



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

Luis Fernando Sagastume Flores

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, enero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS FERNANDO SAGASTUME FLORES
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE,
FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA
LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de marzo de 2013.


Luis Fernando Sagastume Flores

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 04 de noviembre de 2014
REF.EPS.DOC.1108.11.2014

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores** con carné No. **199923084**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, 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. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Prácticas de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
11 de noviembre de 2014

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 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Fernando Sagastume Flores, con Carnet No. 9923084, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de noviembre de 2014
Ref.EPS.D.670.11.14

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 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores, carné 199923084**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Sagastume Flores, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2015.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 027.2015

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 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III Y DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DE MIXCO, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Sagastume Flores,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 29 de enero de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Mi Señor** Fuente inagotable, porque su presencia siempre estuvo a mi lado, dándome paz y fortaleza a mi vida.
- Mis padres** José Andrés Sagastume Palma y Berta Alicia Flores de Sagastume, por su apoyo, amor y la paciencia que me han tenido.
- Mis hermanos** Carlos Alberto, Roberto José y Ana Luisa Sagastume, que han sido un apoyo en todo momento, que Dios los bendiga.
- Mi novia** Nancy del Rosario Roldán Montenegro, gracias por motivarme a terminar este camino, por el apoyo y el amor incondicional. Te amo.
- Mis abuelos** José Gildardo Flores Carranza, (q.e.p.d.), Berta Arriola, Rafael Austreberto Sagastume Osorio (q.e.p.d.), María Luisa Palma Monteros (q.e.p.d.), siempre los recuerdo.
- Mi familia en general** Con mucho respeto, agradecimiento y cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi Señor	Por darme la oportunidad de vivir y lograr mi meta, a ti sea toda honra y gloria.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme forjar en las aulas uno de mis añorados sueños.
Mi asesor	Ingeniero Oscar Argueta Hernández, por compartir sus conocimientos para la elaboración de este trabajo de graduación.
Ing. Jeovany Miranda	Por su apoyo en todo momento
Mis tíos	Por brindarme su cariño y apoyo siempre.
Mis primos	Por cada momento compartido.
Municipalidad de Mixco	Por darme la oportunidad de realizar mi EPS en la Oficina de Planificación, por su amistad y apoyo.
Mis amigos	Por todo el apoyo que me brindaron como hermanos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Mixco	1
1.2. Localización y extensión.....	1
1.3. Clima del municipio	2
1.4. Suelo y topografía	3
1.5. Costumbres y tradiciones	3
1.6. Población e idiomas	4
1.7. Actividades económicas	4
1.8. Vías de acceso	5
1.9. Servicios	5
1.10. Salud	6
1.11. Educación.....	6
1.12. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar	8
1.12.1. Descripción de las necesidades	8
1.12.2. Priorización de las necesidades	8

2.	FASE DEL SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Sistema de drenaje pluvial	12
2.1.3.	Localización de las líneas de drenaje pluvial.....	12
2.1.4.	Levantamiento topográfico	13
2.1.4.1.	Planimetría	13
2.1.4.2.	Altimetría	14
2.1.5.	Diseño del sistema	14
2.1.5.1.	Descripción del sistema a utilizar	14
2.1.5.2.	Probabilidad de ocurrencia.....	15
2.1.5.3.	Características del subsuelo	15
2.1.5.4.	Determinación del coeficiente de escorrentía	15
2.1.5.5.	Determinación de los lugares de descarga	16
2.1.5.6.	Determinación de las áreas tributarias	17
2.1.5.7.	Intensidad de lluvia.....	17
2.1.5.8.	Pendiente de tubería	19
2.1.5.9.	Diámetro de tubería.....	19
2.1.5.10.	Caudal de diseño	19
2.1.5.11.	Velocidades y caudales a sección llena.....	20
2.1.5.12.	Revisión de relaciones	21
2.1.5.13.	Cotas Invert.....	21
2.1.5.14.	Pozos de visita	22
2.1.5.15.	Rejillas.....	23

	2.1.5.16.	Diseño de tragantes.....	23
	2.1.5.17.	Ejemplo de diseño de un tramo	28
	2.1.6.	Presupuesto.....	30
	2.1.7.	Planos.....	30
	2.1.8.	Evaluación socioeconómica.....	31
	2.1.8.1.	Valor Presente Neto	31
	2.1.8.2.	Tasa Interna de Retorno.....	32
	2.1.9.	Evaluación de Impacto Ambiental	33
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA.....		35
	3.1.	Descripción del proyecto	35
	3.1.1.	Red de distribución	36
	3.2.	Fuente de abastecimiento	36
	3.3.	Aforo de fuente	36
	3.4.	Calidad de agua	37
	3.4.1.	Análisis bacteriológico	37
	3.4.2.	Análisis fisicoquímico.....	38
	3.5.	Obras existentes.....	38
	3.6.	Levantamiento topográfico	39
	3.6.1.	Planimetría.....	39
	3.6.2.	Altimetría.....	39
	3.7.	Cálculos topográficos	40
	3.8.	Diseño hidráulico	41
	3.8.1.	Población actual	41
	3.8.2.	Período de diseño.....	42
	3.8.3.	Población futura.....	42
	3.8.4.	Dotación	43

3.8.5.	Caudales del sistema	43
3.8.5.1.	Caudal medio diario	43
3.8.5.2.	Caudal máximo diario.....	44
3.8.5.3.	Caudal máximo horario	45
3.8.5.4.	Caudal instantáneo	46
3.8.5.5.	Caudal de vivienda.....	46
3.8.6.	Velocidades de sistema	47
3.8.7.	Presiones del sistema	48
3.8.7.1.	Presión estática.....	48
3.8.7.2.	Presión dinámica.....	48
3.9.	Diseño de la línea de conducción	48
3.10.	Tanque de almacenamiento.....	54
3.11.	Diseño de la línea de distribución	55
3.12.	Tanque de distribución	61
3.13.	Bases de diseño.....	62
3.14.	Obras hidráulicas	63
3.14.1.	Conexiones prediales.....	63
3.14.2.	Cajas de válvulas	64
3.14.3.	Anclajes de tuberías	64
3.15.	Tuberías.....	65
3.15.1.	Desinfección.....	65
3.15.2.	Análisis de costos.....	66
3.15.3.	Evaluación de Impacto Ambiental	68
3.15.4.	Evaluación socioeconómica	70
3.15.4.1.	Valor Presente Neto	71
3.15.4.2.	Tasa Interna de Retorno	73
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES		79

BIBLIOGRAFÍA.....81
APÉNDICES83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Mixco	2
2.	Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad.....	7
3.	Localización de la avenida La Brigada.....	13
4.	Sección de carretera	25
5.	Área de sección de rejilla	26
6.	Flujo de caja del Valor Presente Neto	32
7.	Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno	33
8.	Esquema simplificado del sector 5.....	56
9.	Conexión predial	63
10.	Detalle de cajas de válvulas.....	64
11.	Flujo de caja del Valor Presente Neto.....	72
12.	Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno	74

TABLAS

I.	Valores para coeficiente de escorrentía.....	16
II.	Intensidad de lluvia	18
III.	Diámetros de tuberías.....	22
IV.	Diámetros comerciales a utilizar	51
V.	Datos de diseño de la línea de conducción para sectores 5 y 6	53
VI.	Datos de diseño II de la línea de conducción para sectores 5 y 6.....	53
VII.	Presupuesto final	67

VIII. Ingresos y egresos del proyecto 71
IX. Resultados del Valor Presente Neto 74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Act	Actual
h	Altura
Hv	Altura de la viga
A	Área
Ainf	Área de infiltración
Av	Área de la varilla
At	Área tributaria
CM	Carga muerta
P	Carga puntual
Cu	Carga última
CV	Carga viva
Q	Caudal a sección llena
Qili	Caudal de conexiones ilícitas
q	Caudal de diseño
Qdis	Caudal de diseño
Qinf	Caudal de infiltración
Qdom	Caudal domiciliar
Qsan	Caudal sanitario
cm	Centímetro
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
CI	Cota Invert
D	Diámetro a sección llena
d	Diámetro a sección parcial

Dp	Diámetro de pozo
n	Diferencia de años
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero
e	Excentricidad
Fcu	Factor de carga última
FQM	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
FHact	Factor de Harmond actual
FHfut	Factor de Harmond futuro
S	Fuerza de sismo
Hab	Habitantes
Ha	Hectáreas
hrs	Horas
I	Inercia
Kg	Kilogramo
Kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
Kg/m²	Kilogramo sobre metro cuadrado
l/hab/día	Litro por habitante por día
lt/s	Litro por segundo
L	Longitud
m	Metro
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetros
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
M	Momento
Mb	Momento balanceado

Mcm	Momento de carga muerta
Mcv	Momento de carga viva
Mu	Momento último
S%	Pendiente en porcentaje
W	Peso
W1n	Peso de estructura de primer nivel
W2n	Peso de estructura de segundo nivel
West	Peso de la estructura
Wc	Peso específico del concreto
p	Población
Po	Población actual
Pn	Población buscada
pl	Población futura
Pv	Pozo de visita
qmáx	Presión máxima sobre el suelo por debajo de la zapata.
qmín	Presión mínima sobre el suelo por debajo de la zapata.
q	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata
plg	Pulgada
Rec	Recubrimiento
flc	Resistencia última del concreto
Smax	Separación máxima
R	Taza de crecimiento
Ton	Tonelada
V	Velocidad a sección llena
v	Velocidad a sección parcial
Viv	Viviendas
VI	Volumen de líquidos

Vlo

Volumen de lodos

Vt

Volumen total

GLOSARIO

Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin puede ser: doméstica, comercial e industrial.
Aguas servidas	Igual a aguas negras.
Altimetría	Parte de la altimetría que enseña a medir las alturas.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Bacteria	Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila que desempeñan una serie de procesos de tratamiento incluyendo: oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación.
Banco de marca	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.

Bases de diseño	Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias de diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que normalmente se describen en las bases de diseño son: sólidos en suspensión, coliformes, fecales y nutrientes.
Caja de registro	Recipientes colocados en la acera para recibir y conectar el sistema de drenaje de tubería interna y externa.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce el sistema de drenaje.
Caudal comercial	Volumen de aguas negras que se desechan en los comercios.
Caudal de diseño	Es la suma de los caudales que pasan por una sección de alcantarilla.
Caudal de infiltración	Es el caudal de agua superficial que se infiltra por las paredes del sistema.
Caudal doméstico	Es el caudal de aguas negras que se desechan en las viviendas.

Caudal industrial	Volumen de aguas negras que se desechan en la industria.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para el desalojo de aguas negras o de lluvia (pluvial).
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.
Criterios de diseño	(1) Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, bases y límites que debe cumplir el proceso de diseño, estructura o componentes de un sistema. (2) guías que especifican detalles de construcción y materiales.
Curvas de nivel	Línea que une puntos de una misma elevación sin pasar sobre otra.
Red de alcantarillado	Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para desalojar aguas negras.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de la tubería.

Topografía

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre sobre dicha superficie y debajo de la misma.

Velocidad de arrastre

Velocidad mínima en la que los sólidos no se sedimentan en la alcantarilla.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el municipio de Mixco, Guatemala.

En la colonia La Brigada zona 7 de Mixco cuentan con deficiencias como lo es el sistema de agua potable.

Para dar solución a dicho problema se diseñó, calculó y cuantificó un sistema de distribución de agua potable, fase III para la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, el cual está conformado por: la línea central, tanque de almacenamiento, bombas sumergibles, pozos y las conexiones domiciliarias que incluye el sistema.

Como parte del proceso del diseño se realizó un censo poblacional para determinar la cantidad de habitantes que se beneficiarán con el proyecto, se realizó examen bacteriológico y fisicoquímico al agua, determinándose que el agua es apta para el consumo, se utilizó el programa de computación LOOP que trabaja por un método finito, en lo que se refiere a especificaciones el proyecto se diseñó con base en normas y especificaciones de EMPAGUA y CONEPAR.

Otra de las necesidades del municipio son las aguas pluviales, las cuales corren a flor de tierra y producen contaminación e inundaciones en las partes bajas de la colonia. Para mejorar las condiciones de ornato en el municipio se diseñó, calculó y cuantificó una red de alcantarillado pluvial.

OBJETIVOS

General

Planificar y diseñar la fase III del sistema de distribución de agua potable y diseñar el alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco, Guatemala.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura para la colonia La Brigada, zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala.
2. Realizar visitas de campo para reconocer el área que se beneficiará y así coleccionar información sobre la problemática.
3. Generar opciones en cuanto al diseño para beneficio de los habitantes de dicha colonia.

INTRODUCCIÓN

La colonia La Brigada está ubicada en la zona 7 de Mixco, tiene una distancia aproximada de 5,0 km al parque central del municipio y una ubicación noreste, cuenta con una población actual de 40,000 habitantes, la colonia tiene una organización por medio de un Comité de Vecinos, el cual ha manifestado dentro de las prioridades la construcción de un sistema de distribución de agua potable y un alcantarillado pluvial para evacuar las aguas llovidas.

El presente trabajo de graduación contiene el procedimiento de diseño del sistema de agua potable, fase III para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco y el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, utilizando los conocimientos correspondientes de la rama de la ingeniería civil, se tomó en cuenta el diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

El primer proyecto de dicho sistema se plantea en tres fases, las primeras dos fases ya fueron diseñadas. La fase III del proyecto consta de una línea central, almacenamiento, bombeo, línea de conducción y una red de distribución.

El segundo proyecto consta del diseño del alcantarillado pluvial por túnel, el cual está constituido por un colector principal que será diseñado por medio de túnel de concreto, rejillas, pozos, diseñado para una vida útil de 30 años.

Cuenta con dos capítulos: el primero presenta una breve monografía de la colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala. El segundo capítulo contiene el diseño del sistema de agua potable, fase III y el diseño del

sistema de alcantarillado pluvial. Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones y planos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Mixco

Mixco es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y asentado en la cordillera principal de la zona de influencia urbana de la ciudad capital, los límites son:

- Norte: San Pedro Sacatepéquez
- Este: Chinautla y Guatemala
- Sur: Villa Nueva
- Oeste: San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez

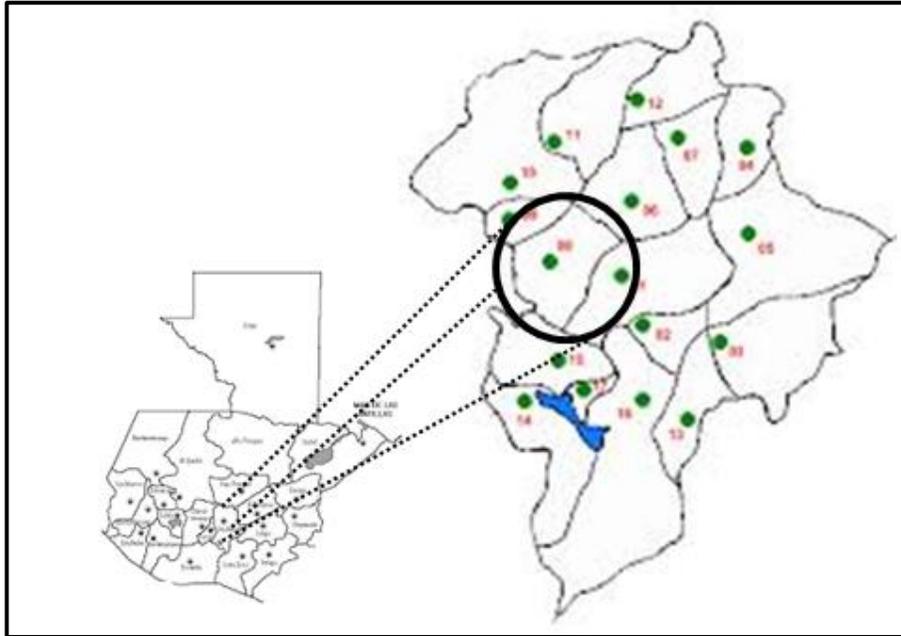
Cuenta con 11 aldeas y 27 colonias. Las aldeas son: El campanero, Cotió, El Aguacate, Lo de Bran, Lo de Coy, Lo de Fuentes, La Brigada, La Comunidad, Naranjito, San Ignacio y Sacoj.

1.2. Localización y extensión

El municipio de Mixco se encuentra localizado en la República de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital y se localiza a 90° 34' de longitud oeste y 14° 16' de latitud norte.

La extensión territorial es de 132 kilómetros cuadrados de los cuales 45,6 equivalen al 45,7 %, se encuentra dentro del área de la cuenca del lago de Amatitlán.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Mixco**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

1.3. **Clima del municipio**

La estación meteorológica que sirve de referencia para el municipio de Mixco es la del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), que se encuentra ubicada en la 7 av. 14-57 zona 13.

La cabecera municipal se encuentra a 1 730 metros sobre el nivel del mar, y tiene precipitación pluvial anual de 1 000 milímetros, según el INSIVUMEH para el 2013 se tienen los datos siguientes:

- Clima: templado
- Temperatura media: 20,5 c (anual)

- Temperatura máxima absoluta: 32,0 c (anual)
- Temperatura mínima absoluta: 8,2 c (anual)
- Lluvia: 1450.9 mm (anual)
- Días de lluvia: 130 (anual)
- Humedad relativa media: 77 %
- Brillo solar: 188,9 horas totales mensuales (anual)
- Nubosidad: 6 octas

1.4. Suelo y topografía

Mixco muestra una topografía quebrada en un 75 % de la extensión, el terreno plano lo constituye un 25 %, se ubica en el este del municipio, la cabecera municipal está asentada en un terreno sinuoso que inicia en la bifurcación de la ruta asfaltada CA-1 y termina con un nivel demasiado pronunciado en las faldas del cerro Alux.

1.5. Costumbres y tradiciones

Mixco se considera como parroquia extraurbana de la Arquidiócesis de Guatemala, el santo patrono es Santo Domingo, celebra dos festividades durante el año, las cuales son consideradas importantes por los habitantes; una en la última semana de enero en honor a la Virgen de Morenos y la otra en agosto en honor al santo patrono Santo Domingo de Guzmán.

En lo que respecta al núcleo tradicional de Mixco, alberga todavía una población indígena de origen pocomam, que viste trajes típicos y practican costumbres y tradiciones ancestrales.

Conserva en alguna medida el sistema de cofradías indígenas y de ladinos, organizando ambas, distintas actividades especialmente para las fiestas.

1.6. Población e idiomas

Según los datos del censo general de población de 1950, Mixco contaba con un total de 11 784 habitantes, correspondiendo a la población urbana 4 181 y el área rural 7 653. En 1986 el municipio mixqueño tenía una población de 297 387 habitantes. La información del último censo del Instituto Nacional de Estadística (INE), indica que en el 2013 existían 403 689 habitantes en una superficie de 132 kilómetros cuadrados de extensión territorial lo que equivale a 3 058 habitantes por kilómetro cuadrado. El desarrollo urbanístico del municipio de Mixco de los últimos años y la tendencia de la tasa de crecimiento de estudios anteriores indicaban que en 1993 aproximadamente el 85 % del espacio habitacional estaba construido en el municipio.

La población en la mayoría practica la religión católica, se habla el español y el idioma maya predominante es el pocomam.

1.7. Actividades económicas

La venta de vasos, cántaros, tinajas, platones y trastos de cerámica pintada y barnizada constituye la base del comercio mixqueño, así como la fabricación de jabón, licor y pieles.

Mixco cuenta con un total de 41 industrias de diferentes tipos de producción, entre las que figuran 6 de textiles, 4 de plásticos, 2 de yeso, 6 de alimentos, 2 de metálica y 21 químicas entre otras.

Estas actividades proporcionan bienestar desde el punto de vista de ubicación, independencia e integración familiar.

Dentro de las variables de mayor impacto en el bienestar de la familia se tienen las fuentes de contaminación ambiental y las fuentes de trabajo que generan una situación de confrontación, ya que por un lado, los ingresos provenientes del trabajo en la industria generalmente son más elevados que en otros sectores, lo que incrementa el nivel de satisfacción de las necesidades.

1.8. Vías de acceso

La cabecera municipal está adoquinada y asfaltada, en las aldeas las calles son de terracería y muchas colonias están asfaltadas, haciendo un promedio del 50 % de las vías con algún tipo de pavimento, el acceso a la población desde la ciudad está totalmente asfaltado y transitable. El municipio posee una estación a cargo de los Bomberos Voluntarios que cuenta con 15 elementos para atender las emergencias de la población, existe una estación de la Policía Nacional Civil ubicada en la cabecera municipal y alrededor de 15 estaciones distribuidas en las distintas comunidades que conforman el municipio, el transporte es extraurbano y urbano, cuenta con una corporación de buses llamada La Morena que presta el servicio a la población con unidades de buses y microbuses para todas las colonias vecinas y la ciudad capital.

1.9. Servicios

De acuerdo a la cantidad de servicios que posea un municipio inciden en la calidad de vida y bienestar familiar de los habitantes, sobre esta base se determina la relación con el medio ambiente y responsabilidad en el deterioro del mismo.

La primera Oficina de Telégrafos fue creada mediante Acuerdo Gubernativo del 23 de abril de 1901. El 23 de diciembre de 1916 se crea la Oficina de Correo y es hasta el 23 de junio de 1949, cuando se abre la Oficina de Correos y Telégrafos que actualmente labora en una oficina de tercera categoría.

1.10. Salud

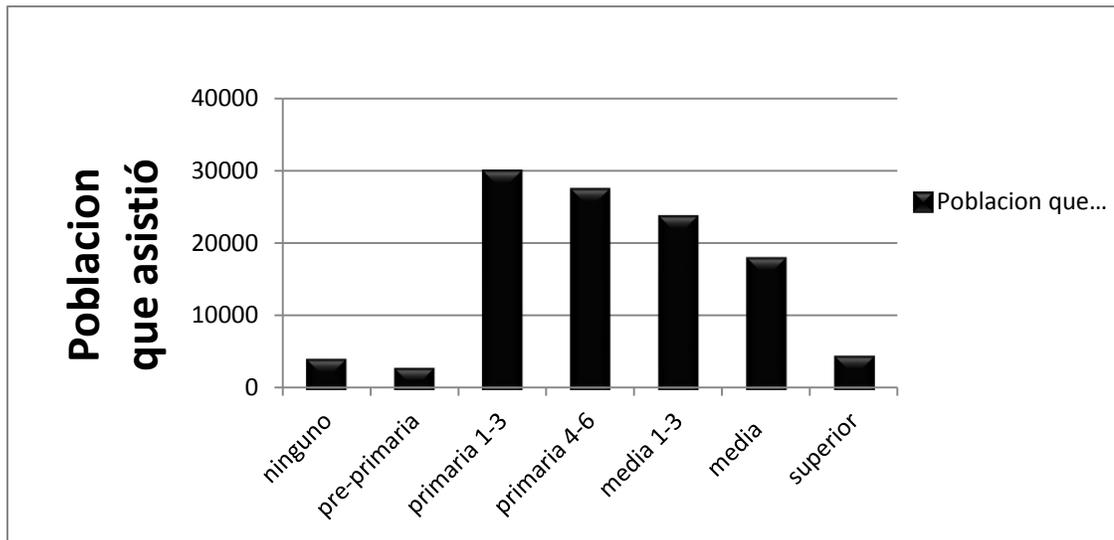
Población discapacitada

• Física	1 526
• Sensorial	635
• Mental	42
• Total	2 203
• Total poblacional	403 172

1.11. Educación

La figura 2 muestra el grado de escolaridad de la población, en la cual se identifica que un alto número de pobladores cuenta educación primaria, seguida de la educación media y superior con profesionales en distintas ramas.

Figura 2. **Población que asistió a un establecimiento educativo por nivel de escolaridad**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

De la figura 2 se puede observar que un alto porcentaje de la población escolar se encuentra en el nivel primario, reduciéndose el porcentaje en el nivel medio e inferior en el nivel superior, esto se debe a la necesidad que tienen los jóvenes de contribuir al ingreso económico de las familias, olvidando los estudios y dedicándose a la agricultura o a la fabricación de alguna artesanía.

Es preciso que la educación sea motivada a los jóvenes de manera curricular y extracurricular, la creatividad y curiosidad por conocer el medio para alcanzar una meta común: proteger los recursos naturales, fomentando el respeto a la naturaleza; valor que puede ser inculcado en la población mediante actividades vivenciales y utilizando metodología adecuada.

1.12. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar

La colonia La Brigada en zona 7 del municipio de Mixco cuenta con poco desarrollo en infraestructura, el servicio de alcantarillado pluvial es deficiente y el sistema de abastecimiento de agua potable no es el apto para las necesidades de los habitantes.

1.12.1. Descripción de las necesidades

Se evaluó el área determinándose que la colonia necesita un sistema de drenaje pluvial, debido a que las calles y avenidas de la colonia son afectadas por la lluvia, lo que puede llegar a ocasionar el colapso de los drenajes sanitarios, que reciben toda la lluvia hasta llegar a un extremo que las calles y avenidas sufren de inundaciones afectando a los habitantes y eso hace que no tenga una condición de vida apropiada.

La red de distribución de agua potable es antigua, presenta fugas y conexiones ilícitas lo que provocan poca llegada de caudal a las viviendas y con una presión inadecuada. Además las fugas de la red de distribución de agua potable se reflejan en el pavimento provocando baches y hundimientos, afectando la cómoda circulación vehicular, lo necesario es planificar y diseñar la fase III y completar la red de distribución y así satisfacer las necesidades de toda la colonia La Brigada zona 7 de Mixco.

1.12.2. Priorización de las necesidades

Al determinar los problemas sobre las necesidades que la colonia La Brigada requiere, la prioridad es diseñar un sistema de distribución de agua

potable para que los habitantes de la colonia La Brigada zona 7 de Mixco puedan tener un buen sistema que les garantice agua potable todos los días y que sea la adecuada para el desarrollo, además reduciría las enfermedades gastrointestinales y lograría una mayor higiene y salud reduciendo la contaminación en la naturaleza. Se dará capacitación a los vecinos para dar el uso adecuado al sistema que se diseñará.

Con relación al segundo proyecto de alcantarillado pluvial ayudará a los vecinos de la colonia para que puedan evacuar el agua llovida y garantizarles una mejor vida, teniendo las calles limpias y la libre locomoción para los habitantes y un sistema apto para épocas.

