



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

**PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO
DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL
DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.**

Pedro Geovanni Toc Cobox

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO
DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL
DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PEDRO GEOVANNI TOC COBOX

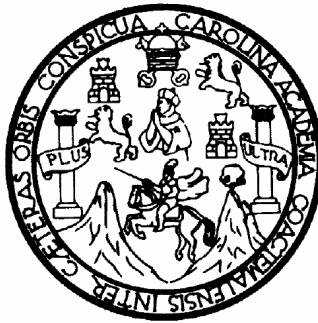
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Ing. Alba Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila
VOCAL IV:	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA:	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR:	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR:	Ing. Carmen Mérida Alva
SECRETARIA:	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 6 de octubre de 2008.

Pedro Geovanni Toc Cobox



Guatemala, 13 de noviembre de 2008.

Ref.EPS.D.1037.11.08.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **PEDRO GEOVANNI TOC COBOX** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200113344**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ”**.

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

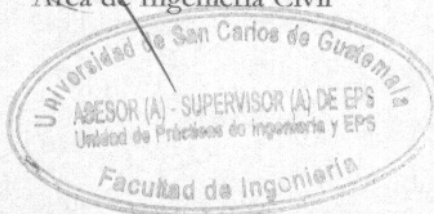
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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

c.c. Archivo
SJRS/ra





Guatemala, 13 de noviembre de 2008.
Ref.EPS.D.1037.11.08.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **PEDRO GEOVANNI TOC COBOX**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecaña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



Guatemala,
18 de noviembre de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

— Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pedro Geovanni Toc Cobox, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Pedro Geovanni Toc Cobox, titulado PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2008.

/bbdeb.



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: **PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario **Pedro Geovanni Toc Cobox**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:

DIOS	Por ser la razón de mi existir y la fuente de todo conocimiento.
MI PADRE	Pedro Toc, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.
MI MADRE	Leonor Cobox, por su apoyo y comprensión, sin los cuales no habría obtenido este logro.
MI FAMILIA	Paula Marybel, Martha Emilia, Daniela María y Oswaldo, por su cariño y sabios consejos.
ING. SILVIO RODRÍGUEZ	Por su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.
MIS AMIGOS	Homero Escobar y Nicolás Ola, en agradecimiento por su amistad y apoyo.
LA INSTITUCIÓN “LAGUN ARTEAN, SOLOLÁ”	Por su apoyo durante el desarrollo del ejercicio profesional supervisado, en especial al Ingeniero Juan Juárez y a la Licenciada Helena Latorre.
MUNICIPALIDA DE SOLOLÁ	Por haberme permitido realizar el trabajo de graduación, en especial al ingeniero Genaro Umul.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Porque para Él es toda la honra y adoración.
MI PADRE	Pedro Toc, a manera de recompensa por su comprensión y ejemplo honestidad.
MI MADRE	Leonor Cobox, por su apoyo incondicional y por el cariño inmenso que nos une.
MI FAMILIA	Paula Marybel, Martha Emilia, Daniela María.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

- **MARCO TEÓRICO**

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Sololá, Sololá.....	1
1.1.1. Ubicación y acceso a la comunidad.....	1
1.1.2. Vías de acceso al municipio de Sololá.....	3
1.1.3. Características de la población.....	4
1.2. Servicios existentes.....	5
1.3. Características fisiográficas.....	7
1.3.1. Clima.....	7
1.3.2. Suelo.....	8
1.3.3. Hidrografía.....	9
1.3.1.1. Cuencas.....	9
1.3.1.2. Red hidrográfica.....	9
1.4. Principales necesidades del casco urbano.....	11
1.5. Servicio de agua potable y alcantarillado.....	11
1.5.1. Agua potable.....	11
1.5.2. Alcantarillado pluvial.....	12
1.5.3. Disposición final de aguas residuales.....	12

1.5.3.1. Plantas de tratamiento.....	13
1.5.3.2. Planta de tratamiento San Bartolo.....	14
1.5.3.3. Planta de tratamiento San Antonio.....	19
1.5.3.4. Colector antiguo ubicado en el centro de la ciudad.....	24
1.5.3.5. Desfogues a directos a ríos.....	26

- **MARCO REFERENCIAL**

2. PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ.....	27
2.1. Aspectos metodológicos utilizados.....	27
2.1.1. Levantamiento topográfico.....	27
2.1.2. Sistema de posicionamiento global.....	28
2.1.3. Evaluación técnica del alcantarillado existente.....	30
2.1.1.1. Evaluación técnica de tuberías existentes.....	30
2.1.1.2. Evaluación técnica de pozos de visita.....	31
2.1.1.3. Evaluación técnica de tapaderas de pozos de visita.....	32
2.1.4. Análisis de la opinión pública en materia de servicios y tarifas.....	33
2.1.4.1. Encuesta realizada.....	33
2.1.4.2. Conclusiones de la encuesta realizada.....	39
2.2. Diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario.....	40
2.2.1. Servicio de alcantarillado sanitario en el casco urbano.....	40
2.2.2. Evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura del sistema de alcantarillado.....	41
2.1.1.1. Requerimientos mínimos a considerar.....	41
2.2.2.1.1. Pozos de visita.....	41

2.2.2.1.2. Diámetro mínimo de tubería.....	43
2.2.2.1.3. Tapaderas.....	43
2.2.2.2. Riesgos comúnmente identificados.....	44
2.2.2.2.1. Presencia de conexiones pluviales.....	44
2.2.2.2.2. Manipulación de ajenos.....	44
2.2.2.2.3. Presencia de olores desagradables.....	44
2.2.2.3. Resumen de los riesgos evaluados.....	48
2.2.3. Parámetros de diseño.....	50
2.2.3.1. Período de diseño.....	50
2.2.3.2. Población de diseño.....	50
2.2.3.3. Dotación de diseño.....	51
2.2.3.4. Factor de retorno.....	52
2.2.3.5. Factor de flujo instantáneo.....	52
2.2.3.6. Relación de diámetros y caudales.....	53
2.2.3.7. Ecuación de Manning.....	54
2.2.3.8. Coeficiente de rugosidad.....	54
2.2.3.9. Velocidades mínimas y máximas.....	55
2.2.3.10. Caudal de diseño.....	56
2.2.3.10.1. Caudal domiciliar.....	56
2.2.3.10.2. Caudal comercial.....	56
2.2.3.10.3. Caudal industrial.....	57
2.2.3.10.4. Caudal de infiltración.....	57
2.2.3.10.5. Caudal por conexiones ilícitas.....	58
2.2.3.10.5.1. Cálculo de intensidad de lluvia.....	58
2.2.3.11. Coeficientes de escorrentía.....	59
2.2.3.12. Cota Invert.....	61
2.2.3.13. Conexiones domiciliarias.....	61
2.2.3.14. Profundidades mínimas de tubería.....	62
2.2.3.15. Volumen de excavación.....	62

2.2.4. Cálculo y diseño demostrativo de un tramo de alcantarillado sanitario.....	63
2.2.5. Evaluación de la capacidad hidráulica del sistema existente.....	72
2.2.6. Resumen y conclusión de los parámetros de diseño evaluados.....	81
2.2.7. Capacidad del sistema para atender la demanda futura.....	83
2.3. Cobertura del sistema.....	83
2.4. Cobertura general del tratamiento de aguas residuales.....	84
2.5. Capacidad en administración, operación y mantenimiento.....	86
2.6. Planteamiento del problema.....	88
2.7. Propuestas de solución.....	89
2.7.1. Factibilidad, ejecución de mejoras en infraestructura existente.....	89
2.7.2. Pre factibilidad.....	90
2.8. Diseño de alcantarillado sanitario a implementar como parte de las mejoras.....	91
2.9. Presupuesto general.....	96
2.9.1. Presupuesto desglosado.....	100
2.10. Cronograma de ejecución.....	109
2.11. Evaluación socio-económica.....	110
2.11.1. Valor presente neto.....	112
2.11.2. Tasa interna de retorno.....	114
2.12. Evaluación de impacto ambiental.....	116
2.12.1. Importancia de la evaluación de impacto ambiental.....	117
2.12.2. Aplicaciones de la evaluación de impacto ambiental.....	117

2.12.3. Identificación del área de influencia.....	117
2.12.4. Impactos en la ejecución.....	118
2.12.5. Plan de mitigación ambiental.....	119
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
APÉNDICES.....	129
APÉNDICE.1 Boleta de encuesta de opinión pública acerca del servicio municipal de alcantarillado sanitario.....	131
APÉNDICE.2 Boleta de evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura del alcantarillado existente.....	132
APÉNDICE.3 Plano del sistema de alcantarillado existente.....	133
APÉNDICE.4 Plano de la población que se beneficia del tratamiento de aguas residuales.....	134
APÉNDICE.5 Planos y detalles de las mejoras a implementar.....	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación del departamento de Sololá	1
2. Ubicación del municipio de Sololá	2
3. Vías de acceso al municipio de Sololá	2
4. Distribución de la población en el municipio de Sololá.....	4
5. Distribución del clima en el departamento de Sololá	7
6. Uso del suelo en el departamento de Sololá	8
7. Cuencas existentes en el departamento de Sololá.....	9
8. Red hidrográfica en el departamento de Sololá	10
9. Planta de tratamiento San Bartolo.....	15
10. Tratamiento preliminar de la planta de tratamiento San Bartolo.....	15
11. Reactores anaerobios de la planta de tratamiento San Bartolo.....	16
12. Filtros percoladores de la planta de tratamiento San Bartolo.....	16
13. Decantadores secundarios de la planta de tratamiento San Bartolo.....	17
14. Patio de secado de lodos de la planta de tratamiento San Bartolo.....	17
15. Planta de tratamiento San Antonio.....	20
16. Rejillas de tratamiento preliminar de la planta de tratamiento San Antonio.....	21

17. Reactores anaerobios de la planta de tratamiento San Antonio.....	21
18. Filtros percoladores de la planta de tratamiento San Antonio.....	22
19. Decantadores secundarios de la planta de tratamiento San Antonio.....	22
20. Patio de secado de lodos de la planta de tratamiento San Antonio	23
21. Conocimiento de enfermedades relacionadas con un inadecuado sistema de alcantarillado sanitario	34
22. Conocimiento del tratamiento de las aguas residuales en el casco urbano.....	34
23. Postura de la población ante el pago de tarifas	35
24. Necesidad de tratar las aguas residuales	35
25. Acciones para la disposición de las aguas pluviales.....	36
26. Molestias ante la acumulación de la aguas pluviales	36
27. Necesidad de contar con alcantarillado pluvial.....	37
28. Postura ante el pago de tarifa por alcantarillado pluvial	37
29. Monto de la tarifa accesible para la población.....	38
30. Opinión de la población respecto al mantenimiento del sistema existente.....	38
31. Sección típica de pozo de visita	43
32. Caja de visita que corre riesgo de colapso.....	45
33. Caja de visita colmatada de arena y basura.....	45
34. Conexiones domiciliarias instaladas en cajas de visita.....	46
35. Tapadera de pozo de visita en mal estado.....	46

36. Caja de visita inaccesible.....	47
37. Pozo de visita lleno de basura	47
38. Caja de visita ubicada en casa particular.....	48
39. Cobertura del tratamiento de las aguas residuales en el casco urbano de Sololá.....	86
40. Tasa interna de retorno	114

TABLAS

I	Temperatura media anual en la región de Sololá.....	7
II	Resumen general de riesgos.....	49
III	Coeficientes de rugosidad de diferentes superficies.....	55
IV	Coeficientes de escorrentía de diferentes superficies.....	60
V	Profundidades mínimas de tubería.....	62
VI	Ancho libre de excavación de zanja para colocar tuberías.....	63
VII	Cálculo hidráulico y evaluación del alcantarillado sanitario existente.....	73
VIII	Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario.....	83
IX	Población que cuenta con tratamiento de aguas Residuales.....	83
X	Capacidad en administración, operación y Mantenimiento.....	87
XI	Cálculo hidráulico de mejoras a implementar.....	92
XII	Presupuesto general de mejoras a implementar.....	92
XIII	Presupuesto general en dólares.....	98

XIV	Cuadro de cantidades típicas unitarias.....	100
XV	Cuadro de cantidades unitarias.....	104
XVI	Cronograma de ejecución.....	109
XVII	Cálculo del valor presente neto.....	116

GLOSARIO

Agua residual	Agua luego de ser usada por una comunidad o industria, que contiene material disuelto y en suspensión.
Anaerobio	Que puede desarrollarse en ausencia completa o casi completa de oxígeno molecular libre.
Capitalización	El pago de intereses siempre está asociado a un período de tiempo, el período mínimo necesario para que se pueda cobrar un interés se llama período de capitalización.
Cribas	Estructura de metal o madera que tiene por objeto separar los objetos grandes de determinada masa.
Cuenca	Territorio drenado por un sistema de drenaje natural.
Cuerpo de agua	Un cuerpo de agua es una masa o extensión de agua como un lago, mar u océano. Pueden contener agua salada o agua dulce.
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno, cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura especificada.

Decantador	Unidad de tratamiento de forma circular o rectangular, donde se depositan los granos de arena fina y los sólidos suspendidos, mediante el proceso físico de asentamiento.
Desarenador	Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir a separación de sólidos minerales (arena), por sedimentación.
Desechos sólidos	También conocido como basura, es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar.
Escorrentía	Es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida dependiendo la pendiente del terreno.
Fertilidad del suelo	La fertilidad de un suelo es la capacidad que tiene el mismo de sostener el crecimiento de los cultivos o ganado.
Filtro percolador	Unidad de tratamiento que tiene por objeto reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales domésticas e industriales.
Foliares	De las hojas de las plantas o relativo a ellas.

Interés	Pago realizado por la utilización del dinero de otra persona. En Economía, se considera, más específicamente, un pago realizado por la obtención de capital.
Mantenimiento	Conjunto de acciones que se ejecutan a lo interno de las instalaciones y equipos para prevenir posibles daños o para la reparación de los mismos.
Mantenimiento correctivo	Este consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que pueda haberse producido en las instalaciones y equipos.
Mantenimiento preventivo	Como su nombre lo indica, consiste en ejecutar en las instalaciones y equipos una serie de acciones de mantenimiento sin esperar que se produzcan daños, y se realiza precisamente para evitar dentro de lo posible que estos se presenten.
Medio ambiente	Es el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.
Nutrientes orgánicos	Son nutrientes esenciales para el crecimiento de una vida acuática no deseada.

Operación	Es el conjunto de acciones externas que se ejecutan en las instalaciones y equipos para lograr el buen funcionamiento de un sistema.
Patógenos	Es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto
Planta de tratamiento	Conjunto de obras u equipos utilizados para el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales.
Pluvial	Que tiene su origen en las aguas de lluvia.
Pre tratamiento	Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario, (desmenuzado, cribas, desarenadores, etc.)
Talud	Inclinación del terreno.
Tratamiento preliminar	Tratamiento por el cual se separan o eliminan aproximadamente 40 a 60% de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en el tanque de sedimentación.
Tratamiento secundario	Nivel de tratamiento donde se alcanzan las eficiencias de remoción de DBO del orden del 85%.

Tubérculo	Tallo subterráneo que almacena nutrientes y que forman numerosas plantas, como la papa o patata; el tubérculo se caracteriza por formar yemas u ojos.
Reactor anaerobio De flujo ascendente	Proceso continuo de tratamiento anaerobio de aguas residuales en el cual el desecho circula de abajo hacia arriba a través de un manto de lodos o filtro, para estabilización parcial de la materia orgánica.
Zanjón	Cause o zanja grande o profunda por donde corre el agua.

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el diseño del plan de mejoras para el alcantarillado sanitario del caso urbano del municipio de Sololá.

En la primera parte, se presenta la monografía del casco urbano, detallando aspectos como: las características de la población, ubicación, servicios existentes, características fisiográficas, se describen las principales necesidades de la población en materia de servicios públicos y se detalla lo referente a la disposición final de las aguas residuales.

En la segunda parte, se describen los aspectos metodológicos utilizados, los insumos utilizados, el diagnóstico realizado a la infraestructura del alcantarillado sanitario, y los principios técnicos en que se basan las mejoras propuestas.

Por último, se describen los datos correspondientes a la cobertura del sistema, la capacidad del sistema de atender la demanda futura, el planteamiento del problema, la evaluación socio económica y el diseño de las propuestas de solución con su respectivo presupuesto y planos.

OBJETIVOS

General:

Diseñar el plan de mejoras para el alcantarillado sanitario del casco urbano del municipio de Sololá, del departamento de Sololá.

Específicos:

1. Elaborar un diagnóstico de la situación actual del sistema de alcantarillado sanitario del casco urbano, que caracterice el área de influencia del proyecto e identifique la población objetivo, así como los beneficiarios directos e indirectos.
2. Evaluar bajo aspectos técnicos de ingeniería civil las deficiencias y riesgos sanitarios a que esta expuesta la población del casco urbano respecto al alcantarillado sanitario.
3. Proponer mejoras a dicho sistema con el objetivo de brindar una herramienta de gestión e implementación de acciones adecuadas a la situación, a corto y largo plazo
4. Proponer acciones y medios para mejorar y garantizar la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

Los desechos líquidos o aguas residuales que produce la población del casco urbano de Sololá se conducen a través del sistema de alcantarillado sanitario que tiene más de 40 años de funcionamiento.

Dado a que implementar un sistema de alcantarillado nuevo representa una gran inversión económica así como un proceso constructivo complicado, surge la necesidad de evaluar bajo aspectos técnicos de ingeniería civil, el estado actual del sistema, así como la manera en que lo existente puede adaptarse a la demanda futura.

El presente trabajo de graduación trata del diseño del plan de mejoras para el alcantarillado sanitario del casco urbano de Sololá, en la primera parte, se detalla la monografía de la población, seguido por el marco referencial, donde figuran aspectos como la metodología utilizada, la encuesta realizada, los parámetros de diseño. Por último se detallan las soluciones y mejoras que prolongarán el período de vida útil del sistema y mejorarán las condiciones de salud de la población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

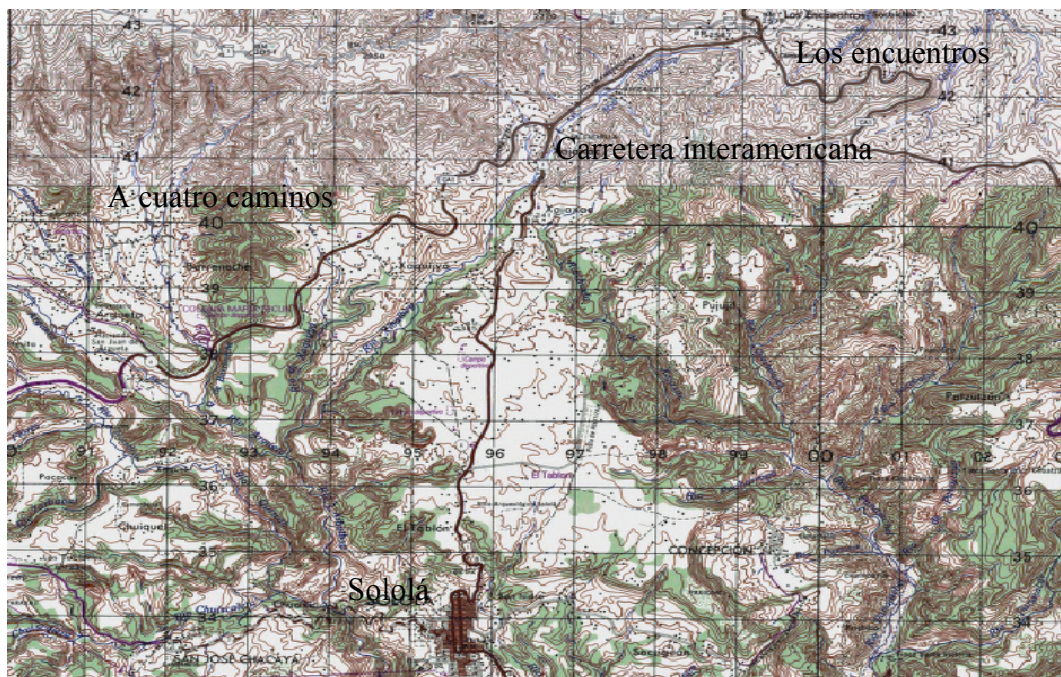
Marco teórico

1.1. Monografía del municipio de Sololá, Sololá

1.1.1. Ubicación y acceso a la comunidad

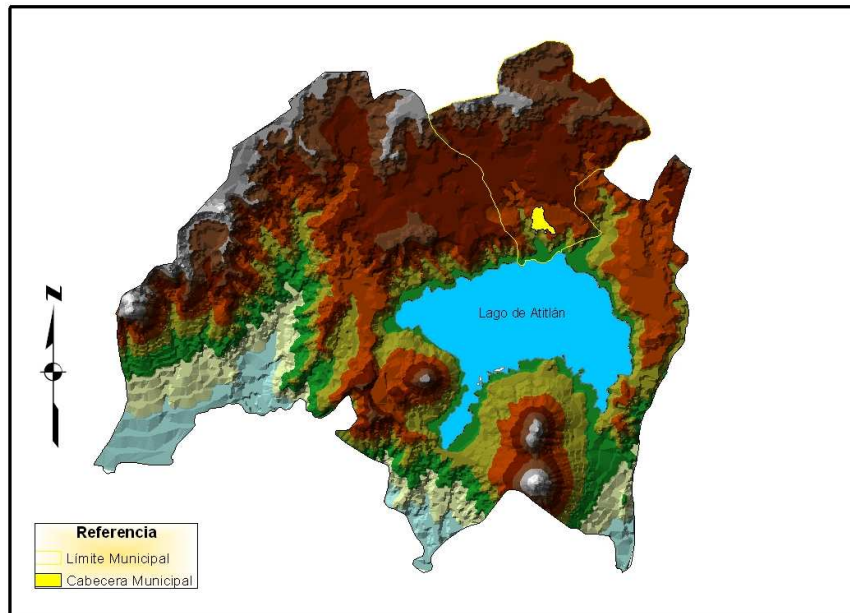
La ciudad de Sololá se localiza al sur del municipio y es la cabecera del departamento del mismo nombre. Dista a 140 kilómetros de la ciudad capital. Cuenta con una extensión territorial de 2 kilómetros cuadrados. Tiene una latitud de $14^{\circ} 46' 12''$ y una longitud $91^{\circ} 10' 58''$. Se encuentra a una altitud de 2,113.50 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1: Ubicación del departamento de Sololá



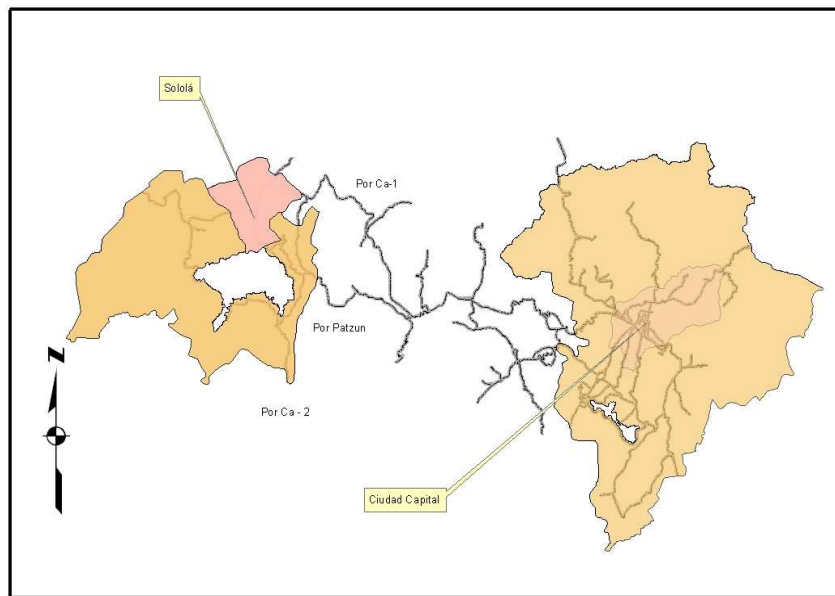
Fuente: Mapa 1:50000 IGN.

Figura 2: Ubicación del municipio de Sololá



Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

Figura 3: Vías de acceso al municipio de Sololá



Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

1.1.2. Vías de acceso

Para tener acceso al casco urbano de Sololá, la población utiliza la red de caminos que existen en el municipio; tiene aproximadamente 131 km. de los cuales 51 corresponden a carreteras asfaltadas y 80 a caminos de terracería.

La principal vía de comunicación tanto para el área urbana como para el resto del municipio, es el desvío de la carretera interamericana hacia Sololá, el cual comunica con las comunidades de: Cantón Xajaxac, Cantón Chaquijyá, aldea San Juan Argueta, aldea los Encuentros Pujujil II y Pujujil III. La longitud de la misma es aproximadamente 20 kilómetros.

- **División político administrativa**

El casco urbano de Sololá, que a su vez es la cabecera departamental, está dividido en cuatro barrios con sus respectivas colonias y dos zonas, se delimita de la siguiente manera:

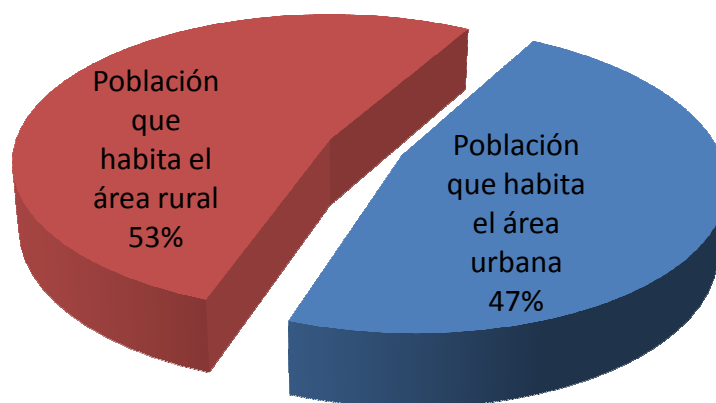
- Barrio El Calvario: se localiza al nor-occidente de la ciudad, parte de la 10 a la 1Calle y 6 a 10 avenidas de la zona 2. Comprende también la Colonia Vista Hermosa.
- Barrio San Antonio: Se ubica al nor-oriente de la ciudad, se delimita entre la 6 y 1 avenidas y 10 a 1 calles de la zona 1.
- Barrio El Carmen: Se localiza al sur oriente de la ciudad, se delimita entre la 1 y 6 avenidas y 12 a 15 calles de la zona 1, comprende también la colonia Miralinda Norte.

- Barrio San Bartolo: Ubicado en el sur occidente de la ciudad, delimita entre la 6 y 9 avenida y 10 y 16 Calle, Calzada Venancio Barrios de la zona 2, comprende también las colonias Minerva, San Francisco y Patricio Green.
- Zona 1: Comprende la 1 a la 16 Calle y 1 A 10 avenidas y la calzada Venancio Barrios.
- Zona 2: Comprende la 1 a la 12 Calle y 1 a la 6 avenida.

1.1.3. Características de la población

De acuerdo a los datos obtenidos mediante el censo realizado en el año 2002, por el Instituto Nacional de Estadística INE, un total de 30,155 personas entre hombres, mujeres y niños habitan en el área urbana del municipio, lo que corresponde a un 47% del total de la población.

Figura 4: Distribución de la población en el municipio de Sololá



Fuente: INE, Censo 2002.

- **Etnia e idioma**

Aproximadamente el 64% de la población del área urbana es indígena Kakchiquel, quienes practican su lengua materna maya Kakchiquel, y un 36 % lo constituye el grupo ladino hablante del idioma castellano.

1.2. Servicios existentes

- **Calles y avenidas**

Las vías que comunican a los barrios y zonas del casco urbano en un 55% están adoquinadas o empedradas, y un significativo 45% son de terracería, vías que no son accesibles en época de invierno y dañinas a la salud en época de verano por el polvo que producen.

- **Energía eléctrica**

Este servicio es brindado por la Distribuidora de Electricidad de Occidente “DEOCSA” con oficinas en el área urbana. En su totalidad las viviendas del casco urbano cuenta con este servicio. Las vías principales del casco urbano cuentan con el servicio de alumbrado público, situación contraria en las áreas aledañas de las zonas y barrios.

- **Cementerio**

El cementerio municipal se encuentra ubicado dentro del perímetro urbano. La municipalidad presta el servicio de alquiler de nichos, para el cual dispone de 448 nichos municipales. 1,598 usuarios son propietarios de panteones privados.

- **Mercados**

Se cuenta con un mercado localizado en el centro del casco urbano; los días de plaza mas importantes son martes, y viernes, sin embargo los días restantes se realizan actividades comerciales pero en menor escala. En el interior del mercado se encuentran instalados 186 locales en los cuales se pueden encontrar negocios tal como:

- Tiendas.
- Comedores.
- Carnicerías.
- Zapaterías.
- Ventas de ropa y típicos.
- Venta de verduras, regalos y juguetes.

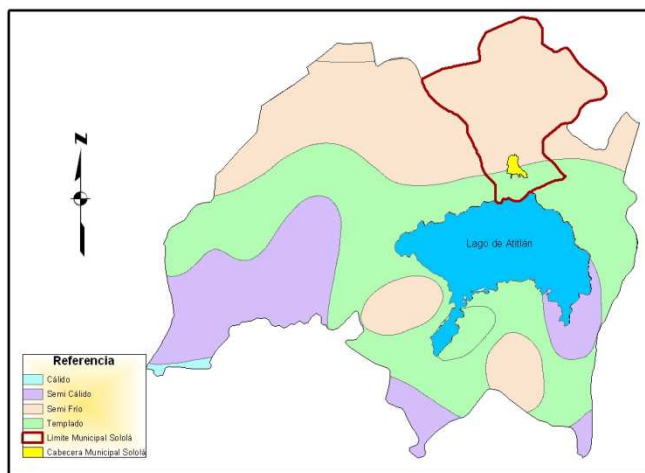
- **Desechos sólidos**

Los desechos sólidos que se producen de las viviendas, hospitales, comercios e instituciones, son recolectados por el servicio de camión recolector de basura, que la municipalidad presta a la población. No se cuenta con infraestructura adecuada para la disposición final y tratamiento de estos desechos.

1.3. Características fisiográficas

1.3.1. Clima

Figura 5: Distribución del clima en el departamento de Sololá



Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

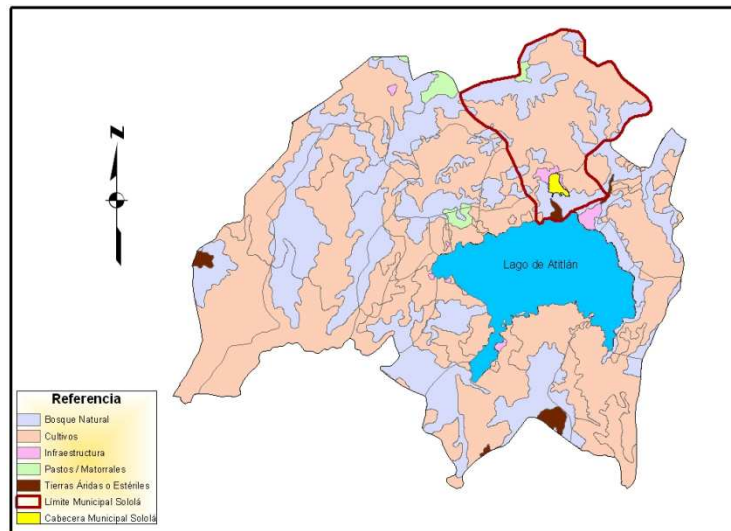
El área urbana de Sololá pertenece a las tierras altas del altiplano central, cuya temperatura media anual oscila entre 14 a 19 grados centígrados, según los datos que se obtienen de las dos estaciones meteorológicas del INSIVUMEH que se encuentran en la región. Estas son: la estación ubicada en Santa María, El Tablón y la estación ubicada en Santiago Atitlán.

Tabla I: Temperatura media anual en la región de Sololá

	Estación El Tablón	Estación Santiago Atitlán
Año	Anual °C	Anual °C
1999	14.2	18.5
2000	14.2	18.6
2001	14.4	16.8
2002	15	19.2

1.3.2. Suelo

Figura 6: Uso del suelo en el departamento de Sololá



Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

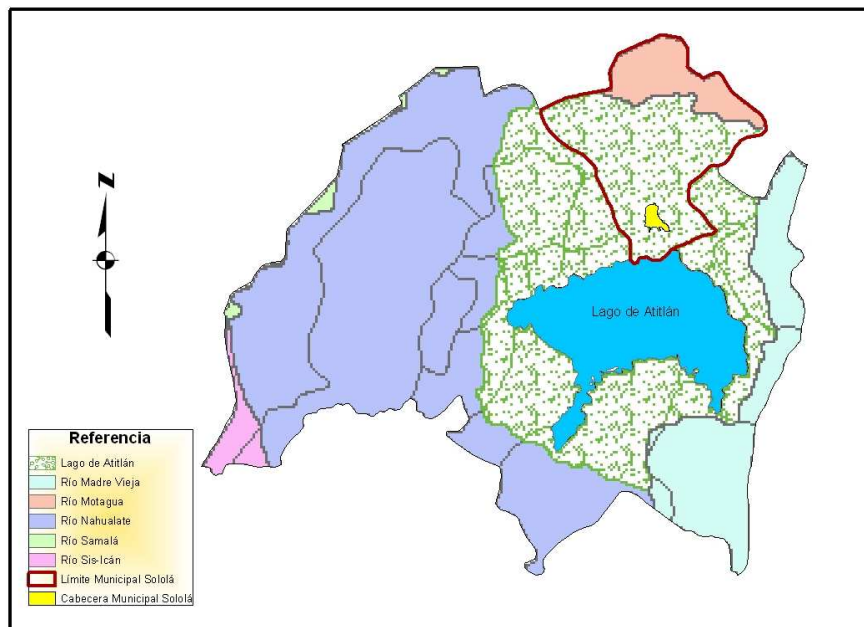
Los suelos de Sololá han sido divididos, según la clasificación de Simmons, en 17 unidades de suelo, que consisten de 13 series de suelo, dos fases y dos clases de terreno misceláneo. Han sido dividido en tres grupos amplios: I Suelos de las Montañas Volcánicas, II suelos de la Altiplanicie Central, III Suelos del Declive del Pacífico y IV Clases Misceláneas de Terreno.

