aguas residuales desde los colectores terciarios hasta los primarios. Por lo general, se sitúan enterrados en las vías públicas.
- **Colector terciario:** son tuberías de pequeño diámetro a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias.

2.1.3.2. Pozos de visita

Son estructuras utilizadas en un sistema de alcantarillado con el fin de verificar el correcto funcionamiento o de efectuar tareas de limpieza y mantenimiento. Los materiales utilizados pueden ser variados, pero estos deben cumplir con la condición de ser impermeables. Los más utilizados en el medio nacional suelen tener un diámetro mínimo de 1.20 metros y tienen forma de cono truncado.

De acuerdo con lo establecido en la norma de EMPAGUA, los pozos de visita o inspección deben ser colocados en cualquiera de las siguientes condiciones:

- Entre tramos de longitudes menores a 100 metros.
- Cuando existe cambio de diámetro de tubería.
- Cuando existe un cambio de pendiente de tubería.
- Unión de dos o más tubos.
- Al inicio de un tramo.

2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

Son pequeñas cámaras fabricadas de hormigón, ladrillo o plástico que conectan la tubería proveniente de una propiedad privada al alcantarillado público. Están formados por dos elementos principales que son los siguientes:

- Candela: es una caja o tubo con diámetro mínimo de 0.40 metros que recibe las aguas residuales provenientes de la vivienda. La profundidad será la que permita drenar la tubería con una pendiente mínima del 2%.

- Tubería de acometida: es un tubo que se conecta al sistema en la mitad superior del colector a una inclinación no menor de 30° ni mayor de 75°.

2.1.4. Parámetros de diseño

Para realizar el diseño de un alcantarillado sanitario, es necesario conocer distintos aspectos que son propios de cada población y que influyen directamente en el tipo de elementos (tuberías o pozos de visita) que componen el proyecto.

2.1.4.1. Población actual

Debido a que ni la Municipalidad de Mixco ni el Instituto Nacional de Estadística cuentan con datos relacionados con la población actual de la colonia Santa Mónica, para calcular la población actual de la colonia se optó por utilizar una densidad de 6 habitantes por cada vivienda.

$$P_a = (\# \text{ viv}) * (D_{\text{viv}})$$

Donde:

P_a = Población actual (hab)

viv = Cantidad de viviendas actuales

D_{viv} = Densidad de habitantes por vivienda (hab/viv)

Utilizando los datos de la colonia Santa Mónica, se obtiene:

$$P_a = (247 \text{ viv}) * (6 \text{ hab/viv}) = 1\,482 \text{ hab}$$

2.1.4.2. Periodo de diseño

El periodo de diseño es uno de los parámetros más importantes en diseño de alcantarillados sanitarios, ya que en base a este se determina la población futura y por ende el caudal de diseño del sistema.

De acuerdo con el reglamento de EMPAGUA, los sistemas de alcantarillado deben ser proyectados a un período de 30 a 40 años, que es un tiempo prudencial para una obra civil y además permite que la inversión resulte viable de realizar. Para este proyecto se utilizó el valor mínimo propuesto en el reglamento y recomendado por la Municipalidad, que es un periodo de diseño de 30 años a partir del año 2018.

2.1.4.3. Estimación de la población futura

El establecimiento de la población futura, que será utilizada en el diseño del sistema se puede realizar en base a distintos métodos. Para el caso de este proyecto se realizaron dos métodos adaptando como método final el del incremento geométrico ya que su comportamiento logarítmico está más apegado a la realidad del crecimiento poblacional. La tasa de crecimiento utilizada en ambos métodos es de 2,50% y fue proporcionada por la Municipalidad de Mixco.

Es importante mencionar que debido a las condiciones actuales de la colonia Santa Mónica, las probabilidades de que la población aumente en el futuro son bajas debido a que la mayoría de los lotes ya están poblados. Sin embargo, el diseño fue proyectado al futuro con el fin de cumplir lo establecido en la normativa.

2.1.4.3.1. Método geométrico

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población futura (hab)

P_a = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento (%)

n = Periodo de diseño. (años)

Utilizando los datos de la colonia Santa Mónica, se obtiene:

$$P_f = (1\ 482\ hab)(1 + 2,5\%)^{30\ años} = 3\ 109\ hab$$

2.1.4.3.2. Método lineal

$$P_f = P_a(1 + r * n)$$

Donde:

P_f = Población futura (hab)

P_a = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento (%)

n = Periodo de diseño. (Años)

Utilizando los datos de la colonia Santa Mónica, se obtiene:

$$P_f = (1\ 482\ hab)[1 + (2,50\%)(30\ años)] = 2\ 594\ hab$$

2.1.4.4. Dotación

La dotación de agua se define como el volumen de agua que se asigna a cada habitante de una población en cierta unidad de tiempo. Generalmente la unidad utilizada en el medio nacional es el litro por habitante por día.

Para este proyecto se consideró una dotación de 200 lts./hab/día, que fue establecida de acuerdo a una clasificación urbanizable media (G4) de la tabla 1 del reglamento de EMPAGUA.

2.1.4.5. Factor de retorno

Por teoría es conocido que un porcentaje del agua suministrada a la población no es incluido en las tuberías de alcantarillado. Esto se debe a que la misma es evaporada, regada en jardines o desviada. El factor de retorno establece el porcentaje de agua que es finalmente retornada al sistema y sus valores varían desde 0,70 hasta 0,85 de acuerdo al reglamento.

Para este caso se cuenta con una población donde se carece de industrias, existe vegetación y la mayoría de las casas cuentan con un patio por lo que se considera un factor de retorno de 0,80.

2.1.5. Determinación de caudal de diseño

El caudal de diseño, como su nombre lo indica es el que permite diseñar el sistema de alcantarillado. En base a este caudal se establece la tubería y pendientes para posteriormente hacer chequeo en las relaciones hidráulicas y cotas invert.

Para establecer el caudal de diseño es necesario establecer la población futura, identificar industrias existentes, identificar comercios y realizar cálculos de distintos factores a continuación descritos.

2.1.5.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar representa todas aquellas descargas de aguas residuales provenientes del uso humano para satisfacer necesidades de limpieza o en la producción de alimentos.

$$Q_{dom} = \frac{(Dot) * (P_f) * (F.R)}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = Caudal domiciliar (l/s)

Dot = Dotación de agua (l/hab/día)

P_f = Población futura (hab)

F.R = Factor de retorno

2.1.5.2. Caudal comercial

El caudal comercial integra todas las descargas de aguas residuales realizadas por los distintos comercios como: restaurantes, hoteles, teatros, cines, etc. La dotación diaria para los comercios varía desde 600 hasta 3 000 litros.

$$Q_{com} = \frac{(Dot_{com}) * (\#com)}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{com} = Caudal comercial (l/s)

Dot_{com} = Dotación comercial (l/comercio/día)

Para este diseño no se consideró el caudal comercial debido a que la colonia Santa Mónica carece actualmente de este tipo de descargas y es poco probable que existan en el futuro.

2.1.5.3. Caudal industrial

Como su nombre lo indica este caudal representa a las descargas producidas por todas las industrias ubicadas en los tramos a cubrir con el alcantarillado. La dotación de agua para las industrias varía desde 1 000 hasta 18 000 litros diarios por industria.

$$Q_{ind} = \frac{(Dot_{ind}) * (\#ind)}{86400}$$

Donde:

Q_{ind} = Caudal industrial (l/s)

Dot_{ind} = Dotación industrial (l/industria/día)

Para este caso no se cuentan con industrias en el área por lo cual este caudal no es considerado en el diseño.

2.1.5.4. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido debido a las personas que ilegalmente conectan tuberías de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario. Se recomienda asumir un porcentaje desde 0,5 hasta 2,5 por ciento de área total que se puede conectar al sistema. Para este caso se recomendaría el 0,5% debido al alto grado de escolaridad con el que cuenta la población que habita en el lugar a desarrollar el proyecto.

$$Q_{c.I} = \frac{CIA}{360} * 10\ 000$$

Donde:

$Q_{c.I}$ = Caudal de conexiones ilícitas (l/s)

C= Coeficiente de escorrentía del terreno

I = Intensidad de lluvia del área (mm/hr)

A = Área que es factible conectar ilícitamente (Ha)

Debido a que en ocasiones es complicado contar con los datos exactos que se utilizan en el método racional, se propone establecer el caudal de conexiones ilícitas como un porcentaje del caudal domiciliar. El porcentaje recomendado es del 10% en lugares donde se cuenta con alcantarillado pluvial, que es el caso de este proyecto.

$$Q_{c.I} = (0,1) * (Q_{dom})$$

Donde:

$Q_{c.I}$ = Caudal de conexiones ilícitas (l/s)

Q_{dom} = Caudal domiciliar (l/s)

2.1.5.5. Caudal de infiltración

Este caudal es producido por la infiltración de agua que se da a través de la tubería. Para calcularlo, se debe tomar en cuenta: la ubicación del nivel freático, el diámetro y el material de la tubería. Para este caso se cuenta con tubería PVC de 6" y 8" ubicada por encima del nivel freático.

$$Q_i = 0.01 * \emptyset_{tub} * L_{tra}$$

Dónde:

Q_i = Caudal de infiltración (l/s)

\emptyset = Diámetro de tubería (Pulg)

L_{tra} = Longitud del tramo en kilómetros

2.1.5.6. Caudal sanitario

El caudal sanitario está conformado por las aguas servidas provenientes del: caudal domiciliar, caudal comercial, caudal de conexiones ilícitas, caudal de infiltración y caudal industrial.

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{c.i} + Q_i + Q_{ind}$$

2.1.5.7. Factor de caudal medio

Una vez obtenido el caudal sanitario se procede a distribuirlo dentro del número de habitantes con el fin de obtener el factor del caudal medio. El valor del factor se calcula como se muestra a continuación y se debe encontrar en los rangos que varían dependiendo del normativo utilizado en el diseño.

$$f_{qm} = \frac{Q_{san}}{P_f}$$

Donde:

f_{qm} = Factor de caudal medio

Q_{san} = Caudal sanitario (l/s)

P_f = Población futura (hab)

Tabla I. **Valores para el factor de caudal medio**

Reglamento	Valores del fqm
Dirección General de Obras Públicas (DGOP)	$0.002 < f_{qm} < 0.005$
Empresa Municipal del Agua (EMPAGUA)	$f_{qm} = 0.003$
Instituto del Fomento Municipal (INFOM)	$f_{qm} = 0.0046$

Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto se hará uso del criterio propuesto por el reglamento de EMPAGUA, por lo tanto, el factor de caudal medio a utilizar es 0.003.

2.1.5.8. Factor de Hardmond

El factor de Hardmond, también conocido como factor de flujo instantáneo es utilizado para representar la variación que puede tener el caudal a lo largo del día debido a una alta demanda.

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

Donde:

FH = Factor de Hardmond

P_f = Población futura en miles (hab)

2.1.5.9. Caudal de diseño

El caudal de diseño se calcula en función del factor del caudal medio, el factor de Hardmond y la población presente en cada tramo entre pozo y pozo.

Por lo tanto, su valor va en aumento a medida que se acumulan más habitantes. Como se mencionó previamente, a partir de este caudal es que se establece el diámetro y las tuberías de cada tramo que compone el sistema.

$$Q_{dis} = (f_{qm}) * (FH) * (\# Hab_{tra})$$

Donde:

Q_{dis} = Caudal de diseño (l/s)

f_{qm} = Factor de caudal medio

FH = Factor de Hardmond

$\# Hab_{tra}$ = Número de habitantes del tramo en consideración

2.1.6. Cotas invert

Las cotas invert son las que determinan la localización de la entrada y salida de las tuberías dentro de un pozo de visita. El diseño de las mismas depende de factores como: el tipo de tránsito del área, la pendiente del terreno y las profundidades de los pozos de visita. Para el cálculo de las mismas se debe tomar en cuenta las ecuaciones a continuación descritas.

$$CI = CT_i - (H_{min} + E_t + \phi_{tubo})$$

$$CT_f = CT_i - (DH * S\%_{terreno})$$

$$S\%_{terreno} = \frac{CT_i - CT_f}{DH} * 100$$

$$CIE_1 = CI - (DH * S\%_{tubo})$$

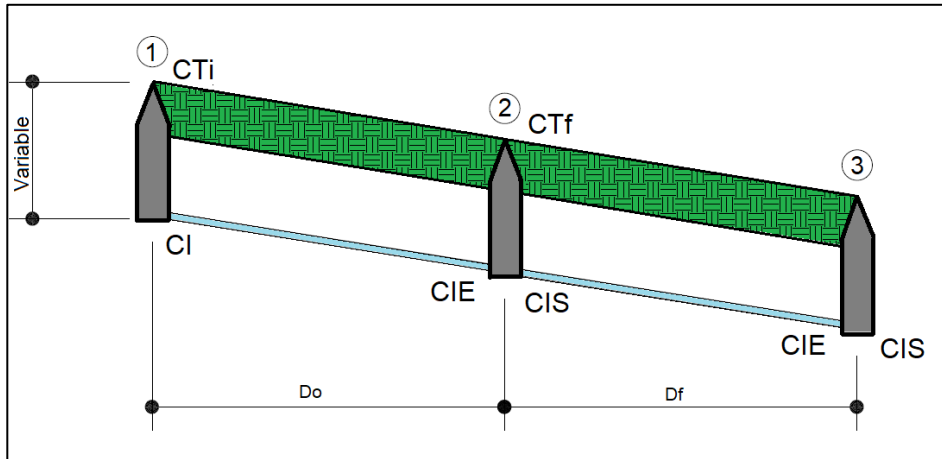
$$CIS_2 = CIE_1 - 0.03$$

Donde:

CI = Cota invert inicial
CT_i = Cota de terreno inicial
CT_f = Cota de terreno final
H_{min} = Altura mínima de pozo
E_t = Espesor de tubería
Ø_{tubo} = Diámetro de tubería
S%_{terreno} = Pendiente del terreno
CIE = Cota invert de entrada
CIS = Cota invert de salida
S%_{tubería} = Pendiente de la tubería
DH = Distancia horizontal entre pozos.

Para comprender de mejor forma los conceptos anteriormente expuestos se presenta la siguiente figura.

Figura 9. Diagrama para cálculo de cotas invert



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.

2.1.7. Ecuaciones hidráulicas

En los siguientes incisos se describen las ecuaciones utilizadas en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario. Estas ecuaciones son el fundamento teórico y las mismas responden a distintas pruebas experimentales del comportamiento de distintos fluidos.

2.1.7.1. Ecuación de Manning

La ecuación de Manning es el producto del ajuste de curvas obtenidas de forma experimental, lo que implica que sea completamente empírica. Esta ecuación establece el comportamiento de un flujo a través de un canal abierto, que es el sistema que se utiliza en el alcantarillado sanitario.

$$V = \frac{0,03429 * \phi^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad a sección llena (m/s)

\emptyset = Diámetro de la tubería (pulg)

S = Pendiente de la tubería (%)

n = Coeficiente de rugosidad (0.010 para PVC y 0.014 para concreto)

2.1.7.2. Ecuación de continuidad

La ecuación de la continuidad es definida teóricamente como una expresión que establece que: “el flujo de masa que pasa a través de una superficie cerrada debe ser igual a la disminución por unidad de tiempo, de la masa del fluido contenida en su interior”. Trasladando esto a términos aplicables en ingeniería se establece una relación entre el caudal, la velocidad y el área de un conducto.

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Caudal (l/s ó m³/s)

V = Velocidad del flujo (m/s)

A = Área de la sección transversal del conducto (m²)

2.1.8. Relaciones hidráulicas

Las relaciones hidráulicas son factores adimensionales que describen el comportamiento de un fluido trabajando a sección parcialmente llena con el comportamiento del mismo fluido a sección llena.

2.1.8.1. Relación de caudales

Para calcular esta relación se divide el caudal de diseño de cada tramo entre el caudal a sección llena calculado en función de la ecuación de continuidad. La relación de caudales es la base para calcular el resto de las relaciones, para lo cual se puede utilizar las tablas proporcionadas por los fabricantes de tuberías.

2.1.8.2. Relación de velocidades

Esta relación se obtiene a partir de las distintas tablas de relaciones hidráulicas utilizando la relación de caudales. Posteriormente es multiplicada por velocidad a sección llena para determinar la velocidad a sección parcial.

2.1.8.3. Relación de tirantes

Esta relación, al igual que la relación de velocidades se obtiene de las tablas de relaciones hidráulicas. El rango de esta relación es general en todas las normas y se encuentra entre 0,10 y 0,75. El valor mínimo se establece con el fin de evitar la sedimentación de sólidos en las tuberías. Mientras que el valor máximo evita que se produzcan presiones que puedan afectar la tubería.

2.1.9. Normas para diámetros, velocidades y zanjas

Para los alcances del proyecto resulta completamente influyente describir las normas de diámetros y velocidades, debido a que estas influyen directamente en el diseño del alcantarillado. Como complemento se describen normas relacionadas al zanjeo, las cuales están orientadas al proceso de ejecución.

2.1.9.1. Diámetros mínimos

De acuerdo en lo expuesto en las normas, el diámetro mínimo para alcantarillados sanitarios es de 6" sin importar el material con el que se haya fabricado la tubería. Para las conexiones domiciliarias se debe utilizar una tubería con un diámetro mínimo de 4". Para el caso del PVC se puede utilizar un reductor para protección de obstrucciones en la candela del registro domiciliar.

2.1.9.2. Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades mínimas y máximas se establecen con el fin de evitar la sedimentación y a la vez el desgaste de la tubería. Estas deben encontrarse en los rangos que varían de acuerdo con el normativo utilizado como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II. **Rango de Velocidades**

Reglamento	Valores de velocidad a sección parcial (m/s)
EMPAGUA	0,60 < v < 3,00
Instituto del Fomento Municipal (INFOM)	0,60 < v < 2,50

Fuente: elaboración propia.

En ocasiones, existen diseños en los cuales no se logra cumplir con los rangos previamente mostrados, por lo que es aceptable asumir otros si se comprueba que la tubería es apta. Para este proyecto se utilizó el criterio propuesto en el reglamento de EMPAGUA.

2.1.9.3. Anchos de zanja

Para determinar el ancho de zanja es necesario conocer: la profundidad de zanja, el diámetro de la tubería y el entibado. En la actualidad no existe normativo nacional que establezca un ancho de zanja para los proyectos de alcantarillado. Por lo tanto, es necesario acudir a tablas elaboradas en base a experiencias constructivas como la que se muestra a continuación.

Tabla III. Anchos de zanja mínimos

Diámetro (pulg)	Profundidad de excavación					
	(0-2) m		(2-4) m		(4-5) m	
	Ancho de Zanja					
	s/entib.	c/entib.	s/entib.	c/entib.	s/entib.	c/entib.
6	0,50	0,60	0,65	0,75	0,75	0,95
8	0,60	0,70	0,70	0,80	0,80	1,00
10	0,65	0,75	0,75	0,85	0,85	1,05
12	0,70	0,80	0,80	0,90	0,90	1,10
16	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	1,20
18	0,90	1,00	1,00	1,10	1,10	1,30
22	0,95	1,05	1,05	1,15	1,15	1,35

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de optimizar costos, para este proyecto se adoptó el criterio utilizado por la Municipalidad de Mixco y se incluyeron tuberías de 6" y 8" en la línea principal. Las profundidades de pozos varían desde 1,20 m hasta 4,05 m. Tomando en cuenta que se consideró entibado, los anchos de zanja varían desde 0,60 m hasta 0,80 m.

2.1.10. Volumen de excavación

El volumen de excavación representa la cuantificación del material que se removerá para colocar la tubería. Este depende de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja y la longitud existente entre pozos.

$$V_{exc} = \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right) * (DH) * (A_z)$$

Donde:

V_{exc} = Volumen de excavación (m³)

h_1 = Altura de pozo aguas arriba (m)

h_2 = Altura de pozo aguas abajo (m)

DH = Distancia horizontal entre pozos

A_z = Ancho de zanja (m)

2.1.11. Muestra de cálculo

- Resumen de parámetros adoptados en el diseño
 - Tipo de sistema empleado por gravedad
 - Tipo de red de distribución ramales abiertos

- Periodo de diseño 30 años
 - Población actual 1 482 habitantes
 - Tasa de crecimiento poblacional 2,50 %
 - Población futura 3 109 habitantes
 - Cantidad de viviendas existentes 247
 - Densidad de población 6 hab. / vivienda
 - Dotación 200 lts. / hab. / día
 - Factor de caudal medio 0,003
 - Factor de retorno 0,85
 - Coeficiente de rugosidad para PVC 0,010
- Ejemplo de cálculo entre PV-2 Y PV-3

- Cotas de terreno

$$CT_{PV-2} = 100,912 \text{ m}$$

$$CT_{PV-3} = 95,974 \text{ m}$$

- Distancia entre pozos

$$DH = 94,538 \text{ m}$$

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{(100,912 - 95,974) \text{ m}}{94,538 \text{ m}} * 100 = 5,22\%$$

- Número de viviendas

- Tramo = 18 viviendas
- Acumulado = 34 viviendas

○ Número de habitantes

- Actual

$$No.Hab = (34 viv) * \left(6 \frac{hab}{viv}\right) = 204 hab$$

- Futuro

$$P_f = (204) * (1 + 2,5\%)^{30} = 428 hab$$

○ Caudal domiciliar

- Actual

$$Q_{dom} = \frac{(200 \text{ lts/hab/día}) * (204 \text{ hab}) * (0,85)}{86\ 400} = 0,401 \text{ lts/s}$$

- Futuro

$$Q_{dom} = \frac{(200 \text{ lts/hab/día}) * (428 \text{ hab}) * (0,85)}{86\ 400} = 0,842 \text{ lts/s}$$

○ Caudal de conexiones ilícitas

- Actual

$$Q_{c.i} = (0,10) * (0,401 \text{ lts/s}) = 0,040 \text{ lts/s}$$

- Futuro

$$Q_{c.i} = (0,10) * (0,842 \text{ lts/s}) = 0,084 \text{ lts/s}$$

- Caudal de infiltración

- Actual y futuro

$$Q_{inf} = 0,01 * (6") * \left(\frac{94,538 \text{ m}}{1\ 000}\right) = 0,006 \text{ lts/s}$$

- Caudal sanitario

- Actual

$$Q_{san} = \left(0,401 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) + \left(0,040 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) + \left(0,006 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) = 0,447 \text{ lts/s}$$

- Futuro

$$Q_{san} = \left(0,842 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) + \left(0,084 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) + \left(0,006 \frac{\text{lts}}{\text{s}}\right) = 0,932 \text{ lts/s}$$

- Factor de caudal medio

- Actual y futuro

$$fqm = 0,003$$

- Factor de armon

- Actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{204}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{198}{1\,000}}} = 4,140$$

- Futuro

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{428}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{416}{1\,000}}} = 4,014$$

- Caudal de diseño

- Actual

$$Q_{dis} = (0,003) * (4,140) * (204) = 2,54 \text{ lts/s}$$

- Futuro

$$Q_{dis} = (0,003) * (4,014) * (428) = 5,15 \text{ lts/s}$$

- Diámetro de tubería

$$\varnothing_{tub} = 6''$$

- Pendiente de tubería

$$S = 5,50 \%$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (6'')^{\frac{2}{3}} * (5,5/100)^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 2,655 \text{ m/s}$$

- Área de tubería

$$A = \frac{\pi}{4} * (6 * 0,0254)^2 = 0,0182 \text{ m}^2$$

- Caudal a sección llena

$$Q = (2,655 \text{ m/s}) * (0,0182 \text{ m}^2) * \left(\frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3}\right) = 48,44 \text{ lts/s}$$

- Relación de caudales

- Actual

$$\frac{q}{Q} = \frac{2,54}{48,44} = 0,0524$$

- Futuro

$$\frac{q}{Q} = \frac{5,15}{48,44} = 0,1062$$

- Relación de diámetros (según tablas)

- Actual

$$\frac{d}{D} = 0,1550$$

- Futuro

$$\frac{v}{V} = 0,2200$$

- Relación de velocidades (según tablas)

- Actual

$$\frac{v}{V} = 0,5273$$

- Futuro

$$\frac{v}{V} = 0,6501$$

- Velocidad de diseño

- Actual

$$v = (0,5273) * \left(2,655 \frac{m}{s}\right) = 1,40 \text{ m/s}$$

- Futuro

$$v = (0,6501) * \left(2,655 \frac{m}{s}\right) = 1,73 \text{ m/s}$$

- Cotas invert

- Cota invert de salida PV-2

$$CIS = 99,68 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 99,65 \text{ m}$$

- Desnivel PV-2 a PV-3

$$\Delta = (94,538 \text{ m} - 1,20 \text{ m}) * (5.5\%) = 5,13 \text{ m}$$

- Cota invert de entrada PV-3

$$CIE = 99,65 \text{ m} - 5,13 \text{ m} = 94,52 \text{ m}$$

- Altura de pozos

- Pozo de visita 2

$$AP = 100,912 \text{ m} - 99,65 \text{ m} = 1,26 \text{ m}$$

- Pozo de visita 3

$$AP = 95,974 \text{ m} - 94,49 \text{ m} = 1,48 \text{ m}$$

- Excavación

- Ancho de zanja

$$A_z = 0,70 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$V = \left(\frac{1,26 \text{ m} + 1,48 \text{ m}}{2} \right) * (94,538 \text{ m}) * (0,70 \text{ m}) = 90,66 \text{ m}^3$$

2.1.12. Presupuesto del proyecto

A continuación, se presenta el resumen de las cantidades, precios unitarios y totales del presupuesto del proyecto. Este fue realizado en base a la cuantificación de volúmenes de trabajo y la integración de los costos que correspondían a cada renglón. Es importante tomar en cuenta que el factor de indirectos fue propuesto por parte de la Municipalidad de Mixco.

