



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA,
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA**

Ing. José Pablo Cuéllar Ronquillo

Asesorado por el MSc. Ing. Juan Carlos Duarte Díaz

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA,
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JOSÉ PABLO CUÉLLAR RONQUILLO
ASESORADO POR EL MSC. ING. JUAN CARLOS DUARTE DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO
MUNICIPAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

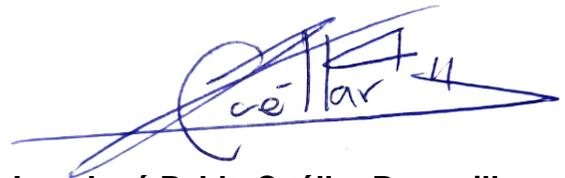
DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADORA	Mtra. Licda. Karen Marleni Ortiz López
EXAMINADORA	Mtra. Arq. Débora Nefertiti Moctezuma Mérida
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA,
MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 13 de noviembre de 2020.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'C' followed by 'uéllar' and a horizontal line extending to the right.

Ing. José Pablo Cuéllar Ronquillo

LNG.DECANATO.OI.635.2023

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA**, presentado por: **Ing. José Pablo Cuéllar Ronquillo**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, septiembre de 2023

JFGR/gaoc



Guatemala, septiembre de 2023

LNG.EEP.OI.635.2023

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA”

presentado por **Ing. José Pablo Cuéllar Ronquillo** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería para el desarrollo municipal** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 31 de mayo de 2023

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA.** del estudiante **José Pablo Cuéllar Ronquillo** quien se identifica con número de carné **201443373** del programa de Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014.** Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal
Escuela de Estudios de Postgrado

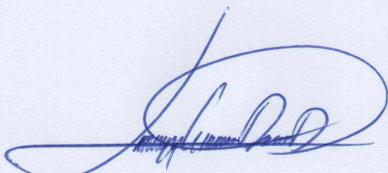
Guatemala, 31 de mayo de 2023

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA."** del estudiante **José Pablo Cuéllar Ronquillo** del programa de **Maestría En Ingeniería Para El Desarrollo Municipal** identificado(a) con número de carné 201443373.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



JUAN CARLOS DUARTE DÍAZ
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO NO. 13,043

Mtro. Ing. Juan Carlos Duarte Díaz
Colegiado No. 13043
Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme dado vida y bendecirme toda mi carrera y poner en mi camino a buenas personas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser mi casa de estudios durante estos años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Marco conceptual	2
1.3. Marco legal.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Saneamiento y drenajes	11
2.2. Conceptos teóricos para el diseño del sistema de alcantarillado Sanitario	12
2.3. Levantamiento topográfico	13
2.4. Diseño hidráulico	14
2.5. Criterios de diseño	14
2.6. Tratamiento de aguas residuales	15
2.7. Financiamiento del proyecto.....	16

3.	MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SANTA.....	19
3.1.	Antecedentes históricos	19
3.2.	Aspectos físicos	21
3.2.1.	Ubicación y localización	22
3.2.2.	Población actual	24
3.2.3.	Topografía	25
3.2.4.	Clima	26
3.2.5.	Límites y colindancias	27
3.2.6.	Idioma	28
3.3.	Aspectos de infraestructura	28
3.3.1.	Vías de acceso.....	28
3.3.2.	Servicios públicos.....	29
3.3.3.	Educación.....	29
3.3.4.	Salud	30
3.3.5.	Transporte.....	31
3.3.6.	Alcantarillado sanitario	32
3.3.7.	Agua entubada	32
3.4.	Aspectos socioeconómicos	33
3.4.1.	Origen de la comunidad	34
3.4.2.	Actividades económicas	34
3.4.3.	Etnia, religión y costumbre	35
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA.....	37
4.1.	Descripción del proyecto.....	37
4.2.	Levantamiento topográfico	38
4.2.1.	Altimetría	39
4.2.2.	Planimetría	39

4.3.	Población actual	40
4.4.	Descripción del sistema a utilizar	40
4.5.	Diseño del sistema	41
4.5.1.	Período de diseño.....	43
4.5.2.	Población de diseño	43
4.5.3.	Dotación	44
4.5.4.	Caudal sanitario.....	44
4.5.4.1.	Caudal domiciliar	45
4.5.5.	Factor de retorno	45
4.5.5.1.	Caudal comercial.....	46
4.5.5.2.	Caudal industrial.....	47
4.5.5.3.	Caudal por infiltración	47
4.5.5.4.	Caudal por conexiones ilícitas	49
4.5.6.	Método racional	49
4.5.6.1.	Caudal medio	50
4.5.6.2.	Factor de caudal medio	50
4.5.6.3.	Factor de Harmond.....	51
4.5.6.4.	Factor de caudal máximo	51
4.5.6.5.	Caudal de diseño.....	52
4.5.6.6.	Caudal unitario	52
4.5.7.	Velocidades máximas y mínimas.....	53
4.5.8.	Diámetro de tuberías	55
4.5.8.1.	Tipo de tuberías.....	55
4.5.8.2.	Profundidad de las tuberías.....	56
4.5.9.	Pozos de visita.....	57
4.5.10.	Ancho de zanja	59
4.5.11.	Volumen de excavación.....	60
4.5.12.	Conexiones domiciliarias.....	61
4.5.13.	Desfogue	62

4.5.14.	Fundamentos hidráulicos	62
4.5.15.	Ejemplos de diseño de un tramo	63
4.5.16.	Ejemplos de fundamentos hidráulicos	64
4.6.	Presupuesto	66
4.6.1.	Integración de costos unitarios	68
4.7.	Evaluación de impacto ambiental.....	68
4.8.	Evaluación socioeconómica	72
4.8.1.	Valor presente neto	72
4.8.2.	Tasa interna de retorno	74
4.9.	Especificaciones técnicas	75
4.10.	Planos constructivos	76
5.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
5.1.	Generalidades	79
5.2.	Resultados	79
5.2.1.	Levantamiento topográfico	80
5.2.2.	Período de diseño	81
5.2.3.	Población de proyecto	81
5.2.4.	Caudal sanitario	81
5.2.5.	Diseño hidráulico.....	82
5.2.6.	Presupuesto	86
5.3.	Evaluación ambiental	86
5.4.	Manual de operación y mantenimiento.....	88
5.4.1.	Generalidades	89
5.4.2.	Objetivos del manual de operación y mantenimiento.....	89
5.4.3.	Definiciones importantes	90
5.4.4.	Personal	90
5.4.5.	Identificación de problemas.....	91

5.4.6.	Procesos a seguir para habilitar el sistema	92
5.4.7.	Inspección de pozos de visita y actividades de mantenimiento	93
5.4.8.	Inspección de conexiones domiciliarias y actividades de mantenimiento	94
5.4.9.	Equipo y herramientas	94
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES		99
REFERENCIAS		101
APÉNDICES		105
ANEXOS		135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Municipios del departamento de Chiquimula	22
Figura 2.	Ubicación aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula	24
Figura 3.	Centro de salud Santa Elena, municipio de Chiquimula	31
Figura 4.	Componentes de los pozos de visita	59
Figura 5.	Características de una zanja	60

TABLAS

Tabla 1.	Cobertura del servicio de agua, municipio de Chiquimula	33
Tabla 2.	Resumen parámetros de diseño del sistema de drenajes sanitario	42
Tabla 3.	Resultados caudal sanitario diseño	53
Tabla 4.	Resultados caudal sanitario tramo PV1 – PV2	65
Tabla 5.	Presupuesto sistema de alcantarillado sanitario aldea Santa Elena.....	67
Tabla 6.	Resumen evaluación de impactos ambientales, fase de construcción	69
Tabla 7.	Resumen evaluación de impactos ambientales, fase de operación	70
Tabla 8.	Gastos/Ingresos de operación	73
Tabla 9.	Resumen de especificaciones generales.....	75
Tabla 10.	Resumen información resultados red tubería	83
Tabla 11.	Síntesis de los resultados aspectos relevantes de diseño.....	87

Tabla 12. Principales actividades de mantenimiento preventivo 92

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Q	Caudal
CT	Cota de terreno
d	Día
h	Hora
L	Litros
L/hab/día	Litros habitantes día
m	Metro
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria
T	Tiempo
U	Unidad

GLOSARIO

Aguas subterráneas

Es el agua que ocupa todos los vacíos dentro del estrato geológico conocido como subsuelo comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático, que se encuentra en la zona de saturación y que alimenta pozos, manantiales y escorrentía subterránea.

Aguas superficiales

Es el agua procedente de la lluvia y el deshielo que discurre con rapidez sobre el suelo y alimenta arroyos, charcas y ríos. Esta agua constituye la escorrentía superficial, que proporciona la mayor parte del agua utilizada.

Área rural

Lugares poblados que, no siendo cabeceras municipales, colonias o condominios, tienen más de 2,000 habitantes, pero el 49 % o más de los hogares carece de energía eléctrica y agua por tubería, así como todas las aldeas, caseríos, parajes y cualquier otro centro poblado menor de 2,000 habitantes, así como la población dispersa.

Área urbana	Ciudades, villas y pueblos (cabeceras departamentales y municipales) u otros lugares poblados que tengan la categoría de colonia o condominio y aquellos mayores de 2,000 habitantes, siempre que en ellos el 51 % o más de los hogares disponga de alumbrado con energía eléctrica y de agua por tubería -chorro - dentro de sus locales de habitación -viviendas-.
Casco urbano	Conjunto de edificios agrupados de una población.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Diagnóstico	Examen de una cosa, de un hecho o de una situación para realizar un análisis, para buscar una solución a sus problemas o dificultades.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Manto freático	Depósitos de agua subterránea que se filtran a través de la capa permeable de la corteza terrestre.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

RESUMEN

Esta investigación pertenece a la línea de infraestructura y servicios municipales en la sub línea de selección y priorización de proyectos municipales y/o de mancomunidades de la maestría en ingeniería para el desarrollo municipal.

El trabajo de graduación presenta el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, los planos y presupuesto del mismo. Este se realizó de acuerdo a las necesidades de la población y la planificación de la Municipalidad.

Para esto fue necesario generar la información básica realizando trabajo de campo en la aldea, así como la aplicación de criterios técnicos y especificaciones relacionadas con el diseño de sistemas de alcantarillado, de manera que funcione de manera adecuada, garantizando la conducción y disposición final adecuada de las aguas residuales. Para el manejo de la información y los cálculos realizados, así como la elaboración de los planos del sistema, se elaboró hoja electrónica de cálculo con el programa Excel, lo que sirvió de base para el análisis, conclusiones y recomendaciones realizados.

El sistema de alcantarillado tiene una longitud total de 1.2957 km y un costo total de Q. 1.839,564.32, incluye obras complementarias como pozos de visita y conexiones domiciliarias, se propone utilizar tubería de PVC de 6 y 8 pulgadas.

Para optimizar el funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, se recomienda concientizar a los vecinos de la aldea Santa Elena sobre el uso adecuado del sistema, dando a conocer recomendaciones para evitar la obstrucción de los colectores. También se elaboró un Manual de operación y mantenimiento dirigido a los operadores del sistema, que facilite sus actividades lo que garantiza la vida útil del sistema.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Por la carencia de un sistema de evacuación de aguas servidas en la aldea Santa Elena, éstas están evacuándose de una manera inadecuada hacia el medio natural, las cuales pueden entrar en contacto con las personas y afectar su salud. En la actualidad el sistema de evacuación de aguas servidas es un servicio básico que debe tener cada población ya que, al contar con dicho servicio, este puede mejorar significativamente la salubridad de la población que allí vive.

Al no dar una solución sanitaria a dicha comunidad, ocasionará problemas de diferente índole tales como: disminución del desarrollo de la población, aumento de enfermedades infecciosas y gastrointestinales, debido al contacto que los habitantes tienen con las aguas servidas. Sus consecuencias se manifiestan especialmente en la salud de los más vulnerables que son los niños ya que ellos juegan en los terrenos donde se evacuan dichas aguas.

El manejo inadecuado de aguas residuales en la aldea Santa Elena, Chiquimula, departamento de Chiquimula es un problema que ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente (ambiente insalubre), afectan la salud de la población y el ornato de la comunidad. Es causado principalmente por el crecimiento poblacional, escasez de inversión pública, la ausencia de infraestructura en drenaje y alcantarillado.

Debido a lo descrito anteriormente se plantea la incógnita general:

¿Cómo se puede mejorar el manejo de las aguas residuales en la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula?

Y tres incógnitas específicas derivadas de la general las cuales son

- ¿De qué forma se puede conducir y dar una disposición final adecuada a las aguas residuales en la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula?
- ¿Qué beneficios se obtienen al poseer un sistema de disposición final de aguas residuales en la aldea Santa Elena?
- ¿Qué tan importante es el mantenimiento y el uso adecuado de un sistema de disposición final de aguas residuales?

Derivado de lo anterior y de acuerdo con la Municipalidad de Chiquimula se realizó el diseño de obras de drenaje y alcantarillado sanitario en la comunidad, con la finalidad de que la población tenga acceso a drenajes, mejorar las condiciones salubres en las viviendas, disminuir las enfermedades infectocontagiosas, mejorar la calidad de vida del subsuelo, reducir el deterioro de los recursos naturales y así obtener un manejo adecuado de las aguas residuales.

OBJETIVOS

General

Generar un manejo adecuado de las aguas residuales mediante obras de infraestructura en drenaje y alcantarillado en la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

Específicos

1. Proponer el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario que garantice la conducción y disposición final adecuada de las aguas residuales en la aldea Santa Elena.
2. Orientar a la comunidad sobre los beneficios que se obtienen al poseer un sistema de alcantarillado sanitario.
3. Establecer la importancia del mantenimiento adecuado del sistema de drenaje sanitario que permita minimizar su vulnerabilidad, de acuerdo con lo indicado en el Manual de operación y mantenimiento del sistema.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Idea general de investigación

La contaminación del agua, suelo y por ende los productos agrícolas de la aldea Santa Elena es evidente, debido a que las aguas que resultan de las labores domésticas tienen como destino los terrenos de cultivo, siendo así una fuente de contagio de diversas siembras que pueden afectar la salud de los consumidores. Al no disponer de un sistema de evacuación de aguas servidas, los pobladores hacen uso de pozos ciegos y fosas sépticas.

Un sistema de evacuación de aguas servidas permitirá que la municipalidad de Chiquimula pueda dotar de este servicio a la comunidad y así los pobladores gocen de una mejor infraestructura sanitaria y se elimine el uso de pozos ciegos y fosas sépticas.

La correcta evacuación de las aguas servidas es vital para que exista una comunidad sana y libre de enfermedades, ya que se disminuirá el nivel de contaminación producido por la acumulación de sedimentos, descomposición de materias orgánicas y desechos generados por la carencia del drenaje sanitario.

La correcta evacuación de las aguas servidas es vital para que exista una comunidad sana y libre de enfermedades, ya que se disminuirá el nivel de contaminación producido por la acumulación de sedimentos y desechos generados por la carencia del drenaje sistema de alcantarillado.

- Diseño y tipo de estudio: la metodología de investigación utilizada fue con enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) a través de un método inductivo, ya que se llevan a cabo registros de datos obteniéndolos de entrevistas o técnicas no-numéricas, teniendo en cuenta por sobre todo los contextos y las situaciones que giran en torno al problema estudiado. “La investigación mixta es aquella que aúna los métodos cuantitativos y cualitativos, con el fin de disponer de las ventajas de ambos y minimizar sus inconvenientes” (Rus, 2020, Párr. 1).
- Población y muestra: la población en estudio fue el área urbana de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, en la que la mayoría de los usuarios son viviendas unifamiliares y algunos comercios; para ello se realizó el recorrido de las calles de acuerdo a lo indicado por las autoridades de la municipalidad.
- Metodología aplicada: a continuación, se presentan los diferentes componentes de la metodología utilizada en el Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, Guatemala.
- Actividades de campo: en las que se utilizaron diferentes técnicas de investigación, como consulta de documentos, visitas, reuniones y entrevistas, con lo que se generó la información necesaria para el marco teórico del estudio y la monografía de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, así como el diseño del sistema.

- Trabajos de topografía: necesarios para conocer las características topográficas del terreno en el área del proyecto, así como definir la línea de conducción principal y ramales.
- Caracterización de suelos a las profundidades de interés.
- Identificación de ubicación de pozos y conexiones domiciliarias.
- Actividades de gabinete: consistieron en el análisis de la información obtenida.
 - Identificar las normas técnicas, especificaciones y parámetros necesarios para el diseño y la ejecución adecuada del proyecto.
 - Aplicación de los datos y fórmulas necesarias para el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, elaboración de planos, elaboración del presupuesto, evaluación ambiental del proyecto entre otras.
- Presentación de resultados
- Discusión de resultados

INTRODUCCIÓN

La correcta aplicación de la ingeniería para el desarrollo municipal en el estudio, elaboración y ejecución de obras o proyectos; permite proporcionar una mejor calidad de vida a la población. La municipalidad local brinda la oportunidad de llevar a cabo este objetivo; por lo tanto, se ha tomado una necesidad fundamental en la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula para mejorar la condición de vida de los habitantes.

Los vecinos de la aldea Santa Elena ante la Municipalidad de Chiquimula han priorizado el proyecto de la red de alcantarillado sanitario debido al crecimiento habitacional, por lo tanto, existen viviendas que no cuentan con dicho servicio y los drenajes actuales no son capaces de evacuar las aguas servidas. Una red de drenaje adecuada beneficiará a la comunidad ayudando a la prevención de enfermedades infectocontagiosas.

El documento final consta de cinco capítulos con el fin de abarcar los acontecimientos y procedimientos necesarios para desarrollar el diseño. El primer capítulo presenta el marco referencial del estudio considerando antecedentes, marco conceptual y marco legal. En el capítulo dos se desarrolla el marco teórico que incluye conceptos de saneamiento y drenajes, levantamiento topográfico, diseño hidráulico, criterios de diseño, tratamiento de aguas residuales y financiamiento del proyecto.

En el capítulo tres se describe la monografía de la aldea Santa Elena, detallando antecedentes históricos, aspectos físicos, de infraestructura y socioeconómicos, brindando los detalles necesarios para elaborar el proyecto de acuerdo a las necesidades de la comunidad.

El capítulo cuatro integra el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, tipo de levantamiento topográfico, sistema, diseño y las pautas utilizadas para el desarrollo del proyecto.

En el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos de la investigación, así como la discusión de los mismos. Al final se incluyen las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

1. MARCO REFERENCIAL

La correcta aplicación de la Ingeniería para el desarrollo municipal en el estudio, elaboración y ejecución de obras o proyectos; permite proporcionar una mejor calidad de vida a la población, la municipalidad brinda la oportunidad de llevar a cabo este objetivo.

De acuerdo con la metodología y características del estudio, en el diseño del sistema se tomaron en cuenta aspectos legales, sociales, técnicos, económicos y ambientales, así como estudios realizados en el contexto nacional e internacional en el tema.

1.1. Antecedentes

La falta de un sistema de drenaje sanitario afecta a la población y al medio ambiente, generando el incremento de enfermedades infectocontagiosas y provocan la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Los sistemas de alcantarillado sanitario tienen como principal función el manejo, control y conducción adecuada de las aguas residuales en forma separada de las aguas pluviales.

En la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula el crecimiento habitacional y el número de viviendas en el casco urbano, han generado que los drenajes actuales no son capaces de evacuar las aguas residuales, por lo que algunos de los habitantes de este sector evacuan las aguas servidas a los terrenos.

La zona donde se plantea la construcción del sistema de alcantarillado se ubica en un lugar relativamente plano, por lo que no presenta riesgos considerables.

Por esta razón la sociedad civil y el COCODE de la aldea Santa Elena, solicitaron al COMUDE y a la Municipalidad de Chiquimula priorizar el desarrollo del proyecto Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, ubicado en el casco urbano de la aldea.

1.2. Marco conceptual

Actualmente el enfoque y marco conceptual de los sistemas de alcantarillado sanitario ha evolucionado hacia un enfoque de diseño integral, considerando dos componentes fundamentales: la topología de la red y el diseño hidráulico, teniendo en cuenta que se quiere minimizar el costo total de construcción de la red y asegurar el funcionamiento de la misma.

El trazo de la red, las condiciones a la entrada y de salida de la red, así como las pendientes del terreno requieren que su cálculo sea particular. “En el caso del flujo en tuberías de alcantarillado se considera que el flujo mantiene sus características en tiempo y espacio, es decir que se considera un flujo uniforme (flujo uniforme - permanente)” (Duque, 2015, p. 13).

El sistema se diseñó para funcionar por gravedad, con las tuberías funcionando como canales parcialmente llenos; en el diseño hidráulico se debe encontrar la combinación del diámetro y pendiente para cada tramo del sistema, así como definir la ubicación de los elementos del sistema de acuerdo con criterios técnicos y económicos. Se determinan los valores de las relaciones hidráulicas (q/Q), (d/D), (v/V).

Se incluye el diseño hidráulico y obras complementarias, planos, presupuesto y análisis ambiental del proyecto. Para el diseño de la red de drenajes se elaboraron hojas de cálculo con el programa Excel.

A continuación, se presentan conceptos básicos relacionados con el tema del estudio.

- Aguas residuales de tipo ordinario: las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.
- Caracterización de las aguas residuales: determinación del caudal y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, según su procedencia.
- Colector: tubería que, funcionando como conducto libre, recibe la contribución de aguas residuales o pluviales en cualquier punto a lo largo de su longitud.
- Colector principal: conducto sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, para conducirlos a plantas de tratamiento de aguas residuales o a cuerpos de agua.
- Colector secundario: colector de diámetro menor que se conecta a un colector principal.
- Criterios de diseño: datos básicos que permiten el diseño de una estructura o componente de un sistema.

- Educación sanitaria y ambiental: proceso educativo por el cual los usuarios de los servicios identifican y modifican los comportamientos y hábitos que pueden afectar o contribuir en su salud y su entorno ambiental.
- Entes generadores: la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.
- Manto freático: la capa de roca subterránea, porosa y con fisura que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.
- Servicios públicos municipales: aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionan y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

1.3. Marco legal

Es importante identificar la normativa legal relacionada con los sistemas de alcantarillado.

En la Constitución Política de la República de Guatemala (CPRG), se establecen ordenanzas generales para los municipios. A continuación, se presentan artículos de la CPRG relacionados con las municipalidades.

Según la Constitución Política de la República (1985):

- Artículo 97: el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.
- Artículo 257. establece que, un 10 % de los ingresos ordinarios del Estado debe ser regularmente transferido a los municipios, añade que estos deben estar destinados por lo menos en un 90 % a programas y proyectos de educación, salud preventiva, obras de infraestructura y servicios públicos que mejoren la calidad de vida de los habitantes, y el restante 10 % se utilizará para funcionamiento. (p. 14)

Existen Leyes particulares relacionadas con sistemas de alcantarillados y proyectos, cada una interviene de una forma directa e indirecta y con diferentes niveles de participación; pueden estar dirigidas por el estado, por las autoridades del área, por los comités de vecinos y por organizaciones de diferentes índoles.

- Ministerio de Ambiente y Recurso Naturales: es el Organismo encargado de elaborar, ejecutar y fiscalizar las políticas nacionales sobre medio ambiente y recursos naturales, promoviendo y estimulando las actividades de preservación, protección, restauración y uso sostenible de los mismos.

A continuación, se presentan artículos relacionados con las municipalidades y proyectos de alcantarillado sanitario.

- Artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86 del Congreso de la República, y el artículo 29 BIS de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto 114-97 del Congreso de la República y sus reformas, para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no al ambiente o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por el MARN.
- Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social: organismo que tiene a su cargo la rectoría del Sector Salud, entendida esta rectoría como la conducción, regulación, vigilancia, coordinación y evaluación de las acciones e instituciones de salud a nivel nacional.

A continuación, se presentan artículos relacionados con aspectos administrativos y proyectos de alcantarillado sanitario incluidos en el Código de Salud. Decreto Número 90-97. Congreso de la República de Guatemala.

Para Código de Salud (1997):

- Artículo 92. Dotación de servicios: las municipalidades, industrias, comercios, entidades agropecuarias, turísticas y otro tipo de establecimientos públicos y privados, deberán dotar o promover la instalación de sistemas adecuados para la eliminación sanitaria de excretas, el tratamiento de aguas residuales y aguas servidas, así como del mantenimiento de dichos sistemas conforme a la presente ley y los reglamentos respectivos.
- Artículo 94. Normas sanitarias: el Ministerio de Salud con otras instituciones del sector dentro de su ámbito de competencia, establecerán las normas sanitarias que regulan la construcción de obras para la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales y establecerá de manera conjunta con las municipalidades, la autorización, supervisión y control de dichas obras.
- Artículo 96. Construcción de obras de tratamiento: es responsabilidad de las Municipalidades o de los usuarios de las cuencas o subcuencas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas, para evitar la contaminación de otras fuentes de agua: ríos, lagos, nacimientos

de agua. El Ministerio de Salud deberá brindar asistencia técnica en aspectos vinculados a la construcción, funcionamiento y mantenimiento de estas. (p. 24)

Código Municipal: el Congreso de la República de Guatemala, por medio del Decreto Número 12-2002 estableció el Código Municipal, el que fue reformado por el Decreto Número 22-2010 de fecha 22 de junio del año 2010. En la actualidad los gobiernos municipales desempeñan un rol trascendental en el desarrollo económico y social de Guatemala.

A continuación, se presentan artículos del Código municipal relacionados con aspectos administrativos y proyectos de alcantarillado sanitario.

Para Código Municipal (2002):

- Artículo 3. Autonomía: en ejercicio de la autonomía que la Constitución Política de la República garantiza al municipio, éste elige a sus autoridades y ejerce por medio de ellas, el gobierno y la administración de sus intereses, obtiene y dispone de sus recursos patrimoniales, atiende los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción, su fortalecimiento económico y la emisión de sus ordenanzas y reglamentos. Para el cumplimiento de los fines que le son inherentes coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda. Ninguna ley o

disposición legal podrá contratar, disminuir o tergiversar la autonomía municipal establecida en la Constitución Política de la República.

- Artículo 68. Competencias propias del municipio: las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, entre las que se incluye:
 - Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.
- Artículo 72 Servicios públicos municipales: el municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos.

- Artículo 94: el Concejo Municipal tendrá una Dirección Municipal de Planificación (DMP), que coordinará y consolidará los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio.
- Artículo 96: establece las Funciones de la Dirección Municipal de Planificación, en el inciso b) “Elaborar los perfiles, estudios de pre-inversión y factibilidad de los proyectos para el desarrollo del municipio, a partir de las necesidades sentidas y priorizadas.
- Artículo 142 Formulación y ejecución de planes: la municipalidad está obligada a formular y ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral de su municipio. (p. 38)

Consejos de Desarrollo: tienen su base legal en la Constitución Política de la República de 1985 y Decreto 52–87, constituyen el principal medio de participación de la población en la gestión pública.

El Sistema de Consejos de Desarrollo está integrado por niveles, en la siguiente forma:

- Nacional, Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural (CONADUR)
- Regional, Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural (COREDUR)
- Departamental, Consejos Departamentales de Desarrollo (CODEDE)
- Municipal, Consejos Municipales de Desarrollo (COMUDE)

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Saneamiento y drenajes

El ser humano contamina el suelo con sus excretas y con malas prácticas para la disposición de desechos líquidos y desechos sólidos domésticos, comerciales e industriales. Entre las enfermedades gastrointestinales relacionadas con estas condiciones están: el cólera, la tifoidea, la paratifoidea, la disentería, la diarrea, la hepatitis y otras, ocasionadas por el consumo de alimentos o bebidas contaminadas, las que afectan diariamente a millones de personas.

De acuerdo con Global Water Partnership (2017):

La falta de controles efectivos de la contaminación por desechos líquidos, por parte de las municipalidades y otros entes generadores, afectan la calidad de agua de las fuentes, lo que conlleva a una disminución de la disponibilidad, así como un incremento de los riesgos de salud en la población, sobre todo aquella que es más vulnerable. (p. 35)

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento contribuyen a la reducción en la frecuencia de la enfermedad diarreica, la responsabilidad de la prestación de estos servicios ha estado bajo los gobiernos municipales. “Actualmente se sabe que el crecimiento de las zonas urbanas y la densidad

poblacional es inevitable. Por lo mismo, se deben diseñar las ciudades para que estén en la capacidad de resistir la demanda del futuro” (Duque, 2015, p. 11).

CEPAL (2012) (como se citó en Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2015), afirma que:

La población guatemalteca crece a un ritmo de 2.4 % anual; se duplica cada 30 años, mientras que la población mundial se duplica cada 50 años. En Guatemala, el porcentaje de población urbana ha crecido en los últimos años. El 64 % de la población vive en áreas urbanas y se espera que para el 2030, este porcentaje aumente a 75 %. La tasa de crecimiento de la población urbana es de 3.7 % anual. (p. 14)

2.2. Conceptos teóricos para el diseño del sistema de alcantarillado Sanitario

Los sistemas de alcantarillado pueden ser: sanitario, alcantarillado separativo o alcantarillado pluvial. “De acuerdo con su finalidad existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico” (Carrillo, 2006, p. 21).

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son necesarios estudios básicos que brinden la información necesaria que permita el desarrollo de proyectos económicos, eficientes y seguros. A continuación, se presenta la información básica que el diseñador necesita considerar.

- Ubicación
- Clima
- Características de la población
- Condiciones sanitarias
- Sistema de abasto de agua

Duque (2015), señala que el diseño de las redes de alcantarillado tiene dos áreas fundamentales:

- Trazado: se refiere a la forma en que se deben poner las tuberías, de forma que se define el sentido de flujo en cada tubería y el tipo de tubería.
- Diseño hidráulico se refiere a la selección del diámetro y la pendiente de cada tubería de manera que se tenga un diseño hidráulico que cumpla con una serie de requisitos y restricciones hidráulicas. (p. 25)

Los principales componentes de la red son las tuberías, pozos de inspección, conexiones domiciliarias y obras complementarias.

2.3. Levantamiento topográfico

Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno, para obtener elementos necesarios y elaborar su representación gráfica. Se realizó con estación total con 5 segundos de precisión, en el cual se ubicaron puntos

importantes tales como cambios de pendientes, esquinas de cuerdas, casas, ríos, puentes, entre otros. El diseño de la red de drenajes debe adecuarse a la topografía del terreno.

- Planimetría: el levantamiento planimétrico permite proyectar una superficie en un plano horizontal representando a escala los detalles de un terreno.
- Altimetría: se utiliza para conocer el perfil del terreno, las elevaciones y pendientes del mismo.

2.4. Diseño hidráulico

La metodología comúnmente usada para el diseño hidráulico de los sistemas de alcantarillado sanitario considera el uso de fórmulas tradicionales, diagramas y tablas con valores de algunas características que varían de acuerdo con las condiciones específicas de cada proyecto. Para facilitar el cálculo se han elaborado varios programas de computación que permiten realizar el diseño.

Los parámetros hidráulicos mínimos que se deben considerar en el diseño bajo la consideración de flujo uniforme y que permita un buen comportamiento hidráulico son: los diámetros nominales de tuberías, velocidad mínima y velocidad máxima. Para esto se utilizaron la ecuación de Manning para flujo a superficie libre y la ecuación de velocidad a conducto lleno.

2.5. Criterios de diseño

Los criterios utilizados en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son los siguientes:

- Período de diseño: permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida a futuro, al final del mismo.
- Población: la magnitud del sistema de alcantarillado depende de la población beneficiada y de su distribución espacial. Se determinan la Población actual y la población a futuro.
- Dotación: se basa en la dotación de agua potable por habitante, depende del clima, el tamaño de la población, características económicas y culturales.
- Caudal de aguas residuales: se debe considerar los siguientes factores:
 - Factor de retorno: es el porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a las redes de alcantarillado; en Guatemala asumir valores entre 0.80 a 0.85.

2.6. Tratamiento de aguas residuales

La Planta de tratamiento de aguas residuales de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula se construyó en el año 2021, con lo que se reduce la contaminación en las aguas naturales del río Shutaque y en general del Departamento de Chiquimula. Actualmente la ópera la Municipalidad de Chiquimula.

Elementos que componen la planta de tratamiento:

- Canal de rejillas
- Sedimentador primario
- Tanques clarificador-digestor
- Filtros Percoladores
- Patio de secado de lodos

- Tubería conducción lodos
- Caseta
- Muro perimetral
- Muro de contención

2.7. Financiamiento del proyecto

Los proyectos priorizados por el COCODE y COMUDE deben cumplir con las normas del Sistema Nacional de Inversión Pública para ser presentados en la Municipalidad de Chiquimula; los mismos deben ser incluidos en el presupuesto municipal para ser ejecutados; o en el caso de los proyectos de inversión pública aprobados por la Corporación Municipal, el alcalde por ser el representante legal del COMUDE los debe presentar al CODEDE, el que analiza las propuestas de los municipios seleccionando las que serán enviadas al COREDUR para su trámite.

SEGEPLAN (2022) indica que:

La fase de preinversión comprende las acciones para obtener la información necesaria y definir si debe invertirse o no en determinada propuesta de proyecto: desde que se identifica como idea hasta que se toma la decisión de su ejecución, postergación o abandono. Añade que la fase está conformada por cinco etapas que tienen una secuencia lógica: idea, perfil, prefactibilidad, factibilidad y diseño final. (p. 30)

Los proyectos de inversión pública, que requieran recursos para la fase de inversión, deben estar formulados de conformidad con lo que establece la Política de preinversión.

En las Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública Ejercicio Fiscal 2023, se indica que “las EPI deben presentar oficialmente a SEGEPLAN los documentos de proyectos para el próximo ejercicio fiscal, a más tardar el 15 de abril de cada año, adjuntando la documentación establecida en estas normas en formato físico y digital” (SEGEPLAN, 2022, p. 15).

3. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SANTA

En el presente capítulo se describe información sobre aspectos históricos, físicos, de infraestructura y socioeconómicos de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

3.1. Antecedentes históricos

El municipio de Chiquimula remonta su historia al período de la conquista de Guatemala y Centro América:

La fecha de fundación de la primera ciudad no es precisa y se cree que fue en los años 1530 a 1535 y sus primeros habitantes fueron traídos a la fuerza de Copán después de ser vencidos. Sin embargo, toda la población del pueblo se verifica entre los años de 1540 a 1546, cuando por medio de Real Cédula de fecha 8 de mayo de 1539 ordena que todos los pueblos pequeños, pero numerosos existentes, fueron unidos en pocos, pero más numerosos, aconteciendo ello en Chiquimula. (Ramírez, 2012, p. 37)

Durante la conquista española se dieron cambios significativos en la zona de Chiquimula.

De acuerdo con Rodríguez (2016):

A principios del siglo XVI, cuando ocurrió la conquista española, la región de Chiquimula de la Sierra, que ocupaba la zona del actual departamento de Chiquimula al este de los antiguos reinos Pokomam y Chajomá, estaba habitada por la población maya chortí. (párr. 3)

En la segunda mitad del siglo XVII aparece como Corregimiento teniendo como límites: “al oeste, La Verapaz; al sur, Escuintla, Sacatepéquez y Sonsonete; al este, Comayagua y el mar del Norte por el rumbo norte” (Ramírez, 2012, p. 39).

“Durante la época colonial, el Corregimiento de Chiquimula comprendió los departamentos de Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, Zacapa, El Progreso e Izabal, un territorio con una superficie de 21 313 km², casi un 20 % del actual territorio de Guatemala” (Rodríguez, 2016, párr. 5).

Chiquimula ha sido afectada por varios sismos desde su creación, en el año de 1765 un fuerte sismo destruyó gran parte de la ciudad, lo que obligó a su traslado.

El terremoto del 2 de junio de 1765, o terremoto de la Santísima Trinidad, destruyó la cabecera de la provincia de Zacapa y Chiquimula de la Sierra, arruinando la iglesia, dejando cincuenta y tres fallecidos y numerosos heridos, entre ellos el cura párroco y el Corregidor, Joseph Antonio Ugarte. (Rodríguez, 2016, párr. 6)

El pueblo de Chiquimula fue ascendido a la categoría de ciudad el 28 de junio de 1821, “Chiquimula fue uno de los municipios originales del Estado de Guatemala fundado en 1825; era la cabecera del departamento de Chiquimula, el cual tenía a los municipios de Zacapa, Acasaguastlán, San Saria, Esquipulas, Jalapa, y Mita” (Rodríguez, 2016, Párr. 8).

En 1902, el gobierno del licenciado Manuel Estrada Cabrera publicó la Demarcación Política de la República, y en ella se describe a Chiquimula así: su cabecera es la ciudad del mismo nombre, a 379 m sobre el nivel del mar y a 188 km de la capital de la República, ocupa un área de 802 caballerías. Su clima, generalmente caliente, es templado en unas partes y frío en otras, pero siempre sano. Constituyen sus principales cultivos, caña de azúcar, maíz, frijol, y tabaco. Gran parte de sus habitantes se dedica a la crianza de ganado. (Rodríguez, 2016, Párr. 14)

3.2. Aspectos físicos

A continuación, se presenta información sobre la ubicación y localización, población actual, topografía, clima, límites y colindancias e idioma, de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

Figura 1.

Municipios del departamento de Chiquimula



Nota. Mapa que muestra los municipios del Departamento de Chiquimula. Obtenido de: familysearch. (s.f.). *Departamento de Chiquimula, Guatemala – Genealogía.* (https://www.familysearch.org/es/wiki/Departamento_de_Chiquimula,_Guatemala_Genealog%C3%ADa), consultado el 7 de febrero de 2023. De dominio público.

3.2.1. Ubicación y localización

Según Cabrera (2019):

El Departamento de Chiquimula es uno de los veintidós que conforman la República de Guatemala, se divide en once municipios; de acuerdo con el

Código Municipal, Art. 2 Decreto 12-2000 se establece como municipio, a la unidad básica de la organización territorial del Estado y espacio inmediato de participación ciudadana en los asuntos públicos.

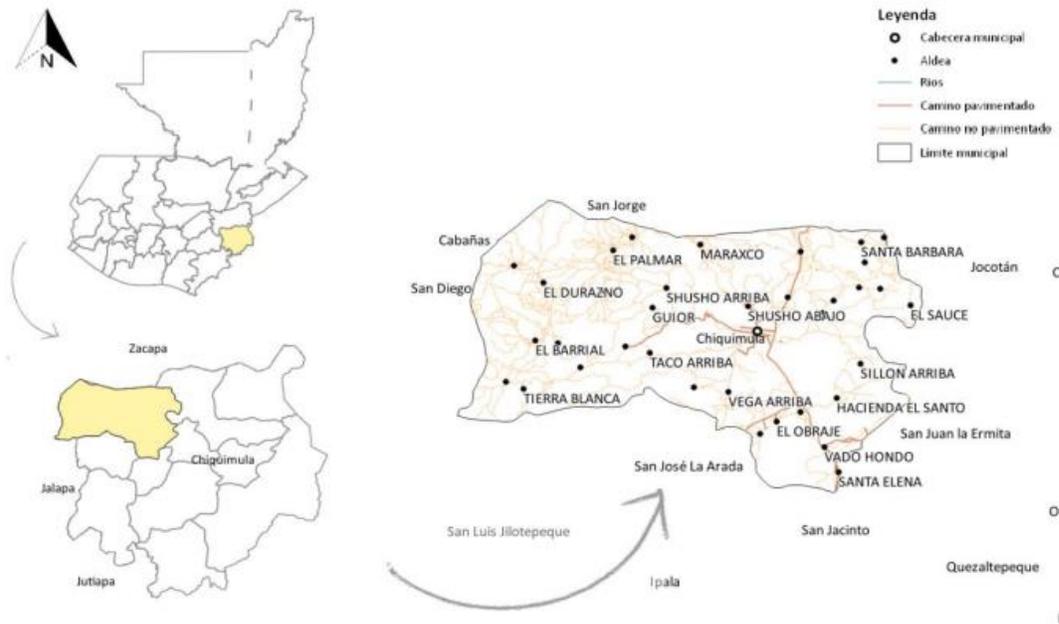
El municipio de Chiquimula está dividido políticamente en 1 ciudad, 37 aldeas, 50 caseríos y 10 barrios, se ubica en la parte noroccidental del departamento de Chiquimula. Las coordenadas geográficas lo sitúan a una latitud 14° 47' 58", longitud 89° 32' 37" y se encuentra ubicado a una altura de 423 msnm. La mayor parte del territorio del Municipio se ubica dentro de la cuenca hidrográfica del Río Motagua, específicamente en la subcuenca del Río Grande, siendo los ríos Shutaque, Shusho, Tacó, San Jorge y San José los principales afluentes. (p. 6)

La aldea Santa Elena se ubica aproximadamente a 13 km por la carretera CA-10 al sureste de la cabecera, al lado oeste del río Shutaque, pertenece a la microrregión Sureste del municipio de Chiquimula; "la división político-administrativa del municipio está en función de la integración de 13 microrregiones, de las cuales 10 de ellas, se encuentran ubicadas en el área rural y las restantes 3 en el área urbana" (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 11).

Las coordenadas geográficas de la aldea Santa Elena la sitúan a una latitud 14° 71' 67" y longitud 89° 50' 00" con una altitud sobre el nivel del mar de 500 metros.

Figura 2.

Ubicación aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula



Nota. Mapa que muestra las aldeas del municipio Chiquimula. Obtenido de Concejo Municipal de Chiquimula (2018). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Municipio de Chiquimula, Chiquimula 2018 – 2032.* (https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/08/2001_PDM_OT-Chiquimula.pdf). Consultado el 8 de febrero de 2023. De dominio público.

3.2.2. Población actual

Según datos proyectados de la población para el 2018, “el municipio de Chiquimula tiene una población de 106,450 habitantes en el año 2018, de los cuales el 40 % son hombres y el 60 % son mujeres, 35 % viven en área urbana y 65 % en el área rural” (Cabrera, 2019, p. 8).

El crecimiento de la población es más marcado en el área rural, siendo para el municipio de 50.44 % mientras que el restante 49.56 % se encuentra en el área urbana, presentando el mayor porcentaje de urbanidad.

La condición demográfica de Chiquimula es la más alta del departamento que es de 260 habitantes por kilómetro cuadrado, rebasa la media departamental que es de 150 habitantes por kilómetro cuadrado, concentrada en mayor parte en la cabecera municipal, en reside mucha de la población migrante principalmente de otros departamentos del país, dato que se calcula en un 17 % aproximadamente. (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chiquimula, 2010, p. 13)

3.2.3. Topografía

El municipio de Chiquimula presenta una topografía muy variada e irregular, encontrando altitudes que van desde los 260 msnm a los 1,816 msnm, rodeado de montañas con un valle en la región central. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018)

Para Cabrera (2019) el municipio se caracteriza por tener un territorio quebrado con muchos cerros, los que se mencionan a continuación:

- Campana Guatojón Plan de San Miguel.
- Cerrón Guatopo San Nicolás (2 diferentes).
- Colorado La Cruz.
- Sulcán.
- Cruz de Ocote Las Campanas Tagurán.

- Cumbre de La Bandera Las Mesas Tajás.

La topografía de la aldea Santa Elena no presenta mayores diferencias de altura en el área del proyecto.

3.2.4. Clima

Debido a su ubicación el clima en la aldea Santa Elena es similar a las condiciones del municipio de Chiquimula, donde el clima es muy cálido y seco la mayor parte del año.

Esta ciudad tiene un clima tropical. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia. Este clima es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura promedio en Chiquimula es 21.3 °C. Precipitaciones aquí promedios 1189 mm. Chiquimula, en el centro de nuestro planeta, tiene un clima muy variable en verano. El mejor momento para visitar es febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre.

En base a Cabrera (2019):

En Chiquimula, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es húmeda y mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 34 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 37 °C. La temporada calurosa oscila entre el 21 de marzo al 25 de mayo. La probabilidad de días mojados en Chiquimula varía considerablemente

durante el año. La temporada más mojada comprende, del 17 de mayo al 26 de octubre. La velocidad promedio del viento por hora en Chiquimula tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año. La parte más ventosa del año se da, del 23 de octubre al 30 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 9.5 kilómetros por hora. (p. 6)

3.2.5. Límites y colindancias

De acuerdo con su ubicación, las colindancias del municipio de Chiquimula son:

El Municipio de Chiquimula está ubicado en la parte noroccidental del departamento, colinda al norte con los municipios de Jocotán, Zacapa y Huité, al sur con los municipios de San Jacinto, San José la Arada al este con los municipios de San Juan Ermita y Jocotán, y al oeste con los municipios de San Diego y Cabañas, cuenta con una extensión territorial de 372 km² lo que representa el 15.66 % del territorio departamental, lo cual lo ubica como el segundo municipio más grande del departamento. (Ramírez, 2012, p. 37)

La aldea Santa Elena colinda al norte con la aldea Vado Hondo, al sur con la aldea Tizubin, al este con el municipio de San Jacinto y al oeste con el municipio de San José La Arada.

3.2.6. Idioma

Uno de los elementos propios de cada cultura es el idioma, en la aldea Santa Elena y en el municipio de Chiquimula el idioma oficial es el español, sin embargo, en el departamento de Chiquimula el idioma chortí ha ejercido gran influencia, en la actualidad todavía se utiliza como medio de comunicación cotidiano en los municipios de Olopa, Camotán, Jocotán y un poco en Quezaltepeque.

3.3. Aspectos de infraestructura

A continuación, se presenta información sobre las vías de acceso y servicios públicos de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

3.3.1. Vías de acceso

El municipio de Chiquimula se ubica a 170 kilómetros de distancia de la ciudad capital, tomando como acceso la ruta del atlántico, CA-9 norte y a 210 kilómetros sobre la ruta alterna o carretera CA-1 la cual pasa por los departamentos de Jutiapa y Santa Rosa. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 7)

A la aldea Santa Elena se puede acceder a ella por medio de la carretera CA -10, la cual conduce hacia las fronteras de Agua Caliente (Honduras) y Anguiatú (El Salvador).

3.3.2. Servicios públicos

Se presenta información sobre los servicios públicos de educación, salud, alcantarillado y agua entubada de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula.

3.3.3. Educación

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial Municipio de Chiquimula 2018 – 2032, los niveles de Educación Primaria y Básico son accesibles en la cabecera municipal, así como en la aldea Santa Elena. La educación primaria es el nivel que cuenta con más establecimientos públicos y privados en el área urbana de Chiquimula.

Los niveles de Educación Diversificado y Superior se encuentran únicamente la cabecera departamental, con sedes de la USAC y con extensiones universitarias privadas, de la Universidad Mariano Gálvez, Universidad Galileo y Universidad Rural de Guatemala.