2. FASE DEL SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada zona 7 del municipio de Mixco

El proyecto del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco, tendrá como objetivo principal mejorar la canalización de aguas llovidas para la colonia y que puedan tener excelentes calles y avenida que permitan la libre locomoción, tanto peatonal como vehicular, actualmente se encuentra deteriorando las calles y contaminando el medio ambiente. Sin embargo, los volúmenes de agua se suman una y otra vez hasta que llegan a sobrepasar el dimensionamiento de tuberías generales, el proyecto contará con una longitud de 2,7 km, llevando este beneficio a más de 800 hogares.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto se realizará en la avenida La Brigada recorriendo por el lado izquierdo donde se tiene el mayor problema, se diseñará acorde al terreno, teniendo en cuenta pozos de visita, rejillas y las respectivas áreas tributarias, el desfogue se tiene contemplado diseñarlo en el río El Caminero.

El presupuesto está planteado para un período máximo de seis meses desde el día que se entrega el diseño para evitar la fluctuación de los precios de los materiales. Se analizarán los riesgos a los que está expuesto el proyecto y se plantean posibles soluciones.

2.1.2. Sistema de drenaje pluvial

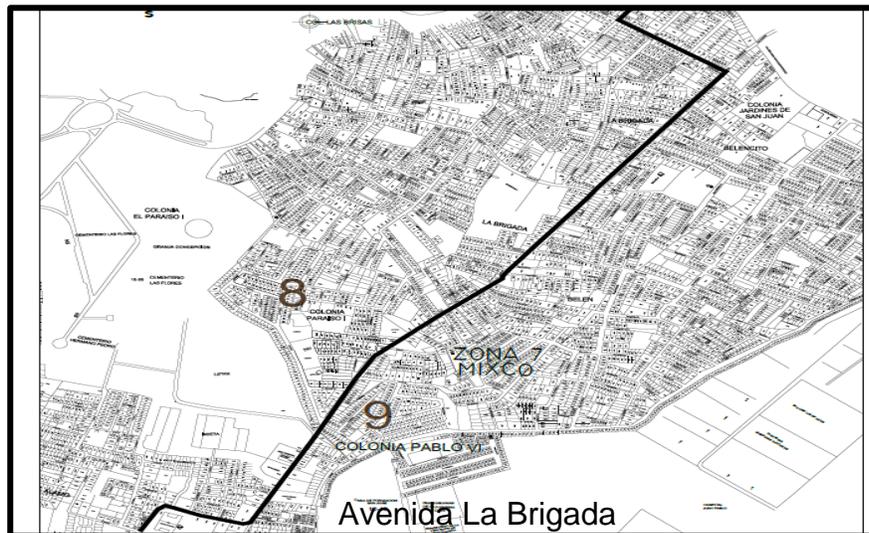
Las redes de alcantarillado pluvial tienen concepciones variadas, frecuentemente son redes enterradas, pero se combinan con tramos constituidos con canales abiertos. En la concepción de las redes de alcantarillado pluvial juegan un rol importante, además de la topografía que domina el alcantarillado sanitario el régimen de precipitaciones en la zona. Este sistema de drenaje pluvial se conoce porque el drenaje conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza el aprovechamiento.

En varias localidades no se realiza la diferenciación entre drenaje sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado al mismo destino causando que todos los tipos de desechos se junten. En el caso del drenaje pluvial, en el pavimento de las calles se establecen alcantarillas conectadas directamente a la tubería principal para captar el agua de lluvia.

2.1.3. Localización de las líneas de drenaje pluvial

Como se muestra en la figura 1 las líneas de drenaje pluvial se localizan por toda la avenida La Brigada, que es la avenida principal de la colonia, la línea principal se diseñará del lado izquierdo porque por el tipo de terreno que tiende hacia el lado izquierdo, toda la lluvia que cae sobre la avenida de las calles domiciliarias causan inundaciones en la avenida principal.

Figura 3. **Localización de la avenida La Brigada**



Fuente: Municipalidad de Mixco.

2.1.4. Levantamiento topográfico

En los siguientes subtítulos se detallan las características principales para la realización del levantamiento topográfico.

2.1.4.1. Planimetría

Estudia los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal sin importar las elevaciones. Para el levantamiento se utilizó el método de radiaciones posicionándolo en un punto y visualizando varios puntos, luego es llevado a otra estación y se hace el mismo procedimiento, el equipo utilizado fue una estación total marca Trimble M3 digital, un prisma, cinta métrica y metro, proporcionado por el Departamento de Planificación de la Municipalidad de Mixco

2.1.4.2. Altimetría

Las curvas de nivel son un instrumento indispensable para una representación gráfica del terreno sobre un plano y tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos de terreno. Para la realización de los trabajos de altimetría esta información fue realizada por el equipo de topografía del Departamento de Planificación, supervisado por mi persona. La altimetría se generó por medio de secciones transversales, para conocer la forma detallada la topografía del terreno, tomando una cuadrícula a cada 20 metros.

2.1.5. Diseño del sistema

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se tomaron en cuenta varios aspectos como: la intensidad de lluvia, área tributaria que llegaría a cada una de las tuberías y se aprovecharon las pendientes del terreno con las que cuenta el municipio actualmente.

2.1.5.1. Descripción del sistema a utilizar

Se considera tubería de concreto el cual será por medio de túnel, deberá poseer una estructura homogénea de igual espesor en toda la longitud, impermeable con una superficie interior lisa, libre de grietas o fracturas parciales. Se implementará una membrana de concreto siendo esta de una mezcla simple de cemento, arena y agua luego se colocará una malla geotextil y sobre esta se lanzará el concreto. Para las juntas de cada tubería será utilizada sabieta, siendo de un espesor de 0,02 metros y un ancho de 0,10 metros en la unión de los tubos. Dentro de los planos también se especifican el diámetro de túnel de concreto a utilizar en cada tramo, la profundidad del túnel

tomando en cuenta una profundidad inicial de 8 metros para no afectar la tubería existente, así como la profundidad de los pozos de visita.

2.1.5.2. Probabilidad de ocurrencia

El sistema de alcantarillado fue proyectado para que tuviera un funcionamiento adecuado durante un período de 20 años. Debido a que la construcción empezará el próximo año, para los cálculos se utilizaron 21 años, es decir, para una probabilidad de ocurrencia de uno en 20 años.

2.1.5.3. Características del subsuelo

El subsuelo de la cabecera municipal de Mixco es de un material común, constituido por arcilla limosa color café, ya que es de origen volcánico, no es roca y puede excavarse a mano o por medios mecanizados, esto hace que no sea difícil la excavación para la construcción de los pozos y la colocación de la tubería, influenciando también en el renglón de excavación por el pago de la mano de obra.

2.1.5.4. Determinación del coeficiente de escorrentía

Debido a que cuando llueve un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas jardinizadas, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida. El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté analizando, cuando más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía.

Para este proyecto se diseñó con coeficiente de escorrentía de 0,85. La siguiente tabla muestra algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada:

Tabla I. **Valores para coeficiente de escorrentía**

SUPERFICIE	C	ADOPTADA
Techos	0,70 a 0,95	0,7
Pavimentos de concreto y asfalto	0,85 a 0,90	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0,75 a 0,85	0,75
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0,60 a 0,70	
Calles macadamizadas	0,25 a 0,60	
Calles y banquetas de arena	0,15 a 0,30	
Calles sin pavimento, lotes desocupados, etc.	0,10 a 0,30	
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0,05 a 0,25	0,05
Bosques y tierra cultivada	0,01 a 0,20	

Fuente: DE LA RIVA LAFARGUE, Julio Mario. *Normas y Reglamento de Drenajes para la ciudad de Guatemala*. p. 123.

2.1.5.5. Determinación de los lugares de descarga

Como lugares de descarga se buscaron puntos donde los desfuegos fueran en ríos. El río El Caminero bordea el municipio por lo que se utilizó el desfogue que llega directamente a una bóveda que conecta con dicho río, para disminuir la energía con la que el agua pluvial caerá, se diseñará un cabezal de concreto para evitar que pueda socavar las bases del puente y así evitar

cualquier otro tipo de daño. Estos están especificados en los planos de construcción.

2.1.5.6. Determinación de las áreas tributarias

Cada tubería deberá transportar cierta cantidad de agua para determinar el valor del plano general se tomaron las cotas del terreno a manera de ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer, posteriormente se hizo un cálculo de las áreas que cada tubería debía de recolectar, estas son las áreas tributarias. Al inicio de un tramo del primer pozo al segundo no se toma en cuenta ningún área tributaria, a partir del segundo tramo se toma en consideración el área tributaria más las de los tramos anteriores.

2.1.5.7. Intensidad de lluvia

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó, la intensidad de lluvia es medida en mm / hora. Para el cálculo de la intensidad de lluvia es necesario conocer algunos términos:

- Tiempo de concentración: según las Normas y Reglamentos de Empresa Municipalidad de Agua es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio, en tramos iniciales el tiempo de concentración se estimará en 12 minutos.

En tramos consecutivos el tiempo de concentración se estimará por la fórmula siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{(60)(V_{n-1})}$$

Donde:

t_n = tiempo de concentración hasta el tramo considerado (min.)

t_{n-1} = tiempo de concentración hasta el tramo anterior (min.)

L = longitud del tramo anterior (mts.)

V_{n-1} = velocidad a sección llena en el tramo anterior (mts./seg.)

Cuando en un punto sean concurrentes dos o más ramales t_{n-1} , se tomará igual al del ramal que tenga el mayor tiempo de concentración. Una vez que se tuvo el tiempo de concentración de cada tramo, se procedió a calcular la intensidad de lluvia con base en la siguiente tabla debido a que no había ninguna estación cercana:

Tabla II. **Intensidad de lluvia**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Mixco, Guatemala	$\frac{2\ 338}{t+18}$	$\frac{3\ 705}{t+22}$	$\frac{4\ 204}{t+23}$	$\frac{4\ 604}{t+24}$
Bananera, Izabal	$\frac{5\ 771,5}{t+48,98}$	$\frac{7\ 103,95}{t+53,80}$	$\frac{7\ 961,65}{t+56,63}$	$\frac{8\ 667,77}{t+58,43}$
El Pito Chicolá, Suchitepéquez	$\frac{11\ 033}{t+101,10}$	$\frac{11\ 618,7}{t+92,19}$	$\frac{13\ 455,20}{t+104,14}$	
La Fragua, Zacapa	$\frac{3\ 700,5}{t+50,69}$	$\frac{3\ 990,5}{t+41,75}$	$\frac{4\ 04,0}{t+37,14}$	

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (INSIVUMEH) y *Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala*. p. 45.

En la actualidad el municipio de Mixco se toma como dato que se utiliza para el cálculo de la cantidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 20 años, siendo esta de 120 mm /hora.

2.1.5.8. Pendiente de tubería

Para el cálculo no existen rangos de pendiente mínima o máxima, se toma como pendiente de la tubería la del terreno; si con esta pendiente no se verifican las velocidades y el tirante, se debe incrementar o reducir la misma, en este caso la mayoría de los casos fueron calculados con las pendientes del terreno, ya que la topografía y la ubicación de los desfogues así lo permitían, no hubo necesidad de diseñar contra pendiente.

2.1.5.9. Diámetro de tubería

Para alcantarillado pluvial con tubería de concreto se utiliza hasta un máximo de diámetro de 24" cuando se diseña por medio de túnel dependerá del caudal a transportar, inclusive en algunos tramos en donde el área tributaria acumulada no tiene gran valor. Los diámetros comerciales en tubería de concreto son de 10", 12", 16", 18", 20", 24", 30", 36" y 42" y a partir de tubería de 24", existen las tuberías reforzadas o de alta resistencia. En este proyecto se diseñó túnel de concreto y se utilizaron diámetros de 60 ", 80" y 100".

2.1.5.10. Caudal de diseño

Existen varios métodos para determinar el caudal de diseño en un sistema de drenaje pluvial, pero el que más se utiliza en la actualidad es el método racional, dado que los datos obtenidos por este método son bastante aceptables y está dado por:

$$Q = \frac{CIA}{360} (1\ 000)$$

Donde:

Q = caudal en lts/seg.

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área tributaria en hectáreas

2.1.5.11. Velocidades y caudales a sección llena

Para el cálculo del caudal, velocidad, diámetro y pendiente se utilizó la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares:

$$V = \frac{0,30429}{n} (D^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para tuberías de diámetro igual o menores a 24", n = 0,015

Para tuberías de diámetro mayores a 24", n = 0,013

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en los extremos más bajos, trabajándose si es necesario, contra pendiente.

La velocidad mínima con la que puede circular el flujo es 0,75 m/seg y la velocidad máxima es de 3,00 m/seg.

2.1.5.12. Revisión de relaciones

El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena, la relación del tirante a sección parcial con el tirante a sección llena d/D debe ser menor o igual a 0,90 y mayor que 0,10.

2.1.5.13. Cotas Invert

La cota Invert es la altura a la que se encuentra la tubería medida hasta la parte inferior, se calculó tomando la cota del terreno inicial y restándole la profundidad inicial de la tubería de igual manera para la cota del terreno final con la profundidad final de la tubería.

Para evitar rupturas en la tubería se deben tener profundidades mínimas, dependiendo del tipo de tránsito que se tenga y del diámetro de la tubería que se está utilizando, para esto se utilizó la siguiente tabla:

Tabla III. **Diámetros de tuberías**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	20"	24"
Tránsito Normal	1,22	1,28	1,33	1,41	1,5	1,58	1,66
Tránsito Pesado	1,42	1,48	1,53	1,61	1,7	1,78	1,86
Diámetro	30"	36"	42"	48"	60"	80"	100"
Tránsito Normal	1,84	1,99	2,14	2,25	2,55	2,65	2,95
Tránsito Pesado	2,04	2,19	2,34	2,45	2,75	2,85	3,05

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción*. p. 102.

2.1.5.14. Pozos de visita

Son partes de las obras accesorias de un alcantarillado, la estructura es de forma cilíndrica, construidas de concreto reforzados o bien de ladrillo de arcilla reforzado con elementos de concreto reforzado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Los pozos tiene en la parte superior un brocal y una tapadera hecha de concreto con una abertura libre de 0,50 a 0,60 metros, la profundidad de pozos siempre se determina con la cota Invert de salida del pozo menos la cota de terreno menos 1,20 metros de canchón de agua.

La profundidad es variable, las paredes suelen construirse de ladrillo de barro cocido cuando son pequeñas y de concreto reforzado cuando son muy grandes y profundos.

Generalmente la altura mínima de un pozo de visita es de 1,40 metros y la altura máxima depende del criterio del diseñador, tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente. Lógicamente entre más profundidad tenga un pozo de visita, implica mayor trabajo y un costo mayor.

2.1.5.15. Rejillas

Son cajas de concreto reforzado o de ladrillo de arcilla reforzado de forma cúbica, cuenta con una garganta o entrada para permitir el ingreso de agua de lluvia que corre sobre el pavimento para introducirlo dentro de la tubería de la red del sistema. Estas rejillas deben tener una cortina que funciona como sifón; un dispositivo de arena para fácil recolección antes de entubarla, tapaderas para seguridad de los peatones y acceso para limpieza e inspección. La conexión de la rejilla a la tubería central debe tener un ángulo de 45° en la dirección del flujo y un diámetro de 8 pulgadas.

Las rejillas deben localizarse en los siguientes casos:

- En las partes bajas al final de cada cuadra a 3,00 metros antes de la esquina.
- En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0,10 metros.
- Únicamente en aquellas calles pavimentadas o que vayan a ser pavimentadas.
- Únicamente cuando las calles cuenten con bordillo o que se conozcan las cotas definitivas de la rasante.

2.1.5.16. Diseño de tragantes

Los tragantes son aberturas colocadas en las cunetas para absorber las aguas de tormenta y conducir las al colector principal de aguas pluviales, se diseñan para asumir todo el caudal de escorrentía que pase por el punto de ubicación y evitar la entrada de sólidos que puedan obstruir los conductos de acuerdo a los siguientes criterios:

- En la parte baja al final de cada cuadra a 5,00 metros de la esquina
- En puntos donde se tenga un tirante de agua superior a 0,10 metros
- La distancia entre sumideros varía de acuerdo al tipo de calle y la intensidad de las lluvias de la zona.
- Se recomienda que el tirante de escorrentía no sea mayor a 0,03 metros, en promedio o 0,1 metros en la boca.

Cálculo hidráulico:

$$X = 0,91 \times V \times Y^{0,5}$$

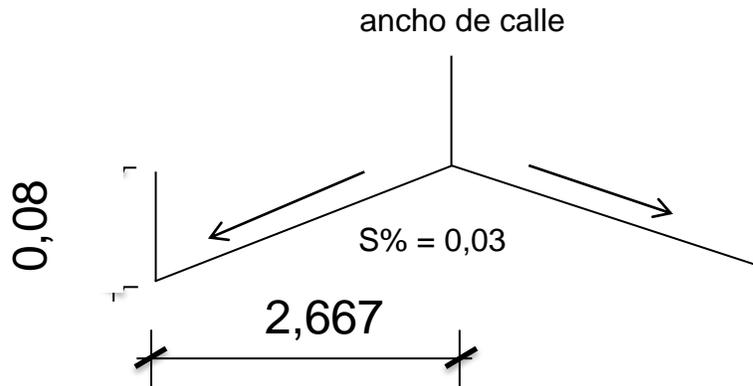
X = longitud de rejilla

V = velocidad del agua calculado con fórmula de *Manning*

Y = tirante medio hasta el rostro inferior de la rejilla

$$B = \frac{\text{alto}}{\text{pendiente de calle}} = \frac{0,08}{0,03} = 2,667 \text{ m}$$

Figura 4. **Sección de carretera**



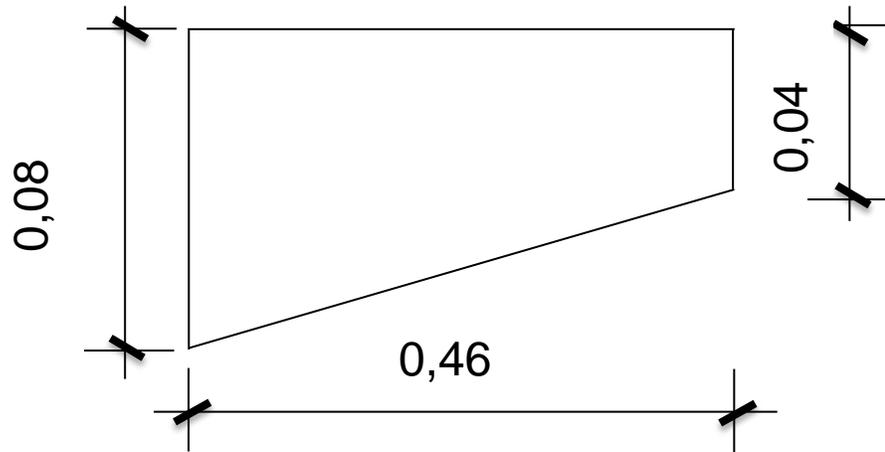
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$B' = \sqrt{2,667^2 + 0,08^2} = 2,668 \text{ m}$$

Cálculo del gasto de la cuneta

Los anchos recomendados de rejilla varían entre 12 y 18 pulgadas en este caso se tomará la de 18 pulgadas equivalente a 0,46 metros.

Figura 5. Área de sección de rejilla



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,016} \left[\frac{0,08 \times 2,667}{2(0,08 + 2,668)} \right]^{2/3} 0,05^{0,5} \times \frac{3 \times 0,08}{2} = 0,19 \text{ m}^3$$

Gasto que no pasa por la rejilla:

$$Q_n = \frac{1}{0,016} \left[\frac{0,04 \times 2 \ 542,54}{2(0,04) + 2,54} \right]^{2/3} 0,05^{0,5} \times \frac{x \ 0,04}{2} = 0,05 \text{ m}^3$$

Gasto que pasa por la rejilla:

$$Q_i = Q - Q_n = 0,19 - 0,05 = 0,14 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Área transversal q pasa por la rejilla:

$$A = \frac{1}{2} (0,08 + 0,04) \times 0,46 = 0,028 \text{ m}^2$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{Q_i}{A} = \frac{0,14}{0,028} = 5,00 \text{ m/seg}$$

Cálculo de tirante:

$$Y = \frac{1}{2} (0,04 + 0,08) + 0,05 = 0,11 \text{ m}$$

Cálculo de longitud de rejilla:

$$X = 0,91 \times 5,00,11 = 1,51 \text{ m}$$

Para mayor afinidad en el diseño se colocarán rejillas de 1,50 metros de largo.

2.1.5.17. Ejemplo de diseño de un tramo

Para empezar el diseño de un tramo es necesario identificar la distancia de los pozos, de la topografía realizada se obtuvieron las cotas del terreno inicial y final así como la longitud entre pozos. Con estos datos se obtuvo la pendiente de la siguiente manera:

- Pendiente =
$$\frac{\text{cota del terreno inicial} - \text{cota del terreno final}}{\text{longitud del tramo}}$$

$$S\% = \left[\frac{133,23 - 131,41}{71,59} \right] \times 100 = 2,54 \%$$

- Área tributaria acumulada = 2,73 Ha
- Tiempo de concentración

Para determinar el caudal pluvial se calcula el área tributaria que llegará al tramo, de no ser el primer tramo, se calculará el área tributaria acumulada. Se toma un tiempo de concentración equivalente a 12 minutos al igual que el resto de los tramos:

- 12 minutos
- Intensidad de lluvia

Según estudios de la Municipalidad de Mixco se tomará como intensidad de lluvia para este municipio de 120 mm/h.

- Caudal de diseño

$$q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

q = caudal (m³/s)

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área (Ha)

- Se tomó como coeficiente de escorrentía de 0,75.

$$q = \frac{0,75 \times 120 \times 2,73}{360} \times 1000 = 682,5 \text{ l/s}$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,003429 \times 60^{2/3} \times 0,005^{1/2}}{0,013} = 2,86 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A = 1,822 \text{ m}^2$$

$$V = 2,86 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V \times 1000 = (1,822 \text{ m}^2) (2,86 \text{ m/s}) (1000) = 5209,78 \text{ l/s}$$

- Relaciones q/Q y v/V

$$q/Q = 682,5 / 5209,78 = 0,1308$$

De la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular (sin correcciones por variaciones en aspereza con la profundidad), se obtiene la siguiente relación de v/V para la relación q/Q encontrada,

$$v/V = 0,692$$

- Velocidad del diseño

$$V = 0,692 * 2,86 = 1,98$$

Entonces:

$Q > q$	$5\ 209,78 > 682,5$	si cumple
$0,60 < v < 3,00$	$0,60 < 1,98 < 3,00$	si cumple

2.1.6. Presupuesto

Se presenta un presupuesto resumido de los costos directos e indirectos de la obra, (ver anexos).

2.1.7. Planos

Se elaboraron los siguientes planos para este proyecto: (ver anexos).

- $\frac{1}{4}$ planta general
- $\frac{2}{4}$ planta y perfil I y II
- $\frac{3}{4}$ planta y perfil III y IV
- $\frac{4}{4}$ planta de detalles

2.1.8. Evaluación socioeconómica

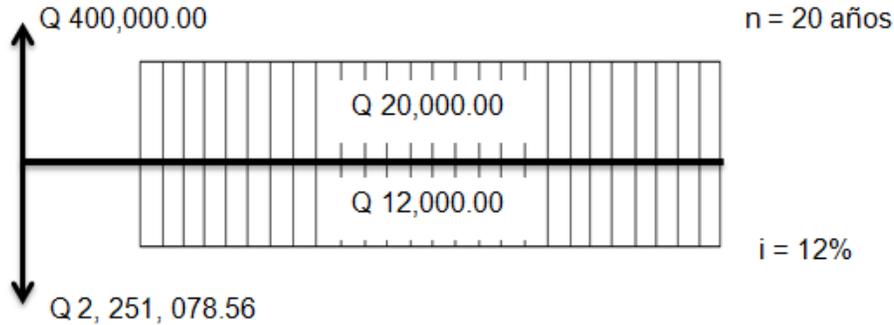
Con esta evaluación se pretende determinar si el proyecto es factible económica o socialmente, en el caso económico que se pueda recuperar la inversión a mediano o largo plazo, en el caso social es si el proyecto es de beneficio para la población, para esta evaluación solo se tomaron dos análisis económicos los cuales son: Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno.

2.1.8.1. Valor Presente Neto

Se analiza la inversión a futuro para ver si es rentable económicamente, en este caso se propone un período de diseño de 20 años, esta metodología consiste en comparar todos los ingresos y egresos que tendrá el uso del proyecto, se puedan visualizar en el tiempo presente, cuando el valor presente neto es menor que cero indica que la inversión será mala y mayores a cero una buena inversión.

El costo inicial asumido para este proyecto es de (Q 3 251 078,56) asumiendo que hay ingreso inicial de (Q 400 000,00), costo de mantenimiento de (Q 12 000,00 anuales), ingresos por operación (Q 20 000,00 anuales) en este proyecto, para visualizar gráficamente se utiliza un diagrama de flujo de caja.

Figura 6. **Flujo de caja del Valor Presente Neto**



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del valor presente:

$$VPN = -2\,251\,078,56 + 400\,000 + 12\,000(P/A, 12\%, 20) + 20\,000(P/A, 12\%, 20)$$

$$VPN = -2\,251\,078,56 + 400\,000 + 8\,000 * 74\,694$$

$$VPN = -q\,8\,791\,323,4$$

El Valor Presente Neto dio negativo como se esperaba, lo que indica que el proyecto económicamente no es rentable, pero es de gran utilidad para las personas de la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco.

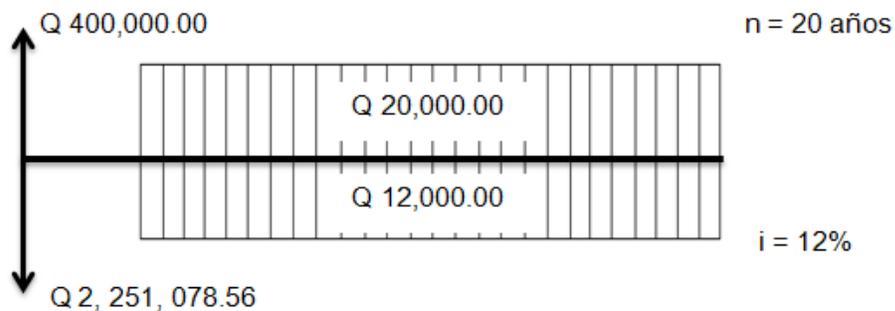
2.1.8.2. Tasa Interna de Retorno

Es la tasa máxima de beneficio que podrá pagarse, lo que se pretende es que los costos sean igual o cercano a los ingresos, lo que busca con la TIR hace que el Valor Presente Neto sea igual a cero.