Tabla IV. **Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario**

No .	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Renglón
1	Trabajos preliminares				
1.1	Levantamiento topográfico	m	1 830,73	Q 1,72	Q 3,148,86
1.2	Trazo y estaqueado	m	3 313,00	Q 6,27	Q 20 772,51
2	Movimiento de tierras				
2.1	Excavación de línea central	m ³	2 628,00	Q 79,99	Q 210 213,72
2.2	Relleno de línea central	m ³	1 823,68	Q 189,58	Q 345 733,25
2.3	Retiro de material sobrante	m ³	658,00	Q 16,60	Q 10 922,80
3	Alcantarillado sanitario				
3.1	Tubería y Accesorios PVC Ø6"	m	1 584,05	Q 164,10	Q 259 942,60
3.2	Tubería y Accesorios PVC Ø8"	m	209,48	Q 236,22	Q 49 483,36
4	Conexiones domiciliarias				
4.1	Conexiones domiciliarias de 6"x4"	Unidad	230	Q 2 708,68	Q 622 996,40
4.2	Conexiones domiciliarias de 8"x4"	Unidad	17	Q 2 951,69	Q 50 178,73
5	Pozos de visita				
5.1	Construcción de pozo de visita (diámetro interno 1.20m); profundidad entre 1.20 - 2.6 m	Unidad	20	Q 12 547,67	Q 250 953,40
5.2	Construcción de pozo de visita (diámetro interno 1.20m); profundidad entre 2.61 - 4.05 m	Unidad	7	Q 18 785,37	Q 131 497,59
6	Asfalto				
6.1	Levantado de asfalto	m ²	1 350,42	Q 47,36	Q 63 955,89
6.2	Imprimación	m ²	1 350,42	Q 29,30	Q 39 567,31
6.3	Concreto asfáltico	m ³	67,52	Q 2 988,92	Q 201 811,88
7	Obras complementarias				
7.1	Tubería auxiliar PVC Ø6"	m	99,84	Q 167,94	Q 16 767,13
7.2	Bajada de agua	Unidad	4	Q 1 007,31	Q 4 029,24
PRECIO TOTAL ESTIMADO					Q 2 281 974,67
<i>Precio total en letras:</i> dos millones, doscientos ochenta y un mil, novecientos setenta y cuatro con 67/100					

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Cronograma de ejecución

Dentro de la planificación de un proyecto es indispensable incluir un cronograma donde se pueda establecer la duración de este y posteriormente mantener un control de ejecución. A continuación, se presenta un cronograma donde se puede observar la duración de cada renglón de trabajo acompañado de su respectivo flujo de caja.

Tabla V. Cronograma de ejecución físico y financiero

No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Precio Renglón	Tiempo en meses y semanas												Avance financiero								
					1				2				3					4							
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4				
1	Trabajos preliminares																								
1.1	Levantamiento topográfico	m	1,830.73	Q. 3,148.86																					0.14%
1.2	Trazo y estaqueado	m	3,313.00	Q. 20,172.51																					0.91%
2	Movimiento de tierras																								
2.1	Excavación de línea central	m²	2,628.00	Q. 210,213.72																					9.21%
2.2	Relleno	m²	1,823.68	Q. 345,733.25																					15.15%
2.3	Retiro de material sobrante	m²	658.00	Q. 10,922.80																					0.48%
3	Alcantarillado sanitario																								
3.1	Tubería y Accesorios PVC Ø6"	m	1,584.05	Q. 259,942.60																					11.39%
3.2	Tubería y Accesorios PVC Ø8"	m	209.48	Q. 49,483.36																					2.17%
4	Conexiones domiciliarias																								
4.1	Conexiones domiciliarias de 6"x4"	Unidad	230	Q. 622,986.40																					27.30%
4.2	Conexiones domiciliarias de 8"x4"	Unidad	17	Q. 50,178.73																					2.20%
5	Pozos de visita																								
5.1	Construcción de pozo de visita (diámetro interno 1.20m), profundidad entre 1.20 - 2.50 m	Unidad	20	Q. 250,953.40																					11.00%
5.2	Construcción de pozo de visita (diámetro interno 1.20m), profundidad entre 2.50 - 4.05 m	Unidad	7	Q. 131,497.59																					5.76%
6	Asfalto																								
6.1	Levantado de asfalto	m²	1,350.42	Q. 63,955.89																					2.80%
6.2	Impregnación	m²	1,350.42	Q. 39,567.31																					1.73%
6.3	Concreto asfáltico	m²	67.52	Q. 201,811.88																					8.84%
7	Obras complementarias																								
7.1	Tubería auxiliar PVC Ø6"	m	99.84	Q. 16,767.13																					0.73%
7.2	Bajada de agua	Unidad	4	Q. 4,029.24																					0.18%
				PRECIO TOTAL ESTIMADO:	Q. 2,281,974.67																				

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Estudio de impacto ambiental

En la actualidad, es prácticamente obligatorio que cualquier proyecto que involucre una obra civil debe ir acompañado de su respectivo estudio de impacto ambiental. Debido a esto, se describen en los siguientes incisos distintos aspectos relacionados con un EIA.

2.1.14.1. Definición

El estudio de impacto ambiental (EIA), es un proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o la ejecución de un proyecto. Éste se ha empleado a diversos proyectos y ha dado lugar a la aparición de numerables técnicas nuevas, como los estudios de impacto sanitario y social.

El EIA describe de manera pormenorizada las características de un proyecto, así como las actividades que este pretende llevar a cabo. Además, proporciona los antecedentes que permitirán la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos.

2.1.14.2. Proyectos que requieren un EIA

De los proyectos o actividades que ingresan al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generarán o presentarán a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

2.1.14.3. Objetivos

Un EIA Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta, para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción. Los objetivos específicos del EIA para este proyecto son los siguientes:

- Evaluar los riesgos para la salud de la población, debido a la exposición de las aguas residuales en la superficie por los altos niveles de afluyente a los que se expone la tubería combinada existente.
- Analizar los efectos perniciosos sobre la variedad de recursos naturales renovables, entre ellos el suelo, el agua y el aire.

- Localizar las áreas aledañas donde se ven expuestas la población, recursos y sectores protegidos, así como el valor ambiental del territorio.

2.1.14.4. Métodos para realizar un EIA

Numerosos métodos han sido desarrollados y usados en el proceso de evaluación del impacto ambiental (EIA) de proyectos. Sin embargo, ningún método por sí sólo puede ser usado para satisfacer la variedad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto, por lo tanto, el tema clave está en seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

2.1.14.4.1. Matriz de Leopold

Este método se basa en el desarrollo de una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto. Esta matriz puede ser considerada como una lista de control bidimensional. En una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto.

Para este proyecto se seleccionó el método basado en la matriz de Leopold para realizar el EIA, ya que este permite analizar el medio ambiente, aspecto social y actividades económicas del lugar, factores que resultan de gran influencia en un alcantarillado sanitario. En la tabla VI se muestra la nomenclatura a utilizar para comprender la matriz mostrada en la tabla VII.

Tabla VI. **Nomenclatura de la matriz de Leopold**

Símbolo	Significado
1-10	Indica magnitud del impacto positivo
1-10	Indica magnitud del impacto negativo
NA	No aplica

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Matriz modificada de Leopold**

COMPONENTES	PARÁMETROS		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						
			Trabajos preliminares	Zanjeado y remoción de pavimento	Movimiento de tierras	Colocación de tuberías	Pozos de visita	Relleno y compactación	Reposición de Pavimento
FÍSICO	ATMÓSFERA	AIRE	0	6	9	6	5	6	5
		RUIDO	5	8	8	6	5	7	7
	AGUA	CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0
		CANTIDAD	3	3	3	3	3	3	3
	PAISAJE	CALIDAD	2	5	5	5	5	2	7
	SUELO	CALIDAD	NA	6	6	6	6	5	6
		COMPACTACIÓN	3	8	6	6	6	6	6

Continuación de tabla VII.

COMPONENTES	PARÁMETROS		ETAPA DE CONSTRUCCIÓN						
			Trabajos preliminares	Zanjeado y remoción de pavimento	Movimiento de tierras	Colocación de tuberías	Pozos de visita	Relleno y compactación	Reposición de Pavimento
BIOLÓGICO	FAUNA	DESPLAZAMIENTO	0	3	0	0	0	0	0
	FLORA	COBERTURA	3	6	6	4	4	4	0
SOCIO-ECONÓMICO	ECONOMÍA	EMPLEO	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: elaboración propia.

2.1.14.5. Identificación de posibles impactos ambientales y medidas de mitigación

El impacto ambiental de un proyecto suele estar orientado a distintos elementos naturales y en distintos grados, dependiendo de las características de este. A continuación, se describen posibles efectos que puede provocar el alcantarillado sanitario, así como posibles mitigaciones.

2.1.14.5.1. Suelos

- Posibles impactos ambientales
 - El suelo será afectado negativamente en la etapa de construcción debido a excavación de zanja de tubería y pozos de visita.
 - La erosión y sedimentación serán afectadas negativamente durante la fase de construcción por las zanjas al momento de la instalación de tuberías.
 - Los combustibles y aceites de las maquinarias derramados en el suelo pueden provocar efectos negativos en el suelo.

- Medidas de mitigación
 - El suelo que se extrajo de la excavación por zanqueo, se incorporará nuevamente al suelo y se compactará según lo establecido en la memoria técnica.
 - Regular y supervisar el manejo de aceites y combustibles por personal apto,

2.1.14.5.2. Aguas subterráneas

- Posibles impactos ambientales
 - Si las condiciones del proyecto lo ameritan se tendrán algunas modificaciones por la instalación de tuberías y pozos de visita ya que se está alterando el subsuelo de las comunidades.
- Medidas de mitigación
 - Para evitar la contaminación del manto freático y prevenir la infiltración de caudal subterráneo en la tubería del proyecto, deben seguirse los lineamientos de la empresa proveedora de la tubería.

2.1.14.5.3. Vegetación natural y cultivos

- Posibles impactos ambientales
 - La vegetación propia del lugar tendrá un impacto negativo reducido, ya que se eliminará cualquier cultivo o vegetación existente en los tramos en donde se ejecute el proyecto. Como caso especial se puede mencionar que el lugar donde se propone la construcción de la planta de tratamiento es actualmente un bosque que cuenta con una serie de árboles protegidos por acuerdos forestales.

- Medidas de mitigación
 - Se propone un programa de reforestación en los alrededores el proyecto para contribuir a la mejora del ornato en el lugar.

2.1.14.5.4. Agua

- Posibles impactos ambientales
 - Los trabajadores del proyecto pueden hacer uso excesivo de este recurso que se encuentra disponible en la comunidad. Puede ser utilizado para higiene personal, realización del proyecto o de consumo humano.
- Medidas de mitigación
 - Controlar la dotación de agua potable para los trabajadores del proyecto para que puedan consumir únicamente lo necesario y no se desperdicie el recurso.

2.1.14.5.5. Ruido y vibración

- Posibles impactos ambientales
 - En las diferentes fases de construcción del sistema de alcantarillado, se utilizarán herramientas manuales, eléctricas y de otro tipo, las cuales pueden influir directamente en el bienestar de los habitantes del lugar, ya que algunas herramientas producen ruidos y vibraciones constantes que pueden llegar a ser molestos.

- Medidas de mitigación
 - Restringir uso de maquinaria eléctrica pesada en horarios nocturnos para evitar molestias a los vecinos.

2.1.14.5.6. Aire

- Posibles impactos ambientales
 - El movimiento de tierras genera polvo que puede afectar la salud de los habitantes del lugar y de los operarios.
 - La emisión de gases durante el proceso de construcción genera un impacto negativo en el ambiente.
- Medidas de mitigación
 - Regular la utilización de sustancias o maquinas que generen gases dañinos para el ser humano y promover la utilización de mascarillas.

2.1.15. Propuesta de tratamiento

Con el fin de mitigar los daños al ambiente y a los pobladores cercanos al desfogue del sistema de alcantarillado, es indispensable que este cuente con un tratamiento de aguas residuales que cumpla con las normas establecidas por el Ministerio de Ambiente y Recurso Naturales (MARN).

El funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales conlleva un proceso bastante complejo del cual se pueden identificar tres subprocesos principales:

- Procesos físicos: consisten en la separación y estabilización de los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales. Además, se remueven las partículas flotantes y se retienen partículas de gran tamaño.
- Procesos químicos: en este caso se utilizan sustancias químicas con el fin de separar o transformar las sustancias sedimentables, flotantes y disueltas.
- Procesos biológicos: consiste en la intervención de ciertos microorganismos con el fin de oxidar y mineralizar sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales es un proceso que se divide en etapas analizadas de forma separada pero dependientes una de la otra. La cantidad de etapas que contenga la planta de tratamiento va a establecer la efectividad del proceso en relación con la mejora de la calidad del afluente. Las etapas generalmente consideradas son las siguientes:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario
- Tratamiento y disposición de lodos

Considerando que la realización de proyectos de obra civil y de ingeniería en general, no se rige exclusivamente por el funcionamiento, sino que también se debe considerar la economía de estos, se debe proponer una alternativa óptima en ambos sentidos. Para este proyecto se recomienda que el diseño de la planta de tratamiento sea realizado por un ingeniero sanitaria y que se incluya como mínimo un tratamiento preliminar, primario y secundario.

2.1.16. Evaluación financiera

La realización de un análisis financiero es un proceso obligatorio en cualquier proyecto de ingeniería. Para realizarlo se debe considerar la inversión inicial, los costos de mantenimiento, ingresos y cualquier otra variante de flujo de efectivo.

Un análisis financiero puede llegar a ser una tarea extensa y con varios parámetros por analizar. Sin embargo, se considera que existen tres conceptos fundamentales que permiten determinar de forma sencilla la viabilidad de un proyecto que son el valor presente neto, la relación beneficio / costo y el costo anual equivalente.

2.1.16.1. Valor presente neto

El método del valor presente neto se utiliza para analizar proyectos de inversión a largo plazo. Este método que es comúnmente conocido como VPN permite determinar de forma sencilla si una inversión cumple con el objetivo básico financiero que es maximizar la inversión.

El valor presente neto es un valor resultante de la suma y resta de los costos e ingresos que genera un proyecto a lo largo de su vida útil. El método consiste en trasladar la cantidad de dinero futura al presente, tomando en cuenta una tasa de interés, que descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente presente.

La interpretación del método se realiza en función del valor presente obtenido y se pueden presentar las siguientes opciones:

- El valor presente neto es menor a cero y por lo tanto las ganancias son inferiores a los desembolsos.
- El valor presente neto es mayor a cero, lo cual indica que el proyecto tiene el potencial de generar ganancias y es recomendable ejecutarlo.
- El valor presente neto es igual a cero por lo que no existen ni pérdidas ni ganancias.

Las ecuaciones para calcular el valor presente neto son las siguientes:

$$P = F * \frac{1}{(1 + i)^n}$$

$$P = A * \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n}$$

Donde:

P= Valor presente

F = Valor de pago futuro

A = Valor de pago uniforme en un periodo determinado

i = Tasa de interés de cobro por operación o tasa de utilidad por la inversión

n= Periodo de tiempo que se pretende en el proyecto

Tabla VIII. **Parámetros considerados para el cálculo del valor presente neto**

Parámetro	Valor
Tiempo de duración del proyecto	30 años
Tasa de interés para el año 2 017 (Banco de Guatemala)	13,00 %
Costo de ejecución	Q 2 281 974,67
Costos de operación anuales	Q 74 400,00
Costos de mantenimiento anuales	Q 72 000,00
Beneficios anuales para la población	Q 352 500,00

Fuente: elaboración propia.

Después de realizar los respectivos cálculos del flujo monetario a través del tiempo se obtiene el siguiente resultado:

$$VPN = Q 179 856,25$$

El resultado positivo obtenido indica que los beneficios que genera el proyecto para la población hacen que este sea factible de realizar. Se debe tomar en cuenta que el proyecto es de beneficio social y por lo tanto los ingresos no son para la unidad ejecutora del proyecto.

2.1.16.2. Relación beneficio / costo

La relación beneficio es un parámetro utilizado para analizar la cantidad de beneficio obtenido en base a la cantidad invertida. Para ello se calcula el valor presente neto de todos los beneficios o ingreso y se dividen entre el valor presente neto de todos los costos o egresos. El análisis por realizar depende del valor obtenido, el cual se describe en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Interpretación de la relación beneficio / costo**

Resultado	Interpretación
B/C < 1	El beneficio por obtenerse del proyecto es mayor que el costo. Por lo que existe rentabilidad en la propuesta del proyecto.
B/C > 1	El beneficio por obtenerse del proyecto es menor que el costo. Por lo que no es rentable la propuesta del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

Para calcular la relación beneficio costo de este proyecto se hace necesario utilizar los valores mostrados a continuación.

$$VPN_{Beneficios} = Q\ 3\ 919\ 400,42$$

$$VPN_{Costos} = Q\ 3\ 739\ 544,16$$

$$\frac{B}{C} = \frac{3\ 919\ 400,42}{3\ 739\ 544,16} = 1,05$$

Como se puede observar el valor obtenido es mayor a 1, por lo que la interpretación a realizar sería que el proyecto es financieramente viable. Sin embargo, se debe mencionar nuevamente que el proyecto es de carácter social y por lo tanto los beneficios obtenidos no son económicos.

2.1.16.3. Costo anual unitario equivalente (CAUE)

El costo anual uniforme equivalente, comúnmente conocido como CAUE, es un método utilizado es un método utilizado regularmente para comparar alternativas en base al costo que estas representan en un año.

Para este caso no se cuenta con alternativas por lo que el CAUE será únicamente un indicador de los costos anuales aproximados que tendría la Municipalidad en caso de ejecutar el proyecto.

Este método de evaluación consiste en convertir todos los costos de un valor presente neto a un costo anual equivalente utilizando para ello una tasa de interés y un periodo de duración del proyecto. El valor presente de los costos fue calculado para establecer la relación beneficio / costo, por lo tanto, solo se convierte este dato a una anualidad. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$A = P * \frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

$$CAUE = Q 23 994,74$$

El valor obtenido es el costo que va a tener de forma anual durante su tiempo de vida útil.

2.2. Levantamiento y georreferenciación de las redes de alcantarillado de Villa Hermosa I y II, zona 7 de San Miguel Petapa

El segundo proyecto realizado consistió en la identificación de las redes de alcantarillado (pluvial, sanitario y combinado) presentes en el municipio de San Miguel Petapa. Posteriormente la información recaudada en campo fue trasladada a un medio digital. A continuación, se describe de forma detallada el proceso que conllevó el proyecto.

2.2.1. Descripción teórica

Con el fin de describir de forma correcta el proyecto realizado, resulta de vital importancia presentar un fundamento teórico donde se muestra el concepto, funcionamiento y componentes de distintos modelos utilizados en el proyecto.

2.2.1.1. Sistema de información geográfica (SIG)

Un sistema de información geográfica se puede definir como un sistema que permite almacenar información geográficamente referenciada para posteriormente ser representada, consultada o manipulada. Su funcionamiento está basado en datos alfanuméricos asignados a una característica en común de los objetos gráficos del mapa digital. Posteriormente, al seleccionar un objeto se pueden conocer sus atributos e igualmente se puede solicitar la localización de un objeto en la cartografía desde la base de datos.

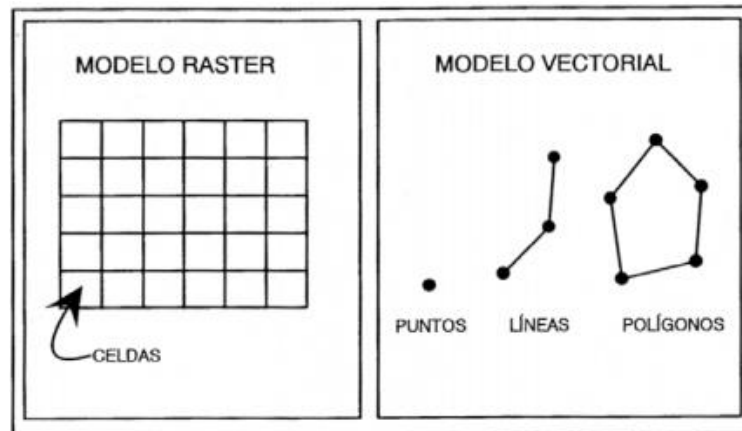
2.2.1.1.1. Representación de datos en formatos ráster y vectorial

El almacenamiento de objetos geográficos y sus atributos en un SIG se realiza básicamente de dos formas, las cuales están integradas en la mayoría de softwares actuales. La elección del formato a utilizar depende del proyecto en el que se esté trabajando, aunque es aconsejable combinar ambos formatos ya que se pueden aprovechar las características que cada uno posee.

El primero es el formato ráster en el cual la información espacial está representada por una serie de celdas denominadas píxeles. Estas celdas no tienen una relación mutua entre sí, sino que cada una tiene un valor o código asignado que depende de la información representada por la celda.

El segundo formato utilizado es el vectorial que representa la información mediante puntos, líneas y polígonos. Estos elementos deben estar definidos en base a un sistema de coordenadas por lo que un punto es representado por un par de coordenadas (X, Y) , una línea es la unión de un conjunto de coordenadas $(X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, \dots, X_n, Y_n)$ y un polígono es una línea cerrada que representa un área.

Figura 10. **Formatos de representación en un SIG**



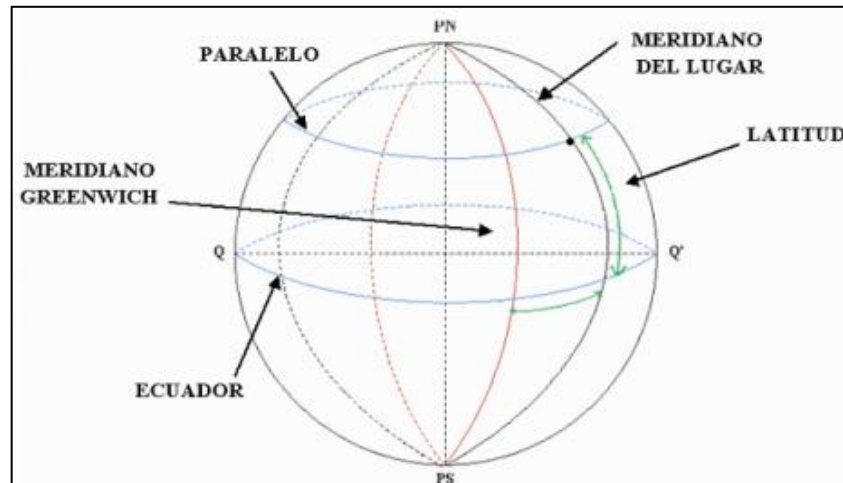
Fuente: Sistemas de Información Geográfica: Técnicas básicas para estudios de biodiversidad.
http://www.gbif.es/gbif/ficheros/Guion_SIG.pdf. Consulta: 30 de noviembre de 2017.

2.2.1.2. Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas o geodésicas son aquellas que indican la posición de un punto en base a un ángulo medido desde el eje de una superficie esférica (la tierra). Este sistema es utilizado principalmente para representaciones geográficas muy extensas como por ejemplo un continente o el mundo entero.

Para realizar la medición del ángulo que representa la coordenada de un punto se utilizan como referencia los paralelos (horizontales) medidos desde el ecuador y los meridianos (verticales) medidos desde el meridiano de Greenwich.

Figura 11. **Componentes utilizados en coordenadas geográficas**



Fuente: Sistemas de Coordenadas Geográficas.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8931/Coordenadas%20geogr%C3%A1ficas.pdf>.

Consulta: 30 de noviembre de 2017.

A continuación, se describen los elementos que conforman una coordenada geográfica.

- **Latitud:** es el arco meridiano medido desde el plano ecuador hasta el punto de interés. Su valor mínimo es 0° , su valor máximo es 90° y el valor del ángulo se acompaña con una letra “N” si el punto se ubica en el hemisferio norte o una letra “S” si se ubica en el hemisferio sur.
- **Longitud:** es el valor del diedro formado por el plano meridiano donde se ubica el punto de interés y el meridiano de Greenwich. Su valor mínimo es 0° , su valor máximo es 180° y el valor del ángulo se acompaña con una letra “W” si el punto se ubica a la izquierda del meridiano origen o una letra “E” si se ubica a la derecha del meridiano origen.