Los suelos de los grupos I y II han sido divididos en sub grupos basándose en su profundidad, la clase de material madre y el relieve, donde son características importantes. En el grupo II hay dos sub grupos incluyendo los suelos profundos sobre materiales volcánicos de color claro. En el grupo III hay tres sub grupos; A. Los suelos profundos sobre materiales volcánicos de color claro, B. Suelos poco profundos sobre materiales de color claro y C. Suelos sobre materiales volcánicos de color oscuro.

1.3.3. Hidrografía

1.3.3.1. Cuencas

Figura 7: Cuencas existentes en el departamento de Sololá

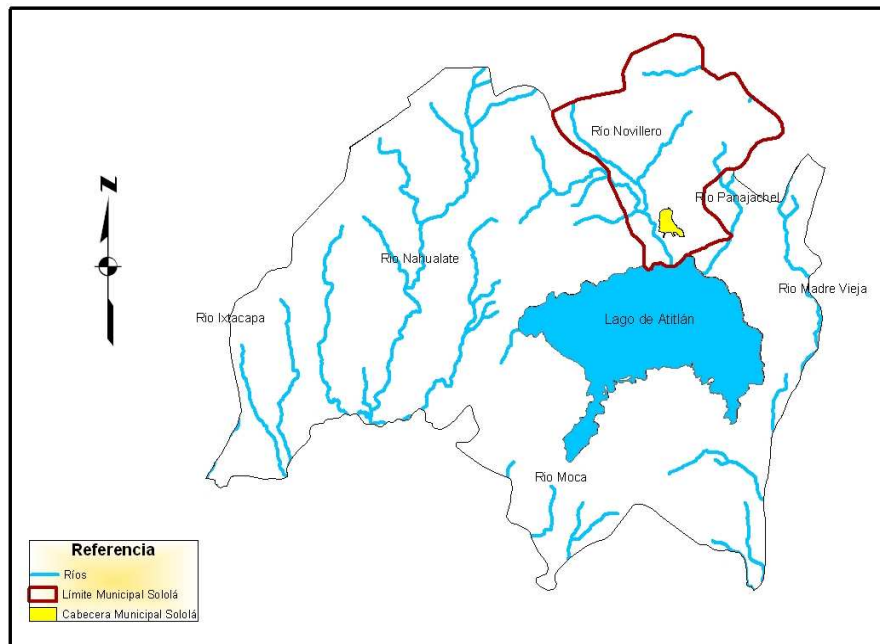


Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

La cuenca del lago de Atitlán es la más importante de la región, dentro de dicha existen pequeñas sub cuencas como la del río Panajachel, y la del río Kisk'ab', precisamente, el casco urbano se encuentra dentro de dicha sub cuenca.

1.3.3.2. Red hidrográfica

Figura 8: Red hidrográfica en el departamento de Sololá



Fuente: Diccionario geográfico de Guatemala, IGN 2001.

En la periferia occidental del casco urbano hace su recorrido el río Kisk'ab', que se origina de varias quebradas y riachuelos, y cuyo caudal desemboca en el lago de Atitlán; en su recorrido muchos factores intervienen en su contaminación, uno de los principales es el basurero municipal como principal foco de contaminación no solo del río sino donde desemboca.

1.4. Principales necesidades del casco urbano del municipio de Sololá

- **Descripción de las necesidades**

Son varias las necesidades de la población, las más importantes son: el agua potable, el manejo adecuado de los desechos sólidos, el rastro municipal, el tratamiento de las aguas residuales, el alcantarillado pluvial y el estado del alcantarillado sanitario existente.

- **Priorización de las necesidades**

Con base en los datos expuestos por los representantes del departamento de servicios públicos de la municipalidad, y un breve análisis realizado con el personal de la oficina municipal de agua, se concluyó que la prioridad en materia de servicios públicos, es conocer el estado actual del alcantarillado sanitario y proponer mejoras que corrijan las deficiencias presentes.

1.5. Servicio de agua potable y alcantarillado

1.5.1. Agua potable

El sistema municipal de agua potable tiene una cobertura de 3,445 servicios domiciliarios, lo que representa el 63% de la población del casco urbano.

El casco urbano se abastece del servicio de agua mediante más de tres sistemas, pero únicamente dos están a cargo de la municipalidad, ambos sistemas son mixtos, por gravedad y bombeo. Las fuentes de abastecimiento son dos nacimientos y dos pozos mecánicos. Dentro de la red existen tres sistemas construidos por vecinos, cuya administración la realizan por medio de comités y cuyas viviendas también cuentan con el servicio de agua de la red municipal.

1.5.2. Alcantarillado pluvial

El casco urbano de Sololá no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, deficiencia que se ha mitigado por parte de las autoridades con la implementación de tragantes y conexiones pluviales al sistema de alcantarillado sanitario. La cantidad de precipitación de que cuenta la región en época de invierno y las conexiones pluviales domiciliarias han generado un exceso de caudal que dificulta el funcionamiento de dicho alcantarillado y molestias a los vecinos. Esta situación también causa problemas a los sistemas de tratamiento, debido a que para mantener un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales es óptimo contar con sistemas separativos de agua pluvial y residual.

1.5.3. Disposición final de las aguas residuales

La disposición final de las aguas residuales que se generan en el casco urbano del municipio de Sololá se realiza mediante los siguientes componentes:

- Planta de tratamiento San Bartolo.
- Planta de tratamiento San Antonio.
- Colector antiguo ubicado en el centro de la ciudad.
- Varios desfogues directos a cuerpos de agua.

1.5.3.1. Plantas de tratamiento

El casco urbano del municipio de Sololá cuenta con dos plantas de tratamiento: San Bartolo y San Antonio, ubicadas a 1.5 y 2.5 kilómetros del centro de la ciudad, dichas plantas fueron implementadas dentro del programa de Desarrollo y Auto-sostenibilidad en la cuenca del lago de Atitlán, ejecutado como un plan piloto en los años de 1995 y 1998, por el proyecto ALA 88/22, con financiamiento de la Unión Europea, a través de una donación y con asesoría técnica por parte de la entidad colombiana llamada BIOTEC. A continuación se detallan las características de cada planta.

- **Concepto de las plantas de tratamiento**

Las aguas residuales tratadas contienen una gran cantidad de nutrientes orgánicos (nitrógeno y fósforo, principalmente). Esta característica permite aprovecharlas para riego y fertilización. Por ello, se previó que las aguas residuales tratadas a través de las plantas de tratamiento fueran utilizadas para riego y fertilización de cultivos.

1.5.3.2. Planta de tratamiento San Bartolo

La planta de tratamiento San Bartolo se encuentra operando desde septiembre de 1998, cubre principalmente parte del sector central, Sur y Occidente del casco urbano.

- **Unidades constituyentes del sistema**

Los componentes del sistema son:

- Pre tratamiento: Disipador y rejillas para retener los desechos de gran tamaño; canal desarenador; separador de grasas y aceites.
- Tratamiento primario: Dos reactores anaerobios de flujo ascendente.
- Tratamiento secundario: Dos filtros percoladores y dos decantadores secundarios.
- Dos patios de secado de lodos.
- Depósitos de gas, tubería y conducción.

Figura 9: Planta de tratamiento San Bartolo



Figura 10: Tratamiento preliminar de la planta de tratamiento San Bartolo



Figura 11: Reactores anaerobios de la planta de tratamiento San Bartolo



Figura 12: Filtros percoladores de la planta de tratamiento San Bartolo



Figura 13: Decantadores secundarios de la planta de tratamiento San Bartolo



Figura 14: Patio de secado de lodos de la planta de tratamiento San Bartolo



- **Caudal medio de operación**

Dado a la necesidad de corroborar la cantidad de caudal que ingresa a la planta se realizaron aforos constantes, con lo que se pudo observar que el caudal que ingresa en época de invierno, como consecuencia del incremento de caudal debido a las conexiones pluviales e infiltración al sistema de alcantarillado es de 20 litros por segundo. En época de verano se ha observado que el caudal que ingresa a la planta de tratamiento es de 14 Litros por segundo.

- **Caudal máximo de operación**

- **Fase uno**

Actualmente la planta de tratamiento San Bartolo cuenta con dos filtros percoladores, lo que permite que el caudal máximo de operación sea de 24 litros por segundo.

- **Fase dos**

En un principio fue prevista una ampliación a la planta de tratamiento cuando fuese necesario, la ampliación consiste en construir y adaptar un filtro percolador, con lo que se incrementaría al doble la capacidad de la planta, específicamente a un caudal máximo de operación de 48 litros por segundo.

- **Población atendida inicialmente**

Se contempló atender inicialmente a 8,000 habitantes.

- **Población máxima de diseño**

Fue previsto atender como máximo a un total de 12,000 habitantes.

- **Período de diseño**

La planta de tratamiento San Bartolo tiene un período de diseño de 17 años, lo que significa que finaliza en el año 2,015.

- **Potencial de riego**

Inicialmente se contempló como área potencial de riego un total de 20 hectáreas, de las cuales 2 fueron abastecidas con un sistema de mini riego por gravedad y aspersores para el cultivo de tubérculos y raíces (papa, cebolla, zanahoria, remolacha, yuca, etc.).

No está permitido el cultivo de foliares como brócoli, lechuga, repollo y otros como la arveja, que generalmente se comen crudos, debido a que las aguas tratadas contienen aún gran cantidad de patógenos.

1.5.3.3. Planta de tratamiento San Antonio

Fue inaugurada en junio de 1995, cubre principalmente el sector denominado barrio San Antonio y viviendas aledañas, así como parte del sector norte de la ciudad. Actualmente se encuentra en estado precario, parte de sus unidades constituyentes requieren de una inversión económica para ser rehabilitadas, todo esto es debido en parte al abandono por parte de las autoridades municipales en corroborar su operación y velar por su mantenimiento.

- **Unidades constituyentes del sistema**

Los componentes del sistema son:

- Pre tratamiento: Disipador y rejillas para retener los desechos de gran tamaño; canal desarenador; separador de grasas y aceites.
- Tratamiento primario: Tres reactores anaerobios de flujo ascendente.
- Tratamiento secundario: Tres Filtros percoladores y dos decantadores secundarios.
- Tres patios de secado de lodos.
- Depósitos de gas, tubería y conducción.

Figura 15: Planta de tratamiento San Antonio



Figura 16: Rejillas de tratamiento preliminar de la planta de tratamiento San Antonio



Figura 17: Reactores anaerobios de la planta de tratamiento San Antonio



Figura 18: Filtros percoladores de la planta de tratamiento San Antonio



Figura 19: Decantadores secundarios de la planta de tratamiento San Antonio



Figura 20: Patio de secado de lodos de la planta de tratamiento San Antonio



- **Caudal medio de operación**

Dado a la necesidad de corroborar la cantidad de caudal que ingresa a la planta, se realizaron aforos constantes, con lo que se pudo observar que el caudal en época de invierno, como consecuencia del incremento debido a las conexiones pluviales e infiltración al sistema de alcantarillado es de 14 litros por segundo. En época de verano se ha observado que el caudal que ingresa a la planta es de 7 litros por segundo.

- **Caudal máximo de operación**

Para la planta de tratamiento San Antonio no fue contemplada una ampliación que incrementara su capacidad, así que según las bases de diseño el caudal máximo de operación es de 10.5 litros por segundo.

- **Población atendida inicialmente**

Inicialmente fueron atendidos 4000 habitantes.

- **Población máxima de diseño**

Según las bases de diseño de la planta, la población máxima de diseño es de 7000 habitantes.

- **Período de diseño**

De acuerdo a las bases de diseño de la planta de tratamiento el período de diseño es de 15 años, lo que significa que finaliza en el año 2010.

- **Potencial de riego**

La planta de tratamiento San Antonio abastece a un sistema de mini riego con capacidad para 1.83 hectáreas.

1.5.3.4. Colector antiguo ubicado en el centro de la ciudad

Parte de las aguas residuales que se generan en el casco urbano de Sololá son conducidas por un colector antiguo que desfoga el caudal recolectado en un zanjón que desemboca en los cauces que alimentan el lago de Atitlán, en dicho zanjón, debido a la negligencia de algunos pobladores, se puede observar todo tipo de desechos como: basura, restos de animales, vísceras producto del destace de animales de corral. Esta situación representa una gran contaminación para el lago, así como un foco de contaminación a las poblaciones y cultivos aledaños.

Según la información que se obtuvo mediante entrevistas a los encargados del área de servicios de la municipalidad, dicho colector fue construido con el fin de conducir las aguas residuales y pluviales de la población, y tiene mas de 45 años de existencia. Se construyó de varios materiales, entre los que se puede mencionar ladrillos, piedras y mezclas rústicas.

Sus dimensiones son variables, pero en promedio tiene 2 metros de ancho, 2 metros de alto, y tiene una longitud de 900 metros aproximadamente.

Su ubicación es inadecuada, principalmente porque actualmente sirve de cimentación, para un gran número de comercios y casas de habitación del centro de la ciudad, que impiden el acceso al mismo.

En varias ocasiones ha ocurrido el hecho de que el colector colapse por la falla de sus materiales constituyentes, lo que ha requerido la intervención de la municipalidad, mediante los encargados del área de servicios y obras para realizar reparaciones. Lo anterior, pone en evidencia el estado precario en que se encuentra el colector.

En la década de 1970, fue construido el sistema de alcantarillado sanitario municipal, lamentablemente incluso al contar con este servicio la población siguió utilizando el colector para desechar las aguas residuales.

1.5.3.5. Desfogues directos a ríos

En el casco urbano existen varios sectores de viviendas que no cuentan con un adecuado sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. La topografía del casco urbano y sus pendientes pronunciadas no permiten que se puedan conectar fácilmente al sistema de alcantarillado sanitario municipal.

Entre dichos sectores se encuentra la colonia Miralinda, integrada por 45 viviendas, dicha no cuentan con un alcantarillado sanitario adecuado y se ubica adyacente a los cauces del río Kisk'ab', donde desfoga directamente las aguas residuales.

Entre estos sectores también figura la colonia Patricio Green, se integra de 35 viviendas, y aunque cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario adecuado, desfoga el agua residual a las corrientes que alimentan al río Panajachel.

2. PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SOLOLÁ DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

- **Marco referencial**

2.1. Aspectos metodológicos utilizados

- Mediante visitas al sistema, se realizó el diagnóstico de la situación actual de cada uno de los componentes.
- La solución adecuada para mejorar el servicio de alcantarillado sanitario fue establecida bajo criterios técnicos y presupuestarios.
- Se elaboraron los diseños, planos, cuantificación de materiales y presupuestos correspondientes a las mejoras propuestas.

2.1.1. Levantamiento topográfico

Para el presente proyecto se efectuó el levantamiento de primer orden, planimétrico y altimétrico.

- **Planimetría**

El levantamiento se hizo como una poligonal abierta, por el método de conservación del azimut.

- **Altimetría**

Después de haber concluido el levantamiento planimétrico, se procedió a realizar la altimetría, para la que se utilizó el método de nivelación simple.

2.1.2. Sistema de posicionamiento global

- **Definición**

Conocido también como GPS, es un sistema de navegación basado en 24 satélites, que proporcionan posiciones en tres dimensiones, velocidad y tiempo, las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo.

- **Determinación de la posición con el sistema (GPS)**

Los satélites del sistema de posicionamiento global describen órbitas a gran altura sobre la tierra en ubicaciones precisas. Permiten que el usuario de un receptor de GPS determine de forma exacta su latitud, longitud y altitud. El receptor mide el tiempo que tardan en llegar las señales enviadas desde los diferentes satélites. A partir de esos datos, el receptor triangula la posición exacta. Se necesitan tres satélites para determinar la latitud y la longitud, mientras que un cuarto satélite es necesario para determinar la altitud.

- **Ortofotografía**

La ortofotografía es una presentación fotográfica de una zona de la superficie terrestre, en la que todos los elementos presentan la misma escala, libre de errores y deformaciones, con la misma validez de un plano cartográfico.

Una ortofotografía se consigue mediante un conjunto de imágenes aéreas tomadas desde un avión o satélite que han sido corregidas digitalmente para representar una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva, y en la que por lo tanto es posible realizar mediciones exactas.

- **Programas de cómputo SIG**

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada.

- **Aplicación al plan de mejoras**

El sistema de posicionamiento global es una herramienta innovadora que permite referenciar con mayor rapidez puntos sobre la superficie terrestre, aunque con menor precisión que con la topografía tradicional.

Dado a la variedad de programas SIG que actualmente están al servicio de la ingeniería tal como lo es el ARCMAP, y con la ayuda de los datos proporcionados por el receptor GPS, se construyó el diagrama de la red general de alcantarillado, ubicando y referenciando los puntos importantes como pozos de visita y colectores sobre una ortofotografía, con lo cual se facilita la ubicación e identificación utilizando referencias reales como casas, calles y edificios.

2.1.3. Evaluación técnica del sistema de alcantarillado existente

Como parte de la fase de investigación y diagnóstico, se realizó un recorrido por todo el casco urbano de Sololá con el apoyo del personal de la municipalidad, donde se inspeccionó cada uno de los elementos que componen el sistema de alcantarillado sanitario. En algunos casos no fue posible realizar la evaluación debido a tapaderas de pozos de visita cubiertas por pavimento recientemente construido o selladas con mezclas de cemento.

A manera de insumos se elaboraron boletas de evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura, fundamentadas en criterios que mas adelante se describen. El conjunto de datos recabados fue utilizado para evaluar la capacidad hidráulica del sistema y para determinar la proyección futura.

2.1.3.1. Evaluación técnica de tuberías existentes

En su mayoría las tuberías que componen el alcantarillado sanitario son de concreto, con diámetros desde 8 hasta 24 pulgadas. En cada pozo de visita se evaluaron los siguientes aspectos con el fin de identificar las tuberías.

- 1 Diámetro
- 2 Material
- 3 Estado
- 4 Espesor de tubería
- 5 Cotas Invert
- 6 Clasificación
- 7 Ramal a que pertenece
- 8 ¿El ramal desfoga en cuerpos de agua?

2.1.1.1. Evaluación técnica de pozos de visita

En el alcantarillado sanitario del casco urbano existe diversidad de tamaños y diseños de pozos de inspección, los más notables son los del tipo tradicional cilíndrico y las cajas de visita, por lo observado durante el recorrido las cajas de visita son las que se encuentran mas dañadas. En la boleta de evaluación se recopiló información sobre:

- Generales del pozo:
 1. ¿Existe basura en el pozo?
 2. ¿Presenta rajaduras?
 3. ¿Corre riesgo de colapso?
 4. ¿Existen conexiones pluviales?
 5. ¿El pozo de visita está colmatado de arena?
 6. ¿Hay presencia de ratas?
 7. ¿Existe manipulación de ajenos?
 8. ¿Permite olores desagradables?
 9. Referencia de ubicación/propiedad:
 10. ¿Está erosionado?
 11. ¿Es cercano a fuentes de agua?
 12. ¿Permite labores de mantenimiento?

- Características del pozo:
 13. No. de tuberías que conecta el pozo
 14. Tipo de pozo
 15. Infraestructura nueva/antigua
 16. Profundidad/diámetro

17. Dimensiones
18. Materiales
19. Estado de escaleras de acceso
20. Estado general
21. ¿Tiene disipadores de energía?
22. Ubicación/referencia

2.1.3.2. Evaluación técnica de tapaderas de pozos de visita

Debido a varios factores tal como el tráfico, el clima y la inadecuada manipulación, las tapaderas de los pozos de visita están dañadas. Para este renglón se contemplaron los siguientes aspectos:

- 1 Tipo de tapadera
- 2 Materiales
- 3 ¿Permite ingreso de agua de lluvia al pozo?
- 4 ¿Representa un riesgo a los peatones y vehículos?
- 5 ¿Permite un fácil acceso?
- 6 Diámetro/espesor
- 7 Dimensiones
- 8 Estado general

En el apéndice 2, se puede observar el esquema general de la boleta utilizada.

2.1.4. Análisis de la opinión pública en materia de servicios y tarifas

Conocer la opinión de la población que se beneficia con el sistema de alcantarillado sanitario es fundamental, mediante dicho conocimiento se facilita y justifica la elección de alternativas a implementar para brindar un servicio eficiente.

En este caso el enfoque del análisis fueron los servicios de alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial, el conocimiento general de la importancia de los mismos, las tarifas, la operación y el mantenimiento que se le da al sistema existente.

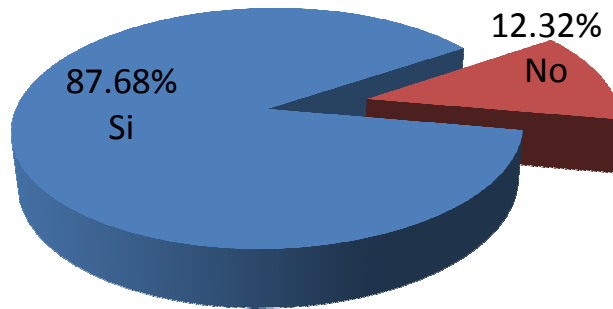
2.1.4.1. Encuesta realizada

Durante la fase de diagnóstico se elaboró una boleta para recabar datos, los resultados de la encuesta se muestran a continuación y en el apéndice 3 se puede observar el esquema general de la boleta utilizada.

- **Alcantarillado sanitario**

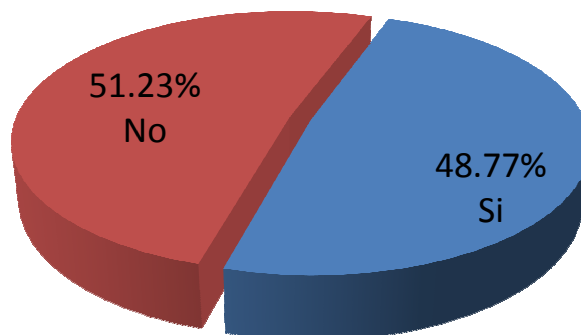
- ¿Conoce usted la importancia de contar con un alcantarillado sanitario y su relación con diversas enfermedades?

Figura 21: Conocimiento de las enfermedades relacionadas con un inadecuado sistema de alcantarillado sanitario



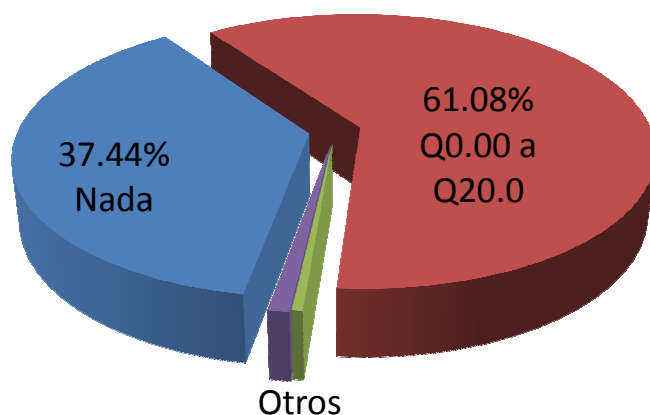
- ¿Conoce usted de que manera y donde son desechadas las aguas negras generadas en el casco urbano?

Figura 22: Conocimiento del tratamiento de las aguas residuales en el casco urbano



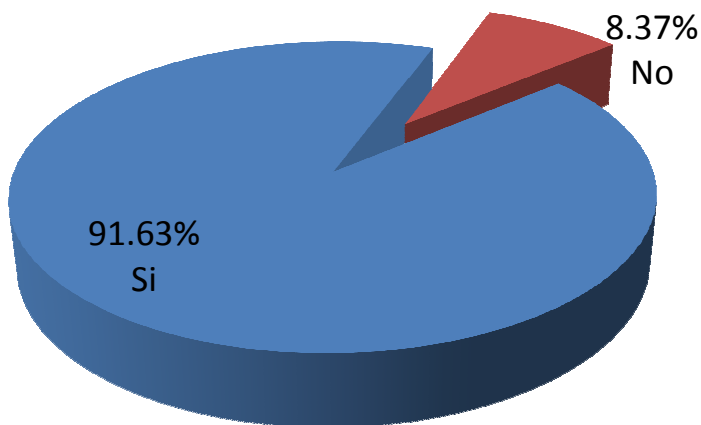
- ¿Sí el servicio de alcantarillado sanitario fuera eficiente, estaría dispuesto a pagar una tarifa? ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar mensualmente?

Figura 23: Postura de la población ante el pago de tarifas



- ¿Cree usted que es necesario tratar o limpiar las aguas negras antes de desecharlas?

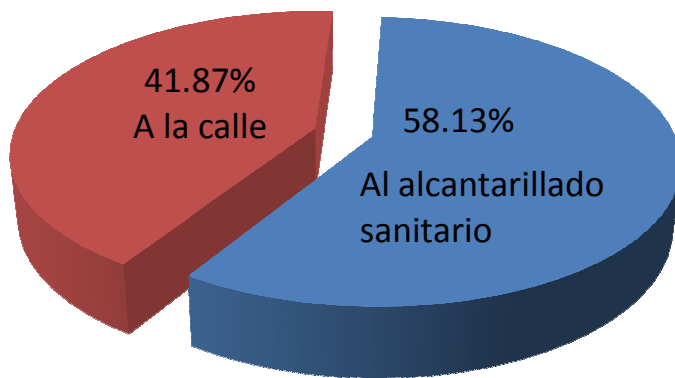
Figura 24: Necesidad de tratar las aguas residuales



- **Encuesta respectiva al alcantarillado pluvial**

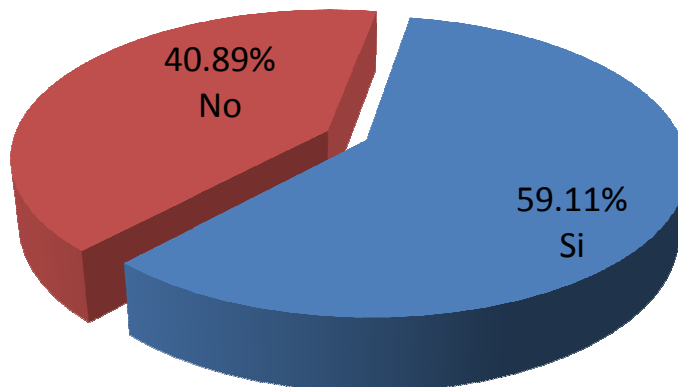
- ¿Hacia donde evacúa usted el agua de lluvia que se acumula en su casa?

Figura 25: Acciones para la disposición de las aguas pluviales



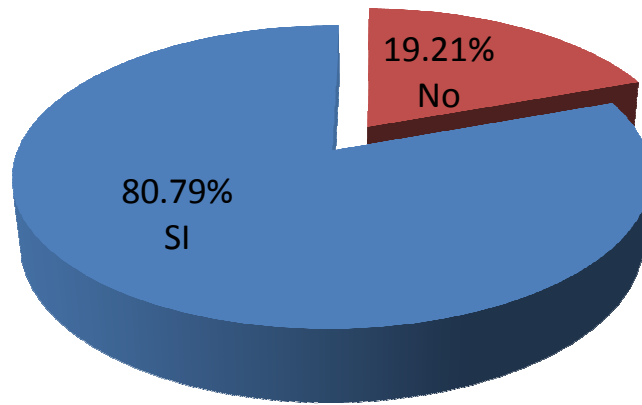
- ¿Le causa a usted alguna molestia o dificultad el agua de lluvia que fluye por las calles en época de invierno?

Figura 26: Molestias ante la acumulación de aguas pluviales



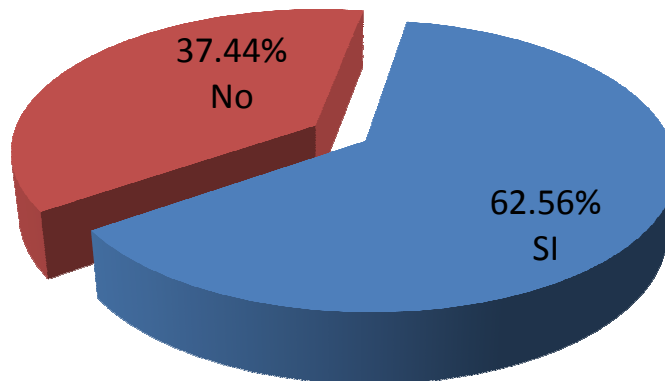
- ¿Cree usted necesario contar con un alcantarillado pluvial?

Figura 27: Necesidad de contar con alcantarillado pluvial



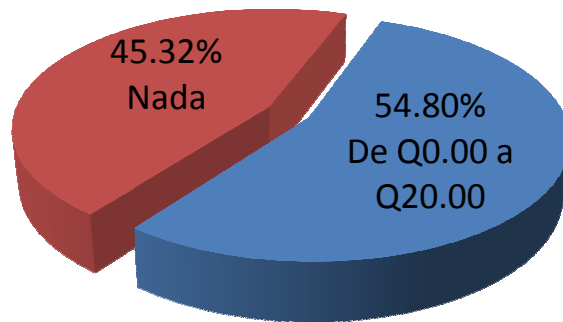
- ¿De contar con un alcantarillado pluvial, y se velara por su mantenimiento, estaría dispuesto a pagar una tarifa mensual?

Figura 28: Postura ante el pago de tarifa por alcantarillado pluvial



- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de alcantarillado pluvial mensualmente?

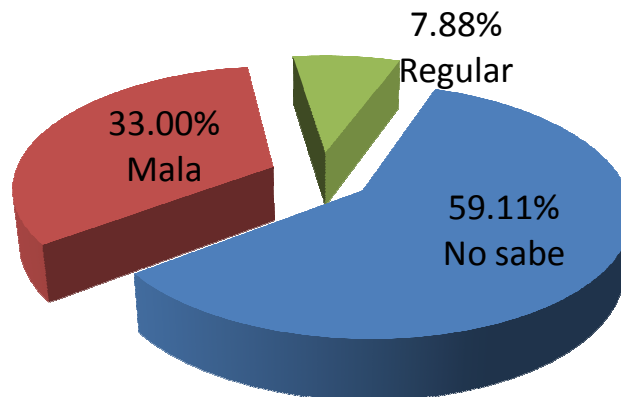
Figura 29: Monto de la tarifa accesible para la población



- **Capacidad en administración y operación del sistema**

- ¿Cómo le parece el mantenimiento que se le da al sistema de alcantarillado?

Figura 30: Opinión de la población respecto al mantenimiento del sistema existente



2.1.4.2. Conclusiones de la encuesta realizada

- **Alcantarillado sanitario**

- La mayoría de los encuestados están conscientes de la necesidad de limpiar o tratar las aguas residuales, lamentablemente desconocen la forma en que se está llevando a cabo dicha actividad en el casco urbano, si se está tratando eficientemente el agua residual y si las autoridades encargadas están llevando a cabo de manera adecuada la administración de los sistemas.
- Buen porcentaje de los encuestados esta de acuerdo en el pago de una tarifa por el servicio de alcantarillado sanitario, siempre y cuando se mejore el servicio y se practiquen las actividades de mantenimiento frecuentemente.

- **Alcantarillado pluvial**

- Buen porcentaje de los encuestados, manifiesta su descontento ante las molestias que surgen en época de invierno por la falta de un alcantarillado pluvial, por lo que manifiestan la necesidad de implementar un sistema eficiente.
- Buen porcentaje de los encuestados esta de acuerdo en el pago de una tarifa mensual por el servicio de alcantarillado pluvial, siempre que se lleven a cabo las actividades necesarias para su mantenimiento.

- **Capacidad en administración y operación del sistema**

- La mayoría de los encuestados desconoce este aspecto, lo cual pone en evidencia la falta de mantenimiento al sistema de alcantarillado existente.

2.2. Diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario

2.2.1. Servicio de alcantarillado sanitario en el casco urbano de Sololá

Actualmente funciona en el casco urbano una red de alcantarillado sanitario construida en el año de 1970 por el Instituto de Fomento Municipal INFOM, no existen planos generales de la red, aunque se puede mencionar que dicha es pequeña en relación a lo que actualmente existe.

En el año de 1992 como parte de un proyecto de desarrollo rural promovido por el gobierno guatemalteco de aquel entonces, y con el apoyo de la Unión Europea, a través del proyecto ALA 88/22, se amplió el sistema con la construcción de una red de alcantarillado combinado.