Para encontrar la TIR en la inversión del proyecto de drenaje pluvial, se utilizan todos los datos anteriores del Valor Presente Neto VPN. Costo inicial

(Q 2 251 078,56) ingreso inicial de (Q 400 000,00), costo de mantenimiento de (Q 12 000,00 anuales), ingresos por operación (Q 20 000,00 anuales). Lo que se hace es encontrar un VPN negativo y un VPN positivo con TIR asumidas para luego interpolar y encontrar el VPN igual a cero, y determinar la TIR de ese punto en la gráfica.

Figura 7. **Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = -28\,852\,078 + 8\,000(P/A, TIR, 20)$$

Con la fórmula anterior se asumen con la TIR para encontrar los valores que se requieren para encontrar la adecuada, pero como este proyecto no es factible económicamente, no es necesario calcularla.

2.1.9. Evaluación de Impacto Ambiental

Se define como cualquier cambio en el ambiente dado por causas naturales o la construcción. La Evaluación de Impacto Ambiental se utiliza para determinar el cambio en el ambiente provocado por la construcción, hoy en día es de gran importancia ya que es necesario saber si un proyecto determinado,

pueda causar algún impacto negativo al medio ambiente, por lo consiguiente afecte a la población alrededor y mitigar las posibles causas que lo afectan.

Los fines determinantes de la Evaluación de Impacto Ambiental es: vigilar si el proyecto que se elaborará, no causará daños al ambiente durante la ejecución o después de terminado el proyecto, proponer medidas de mitigación a cualquier efecto negativo causado al medio ambiente.

Los aspectos cubiertos por la Evaluación de Impacto Ambiental son todos los relacionados con el ambiente entre estos están: el aire se debe determinar olores, ruidos, gases y vibraciones que se pudieran captar, el agua se debe monitorear para ver si desechos sólidos de algún material utilizado se mezcle con el agua y así no cause problemas de contaminación, suelo se debe determinar si algún material usado cause daños, por ejemplo el líquido de batería de la maquinaria que se derrame en el trabajo.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE, FASE III PARA LA COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto del sistema de distribución de agua potable, fase III para la colonia La Brigada zona 7 de Mixco, tendrá como objetivo principal mejorar la distribución del agua, el cual beneficiará a 1 656 viviendas distribuidas en los 4 sectores analizados, contará con una línea principal de conducción que va desde los tanques que existen en la colonia hacia la línea de distribución, mejorará la calidad de vida de las personas ya que contarán con la calidad de agua dispensable para el uso diario, sin embargo, los volúmenes de consumo se suman hasta que llegan a sobrepasar la demanda calculada, está dividido en 4 sectores teniendo una longitud total de tubería de 10 km.

El proyecto se realizará en las calles, avenidas y callejones ubicados en la colonia La Brigada, se diseñará acorde al terreno, teniendo en cuenta los accesorios (tee, codo 45, codo 90, cruz, válvulas, reductores) se tiene contemplado captar el agua de tanques existentes, a los que se les efectuó el aforo correspondiente.

Para el diseño del sistema de distribución de agua potable se contó con normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM) y Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) que servirán en el diseño del proyecto para los servicios, a continuación se detallan cada uno de los elementos que servirán para el funcionamiento.

3.1.1. Red de distribución

Se diseñó según la demanda obtenida en cada sector, tomando en cuenta la cantidad de viviendas entre tramos y considerando 8 habitantes por cada vivienda, según censo que se realizó en la colonia.

La red de distribución del sistema estará formada solamente por ramales abiertos, debido a que la topografía y la ubicación de las viviendas impiden cerrar algún circuito de la tubería. La tubería a utilizar en la red de distribución será de PVC con diámetros comprendidos entre 2 y 6 pulgadas.

3.2. Fuente de abastecimiento

Para dotar del vital líquido a las personas se utilizó un manantial que se encuentra ubicado aproximadamente a 3 kilómetros de la cabecera municipal, para captar el agua subterránea que aflora en dicho manantial existe una caja de captación de concreto de aproximadamente 2 metros cúbicos de volumen.

Este tipo de fuentes tienen la ventaja en la mayoría de casos de que el agua que aflora es pura y no hay necesidad de brindarle algún tipo de tratamiento para potabilizarla, se encuentra aislada del ambiente externo.

3.3. Aforo de fuente

Se realiza con objeto de conocer cuál es el caudal de agua que una fuente, en este caso un manantial, es capaz de proporcionar y con este dato se podrá saber si dicha fuente logrará satisfacer la demanda de la población. El método utilizado para conocer el caudal fue el aforo volumétrico utilizando una cubeta de 5 galones y tomando el tiempo que tardaba en llenarse, este

procedimiento se efectuó tres veces y promediando los tiempos tomados se llegó al resultado de: tanque 3 = 8,201 l/s; tanque 4= 5,074 l/s ; y tanque 5=1,136 l/s.

3.4. Calidad de agua

El agua para que sea potable debe ser sanitariamente segura y agradable a los sentidos, para determinar la calidad del agua es necesario basarse en normas; en Guatemala se utiliza la Norma COGUANOR NGO 29001, la cual dicta los límites que deben encontrarse las características de calidad físicas, químicas y bacteriológicas, se determinan por medio de exámenes de laboratorio, como el análisis físicoquímico que brinda las propiedades físicas y químicas como color, olor, sabor, pH, turbiedad, se tiene el examen bacteriológico que indica el nivel de contaminación con organismos patógenos. Ambos estudios se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala a muestras tomadas en la fuente que surtirá del vital líquido a la población.

3.4.1. Análisis bacteriológico

El objetivo principal es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y de materia fecal encontrada en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme. Existe un grupo de enfermedades conocidas como hídricas la vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada. Es conveniente determinar la potabilidad desde el punto de vista bacteriológico, los resultados del examen bacteriológico indican que el agua es potable, según Norma COGUANOR NGO 29001.

3.4.2. Análisis fisicoquímico

El análisis físico determina el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica y el análisis químico mide las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua que afectan la calidad, como son: amoníaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también la alcalinidad (clasificación).

El resultado que se obtuvo del examen fisicoquímico sanitario indica que desde el punto de vista fisicoquímico sanitario, dureza en límites máximos permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad según Norma COGUANOR NGO 29001.

3.5. Obras existentes

El proyecto de agua potable ya cuenta con tanque de distribución construido de mampostería y está ubicado en el casco urbano del municipio, tiene un volumen aproximado de 780 metros cúbicos el cual abastecerá del vital líquido a un aproximado de 1 656 viviendas, se tiene construida la caja de captación ubicada en el manantial que es de aproximadamente 2 metros cúbicos.

La red de distribución de agua potable se encuentra obsoleta y no cubre la demanda de la mayoría de la población por lo que el presente proyecto vendrá sustituir el que ya existe.

3.6. Levantamiento topográfico

La topografía es uno de los aspectos a los que se debe prestar atención ya que se determinan las coordenadas de los diferentes puntos que conforman la red de distribución, para realizar el levantamiento se utilizó el siguiente equipo: un teodolito marca SOKKISHA modelo TM 20ES, cinta métrica de 50 mts, estadal de acero de 4 mts, dos plomadas, una almadana, pintura y madera para fabricar estacas. Además, la Municipalidad de Mixco proporcionó el personal necesario para efectuar el levantamiento.

3.6.1. Planimetría

Tiene como objeto determinar las distancias horizontales y coordenadas vistas en la planta de todos los componentes del sistema de agua potable, para esto se utilizó el método de conservación del azimut, además se realizaron radiaciones hacia todas las viviendas.

3.6.2. Altimetría

Determina las diferencias de nivel existentes entre todos los componentes del sistema de agua potable. El método utilizado en el presente proyecto fue el taquimétrico porque el terreno era demasiado quebrado.

Para realizar el levantamiento altimétrico se utilizó el mismo equipo que se usó en la planimetría, agregando únicamente los valores de los hilos (superior, medio e inferior) del lente del teodolito y el ángulo vertical o cenital en la libreta de campo.

3.7. Cálculos topográficos

Los datos a calcular se obtuvieron cuando se realizó el levantamiento, anotándolos en la libreta topográfica, los cuales son: estación (est), punto observado (Po), Azimut (Az), hilos (superior, medio e inferior), ángulo vertical (Av), distancia horizontal (DH) y una observación del punto, para el cálculo de las coordenadas parciales (x, y) y totales (X, Y) de los puntos topográficos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}y &= DH * \cos (Az) \\x &= DH * \sen (Az) \\Y &= Y_{est} +- y_{(est-Po)} \\X &= X_{est} +- X_{(est - Po)}\end{aligned}$$

Donde:

DH = distancia horizontal

Az = azimut

Y_{est} = coordenada total de estación

X_{est} = coordenada parcial de la estación al punto observado

Para el cálculo de las diferencias de nivel, distancia horizontal y cotas de los puntos topográficos, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}\Delta N &= \Delta_{Hi} * 100 (1/2 * \sen 2\beta) \\DH &= 100 * \Delta_{Hi} * \sen^2 \beta \\Cota_B &= Cota_A + Ai_A +- \Delta N_{(A-B)} - H_m\end{aligned}$$

Donde:

DH = distancia horizontal

Δ_{Hi} = hilo superior – hilo inferior

B = ángulo cenital

ΔN = diferencia de nivel

Cota_B = cota del punto B

Ai_A = altura del instrumento

H_m = hilo medio

Los cálculos de la libreta topográfica fueron realizados en una hoja de cálculo electrónica y los resultados se detallan en el apéndice.

3.8. Diseño hidráulico

Las características correspondientes a este diseño se detallan en los siguientes subtítulos.

3.8.1. Población actual

Son 1 656 viviendas que se encuentran actualmente en el municipio, se calculará con base en los datos del sector 5, este dato se obtuvo cuando se realizó el levantamiento topográfico y con entrevistas con los vecinos, así como la cantidad de personas que viven en cada hogar y realizando un promedio, se determinó la densidad de vivienda que es de 8 personas por familia, con estos datos se determina la población actual multiplicando el número de viviendas por la densidad de vivienda, teniendo como resultado el siguiente:

$$P_{\text{actual}} = 607_{\text{viviendas}} * 8 \text{ (Habitantes/vivienda)}$$

$$P_{\text{actual}} = 4\ 856 \text{ Habitantes}$$

3.8.2. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual la red de distribución va a prestar un servicio eficiente a la población, para adoptar un período de diseño se deben tener en cuenta varios factores como la población de diseño, calidad de los materiales a utilizar, costos y tasas de interés, facilidad de ampliación, entre otros.

En el presente caso se adoptó un período de 20 años. El factor principal para adoptar este período fue el caudal de agua que se aforo en la fuente el cual es de 5,05 litros por segundo.

3.8.3. Población futura

Para calcular la población futura tomando en consideración el período de diseño, se utilizó en método geométrico con una tasa de crecimiento poblacional del 2,5 % calculada con los datos de los censos realizados por el INE en el municipio, teniendo como resultado:

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

Donde:

P_f = población futura para n años.

P_a = población actual (4 856 habitantes)

r = tasa de crecimiento poblacional (2,5 %)

n = período de diseño (20 años)

Sustituyendo datos se tiene:

$$P_{(n=20)} = 4\ 856 (1 + 0,025)^{20}$$

$$P_{(n=20)} = 7\ 957,12 \text{ habitantes}$$

3.8.4. Dotación

Se entiende por dotación a la cantidad (en volumen por unidad de tiempo) de agua asignada a cada habitante, para determinarla se toman varios factores como el clima, actividades productivas, nivel de vida, calidad del agua, entre otros, se tiene que para el área urbana si se utiliza conexión predial en la vivienda, la dotación deberá estar entre 100 y 250 lts/hab/día. Considerando lo antes mencionado se asignará una dotación de 200 lts/hab/día.

3.8.5. Caudales del sistema

En los siguientes subtítulos se detallan los caudales correspondientes.

3.8.5.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume en una población durante un período de 24 horas. Dicho caudal también se puede definir como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Para fines de diseño el caudal medio o consumo medio estará en función de la dotación y el número de habitantes calculados al final del período de diseño. De lo anterior se tiene que:

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} * \text{No. Habitantes}_{n=20}}{86\ 400}$$

$$Q_m = \frac{200 \text{ (Its/hab./día)} * 7\ 957,12 \text{ (habitantes)}}{86\ 400 \text{ (seg/día)}}$$

$$Q_m = 18,42 \text{ Its/seg}$$

Nota: se toma en cuenta que este caudal es para el sector 5.

3.8.5.2. Caudal máximo diario

Este caudal se utiliza para diseñar la línea de conducción y se define como el máximo consumo de agua durante 24 horas, observado durante el período de un año. Para fines de diseño este caudal se obtendrá al multiplicar el caudal medio por un factor de ampliación, a dicho factor se le denomina factor de día máximo (Fdm) y el valor está en función del tamaño de la población teniendo que para poblaciones menores de 1 000 habitantes se usa de 1,4 a 1,5 y para poblaciones mayores de 1 000 habitantes se usa 1,2 a 1,3.

$$Q_{md} = Fdm * Q_m$$

Donde:

Q_{md} = caudal maximo diario (Its./seg)

Fdm = factor de dia máximo

Q_m = caudal medio (Its./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{md} = 1,4 * 18,42 \text{ (Its/seg)}$$

$$Q_{md} = 25,79 \text{ (lts/seg)}$$

3.8.5.3. Caudal máximo horario

Se utilizará para diseñar la red de distribución y se define como el máximo consumo de agua que se da en una hora del día en período de un año, para fines de diseño este caudal se obtiene multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máximo (Fhm) que está en función del tamaño de la población, para poblaciones menores de 1 000 habitantes se utiliza un factor de 2,5 y para mayores de 1 000 se usará 2.

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

Donde:

Q_{mh} = caudal maximo horario (lts./seg)

Fhm = factor de dia máximo

Q_m = caudal medio (lts./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

$$Q_{mh} = 2,5 * 18,42 \text{ (lts./seg)}$$

$$Q_{mh} = 46,05 \text{ (lts./seg)}$$

3.8.5.4. Caudal instantáneo

Este caudal toma en cuenta la probabilidad de que se empleen al mismo tiempo las conexiones domiciliarias de un ramal, no tomará valores menores a 0,20 lts/seg.

$$Q_{ins} = k \sqrt{(N-1)}$$

Donde:

Q_{ins} = caudal instantáneo

N = número de viviendas del ramal

$$k = \begin{cases} 0,15 & \text{para menores de 55 viviendas} \\ 0,20 & \text{para más de 55 viviendas} \\ 0,25 & \text{para llena cantaros} \end{cases}$$

3.8.5.5. Caudal de vivienda

Es un valor estimado del caudal que le corresponde a cada domicilio se obtiene multiplicando el número de viviendas por el caudal de vivienda unitario. El caudal de vivienda unitario se calcula dividiendo el caudal de máximo horario dentro del número de viviendas actuales del proyecto.

$$Q_{vu} = \frac{Q_{mh}}{No_{vi}}$$

Donde:

Q_{vu} = caudal de vivienda unitario (lts/seg/viv)

Q_{mh} = caudal máximo horario

No_{vi} = número de viviendas actuales

3.8.6. Velocidades de sistema

Es recomendable que las velocidades del sistema se mantengan dentro de ciertos límites, la mínima recomendada será de 0,6 mts/seg, se establece para evitar la sedimentación en las tuberías, pero queda a criterio del diseñador que pueda ser un poco menor, debido a que el agua que circulará en las tuberías no contiene sedimentos significativos. También se recomienda utilizar un valor máximo de velocidad de 4 mts/seg, se fija para evitar el golpe de ariete y el desgaste de las tuberías.

Para encontrar la velocidad del agua dentro de una tubería se recurre a la ecuación de continuidad, que adaptada para trabajar con unidades de medida convencionales queda así:

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

Donde:

V = velocidad (mts/seg)

Q = caudal (lts/seg)

D = diámetro (plg)

3.8.7. Presiones del sistema

Las presiones se describen en los siguientes subtítulos

3.8.7.1. Presión estática

Se presenta cuando el agua se encuentra en reposo dentro de una tubería, en una red de distribución debe ser siempre menor a 80 metros, esto se hace para evitar fugas en los accesorios utilizados en la construcción del sistema, principalmente en válvulas.

3.8.7.2. Presión dinámica

Se presenta cuando el agua se encuentra en movimiento dentro de una tubería, la presión dinámica en un punto dado es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno. Dicha presión debe tener valores entre 10 y 40 metros columna de agua.

3.9. Diseño de la línea de conducción

Es un conjunto de tuberías forzadas o a presión que viene desde las obras de captación al tanque de distribución.

Para la línea de conducción se debe seleccionar la clase y diámetro de tubería que se ajuste a la máxima economía, siempre y cuando la capacidad de la tubería sea suficiente para transportar el caudal día máximo, si se trata de un sistema por gravedad o transportar el equivalente en un determinado período de bombeo, tanto para el diseño de conducción como en cualquier otro tipo de

tuberías, es conveniente incrementar la longitud horizontal en un porcentaje de 2 % a 5 %, de acuerdo a la pendiente del terreno.

Para el cálculo se utilizará la fórmula de Hazen Williams, que dice:

$$H_f = \frac{1\,743\,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de fricción (mt.)

L = longitud de tubería (mt.) viene de la topografía, de manera que es una distancia horizontal, por lo que conviene incrementar en un porcentaje que varía entre 2 % a 5 %.

Q = caudal (lts. /seg)

C = coeficiente (depende de la clase de tubería)

D = diámetro de la tubería (plg.)

Para optimizar diámetros mayores en tramos de tuberías en función a la carga disponible, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$L_d^2 = \frac{L \times (H_f - H_{fd1})}{(H_d^2 - H_{fd1})}$$

$$L_{d1} = L - L_{d2}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga permisible

$H_{f\phi_1}$ = pérdida de carga provocada por el diámetro mayor

$H_{f\phi_2}$ = pérdida de carga provocada por el diámetro menor

L_{ϕ_1} = longitud de tubería de diámetro mayor

L_{ϕ_2} = longitud de tubería de diámetro menor

Datos:

Nodo A CTo = 106,90 mts.

Nodo 1 CTf = 136,06 mts.

Diferencia de cotas (H_f) = 29,16 mts.

Longitud de terreno (L) = 760,93 mts.

Longitud real (L) = 798,98 mts.

Coefficiente de tubería (C) = 150

Caudal de conducción (Q) = 5,05 lts. /seg

- Determinación del diámetro de la tubería

El diámetro se determinó utilizando la fórmula de Hazen & Williams:

$$D = \left[\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f} \right]^{1/4,87}$$

Al sustituir los datos anteriores a la ecuación se tiene:

$$D = \left[\frac{1\,743,811 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 29,16} \right]^{1/4,87}$$

$$D = 4,52 \text{ pulg.}$$

Tabla IV. **Diámetros comerciales a utilizar**

No.	DIÁMETRO COMERCIAL	DIÁMETRO INTERNO
1	4,0	4,155
2	4,5	4,695

Fuente: elaboración propia.

Se calcula las pérdidas para el diámetro, utilizando el diámetro interno de la tubería:

$$H_{4,0} = \frac{1\,743,11 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,155^{4,87}} = 27,95 \text{ mts.}$$

$$H_{4,5} = \frac{1\,743,11 \times 798,98 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4,695^{4,87}} = 15,42 \text{ mts.}$$

Calculando la longitud real para cada tubería:

$$L_{4,5} = \frac{798,98 \times (29,16 - 15,42)}{27,95 - 15,42} = 872,65 \text{ mts.}$$

$$L_{4,0} = 872,65 - 422,94 = 449,71 \text{ mts.}$$

Calculando las pérdidas reales para el diámetro:

$$H_{4,5} = \frac{1743,811 \times 872,65 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4 \times 155^{4,87}} = 30,54 \text{ mts.}$$

$$H_{4,0} = \frac{1743,811 \times 449,71 \times 18,42^{1,85}}{150^{1,85} \times 4 \times 695^{4,87}} = 8,68 \text{ mts.}$$

Evaluando las velocidades para cada diámetro se tiene:

$$V = \frac{1,974 \times Q}{D^2}$$

$$V_{2,5} = 3,75 \text{ m/s}$$

$$V_{3,0} = 1,77 \text{ m/s}$$

Como se puede observar en los resultados anteriores la tubería de dos pulgadas y media de diámetro, no cumple con el rango de velocidad permitido a pesar de que es el más económico en el mercado de los dos diámetros propuestos pero no se tomará en cuenta, por lo tanto se utilizará para la línea de conducción el diámetro de 3,0 pulgadas ya que este si cumple con la velocidad establecida.

A continuación se presentan los datos de diseño para la línea de conducción para los sectores 5, 6,7 y 8 en las tablas.

Tabla V. **Datos de diseño de la línea de conducción para sectores 5 y 6**

Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diámetro (")	Hf (m)	Vel (m/s)
1	A	1	760,93	5,05	3	9,17	1,77
2	B	1	466,57	18,93	3	11,83	2,77

Nodo	Cota terreno	Cota piezométrica	Presión dinámica (mca)	Presión estática (mca)
A	106,903	106,90	0,00	15,12
B	122,026	122,03	0,00	4,04
1	126,063	136,06	10,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Datos de diseño II de la línea de conducción para sectores 5 y 6**

Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diámetro (")	Hf (m)	Vel (m/s)
1	A	1	768,31	5,047	3	11,98	1,11
2	B	1	348,58	8,201	3	13,34	1,80
3	C	1	425,4	18,93	3	76,50	4,15

Nodo	Cota terreno	Cota piezométrica	Presión dinámica (mca)	Presión Estática (mca)	OBSERVACIONES
A	106,763	106,76	0,00	19,30	-----
B	126,064	136,06	10,00	5,49	-----
C	122,757	131,65	8,89	0,00	
1	120,574	129,86	9,29	0,00	

Fuente: elaboración propia.

3.10. Tanque de almacenamiento

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable, así como de las limitantes económicas y de espacios que lo anterior tiene, propone tanques de almacenamiento de agua elevados o a nivel del suelo que permitan la preservación del líquido para el uso de la comunidad donde se construyen. En el trayecto de la fuente al consumidor el agua potable se maneja en un sistema de distribución que incluye: bombeo, transmisión, red de tuberías, válvulas y los tanques de almacenamiento que se propone, prácticos y útiles para brindar agua limpia que pueda distribuirse sin problemas. Funciones de los tanques:

- Proveer una reserva de agua que minimice interrupciones por fallas en la transmisión, bombeo u otros equipos.
- Mantener presión uniforme y actuar como válvula de alivio en sistemas de bombeo.
- Extinguir incendios
- Proveer reserva para salvar cortes por fallas en la fuente o en las tuberías y bombas maestras y otras emergencias.
- Permitir una reducción en el tamaño de las tuberías maestras al permitir flujos promedio en vez de pico.
- Permitir que las bombas maestras empujen el gasto promedio en vez del gasto pico.

El volumen necesario para compensar la variación del consumo puede ser establecida mediante una curva de variaciones horarias de consumo de una población con iguales características a la localidad estudiada, y cuando se carece de esta, pueden adoptarse los criterios de la Unidad Ejecutora del

Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), los cuales establecen que el volumen del tanque debe de ser 25 % al 45 % del caudal medio diario, aplicándose de acuerdo a las restricciones siguientes.

En poblaciones menores de 1 000 habitantes del 25 % al 35 % del consumo medio diario de la población.

Si la población está entre 1 000 y 5 000 habitantes, 35 % del consumo medio diario.

Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes el 40 % del consumo medio diario más un 10 % de eventualidades.

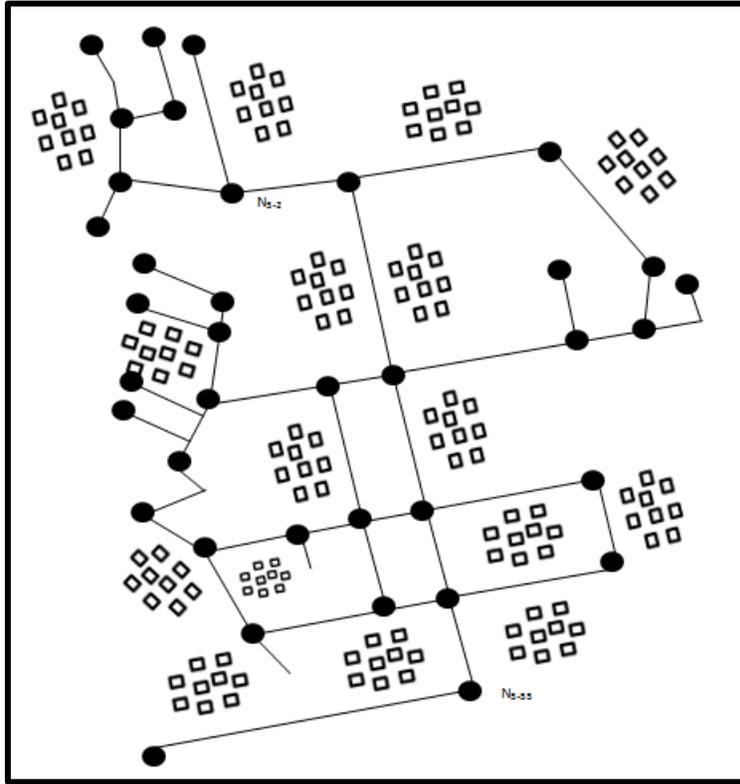
Para sistemas de bombeo deberá ser de 40 % a 60 % del caudal medio diario, en función del clima y considerar un porcentaje por eventualidades.

Para este proyecto se diseñará utilizando un tanque elevado existente de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado con un volumen de: 1 823 m³.

3.11. Diseño de la línea de distribución

Para el cálculo de la línea de distribución se utilizó el método de ramales cerrados y como ejemplo se diseñará el tramo que va desde el tanque de distribución N₅₋₂ hasta el nodo N₅₋₅₅ perteneciente al sector 5.