2.2.1.3. Proyecciones cartográficas

Las proyecciones cartográficas son procedimientos que permiten representar el esferoide terrestre en el plano de un mapa. La superficie de este esferoide no es desplegable en un plano, por lo que es imposible realizar la traslación sin cometer errores: o bien se deforman los contornos de la figura proyectada, o bien se altera el área de la figura.

El propósito de las proyecciones es estudiar las distintas formas de desarrollar la superficie terrestre minimizando las inevitables deformaciones. La selección del método de proyección de la magnitud física que se desea conservar intacta; la superficie, las distancias o los ángulos. Por ejemplo, para un plano de catastro se podría considerar como prioridad la conservación de la superficie.

2.2.1.3.1. Sistema de coordenadas UTM

El sistema de coordenadas universal transversal de Mercator, UTM por sus siglas en inglés, es una proyección basada en un sistema de proyecciones cilíndricas transversales en el que se conservan los ángulos y se distorsionan las superficies y las longitudes originales. El sistema utiliza como base la proyección Mercator realizada por Gerardus Mercator en el año 1569 con la excepción que no se hace tangente al ecuador sino secante a un meridiano.

El sistema utiliza una malla de referencia que divide la tierra en sesenta husos, numerados de 1 a 60, cada uno con una longitud de 6°. En cada uso se tiene asignado un meridiano central en el que se ubica el origen de coordenadas junto al ecuador. Además, se cuenta con veinte bandas con una latitud de 8° cada una que se denominan desde la letra “C” hasta la “X” sin tomar en cuenta las letras: “I”, “O” y “Ñ”.

2.2.1.3.2. Sistema de coordenadas GTM

La proyección Guatemala Transverse Mercator (GTM) fue desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional debido a que en la proyección UTM, Guatemala se encuentra ubicado en dos zonas (15 y 16) y esto generaba confusión en el manejo de datos geográficos. Las mayores variaciones entre este sistema y el UTM se presentan en las coordenadas X, donde existen diferencias de aproximadamente 250 kilómetros. Las especificaciones del sistema son las siguientes:

- Proyección: Transversal de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
- Elipsoide: WGS84.
- Longitud de origen: 90°30' (meridiano central de proyección).
- Latitud de origen: 0° (el Ecuador).
- Unidades: metros.
- Falso norte: 0 metros.
- Falso este: 500 000 metros en el meridiano central.
- Numeración de las zonas: no está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le puede llamar zona 15,5.
- Nuevo sistema de referencia geodésico: WGS84 preciso, basado en ITRF94 época 1 997.

De acuerdo con la Norma Nacional para Sistemas de Proyección para Información Geoespacial para Guatemala (NTG 211001), el sistema de coordenadas GTM debe ser utilizado como referencia para los trabajos cartográficos, geodésicos, catastrales y para los Sistemas de Información Geográfica.

2.2.1.4. Georreferenciación

La georreferenciación o rectificación es un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales en ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema. La georreferenciación se utiliza frecuentemente en los sistemas de información geográfica (SIG) para relacionar información vectorial e imágenes ráster de las que se desconoce la proyección cartográfica, el sistema geodésico de referencia, o las distorsiones geométricas que afectan a la posición de los datos.

2.2.1.5. QGIS

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código abierto licenciado bajo GNU. El hecho de ser un software libre y las múltiples funciones con las que cuenta le ha permitido convertirse en uno de los SIG más utilizados en la actualidad.

El software permite el manejo de datos de tipo ráster y de tipo vectorial a través de las bibliotecas GDAL y OGR. Algunas de las funciones más destacadas que permite realizar el sistema son:

- Ver y sobreponer datos vectoriales y ráster en diferentes formatos y proyecciones sin convertir a un formato interno o común.
- Componer mapas y explorar datos espaciales interactivamente con una interfaz gráfica bastante sencilla.

- Crear, editar, administrar y exportar capas vectoriales y ráster en varios formatos.
- Analizar datos espaciales en bases de datos espaciales y otros formatos apoyados por OGR.
- Publicar mapas en internet.
- Extender funcionalidades QGIS a través de complementos descargables en línea.

2.2.2. Reconocimiento e identificación de la zona

Como en cualquier proyecto relacionado con ingeniería civil, antes de iniciar labores fue necesario identificar la zona en la que se pretendía realizar el levantamiento de información. En primera instancia, las autoridades de la Municipalidad mostraron la zona utilizando el software Google Earth. Posteriormente, se coordinó una visita para establecer los límites que se abarcarían con el proyecto.

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

El proceso de levantamiento de información fue realizado en dos fases. La primera consistió en un trabajo de gabinete donde se realizaron distintos mapas que fueron utilizados para proceder a la segunda fase, que fue el levantamiento de información en campo.

2.2.3.1. Elaboración de mapas para levantamiento de información

Con el fin de que la información levantada fuera correctamente registrada se realizaron distintos mapas que cubrían todos los sectores del área de Villa Hermosa. Los mapas fueron elaborados mediante QGIS utilizando Ortofotos y capas vectoriales proporcionadas por la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur.

Para facilitar el registro en campo, los mapas de información fueron realizados en tamaño carta y en los mismos se incluían las manzanas y calles de cada sector. Además, se elaboró un mapa en tamaño A-1 (ver figura 12) en donde se podía observar el área total del proyecto junto con el nombre de las calles y avenidas. Este mapa fue utilizado como un método de localización y ubicación.

Figura 12. Mapa de Villa Hermosa para levantamiento de información



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

2.2.3.2. Visitas de campo

Para realizar el levantamiento de información se contó con el apoyo de la Municipalidad de San Miguel Petapa, la cual proporcionó personal del área de drenajes y un vehículo para el traslado de este junto con las herramientas.

Las labores realizadas durante las visitas de campo eran básicamente el levantado de las tapaderas de los pozos de visita con el fin de identificar los siguientes datos:

- Ubicación del pozo
- Tuberías que entraban y salían del mismo
- Material de las tuberías
- Diámetro de tuberías
- Profundidad del pozo
- Material de la carpeta de rodadura

Figura 13. Levantamiento de información de redes de alcantarillado



Fuente: Sector 9 de Villa Hermosa I, San Miguel Petapa

2.2.4. Digitalización y georreferenciación de la información levantada

Finalizado el levantamiento de información en campo, se procedió a digitalizar toda la información recaudada. Este proceso fue realizado utilizando el software QGIS acorde al procedimiento descrito en los siguientes dos incisos. Es importante mencionar que el proceso de georreferenciación es realizado automáticamente por el software y por lo tanto no es descrito.

2.2.4.1. Creación de capas vectoriales

El primer paso de la digitalización fue la creación de las capas vectoriales. Existen tres tipos de capas vectoriales que son: puntos, líneas y polígonos. Para este proyecto se consideró una capa de puntos para asignar la información de los pozos de visita y una capa de líneas para asignar la información de las tuberías.

Al momento de crear cada capa el software solicita los campos que esta va a contener en la tabla de atributos. Estos fueron seleccionados tomando en cuenta especificaciones técnicas mínimas que debe contener una red de alcantarillado y necesidades especiales presentadas por la Municipalidad. A continuación, se presentan los campos incluidos y una breve descripción de la información que estos contienen.

Tabla X. **Campos a incluir en la tabla de atributos de los pozos de visita**

Nombre del campo	Descripción
Id	Representa un código para numerar los pozos de visita
NUM_ZON	Zona en la que se ubica el lugar poblado.
LUG_POB	Se refiere al lugar poblado.
SECTOR	El sector al que pertenece (no aplica en todo el municipio)
PROF_POZ	Representa la altura del pozo en metros.
TIP_SIS	Tipo de sistema al que pertenece el pozo de visita.
NOM_DIG	Nombre del digitalizador.
NOM_RES	Nombre del responsable por parte de la Municipalidad.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Campos a incluir en la tabla de atributos de las tuberías**

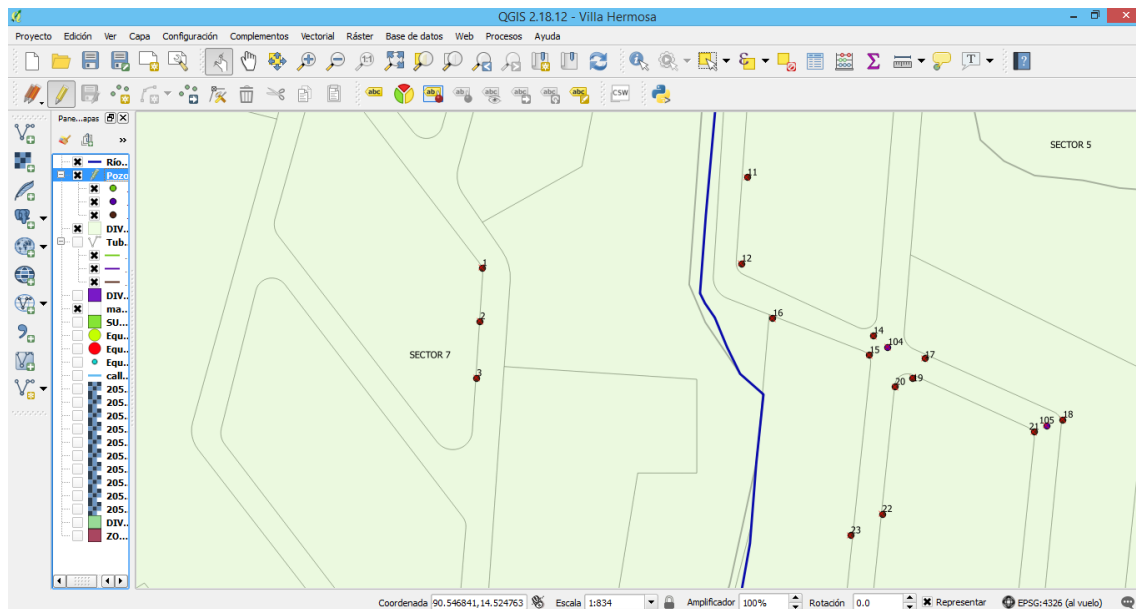
Nombre del campo	Descripción
Id	Representa un código para numerar las tuberías de cada sistema.
NUM_ZON	Zona en la que se ubica el lugar poblado.
LUG_POB	Se refiere al lugar poblado.
SECTOR	El sector al que pertenece de acuerdo a la división de Villa Hermosa.
LOC_TUB	Representa la calle o avenida en la que se ubica la tubería.
DIA_TUB	Diámetro de la tubería en pulgadas.
MAT_TUB	Material de la tubería.
TIP_ROD	Tipo de rodadura que cubre la tubería.
UBI_TUB	Establece si la tubería corre por la línea central o por la orilla de calle y banqueta.
PV_SAL	Pozo de visita del que sale la tubería.
PV_ENT	Pozo de visita al que llega la tubería.
TIP_SIS	Tipo de sistema al que pertenece la tubería.
DESF	Desfogue del sistema de la tubería.
NOM_DIG	Nombre del digitalizador.
NOM_RES	Nombre del responsable por parte de la Municipalidad.

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Dibujo de geometría

Posteriormente, desde la capa de puntos creada se procedió a acceder al modo de “conmutar edición” desde el cual se realizó el dibujo de todos los pozos de visita identificados en campo.

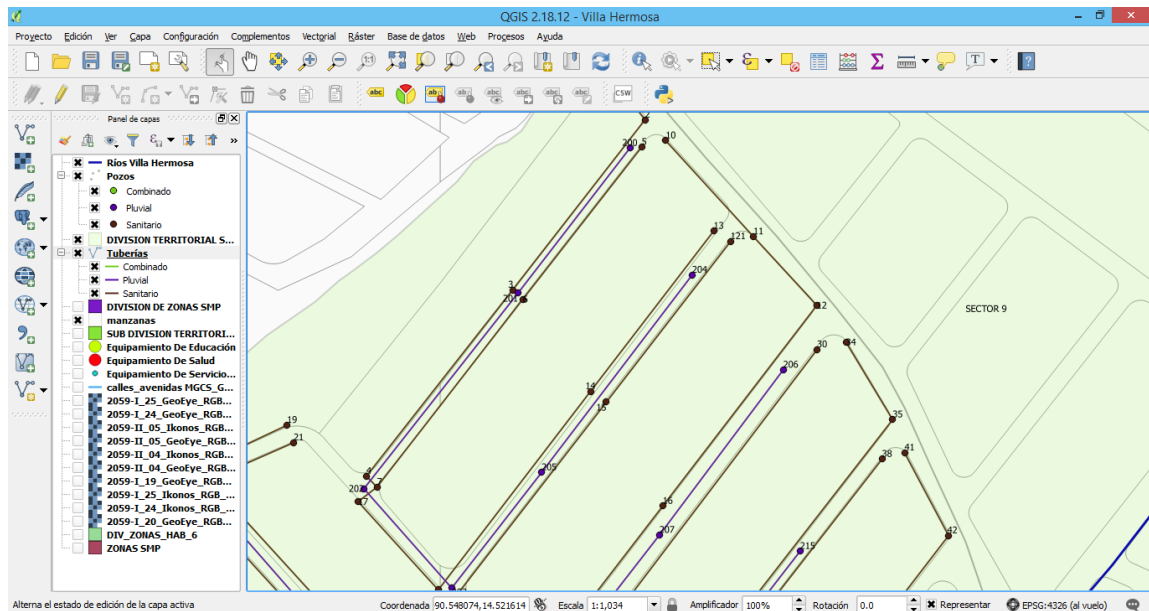
Figura 14. Dibujo de pozos de visita



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

Seguidamente, después de haber habilitado la opción de auto ensamblado entre las capas creadas, se realizó el trazado de las líneas que representan las tuberías de la red de alcantarillado.

Figura 15. Dibujo de tuberías

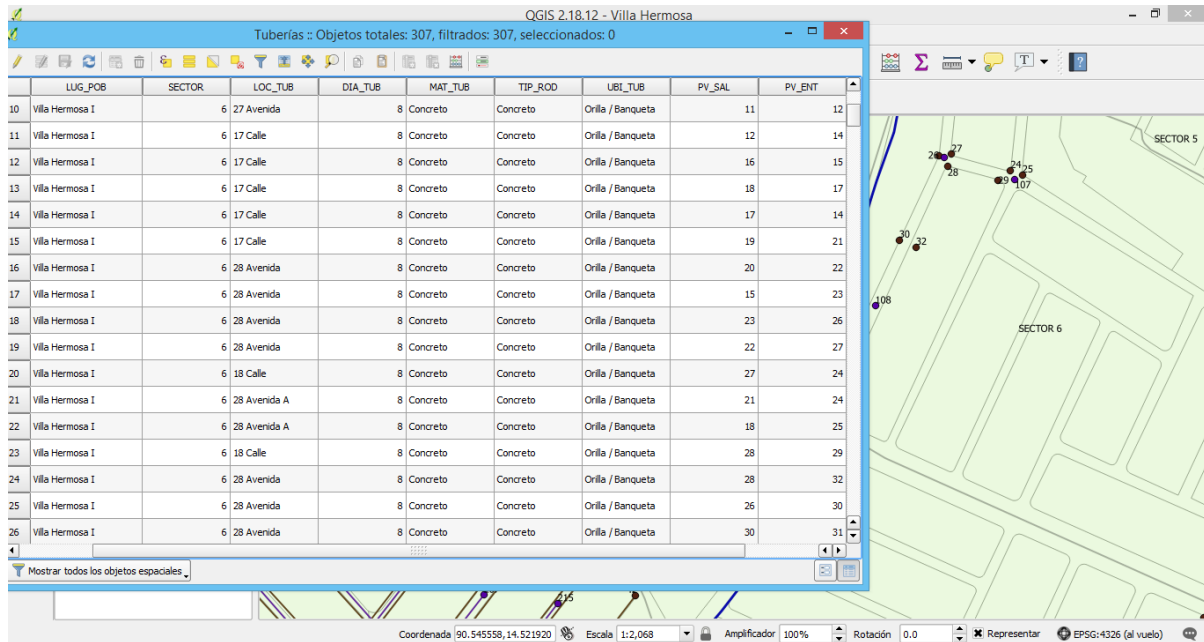


Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

2.2.4.3. Registro de tabla de atributos

Después de haber finalizado el trazo de líneas y puntos de la red de alcantarillado se procedió a modificar la tabla de atributos de las capas en base a los datos contenidos en los mapas de recaudación de información. Este proceso es el que permite posteriormente filtrar o categorizar datos que es uno de los principales objetivos de un SIG. Por ejemplo, para este proyecto se podrían filtrar las capas con el fin de que se muestren únicamente la red de alcantarillado sanitario o pluvial.

Figura 16. Edición de la tabla de atributos



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

2.2.5. Elaboración de mapas con información digitalizada

Con la información completamente digitalizada y georreferenciada se procedió a realizar los mapas de la red de alcantarillado de los distintos sectores que conforman el área de Villa Hermosa. Estos mapas fueron elaborados en tamaño doble carta e incluyen distintos datos de la red como: el diámetro de la tubería, el tipo de sistema y el nombre asignado a cada pozo de visita. Los mapas están ubicados en la sección de apéndices de este informe.

2.2.6. Verificación de la digitalización y georreferenciación de las redes de alcantarillado con las autoridades locales

Con el fin de validar la información presentada en los mapas se realizó una reunión junto a las autoridades municipales donde se presentó el proyecto realizado y se hizo entrega de un manual donde se explica cómo hacer uso de la información contenida en las capas creadas. Además, se realizó una capacitación relacionada al manejo de QGIS con el fin de que la información georreferenciada sea utilizada por el personal de las distintas áreas de la Municipalidad.

CONCLUSIONES

1. El alcantarillado sanitario para la colonia Santa Mónica de la zona 2 de Mixco será de beneficio para aproximadamente 1 500 habitantes actuales, los cuales contarán con un sistema separativo que permite evitar el colapso de los drenajes durante tormentas de alta intensidad. El sistema está compuesto por 27 pozos de visita, distribuidos en una longitud total de 1 831 metros compuesta por tubería PVC de diámetros de 6" y 8".
2. El costo directo total del proyecto de alcantarillado es de Q 1 690 353,41 dentro de los cuales se incluyen los costos directos de: materiales, mano de obra, herramienta, equipo y combustibles. A este costo se deben añadir los costos indirectos como utilidad, administración e impuestos. El costo unitario por metro del proyecto es de Q 923,19.
3. Se desarrolló un levantamiento de información en campo donde se establecieron distintas características de las redes de alcantarillado de Villa Hermosa I y II, dentro de las cuales se identificaron un total de 1 157 pozos de visita y 1 176 tuberías, cuya longitud total asciende a aproximadamente 75 120 metros.
4. Mediante la realización de una matriz de Leopold se identificaron algunas fases que componen la ejecución del alcantarillado sanitario y como estas pueden llegar a tener un impacto ambiental en el área donde se pretende realizar el proyecto.

RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Mixco, promover la correcta supervisión del proceso constructivo del alcantarillado sanitaria, la cual debe ser realizada por un ingeniero civil colegiado con el fin de garantizar una correcta ejecución del proyecto.
2. A la División de Ejecución de Obras de la Municipalidad de Mixco, garantizar que el proyecto de alcantarillado sea ejecutado de acuerdo a cada una de las especificaciones y detalles constructivos mostrados en los planos.
3. A la Junta Directiva de la Asociación de Vecinos de la colonia Santa Mónica, concientizar a los habitantes acerca del correcto uso del alcantarillado. Esto puede ser de ayuda para evitar el constante mantenimiento innecesario de los colectores, pozos de visita y candelas.
4. A la Municipalidad de San Miguel Petapa, implementar la actualización de la información de las redes de alcantarillado en caso existieran ampliaciones o modificaciones del sistema. Esta actualización puede ser realizada por el personal de la Municipalidad que fue capacitado durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado.
5. A la Municipalidad de San Miguel Petapa, promover la utilización de Sistemas de Información Geográfica en otros aspectos que puedan mejorar la gestión municipal y por lo tanto beneficiar a los habitantes del municipio de San Miguel Petapa.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABASCAL, CARCAMO, José Javier. *Digitalización y georreferenciación de centros poblados y equipamiento urbano bajo administración Municipal, y elaboración de estudio de prefactibilidad de macro circuito sur de distribución de agua potable de zonas 4, 5 y 10, Villa Nueva, mancomunidad Gran Ciudad del Sur, Guatemala.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 282 p.
2. ALONSO FERNANDEZ, Ignacio. *Las coordenadas geográficas y la proyección UTM.* España: Universidad de Valladolid, 2001. 86 p.
3. ALONSO SARRÍA, Francisco. *Sistemas de Información Geográfica.* [en línea] <<http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>> [Consulta: 29 de noviembre de 2017.]
4. Empresa Municipal del Agua. *Reglamento de diseño de alcantarillados para la Ciudad de Guatemala.* Guatemala: EMPAGUA, 2006. 78 p.
5. FERNANDEZ CARDONA, Jorge Eduardo. *Memoria de cálculo de construcción sistema de alcantarillado sanitario aldea El Porvenir, Villa Canales.* Guatemala: Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, 2016. 38 p.

6. HERNÁNDEZ DE SOSA, Dora Ninette. *Actualización de la monografía del municipio de Mixco, del departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Lic. Pedagogía y Administración Educativa. Facultad de Humanidades, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 113 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 25 p.
8. MARROQUÍN PAÍZ, Ricardo Leonel. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas y sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo, Jutiapa, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 188 p.
9. Sistemas de Información Geográfica (SIG). Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. [en línea] <http://www.gbif.es/gbif.es/gbif/ficheros/Guion_SIG.pdf> [Consulta: 30 de noviembre de 2017.]
10. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo San Miguel Petapa, Guatemala*. Guatemala: SEGEPLAN, 2010. 72 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Santa Mónica

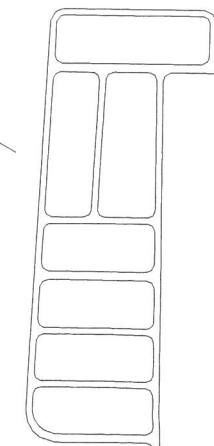
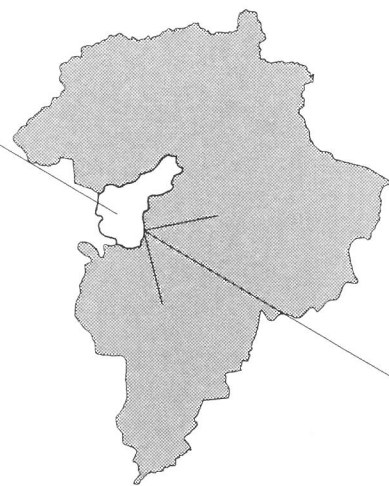
1. Hoja de cálculo para sistema de alcantarillado sanitario
2. Planta general de alcantarillado sanitario
3. Planta de curvas de nivel
4. Planta de densidad de vivienda
5. Planta y perfil de PV-1 a PV-28
6. Planta y perfil de PV-10 a PV-14 y PV-16 a PV-14
7. Planta y perfil de PV-14 a PV-28, PV-15 a PV-19
8. Planta y perfil de PV-3 a PV-18, PV-4 a PV-22, PV-5 a PV-24 y PV-6 a
 PV-26
9. Detalles de pozos de visita
10. Detalles de conexiones domiciliarias

Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.