La formación educativa en los diferentes niveles se realiza en todo el municipio, en el área rural se realiza un proceso de aprendizaje en los donde predominan los centros educativos de nivel primario y luego de concluir este ciclo, se trasladan a estudiar el nivel medio a la cabecera municipal donde se concentra la totalidad de centros de estudios de este tipo. (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chiquimula, , 2010, p. 36)

3.3.4. Salud

En la cabecera departamental funciona el Centro de Salud donde se coordinan los servicios de salud del departamento, también se ubican la mayoría de los hospitales privados, clínicas médicas y los servicios del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

El municipio tiene concentrada su capacidad de servicios de salud especializada en la cabecera municipal, estos servicios son realizados por el Gobierno de la República y el sector privado, con 1 hospital modular, 10 hospitales privados, 42 farmacias y clínicas privadas de servicios especializados que atienden a personas del municipio y departamentos cercanos. (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chiquimula, 2010, p. 32)

En la aldea Santa Elena funciona un Centro de Salud, de acuerdo con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Desarrolla intervenciones de prevención, promoción, recuperación, con enfoque de género, pertinencia cultural y participación comunitaria; dirigidas al individuo, familia y a la comunidad con la participación de personal institucional y voluntario (comadronas, promotores de salud, madres consejeras, voluntarios de vectores y terapeutas tradicionales, entre otros).

Figura 3.

Centro de salud Santa Elena, municipio de Chiquimula



Nota. Vista Centro de Salud aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Obtenido de Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (s.f.). *Puesto de Salud Santa Elena.* (<https://acortar.link/4BA6VMI>), consultado el 10 de febrero de 2023. De dominio público.

3.3.5. Transporte

En el municipio de Chiquimula y la aldea Santa Elena la movilidad de las personas es mediante microbuses, taxis y vehículos pick up de doble tracción, también cuenta con servicios de transporte hacia cualquier parte del país, interconectados por una carretera asfaltada. “La cabecera municipal está unida con el resto de los municipios del departamento por medio de carreteras

centroamericanas, nacionales, rutas departamentales y municipales, de tipo asfaltado de dos y tres vías en buenas condiciones” (Concejo Municipal del Municipio de Chiquimula, 2010, p. 20).

3.3.6. Alcantarillado sanitario

El artículo 68, inciso a del Código Municipal incluye entre las competencias propias del municipio el servicio de alcantarillado. En el municipio de Chiquimula existen drenajes en el área urbana, en el área rural la prestación de este servicio no es posible en todos los poblados.

La cabecera municipal cuenta con al menos 4 desfogues de aguas servidas, en los cuales no se cuenta con una planta de tratamiento que reduzca el impacto negativo a la biodiversidad del cuerpo de agua donde se dispone finalmente el caudal. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 20)

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Chiquimula en el municipio de Chiquimula, un total de 15,563 viviendas cuentan con el servicio de drenaje (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chiquimula, 2010).

3.3.7. Agua entubada

En el Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial Municipio de Chiquimula 2018 – 2032, se indica que el servicio y cobertura de agua entubada intra domiciliar, es una competencia del gobierno local, esta muestra brechas de cobertura por atender, especialmente en el área rural donde durante los últimos 5 años, según registros de la Dirección de Área de Salud, no se ha superado el

75 % de cobertura, no así en el área urbana donde la cobertura es de 96 %. En cuanto a la purificación del agua, este servicio se realiza únicamente en el acueducto urbano (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018).

Tabla 1.

Cobertura del servicio de agua, municipio de Chiquimula

Indicador	2017	
Cobertura del servicio público de distribución de agua	Total	75.12 %
	Urbano	95.99 %
	Rural	59.99 %

Nota. Detalle de la Cobertura del servicio de Agua, municipio de Chiquimula. Obtenido del Concejo Municipal de Chiquimula (2018). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Municipio de Chiquimula, Chiquimula 2018 – 2032.* (https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/08/2001_PDM_OT-Chiquimula.pdf), consultado el 10 de febrero de 2023. De dominio público.

3.4. Aspectos socioeconómicos

De acuerdo con las actividades económicas del municipio de Chiquimula, la cabecera municipal se ha convertido en el centro regional del comercio y la prestación de servicios especializados, como salud, educación en todos los niveles, hoteles, restaurantes, sitios de recreación y comercio, transporte y servicios de telefonía e internet; también ahí se ubican dos mercados (sitios de plaza), donde se genera el intercambio comercial de las producciones locales y la de los vecinos del municipio (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018).

3.4.1. Origen de la comunidad

El municipio de Chiquimula es considerado uno de los más antiguos de toda la república, fue corregimiento desde que se organizó y continuó siéndolo después de declarada la independencia, siendo elevado el pueblo a la categoría de ciudad el 29 de junio de 1821.

El municipio de Chiquimula cuenta con una forma particular de organización de su territorio, siendo uno de ellos, la agrupación en microrregiones en el marco del sistema de Consejos de desarrollo, y la otra forma tradicional que dio como resultado la conformación de aldeas y caseríos, siendo esta la más antigua. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 11)

En el municipio de Chiquimula se cuenta con 60 COCODES organizados, la población también participa y se organiza a nivel comunitario en los comités de agua, comités de padres de familia, comités de mejoramiento de iglesias o caminos y otros temas de interés.

3.4.2. Actividades económicas

La mayoría de los habitantes del municipio de Chiquimula, se dedican al comercio, la agricultura y los servicios públicos, por lo que en la actualidad es una de las ciudades con mayor comercio del oriente guatemalteco.

La cabecera departamental, dado su cercanía con el vecino departamento de Zacapa, muestra una dinámica de intercambio comercial, laboral y de

otras índoles muy interesante, interconectados por una carretera asfaltada la cual facilita el intercambio en cualquier época del año. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 16)

3.4.3. Etnia, religión y costumbre

En el municipio de Chiquimula la población en su mayoría está constituida por raza mestiza o ladina, sin embargo, en los municipios de Jocotán, Camotán, Olopa y Quezaltepeque, existen personas que se identifican con la etnia maya Chortí, y en el resto de los municipios del departamento, existe dicha etnia en pequeñas proporciones. (Concejo Municipal de Chiquimula, 2018, p. 9)

Franco (2003), señala que la religión católica llegó con los españoles, en la actualidad la mayoría de la población del municipio de Chiquimula y la aldea Santa Elena profesa la fe católica, lo que generó que se construyeran varias iglesias; la religión evangélica también tiene representación con la población y cuentan con varios templos. En la ciudad de Chiquimula, alrededor del 58 % de la población profesa la fe católica, lo cual la convierte en la creencia predominante.

Chiquimula es de los pocos municipios que aún conservan sus propias tradiciones, celebran la feria patronal del 12 al 18 de agosto en honor a la Virgen del Tránsito, siendo el día principal el 15; en enero celebran la fiesta de la consagrada imagen de Jesús Nazareno del Calvario. Otras fiestas importantes

que se celebran son el Día de Todos los Santos y Fieles Difuntos y las actividades de la Virgen de Guadalupe.

El municipio de Chiquimula tiene sitios arqueológicos en Chanté, Chiquimula, Río San José y Vado Ancho. Como sitio turístico destaca el Balneario Santa Clara.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUMULA, GUATEMALA

4.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, así como la elaboración de planos, presupuestos, análisis ambiental y económico. “El diseño de las redes de alcantarillado es un problema complejo que tiene dos componentes fundamentales: la definición del trazado de la red y el diseño hidráulico” (Duque, 2015, p. 25).

La red de drenajes tiene una longitud de 1.2957 km, considerando 133 viviendas con un total de 798 habitantes; el desfogue del Sistema será la Planta de tratamiento de aguas residuales existente. Para esto se realizó un censo de viviendas y poblacional para establecer los parámetros básicos del diseño del sistema, el proyecto no incluye la construcción de una planta de tratamiento ya que en la aldea ya cuentan con esta instalación.

Los principales componentes del sistema son: red de tuberías de PVC norma ASTM – F949 con diámetros variables, pozos de visita de mampostería, cajas de diferentes tipos, conexiones domiciliarias (candelas), entre otros.

4.2. Levantamiento topográfico

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, la topografía tiene esencial importancia ya que proporciona información del terreno donde se ubica el proyecto. En las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados. INFOM (2001), se indica:

En los levantamientos topográficos de la población se debe tener en cuenta el área edificada y de desarrollo futuro, incluyendo la localización exacta de todas las calles, zonas edificadas o no; edificios alineación municipal, ubicación de éstos, carreteras, cementerios, todos los pavimentos anotando su clase y estado, parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales o artificiales que guarden relación con el problema a resolver que influyan en el diseño. Tanto en los levantamientos topográficos de la población como en los correspondientes a líneas de descarga, se tendrán en cuenta las quebradas, zanjas, curso de agua, elevaciones, depresiones, entre otros. (p. 7)

El levantamiento topográfico se realizó con estación total, incluye información sobre la altimetría y la planimetría del terreno con la que se definió el trazo final del sistema.

Para la realización de un levantamiento topográfico de una red de alcantarillado es necesario definir las diferentes fases del proceso y, sobre todo,

hay que tener en cuenta una serie de factores para que la red de alcantarillado se realice correctamente.

4.2.1. Altimetría

Rama de la topografía especializada en la medición de la altura. También conocida como hipsometría, la altimetría abarca diversos procesos, metodologías y técnicas para la determinación y la representación de la altura de un punto, teniendo en cuenta un cierto plano de referencia.

Busca determinar las diferencias de niveles, incluye la medición de alturas utilizando métodos y procedimientos para representar la información en un plano de referencia; con la que se generan las curvas de nivel, secciones transversales y perfil del terreno. “Los detalles topográficos se tomarán a modo de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno en las calles, zonas suburbanas, y de desarrollo futuro, patios, solares, en donde existan cambios de pendiente, zanjas, entre otros” (INFOM, 2001, p. 8).

4.2.2. Planimetría

La parte de la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana.

Al final se identifican el relieve y la altitud sobre un plano en dirección horizontal, información que permite ubicar la red de tubería en las calles, localizar los pozos de visita y otros puntos de importancia.

4.3. Población actual

Para el diseño de sistemas de drenaje sanitario es necesario conocer la población actual, esta se determina en base a los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Es necesario realizar trabajo de campo donde se identifiquen los antecedentes del proyecto, así como aspectos importantes de la población, servicios y viviendas.

Actualmente la población de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, es de 798 habitantes, distribuidas en 133 viviendas, con una densidad poblacional estimada de 6 habitantes por vivienda.

4.4. Descripción del sistema a utilizar

Existen 3 tipos básicos de sistemas de alcantarillado: sanitario, separativo y combinado; la selección de cada uno depende del análisis de factores económicos y técnicos, los que determinan el tipo a utilizar. En las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados.

INFOM (2001) indica:

En general y excepto en zonas especiales, en poblaciones que no cuenten con ningún sistema anterior al que se está diseñando, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidas los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies. (p. 12)

El sistema de drenajes sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, Guatemala es un servicio básico, que

mejora la calidad de vida de la población; Para Butler y Davies (2011), (como se cita en Duque,2015), señalan que los sistemas de alcantarillado sanitario son obras civiles necesarias para el manejo de las aguas residuales y pluviales las que deben ser canalizadas y tratadas.

El sistema consiste de un conjunto de tuberías que trabajan como canales abiertos se diseñó para funcionar por gravedad, la pendiente de la tubería se acomodó a las pendientes del terreno, de manera que se cumplan los valores de velocidad máxima y mínima de diseño.

4.5. Diseño del sistema

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario tiene dos componentes fundamentales: la topología de la red y el diseño hidráulico. Para esto es necesario contar con la información básica, así como aplicar una serie de pasos para su cálculo.

“La selección del trazado de una red de drenaje urbano consiste en indicar hacia dónde fluye el agua desde cada pozo de inspección, cómo se conectan las tuberías entre sí y qué tipo de tubería se tiene en cada tramo” (Duque, 2015, p. 27).

El sistema se diseñó para funcionar por gravedad, con las tuberías funcionando como canales parcialmente llenos; en el diseño hidráulico se debe encontrar la combinación del diámetro y pendiente para cada tramo del sistema, así como definir la ubicación de los elementos del sistema de acuerdo con criterios técnicos y económicos. La selección del material de la tubería del sistema considera aspectos como su resistencia mecánica y estructural,

durabilidad, capacidad de conducción, economía, facilidad de manejo y colocación, entre otros (p. 16).

Tabla 2.

Resumen parámetros de diseño del sistema de drenajes sanitario

Dato	Valor
Período de diseño (años)	21
Coeficiente de rugosidad	0.01
Longitud total (km)	1.2957
Tubería de PVC	6 y 8"
Viviendas actuales (No. viviendas)	133
Densidad de vivienda (No. hab / vivienda)	6
Población actual (No. de habitantes)	798
Dotación (L/hab/día)	125
Tasa de crecimiento (%)	3
Número de comercios	150
Dotación comercios (L/hab/día)	1300
Dotación alumnos (L/est/día)	60
Número de alumnos	150
Dotación profesores (L/prof/día)	30
Número de profesores	10
Factor de retorno	0.85
Factor de infiltración	1600
Conexiones ilícitas (%)	2.0
Coeficiente de escorrentía	0.7
Dotación de ilícitas (L/viv/día)	100
Longitud de tubería domiciliar	6 m

Nota. Información parámetros de diseño de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, Guatemala. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.5.1. Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio eficiente, varía de acuerdo con el crecimiento de la población, capacidad de la administración, operación y mantenimiento. “Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para realizar adecuadamente su función durante el período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño” (INFOM, 2001, p. 12).

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, Guatemala se adoptó un período de 21 años y 2 años de gestión.

4.5.2. Población de diseño

De acuerdo con las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados, INFOM (2001) “la población de diseño se calcula según el número de habitantes al final del período de diseño; se puede utilizar alguno de los siguientes métodos: Incremento geométrico, Incremento aritmético, Incremento o porcentaje decreciente y proyección gráfica a ojo” (p. 12).

Para su cálculo se utilizó el método geométrico por ser el que más se adapta al crecimiento real de la población de la aldea, el método asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de esta.

$$P_f = P_{actual} * (1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Pf = población futura (No. de habitantes)
Pact = población actual (No. de habitantes)
n = período de diseño (años)
r = tasa de crecimiento 3 %

$$P_f = 798 * (1 + 0.03)^{21} = 1484 \text{ habitantes}$$

4.5.3. Dotación

La dotación es la cantidad de agua que se la asigna a cada habitante para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual y sus unidades están dadas en l/h/día. (Jiménez, 2013, p. 29)

Este parámetro es necesario para calcular el caudal domiciliar a utilizar en el diseño; es la cantidad de agua que necesita un habitante en un día para satisfacer sus necesidades biológicas, se expresa en Litros/habitante/día y está en función de la categoría de la población, ubicación, condiciones climáticas, entre otros.

De acuerdo a las condiciones y características de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, para el cálculo de los caudales se adoptará una dotación de 125 L/hab/día.

4.5.4. Caudal sanitario

El caudal sanitario se integra por los caudales de aguas residuales domiciliarias, comerciales, industriales, por infiltración y conexiones ilícitas. De

acuerdo a las condiciones de la Aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, para el cálculo del caudal sanitario no se tomarán en cuenta el caudal industrial, ni el caudal comercial por no existir en el lugar, así como el caudal por infiltración, ya que se utilizará tubería cloruro de polivinilo (PVC).

4.5.4.1. Caudal domiciliar

Es el caudal recolectado luego de que el agua ha sido contaminada mediante su uso y posteriormente trasladada al colector principal del sistema de alcantarillado. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{dom} = \frac{D_{dom} * FR * P_{fut}}{86400} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (L/s)

D_{dom} = dotación domiciliar (L/hab/día)

FR = factor de retorno (adimensional)

P_{fut} = población futura (habitantes)

86 400 = constante equivalente a segundos por día

$$Q_d = \frac{125 * 0.85 * 1484}{86400} = 1.82 \text{ L/s}$$

4.5.5. Factor de retorno

Debido a que no toda el agua de consumo humano se utiliza, sino que parte no se descarga a la red de drenajes, la dotación de agua potable es afectada por el factor de retorno, indica la cantidad de agua que retorna al

alcantarillado sanitario proveniente de cada vivienda; para efectos del presente diseño se utilizó un valor de 0.85.

4.5.5.1. Caudal comercial

Corresponde a las aguas residuales descargadas al alcantarillado sanitario por comercios, restaurantes, hoteles, pensiones, teatros, mercados entre otros. Cabrera (1989), indica que “es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, otros, y la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar” (p. 41). En la Aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula no existen comercios de gran magnitud.

Para conocer el caudal comercial es necesario determinar la cantidad y tipo de comercios, los comercios existentes y estimar una proyección al período de diseño; la dotación comercial depende del tipo de comercio, este valor oscila entre 600 a 3,000 L/com/día. Para estimar el caudal escolar se considera el número de establecimientos, la dotación escolar y el número de alumnos y profesores.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{com} = \frac{D_{com} * No. de comercios}{86400} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Qcom = caudal comercial (L/s)

Dcom = dotación comercial (L/comercio/día)

No. de comercios = número de comercios

4.5.5.2. Caudal industrial

Son las aguas residuales vertidas al sistema de alcantarillado que provienen de industrias, como fábricas textiles, fábricas de alimentos entre otros. Cabrera (1989) comenta que la dotación del caudal industrial se asigna según el tipo de industria. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{ind} = \frac{D_{ind} * \text{No. de industrias}}{86400} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

Q_{ind} = caudal industrial (L/s)

D_{ind} = dotación industrial (L/comercio/día)

No. de industrias = número de industrias

De acuerdo con las características y condiciones actuales en la aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula no existen industrias, en este caso el caudal industrial es igual a cero.

4.5.5.3. Caudal por infiltración

Cabrera (1989), señala que:

Se genera por la existencia de fisuras en las tuberías, malas juntas, uniones de la tubería con el pozo de visita y demás estructuras, entre otros. Su cálculo se puede hacer de dos formas; en litros diarios por hectáreas o litros diarios por kilómetro de tubería. (p. 42)

Para su cálculo se puede utilizar la siguiente fórmula.

$$Q_{inf} = (F_{inf} \left(\frac{\text{Long. tubería} + \text{No viviendas} * 6m}{\frac{1000}{86400}} \right)) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Q_{inf} = caudal infiltración (L/s)

F_{inf} = factor de infiltración

Long. tubería (metros) = longitud de tubería

No. de viviendas = número de viviendas

En las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados, INFOM (2001), se indica que para tuberías de PVC debe calcularse el caudal de infiltración de acuerdo con los criterios siguientes:

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático $Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro de tubería pulgadas}$.
- Para tuberías que quedarán debajo del nivel freático $Q_{inf} = 0,02 * \text{diámetro de tubería pulgadas}$.

De acuerdo con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, las tuberías serán de PVC y estarán sobre el nivel freático. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$Q_{inf} = 0.01 * \text{diámetro de tubería} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Q_{inf} = caudal infiltración (L/s)

$$Q_{inf} = 0.01 * 6'' = 0.06 \frac{L}{s}$$

4.5.5.4. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos, de acuerdo con el INFOM se puede usar el 10 % del caudal doméstico o también se puede hacer uso del método racional.

4.5.6. Método racional

El método racional tiene como variantes el coeficiente de escorrentía superficial, la intensidad de precipitación y el área de influencia de la localización de la obra de drenaje. Para su cálculo se puede utilizar la siguiente fórmula.

$$Q_{conexiones\ ilícitas} = \frac{CIA}{360} = \frac{CI(A*\%)}{360} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$Q_{conexiones\ ilícitas}$ = caudal conexiones ilícitas (m³/s)

C = coeficiente de escorrentía promedio (de acuerdo a la superficie) que se pueda aplicar al área total

I = intensidad de lluvia mm/h

A = área que es factible conectar ilícitamente (Ha).

% = porcentaje caudal domiciliar

4.5.6.1. Caudal medio

Es la sumatoria de los caudales de diseño, de acuerdo con las condiciones existentes en la aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, el caudal medio se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{ci} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

Q_m = caudal medio (L/s)

Q_{dom} = caudal domiciliar (L/s)

Q_{com} = caudal comercial (L/s)

Q_{inf} = caudal infiltración (L/s)

Q_{ci} = caudal conexiones ilícitas (L/s)

4.5.6.2. Factor de caudal medio

Es la relación entre el caudal medio y la población, regula la aportación del caudal en la tubería. En las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados, INFOM (2001) se indica que este factor debe estar dentro del rango de 0.002 a 0.005, se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{Qm} = \frac{Q_m}{P_f} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

F_{Qm} = factor de caudal medio

Q_m = caudal medio (L/s)

Pf = población futura

4.5.6.3. Factor de Harmond

Es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado y actúa principalmente en las horas de mayor demanda del alcantarillado (horas pico). Debido a que el factor de Harmond no es constante en todo el sistema de alcantarillado se debe calcular para cada tramo de la red, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \left(\sqrt{\frac{P}{1000}}\right)}{4 + \left(\sqrt{\frac{P}{1000}}\right)} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

FH = factor de Harmond

Pf = población futura acumulada en miles

$$FH = \frac{18 + \left(\sqrt{\frac{1484}{1000}}\right)}{4 + \left(\sqrt{\frac{1484}{1000}}\right)} = \frac{19.24}{5.24} = 3.68$$

4.5.6.4. Factor de caudal máximo

Este factor se utiliza para calcular el caudal de diseño, debido a que el factor de caudal máximo no es constante en todo el sistema de alcantarillado se debe calcular para cada tramo de la red; se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F_{Qmax} = F_{Qm} * FM \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

FQmax = factor de caudal máximo

FQm= factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

4.5.6.5. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado o drenaje, debe cumplir con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = F_{Qm} * FM * P_f \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde:

Qdis = caudal de diseño (L/s)

FQm= factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

Pf = población futura (habitantes)

4.5.6.6. Caudal unitario

El caudal unitario es una relación del caudal de diseño y del número de viviendas actuales del alcantarillado sanitario, para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{uni} = \frac{Q_{dis}}{\text{No viviendas actuales}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

Q_{uni} = caudal unitario (L/s)

Q_{max} = caudal máximo (L/s)

No. de viviendas = número de viviendas

Tabla 3.

Resultados caudal sanitario diseño

Parámetro	Valor diseño (L/s)
Caudal Domiciliar	1.83
Caudal Escolar	0.11
Caudal Comercial	2.26
Caudal Industrial	0.00
Caudal por Infiltración	0.24
Caudal por Infiltración INFOM	1.72
Caudal Sanitario	6.15

Nota. Integración cálculo de caudal sanitario de diseño del Sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.5.7. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad de flujo se ve influenciada según la pendiente del terreno, tipo y diámetro de tubería a utilizar; por esta razón en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario se deben de considerar los valores límites de las velocidades mínima, máxima y crítica. La velocidad mínima evita la

sedimentación de sólidos que obstruye la libre circulación del flujo dentro de la tubería, la velocidad máxima evita el desgaste de la tubería debido a los sólidos y materiales abrasivos que transporta el flujo y la velocidad crítica impide la formación de mezclas de gases y líquidos.

