



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA
MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Iván Sinoé Carranza García

Asesorado por: Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA
MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IVÁN SINOÉ CARRANZA GARCÍA

ASESORADO POR INGENIERA CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE
PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO 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 Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de enero de 2022.



Iván Sinoé Carranza García

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 16 de mayo de 2023
REF.EPS.DOC.223.05.2023

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ivan Sinoé Carranza García**, CUI 2243 35413 0101 y **Registro Académico 201403584** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
CCdP/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 19 de mayo de 2023
REF.EPS.D.170.05.2023

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENGINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ivan Sinoé Carranza García, CUI 2243 35413 0101 y Registro Académico 201403584**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 17 de mayo 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que Departamento de Hidráulica a través del de la Escuela de Ingeniería Civil, ha revisado el Trabajo Final de EPS, **“DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENGINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**, desarrollado por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **IVÁN SINOÉ CARRANZA GARCÍA, Registro Académico: 201403584**, quien contó con la asesoría de la Inga. **Christa Classon De Pinto**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo, Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica

Cc: Estudiante xxxxxxxxxxxx
Archivo

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado





LNG.DIRECTOR.181.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por: **Iván Sinoé Carranza García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, agosto de 2023



LNG.DECANATO.OI.609.2023

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 Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL ENCINÓN Y DISEÑO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE CANTÓN OJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE PALENCIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por: **Iván Sinoé Carranza García**, 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, agosto de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios todopoderoso	Por ser el pastor de mi vida a quien debo toda honra y gloria.
Mis padres	Marina de la Cruz García Barreno e Iván Sinohe Carranza Montenegro por ser un ejemplo en mi vida y siempre apoyarme en todo.
Mi esposa	Liseth Murillo Solano por estar siempre a mi lado con amor incondicional y confiar en mí.
Mi hermana	Arely Elieth Carranza García. Por ser una columna que siempre me ha brindado apoyo.
Mis abuelas	Katalina Montenegro Paz y Ana Barreno por su indispensable amor.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.

Municipalidad de Palencia Por su incondicional apoyo en este logro en mi vida.

Pueblo palenciano Por la cordialidad que muestra cada persona y su buen trato

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes históricos del municipio de Palencia.....	1
1.1.1. Primeros pobladores.....	1
1.1.2. Datos históricos	1
1.1.3. Sucesos históricos importantes.....	2
1.2. Datos generales del municipio.....	4
1.2.1. Categoría y Extensión Territorial	4
1.2.2. Altitud de la cabecera municipal	4
1.2.3. Colindancias	4
1.2.4. Distancias y tipo de vías de comunicación.....	5
1.2.5. División geográfico-administrativa.....	5
1.2.6. Accidentes geográficos.....	6
1.2.7. Sitios arqueológicos.....	7
1.3. Condiciones agroecológicas	7
1.3.1. Clima	7
1.3.2. Altitud	7
1.3.3. Precipitación pluvial anual	7
1.3.4. Temperatura media anual.....	8
1.3.5. Suelos	8
1.3.6. Cultivos potenciales	8

1.4.	Aspectos sociales	9
1.4.1.	Análisis de la población	9
1.4.2.	Población por ubicación	9
1.4.3.	Tasa de crecimiento intercensal.....	9
1.4.4.	Estructura por edad y sexo.....	10
1.4.5.	Aspectos culturales.....	10
1.4.6.	Nivel económico-social.....	11
1.5.	Infraestructura existente y funcionamiento.....	11
1.5.1.	Salud.....	11
1.5.2.	Centros asistenciales	12
1.5.3.	Educación	13
1.5.4.	Alfabetismo y analfabetismo.....	13
1.5.5.	Vivienda	14
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	15
2.1.	Diseño de línea de distribución de agua potable cantón Ojo de Agua.....	15
2.1.1.	Identificación del problema.....	15
2.1.2.	Situación actual	15
2.1.3.	Aforo	16
2.1.4.	Calidad del agua.....	16
2.1.5.	Análisis fisicoquímico y bacteriológico	17
2.1.6.	Levantamiento topográfico	18
2.1.7.	Altimetría.....	19
2.1.8.	Planimetría.....	19
2.1.9.	Criterio de diseño.....	19
2.1.9.1.	Periodo de diseño	19
2.1.9.2.	Estimación de la población de diseño..	20
2.1.9.3.	Dotación	20

2.1.10.	Determinación de caudales	21
2.1.10.1.	Caudal medio diario (QMD).....	21
2.1.10.2.	Caudal máximo horario (QHM)	21
2.1.10.3.	Caudal de diseño.....	22
2.1.10.4.	Caudal acumulado.....	22
2.1.10.5.	Línea de distribución	22
2.1.11.	Presión estática	23
2.1.12.	Diámetro teórico.....	23
2.1.13.	Cota piezométrica	24
2.1.14.	Pérdida.....	24
2.1.15.	Criterios de verificación	24
2.1.15.1.	Velocidad de diseño	24
2.1.15.2.	Presión dinámica	25
2.1.16.	Ejemplo de diseño	25
2.2.	Diseño de alcantarillado sanitario caserío El Encinón	26
2.2.1.	Diseño de alcantarillado	26
2.2.2.	Sistema de alcantarillado sanitario.....	27
2.2.3.	Sistema de alcantarillado separativo.....	27
2.2.4.	Sistema de alcantarillado combinado.....	28
2.2.5.	Período de diseño.....	28
2.2.6.	Población de diseño	29
2.2.7.	Levantamiento topográfico	29
2.2.8.	Altimetría.....	30
2.2.9.	Planimetría.....	30
2.2.10.	Dotación.....	30
2.2.11.	Factor de retorno	30
2.2.12.	Factor de flujo instantáneo	31
2.2.13.	Caudal sanitario.....	31
2.2.14.	Caudal domiciliar	31

2.2.15.	Caudal de infiltración	32
2.2.16.	Caudal por conexiones ilícitas.....	32
2.2.17.	Factor de caudal medio	32
2.2.18.	Caudal Medio.....	33
2.2.19.	Caudal de diseño.....	33
2.2.20.	Secciones y pendientes.....	33
2.2.21.	Velocidades máximas y mínimas	34
2.2.22.	Cotas invert.....	34
2.2.23.	Tirantes	35
2.2.24.	Velocidades de escurrimiento límites	36
2.2.25.	Diámetros	36
2.2.26.	Pozo de Visita.....	37
2.2.26.1.	Especificaciones físicas de los pozos de visita.....	37
2.2.27.	Principios hidráulicos	38
2.2.27.1.	Relaciones hidráulicas	38
2.2.28.	Volumen de excavación	40
2.2.29.	Profundidad y ancho de zanja.....	41
2.2.30.	Ejemplo de diseño	43
CONCLUSIONES.....		47
RECOMENDACIONES		49
REFERENCIAS		51
APÉNDICES.....		53
ANEXOS.....		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Aforo Tanque de almacenamiento San Benito 1.....	16
2.	Análisis Fisicoquímico y bacteriológico	17
3.	Levantamiento topográfico alcantarillado sanitario	18
4.	Supervisión planta de tratamiento para proyecto de alcantarillado sanitario.....	27
5.	Diagrama de <i>cota invert</i>	35
6.	Diagrama pozo de visita	38
7.	Características hidráulicas de una tubería de sección circular	39

TABLAS

I.	Porcentaje en el municipio de Palencia.....	10
II.	Criterios de diseño	28
III.	Relaciones hidráulicas para alcantarilla de sección circular	40
IV.	Profundidades mínimas para la tubería, según el tránsito vehicular	42
V.	Índice de planos presentados.....	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
d	Altura del tirante de agua dentro de la alcantarilla
A	Área
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q	Caudal de diseño
CDM	Caudal día máximo
CHM	Caudal hora máximo
CM	Caudal medio
PVC	Cloruro de polivinilo
C	Coeficiente de rugosidad material
CP	Cota piezométrica
Ø	Diámetro
D	Diámetro de la tubería
E	Estación topográfica
HG	Hierro Galvanizado
l	Litros
l/s	Litros sobre segundo
lts/hab./día	Litros por habitante día
L	Longitud
m	Metro
m.c.a.	Metros columna de agua
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico

m/s	Metros por segundo
S	Pendiente
t	Periodo de diseño
Hf	Pérdida de carga
Po	Población actual
%	Por ciento
P.V.	Pozo de visita
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
V	Velocidad del flujo a sección llena
v	Velocidad del flujo dentro de la alcantarilla

GLOSARIO

Aforo	Medición del volumen de agua que fluye de una fuente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura (sin elementos patógenos ni elementos tóxicos) que es agradable a los sentidos (inodora, incolora e isóbara).
Alcantarillado	Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales.
Agua cruda	Es aquella que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.
Aguas residuales	Son las aguas que son retiradas de una vivienda, comercio o industria, después de haber sido utilizadas; tienen una relación directa con el caudal que ingresa.
Agua Potable	Es aquella que reúne requisitos físicos, químicos y bacteriológicos, que al ser consumida por la población humana no produce efectos adversos a su salud.

Caudal	Volumen que fluye por la tubería por unidad de tiempo.
COGUANOR	Comisión guatemalteca de normas.
Colector	Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
Contaminación del agua	Es la polución de esta, que produce o puede producir enfermedad y aun la muerte al consumidor.
Descarga	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las cuales pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
Desfogar	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Dotación	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
Factor de rugosidad	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería, según el material con que sea fabricada.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.

INSIVUMEH	Instituto de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología.
Monografía	Breve descripción sobre las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo.
Pendiente	Inclinación necesaria respecto a una línea horizontal diseñada, para que el agua que conducen las tuberías se desplace libremente a través de ellas, haciendo uso de la fuerza de gravedad.
Pérdida de carga	Energía por unidad de peso del agua que causa la resistencia superficial dentro del conducto.
Periodo de diseño	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestara un servicio satisfactorio.
Planta de tratamiento	Es el conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos y operaciones unitarios, que permitan obtener agua potable.
Polución del agua	Es la alteración de sus características física, químicas y bacteriológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales.
Resalto hidráulico	Es una sobreelevación de la superficie líquida, el cual se presenta al pasar de una profundidad menor a mayor.

Tratamiento

Es el conjunto de operaciones y procesos unitarios que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, para obtener agua potable que cumpla las normas y criterios de calidad establecidos.

RESUMEN

El agua potable es uno de los recursos de mayor importancia si no el más valioso de los mismos para la sostenibilidad de la vida y el buen desarrollo de la misma, para la realización del proyecto de agua potable primero se realizó la visita técnica a los tanques de almacenamiento, realizando aforos para el cálculo de caudal de ingreso de cada uno de ellos de esta forma mediante sistemas de localización y el levantamiento topográfico del Cantón se diseñó un sistema de distribución de agua potable que sea capaz de satisfacer la necesidad de agua potable, teniendo en cuenta que el Cantón Ojo de Agua es el segundo más grande del Municipio de Palencia y en el cual se logra ver que los problemas del agua son frecuentes.

Con el servicio de agua potable instalado en cualquier domicilio se debe de tener en cuenta que el mismo debe de incorporarse un sistema que permita que el agua que ingresa a una vivienda siga con el curso natural del agua y por esto mismo en el Caserío El Encinón se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario con la finalidad de mejorar la forma de vida de la población de ese lugar.

Debido a que ambos temas van de la mano es necesaria la vinculación e interacción en el tema de saneamiento en Guatemala.

OBJETIVOS

General

Proporcionar a la población un sistema de Agua Potable que cubra las necesidades diarias de las familias, con las condiciones adecuadas para su uso, manteniendo el servicio en épocas de verano con regularidad, evitando malestar de los usuarios.

Específicos

1. Dotar a la población con un sistema de agua que sea eficiente.
2. Cumplir con los parámetros de consumo humano en la planificación y diseño del sistema de distribución de agua potable en la cabecera municipal de Palencia.
3. Contribuir por medio del correcto desarrollo del ejercicio profesional supervisado el desarrollo de los servicios básicos y la gestión del mantenimiento de estos.
4. Planificar y desarrollar un sistema de alcantarillado sanitario, de un sector de la cabecera municipal del municipio de Palencia y así mejorar las condiciones de vida, ambientales y de salud de los habitantes del sector.

INTRODUCCIÓN

Las circunstancias para la realización de la modalidad de EPS de la facultad de Ingeniería en su rama de ingeniería civil presentan la oportunidad de incursionar en el ámbito profesional bajo una temática de supervisión y continuo aprendizaje por medio del cual se busca que se logre el desarrollo tanto práctico como teórico en la carrera de ingeniería civil.

Para la realización del programa de EPS se llevó a cabo en la municipalidad de Palencia, municipio ubicado a solo 32 km. de la ciudad de Guatemala, sin embargo, este municipio se encuentra en constante desarrollo y urbanización dando como resultado el lugar idóneo para el desarrollo del programa de EPS.

Los proyectos que se tomaron para su planificación fueron del área de agua potable y drenajes, siendo el de agua potable en la ubicación del Cantón Ojo de Agua, de la cabecera municipal de Palencia para el cual se realizaron diagnósticos preliminares del sistema actual que ha presentado problemas en su servicio por años.