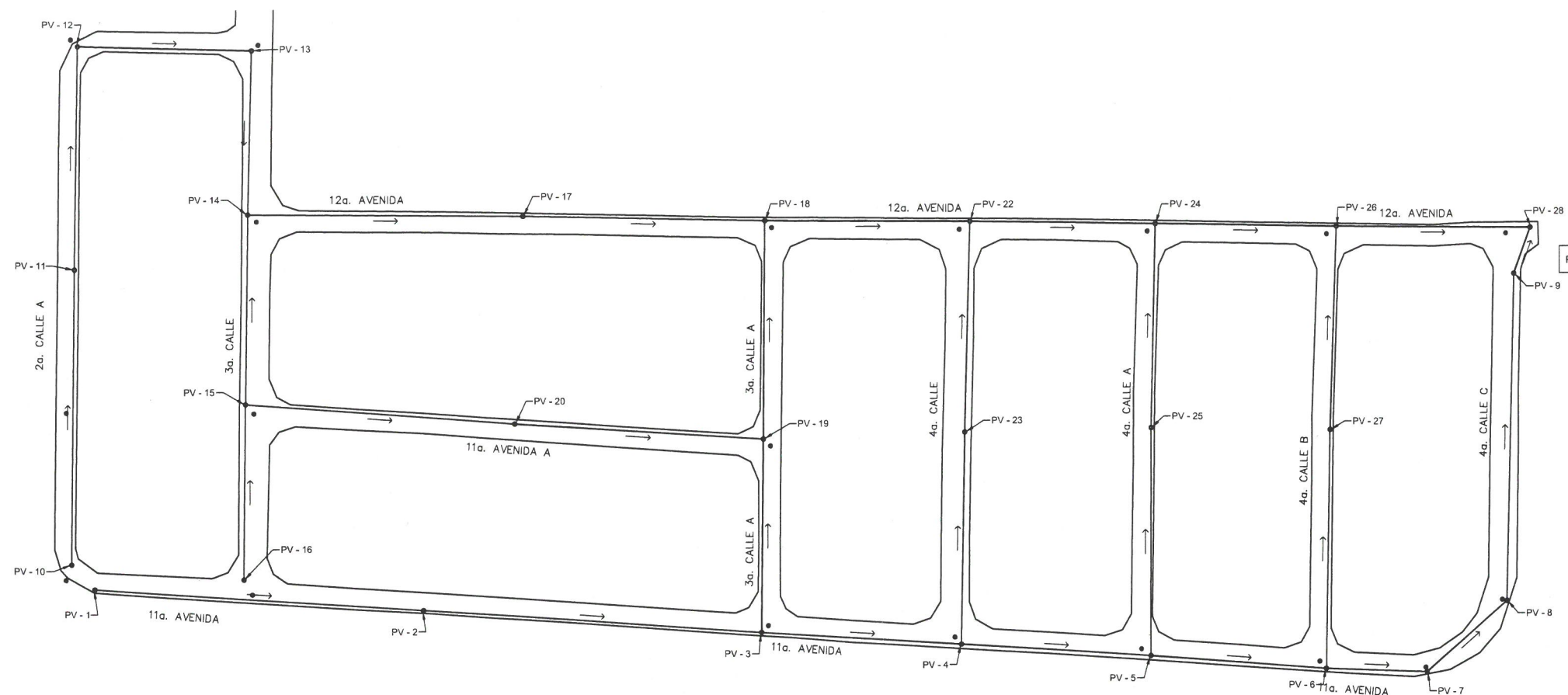
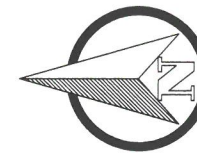
Hoja de cálculo: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de colonia Santa Mónica, zona 2 de Mixco

De	A	Cota inicial	Cota final	Longitud (m)	Longitud efectiva (m)	Pendiente de terreno	Número de viviendas (actuales)		Población		Factor del caudal medio	Factor de Hardmond		Caudal diseño (l/s)		Diámetro (pulg)	Pendiente tubo (%)	Sección Llena		Velocidad actual (m/s)	Tirante d/D actual	Velocidad futuro (m/s)	Tirante d/D futuro	Altura pozo aguas arriba (m)	Cota invert de salida	Cota invert de entrada	Altura pozo aguas abajo (m)
							tramo	acum.	actual	futuro		actual	futuro	actual	futuro			V (m/s)	Q (l/s)								
PV 1	PV 2	104.964	100.912	91.897	90.70	4.41%	16	16	96	202	0.003	4.25	4.15	1.2235	2.5128	6	4.50	2.4019	43.8157	1.05	0.1140	1.30	0.1620	1.20	103.76	99.68	1.26
PV 2	PV 3	100.912	95.974	94.538	93.34	5.22%	18	34	204	428	0.003	4.14	4.01	2.5367	5.1463	6	5.50	2.6554	48.4401	1.40	0.1550	1.73	0.2200	1.26	99.65	94.52	1.48
PV 3	PV 4	95.974	97.491	56.147	54.95	-2.70%	9	43	258	542	0.003	4.11	3.96	3.1778	6.4324	6	0.50	0.8006	14.6052	0.64	0.3160	0.77	0.4640	1.48	94.49	94.21	3.31
PV 4	PV 5	97.491	97.944	52.494	51.29	-0.86%	7	50	258	542	0.003	4.11	3.96	3.1778	6.4324	6	0.50	0.8006	14.6052	0.64	0.3160	0.77	0.4640	3.31	94.18	93.93	4.05
PV 5	PV 6	97.944	96.391	49.748	48.55	3.12%	5	55	258	542	0.003	4.11	3.96	3.1778	6.4324	6	0.50	0.8006	14.6052	0.64	0.3160	0.77	0.4640	4.05	93.90	93.66	2.77
PV 6	PV 7	96.391	95.510	28.335	27.14	3.11%	3	58	348	730	0.003	4.05	3.88	4.2284	8.5059	6	0.50	0.8006	14.6052	0.69	0.3680	0.83	0.5480	2.77	93.63	93.49	2.05
PV 7	PV 8	95.510	94.760	29.966	28.77	2.50%	3	61	366	768	0.003	4.04	3.87	4.4361	8.9188	6	0.50	0.8006	14.6052	0.70	0.3780	0.84	0.5640	2.05	93.46	93.32	1.47
PV 8	PV 9	94.760	92.652	91.537	90.34	2.30%	5	66	396	831	0.003	4.02	3.85	4.7808	9.5990	6	2.50	1.7903	32.6583	1.28	0.2580	1.56	0.3710	1.47	93.29	91.03	1.65
PV 9	PV 28	92.652	92.174	13.626	12.43	3.51%	0	66	396	831	0.003	4.02	3.85	4.7808	9.5990	6	5.00	2.5318	46.1858	1.63	0.2170	2.00	0.3090	1.65	91.00	90.38	1.83
PV 10	PV 11	105.227	104.075	82.551	81.35	1.40%	9	9	54	114	0.003	4.31	4.23	0.6979	1.4458	6	1.50	1.3867	25.2970	0.60	0.1140	0.75	0.1620	1.20	104.03	102.81	1.30
PV 11	PV 12	104.075	102.080	62.239	61.04	3.21%	7	16	96	202	0.003	4.25	4.15	1.2235	2.5128	6	3.50	2.1183	38.6418	0.96	0.1220	1.19	0.1720	1.30	102.78	100.64	1.47
PV 12	PV 13	102.080	100.122	48.681	47.48	4.02%	5	21	126	265	0.003	4.21	4.10	1.5932	3.2602	6	3.50	2.1183	38.6418	1.04	0.1380	1.29	0.1960	1.47	100.61	98.95	1.20
PV 13	PV 14	100.122	101.047	45.796	44.60	-2.02%	7	28	168	353	0.003	4.17	4.05	2.1040	4.2862	6	2.00	1.6013	29.2105	0.95	0.1810	1.14	0.2580	1.20	98.92	98.03	3.05
PV 16	PV 15	103.825	102.922	49.055	47.86	1.84%	8	8	48	101	0.003	4.32	4.24	0.6218	1.2854	6	2.00	1.6013	29.2105	0.64	0.1000	0.80	0.1420	1.20	102.63	101.67	1.28
PV 15	PV 14	102.922	101.047	53.026	51.83	3.54%	8	16	96	202	0.003	4.25	4.15	1.2235	2.5128	6	6.00	2.7735	50.5940	1.16	0.1070	1.44	0.1510	1.28	101.64	98.53	2.55
PV 14	PV 17	101.047	96.394	76.795	75.60	6.06%	12	56	336	705	0.003	4.06	3.89	4.0895	8.2332	6	4.00	2.2645	41.3099	1.44	0.2120	1.76	0.3020	3.05	98.00	94.97	1.45
PV 17	PV 18	96.394	93.733	67.307	66.11	3.95%	6	62	372	781	0.003	4.04	3.87	4.5052	9.0596	6	4.50	2.4019	43.8157	1.55	0.2160	1.89	0.3080	1.45	94.94	91.97	1.82
PV 15	PV 20	102.922	98.606	75.348	74.15	5.73%	13	13	78	164	0.003	4.27	4.18	0.9995	2.0557	6	6.00	2.7735	50.5940	1.09	0.0970	1.36	0.1370	1.20	101.72	97.27	1.36
PV 20	PV 19	98.606	94.769	69.313	68.11	5.54%	11	24	144	303	0.003	4.20	4.08	1.8130	3.7056	6	5.50	2.6554	48.4401	1.27	0.1320	1.57	0.1870	1.36	97.24	93.50	1.30
PV 3	PV 19	95.974	94.769	54.166	52.97	2.22%	9	9	54	114	0.003	4.31	4.23	0.6979	1.4458	6	2.50	1.7903	32.6583	0.72	0.1010	0.90	0.1430	1.20	94.77	93.45	1.35
PV 19	PV 18	94.769	93.733	61.012	59.81	1.70%	10	43	258	542	0.003	4.11	3.96	3.1778	6.4324	6	2.00	1.6013	29.2105	1.05	0.2220	1.28	0.3180	1.35	93.42	92.22	1.56
PV 18	PV 22	93.733	94.286	57.451	56.25	-0.96%	2	107	642	1347	0.003	3.92	3.71	7.5420	15.0037	8	0.50	0.9699	31.4542	0.80	0.3330	0.96	0.4860	1.82	91.92	91.64	2.70
PV 4	PV 23	97.491	95.929	59.330	58.13	2.63%	10	10	60	126	0.003	4.30	4.21	0.7736	1.5932	6	3.00	1.9611	35.7754	0.79	0.1010	0.98	0.1430	1.20	96.29	94.55	1.41
PV 23	PV 22	95.929	94.286	58.989	57.79	2.79%	10	20	120	252	0.003	4.22	4.11	1.5196	3.1070	6	3.00	1.9611	35.7754	0.97	0.1400	1.20	0.1990	1.41	94.52	92.78	1.55
PV 22	PV 24	94.286	94.085	51.832	50.63	0.39%	5	132	792	1662	0.003	3.86	3.65	9.1785	18.1835	8	0.50	0.9699	31.4542	0.84	0.3700	1.00	0.5450	2.70	91.59	91.33	2.80
PV 5	PV 25	97.944	95.885	63.829	62.63	3.23%	11	11	66	139	0.003	4.29	4.20	0.8492	1.7521	6	3.50	2.1183	38.6418	0.86	0.1020	1.07	0.1450	1.20	96.74	94.55	1.36
PV 25	PV 24	95.885	94.085	57.013	55.81	3.16%	10	21	126	265	0.003	4.21	4.10	1.5932	3.2602	6	3.50	2.1183	38.6418	1.04	0.1380	1.29	0.1960	1.36	94.52	92.57	1.57
PV 24	PV 26	94.085	93.092	50.529	49.33	1.97%	5	158	948	1989	0.003	3.81	3.59	10.8494	21.4075	8	2.00	1.9398	62.9084	1.45	0.2810	1.75	0.4020	2.80	91.28	90.30	2.84
PV 6	PV 27	96.391	95.256	66.845	65.65	1.70%	8	8	48	101	0.003	4.32	4.24	0.6218	1.2854	6	2.00	1.6013	29.2105	0.64	0.1000	0.80	0.1420	1.20	95.19	93.88	1.41
PV 27	PV 26	95.256	93.092	56.869	55.67	3.81%	10	18	108	227	0.003	4.23	4.13	1.3719	2.8108	6	3.50	2.1183	38.6418	0.99	0.1280	1.23	0.1820	1.41	93.85	91.90	1.24
PV 26	PV 28	93.092	92.174	54.464	53.26	1.69%	5	181	1086	2278	0.003	3.78	3.54	12.3042	24.2003	8	1.00	1.3716	44.4830	1.17	0.3590	1.40	0.5250	2.84	90.25	89.71	2.51



No.	CONTENIDO
1.	PLANTA GENERAL
2.	PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
3.	PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA
4.	PLANTA GENERAL DE DISEÑO HIDRÁULICO
5.	PLANTA-PERFIL PV-1 A PV-28
6.	PLANTA-PERFIL DE PV-10 A PV-14 Y PV-16 A PV-14
7.	PLANTA-PERFIL DE PV-14 A PV-28, PV-15 A PV-19
8.	PLANTA-PERFIL DE PV-3 A PV-18, PV-4 A PV-22, PV-5 A PV-24 Y PV-6 A PV-26
9.	DETALLES DE POZOS DE VISITA
10.	DETALLES DE CONEXIONES DOMICILIARES

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA SANTA MÓNICA, ZONA 2
MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA



PLANTA GENERAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO

ESCALA 1:750

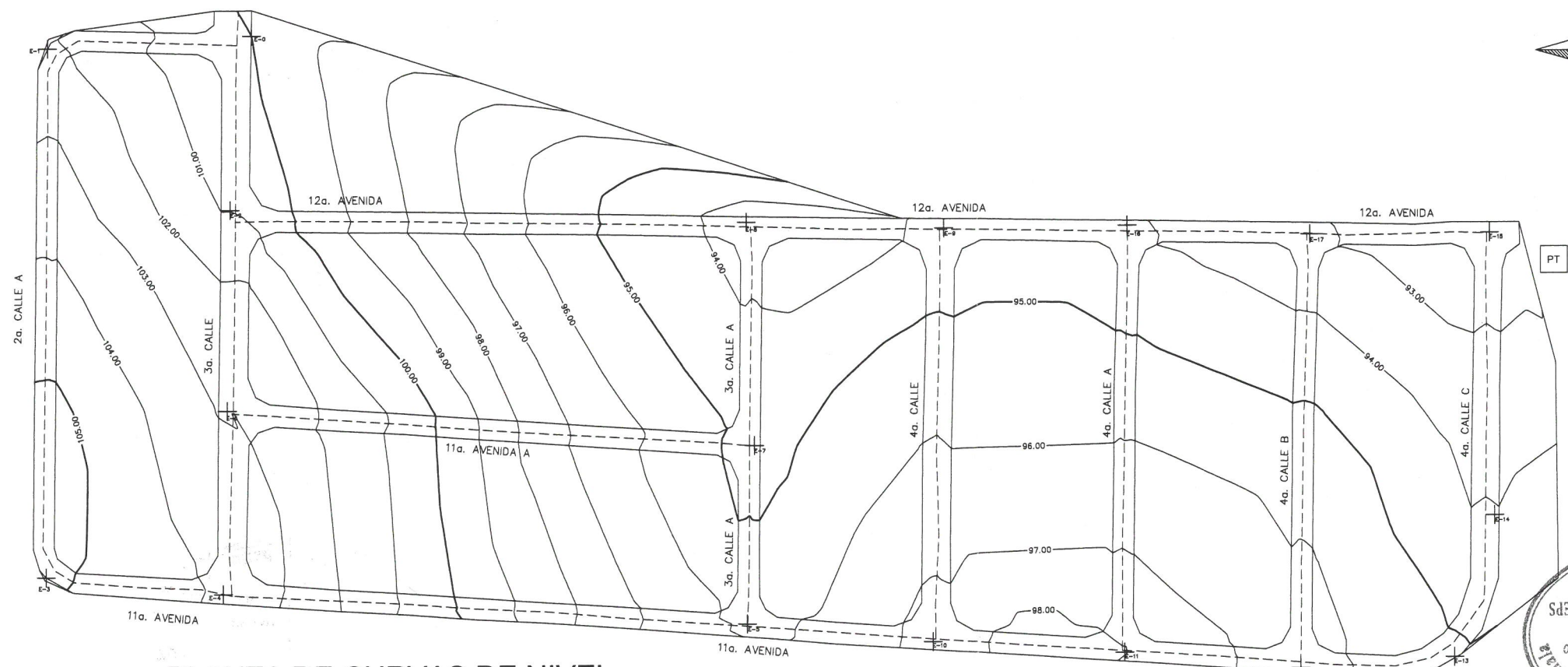
SIMBOLOGÍA	
⊙	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
⊙	POZO EXISTENTE
—	TUBERÍA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
PT	PLANTA DE TRATAMIENTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA.	

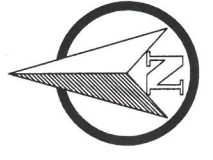
	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA	
	PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano SUPERVISOR	PABLO ESTEBAN NOLASCO DIBUJO Y CALCULO	PROGRAMA: EPS USAC ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2 018
PLANTA GENERAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO		HOJA NO. 1 10

LIBRETA TOPOGRÁFICA

No.	Nombre	Y	X	Z	Observacion
1	+	0.00	0.00	100.00	EST.
2	0.1	7.14	-0.18	99.85	O CALLE
3	0.2	-3.52	4.12	100.06	O CALLE
4	0.3	-3.06	-0.95	100.05	CANDELA
5	0.4	-24.37	-0.90	100.62	CANDELA
6	0.5	-34.77	-1.37	100.82	CANDELA
7	0.6	-37.48	11.36	100.84	CANDELA
8	0.7	-22.91	11.58	100.83	CANDELA
9	0.8	-12.09	8.30	100.18	O CALLE
10	0.9	-7.02	10.88	100.29	O CALLE
11	0.10	-6.97	19.93	100.41	O CALLE
12	0.11	-6.30	19.64	100.78	CANDELA
13	0.12	-6.97	23.51	100.88	CANDELA
14	0.13	1.46	18.79	100.99	CANDELA
15	0.14	0.87	18.46	100.40	O CALLE
16	0.15	1.43	12.70	100.28	O CALLE
17	0.16	3.13	10.42	100.16	O CALLE
18	0.17	7.03	10.27	100.11	O CALLE
19	0.18	7.03	3.63	100.00	O CALLE
20	0.19	-14.08	0.30	100.14	CANDELA
21	0.20	-12.06	4.48	100.22	O CALLE
22	0.21	-37.58	8.58	100.67	O CALLE
23	0.22	-37.82	4.51	100.72	O CALLE
24	0.23	-38.02	0.63	100.66	O CALLE
25	0.24	-2.20	19.13	100.43	O CALLE
26	+	-3.71	18.79	102.18	EST.
27	+	-48.58	6.21	100.98	EST.
28	1.1	-4.22	47.30	101.79	O CALLE
29	1.2	-1.38	48.20	101.79	O CALLE
30	1.3	1.47	49.22	101.79	O CALLE
31	1.4	-3.96	56.50	102.27	O POZO
32	1.5	-2.02	56.94	102.10	O CALLE
33	1.6	-4.02	61.47	102.09	O CALLE
34	1.7	-10.14	53.69	102.96	O CALLE
35	1.8	-8.97	59.77	102.42	O CALLE
36	1.9	-8.48	59.53	102.46	O CALLE
37	1.10	-30.84	58.92	103.03	O CALLE
38	1.11	-30.83	58.85	103.08	O CALLE
39	1.12	-30.86	54.05	103.08	O CALLE
40	1.13	-61.82	54.30	103.87	O CALLE



PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
ESCALA 1:750



SIMBOLOGIA	
[---]	LÍNEA TOPOGRÁFICA
[E-]	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR
MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA,
GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO

HOJA NO. 2

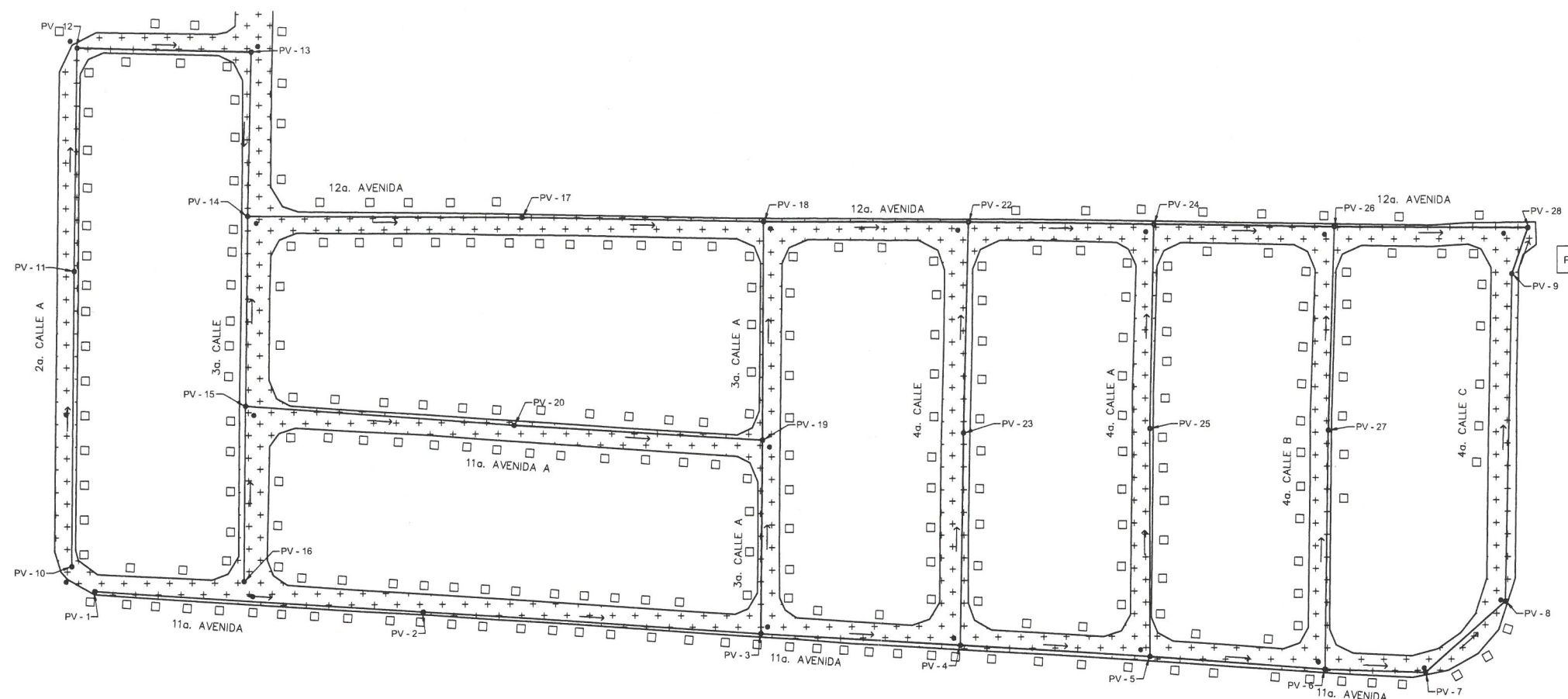
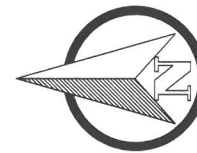
MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR

PROGRAMA: EPS USAC

ESCALA: INDICADA

FECHA: ENERO 2 018

HOJA NO. 10



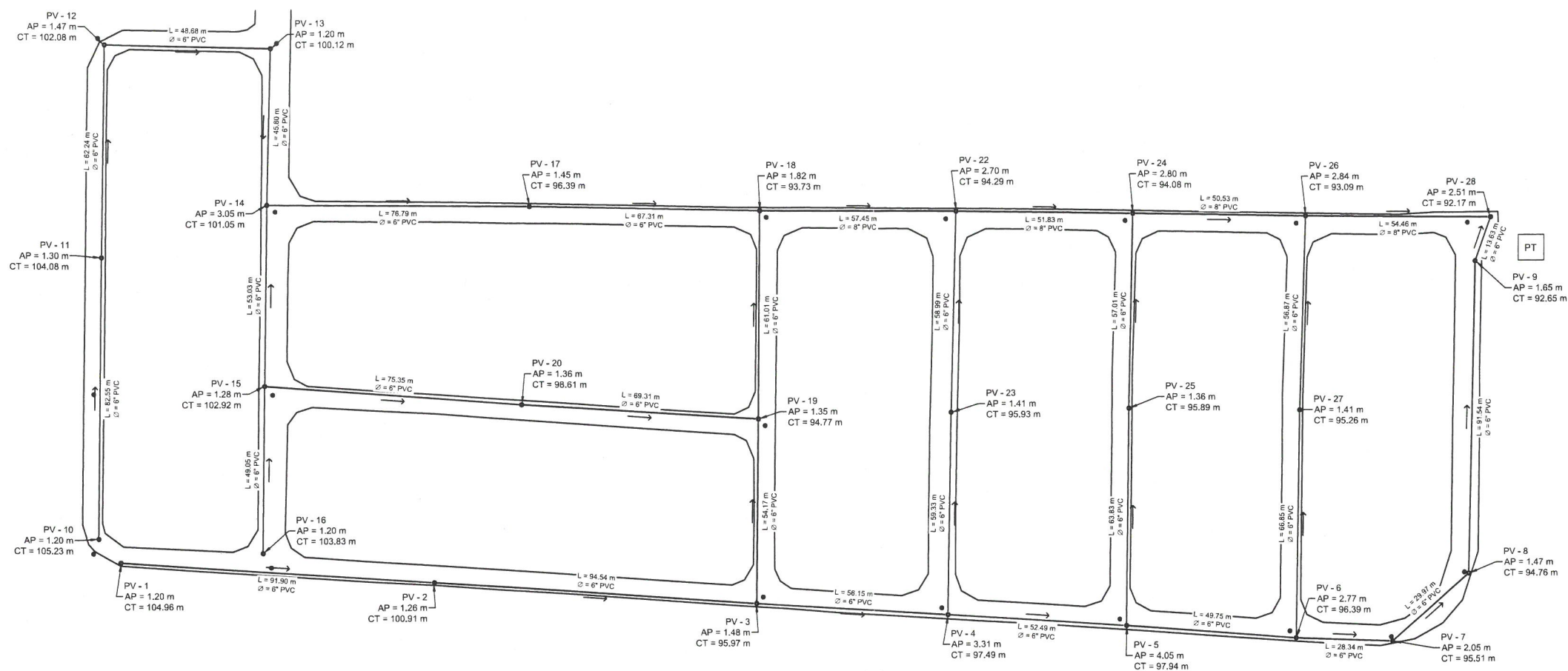
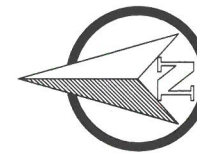
PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA 1:750

SIMBOLOGÍA	
	POZO DE VISITA
	POZO EXISTENTE
	TUBERÍA
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	VIVIENDA
	CARRETERA ASFALTADA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA.	