Cabrera (1989), indica que:

La velocidad mínima del flujo en sistemas de alcantarillado sanitario trabajando a cualquier sección debe ser 0.60 m/s, sin embargo, cuando se manejan flujos bajos se proporcionará una pendiente que de la velocidad mínima de 0.60 m/s a la descarga máxima estimada, y una velocidad no menos de 0.40 m/s durante escurrimientos bajos. (p. 124)

De acuerdo a lo establecido, la tubería del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula será de PVC, por lo que los valores de velocidad se establecen de la siguiente manera:

- Velocidad mínima 0.4 m/s
- Velocidad máxima 5 m/s

La velocidad de diseño se determina por la fórmula de Manning, la que se calcula para cada tramo con el caudal que tenga en su extremo más bajo:

$$V = \frac{0.3429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

V = velocidad m/s

n = coeficiente de rugosidad de Manning, 0.014 tubos de concreto y 0.010 tubos de PVC

D = diámetro de la sección circular

S = pendiente de la gradiente hidráulica

4.5.8. Diámetro de tuberías

Utilizar el diámetro adecuado en los alcantarillados, garantiza que exista un buen flujo del caudal y evita problemas de obstrucción en la tubería. De acuerdo con INFOM (2008), el diámetro mínimo a utilizar en los sistemas de alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubos de PVC; en las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC.

4.5.8.1. Tipo de tuberías

Para el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula se usará tubería de PVC norma ASTM – F949, para el colector municipal de 6" y 8", para las conexiones domiciliarias de 4". Se debe examinar regularmente los materiales para verificar que cumplan con la especificación técnica.

Para las candelas domiciliarias se empleará un tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro.

4.5.8.2. Profundidad de las tuberías

La instalación de tuberías en zanja se realiza mediante excavaciones a cielo abierto, las que se realizan por métodos manuales o mecánicos; la pendiente de la tubería se determina en función de la pendiente del terreno, buscando que el sistema de alcantarillado funcione por gravedad. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula.

$$S = \frac{\text{Cota final} - \text{Cota inicial}}{\text{Longitud del tramo}} * 100 \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

S = pendiente del terreno (%)

La profundidad mínima de la zanja se determina de manera que las tuberías se protejan del tráfico, cargas exteriores y de las variaciones de temperatura del medio ambiente. “La profundidad mínima del coronamiento de la tubería respecto a la superficie del terreno será de 1.0 metro” (INFOM, 2008, p. 17).

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA (s.f.), indica:

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas mayores durante la excavación, de acuerdo con las características del terreno en que quedará alojada la tubería, y tomando

en consideración la resistencia a la compresión o rigidez de las tuberías.

(p. 77)

La profundidad a la cual debe quedar la tubería se calcula mediante la cota *invert*, que es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe ser al menos igual al recubrimiento mínimo deseado de la tubería; se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Para el cálculo de las cotas *invert* se utilizan las siguientes fórmulas:

$$CIE = CT - H_{p1} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$CIE = HCIS_1 - L\left(\frac{S}{100}\right) \quad (\text{Ecuación 18})$$

Donde:

CIE= cota *invert* de entrada del pozo de visita número dos

CIS1= cota *invert* de salida del pozo número uno

CT = cota de terreno

L = distancia horizontal en metros, entre los pozos de visita uno y dos

S = pendiente con la que se coloca la tubería

4.5.9. Pozos de visita

Forman parte del sistema de alcantarillado sanitario, pueden ser prefabricados o contruidos in situ; la separación máxima entre los pozos de visita debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza.

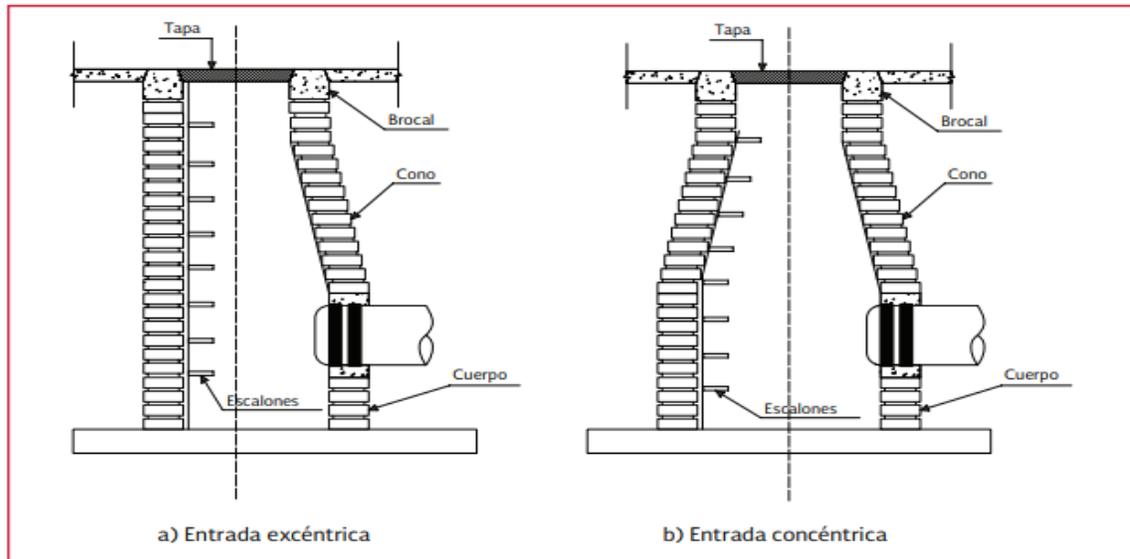
Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías incidentes (de diferente material o tecnología). (Mata, 2013, p. 13)

Según INFOM (2008), los pozos de visita se construyen en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24"
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24"
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24"

Figura 4.

Componentes de los pozos de visita



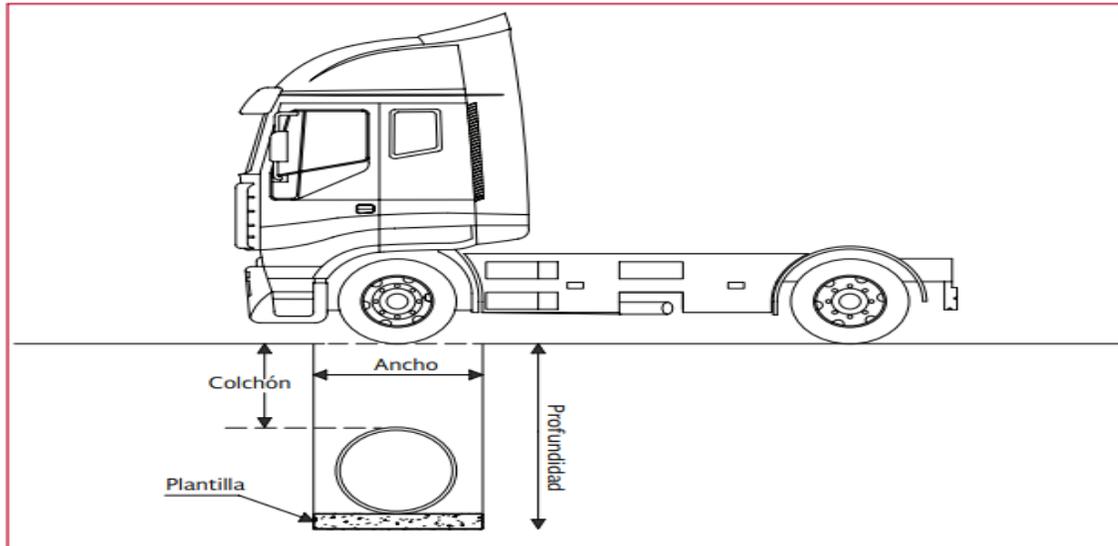
Nota. Plano que muestra los componentes de Pozos de visita. Obtenido de CONAGUA. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario.* (<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro20.pdf>), consultado el 12 de marzo de 2023. De dominio público.

4.5.10. Ancho de zanja

El ancho es muy importante para evitar el exceso de excavación y reducir los costos; debe permitir la compactación adecuada del relleno a cada lado de la tubería y la movilización del personal que realiza la instalación, en ningún caso debe ser menor de 0.70 m. “El espacio entre la tubería y las paredes de la zanja debe ser lo suficientemente amplio de modo que permita el uso del equipo de compactación en la zona de la tubería” (CONAGUA, s.f., p. 192).

Figura 5.

Características de una zanja



Nota. Figura que muestra el detalle de zanja. Obtenido de CONAGUA. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Alcantarillado Sanitario.* (<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro20.pdf>), consultado el 12 de marzo de 2023. De dominio público.

4.5.11. Volumen de excavación

Corresponde al volumen de la tierra que se excava para colocar la tubería del colector principal; 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.

$$Vol_{exc} = \left(\frac{H1+H2}{2} \right) * d * t \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

Vol_{exc} = Volumen de excavación (m^3)

H1 y H2 = profundidad pozos de visita (m)

d = distancia entre pozos de visita

t = ancho de zanja (m)

El volumen de relleno es la diferencia entre el volumen de excavación menos el volumen del tubo que se va a instalar, el resto del material deberá de retirarse del área del proyecto.

4.5.12. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son tuberías cuyo propósito es descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al colector central. Se integran por los siguientes componentes:

- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas, deben contener una tapadera y estar impermeabilizado por dentro. La altura mínima de la candela es de un metro. El fondo debe ser fundido de concreto con una pendiente que permita la fluidez de las aguas.
- Tubería secundaria: es la que sirve de conexión entre la candela domiciliar y la tubería central, debe tener un diámetro mínimo de seis pulgadas en tubería de concreto y de cuatro pulgadas en tubería de PVC. Debe tener una pendiente mínima de 2 %.

- Conexión con la alcantarilla central: se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo. Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central. No profundizar demasiado en la conexión domiciliar.

4.5.13. Desfogue

Para la ubicación de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, es importante en los sistemas de alcantarillado sanitario, que previo al desfogue final se debe considerar el tratamiento de las aguas residuales. “Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, se requiere una estructura de descarga cuyas características dependen del lugar elegido para el vertido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros” (CONAGUA, s.f., p. 114).

4.5.14. Fundamentos hidráulicos

Incluyen los criterios a considerar para el diseño del sistema de drenaje, considerando parámetros de normativa y cálculos con números. Para el cálculo de las variables hidráulicas permisibles a tubo lleno o a tubo parcialmente lleno, se emplean las ecuaciones para el diseño.

El flujo del sistema queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido. Las tuberías y colectores seguirán en general, las pendientes del terreno natural, a efecto de optimizar el diseño y reducir los costos del proyecto, se diseñarán tramo por tramo.

En el diseño se deben de respetar los valores límites establecidos para la velocidad máxima y mínima. Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas

- Relaciones hidráulicas: la relación de caudales q/Q deberá ser menor o igual a 0.75, la relación de diámetros d/D debe ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75 para alcantarillado sanitario. (ver anexo 1).

Se determinan los valores de las relaciones (q/Q), (d/D), (v/V).

4.5.15. Ejemplos de diseño de un tramo

Se analiza el tramo comprendido entre los pozos de visita PV 1 y PV 2:

- Cotas del terreno
 - Cota P1: 503.658 m
 - Cota P2: 502.575 m
 - Longitud entre los pozos: 80.0 m
 - Pendiente del terreno: $S = \frac{503.658 - 502.575}{80} * 100 = 1.35$
 - Profundidad P1 = 1.47 m
 - Profundidad P2 = 1.50 m
- Cotas *invert*
 - Cl_{ent} pozo 1 = 502.19 m
 - Cl_{sal} pozo 2 = 501.08 m

- Volumen de excavación

$$Vol_{exc} = \left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t = \left(\frac{1.47 + 1.50}{2} \right) * 80 * 0.80 = 95.04 \text{ m}^3$$

4.5.16. Ejemplos de fundamentos hidráulicos

Se analiza el tramo comprendido entre los pozos de visita PV 1 y PV 2:

- Datos diseño
 - Diámetro tubería PVC 6"
 - Pendiente de tubería 1 %
 - Cotas del terreno:
 - Cota P1: 503.658 m
 - Cota P2: 502.575 m
 - Longitud entre los pozos: 80.0 m
 - Pendiente del terreno: 1.35 %
 - Número de habitantes: 92
 - Número de habitantes futuro: 172
 - Número de casa del tramo: 29
 - Número de casas acumuladas: 29
 - Densidad de vivienda: 6 habitantes/ casa
 - Factor de caudal medio: $0.0020 \leq f_{qm} \leq 0.0050$

$$F_{Qm} = \frac{Q_m}{P_f} = \frac{1.50}{172} = 0.008, 0.008 > 0.005, \text{ se utiliza } 0.005$$

- Factor de Harmond:

$$FH_{actual} = \frac{18 + \left(\sqrt{\frac{92}{1000}}\right)}{4 + \left(\sqrt{\frac{92}{1000}}\right)} = 4.25$$

$$FH_{futuro} = \frac{18 + \left(\sqrt{\frac{172}{1000}}\right)}{4 + \left(\sqrt{\frac{172}{1000}}\right)} = 4.17$$

Tabla 4.

Resultados caudal sanitario tramo PV1 – PV2

Parámetro	Valor tramo PV1 – PV2 (L/s)
Caudal Domiciliar	1.15
Caudal Escolar	0.11
Caudal Comercial	2.26
Caudal Industrial	0.00
Caudal por Infiltración	0.24
Caudal por Infiltración INFOM	0.92
Caudal Sanitario	4.27

Nota. Detalle integración caudal sanitario Tramo PV1 – PV2. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Diseño hidráulico: con la fórmula de Manning se obtiene la velocidad a sección llena (V) de la tubería.

$$V = \frac{0.3429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n} = 1.1322 \frac{m}{s}$$

Donde:

V = velocidad

D = diámetro de tubería a utilizar en el tramo

S = pendiente de la tubería en el tramo

n = coeficiente de Manning (0.010 tubería de PVC)

- Cálculo del caudal a sección llena

$$Q_{sección\ llena} = A * V = 20.65 \frac{L}{s}$$

Se calculan la relación de caudales (q/Q), se determinan los valores de las relaciones (d/D) y (v/V):

- $q/Q = 0.0559$
- $d/D = 0.16$
- $v/V = 0.538$
- $V = 0.69$ chequea

4.6. Presupuesto

El presupuesto del proyecto de alcantarillado sanitario se elaboró en base a los planos del proyecto y está integrado a base de precios unitarios, para los materiales se utilizaron los precios del lugar. Los costos de ejecución del proyecto son aquellos que se generan al llevar a cabo el proyecto.

Tabla 5.*Presupuesto sistema de alcantarillado sanitario aldea Santa Elena*

MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA						
PRESUPUESTO						
CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA SANTA ELENA MUNICIPIO DE CHIQUIMULA						
MARZO / 2023, JOSE PABLO CUELLAR RONQUILLO						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTALES		
CONSTRUCCION DRENAJE SANITARIO, ALDEA SANTA ELENA						
1 1	TRABAJOS PRELIMINARES				Q.	11,609.47
11.1	Limpieza y chapeo	1295.70	m	Q. 3.93	Q.	5,092.10
11.2	Replanteo topográfico	1295.70	m	Q. 5.03	Q.	6,517.37
2	Movimiento de tierras				Q.	97,606.60
22.1	Excavación (por pozos)	168.00	m ³	Q. 80.19	Q.	3,471.92
22.2	Excavación (por zanjeo)	2170.00	m ³	Q. 80.19	Q.	74,012.30
2.3	Relleno con material de excavación	1859.03	m ³	Q. 146.99	Q.	73,258.82
2.4	Retiro de material sobrante	404.25	m ³	Q. 91.19	Q.	36,863.56
3	Estructuras				Q.	1,193,317.09
3.1	Pozo de visita 1 a 2 metros	4.00	U	Q. 7,598.26	Q.	30,393.04
3.2	Pozo de visita 2 a 4 metros	23.00	U	Q. 10,611.91	Q.	244,073.93
3.3	Pozo de visita 4 a 6 metros	0.00	U	Q. 13,692.29	Q.	-
3.4.	Instalación tubería Novafort 6"	731.72	m	Q. 372.43	Q.	72,514.48
3.5	Instalación tubería Novafort 8"	563.98	m	Q. 396.49	Q.	23,612.43
3-6	Instalación tubería Novafort 10"	0.00	m	Q. 426.52	Q.	-
3.7	Conexiones domiciliars	247.00	U	Q. 1,711.43	Q.	422,723.21
4	Demoliciones				Q.	65,990.52
4.1	Demolición de pavimento	155.48	m ²	Q. 333.23	Q.	51,811.93
4.2	Retiro de material sobrante pavimento	155.48	m ³	Q. 91.19	Q.	14,178.59
5	Reparaciones				Q.	71,040.64
5.1	Reposición de pavimento (espesor pavimento 0.15 cm)	155.48	m ²	Q. 456.90	Q.	71,040.64
COSTO TOTAL					Q.	1,839,564.32

Nota. Resumen presupuesto proyecto sistema de alcantarillado sanitario aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.6.1. Integración de costos unitarios

Los costos unitarios utilizados en la tabla 5, son el valor que cuesta producir, almacenar y vender una sola unidad de un producto o servicio, los cuales incluyen los costos fijos y los costos variables. El detalle aparece en los apéndices 1 al 5.

4.7. Evaluación de impacto ambiental

Todo proyecto o actividad productiva genera impactos al ambiente, en Guatemala, el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (2016), Acuerdo Gubernativo Número 137-2016, en su artículo 3. Glosario de términos indica:

Estudio de evaluación de impacto ambiental -EIA-: Es el documento técnico que permite identificar y predecir, con mayor profundidad de análisis, los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o actividad que por sus características se ha considerado como de moderado y de alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental según el Listado Taxativo.

A continuación, se presentan las principales actividades, así como los impactos ambientales generados por la construcción, operación y mantenimiento del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula.

- Actividades de la etapa de construcción
 - Transporte de tuberías y accesorios
 - Almacenamiento de materiales

- Excavación de zanjas
 - Manejo de fugas o de fluidos procedentes de las excavaciones
 - Transporte y disposición de material de desperdicio
 - Topografía
 - Instalación de tuberías y accesorios
 - Construcción de pozos
 - Relleno y compactación de zanjas
 - Restauración de carpeta existente
 - Limpieza y desalojo de material
- Actividades de la etapa de operación
 - Limpieza y mantenimiento de tuberías y accesorios
 - Limpieza y mantenimiento de pozos
 - Limpieza y mantenimiento de cajas de revisión
 - Mantenimiento de conexiones domiciliarias
 - Limpieza y desalojo de material

Tabla 6.

Resumen evaluación de impactos ambientales, fase de construcción

Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula				
Sistema ambiental	Componentes	Indicador	Impacto ambiental	Tipo de impacto
Sistema físico	Aire	Calidad del aire	Emisiones a la atmósfera	Negativo
		Nivel sonoro	Ruidos provocados por la maquinaria y equipo	Negativo
	Suelo	Calidad de suelo	Erosión por el zanjeo	Negativo
		Uso de suelo	Cambios por actividades de construcción sistema	Negativo
	Agua	Calidad del agua	Se reduce contaminación a cuerpos receptores por la instalación de tuberías	Positivo
		Aguas superficiales	Uso de recursos hídricos	Negativo
		Aguas subterráneas	Se reduce descarga de aguas residuales	Positivo

Continuación de la tabla 6.

Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula				
Sistema ambiental	Componentes	Indicador	Impacto ambiental	Tipo de impacto
Sistema Biótico	Flora	Cubierta vegetal	No existe cobertura vegetal	NA
		Cultivos	No existen cultivos	NA
	Fauna		No existe fauna	NA
Sistema socio económico	Paisaje	Alteración del medio	Mejora en el manejo de Aguas residuales	Positivo
		Vistas y paisaje	Alteración del paisaje	Negativo
	Humano	Bienestar	Implementación de medidas de higiene en el proyecto.	Positivo
		Salud	Controles regulares de temperatura a los trabajadores del proyecto	Positivo
		Seguridad	Uso de equipo de protección para los trabajadores del proyecto.	Positivo
		Empleo	Generación de empleo mano de obra local	Positivo

Nota. Impactos ambientales fase de construcción. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 7.

Resumen evaluación de impactos ambientales, fase de operación

Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula				
Sistema ambiental	Componentes	Indicador	Impacto ambiental	Tipo de impacto
Sistema físico	Aire	Calidad del aire	Emisiones a la atmósfera	Negativo
		Nivel sonoro	Ruidos provocados por la maquinaria y equipo	Negativo
	Agua	Calidad del agua	Mejora por la instalación de tuberías	Positivo
		Aguas superficiales	Uso de recursos hídricos	Negativo
Sistema socio económico	Humano	Bienestar	Mejora calidad de vida habitantes	Positivo
		Salud	Mejora calidad de salud habitantes	Positivo

Continuación de la tabla 7.

Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula				
Sistema ambiental	Componentes	Indicador	Impacto ambiental	Tipo de impacto
Sistema socio económico	Humano	Seguridad	Uso de equipo de protección para los trabajadores del proyecto.	Positivo
		Empleo	Generación de empleo mano de obra local	Positivo

Nota. Impactos ambientales fase de construcción. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al final se concluye que el proyecto Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, genera un impacto negativo moderado y temporal, los elementos más afectados en la ejecución de proyectos de alcantarillado sanitario son: suelo, aire y agua; a la vez se generan impactos positivos como lo son la mejora en la calidad de vida y salud de la población, así como la generación de empleo en sus actividades.

De acuerdo con lo anterior el proyecto no representa un riesgo potencial para el medio ambiente, por lo que deberán de implementarse las acciones necesarias para mitigar sus impactos mediante planes de manejo ambiental. Las medidas de mitigación serán de acuerdo a las variables ambientales que se afecten en las diferentes etapas del proyecto.

Los proyectos tienen una interacción alta con el medio que los rodea, debido a que los sistemas de alcantarillado de las áreas urbanas y rurales son especialmente vulnerables a los peligros naturales, deben de considerarse las amenazas de riesgos por eventos socio naturales, ambiental y antropogénicos, su gestión debe ser parte de los procesos durante la toma de decisiones.

4.8. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los flujos de costos y beneficios en los que incurre un país al ejecutar o no un determinado proyecto, con esta información se calculan distintos indicadores de rentabilidad.

El proyecto del diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, incluye las obras necesarias para recolectar y evacuar las aguas residuales de las viviendas de sus habitantes, debido a que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más bajo posible. Para este caso se analizó con una tasa de interés $i = 10\%$.

4.8.1. Valor presente neto

Es el valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto durante toda su vida y consiste en la revisión de los flujos netos de fondos a una tasa conocida para identificar el costo medio ponderado de capital, determinado sobre la base de los recursos financieros programados con anticipación. Refleja el flujo de beneficios netos que genera un proyecto descontando estos flujos a la tasa de interés pertinente para el inversionista.

Tabla 8.

Gastos/Ingresos de operación

Gastos / ingresos	Cálculo	Total, Q
Costo inicial		1,839,564.32
Ingreso inicial	Q. 200.00/vivienda*133 viviendas	26,600.00
Tarifa anual mantenimiento	Q. 50.00 / vivienda * 133*12	79,800.00
Costo mantenimiento anual	Q. 15,000.00	15,000.00

Nota. Resumen gastos e ingresos operación sistema sanitario de la Aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

Para el cálculo del VPN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VPN = -I + TA + II - F * \left(\frac{1}{(1+i)^{n-1}} \right) \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

VPN = valor presente neto

I = costo inicial (Q)

II = ingreso inicial (cuota servicio)

TA = Tarifa anual mantenimiento (Q)

F = costo de mantenimiento anual

i = tasa de interés (%)

n = cantidad de años

$$VPN = -1,839,564.32 + 79,800.00 + 26000.00 - 15,000.00 * \left(\frac{1}{(1 + 10\%)^{21} - 1} \right)$$

$$VPN = -1,736,107.97$$

Análisis de resultados VPN:

- Si el $VPN < 0$, y el resultado es un valor negativo muy grande, indica que el proyecto no es rentable.
- Si el $VPN = 0$, indica que se está generando el porcentaje de utilidad que se desea obtener.
- Si el $VPN > 0$, indica que la opción que se tiene es rentable.