En el caso del sistema de alcantarillado sanitario del Caserío El Encinón, parte del Cantón Agua Tibia de la misma cabecera municipal se encontró que la falta del mismo ha ocasionado problemas en la forma de vida de los habitantes de la región siendo de vital importancia su diseño y planificación para beneficiar a los casi 500 habitantes del caserío.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes históricos del municipio de Palencia

El conjunto de antecedentes históricos relacionados entre sí, cada uno es causa y consecuencia de otros y que mantiene una dinámica en la historia, pues evoluciona diacrónicamente a través del tiempo además de sincrónicamente en relación con otros hechos y procesos simultáneos. (Estrada, 2003)

1.1.1. Primeros pobladores

En el XVIII del recién pasado milenio, se fundó el Ingenio de Palencia y a éste se incorporaron colonos y labriegos, que se constituyeron como el grupo humano, del cual se han originado las actuales generaciones que habitan en el territorio. (Estradada, 2003)

1.1.2. Datos históricos

Palencia fue en sus principios una hacienda con el nombre de San José, de población escasa. Comprada en 1624 por Mathias de Palencia; a los pocos años se le conocía por el nombre de Hacienda Palencia y luego, sólo por Palencia. Sacada a subasta pública a solicitud del ciudadano Juan José Guerra, se señaló el 4 de septiembre de 1832 para el remate; se mandaron a practicar las medidas que verificaron José Gregorio Carrascosa y José María Orellana, y se encargó Pantaleón Díaz de su administración. En esta ocasión estuvieron entre los postores los ciudadanos Mariano Vidaurre, José María

Urruela y Juan José Guerra; la preferencia la obtuvieron los señores Manuel José Jáuregui y Juan Nepomuceno Asturias a razón de \$ 200 pesos la caballería que consta de 64 manzanas, con aumento de pujas de \$ 16,130 pesos.

En 1848, el dueño era el teniente general Rafael Carrera, ante quien se presentó don Mariano Rivera Paz, en nombre de la orden religiosa de Santo Domingo de Guzmán a solicitarle esta hacienda para su fomento y adelanto. El General Carrera, entonces presidente de la República, atendió favorablemente la petición; vende al Gobierno su propiedad con sus anexos: Agua Caliente, Plan Grande, Los Cubes, el Cangrejito y Lo de Silva, por la suma de \$ 15,000 pesos, de los cuales le fueron pagados \$10,000 pesos al contado y el resto en el término de cinco meses, para que la Asamblea Legislativa cediera las tierras a la orden religiosa. Carrera encarece a los religiosos no enajenar las tierras que se les había proporcionado; reunir a sus habitantes para formar un pueblo, sin ejercer violencia alguna, así como darles ventajas para que voluntariamente dejaran la vida aislada que llevaban en los lejanos bosques y educarlos con dedicación y esmero. (Estrada, 2003)

1.1.3. Sucesos históricos importantes

En los primeros años de vida, fueron los religiosos Dominicanos, quienes atendieron la parroquia de San José Palencia, de 1786 a 1840, luego los Diocesanos de 1841 a 1848, y de nuevo los Dominicanos de 1849 a 1880.

En la noche del 13 de octubre de 1849, el General Agustín Guzmán, de acuerdo con el entonces presidente de El Salvador, Doroteo Vasconcelos y con Juan Francisco Barrundia, procedente de dicha República, atacó la ciudad de Guatemala con 400 hombres. Se dice que Agustín Guzmán fue herido y

conducido vivo hasta el paraje don Bernardo donde murió, y que el cadáver fue sepultado en la hacienda de Palencia.

El Mariscal de Campo Don Serapio Cruz, llamado popularmente Tata Lapo, se levantó en armas contra la administración del Mariscal Don Vicente Cerna; se encontraba el 22 de enero de 1870 con su gente en la Vega del Tercero, cercana al pueblo de Palencia, que ocupó la madrugada del día 23 del mismo mes. Alarmado el gobierno con esos movimientos tan cercanos a la capital, envió allá al Mariscal Antonio Solares con 400 hombres, los cuales sorprendieron en Palencia a Cruz al amanecer del mismo día, matando y haciendo prisioneros a muchos de sus partidarios. El mismo caudillo revolucionario murió decapitado al querer escaparse por el lado del cementerio, y su cabeza quedó colgada en una rama de la ceiba de la plaza de Palencia.

Por acuerdo gubernativo del 13 de enero de 1835, se dispuso que Palencia perteneciera al Distrito de la Corte, capital, y fue mencionado como pueblo por decretos de Asamblea del 27 de agosto de 1836 y del 9 de septiembre de 1839.

Palencia era hacienda de los Dominicos y a raíz de las leyes de consolidación dictadas después de la Revolución de 1871 tuvo que ser entregada al Gobierno, como se menciona en el acuerdo del 28 de mayo de 1872, que considera deber del Estado proporcionar los medios para que los habitantes que carezcan de tierras de cultivo puedan subsistir y progresar, por lo que era conveniente formar centros de población.

El mencionado acuerdo también dispone conceder al pueblo de Palencia la legua cuadrada de terreno que señalaba la ley vigente sobre el particular, para que la Hacienda de Palencia se redujera a poblado, dentro del menor

tiempo posible; se comisionó al agrimensor Don Félix Vega para que practicara la medida del ejido mencionado. El Acuerdo Gubernativo del 19 de marzo de 1,873 amplió la extensión del ejido, adjudicándole a Palencia el resto de los terrenos de la Hacienda del mismo nombre. El título de los Ejidos de Palencia fue aprobado por acuerdo Gubernativo del 31 de diciembre de 1891.

1.2. Datos generales del municipio

También conocida como información geográfica o datos geoespaciales, los datos de ubicación se refieren a información relacionada con objetos o elementos presentes en un espacio u horizonte geográfico.

1.2.1. Categoría y Extensión Territorial

El municipio de Palencia, departamento de Guatemala, está situado al Este de la ciudad Capital de Guatemala, localizándose geográficamente en latitud 14° 40' 00" y longitud 90° 21' 30". La extensión territorial abarca un área de ciento noventa y seis kilómetros cuadrados (256 km²).

1.2.2. Altitud de la cabecera municipal

Favorecido por su ubicación geográfica con una distancia de 25 kilómetros al centro de la ciudad de Guatemala con una altitud de metros sobre el nivel del mar.

1.2.3. Colindancias

NORTE: San José del Golfo, San Pedro Ayampuc y San Antonio La Paz.

SUR: San José Pinula.
ESTE: San Antonio La Paz, Mataquescuintla.
OESTE: Ciudad de Guatemala.

1.2.4. Distancias y tipo de vías de comunicación

Palencia dista del centro de la Capital de Guatemala 29 kilómetros, que se dividen así: 20 kilómetros sobre la ruta al Atlántico y 9 kilómetros sobre acceso asfaltado desde la ruta al Atlántico, hasta el centro urbano del municipio.

Asimismo, se encuentra acceso parcialmente asfaltado en un 50 % de 20 kilómetros aproximadamente, que comunica a Palencia con la cabecera municipal de San José Pinula. Desde la cabecera municipal de Palencia, hacia sus aldeas y caseríos, existen vías de acceso consistentes en carreteras de terracería, cuyo mantenimiento se dificulta en la época de invierno.

1.2.5. División geográfico-administrativa

El territorio del municipio de Palencia está dividido en: Aldeas: El Paraíso, Los Planes, Los Cubes, Los Tecomates, Los Mixcos, El Bejucal, El Triunfo, La Azacualpilla, El Fiscal, Buena Vista, Lo de Silva, El Manzanote, Plan Grande, Sansur, Primera Joya, La Concepción, Sanguayabá, El Manantial, Los Planes, Pie del Cerro.

Caseríos: El Tabacal, La Laguna, El Encinón, La Mortera, La Piedrona, Jardines, Las Vigas, El Chayal, Rio Las Cañas, Jocotales, Nance Dulce, El Trapichito, Monte de Olivo, El Planeta, El Pozo Negro, La Tabujilla, Joya Verde, Agua Colorada, El Cidral, El Jocote, El Maneadero, El Plantón, Los Ojitos, El Cangrejito, Las Lajas, Las Montañitas, El Pito, Potrero Grande, Los Limones,

Rio el Viejo, La Cebadilla, El Trapichito, El Pericón, Agua Zarca, El Volcancito, El Regadillo, Vado Hondo, Barro Colorado, El Bejucalito, Los Hernández, Las Vertientes, Cuatro Pinos, El Durazno, La Cumbre, El Portanzuelo, Pepe Nance, Labor de Piedad, El Bordo, El bordo chino, El Tejarcito, Joya Honda.

Fincas principales: San Vicente las Hormigas, El zarzal, Las Navajas, Santa Marta, El Sintul, La Piedad, Potrerito, Bella Vista, El Amate, La Montañita.

Colonias: Jardines de Palencia, La Joya de Palencia, Granja Mirabella, Jardines del Atlántico, Joya 2000, Juan Pablo el Sare, Lomas de Azacualpilla, Nueva San Carlos, Villas de Oriente, San Felipe, Villas de Siloé, Lomas de Azacualpilla.

1.2.6. Accidentes geográficos

La serranía que penetra por el sur del Municipio en los montes de la Cerrita se dirige al noroeste por las llamadas montañas de Palencia y determina las dos vertientes de la comarca: la del noreste que contiene las primeras estribaciones y barrancas y la del sureste, formado por una serie de declives separados por barrancas casi paralelas. Nótese también entre estas formaciones los cerros La Campana y Tomastepeque de 2,150 metros de altura sobre el nivel del mar, cuya ubicación es al nor-este de la cabecera Municipal.

Los ríos como el de Los Cubes y el Viejo que circundan la meseta donde se asienta la cabecera municipal, el de Las Cañas, que en su recorrido de oeste a este recibe el caudal de los antes mencionados. Así mismo otros ríos menores como El Molino, Teocinte, El Aguacate, Joya Honda, Vado Hondo y el Colorado.

1.2.7. Sitios arqueológicos

Existen muchos sitios conocidos en el Municipio y en el tema arqueológicos los más resaltados se ubican en: Agua Caliente, Azacualpilla, Plan Grande, El Manantial y El Calaguar.

1.3. Condiciones agroecológicas

En base a la forma en que se estructura el Municipio de Palencia y la forma en que esta disposición ha promulgado la preservación de la tradición agrícola y la preservación de la tierra productiva y la repercusión que esta tiene con sus alrededores.

1.3.1. Clima

El clima de Palencia consta de las unidades bioclimáticas:

bh-MB = Bosque húmedo montano bajo subtropical.

bh-S = Bosque húmedo subtropical (templado).

1.3.2. Altitud

La altitud en el Municipio de Palencia varia desde los 800 a 2,200 metros sobre el nivel del mar, siendo representativo su marcado relieve en todo su territorio.

1.3.3. Precipitación pluvial anual

Es de 800 a 1,900 milímetros. El régimen pluvial da inicio en el área de Palencia a mediados del mes junio, y termina a finales del mes de octubre.

1.3.4. Temperatura media anual

La variación en el Municipio de Palencia oscila entre el rango 15 a 25 grados centígrados dependiendo de la ubicación geográfica.

1.3.5. Suelos

Se agrupan dentro de la altiplanicie central, poco profundos sobre materiales volcánicos, firmemente cementados; pertenece a las series Pinula y Guatemala, según Simmons, Ch y Tárano J.M. 1959, en el reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. De color café oscuro, texturas francas, franco-arcillosas, gravosas, friables con espesor de 20 a 30 centímetros, pendientes de 10 a 35 %, drenaje regular, peligro alto de erosión, fertilidad natural moderada, PH. 5.5-7.0 con potencialidad para cultivo de bosques de coníferas y algunas especies caducifolias como el encino, cultivos agrícolas y frutícolas; asimismo con algunos yacimientos de obsidiana con potencialidad para empleo artesanal y algunas vetas de materiales terráqueos, para uso en mantenimiento de carreteras y construcción: pedrín, balasto y selecto.

Asimismo, se observan otras características en este recurso como: riesgo alto de erosión, buen drenaje, factor higroscópico alto y facilidad en la penetración de raíces.

1.3.6. Cultivos potenciales

En cada temporada, los cultivos más explotados por los agricultores son: el maíz, la papa, el frijol y el güisquil; si la disponibilidad económica de éstos y las condiciones climáticas lo permiten, se pueden cultivar potencialmente.

1.4. Aspectos sociales

Son aquellas características que reflejan las formas de organización de los pueblos, sus costumbres, sus tradiciones, su manera de pensar, su cultura, los movimientos de población que podrían suscitarse en un territorio.

1.4.1. Análisis de la población

La población actual para todo el municipio se estima, según datos recientes en 75,926 habitantes: 41,900 hombres y 34,026 mujeres.

1.4.2. Población por ubicación

Cuando hablamos de población nos referimos a todos los seres vivos del mismo grupo o especie, que viven en un área geográfica particular, para el municipio de Palencia tenemos la siguiente distribución.

Urbana = 31,824

Rural = 39,149

1.4.3. Tasa de crecimiento intercensal

El promedio de la tasa anual de crecimiento de población del municipio es del 2.8 %.