Las autoridades del municipio y los vecinos, como parte de su organización comunitaria, han gestionado y construido ampliaciones al sistema existente basadas en criterios empíricos, no tomando en cuenta su estado y capacidad.

El abandono en relación al mantenimiento, por parte de las autoridades, ha permitido el deterioro del sistema, ya que no se practican acciones preventivas.

2.2.2. Evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias en infraestructura del sistema de alcantarillados

La fase de diagnóstico requirió de insumos basados en los conceptos y requerimientos fundamentales para el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, dichos definen los criterios tomados en cuenta para la evaluación del sistema existente.

2.2.2.1. Requerimientos mínimos a considerar

2.2.2.1.1. Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, los pozos de visita se deben ubicar en los siguientes casos:

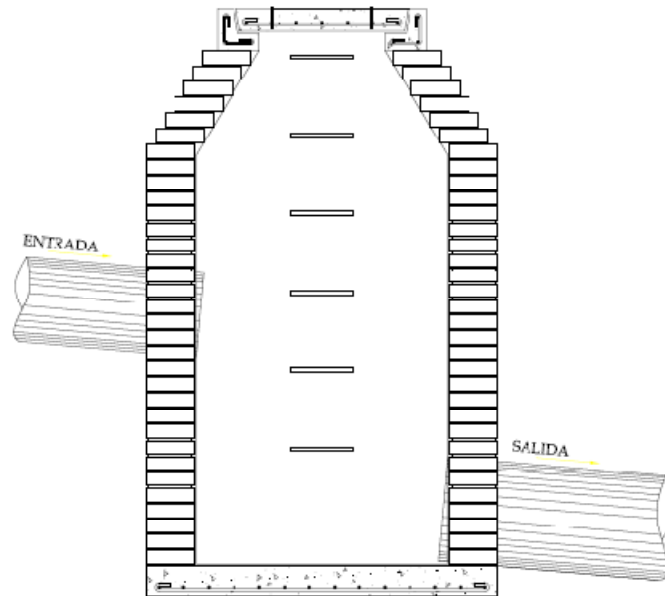
- En toda intersección de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros

También se pueden mencionar los siguientes requerimientos para los pozos de visita:

- La cota de la tapadera de los pozos de visita, deberá ser la misma del nivel de rasante de la calle, bajo ninguna razón debe restringirse el acceso al interior del pozo de visita.

- Todo pozo deberá incluir escalones espaciados adecuadamente, que permitan el acceso e inspección del mismo, en forma cómoda y segura.
- Todo pozo de visita debe ubicarse preferentemente en lugares que garanticen el libre acceso a dichos con el fin de implementar acciones de mantenimiento.
- El pozo de visita así como los demás componentes del sistema de recolección de aguas residuales debe impedir el surgimiento de olores desagradables que cause molestias a la población.
- Las actividades de limpieza y mantenimiento deben impedir la obstrucción de los pozos de visita con arenas o desechos sólidos que ingresen por cualquier medio.
- Todo pozo de visita debe impedir el ingreso de flujos ajenos al caudal sanitario por medio de una adecuada tapadera que a la vez no represente un riesgo a los peatones y tráfico vehicular.

Figura 31: Sección típica de pozo de visita



2.2.2.1.2. Diámetro mínimo de la tubería

El diámetro mínimo de la tubería es de 8 pulgadas para alcantarillado sanitario y 10 pulgadas para pluvial y combinado.

2.2.2.1.3. Tapaderas

La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado y se han establecido diseños que se adoptan de manera general. Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapadera de concreto armado, con una dimensión de 0.90 metros que permite un acceso neto de 0.70 metros.

Es recomendable que las dimensiones de la tapadera del pozo de visita permitan un peso no excesivo, con el fin de ingresar fácilmente al mismo para realizar mantenimiento y reparaciones.

2.2.2.2. Riesgos comúnmente identificados

2.2.2.2.1. Presencia de conexiones pluviales

Frecuentemente fueron identificadas conexiones pluviales mediante tragantes instalados en los pozos de visita del alcantarillado sanitario.

2.2.2.2.2. Manipulación de ajenos

Algunos pozos de visita presentan conexiones domiciliarias adaptadas de manera inadecuada, por personas ajenas al personal de la municipalidad, esto se considera como una deficiencia.

2.2.2.2.3. Presencia de olores desagradables

Varios pozos de visita del alcantarillado sanitario fueron modificados con el objetivo de recolectar las aguas pluviales, no fueron construidos de tal manera que impidieran el surgimiento de olores característicos de las aguas residuales.

En algunos casos son las tapaderas de los pozos de visita las que permiten el surgimiento de olores desagradables, debido a su mal estado.

Figura 32: Caja de visita que corre riesgo de colapso



Figura 33: Caja de visita colmatada de arena y basura



Figura 34: Conexiones domiciliarias instaladas en cajas de visita



Figura 35: Tapadera de pozo de visita en mal estado



Figura 36: Caja de visita inaccesible



Figura 37: Pozo de visita lleno de basura



Figura 38: Caja de visita ubicada en casa particular



2.2.2.3. Resumen de riesgos evaluados

Mediante el diagnóstico se evaluó un total de 406 pozos de visita y 22 kilómetros de tubería aproximadamente, los aspectos considerados como riesgos y deficiencias se resumen a continuación:

Tabla II: Resumen de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura evaluados

Descripción del riesgo	R.E.	R.I.	% Riesgos
Limpieza y mantenimiento de los pozos de visita	406	163	40.14%
Presencia de rajaduras o riesgo de colapso	406	27	6.65%
Presencia de conexiones pluviales	406	57	14.04%
Manipulación de ajenos	406	8	1.97%
Presencia de olores desagradables	406	11	2.71%
Permite labores de mantenimiento	406	256	63.05%
Permite ingreso de agua de lluvia	406	43	10.59%
Permite un fácil acceso	406	324	79.80%
Representa un riesgo al tráfico vehicular o peatones	406	17	4.19%

Donde:

RE: corresponde a los riegos evaluados.

RI: corresponde a los riesgos identificados.

Tabla III: Resumen general de riesgos

% Riesgos
24.80%

- **Conclusión**

Haciendo uso de los resultados se puede concluir que el nivel de riesgo sanitario del sistema de alcantarillado existente es bajo.

2.2.3. Parámetros de diseño

Para realizar el diseño, la evaluación de la capacidad y para determinar la proyección futura de los sistemas de alcantarillado, es necesario basarse en cálculos hidráulicos y los parámetros de diseño respectivos. A continuación se describen los más importantes:

2.2.3.1. Período de diseño

El período de diseño de los sistemas de alcantarillado suele ser de 30 a 40 años, a partir de la fecha de construcción, y tiene una relación muy importante con la cantidad de fondos que deben ser invertidos en la construcción del alcantarillado.

El período de diseño se determina en función de varios aspectos tal como:

- Vida útil de las estructuras y equipos
- Facilidad o dificultad para realizar ampliaciones
- Población diseño

2.2.3.2. Población de diseño

Para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario es necesario conocer la cantidad actual de personas a beneficiar, así como la tasa de crecimiento con que se pueda conocer la cantidad de habitantes al finalizar el período de diseño.

En este caso, se utilizaron los datos obtenidos durante el diagnóstico realizado, los datos que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, y los datos de que cuenta la oficina municipal de agua.

- **Método del incremento geométrico**

El crecimiento de la población obedece a un modelo geométrico, cuando la razón de cambio de la población entre el tiempo, es proporcional al tamaño de la población.

Este método se aplica a las poblaciones en vías de desarrollo, como nuestro país, debido a que la cantidad de habitantes crece a un ritmo geométrico o exponencial.

- **Ecuación del incremento geométrico**

$$Pf = Pa \times (1 + t)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual

n = período de diseño

t = tasa de crecimiento poblacional

2.2.3.3. Dotación de diseño

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día. Los factores que se consideran en la dotación son: el clima, el nivel de vida, las actividades productivas, los servicios públicos, etc.

La dotación depende de la categoría de la población, y varía de 300 a 50 litros diarios por habitante, dependen directamente de los recursos hídricos con que cuente la localidad. En este caso se utilizó una dotación de 200 litros/habitante/día.

2.2.3.4. Factor de retorno

Es el factor que indica la cantidad de agua que los habitantes desechan al alcantarillado sanitario, dicha cantidad se considera entre el 70 y 80% de la cantidad de agua potable suministrada.

Menos del 100% de la dotación de agua potable que ingresa a una vivienda retorna al alcantarillado sanitario, por razones de uso en riego de jardines, considerando una pérdida de 20% por infiltración y evaporación, por lo que para este caso se tomó un factor de retorno del 80%.

2.2.3.5. Factor de flujo instantáneo

El factor de flujo o factor de Harmond, es un factor de seguridad, que involucra el número de habitantes a servir y actúa principalmente en las horas en que más se utiliza el sistema de alcantarillado. Su ecuación es la siguiente:

$$F.H. = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}} \right)$$

Donde:

P: número de habitantes a servir expresado en miles.

El valor del factor de flujo suele variar entre 1.5 a 4.5 de acuerdo al tamaño de la población.

2.2.3.6. Relación de diámetros y caudales

El diseño de alcantarillados exige muchos cálculos de velocidades, caudales, diámetros de tuberías y pendientes, por lo que es necesario llegar rápidamente a soluciones adecuadas, con dicho fin, se ha diseñado un monograma basado en la ecuación de Manning, del cual también se ha elaborado una tabla de relaciones hidráulicas que simplifica los cálculos.

Toda alcantarilla circular puede trabajar a sección llena y sección casi llena, siendo lo último lo más común, ya que el gasto no es constante y esto incide directamente con una variación del tirante de agua, que a su vez hace variar la sección transversal del líquido y la velocidad. Deben considerarse las siguientes relaciones hidráulicas:

- El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena:

$$q \text{ diseño} < Q \text{ sección llena}$$

- La relación de tirantes debe ser:

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.75$$

Con las restricciones anteriores se evita que la tubería trabaje a presión.

2.2.3.7. Ecuación de Manning

La ecuación de Manning es una de las más utilizadas en el cálculo de alcantarillas. Esta ecuación es experimental, se deriva de la ecuación de Chezy y se basa en las condiciones de flujo ideal, se define como:

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$$

Para fines de facilitar los cálculos, y haciendo uso de las conversiones adecuadas, la ecuación anterior se puede expresar de la siguiente forma:

$$V = \frac{0.03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde:

n= coeficiente de rugosidad de la tubería

D= diámetro de la tubería (plg)

S= pendiente de la tubería (m/m)

V= velocidad del flujo (m/s)

2.2.3.8. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad “n” depende del tipo de material con que esté construida la tubería, expresa que tan lisa es la superficie del material por donde se desplaza el flujo y puede cambiar con el tiempo; en la siguiente tabla se presentan algunos valores para diferentes tipos de superficie:

Tabla IV: Coeficientes de rugosidad de diferentes superficies

Tipo de superficie	Coeficiente de rugosidad	
	Mínimo	Máximo
Superficie de mortero de cemento	0.011	0.030
Mampostería	0.017	0.030
Tubos de concreto $\Phi < 24"$	0.011	0.016
Tubos de concreto $\Phi > 24"$	0.013	0.018
Tubos de asbesto cemento	0.009	0.011
Tubería de PVC	0.007	0.011
Tubos de metal corrugado	0.020	0.022
Canales cubiertos con piedra	0.029	0.031
Polietileno de alta densidad	0.010	0.012

2.2.3.9. Velocidades mínimas y máximas

Los proyectos de alcantarillados sanitarios deben diseñarse de modo que la velocidad mínima a cualquier sección sea de 0.60 metros por segundo. No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a pocas casas y producen caudales bajos, en tales casos, se proporciona una pendiente que dé la velocidad de no menos de 0.40 metros por segundo.

Las velocidades mínimas tienen el objetivo de que no ocurra la sedimentación de los sólidos; pero las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, etc.) desgastan la tubería, por lo que es recomendable una velocidad máxima de 3 metros por segundo.

2.2.3.10. Caudal de diseño

Los caudales que componen el caudal de diseño son: el caudal domiciliar, el comercial, el industrial y el producido por las infiltraciones y el que aportan las conexiones ilícitas.

$$Q \text{ diseño} = Q \text{ domiciliar} + Q \text{ industrial} + Q \text{ infiltración} + Q \text{ c. ilícitas}$$

2.2.3.10.1. Caudal domiciliar

Es el agua que luego de ser usada por los humanos, para limpieza o preparación de alimentos, es desechada y conducida hacia el alcantarillado, es decir, que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación de agua potable, menos una porción que será vertida al alcantarillado sanitario. Se calcula de la siguiente forma:

$$Q \text{ domiciliar} = \text{Dotación} \times \text{No. habitantes} \times \text{Factor de retorno}$$

2.2.3.10.2. Caudal comercial

Es el agua de desecho de las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, etc.

Por lo general la dotación comercial varía según el tipo de establecimiento, pero puede estimarse entre 600 y 3000 litros por comercio por día. Para el presente proyecto se utilizaron los datos municipales de catastro, que indican un total de 25 comercios que se consideran contribuyentes al caudal comercial.

2.2.3.10.3. Caudal industrial

Es el agua de desecho de las industrias como: fábricas de textiles, licoreras, procesadoras de alimentos, etc.

Para el presente proyecto se utilizaron los datos municipales de catastro que indican un número de 8 industrias que se consideran contribuyentes al caudal industrial. Es necesario mencionar que dichas industrias utilizan además del suministro municipal fuentes diversas de abastecimiento de agua.

2.2.3.10.4. Caudal de infiltración

Para determinar el caudal de infiltración que entra en la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea, con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno y el tipo de juntas usadas.

Hay dos formas de determinarlo: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, incluyendo la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, para lo cual se asume como 6 metros de longitud por cada vivienda. Este factor suele variar entre 12,000 a 18,000 litros por kilómetro por día.

2.2.3.10.5. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías de recolección de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Con fines de diseño se considera que un porcentaje de las viviendas de una población puede hacer conexiones ilícitas, y dichas representan de 0.5 a 2.5%.

El cálculo del caudal por conexiones ilícitas, está relacionado con el caudal que producen las lluvias, por lo que se utiliza la ecuación dada por el método racional:

$$Q_{C. \text{ Ilícitas}} = \frac{C \times i \times A}{360} = \frac{C \times i \times (\%A)}{360}$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

C= Coeficiente de escorrentía (%)

I= Intensidad de lluvia (mm/hora)

A= Área que es factible conectar ilícitamente (Hectáreas)

2.2.3.10.5.1. Cálculo de la intensidad de lluvia

En muchos casos es necesario determinar el régimen de la intensidad de lluvia de una región. Entre las aplicaciones más sobresalientes de este tipo de análisis lo constituye el diseño hidráulico de diferentes obras para la evacuación segura de la escorrentía originada por las lluvias. Normalmente, este tipo de aplicaciones requiere de eventos de lluvias intensas asociados a una duración y a una frecuencia de ocurrencia. Las curvas de duración, intensidad y frecuencia (DIF), ofrecen dicha relación.

En Guatemala, este tipo de curvas se encuentran deducidas para un número reducido de estaciones y para diferentes épocas. El modelo que representa matemáticamente las curvas tiene la forma de:

$$i_{Tr} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

i_{Tr} = intensidad de lluvia (mm/hora)

t = duración de la tormenta (min)

A , B y n = parámetros de ajuste.

Para el caso de Sololá se utilizaron los datos que proporciona la estación meteorológica más cercana, que es la de Santiago Atitlán, para un periodo de retorno de 30 años, un tiempo de concentración de 12 minutos y los parámetros de ajuste correspondientes; se determina de esta manera la intensidad de lluvia de 157 milímetros por hora.

2.2.3.11. Coeficientes de escorrentía

El coeficiente de escorrentía “C” es una variable del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación para cualquier área de drenaje dada, considerando que el coeficiente explica las pérdidas entre lluvia y escorrentía, las cuales pueden variar para un área de drenaje dada.

Tabla V: Coeficiente de escorrentía de diferentes superficies

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía
Techos	0.70 a 0.90
Pavimentos	
Concreto y asfalto	0.85 a 0.90
Piedra, ladrillo (buenas condiciones)	0.75 a 0.85
Piedra, ladrillo (malas condiciones)	0.40 a 0.70
Calles	
Terracería	0.25 a 0.60
De arena	0.15 a 0.30
Parques, jardines, prados, etc.	0.05 a 0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01 a 0.20

El coeficiente de escorrentía que corresponde en promedio al área tributaria, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum A}$$

Donde:

A = área total

C = coeficiente de escorrentía promedio

c = coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

a = área parcial (Ha)

2.2.3.12. Cota Invert

La cota Invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante de la calle y el nivel inferior interior de la tubería. La cota Invert debe ser, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Se deben seguir las siguientes reglas para el cálculo de las cotas Invert:

- La cota Invert de salida de una tubería tres centímetros más bajo que la cota Invert de llegada de la tubería mas profunda, si las tuberías en cuestión son del mismo diámetro.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la que sale, la cota Invert de salida estará por lo menos a una profundidad igual a la diferencia de los diámetros, más bajo que la cota Invert de entrada.

2.2.3.13. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar se hace por medio de una caja de registro construida de mampostería o con tubos de concreto colocados en forma vertical, en dicha se une la tubería del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desfogará en el colector principal. La tubería entre la conexión domiciliar y el colector principal debe tener un diámetro no menor a 6" y debe colocarse con una pendiente mínima del 2%.

2.2.3.14. Profundidades mínimas de la tubería

El espesor mínimo del suelo sobre la alcantarilla, es normalmente de 1.20 metros excepto en climas extremadamente fríos, donde las temperaturas pueden ser inferiores a 0° centígrados, por lo que puede ser necesario disponer la tubería a mayor profundidad. También se debe considerar, la protección de la tubería contra las cargas de tráfico, para evitar fallas.

Tabla VI: Profundidades mínimas de tubería

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Tráfico normal	1.22	1.28	1.33	1.41	1.5	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Tráfico pesado	1.42	1.48	1.53	1.53	1.7	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

2.2.3.15. Volumen de excavación

Es el volumen de suelo que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería y se calcula en base al volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

$$V = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \times D \times t$$

Donde:

V = Volumen de excavación (m³)

H1 = Profundidad del primer pozo de visita (m)

H2 = Profundidad del segundo pozo de visita (m)

D = Distancia entre los pozos de visita (m)

t = Ancho de la zanja (m)

A continuación se da a conocer los anchos libres de las zanjas, según su profundidad y diámetro de la tubería:

Tabla VII: Ancho libre de excavación de zanja para colocar tuberías

Ancho libre de zanjas según su profundidad y diámetro de la tubería (cm)										
Diámetro en pulgadas	Profundidad de la zanja (m)									
	Hasta 1.30	De 1.31 a 2.35	De 1.86 a 2.35	De 2.36 a 2.85	De 2.86 a 3.35	De 3.36 a 3.85	De 3.86 a 4.35	De 4.36 a 4.85	De 4.86 a 5.35	De 5.36 a 5.85
6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80
8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80
10		70	70	70	70	70	75	75	75	80
12		75	75	75	75	75	75	75	75	80
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110	110	110	110
21		110	110	110	110	110	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135	135	135	135
30		155	155	155	155	155	155	155	155	155
36			175	175	175	175	175	175	175	175
42				190	190	190	190	190	190	190
48				210	210	210	210	210	210	210
60				245	245	245	245	245	245	245

2.2.4. Cálculo y diseño demostrativo de un tramo de alcantarillado sanitario

A manera de ejemplo se detalla la metodología empleada en el cálculo y diseño de un tramo de alcantarillado sanitario, de la misma manera se realizó la evaluación del sistema existente y el diseño de las mejoras recomendadas.

- **Factor de caudal medio empleado**

- **Datos Generales**

- Período de diseño: 35 años
- Densidad de vivienda: 6 habitantes/vivienda.
- Dotación: 200 litros/habitante/día
- Intensidad de lluvias: 157 mm/hora
- No. de viviendas contribuyentes: 4,701
- Población total: 28,206 habitantes.

- **Caudal domiciliar**

- Factor de retorno: 0.80

$$Q_{\text{domiciliar}} = \frac{(200 \text{ litros/habitante/día})(28,206 \text{ habitantes})(0.80)}{86,400}$$

$$Q_{\text{domiciliar}} = 52.23 \text{ litros/segundo}$$

○ **Caudal comercial**

- No. de comercios: 40
- Dotación comercial: 3000 litros/comercio/día

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{(3000 \text{ litros/comercio/día})(40 \text{ comercios})}{86,400}$$

$$Q_{\text{comercial}} = 1.380 \text{ litros/segundo}$$

○ **Caudal industrial**

- No. de industrias: 8 industrias
- Dotación industrial: 4,000 litros/industria/día

$$Q_{\text{industrial}} = \frac{(4000 \text{ litros/industria/día})(8 \text{ industrias})}{86,400}$$

$$Q_{\text{industrial}} = 0.37 \text{ litros/segundo}$$

○ **Caudal de infiltración**

- Longitud total de tuberías: 20.48 kilómetros
- No. de viviendas: 4701 viviendas
- Factor de infiltración: 12000 litros/kilómetro/día

$$Q_{\text{infiltración}} = \frac{(12000 \text{ lts./km./día})((4701 \times 0.06) + 20.48) \text{ km.}}{86,400}$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 6.762 \text{ litros/segundo}$$

- **Caudal por conexiones ilícitas**

Previo a calcular el caudal por conexiones ilícitas es necesario calcular ciertos parámetros.

- **Coefficiente de escorrentía “C”**

En promedio se utilizaron los siguientes datos en base a las características de las viviendas de la población.

- Área de techos: 65% del total de la vivienda
- Área de patios y jardines: 35% del total de la vivienda
- Coeficiente de escorrentía de techos: 0.80
- Coeficiente de escorrentía de patios y jardines: 0.15

$$C = \frac{(0.65 \times 1.00 \times 0.80) + (0.35 \times 0.35 \times 1.00)}{1.00} = 0.5725$$

- **Caudal de conexiones ilícitas**

- % conexiones ilícitas: 2%
- Área total: 117 Hectáreas

$$Q_{c. \text{ilícitas}} = \frac{(0.5725) \times (157 \text{ mm/hora})(117 \text{ Hectárea})(0.02)}{360}$$

$$Q_{c. \text{ilícitas}} = 0.587 \text{ litros/segundo}$$

Por último, con los datos calculados se procede a determinar el factor de caudal medio:

$$F.C.M. = \frac{(52.23 + 1.389 + 0.37 + 6.762 + 0.587 + 1.11)}{28206}$$

$$F.C.M. = 0.0022$$

La restricción recomendada es que el factor de caudal medio a utilizar no sea menor de 0.002 ni mayor a 0.005 se decide utilizar el anteriormente calculado por estar en el rango.

- **Tramo a diseñar**

El tramo a diseñar a manera demostrativa esta ubicado en la 8 avenida, entre la 9 y 8 calle de la zona 1 del casco urbano. Específicamente, de acuerdo a la numeración empleada del pozo PV-9 al PV-8.

- **Datos empleados**

- Densidad de población = 6 habitantes/vivienda
- Tasa de crecimiento poblacional = 3.5%
- Factor de caudal medio = 0.0022
- Período de diseño = 35 años
- Tubería a utilizar = tubos de concreto
- Factor de rugosidad = $n = 0.015$
- Cota PV-9 = 1830.69 metros
- Cota PV-8 = 1827.80 metros
- Distancia entre pozos = 80.60 metros.

- **Pendiente del terreno** = $(1830.69 - 1827.80) / 80.60 = 0.035 \approx 3.5\%$

- **Viviendas**

- No. de viviendas actuales = 20
- No. de viviendas contribuyentes = 747 viviendas
- Viviendas acumuladas = (20 + 747) = 767 viviendas

- **Población**

- Población actual:

$$Población\ actual = 767\ viviendas \times 6\ habitantes/vivienda$$

$$Población\ actual = 4602\ habitantes$$

- Población futura (con el método del incremento geométrico):

$$Población\ actual = 4602\ habitantes \times (1 + 0.035)^{35}$$

$$Población\ futura = 15342\ habitantes$$

- **Factor de Harmond**

$$F.H.\ actual = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{4.602}} = 3.278$$

$$F.H.\ futuro = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{15342}} = 2.77$$

- **Caudal de diseño**

$$q \text{ diseño actual} = 3.278 \times 0.0022 \times 4602 = 33.40 \text{ litros/segundo}$$

$$q \text{ diseño futuro} = 2.77 \times 0.0022 \times 15342 = 94.04 \text{ litros/segundo}$$

- **Diámetro propuesto = 12"**
- **Pendiente propuesta = 3.52%**
- **Velocidad a sección llena**

$$V = \frac{0.03429 \times 12^{2/3} \times 0.0352^{1/2}}{0.015} = 2.24 \text{ metros/segundo}$$

- **Caudal a sección llena**

$$Q = 2.24 \times 0.0005067 \times 12^2 \times 1000 = 163.44 \text{ litros/segundo}$$

- **Chequeo de la relación de caudales**

El caudal de diseño no debe ser mayor que el caudal a sección llena con el fin de garantizar que la alcantarilla no trabaje a presión.

- Actual:

$$q \text{ diseño actual} = 33.40 \text{ litros/segundo}$$

$$Q = 163.44 \text{ litros/segundo}$$

Por lo tanto:

$$\frac{q}{Q} = 0.2043$$

Es evidente que $q < Q$ por lo tanto la tubería no trabaja a presión.

- Futuro:

$$q \text{ diseño futuro} = 94.04 \text{ litros/segundo}$$

$$Q = 163.44 \text{ litros/segundo}$$

Por lo tanto:

$$\frac{q}{Q} = 0.5753$$

Es evidente que $q < Q$ por lo tanto la tubería no trabaja a presión.

- **Relaciones hidráulicas**

Habiendo determinado la relación q/Q tanto actual como futura, se procede a utilizar la gráfica o las tablas de relaciones hidráulicas, ubicando los valores determinados para conocer los respectivos valores de d/D y v/V que representan las relaciones de diámetros y velocidades de flujos en tuberías circulares a sección parcialmente llena.

- Relaciones actuales:

$$\frac{v}{V} = 0.78$$

$$\frac{d}{D} = 0.31$$

- Relaciones futuras:

$$\frac{v}{V} = 1.03$$

$$\frac{d}{D} = 0.54$$

Como se puede ver las relaciones de diámetros se encuentran dentro de los parámetros recomendados para un alcantarillado sanitario ($0.10 < \frac{d}{D} < 0.75$).

- **Velocidades a sección parcialmente llena**

Tanto el la velocidad actual como futura deben estar en el rango recomendado que es de 0.6 a 3 m/s.

$$V_{actual} = 0.78 \times 2.24 = 1.74 \text{ metros/s egundo}$$

$$V_{futura} = 1.03 \times 2.24 = 2.30 \text{ metros/segundo}$$

- **Cálculo de las cotas Invert**

Las cotas Invert se pueden determinar de la siguiente manera:

$$C.I. salida = Cota del terreno - H \text{ mínima}$$

$$C.I. salida = 1830.69 - 1.40 = 1829.29 \text{ metros}$$

$$C.I. entrada = C.I. salida - (Pendiente de alcantarilla \times distancia)$$

$$C.I. entrada = 1829.29 - (0.0352 \times 80.60) = 1826.45 \text{ metros}$$

- **Altura de pozos**

Generalmente se calcula de la siguiente forma:

$$\textit{Altura del pozo} = \textit{Cota del terreno} - \textit{C.I.}$$

$$\textit{Altura del PV} - 9 = \textit{Hmin} = 1.35$$

$$\textit{Altura del PV} - 8 = 1827.80 - 1826.45 = 1.35 \textit{ metros}$$

2.2.5. Evaluación de la capacidad hidráulica del sistema existente

Con base en la metodología de diseño y cálculo descrita anteriormente, se procedió a evaluar el alcantarillado sanitario existente, para ello se utilizaron las características de población y los datos recabados durante el diagnóstico realizado. Los parámetros de diseño que se utilizaron para el análisis son los siguientes:

- Densidad de vivienda = 6 habitantes/vivienda
- Período de diseño = 25 años
- Tasa de incremento poblacional = 3.5%
- Factor de caudal medio = 0.002284
- Tipo de tubería = la respectiva a cada tramo
- Dotación = 200 litros/habitante/día

Tabla VIII: Cálculo hidráulico y evaluación del alcantarillado sanitario existente.