4.8.2. Tasa interna de retorno

También conocida como la tasa de rentabilidad, producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del proyecto y se expresan en porcentaje. La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de interés que hace el VPN igual a cero.

La tasa interna de retorno indica el punto donde el proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias. El proyecto es económicamente no rentable debido que al ser un proyecto de obra pública no es lucrativo; el valor de la TIR no es atractivo desde el punto de vista financiero, por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a este tipo de inversión es de costo/beneficio

- Costo = inversión inicial, (Q. 1,839,564.32).
- Beneficio = No. de habitantes beneficiados a futuro (1530 habitantes)

$$\text{Relación } \frac{\text{costo}}{\text{beneficio}} = \frac{1,839,564.32}{1530} = Q 1,202.33/\text{habitante} \quad (\text{Ecuación 21})$$

4.9. Especificaciones técnicas

Son todas las especificaciones y parámetros que se utilizan para el diseño de un sistema de alcantarillado. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, se realizó de acuerdo a lo indicado por la municipalidad del municipio de Chiquimula y cumpliendo con las especificaciones técnicas del INFOM; en cuanto a los materiales se siguieron normas internacionales como ASTM para la tubería de PVC.

Tabla 9.

Resumen de especificaciones generales

Actividad	Especificación
Trazo y nivelación	La localización general, alineamientos y niveles de trabajo deberán de ser marcados de acuerdo con los planos del proyecto.
Excavaciones	<p>Las excavaciones deben efectuarse de acuerdo con la programación establecida, para evitar derrumbes, accidentes y problemas de tránsito. En el caso de instalaciones de tuberías, el límite máximo de zanja excavada será de 300m.</p> <p>De acuerdo con la profundidad se recomienda utilizar apuntalamientos con travesaños de madera y tableros de tipo abierto o cerrado según sea el caso.</p> <p>Si se emplea equipo mecánico, la excavación deberá estar próxima a la pendiente de la base de la tubería, luego se continúa a mano.</p> <p>El material excavado deberá ser colocado a una distancia adecuada de la zanja.</p> <p>El ancho de las zanjas dependerá del tamaño de los tubos, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales y naturaleza del terreno.</p>

Continuación de la tabla 9.

Actividad	Especificación
Cama de apoyo	<p>El fondo de la zanja debe prepararse de tal forma que asegure un apoyo estable, firme uniforme a lo largo de la tubería.</p> <p>Cuando el terreno sea inestable, deberá de colocarse una capa de material de relleno.</p> <p>La capa base de apoyo sobre la cual descansará la tubería será de material selecto con 10 cm de espesor.</p>
Relleno	<p>El relleno de la zanja se deberá realizar por capas, Deberá de realizarse inmediatamente después de colocada la tubería, para evitar daños o accidentes.</p> <p>El relleno final se hará hasta la cota de terreno indicada en planos.</p>
Tubería	<p>La tubería será de PVC norma ASTM F-949, el diámetro de tubería a utilizar será el indicado en planos.</p> <p>La pendiente de tubería será según lo indicado en planos.</p> <p>La tubería a utilizar debe contar con un extremo espiga (que incluye un empaque de hule) y un extremo de campana, lo cual permite una fácil unión entre tubos y no requiere del uso de cemento solvente.</p>
Pozos de visita	<p>Serán construidos con paredes de ladrillo tayuyo de dimensiones de 6.5 x 11 x 23 centímetros. El mortero para unir los ladrillos y realizar el alisado interior en los muros, será a base de cemento, cal hidratada y arena de río, con proporción 1: ½: 2 equivalente.</p> <p>La altura de los pozos de visita será la indicada en los planos.</p>
Conexiones domiciliarias	<p>Las conexiones domiciliarias se diseñarán de acuerdo con lo especificado en los planos.</p>

Nota. Especificaciones Generales Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.10. Planos constructivos

Los planos constructivos elaborados para este proyecto son:

- Planta general del sistema
- Planta de densidad de vivienda
- Planta perfil de ramales
- Detalles de conexiones domiciliarias
- Detalles de pozos de visita.

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Generalidades

Para realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula, Departamento de Chiquimula, fue necesario contar con información básica, la que se obtuvo en la Municipalidad de Chiquimula y se verificó en campo. Esta se relacionó con aspectos culturales, sociales y económicos de la población, así como aspectos físicos y económicos del proyecto.

Es importante la definición de los datos básicos, lo que evitará generar obras sobredimensionadas o deficientes lo que representa inversiones inadecuadas. Para el cálculo del sistema se utilizó el programa Excel, con el que se elaboraron las tablas y hojas de cálculo necesarias.

El punto de desfogue del proyecto es la planta de tratamiento existente en la aldea, lo que permitirá que se cumpla con la calidad del agua para su descarga final. De acuerdo con lo anterior se decidió realizar el diseño del Proyecto, el que mejorará la salud e higiene de todos los habitantes de la aldea.

5.2. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de las actividades de campo y gabinete que se realizaron para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario. El proyecto se diseñó para un período de 21 años y trabajará por gravedad; incluye un total de 133 viviendas con una población de 798 habitantes,

considerando los caudales comercial, industrial, escolar, así como un total de 27 pozos. (ver tabla 2). Los costos unitarios, planos, cálculo y datos del proyecto aparecen en los apéndices 1 al 17, en el anexo 1 se incluyen las tablas de relaciones hidráulicas utilizadas.

5.2.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con estación total con el objetivo de conocer las características de la topografía del terreno en el área del proyecto; incluye trabajos de altimetría y planimetría, información con la que se definió el trazo final del sistema el que se dividió en tres tramos, el diámetro y pendiente de la tubería, así como la ubicación de las obras complementarias, teniendo en cuenta la principal alternativa técnico-económica.

- El proyecto tiene una longitud de 1,2957 km, la ubicación del colector principal será en el centro de la calle.
- La cota de inicio del terreno es de 503.658 m, la cota final es de 495.647 m.
- Se ubicaron pozos a diferentes distancias, siendo la mayor 136.4 m (Pozo 19 a Pozo 17) y la distancia menor 5.1 m (Pozo 16 a Pozo 17).
- La pendiente de terreno más alta corresponde al tramo entre Pozo 8 a Pozo 7 (4.24 %) y la más baja corresponde al tramo entre Pozo 10 a Pozo 11 (0.09 %).
- Pendiente de la tubería 1 % en todo el proyecto.

5.2.2. Período de diseño

Se determinó considerando las estructuras y obras complementarias del sistema, así como la demanda futura, densidad actual, durabilidad de los materiales empleados, calidad de la construcción, operación y mantenimiento. De acuerdo a la información se decidió un período de diseño de 21 años y dos años de gestión del proyecto.

Para que el sistema opere de manera eficiente durante su vida útil, la supervisión y mantenimiento son una parte esencial en la operación del sistema de alcantarillado.

5.2.3. Población de proyecto

La estimación y proyección de la población futura son claves en el funcionamiento del sistema; para su cálculo se utilizó el método de tasa de crecimiento geométrico, ya que es el más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija.

- La población actual 798 habitantes, población futura 1484 habitantes.
- Número de habitantes por casa 6.
- El tramo con mayor población es entre los Pozos 19 y 17 (156 habitantes).
- El tramo con menor población es entre los Pozos 16 y 17 (6 habitantes).

5.2.4. Caudal sanitario

De acuerdo a lo establecido, para el cálculo del caudal sanitario se consideró una dotación de 125 L/hab/día con un factor de retorno de 0.85, lo que determina la cantidad de agua residual que cada habitante vierte a la red de

alcantarillado. Para calcular los caudales de diseño se utilizaron las fórmulas indicadas y se aplicaron los datos correspondientes a cada tipo de gasto.

- El valor de caudal sanitario más alto corresponde al tramo entre los Pozos 19 y 17 (1.94 L/s), el tramo con menor valor de caudal sanitario es entre los pozos 16 y 17 (0.08 L/s).
- En la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula no existen comercios de gran magnitud.

5.2.5. Diseño hidráulico

Con la información mínima necesaria, se calcularon las pendientes y las elevaciones de todos los tramos de tubería, luego se calculan los diámetros considerando el tipo de tubería.

- Para el diseño de la red de tuberías se determinó el caudal real para cada tramo.
- Se establecieron los siguientes valores límites de velocidad para asegurar el buen funcionamiento del sistema:
 - Velocidad mínima 0.60 m/s
 - Velocidad máxima 5.00 m/s
- Para la profundidad de instalación de la tubería en cada tramo, se consideró la topografía (trazo), la profundidad mínima de colchón y (tipo de tubería), las velocidades máximas y mínima.

- La tubería a utilizar es PVC en diámetros de 6" y 8" para la red y 4" para las conexiones domiciliarias con un coeficiente de rugosidad de Manning de $n = 0.011$, además tubo de concreto 12" para las candelas.
- Los pozos de visita incluidos permiten el mantenimiento y la supervisión del funcionamiento del sistema, por lo que deben garantizar el ingreso al mismo, así como su limpieza. El diámetro mínimo utilizado fue de 1.20 m con altura variable entre 3.66 m (pozo 5) y 0.69 m (pozo 2).
- Las aguas residuales serán conducidas a través del sistema de alcantarillado sanitario a la planta de tratamiento existente.

Tabla 10.

Resumen información resultados red tubería

Tramo	Distância horizontal tramo (m)	Longitud tubería (m)		Diámetro tubería tramo (pul)	No de pozos tramo
		Tramo	Acumulado		
1	366.75	366.75	366.75	6"	8
2	268.84	268.84	635.59	8"	5
3	660.11	660.11	1295.70	8"	14
Total	1295.70	1295.70	--	--	27

Nota. Resultados red de tubería principal Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con la información generada se elaboran las tablas y hojas de cálculo, se presenta el detalle (ver apéndices 15, 16 y 17).

- Cálculo de caudal de diseño sanitario.

- Columna 1: indica el número de tramos.
 - Columna 2: identifica los pozos que se incluyen en el tramo, inicial y final.
 - Columna 3: indica los valores de elevación de cada pozo, cota inicial y final (m).
 - Columna 4: indica la distancia horizontal en el tramo (m).
 - Columna 5: indica la pendiente del terreno (%).
 - Columna 6: indica longitud de tubería en el tramo y la acumulada (m).
 - Columna 7: muestra el número de habitantes en el tramo y el acumulado.
 - Columna 8: muestra el factor de flujo en el tramo y acumulado.
 - Columna 9: indica el caudal de diseño sanitario en el tramo y acumulado (L/s).
- Cálculo de velocidad, caudal y diámetro
 - Columna 1: indica el número de tramos.
 - Columna 2: identifica los pozos que se incluyen en el tramo, inicial y final.
 - Columna 3: indica el valor de caudal de diseño (L/s).
 - Columna 4: indica la pendiente del terreno (%).
 - Columna 5: indica el valor de la pendiente de la tubería (m).
 - Columna 6: muestra el diámetro de la tubería (pulg).
 - Columna 7: muestra el valor de la velocidad del flujo en el tramo de acuerdo con el diámetro de la tubería (m/s).
 - Columna 8: muestra el valor del caudal a sección llena (L/s).
 - Columna 9: indica el valor de la relación q/Q en el tramo.
 - Columna 10: indica el valor de la relación d/D en el tramo.

- Columna 11: indica el valor de la relación v/V en el tramo.
 - Columna 12: indica el valor de la velocidad en el tramo (m/s).
 - Columna 13: muestra el chequeo de la velocidad en el tramo, de acuerdo con los valores límites.
 - Columna 14: muestra el chequeo del diámetro en el tramo.
- Cálculo de pozos
 - Columna 1: identifica número de pozo inicial.
 - Columna 2: identifica número de pozo final.
 - Columna 3: indica distancia horizontal del tramo (m).
 - Columna 4: indica elevación inicial del terreno (m).
 - Columna 5: indica elevación final del terreno (m).
 - Columna 6: indica valor de la pendiente de la tubería (%).
 - Columna 7: indica diámetro de la tubería (pulg).
 - Columna 8: identifica alternativas (cm).
 - Columna 9: identifica profundidad inicial tubo (m).
 - Columna 10: identifica profundidad final tubo (m).
 - Columna 11: indica cota invert inicio (m).
 - Columna 12: indica cota invert final (m).
 - Columna 13: identifica profundidad pozo inicio (m).
 - Columna 14: identifica profundidad pozo final (m).
 - Columna 15: identifica profundidad total PV inicio (m).
 - Columna 16: identifica profundidad total PV final (m).
 - Columna 17: identifica diámetro PV inicio (m).
 - Columna 18: identifica diámetro PV final (m).
 - Columna 19: indica No. de pozo.
 - Columna 20: indica diámetro pozo (m).

5.2.6. Presupuesto

Con los resultados del diseño hidráulico se calcularon los costos unitarios y el presupuesto del sistema; en la integración del presupuesto se consideraron los costos directos e indirectos.

El costo total del proyecto es de Q. 1,839,564.32, al momento de que se ejecute el mismo se debe hacer un ajuste de precios de materiales, mano de obra e insumos, debido a la inflación del mercado y la variabilidad de los precios.

De acuerdo con el análisis financiero del proyecto obtenido en el capítulo anterior, el resultado del $VPN = -1,736,107.97 < 0$, indica que el proyecto es económicamente no rentable debido que al ser un proyecto de obra pública no es lucrativo.

5.3. Evaluación ambiental

Los proyectos de infraestructura para el sector de saneamiento no presentan impactos ambientales negativos de gran magnitud, para garantizar esta situación el proyecto se debe ejecutar tal como está contemplado en los planos y especificaciones técnicas aplicables.

De acuerdo con lo anterior se concluye que el mismo mejorará la salud e higiene de todos los habitantes de la aldea.

Tabla 11.*Síntesis de los resultados aspectos relevantes de diseño*

Proyecto sistema de alcantarillado sanitario aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula		
Parámetro/ aspecto evaluado	Resultado	Comentario
Normas técnicas	Para el diseño de alcantarillado sanitario se utilizaron las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM)	Regulan los diámetros mínimos, velocidades máximas y mínimas e indica la ubicación y distancia a las que deben de ubicarse los pozos de visita.
Tipo de financiamiento	Fondos propios municipalidad Fondos CODEDE	De acuerdo con la planificación y el presupuesto de la Municipalidad de Chiquimula.
Vida útil	21 años	De acuerdo con el período de diseño del proyecto.
Dimensiones del proyecto	Planificación, Estudio topografía, Estudio socioeconómico, formulas técnicas.	Necesarios para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.
Población actual	798 habitantes	Población ubicada en el casco urbano de la aldea.
Población futura	1484 habitantes	Población ubicada en el casco urbano de la aldea.
No. de viviendas actual	133	Se ubican en el casco urbano de la aldea.
Longitud total	1.2957 km	Dentro del casco urbano de la aldea.
Costo total	Q. 1,839,564.32	Precios de materiales agosto de 2023.
Estudio de Impacto Ambiental	Se concluye que el proyecto Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, genera un impacto negativo moderado y temporal. A la vez se generan impactos positivos como lo son la mejora en la calidad de vida y salud de la población, así como la generación de empleo en sus actividades.	De acuerdo con las principales actividades, así como los impactos ambientales generados por la construcción, operación y mantenimiento del proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, el proyecto no representa un riesgo potencial para el medio ambiente. Los elementos más afectados en la ejecución de proyectos de alcantarillado sanitario son: suelo, aire y agua.

Continuación de la tabla 11.

Proyecto sistema de alcantarillado sanitario aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula		
Parámetro/ aspecto evaluado	Resultado	Comentario
Operación y mantenimiento	Manual de operación y mantenimiento	Se describen las acciones que se deben desarrollar para la operación (actividades externas) y mantenimiento (actividades internas) del sistema de alcantarillado.

Nota. Resultados aspectos relevantes Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Word.

5.4. Manual de operación y mantenimiento

Para que el Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula opere de manera eficiente, debe de contar con programas de mantenimiento preventivo y correctivo, que permitan uniformizar los procedimientos y actividades necesarias.

Por esta razón se propone el Manual de Operación y Mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario, en el que se describen las acciones que se deben desarrollar para la operación (actividades externas) y mantenimiento (actividades internas) del sistema de alcantarillado.

Las autoridades de la municipalidad deberán asignar los recursos necesarios para la implementación de los programas de mantenimiento.

5.4.1. Generalidades

El presente manual contiene las acciones necesarias que se deben desarrollar para la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado, está dirigido a los operadores responsables de las actividades de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.

Los responsables de la operación y mantenimiento del sistema deben disponer de planos actualizados, donde se indique la ubicación de las tuberías y cámaras de inspección, además de información sobre el material, diámetros, clase, fecha de instalación, entre otros.

La Municipalidad deberá ser la operadora del sistema para asegurar su operación y confiabilidad, motivando a los usuarios al pago de la tarifa.

Antes de poner en funcionamiento el sistema se debe de realizar limpieza de los desperdicios y residuos de concreto u otros materiales.

5.4.2. Objetivos del manual de operación y mantenimiento

- Contar con el apoyo de todos los niveles de autoridad y decisión en el municipio.
- Presentar la información necesaria a los operadores responsables de las actividades de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.
- Uniformizar los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema, lo que permitirá un mejor funcionamiento.

5.4.3. Definiciones importantes

- Alcantarillado sanitario: consiste en la tubería plástica PVC de 6" de diámetro, la cual se instala desde el Pozo 1 hasta la descarga del sistema, para conducir el agua residual de todas las viviendas y a la cual se acoplan las conexiones domiciliarias.
- Conexión domiciliar: elemento que consiste en tubería de plástico PVC, de 4" de diámetro, la cual une el registro domiciliar con el colector central, con el fin de conducir las aguas residuales de cada vivienda.
- Operación: conjunto de acciones externas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones, con el fin de mantener el adecuado funcionamiento del alcantarillado.
- Mantenimiento: conjunto de acciones internas que se ejecutan en las instalaciones, ya sea para prevenir o reparar daños, con el fin de mantener el adecuado funcionamiento del alcantarillado.
- Pozos de visita: estructuras construidas de ladrillo, con el propósito de tener acceso a los colectores con fines de inspección, mantenimiento o reparación.

5.4.4. Personal

El personal para los trabajos de operación y mantenimiento del sistema deberá estar identificado y físicamente capacitado; la cantidad de trabajadores dependerá del tipo de actividades a realizar.

Durante su jornada de trabajo se deben de tomar las medidas de higiene y seguridad necesarias para la protección del personal, facilitando el equipo y herramientas adecuadas.

5.4.5. Identificación de problemas

Se deben realizar visitas programadas con la finalidad de obtener información sobre las condiciones de los diferentes componentes del sistema. Se recomienda realizar estas actividades cuando el colector se encuentre sin flujo o tenga el mínimo nivel de agua; además se realizarán inspecciones cuando lo soliciten los usuarios del servicio, los miembros del comité local o por la misma municipalidad.

Después de realizar la inspección el encargado deberá elaborar un informe donde describa el problema encontrado y la solución a implementar. En base a la información obtenida y considerando la temporada del año, se programan las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

El personal responsable de la operación y mantenimiento del sistema debe estar familiarizado con los problemas más frecuentes que ocurren en las redes; estos básicamente estarán relacionados con taponamientos, pérdida de capacidad, roturas y malos olores.

Después de realizar la inspección el encargado deberá realizar un informe donde describa los principales problemas encontrados y el mecanismo de solución a implementar para la corrección de los mismos.

Tabla 12.*Principales actividades de mantenimiento preventivo*

Actividad	Frecuencia	Descripción	Responsable	Comentario
Revisión y limpieza general de tuberías	Semestral	Revisar que no existan fugas o taponamientos que afecten al sistema.	Fontaneros, personal de apoyo.	Programar previo a la entrada de la época lluviosa
	Semestral	Revisar que no existan sedimentos al fondo del pozo.	Fontaneros, personal de apoyo.	Disponer adecuadamente del material extraído
	Trimestral	Evaluar estado de tapadera y brocal	Fontaneros, personal de apoyo.	Realizar el cambio o reparación.
Inspección y limpieza de pozos de visita	Cada dos años	Verificar las condiciones de la mampostería de cada pozo.	Fontaneros, personal de mantenimiento de la Municipalidad.	Reparar mampostería, aplicar nuevamente el cernido.
	Cada cuatro años	Verificar las condiciones de las juntas entre tuberías y pozos.	Fontaneros, personal de mantenimiento de la Municipalidad.	Reparar juntas defectuosas.
Inspección conexiones domiciliarias	Anual	Inspeccionar tuberías y candelas domiciliarias	Departamento de Agua y Saneamiento de la Municipalidad, personal de apoyo.	Identificar calidad del usuario.

Nota. Principales actividades de mantenimiento preventivo de un sistema de alcantarillado urbano. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.4.6. Procesos a seguir para habilitar el sistema

Arranque del sistema: deberá probarse para determinar la ausencia de fugas y taponamientos en el sistema; esto deberá realizarse previo al relleno y compactado de las zanjas. De encontrarse fugas o variaciones en el nivel de

agua, deberán realizarse las reparaciones y repetirse la prueba hasta que sea satisfactoria.

Taponamiento parcial: se vierte un volumen de 54 galones de agua en una forma brusca y simultánea en el registro aguas arriba, de tal manera que la correntada provoque la limpieza del tramo; en caso de no que sea suficiente el volumen de agua y persiste el taponamiento, se incrementa el caudal y la intensidad de flujo.

Taponamiento total: luego de realizar el procedimiento anterior y de persistir el problema, es necesario realizar sondeos para limpieza en el tramo, se determina el área a trabajar por medio de una guía que se introduce a la línea central desde el registro aguas abajo, hasta el punto de obstrucción; luego de ser ubicado el taponamiento, se procede a excavar y descubrir el tubo de la línea de conducción y a su reparación.

5.4.7. Inspección de pozos de visita y actividades de mantenimiento

Tapadera y brocal: evaluar las condiciones de la tapadera y brocal de cada pozo del sistema, verificando que se encuentren en su lugar, sin daños y colocadas adecuadamente. En caso de existir daños se cambiarán las tapaderas.

Interior del pozo: evaluar las condiciones del interior de cada pozo verificando: la acumulación de materiales que impidan el libre paso del flujo, así como el estado de las escaleras de acceso. En caso de existir materiales sedimentados debe programarse la limpieza del pozo.

5.4.8. Inspección de conexiones domiciliarias y actividades de mantenimiento

Chequeo del estado de las candelas: verificar el estado de las candelas, constatando que se encuentren en buenas condiciones de servicio; la tapadera de debe encontrarse en buenas condiciones y en su respectivo lugar.

Chequeo de conexiones ilícitas: verificar que la candela identificada se encuentre en los listados administrativos existentes o inspeccionar el tipo de unidad instalada; o bien verificar que la candela y el servicio son autorizados y que se encuentren haciendo uso adecuado del servicio (no aguas pluviales, no descarga de materiales peligrosos o basura).