1.4.4. Estructura por edad y sexo

Es la composición de una población de acuerdo con el número o proporción de varones y mujeres en cada grupo de la población, siendo estos los siguientes:

Tabla I. **Porcentaje en el municipio de Palencia**

Palencia	70 973
----------	--------

Fuente: INE (2018), *Censo 2018*. Consultado el 8 abril de 2022.

1.4.5. Aspectos culturales

Existen escritores, músicos, bailarines clásicos (casa de la Cultura), entre otros. Sobresale su moderno edificio de la iglesia Parroquial de San José Palencia, así como los centros arqueológicos de Agua Caliente, Azacualpilla, Plan Grande y Tabloncitos.

En la región, predomina la religión católica, seguida de la evangélica, que son básicamente las religiones de mayor afluencia en el municipio.

En lo que se refiere a sus costumbres, en la cabecera municipal, el día especial para mercado es el sábado, que es cuando llegan vendedores de otros lugares a ofrecer sus productos. La fiesta titular se celebra del 20 al 27 de abril en honor a San Benito, lo cual despierta gran animación popular.

1.4.6. Nivel económico-social

La tasa de población económicamente es de 12,900 hombres y 3,500 mujeres, de los cuales el 80 % está inserto en la rama de la actividad agrícola; le sigue el comercio con 15 % y la construcción con tan sólo 5 %.

De la población económicamente activa, el 78 % se encuentra ocupado y el 22 % es la variante de trabajadores que se encuentran en busca o cambio de trabajo.

Se dedican principalmente a la agricultura y ganadería; este municipio es uno de los productores de hortalizas del país. Se cultivan en gran escala maíz, maicillo, frijol, zanahoria, perulero, papa, güisquil, frutas, entre otros.

En cuanto a la ganadería, se tienen varias crías de bovinos en algunas fincas, así como porcinos y aves, pues estas actividades se han desarrollado últimamente en la región.

1.5. Infraestructura existente y funcionamiento

Para la descripción de la infraestructura y el análisis del funcionamiento actual en el municipio se han considerado cinco sectores, que tratan de abarcar la mayor información para el desarrollo del mismo: salud, educación, vivienda, comunicación y recreación.

1.5.1. Salud

La salud es un estado en que el ser humano tiene la facultad de ejercer normalmente todas sus funciones físicas y mentales.

El estado de salud de la población de Palencia es derivado a factores económicos, sociales, culturales e institucionales, que han contribuido a mejorar las condiciones de salud de la población, pero la capacidad de ingresos de cada familia determina el acceso que pueda tenerse a los servicios esenciales.

Las principales causas de morbilidad y mortalidad en el área urbana de Palencia son: enfermedades de la piel, infección intestinal, neumonía, paros respiratorios, insuficiencia cerebral, bronconeumonías, desnutrición, cáncer gástrico, infarto, cáncer en la cerviz.

Actualmente las causas de estas enfermedades se están tratando de erradicarse, debido a su persistencia, por lo cual se deben de tener ciertos programas de prevención.

La comunidad de Palencia cuenta con 18 centros o puestos de salud.

1.5.2. Centros asistenciales

Los centros asistenciales del municipio son todas aquellas instituciones o entidades que de una u otra forma prestan servicios para asistir a la población necesitada.

En el municipio existen centros de salud, servicios de farmacias, promotores de salud, que son establecimientos particulares, privados o comunitarios, centros de convergencia que son extensiones mínimas de centro de salud en un lugar determinado, y en algunos lugares se cuenta con servicios privados de asistencia de salud, es decir, con clínicas médicas y dentales.

1.5.3. Educación

El sistema educativo debe de ser de mejor calidad, para ser adecuado a las necesidades que se dan en el transcurso del desarrollo social, y así poder mejorar el aspecto de relaciones sociales de producción, su condición propia del hombre mismo y por consiguiente su hábitat.

La infraestructura que abarca a la educación en el área de Palencia se refiere a los establecimientos públicos o privados que proporcionen conocimientos de carácter educativo a la población, como: colegios, escuelas, institutos, entre otros.

El municipio de Palencia cuenta con 5 establecimientos destinados a la educación: Escuela Tipo Federación (Oficial), Básico IMVA (Oficial), América Latina (Privado), San Francisco De Asís (Privado) y Campos de la Asunción (Privado); se dedican a la educación preprimaria, primaria y ciclo básico.

1.5.4. Alfabetismo y analfabetismo

El porcentaje de analfabetismo es del 34.78 %; un 65.22 % de la población es alfabetada.

La mayoría de la población es alfabetada, pero vale la pena mencionar que, en el área rural, en comparación con la urbana, la población analfabetada es de consideración, pues a pesar de existir escuelas en algunas aldeas y caseríos se hace sentir aún la necesidad de contar con más centros educativos, que posean suficientes maestros, y que las instalaciones sean las adecuadas.

1.5.5. Vivienda

Las condiciones de vivienda, en el municipio de Palencia, están más afectada en la población rural, lo cual se visualiza en lo estructural, lo que afecta grandemente a la población de bajos recursos. La mayoría de la población en Palencia tiene viviendas propias, pero aun así existen minorías que dependen de apartamentos, palomares y casas improvisadas. En lo que se refiere a la comunidad rural, los materiales comúnmente utilizados para su construcción son entre otros: madera, lámina, en las cuales existen algunas en donde su techo y paredes son de lámina, el piso es de tierra y no tiene divisiones interiores dentro de ella, es decir, que en un mismo ambiente está el dormitorio, la cocina y el comedor. En el área urbana, se presentan las casas de tipo formal, que son construidas con materiales, entre otros: block, ladrillo, madera y lámina; la mayoría de las viviendas en el área urbana cuenta con todos sus servicios y su división de ambientes está bien distribuido.

Electricidad: existe un 57.26 % de la población de Palencia que cuenta con dicho servicio, lo cual es aceptable; se espera que se cubra en su totalidad el servicio. Lo que se debe mejorar es el alumbrado público, ya que como se observa es bastante deficiente.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de línea de distribución de agua potable cantón Ojo de Agua

Las líneas de distribución de agua son una conexión segura y confiable de las cañerías principales, bocas contra incendios y tuberías de suministro.

2.1.1. Identificación del problema

El ejercicio más complejo en la preparación de un estudio que analice la factibilidad que conlleve a la preinversión, dada la cantidad de variables interrelacionadas que afectan el contexto de este.

2.1.2. Situación actual

En la actualidad el sistema de distribución en el cantón ojo de agua tiene muchas limitaciones y una gran precariedad con el abastecimiento a muchos cuadrantes que componen el mismo debido a que no se había desarrollado un proyecto factible.

En el caso del alcantarillado sanitario no se dispone de un servicio hacia la población que satisfaga las condiciones socioambientales que se necesitan para que un proyecto sea rentable.

2.1.3. Aforo

El aforo es un método para determinar el caudal de la fuente a la cual se necesita realizar el estudio correspondiente. El método empleado para este proyecto fue por el método volumétrico el cual consiste en utilizar una cubeta de 5 galones, tomando el tiempo de llenado de esta se puede determinar el caudal; para que el método sea más confiable se realiza 5 pruebas como mínimo.

Figura 1. **Aforo Tanque de almacenamiento San Benito 1**



Fuente: [Fotografía de Iván Carranza] (Palencia, Guatemala, 2021) Colección particular: Guatemala.

2.1.4. Calidad del agua

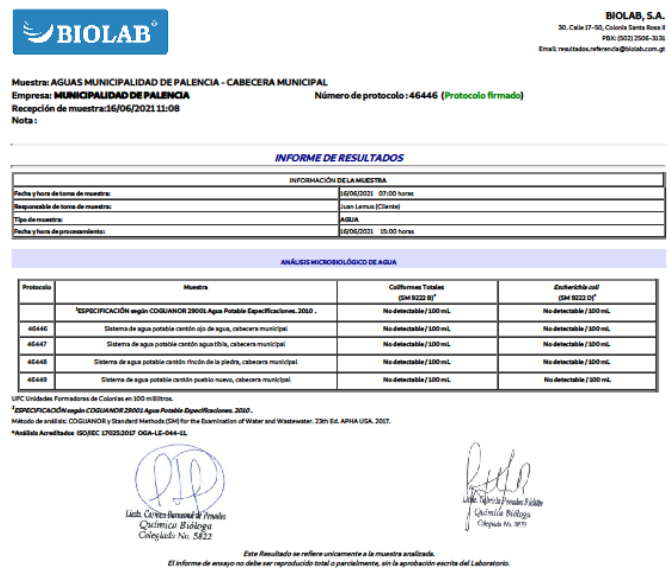
El agua para que pueda ser sanitariamente segura al consumo humano se determina la calidad de esta por medio un análisis fisicoquímico y

bacteriológico los cuales se deben realizar por medio de lo que nos dice la norma COGUANOR NGO 29001. (COGUANOR, 1985)

2.1.5. Análisis fisicoquímico y bacteriológico

El análisis bacteriológico y fisicoquímico del agua tiene como objetivo garantizar que el agua se encuentra en los parámetros de pureza normalizados.

Figura 2. Análisis Fisicoquímico y bacteriológico



Fuente: Municipalidad de Palencia (2021). Dirección de Agua Potable.

2.1.6. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de un proyecto es una parte fundamental del mismo ya que con los datos que se recaban se puede representar gráficamente los puntos posibles donde pasara la tubería, también sirve para tomar referencias sobre estructuras existentes, caminos, entre otros. (Aguilar, 2007)

Figura 3. Levantamiento topográfico alcantarillado sanitario



Fuente: [Fotografía de Iván Carranza] (Palencia, Guatemala, 2021) Colección particular: Guatemala.

- Equipo Utilizado
 - Teodolito
 - Estadal o mira estadimétrica
 - Plomada
 - Cinta Métrica
- Instrumentos auxiliares

- GPS
- Mapa de Curvas de Nivel
- Google Earth

2.1.7. Altimetría

Es una rama de la topografía que se basa en la diferencia de niveles entre puntos, se utilizó el método taquimétrico la cual toma la distancia tanto vertical como horizontal entre puntos por medio de una observación de una misma estación.

2.1.8. Planimetría

Se utilizó una poligonal abierta, con el método de conservación de azimut. Estos puntos encontrados sirven para poder proyectarlos en un plano de referencias tomando como inicio de estos puntos el norte.

2.1.9. Criterio de diseño

Son aquellos requerimientos técnicos que caracterizan al sistema, bien para conseguir los objetivos generales de la planta, en cuanto a fiabilidad, disponibilidad, potencia o bien para cumplir las necesidades de diseño que plantean otros sistemas. (Cabrera, 1989)

2.1.9.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es aquel en el cual debe funcionar correctamente el sistema sin presentar efectos negativos. Esto dependerá del crecimiento población, los materiales a utilizar, las tasas de interés, entre otros. Para este

proyecto se adoptó un periodo de 22 años incluyendo el tiempo para trámites administrativos.

2.1.9.2. Estimación de la población de diseño

Con la siguiente formula se determinó la tasa de crecimiento:

$$Pf = Po * (1 + i)^n$$

Donde:

- *Pf*: población futura
- *Po*: población inicial
- *i*: tasa de crecimiento poblacional
- *n*: número de años en el futuro

2.1.9.3. Dotación

Es la cantidad (en volumen por habitante por unidad de tiempo) de agua que servirá a cada habitante. Para seleccionar este dato se debe conocer factores como el clima, el nivel de vida, la calidad del agua, actividades productivas que se realizan en la comunidad, entre otros. De acuerdo con las normas del INFOM se determinó que se usará la dotación de 150 litros/hab/día. (Aguilar, 2007)

2.1.10. Determinación de caudales

El caudal se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área determinada en una unidad de tiempo específica, esta área puede ser tubería, cañería, oleoductos, ríos, canales. (Aguilar, 2007)

2.1.10.1. Caudal medio diario (QMD)

Es la cantidad de agua promedio que consume una población en un tiempo de 24 horas y está en función de la dotación y la población futura.

$$Q_m = \frac{Dot * P_f}{86400}$$

Donde:

- Qm: caudal medio diario en l/s
- Dot: dotación l/hab/día
- Pf: número de habitantes futura

2.1.10.2. Caudal máximo horario (QHM)

Es la cantidad de agua máxima consumida dentro de una hora del día, observado en un año. Para encontrar este caudal es necesario un factor de hora máximo “f_{hm}” el cual está en función de la población a servir. Si la población futura es menor a 1,000 habitantes el factor es de 2.5 y si es mayor a 1,000 habitantes el factor es de 2.

$$Q_{MH} = Q_m * F_{MH}$$

$$Q_{MH} = Q_m * 2$$

Donde:

- Q_{MH} : caudal máximo horario l/s
- Q_m : caudal medio horario l/s
- FMH: factor máximo horario

2.1.10.3. Caudal de diseño

Es el máximo entre el caudal máximo horario y el caudal de uso simultaneo.

2.1.10.4. Caudal acumulado

Sumatoria de los caudales que la tubería deberá de transportar de acuerdo con el consumo en cada uno de los nodos de la red de distribución.