Figura 8. Esquema simplificado del sector 5



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En este sector actualmente existen 607 viviendas y teniendo una densidad de vivienda de 8 hab./viv, un período de diseño de 20 años, una tasa de crecimiento igual a 2,5 %, se obtiene una población futura de 7 957 habitantes, con esta población se calculan los caudales de diseño:

Caudal medio:

$$Q_m = \frac{200 \text{ (Its/hab./día)} * 7,957 \text{ (Habitantes)}}{86\,400 \text{ (seg/día)}}$$

$$Q_m = 18,42 \text{ Its/seg.}$$

Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_m$$

Donde:

Q_{mh} = caudal máximo horario (lts./seg)

F_{hm} = factor de día máximo

Q_m = caudal medio (lts./seg)

Sustituyendo datos se tiene:

$$Q_{mh} = 2 * 18,42 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{mh} = 36,83 \text{ lts/seg.}$$

Caudal unitario de vivienda:

$$Q_{vu} = \frac{Q_{mh}}{No_{vi}}$$

Donde:

Q_{vu} = caudal de vivienda unitario (lts/seg/viv)

Q_{mh} = caudal máximo horario

No_{vi} = número de viviendas actuales

$$Q_{vu} = \frac{36,83 \text{ (lts/seg.)}}{607 \text{ (viv)}} = 0,06 \text{ (lts/seg/viv)}$$

Para determinar el caudal de diseño del tramo debe realizarse una comparación entre el caudal de vivienda y el instantáneo, que se calculan sumando caudal actual del tramo más los caudales acumulados de los ramales que salen del tramo, tomando siempre el mayor.

Caudal de vivienda:

$$Q_v = Q_{vu} * No_{vi} = 0,06 \text{ (lts/seg/viv)} * 607(\text{viv})$$
$$Q_v = 36,83 \text{ lts/seg}$$

Caudal instantáneo:

$$Q_{ins} = k \sqrt{(N-1)}$$

Donde:

Q_{ins} = caudal instantáneo

N = número de viviendas actuales

k = 0,15

Entonces:

$$Q_{ins} = 0,15 \sqrt{(607 - 1)}$$
$$Q_{ins} = 3,69 \text{ lts/seg}$$

Dado lo anterior se utilizará el caudal instantáneo de 3,69 litros por segundo, para calcular el diámetro de la tubería, utilizando los siguientes datos del tramo en cuestión:

Caudal = 3,69 (lts/seg)

Longitud = 466 mts.(incluye un 2 % por factor de ondulamiento)

Cota N₅₋₂ = 126 mts.

Cota N₅₋₅₅ = 104,51 mts.

Coeficiente Hazen Williams del PVC = 150

Primero se procede a calcular la carga de presión disponible que se obtiene con la diferencia de nivel existente entre los puntos inicial y final del tramo en cuestión.

$$\text{Carga disponible} = \text{cota } N_{5-2} - N_{5-55} = 126 - 104,51$$

$$\text{Carga disponible} = 21,49 \text{ mts.}$$

Para esta carga pérdida se calcula el diámetro teórico utilizando la fórmula de Hazen Williams:

$$hf = \frac{1\,74381 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (mts)

L = longitud (mts)

Q = caudal (lts/seg)

D = diámetro (plg)

C = 150

Entonces:

$$\Phi = \left[\frac{1\,743,811 \times 466 \times 3,69^{1,85}}{150^{1,85} \times 21,49} \right]^{1/4,87}$$

$$= 2,12 \text{ plg.}$$

El diámetro a utilizar en el tramo resulta de comparar diámetros comerciales superiores e inferiores con el teórico obtenido, utilizando el que mejor se adapte al diseño hidráulico, para este tramo el diámetro seleccionado fue de 3 plg., y la pérdida de carga corresponde a:

$$Hf_{\Phi=3 \text{ plg.}} = \frac{1\,743,811 \times 466 \times 3,69^{1,85}}{150^{1,85} \times 3^{4,87}}$$

$$Hf_{\Phi=3 \text{ plg.}} = 3,97 \text{ mts.}$$

La presión estática del tramo tomará el valor de 21,49 mca (metros columna de agua) que es el mismo valor de la carga de presión disponible, cumple con que la presión estática en una tubería será siempre menor a 80 mca.

La cota piezométrica (C_{pz}) en la estación N_{5-55} se obtiene restando la cota piezométrica inicial del tramo menos la pérdida de carga en dicho tramo.

$$C_{pzN_{5-55}} = C_{pzN_{5-2}} - hf_{N_{5-2} - N_{5-55}} = 100 - 3,97$$

$$C_{pzN_{5-55}} = 96,03 \text{ mts.}$$

La presión o carga dinámica en la estación N₅₋₅₅ será igual a la resta entre la presión estática y la pérdida de carga encontrada para el tramo, para el resto de estaciones se puede obtener restando la cota piezométrica menos del terreno de la estación.

$$P_{\text{dinamica}} = P_{\text{estatica}} - hf_{N5-2 - N5-55} = 21,49 \text{ mts.} - 3,97 \text{ mts.}$$

$$P_{\text{dinamica}} = 17,52 \text{ mts.}$$

Finalmente se procederá a calcular la velocidad del agua en el tramo, tomando en cuenta que dicha velocidad deberá ser mayor a 0,6 mts/seg y menor a 3 mts/seg (ver numeral 2.2.3.6).

$$V = \frac{1,974 \times Q}{D^2} = \frac{1,974 \times 3,69}{3,0^2}$$

$$V = 0,81 \text{ mts/seg.}$$

3.12. Tanque de distribución

Para satisfacer las demandas de agua de la población el tanque de distribución debe ser capaz de compensar el volumen de agua requerido respecto a las variaciones horarias, además de proveer almacenamiento contra incendio, si no existen informes acerca de esto, el volumen del tanque tomara un valor del 25 a 40 % del caudal medio diario que es un valor recomendado cuando se trata de sistemas por gravedad como en este proyecto, debido a que la demanda de agua es demasiada alta se recomienda una bomba sumergible con una potencia de 20,71 HP para cubrir la demanda de la población.

3.13. Bases de diseño

Tipo de fuente	manantial
Aforo de la fuente	5,05 lts/seg
Tipo de sistema	por bombeo
Red de distribución	ramales cerrados
Clima	templado frío
Viviendas actuales	1 656 viviendas
Densidad de población	8 hab/viv
Población actual	850 habitantes
Población futura	13 248 habitantes
Tasa de crecimiento	2,5 %
Período de diseño	20 años
Dotación	200 lts/hab/día
Factor de día máximo	1,2
Factor de hora máximo	2,0
Caudal medio diario	50,25 lts/seg
Caudal máximo diario	60,30 lts/seg
Caudal máximo horario	100,25 lts/seg
Caudal unitario de vivienda	0,06lts/seg/viv
Volumen del tanque	780 mts ³
Tubería a utilizar	PVC
Constante de fricción del PVC	1 150
Constante k del caudal instantáneo	0,15 y 0,20

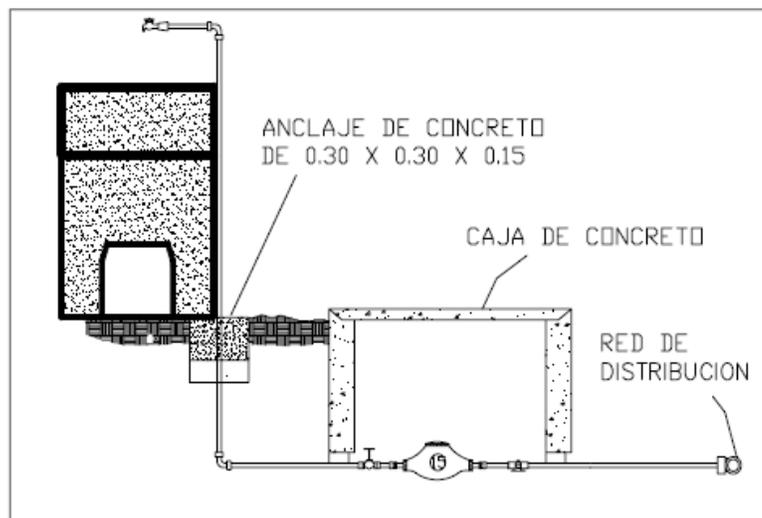
3.14. Obras hidráulicas

Conocidas como obras de arte las cuales junto con los demás componentes del sistema, hacen que se pueda prestar un servicio eficiente a la población.

3.14.1. Conexiones prediales

Por este medio los usuarios podrán tener acceso al servicio de agua potable en las viviendas, utilizando para ello un grifo instalado dentro del lote o predio, en los casos en que existan viviendas que se encuentran a una altura mayor que la línea piezométrica del ramal más cercano se utilizarán llenacántaros.

Figura 9. **Conexión predial**

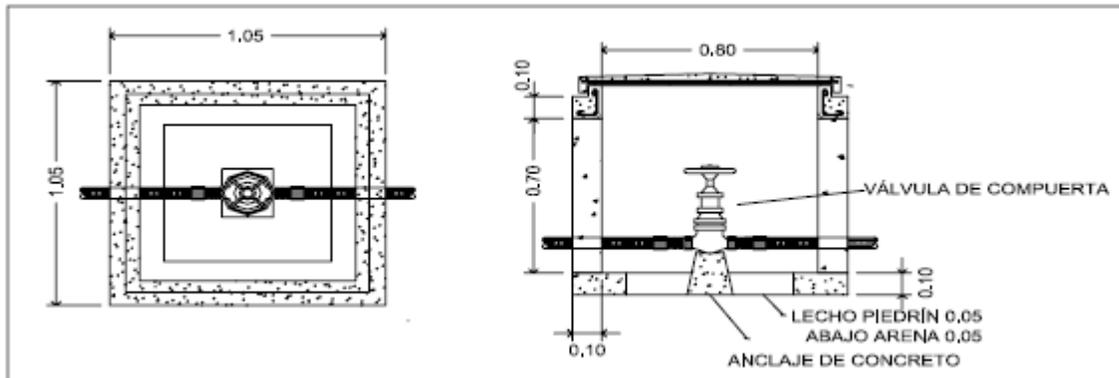


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

3.14.2. Cajas de válvulas

Se utilizan para controlar el caudal que circula en las tuberías del sistema y así aislar cualquier sector cuando se dañe o requiera mantenimiento. Las cajas podrán variar el tamaño dependiendo de la válvula, pero siempre deben facilitar la operación y mantenimiento.

Figura 10. Detalle de cajas de válvulas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

3.14.3. Anclajes de tuberías

Los anclajes pueden construirse de concreto simple o armado y la función es sujetar la tubería y absorber los esfuerzos que se producen por la presión interna, se suelen colocar en todos los puntos donde la tubería sufre un cambio brusco de dirección respecto del eje principal.

3.15. Tuberías

Se deben mencionar tres aspectos que son: diámetro, clase y tipo de tubería, del diámetro se puede decir que es un valor nominal comercial, ya que suele ser diferente al diámetro interno.

La clase de tubería generalmente se refiere a la norma de fabricación y va relacionada directamente con la presión de trabajo de la tubería.

En cuanto al tipo de tubería se refiere al material de fabricación, en este proyecto se utilizará cloruro de polivinilo (PVC).

A todas las tuberías se les efectuará la prueba de presión con agua, aplicándoles agua a presión antes de rellenar las zanjas. En esta prueba primero hay que llenar de agua completamente la tubería hasta expulsar todo el aire, posterior a esto se le aplica presión, utilizando comúnmente una bomba manual, para verificar que no existan fugas de agua.

3.15.1. Desinfección

Para desinfectar el agua se utilizará un método químico, es un producto a base de cloro, se requerirá de un alimentador automático de tricloro que funciona a base de tabletas de tricloro, de presentación del cloro. Dichas tabletas tendrán una presentación de 200 gramos, con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador, con dimensiones de 3 pulgadas de diámetro y una de espesor, se disuelven en agua en reposo a una velocidad de 15 gramos por día.

3.15.2. Análisis de costos

Los costos del proyecto se resumen en el presupuesto final, se elaboró basándose en precios de materiales actualizados del municipio. También se incluye el desglose de los reglones, cuantificando los materiales y la mano de obra que se utilizarán para la ejecución del proyecto.

Tabla VII. Presupuesto final

PRESUPUESTO FINAL				
CUADRO DE CANTIDADES				
REGLÓN	Unidad	Cantidad	Precio U Q.	Costo Q.
Topografía	dia	3,00	1 222,06	3 666,18
Trabajos preliminares	m^2	4 601,25	87,19	40,1182,99
Trabajos preliminares	m^2	47,05	45,71	2 150,66
Excavación	m^3	4 905,38	46,50	228 100,17
Instalación de tubería 2"	ml	2 946,17	58,68	172 881,26
Instalación de tubería 3"	ml	428,44	104,66	44 840,53
Instalación de tubería 4"	ml	1 888,89	172,33	325,512,41
Instalación de tubería 6"	ml	870,09	362,34	315 268,41
Instalación de tubería 8"	ml	263,56	595,68	156 997,42
Instalación de adoquín	m^2	47,05	151,85	7 144,54
Reparación de concreto hidráulico	m^2	1 248,51	252,21	314 886,71
Reparación de concreto asfáltico	m^2	3 352,74	184,50	618 580,53
Relleno de zanja	m^3	4 905,38	250,59	1 229 239,17
Válvula de compuerta 8"	unidad	1,00	11 681,31	11 681,31
Válvula de compuerta 6"	unidad	8,00	7 711,79	61 694 32
Válvula de compuerta 4"	unidad	16,00	6 630,50	106 088,00
Válvula de compuerta 3"	unidad	4,00	1 646 ,19	6 584,76
Válvula de compuerta 2"	unidad	46,00	735,69	33 841,74
Construcción caja para válvula	unidad	75,00	3 593,50	269 512,50
Acometida domiciliar 2.5"	unidad	463,00	688,97	318 993,11
Acometida domiciliar 3.5"	unidad	37,00	766,80	28 371,60
Acometida domiciliar 4.5"	unidad	135,00	857,25	115 728,75
Acometida domiciliar 6.5"	unidad	48,00	1 081,85	51 928,80
COSTO DIRECTO				4 821 209,69
COSTO INDIRECTO (33 % por administración, supervisión y utilidad)				1 590 999,20
TOTAL (directos + indirectos)				6 412 208 ,88

Fuente: elaboración propia.

El presupuesto asciende a trescientos ochenta y nueve mil setecientos cuarenta y tres quetzales exactos

3.15.3. Evaluación de Impacto Ambiental

Se entiende como impacto ambiental a cualquier cambio en el medio ambiente positivo o negativo, provocada por la construcción, uso o abandono de una obra de infraestructura.

Para conocer el impacto ambiental se recurre a la Evaluación de Impacto Ambiental, la cual es un instrumento de gestión ambiental, política y toma de decisiones que velará por la correcta realización de un diagnóstico del área donde se realizó o realizará un proyecto o actividad, detallando las medidas de mitigación o protección del medio ambiente que se verá afectado.

Los resultados de la evaluación de impacto ambiental aportarán elementos técnicos y científicos sobre la gestión del medio ambiente. Esto servirá de referencia para todas las personas que toman decisiones y determinar las mejores opciones al momento de ejecutar un proyecto.

El Estudio de Impacto Ambiental ayuda a conocer los impactos adversos o benéficos que sufre el medio ambiente, teniendo como principio fundamental establecer un equilibrio entre el medio ambiente y la actividad humana, sin que se pretenda frenar el desarrollo de la población, al contrario, será referencia para que los recursos naturales no se exploten desmedidamente ya que las consecuencias futuras de la sobre explotación de la naturaleza son devastadoras para la mayoría de la población.

- Base legal de la Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental se fundamenta en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, más modificaciones, que en el Artículo 8 indica:

“Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por las características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente al desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental”

- Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto

Se realizará un diagnóstico de los impactos ambientales que pudieran generarse debido a la construcción y el uso del sistema de agua potable en la colonia La Brigada zona 7, de Mixco

- Localización del proyecto: la colonia La Brigada, zona 7 de Mixco se encuentra al sureste del centro del municipio de Mixco, hay que indicar que cierto número de viviendas se encuentran un poco retiradas, aproximadamente a 1,5 kilómetros y son de difícil acceso.
- Descripción del proyecto: consistirá en el mejoramiento de una red de distribución de agua potable para colonia La Brigada, zona 7 del municipio de Mixco, Guatemala, el cual funcionará por medio de bombeo, abasteciéndose de varios tanque de distribución ubicados a lo largo de la colonia en diversos puntos.

- Situación legal del terreno: parte del área que cubrirá la red de distribución pasará por avenidas y calles principales, empezando por la avenida principal llamada avenida La Brigada, además otra parte de la red de distribución se construirá sobre calles y callejones bien definidos pertenecientes a la colonia.
- Uso de recursos naturales: se utilizará principalmente suelo proveniente de la excavación para enterrar las tuberías, también será necesario utilizar agua para la elaboración del concreto y madera para la elaboración de trompos y estacas utilizados en el replanteo topográfico.
- Preparación del terreno: para la construcción de la red se necesitan realizar trabajos de limpieza y chapeo, excavación, relleno y compactación.
- Materiales utilizados: principalmente se utilizará tubería de PVC y HG, para elaborar concreto se usará arena, cemento y grava, cuando es necesario la utilización de maquinaria, se utilizará combustible para el funcionamiento.

3.15.4. Evaluación socioeconómica

Para que un proyecto sea rentable económicamente, se requiere que no existan pérdidas de capital respecto a la inversión. Para conocer si una inversión vale la pena o no, se necesita analizar dicha inversión por medio de evaluaciones económicas que garantizarán las ganancias deseadas. Este proyecto será analizado económicamente por medio del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

3.15.4.1. Valor Presente Neto

Con este método se analiza el dinero en un tiempo establecido, en este caso será el período de diseño del proyecto (20 años). La metodología se basa en que todos los ingresos y egresos que se hagan en el futuro se transforman a cantidades de dinero del presente. Cuando el VPN es menor que cero indica que será una mala inversión y existirán pérdidas de capital; por el contrario si el VPN da positivo, existirán ganancias.

Se tendrá una inversión inicial por parte de la Municipalidad de Q 5 000 000,00, por derecho de servicio se cobrará a cada usuario la cantidad de Q 500,00 teniendo en total Q 828 000,00 provenientes de 1 656 usuarios; también se tendrá la cuota mensual que pagarán los usuarios, que suma Q 200 500,00 anuales. En la evaluación también se incluirán los gastos de operación y mantenimiento que suman Q 25 846 76 anuales, se tomará una tasa de interés del 12 % con la cual se analizarán los ingresos y egresos que se tendrán durante la vida útil del proyecto.

A continuación se resumen los ingresos y egresos que tendrán que efectuar para realizar el proyecto.

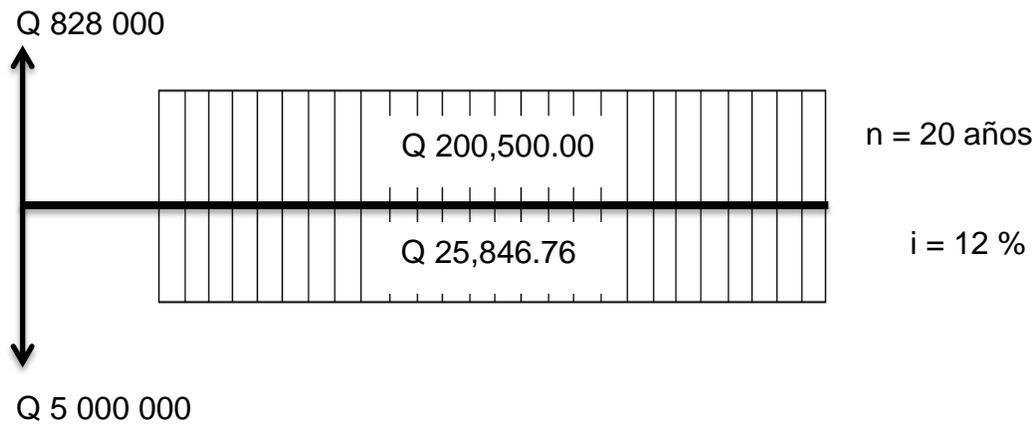
Tabla VIII. **Ingresos y egresos del proyecto**

CONCEPTO	INGRESO	EGRESO
Inversión inicial		Q5 000 000,00
Derecho de servicio	Q 828 000,00	
Tarifa cobrada (anual)	Q 200,500,00	
Operación y Mant. (anual)		Q 25 846,76

Fuente: elaboración propia.

Para visualizar mejor los ingresos y egresos se colocarán en un diagrama de flujo de caja donde los gastos se tomarán como valores negativos y los ingresos como positivos cuando se trasladan a un valor presente.

Figura 11. **Flujo de caja del Valor Presente Neto**



Fuente: elaboración propia.

El valor presente se calculará de la siguiente manera:

$$VPN = Q 5 000 000 + Q 828 000 + Q 200 500(P/A, 12 \%, 20) - Q 25 846,76 (P/A, 12 \%, 20).$$

$$VPN = Q 5 000 000 + Q 828 000 + Q 20 785,17 - 2 679,45$$

$$VPN = Q 5 846 105,72$$

El valor positivo del Valor Presente Neto calculado indica que el proyecto es rentable económicamente y por lo tanto si se obtendrán ganancias, de igual

manera que será rentable socialmente, ya que beneficiará a varias familias dotándoles del vital líquido.

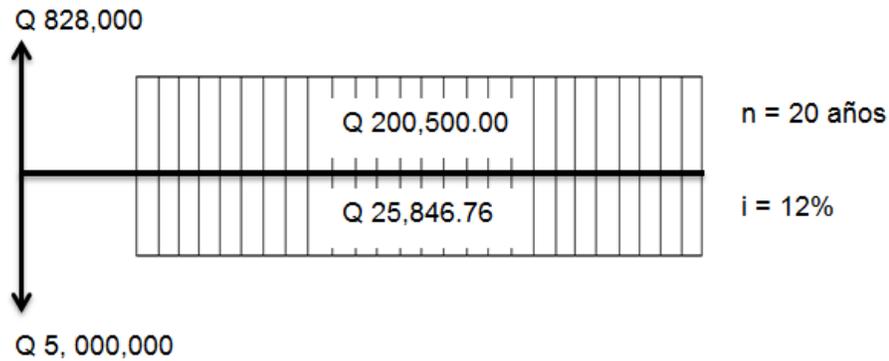
3.15.4.2. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa máxima de utilidad que podrá obtenerse o pagarse, hará que los costos sean iguales o equivalentes a los ingresos. Como se muestra en la figura la TIR es la tasa de descuento que hace que el valor presente de los flujos de efectivo sea igual a cero.

Para encontrar la TIR en la inversión del proyecto de agua potable se cuentan con los siguientes datos: se tendrá una inversión inicial por parte de la Municipalidad de Q 5 000 000,00; un primer ingreso por el derecho del servicio que asciende a Q 828 000,00; un ingreso anual por cobro de tarifa que asciende a Q200 500,00, se tendrán costos de Q 25 846,76 anuales por concepto de operación y mantenimiento del sistema.

Los datos necesarios para calcular la TIR se colocarán en un diagrama de flujo de caja y con esto se procede a calcular el valor presente para distintas tasas de interés. Lo que se busca es encontrar un valor presente negativo y uno positivo; para después interpolar esos datos y hallar la tasa de interés que haga al valor presente igual a cero.

Figura 12. **Flujo de caja de la Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

$$VPN = - 2\,200\,000,00 + Q\,85\,553,20 (P/A, TIR, 20)$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del valor presente para distintas tasas de interés:

Tabla IX. **Resultados del Valor Presente Neto**

n	Tasa %	(P/A,%n)	VPN
20	5,00 %	12,4622	-Q213 408,31
20	20,00%	8,8696	-Q344 136,54
20	30,00%	3,3158	-Q591 639,30
20	50,00%	1,9994	-Q602 898,73

Fuente: elaboración propia.

Para calcular la Tasa Interna de Retorno es necesario contar con un valor positivo y un valor negativo del Valor Presente Neto, dado lo anterior se

puede suponer que no se obtendrá ningún valor positivo, por lo tanto no se podrá calcular una Tasa Interna de Retorno atractiva, ya que este proyecto será de carácter social y de beneficio único para 1,656 familias; dotándoles del servicio de agua potable en las viviendas.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación del servicio de agua potable se impulsará el desarrollo socioeconómico del pueblo, dado que las familias ya no tendrán que llevar el agua de uso doméstico de lugares retirados.
2. Las enfermedades disminuirán considerablemente en la población con el servicio de agua potable en las viviendas, se podrán implementar mejores medidas de higiene, además, el agua que las familias utilizarán para el consumo llevará un tratamiento a base de cloro que eliminará los organismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales, principalmente en niños.
3. El costo real que implica llevar el agua potable hasta las viviendas no solo se cubrirá con la cuota mensual de Q 120,00, que los usuarios deberán cancelar; sino que también se incluirán los gastos de la inversión inicial utilizados para la construcción del proyecto, que suman Q 5 000 000,00, cuyo monto no será cubierto por los usuarios. Conociendo el costo real por parte de los usuarios provocará una mejor concientización para que el servicio de agua sea utilizado adecuadamente.

4. El resultado del estudio socioeconómico indica que el proyecto no será rentable económicamente, debido a que con los ingresos obtenidos con la tarifa mensual cobrada a los usuarios de Q120,00 solamente se cubrirán los costos de administración, operación y mantenimiento del sistema y no alcanza para cubrir los costos de la inversión inicial de Q 5 000 000,00 utilizados en la construcción, dado que este es un proyecto de carácter social y de beneficio único para la población.

RECOMENDACIONES

1. Por la importancia social de este proyecto es aconsejable que sea ejecutado en el menor tiempo posible, existiendo la supervisión de un profesional, quién verificará que la obra cumpla con los procedimientos de construcción adecuados y especificaciones descritas en planos.
2. Antes de hacer funcionar el sistema de agua potable es necesario efectuar la desinfección de las tuberías para prevenir enfermedades, debido a que durante el proceso de construcción estuvieron expuestas a contaminación del medio ambiente y de las personas que participaron en la construcción del proyecto.
3. Educar y hacer conciencia a los usuarios para que hagan uso adecuado del agua, además de que sean responsables con la tarifa mensual que deberán pagar para darle el mantenimiento adecuado a todos los componentes del sistema de agua potable y opere eficazmente.
4. Debido a que el proyecto no es rentable económicamente, se deberá buscar el apoyo de instituciones gubernamentales u organizaciones internacionales para obtener los fondos necesarios, por medio de donaciones o préstamos accesibles para costear la inversión que conlleva la ejecución del proyecto de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

1. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa. 2004. 82 p.
2. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. *Especificaciones Técnicas para diseño de carreteras*. Departamento Técnico de Ingeniería, Guatemala: MICIVI, 1985 78 p.
3. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para diseños de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
4. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología e Hidrología. *Mapas de duración-intensidad-frecuencia de precipitación para la república de Guatemala*. Guatemala: INSIVUMEH, 2002. 61 p.
5. ————. *Informe técnico No.4-88 Método estándar de cálculo de curvas de duración-intensidad-frecuencia*. Guatemala: INSIVUMEH, 1988. 77 p.
6. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial*. Guatemala: SIECA, 2010. 380 p.