5.4.9. Equipo y herramientas

El personal encargado de los trabajos de operación y mantenimiento del sistema debe contar como mínimo con lo siguiente:

- Uniforme que los identifique, además cascos, guantes largos, botas de hule tipo muslera y capas contra la lluvia.
- Varillas de acero de 12 mm y/o cable flexible para empujar los materiales que normalmente producen los taponamientos.
- Piochas, azadones, patas, barretas, almádenas y herramientas para levantar las tapas y/o para reparar las tuberías.
- Cuerdas, linternas, escaleras.

- Bombas sumergibles para evacuar las aguas.
- Equipo de seguridad que incluya detector de gases y mascarilla.

CONCLUSIONES

1. Con el proyecto del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula, se mejorará el manejo de las aguas residuales y con ello se elevará la calidad de vida de los habitantes de la aldea.
2. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se realizó acoplándolo a las condiciones poblacionales existentes, así como los criterios y especificaciones técnicos ingenieriles, de manera que funcione adecuadamente, garantizando la conducción y disposición final de las aguas residuales.
3. Se informó sobre la importancia y ejecución del proyecto, a autoridades y población de la aldea Santa Elena, a fin de concientizarlos de la importancia del buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.
4. Se elaboró un Manual de operación y mantenimiento dirigido a los operadores, que facilite estas actividades lo que garantiza la vida útil del sistema; es necesario capacitar al personal que se encarga de la operación y mantenimiento del sistema.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un ajuste a los precios de los materiales, mano de obra e insumos al momento de la ejecución del proyecto, debido a la inflación del mercado y la variabilidad de los precios, a fin de obtener el costo total al momento de su ejecución.
2. Implementar las medidas de mitigación ambientales necesarias durante la construcción y operación del sistema, para no afectar negativamente a la población.
3. Brindar mantenimiento periódico a los componentes del sistema de alcantarillado sanitario, que incluya limpieza anual del sistema, así como evitar taponamientos en los pozos de visita y tuberías, para que el sistema proporcione un buen servicio a la población.
4. Diseñar una campaña de divulgación a la población de la aldea Santa Elena, con recomendaciones sobre el uso apropiado del sistema de alcantarillado sanitario, para evitar obstrucciones, así: No echar en los lavaderos residuos de comida, papeles, plásticos, ni otro material que pudiera ocasionar taponamientos en el sistema y no tirar al inodoro papeles, toallas higiénicas, trapos, vidrios, aguas con contenido de grasas ni otros objetos extraños al drenaje.

REFERENCIAS

- Cabrera, M. (2019). *Estudio y Diagnóstico, Financiero-Contable y Administrativo de la Municipalidad de Chiquimula, Departamento de Chiquimula. Informe Gerencial*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Cabrera, R. (1989). *Apuntes de Ingeniería sanitaria 2*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://es.scribd.com/document/465253412/Tesis-Apuntes-de-Ingenieria-Sanitaria-2>
- Carrillo, A. (2006). *Alternativa para la construcción de drenajes por medio de módulos sanitarios*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2607_C.pdf
- Código de Salud. Decreto Número 90-97. (02 de octubre de 1997). Congreso de la República. Diario de Centroamérica. Guatemala. http://www.cicad.oas.org/fortalecimiento_institucional/legislations/pdf/gt/decreto_congresional_90-97.pdf
- Código Municipal. Decreto Número 12-2002. (02 de abril de 2002). Congreso de la República. Diario de Centroamérica. Guatemala. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2008/6698.pdf>

Comisión Nacional del Agua. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Alcantarillado Sanitario.
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro20.pdf>

Concejo Municipal de Chiquimula. (2018). *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, Municipio de Chiquimula, Chiquimula 2018 - 2032*. Guatemala. SEGEPLAN.
https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/08/2001_PDM_OT-Chiquimula.pdf

Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Chiquimula (2010). *Plan de Desarrollo Chiquimula, Chiquimula*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT, 2010. SEGEPLAN.
https://www.familysearch.org/es/wiki/Departamento_de_Chiquimula,_Guatemala_-_Genealog%C3%ADa.

Duque, N. (2015). *Metodología para el diseño optimizado de redes de alcantarillado*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Los Andes]. Archivo digital.
<https://pavcowavin.com.co/metodologia-para-el-diseno-optimizado-de-redes-de-alcantarillado>

Franco, J. (2003). *Monografía de Chiquimula. Educación y Cultura*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1704.pdf

Global Water Partnership. (2017). *Situación de los Recursos Hídricos de Centroamérica*.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf

Instituto de Fomento Municipal (2001). *Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados*. <https://es.scribd.com/doc/283658403/Normas-Generales-Para-El-Diseño-de-Alcantarillados#>

Instituto de Fomento Municipal. (2008). *Normas Generales para el Diseño de alcantarillados*.

Jiménez, J. (2013). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Archivo digital. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseño-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Mata, J. (2013). *Investigación experimental de flujo transitorio mixto debido al llenado rápido de un sistema de alcantarillado que contiene aire atrapado*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital. <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0709401/0709401.pdf>

Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2015). *Análisis de la situación epidemiológica de enfermedades no transmisibles*. Centro Nacional de Epidemiología, Guatemala.

Ramírez, J. (2012). *Esquema Director de Ordenamiento Urbanístico e Identificación de Proyectos Urbanos Estratégicos para el casco urbano de la Ciudad de Chiquimula 2011-2031*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://es.scribd.com/document/393211265/Chiquimula>

Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Acuerdo Gubernativo Número 137-2016. (11 de julio de 2016). Presidencia de la República. Diario de Centroamérica. Guatemala. <https://asisehace.gt/media/acuerdogubernativo1372016.pdf>

Rodríguez, M. (21 de noviembre de 2016). *Historia del municipio de Chiquimula (Chiquimula)*. <https://www.dequate.com/departamentos/chiquimula/historia-del-municipio-de-chiquimula-chiquimula/>

Rodríguez, P. (2019). *Diseño de ampliación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario, Aldea Chanmagua, Municipio de Esquipulas, Departamento de Chiquimula*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://prezi.com/p/k-dj8pw-4swf/paola-rodriguez-privado/>

Rus, E. (1 de noviembre de 2020). *Investigación mixta*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-mixta.html>

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2022). *Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública Ejercicio Fiscal 2023*. SEGEPLAN, Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Costos unitarios trabajos preliminares

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	LIMPIEZA y CHAPEO	Precio	3.93	Unidad	m ²
Concepto		Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
1. Mano de obra					
	Limpieza (albañil + 1 ayudante; rendimiento de 80m2/dia)	Q160.00	0.00625	Jornal	Q. 1.00
	Ayudante	Q 90.00	0.00625	Jornal	Q. 0.56
	Prestaciones		0.75 %		Q. 0.01
2. Materiales		-	-	-	-
3. Maquinaria y equipo		-	-	-	-
4. Herramienta		-	-	-	-
	Machete, pala, azadón y carreta		5.0 %		Q. 0.05
5. Combustible y lubricantes		-	-	-	-
6. Transporte		-	-	-	-
Costo subtotal					Q. 1.62
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 0.13
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 0.11
3. Utilidad			10.00 %		Q. 0.16
4. Fianzas			3.00 %		Q. 1.65
Costo subtotal					Q. 2.05
Precio total					Q 3.67
Impuestos (7 %)					Q. 0.26
Precio total + impuestos					Q. 3.93
Precio unitario					Q. 3.93

Continuación del apéndice 1.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
1.2	TRAZO Y REPLANTEO	Precio	5.03	Unidad	m
A. COSTO DIRECTO					
Concepto		Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
1. Mano de obra					
	Ayudante	Q. 90.00	0.00365	m	Q. .33
	Trazo (topógrafo rendimiento de 274m/día)	Q. 300.00	0.003	m	Q1.09
	Prestaciones	0.75 %			Q. 0.01
2. Materiales					
	Hilo (50 m)	Q. 18.50	0.02	m	Q. 0.37
	Estacas (trozos 15 cm)	Q. 1.00	0.020	Unidad	Q. 0.02
	Cal hidratada (Horcalsa) (50 kg/ bolsa)	Q. 36.10	0.02	saco	Q. 0.65
3. Maquinaria y equipo					
	Equipo topográfico	0.00365	300.00	día	Q. 1.09
4. Herramienta					
	Manguera, metro, crayones		5.0 %		Q. 0.11
5. Combustible y lubricantes					
6. Transporte					
Costo subtotal					Q. 3.67
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 0.29
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 0.26
3. Utilidad			10.0 %		Q. 0.37
4. Fianzas			3.00 %		Q. 0.11
Costo subtotal					Q. 1.03
Precio total					Q. 4.70
Impuestos (7 %)					Q. 0.33
Precio total + impuestos					Q. 5.03
Precio unitario					Q. 5.03

Nota. Detalle Costos unitarios Trabajos preliminares. Proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula. Elaboración propia.

Apéndice 2.

Costos unitarios movimiento de tierras

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	Precio	80.19	Unidad	m
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
EXCAVACIÓN (POR POZOS)					
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Piloto Retroexcavadora	Q. 240.00	0.033	Día	Q. 7.92
	Ayudante	Q. 90.00	0.1	Día	Q. 9.00
	Albañil	Q. 160.00	0.1	Día	Q. 16.00
	Limpieza	Q. 90.00	0.1	Día	Q. 9.00
	Prestaciones	75 %			Q. 31.44
	Trabajo retroexcavadora (cat 246f)(0.9 capacidad	Q. 240.00	0.033	Horas	Q. 7.92
4. Herramienta					
	Depreciación herramienta	5 %			Q. 1.97
5. Combustible y lubricantes					
	Combustible galones (10 LITROS HORA) (2.08 horas)	0.4405	Q. 25.33	Galones	Q. 11.16
	Lubricantes				Q. 2.79
	Transporte retroexcavadora 3 viajes C/viaje (1045.09 días)	Q. 700	2.0076482	Q. 1.00	Día Q. 2.01
Costo subtotal					Q. 57.28
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 4.58
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 4.01
3. Utilidad			10 %		Q. 5.73
Costo subtotal					Q. 14.32
Precio total					Q. 71.60
Impuestos (7 %)					Q. 8.59
Precio total + impuestos					Q. 80.19
Precio unitario					Q. 80.19

Continuación del apéndice 2.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
2.2	Relleno material excavación	Precio	30.05	Unidad	m ³
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo I
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Piloto camión cisterna (100 m ² /hora)	Q. 160.00	0.01	Hora	Q. 1.60
	Piloto retroexcavadora (38 m ³ /hora)	Q. 310.00	0.03	Hora	Q. 8.16
	Albañil	Q. 160.00	0.08	Hora	Q. 12.96
	Ayudante	Q. 90.00	0.08	Hora	Q. 7.20
	Piloto Vibro compactador	Q. 190.00	0.08	Hora	Q. 15.00
	Prestaciones (75 %)				Q. 33.91
2. Materiales					
	Agua	Q. 10.00	0.15	ton	Q. 1.50
	Combustible Diesel	Q. 32.01	0.07	Galón	Q. 2.20
	Combustible regular	Q. 32.45	0.04	Galón	Q. 1.16
3. Maquinaria y equipo					
	Camión cisterna	Q. 150.00	0.07	Hora	Q. 9.99
	Retroexcavadora Cat (cucharón 0.9 m)	Q. 240.00	0.03	Hora	Q. 6.26
	Vibro compactador	Q. 87.50	0.03	Hora	Q. 2.63
4. Herramienta					
	Metros, botes, martillo, pala, azadón, carreta, punzón		5.0 %		Q. 3.38
	Combustible galones (3.78litros hora)(cortadora concreto)	0.07	14.2884	Galón	Q. 0.95
	Combustible galones (1.4litros hora)(martillo neumático)	0.15	5.292	Galón	Q. 0.80
	Lubricantes		5 %		Q. 0.09
6. Transporte					
	Costo subtotal				Q. 107.32
B. COSTOS INDIRECTOS					
	1. Administración		8.00 %		Q. 8.59
	2. Imprevistos		7.00 %		Q. 7.51
	3. Utilidad		10.0 %		Q. 10.73
	4. Fianzas		3.00 %		Q. 3.22

Continuación del apéndice 2.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
Costo subtotal					Q. 30.05
Precio total					Q.137.37
Impuestos (7 %)					Q. 9.62
Precio total + impuestos					Q. 146.99
Precio unitario					Q. 146.99
2.3	Retiro Material sobrante	Precio	91.19	Unidad	m
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
1. Mano de obra					
	Albañil	Q. 160.00	0.08	Hora	Q. 12.96
	Ayudante	Q. 90.00	0.08	Hora	Q. 7.29
	Piloto de camión	Q. 160.00	0.08	Hora	Q. 12.80
	Prestaciones (75 %)				Q. 24.79
2. Materiales					
		-	-	-	-
3. Maquinaria y equipo					
		-	-	-	-
4. Herramienta					
	Metros, botes, martillo, pala, azadón, carreta, punzón		5.0 %		Q. 3.10
5. Combustible y lubricantes					
	Combustible Diesel	0.07	32.010	Galón	Q. 2.20
	Combustible regular	0.04	32.45	Galón	Q. 1.16
	Lubricantes (25 %)				Q. 0.84
	Lubricantes		5 %		
6. Transporte					
		-	-	-	-
Costo subtotal					Q. 65.14
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 5.21
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 4.56
3. Utilidad			10.0 %		Q. 6.51
4. Fianzas			3.00 %		
Costo subtotal					Q. 16.28
Precio total					Q. 81.42
Impuestos (7 %)					Q. 9.77
Precio total + impuestos					Q. 91.19
Precio unitario					Q. 91.19

Nota. Detalle Costos unitarios Movimiento de tierras. Proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula. Elaboración propia.

Apéndice 3.

Costos unitarios estructuras.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
3	ESTRUCTURAS				
3.1	Pozos de visita 1.2 - 2 metros	Precio	7598.26	Unidad	U
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Fundición 3000 psi(1 albañil; 2 ayudante; rendimiento de 3 m ³ /día)	Q. 133.33	0.66	m ³	Q. 88.01
	Levantado de Ladrillo tayuyo	Q. 40.00	12.56	m ²	Q. 502.40
	Instalación de escalones de hierro	Q. 25.00	5	U	Q. 125.00
	Corte Hierro de 3/4" corrugado, legítimo Grado 40 (1 albañil; 1 ayudante)	Q. 4.10	0.83	m	Q. 3.40
	Repello interno	Q. 15.62	12.56	m ²	Q. 196.19
	Fundición concreto	Q. 83.33	1.00	m	Q. 83.33
	Prestaciones		75.0 %		Q. 748.75
2. Materiales					
	Ladrillo tayuyo 0.065x0.11x0.23 m	Q. 2.10	753.00	U	Q. 1,581.30
	Cemento 4000 psi	Q. 80.10	15.16	Sacos	Q. 1,214.32
	Arena de río	Q. 110.00	0.54	m ³	Q. 59.40
	Tabla de 1" x 12" x 10'	Q. 60.00	4.00	Tabla	Q. 240.00
	Hierro de 3/4" corrugado, legítimo grado 40	Q. 140.80	1.66	Varillas	Q. 233.73
	Clavo 3" calibre 10 BWG	Q. 6.59	2.00	Lb	Q. 13.18
	Alambre de amarre calibre 18	Q. 8.49	8.00	Lb	Q. 67.92
	Piedrín	Q. 379.98	0.35	m ³	Q. 132.99
3. Maquinaria y equipo					
4. Herramienta					
	Cucharas, metros, nivel, plomo, botes, escalera, plancha de madera, grifas, cierra, caimán, tenaza, martillo.		5.0 %		Q. 87.35

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
5. Combustible y lubricantes					
6. Transporte					
			5.0 %		Q. 170.53
Costo subtotal					Q. 5,547.80
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 443.82
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 388.35
3. Utilidad			10.00 %		Q. 554.78
4. Fianzas			3.00 %		Q. 166.43
Costo subtotal					Q. 1,553.38
Precio total					Q. 7,101.18
Impuestos (7 %)					Q. 497.08
Precio total + impuestos					Q. 7,598.26
Precio unitario					Q. 7,598.26
3.2	Pozos de visita 2 - 4 metros	Precio	10611.91	Unidad	U
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Fundición 3000 psi (1 albañil; 2 ayudante; rendimiento de 3 m3/día)	Q. 133.33	0.82	m ³	Q. 109.33
	Levantado de Ladrillo tayuyo café 0.065x0.11x0.23 m, punta(1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 6.25 m ² /día)	Q. 40.00	14.32	m ²	Q. 572.92
	Instalación de escalones de hierro (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 10 U/día)	Q. 25.00	10	U	Q. 250.00
	Corte Hierro de 3/4" corrugado, legitimo Grado 40 (1 albañil; 1 ayudante;	Q. 4.10	1.68	m	Q. 6.80
	Repello interno (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 16m ² /día)	Q. 15.62	14.3	m ²	Q. 223.75
	Fundición concreto base (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 3 u/día)	Q. 83.33	1.00	m	Q. 83.40
	Prestaciones		75.0 %		Q. 934.65

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
2. Materiales					
	Ladrillo tayuyo 0.065x0.11x0.23 m	Q. 2.10	1655.00	U	Q. 3,475.50
	Cemento 4000 psi	Q. 80.10	15.50	Sacos	Q. 1,241.55
	Arena de río	Q. 110.00	0.532	m ³	Q. 58.52
	Tabla de 1" x 12" x 10'	Q. 60.00	4.00	Tabla	Q. 240.00
	Hierro de 3/4" corrugado, legítimo	Q. 140.80	0.83	Varillas	Q. 116.86
	Clavo 3" calibre 10 BWG	Q. 6.59	1.00	Lb	Q. 6.60
	Alambre de amarre calibre 18	Q. 8.49	8.00	Lb	Q. 34.00
	Piedrín	Q. 379.98	0.34	m ³	Q. 129.20
3. Maquinaria y equipo					
4. Herramienta					
	Cucharas, metros, nivel, plomo, botes, escalera, plancha de madera, grifas,		5.0 %		Q. 265.11
5. Combustible y lubricantes					
Costo subtotal					Q. 7,748.18
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 619.85
2. Imprevistos			7.00 %		Q. 542.37
3. Utilidad			10.00 %		Q. 774.82
4. Fianzas			3.00 %		Q. 232.45
Costo subtotal					Q. 2,169.49
Precio total					Q. 9,917.67
Impuestos					Q. 694.24
Precio total + impuestos					Q.10,611.91
Precio unitario					Q.10,611.91
3.3	Pozos de visita 4 - 6 metros	Precio	13,692.29	Unidad	U
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Fundición 3000 psi(1 albañil; 2 ayudante; rendimiento de 3 m3/día)	Q. 133.33	0.82	m ³	Q. 109.33

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
Levantado de ladrillo tayuyo café 0.065x0.11x0.23 m, punta(1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 6.25 m2/día)	Q. 40.00	14.32	m ²	Q.	572.85
Instalación de escalones de hierro (1 albañil; 1 ayudante;	Q. 25.00	10	U	Q.	250.00
Corte hierro de 3/4" corrugado, legítimo grado 40 (1 albañil; 1 ayudante;	Q. 4.10	1.66	m	Q.	6.79
Repello interno (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 16m ² /día)	Q. 15.62	14.32	m ²	Q.	223.70
Fundición concreto base (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 3 u/día)	Q. 83.35	1.00	m	Q.	83.35
Prestaciones		75.0 %		Q.	934.52
2. Materiales					
Ladrillo tayuyo 0.065x0.11x0.23 m	Q. 2.10	2429.00	U	Q.	5,100.90
Cemento 4000 psi	Q. 80.10	23.00	Sacos	Q.	1,842.30
Arena de río	Q. 110.00	0.80	m ³	Q.	88.00
Tabla de 1" x 12" x 10'	Q. 60.00	4.00	Tabla	Q.	240.00
Hierro de 3/4" corrugado, legítimo grado	Q. 140.80	1.65	Varillas	Q.	232.51
Clavo 3" calibre 10 BWG	Q. 6.60	2.00	Lb	Q.	13.20
4. Herramienta					
Cucharas, metros, nivel, plomo, botes, escalera, plancha de madera, grifas, cierra, caimán, tenaza, martillo.		5.0 %		Q.	109.03
5. Combustible y lubricantes					
6. Transporte					
Transporte		5.0 %		Q.	378.40
Costo subtotal				Q.	10,237.22
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración		8.00 %		Q.	818.98
2. Imprevistos		7.00 %		Q.	716.61
3. Utilidad		10.00 %		Q.	1,023.72

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
Costo subtotal					Q. 2,559.31
Precio total					Q. 12,796.53
Impuestos					Q. 895.76
Precio total + impuestos					Q. 13,692.29
Precio unitario					Q.13,692.29
3.4	Colocación tubería Novafort 6"	Precio	Q. 372.43	Unidad	m
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Piloto cisterna	Q. 160.00	1.80	Jornal	Q. 288.00
	Piloto vibro compactador	Q. 190.00	0.18	Jornal	Q. 34.37
	Piloto retroexcavadora	Q. 240.00	1.17	Jornal	Q. 280.80
	Trazo y colocación (1 albañil; rendimiento de 150 m/día)	Q. 160.00	2.95	Jornal	Q. 471.70
	Prestaciones		75.0 %		Q. 806.15
	Material selecto (cama de 15 cm sobre a la colocación de la tubería)	Q. 34.20	110.00	m ³	Q. 3,762.00
	Tubo PVC Novafort 6 metros	Q. 16.66	311.89	U	Q. 5,196.55
	Anillo de caucho Novafort (sello)	Q. 7.30	16.67	U	Q. 121.70
	Agua cisterna (35 toneles)	Q. 15.00	10.00	Tonel	Q. 150.00
3. Maquinaria y equipo					
	Vibro apisonador	Q. 87.50	88.4	Hora	Q. 7,735.00
	Cisterna	Q. 150.00	4.42	Hora	Q. 663.00
	Retroexcavadora	Q. 240.00	22.1	Hora	Q. 5,304.00
4. Herramienta					
	Metros, nivel, plomo, botes, martillo, pala, azadón.		5.0 %		Q. 1,072.99
5. Combustible y lubricantes					
	Combustible galones (10 litros hora)	Q. 37.81	22.1	hora	Q. 835.60
	1 galón = 3.78 litros				
	Lubricantes		25 %		Q. 208.90
6. Transporte					
Costo subtotal					Q. 27,192.76
B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración			8.00 %		Q. 2,175.42

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
2. Imprevistos		7.00 %			Q. 1,903.49
3. Utilidad		10.00 %			Q. 2,719.28
4. fianzas		3.00 %			Q. 815.78
Costo subtotal					Q. 7,613.97
Precio total					Q.34,806.73
Impuestos					Q. 2,436.47
Precio total + impuestos					Q.37,243.20
Precio Unitario					Q. 372.43
3.5	Colocación tubería Novafort 8"	Precio	Q. 396.49	Unidad	m
	Piloto cisterna			Jornal	Q. 288.00
	Piloto retroexcavadora	Q. 240.00	1.17	Jornal	Q. 280.80
	Trazo y colocación (1 albañil; rendimiento de 150 m/día)	Q. 160.00	2.95	Jornal	Q. 471.70
	Prestaciones		75.0 %		Q. 806.15
2. Materiales					
	Arena (Cama de 5 cm previo a la colocación de la tubería)	Q. 5.00	110.00	m3	Q. 550.00
	Material selecto (Cama de 15 cm sobre a la colocación de la tubería)	Q. 34.24	110.00	m3	Q.3,766.40
	Tubo PVC Novafort 6 metros	Q. 16.65	419.42	U	Q. 6,983.34
	Anillo de caucho Novafort (Sello)	Q. 7.30	16.66	U	Q. 121.62
	Agua cisterna(35 toneles)	Q. 15.00	10.00	Tonel	Q. 150.00
3. Maquinaria y equipo					
	Vibro apisonador	Q. 87.50	88.4	Hora	Q. 7,735.00
	Cisterna	Q. 150.00	4.42	Hora	Q. 663.00
	Retroexcavadora	Q. 240.00	22.1	Hora	Q. 5,304.00
4. Herramienta					
	Metros, nivel, plomo, botes, martillo, pala, azadón.		5.0 %		Q. 1,163.53
5. Combustible y lubricantes					
	Combustible galones (10 litros hora)	Q. 37.81	22.1	Hora	Q. 835.50
	1 galón = 3.78 litros				
	Lubricantes		10 %		Q. 83.55
6. Transporte					
Costo subtotal					Q. 28,948.96
1. Administración		8.00 %			Q. 2,315.92
2. Imprevistos		7.00 %			Q. 2,026.43
3. Utilidad		10.0 %			Q. 2,894.90

Continuación del apéndice 3.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUELLAR					
FECHA: MARZO 2023					
3. Utilidad			10.0 %		Q. 2,894.90
4. fianzas			3 %		
Costo Subtotal					Q. 868.47
Precio total					Q. 8,105.72
Impuestos					Q.37,054.68
Precio unitario					Q. 2,593.83
3.5	Colocación tubería Novafort 10"	Precio	Q. 426.52	Unidad	m
A. COSTO DIRECTO					
	Piloto cisterna	Q. 160.00	1.80	Jornal	Q. 288.00
	Piloto vibro compactador	Q. 190.00	0.18	Jornal	Q. 34.37
	Piloto retroexcavadora	Q. 240.00	1.17	Jornal	Q. 280.80
	Trazo y colocación (1 albañil; rendimiento de 150 m/día)	Q. 160.00	2.95	Jornal	Q. 471.70
	Prestaciones		75.0 %		Q. 806.15
2. Materiales					
	Arena (cama de 5 cm previo a la colocación de la tubería)	Q. 5.00	110.000	m ³	Q. 550.00
	Material selecto (cama de 15 cm sobre a la colocación de la tubería)	Q. 34.24	110.000	m ³	Q.3,766.40
	Tubo PVC Novafort 6 metros	Q. 16.65	544.86	U	Q.9,071.92
	Anillo de caucho Novafort (Sello)	Q. 7.30	16.66	U	Q. 121.62
	Agua cisterna(35 toneles)	Q. 15.00	10.00	Tonel	Q. 150.00
3. Maquinaria y equipo					
	Vibro apisonador	Q. 87.50	88.4	Hora	Q.7,735.00
	Cisterna	Q. 150.00	4.42	Hora	Q. 663.00
	Retroexcavadora	Q. 240.00	22.1	Hora	Q.5,304.00
4. Herramienta					
	Metros, nivel, plomo, botes, martillo, pala,		5.0 %		Q.1,268.10
5. Combustible y lubricantes					
	Combustible galones (10 litros hora)	Q. 37.81	22.1	Hora	Q. 835.50
	1 galón = 3.78 litros				
6. Transporte					
			10 %		Q. 83.55
Costo subtotal					Q. 31,142.11

Continuación del apéndice 3.