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (pulg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P137 a P138	72.77	0.018	40	0	240	568	2.257	5.117	10	1.43	72.68	0.120	0.179	0.649	0.826
P139 a P138	70.54	0.036	25	40	390	922	3.587	8.048	12	2.27	165.90	0.101	0.149	0.918	1.170
P139 a P136	79.20	0.151	41	65	636	1504	5.691	12.634	12	4.66	339.74	0.090	0.131	1.747	2.213
P128 a P129	92.80	0.048	19	0	114	270	1.101	2.526	8	2.00	65.01	0.090	0.133	0.752	0.962
P129 a P130	8.00	0.231	2	19	126	298	1.213	2.776	8	4.40	142.60	0.065	0.096	1.339	1.719
P130 a P131	66.10	0.044	20	21	246	582	2.311	5.236	8	1.92	62.32	0.131	0.195	0.913	1.164
P131 a P132	127.27	0.055	28	41	414	979	3.796	8.509	8	2.15	69.59	0.158	0.236	1.145	1.455
P132 a P133	7.60	0.118	8	69	462	1092	4.211	9.414	10	3.65	185.02	0.104	0.153	1.502	1.910
P133 a P134	69.00	0.223	28	77	630	1489	5.640	12.519	10	5.02	254.16	0.102	0.150	2.038	2.592
P97 a P98	23.00	0.043	13	0	78	185	0.761	1.757	12	2.50	182.30	0.046	0.069	0.608	0.791
P98 a P99	12.34	0.186	3	13	96	227	0.931	2.140	12	5.17	377.44	0.036	0.054	1.072	1.397
P99 a P100	26.32	0.249	14	16	180	426	1.712	3.900	12	5.98	436.14	0.045	0.066	1.434	1.838
P100 a P101	20.96	0.059	5	30	210	497	1.985	4.512	12	2.91	212.65	0.068	0.100	0.914	1.169
P101 a P102	51.65	0.139	3	35	228	539	2.149	4.871	12	4.47	326.19	0.057	0.085	1.250	1.617
P102 a P103	35.65	0.136	11	38	294	695	2.741	6.184	12	4.42	322.80	0.065	0.096	1.347	1.729
P103 a P105	20.20	0.335	18	49	402	951	3.691	8.283	12	6.93	505.76	0.060	0.089	2.004	2.582
P105 a P106	73.84	0.166	5	67	432	1021	3.952	8.846	12	4.88	355.95	0.074	0.108	1.615	2.055
P106 a P107	79.90	0.148	8	72	480	1135	4.366	9.755	12	4.61	336.26	0.079	0.118	1.591	2.052
P107 a P109	21.28	0.405	0	80	480	1135	4.366	9.755	12	7.62	556.11	0.062	0.092	2.251	2.900
P109 a P110	23.45	0.125	8	80	528	1248	4.777	10.647	12	4.24	309.03	0.085	0.127	1.532	1.974
P110 a P111	13.44	0.089	2	88	540	1277	4.879	10.874	12	3.58	261.24	0.094	0.139	1.381	1.765
P111 a P112	25.89	0.219	14	90	624	1475	5.590	12.411	12	5.61	409.50	0.081	0.119	1.969	2.512
P112 a P114	31.25	0.124	23	104	762	1801	6.739	14.891	12	4.22	308.06	0.102	0.149	1.715	2.173
P114 a P115	23.30	0.458	4	127	786	1858	6.937	15.318	12	8.11	591.90	0.076	0.110	2.730	3.456
P115 a P116	44.17	0.014	10	131	846	2000	7.429	16.377	12	1.44	105.24	0.179	0.266	0.830	1.047
P116 a P117	40.61	0.315	6	141	882	2085	7.723	17.005	12	6.73	491.02	0.087	0.127	2.471	3.137
P117 a P118	21.25	0.398	1	147	888	2099	7.772	17.109	12	7.56	551.31	0.082	0.120	2.671	3.418
P118 a P119	31.41	0.052	0	148	888	2099	7.772	17.109	12	2.72	198.55	0.135	0.198	1.318	1.664
P119 a P120	49.47	0.120	5	148	918	2170	8.016	17.631	12	4.16	303.20	0.111	0.163	1.781	2.260
P120 a P121	45.51	0.077	6	153	954	2255	8.307	18.253	12	3.33	242.80	0.126	0.185	1.544	1.953
P121 a P122	47.17	0.151	16	159	1050	2482	9.078	19.900	12	4.66	339.67	0.112	0.164	2.006	2.541
P122 a P123	43.48	0.086	4	175	1074	2539	9.270	20.310	12	3.52	256.75	0.129	0.190	1.657	2.099
P123 a P124	26.43	0.210	3	179	1092	2581	9.414	20.611	12	5.49	400.63	0.105	0.154	2.272	2.884
P124 a P125	33.69	0.315	6	182	1128	2666	9.700	21.219	12	6.73	490.86	0.097	0.141	2.647	3.347
P125 a P126	25.80	0.276	18	188	1236	2921	10.553	23.027	12	6.29	458.95	0.104	0.152	2.587	3.272
P126 a P127	51.23	0.105	15	206	1326	3134	11.257	24.520	12	3.88	283.05	0.136	0.198	1.887	2.372

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (plg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P293 a P136	75.01	0.106	18	0	108	256	1.044	2.401	8	2.97	96.35	0.072	0.108	0.966	1.251
P128 a P136	70.72	0.056	23	343	2196	5190	17.821	38.280	10	2.51	127.38	0.252	0.375	1.770	2.196
P136 a 284	73.08	0.011	14	384	2388	5644	19.220	41.189	10	1.11	56.25	0.403	0.635	1.005	1.212
284 a P145	70.99	0.084	30	398	2568	6069	20.518	43.877	10	3.07	155.65	0.245	0.363	2.128	2.639
294 a 293	105.84	0.128	27	0	162	383	1.546	3.526	10	3.80	192.37	0.063	0.093	1.133	1.454
293 a P145	80.06	0.192	27	27	324	766	3.007	6.772	10	4.65	235.57	0.079	0.116	1.605	2.048
P145 a P146	77.07	0.124	14	482	2976	7034	23.414	49.867	10	3.73	189.06	0.237	0.350	2.535	3.145
297 a P146	69.03	0.307	11	0	66	156	0.646	1.491	8	5.07	164.41	0.045	0.067	1.216	1.574
P146 a P9	78.51	0.169	30	507	3222	7615	25.133	53.405	12	4.92	359.16	0.179	0.260	2.833	3.528
398 a 397	19.31	0.042	10	0	60	142	0.589	1.361	8	1.88	61.11	0.069	0.103	0.596	0.770
397 a 396	45.19	0.067	10	10	120	284	1.157	2.652	8	2.36	76.66	0.085	0.127	0.855	1.102
396 a 395	28.78	0.115	6	20	156	369	1.491	3.403	8	3.10	100.41	0.085	0.126	1.120	1.436
395 a 394	24.46	0.057	4	26	180	426	1.712	3.900	8	2.19	70.94	0.107	0.159	0.916	1.172
394 a 393	43.95	0.071	10	30	240	568	2.257	5.117	8	2.43	78.75	0.116	0.172	1.070	1.364
393 a 392	23.99	0.104	12	40	312	738	2.901	6.541	8	2.95	95.72	0.119	0.177	1.321	1.687
392 a 391	39.65	0.058	18	52	420	993	3.848	8.621	8	2.20	71.42	0.157	0.234	1.170	1.485
391 a 390	15.97	0.150	5	70	450	1064	4.108	9.190	8	3.54	114.95	0.129	0.191	1.669	2.121
390 a 389	43.77	0.128	20	75	570	1348	5.134	11.428	8	3.27	106.16	0.149	0.221	1.685	2.136
389 a 388	21.90	0.034	5	95	600	1418	5.388	11.971	8	1.69	54.88	0.211	0.317	1.074	1.353
388 a 387	17.15	0.045	1	100	606	1433	5.438	12.087	8	1.95	63.24	0.198	0.296	1.192	1.502
387 a 346	104.49	0.096	15	101	696	1645	6.192	13.712	8	2.83	91.92	0.175	0.261	1.609	2.035
346 a P144	42.71	0.203	3	116	714	1688	6.342	14.038	8	4.12	133.45	0.148	0.219	2.109	2.671
P143 a P144	112.16	0.122	18	119	822	1943	7.233	15.953	12	4.18	304.99	0.106	0.155	1.740	2.204
289 a P143	75.66	0.122	16	137	918	2170	8.016	17.631	12	4.19	305.36	0.111	0.163	1.793	2.276
P143 a P141	75.00	0.091	14	0	84	199	0.818	1.885	8	2.76	89.55	0.067	0.100	0.857	1.108
P141 a P142	37.81	0.445	14	0	84	199	0.818	1.885	4	3.84	31.16	0.111	0.166	1.647	2.113
P141 a 287	38.08	0.127	8	28	216	511	2.040	4.632	8	3.25	105.50	0.096	0.142	1.272	1.625
287 a 290	24.31	0.095	5	36	246	582	2.311	5.236	8	2.82	91.41	0.109	0.162	1.194	1.527
290 a 291	43.69	0.196	14	41	330	780	3.060	6.888	8	4.05	131.41	0.105	0.155	1.677	2.137
291 a P10	23.01	0.092	3	55	348	823	3.219	7.241	8	2.77	89.79	0.129	0.192	1.303	1.662
P10 a P9	82.08	0.078	18	58	456	1078	4.159	9.302	18	4.38	719.20	0.054	0.079	1.183	1.512
P9 a P8	80.60	0.038	20	613	3798	8976	29.084	61.515	16	2.84	368.66	0.189	0.276	1.690	2.106
P8 a P7	36.17	0.048	7	633	3840	9075	29.368	62.096	16	3.17	411.78	0.180	0.262	1.833	2.284
P7 a P6	42.19	0.029	7	640	3882	9175	29.652	62.682	16	2.49	322.79	0.204	0.298	1.549	1.924
P147 a P148	45.05	0.033	5	0	30	71	0.298	0.694	4	1.04	8.46	0.128	0.193	0.489	0.629
P148 a P149	20.44	0.033	4	5	54	128	0.531	1.231	4	1.04	8.46	0.169	0.257	0.580	0.742
P149 a P150	6.50	0.206	0	9	54	128	0.531	1.231	4	2.62	21.20	0.109	0.163	1.108	1.422

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (plg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/s)	Futuro (L/s)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P150 a P151	22.76	0.225	4	9	78	185	0.761	1.757	12	5.68	414.26	0.030	0.047	1.044	1.401
P151 a P152	39.48	0.010	9	13	132	312	1.269	2.901	12	1.19	86.89	0.084	0.125	0.428	0.550
P152 a P153	53.53	0.002	11	22	198	468	1.876	4.263	12	0.54	39.63	0.148	0.221	0.278	0.354
P152 a P154	34.81	0.201	8	33	246	582	2.311	5.236	12	5.37	391.77	0.055	0.080	1.467	1.869
P154 a 298	48.62	0.101	6	41	282	667	2.634	5.950	12	3.81	277.83	0.068	0.101	1.194	1.537
298 a 299	22.56	0.222	2	47	294	695	2.741	6.184	12	5.65	412.00	0.058	0.085	1.597	2.043
299 a P155	20.13	0.258	4	49	318	752	2.954	6.657	12	6.09	444.35	0.058	0.085	1.723	2.203
304 a 306	27.00	0.032	2	0	12	29	0.121	0.289	8	1.63	52.92	0.035	0.053	0.332	0.435
306 a 305	27.18	0.097	2	2	24	57	0.239	0.560	8	2.84	92.24	0.037	0.055	0.600	0.777
305 a 307	64.22	0.148	17	4	126	298	1.213	2.776	8	3.51	113.93	0.072	0.107	1.143	1.471
300 a 307	42.43	0.025	5	0	30	71	0.298	0.694	6	1.20	21.97	0.081	0.120	0.422	0.545
307 a 301	30.31	0.084	5	5	60	142	0.589	1.361	6	2.19	39.86	0.084	0.126	0.785	1.014
301 a 302	39.28	0.113	3	31	204	483	1.931	4.392	6	2.53	46.19	0.139	0.201	1.248	1.594
302 a 303	45.65	0.097	9	34	258	610	2.419	5.472	6	2.35	42.84	0.161	0.241	1.268	1.611
303 a P155	42.45	0.115	6	43	294	695	2.741	6.184	6	2.56	46.68	0.164	0.245	1.397	1.773
P155 a 203	21.10	0.059	9	102	666	1574	5.942	13.171	12	2.92	212.79	0.114	0.168	1.271	1.615
203 a P6	60.68	0.163	24	111	810	1915	15.744	35.331	12	4.84	353.31	0.098	0.142	1.918	2.419
P6 a P5	84.80	0.020	22	782	4824	11401	35.905	75.446	16	2.04	265.02	0.248	0.365	1.425	1.760
P5 a P4	78.87	0.107	20	804	4944	11684	36.687	77.035	16	4.74	614.47	0.165	0.239	2.595	3.235
P4 a P3	80.48	0.115	32	824	5136	12138	37.932	79.568	18	5.31	872.45	0.142	0.204	2.655	3.308
P3 a 202	81.81	0.072	18	856	5244	12393	38.628	80.984	18	4.22	692.22	0.160	0.230	2.267	2.816
P1 a P2	46.02	0.032	11	0	66	156	0.646	1.491	12	2.14	156.25	0.046	0.069	0.521	0.678
392 a 380	98.40	0.028	25	0	150	355	1.436	3.280	8	1.53	49.57	0.116	0.174	0.673	0.865
379 a 380	77.72	0.034	19	0	114	270	1.101	2.526	12	2.22	162.04	0.058	0.087	0.628	0.815
366 a 380	65.03	0.052	16	0	96	227	0.931	2.140	12	2.73	199.02	0.049	0.072	0.692	0.887
380 a P2	88.04	0.058	22	60	492	1163	4.469	9.977	10	2.56	129.65	0.127	0.187	1.193	1.512
P2 a 202	63.98	0.014	17	93	660	1560	5.892	13.064	16	1.71	222.07	0.112	0.164	0.738	0.934
163 a 164	90.79	0.063	40	0	240	568	2.257	5.117	8	2.30	74.43	0.119	0.177	1.027	1.312
164 a 165	10.20	0.018	4	40	264	624	2.473	5.590	8	1.21	39.39	0.169	0.254	0.675	0.859
165 a 161	15.15	0.145	3	44	282	667	2.634	5.950	12	4.57	333.16	0.063	0.092	1.363	1.737
378 a 379	86.49	0.055	1	0	6	15	0.061	0.151	10	2.49	126.13	0.017	0.026	0.315	0.417
379 a 202	95.74	0.085	21	0	126	298	1.213	2.776	12	3.50	255.55	0.049	0.072	0.888	1.139
202 a 161	76.74	0.066	22	131	918	2170	8.016	17.631	20	4.33	877.47	0.067	0.098	1.344	1.715
161 a 326	47.00	0.006	6	200	1236	2921	10.553	23.027	12	0.89	65.03	0.272	0.411	0.655	0.815
326 a 327	5.10	0.069	1	206	1242	2936	10.600	23.133	12	3.14	229.03	0.146	0.214	1.595	2.010
327 a 328	19.30	0.016	3	207	1260	2978	10.741	23.428	12	1.52	110.80	0.210	0.311	0.962	1.202
328 a 329	95.70	0.016	20	210	1380	3262	11.677	25.410	12	1.51	109.82	0.220	0.327	0.980	1.224

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (pulg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
329 a 330	6.50	0.014	2	230	1392	3290	11.770	25.604	12	1.41	102.87	0.228	0.339	0.937	1.169
330 a 331	28.60	0.008	4	232	1416	3347	11.956	25.998	12	1.10	80.09	0.261	0.391	0.788	0.979
331 a 332	39.30	0.036	4	236	1440	3404	12.141	26.392	12	2.28	166.18	0.182	0.269	1.324	1.664
332 a 333	23.60	0.055	4	240	1464	3460	12.327	26.777	12	2.81	205.19	0.166	0.243	1.546	1.939
333 a 334	67.90	0.070	18	244	1572	3716	13.155	28.527	12	3.18	231.97	0.161	0.236	1.716	2.155
334 a 335	75.00	0.046	8	262	1620	3829	13.522	29.294	12	2.56	186.96	0.182	0.267	1.490	1.864
335 a 336	75.00	0.002	19	270	1734	4098	14.386	31.105	12	0.48	34.97	0.446	0.734	0.456	0.542
P178 a P177	37.48	0.066	3	0	18	43	0.180	0.425	12	3.08	224.44	0.021	0.032	0.447	0.590
P177 a P176	30.51	0.043	8	3	66	156	0.646	1.491	12	2.47	180.47	0.043	0.064	0.576	0.746
P176 a P175	79.57	0.008	6	11	102	242	0.988	2.275	12	1.04	75.92	0.079	0.118	0.359	0.463
P175 a P179	91.16	0.024	15	17	192	454	1.821	4.142	12	1.85	135.20	0.081	0.120	0.650	0.838
P179 a 322	41.47	0.000	5	32	222	525	2.094	4.751	14	0.29	28.96	0.182	0.273	0.170	0.215
322 a 323	47.69	0.001	9	37	276	653	2.580	5.833	14	0.33	33.08	0.188	0.284	0.197	0.251
323 a 324	45.69	0.054	10	46	336	795	3.113	7.011	14	3.10	307.86	0.069	0.104	0.981	1.275
324 a P180	77.60	0.023	16	56	432	1021	3.952	8.846	14	2.01	199.73	0.097	0.142	0.791	1.005
P180 a P181	28.51	0.084	13	72	510	1206	4.623	10.317	14	3.85	382.63	0.077	0.112	1.308	1.660
P181 a P182	27.44	0.043	15	85	600	1418	5.388	11.917	14	2.77	274.63	0.097	0.142	1.088	1.382
P182 a P183	38.88	0.057	14	100	684	1617	6.092	13.499	14	3.18	315.83	0.096	0.140	1.243	1.575
P183 a P184	27.68	0.072	14	114	768	1815	6.789	14.996	14	3.56	353.60	0.096	0.140	1.392	1.763
P184 a 336	28.62	0.039	6	128	804	1901	7.085	15.640	14	2.63	260.88	0.113	0.166	1.138	1.444
P183 a 325	109.01	0.031	23	0	138	327	1.324	3.033	12	2.12	154.63	0.065	0.097	0.645	0.834
P181 a P185	28.14	0.102	6	0	36	86	0.357	0.837	12	3.82	278.72	0.027	0.040	0.656	0.848
P185 a 325	70.17	0.057	18	6	144	341	1.380	3.157	12	2.85	207.95	0.058	0.085	0.806	1.031
325 a P186	44.92	0.035	15	47	372	880	3.429	7.707	12	2.25	163.97	0.100	0.147	0.901	1.147
P186 a P187	48.87	0.018	10	62	432	1021	3.952	8.846	12	1.61	117.32	0.125	0.185	0.742	0.944
P187 a P188	49.85	0.004	3	72	450	1064	4.108	9.190	12	0.76	55.38	0.184	0.275	0.444	0.561
P188 a 339	104.30	0.056	0	75	450	1064	4.108	9.190	12	2.83	206.70	0.097	0.142	1.115	1.415
336 a 337	91.78	0.042	7	423	2580	6098	20.604	44.059	12	2.44	178.13	0.229	0.338	1.626	2.027
337 a 338	83.39	0.041	9	430	2634	6225	20.991	44.856	12	2.43	177.57	0.232	0.342	1.633	2.027
338 a 340	83.11	0.014	8	439	2682	6339	21.333	45.588	12	1.43	104.61	0.306	0.461	1.125	1.384
340 a 339	5.45	0.020	0	447	2682	6339	21.333	45.588	12	1.70	124.21	0.280	0.419	1.272	1.571
339 a 341	27.03	0.093	0	522	3132	7402	24.506	52.114	12	3.66	266.94	0.204	0.299	2.277	2.834
341 a 342	28.11	0.107	0	522	3132	7402	24.506	52.114	12	3.91	285.61	0.197	0.289	2.386	2.976
342 a 343	20.61	0.112	0	522	3132	7402	24.506	52.114	12	4.00	292.06	0.195	0.285	2.425	3.070
343 a P190	22.96	0.047	0	522	3132	7402	24.506	52.114	12	2.60	189.61	0.242	0.358	1.787	2.216
P191 a P190	32.51	0.085	0	522	3132	7402	24.506	52.114	12	3.48	254.27	0.209	0.307	2.201	2.739
P190 a 344	67.33	0.143	50	522	3432	8111	26.584	56.388	12	4.53	330.81	0.191	0.279	2.713	3.380

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (plg)	Sección Llana		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P25 a P26	26.07	0.070	6	0	36	86	0.357	0.837	8	2.42	78.56	0.047	0.072	0.598	0.788
P26 a P27	66.20	0.188	33	6	234	553	2.203	4.990	8	3.97	128.59	0.091	0.133	1.501	1.903
P27 a P28	26.07	0.287	15	39	324	766	3.007	6.772	8	4.90	158.94	0.096	0.140	1.916	2.427
P28 a P29	59.39	0.108	35	54	534	1262	4.828	10.757	8	3.00	97.42	0.151	0.224	1.559	1.975
P29 a P35	72.66	0.101	17	89	636	1504	5.691	12.634	12	3.80	277.49	0.099	0.145	1.516	1.925
P30 a P31	57.95	0.018	16	0	96	227	0.931	2.140	24	2.56	747.24	0.026	0.039	0.429	0.559
P31 a P32	21.68	0.014	15	16	186	440	1.767	4.021	24	2.27	663.81	0.037	0.055	0.480	0.622
P32 a P33	54.84	0.021	10	31	246	582	2.311	5.236	24	2.78	810.84	0.039	0.057	0.607	0.777
P33 a P34	4.05	0.074	8	41	294	695	2.741	6.184	24	5.18	1510.86	0.030	0.046	0.952	1.260
366 a 370	79.59	0.110	18	0	108	256	1.044	2.401	10	3.51	177.96	0.054	0.081	0.949	1.232
370 a 373	76.10	0.142	18	18	216	511	2.040	4.632	12	4.52	329.66	0.056	0.082	1.249	1.597
365 a 373	80.75	0.083	25	0	150	355	1.436	3.280	10	3.07	155.33	0.068	0.100	0.961	1.230
373 a 372	78.52	0.114	32	61	558	1319	5.032	11.202	12	4.04	294.67	0.090	0.133	1.515	1.938
364 a 372	78.57	0.105	22	0	132	312	1.269	2.901	10	3.44	174.32	0.060	0.089	0.995	1.282
372 a 222	69.53	0.084	15	115	780	1844	6.888	15.214	12	3.48	254.03	0.113	0.166	1.509	1.914
222 a P37	73.84	0.016	6	130	816	1929	7.184	15.849	12	1.53	111.45	0.172	0.254	0.858	1.080
366 a 365	75.03	0.171	23	0	138	327	1.324	3.033	16	6.00	777.68	0.030	0.045	1.103	1.438
365 a 364	77.06	0.096	22	23	270	639	2.526	5.716	16	4.50	583.45	0.047	0.069	1.110	1.423
364 a P37	74.56	0.212	18	45	378	894	3.482	7.821	16	6.69	867.56	0.045	0.067	1.604	2.077
P37 a 224	101.95	0.101	10	199	1254	2964	10.694	23.330	20	5.34	1082.98	0.069	0.101	1.691	2.157
212 a 214	74.90	0.003	29	0	174	412	1.657	3.778	8	0.53	17.13	0.210	0.319	0.335	0.424
214 a 215	4.40	0.005	0	29	174	412	1.657	3.778	8	0.62	19.99	0.194	0.294	0.372	0.473
215 a 362	81.03	0.082	24	29	318	752	2.954	6.657	16	4.16	538.98	0.053	0.077	1.109	1.411
361 a 219	82.13	0.046	21	0	126	298	1.213	2.776	10	2.28	115.65	0.072	0.106	0.742	0.950
219 a 362	79.84	0.027	22	21	258	610	2.419	5.472	10	1.73	87.82	0.114	0.169	0.755	0.963
362 a 396	80.13	0.088	20	96	696	1645	6.192	13.712	16	4.30	557.29	0.074	0.108	1.422	1.809
396 a 218	34.38	0.094	4	116	720	1702	6.392	14.144	16	4.46	578.01	0.072	0.107	1.449	1.866
P24 a 218	79.70	0.155	20	0	120	284	1.157	2.652	8	3.60	116.59	0.069	0.104	1.138	1.478
218 a 377	49.37	0.042	6	140	876	2071	7.674	16.902	16	2.98	386.47	0.097	0.142	1.172	1.489
378 a 377	85.68	0.035	20	0	120	284	1.157	2.652	10	1.98	100.10	0.075	0.112	0.660	0.851
377 a 220	67.97	0.119	20	166	1116	2638	9.604	21.019	16	5.00	649.17	0.084	0.123	1.797	2.287
397 a 220	84.72	0.075	22	0	132	312	1.269	2.901	10	2.91	147.42	0.065	0.097	0.886	1.145
220 a P22	77.92	0.088	23	208	1386	3276	11.724	25.507	16	4.32	559.89	0.100	0.145	1.732	2.185
371 a P22	81.90	0.076	25	0	150	355	1.436	3.280	10	2.92	147.93	0.069	0.102	0.924	1.186
P22 a 221	78.96	0.008	12	256	1608	3801	13.430	29.104	16	1.27	164.13	0.193	0.285	0.762	0.955
376 a 221	38.54	0.064	6	0	36	86	0.357	0.837	10	2.69	136.11	0.037	0.056	0.567	0.743
221 a 226	79.50	0.006	23	274	1782	4212	14.748	31.867	16	1.12	144.77	0.215	0.318	0.716	0.894

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (pulg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P26 a P43	77.70	0.307	17	297	1884	4453	15.513	33.468	16	8.04	1042.93	0.085	0.122	2.909	3.655
P37 a P45	73.39	0.007	28	0	168	398	1.602	3.656	12	1.04	75.68	0.100	0.149	0.416	0.534
P45 a P46	42.88	0.024	12	28	240	568	2.257	5.117	12	1.87	136.15	0.089	0.132	0.695	0.891
P46 a P43	87.43	0.013	6	40	276	653	2.580	5.833	12	1.39	101.14	0.110	0.162	0.591	0.751
P43 a P44	52.88	0.122	3	360	2178	5148	17.690	38.009	16	5.07	657.07	0.112	0.163	2.183	2.754
221 a 375	79.82	0.009	13	0	78	185	0.761	1.757	10	0.99	50.35	0.085	0.127	0.359	0.463
375 a 227	76.60	0.060	26	13	234	553	2.203	4.990	20	4.13	837.48	0.037	0.055	0.872	1.129
227 a P48	47.80	0.092	11	39	300	709	2.794	6.300	20	5.12	1036.92	0.039	0.055	1.118	1.398
P48 a 228	21.60	0.261	7	50	342	809	3.166	7.126	20	8.61	1744.43	0.030	0.046	1.583	2.094
228 a P50	24.50	0.293	0	57	342	809	3.166	7.126	20	9.12	1848.08	0.030	0.045	1.677	2.187
P50 a P49B	19.05	0.194	0	57	342	809	3.166	7.126	20	7.42	1504.51	0.034	0.049	1.482	1.882
P49B a P49A	12.93	0.210	0	57	342	809	3.166	7.126	20	7.71	1562.88	0.033	0.047	1.510	1.903
P49A a P49	17.01	0.139	0	57	342	809	3.166	7.126	20	6.29	1274.27	0.036	0.053	1.303	1.677
231 a P44	74.24	0.080	8	107	690	1631	6.142	13.605	20	4.78	968.07	0.056	0.082	1.321	1.689
P44 a P42	90.58	0.014	0	478	2868	6778	22.653	48.293	20	2.03	410.54	0.159	0.231	1.085	1.356
308 a 309	35.99	0.035	3	0	18	43	0.180	0.425	10	1.99	101.00	0.030	0.046	0.367	0.485
309 a 311	86.92	0.028	12	3	90	213	0.875	2.013	10	1.77	89.90	0.069	0.103	0.561	0.725
311 a 310	23.85	0.167	5	15	120	284	1.157	2.652	10	4.34	219.91	0.052	0.077	1.144	1.474
310 a 312	57.92	0.142	16	20	216	511	2.040	4.632	10	4.00	202.79	0.069	0.104	1.267	1.646
P156 a P157	8.72	0.034	6	36	252	596	2.365	5.354	8	1.70	55.00	0.141	0.210	0.844	1.074
P157 a P158	55.67	0.012	2	42	264	624	2.473	5.590	8	1.01	32.77	0.185	0.279	0.593	0.753
P158 a P159	31.52	0.049	2	44	276	653	2.580	5.833	8	2.01	65.33	0.135	0.201	0.976	1.243
P159 a 312	3.40	0.203	0	46	276	653	2.580	5.833	8	4.12	133.58	0.096	0.142	1.610	2.058
312 a 314	14.03	0.212	10	82	552	1305	4.981	11.093	10	4.88	247.37	0.098	0.144	1.934	2.460
314 a 315	34.88	0.047	4	92	576	1362	5.185	11.537	10	2.29	116.22	0.142	0.212	1.146	1.460
315 a 316	55.60	0.169	5	96	606	1433	5.438	12.087	10	4.36	220.71	0.108	0.158	1.834	2.324
316 a 317	38.88	0.101	2	101	618	1461	5.539	12.303	10	3.37	170.93	0.123	0.181	1.542	2.004
317 a 318	16.30	0.049	4	103	642	1518	5.741	12.742	10	2.35	119.11	0.149	0.220	1.210	1.530
318 a 319	54.11	0.078	9	107	696	1645	6.192	13.712	10	2.96	149.79	0.138	0.204	1.451	1.840
319 a 320	22.32	0.210	6	116	732	1730	6.491	14.356	10	4.86	246.19	0.111	0.163	2.082	2.642
320 a P162	43.73	0.050	17	122	834	1971	7.331	16.161	12	2.69	196.09	0.132	0.194	1.283	1.623
P24 a 216	63.07	0.073	22	0	132	312	1.269	2.901	10	2.87	145.20	0.066	0.097	0.881	1.128
216 a 217	62.83	0.288	22	22	264	624	2.473	5.590	10	5.69	288.41	0.065	0.096	1.343	2.225
220 a 217	78.23	0.004	24	0	144	341	1.380	3.157	10	0.71	35.96	0.133	0.200	0.731	0.437
217 a P23	75.03	0.123	22	68	540	1277	4.879	10.874	10	3.72	188.37	0.110	0.163	1.584	2.021
395 a P23	70.46	0.019	9	0	54	128	0.531	1.231	10	1.45	73.31	0.060	0.090	0.418	0.543
P23 a P59	112.17	0.027	17	99	696	1645	6.192	13.712	10	1.73	87.78	0.179	0.267	0.997	1.260

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro		Sección Llana		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)	(pulg)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P59 a 244	46.31	0.013	13	116	774	1830	6.838	15.109	12	1.39	101.16	0.176	0.261	0.790	0.996	
244 a 243	76.03	0.010	8	129	822	1943	7.233	15.953	12	1.22	89.12	0.192	0.286	0.733	0.923	
243 a P58	37.39	0.022	27	137	984	2326	8.549	18.770	12	1.80	131.04	0.173	0.255	1.013	1.273	
P58 a 242	26.30	0.021	8	164	1032	2439	8.934	19.589	12	1.73	126.43	0.179	0.266	0.997	1.258	
242 a P57	102.99	0.054	20	172	1152	2723	9.890	21.625	10	2.47	125.14	0.190	0.281	1.473	1.849	
214 a 361	77.48	0.010	20	0	120	284	1.157	2.652	10	1.04	52.54	0.102	0.152	0.421	0.539	
348 a 361	71.48	0.081	9	0	54	128	0.531	1.231	10	3.02	153.10	0.042	0.063	0.693	0.902	
361 a 355	76.01	0.123	13	29	252	596	2.365	5.354	10	3.73	188.77	0.078	0.115	1.276	1.632	
358 a 360	52.89	0.045	18	0	108	256	1.044	2.401	10	2.26	114.29	0.067	0.100	0.700	0.905	
360 a 359	25.29	0.221	11	18	174	412	1.657	3.778	10	4.99	252.77	0.057	0.085	1.395	1.805	
359 a 355	20.71	0.085	3	29	192	454	1.821	4.142	10	3.08	156.29	0.075	0.112	1.030	1.329	
349 a 355	68.70	0.015	17	0	102	242	0.988	2.275	10	1.29	65.19	0.085	0.127	0.465	0.600	
355 a 356	83.13	0.115	24	79	618	1461	5.539	12.303	10	3.59	182.13	0.119	0.176	1.609	2.048	
356 a 356	70.06	0.004	13	0	78	185	0.761	1.757	10	0.65	32.75	0.105	0.157	0.267	0.344	
350 a 363	97.60	0.183	20	116	816	1929	7.184	15.849	10	4.53	229.73	0.120	0.177	2.051	2.592	
363 a P57	82.52	0.128	11	136	882	2085	7.723	17.005	10	3.79	192.24	0.136	0.200	1.846	2.333	
P57 a P63	77.72	0.074	20	339	2154	5091	17.513	37.640	12	3.25	237.39	0.183	0.269	1.898	2.377	
P63 a P64	4.47	0.291	0	359	2154	5091	17.513	37.640	12	6.46	471.48	0.131	0.191	3.071	3.867	
P65 a P64	76.33	0.037	16	0	96	227	0.931	2.140	8	1.77	57.40	0.088	0.131	0.655	0.841	
P64 a P66	43.33	0.098	0	375	2250	5318	18.217	39.104	12	3.76	274.13	0.174	0.255	2.126	2.662	
P69 a P67	91.71	0.098	12	0	72	171	0.704	1.629	10	3.32	168.05	0.046	0.069	0.807	1.050	
P67 a P68	82.70	0.090	22	12	204	483	1.931	4.392	10	3.18	161.04	0.076	0.113	1.070	1.377	
356 a P70	158.89	0.139	30	0	180	426	1.712	3.900	10	3.96	200.65	0.065	0.096	1.206	1.548	
P70 a P71	74.61	0.211	16	30	276	653	2.580	5.833	10	4.87	246.71	0.072	0.106	1.584	2.026	
348 a 349	73.91	0.191	8	0	48	114	0.473	1.101	10	4.64	235.25	0.033	0.049	0.909	1.177	
349 a 351	150.34	0.119	26	8	204	483	1.931	4.392	10	3.65	185.15	0.071	0.106	1.178	1.521	
351 a 241	71.95	0.050	34	34	408	965	3.744	8.396	10	2.38	120.76	0.120	0.178	1.078	1.367	
P53 a P54	23.50	0.049	8	0	48	114	0.473	1.101	8	2.02	65.60	0.060	0.090	0.585	0.759	
P54 a P55	29.61	0.092	14	8	132	312	1.269	2.901	8	2.77	89.87	0.083	0.123	0.987	1.266	
P55 a P56	19.66	0.408	11	22	198	468	1.876	4.263	8	5.84	189.51	0.069	0.103	1.849	2.389	
P56 a 241	83.50	0.150	38	33	426	1007	3.900	8.734	8	3.55	115.01	0.126	0.186	1.645	2.089	
241 a 265	34.26	0.041	9	139	888	2099	7.772	17.109	10	2.16	109.46	0.180	0.267	1.247	1.571	
265 a 266	33.80	0.064	9	148	942	2227	8.210	18.048	10	2.69	136.23	0.166	0.245	1.478	1.862	
266 a 252	34.78	0.055	11	157	1008	2383	8.742	19.184	10	2.49	126.32	0.178	0.263	1.430	1.798	
P81 a P80	128.42	0.160	23	0	138	327	1.324	3.033	10	4.24	214.97	0.056	0.083	1.173	1.512	
P80 a P79	32.68	0.071	0	23	138	327	1.324	3.033	10	2.83	143.56	0.067	0.100	0.880	1.137	
P79 a P90	35.10	0.080	0	23	138	327	1.324	3.033	10	3.00	151.85	0.066	0.097	0.922	1.179	