2.1.10.5. Línea de distribución

La red de distribución como su nombre lo indica es la encargada de distribuir el agua potable desde el tanque de distribución o almacenamiento hasta las viviendas beneficiarias de esta red, se debe tomar en cuenta algunos factores como, por ejemplo, la topografía del lugar, el tipo de red a utilizar y la forma en la que están ubicadas las viviendas. Para este caso se trabajará con una red abierta.

2.1.11. Presión estática

Es la diferencia entre la cota piezométrica de salida y la cota de terreno de llegada, esta diferencia no debe exceder los 60 metros, de suceder esto, se deberá colocar una caja rompe presión.

Presión Estática = Cota del terreno inicial – cota del terreno final

Ecuación Núm.4. Fuente: INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano.*

2.1.12. Diámetro teórico

$$D_{teo} = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * P_{estática}}$$

$$D_{teo} = \frac{1743.811 * (DH * 1.05) * Q^{1.85}}{100^{1.85} * P_{estática}}$$

Donde:

- Hf = pérdidas por fricción en la tubería (m) L = longitud del tramo (m)
- Q = caudal (L/s)
- \emptyset = diámetro interno de la tubería (in) C = coeficiente de rugosidad del material.

2.1.13. Cota piezométrica

Es una diferencia entre la cota piezométrica de salida menos la pérdida de carga, esto nos da la presión del cual en cualquier punto de la red de distribución.

Primera Cpzinicial = cota del terreno inicial

Cpzinicial = cota piezométrica final del tramo anterior

Cpzfinal = cota piezométrica inicial – Hf

2.1.14. Pérdida

$$Hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \varnothing_{int}^{4.87}}$$

$$Hf = \frac{1743.811 * (DH * 1.05) * Q^{1.85}}{150^{1.85} * \varnothing_{int}^{4.87}}$$

2.1.15. Criterios de verificación

Si se considera como un principio el criterio de validación aplicable al diseño se obtiene como valido el cálculo, cuando por medio de la comparación de rango y parámetros se da por aceptado un resultado.

2.1.15.1. Velocidad de diseño

$$v = Q/A$$

$$v = 1.974 * \frac{Q}{\phi_{int}^2}$$

2.1.15.2. Presión dinámica

$$P_{din} = \text{Cota piezométrica final} - \text{cota final del terreno}$$

2.1.16. Ejemplo de diseño

- Tramo 1
- Datos:
 - Cota inicial tramo E1 = 1414.10 m
 - Cota final tramo E 2= 1411.09 m
 - Longitud = 163.30 m
 - Coeficiente de rugosidad, PVC = 150
 - Caudal = 8.6 l/s

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas obtenemos los siguientes resultados:

- Presión estática = 2.71 m
- Diámetro de la tubería = 3 in
- Perdida de carga = 2.71 m
- Cota piezométrica = 1417.29 m
- Presión dinámica = 12.79 m.c.a.
- Velocidad de diseño = 1.89 m/s
- Cantidad de tubos = 11 unidades

De acá se verifica que la velocidad se encuentre en el rango de (0.6 – 3.0) m/s y la presión dinámica en el rango de (10 – 80) m.c.a. Una vez se dan por aprobados los datos obtenidos se aplican los mismos pasos por nodo en la red de distribución. después de cada capítulo se colocan tres espacios.

2.2. Diseño de alcantarillado sanitario caserío El Encinón

El diseño de un sistema de alcantarillado es un proceso que requiere una serie de criterios que sirvan de guía para obtener un resultado razonable en caserío El Encinón.

2.2.1. Diseño de alcantarillado

De acuerdo con su finalidad, existen 3 tipos de alcantarillado; la selección de cada uno de ellos dependerá de un estudio cuidadoso de factores, como lo son factibilidad, topografía y economía.

Figura 4. **Supervisión planta de tratamiento para proyecto de alcantarillado sanitario**



Fuente: [Fotografía de Iván Carranza] (Palencia, Guatemala, 2021) Colección particular: Guatemala.

2.2.2. Sistema de alcantarillado sanitario

Recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas, servicios y conexiones ilícitas; residuos comerciales como restaurantes y auto lavados; aguas negras producidas por industrias, e infiltración.

2.2.3. Sistema de alcantarillado separativo

Se diseñan dos redes independientes: una para que transporte las aguas negras y la otra las aguas provenientes de las lluvias; es importante que las

casas y edificios cuenten con tuberías separadas y así se recolecten las aguas, de la forma en la cual se espera funcione este sistema.

2.2.4. Sistema de alcantarillado combinado

Se diseña para que transporte las aguas negras y las de lluvia.

2.2.5. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 20 a 30 años a partir de la fecha de construcción.

Tabla II. Criterios de diseño

Parametros de Diseño	
Tipo de sistema	Drenaje Sanitario
Vida Util (años)	20
Población Actual	2226
Población de Diseño	9814
Tasa de Crecimiento	7.70%
∅ Tuberia	30"
Conexiones domiciliars	2% < S < 6%
Factor retorno de aguas negras	0.8
Cota Invert minima	1.45
Relación de velocidad	0.3 < v < 6
Material	Concreto
rugosidad	0.015

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.2.6. Población de diseño

Un sistema de alcantarillado sanitario debe diseñarse para trabajar hidráulicamente bien, desde que se pone en funcionamiento, hasta el final del período de diseño; por lo tanto, se hace necesario conocer la población que se va a servir, al inicio y al final de su período de vida. (Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala, 2022)

Con la siguiente formula se determinó la tasa de crecimiento:

$$Pf = Po * (1 + i)^n$$

Donde:

- *Pf*: población futura
- *Po*: población inicial.
- *i*: tasa de crecimiento poblacional.
- *n*: número de años en el futuro.

2.2.7. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de un proyecto es una parte fundamental del mismo ya que con los datos que se recaban se puede representar gráficamente los puntos posibles donde pasara la tubería, también sirve para tomar referencias sobre estructuras existentes, caminos, entre otros.

- Equipo utilizado
 - Teodolito
 - Estadal o mira estadimétrica
 - Plomada

- Cinta Métrica
- Instrumentos auxiliares
 - GPS
 - Mapa de curvas de nivel
 - Google Earth

2.2.8. Altimetría

Es una rama de la topografía que se basa en la diferencia de niveles entre puntos, se utilizó el método taquimétrico la cual toma la distancia tanto vertical como horizontal entre puntos por medio de una observación de una misma estación.

2.2.9. Planimetría

Se utilizó una poligonal abierta, con el método de conservación de azimut. Estos puntos encontrados sirven para poder proyectarlos en un plano de referencias tomando como inicio de estos puntos el norte.

2.2.10. Dotación

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, la dotación establecida para el proyecto fue de 150 l./hab./día.

2.2.11. Factor de retorno

Es el factor que considera que del 100 % que ingresa de agua potable en un domicilio aproximadamente en el rango del (20 – 30) % se usara en

actividades que se consumen o evaporara. El restante (70 – 80) % desfogara al alcantarillado. (Instituto de Fomento Municipal, 2011)

Este porcentaje es el que se toma como factor de retorno.

2.2.12. Factor de flujo instantáneo

Se encuentra en función del número de habitantes, el cual regula un valor máximo de las aportaciones para uso doméstico en las horas de mayor demanda del sistema.

Fórmula de Harmon:

$$FH = \frac{(18 + \sqrt{P})^1}{4 + \sqrt{P}}$$

2.2.13. Caudal sanitario

Se compone por la integración de los diferentes caudales que se integran a un mismo sistema:

- Caudal Domiciliar
- Caudal de Infiltración
- Caudal por Conexiones Ilícitas

2.2.14. Caudal domiciliar

Es el aporte directamente proporcional a la dotación con que se procede a cada domicilio.

$$q_{dom.} = (Dotación * No. habitantes futuro * factor retorno) / 86,400$$

2.2.15. Caudal de infiltración

la infiltración de aguas subterráneas principalmente freáticas a través de fisuras en los colectores, juntas mal ejecutadas y en la unión de colectores con los pozos de visita. y en los mismos pozos cuando permiten la infiltración del agua.

2.2.16. Caudal por conexiones ilícitas

Este es un caudal producido por las viviendas que conectan las bajadas de agua pluvial al alcantarillado sanitario.

$$QCI = (Dotación * No. habitantes) / 86,400$$

2.2.17. Factor de caudal medio

Este es un factor que regula la aportación de caudal en la tubería. Se considera que es el caudal que aporta cada habitante, más la suma de todos los caudales, que son: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial, entre la población total. Este factor debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005.

$$FQM = \frac{Q_{medio}}{No. habitantes futuro}$$

2.2.18. Caudal Medio

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domestico}} + Q_{\text{infiltracion}} + Q_{\text{concepciones ilicitas}}$$

2.2.19. Caudal de diseño

Este se obtiene de la suma de:

- Caudal Máximo de Origen Domestico
- Caudal de Infiltración
- Caudal de Conexiones ilícitas
- Aguas de origen industrial

Acá se comparan la población actual y la futura:

$$q_{\text{dis actual}} = (F_{qm})(F_{H\text{actual}})(\text{No. de habitantes actual})$$

$$q_{\text{dis futuro}} = (F_{qm})(F_{H\text{futuro}})(\text{No. de habitantes futuro})$$

2.2.20. Secciones y pendientes

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} * \left(D * \frac{0.0254}{4} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

£

Donde:

- V: velocidad del flujo a sección llena (m/s)
- R: radio hidráulico igual a la sección del tubo entre el perímetro mojado.
- D: diámetro de la sección circular (m)
- S: pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)
- n: coeficiente de rugosidad de Manning = 0.0011 para tubos PVC
- Q: caudal
- A: área
- V: velocidad

2.2.21. Velocidades máximas y mínimas

Estas deben cumplir y estar en el siguiente rango:

$$0.4 \frac{m}{s} < V < 5.00 \frac{m}{s}$$

2.2.22. Cotas invert

Son las cotas del terreno y de los puntos de entrada y de salida de la tubería del alcantarillado.

Vhmin: altura mínima, con base al tipo de tránsito que circula en lugar.

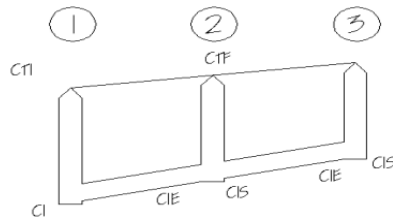
CII: *cota invert* inicial.

CTS: *cota invert* de la tubería de salida final.

CTE: *cota invert* de la tubería de entrada.

- CTI: cota del terreno inicial.
- CTF: cota del terreno final.
- D: distancia horizontal.
- S %: pendiente del terreno.
- Et: espesor de la tubería

Figura 5. **Diagrama de *cota invert***



Fuente: Estrada, L. (2003). *Planificación y diseño de la red de drenaje sanitario del cantón pueblo nuevo, del municipio de Palencia, departamento de Guatemala.*

2.2.23. Tirantes

Por norma, se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión; el tirante máximo de flujo por transportar lo da la relación d/D , donde d es la profundidad o altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería; esta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.80; para que funcione como un canal abierto, es decir, el tirante del flujo deberá ser mayor de 10 % del diámetro de la tubería y menor del 80 % de la misma, para asegurar su funcionamiento como un canal abierto.

2.2.24. Velocidades de escurrimiento límites

La velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se puede determinar por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena, v por norma ASTM 3034, debe ser mayor de 0.40 metros/seg., para que no exista sedimentación en la tubería y por lo tanto algún taponamiento, y menor o igual que 5.00 metros/seg., para que no exista erosión o desgaste; estos datos son aplicables para tubería de P.V.C.

2.2.25. Diámetros

Nunca se debe descargar el gasto de tuberías mayores a menores, aun cuando la capacidad de éstas pueda ser mayor (pendientes más pronunciadas o coeficientes de fricción menores), para evitar posibles obstrucciones en la entrada de la tubería chica.

El diámetro mínimo será de 8 pulgadas, salvo para el empleo de tubería de P.V.C. y Asbesto Cemento, donde podrá considerarse el diámetro de 6 pulgadas, siempre y cuando esta tubería sea hidráulicamente capaz de conducir el caudal deseado a las condiciones de velocidad permitida.

El diámetro máximo está regido por la capacidad necesaria del conducto y por las condiciones topográficas del tramo, en que se pretenda instalar la tubería.

2.2.26. Pozo de Visita

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza, y se utilizan bajos los siguientes criterios:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección o pendiente
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

2.2.26.1. Especificaciones físicas de los pozos de visita

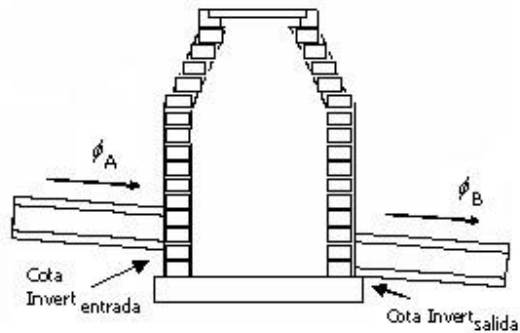
Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos referentes a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como una serie de especificaciones, que deben tomarse en consideración, las cuales se indican a continuación:

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro: la cota invert de salida estará como mínimo 3 cm. debajo de la cota invert de entrada.

$$\varphi A = \varphi B$$

$$Cota\ Invert\ salida = Cota\ Invert\ entrada + 0.03\ m.$$

Figura 6. **Diagrama pozo de visita**



Fuente: Estrada, L. (2003). *Planificación y diseño de la red de drenaje sanitario del cantón pueblo nuevo, del municipio de Palencia, departamento de Guatemala.*

2.2.27. Principios hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, a los cuales se les conoce como canales.

La sección del canal puede ser abierta o cerrada, en el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y eventualmente, a presiones producidas por los gases que se forma en el canal.