APÉNDICES

Apendice 1. Libreta topográfica drenaje pluvial

EST	PO	DIST	AZIMUT			OBSERVACION	COTA	y	x	Y TOTAL	X TOTAL
			GRA	MIN	SEG						
						0	0	0	0	0	0
	70-22	16.85	251	36	0	orilla de calle	0	-5.3187	15.9886	-5.3187	15.9886
	70-23	8.20	256	46	0	orilla de calle	0	-1.8771	-7.9823	-1.8771	-7.9823
	70-24	4.80	12	37	0	orilla de calle	0	4.6841	1.0485	4.6841	1.0485
	70-25	15.00	23	27	0	orilla de calle	0	13.7611	5.9692	13.7611	5.9692
	70-26	5.65	35	58	0	poste de luz	0	4.5729	3.3183	4.5729	3.3183
	70-27	7.65	54	44	30	esquina de pared	0	4.4161	6.2467	4.4161	6.2467
	70-28	10.50	73	56	50	esquina de pared	0	2.9035	10.0906	2.9035	10.0906
	70-29	31.65	79	28	20	esquina de pared	0	5.7828	31.1172	5.7828	31.1172
	70-30	31.80	86	42	20	esquina de pared	0	1.8275	31.7474	1.8275	31.7474
	70-31	12.05	96	52	0	poste de luz	0	-1.4407	11.9636	-1.4407	11.9636
	70-32	5.30	116	46	40	esquina de pared	0	-2.3878	4.7316	-2.3878	4.7316
	70-33	4.90	106	30	0	esquina de pared	0	-1.3917	4.6982	-1.3917	4.6982
	70-34	4.70	94	40	0	poste de luz	0	-0.3824	4.6844	-0.3824	4.6844
	70-35	1.53	155	56	20	esquina de pared	0	-1.3971	0.6238	-1.3971	0.6238
	70-36	1.25	159	30	0	poste de telgua	0	-1.1708	0.4378	-1.1708	0.4378
	70-37	1.80	179	42	0	poste de telgua	0	-1.8000	0.0094	-1.8000	0.0094
	70-38	1.80	189	54	0	poste de telgua	0	-1.7732	-0.3095	-1.7732	-0.3095
	70-39	7.90	224	24	30	esquina de calle	0	-5.6435	-5.5282	-5.6435	-5.5282
	70-40	17.90	193	1	30	esquina de pared	0	-17.4395	-4.0342	-17.4395	-4.0342
	70-41	17.75	191	12	30	esquina de pared	0	-17.4115	-3.4502	-17.4115	-3.4502
	70-42	4.70	69	25	0	pozo de drenaje	0	1.6524	4.4000	1.6524	4.4000
	70-43	15.90	86	10	20	pozo de drenaje	0	1.0614	15.8645	1.0614	15.8645
	70-44	29.40	84	8	30	centro de rejilla	0	3.0008	29.2465	3.0008	29.2465
	70-45	14.90	78	6	0	esquina de pared	0	3.0724	14.5798	3.0724	14.5798
	70-46	28.20	84	0	40	pozo de drenaje	0	2.9423	28.0461	2.9423	28.0461
E-70	E-126	36.40	185	9	30		0	-36.2526	-3.2727	-36.2526	-3.2727
	126-1	1.04	318	13	0	esquina de pared	0	0.7755	-0.6930	1.8369	15.1716
	126-2	2.40	289	24	0	esquina de pared	0	0.7972	-2.2637	1.8586	13.6008
	126-3	37.00	187	57	0	esquina de porton	0	-36.6444	-5.1174	-35.5830	10.7471
	126-4	36.75	178	57	0	esquina de porton	0	-36.7438	0.6734	-35.6824	16.5380
	126-5	2.60	82	45	0	orilla de calle	0	0.3281	2.5792	1.3896	18.4437
E-70	E-127	19.76	252	56	40		0	-5.7956	18.8910	-4.7341	-3.0264
	127-1	2.55	79	37	20	orilla de calle	0	0.4594	2.5083	2.3180	16.1091

Continuación del apéndice 1.

	127-2	2.70	112	38	0	esquina de calle	0	-1.0390	2.4921	0.8196	16.0929
	127-3	4.23	214	32	0	esquina de calle	0	-3.4847	-2.3979	-1.6260	11.2029
	127-4	2.67	264	17	0	orilla de calle	0	-0.2660	-2.6567	1.5927	10.9441
	127-5	21.45	188	11	0	esquina de calle	0	-21.2316	-3.0532	-19.3730	10.5476
	127-6	21.60	175	51	20	esquina de calle	0	-21.5435	1.5611	-19.6849	15.1619
E-70	E-128	24.87	15	43	50		0	23.9386	6.7426	25.7972	20.3434
	128-1	1.28	182	57	0	poste de luz	0	-1.2783	-0.0659	-2.9043	11.1370
	128-2	1.43	175	14	0	esquina de banqueteta	0	-1.4251	0.1188	-3.0511	11.3217
	128-3	2.55	154	30	0	esquina de pared	0	-2.3016	1.0978	-3.9276	12.3007
	128-4	2.23	143	30	0	tel. publico	0	-1.7926	1.3265	-3.4186	12.5293
	128-5	3.85	9	27	30	esquina de banqueteta	0	3.7977	0.6327	2.1716	11.8355
	128-6	5.58	25	0	0	esquina de pared	0	5.0572	2.3582	3.4312	13.5611
	128-7	8.63	9	3	0	poste de telgua	0	8.5226	1.3575	6.8965	12.5603
	128-8	10.86	7	35	0	poste de telgua	0	10.7650	1.4332	9.1390	12.6360
	128-9	16.28	5	49	0	2 postes de luz	0	16.1962	1.6499	14.5702	12.8528
	128-10	25.80	71	25	0	poste de telgua	0	8.2220	24.4548	6.5960	35.6577
	128-11	1.93	325	39	0	pozo de drenaje	0	1.5934	-1.0890	-0.0326	10.1139
E-128	E-129	64.76	78	58	0		0	12.3938	63.5630	10.7677	74.7658
	129-1	39.85	259	59	0	pozo de drenaje	0	-6.9313	39.2426	2.2077	26.6065
	129-2	13.50	250	50	0	poste de luz	0	-4.4323	12.7517	4.7067	-0.1156
	129-3	9.10	282	42	0	poste de telgua	0	2.0006	-8.8774	11.1396	3.7587
	129-4	6.15	266	23	30	pozo de drenaje	0	-0.3871	-6.1378	8.7519	6.4982
	129-5	4.95	34	0	0	esquina de rejilla	0	4.1037	2.7680	13.2427	15.4040
	129-6	5.30	37	57	0	esquina de rejilla	0	4.1793	3.2594	13.3183	15.8954
	129-7	3.90	101	12	0	esquina de rejilla	0	-0.7575	3.8257	8.3815	16.4618
	129-8	3.45	103	51	0	esquina de rejilla	0	-0.8259	3.3497	8.3131	15.9857
	129-9	17.00	63	40	0	esquina de pared	0	7.5411	15.2359	16.6801	27.8719
	129-10	16.75	67	6	20	esquina de porton	0	6.5163	15.4305	15.6553	28.0665
	129-11	16.60	83	59	0	esquina de porton	0	1.7400	16.5086	10.8790	29.1446
	129-12	16.75	87	41	0	esquina de pared	0	0.6771	16.7363	9.8161	29.3724
E-128	E-130	38.09	4	30	20		0	37.9723	2.9922	37.9723	2.9922
	130-1	5.03	165	21	30	rostro de pared	0	-4.8667	1.2714	-4.8667	1.2714
	130-2	4.35	159	28	0	rostro de pared	0	-4.0736	1.5258	-4.0736	1.5258
	130-3	4.23	140	54	0	rostro de pared	0	-3.2827	2.6678	-3.2827	2.6678
	130-4	4.52	185	16	0	rostro de pared	0	-4.5009	-0.4149	-4.5009	-0.4149

Continuación del apéndice 1.

	130-5	3.42	166	58	0	rostro de pared	0	-3.3319	0.7713	-3.3319	0.7713
	130-6	3.30	139	13	0	rostro de pared	0	-2.4987	2.1556	-2.4987	2.1556
	130-7	3.77	164	21	0	poste de telgua	0	-3.6302	1.0170	-3.6302	1.0170
	130-8	4.60	51	13	0	rostro de pared	0	2.8813	3.5858	2.8813	3.5858
	130-9	3.98	30	21	0	rostro de pared	0	3.4346	2.0110	3.4346	2.0110
	130-10	5.03	14	34	0	rostro de pared	0	4.8683	1.2651	4.8683	1.2651
	130-11	5.47	24	12	0	rostro de pared	0	4.9893	2.2423	4.9893	2.2423
	130-12	4.86	33	22	0	rostro de pared	0	4.0589	2.6730	4.0589	2.6730
	130-13	5.20	43	48	0	rostro de pared	0	3.7532	3.5991	3.7532	3.5991
	130-14	1.30	275	38	0	pozo de drenaje	0	0.1276	-1.2937	0.1276	-1.2937
	130-15	22.90	1	28	0	pozo de drenaje	0	22.8925	0.5861	22.8925	0.5861
	130-16	29.00	5	44	0	2 postes de telgua	0	28.8549	2.8971	28.8549	2.8971
	130-17	4.50	2	4	0	orilla de calle	0	4.4971	0.1623	4.4971	0.1623
E-130	E-131	50.64	78	43	0		0	9.9083	49.6612	26.5883	77.5331
	131-1	2.20	345	0	50	poste de telgua	0	2.1252	-0.5689	2.2528	-1.8626
	131-2	10.90	63	56	20	esquina de pared	0	4.7887	9.7918	4.9163	8.4980
	131-3	10.60	67	21	10	esquina de banqueteta y porton	0	4.0816	9.7827	4.2092	8.4889
	131-4	9.53	91	33	30	esquina de banqueteta y porton	0	-0.2592	9.5265	-0.1316	8.2328
	131-5	9.86	98	12	0	esquina de pared	0	-1.4063	9.7592	-1.2787	8.4655
	131-6	5.30	228	13	0	poste de luz	0	-3.5315	-3.9521	-3.4039	-5.2458
E-130	E-132	79.90	4	47	0		0	79.6217	6.6627	79.7493	5.3690
	132-1	28.15	184	15	0	poste de luz	0	-28.0726	-2.0862	-23.8634	6.4028
	132-2	9.95	179	40	0	2 postes de telgua	0	-9.9498	0.0579	-5.7406	8.5468
	132-3	10.40	177	49	0	poste de telgua	0	-10.3925	0.3962	-6.1832	8.8852
	132-4	2.15	82	4	0	rostro de pared	0	0.2967	2.1294	4.5059	10.6184
	132-5	40.00	6	2	0	poste de telgua	0	39.7784	4.2043	43.9876	12.6932
E-132	E-133	120.57	5	7	0		0	120.0895	10.7529	124.2988	19.2419
	133-1	37.25	182	49	0	tel. publico	0	-37.2050	-1.8305	-42.9456	6.7164
	133-2	36.00	184	30	0	2 postes de telgua	0	-35.8890	-2.8245	-41.6297	5.7223
	133-3	9.40	172	8	20	rostro de pared	0	-9.3117	1.2857	-15.0523	9.8325
	133-4	7.50	159	54	40	rostro de pared	0	-7.0437	2.5761	-12.7843	11.0650
	133-5	7.80	140	21	30	rostro de pared	0	-6.0064	4.9763	-11.7470	13.5231
	133-6	24.30	105	53	0	rostro de banqueteta	0	-6.6504	23.3722	-12.3910	31.9191
	133-7	7.00	136	8	0	rostro de banqueteta	0	-4.6646	4.4836	-10.4052	13.0304

Continuación del apéndice 1.

	133-8	6.47	163	56	0	rostro de banqueteta	0	-8.6485	2.4908	-14.3891	11.0376
	133-9	9.00	182	44	0	rostro de banqueteta	0	-0.8291	-0.0396	-6.5697	8.5073
	133-10	0.83	5	30	0	esquina de banqueteta	0	1.9410	0.1869	-3.7996	8.7337
	133-11	1.95	68	41	0	esquina de pared	0	5.5982	14.3464	-0.1424	22.8932
	133-12	15.40	91	0	40	esquina de pared	0	-0.2718	15.3976	-6.0124	23.9444
	133-13	15.40	94	9	0	esquina de banqueteta	0	-0.0832	1.1470	-5.8238	9.6938
	133-14	1.15	50	52	0	poste de telgua	0	0.6942	0.8532	-5.0464	9.4001
	133-15	1.10	24	2	0	poste de telgua	0	2.0549	0.9164	-3.6857	9.4632
	133-16	2.25	15	46	0	tel. publico	0	4.6194	1.3043	-1.1212	9.8511
	133-17	4.80	12	41	0	poste de luz	0	34.4386	7.7506	28.6980	16.2974
	133-18	35.30	6	43	0	poste de telgua	0	35.0577	4.1287	39.2669	12.6755
E-133	E-134	40.30	93	37	10		0	-2.5441	40.2196	1.6651	48.7086
	134-1	11.28	271	47	0	esquina de pared	0	0.3510	11.2745	-3.3346	-1.8114
	134-2	10.40	275	51	0	esquina de pared	0	1.0600	10.3458	-2.6257	-0.8827
	134-3	10.43	280	29	40	esquina de pared	0	1.8997	10.2555	-1.7860	-0.7923
	134-4	1.05	274	54	0	esquina de pared	0	0.0897	-1.0462	-3.5960	8.4170
	134-5	1.24	287	22	0	poste de telgua	0	0.3701	-1.1835	-3.3156	8.2797
	134-6	0.50	301	48	0	poste de telgua	0	0.2635	-0.4249	-3.4222	9.0382
	134-7	1.00	326	1	30	esquina de pared	0	0.8293	-0.5588	-2.8564	8.9044
	134-8	7.82	84	5	50	esquina de pared	0	0.8042	7.7785	-2.8815	17.2417
	134-9	22.50	92	13	50	esquina de bordillo	0	-0.8757	22.4830	-4.5614	31.9461
	134-10	23.90	92	5	0	poste de telgua	0	-0.8688	23.8842	-4.5545	33.3474
	134-11	23.20	90	59	0	esquina de pared	0	-0.3981	23.1966	-4.0838	32.6598
	134-12	23.10	92	38	30	esquina de pared	0	-1.0647	23.0755	-4.7503	32.5386
	134-13	23.15	93	56	30	esquina de banqueteta	0	-1.5913	23.0952	-5.2770	32.5584
	134-14	11.75	112	45	40	esquina de banqueteta	0	-4.5460	10.8350	-8.2316	20.2982
	134-15	11.75	114	40	0	esquina de pared	0	-4.9037	10.6778	-8.5894	20.1410
	134-16	12.40	123	3	0	esquina de pared	0	-6.7626	10.3936	-10.4483	19.8568
	134-17	6.60	129	38	0	poste de luz	0	-4.2100	5.0829	-7.8956	14.5461
	134-18	7.30	142	22	50	esquina de pared	0	-5.7822	4.4560	-9.4679	13.9192
	134-19	7.96	147	36	10	esquina de pared	0	-6.7211	4.2649	-10.4067	13.7280
E-134	E-135	65.04	102	50	10		0	-14.4495	63.4146	-18.1352	72.8778
	135-1	6.20	4	3	40	rostro de bordillo	0	6.1844	0.4391	-4.2638	20.2959
	135-2	7.05	20	4	40	rostro de bordillo	0	6.6216	2.4202	-3.8267	22.2770
	135-3	9.20	27	17	30	rostro de bordillo	0	8.1759	4.2184	-2.2724	24.0752
	135-4	7.35	7	43	50	esquina de pared	0	7.2832	0.9887	-3.1651	20.8455
	135-5	3.63	63	55	0	pozo de drenaje	0	1.5960	3.2603	-8.8522	23.1171
	135-6	6.13	288	1	10	esquina de banqueteta	0	1.8963	-5.8293	-8.5520	14.0275
	135-7	6.10	281	17	0	esquina de pared	0	1.1935	-5.9821	-9.2547	13.8747

Continuación del apéndice 1.

	135-8	12.25	227	41	50	esquina de pared	0	-8.2448	-9.0601	-18.6931	10.7967
	135-9	9.75	204	9	2	esquina de pared	0	-8.8966	-3.9891	-19.3449	15.8677
	135-10	3.10	196	47	0	rostro de bordillo	0	-2.9680	-0.8951	-13.4162	18.9617
	135-11	1.72	266	56	30	rostro de bordillo	0	-0.0918	-1.7176	-10.5400	18.1393
	135-12	4.40	288	12	50	rostro de bordillo	0	1.3753	-4.1795	-9.0730	15.6773
	135-13	2.38	273	44	0	poste de telgua	0	0.1550	-2.3749	-10.2933	17.4819
	135-14	3.75	274	6	0	tel. publico	0	0.2681	-3.7404	-10.1802	16.1164
	135-15	4.40	278	4	0	tel. publico	0	0.6174	-4.3565	-9.8308	15.5003
	135-16	20.30	197	45	30	rostro de bordillo	0	-19.3327	-6.1916	-29.7810	13.6652
	135-17	20.55	200	58	10	rostro de pared	0	-19.1890	-7.3542	-29.6373	12.5026
	135-18	27.65	199	53	0	rostro de pared	0	-26.0017	-9.4039	-36.4500	10.4529
	135-19	27.35	196	59	40	rostro de bordillo	0	-26.1557	-7.9938	-36.6040	11.8630
	135-20	27.35	194	6	0	pozo de drenaje	0	-26.5260	-6.6629	-36.9743	13.1939
	135-21	36.00	195	10	10	rostro de bordillo	0	-34.7456	-9.4203	-45.1939	10.4365
	135-22	36.20	196	59	50	rostro de pared	0	-34.6187	10.5822	-45.0670	9.2746
E-135	E-136	53.68	190	23	0		0	-52.8009	-9.6749	-56.4866	-0.2117
	136-1	19.40	343	4	40	esquina de pared	0	18.5600	-5.6468	-18.0440	6.2162
	136-2	1.65	351	43	0	esquina de bordillo	0	1.6328	-0.2377	-34.9712	11.6253
	136-3	6.75	182	34	0	2 postes de telgua	0	-6.7432	-0.3023	-43.3472	11.5607
	136-4	12.60	174	50	0	esquina de bordillo	0	-12.5488	1.1347	-49.1528	12.9976
	136-5	23.90	175	19	10	rostro de bordillo	0	-23.8203	1.9502	-60.4243	13.8132
	136-6	23.95	178	1	10	esquina de pared	0	-23.9357	0.8277	-60.5397	12.6907
	136-7	25.36	192	9	50	esquina de pared	0	-24.7906	-5.3436	-61.3946	6.5194
	136-8	11.93	162	41	0	pozo de drenaje	0	-11.3893	3.5510	-47.9933	15.4140
E-136	E-138	60.00	172	28	0		0	-59.4821	7.8662	-96.0861	19.7292
	137-1	18.65	349	5	0	2 postes de telgua	0	18.3125	-3.5320	-42.1118	10.2813
	137-2	4.67	172	36	0	esquina de bordillo	0	-4.6311	0.6015	-65.0554	14.4147
	137-3	17.30	176	4	0	poste de telgua	0	-17.2593	1.1867	-77.6835	14.9999
E-133	E-138	60.06	4	41	0		0	59.8595	4.9038	-0.5648	18.7170
	138-1	11.35	185	16	0	pozo de drenaje	0	-11.3021	-1.0418	-11.3021	-1.0418
	138-2	2.65	163	2	0	2 postes de telgua	0	-2.5347	0.7733	-2.5347	0.7733
	138-3	11.75	20	27	0	esquina de pared	0	11.0095	4.1053	11.0095	4.1053
	138-4	13.60	9	50	0	esquina de pared	0	13.4002	2.3226	13.4002	2.3226
	138-5	18.70	6	4	0	poste de telgua	0	18.5953	1.9763	18.5953	1.9763
	138-6	8.83	4	6	0	orilla de calle	0	8.8074	0.6313	8.8074	0.6313
E-138	E-139	32.01	4	5	50		0	31.9282	2.2871	31.9282	2.2871
	139-1	-2.54	155	28	40	rostro de pared	0	2.3109	-1.0542	13.3204	3.0511

Continuación del apéndice 1.

	139-2	2.35	140	31	0	rostro de pared	0	-1.8138	1.4943	9.1957	5.5996
	139-3	2.68	129	26	10	rostro de pared	0	-1.7024	2.0699	9.3071	6.1752
	139-4	2.50	108	12	40	rostro de bordillo	0	-0.7813	2.3748	10.2282	6.4801
	139-5	1.35	144	20	0	rostro de bordillo	0	-1.0968	0.7871	9.9127	4.8925
	139-6	2.45	184	42	0	rostro de bordillo	0	-2.4418	-0.2007	8.5677	3.9046
	139-7	6.35	4	7	30	esquina de bordillo	0	6.3336	0.4568	17.3430	4.5621
	139-8	7.35	20	6	30	esquina de pared	0	6.9020	2.5269	17.9115	6.6322
	139-9	6.96	24	33	0	esquina de pared	0	6.3308	2.8918	17.3403	6.9971
E-139	E-78	7.98	282	33	50		0	1.7359	-7.7889	12.7454	-3.6836
E-78	E-79		322	53	50		0	0.0000	0.0000	8.5677	3.9046

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Construcción del sistema de drenaje pluvial

UBICACIÓN

AVENIDA LA BRIGADA, COLONIA LA BRIGADA, ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE MIXCO

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	SUB TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					Q 15,304.40
1.1	Topografía para trazo y nivelación	unidad	10.00	Q 1,530.44	Q 15,304.40	
2	CONSTRUCCION DE COLECTORES					Q 24,103,491.96
2.1	Excavación en tunel (incluye excavación, pozo de trabajo, carga y acarreo del material sobrante).	m³	8,367.40	Q 1,055.73	Q 8,833,715.56	
2.2	Excavación de zanja manual (incluye corte, carga y acarreo)	m³	434.52	Q 126.85	Q 55,119.06	
2.3	Construcción de tunel de ø 1.50 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)	m	576.24	Q 4,527.88	Q 2,609,145.57	
2.4	Construcción de tunel de ø 2.00 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)	m	1,537.26	Q 5,431.12	Q 8,349,043.53	
2.5	Construcción de tunel de ø 2.50 m interno de 4,000 psi (incluye armadura, formaleta, fundición y acabado del tunel de concreto)	m	601.82	Q 7,072.66	Q 4,256,468.24	
3	CONSTRUCCION DE POZO DE VISITA					Q 3,712,566.03
3.1	Construcción de pozo tipo 1 h = 4.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 45,825.79	Q 45,825.79	
3.2	Construcción de pozo tipo 1 h = 5.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 73,322.87	Q 73,322.87	
3.3	Construcción de pozo tipo 1 h = 6.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	2.00	Q 81,868.84	Q 163,737.68	
3.4	Construcción de pozo tipo 1 h = 7.0 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	9.00	Q 87,920.99	Q 791,288.91	
3.5	Construcción de pozo tipo 1 h = 8.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	7.00	Q 98,309.36	Q 688,165.52	
3.6	Construcción de pozo tipo 1 h = 8.5 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	3.00	Q 102,524.02	Q 307,572.06	
3.7	Construcción de pozo tipo 1 h = 9.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	9.00	Q 106,412.52	Q 957,712.68	
3.8	Construcción de pozo tipo 1 h = 9.5 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 110,300.97	Q 110,300.97	
3.9	Construcción de pozo tipo 1 h = 10.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	5.00	Q 114,925.91	Q 574,629.55	
3.10	Construcción de pozo tipo 1 h = 11.0 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 122,702.26	Q 122,702.26	
3.11	Construcción de pozo tipo 1 h = 12.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 131,191.46	Q 131,191.46	
3.12	Construcción de pozo tipo 1 h = 15.00 m (incluye excavación, armadura, formaleta y fundición del pozo)	unidad	1.00	Q 156,018.10	Q 156,018.10	
4	PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA					Q 9,062.42
4.1	Relleno compactado con material Selecto (incluye carga, acarreo, colocación y compactación del material)	m³	29.24	Q 309.94	Q 9,062.42	
5	OBRA COMPLEMENTARIA					Q 8,828.37
5.1	Construcción de rejilla tragante tipo 1 que incluye la tubería a conectar al pozo existente (incluye excavación, armadura, formaleta, tubo de conexión de la rejilla tragante hacia pozo existente, instalación de tubería, relleno de la tubería hacia el pozo existente)	ml	144.40	Q 61.14	Q 8,828.37	
6	DESFOGUE					Q 15,521.24
6.1	Desmante y chapeo del área de trabajo a mano de espesor de 0.25 m (incluye limpieza de raíces, corte material organico,	m²	50.00	Q 224.17	Q 11,208.50	

Apéndice 3. Cálculos Hidráulicos por sector

Expresiones utilizadas

Hazen Williams

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

Calculo de Velocidad

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

Sobrepresión por Golpe de Ariete

$$G.A. = \left(\frac{1.45}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm²)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm²)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

Calculo Hidráulico

1 Línea de Conduccion Sector 5 colonia La Brigada zona 7 de Mixco

Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diametro (")	Hf (m)	vel (m/s)
1	A	B	680.25	5.047	12	0.01	0.07
2	C	B	374.21	8.201	12	0.02	0.11
3	D	B	385.33	19.00	12	0.08	0.26
4	B	2	730.59	32.248	12	0.41	0.44

Nodo	Cota Terreno	Altura Piezometrica	Presión Dinámica (mca)	Presión Estática (mca)	OBSERVACION ES
A	106.48	117.15	10.67	5.97	-----
B	112.45	123.98	11.53	0.76	-----
1	113.21	125.65	12.44	0.00	-----

Continuación del apéndice 3.