B. COSTOS INDIRECTOS					
1. Administración		8.00 %	Q. 2,491.37		
2. Imprevistos		7.00 %	Q. 2,179.95		
3. Utilidad		10.0 %	Q. 3,114.21		
4. fianzas		3 %	Q. 934.26		
Costo subtotal			Q. 8,719.79		
Precio total			Q.39,861.90		
Impuestos			Q. 2,790.33		
Precio total + impuestos			Q.42,652.23		
Precio unitario			Q. 426.52		
3.6	Candela Domiciliar	Precio	1711.43	Unidad	U
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Fundición 3000 psi (1 albañil; 2 ayudante; rendimiento de 3 m ³ /día)	Q. 83.33	0.07	m ³	Q. 6.00
	Levantado de ladrillo tayuyo Café 0.065x0.11x0.23 m, punta (1 albañil; 1 ayudante; rendimiento de 6.25 m ² /día)	Q. 160.00	0.25	m ²	Q. 40.00
	Excavación hacia tubo central PVC Novafort (3mts*2mts*0.7mts ancho)	Q. 80.19	4.254	m ³	Q. 341.13
	Prestaciones				Q. 255.50
2. Materiales					
	Ladrillo tayuyo 0.065x0.11x0.23 m	Q. 2.10	63.000	U	Q. 132.30
	Cemento	Q. 80.10	0.67	bolsas	Q. 54.00
	Piedrín	Q. 379.98	0.04	m ³	Q. 13.80
	Arena	Q. 110.00	0.02	m ³	Q. 2.20
	Hierro de 3/4" corrugado, legítimo grado 40 (Parilla tapadera 3.2 mts)(13.5 bar/qq)	Q. 31.10	0.53	varilla	Q. 16.50
	Alambre de Amarre	Q. 8.49	0.254	Lb	Q. 2.16
	Tubo PVC 3" diámetro	Q. 145.00	0.50	U	Q. 72.50
	Silleta	Q. 254.00	1.00	U	Q. 254.00
4. Herramienta					
	Metros, nivel, plomo, botes, martillo, pala, azadón.		5.0 %		Q. 59.50
5. Combustible y lubricantes					
6. Transporte					
Costo subtotal					Q. 1,249.58

Continuación del apéndice 3.

B. COSTOS INDIRECTOS			
1. Administración	8.00 %	Q.	99.97
2. Imprevistos	7.00 %	Q.	87.47
3. Utilidad	10.0 %	Q.	124.96
4. Fianzas	3 %	Q.	37.49
Costo subtotal		Q.	349.89
Precio total		Q.	1,599.47
Impuestos		Q.	111.96
Precio total + impuestos		Q.	1,711.43
Precio unitario		Q.	1,711.43

Nota. Detalle Costos unitarios Estructuras. Proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula. Elaboración propia.

Apéndice 4.

Costos unitarios demoliciones

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUÉLLAR					
FECHA: MARZO 2023					
DEMOLICIONES					
4.1 Demolición concreto	Precio	333.23	Unidad	m	
Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial	
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
Piloto cortadora concreto	Q. 180.00	10.00	hora	Q.	1,800.00
Piloto martillo neumático	Q. 180.00	30.00	hora	Q.	5,400.00
Ayudante	Q. 90.00	30.00	hora	Q.	2,700.00
Prestaciones (66 %)				Q.	7,425.00
2. Materiales					
3. Maquinaria y equipo					
Cortadora de concreto	180	10.00	Hora	Q.	1,800.00
Martillo neumático	180	30.00	Hora	Q.	5,400.00
4. Herramienta					
metros, botes, martillo, Pala, azadón, carre		5.0 %		Q.	855.00

Continuación del apéndice 4.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO							
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA							
ING. JOSÉ CUÉLLAR							
FECHA: MARZO 2023							
DEMOLICIONES							
5. Combustible y lubricantes							
	Combustible galones (3.78 litros HORA) (cortadora concreto)	32.01	14.284	galón	Q.	457.37	
	Combustible galones (1.4 litros HORA) (martillo neumático)	32.01	5.292	galón	Q.	169.40	
	1 galón = 3.78 litros						
	Lubricantes		20 %		Q.	125.35	
A. COSTO DIRECTO							
	x				Q.	24,332.12	
B. COSTOS INDIRECTOS							
	1. Administración		8.00 %		Q.	1,946.57	
	2. Imprevistos		7.00 %		Q.	1,703.25	
	3. Utilidad		10.0 %		Q.	2,433.21	
	4. fianzas		3 %		Q.	729.96	
	Costo Subtotal				Q.	6,812.99	
	Precio Total				Q.	31,145.11	
	Impuestos				Q.	2,180.16	
	Precio Total + Impuestos				Q.	33,325.27	
	Precio Unitario				Q.	333.23	
4.2	Retiro Material sobrante	precio	91.19	Unidad		m ³	
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad		Costo Parcial	
A. COSTO DIRECTO							
1. Mano de obra							
	Albañil	Q.	160.00	0.08	hora	Q.	12.96
	Ayudante	Q.	90.00	0.08	hora	Q.	7.29
	Piloto de camión	Q.	160.00	0.08	hora	Q.	12.80
	Prestaciones (75 %)					Q.	24.79
4. Herramienta							
	metros, botes, martillo, Pala, azadón, carreta,		5.0 %		Q.	3.10	
5. Combustible							
	Combustible Diesel	0.07	32.010	gal	Q.	2.20	
	Combustible	0.04	32.45	gal			
	Lubricantes (25 %)				Q.	0.84	
	Lubricantes		5 %				

Continuación del apéndice 4.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO			
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA			
ING. JOSÉ CUÉLLAR			
FECHA: MARZO 2023			
DEMOLICIONES			
Costo subtotal		Q.	65.14
B. COSTOS INDIRECTOS			
1. Administración	8.00 %	Q.	5.21
2. Imprevistos	7.00 %	Q.	4.56
3. Utilidad	10.0 %	Q.	6.51
4. fianzas	3.00 %		
Costo subtotal		Q.	16.28
Precio total		Q.	81.42
Impuestos (7 %)		Q.	9.77
Precio total + impuestos		Q.	91.19
Precio unitario		Q.	91.19

Nota. Detalle Costos unitarios Estructuras. Proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula. Elaboración propia.

Apéndice 5.

Costos unitarios reparaciones

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO					
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA					
ING. JOSÉ CUÉLLAR					
FECHA: MARZO 2023					
REPARACIONES					
5.1	Reposición asfalto	Precio	480.74	Unidad	m ²
	Concepto	Precio	Cantidad	Unidad	Costo Parcial
A. COSTO DIRECTO					
1. Mano de obra					
	Albañiles, ayudantes y operarios	Q.	250.00	0.10 hora	Q. 25.00
	Piloto camión de Volteo	Q.	180.00	0.05 hora	Q. 9.00
	Piloto pavimentara	Q.	180.00	0.05 hora	Q. 9.00
	Piloto petrolizadora	Q.	180.00	0.03 hora	Q. 5.15
	Piloto rodillo	Q.	180.00	0.05 hora	Q. 9.00
	Prestaciones (66 %)				Q. 37.72

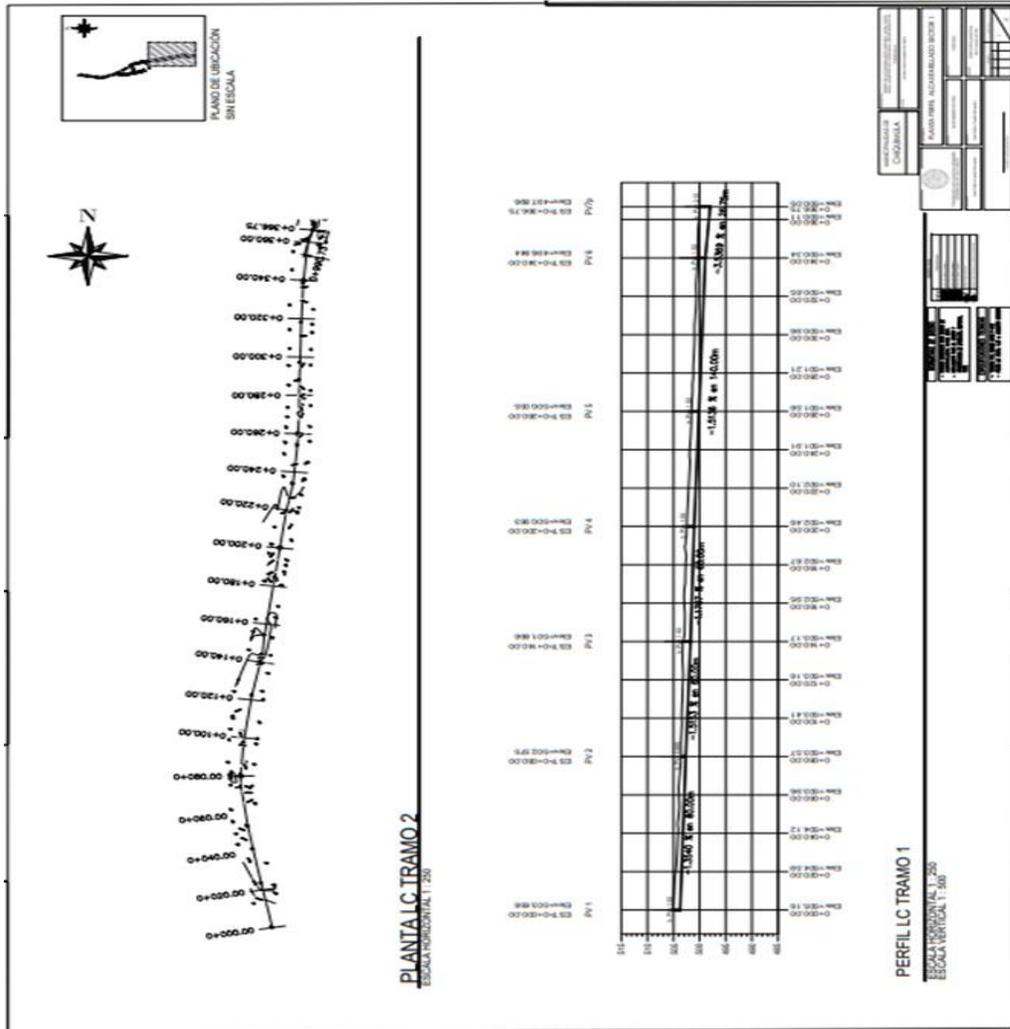
Continuación del apéndice 5.

COSTOS UNITARIOS PRESUPUESTO						
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SANTA ELENA, MUNICIPIO DE CHIQUIMULA						
ING. JOSÉ CUELLAR						
FECHA: MARZO 2023						
REPARACIONES						
2. Materiales						
Asfalto en caliente	Q.	333.00	0.10	m ³	Q.	33.30
Emulsión Sika	Q.	78.50	0.45	metro	Q.	34.93
Arena (12 cm base)	Q.	379.98	0.12	m ³	Q.	45.60
subbase (20 cm)	Q.	379.98	0.20	m ³	Q.	76.00
3. Maquinaria y equipo						
Camión de volteo	Q.	180.00	0.05	hora	Q.	9.00
Pavimentadora asfalto en caliente 150 °c	Q.	180.00	0.05	hora	Q.	9.00
Rodo de 4 llantas diseñaba	Q.	180.00	0.04	Hora	Q.	7.02
Petrolizadora	Q.	180.00	0.05	Hora	Q.	9.00
4. Herramienta						
metros, botes, martillo, Pala, azadón, carreta,			5.0 %		Q.	12.39
5. Combustible y lubricantes						
Combustible galones		0.26	32.01	galón	Q.	8.47
Combustible galones (1.4litros hora)(petrolizadora)		0.27	32.45	galón	Q.	8.65
Lubricantes			5 %		Q.	0.86
6. Transporte						
Transporte maquinaria (3 viajes 1046 días)		1.92	1.00	U	Q.	1.92
Costo subtotal					Q.	351.01
B. COSTOS INDIRECTOS						
1. Administración			8.00 %		Q.	28.08
2. Imprevistos			7.00 %		Q.	24.57
3. Utilidad			10.0 %		Q.	35.10
4. fianzas			3 %		Q.	10.53
Costo subtotal					Q.	98.28
Precio total					Q.	449.29
Impuestos					Q.	31.45
Precio total + impuestos					Q.	480.74
Precio unitario					Q.	480.74

Nota. Detalle Costos unitarios Estructuras. Proyecto Sistema de Alcantarillado Sanitario Aldea Santa Elena, Municipio de Chiquimula. Elaboración propia.

Apéndice 6.

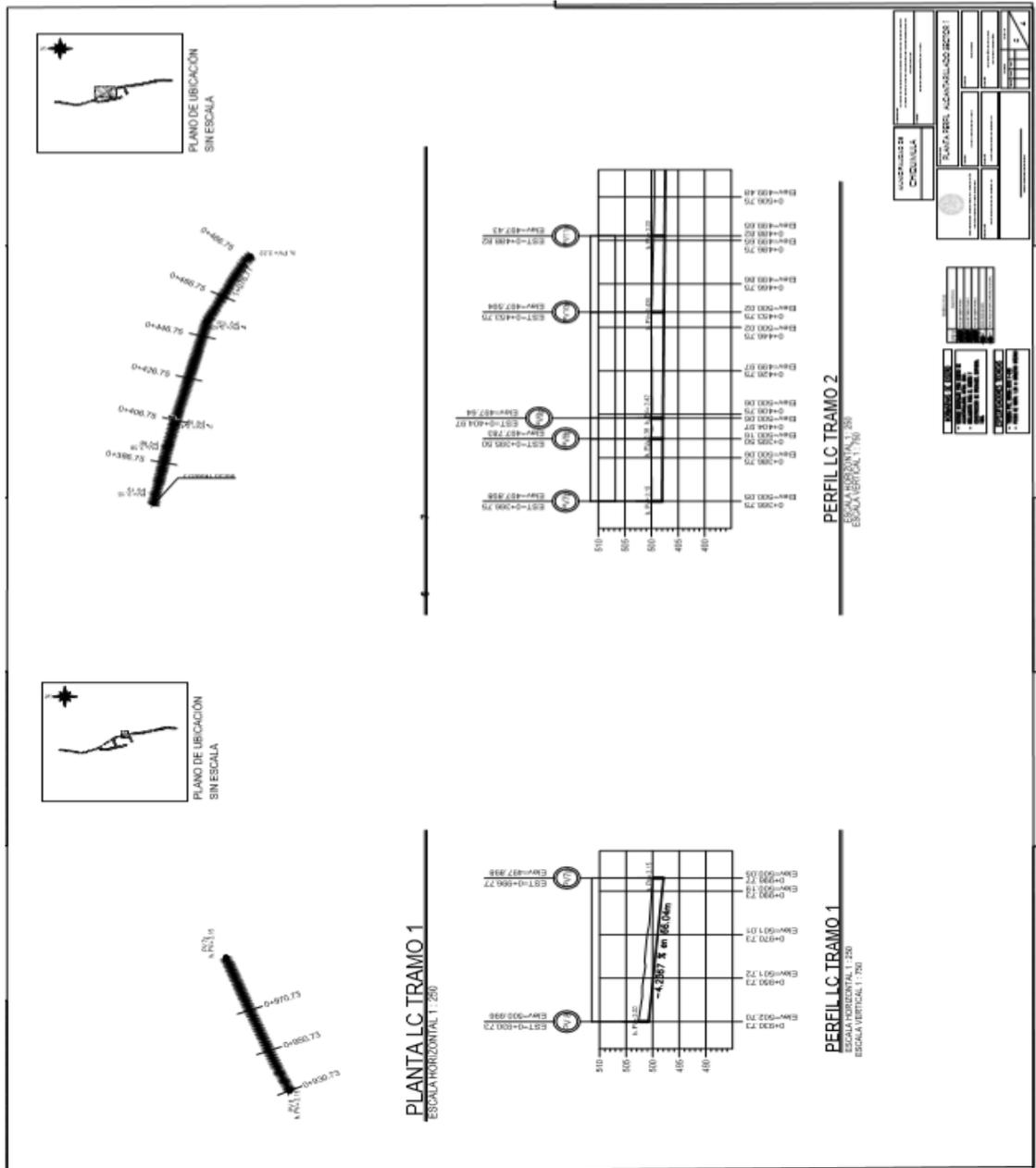
Planta perfil alcantarillado sector 1, tramo 1



Nota. Juego de planos. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 7.

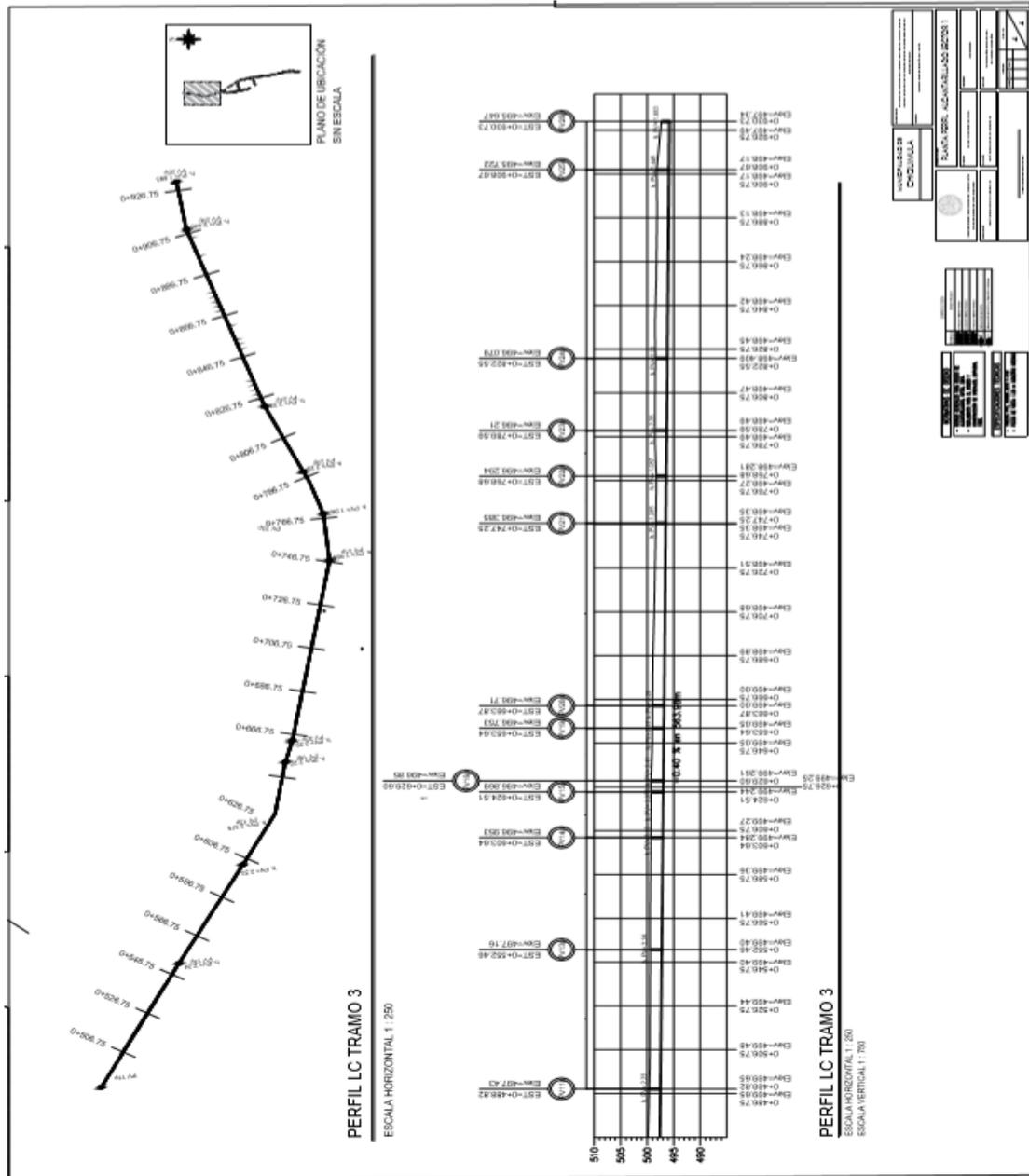
Planta perfil alcantarillado sector 1, tramo 2



Nota. Juego de planos. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 9.