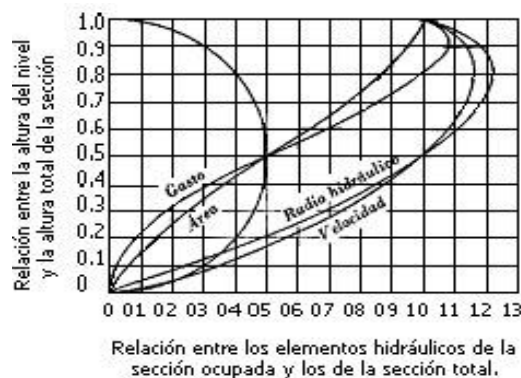
2.2.27.1. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena, con los de la sección parcial.

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena, por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), caudal de diseño entre caudal de sección llena; el resultado obtenido se busca en la gráfica (figura 3) en el eje de las abscisas; desde allí, se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales, el valor de la relación (d/D) se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas; la profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería. (LAM G., 2011)

Para el valor de la relación (v/V), velocidad parcial entre velocidad a sección llena, ubicar el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente, y se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades; en este nuevo punto, se traza una vertical hacia el eje de las abscisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad a sección llena, para obtener la velocidad a sección parcial; de igual manera, se calculan las otras características de la sección. (LAM G., 2011)

Figura 7. **Características hidráulicas de tubería de sección circular**



Fuente: Steel, E. (1986). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*.

Tabla III. **Relaciones hidráulicas para alcantarilla de sección circular**

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

Fuente: INFOM (2021). *Relaciones hidráulicas*.

2.2.28. Volumen de excavación

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

$$Vol Exc. = \left[\left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * Z \right]$$

Donde:

- Vol. excavación = Volumen de excavación de H2
- H1 = Profundidad del primer pozo de visita (m)

- H_2 = Profundidad del segundo pozo de visita (m)
- d = Distancia entre los dos pozos de visita considerados (m)
- t = Ancho de la zanja (m)

2.2.29. Profundidad y ancho de zanja

La carga máxima de tierra que soporta la tubería P.V.C. depende del prisma de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula con base en este criterio, el ancho de la zanja se influye por una excavación práctica y económica.

La profundidad de la tubería estará definida por el diseño hidráulico del sistema, que toma como una profundidad mínima 1.20 metros desde la cota del terreno, hasta la cota invert de la tubería. También se debe considerar en el momento de determinar la profundidad, la protección contra las inclemencias del tiempo y principalmente contra las cargas transmitidas por el tráfico, con lo cual se evitan con esto rupturas en los tubos.

La tubería tendrá un recubrimiento mínimo sobre la corona de 0.90 metros para el colector principal y de 0.80 metros para conexiones domiciliarias.

Tabla IV. **Profundidades mínimas para la tubería, según el tránsito vehicular**

(pulgadas)	Profundidad para tránsito normal (m)	Profundidad para tránsito pesado (m)
8	1.22	1.42
10	1.28	1.48
12	1.33	1.53
15	1.41	1.61
18	1.50	1.70

Fuente: AMANCO-TUBOVINIL (2022) *Norma ASTM 3034 tuberías P.V.C. para alcantarillado sanitario.*

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería, el cual es de 45 cm. para tubería de 4" y 6" de diámetro y no más de 15 a 23 cm. de espacio libre a cada lado de la tubería de 8" de diámetro, o mayor.

Otro factor, que se va a tomar en cuenta al determinar la profundidad mínima de instalación de tubería, es permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias al alcantarillado municipal. (Instituto de Fomento Municipal, 2011)

La profundidad máxima es aquella que no ofrece dificultades constructivas mayores, de acuerdo con la cohesión del terreno y el sistema de construcción, hasta una altura de 4 metros sería un valor máximo aconsejable de colocación de tubería en zanja, abierta a mano.

2.2.30. Ejemplo de diseño

- Tramo 6^a. calle
- Datos:
 - Cota inicial tramo E24 = 96.37 m
 - Cota final tramo E25 = 91.97 m
 - Longitud = 59.04 m
 - Población actual = 42
 - Población futura = 185

Aplicando las fórmulas anteriormente descritas obtenemos los siguientes resultados:

- Q domiciliar = 11.99 l/s
- Q comercial = 2.40 l/s
- Q conexiones ilícitas = 14.99
- Q infiltración = 0.041 l/s
- Caudal Medio = 29.42 l/s
- Caudal sección llena = 482.53 l/s
- Cantidad de pozos de visita = 4 unidades
- Pendiente del terreno = 2 %
- Diámetro tubería = 30 in
- $f_{qm} = 0.00272598$
- Pendiente tubería = 2.26 %
- q/Q actual = 0.001027
- q/Q futuro = 0.004352
- v/V actual = 0.158800
- v/V futuro = 0.236362

- Velocidad = 1.42 m/s
- d/D actual = 0.023
- d/D = 0.044
- Tirante actual = 0.017526
- Tirante futuro = 0.033528
- Cota invert salida = 95.65
- Cota invert entrada = 89.56
- Altura pozo1 = -3.61
- Volumen de corte = 95.93 m³
- Cálculo de tubería = 10 unidades

Tabla V. **Índice de planos presentados**

Descripción	Plano
Plano Geoposicionamiento red de abastecimiento de agua potable	1/20
Planta general, libreta topográfica y curvas tanque san Benito 1	2/20
Línea de distribución y perfil longitudinal san Benito 1	3/20
Planta general y perfil longitudinal de tramo principal y tramo 2	4/20
Planta general y perfil longitudinal de tramo 4 y tramo 5	5/20
Planta general y perfil longitudinal de tramo 6, tramo 7 y tramo 8	6/20
Levantamiento topográfico tramo central	7/20
Planta general y perfil longitudinal tramo central	8/20
Levantamiento topográfico tramo 1	9/20
Planta general y perfil longitudinal tramo 1	10/20
Perfil longitudinal tramo cuarta avenida	11/20

Continuación tabla V.

Levantamiento topográfico tramo cuarta avenida	12/20
Planta general y perfil longitudinal tramo inicio CA-9	13/20
Levantamiento topográfico tramo inicio CA-9	14/20
Planta general y perfil longitudinal tramo sexta calle hacia tercera avenida	15/20
Levantamiento topográfico tramo sexta calle hacia tercera avenida	16/20
Detalles pozos de visita	17/20
Planta Conjunto	18/20
Planta General pozos de visita	19/20
Planta general alcantarillado sanitario	20/20

Fuente: elaboración propia, con software Microsoft Word.

CONCLUSIONES

1. Durante el desarrollo del proyecto se verificó la factibilidad de la implementación de la red de distribución de agua potable, detectando en primera instancia la necesidad de este para lo cual se utilizó los procedimientos técnicos adquiridos durante la licenciatura dando como resultado un proyecto gestionable y alta calidad técnica para el cubrimiento de este servicio público en la población palenciana.
2. En el cumplimiento de los parámetros de consumo humano lo primero se cercioró por medio del censo de población que el caudal de agua aforada en el tanque de distribución cubriera con el volumen necesario para abastecer a la población objetivo, posteriormente en conjunto con la dirección de agua potable se realizó el análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua cumpliendo con la norma que garantiza la calidad de la misma.
3. El ejercicio profesional supervisado EPS permitió que los conocimientos en los aspectos técnicos hicieran unión con los aspectos sociales y económicos que como vecinos compartimos, gracias a esto se pudo implementar en buena armonía con el personal que labora en la municipalidad de Palencia el incremento en conocimientos para mejorar la gestión pública en la prestación de servicios que se brindan a la población.
4. En el marco de la necesidad de un sistema de alcantarillado sanitario que mejorara la calidad de vida de los habitantes del caserío el Encinón, se

tomó en cuenta la factibilidad del mismo debido a la dificultad que presenta la topografía del lugar teniendo como resultado 40 pozos de visita que facilitaron el cálculo de la línea de transporte del alcantarillado sanitario teniendo cumpliendo con el objetivo de la mejora integral de la calidad de vida de los habitantes de este Caserío pero teniendo efectos colaterales que benefician la implementación de más proyectos con esta calidad técnica.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar en ambos proyectos es de resaltar que la parte que se comprende como agua potable desde la captación, conducción, almacenamiento y distribución en paralelo con los alcantarillados especialmente los sanitarios y los mixtos, son componentes hidráulicos del ya proceso natural hidrológico por lo cual deben ser observados desde ambos puntos de vista para la correcta planificación de cualquiera sea el proyecto hidráulico que se realice.
2. Diseñar un proyecto de infraestructura en este caso en el área hidráulica y sanitaria se debe tomar en cuenta la georreferenciación ya que esta permite que sin importar el técnico que observe para conocimiento o mantenimiento los proyectos sepa no solo los detalles que son esenciales sino que también la ubicación de dichos detalles así como de todo el proyectos para que el desarrollo urbano vaya amarrado y encaminado con el conocimiento pleno de lo que se tiene y para ello es esencial el desarrollo de los sistemas de información geográfica en las obras de infraestructura.
3. Resaltar que para la eficiencia en la planificación y el cálculo de los proyectos de ingeniería civil se mejore la capacitación en el manejo de software destinado para esta tarea ya que existen diversidad y son de especial atención debido a que el mercado laboral lo requiere.
4. Resaltar que así como se utiliza tanto ética, moral y técnicamente las mejores experiencias y conocimientos disponibles así mismo se tenga

las mismas exigencias en el mantenimiento de los proyectos desarrollados en la prestación de servicios ya que esto hará que la estimación de tiempo de vida y la planificación preventiva preservaran los proyectos de forma adecuada y luego al presentarse inconvenientes o la llegada a la finalización de tiempos de vida se podrá de forma oportuna como subsidiar dichos servicios para seguir brinda de forma eficiente los mismos a la población de destino.

REFERENCIAS

1. Aguilar R. (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
2. Cabrera R. (1989). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. COGUANOR NTG 29001. Norma Técnica Guatemalteca. Diario Oficial de Centroamérica. Guatemala. 18 de octubre de 1985.
4. Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (2022). *Guía de requisitos para la evaluación de proyectos de agua y alcantarillado de la ciudad de Guatemala*. Autor. Recuperado de <https://empagua.com/userfiles/2022/08/guias-empagua-abril-2022.pdf>.
5. Estrada G. (2003). *Planificación y Diseño de la Red de Drenaje Sanitario del Cantón Pueblo Nuevo, del Municipio de Palencia, Departamento de Guatemala*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://docplayer.es/49070094-Planificacion-y-diseno-de-la-red-de-drenaje-sanitario-del-canton-pueblo-nuevo-del-municipio-de-palencia-departamento-de-guatemala.html>.

6. Instituto de Fomento Municipal (2011). *Normas generales para diseños de alcantarillados Guía de Normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala. Recuperado de <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0286/doc0286.pdf>.

7. LAM G. (2011). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la Aldea Captzín Chiquito, Municipio de San Mateo Ixtátan, Huehuetenango*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice 1. Memoria de cálculo línea de distribución

<i>datos del censo del 2002</i>	
CANTON	OJO DE AGUA
HABITANTES	3400
VIVIENDAS CON SERVICIO DE AGUA	839
PROMEDIO DE HABITANTES POR VIVIENDA	11
DURACION OBRA CIVIL	20
DOTACION	60
FMD	1.2
FMH	2
n	20
CRECIMIENTO DE HABITANTES (2022)	
Pf geometrico	9353
Pf aritmetico	6929
Pf exponencial	9600
2022	
CAUDAL MEDIO DIARIO (Qm)	
6.50	
CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD)	
7.79	
CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH)	
12.99	
2042	
CAUDAL MEDIO DIARIO (Qm)	
6.50	
CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD)	
7.79	
CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH)	
12.99	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 2. Memoria de cálculo línea de distribución

Tramo		Cota (m)		Q	D.H	LONG	C	Diam. Int	Hf	Vel.	Vel.	0.3 < v < 3	Coef.	diff	sale	entra	COTA PZM/IRC	dinamica	Presiones	estatica	capacidad tubo	Verifica resist.	tubos	
De Est	A Est	sale	referencia	(lts)	(m)	(m)	H&W	(pulg)	(m)	(m/s)	(m/s)		(m/s)					mca	psi	mca	psi	psi		
E0	NORTE	1411	1420	144.5	64.9	64.9	150	3	2	2.71	1.88	correcto	-3.5	1420.00	1417.29			3.97	5.50	7.83		250	3%	11
E0	1	1414.1	1420	144	86.2	86.2	150	3	3	3.6	1.88	correcto	0.10025	1417.29	1413.69			-0.44	6.00	8.54		250	3%	14
E0	E1	1411.838	1420	144.1	8.6	24.6	150	3	3	1.03	1.88	correcto	-2.26209	1413.69	1412.66			-2.05	5.90	8.40		250	3%	4
E1	1	1411.67	1420	1411.8379	8.6	21.1	150	3	3	0.88	1.88	correcto	-0.16757	1412.66	1411.76			-0.09	8.16	11.61		250	5%	4
E1	2	1411.594	1420	1411.6704	8.6	5.6	150	3	3	0.23	1.88	correcto	-0.07621	1411.78	1411.55			-0.17	8.33	11.85		250	5%	1
E1	3	1411.67	1420	1411.5942	8.6	25.8	150	3	3	1.08	1.88	correcto	0.075811	1411.55	1410.47			-1.59	8.41	11.96		250	5%	4
E1	E2	1411.088	1420	1411.67	8.6	48.16	150	3	3	2.01	1.88	correcto	-0.58211	1410.47	1408.46			-4.57	8.33	11.85		250	5%	8
E2	E3	1410.144	1420	1411.0879	8.6	28	150	3	3	1.17	1.88	correcto	-0.94364	1408.46	1407.29			-5.41	8.91	12.68		250	5%	5
E3	E4	1408.227	1420	1410.1442	8.6	21.3	150	3	3	0.88	1.88	correcto	-1.81771	1407.29	1406.40			-5.32	9.86	14.02		250	6%	4
E4	1	1404.539	1420	1408.2265	8.6	56.72	150	3	3	2.37	1.88	correcto	-3.68702	1406.40	1404.03			-5.98	11.77	16.75		250	7%	9
E4	E5	1398.742	1420	1404.5395	8.6	62.7	150	3	3	2.62	1.88	correcto	-5.79787	1406.46	1405.84			1.85	15.46	22.00		250	9%	10
E5	E6	1395.211	1420	1398.7416	8.6	2.88	150	3	3	0.12	1.88	correcto	-3.53109	1405.84	1405.72			9.93	21.26	30.25		250	12%	0
E6	1	1385.25	1420	1395.2105	8.6	44.45	150	3	3	1.86	1.88	correcto	0.039	1405.72	1403.86			12.31	24.79	35.28		250	14%	7
E6	E7	1394.743	1420	1395.2495	8.6	51.89	150	3	3	2.17	1.88	correcto	-0.50944	1403.86	1401.89			9.16	24.75	35.22		250	14%	9
E7	E8	1390.505	1420	1394.7431	8.6	20.31	150	3	3	0.85	1.88	correcto	-4.23807	1401.89	1400.84			8.68	25.26	35.94		250	14%	3
E8	1	1388.047	1420	1390.505	8.6	29.73	150	3	3	1.24	1.88	correcto	-1.45851	1400.84	1399.60			12.94	29.49	41.97		250	17%	5
E8	2	1388.126	1420	1389.0465	8.6	65.29	150	3	3	2.73	1.88	correcto	-0.92022	1399.60	1396.87			11.13	30.95	44.05		250	18%	11
E8	E9	1383.961	1420	1388.1265	8.6	4.89	150	3	3	0.2	1.88	correcto	-4.16514	1396.87	1396.67			12.15	31.87	45.36		250	18%	1
E9	1	1383.963	1420	1383.9614	8.6	94.1	150	3	3	3.89	1.88	correcto	0.00185	1396.67	1392.74			12.49	36.04	51.28		250	21%	16
E9	E10	1383.913	1420	1383.9625	8.6	107.99	150	3	3	4.51	1.88	correcto	-0.05	1392.74	1388.23			6.08	36.04	51.28		250	21%	18
E10	E11	1383.167	1420	1383.9125	8.6	37.22	150	3	3	1.56	1.88	correcto	-0.74555	1388.23	1386.67			3.99	36.09	51.35		250	21%	6
E11	E12	1381.978	1420	1383.167	8.6	19.1	150	3	3	0.8	1.88	correcto	-2.189	1386.67	1385.87			3.84	36.83	52.41		250	21%	3
E12	1	1382.331	1420	1380.978	8.6	29.92	150	3	3	1.25	1.88	correcto	1.352911	1385.87	1384.62			5.18	39.02	55.53		250	22%	5
E12	2	1382.938	1420	1382.3309	8.6	31	150	3	3	1.3	1.88	correcto	0.60713	1384.62	1383.32			1.41	37.67	53.60		250	21%	5

Continuación apéndice 2.

E13	1	1382.159	1420	1382.818	8,6	61	61	3	3	2,55	1,88	correcto	-0,66093	1382,56	1380,01	-2,81	-4,00	37,18	52,91	260	21%	10	
E13	2	1380,92	1420	1382,159	8,6	75,4	75,4	150	3	3	1,15	1,88	correcto	-1,3332	1380,01	1376,86	-3,30	-7,54	37,84	53,85	260	22%	13
E13	E14	1380,998	1420	1380,8204	8,6	13,9	13,9	150	3	3	0,50	1,88	correcto	-0,2292	1376,86	1376,28	-4,54	-6,46	39,18	55,75	260	22%	2
E14	1	1379,392	1420	1380,0976	8,6	44,8	44,8	150	3	3	1,87	1,88	correcto	-0,70556	1376,28	1374,41	-5,69	-8,10	39,30	56,78	260	23%	7
E14	2	1377,368	1420	1379,392	8,6	68,71	68,71	150	3	3	2,87	1,88	correcto	-2,02428	1374,41	1371,54	-7,85	-11,17	40,61	57,79	260	23%	11
E14	3	1375,902	1420	1377,3678	8,6	90,53	90,53	150	3	3	3,78	1,88	correcto	-1,46596	1371,54	1367,76	-4,61	-13,68	42,63	60,67	260	24%	15
E14	E15	1375,762	1420	1375,9018	8,6	38,5	38,5	150	3	3	1,65	1,88	correcto	-2,15011	1367,76	1366,11	-0,79	-13,88	44,10	62,75	260	25%	7
E15	1	1370	1420	1372,7517	8,6	63,9	63,9	150	3	3	2,67	1,88	correcto	-3,75143	1366,11	1363,44	-10,31	-14,67	46,25	65,81	260	26%	11
E15	2	1367,472	1420	1370,0002	8,6	110,9	110,9	150	3	3	4,63	1,88	correcto	-2,74712	1363,44	1358,81	-11,19	-15,92	50,00	71,15	260	28%	18
E15	E16	1362,208	1420	1363,4725	8,6	48,4	48,4	150	3	3	5,11	1,88	correcto	-3,78066	1358,81	1353,70	-13,55	-19,28	52,75	75,05	260	30%	20
E16	1	1357,099	1420	1362,2084	8,6	65,3	65,3	150	3	3	2,02	1,88	correcto	-1,26406	1353,70	1351,68	-11,79	-16,78	56,33	80,44	260	32%	8
E16	E17	1355,331	1420	1357,0986	8,6	27,5	27,5	150	3	3	2,73	1,88	correcto	-5,10992	1351,68	1346,95	-13,26	-18,87	57,79	82,24	260	33%	11
E17	1	1352,892	1420	1355,3307	8,6	87,8	87,8	150	3	3	1,15	1,88	correcto	-1,76789	1346,95	1347,80	-3,30	-13,23	62,90	88,51	260	36%	5
E17	2	1351,202	1420	1352,8916	8,6	94,34	94,34	150	3	3	3,67	1,88	correcto	-2,52918	1347,80	1344,13	-11,20	-15,94	64,07	92,02	260	37%	15
E17	E18	1351,536	1420	1351,2021	8,6	6,1	6,1	150	3	3	3,94	1,88	correcto	-1,59942	1344,13	1340,19	-12,81	-17,94	67,20	95,62	260	38%	16
E18	1	1351,277	1420	1351,5357	8,6	38,1	38,1	150	3	3	0,25	1,88	correcto	0,33557	1340,19	1339,94	-11,26	-16,02	68,80	97,90	260	39%	1
E18	E19	1353,353	1420	1351,2769	8,6	7,98	7,98	150	3	3	1,63	1,88	correcto	-0,25978	1339,94	1338,31	-13,23	-18,83	68,46	97,42	260	39%	7
E19	1	1352,996	1420	1353,3528	8,6	23	23	150	3	3	0,32	1,88	correcto	2,07989	1338,31	1337,99	-13,29	-18,91	68,72	97,79	260	39%	1
E19	2	1352,58	1420	1352,9963	8,6	15,9	15,9	150	3	3	0,66	1,88	correcto	-0,3861	1337,03	1336,37	-16,60	-23,62	66,65	94,84	260	38%	4
E19	E20	1352,765	1420	1352,5802	8,6	28,6	28,6	150	3	3	1,24	1,88	correcto	0,194931	1336,37	1335,13	-17,45	-24,83	67,42	95,94	260	38%	5
E20	1	1351,192	1420	1352,7651	8,6	42,8	42,8	150	3	3	1,79	1,88	correcto	-1,03624	1335,13	1333,34	-19,43	-27,65	67,23	95,68	260	38%	7
E20	2	1351,192	1420	1351,7288	8,6	59,24	59,24	150	3	3	2,46	1,88	correcto	-0,54667	1333,34	1330,86	-20,87	-29,70	68,27	97,15	260	39%	10
E20	E21	1349,994	1420	1351,1922	8,6	3,1	3,1	150	3	3	0,13	1,88	correcto	-1,59207	1330,86	1330,73	-20,45	-29,10	68,02	97,93	260	39%	1
E21	1	1350,317	1420	1349,9238	8,6	7,1	7,1	150	3	3	0,3	1,88	correcto	0,383001	1330,73	1330,43	-19,49	-27,73	70,08	99,72	260	40%	1
E21	2	1350,297	1420	1350,3172	8,6	33,99	33,99	150	3	3	1,42	1,88	correcto	-0,02652	1330,43	1329,01	-21,31	-30,32	69,68	99,16	260	40%	6
E21	3	1350,144	1420	1350,2967	8,6	72,88	72,88	150	3	3	3,04	1,88	correcto	-0,15312	1329,01	1326,97	-24,33	-34,62	69,70	99,19	260	40%	12
E21	E22	1346,976	1420	1350,1438	8,6	14,7	14,7	150	3	3	0,61	1,88	correcto	-1,16771	1326,97	1325,36	-24,78	-35,26	69,86	99,41	260	40%	2
E22	1	1346,867	1420	1346,9759	8,6	25,2	25,2	150	3	3	1,05	1,88	correcto	-0,10883	1325,36	1324,31	-24,67	-35,11	71,02	101,07	260	40%	4
E22	2	1346,189	1420	1346,8671	8,6	70,49	70,49	150	3	3	2,95	1,88	correcto	-0,67786	1324,31	1321,36	-27,51	-39,15	71,13	101,22	260	40%	12
E22	3	1346,1	1420	1346,1892	8,6	124,1	124,1	150	3	3	5,18	1,88	correcto	-2,08898	1321,36	1316,16	-32,01	-45,55	71,81	102,19	260	41%	21
E22	4	1343,744	1420	1346,1002	8,6	173,5	173,5	150	3	3	7,25	1,88	correcto	-2,36368	1316,16	1308,93	-37,17	-52,89	73,90	105,16	260	42%	29
E22	E23	1340,669	1420	1343,7444	8,6	206,1	206,1	150	3	3	8,61	1,88	correcto	-1,54466	1308,93	1300,32	-43,42	-61,79	76,26	108,51	260	43%	34
E23								150	3	3	0												

Continuación de apéndice 2.