 Ing. Pablo Esteban Nolasco C. 10000	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	 PROGRAMA: EPS USAC ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2 018
	PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA HOJA NO. 3	
DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO	HOJA NO. 10	



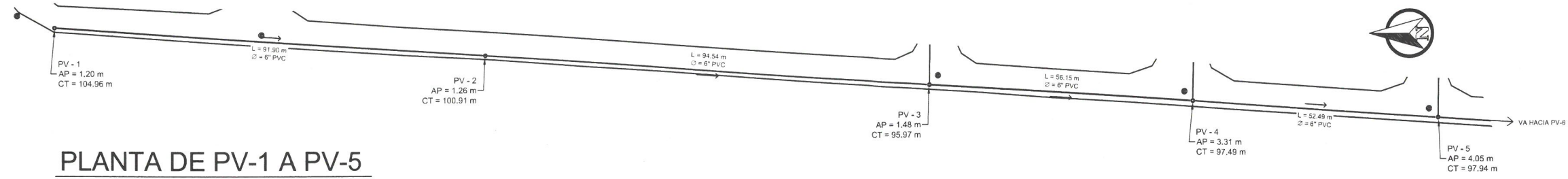
PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO

ESCALA 1:750

SIMBOLOGÍA			
⊙	POZO DE VISITA	L	LONGITUD
PV-#	POZO DE VISITA	S	PENDIENTE
⊙	POZO EXISTENTE	CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
—	TUBERÍA	CIS	COTA INVERT DE SALIDA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO	AP	ALTURA DE POZO
—	PULGADAS	CT	COTA DE TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA	PVC	POLICLORURO DE VINILO

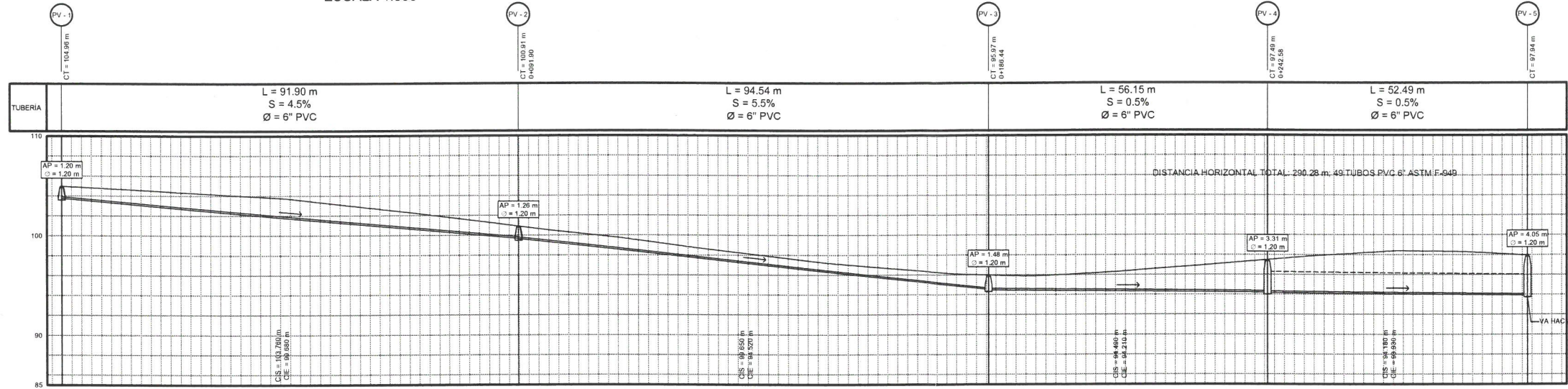
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA.	

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA	
	PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
CONTENIDO: PLANTA DE DISEÑO HIDRÁULICO		PROGRAMA: EPS USAC
SUPERVISOR: JOSÉ RODRIGUEZ		ESCALA: INDICADA
DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO		FECHA: ENERO 2 018
HOJA NO. 4		10



PLANTA DE PV-1 A PV-5

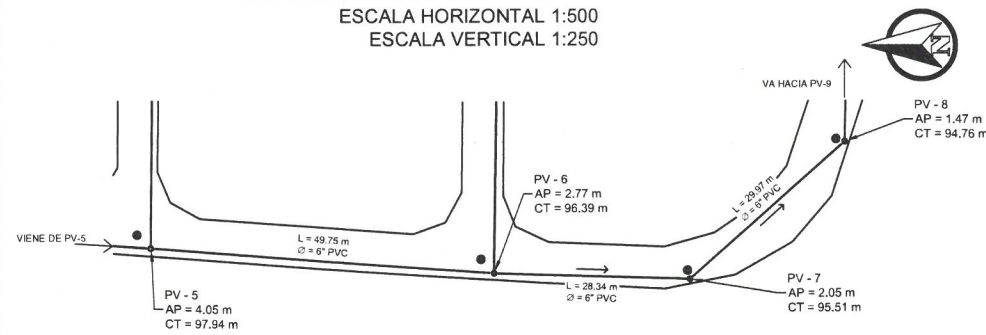
ESCALA 1:500



SIMBOLOGIA			
⊙	POZO DE VISITA	L	LONGITUD
PV-n	POZO DE VISITA	S	PENDIENTE
⊖	POZO EXISTENTE	CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
—	TUBERIA	CIS	COTA INVERT DE SALIDA
→	DIRECCION DE FLUJO	AP	ALTURA DE POZO
- - -	TUBERIA AUXILIAR Ø=6\"/>		

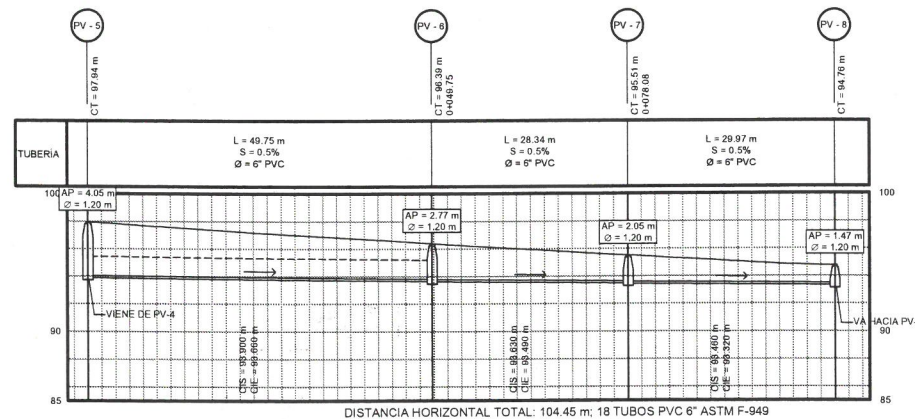
PERFIL DE PV-1 A PV-5

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



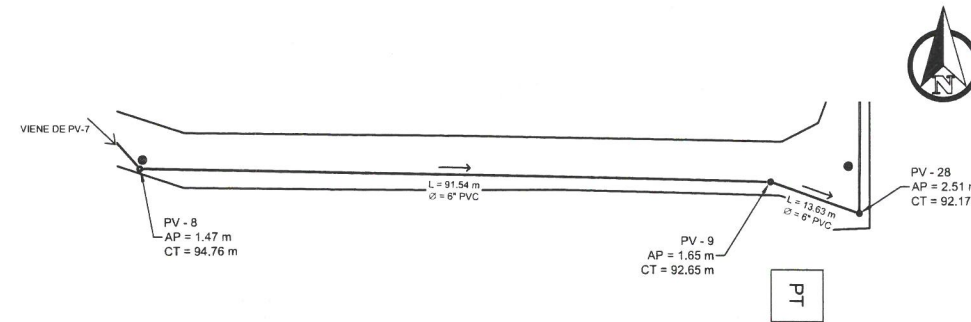
PLANTA DE PV-5 A PV-8

ESCALA 1:500



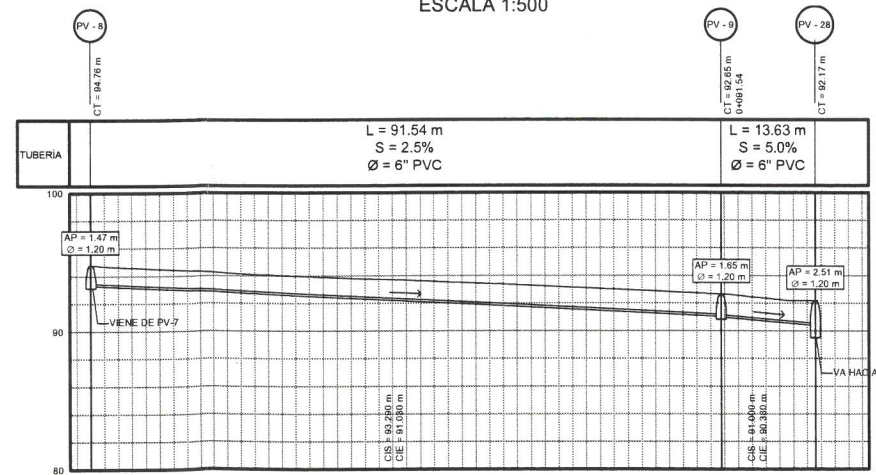
PERFIL DE PV-5 A PV-8

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



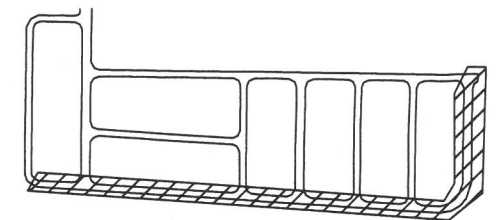
PLANTA DE PV-8 A PV-28

ESCALA 1:500



PERFIL DE PV-8 A PV-28

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250

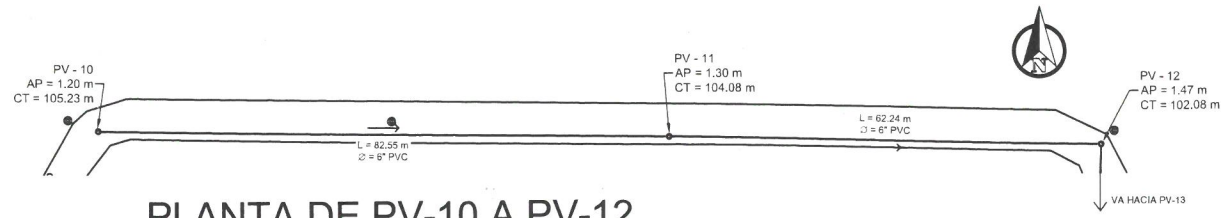


PLANTA DE REFERENCIA

SIN ESCALA

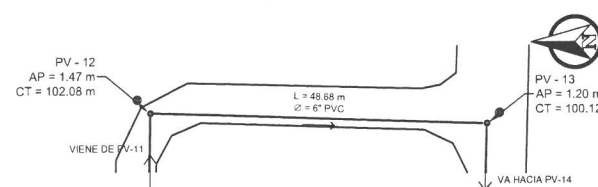
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES, EMPAGUA.	

	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA	
	PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
CONTENIDO: PERFIL DE PV-1 A PV-28	PROGRAMA: EPS USAC	ESCALA: INDICADA
INGENIERO: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ BERRIO ASesor - SUPERVISOR DE EPS SUPERVISOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ	DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO	FECHA: ENERO 2 018
HOJA NO. 5		10



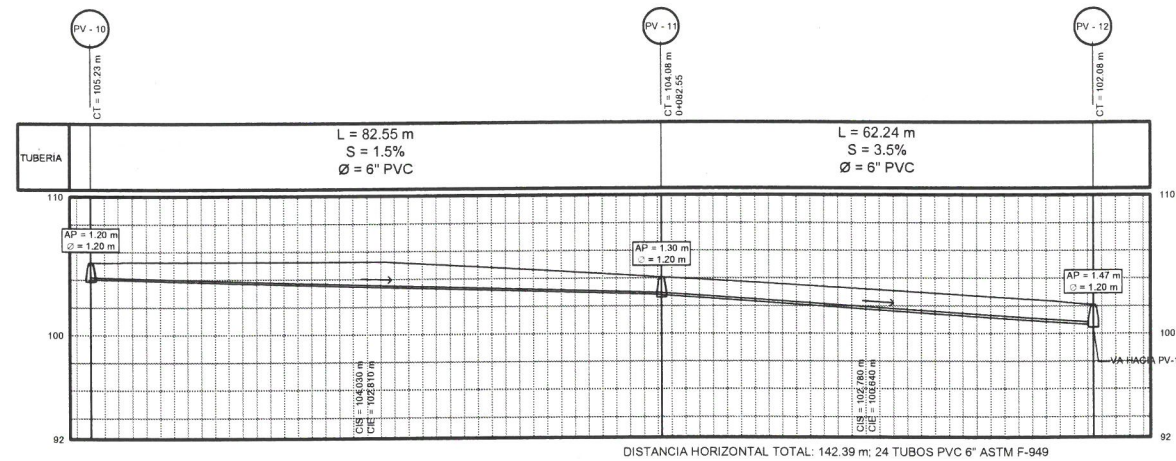
PLANTA DE PV-10 A PV-12

ESCALA 1:500



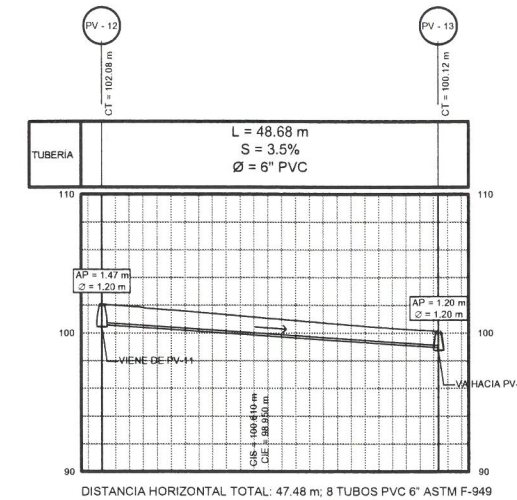
PLANTA DE PV-12 A PV-13

ESCALA 1:500



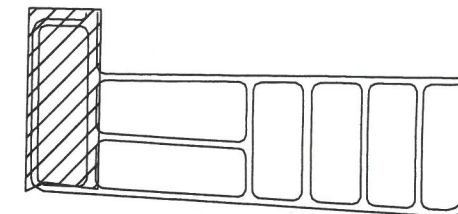
PERFIL DE PV-10 A PV-12

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



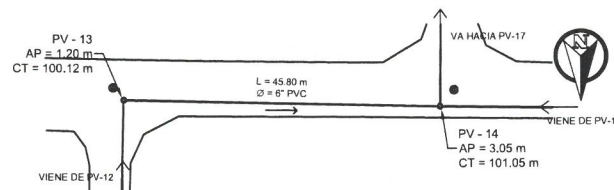
PERFIL DE PV-12 A PV-13

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



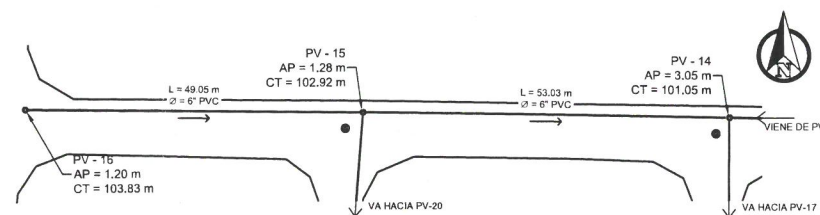
PLANTA DE REFERENCIA

SIN ESCALA



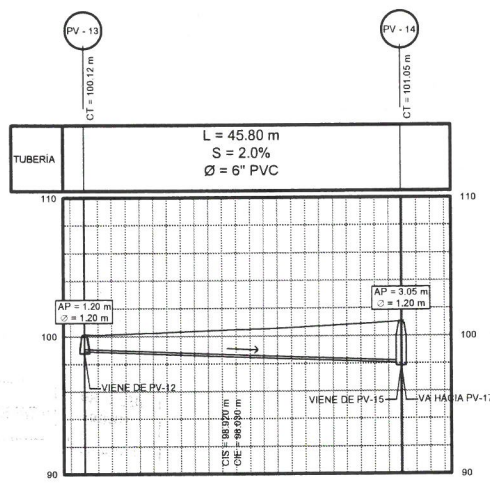
PLANTA DE PV-13 A PV-14

ESCALA 1:500



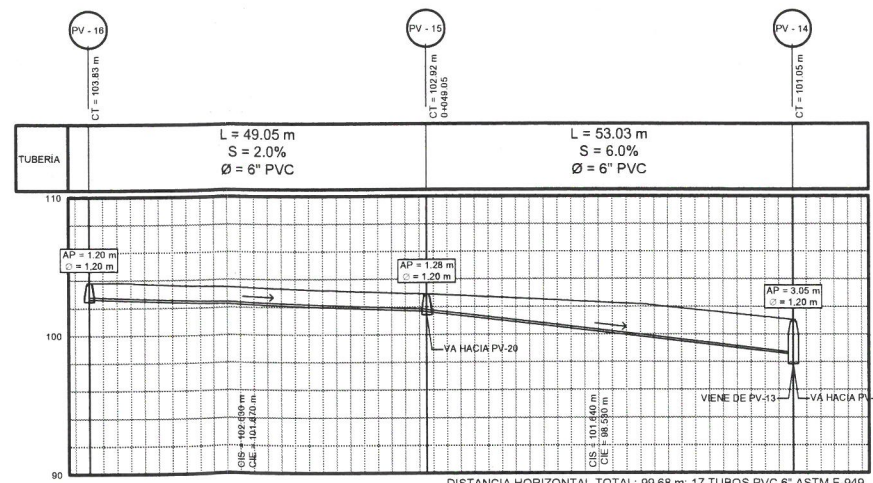
PLANTA DE PV-16 A PV-14

ESCALA 1:500



PERFIL DE PV-13 A PV-14

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



PERFIL DE PV-16 A PV-14

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250

SIMBOLOGÍA	
⊙	POZO DE VISITA
PV-4	POZO DE VISITA
⊙	POZO EXISTENTE
—	TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
- - -	TUBERIA AUXILIAR Ø=6\"/>
∅	DIAMETRO DE TUBERIA
L	LONGITUD
S	PENDIENTE
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
AP	ALTURA DE POZO
CT	COTA DE TERRENO
PVC	POLICLORURO DE VINILO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERÍA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERÍA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA.	

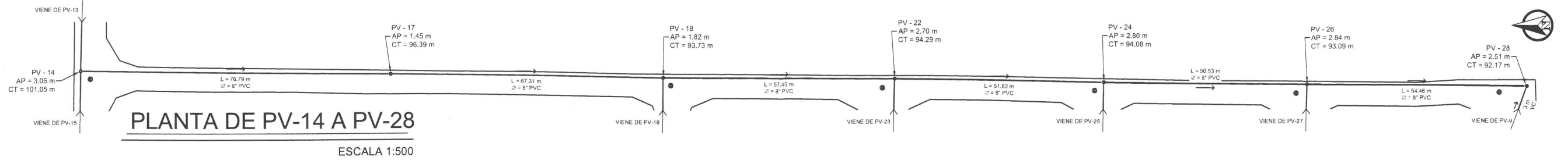
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 ASESORÍA
 Unidad de Planeación y Control de Ingeniería

MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR
 MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA
 DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2

PERFIL DE PV-10 A PV-14 Y PV-16 A PV-14

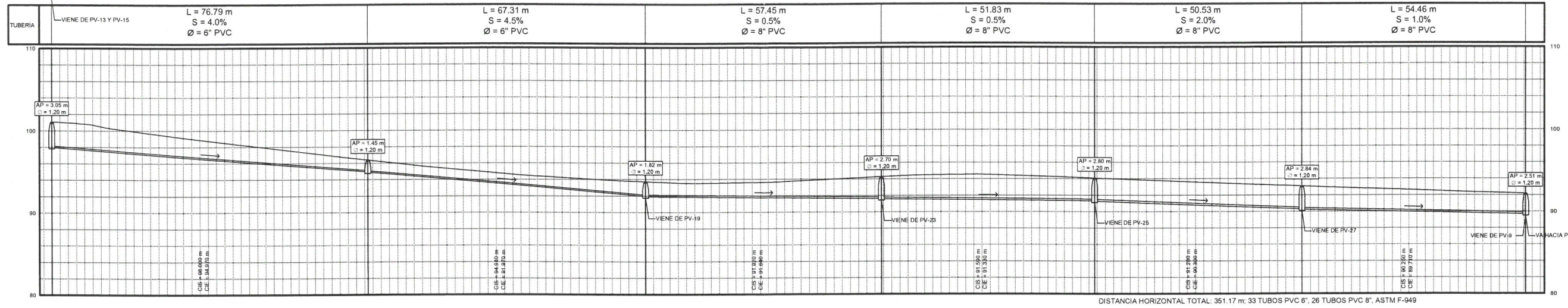
SUPERVISOR: ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ
 DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO

PROGRAMA: EPS USAC
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: ENERO 2 018
 HOJA NO. 6
 10



PLANTA DE PV-14 A PV-28

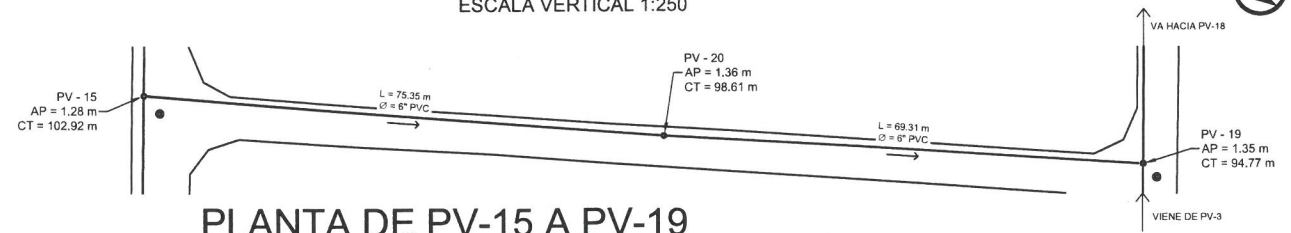
ESCALA 1:500



PERFIL DE PV-14 A PV-28

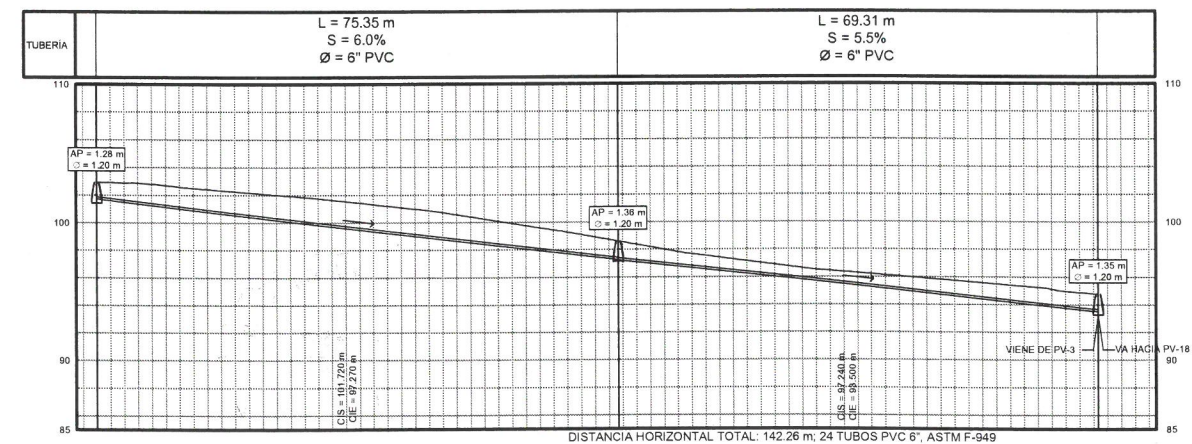
ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250

DISTANCIA HORIZONTAL TOTAL: 351.17 m; 33 TUBOS PVC 6", 26 TUBOS PVC 8", ASTM F-949



PLANTA DE PV-15 A PV-19

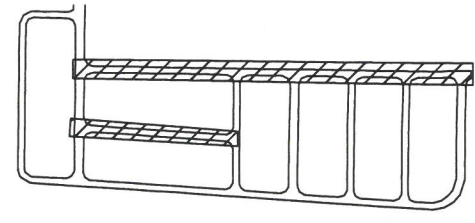
ESCALA 1:500



PERFIL DE PV-15 A PV-19

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250

DISTANCIA HORIZONTAL TOTAL: 142.26 m; 24 TUBOS PVC 6", ASTM F-949



PLANTA DE REFERENCIA

SIN ESCALA

SIMBOLOGIA	
⊙	POZO DE VISITA
PV-n	POZO DE VISITA
⊙	POZO EXISTENTE
—	TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO
- - -	TUBERIA AUXILIAR Ø=5" PVC
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
L	LONGITUD
S	PENDIENTE
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
AP	ALTURA DE POZO
CT	COTA DE TERRENO
PVC	POLICLORURO DE VINILO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE DRENAJES, EMPAGUA.	

MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR
MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2

PROGRAMA: EPS USAC

ESCALA: INDICADA

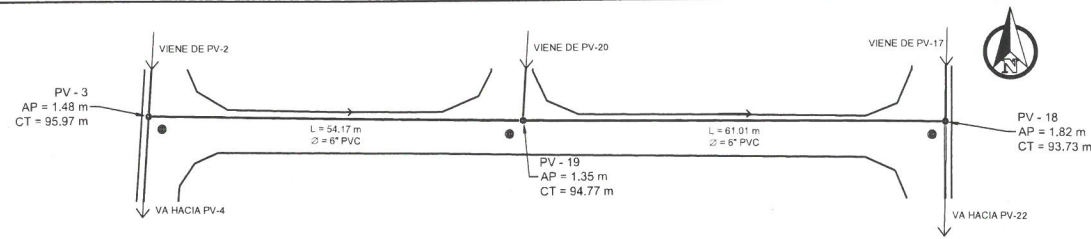
FECHA: ENERO 2 018

HOJA NO. 7

10

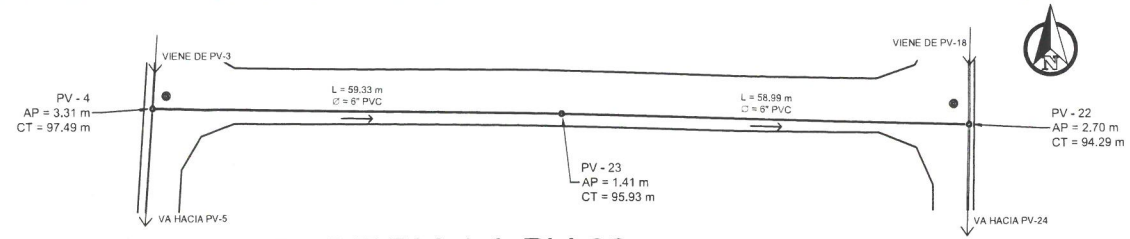
Ing. Silvio José Rodríguez
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO



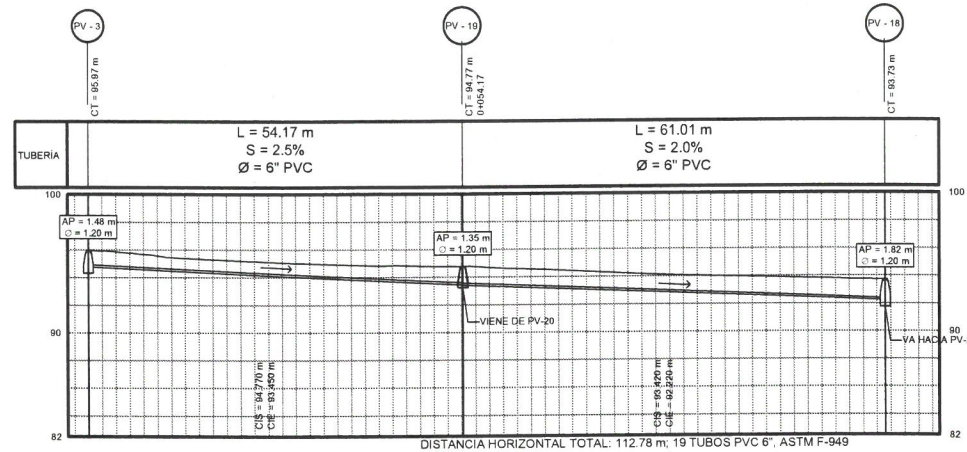
PLANTA DE PV-3 A PV-18

ESCALA 1:500



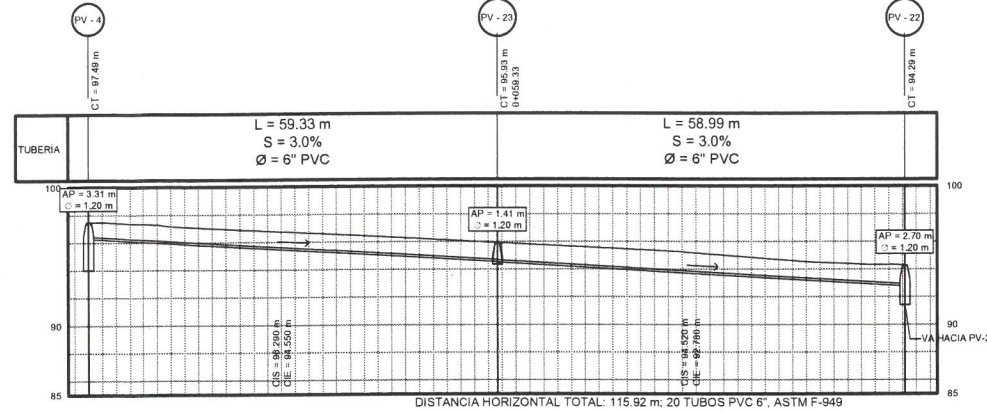
PLANTA DE PV-4 A PV-22

ESCALA 1:500



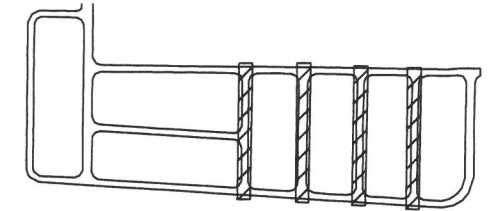
PERFIL DE PV-3 A PV-18

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



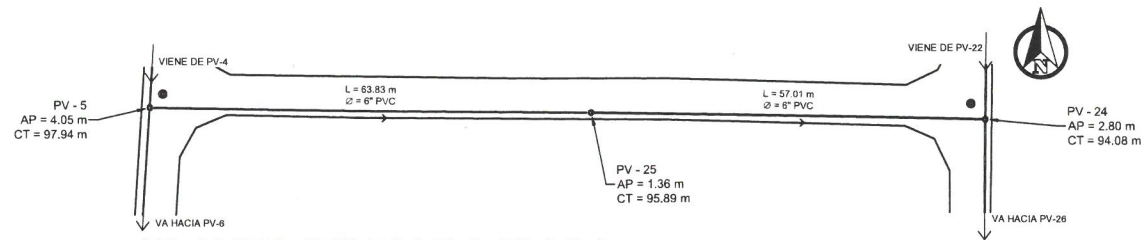
PERFIL DE PV-4 A PV-22

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



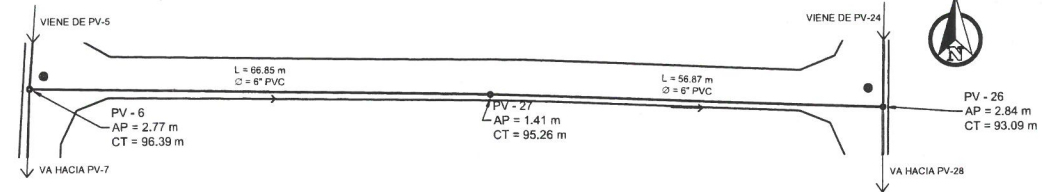
PLANTA DE REFERENCIA

SIN ESCALA



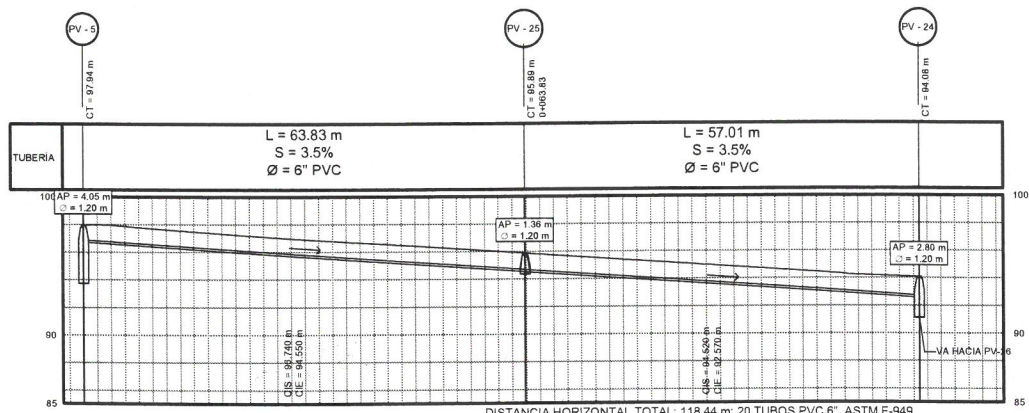
PLANTA DE PV-5 A PV-24

ESCALA 1:500



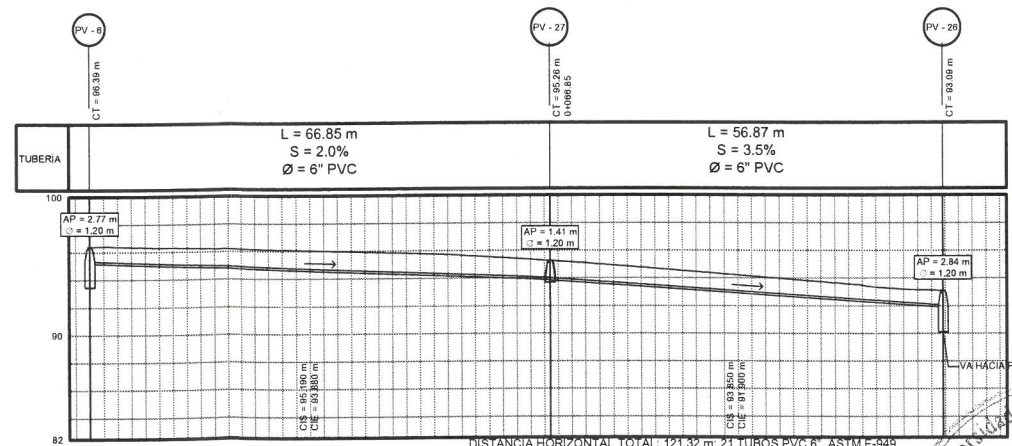
PLANTA DE PV-6 A PV-26

ESCALA 1:500



PERFIL DE PV-5 A PV-24

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250



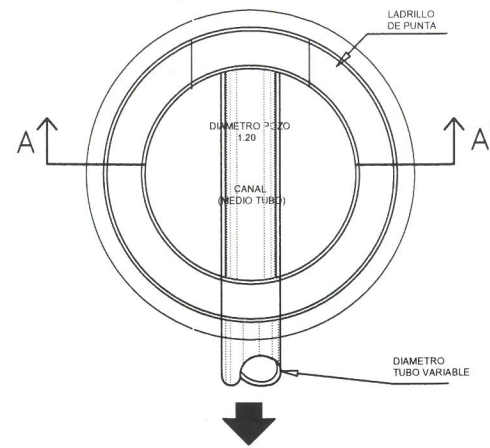
PERFIL DE PV-6 A PV-26

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:250

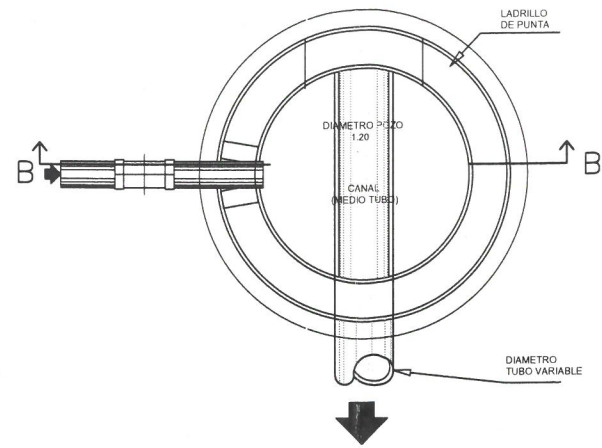
SIMBOLOGÍA			
⊙	POZO DE VISITA	L	LONGITUD
PV-#	POZO DE VISITA	S	PENDIENTE
⊙	POZO EXISTENTE	C/E	COTA INVERT DE ENTRADA
—	TUBERIA	C/S	COTA INVERT DE SALIDA
→	DIRECCION DE FLUJO	AP	ALTURA DE POZO
- - -	TUBERIA AUXILIAR Ø=5" PVC	CT	COTA DE TERRENO
∅	DIAMETRO DE TUBERIA	PVC	POLICLORURO DE VINILO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
NORMAS DE TUBERIA	
ASTM F-477	CONEXIONES ENTRE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
ASTM F-949	DIMENSIONES Y RESISTENCIA DE TUBERIA NOVAFORT O SIMILARES
NORMAS DE DISEÑO	
REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES, EMPAGUA.	

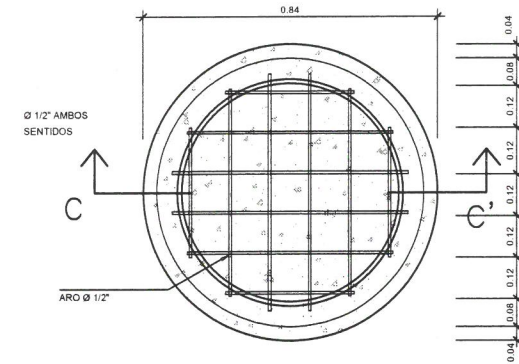
	MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA	
	PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
CONTENIDO: PERFIL DE PV-3 A PV-18, PV-4 A PV-22, PV-5 A PV-24 Y PV-6 A PV-26	PROGRAMA: EPS USAC	ESCALA: INDICADA
SUPERVISOR: PABLO ESTEBAN NOLASCO	FECHA: ENERO 2 018	
DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO	HOJA NO.: 8	10



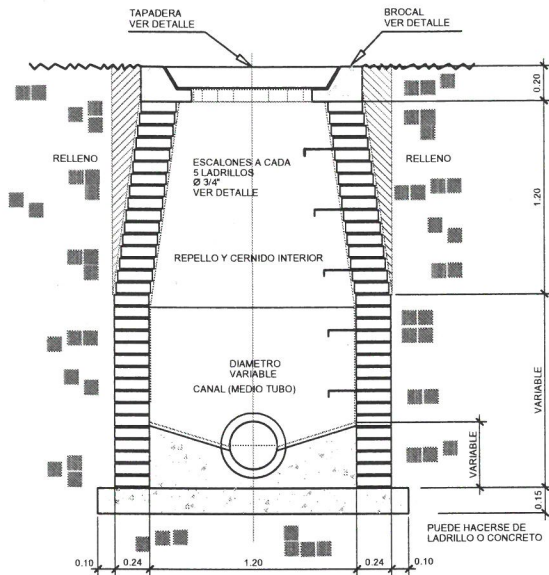
PLANTA DE POZO DE VISITA H>1.20 m.
ESCALA 1:20



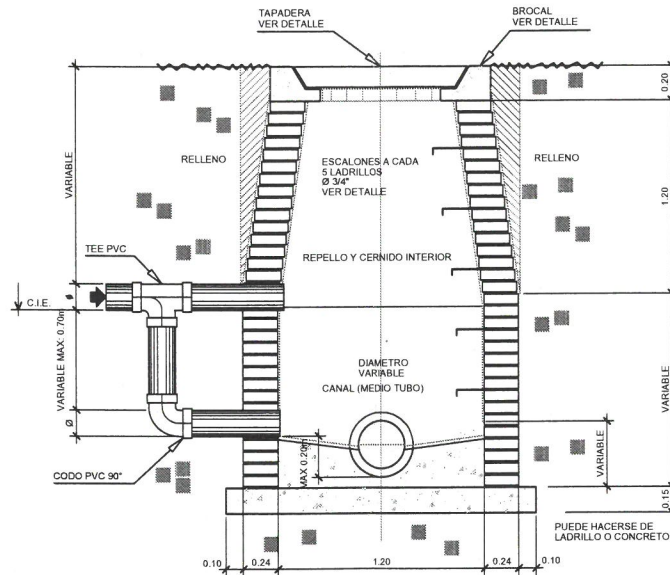
PLANTA DE POZO DE VISITA CON CAIDA
ESCALA 1:20



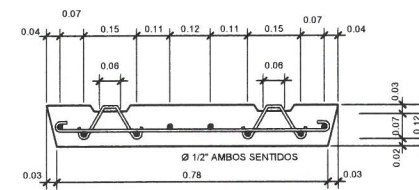
PLANTA DE TAPADERA
ESCALA 1:10



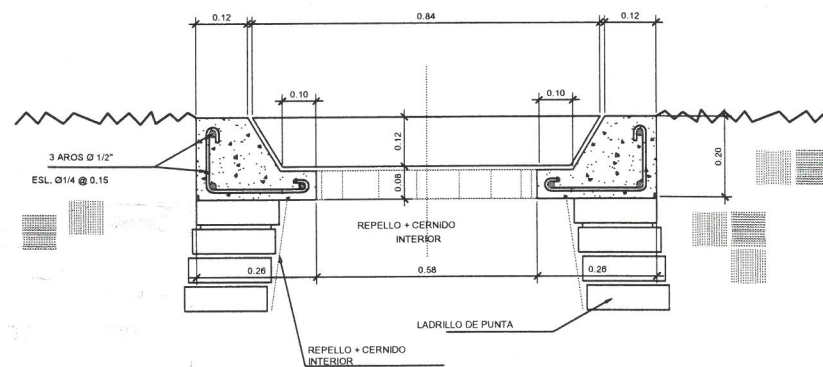
SECCIÓN A-A' H>1.20 m.
ESCALA 1:20



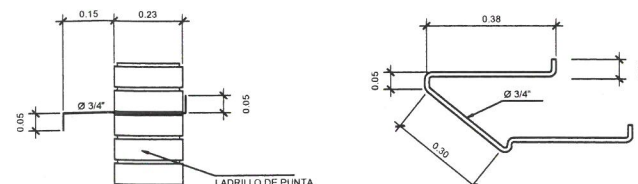
SECCIÓN B-B' POZO DE VISITA CON CAIDA
ESCALA 1:20



SECCIÓN C-C' TAPADERA
ESCALA 1:10



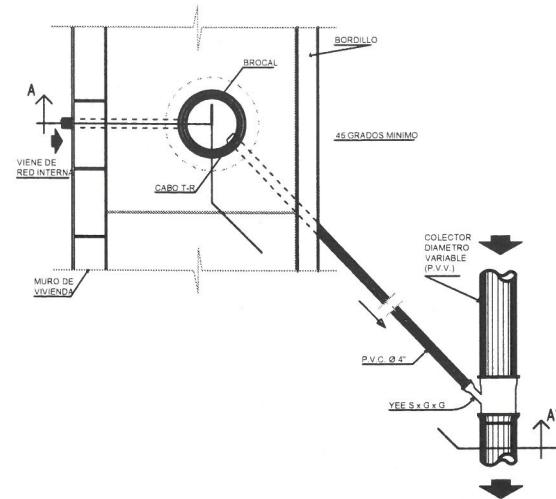
DETALLE BROCAL DE POZO DE VISITA
ESCALA 1:20



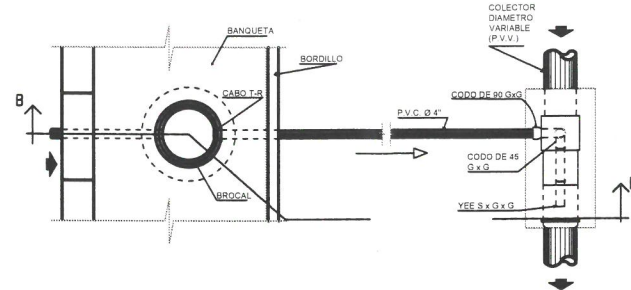
DETALLE DE ESCALÓN
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
1.	LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2.	EL CONCRETO DEBERA TENER UN F _{ck} = 210 kg/cm ² CON PROPORCIÓN 1:2:3.5.
3.	EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCIÓN 1:3.
4.	LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5.	EL ACERO A UTILIZAR SERA F _y = 2810 kg/cm ² .

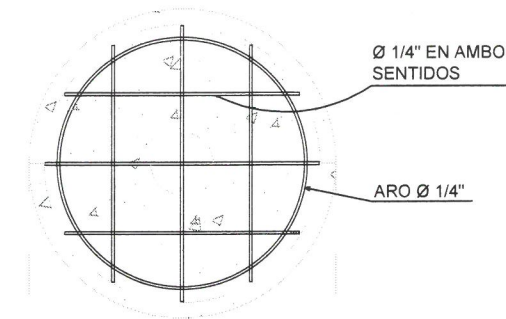
	MARCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO BARRIO DE COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
	CONTENIDO: 02 ASESOR: SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería	
SUPERVISOR: ING. SILVIO RODRIGUEZ	DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO	PROGRAMA: EPS USAC ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2 018 HOJA NO. 9
		10



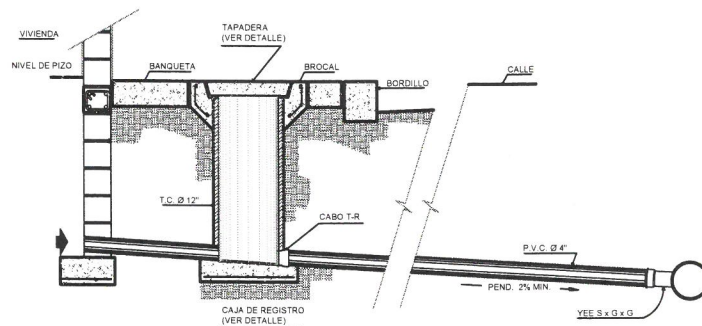
PLANTA DE ACOMETIDA DOMICILIAR TIPO A
ESCALA 1:20



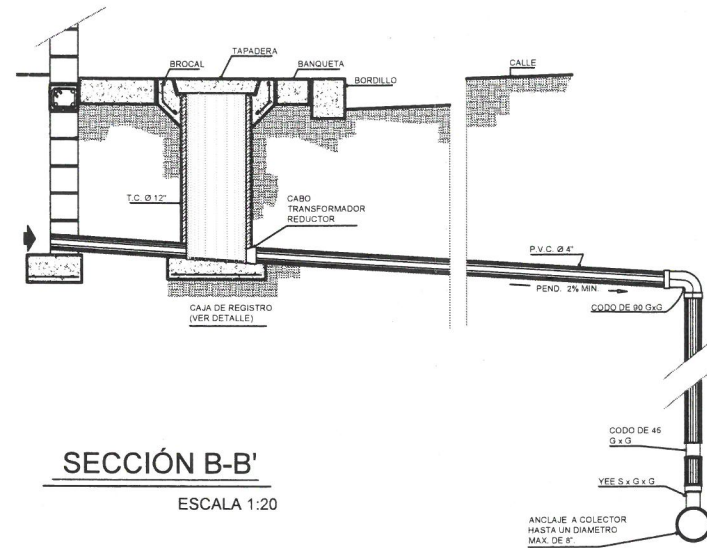
PLANTA DE ACOMETIDA DOMICILIAR TIPO B



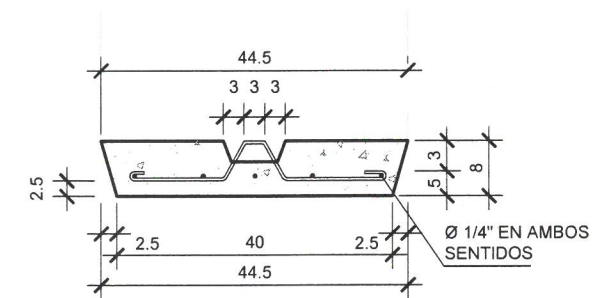
DETALLE DE TAPADERA
ESCALA 1:5



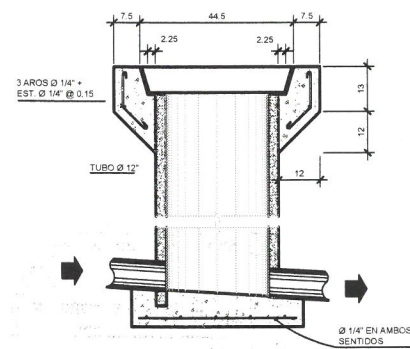
SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:20



SECCIÓN B-B'
ESCALA 1:20



DETALLE DE TAPADERA
ESCALA 1:5



DETALLE DE CAJA DE REGISTRO
ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
1.	EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN Fc = 210 kg/cm ² CON PROPORCIÓN 1:2:3.5.
2.	EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCIÓN 1:3.
3.	EL ACERO A UTILIZAR SERÁ Fy = 2810 kg/cm ² .

REFERENCIAS

TIPO A PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD MENOR DE 3.00 m

- A. CABO TRANSFORMADOR/REDUCTOR
- B. TUBERIA P.V.C. 4\"/>

TIPO B PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3.00 m A LA COTA DE CORONAMIENTO.