CALCULO HIDRAULICO SECTOR 5

No. TRAMO	DE NODO	A NODO	LONGITUD (M)	DIAMETRO (MM)	C	CAUDAL		VELOCIDAD		PERDIDA	
						(LPS)	(MPS)	(M/KM)	(M)		
1	1	2	730.59	300	150	31.41	0.44		0.59	0.43	
2	2	3	108.08	100	150	0.85	0.11	LO	0.16	0.02	
3	2	4	83.95	100	150	4.26	0.54		3.06	0.26	
4	4	5	79.19	100	150	0.31	0.04	LO	0.02	0.00	
5	4	6	39.65	100	150	3.04	0.39		1.64	0.06	
6	6	7	58.29	100	150	0.43	0.05	LO	0.04	0.00	
7	6	8	29.68	100	150	1.82	0.23	LO	0.63	0.02	
8	8	9	64.33	100	150	0.91	0.05	LO	0.02	0.00	
9	2	10	58.57	150	150	24.66	1.40		10.94	HI 0.64	
10	10	11	93.19	150	150	22.06	1.25		8.90	0.83	
11	11	12	37.31	150	150	1.28	0.07	LO	0.05	0.00	
12	12	13	38.6	50	150	0.55	0.28	LO	2.03	0.08	
13	12	14	42.88	50	150	0.18	0.09	LO	0.25	0.01	
14	14	15	47.74	50	150	0.97	0.49		5.79	0.28	
15	14	16	45.49	50	150	0.43	0.22	LO	1.29	0.06	
16	17	14	45.76	50	150	1.77	0.90		17.64	HI 0.81	
17	10	17	34.25	100	150	2.34	0.30	LO	1.01	0.03	
18	17	18	194.66	150	150	0.31	0.02	LO	0.00	0.00	
19	11	19	51.17	150	150	10.25	0.58		2.16	0.11	
20	19	20	96.57	100	150	5.65	0.72		5.17	0.50	
21	20	21	32.04	75	150	2.16	0.49		3.54	0.11	
22	21	22	48.32	75	150	0.49	0.11	LO	0.23	0.01	
23	21	23	21.55	75	150	0.82	0.19	LO	0.59	0.01	
24	23	24	53.5	75	150	0.61	0.14	LO	0.34	0.02	
25	20	25	56.02	75	150	0.31	0.07	LO	0.10	0.01	
26	20	26	17.51	75	150	2.92	0.66		6.19	0.11	
27	26	27	48.5	100	150	0.49	0.06	LO	0.06	0.00	
28	26	28	56.3	150	150	1.76	0.10	LO	0.08	0.00	
29	28	29	114.96	150	150	0.97	0.06	LO	0.03	0.00	
30	30	29	56.58	75	150	1.09	0.25	LO	1.00	0.06	
31	30	31	41.46	75	150	0.43	0.10	LO	0.18	0.01	
32	32	30	37.05	75	150	2.49	0.56		4.61	0.17	
33	19	32	35.25	75	150	3.99	0.90		10.98	HI 0.39	
34	33	32	92.23	75	150	1.34	0.30		1.47	0.14	
35	33	34	39.53	75	150	0.26	0.06	LO	0.07	0.00	
36	35	33	17.61	100	150	1.81	0.23	LO	0.63	0.01	
37	36	35	30.37	100	150	7.67	0.98		9.09	0.28	
38	11	36	34.99	150	150	10.10	0.57		2.10	0.07	
39	36	37	63.94	75	150	1.03	0.23	LO	0.90	0.06	
40	35	38	131.61	75	150	1.47	0.33		1.74	0.23	
41	38	39	129.43	75	150	0.13	0.03	LO	0.02	0.00	
42	40	39	129.43	75	150	0.08	0.02	LO	0.01	0.00	
43	40	41	27.74	100	150	1.11	0.14	LO	0.25	0.01	
44	41	42	33.43	100	150	1.16	0.15	LO	0.28	0.01	
45	43	41	27.74	100	150	0.20	0.03	LO	0.01	0.00	
46	32	43	93.86	100	150	2.29	0.29	LO	0.97	0.09	
47	43	44	21.1	50	150	1.88	0.96		19.62	HI 0.41	
48	44	45	37.31	50	150	0.26	0.13	LO	0.51	0.02	
49	44	46	26.77	50	150	0.89	0.45		4.89	0.13	
50	47	46	32.9	50	150	0.23	0.12	LO	0.40	0.01	
51	48	47	33.37	50	150	0.60	0.31		2.38	0.08	
52	29	48	17.29	50	150	1.81	0.92		18.30	HI 0.32	
53	48	49	68.5	50	150	0.66	0.33		2.81	0.19	
54	46	49	38.95	50	150	0.63	0.32		2.57	0.10	
55	49	50	46.85	50	150	0.37	0.19	LO	0.97	0.05	
56	49	51	43.5	50	150	0.54	0.28	LO	1.97	0.09	
57	52	51	89.03	50	150	0.19	0.10	LO	0.28	0.02	
58	53	52	82.95	50	150	0.98	0.50		5.88	0.49	
59	53	54	33.71	75	150	0.55	0.12	LO	0.28	0.01	
60	55	53	55.11	75	150	1.79	0.40		2.49	0.14	
61	40	55	95.27	100	150	2.22	0.28	LO	0.92	0.09	
62	35	40	91.55	100	150	3.83	0.49		2.52	0.23	

Continuación del apéndice 3.

PRESIONES SECTOR 5

NODO	CAUDAL (LPS)	ELEVACION (M)	PIEZO (M)	PRESION (M)
1 R	31.41	126.06	136.06	10.00
2	-1.64	107.40	135.64	28.23
3	-0.85	96.80	135.62	38.82
4	-0.91	109.28	135.38	26.10
5	-0.31	110.63	135.38	24.75
6	-0.79	107.74	135.31	27.58
7	-0.43	100.27	135.31	35.04
8	-0.91	106.78	135.29	28.52
9	-0.91	98.65	135.29	36.64
10	-0.26	106.30	134.99	28.70
11	-0.43	104.86	134.17	29.30
12	-0.55	101.27	134.16	32.90
13	-0.55	102.62	134.09	31.47
14	-0.55	97.00	134.15	37.15
15	-0.97	98.16	133.88	35.72
16	-0.43	102.00	134.09	32.10
17	-0.26	89.62	134.96	45.34
18	-0.31	82.18	134.96	52.78
19	-0.61	106.47	134.06	27.59
20	-0.26	108.67	133.56	24.88
21	-0.85	108.67	133.44	24.77
22	-0.49	109.34	133.43	24.10
23	-0.21	108.88	133.43	24.55
24	-0.61	109.60	133.41	23.81
25	-0.31	109.57	133.55	23.98
26	-0.67	108.95	133.45	24.50
27	-0.49	109.63	133.45	23.82
28	-0.79	109.05	133.44	24.40
29	-0.26	107.12	133.44	26.32
30	-0.97	106.29	133.50	27.21
31	-0.43	105.82	133.49	27.67
32	-0.55	105.69	133.67	27.98
33	-0.21	105.06	133.80	28.74
34	-0.26	104.41	133.80	29.39
35	-0.55	104.51	133.82	29.31
36	-1.4	105.03	134.09	29.06
37	-1.03	105.86	134.03	28.18
38	-1.34	95.40	133.59	38.18
39	-0.21	99.11	133.58	34.48
40	-0.43	102.98	133.59	30.61
41	-0.15	103.64	133.58	29.93
42	-1.16	104.22	133.57	29.35
43	-0.21	104.29	133.58	29.28
44	-0.73	104.69	133.16	28.47
45	-0.26	105.34	133.14	27.80
46	-0.49	105.09	133.03	27.94
47	-0.37	105.66	133.04	27.39
48	-0.55	106.18	133.12	26.95
49	-0.37	105.25	132.93	27.68
50	-0.37	104.98	132.89	27.91
51	-0.73	105.62	132.85	27.22
52	-0.79	102.43	132.87	30.44
53	-0.26	101.02	133.36	32.34
54	-0.55	102.78	133.35	30.58
55	-0.43	104.51	133.50	28.99

Continuación del apéndice 3.

Expresiones utilizadas

Hazen Williams

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

Calculo de Velocidad

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

Sobrepresión por Golpe de Ariete

$$G.A. = \left(\frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm²)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm²)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

Calculo Hidráulico

1 Línea de Conduccion Sector 6 colonia La Brigada zona 7 de Mixco

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diametro (")	Hf (m)	vel (m/s)
1	A	B	760.93	19.02	10	0.39	0.38
2	C	B	466.57	18.93	12	0.10	0.26
3	D	B	385.33	19.00	12	0.08	0.26
4	B	2	730.59	56.95	12	1.18	0.78

Nodo	Cota Terreno	Cota Piezometrica	Presión Dinámica (mca)	Presión Estática (mca)	OBSERVACIONES
A	106.903	117.56	10.66	3.16	-----
B	110.06	122.03	11.97	4.18	-----
1	114.24	136.06	21.82	-114.24	-----

Continuación del apéndice 3.

CALCULO HIDRAULICO SECTOR 6

No. TRAMO	DE NODO	A NODO	LONGITUD	DIAMETRO	C	CAUDAL	VELOCIDAD	PERDIDA		
			(M)	(MM)		(LPS)	(MPS)	(M/KM)	(M)	
1	1	2	298.2	250	150	19.02	0.39		0.56	0.17
2	2	3	104.29	100	150	5.99	0.76		5.76	0.60
3	3	4	50.61	100	150	0.91	0.12	LO	0.18	0.01
4	3	5	58.02	100	150	4.59	0.59		3.52	0.20
5	2	6	114.27	150	150	12.60	0.71		3.16	0.36
6	6	7	52.14	100	150	7.46	0.95		8.64	0.45
7	7	8	28.99	75	150	3.65	0.83		9.33	0.27
8	8	9	84.04	75	150	3.10	0.70		6.90	0.58
9	9	10	47.21	75	150	0.15	0.03	LO	0.03	0.00
10	9	11	11.5	75	150	2.46	0.56		4.50	0.05
11	12	11	42.11	75	150	3.24	0.73		7.47	0.31
12	7	12	70.03	75	150	3.44	0.78		8.38	0.59
13	13	12	49.5	75	150	1.33	0.30		1.44	0.07
14	16	13	48.62	75	150	0.14	0.03	LO	0.02	0.00
15	14	13	96.41	75	150	2.10	0.48		3.36	0.32
16	6	14	41.05	75	150	4.82	1.09		15.62	HI 0.64
17	14	15	38.64	75	150	2.41	0.55		4.33	0.17
18	15	16	74.84	75	150	1.62	0.37		2.08	0.16
19	16	17	20.5	75	150	0.68	0.15	LO	0.41	0.01
20	17	18	68.55	75	150	0.15	0.03	LO	0.03	0.00
21	19	17	10.12	75	150	0.20	0.05	LO	0.04	0.00
22	20	19	15.69	75	150	1.29	0.29	LO	1.35	0.02
23	20	21	70.03	75	150	0.15	0.03	LO	0.03	0.00
24	22	20	24.87	75	150	2.11	0.48		3.37	0.08
25	5	22	135.64	100	150	4.28	0.55		3.09	0.42
26	22	23	51.29	75	150	1.69	0.38		2.24	0.12
27	23	24	67.74	75	150	0.15	0.03	LO	0.03	0.00
28	23	25	36.35	75	150	0.81	0.18	LO	0.57	0.02
29	19	25	41.08	75	150	0.93	0.21	LO	0.75	0.03
30	25	26	73.6	75	150	0.15	0.03	LO	0.03	0.00
31	25	27	23.01	50	150	1.10	0.56		7.33	0.17
32	16	27	74.43	50	150	0.65	0.33		2.79	0.21
33	27	28	64.25	50	150	0.15	0.08	LO	0.18	0.01
34	27	29	34.5	50	150	1.18	0.60		8.27	0.29
35	29	30	64.25	50	150	0.15	0.08	LO	0.18	0.01
36	29	31	33.87	50	150	0.36	0.18	LO	0.90	0.03
37	12	31	40.15	50	150	1.39	0.71		11.26	HI 0.45
38	31	32	54.75	50	150	1.53	0.78		13.54	HI 0.74
39	32	33	22.51	50	150	0.83	0.42		4.34	0.10
40	33	34	27.02	50	150	0.31	0.16	LO	0.70	0.02
41	33	35	38.09	50	150	0.15	0.08	LO	0.18	0.01
42	32	36	16.51	75	150	0.33	0.08	LO	0.11	0.00
43	11	36	48	75	150	5.27	1.19		18.38	HI 0.88
44	36	37	25.08	75	150	5.34	1.21		18.87	HI 0.47
45	37	38	41.6	75	150	0.21	0.05	LO	0.05	0.00
46	37	39	24.6	75	150	4.64	1.05		14.55	HI 0.36
47	39	40	50.39	75	150	0.26	0.06	LO	0.07	0.00
48	39	41	15.4	75	150	3.59	0.81		9.05	0.14
49	41	42	69.31	50	150	1.08	0.55		7.07	0.49
50	42	43	39.51	50	150	0.55	0.28	LO	2.03	0.08
51	42	44	59.91	50	150	0.16	0.08	LO	0.21	0.01
52	41	44	34.35	50	150	1.60	0.81		14.62	HI 0.50
53	44	45	34.73	50	150	0.85	0.43		4.54	0.16

Continuación del apéndice 3.

PRESIONES SECTOR 6

NODO	CAUDAL	ELEVACION	PIEZO	PRESION
	(LPS)	(M)	(M)	(M)
1 R	19.02	126.07	136.07	10.00
2	-0.43	118.04	135.90	17.86
3	-0.49	121.11	135.30	14.19
4	-0.91	120.27	135.30	15.03
5	-0.31	123.33	135.10	11.77
6	-0.31	115.93	135.54	19.61
7	-0.37	115.16	135.09	19.94
8	-0.55	113.65	134.82	21.17
9	-0.49	112.34	134.24	21.91
10	-0.15	112.34	134.24	21.90
11	-0.43	113.93	134.19	20.26
12	-0.15	115.84	134.51	18.67
13	-0.91	117.13	134.58	17.44
14	-0.31	117.54	134.90	17.36
15	-0.79	118.16	134.74	16.57
16	-0.15	117.13	134.58	17.45
17	-0.73	117.54	134.57	17.03
18	-0.15	119.19	134.57	15.38
19	-0.15	117.99	134.58	16.58
20	-0.67	117.82	134.60	16.77
21	-0.15	118.96	134.59	15.63
22	-0.49	118.81	134.68	15.87
23	-0.73	109.81	134.57	24.75
24	-0.15	88.32	134.56	46.24
25	-0.49	112.22	134.54	22.32
26	-0.15	87.82	134.54	46.72
27	-0.43	111.11	134.37	23.26
28	-0.15	87.45	134.36	46.91
29	-0.67	111.12	134.08	22.97
30	-0.15	96.26	134.07	37.81
31	-0.21	107.82	134.05	26.23
32	-0.37	107.29	133.31	26.03
33	-0.37	100.29	133.21	32.93
34	-0.31	94.83	133.20	38.36
35	-0.15	94.04	133.21	39.17
36	-0.26	107.87	133.31	25.44
37	-0.49	107.87	132.84	24.97
38	-0.21	110.43	132.83	22.40
39	-0.79	107.29	132.48	25.19
40	-0.26	107.06	132.47	25.41
41	-0.91	105.06	132.34	27.28
42	-0.37	86.40	131.85	45.45
43	-0.55	85.72	131.77	46.04
44	-0.91	85.26	131.84	46.58
45	-0.85	85.81	131.68	45.87

Continuación del apéndice 3.

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- Hazen Williams**
- hf Perdidas de carga en metro por metro
 - Q Caudal en litros por segundo
 - C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
 - D Diámetro de la tubería en pulgadas
 - L Distancia del tramo en estudio en metros

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- Calculo de Velocidad**
- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
 - Q Caudal en litros por segundo
 - D Diámetro de la tubería en pulgadas

$$G.A. = \left(\frac{145}{\sqrt{1 + \frac{E_a \times D}{E_t \times e}}} \right) \times V$$

- Sobrepresión por Golpe de Ariete**
- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
 - Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm²)
 - Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm²)
 - D Diámetro de la tubería en centímetros
 - e Espesor de la tubería en centímetros

Calculo Hidráulico
1 Línea de Conduccion Sector 7 colonia La Brigada zona 7 de Mixco

Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diametro (")	Hf (m)	vel (m/s)
1	A	1	645.2	5.047	10	0.03	0.10
2	B	1	348.58	1.136	10	0.00	0.02
3	C	1	425.4	19.00	10	0.22	0.38
4	D	1	768.31	25.183	10	0.67	0.50

Nodo	Cota Terreno	Cota Piezometrica	Presión Dinámica (mca)	Presión Estática (mca)	OBSERVACIONES
A	106.763	106.76	0.00	19.30	-----
B	126.064	136.06	10.00	5.49	-----
C	122.757	131.65	8.89	0.00	
1	120.574	129.86	9.29	0.00	

Continuación del apéndice 3.

CALCULO HIDRAULICO SECTOR 7

No. Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (M)	Diametro (MM)	C	Caudal	Velocidad	PERDIDA	
						(LPS)	(MPS)	(M/KM)	(M)
1	1	2	355.8	200	150	19.43	0.62	1.73	0.62
2	2	3	25.81	150	150	0.31	0.02	LO	0.00
3	2	4	37.32	100	150	8.71	1.11	11.49	HI 0.43
4	4	5	50.44	100	150	3.29	0.42	1.90	0.10
5	5	6	25.42	100	150	0.31	0.04	LO	0.02
6	5	7	56.57	100	150	2.43	0.31	1.08	0.06
7	7	8	20.34	100	150	1.49	0.19	LO	0.44
8	8	9	19.5	100	150	0.21	0.03	LO	0.01
9	8	10	91.46	100	150	0.97	0.12	LO	0.20
10	10	11	13.3	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
11	10	12	28.68	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
12	7	13	124.58	100	150	0.45	0.06	LO	0.05
13	13	14	20.97	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
14	13	15	28.67	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
15	2	16	26.91	100	150	8.95	1.14	12.08	HI 0.33
16	16	17	40.61	100	150	3.98	0.51	2.70	0.11
17	17	18	62.21	100	150	1.89	0.24	LO	0.68
18	17	20	92.94	100	150	1.66	0.21	LO	0.54
19	18	19	61.74	100	150	0.49	0.06	LO	0.06
20	18	22	49.51	100	150	0.85	0.11	LO	0.15
21	22	23	47.07	100	150	0.43	0.05	LO	0.04
22	22	20	59.05	100	150	0.11	0.01	LO	0.00
23	20	21	47.9	100	150	0.61	0.08	LO	0.08
24	16	24	63.38	100	150	4.71	0.60	3.68	0.23
25	24	25	62.16	100	150	0.31	0.04	LO	0.02
26	24	26	72.96	100	150	3.18	0.40	1.78	0.13
27	26	27	38.03	100	150	0.31	0.04	LO	0.02
28	26	28	51.35	100	150	2.38	0.30	1.04	0.05
29	28	29	40.06	100	150	2.07	0.26	LO	0.80
30	30	29	38.57	100	150	2.69	0.34	1.30	0.05
31	4	30	70.33	100	150	5.05	0.64	4.19	0.29
32	30	31	17.61	100	150	2.11	0.27	LO	0.83
33	31	32	38.67	100	150	1.96	0.25	LO	0.72
34	32	33	37.9	75	150	0.43	0.10	LO	0.18
35	32	34	55.52	75	150	1.32	0.30	LO	1.41
36	29	34	20.93	75	150	2.11	0.48	3.38	0.07
37	29	35	38.44	75	150	2.28	0.52	3.89	0.15
38	35	36	12.9	75	150	2.02	0.46	3.11	0.04
39	36	37	39.76	75	150	1.87	0.42	2.70	0.11
40	37	38	7.91	75	150	1.35	0.31	1.48	0.01
41	38	39	31.62	75	150	0.31	0.07	LO	0.10
42	38	40	14.6	75	150	0.89	0.20	LO	0.69
43	40	41	33.02	75	150	0.31	0.07	LO	0.10
44	40	42	26.44	75	150	0.43	0.10	LO	0.18
45	37	43	26.1	75	150	0.21	0.05	LO	0.05
46	43	44	64.75	75	150	0.91	0.21	LO	0.71
47	45	43	47.41	75	150	1.01	0.23	LO	0.87
48	34	45	33.56	75	150	2.75	0.62	5.54	0.19
49	45	46	38.03	75	150	1.31	0.30	LO	1.40
50	46	47	51.68	75	150	0.37	0.08	LO	0.14
51	46	48	31.63	75	150	0.73	0.17	LO	0.48

Continuación del apéndice 3.

PRESIONES SECTOR 7

No. NODO	CAUDAL (LPS)	ELEVACION (M)	PIEZO (M)	PRESION (M)
1 R	19.43	120.57	130.574	10.00
2	-1.46	118.04	129.9571	11.92
3	-0.31	118.05	129.957	11.91
4	-0.37	118.75	129.5281	10.78
5	-0.55	118.08	129.4324	11.35
6	-0.31	117.14	129.4318	12.29
7	-0.49	117.14	129.3712	12.23
8	-0.31	116.54	129.3622	12.82
9	-0.21	116.70	129.362	12.67
10	-0.67	90.23	129.3441	39.12
11	-0.15	89.22	129.3441	40.12
12	-0.15	88.93	129.3439	40.41
13	-0.15	90.26	129.3652	39.11
14	-0.15	89.53	129.3651	39.84
15	-0.15	89.36	129.365	40.01
16	-0.26	118.16	129.632	11.47
17	-0.43	118.28	129.5224	11.25
18	-0.55	117.81	129.4802	11.67
19	-0.49	93.89	129.4768	35.59
20	-1.16	117.49	129.4724	11.98
21	-0.61	116.93	129.4684	12.54
22	-0.31	117.50	129.4726	11.97
23	-0.43	91.26	129.4706	38.21
24	-1.22	117.07	129.3985	12.33
25	-0.31	102.44	129.397	26.95
26	-0.49	118.11	129.2686	11.16
27	-0.31	107.14	129.2677	22.13
28	-0.31	117.63	129.2151	11.59
29	-0.37	117.97	129.1829	11.21
30	-0.26	118.62	129.2332	10.61
31	-0.15	118.62	129.2185	10.59
32	-0.21	117.13	129.1905	12.06
33	-0.43	117.07	129.1837	12.11
34	-0.67	118.36	129.1121	10.75
35	-0.26	117.84	129.0332	11.19
36	-0.15	118.37	128.993	10.62
37	-0.31	117.69	128.8858	11.20
38	-0.15	117.70	128.8741	11.17
39	-0.31	117.99	128.871	10.89
40	-0.15	117.67	128.8641	11.20
41	-0.31	116.89	128.8609	11.97
42	-0.43	117.66	128.8594	11.20
43	-0.31	117.15	128.8846	11.73
44	-0.91	117.25	128.8384	11.59
45	-0.43	117.86	128.926	11.06
46	-0.21	117.59	128.8727	11.28
47	-0.37	117.63	128.8657	11.23
48	-0.73	117.58	128.8577	11.28

Continuación del apéndice 3.

Expresiones utilizadas

Hazen Williams

$$h_f = \frac{1743.811 \times L \times (Q/C)^{1.85}}{D^{4.87}}$$

- hf Perdidas de carga en metro por metro
- Q Caudal en litros por segundo
- C Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams
- D Diámetro de la tubería en pulgadas
- L Distancia del tramo en estudio en metros

Calculo de Velocidad

$$V = \frac{1.974 \times Q}{D^2}$$

- V Velocidad del agua en tubería en metro por segundo
- Q Caudal en litros por segundo
- D Diámetro de la tubería en pulgadas

Sobrepresión por Golpe de Ariete

$$G.A. = \left(\frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times D}{Et \times e}}} \right) \times V$$

- G.A. Sobrepresión por Golpe de Ariete en metros columna de agua
- Ea Modulo de Elasticidad volumétrico del agua (kg/cm²)
- Et Modulo de elasticidad volumétrico del material (kg/cm²)
- D Diámetro de la tubería en centímetros
- e Espesor de la tubería en centímetros

Calculo Hidráulico

1 Línea de Conduccion Sector 8 colonia La Brigada zona 7 de Mixco

Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Diametro (")	Hf (m)	vel (m/s)
1	A	1	645.2	5.047	10	0.03	0.10
2	B	1	348.58	1.136	10	0.00	0.02
3	C	1	425.4	19.00	10	0.22	0.38
4	D	1	768.31	25.183	10	0.67	0.50

Nodo	Cota Terreno	Cota Piezometrica	Presión Dinámica (mca)	Presión Estática (mca)	OBSERVACIONES
A	106.763	106.76	0.00	19.30	-----
B	126.064	136.06	10.00	5.49	-----
C	122.757	131.65	8.89	0.00	
1	120.574	129.86	9.29	0.00	

Continuación del apéndice 3.

CALCULO HIDRAULICO SECTOR 8

No. Tramo	De Nodo	A Nodo	Longitud	Diametro	C	Caudal	Velocidad	Perdida	
			(M)	(MM)		(LPS)	(MPS)	(M/KM)	(M)
1	1	2	294.54	250	150	15.74	0.32	0.40	0.12
2	2	3	42.4	150	150	1.92	0.11	LO	0.10
3	3	4	35.71	150	150	0.31	0.02	LO	0.00
4	3	5	37.35	150	150	1.06	0.06	LO	0.03
5	5	6	24.74	100	150	0.26	0.03	LO	0.02
6	5	7	53.64	100	150	0.37	0.05	LO	0.03
7	2	8	71.56	150	150	13.39	0.76		3.53
8	8	9	123.39	100	150	0.21	0.03	LO	0.01
9	8	10	45.55	100	150	11.30	1.44		18.60
10	10	11	48.77	100	150	4.04	0.51		2.77
11	11	12	71.76	100	150	3.13	0.40		1.73
12	12	13	41.88	100	150	2.04	0.26	LO	0.79
13	13	14	25.77	100	150	0.97	0.12	LO	0.20
14	14	15	19.2	100	150	0.61	0.08	LO	0.08
15	14	16	67.55	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
16	13	17	19.32	75	150	0.86	0.20	LO	0.65
17	17	18	31.4	75	150	0.15	0.03	LO	0.03
18	17	19	15.21	75	150	0.50	0.11	LO	0.24
19	19	20	31.81	75	150	0.15	0.03	LO	0.03
20	19	21	18.51	75	150	0.09	0.02	LO	0.01
21	21	22	53.01	100	150	0.15	0.02	LO	0.01
22	23	21	23.02	100	150	0.67	0.08	LO	0.10
23	24	23	29.54	100	150	0.98	0.12	LO	0.20
24	25	23	29.43	100		0.15	0.13	LO	0.25
25	25	24	84.78	100	150	1.19	0.15	LO	0.29
26	26	25	43.19	100	150	0.71	0.09	LO	0.11
27	12	26	22.61	75	150	0.78	0.18	LO	0.53
28	27	26	49.03	75	150	0.42	0.10	LO	0.17
29	28	27	53.27	75	150	0.63	0.14	LO	0.36
30	28	25	52.03	75	150	0.85	0.19	LO	0.63
31	29	28	25.50	75	150	1.63	0.37		2.10
32	11	29	82.40	75	150	1.72	0.39		2.32
33	30	29	49.09	75	150	0.17	0.04	LO	0.03
34	10	30	114.66	75	150	1.44	0.33		1.66
35	30	31	25.81	75	150	1.12	0.25	LO	1.05
36	10	31	99.93	75	150	1.66	0.38		2.18
37	32	31	45.11	75	150	0.22	0.05	LO	0.05
38	33	32	109.18	75	150	0.95	0.21	LO	0.77
39	10	33	40.26	75	150	2.07	0.47		3.26
40	33	34	55.36	75	150	0.86	0.19	LO	0.64
41	34	35	108.04	75	150	0.49	0.11	LO	0.23
42	31	36	66.10	75	150	2.69	0.61		5.31
43	36	37	81.00	75	150	0.15	0.03	LO	0.03
44	36	38	25.16	75	150	1.75	0.40		2.40
45	38	39	48.27	75	150	0.15	0.03	LO	0.03
46	38	40	56.23	75	150	1.23	0.28	LO	1.25
47	40	41	40.74	75	150	0.55	0.12	LO	0.28
48	40	42	21.93	75	150	0.31	0.07	LO	0.10

Continuación del apéndice 3.