CÁLCULO HIDRÁULICO LINEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD TANQUE SAN BENTO																										
LINEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD PARA PROYECTO LINEA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CANTON JOJO DE AGUA, CABECERA MUNICIPAL MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA																										
Tramo	De Est	A Est	Cota (m)		Q (l/s)	D. H (m)	LONG (m)	C	Diam. (pulg)	H&W	Vel. (m/s)	Vel. (0.3 < v < 3)	dif	COTA PZ/ITRC												
			sale	entra																						
E0	1	NORTE	1411	1420	8.6	64.9	64.9	150	3	2	2.71	1.89	correcto	-3.5	1420.00	1417.29	2.79	psi	3.97	mca	5.50	7.83	psi	250	3%	11
E0	1	NORTE	1411	1420	8.6	64.9	64.9	150	3	2	2.71	1.89	correcto	-3.5	1420.00	1417.29	2.79	psi	3.97	mca	5.50	7.83	psi	250	3%	11
E0	1	NORTE	1414.1	1420	8.6	86.2	86.2	150	3	3	3.6	1.89	correcto	0.10025	1417.29	1413.69	-0.31	psi	-0.44	mca	6.00	8.54	psi	250	3%	14
E0	1	NORTE	1411.838	1420	8.6	24.6	24.6	150	3	3	1.03	1.89	correcto	-2.28209	1413.69	1412.66	-1.44	psi	-2.05	mca	5.90	8.40	psi	250	3%	4
E1	1	NORTE	1411.67	1420	8.6	21.1	21.1	150	3	3	0.88	1.89	correcto	-0.16757	1412.66	1411.78	-0.06	psi	-0.09	mca	8.16	11.61	psi	250	5%	4
E1	2	NORTE	1411.594	1420	8.6	5.6	5.6	150	3	3	0.23	1.89	correcto	-0.07621	1411.78	1411.55	-0.12	psi	-0.17	mca	8.33	11.85	psi	250	5%	1
E1	3	NORTE	1411.67	1420	8.6	25.8	25.8	150	3	3	1.08	1.89	correcto	0.075811	1411.55	1410.47	-1.12	psi	-1.59	mca	8.41	11.96	psi	250	5%	4
E1	2	NORTE	1411.088	1420	8.6	48.16	48.16	150	3	3	2.01	1.89	correcto	-0.58211	1410.47	1408.46	-3.21	psi	-4.57	mca	8.33	11.85	psi	250	5%	8
E2	3	NORTE	1410.144	1420	8.6	28	28	150	3	3	1.17	1.89	correcto	-0.94364	1408.46	1407.29	-3.80	psi	-5.41	mca	8.91	12.68	psi	250	5%	5
E3	4	NORTE	1408.227	1420	8.6	21.3	21.3	150	3	3	0.89	1.89	correcto	-1.91771	1407.29	1406.40	-3.74	psi	-5.32	mca	9.86	14.02	psi	250	6%	4
E4	1	NORTE	1404.539	1420	8.6	56.72	56.72	150	3	3	2.37	1.89	correcto	-3.68702	1406.40	1404.03	-4.20	psi	-5.98	mca	11.77	16.75	psi	250	7%	9
E4	5	NORTE	1389.742	1420	8.6	62.7	62.7	150	3	3	2.62	1.89	correcto	-5.79787	1406.40	1405.84	-1.30	psi	1.85	mca	15.46	22.00	psi	250	9%	10
E5	6	NORTE	1385.211	1420	8.6	2.88	2.88	150	3	3	0.12	1.89	correcto	-3.53109	1405.84	1405.72	-0.01	psi	9.93	mca	21.26	30.25	psi	250	12%	0
E6	1	NORTE	1395.25	1420	8.6	44.45	44.45	150	3	3	1.86	1.89	correcto	0.039	1405.72	1403.86	-8.65	psi	12.31	mca	24.79	35.28	psi	250	14%	7
E6	7	NORTE	1394.743	1420	8.6	51.99	51.99	150	3	3	2.17	1.89	correcto	-0.50844	1403.86	1401.69	-6.44	psi	9.16	mca	24.75	35.22	psi	250	14%	9
E7	8	NORTE	1390.505	1420	8.6	20.31	20.31	150	3	3	0.85	1.89	correcto	-4.23807	1401.69	1400.84	-6.10	psi	8.68	mca	25.26	35.94	psi	250	14%	3
E8	1	NORTE	1389.047	1420	8.6	29.73	29.73	150	3	3	1.24	1.89	correcto	-1.46851	1400.84	1399.60	-9.09	psi	12.94	mca	29.49	41.97	psi	250	17%	5
E8	2	NORTE	1388.126	1420	8.6	65.29	65.29	150	3	3	2.73	1.89	correcto	-0.92002	1399.60	1396.87	-7.82	psi	11.13	mca	30.95	44.05	psi	250	18%	11
E8	9	NORTE	1383.961	1420	8.6	4.88	4.88	150	3	3	0.2	1.89	correcto	-4.16514	1396.87	1396.67	-8.54	psi	12.15	mca	31.87	45.36	psi	250	18%	1
E9	1	NORTE	1383.963	1420	8.6	94.1	94.1	150	3	3	3.93	1.89	correcto	0.001185	1396.67	1392.74	-8.78	psi	12.49	mca	36.04	51.28	psi	250	21%	16
E9	10	NORTE	1383.913	1420	8.6	107.99	107.99	150	3	3	4.51	1.89	correcto	-0.05	1392.74	1388.23	-4.27	psi	6.08	mca	36.04	51.28	psi	250	21%	18
E10	1	NORTE	1383.167	1420	8.6	37.22	37.22	150	3	3	1.56	1.89	correcto	-0.74655	1388.23	1386.67	-2.76	psi	3.93	mca	36.09	51.35	psi	250	21%	6
E11	1	NORTE	1380.978	1420	8.6	19.1	19.1	150	3	3	0.8	1.89	correcto	-2.189	1386.67	1385.87	-2.70	psi	3.84	mca	36.83	52.41	psi	250	21%	3
E12	1	NORTE	1382.331	1420	8.6	29.92	29.92	150	3	3	1.25	1.89	correcto	1.352911	1385.87	1384.62	-3.64	psi	5.18	mca	39.02	55.53	psi	250	22%	5
E12	2	NORTE	1382.938	1420	8.6	31	31	150	3	3	1.3	1.89	correcto	0.60713	1384.62	1383.32	-0.99	psi	1.41	mca	37.67	53.60	psi	250	21%	5

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 3. Libreta topográfica red de distribución

ESTACION	PO	H teodolito	DH	AZIMUT			ANGULO VERTICAL			Δ altura	ELEVACION	OBSERVACIONES
				GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS			
E0	NORTE	1.600							0	1411	0	
E0	1		64.900	178	30	30	87	15	55	3.10003	1414.100025	TANQUE
E0	E1	1.620	86.200	336	6	31	89	26	35	0.83793	1411.837935	PUNTO ESQUINA CALLES Sta Y 6ta AVE
E1	1		24.600	205	14	58	90	23	25	-0.1676	1411.670366	SALIDA DE TANQUE
E1	2		21.100	180	19	40	90	39	43	-0.2438	1411.594153	TANQUE
E1	3		5.600	243	39	34	91	43	5	-0.168	1411.669964	INICIO CALLE
E1	E2	1.580	25.800	312	51	53	91	39	55	-0.7501	1411.087857	
E2	E3	1.580	48.160	326	39	44	91	7	21	-0.9436	1410.144219	
E3	E4	1.580	28.000	314	2	58	93	55	5	-1.9177	1408.226505	
E4	1		21.300	306	14	19	99	49	14	-3.687	1404.539486	CAJA
E4	E5	1.510	56.720	315	19	36	99	29	36	-9.4849	1398.741617	0
E5	E6	1.600	62.700	358	3	15	93	13	24	-3.5311	1395.210528	PUNTO
E6	1		2.880	250	38	46	89	13	27	0.039	1395.249528	TUBO 3"
E6	E7	1.590	44.450	321	20	32	90	36	9	-0.4674	1394.743092	0
E7	E8	1.6	51.990	305	34	0	94	39	37	-4.2381	1390.505021	PUNTO
E8	1		20.310	285	17	46	94	6	27	-1.4585	1389.04651	0
E8	2		29.730	280	24	31	94	34	27	-2.3785	1388.126493	0
E8	E9	1.590	65.290	274	17	3	95	43	24	-6.5437	1383.961358	INICIO Sta AVE
E9	1		4.890	65	26	9	89	59	10	0.00119	1383.962543	
E9	E10	1.500	94.100	1	39	50	90	1	47	-0.0488	1383.912544	
E10	E11	1.590	107.990	342	31	0	90	23	44	-0.7455	1383.166996	
E11	E12	1.610	37.220	335	24	13	93	21	57	-2.189	1380.977993	SALIDA T
E12	1		19.100	77	33	54	85	56	54	1.35291	1382.330904	
E12	2		29.200	77	54	15	86	15	7	1.96004	1382.938034	
E12	E13	1.570	31.000	64	54	6	86	36	6	1.84083	1382.818828	PUNTO
E13	1		18.100	346	27	10	91	65	19	-0.6601	1382.158733	CALLEJON
E13	2		61.000	346	41	58	91	52	35	-1.9984	1380.820414	
E13	E14	1.58	75.400	346	69	32	92	4	1	-2.7212	1380.097593	
E14	1		13.900	335	5	52	92	54	21	-0.7056	1379.392031	
E14	2		44.800	335	4	31	93	29	13	-2.7298	1377.367754	
E14	3		68.710	338	4	31	93	29	40	-4.1958	1375.901797	
E14	E15	1.57	90.530	338	40	7	94	0	35	-6.3459	1373.751682	
E15	1		39.500	336	54	35	95	25	31	-3.7514	1370.00025	
E15	2		63.900	339	31	44	95	48	25	-6.4986	1367.253132	
E15	3		110.900	342	43	0	95	17	44	-10.279	1363.472477	
E15	E16	1.6	122.400	342	36	42	95	23	15	-11.543	1362.208417	
E16	1		48.400	345	51	35	96	1	36	-5.1098	1357.098596	
E16	E17	1.56	65.300	347	46	9	96	0	45	-6.8777	1355.330707	
E17	1		27.500	17	31	17	95	15	17	-2.5292	1352.801526	
E17	2		87.800	3	13	18	92	41	32	-4.1286	1351.202109	
E17	E18	1.48	94.340	2	45	22	92	18	13	-3.795	1351.535665	
E18	1		6.100	226	5	7	92	25	45	-0.2588	1351.276889	
E18	E19	1.61	39.100	329	49	9	87	20	21	1.81712	1353.352788	
E19	1		7.580	155	49	51	92	55	8	-0.3865	1352.966296	
E19	2		23.000	262	56	58	91	55	26	-0.7726	1352.580199	
E19	E20	1.55	15.900	270	26	6	92	7	0	-0.5877	1352.76513	
E20	1		29.600	290	0	0	92	0	18	-1.0362	1351.728889	
E20	2		42.800	291	11	44	92	7	5	-1.5829	1351.182219	
E20	E21	1.56	59.240	292	54	45	92	44	45	-2.8412	1349.923946	
E21	1		3.100	110	48	31	82	46	10	0.3933	1350.317247	
E21	2		7.100	22	4	0	86	59	40	0.37279	1350.296732	
E21	3		33.990	356	27	6	89	37	47	0.21967	1350.143612	
E21	E22	1.51	72.880	355	51	12	90	44	43	-0.948	1348.975903	
E22	1		14.700	28	18	28	90	25	27	-0.1088	1348.867075	
E22	2		25.200	5	49	5	91	47	17	-0.7867	1348.189219	
E22	3		70.490	5	44	58	92	20	10	-2.8757	1346.100232	
E22	4		124.100	358	46	13	92	24	50	-5.2315	1343.744436	
E22	5		173.500	358	4	57	92	20	8	-7.0763	1341.899579	
E22	E23		206.100	357	10	56	92	18	29	-8.3069	1340.669048	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 4. Presupuesto red de distribución de agua potable

GUATEMALA AGOSTO 2021						
NOMBRE DEL PROYECTO:						
DISEÑO RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE						
UBICACIÓN:						
CABECERA DE PALENCIA						
MUNICIPIO DE PALENCIA						
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA						
CUADRO RENGLONES FINALES						
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P,U (Q)	Precio Tot (Q)	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	Levantamiento Topografico	unidad	1.00	Q6,468.57	Q6,468.57	1.44%
2	ZANJEO E INSTALACIÓN DE TUBERIA					
2.01	Zanjo e Instalacion de tuberia	unidad	1.00	Q302,005.53	Q302,005.53	67.32%
3	ELABORACION DE CAJAS Y OTRAS OBRAS DE ARTE HIDRAULICAS					
3.01	Elaboración de obras hidraulicas e instalacion de tuberia	ml	2930.00	Q14.33	Q41,983.93	9.36%
4	NIVELACION DE PAVIMENTO					
4.01	Trabajos de nivelacion para pavimentacion nueva	ml	2930.00	Q32.38	Q94,874.04	21.15%
5	OBRAS Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS					
5.01	Medidas de mitigación (siembra de árboles)	ml	1370.00	Q2.39	Q3,274.30	0.73%
TOTAL EJECUCION					Q448,606.37	100.00%

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 5. Cronograma red de distribución de agua potable

CRONOGRAMA DE AVANCE FÍSICO Y FINANCIERO												
DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE												
Proyecto:												
Municipio: Patencia												
Departamento: Guatemala												
No.	ACTIVIDADES PRINCIPALES	MESES					Costo Renglon	%				
		1	2	3	4	5						
1	Levantamiento Topografico	■					Q 6,468.57	1.44				
2	Zanjo e Instalacion de tuberia	■	■				Q 302,005.53	67.32				
3	Elaboración de obras hidraulicas e instalacion de tuberia		■	■			Q 41,983.93	9.36				
4	Trabajos de nivelacion para pav imentacion nueva				■		Q 94,874.04	21.15				
5	Medidas de mitigación (siembra de árboles)					■	Q 3,274.30	0.73				
TOTAL DEL PROYECTO.							Q 448,606.37	100.00				
Inversión mensual (Q)		6,468.57	302,005.53	41,983.93	94,874.04	3,274.30						
Inversión acumulada (Q)		6,468.57	308,474.10	350,458.03	445,332.07	448,606.37						
Inversión mensual %		1.44	67.32	9.36	21.15	0.73						
Inversión mensual acumulada %		1.44	68.76	78.12	99.27	100.00						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 6. **Parámetros de diseño alcantarillado sanitario**