- A. CABO TRANSFORMADOR/REDUCTOR
- B. TUBERIA P.V.C. 4\"/>
- C. CODO DE 90d 4\"/>
- D. CODO DE 45d 4\"/>

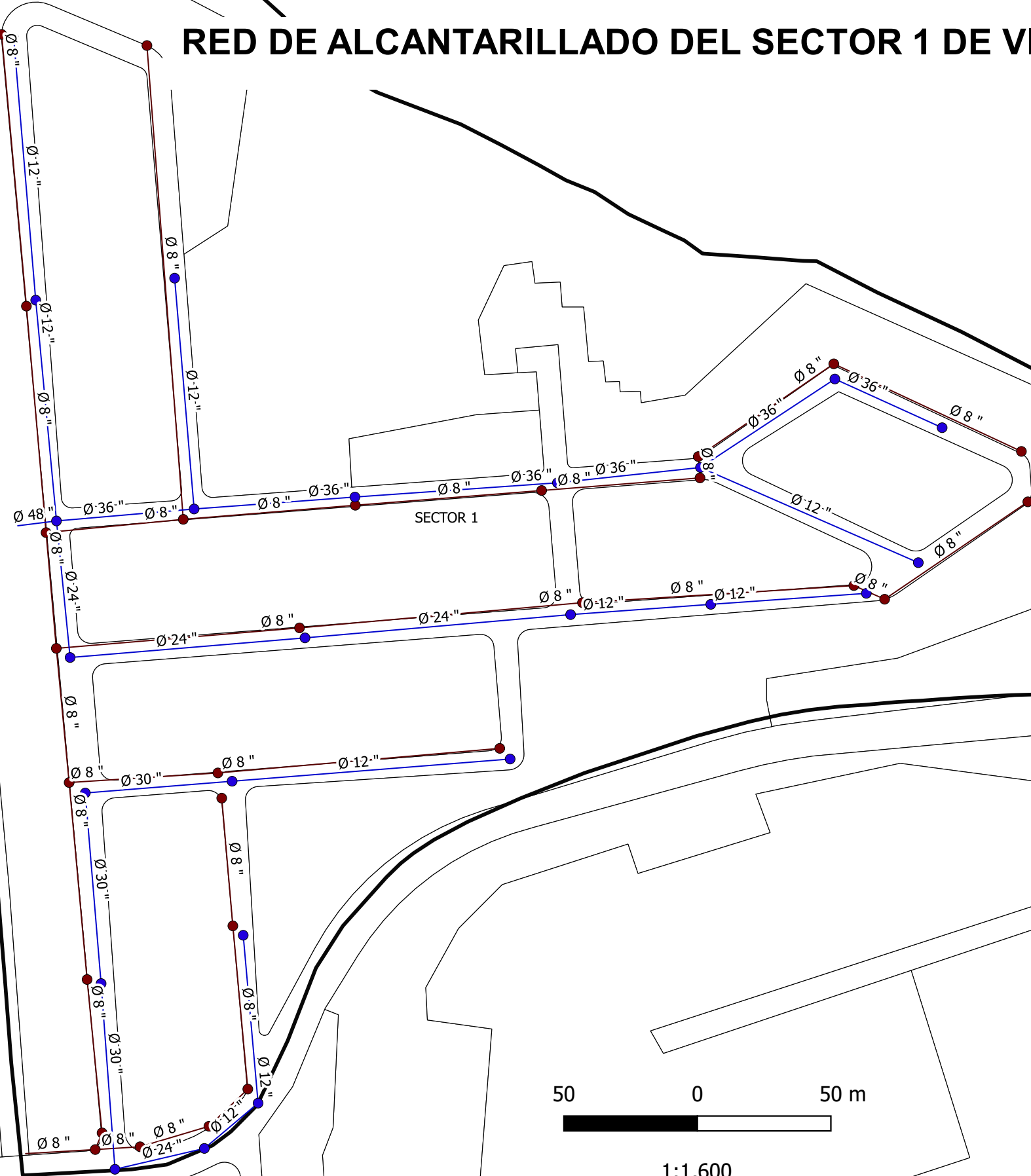
	MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA MUNICIPALIDAD DE MIXCO, GUATEMALA, GUATEMALA PROYECTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE COLONIA SANTA MONICA, ZONA 2	
	PROGRAMA: EPS USAC ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2 018 HOJA NO. 10	
ASISTENTE: Ing. Silvio José Rodríguez Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS	DETALLES DE CONEXIONES DOMICILIARES DIBUJO Y CALCULO: PABLO ESTEBAN NOLASCO	HOJA NO. 10

Apéndice 2. **Levantamiento y georreferenciación de las redes de alcantarillado de Villa Hermosa I y II**

1. Red de alcantarillado del sector 1 de Villa Hermosa I
2. Red de alcantarillado del sector 2 de Villa Hermosa I
3. Red de alcantarillado del sector 3 de Villa Hermosa I
4. Red de alcantarillado del sector 4 de Villa Hermosa I
5. Red de alcantarillado del sector 5 de Villa Hermosa I
6. Red de alcantarillado del sector 6 de Villa Hermosa I
7. Red de alcantarillado del sector 7 de Villa Hermosa I
8. Red de alcantarillado del sector 8 de Villa Hermosa I
9. Red de alcantarillado del sector 9 de Villa Hermosa I
10. Red de alcantarillado del sector 10 de Villa Hermosa I
11. Red de alcantarillado del sector 11 de Villa Hermosa I
12. Red de alcantarillado del sector 12 de Villa Hermosa I
13. Red de alcantarillado del sector 1 de Villa Hermosa II
14. Red de alcantarillado del sector 2 de Villa Hermosa II

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 2.18.

RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 1 DE VILLA HERMOSA I



Simbología

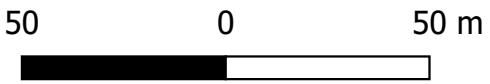
Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

División territorial
 Manzanas



1:1,600

Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 2 DE VILLA HERMOSA I

Simbología

Pozos de visita

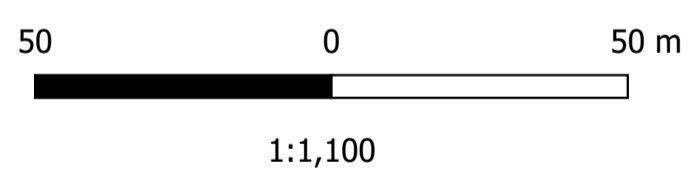
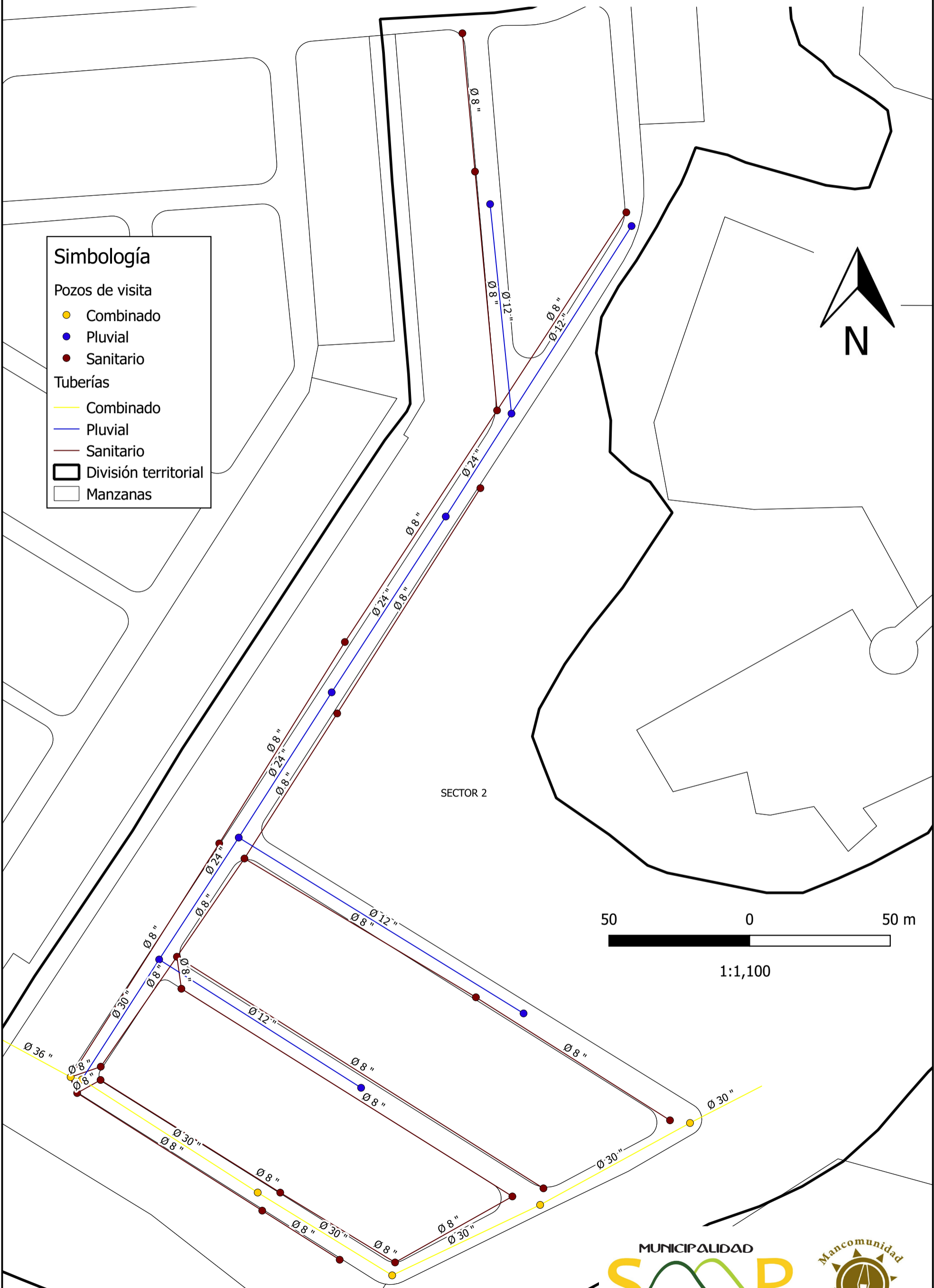
- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

▭ División territorial

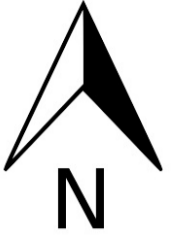
▭ Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 3 DE VILLA HERMOSA I



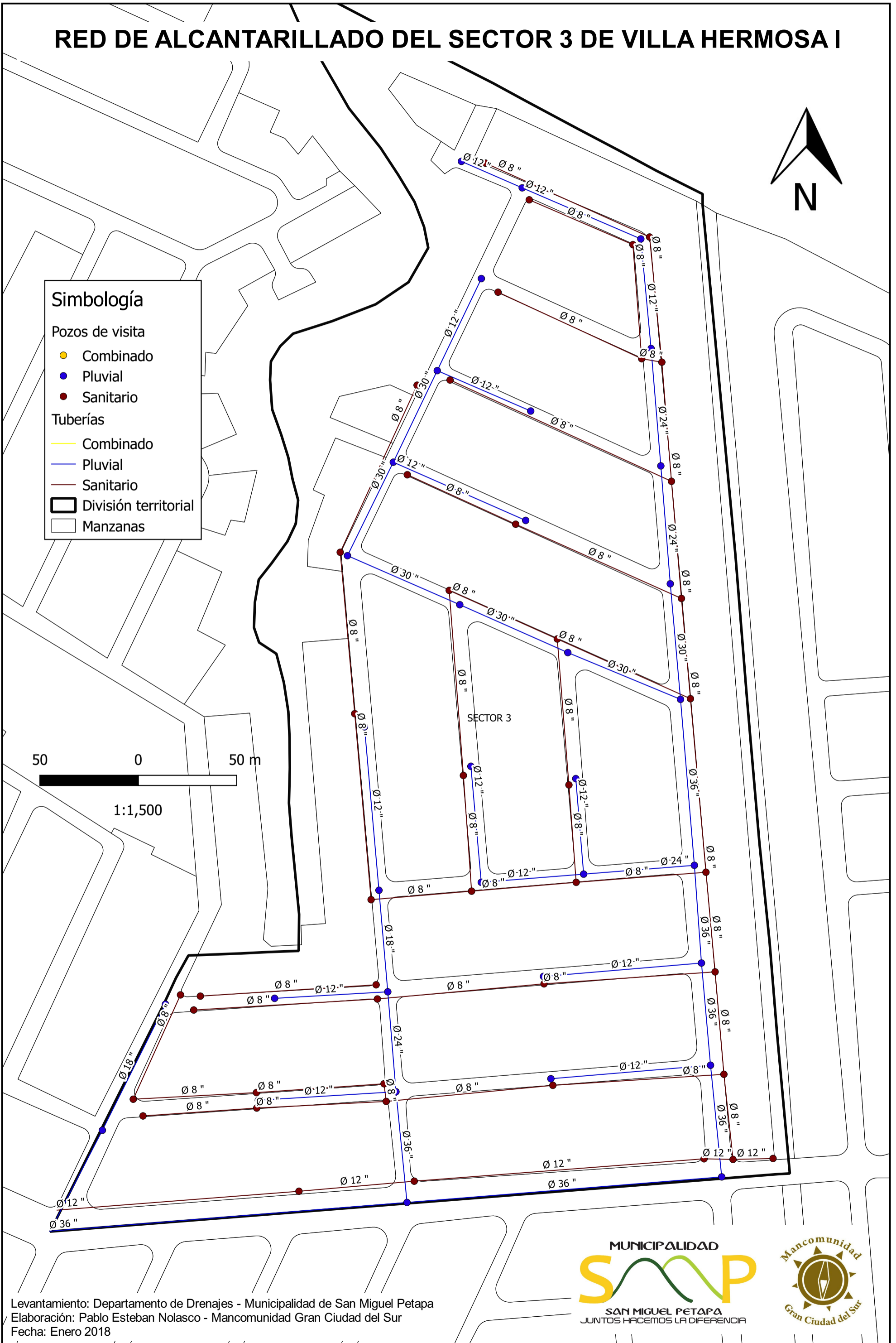
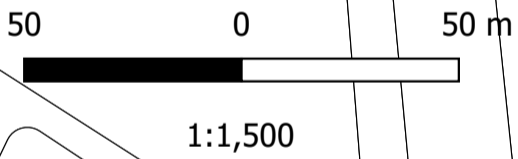
Simbología

Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

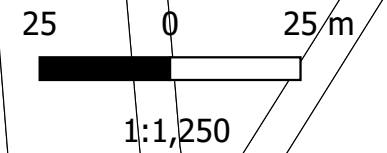
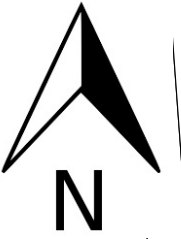
- Combinado
- Pluvial
- Sanitario
- División territorial
- Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 4 DE VILLA HERMOSA I



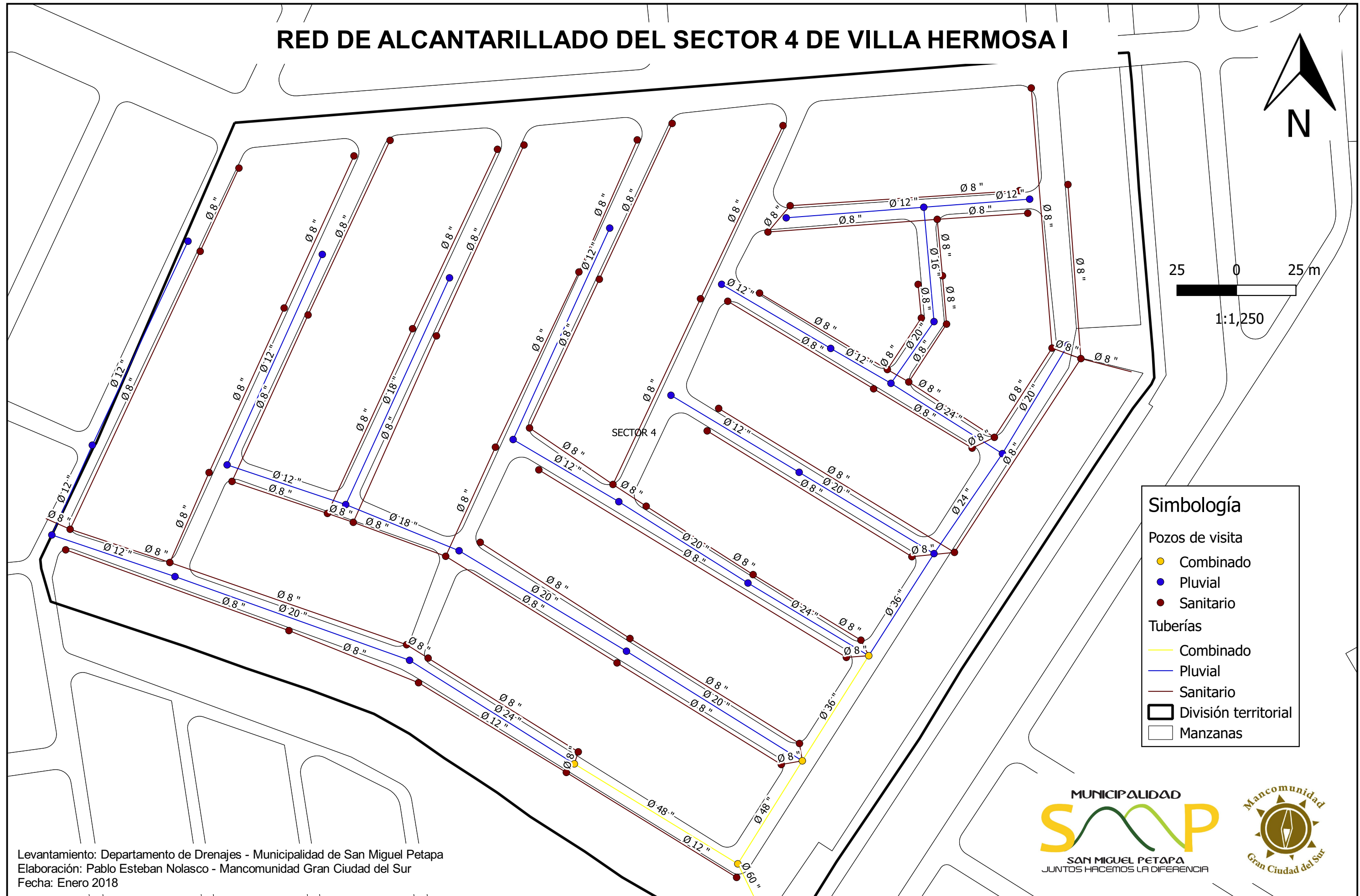
Simbología

- Pozos de visita
- Combinado
 - Pluvial
 - Sanitario

- Tuberías
- Combinado
 - Pluvial
 - Sanitario
 - División territorial
 - Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 5 DE VILLA HERMOSA I



Simbología

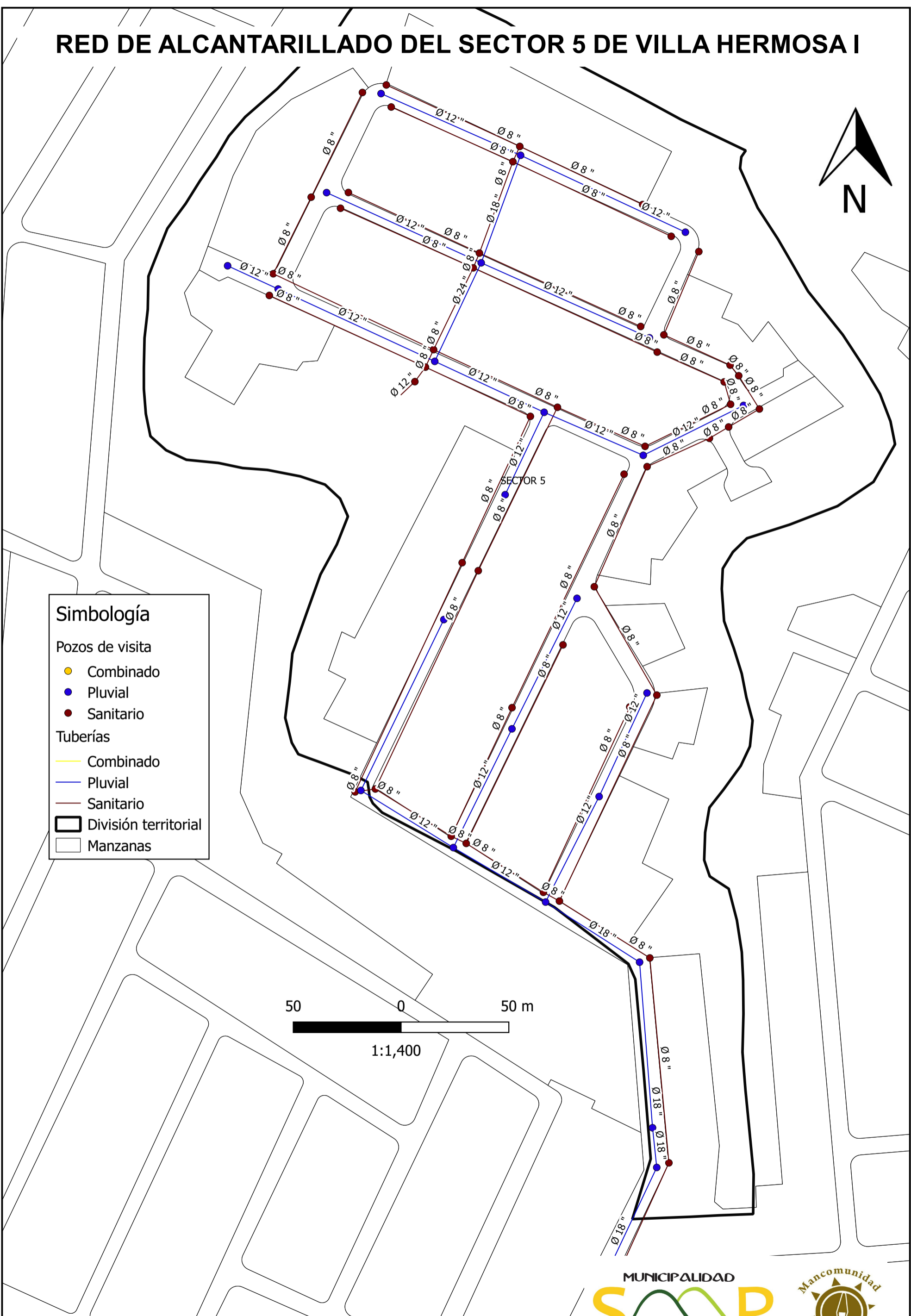
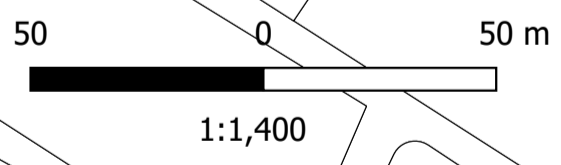
Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

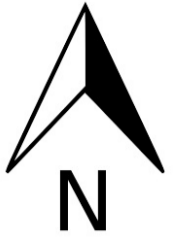
División territorial
 Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 6 DE VILLA HERMOSA I