PRESIONES SECTOR 8

No. Nodo	Caudal (LPS)	Elevacion (M)	Piezo (M)	Perdida (M)
1 R	15.74	120.53	130.53	10.00
2	-0.43	118.75	130.41	11.66
3	-0.55	118.54	130.41	11.87
4	-0.31	118.30	130.41	12.11
5	-0.43	117.18	130.41	13.23
6	-0.26	117.06	130.41	13.34
7	-0.37	116.15	130.41	14.26
8	-1.88	116.52	130.16	13.65
9	-0.21	117.71	130.16	12.45
10	-0.37	116.06	129.31	13.25
11	-0.91	116.56	129.18	12.62
12	-0.31	117.59	129.05	11.47
13	-0.21	118.18	129.02	10.84
14	-0.21	118.37	129.02	10.65
15	-0.61	118.44	129.01	10.57
16	-0.15	117.47	129.02	11.55
17	-0.21	118.31	129.01	10.70
18	-0.15	117.74	129.01	11.27
19	-0.26	117.76	129.01	11.25
20	-0.15	117.97	129.00	11.03
21	-0.61	117.79	129.01	11.22
22	-0.15	117.62	129.00	11.38
23	-0.31	118.11	129.01	10.89
24	-0.21	117.60	129.01	11.42
25	-0.37	117.92	129.04	11.12
26	-0.49	116.00	129.04	13.04
27	-0.21	116.10	129.05	12.95
28	-0.15	118.20	129.07	10.86
29	-0.26	118.01	129.12	11.12
30	-0.15	118.02	129.12	11.10
31	-0.31	118.17	129.10	10.92
32	-0.73	116.79	129.10	12.31
33	-0.26	115.65	129.18	13.53
34	-0.37	114.74	129.15	14.41
35	-0.49	115.91	129.12	13.22
36	-0.79	117.66	128.75	11.09
37	-0.15	117.21	128.74	11.53
38	-0.37	116.23	128.69	12.45
39	-0.15	117.02	128.68	11.66
40	-0.37	117.90	128.62	10.72
41	-0.55	117.07	128.60	11.54
42	-0.31	117.40	128.61	11.21

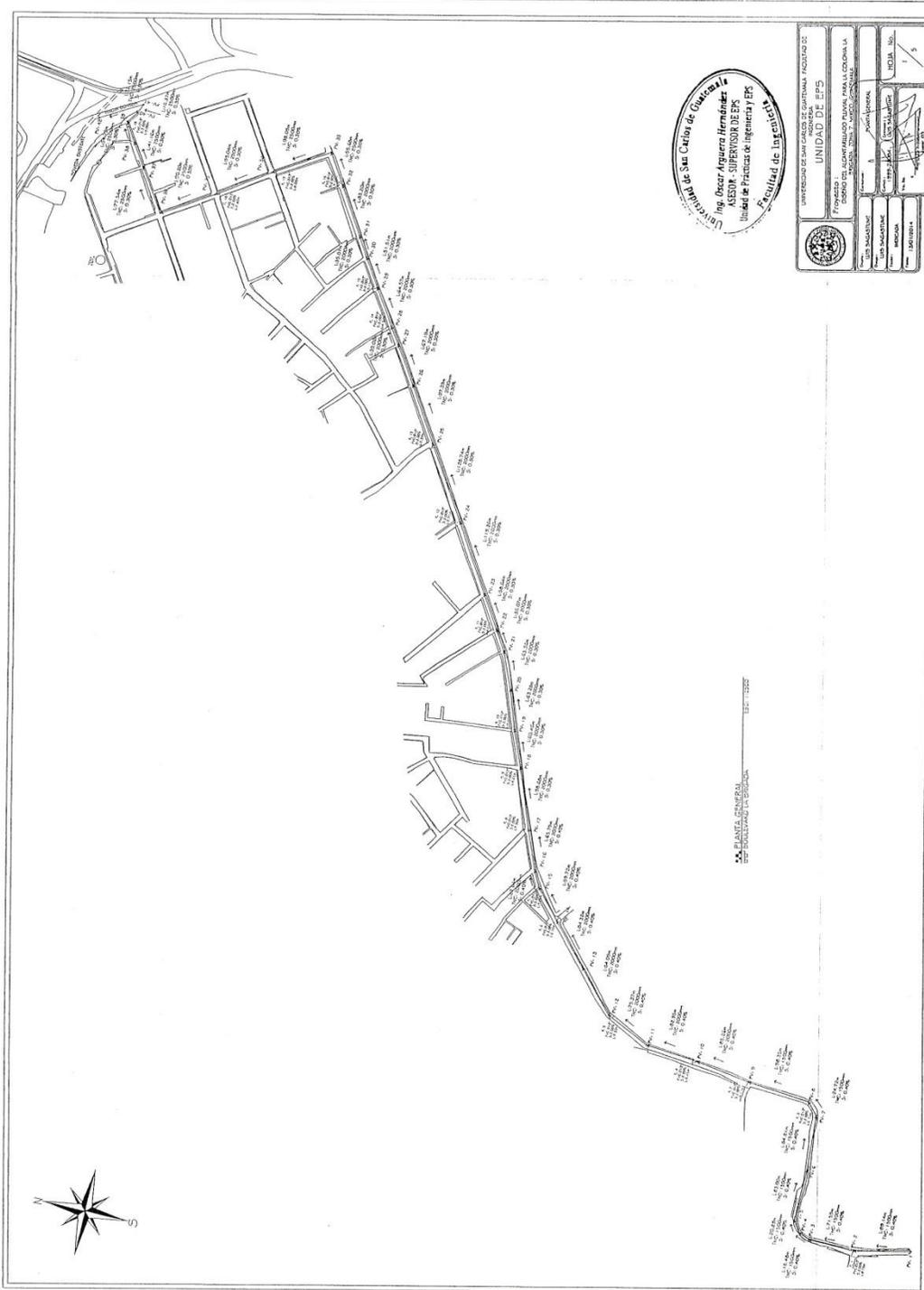
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Planificación y diseño de sistema de agua potable

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL	IMPORTE
1	TRABAJOS PRELIMINARES					Q460,927.27
1.01	Topografía	día	3	Q1,646.75	Q4,940.25	
1.02	Demolición de carpeta existente (Incluye corte con cortadora, demolición, carga y acarreo del material)	m²	4,601.25	Q98.53	Q453,361.16	
1.03	Remoción de adoquín existente incluye remover el adoquín, demolición de las llaves de concreto existente, carga y acarreo del material sobrante.	m²	47.05	Q55.81	Q2,625.88	
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA					Q1,340,585.26
2.01	Excavación de zanja para tubería (incluye corte, carga y acarreo del material sobrante)	m³	4,905.38	Q50.19	Q246,201.02	
2.02	Instalación de tubería de pvc de ø 2" de 160 psi de junta cementada bajo la norma ASTM D2241 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)	m	2,946.17	Q66.07	Q194,653.45	
2.03	Instalación de tubería de pvc de ø 3" de 160 psi de junta cementada bajo la norma ASTM D2241 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)	m	428.44	Q110.42	Q47,308.34	
2.04	Instalación de tubería de pvc de ø 4" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)	m	1,888.99	Q183.50	Q346,629.67	
2.05	Instalación de tubería de pvc de ø 6" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)	m	870.09	Q387.79	Q337,412.20	
2.06	Instalación de tubería de pvc de ø 8" de 160 psi de junta rápida bajo la norma ASTM F-1483 (incluye nivelación de zanja, instalación de la tubería con sus accesorios y colchon de selecto)	m	263.56	Q638.87	Q168,380.58	
3	OBRA COMPLEMENTARIA					Q2,531,982.59
3.01	Relleno de zanja con material selecto (incluye suministro, colocación, compactación del material)	m³	4,905.38	Q309.92	Q1,520,275.37	
3.02	Instalación del adoquín removido, incluye material de la instalación no incluye el adoquín	m²	47.05	Q152.86	Q7,192.08	
3.03	Reparación carpeta de concreto hidráulico de 0.13 m de espesor de 4,000 psi (incluye el concreto premezclado, colocación, instalación, compactación, acabado del concreto, construcción y sello de cizas)	m²	1,248.51	Q272.38	Q340,069.15	
3.04	Reparación carpeta de concreto asfáltico en caliente 0.05 m (incluye suministro, colocación, acabado del asfalto)	m²	3,352.74	Q198.18	Q664,446.01	
4	INSTALACIÓN DE VÁLVULAS Y CONSTRUCCIÓN DE CAJAS PARA VÁLVULAS					Q1,039,008.52
4.01	Válvula de compuerta de ø 8" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)	unidad	1	Q12,581.16	Q12,581.16	
4.02	Válvula de compuerta de ø 6" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)	unidad	8	Q8,294.08	Q66,352.64	
4.03	Válvula de compuerta de ø 4" de hierro fundido con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)	unidad	16	Q7,126.29	Q114,020.64	
4.04	Válvula de compuerta de ø 3" de bronce con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)	unidad	4	Q1,743.24	Q6,972.96	
4.05	Válvula de compuerta de ø 2" de bronce con presión de trabajo de 200 psi (Incluye válvula con sus accesorios)	unidad	46	Q771.45	Q35,486.70	
4.06	Construcción de caja para válvula (Levantado, tapadera, piso, acabado de la caja)	unidad	75	Q3,759.40	Q281,955.00	
4.07	Acometidas domiciliarias de 2" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)	unidad	463	Q693.57	Q321,122.91	
4.08	Acometidas domiciliarias de 3" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)	unidad	37	Q777.62	Q28,771.94	
4.09	Acometidas domiciliarias de 4" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)	unidad	135	Q874.87	Q118,107.45	
4.10	Acometidas domiciliarias de 6" x 1/2" (incluye excavación, instalación de accesorios, tubo, relleno de la zanja con material granular)	unidad	48	Q1,117.44	Q53,637.12	
	TOTAL					Q5,372,503.64

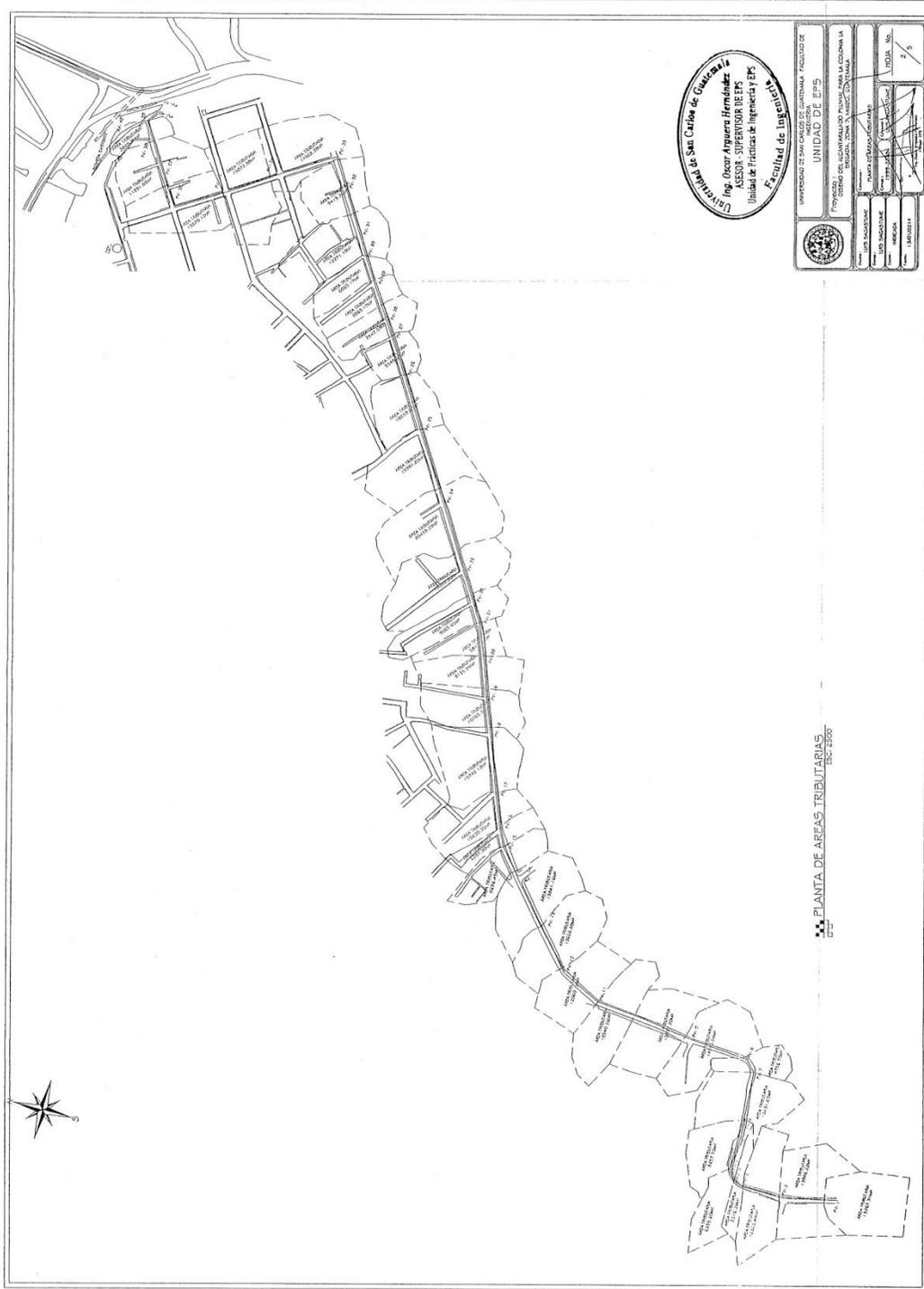
Apéndice 6. Planos





Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Figueroa Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

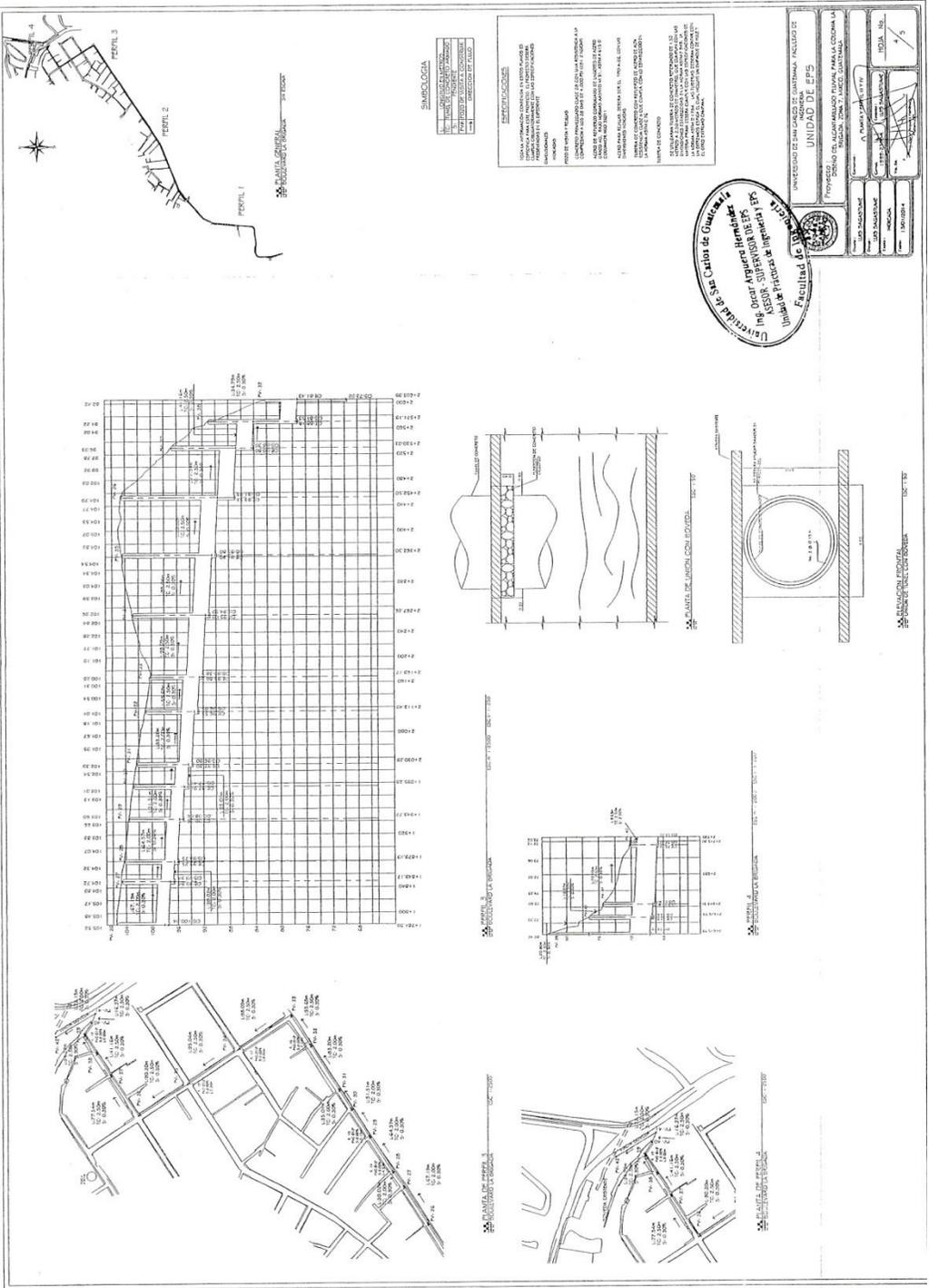
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE LA ZONA DE LA	
CARRANZA, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS	
DISEÑADOR: O. FIGUEROA	APROBADO: J. GONZALEZ
DISEÑADO EN: GUATEMALA	ESCALA: 1:500
FECHA: 15/05/2014	HOJA No. 15

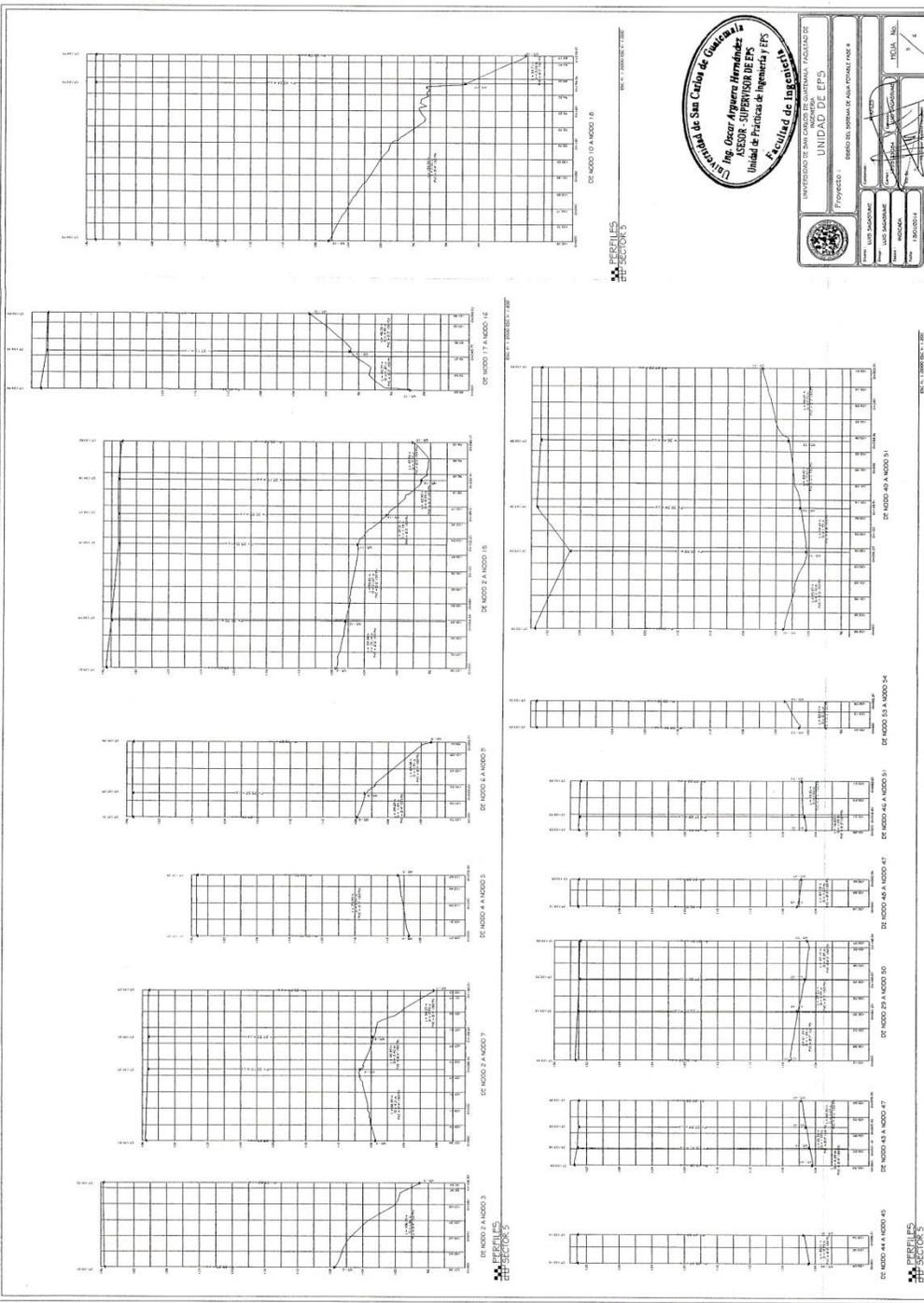


PLANTA DE AREAS TRIBUTARIAS
200-000

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Alvarado Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS	
TÍTULO:		PLAN DE ASESORIA Y SUPERVISIÓN DE EPS	
ASIGNATURA:		PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS	
FECHA:		15/05/2014	
LUGAR:		GUATEMALA, GUATEMALA	
AUTOR:		OSCAR ALVARADO HERNÁNDEZ	
COORDINADOR:		[Blank]	
REVISOR:		[Blank]	
APROBADO:		[Blank]	



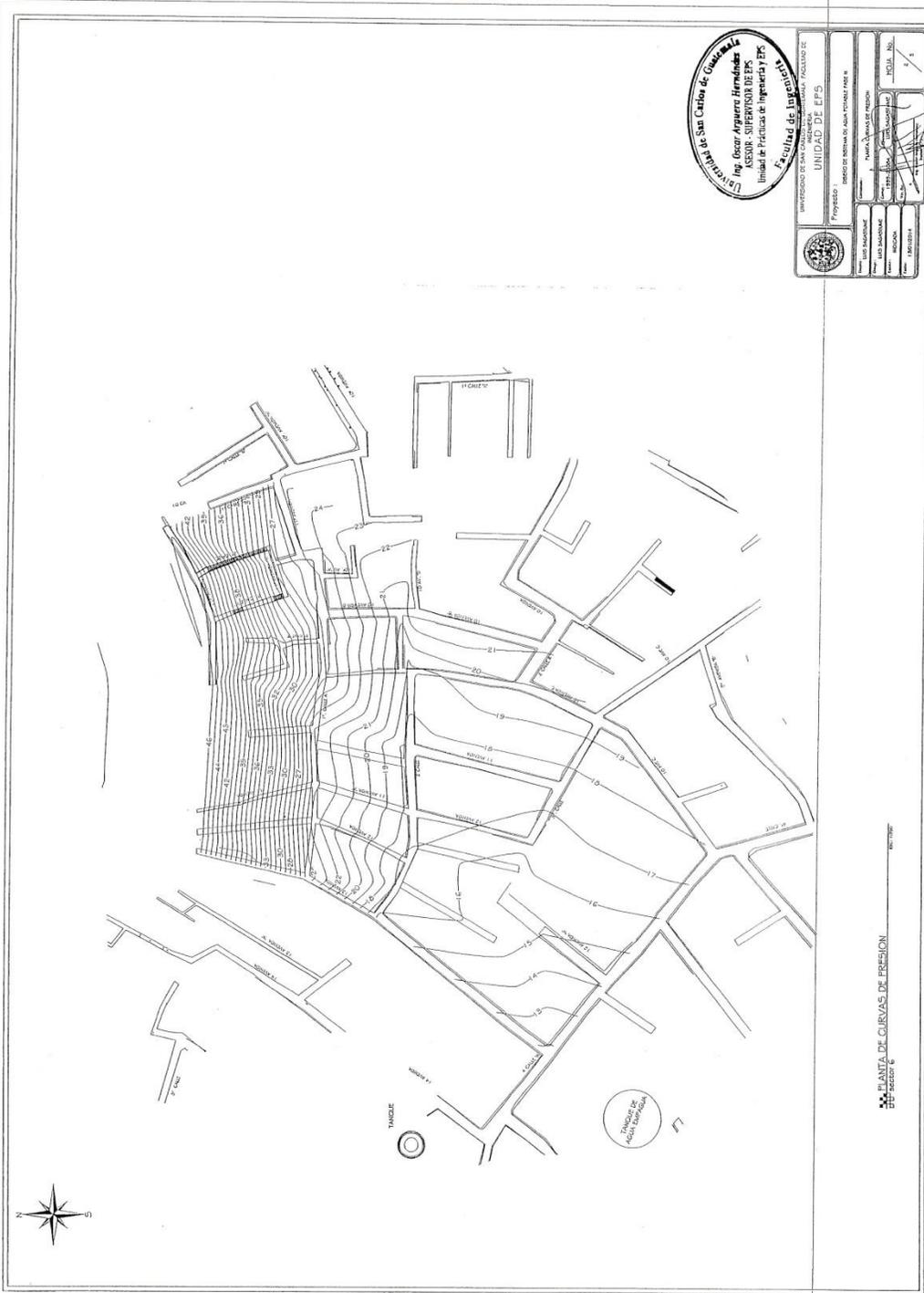


PRELIMINARES
SECCIONES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS
PROYECTO: BARRIO EL BARRIO DE SAN PEDRO Y SAN PABLO