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (pulg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (l/s)	Futuro (l/s)		V (m/s)	Q (l/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P83 a P82	54.64	0.054	14	0	84	199	0.818	1.885	12	2.78	202.80	0.046	0.068	0.676	0.871
P82 a P84	75.48	0.005	10	14	144	341	1.380	3.157	12	0.87	63.64	0.101	0.151	0.352	0.453
P86 a 275	49.40	0.031	4	0	24	57	0.239	0.560	12	2.11	153.86	0.029	0.043	0.379	0.491
275 a P85	55.51	0.045	19	4	138	327	1.324	3.033	12	2.55	186.28	0.060	0.088	0.738	0.944
P85 a P84	88.32	0.046	23	23	276	653	2.580	5.833	12	2.56	186.52	0.082	0.120	0.904	1.156
P84 a 274	90.41	0.021	15	70	510	1206	4.623	10.317	12	1.76	128.07	0.129	0.191	0.826	1.050
274 a P87	64.37	0.016	12	85	582	1376	5.236	11.646	12	1.51	110.05	0.148	0.219	0.773	0.979
P87 a P88	64.28	0.040	15	97	672	1589	5.992	13.285	12	2.41	175.49	0.126	0.186	1.116	1.417
P88 a P89	82.63	0.098	0	112	672	1589	5.992	13.285	12	3.74	273.22	0.102	0.150	1.521	1.935
P89 a P90	116.25	0.106	0	112	672	1589	5.992	13.285	12	3.90	284.50	0.100	0.147	1.564	1.990
P90 a P78	20.78	0.137	2	135	822	1943	7.233	15.953	10	3.93	199.11	0.130	0.191	1.859	2.351
P78 a P77	20.88	0.250	4	137	846	2000	7.429	16.377	10	5.30	268.56	0.114	0.167	2.309	2.925
P77 a 267	43.45	0.120	3	141	864	2042	7.576	16.688	10	3.67	186.17	0.137	0.202	1.795	2.273
267 a 268	77.61	0.161	17	144	966	2283	8.404	18.457	10	4.26	215.94	0.133	0.197	2.045	2.598
268 a 269	57.55	0.130	20	161	1086	2567	9.366	20.511	10	3.83	193.83	0.149	0.219	1.969	2.483
269 a 252	33.98	0.153	12	181	1158	2737	9.938	21.725	10	4.15	210.12	0.148	0.217	2.125	2.677
252 a 260	48.67	0.052	18	361	2274	5375	18.392	39.470	10	2.43	123.06	0.261	0.389	1.744	2.161
260 a P72	41.75	0.077	10	379	2334	5516	18.828	40.373	10	2.95	149.31	0.239	0.355	2.012	2.502
P75 a 259	21.75	0.005	16	0	96	227	0.931	2.140	8	0.65	21.09	0.142	0.215	0.325	0.417
259 a P74	24.74	0.058	8	16	144	341	1.380	3.157	8	2.20	71.29	0.096	0.142	0.859	1.098
P74 a 253	31.18	0.015	6	24	180	426	1.712	3.900	8	1.11	36.02	0.148	0.222	0.569	0.726
P76 a 253	37.17	0.110	6	0	36	86	0.357	0.837	8	3.04	98.48	0.043	0.065	0.707	0.925
253 a 254	37.94	0.144	7	36	258	610	2.419	5.472	8	3.48	112.70	0.101	0.149	1.403	1.789
254 a 256	48.13	0.023	12	43	330	780	3.060	6.888	8	1.40	45.44	0.175	0.263	0.795	1.010
256 a P73	35.28	0.223	17	55	432	1021	3.952	8.846	8	4.32	139.96	0.115	0.170	1.891	2.408
P73 a P72	13.44	0.027	0	72	432	1021	3.952	8.846	8	1.50	48.53	0.192	0.289	0.898	1.138
P72 a 263	20.78	0.152	4	461	2790	6594	22.101	47.155	10	4.13	209.33	0.219	0.322	2.681	3.332
263 a 264	76.29	0.073	15	465	2880	6807	22.738	48.471	10	2.87	145.27	0.267	0.397	2.086	2.577
264 a P71	76.72	0.037	9	480	2934	6934	23.119	49.253	10	2.05	103.62	0.321	0.485	1.647	2.018
P71 a P68	78.54	0.079	17	535	3312	7828	25.757	54.690	10	2.99	151.30	0.279	0.415	2.226	2.743
P68 a P194	34.74	0.045	8	961	5814	13740	42.268	88.373	16	3.08	398.99	0.219	0.319	1.996	2.468
P194 a P195	229.21	0.033	15	969	5904	13953	42.837	89.529	16	2.64	343.08	0.238	0.348	1.802	2.223
P195 a P196	52.94	0.058	0	984	5904	13953	42.837	89.529	16	3.50	454.15	0.207	0.301	2.198	2.722
P196 a P197	34.96	0.146	0	984	5904	13953	42.837	89.529	16	5.55	720.55	0.165	0.238	3.043	3.784
P197 a P198	15.38	0.202	0	984	5904	13953	42.837	89.529	10	4.76	241.38	0.285	0.421	3.594	4.406
P198 a P199	38.91	0.050	0	984	5904	13953	42.837	89.529	16	3.23	419.34	0.215	0.313	2.075	2.568
P199 a P200	54.07	0.131	0	984	5904	13953	42.837	89.529	16	5.25	681.32	0.169	0.244	2.920	3.629

Continuación

Tramo	Dist.	Pendiente	Viviendas		Población		Caudal		Diámetro (pulg)	Sección Llena		Relaciones		Velocidades	
			Actuales	Acumuladas	Actual	Futura	Actual (L/S)	Futuro (L/S)		V (m/s)	Q (L/s)	Actual d/D	Futura d/D	Actual m/s.	Futura m/s.
P200 a P201	67.84	0.109	0	984	5904	13953	42.837	89.529	16	4.80	622.69	0.177	0.256	2.744	3.410
P91 a P92	68.70	0.138	60	0	360	851	3.324	7.470	12	4.45	324.94	0.071	0.104	1.435	1.831
P92 a P93	32.75	0.085	0	60	360	851	3.324	7.470	12	3.50	255.18	0.079	0.118	1.207	1.557
P93 a P94	30.99	0.178	0	60	360	851	3.324	7.470	12	5.06	368.98	0.067	0.098	1.570	2.003
346 a 385	37.65	0.078	8	0	48	114	0.473	1.101	8	2.55	82.58	0.054	0.080	0.688	0.886
385 a 386	43.64	0.090	16	8	144	341	1.380	3.157	8	2.74	88.87	0.085	0.128	0.991	1.284
386 a 278	35.88	0.089	4	24	168	398	1.602	3.656	8	2.74	88.69	0.093	0.138	1.048	1.343
278 a 345	130.75	0.099	32	28	360	851	3.324	7.470	10	3.33	168.74	0.097	0.142	1.310	1.664
345 a 289	73.66	0.110	32	60	552	1305	4.981	11.093	10	3.52	178.29	0.114	0.169	1.533	1.956
289 a 205	73.40	0.089	39	245	1704	4027	14.159	30.629	10	3.16	159.99	0.201	0.296	1.948	2.433
287 a 205	41.54	0.135	17	0	102	242	0.988	2.275	8	3.35	108.78	0.067	0.100	1.042	1.346
205 a P11	84.29	0.119	19	301	1920	4538	15.782	34.029	36	8.59	5643.04	0.039	0.055	1.877	2.349
P11 a P13	107.10	0.090	50	340	2340	5530	18.872	40.462	36	7.49	4917.97	0.045	0.064	1.796	2.258
208 a P13	50.43	0.047	25	0	150	355	1.436	3.280	8	1.97	64.01	0.103	0.153	0.807	1.033
P13 a P16	59.29	0.064	16	415	2586	6112	20.647	44.147	36	6.32	4148.96	0.050	0.072	1.623	2.055
P16 a P17	50.08	0.016	26	431	2742	6481	21.761	46.453	36	3.19	2094.31	0.071	0.102	1.028	1.296
P17 a 398	31.52	0.023	8	457	2790	6594	22.101	47.155	12	1.81	132.13	0.276	0.412	1.342	1.658
398 a 399	78.09	0.042	29	465	2964	7005	23.330	49.689	12	2.46	179.18	0.243	0.360	1.693	2.101
399 a 391	81.26	0.046	45	494	3234	7643	25.216	53.574	12	2.57	187.31	0.247	0.366	1.786	2.215
391 a 382	87.58	0.016	20	0	120	284	1.157	2.652	12	1.53	111.71	0.071	0.106	0.494	0.637
278 a 277	98.75	0.073	24	77	606	1433	5.438	12.087	8	2.47	80.24	0.176	0.262	1.410	1.781
277 a 279	81.59	0.137	35	101	816	1929	7.184	15.849	8	3.39	109.91	0.173	0.256	1.911	2.407
345 a 279	93.15	0.060	35	0	210	497	1.985	4.512	10	2.59	131.35	0.085	0.126	0.938	1.203
279 a 280	79.19	0.099	11	171	1092	2581	9.414	20.611	8	2.87	93.12	0.214	0.319	1.838	2.305
280 a 280	91.29	0.058	29	0	174	412	1.657	3.778	10	2.55	129.18	0.079	0.118	0.880	1.135
280 a 272	74.13	0.054	11	211	1332	3148	11.304	24.618	8	2.12	68.62	0.274	0.413	1.562	1.939
205 a 272	90.41	0.030	20	0	120	284	1.157	2.652	10	1.85	93.60	0.077	0.115	0.627	0.809
270 a 271	78.78	0.017	18	0	108	256	1.044	2.401	10	1.37	69.59	0.085	0.127	0.497	0.640
271 a 273	83.15	0.112	16	18	204	483	1.931	4.392	10	3.55	179.90	0.072	0.107	1.155	1.487
273 a 272	74.94	0.104	17	34	306	724	2.847	6.425	10	3.43	173.57	0.089	0.131	1.276	1.628
272 a 281	81.18	0.048	18	293	1866	4410	15.378	33.183	10	2.32	117.54	0.244	0.367	1.603	1.993
281 a 282	82.29	0.105	28	311	2034	4807	16.629	35.794	10	3.44	174.31	0.208	0.303	2.166	2.704
282 a 213	78.63	0.094	7	339	2076	4907	16.939	36.446	10	3.25	164.49	0.216	0.319	2.090	2.605
P21 a P20	54.48	0.093	24	0	144	341	1.380	3.157	8	2.78	90.19	0.085	0.128	1.006	1.303
P20 a P19	17.50	0.087	2	24	156	369	1.491	3.403	8	2.69	87.39	0.090	0.133	1.011	1.293
P18 a P19	78.40	0.220	20	0	120	284	1.157	2.652	8	4.29	139.09	0.064	0.096	1.293	1.677
P19 a 211	73.74	0.137	6	46	312	738	2.901	6.541	8	3.38	109.69	0.111	0.165	1.449	1.853

2.2.6. Resumen y conclusión de los parámetros de diseño evaluados

Varias deficiencias afectan al sistema de alcantarillado sanitario existente, tal como el exceso de velocidad a que circula el flujo en algunas tuberías; en general, y pese a la condición precaria de varios tramos de alcantarilla, es posible concluir que la infraestructura existente aún tiene la capacidad hidráulica para conducir el caudal de aguas residuales.

Entre otras, las razones por las que el alcantarillado sanitario es funcional, aún cuando existen varias deficiencias, son:

- La diversidad de diámetros de tubería que existen en los ramales que conforman el sistema. Algunos de estos son mayores a los realmente necesarios.
- Varios ramales del alcantarillado desfogan el caudal recolectado en ríos y zanjones, impidiendo así la acumulación excesiva de caudal.
- La ampliación al sistema hecha por el proyecto ALA 88/22 en el año de 1994, cuya infraestructura se encuentra en buenas condiciones.

2.2.7. Capacidad del sistema para atender la demanda futura

Con base en el análisis realizado, se puede concluir que no es necesaria la construcción de una red nueva de alcantarillado sanitario inmediatamente, las mejoras propuestas y el compromiso de atender los aspectos de operación y mantenimiento garantizarán su funcionalidad por lo menos en los siguientes 20 años.

2.3. Cobertura del sistema

En base a los datos recabados durante el diagnóstico realizado se determinó la cobertura correspondiente al servicio de alcantarillado sanitario.

Tabla IX: Cobertura del alcantarillado sanitario

Cobertura del servicio de alcantarillado sanitario	
Número de viviendas	4,838
Viviendas con servicio de alcantarillado	4,733
Viviendas sin servicio de alcantarillado	105
Cobertura	97.83%

2.4. Cobertura general del tratamiento de aguas residuales

Como se mencionó anteriormente, en el casco urbano de Sololá están operando dos plantas de tratamiento de aguas residuales, lamentablemente dichas no están tratando toda el agua residual que se produce en la localidad, conocer la cobertura de dichas plantas permitirá tomar decisiones e implementar acciones para mitigar la contaminación de los diferentes cuerpos de agua adyacentes al casco urbano. La tabla siguiente hace referencia a una proyección futura de 25 años.

Tabla X: Población que cuenta con tratamiento de aguas residuales

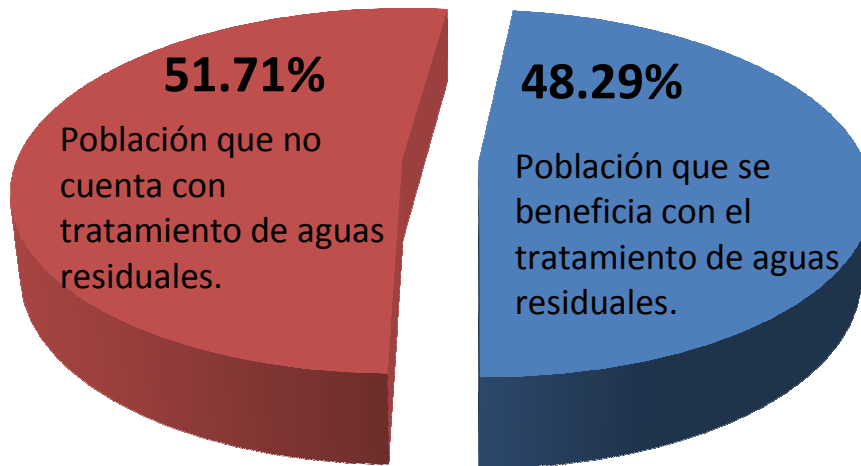
Población que se beneficia de las plantas de tratamiento de aguas residuales							
Descripción contribuyentes	Población		Caudal teórico		Caudal simplificado		Equivalente
	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	%
Contribuyentes a PTAR San Antonio	5,904	13,953	42.84	89.53	15.63	32.66	18.64%
Contribuyentes a PTAR San Bartolo	8,286	19,583	66.42	142.37	24.23	51.94	29.65%
							48.29%

Población que no cuenta de tratamiento de aguas residuales y desfogue directo a cuerpos de agua.							
Descripción contribuyentes	Población		Caudal teórico		Caudal simplificado		Equivalente
	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	%
Contribuyentes a colector antiguo	13,038	30,813	99.77	211.23	36.40	77.07	43.99%
Final 15 calle y 10 avenida, barrio San Bartolo	930	2,199	8.43	18.82	3.08	6.87	3.92%
Colonia Patricio Green	240	568	2.26	5.12	0.82	1.87	1.07%
Colonia Miralinda	420	993	3.85	8.62	1.40	3.15	1.80%
Sector la cumbre, barrio el Calvario	210	497	1.99	4.51	0.72	1.65	0.94%
							51.71%

- **Caudal simplificado**

El caudal simplificado en este caso representa el caudal residual generado por un caudal doméstico y una dotación menor de agua potable.

Figura 39: Cobertura del tratamiento de las aguas residuales en el casco urbano de Sololá



2.5. Capacidad en administración, operación y mantenimiento

En nuestro medio, es bastante común prestar mayor atención a la ejecución de proyectos de inversión, que al desarrollo de prácticas adecuadas de operación y mantenimiento de las instalaciones existentes. Poco se mencionan factores tales como; número de interrupciones de servicios experimentadas por año y la calidad del efluente de las plantas de tratamiento, en relación a los parámetros mínimos establecidos.

Como resultado de esta errónea apreciación, no se asignan a operación y sobre todo a mantenimiento, los recursos económicos y de personal necesarios, ni se da a estas labores, el orden de prioridad que les corresponde cuando se trata de repartir los recursos con que se cuenta.

- **Análisis del casco urbano de Sololá**

Con base en la metodología utilizada se planteó a los encargados del área de servicios públicos una serie de preguntas, con el fin de conocer su postura, ante los diferentes aspectos que son necesarios, para garantizar el funcionamiento del alcantarillado. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla XI: Capacidad en administración, operación y mantenimiento

Aspectos a considerar	
¿Existe un equipo de trabajo encargado del alcantarillado?	No
¿Se cuenta con herramientas y equipo?	No
¿Se practican acciones preventivas?	No
¿Existen planos del proyecto?	No
¿Existe registro de usuarios del sistema?	No
¿Se tiene reglamento regulador del servicio de alcantarillado?	No
¿Existen conexiones ilícitas?	No
¿Se realiza inspección, limpieza y mantenimiento constante?	No
¿Existen tarifas por conexión al alcantarillado?	Si
¿Lo recaudado se invierte en el alcantarillado?	No
Total de deficiencias identificadas	7
Total de parámetros evaluados	10
% de deficiencias	70.00%

- **Conclusión**

Lo anterior demuestra que no se tiene la capacidad para la correcta administración, operación y mantenimiento del sistema.

2.6. Planteamiento del problema

Son varias las deficiencias que afectan a la población del casco urbano de Sololá respecto al alcantarillado sanitario, a continuación se describen las más importantes:

- Uno de los principales problemas es el uso del colector antiguo ubicado en el centro de la ciudad, como se dijo anteriormente dicho colector desfoga las aguas residuales que recolecta directamente a un zanjón ubicado en las proximidades de la ciudad. El colector es utilizado por los vecinos como una alcantarilla extra, además de la red de tuberías que se ubica en las calles adyacentes a sus viviendas; actualmente se encuentra en mal estado, pero debido a que se encuentra bajo un gran número de casas y comercios no ha sido posible repararlo, modificarlo o eliminarlo.
- El sistema de alcantarillado esta conformado por infraestructura con diferentes períodos de vida útil, el tramo más antiguo tiene de 40 años de funcionamiento y se encuentra en mal estado.
- No existe una estructura que permita administrar, operar y mantener debidamente el sistema de alcantarillado sanitario y tampoco existe un recurso económico que haga sostenible el servicio.

2.7. Propuestas de solución

2.7.1. Factibilidad. Ejecución de mejoras en infraestructura existente

Se recomienda la ejecución de las siguientes mejoras:

- Mejoras en alcantarillado existente:
 - Se recomienda la construcción de 3 pozos de visita nuevos: PV-90, 181 y PV-197
 - Se recomienda la construcción de 16 cajas de visita nuevas: CV-4, 5, 6, 9, 10, 47, 70, 75, 86, 96, 134, 137, 142, 145 y CV-185.
 - Se recomienda la construcción y colocación de 41 tapaderas y brocales redondos, en los pozos: PV-3, 9, 12, 14,15, 16, 17, 23, 37, 44, 47, 59, 66, 67, 68, 71, 72, 77, 78, 79, 80, 81, 92, 93, 94, 124, 138, 139, 140, 155, 158, 161, 162, 165, 175, 176, 177, 179,180, 181, 189, y PV-190.
 - Se recomienda la construcción y colocación de 28 tapaderas y brocales rectangulares, en las cajas de visita: CV- 35, 48, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 90, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 141, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 184, y CV-197.
 - Se recomienda rehabilitar el acceso a 210 pozos de visita

- Mejoras a implementar como infraestructura nueva:
 - Se recomienda la construcción de 300 metros de alcantarillado sanitario nuevo.
 - Se recomienda el reemplazo de 2691 metros de alcantarillado en mal estado con infraestructura nueva adecuada. Parte de esta infraestructura nueva tiene como fin el captar el caudal residual que conduce el colector antiguo y disponerlo en un lugar más adecuado para su tratamiento.

La implementación de las mejoras propuestas debe realizarse de acuerdo a los planos de diseño, los presupuestos y la ubicación de los elementos a remodelar en base a los planos generales de la red.

2.7.2. Pre-factibilidad (recomendaciones)

- Se recomienda la ejecución de un estudio de factibilidad y diseño final de la red de alcantarillado pluvial.
- Se recomienda la ejecución de un estudio de factibilidad y diseño final de la red de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento para la colonia Miralinda del barrio San Bartolo.
- Se recomienda la ejecución de un diagnóstico de la red de alcantarillado sanitario y disposición final de las aguas residuales del Hospital Nacional.

- Se recomienda la ejecución de un diagnóstico de la eficiencia y operación de las plantas de tratamiento de que cuenta el casco urbano, con el fin de proponer las mejoras correspondientes.

2.8. Diseño de alcantarillado sanitario a implementar como parte de las mejoras

- **Parámetros de diseño**

- Densidad de vivienda = 6 habitantes/vivienda
- Período de diseño = 35 años
- Tasa de incremento poblacional = 3.5%
- Factor de caudal medio = 0.0022142
- Tipo de tubería = tubería de concreto tráfico liviano
- Coeficiente de rugosidad $n=0.015$
- Dotación = 200 litros/habitante/día

Tabla XII: Cálculo hidráulico de mejoras a implementar

Tramo	Cotas terreno		Profundidad		Distancia (m)	Pendiente	Viviendas		Población		F. Hammond		Caudal	
	Cota 1	Cota 2	h1 (m)	h2 (m)			Actuales	Contri-buyentes	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual (l/s)	Futuro (l/s)
391 a 382	1812.74	1811.31	3.50	2.60	87.58	0.61%	20	539	3354	11181	3.40	2.91	25.26	71.95
382 a P3	1811.31	1806.03	2.70	1.65	82.69	5.12%	15	1127	6852	22842	3.12	2.59	47.27	131.23
P3 a 202	1806.03	1800.13	3.20	1.65	82.38	5.28%	24	2132	12936	43124	2.84	2.32	81.43	221.99
202 a P2	1800.13	1800.72	1.70	2.70	63.46	0.65%	18	2177	13170	43904	2.84	2.32	82.67	225.29
P2 a 370	1800.72	1800.29	2.75	2.80	75.01	0.64%	25	2277	13812	46044	2.81	2.30	86.07	234.28
370 a 373	1800.29	1789.47	5.00	1.65	76.50	9.76%	18	2317	14010	46704	2.81	2.29	87.11	237.04
373 a 372	1789.47	1780.55	4.50	1.65	78.56	7.73%	30	2360	14340	47804	2.80	2.28	88.84	241.62
372 a 222	1780.55	1774.68	5.05	1.65	69.65	3.55%	15	2412	14562	48544	2.79	2.28	90.00	244.69
P34 a P32	1776.00	1777.17	1.50	4.20	78.34	1.95%	30	0	180	601	4.16	3.93	1.66	5.23
P32 a P29	1777.17	1777.89	4.25	5.80	58.87	1.41%	14	30	264	881	4.10	3.83	2.40	7.48
P29 a P35	1777.89	1770.97	5.85	1.65	78.10	3.48%	12	133	870	2901	3.84	3.45	7.39	22.19
P35 a 222	1770.97	1774.68	1.70	5.80	71.87	0.54%	10	145	930	3101	3.82	3.43	7.87	23.55
222 a P37	1774.68	1774.17	5.85	5.75	61.21	0.67%	6	2582	15528	51764	2.76	2.25	95.00	257.95
P37 a P500	1774.17	1763.66	5.80	1.65	90.13	7.06%	2	2651	15918	53065	2.75	2.24	97.00	263.26
P500 a P501	1763.66	1761.19	1.70	2.00	92.37	3.00%	0	2653	15918	53065	2.75	2.24	97.00	263.26
P501 a P502	1761.19	1756.27	5.65	1.65	27.47	3.35%	0	2653	15918	53065	2.75	2.24	97.00	263.26
P502 a P503	1756.27	1751.56	5.10	1.65	39.81	3.17%	0	2653	15918	53065	2.75	2.24	97.00	263.26
P503 a P39	1751.56	1740.99	5.00	1.65	74.47	9.70%	0	2653	15918	53065	2.75	2.24	97.00	263.26
P162 a P161	1800.99	1795.76	2.10	1.70	79.40	6.08%	14	139	918	3061	3.82	3.43	7.77	23.28
P410 a P411	1801.56	1800.36	3.00	2.30	31.42	1.60%	40	0	240	801	4.12	3.86	2.19	6.85
P411 a P412	1800.36	1799.89	2.35	2.40	12.43	4.14%	2	40	252	841	4.11	3.85	2.29	7.16
P412 a P413	1799.89	1797.00	2.45	1.50	51.62	3.76%	2	42	264	881	4.10	3.83	2.40	7.48
P413 a P414	1797.00	1796.51	1.55	1.50	16.74	2.62%	2	44	276	921	4.09	3.82	2.50	7.80
P414 a P175	1796.51	1796.43	1.55	3.00	32.90	4.65%	0	46	276	921	4.09	3.82	2.50	7.80

Continuación

Tramo	Diámetro (pulg)	Sección llena		Relaciones hidráulicas				Velocidad diseño		Cotas Invert			
		V. (m/s)	Q. (L/s)	Qactual / Qlleno	Qfuturo / Qlleno	v/V	d/D	v/V	d/D	Actual (m/s)	Futura (m/s)	Salida	Entrada
391 a 382	24	1.48	431.84	0.06	0.17	0.55	0.16	0.74	0.28	0.81	1.10	1809.24	1808.71
382 a P3	24	4.30	1255.55	0.04	0.10	0.48	0.13	0.65	0.22	2.05	2.78	1808.61	1804.38
P3 a 202	24	4.37	1275.63	0.06	0.17	0.56	0.17	0.75	0.28	2.45	2.98	1802.83	1798.48
202 a P2	24	1.53	446.20	0.19	0.50	0.76	0.29	1.00	0.50	1.17	1.53	1798.43	1798.02
P2 a 370	24	1.52	444.07	0.19	0.53	0.77	0.30	1.01	0.52	1.18	1.54	1797.97	1797.49
370 a 373	24	5.94	1734.68	0.05	0.14	0.52	0.15	0.70	0.25	2.65	2.94	1795.29	1787.82
373 a 372	24	5.29	1543.06	0.06	0.16	0.54	0.16	0.73	0.27	2.86	2.98	1784.97	1778.90
372 a 222	24	3.58	1045.39	0.09	0.23	0.61	0.20	0.82	0.33	2.19	2.92	1775.50	1773.03
P34 a P32	12	1.67	122.18	0.01	0.04	0.35	0.08	0.50	0.14	0.59	0.83	1774.50	1772.97
P32 a P29	12	1.42	103.81	0.02	0.07	0.41	0.10	0.59	0.18	0.59	0.85	1772.92	1772.09
P29 a P35	12	2.24	163.16	0.05	0.14	0.50	0.14	0.70	0.25	1.13	1.56	1772.04	1769.32
P35 a 222	12	0.88	64.40	0.12	0.37	0.68	0.24	0.92	0.42	0.60	0.81	1769.27	1768.88
222 a P37	24	1.56	454.33	0.21	0.57	0.79	0.31	1.03	0.54	1.23	1.61	1768.83	1768.42
P37 a P500	24	5.05	1474.63	0.07	0.18	0.56	0.17	0.76	0.29	2.85	2.99	1768.37	1762.01
P500 a P501	24	3.29	961.31	0.10	0.27	0.64	0.21	0.85	0.36	2.11	2.81	1761.96	1759.19
P501 a P502	24	3.48	1015.91	0.10	0.26	0.63	0.21	0.84	0.35	2.19	2.92	1755.54	1754.62
P502 a P503	24	3.38	987.60	0.10	0.27	0.63	0.21	0.85	0.35	2.15	2.86	1751.17	1749.91
P503 a P39	24	5.92	1728.50	0.06	0.15	0.54	0.16	0.72	0.26	2.50	2.87	1746.56	1739.34
P162 a P161	14	3.28	325.26	0.02	0.07	0.42	0.11	0.59	0.18	1.36	1.95	1798.89	1794.06
P410 a P411	12	1.51	110.51	0.02	0.06	0.39	0.10	0.55	0.17	0.60	0.84	1798.56	1798.06
P411 a P412	12	2.44	177.96	0.01	0.04	0.35	0.08	0.49	0.14	0.84	1.19	1798.01	1797.49
P412 a P413	12	2.32	169.54	0.01	0.04	0.36	0.08	0.50	0.14	0.83	1.16	1797.44	1795.50
P413 a P414	12	1.94	141.59	0.02	0.06	0.38	0.09	0.54	0.16	0.74	1.04	1795.45	1795.01
P414 a P175	12	2.58	188.53	0.01	0.04	0.35	0.08	0.49	0.14	0.90	1.27	1794.96	1793.43

Continuación

Tramo	Cotas terreno		Profundidad		Distancia (m)	Pendiente	Viviendas		Población		F. Hammond		Caudal	
	Cota 1	Cota 2	h1 (m)	h2 (m)			Actuales	Contribuyentes	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual (l/s)	Futuro (l/s)
P297 a P147	1866.52	1866.00	1.22	1.25	50.8	1.08%	6	0	36	121	4.34	4.22	0.35	1.13
P147 a P148	1866.00	1865.06	1.3	1.8	41.09	3.50%	6	6	72	241	4.28	4.12	0.68	2.20
P148 a P150	1865.06	1864.55	1.85	1.75	28.3	1.45%	5	12	102	341	4.24	4.05	0.96	3.06
346 a P144	1882.72	1874.37	1.30	1.30	52.80	15.82%	3	116	714	2381	3.89	3.53	6.15	18.59
P144 a P143	1874.37	1861.07	1.35	1.3	103.02	12.86%	18	119	822	2741	3.85	3.48	7.01	21.09
P143 a P141	1861.07	1854.10	1.35	1.3	76.44	9.05%	14	137	906	3021	3.83	3.44	7.68	23.01
P142 a P141	1870.71	1854.10	1.3	1.3	62.31	26.66%	14	0	84	281	4.26	4.09	0.79	2.54
P141 a 287	1854.10	1850.38	1.35	1.3	34.795	10.55%	8	165	1038	3461	3.79	3.39	8.71	25.97
287 a 290	1850.38	1848.07	1.35	1.3	22.13	10.21%	5	173	1068	3561	3.78	3.38	8.94	26.64
290 a 291	1848.07	1839.49	2.2	1.3	47.79	16.07%	14	178	1152	3841	3.76	3.35	9.59	28.48
291 a P10	1839.49	1837.35	1.35	1.3	23.67	8.83%	3	192	1170	3901	3.76	3.34	9.73	28.88
P145 a P145.1	1854.94	1843.13	1.5	2	40	30.77%	5	0	30	101	4.35	4.24	0.29	0.95
P145.1 a P10	1843.13	1837.35	2.05	1.3	31.71	15.86%	5	5	60	201	4.30	4.15	0.57	1.85
P10 a P10.1	1837.35	1832.66	1.35	1.3	39.767	11.66%	9	205	1284	4281	3.73	3.31	10.60	31.34
P10.1 a P9	1832.66	1830.69	1.35	1.3	42.313	4.55%	9	214	1284	4281	3.73	3.31	10.60	31.34
P128 a P136	1865.50	1862.09	1.3	1.3	70.72	4.82%	23	343	2196	7321	3.55	3.09	17.28	50.05
P136 a 284	1862.09	1862.89	1.35	3	73.08	1.16%	14	381	2370	7901	3.53	3.06	18.51	53.45
284 a P145	1862.89	1854.94	3.05	1.3	70.99	8.73%	25	395	2520	8401	3.51	3.03	19.56	56.35
P145 a P146	1854.54	1845.11	2.5	1.3	77.07	10.68%	14	474	2928	9761	3.45	2.97	22.38	64.08
P146 a P146.1	1845.11	1837.56	3	1.3	47.75	12.26%	13	499	3072	10241	3.43	2.94	23.36	66.77
P146.1 a P9	1837.56	1831.86	1.35	1.3	39.46	14.31%	12	512	3144	10481	3.43	2.93	23.84	68.10
P9 a P8	1830.69	1827.80	1.35	1.3	80.6	3.52%	20	747	4602	15342	3.28	2.77	33.40	94.04
P8 a P6	1827.80	1824.98	1.35	1.3	77.86	3.56%	14	767	4686	15622	3.27	2.76	33.94	95.48
P6 a P5	1824.98	1823.15	1.35	1.3	84.8	2.10%	22	916	5628	18762	3.20	2.68	39.84	111.35
P5 a P4	1823.15	1814.65	3	1.3	78.87	8.62%	20	938	5748	19162	3.19	2.67	40.58	113.33
P4 a P3	1814.65	1806.03	3	1.3	80.48	8.60%	32	958	5940	19802	3.17	2.66	41.76	116.49

Continuación

Tramo	Diámetro (pulg)	Sección llena		Relaciones hidráulicas						Velocidad diseño		Cotas Invert	
		V. (m/s)	Q. (L/s)	qactual / Qlleno	qfuturo / Qlleno	v/V	d/D	v/V	d/D	Actual (m/s)	Futura (m/s)	Salida	Entrada
P297 a P147	8	0.95	30.85	0.01	0.04	0.33	0.07	0.47	0.13	0.31	0.45	1865.30	1864.75
P147 a P148	8	1.71	55.51	0.01	0.04	0.34	0.08	0.48	0.14	0.58	0.83	1864.70	1863.26
P148 a P150	8	1.10	35.69	0.03	0.09	0.43	0.11	0.61	0.20	0.61	0.67	1863.21	1862.80
346 a P144	10	4.22	213.81	0.03	0.09	0.44	0.12	0.61	0.20	1.86	2.59	1881.42	1873.07
P144 a P143	10	3.81	192.82	0.04	0.11	0.47	0.13	0.66	0.22	1.80	2.50	1873.02	1859.77
P143 a P141	10	3.19	161.77	0.05	0.14	0.51	0.15	0.71	0.25	1.64	2.26	1859.72	1852.80
P142 a P141	8	4.72	153.10	0.01	0.02	0.26	0.05	0.37	0.09	1.23	1.76	1869.41	1852.80
P141 a 287	10	3.45	174.61	0.05	0.15	0.52	0.15	0.72	0.26	1.79	2.47	1852.75	1849.08
287 a 290	10	3.39	171.81	0.05	0.16	0.53	0.16	0.73	0.27	1.79	2.46	1849.03	1846.77
290 a 291	10	4.25	215.53	0.04	0.13	0.50	0.14	0.69	0.25	2.13	2.95	1845.87	1838.19
291 a P10	10	3.15	159.76	0.06	0.18	0.55	0.17	0.76	0.29	1.74	2.39	1838.14	1836.05
P145 a P145.1	8	5.07	164.50	0.00	0.01	0.18	0.03	0.27	0.05	0.93	1.37	1853.44	1841.13
P145.1 a P10	8	3.64	118.10	0.00	0.02	0.26	0.05	0.37	0.09	0.94	1.34	1841.08	1836.05
P10 a P10.1	10	3.62	183.58	0.06	0.17	0.54	0.16	0.75	0.28	1.97	2.70	1836.00	1831.36
P10.1 a P9	10	2.26	114.63	0.09	0.27	0.62	0.21	0.85	0.36	1.41	1.93	1831.31	1829.39
P128 a P136	10	2.33	118.06	0.15	0.42	0.71	0.26	0.96	0.45	1.66	2.23	1864.20	1860.79
P136 a 284	10	1.14	57.98	0.32	0.92	0.89	0.39	1.13	0.76	1.02	1.30	1860.74	1859.89
284 a P145	10	3.14	158.89	0.12	0.35	0.68	0.24	0.91	0.41	2.13	2.87	1859.84	1853.64
P145 a P146	10	3.47	175.69	0.13	0.36	0.68	0.24	0.92	0.42	2.37	2.98	1852.04	1843.81
P146 a P146.1	10	3.71	188.22	0.12	0.35	0.68	0.24	0.91	0.41	2.52	2.90	1842.11	1836.26
P146.1 a P9	10	4.01	203.41	0.12	0.33	0.67	0.23	0.90	0.40	2.69	2.89	1836.21	1830.56
P9 a P8	12	2.25	164.11	0.20	0.57	0.78	0.31	1.03	0.54	1.76	2.32	1829.34	1826.50
P8 a P6	12	2.26	164.90	0.21	0.58	0.79	0.31	1.04	0.55	1.78	2.34	1826.45	1823.68
P6 a P5	12	1.74	126.66	0.31	0.88	0.89	0.39	1.13	0.73	1.54	1.96	1823.63	1821.85
P5 a P4	12	3.52	256.71	0.16	0.44	0.73	0.27	0.97	0.47	2.56	2.97	1820.15	1813.35
P4 a P3	12	3.51	256.36	0.16	0.45	0.74	0.27	0.98	0.47	2.58	2.94	1811.65	1804.73

2.9. Presupuesto general

Los siguientes costos de mano de obra han sido calculados haciendo uso de los factores: indirectos (0.30), prestaciones (0.40) y factor de ayudante (0.35). Los precios de materiales de construcción son los comúnmente encontrados en las diferentes distribuidoras de la región.

Tabla XIII: Presupuesto general de mejoras a implementar

REGLÓN	DESCRIPCIÓN DE REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MEJORAS EN ALCANTARILLADO EXISTENTE					
1	POZOS DE VISITA NUEVOS	U	3	Q6,459.36	Q19,378.07
2	CAJAS DE VISITA NUEVAS	U	16	Q2,683.84	Q42,941.44
3	TAPADERAS REDONDAS Y BROCALES	U	41	Q1,112.22	Q45,600.87
4	TAPADERAS CUADRADAS Y BROCALES	U	28	Q1,214.43	Q34,003.93
5	ACCESO Y REMODELACIÓN DE POZOS ENTERRADOS	U	210	Q2,169	Q455,425.91
				Sub total	Q597,350.22

REGLÓN	DESCRIPCIÓN DE REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INFRAESTRUCTURA A NUEVA A IMPLEMENTAR					
6	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-346 a PV-141 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q156,044.18	Q156,044.18
7	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-142 a PV-10 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q170,354.56	Q170,354.56
8	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-145 a PV-9 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q128,103.54	Q128,103.54
9	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-128 a PV-9 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q288,914.33	Q288,914.33
10	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-9 a PV-3 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q433,027.76	Q433,027.76
11	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-391 a PV-222 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q1,020,330.27	Q1,020,330.27
12	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-34 a PV-222 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q382,531.54	Q382,531.54
13	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-222 a PV-39 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q558,291.09	Q558,291.09
14	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-162 a PV-161 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	Q76,816.86	Q76,816.86
15	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-410 a PV-175 Colonia Patricio Green	GLOBAL	1	Q202,990.88	Q202,990.88
16	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-297 a PV-150 Colonia Vista Hermosa	GLOBAL	1	Q80,613.53	Q80,613.53
				Sub total	Q3,498,018.53

Ambas inversiones suman un total de **Q4, 095,368.75**. A continuación se detallan las mismas cantidades y precios expresados en dólares, para fines de gestión del proyecto.

Tabla XIV: Presupuesto general en dólares

REGLÓN	DESCRIPCIÓN DE REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MEJORAS EN ALCANTARILLADO EXISTENTE					
1	POZOS DE VISITA NUEVOS	U	3	\$861.25	\$2,583.74
2	CAJAS DE VISITA NUEVAS	U	16	\$357.85	\$5,725.53
3	TAPADERAS REDONDAS Y BROCALE	U	41	\$148.30	\$6,080.12
4	TAPADERAS CUADRADAS Y BROCAL	U	28	\$161.92	\$4,533.86
5	ACCESO Y REMODELACIÓN DE POZOS ENTERRADOS	U	210	\$289.16	\$60,723.46
				Sub total	\$79,646.70

REGLÓN	DESCRIPCIÓN DE REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
INFRAESTRUCTURA A NUEVA A IMPLEMENTAR					
6	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-346 a PV-141 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$20,805.89	\$20,805.89
7	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-142 a PV-10 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$22,713.94	\$22,713.94
8	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-145 a PV-9 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$17,080.47	\$17,080.47
9	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-128 a PV-9 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$38,521.91	\$38,521.91
10	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-9 a PV-3 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$57,737.03	\$57,737.03
11	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-391 a PV-222 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$136,044.04	\$136,044.04
12	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-34 a PV-222 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$51,004.21	\$51,004.21
13	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-222 a PV-39 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$74,438.81	\$74,438.81
14	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-162 a PV-161 Centro del casco urbano	GLOBAL	1	\$10,242.25	\$10,242.25
15	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-410 a PV-175 Colonia Patricio Green	GLOBAL	1	\$27,065.45	\$27,065.45
16	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-297 a PV-150 Colonia Vista Hermosa	GLOBAL	1	\$10,748.47	\$10,748.47
				Sub total	\$466,402.47

Ambas inversiones suman un total de US\$546,049.17. El tipo de cambio utilizado para este cálculo es de 1\$ por Q7.50.

FASE 2	NÚMERO DE MESES																		INVERSIÓN	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		28
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-391 a PV-222 Centro del casco urbano					X	X	X	X	X	X										Q1,020,330.27
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-34 a PV-222 Centro del casco urbano										X	X	X								Q382,531.54
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-222 a PV-39 Centro del casco urbano													X	X	X					Q558,291.09
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-162 a PV-161 Centro del casco urbano																X	X			Q76,816.86

ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-410 a PV-175 Colonia Patricio Green	X	X	X	X																Q202,990.88
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-297 a PV-150 Colonia Vista Hermosa																	X	X	X	Q80,613.53

TOTAL INVERSIÓN: Q2,321,574.16

FASE 3	NÚMERO DE MESES																		INVERSIÓN	
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46		47
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-346 a PV-141 Centro del casco urbano	X	X																		Q156,044.18
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-142 a PV-10 Centro del casco urbano			X	X	X															Q170,354.56
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-145 a PV-9 Centro del casco urbano						X														Q128,103.54
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-128 a PV-9 Centro del casco urbano							X													Q288,914.33
ALCANTARILLADO SANITARIO DE PV-9 a PV-3 Centro del casco urbano								X	X	X										Q433,027.76

TOTAL INVERSIÓN: Q1,176,444.36

2.11. Evaluación socio-económica

La evaluación socio-económica es de gran utilidad, dado a la importancia de justificar bajo criterios adecuados las acciones a implementar en términos de recursos reales. Para realizar la evaluación socio-económica es necesario conocer ciertos factores económicos, tal como:

- **Factor presente dado una renta constante**

Este factor económico nos permite conocer la equivalencia a tiempo presente de un número definido de pagos constantes a realizar en futuro. La ecuación que utiliza es:

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

Donde:

P= Valor presente.

A= Valor constante o renta.

i= Interés

n= Tasa de capitalización.

- **Factor de incremento constante o gradiente**

Este factor se da cuando existen valores de renta pero que se incrementan en forma constante, de acuerdo al período de tiempo, y se transforma en una renta constante. La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$R_{eq} = R_b + g \times \left(\frac{1}{i} + \frac{n}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

Donde:

R_{eq} = Es la renta equivalente.

n= Es el período de capitalización.

i= Es la tasa de interés.

g= Es el gradiente o factor de crecimiento.

R_b = Es la renta dada con valor constante.

2.11.1. Valor presente neto

Es una alternativa para toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de ante mano si una inversión vale la pena o no, y no hacer así malas inversiones. El valor presente neto puede desplegar tres posibilidades:

$VPN < 0$

$VPN = 0$

$VPN > 0$

Cuando el $VPN < 0$, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero nos esta alertando o previniendo que el proyecto no es rentable, ya que se están estimando que habrán pocos ingresos y en el tiempo que se pretende recuperar la inversión no se lograra, pero cuando nos da un $VPN < 0$ cercano a cero nos esta indicando, que la opción puede ser rentable que se pretende obtener una tasa de utilidad muy grande.

Cuando el $VPN = 0$ nos esta indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el $VPN > 0$, esta indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el % de utilidad.

- **Aplicación al proyecto**

Para garantizar la auto sostenibilidad del proyecto, se puede considerar la implementación de una tarifa por el servicio y una tasa interna de retorno.

Se propone en este caso una tarifa de Q6.0 mensual por domicilio; se propone también el costo de los salarios de un equipo de personas encargadas de realizar labores de mantenimiento y conexiones nuevas que sean requeridas; también se prevé un costo por reparaciones y mantenimiento, así como el respectivo incremento en el tiempo debido al deterioro natural del mismo.

Para determinar el valor presente neto se utilizaron los siguientes datos:

- Período de capitalización: 35 años
- Tasa de interés: 4%
- Ingresos mensuales por servicio: Q28, 206.00
- Conexiones nuevas anuales, con un incremento del 3%: Q21,000.00
- Inversión inicial: Q4, 095,368.75
- Gasto por personal de mantenimiento anual: Q135, 000.00
- Gastos por reparaciones y mantenimiento anual, con un incremento del 5%: Q50, 000.00.

$$\begin{aligned}
 VPN = & \left(338,472 + 10,154.16 \left(\frac{1}{0.04} - \frac{35}{(1 + 0.04)^{35} - 1} \right) \right) \left(\frac{(1 + 0.04)^{35} - 1}{0.04(1 + 0.04)^{35}} \right) \\
 & + \left(21,000 + 630 \left(\frac{1}{0.04} - \frac{35}{(1 + 0.04)^{35} - 1} \right) \right) \left(\frac{(1 + 0.04)^{35} - 1}{0.04(1 + 0.04)^{35}} \right) \\
 & - 4,095,368.75 - 135,000 \left(\frac{(1 + 0.04)^{35} - 1}{0.04(1 + 0.04)^{35}} \right) \\
 & - \left(50,000 + 2,500 \left(\frac{1}{0.04} - \frac{35}{(1 + 0.04)^{35} - 1} \right) \right) \left(\frac{(1 + 0.04)^{35} - 1}{0.04(1 + 0.04)^{35}} \right)
 \end{aligned}$$

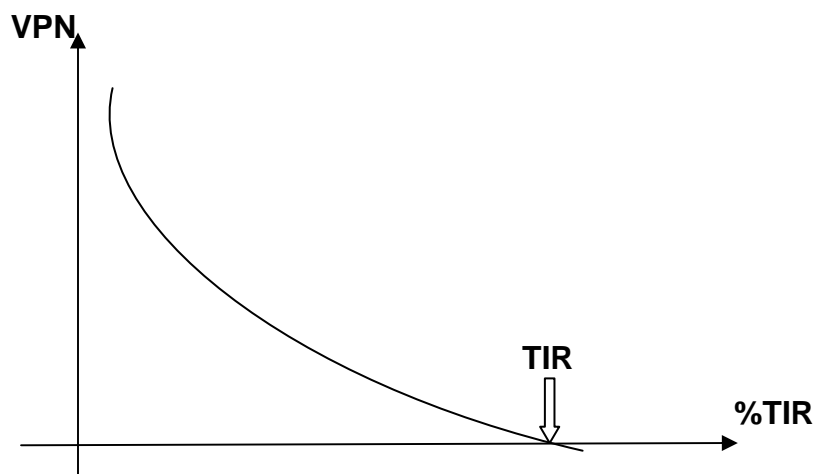
$$VPN = 1,189,682.19$$

Con base en el resultado anterior se puede concluir que vale la pena invertir en este proyecto, e incluso que podría aumentar el porcentaje de utilidad del mismo.

2.11.2. Tasa interna de retorno

Conceptualmente se puede decir que la tasa de retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa, se puede interpretar en la siguiente gráfica:

Figura 40: Tasa interna de retorno



Donde indica la fecha, es prácticamente cuando $VPN=0$ por lo que la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$TIR = VP_{Beneficio} - VP_{Gastos}$$

Por medio de la interpolación de datos se puede concluir con la siguiente fórmula:

$$TIR = \frac{(Tasa1 - Tasa2)(0 - VPN(-))}{(VPN(+)) - (VPN(-))} + Tasa2$$

Para determinar la tasa interna de retorno se utilizaron los siguientes datos:

- Período de capitalización: 35 años
- Ingresos mensuales por servicio: Q28, 206.00
- Conexiones nuevas anuales incrementando a una tasa del 3%: Q21,000.00
- Inversión inicial: Q4, 095,368.75
- Gasto por salarios del personal de mantenimiento, al año: Q135, 000.00
- Gastos por reparaciones y mantenimiento anual con una tasa de incremento del 5%: Q50, 000.00

$$VPN_{Beneficios} = 338,472 + 10,154.16 \left(\frac{1}{TIR} - \frac{35}{(1 + TIR)^{35} - 1} \right) \left(\frac{(1 + TIR)^{35} - 1}{TIR(1 + TIR)^{35}} \right)$$

$$+ 21,000 + 630 \left(\frac{1}{TIR} - \frac{35}{(1 + TIR)^{35} - 1} \right) \left(\frac{(1 + TIR)^{35} - 1}{TIR(1 + TIR)^{35}} \right)$$

$$VPN_{Gastos} = -4,095,368.75 - 135,000 \left(\frac{(1 + TIR)^{35} - 1}{TIR(1 + TIR)^{35}} \right)$$

$$- \left(50,000 + 2,500 \left(\frac{1}{TIR} - \frac{35}{(1 + TIR)^{35} - 1} \right) \right) \left(\frac{(1 + TIR)^{35} - 1}{TIR(1 + TIR)^{35}} \right)$$

Con base en estas ecuaciones y sustituyendo diferentes valores de TIR se obtiene la siguiente tabla:

Tabla XVIII: Cálculo del valor presente neto

Interés	VP beneficios	VP costos	VPN
5.00%	8,049,158.58	-7,626,046.41	423,112.17
10.00%	4,372,536.02	-6,089,506.04	-1,716,970.03
12.00%	3,614,008.91	-5,764,349.90	-2,150,340.99
15.00%	2,835,287.48	-5,425,337.73	-2,590,050.25
18.00%	2,316,414.56	-5,195,456.22	-2,879,041.66
20.00%	2,060,269.56	-5,080,456.23	-3,020,186.67

Es evidente que el valor adecuado de la tasa de interés de retorno se encuentra entre los valores del 5 y 10%, por lo tanto haciendo uso de la ecuación obtenemos:

$$TIR = \left(\frac{(5 - 10)(0 - (-1,716,970.03))}{423,112.17 - (-1,716,970.03)} \right) + 10$$

$$TIR = -4.011 + 10 = 5.99\%$$

La tasa de interés de máxima utilidad, para este proyecto es del 5.99%.

2.12. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos no deseados.

2.12.1. Importancia de la evaluación de impacto ambiental

Toda actividad humana provoca directa o indirectamente impactos en el ambiente. Algunos pueden representar riesgos para la salud pública, por lo que se hace necesario realizar previo a su implementación una evaluación de impacto ambiental.

2.12.2. Aplicaciones de la evaluación de impacto ambiental

Se debe realizar una evaluación de impacto ambiental toda vez que se presente uno de los siguientes efectos o circunstancias:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

2.12.1. Identificación del área de influencia

- **Medio biótico**

Los factores bióticos de un ecosistema son aquellos que representan a los seres vivos del mismo, y se dividen en flora y fauna. Es decir son los seres que tienen vida. En este caso el área de influencia es urbana, contando con un pequeño sector en que se realizan labores agrícolas.

- **Medio abiótico**

Describe a seres inertes como, el relieve, los minerales, la temperatura, la precipitación, la luz solar, el agua, el suelo, el viento o los gases. Este medio juega un papel importante dado a la susceptibilidad del mismo de ser afectado por las labores de construcción de obras como los alcantarillados, por lo tanto para el adecuado desarrollo de este proyecto es necesario llevar acabo una serie de medidas de seguridad.

- **Valores Ecológicos**

La zona tiene valor ecológico en el sentido de formar parte de una relación paisajista que produce un entorno agradable.

2.12.3. Impactos en la ejecución

- **Impacto negativo en la ejecución**

Durante la ejecución del proyecto se manifestarán varios efectos negativos que deberán ser mitigados con las respectivas medidas. Entre otros, los impactos negativos son:

- La degradación de la calidad del agua subterránea debido a los posibles derrames de agua residual que se puedan dar en la etapa de remodelación del alcantarillado existente.
- El aumento en la generación de concentraciones de contaminantes visuales y ruidos en el ambiente.

- La contaminación del aire debido a las demoliciones y demás actividades de construcción que se llevarán a cabo durante la ejecución del proyecto, lo cual puede poner en riesgo de enfermedades respiratorias a la población.
- El aumento en la presencia de olores desagradables tanto para los beneficiarios del proyecto como para los encargados de la ejecución del mismo, debido a las remodelaciones a implementar al sistema de alcantarillado sanitario.
- **Impacto positivo en la ejecución**

Varios impactos positivos se manifestarán debido a la ejecución del proyecto de mejoras al alcantarillado sanitario del casco urbano de Sololá, entre los más relevantes se pueden mencionar:

- La mitigación de focos de contaminación tal como la producción de vectores debido al mal estado de la infraestructura del alcantarillado sanitario, que provoca el estancamiento de aguas residuales.
- Disminuir la contaminación de ríos y cuerpos de agua con la conducción de las aguas residuales hasta un lugar adecuado donde se les puede dar tratamiento.

2.12.4. Plan de mitigación de impacto ambiental

Es necesario tomar en cuenta todas las medidas necesarias durante las fases de trabajo, ya sea preliminar y de ejecución, con la finalidad de disminuir cualquier tipo de riesgo. A continuación se describen las más importantes:

- **Durante la ejecución de la obra**

- Reducir las emisiones de los equipos de construcción, apagando todo equipo que no esté siendo efectivamente utilizado.
- Prever lugares de estacionamiento para la construcción, a fin de minimizar interferencias con el tránsito.

- **Actividades para prevenir la contaminación sonora**

- Programación de las actividades que producen más ruido para los períodos menos sensibles.
- Programar las rutas del tránsito de camiones relacionado con la construcción por lugares alejados de las áreas sensibles al ruido.

- **Medidas de precaución a adoptar para la excavación de zanjas para la colocación de tuberías**

- El material extraído de las excavaciones se mantendrá acopiado, humedecido o protegido con una cubierta superficial a fin de evitar su desparramo y permitir el tránsito peatonal.
- Fuera de los horarios de trabajo las zanjas permanecerán tapadas con madera o planchas metálicas.

- **Otras medidas mitigadoras que deberá adoptar la dirección de obra, con el objetivo de disminuir los riesgos de accidentes:**
 - Provisión de indumentaria adecuada a los operarios que en ella trabajen, (botas, cascos, protectores visuales, etc.)
 - Instalación de carteles de señalización indicativos de la necesidad de realizar desvíos al tránsito automotor o que impidan el acceso a las zonas de obra, de personas ajenas a ellas.
 - También deberán colocarse pasarelas de madera para impedir accidentes de los peatones o de vecinos que circulen por las inmediaciones de la obra.
 - Colocación de un sistema de iluminación nocturno indicativo de la presencia de la obra en el entorno, el que estará ubicado sobre vallas metálicas o de madera, que impidan el acceso a la zona con vehículos o de personas.
 - Para evitar focos de contaminación, que provoquen enfermedades, tanto para los trabajadores como para los habitantes del lugar, durante el desarrollo de la obra se deberán instalar letrinas en lugares estratégicos.

CONCLUSIONES

1. La cobertura del tratamiento de las aguas residuales del casco urbano de Sololá es del 48.29%, por lo tanto es necesario implementar acciones enfocadas en aumentar dicha cobertura y así minimizará la contaminación del ambiente.
2. Para mejorar los servicios públicos del casco urbano de Sololá, es necesaria la construcción del alcantarillado pluvial, para contar con sistemas separativos de agua pluvial y residual.
3. Para garantizar el funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, es necesario el compromiso por parte de las autoridades del municipio en dar mantenimiento al sistema.
4. La implementación de las mejoras propuestas al sistema de alcantarillado sanitario del caso urbano de Sololá, garantizara el servicio eficiente en por lo menos 20 años.

RECOMENDACIONES

A las autoridades del municipio y encargados del área de servicios públicos:

1. Realizar las actividades necesarias para la gestión financiera del proyecto.
2. Realizar un mantenimiento adecuado al sistema de alcantarillado existente lo mas pronto posible, y luego realizarlo periódicamente por lo menos cada seis meses, principalmente previo al inicio del invierno.
3. Implementar una campaña de concientización a la población respecto al uso adecuado del sistema de alcantarillado y la correcta disposición de los desechos sólidos.
4. Implementar acciones enfocadas en corroborar el mantenimiento, operación y eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
5. Realizar una evaluación técnica al colector antiguo ubicado en el centro de la ciudad con el objetivo de proponer mejoras o una solución definitiva a la situación actual.

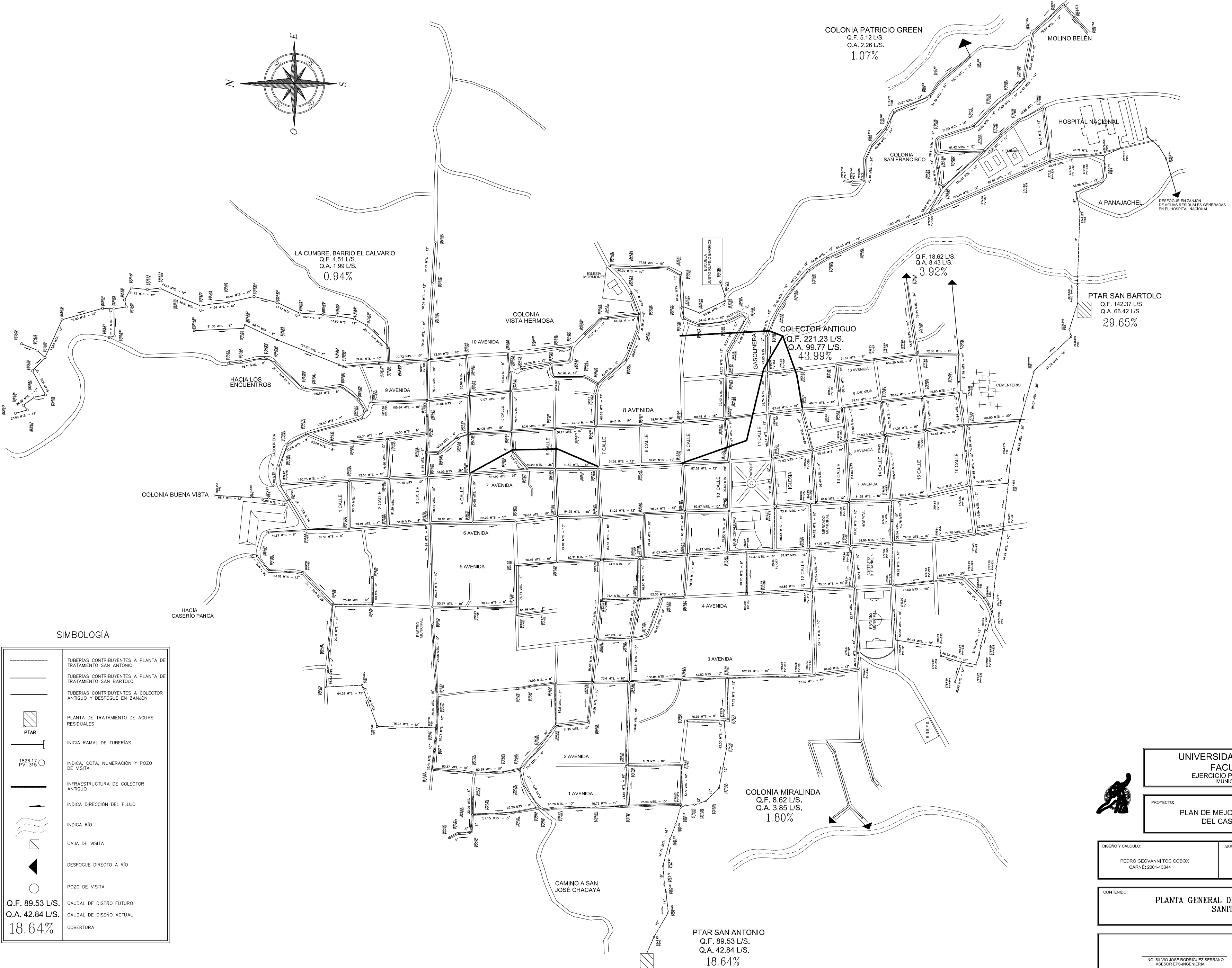
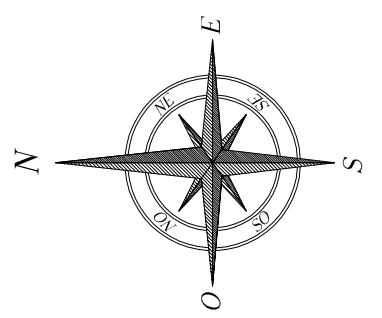
BIBLIOGRAFÍA:

1. Arriola Lemus, Job Moisés, Diseño de puente vehicular para la aldea el Pilar y drenaje sanitario para las colonias el Esfuerzo y la Unión, del municipio de la Democracia, Escuintla. Trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2005, 131 pág.
2. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio, Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2, trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1989, 133 pág.
3. Espinosa García, Carlos, **Manual de mantenimiento de los sistemas alcantarillado sanitario**, Nicaragua: s.e. 2005, 260 pág.
4. King, Horace. **Hidráulica**. 5 ed. México: Limusa y grupo Noriega, 1993. 354pp.
5. Giles, Ranald. **Mecánica de Fluidos e Hidráulica**. 3 ed. España: McGraw Hill, 1994. 420pp.
6. Franco, Alcides, Técnicas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, Bolivia 2002, 42 pág.
7. Pérez Jacobo, Oswaldo Antonio, Diseño de la red de alcantarillado sanitario para el caserío la Nueva Esperanza, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2003, 107 pág.
8. Sánchez de León, Ever Manolo, **Proyecto regional de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América latina**, estudio general de Sololá, Guatemala 2001, 40 pág.

APÉNDICES: Boletas de evaluación, planos del sistema existente y planos de las mejoras a implementar.

APÉNDICE 2: Boleta de evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura del alcantarillado existente.

Boleta de evaluación de riesgos sanitarios y deficiencias de infraestructura de pozos de visita de alcantarillado sanitario.		Calle: _____ Av: _____ Zona: _____ Descripción: _____	Evaluador: _____ Fecha: _____																																					
Generales del pozo																																								
1 ¿Existe basura en el pozo? 2 ¿Presenta rajaduras? 3 ¿Corre riesgo de colapso? 4 ¿Existen conexiones pluviales? 5 ¿El pozo de visita esta colmatado de arena? 6 ¿Presencia de Ratas? 7 ¿Existe manipulación de ajenos?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No	8 ¿Permite olores desagradables? 9 Ubicación / Propiedad: 10 ¿Esta Erosionado? 11 ¿Cercano a fuentes de agua? 12 ¿Permite labores mantenimiento?																																					
Características del pozo																																								
13 No. De tuberías que conecta el pozo? 14 Tipo de pozo? 15 Infraestructura: 16 Profundidad 17 Dimensiones 18 Materiales 19 Escaleras de acceso	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Unión</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">Pozo #</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Nueva</td> <td></td> <td>Inicio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Antigua</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Dímetro</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Unión		Pozo #			Nueva		Inicio					Antigua					Dímetro			20 Estado general: 21 Tiene Disipadores de energía? 22 Ubicación: Recomendaciones:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Bueno</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">Malo</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bueno		Malo														
Unión		Pozo #																																						
Nueva		Inicio																																						
		Antigua																																						
		Dímetro																																						
Bueno		Malo																																						
Tuberías																																								
1 Diámetro 2 Material 3 Estado 4 espesor de tubería 5 Cota Invert 6 Clasificación	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">T1</td> <td style="width: 20%;">T2</td> <td style="width: 20%;">T3</td> <td style="width: 20%;">T4</td> <td style="width: 20%;">T5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	T1	T2	T3	T4	T5																					7 Ramal a que pertenece: 8 ¿Ramal desfoga en cuerpos de agua? Recomendaciones:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Nuevo</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">Malo</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Si:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Nuevo		Malo		Si:							
T1	T2	T3	T4	T5																																				
Nuevo		Malo																																						
Si:																																								
Tapadera																																								
1 Tipo de tapadera 2 Materiales 3 Permite ingreso de agua de lluvia al pozo 4 Representa un riesgo a los peatones y vehículos? 5 Permite un fácil acceso? 6 Diámetro: 7 Dimensiones: 8 Estado general:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Redonda</td> <td style="width: 20%;">Cuadrada</td> <td style="width: 20%;">Tragante o Rejilla</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Redonda	Cuadrada	Tragante o Rejilla						Recomendaciones:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Bueno</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;">Malo</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bueno		Malo																										
Redonda	Cuadrada	Tragante o Rejilla																																						
Bueno		Malo																																						



SIMBOLOGÍA

	TUBERÍAS CONTRIBUYENTES A PLANTA DE TRATAMIENTO SAN ANTONIO
	TUBERÍAS CONTRIBUYENTES A PLANTA DE TRATAMIENTO SAN BARTOLO
	TUBERÍAS CONTRIBUYENTES A COLECTOR ANTIGUO Y DESFOQUE EN ZANJÓN
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	INICIA RAMAL DE TUBERÍAS
	INDICA COTA, NUMERACIÓN Y POZO DE VISITA
	INFRAESTRUCTURA DE COLECTOR ANTIGUO
	INDICA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA RÍO
	CAJA DE VISITA
	DESFOQUE DIRECTO A RÍO
	POZO DE VISITA
	CAUDAL DE DISEÑO FUTURO
	CAUDAL DE DISEÑO ACTUAL
	COBERTURA

Q.F. 89.53 L/S.
Q.A. 42.84 L/S.
18.64%

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008
MUNICIPALIDAD DE SOLEDAD, SOLEDAD

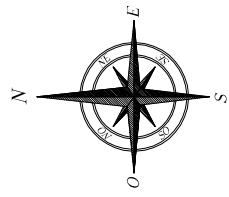
PROYECTO:
PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLEDAD, SOLEDAD.

DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GIOVANNI TOC COBOX CARNÉ: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: 1:5000 FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PGTC
--	---	---

CONTENIDO: PLANTA GENERAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE.	H.O.M. No. 1 / 11
--	----------------------

ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO
ASESOR EPS-INGENIERÍA

PEDRO GIOVANNI TOC COBOX
EPS-INGENIERÍA



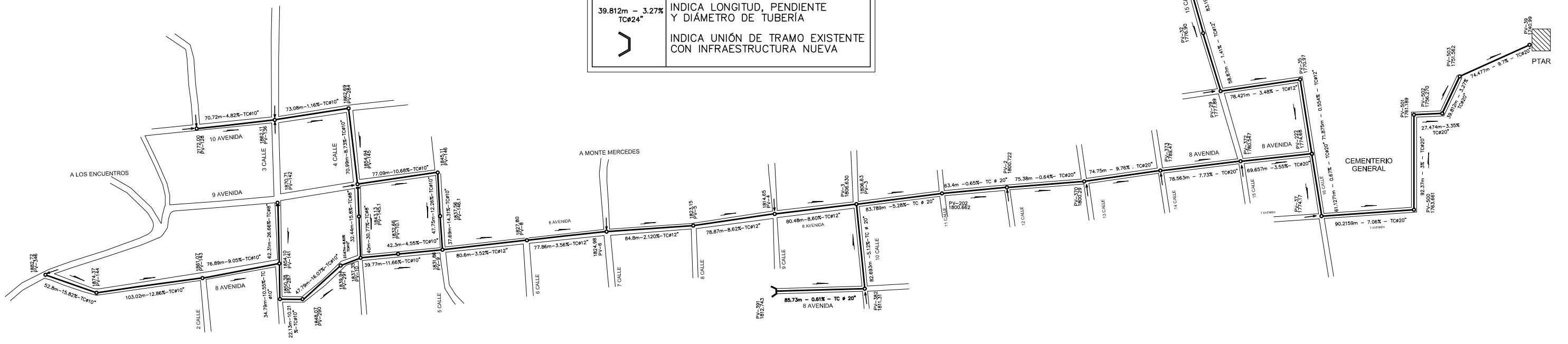
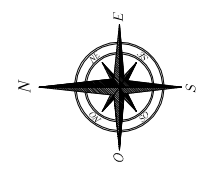
SIMBOLOGÍA

	POBLACIÓN CONTRIBUYENTE A PLANTA DE TRATAMIENTO SAN ANTONIO
	POBLACIÓN CONTRIBUYENTE A PLANTA DE TRATAMIENTO SAN BARTOLO
	POBLACIÓN CONTRIBUYENTE A COLECTOR ANTIGUO Y DESFOGUE EN ZANJÓN
	POBLACIÓN CON DESCARGA DIRECTA A RÍO
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PTAR	
Q.F. 89.53 L/S.	CAUDAL DE DISEÑO FUTURO
Q.A. 42.84 L/S.	CAUDAL DE DISEÑO ACTUAL
18.64%	COBERTURA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA <small>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLÁ, SOLOLÁ</small>		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.		
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEOVANNI TOC COBOX <small>CARNÉ: 2001-13344</small>	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: 1:8000 FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PGTC
CONTENIDO: PLANTA DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL CASO URBANO DE SOLOLÁ.		HOJA No: 2 / 11
<small>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS/INGENIERÍA</small>		<small>PEDRO GEOVANNI TOC COBOX EPS/INGENIERÍA</small>

SIMBOLOGÍA

	INDICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	PROYECCIÓN EN PERFIL DE POZO DE VISITA
	PROYECCIÓN EN PERFIL DE TUBERÍA DE CONCRETO
$S\% \text{ TN} = 3.59\%$	INDICA PENDIENTE DE TERRENO NATURAL
	PROYECCIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO EN PLANTA
	INDICA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE Y CAUDAL CONTRIBUYENTE
$\bigcirc \text{PV-35}$ 1770.97	INDICA NUMERACIÓN Y COTA DE POZO DE VISITA
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL CAUDAL
	INDICA POZO DE VISITA E INICIO DE TRAMO
$39.812\text{m} - 3.27\%$ $\text{TC}\#24"$	INDICA LONGITUD, PENDIENTE Y DIÁMETRO DE TUBERÍA
	INDICA UNIÓN DE TRAMO EXISTENTE CON INFRAESTRUCTURA NUEVA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008
 MUNICIPALIDAD DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

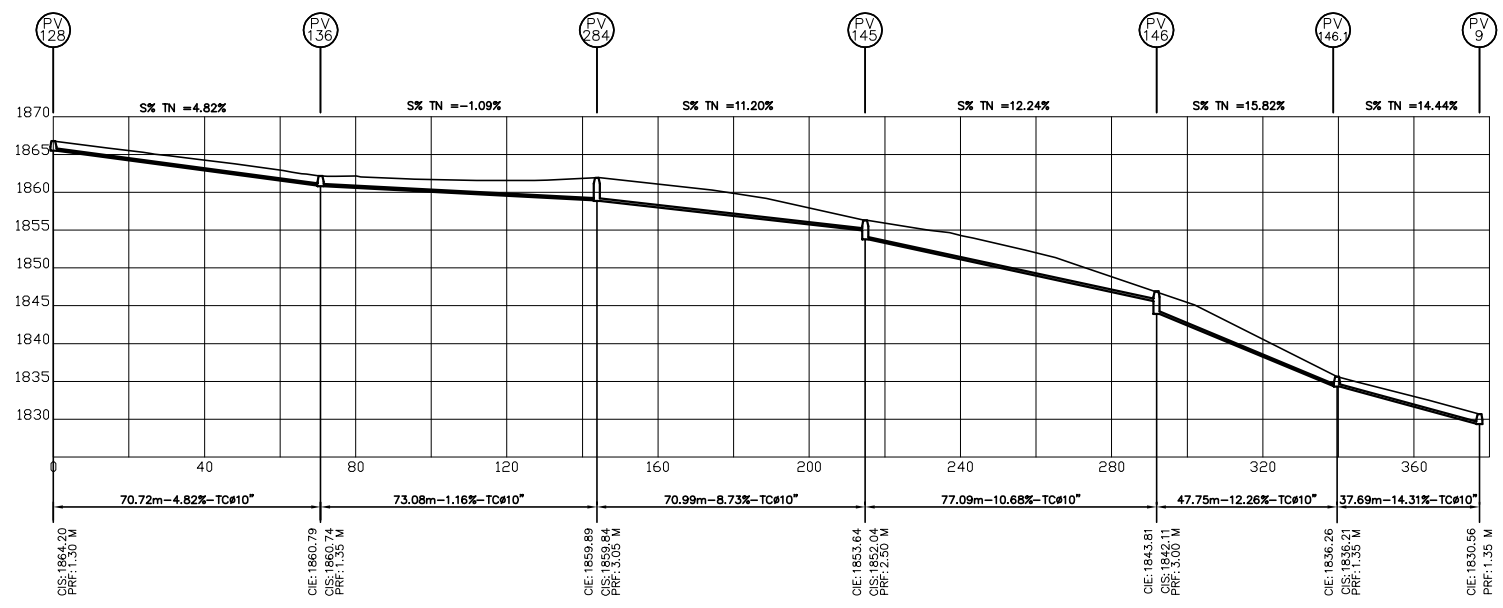
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEOVANNI TOC COBOX CARNE: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: 1:4000 FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PIGTC
--	---	--

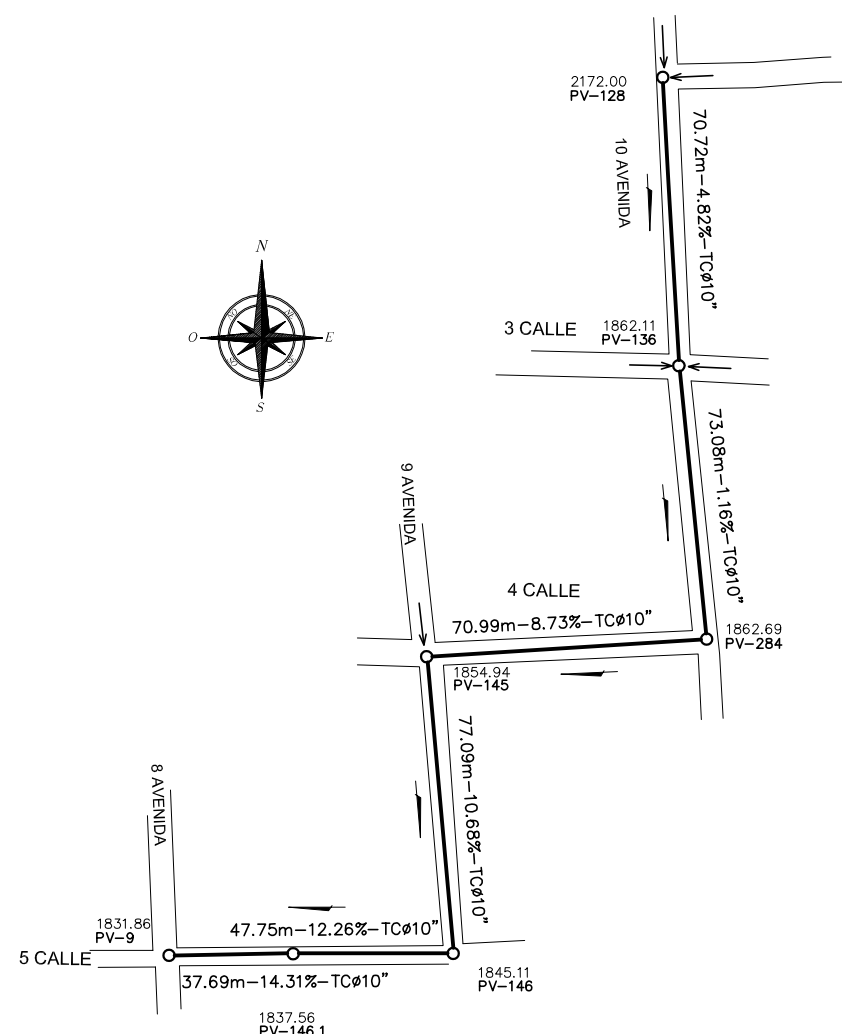
CONTENIDO: PLANTA GENERAL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR	HOJA N.º: 3 / 11
---	---------------------

ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO
 ASESOR EPS-INGENIERÍA

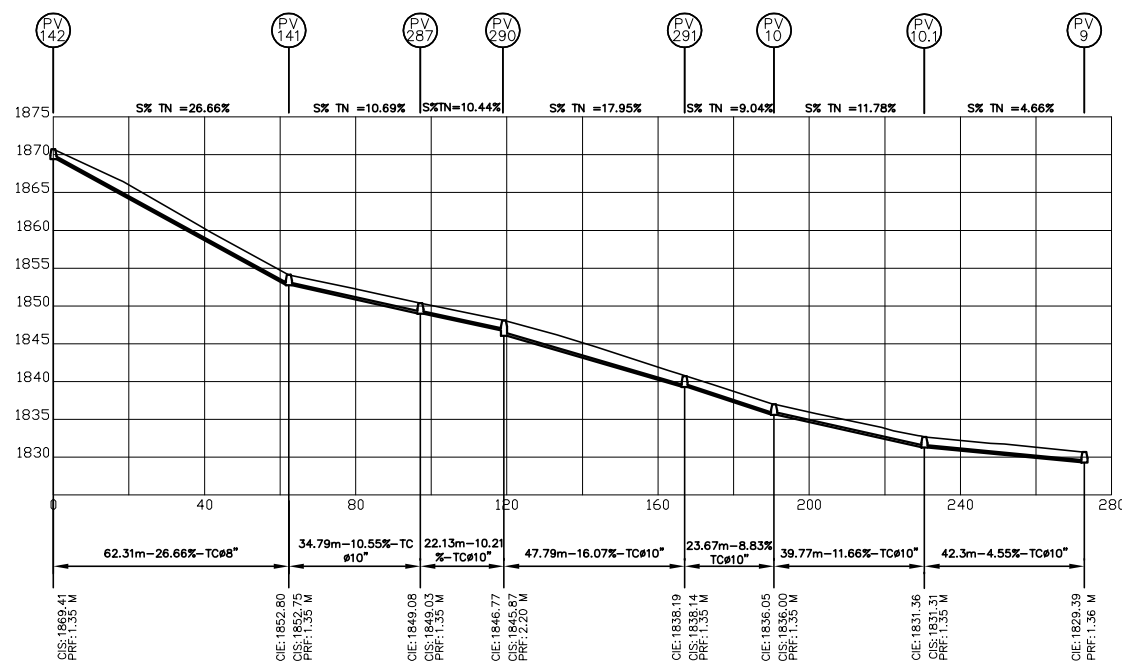
PEDRO GEOVANNI TOC COBOX
 EPS-INGENIERÍA



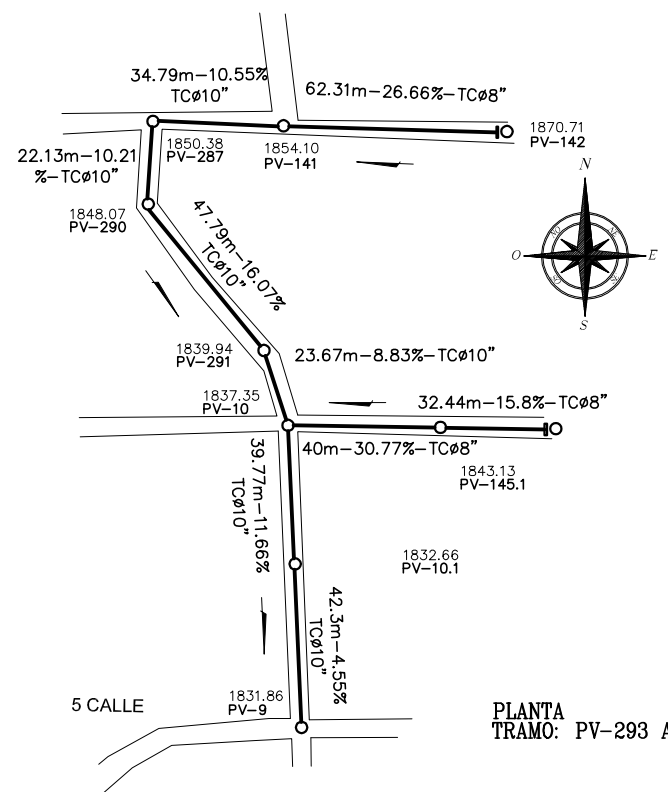
PERFIL
TRAMO: PV-128 A PV-9
ESCALA: H:1:2000 & V:1:1000



PLANTA
TRAMO: PV-128 A PV-9

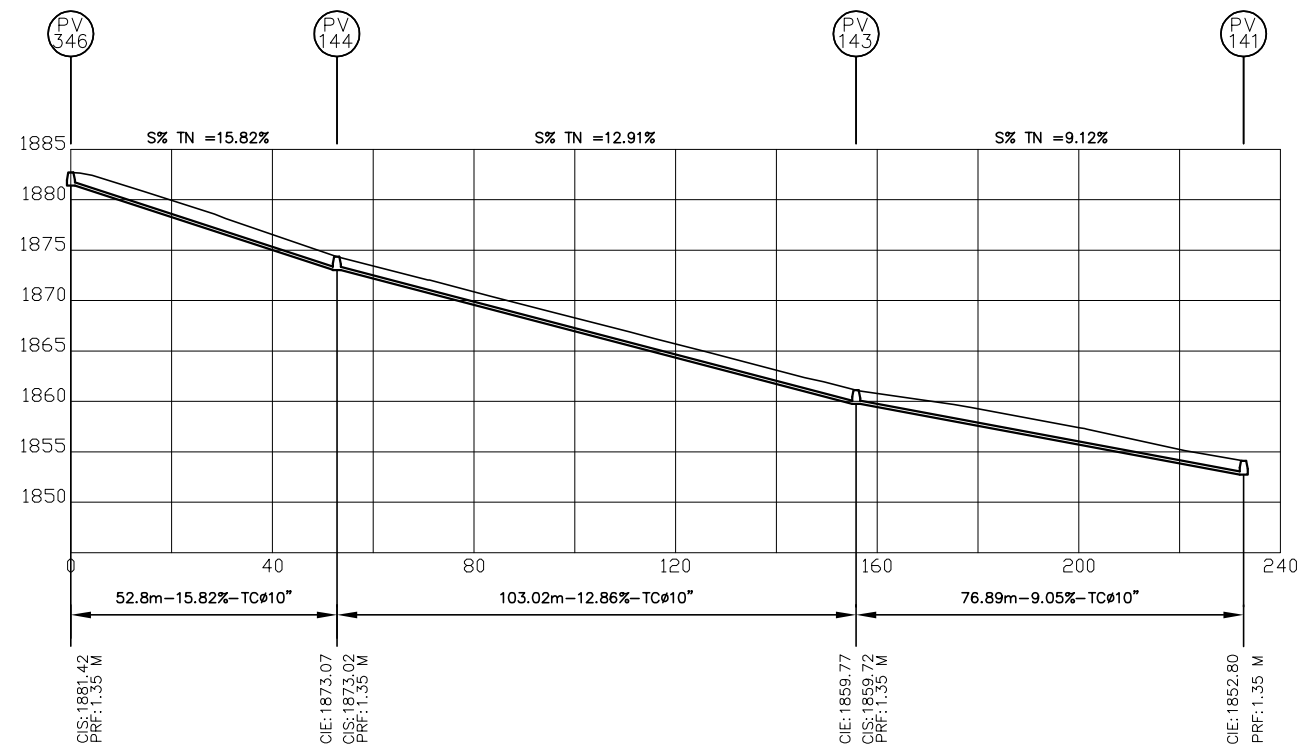


PERFIL
TRAMO: PV-293 A PV-9
ESCALA: H:1:2000 & V:1:1000

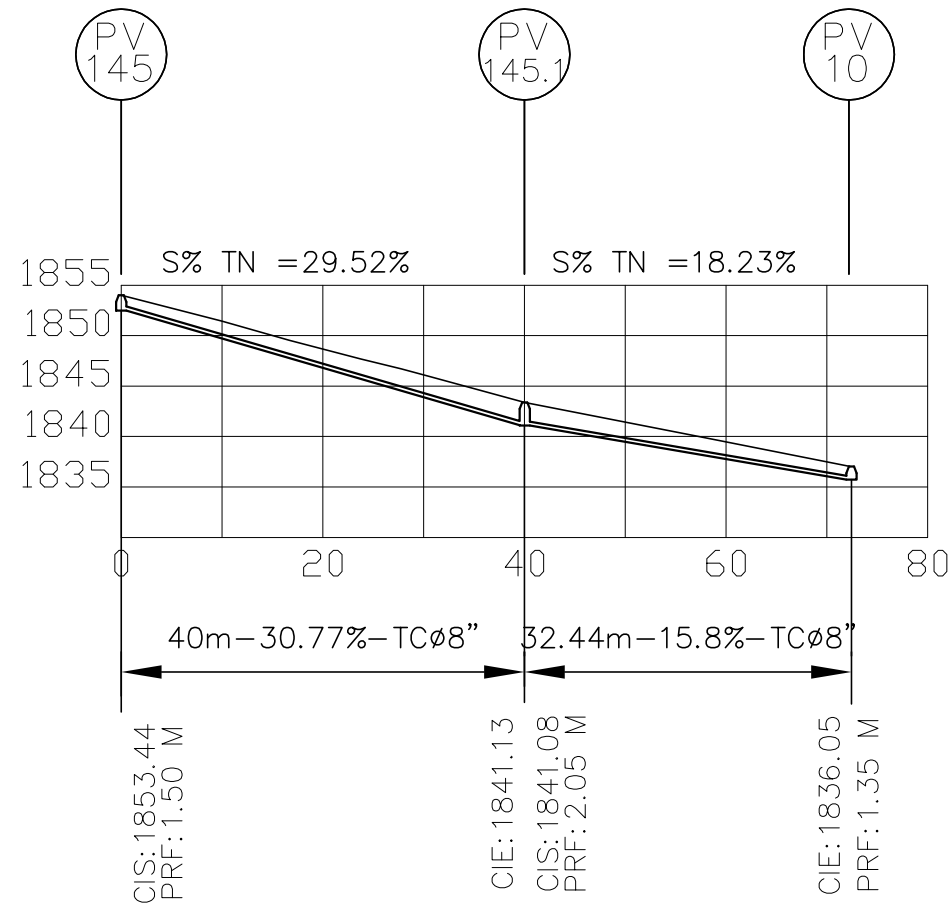


PLANTA
TRAMO: PV-293 A PV-9

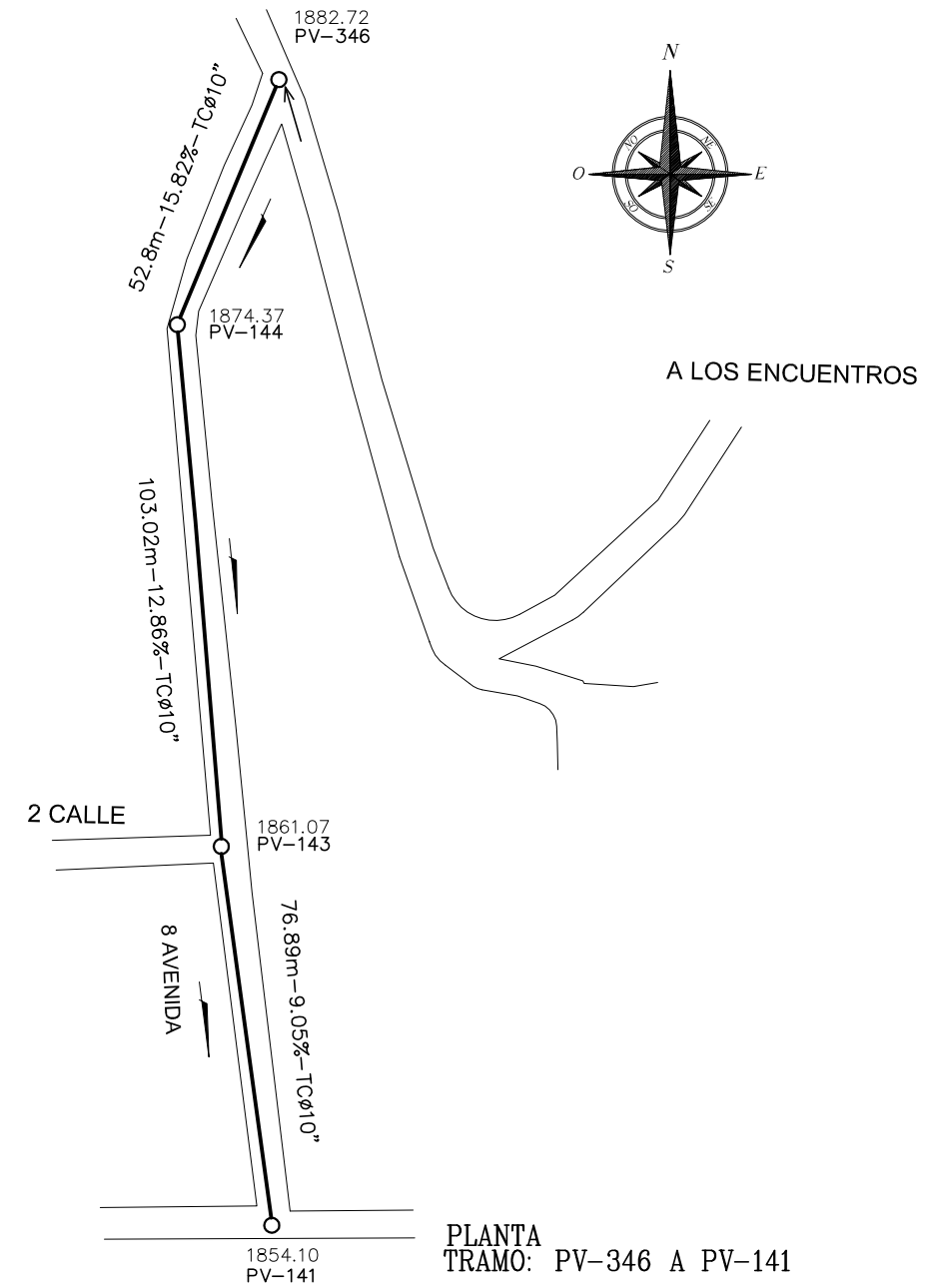
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLA, SOLOLA.		
DISEÑO Y CALCULO: PEDRO GIOVANNI TOC COBOX CARNE: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PIGTC
CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR		HOJA No. 4 11
ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS-INGENIERIA		PEDRO GIOVANNI TOC COBOX EPS-INGENIERIA



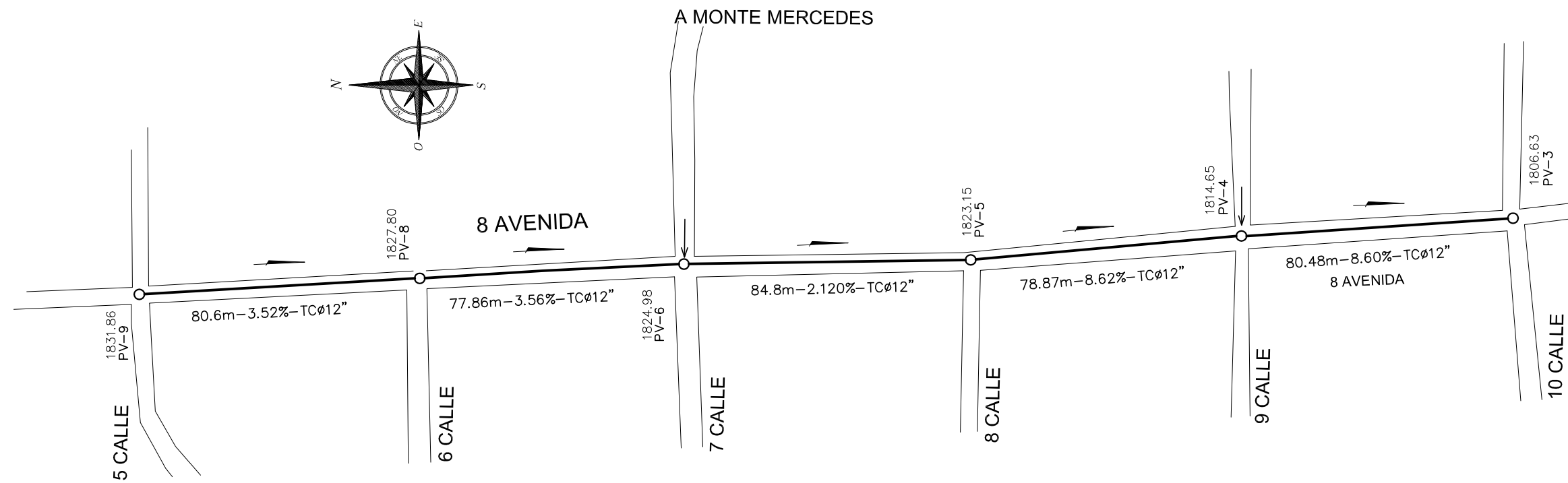
PERFIL
TRAMO: PV-346 A PV-141
ESCALA: H:1:1500 & V:1:1000



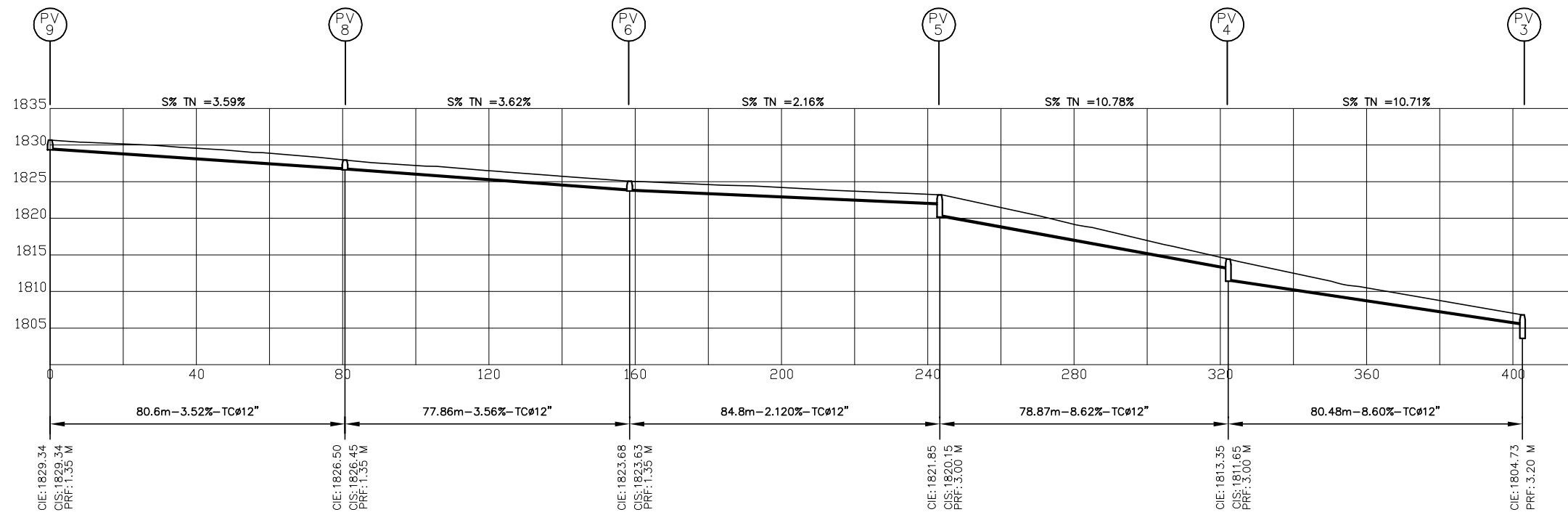
PERFIL
TRAMO: PV-145 A PV-10
ESCALA: H:1:750 & V:1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLA, SOLOLA.		
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEOVANNI TOC COBOX CARNE: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PIGTC
CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR		HOJA No. 5 / 11
ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS-INGENIERIA		PEDRO GEOVANNI TOC COBOX EPS-INGENIERIA

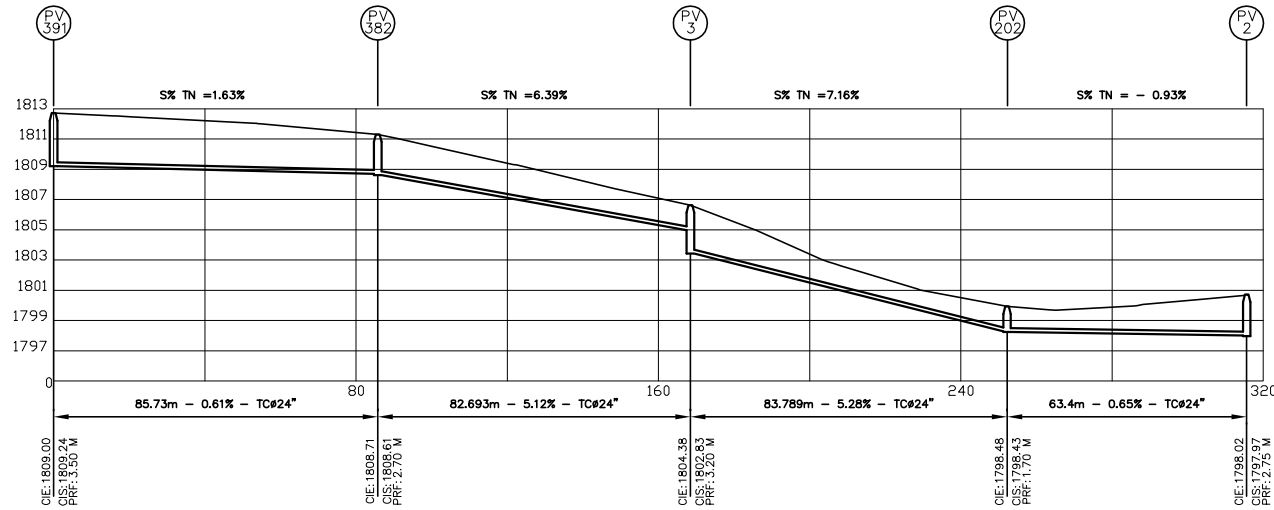


PLANTA
TRAMO: PV-9 A PV-3

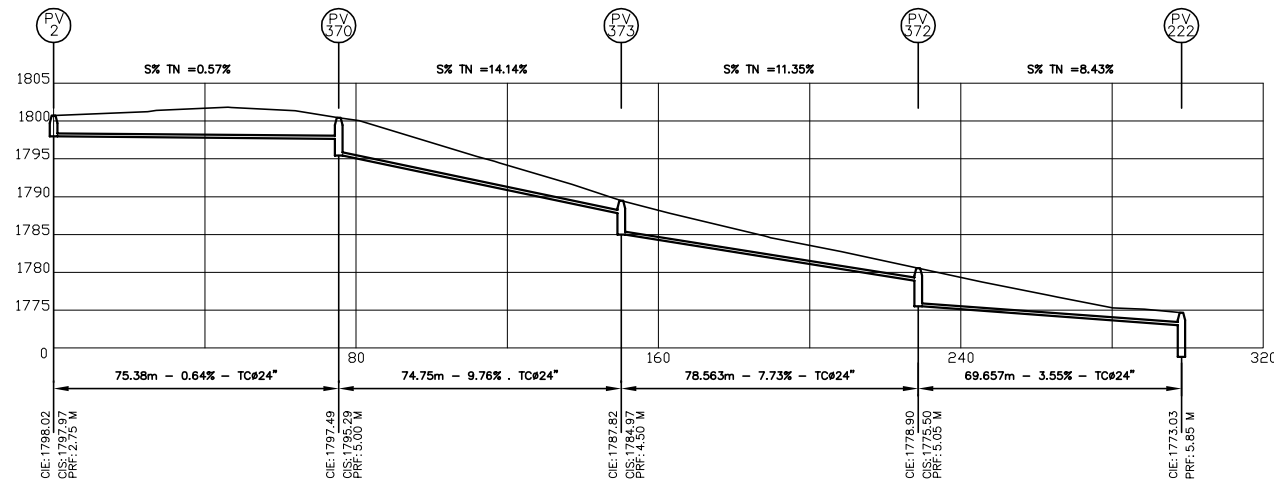


PERFIL
TRAMO: PV-9 A PV-3
ESCALA: H:1:1500 & V:1:1000

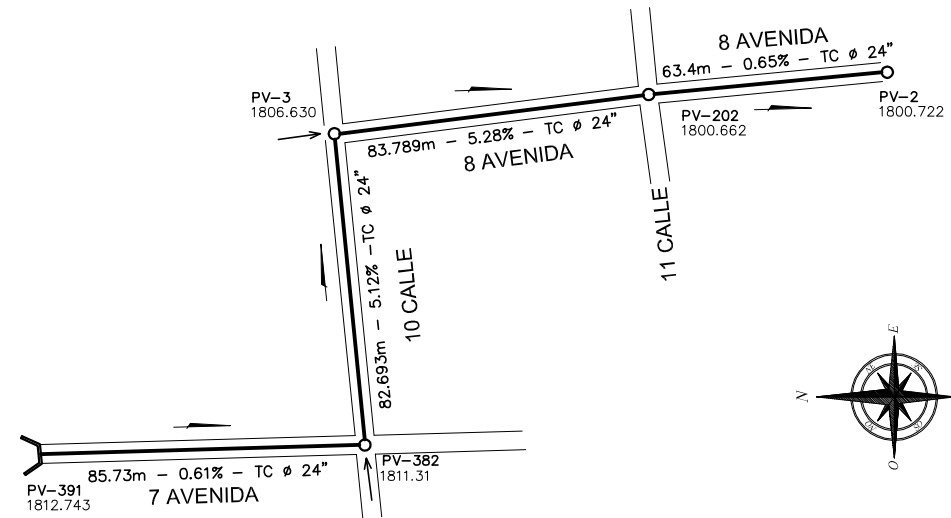
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.		
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEOVANNI TOC COBOX CARNE: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PIGTC
CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR		HOJA N.º: 6 / 11
ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS-INGENIERIA		PEDRO GEOVANNI TOC COBOX EPS-INGENIERIA