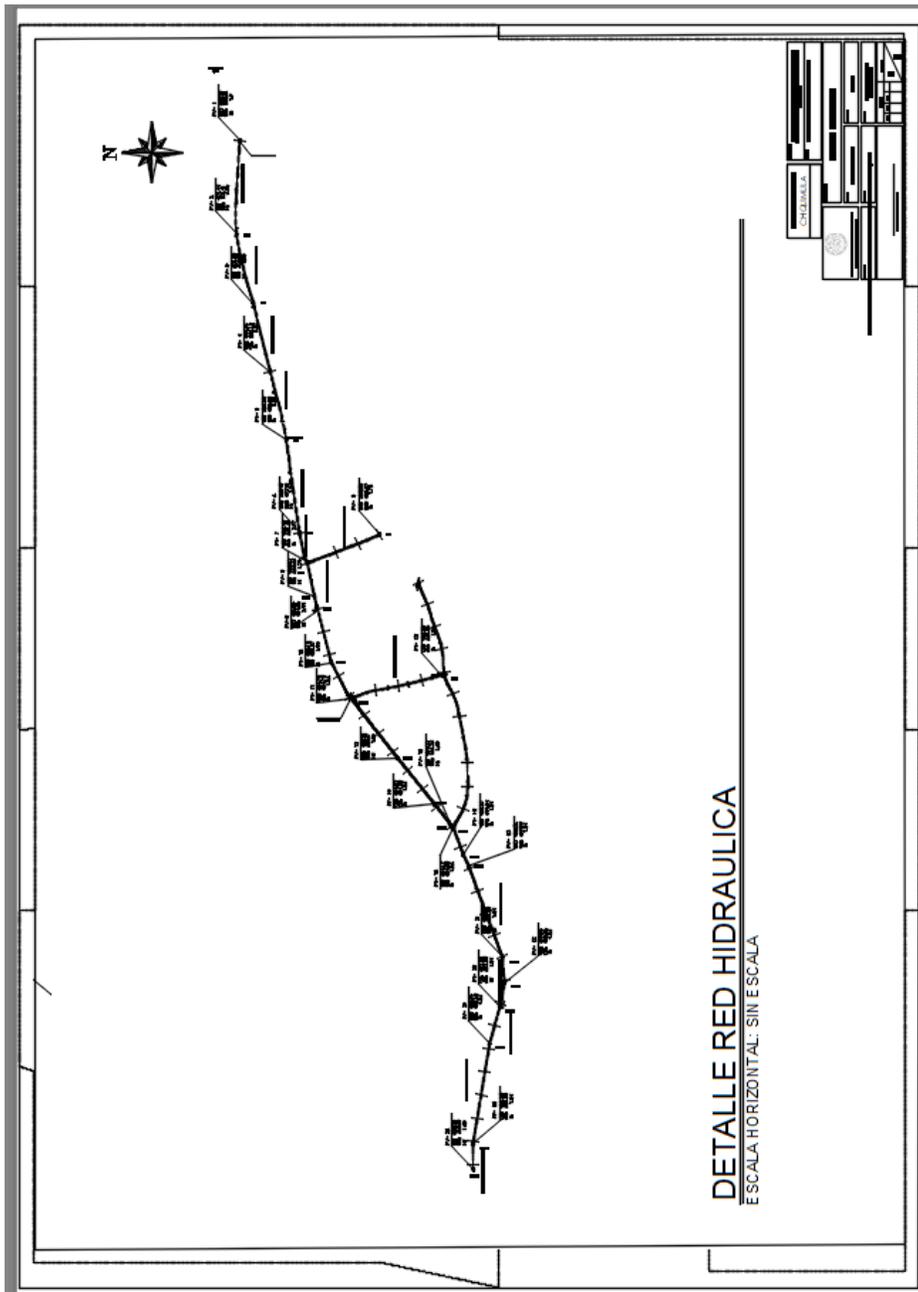
Planta perfil alcantarillado sector 1, tramo 3



Nota. Juego de planos. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCad.

Apéndice 10.

Detalle red hidráulica



Nota. Detalle de la red hidráulica. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 11.

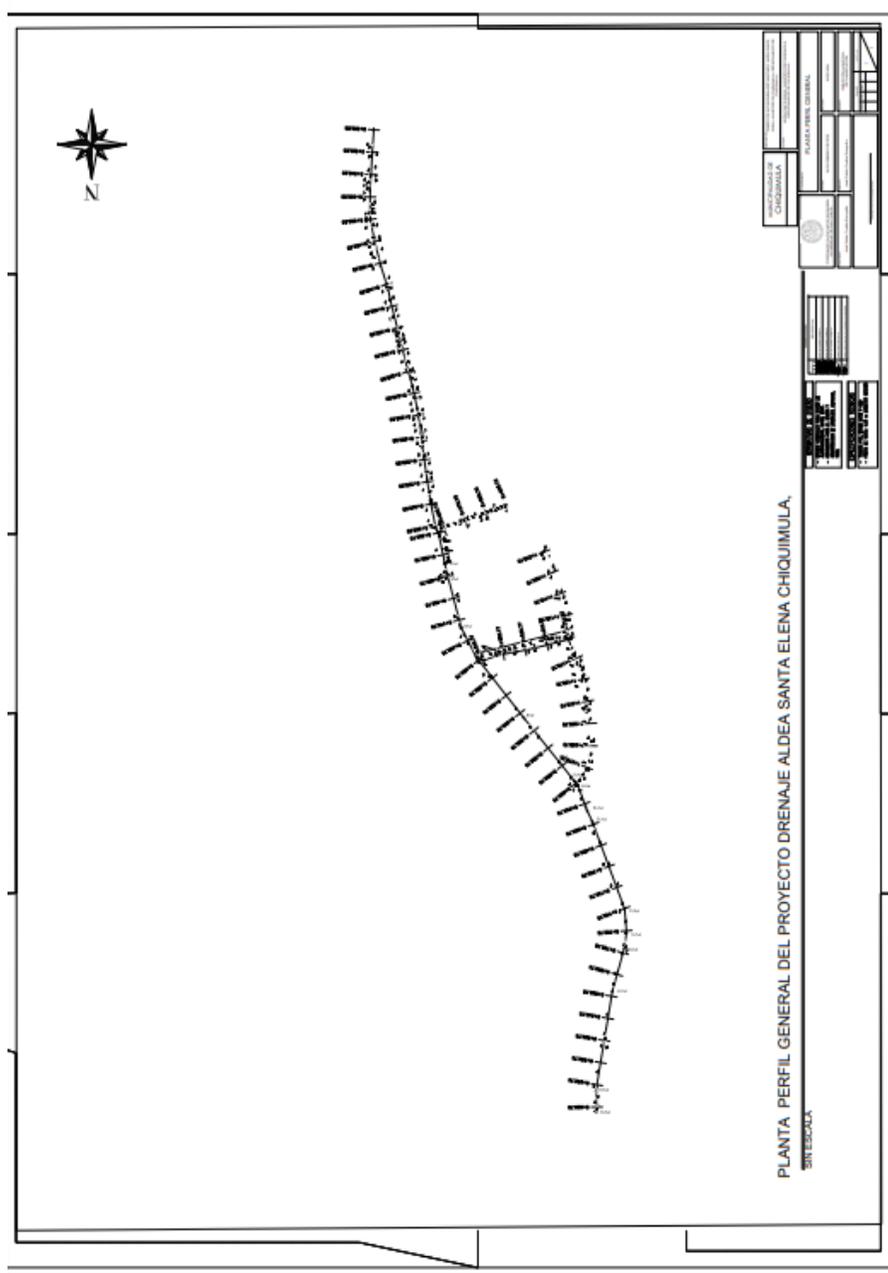
Plano curvas de nivel



Nota. Plano Curvas de nivel. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 12.

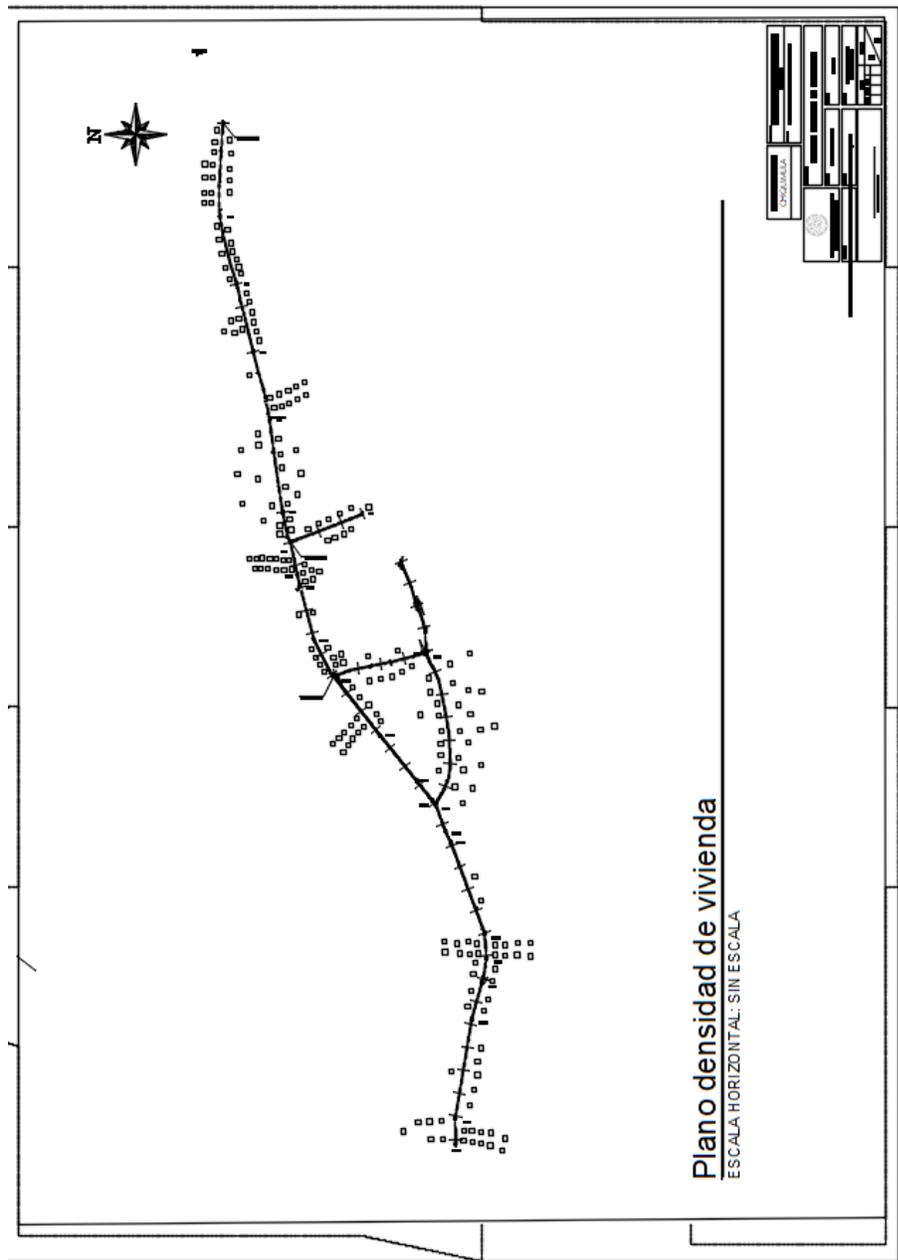
Plano planta general



Nota. Plano Planta general Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 13.

Detalle densidad de vivienda



Nota. Plano detalle densidad de viviendas. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Apéndice 15.

Cálculo de caudal de diseño sanitario

Tramo No.	No. De Pozo/No. De Pozo		Elevación		Dist. Hor. (m)	Pend. (%)	Longitud de Tubería		No. De Habitantes		factor de flujo		Q. diseño Sanitario (litros/seg)	
	inicial	final	inicial	final			local	acumulada	local	acumulada	local	acumulada	local	acumulada
1	1	2	503.658	502.575	80	1.35	80	91.66	80	91.66	4.25373	4.25373	1.15357	1.15357
1	2	3	502.575	501.666	60	1.51	60	68.74	140	68.74	4.28470	4.28470	0.87148	1.98445
1	3	4	501.666	500.963	60	1.17	60	68.74	209	68.74	4.28470	4.28470	0.87148	2.79272
1	4	5	500.963	500.055	60	1.51	60	68.74	278	68.74	4.28470	4.28470	0.87148	3.59578
1	5	6	500.055	498.844	80	1.51	80	91.66	340	91.66	4.25373	4.25373	1.15357	4.64204
1	6	7	498.844	497.898	26.75	3.54	26.75	36.65	305.5	420.19	4.35324	4.01190	0.39475	4.98775
1	8	7	500.696	497.898	66.04	4.24	66.04	432.79	75.66	456.86	4.27480	3.97608	0.96669	5.83333
2	7P	9P	497.898	497.783	28.75	0.40	28.75	461.54	32.94	528.80	4.34609	3.96159	0.42376	6.19817
2	9P	10P	497.783	497.64	9.47	1.51	9.47	471.01	10.85	539.65	4.41117	3.95695	0.14161	6.31793
2	10P	11P	497.64	497.594	48.78	0.09	48.78	519.79	55.69	595.54	4.30469	3.93396	0.71162	6.93173
2	11P	12P	497.594	497.43	35.07	0.47	35.07	554.86	40.18	635.72	4.33298	3.91830	0.51512	7.36985
2	13	12P	498.609	497.43	80.73	2.70	80.73	635.59	92.49	728.21	4.25269	3.84460	1.16381	8.36966
3	12P	14P	497.43	497.16	63.64	0.42	63.64	699.23	72.91	801.12	4.27667	3.86003	0.92304	9.14944
3	14P	15P	497.16	496.953	51.18	0.40	51.18	750.41	58.64	859.76	4.30021	3.84135	0.74606	9.77162
3	15P	16P	496.953	496.868	20.87	0.40	20.87	771.28	23.91	883.67	4.36973	3.83399	0.30914	10.02413
3	16P	17P	496.868	496.85	5.09	0.37	5.09	776.37	5.93	889.51	4.43443	3.83221	0.07651	10.08561
3	18	19	501.2	499.6	81.8	1.96	81.8	858.17	93.72	953.23	4.25117	3.80472	1.17862	11.06629
3	19	17P	499.6	498.65	136.4	2.02	136.4	994.57	196.26	1190.50	4.18521	3.76272	1.93515	12.88689
3	17P	20P	498.65	496.753	24.04	0.40	24.04	1018.61	27.54	1167.05	4.36057	3.75574	0.35535	12.96844
3	20P	21P	496.753	496.71	10.23	0.42	10.23	1028.84	11.72	1178.77	4.40777	3.75281	0.15295	13.08846
3	21P	22P	496.71	496.385	83.38	0.39	83.38	1112.22	95.53	1274.30	4.24965	3.72966	1.20096	14.06189
3	22P	23P	496.385	496.294	21.43	0.42	21.43	1133.65	24.55	1298.85	4.36806	3.72391	0.31732	14.31074
3	23P	24P	496.294	496.21	20.91	0.40	20.91	1154.56	23.96	1322.81	4.36961	3.71838	0.30973	14.55304
3	24P	25P	496.21	496.079	32.96	0.40	32.96	1187.52	37.76	1360.57	4.33784	3.70980	0.48467	14.93397
3	25P	26P	496.079	495.722	86.12	0.41	86.12	1273.64	98.67	1459.24	4.24516	3.68818	1.23932	15.92964
3	26P	27P	495.722	495.647	22.06	0.34	22.06	1295.7	25.27	1484.52	4.36621	3.68261	0.32651	16.17588
					1296.7									

Nota. Hoja de cálculo caudal sanitario. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 16.

Cálculo velocidad, caudal y diámetro

Tabla alternativa Invert
 diámetros iguales 3 cm
 diámetros diferentes Dmayor-Dmenor
 uasas enteras 3 cm del + profundo

Profundidad Mínima de tuberías: 1+ Dact
 4' Dact= 109.2mm = 10.9 cm
 6' Dact= 163.1 mm = 16.31 cm

No. Pozo	No. Pozo Inicial	No. Pozo Final	Diferencia (m)	Elevación Inicial	Elevación Final	Pendiente (%)	Diámetro (pulg)	Alternativa Profundidad Inicial	Alternativa Profundidad Final	Profundidad Inicial	Profundidad Final	Cota Invert Inicial	Cota Invert Final	Profundidad Pozo Inicial	Profundidad Pozo Final	Prof. Total PVI Inicial	Prof. Total PVI Final	Diámetro PVI Inicial	Diámetro PVI Final	No. Pozos	Altura F de Pozo
1	2	60	503.608	502.871	1.00	3.00	1.47	1.50	502.19	501.08	1.47	1.50	1.51	1.60	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1	1.54
2	3	60	502.879	501.666	1.00	3.00	1.14	0.69	501.44	500.98	1.14	0.69	1.24	0.79	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1	1.54
3	4	60	501.666	500.953	1.00	3.00	0.69	0.83	500.98	500.13	0.69	0.83	0.79	0.93	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1	1.54
4	5	60	500.953	500.055	1.00	3.00	0.83	3.07	500.13	498.99	0.83	3.07	0.93	3.17	1.70	1.90	1.90	1.90	1.90	1	1.54
5	6	80	500.055	498.844	1.00	6.00	3.07	3.66	498.99	495.18	3.07	3.66	3.17	3.76	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1	1.54
6	7	26.75	498.844	497.898	1.00	6.00	3.66	2.47	495.18	495.43	3.66	2.47	3.76	2.57	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1	1.54
7	8	66.04	500.608	497.898	1.00	6.00	2.47	1.70	498.21	498.20	2.47	1.70	2.57	1.80	1.90	1.70	1.70	1.70	1.70	1	1.54
8	9	28.75	497.898	497.783	1.00	8.00	1.70	2.80	498.20	494.98	1.70	2.80	2.90	1.80	1.90	1.70	1.90	1.70	1.90	1	1.54
9	10	9.47	497.783	497.64	1.00	8.00	2.83	1.54	494.98	496.10	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
10	11	38.07	497.64	497.43	1.00	8.00	2.83	1.54	494.78	495.99	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
11	12	80.73	499.009	497.43	1.00	6.00	2.83	1.54	496.78	495.89	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
12	13	63.64	497.43	497.18	1.00	8.00	2.83	1.54	494.00	495.02	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
13	14	51.18	497.18	496.953	1.00	8.00	2.83	1.54	494.33	495.41	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
14	15	20.87	496.953	496.869	1.00	8.00	3.00	2.83	494.12	495.33	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
15	16	5.09	496.869	496.80	1.00	8.00	3.00	2.83	494.04	495.31	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
16	17	81.8	501.2	499.18	1.00	6.00	2.83	1.54	498.37	498.08	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
17	18	136.4	499.6	496.89	1.00	6.00	3.00	2.83	496.77	495.31	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
18	19	24.04	496.89	496.75	1.00	8.00	2.83	1.54	494.02	495.21	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
19	20	10.23	496.75	496.71	1.00	8.00	3.00	2.83	493.92	495.11	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
20	21	83.38	496.71	496.389	1.00	8.00	3.00	2.83	493.88	494.85	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
21	22	21.43	496.389	496.294	1.00	8.00	3.00	2.83	493.66	494.75	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
22	23	20.91	496.294	496.21	1.00	8.00	3.00	2.83	493.48	494.67	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
23	24	32.96	496.21	496.079	1.00	8.00	3.00	2.83	493.38	494.54	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
24	25	86.12	496.079	495.722	1.00	8.00	3.00	2.83	493.26	494.18	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54
25	26	22.06	495.722	495.647	1.00	8.00	3.00	2.83	492.88	494.11	2.83	1.54	2.93	1.64	1.90	1.70	1.64	1.90	1.70	1	1.54

Nota. Hoja de Cálculo velocidad, caudal y diámetro. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

Apéndice 17.

Cálculo de pozos

No. De Pozo	No. De Pozo	Q de diseño	P. Terr. (%)	P. Tub. (%)	D	V	Q	q/Q	d/D	v/V	v	Chequeo Vel.	Chequeo d/D
1	1	1.15357	1.35	1.00	6	1.1322	20.6536	0.0559	0.16	0.538	0.609	chequea	chequea
2	2	1.98445	1.51	1.00	6	1.1322	20.6536	0.061	0.209	0.632	0.715	chequea	chequea
3	3	2.79727	1.17	1.00	6	1.1322	20.6536	0.1354	0.248	0.698	0.790	chequea	chequea
4	4	3.59578	1.51	1.00	6	1.1322	20.6536	0.1741	0.282	0.750	0.849	chequea	chequea
5	5	4.64204	1.51	1.00	6	1.1322	20.6536	0.2248	0.322	0.807	0.913	chequea	chequea
6	6	4.98775	3.54	1.00	6	1.1322	20.6536	0.2415	0.334	0.822	0.931	chequea	chequea
7	7	5.83333	4.24	1.00	6	1.1322	20.6536	0.2824	0.363	0.859	0.973	chequea	chequea
8	8	6.19817	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.1393	0.252	0.704	0.965	chequea	chequea
9P	9P	6.31793	1.51	1.00	8	1.3716	44.4800	0.1420	0.254	0.707	0.970	chequea	chequea
10P	10P	7.36995	0.47	1.00	8	1.3716	44.4800	0.1657	0.275	0.740	1.014	chequea	chequea
11P	11P	8.36966	2.70	1.00	8	1.3716	44.4800	0.4052	0.443	0.947	1.073	chequea	chequea
12P	12P	9.14944	0.42	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2057	0.307	0.786	1.078	chequea	chequea
13	13	9.77162	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2197	0.318	0.801	1.099	chequea	chequea
14P	14P	10.02413	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2254	0.322	0.807	1.106	chequea	chequea
15P	15P	10.08561	0.37	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2267	0.323	0.808	1.108	chequea	chequea
16P	16P	11.06829	1.96	1.00	6	1.1322	20.6536	0.5359	0.521	1.017	1.152	chequea	chequea
17P	17P	12.68589	2.02	1.00	6	1.1322	20.6536	0.6142	0.566	1.051	1.189	chequea	chequea
18	18	12.96844	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2916	0.369	0.866	1.188	chequea	chequea
19	19	13.08846	0.42	1.00	8	1.3716	44.4800	0.2943	0.371	0.869	1.192	chequea	chequea
20P	20P	14.06189	0.39	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3161	0.386	0.886	1.216	chequea	chequea
21P	21P	14.31074	0.42	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3217	0.39	0.891	1.222	chequea	chequea
22P	22P	14.53004	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3272	0.393	0.894	1.227	chequea	chequea
23P	23P	14.93397	0.40	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3357	0.399	0.901	1.236	chequea	chequea
24P	24P	15.92364	0.41	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3560	0.413	0.916	1.257	chequea	chequea
25P	25P	16.17588	0.34	1.00	8	1.3716	44.4800	0.3637	0.417	0.921	1.263	chequea	chequea
26P	26P												
27P	27P												

Nota. Hoja de Cálculo de pozos. Sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Santa Elena, municipio de Chiquimula. Elaboración propia, realizado con Excel.

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla relaciones hidráulicas

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación del anexo 1.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.5262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Nota. Estas tablas se utilizan para encontrar las relaciones diámetro/Diámetro; área/Área; velocidad/Velocidad y caudal/Caudal. Obtenido de R. Cabrera (1989). *Apuntes de Ingeniería sanitaria 2*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. (p. 14). Archivo digital. <https://es.scribd.com/document/465253412/Tesis-Apuntes-de-Ingenieria-Sanitaria-2>