FECHA: 15/05/2014
AUTOR: [Signature]
REVISOR: [Signature]
DISEÑADOR: [Signature]



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Aparicio Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 UNIDAD DE EPS
 Proyecto:

Nombre del Estudiante	JUAN JAVIER DE ROSAS
Matrícula	10000000000000000000
Fecha	10/05/2018
Asignatura	PROYECTO DE DISEÑO
Grado	5
Sección	1

PLANTA DE CURVAS DE PRESION
 Sección 6

RED LA BRIGADA, ZONA C DE MINCO			
Nº. SECTOR	DIRECCION	LONGITUD (m)	ANCHA (m)
2	1232AE	1232AE	1232AE
TOTAL		2055.10	
			CGT



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguero Hernandez
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EPS
 Proyecto: 1

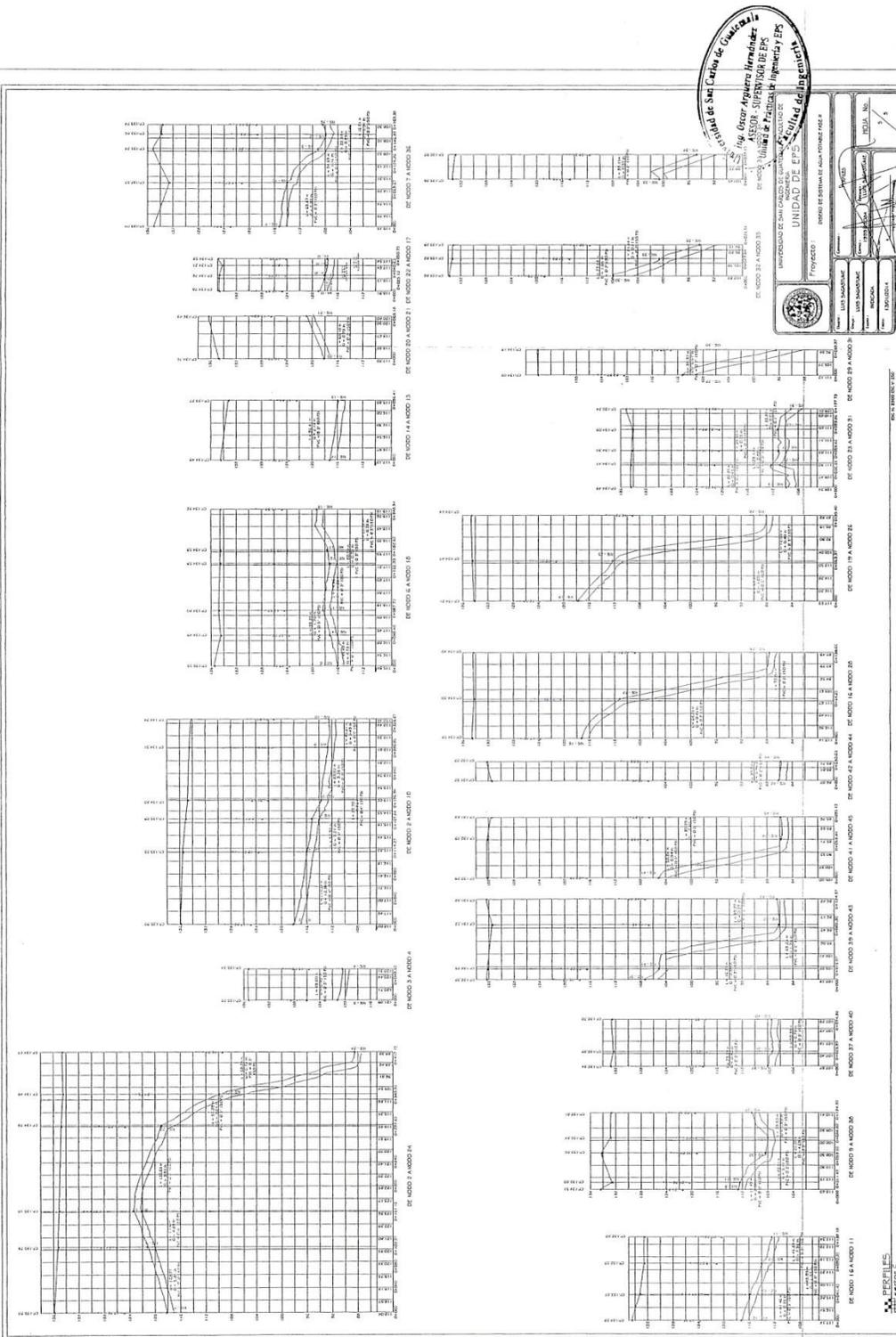
MONTE DE SIERRAS Y AGUA TUCURÚ ZONA F

PLAN DE DISTRIBUCION DE TUBERIA Y PAVILLO

Escuela: UNIV. TECNOL. DE AGUA TUCURU
 Carrera: INGENIERIA EN SISTEMAS DE TUBERIA Y PAVILLO
 Asignatura: DISEÑO DE SISTEMAS DE TUBERIA Y PAVILLO
 Fecha: 12/05/2014
 Hoja: 3 / 3

PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA
 sector 6

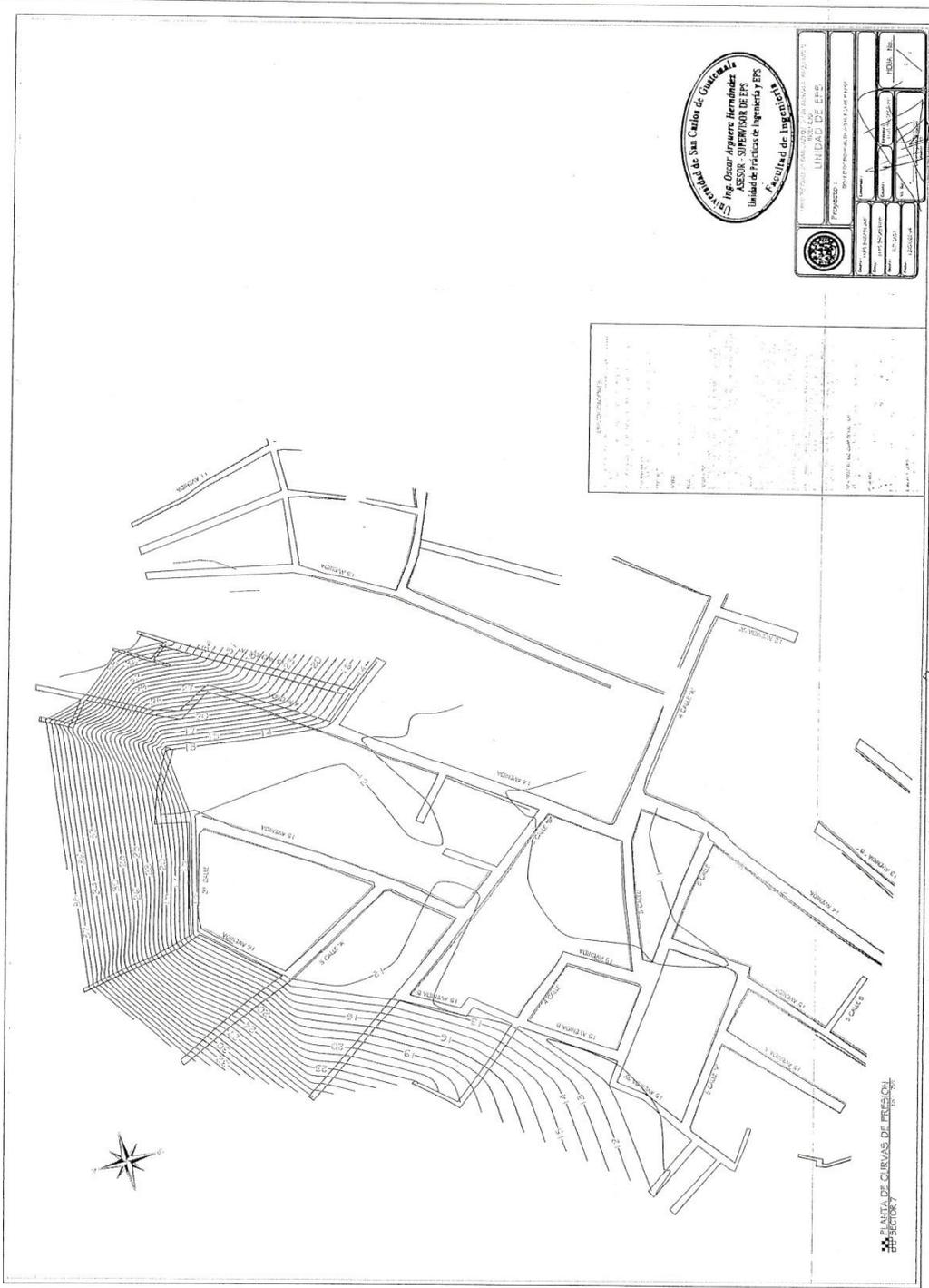
PLANTA DE REPARACION DE CARRETA
 sector 6



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Apollonio Hernández
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Planeación de Ingeniería y EPS
 UNIDAD DE EPS
 Unidad de Ingeniería y EPS

Proyecto: ...
 Unidad de Ingeniería y EPS

PIERRES
 S.p.A.





RED DE BRIGADA, ZONA B DE MUJOS

NO. BRIGADA	1
PROYECTO	RECONSTRUCCIÓN DE LA RED DE BRIGADA
TOTAL	2,125.50

ESPECIFICACIONES

1. TUBOS DE ALUMINIO DE 100 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

2. TUBOS DE ALUMINIO DE 50 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

3. TUBOS DE ALUMINIO DE 25 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

4. TUBOS DE ALUMINIO DE 15 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

5. TUBOS DE ALUMINIO DE 10 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

6. TUBOS DE ALUMINIO DE 5 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

7. TUBOS DE ALUMINIO DE 3 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

8. TUBOS DE ALUMINIO DE 2 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

9. TUBOS DE ALUMINIO DE 1 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.

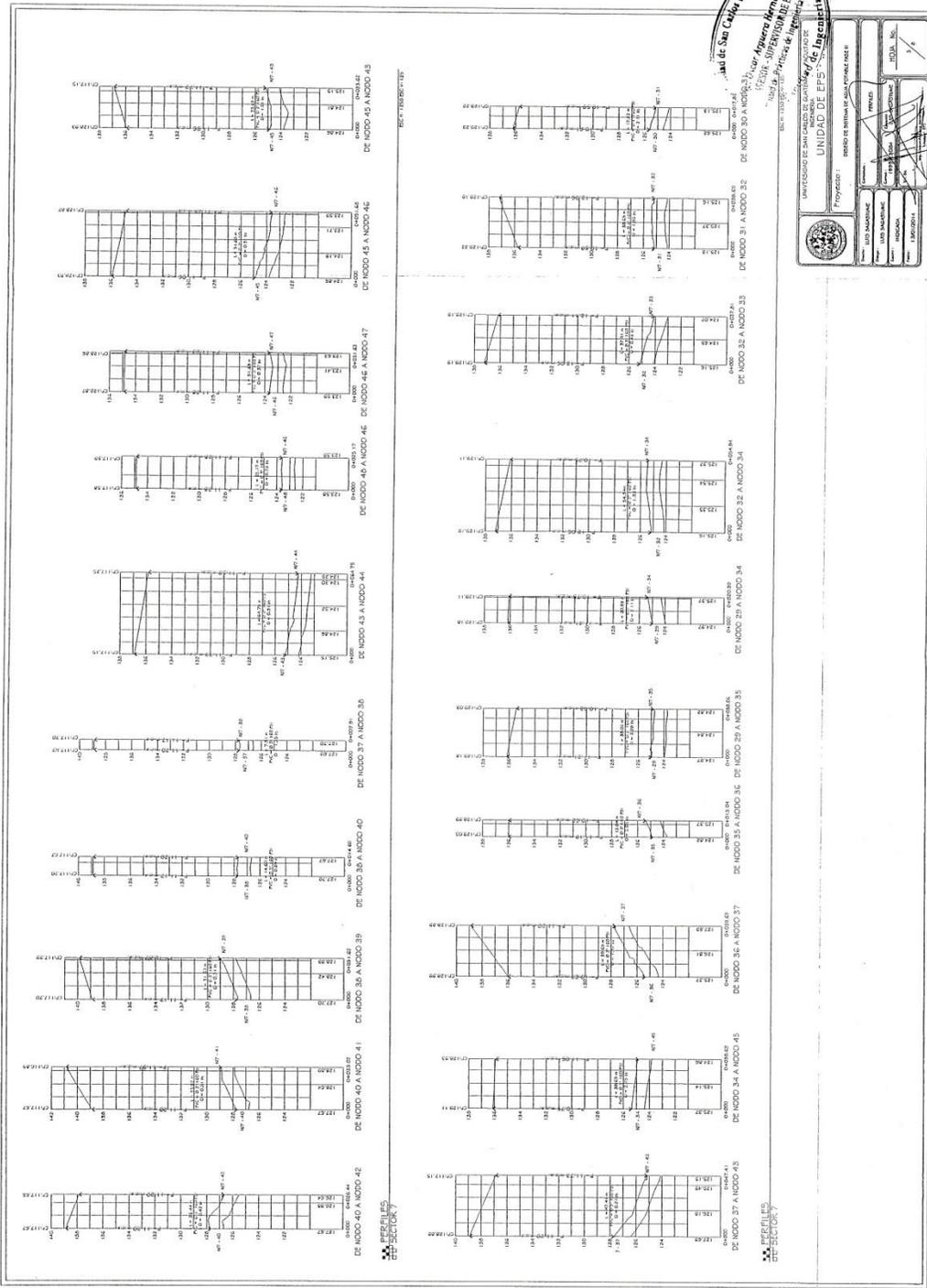
10. TUBOS DE ALUMINIO DE 0.5 MM DE DIAMETRO PARA LA RED DE BRIGADA.



UNIDAD DE EFS	UNIDAD DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
UNIDAD DE EFS	UNIDAD DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
UNIDAD DE EFS	UNIDAD DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
UNIDAD DE EFS	UNIDAD DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
UNIDAD DE EFS	UNIDAD DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

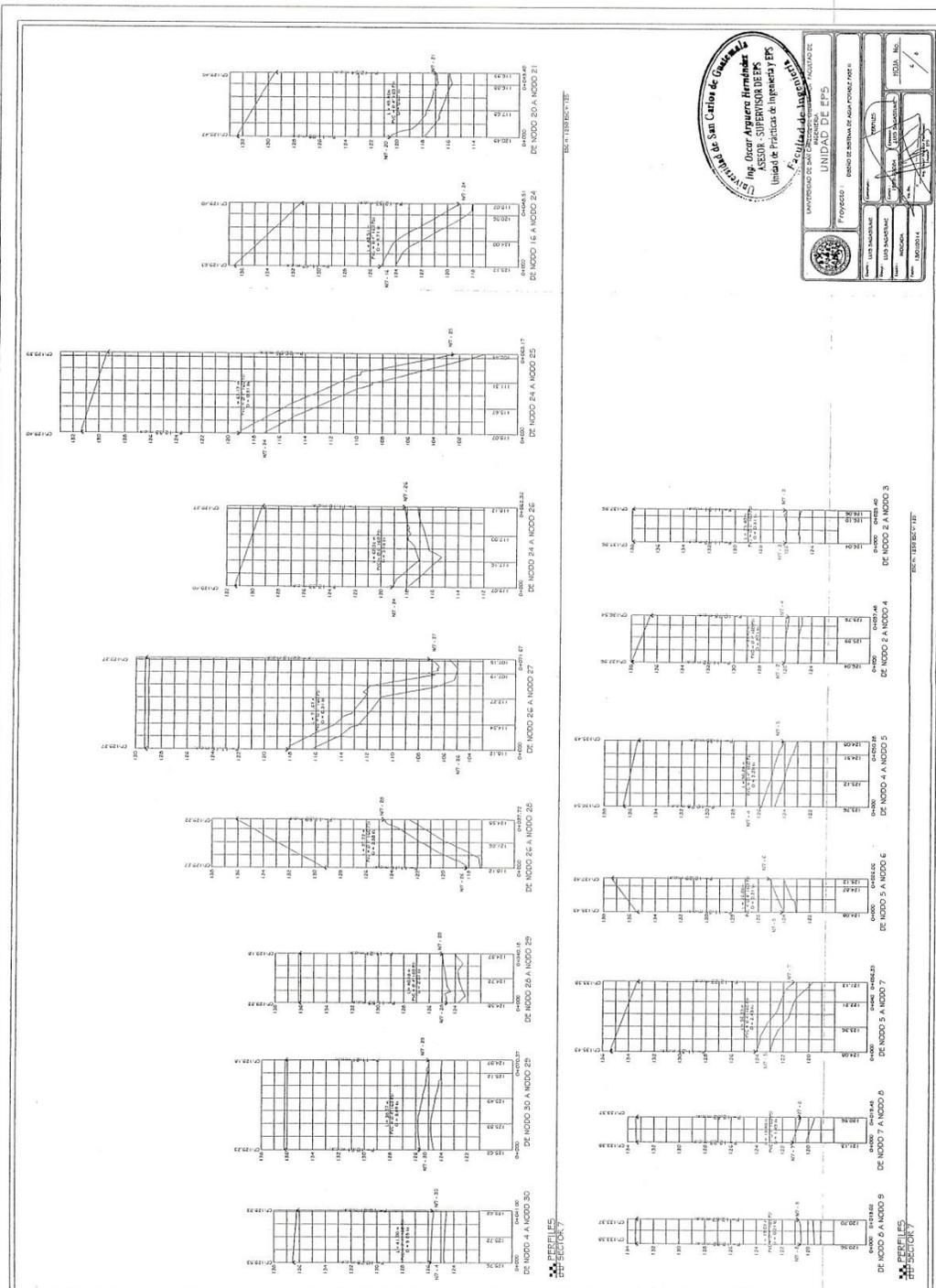
PLANTA DE REPARACIÓN DE CARPETA DE BRIGADA

PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA



Universidad de Cundinamarca
 Facultad de Ingeniería
 Escuela de Ingeniería Civil
 Unidad de EPS "Ne Ingenieros"
 Proyecto:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	UNIDAD DE EPS "NE INGENIEROS"
PROYECTO:	
FECHA:	
ELABORADO POR:	
REVISADO POR:	
APROBADO POR:	
FECHA DE APROBACIÓN:	
FECHA DE EMISIÓN:	
FECHA DE VIGENCIA:	
FECHA DE EXPIRACIÓN:	
FECHA DE CANCELACIÓN:	
FECHA DE REVISIÓN:	
FECHA DE ACTUALIZACIÓN:	
FECHA DE OBSERVACIÓN:	
FECHA DE EVALUACIÓN:	
FECHA DE MONITOREO:	
FECHA DE MANTENIMIENTO:	
FECHA DE REPARACIÓN:	
FECHA DE DEMOLICIÓN:	

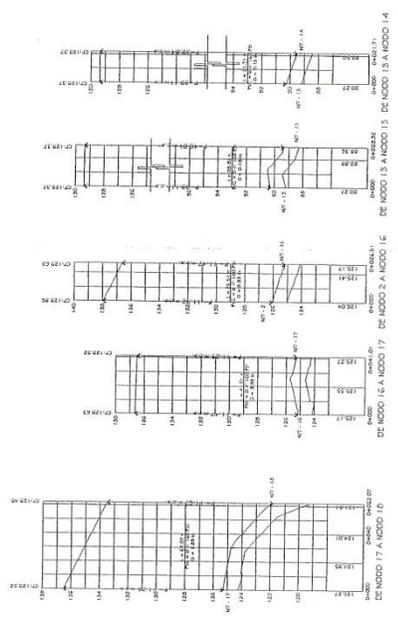
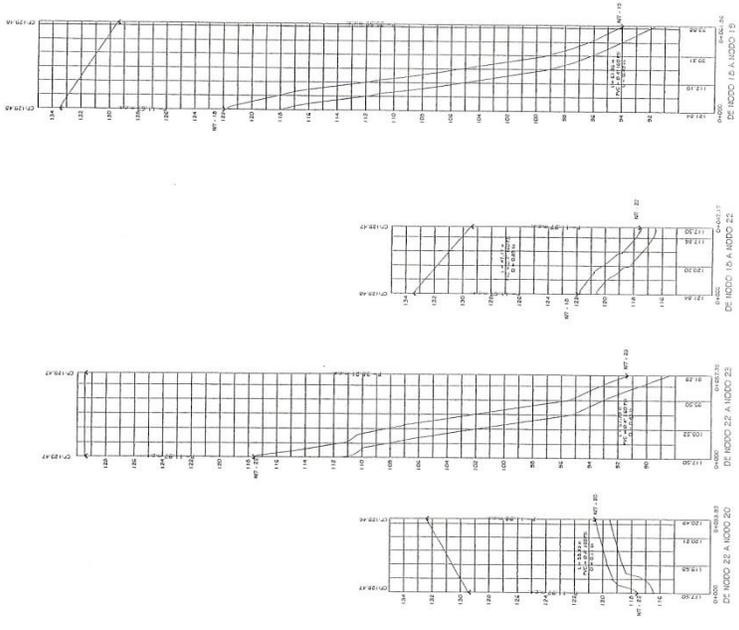


Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Ing. Oscar Arguero Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EPS

Proyecto: BARRIO DE CRISTINA DE AGUA POTABLE FASE II
 Nombre del Estudiante: []
 Nombre del Asesor: []
 Nombre del Supervisor: []
 Nombre del Asesor: []
 Nombre del Asesor: []

IDIA: No. 6 / 6



PERFILES
DE SECTOR 7

PERFILES
DE SECTOR 7E



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERIA

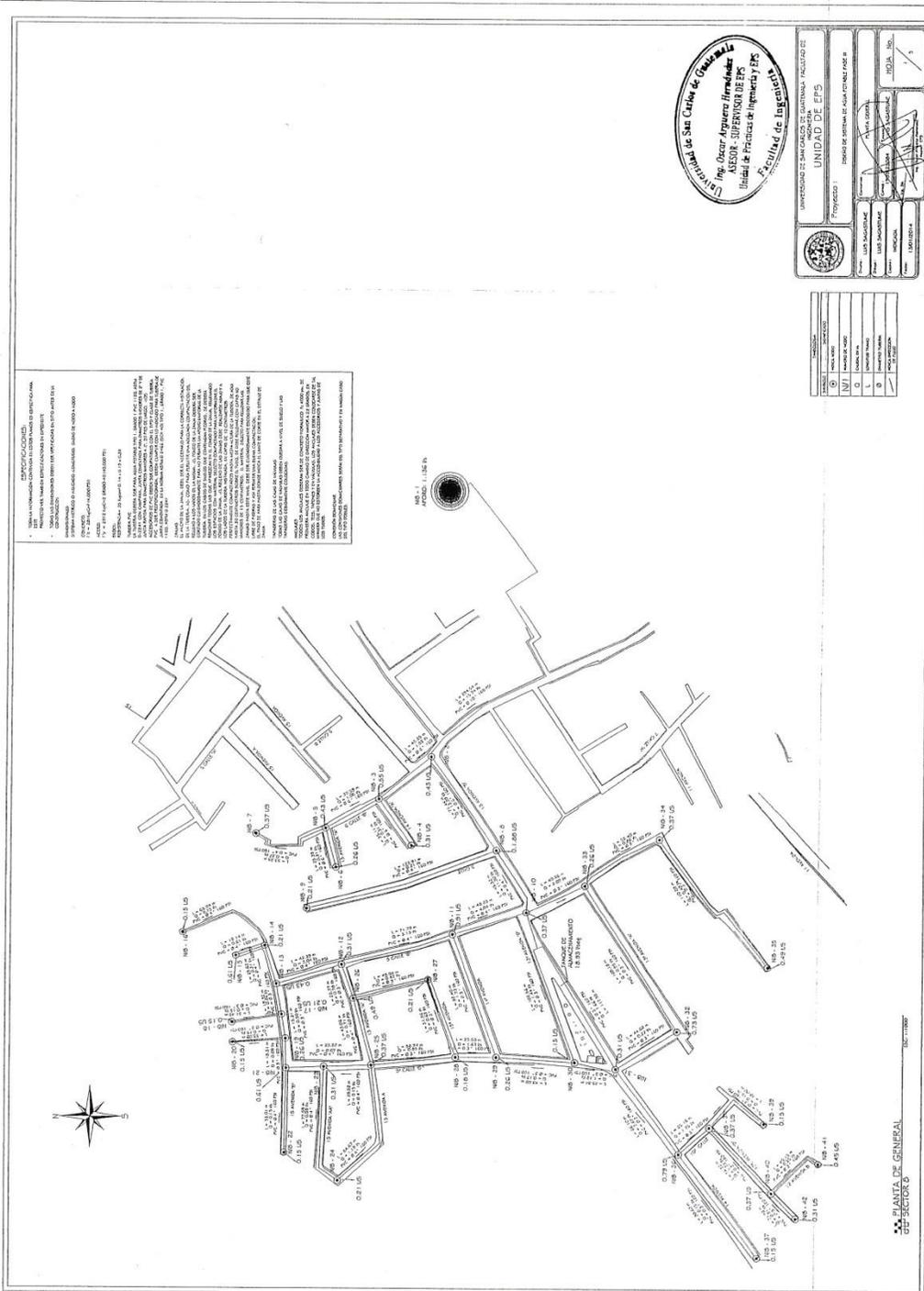
UNIDAD DE EFS

PROYECTO: PROYECTO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA EL

ESTADO DE GUATEMALA

FECHA: 15/05/2014

HOJA No. 7/8



ESPECIFICACIONES

1. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

2. CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

3. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

4. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

5. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

6. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

7. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

8. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

9. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.

10. SERVICIO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE SANEAMIENTO BÁSICO DEL SECTOR DE LA ZONA DE LA VILLA DE LA UNIÓN, MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUAYAS.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: 15/05/2014

INICIAL: No

ESTADO: No

PROYECTISTA: No

REVISOR: No

APROBADO: No

1	PROYECTO	PROYECTO
2	DISEÑO	DISEÑO
3	CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN
4	OPERACIÓN	OPERACIÓN
5	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO