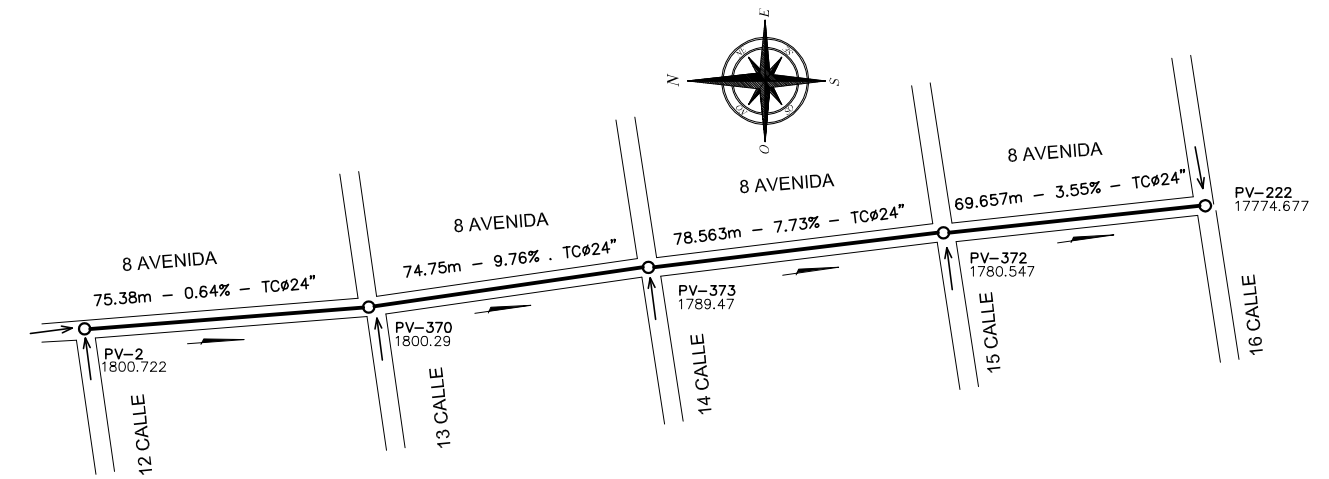
PERFIL
TRAMO: PV-392 A PV-2
ESCALA: H:1:2000 & V:1:500



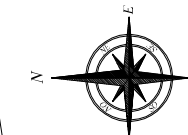
PERFIL
TRAMO: PV-2 A PV-222
ESCALA: H:1:2000 & V:1:1000



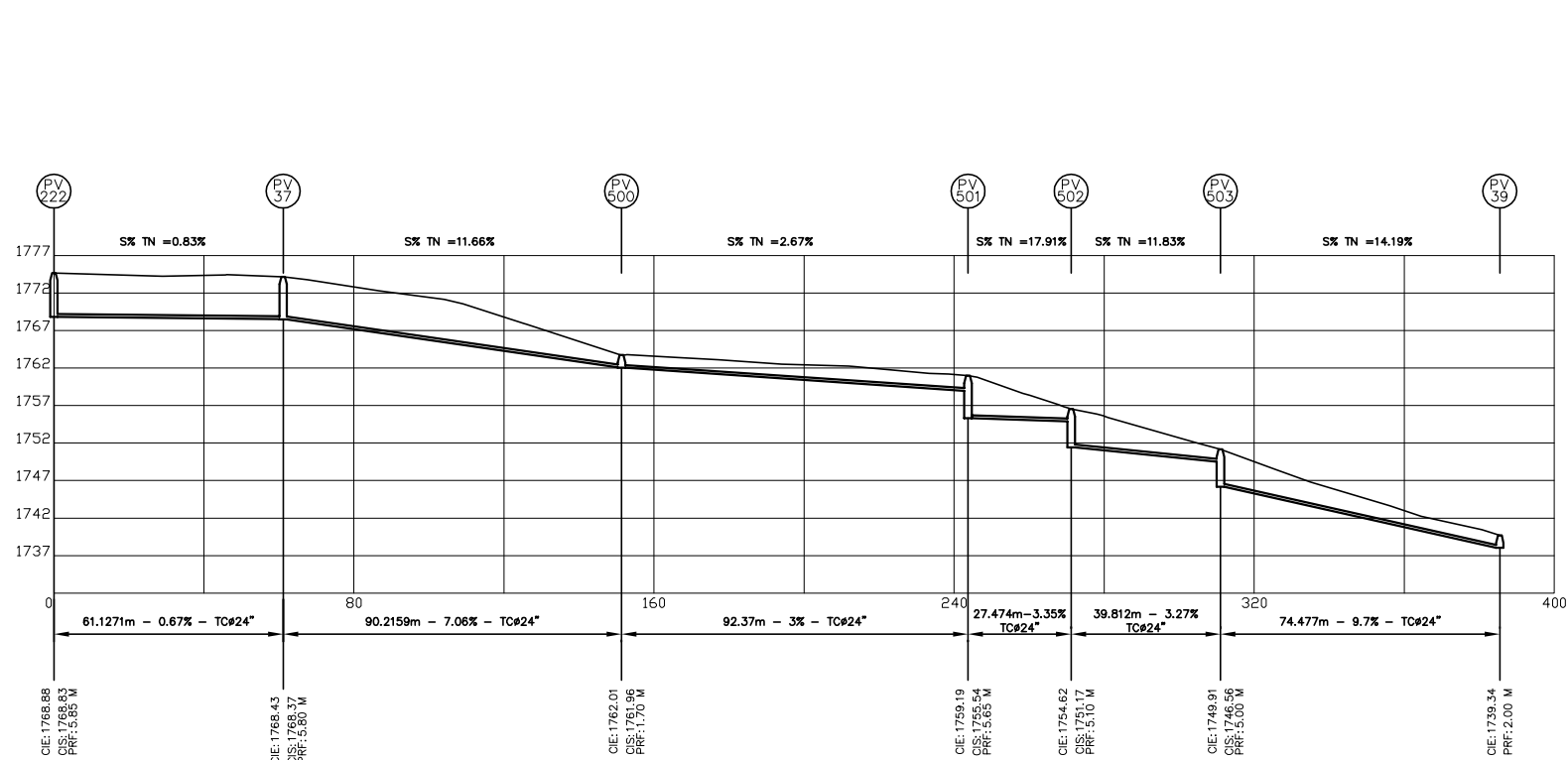
PLANTA
TRAMO: PV-392 A PV-2



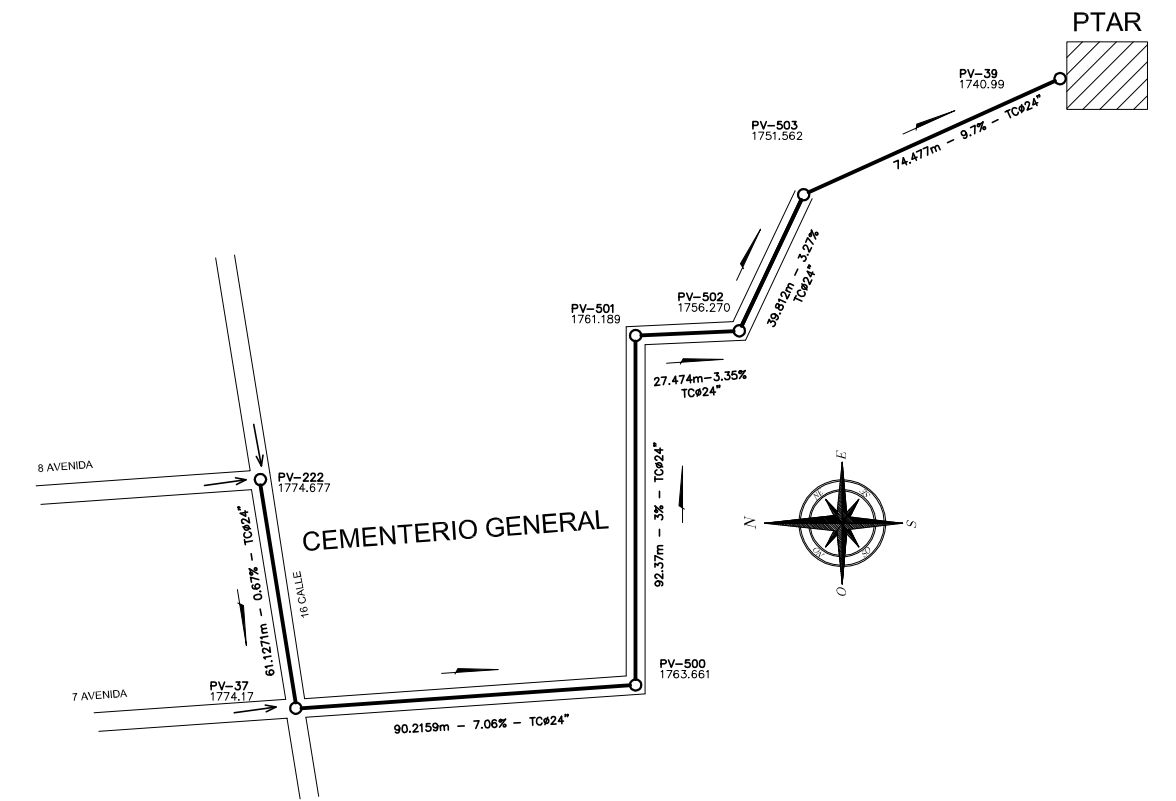
PLANTA
TRAMO: PV-2 A PV-222



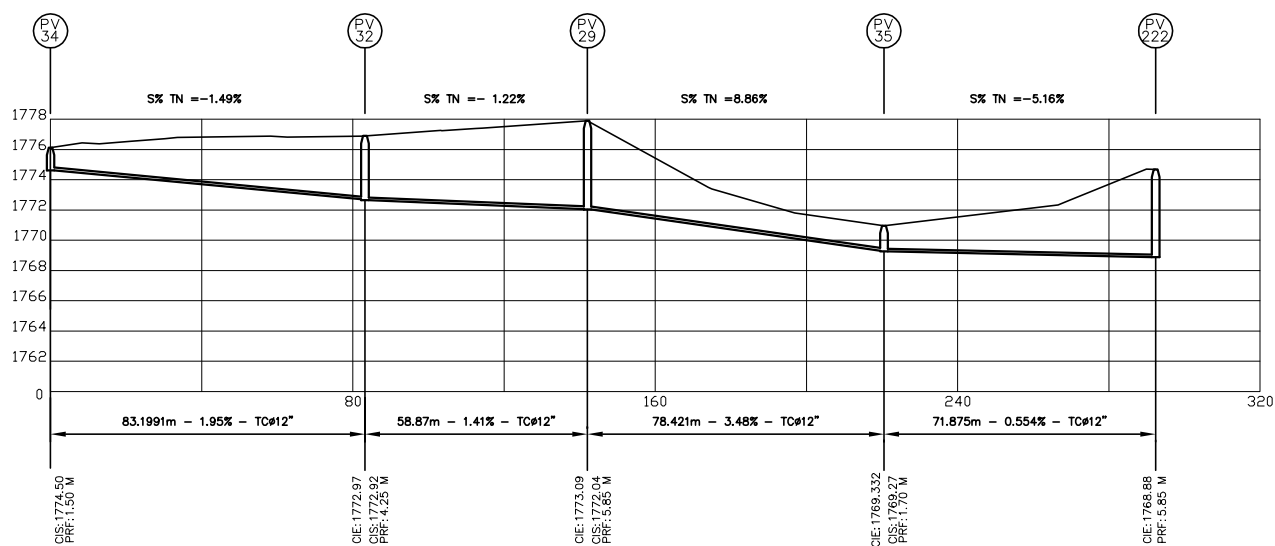
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA <small>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA</small>		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLA, SOLOLA.		
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GIOVANNI TOC COBOX <small>CARNE: 2001-13344</small>	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PGTC
CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR		HOJA No: 7 11
<small>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS/INGENIERIA</small>		<small>PEDRO GIOVANNI TOC COBOX EPS/INGENIERIA</small>



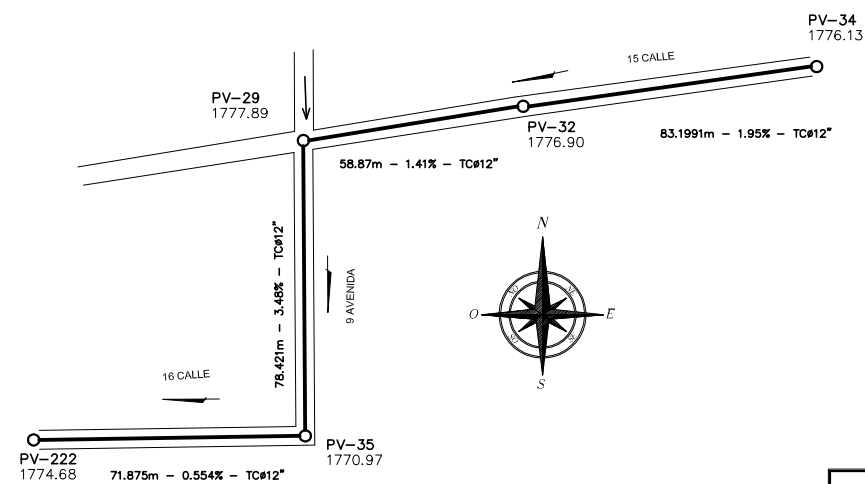
PERFIL
TRAMO: PV-222 A PV-39
ESCALA: H:1:2000 & V:1:1000



PLANTA
TRAMO: PV-222 A PV-39



PERFIL
TRAMO: PV-34 A PV-222
ESCALA: H:1:2000 & V:1:500



PLANTA
TRAMO: PV-34 A PV-222

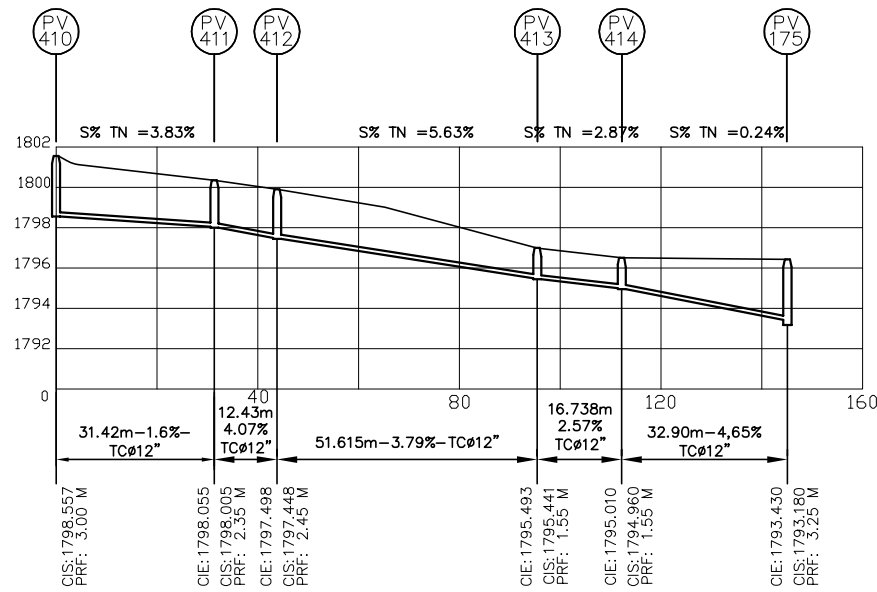
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLA, SOLOLA.

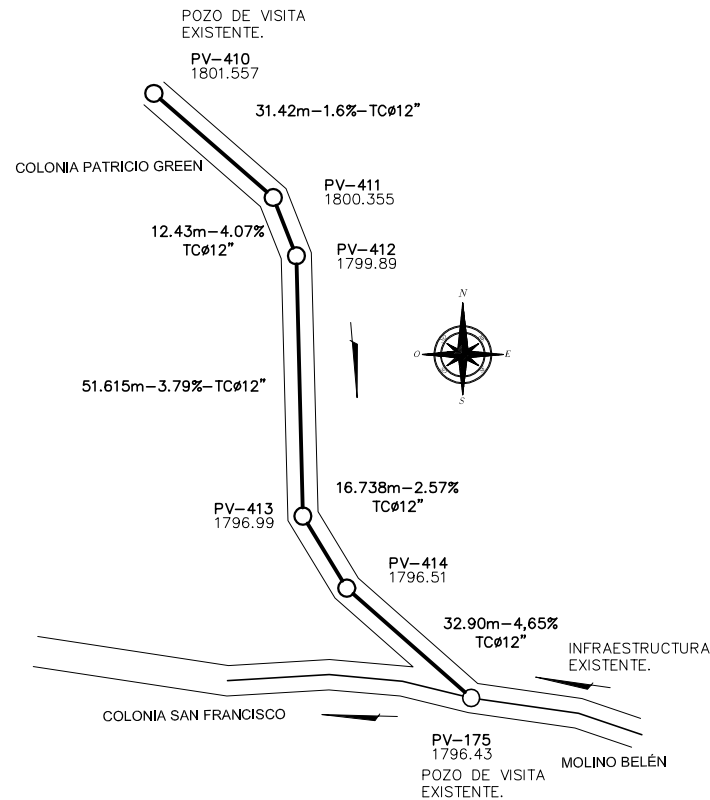
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEORRANI TOC COBOX CARNÉ: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PGTC
--	---	---

CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR	HOJA No. 8 / 11
---	--------------------

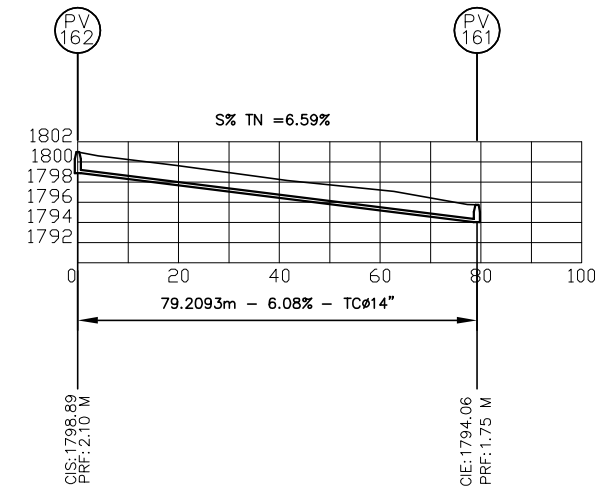
ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS-REGISTRADO	PEDRO GEORRANI TOC COBOX EPS-REGISTRADO
---	--



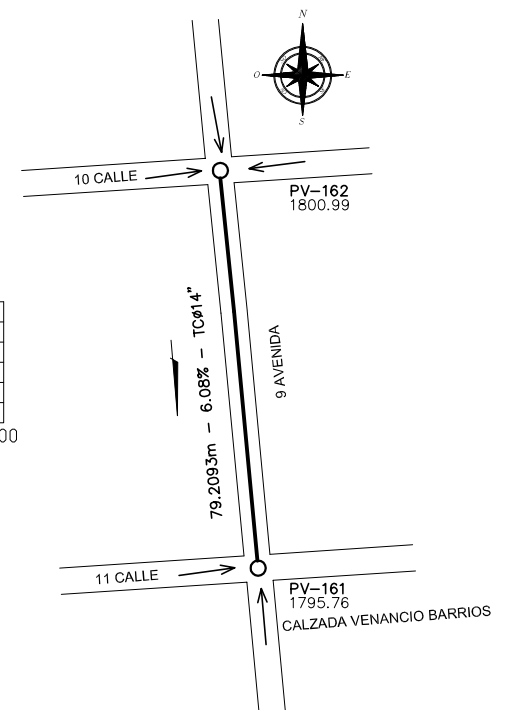
PERFIL
TRAMO: COLONIA PATRICIO GREEN
ESCALA: H:1:1500 & V:1:375



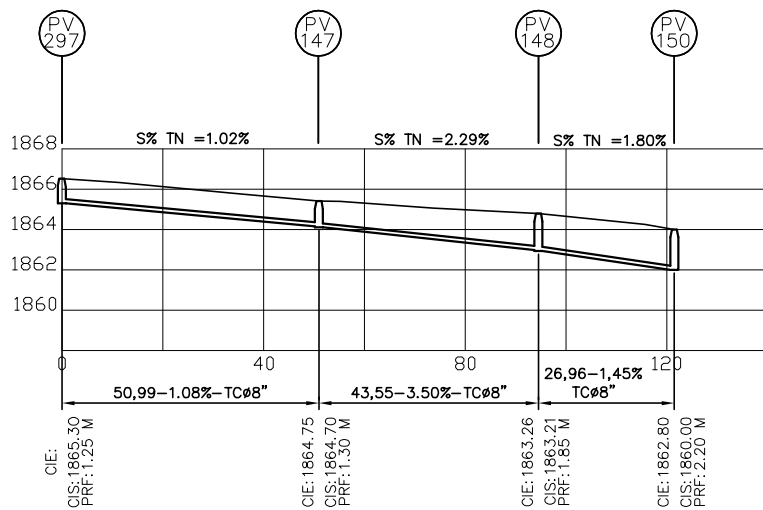
PLANTA
TRAMO: COLONIA PATRICIO GREEN



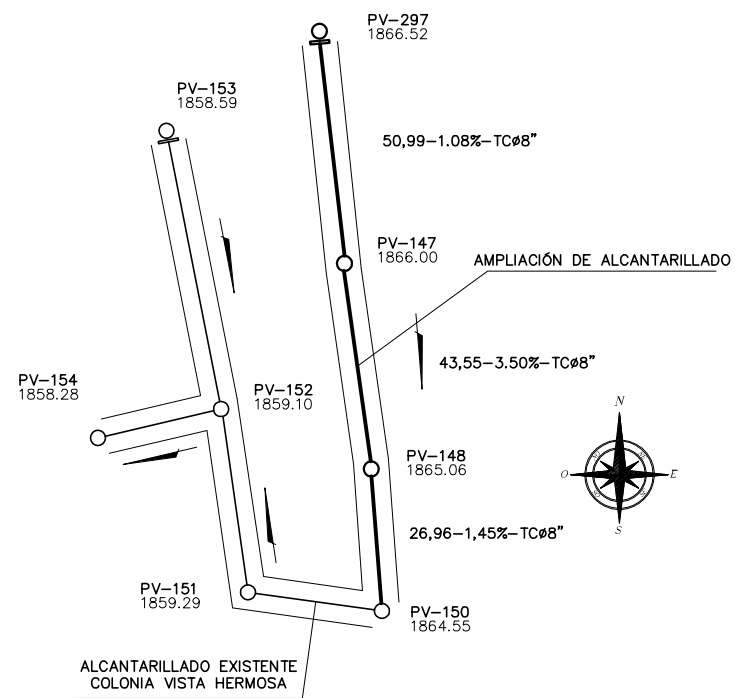
PERFIL
TRAMO: PV-162 A PV-161
ESCALA: H:1:1500 & V:1:750



PLANTA
TRAMO: PV-162 A PV-161

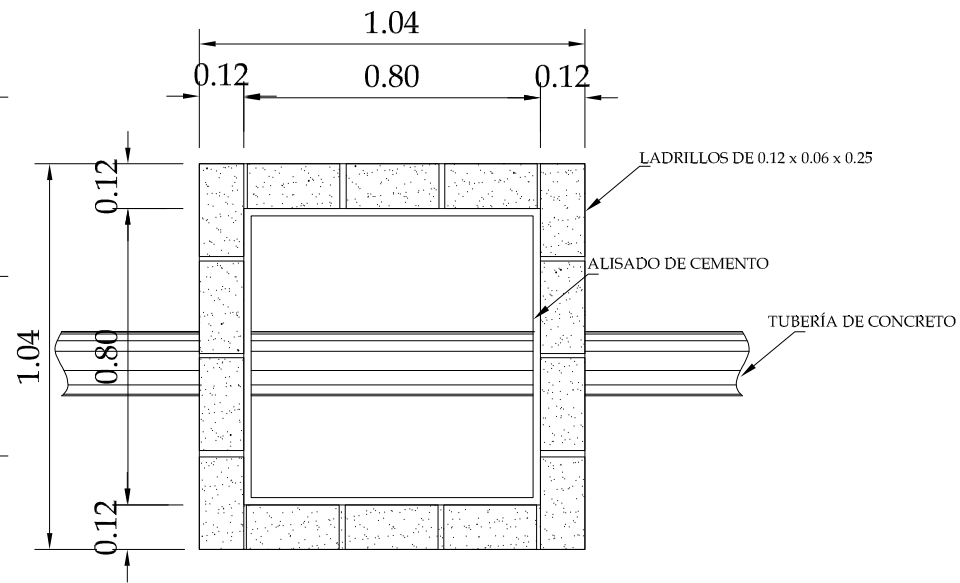


PERFIL
TRAMO: COLONIA VISTA HERMOSA
ESCALA: H:1:1500 & V:1:375

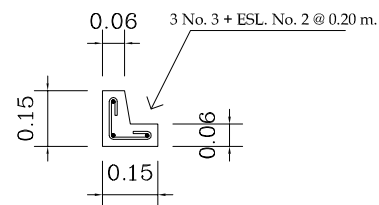


PLANTA
TRAMO: COLONIA VISTA HERMOSA

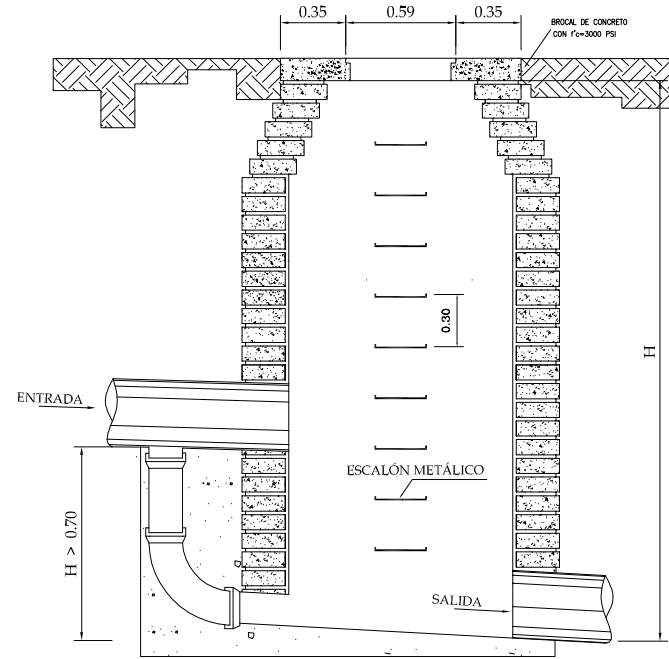
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008 MUNICIPALIDAD DE SOLOLÁ, SOLOLÁ		
PROYECTO: PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASCO URBANO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.		
DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GEOVANNI TOC COBOX CARNE: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 BRILLO: PGTC
CONTENIDO: PLATA Y PERFIL DE MEJORAS A IMPLEMENTAR		HOJA No: 9 11
ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO ASESOR EPS/INGENIERIA		PEDRO GEOVANNI TOC COBOX EPS/INGENIERIA



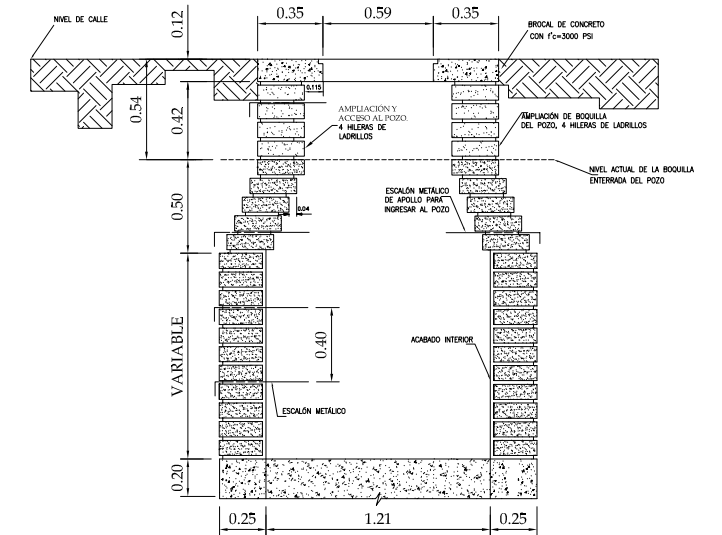
PLANTA DE CAJA DE VISITA.
ESCALA: 1:10



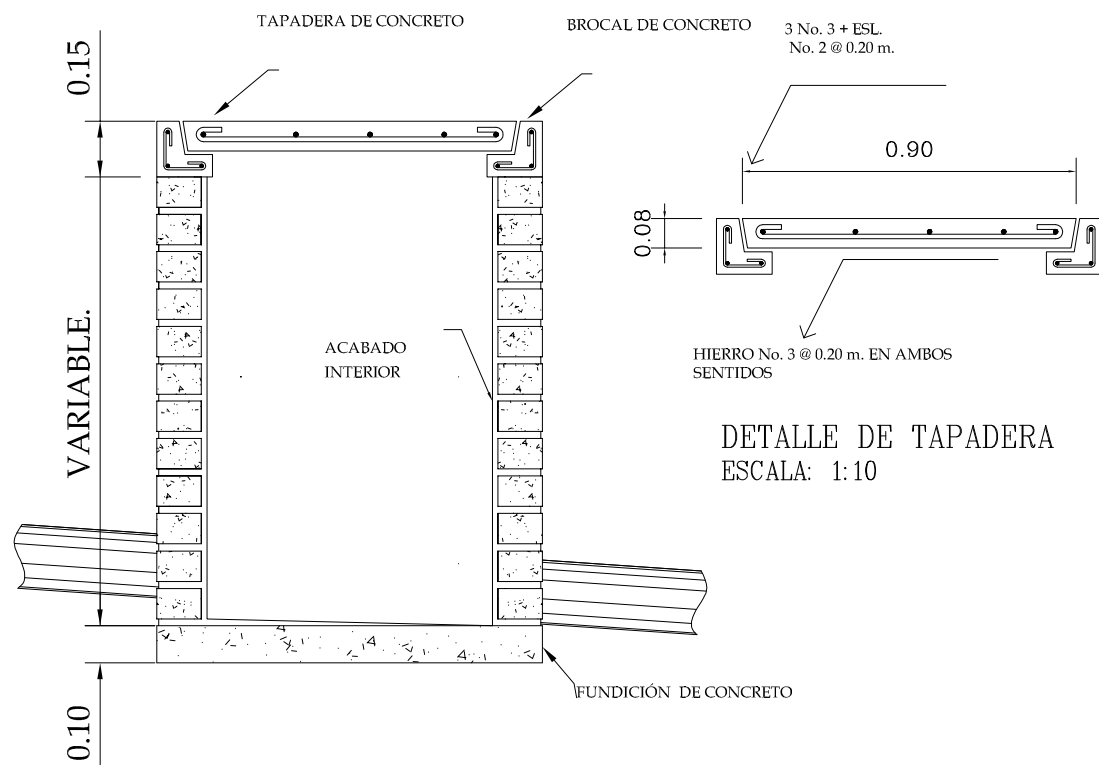
DETALLE DE BROCAL.
ESCALA: 1:10



SECCIÓN B-B'
POZO DE VISITA CON ESTRUCTURA DE CAÍDA.
ESCALA: 1:20

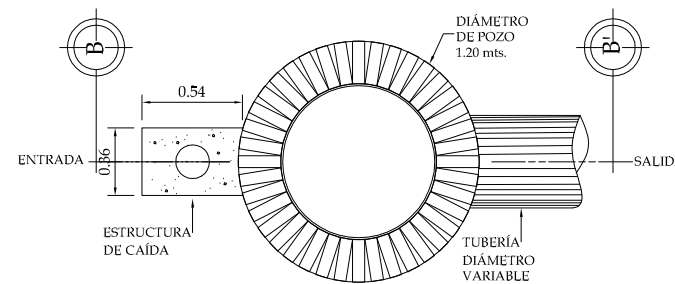


SECCIÓN TRANSVERSAL DE AMPLIACIÓN
DE POZO DE VISITA ENTERRADO.
ESCALA: 1:20



SECCIÓN TRANSVERSAL DE CAJA DE VISITA.
ESCALA: 1:10

DETALLE DE TAPADERA
ESCALA: 1:10



PLANTA DE POZO DE VISITA CON ESTRUCTURA DE CAÍDA.
ESCALA: 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS 2008
MUNICIPALIDAD DE SOLOLÁ, SOLOLÁ

PROYECTO:
PLAN DE MEJORAS PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO
DEL CASCO URBANO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ.

DISEÑO Y CÁLCULO: PEDRO GIOVANNI TOC COBOX CARNÉ: 2001-13344	ASESOR: ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO	ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO 2008 DIBUJO: PGTC
--	---	---

CONTENIDO: DETALLES VARIOS	HOJA No. 11 12
-------------------------------	----------------------

ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO
ASESOR EPS-INGENIERÍA

PEDRO GIOVANNI TOC COBOX
EPS-INGENIERÍA