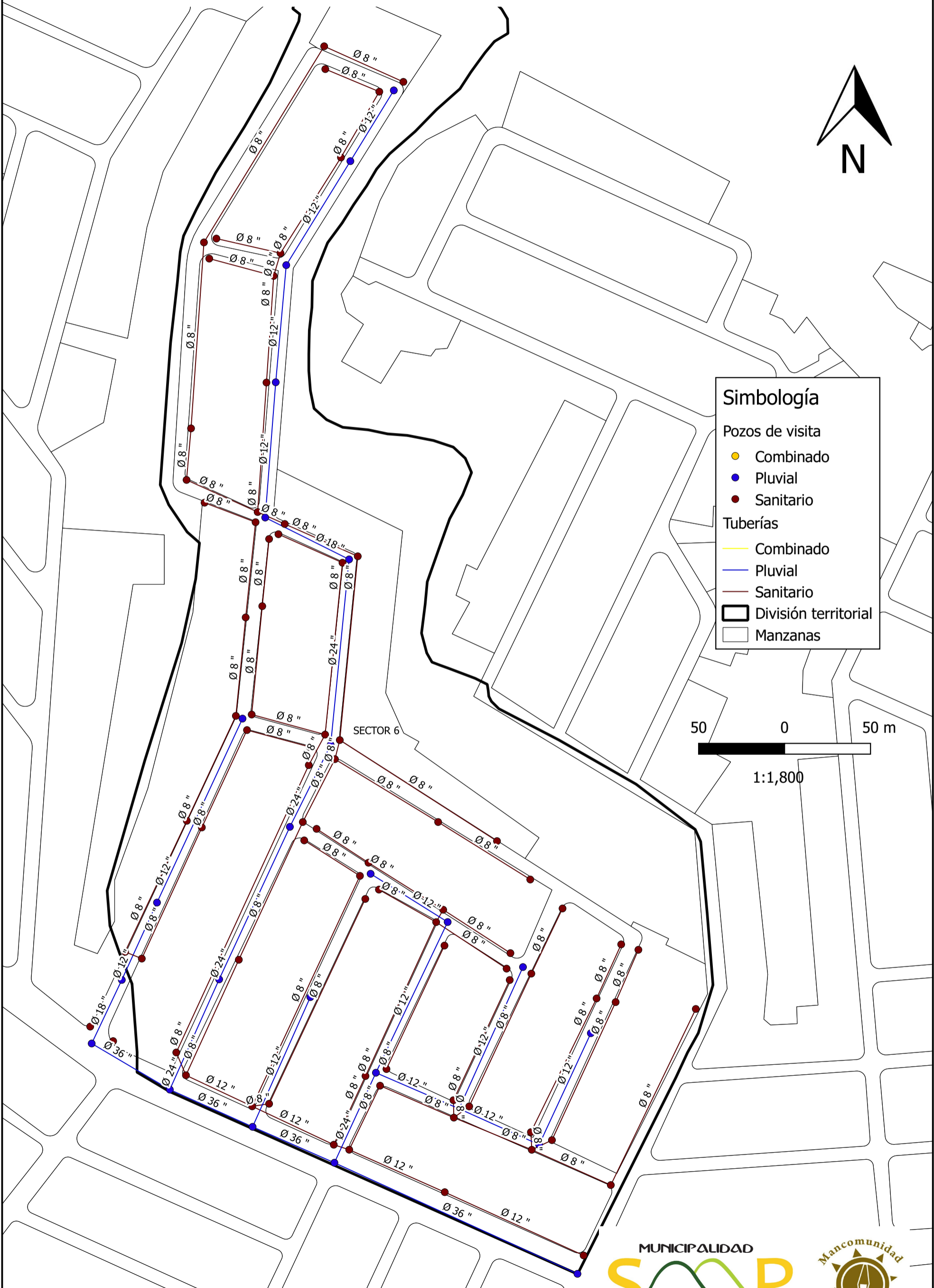
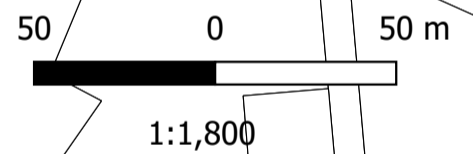
Simbología

Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

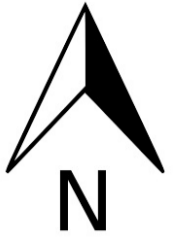
- Combinado
- Pluvial
- Sanitario
- División territorial
- Manzanas



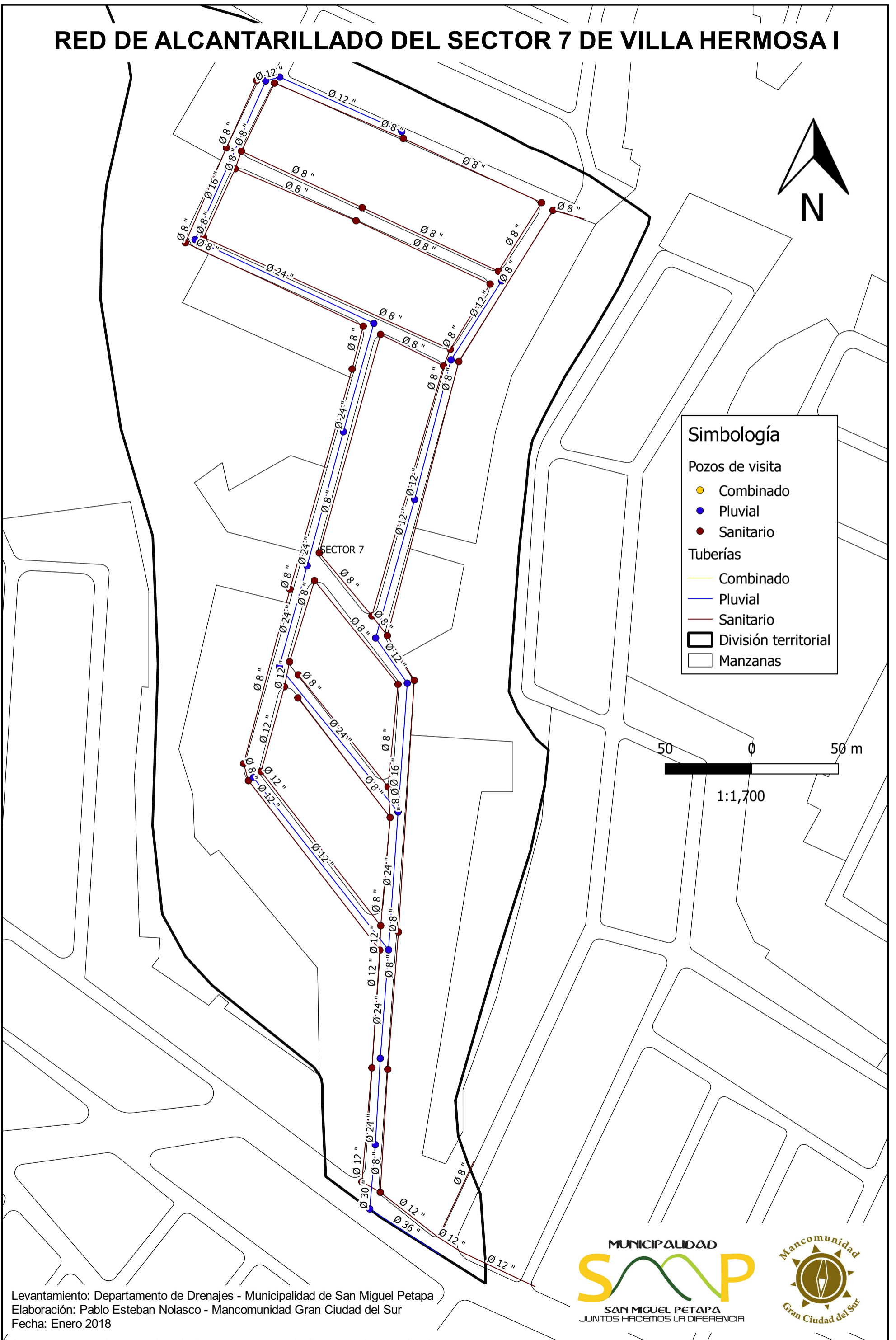
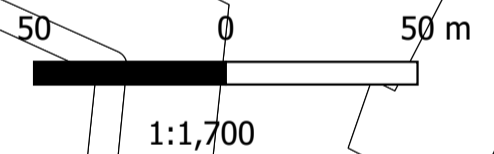
Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 7 DE VILLA HERMOSA I



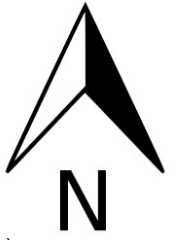
Simbología	
Pozos de visita	
●	Combinado
●	Pluvial
●	Sanitario
Tuberías	
—	Combinado
—	Pluvial
—	Sanitario
	División territorial
	Manzanas



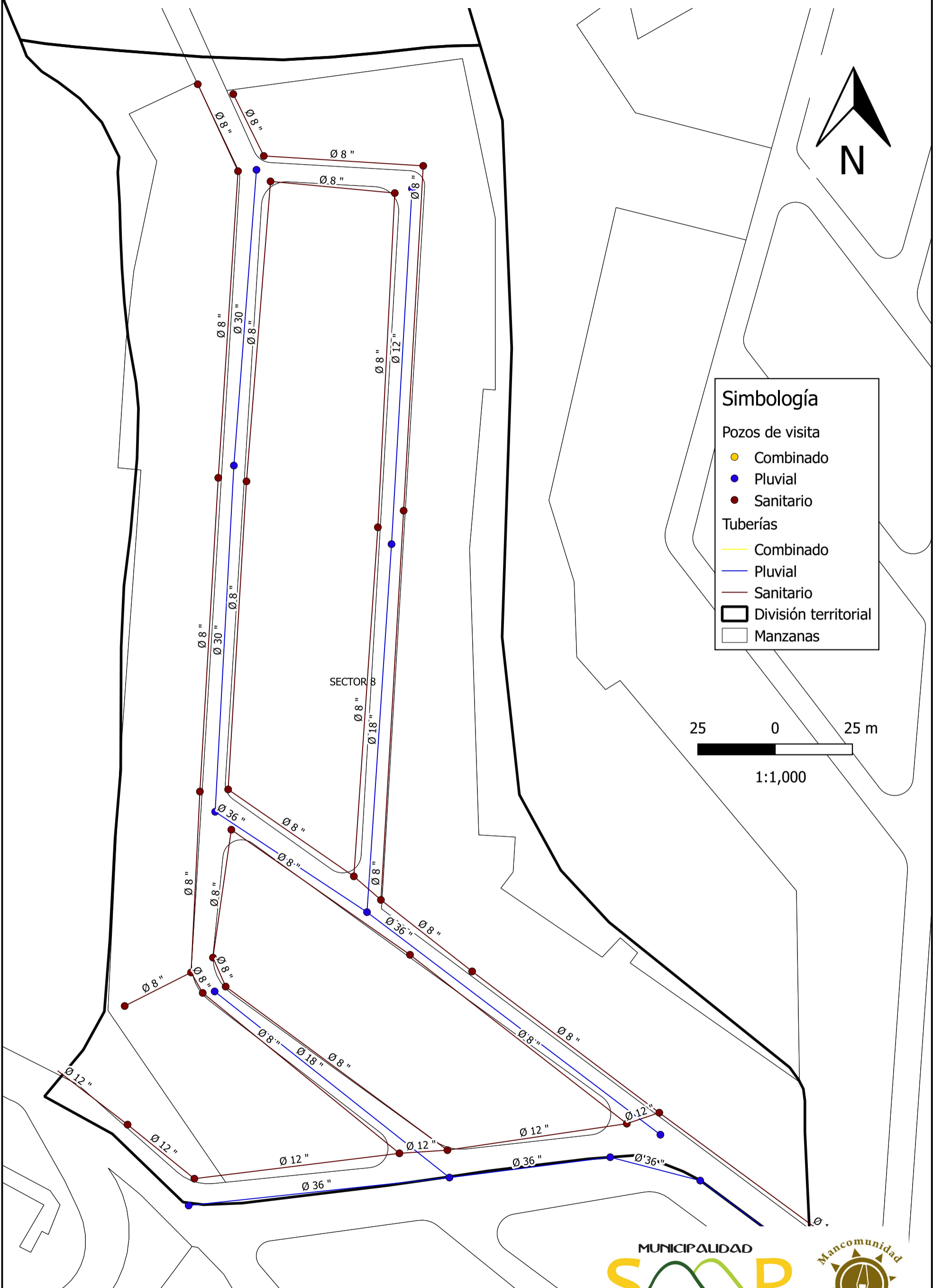
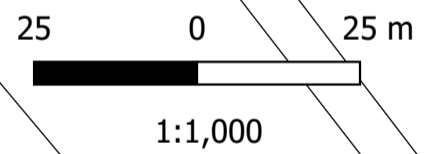
Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 8 DE VILLA HERMOSA I



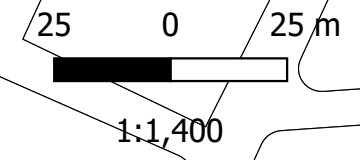
Simbología	
Pozos de visita	
	Combinado
	Pluvial
	Sanitario
Tuberías	
	Combinado
	Pluvial
	Sanitario
	División territorial
	Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 9 DE VILLA HERMOSA I



Simbología

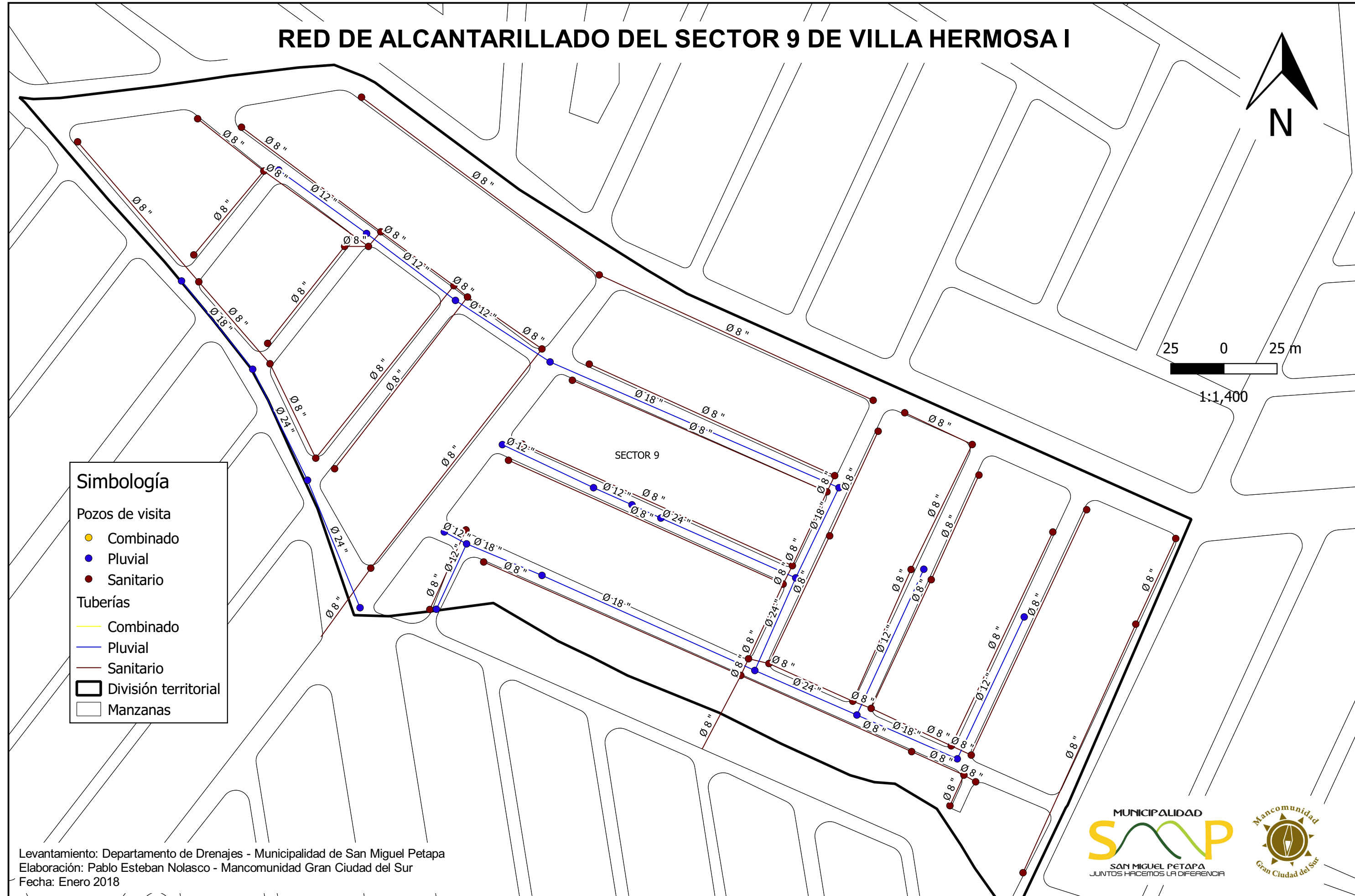
Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

- ▭ División territorial
- ▭ Manzanas



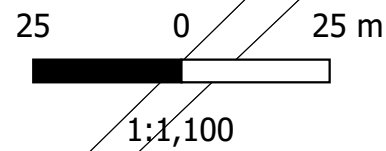
Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 10 DE VILLA HERMOSA I



Simbología	
Pozos de visita	
	Combinado
	Pluvial
	Sanitario
Tuberías	
	Combinado
	Pluvial
	Sanitario
	División territorial
	Manzanas

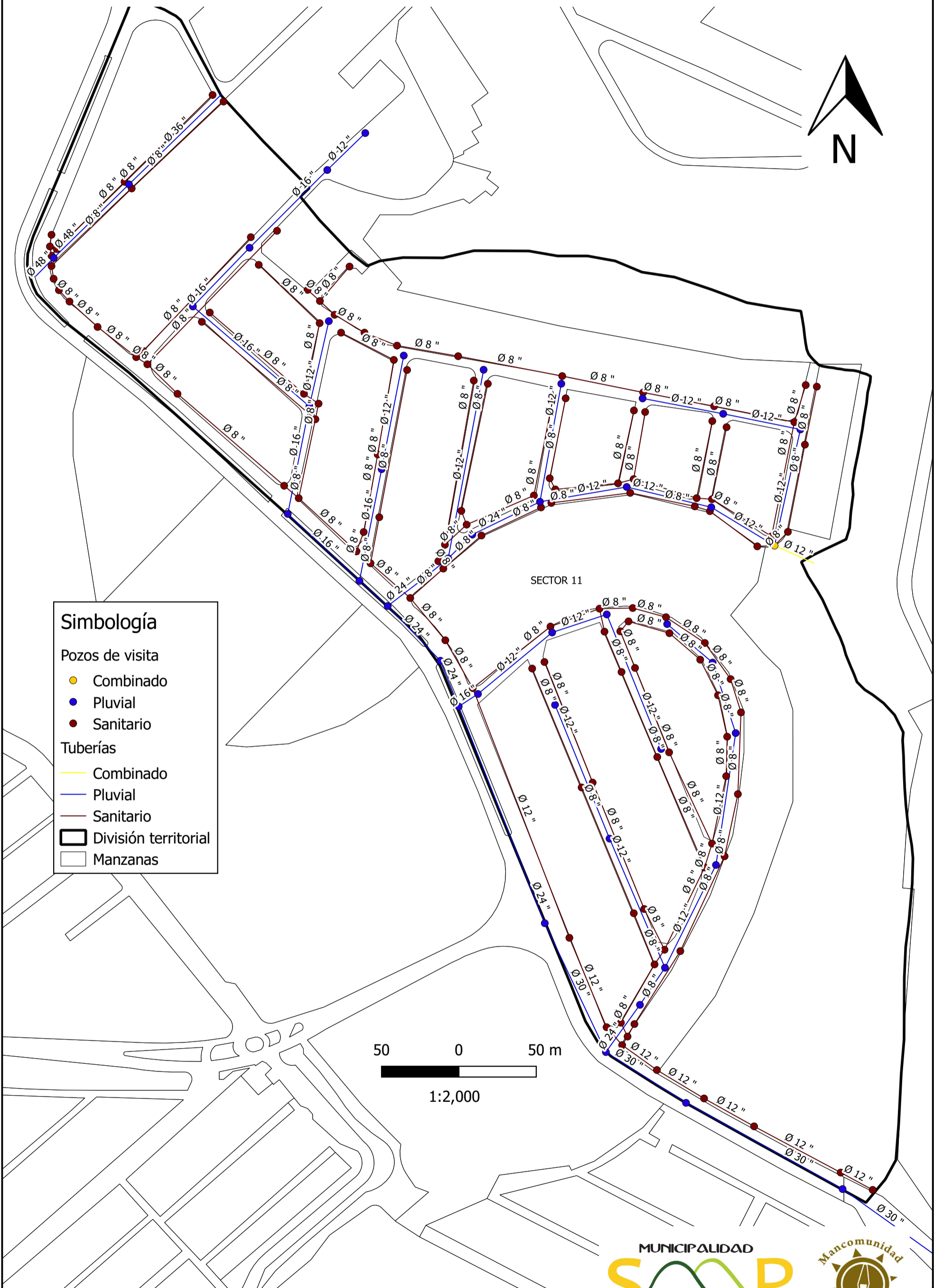


SECTOR 10

Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 11 DE VILLA HERMOSA I



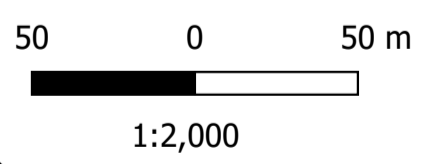
Simbología

Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario
- División territorial
- Manzanas



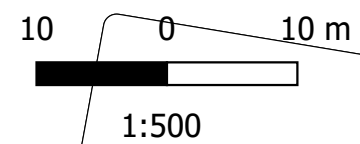
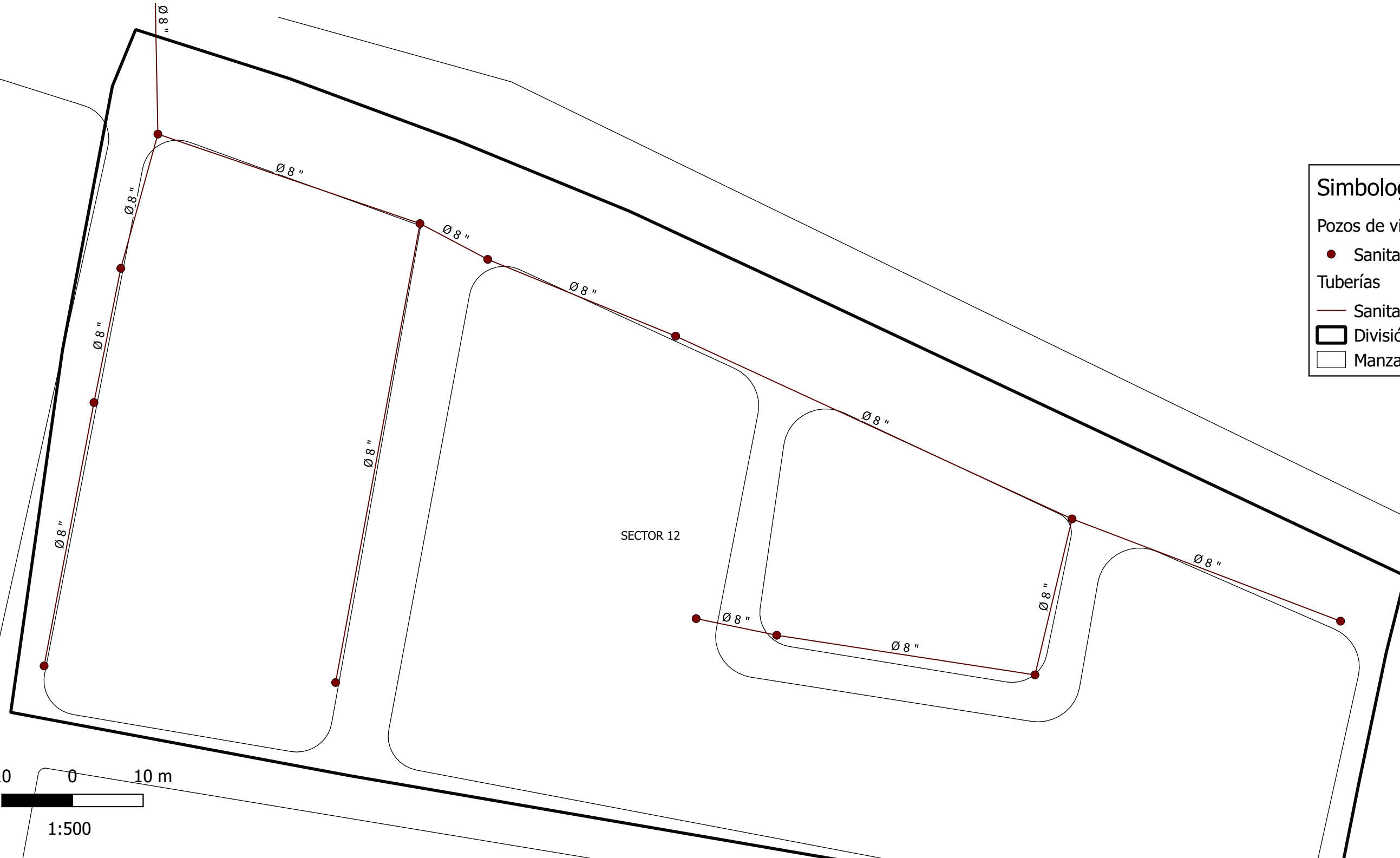
Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 12 DE VILLA HERMOSA I



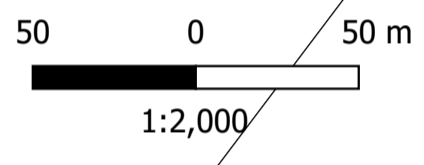
Simbología	
Pozos de visita	
• Sanitario	
Tuberías	
— Sanitario	
▭ División territorial	
▭ Manzanas	



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 1 DE VILLA HERMOSA II



SECTOR 1

Simbología

Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

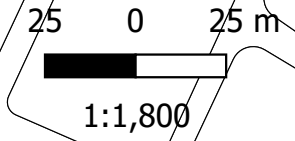
Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario
- División territorial
- Manzanas

Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018



RED DE ALCANTARILLADO DEL SECTOR 2 DE VILLA HERMOSA II



Simbología

Pozos de visita

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

Tuberías

- Combinado
- Pluvial
- Sanitario

División territorial

Manzanas



Levantamiento: Departamento de Drenajes - Municipalidad de San Miguel Petapa
 Elaboración: Pablo Esteban Nolasco - Mancomunidad Gran Ciudad del Sur
 Fecha: Enero 2018