Tipo de sistema	Drenaje Sanitario
Vida Util (años)	20
Población Actual	2226
Población de Diseño	9814
Tasa de Crecimiento	7.70%
Ø Tubería	30"
Conexiones domiciliarias	$2\% < S < 6\%$
Factor retorno de aguas negras	0.8
Cota Invert minima	1.45
Relación de velocidad	$0.3 < v < 6$
Material	PVC
rugosidad	0.015

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 7. Memoria de cálculo alcantarillado sanitario

Estacion Inicial	Estacion Final	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONGITUD	No. DE CASAS
TRAMO PRINCIPAL DRENAJE					
E0	E3	100.00	92.07	92.07	10
E3	E6	92.07	87.48	85.05	4
E6	E9	87.48	84.83	84.80	0
E9	E12	84.83	70.89	83.32	0
E12	E14	70.89	66.80	46.92	2
TOTAL DE VIVIENDAS					16
TRAMO INTERIOR 1 RAMAL No.1					
E15	E16.1	100.00	95.02	96.59	15
E16.1	E16.10	95.02	93.57	61.87	32
E16.10	E17.5	93.57	88.90	94.08	12
E17.5	E18.9	88.90	82.91	88.01	22
E18.9	E20.3	82.91	75.66	92.13	10
E20.3	E21.6	75.66	73.53	72.27	25
E21.6	E22.2	73.53	71.50	55.93	12
E22.2	E0	71.50	70.00	44.52	34
TOTAL DE VIVIENDAS					162
TRAMO 6a. Calle RAMAL No.2					
E24	E25	96.37	91.97	59.04	12
E25	1	91.97	87.61	37.32	15
E26	E1	94.62	87.61	100.00	12
TOTAL DE VIVIENDAS					39
TRAMO EL ENCINON HACIA CA-9 RAMAL No.4					
E37	E23	63.42	61.51	93.68	7
E37	E39.1	63.42	58.71	89.10	2
E39.1	E40.2	58.71	58.52	19.40	17
E40.2	E41.1	58.52	55.03	31.51	8
E40.2	E42	58.52	55.26	63.17	12
TOTAL DE VIVIENDAS					46
TRAMO 4a AVENIDA RAMAL No.5					
E28	E28.2	100.00	99.89	43.30	7
E28.2	E29.3	99.89	97.89	68.18	16
E29.3	E29.4	97.89	96.98	57.78	15
E29.4	E30.1	96.98	95.56	78.96	18
E30.1	E30.2	95.56	93.79	33.20	12
E30.2	E31.1	93.79	90.79	76.07	14
E31.1	E32.1	90.79	86.97	60.14	8
E32.1	E32.2	86.97	82.12	65.37	4
E32.2	E33.1	82.12	78.69	87.28	8
E33.1	E34.4	78.69	77.57	25.10	11
E34.4	E35.3	77.57	71.71	97.95	8
E35.3	E36.2	71.71	64.58	95.36	7
E36.2	E38.2	64.58	65.82	51.82	4
E38.2	E27	65.82	66.56	55.37	15
TOTAL DE VIVIENDAS					147

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 8. Memoria de cálculo alcantarillado sanitario

De A		Longitud terreno entre pozos (%)	Número de casas de terreno de casas Acumuladas	Número de casas de viviendas	Población		Caudal Medio		Área	h _{fm}	Factor de mando			Caudal de Diseño			Cesión de Leas		q _Q		v _{1V}		Velocidad		d _{PD}		Tiempo (d)				
					Actual	Futura	Actual	al			al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al	al
E3	100.0	92.07	9%	10	6	60	265		3.00	0.44	0.0072598	4.31	4.01	0.71	2.94	5.68	0.99	99.14	0.0070794	0.0029779	0.40008	0.28448	0.91	1.42	0.01	0.09	0.01524	0.02978			
E3	16	92.07	85.65	5%	4	14	6	84	370	3.00	0.44	0.0072598	4.45	4.04	0.98	4.08	5.12	0.79	76.42	0.0074398	0.0038980	0.67598	0.20223	0.85	1.33	0.005	0.15	0.01980	0.03882		
E5	19	87.68	84.8	3%	0	34	6	84	370	3.00	0.44	0.0072598	4.25	4.04	0.98	4.08	3.90	0.60	97.87	0.0082591	0.0080800	0.89211	0.28279	0.72	1.10	0.01	0.08	0.02286	0.04495		
E9	E12	84.88	70.98	83.32	0%	0	14	6	84	370	3.00	0.44	0.0072598	4.45	4.04	0.98	4.08	5.05	1.38	138.33	0.0076529	0.0094459	0.40008	0.28448	1.17	1.97	0.01	0.09	0.01524	0.02978	
E11	E14	70.88	66.80	46.50	9%	2	16	6	96	423	3.00	0.44	0.0072598	4.25	4.01	1.11	4.63	1.00	98.69	0.0081123	0.0062694	0.62125	0.25357	1.04	1.65	0.005	0.09	0.01524	0.02978		
TRAMO INTERIOR 1																															
De A																															
E15																															
E15	E16	100.0	95.02	96.59	5%	15	15	6	90	391	3.00	0.44	0.0072598	4.28	4.01	0.71	2.94	5.01	0.77	78.19	0.0035914	0.0055564	0.71608	0.27008	0.88	1.35	0.007	0.04	0.00524	0.04148	
E16	E17	95.02	93.57	61.87	7%	32	32	6	192	846	3.00	0.44	0.0072598	4.15	3.85	2.17	8.87	3.38	0.52	58.20	0.0049604	0.0072564	0.48315	0.37402	0.82	1.28	0.046	0.01	0.05352	0.08942	
E16	E17	95.07	88.90	94.08	5%	12	12	6	72	317	3.00	0.44	0.0072598	4.28	4.07	0.84	3.52	4.92	0.75	75.48	0.0081598	0.0064678	0.62125	0.25357	0.88	1.25	0.005	0.09	0.01524	0.02978	
E15	E19	82.91	88.01	88.01	7%	22	22	6	132	528	3.00	0.44	0.0072598	4.21	3.94	1.51	6.52	5.76	0.88	88.47	0.0076544	0.0078127	0.89211	0.28279	1.04	1.65	0.005	0.09	0.01524	0.02978	
E19	E20	82.91	75.86	92.13	8%	10	10	6	60	265	3.00	0.44	0.0072598	4.31	4.01	0.71	2.94	6.19	0.95	98.78	0.0080469	0.0081700	0.40008	0.27008	0.87	1.37	0.01	0.04	0.01524	0.03068	
E20	E21	62.16	75.66	73.53	72.27	3%	25	25	6	150	661	3.00	0.44	0.0072598	4.19	3.91	1.71	7.05	3.79	0.58	81.59	0.0096699	0.0021544	0.29448	0.33900	0.85	1.29	0.009	0.07	0.02708	0.03674
E21	E22	73.53	71.50	55.58	4%	12	12	6	72	317	3.00	0.44	0.0072598	4.28	4.07	0.84	3.52	4.20	0.64	85.62	0.0035914	0.0046886	0.71608	0.28279	0.72	1.12	0.007	0.05	0.00524	0.04086	
E22	E23	71.50	70.00	44.52	3%	34	34	6	204	888	3.00	0.44	0.0072598	4.14	3.88	2.31	9.39	4.06	0.62	82.60	0.0038031	0.0031811	0.23960	0.36764	0.94	1.47	0.04	0.05	0.03328	0.05677	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 9. Memoria de cálculo alcantarillado sanitario

RAMO de Calle		Código de Calle	Código de Sector	Código de Proyecto	Código de Red	Código de Tramo	Número de Viviendas	Densidad de Población	Población Actual	Caudal Medio	Diámetro de la Red	Velocidad	Caudal de Diseño	Questión Lineal		Caudal de Diseño	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño									
De	A													Factor	Polvos								Caudal	Caudal	Caudal	Caudal					
																											de Calle	de Proyecto	de Red	de Tramo	
254	25	85.15	85.15	85.15	76	12	15	75	20	20	0.4	0.0077359	4.35	4.35	1.0	1.0	3.52	6.02	0.82	382.22	0.00253	0.00253	0.00253	0.2448	0.2635	1.0	1.0	0.02	0.04	0.0253	0.0253
255	26	85.15	85.15	85.15	126	12	15	75	70	70	0.4	0.0077359	4.35	4.35	1.0	1.0	7.51	7.51	1.16	156.25	0.00253	0.00253	0.00253	0.2796	0.2796	1.0	1.1	0.02	0.02	0.0253	0.0486
256	27	84.92	84.92	84.92	100	12	15	75	100	100	0.4	0.0077359	4.35	4.35	1.0	1.0	16.98	16.98	0.89	86.67	0.00253	0.00253	0.00253	0.2248	0.2248	1.0	1.1	0.02	0.02	0.0253	0.0271

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 10. Libreta topográfica de alcantarillado sanitario

ESTACION	PO	H. Inicial	DH	ACUMULADA		ANULADA		ANULADA		ANULADA		DECIMAL	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA	ANULADA
				GRANDES	PEQUEÑOS	GRANDES	PEQUEÑOS	GRANDES	PEQUEÑOS																								
										GRANDES	PEQUEÑOS																						
ED	1	1.400	2.300	2.300	273	21	10	273.327778	87	15	85	87.261278	4.1000	95.900	ZANON																		
ED	2	1.520	6.000	6.000	283	33	20	283.555556	133	14	20	123.288889	5.2428	94.797	ZANON																		
ED	3	21.900	21.900	21.900	285	24	40	285.411111	105	7	55	105.131944	5.8340	94.186	ZANON																		
ED	4	23.850	23.850	23.850	285	59	40	285.966667	99	48	40	99.807778	6.5258	94.234	ZANON																		
ED	E1	35.300	35.300	35.300	285	12	20	289.266667	98	19	5	98.138958	5.7459	94.254	PUNTO																		
E1	1	9.200	48.500	291	14	10	291.236111	103	36	40	103.611111	2.2276	92.026	ZANON																			
E1	2	26.000	69.300	278	44	55	278.696667	93	51	25	93.697222	4.1038	94.259	ZANON																			
E1	E2	1.470	74.900	287	8	10	287.136111	94	52	5	94.885556	2.9488	94.307	PUNTO																			
E2	1	13.200	87.200	292	14	25	292.240278	96	2	24	96.000000	1.3957	89.911	ZANON																			
E2	E3	1.480	92.000	294	5	45	294.055556	87	36	25	87.674944	0.7793	90.627	POCO DE VISTA																			
E3	1	13.650	105.720	117	39	20	117.655556	91	43	5	91.718958	0.3300	92.417	CAJA UNIFICADORA DE CAUDALES																			
E3	2	8.000	109.000	293	38	40	109.377778	97	25	55	97.413194	1.1740	90.893	CENTRO TURBO																			
E3	3	2.000	94.200	334	9	25	94.155556	96	47	20	96.769944	0.3281	91.829	CHILLA RIO																			
E3	4	4.470	96.540	334	9	25	94.155556	115	22	50	115.389556	2.1207	89.946	CHILLA RIO																			
E3	5	8.100	109.170	344	9	25	94.155556	129	25	20	109.222222	1.1930	90.134	CHILLA RIO																			
E3	6	7.200	89.230	327	15	25	89.257222	99	14	25	99.246667	1.1724	90.894	ZANON																			
E3	E4	1.470	16.650	208.720	334	9	25	94.155556	89	12	30	92.283333	0.6423	91.425	PUNTO																		
E3	E5	1.300	32.200	149.000	299	41	10	298.696111	93	11	56	93.696667	1.7996	89.625	OBSERVACIONES																		
E3	1	2.100	148.000	218	34	35	218.136889	102	25	15	102.420833	0.4625	89.162	ZANON																			
E3	2	12.500	155.430	277	55	25	277.896444	97	52	30	97.875000	1.7270	87.895	ZANON																			
E3	E6	1.500	96.200	172.100	322	56	20	172.947222	93	23	40	93.881111	2.4413	89.463	PUNTO																		
E3	1	2.550	97.870	231	1	40	231.027778	102	6	35	102.152778	0.5474	86.936	ZANON																			
E3	2	16.000	399.230	328	52	20	328.872222	95	26	8	95.485556	1.5225	85.961	ZANON																			
E3	E7	1.540	40.700	222.820	334	2	45	223.009889	93	54	42	93.969333	1.2925	86.124	PUNTO																		
E7	1	4.600	222.420	154	8	45	154.145833	91	43	5	91.718958	0.2000	86.331	CERCO LINDERO																			
E7	2	5.000	224.020	221	44	20	221.717222	89	45	20	89.265556	1.4274	86.331	CHILLA RIO																			
E7	3	16.500	244.870	12	20	2	244.895556	91	20	25	91.261389	0.4138	85.697	CERCO																			
E7	4	23.000	240.830	4	59	53	240.885556	94	51	41	94.861389	1.9523	84.174	CERCO																			
E7	5	36.300	254.630	218	45	54	254.789556	92	58	20	92.917222	0.6243	85.526	CERCO																			
E7	E8	4.750	262.570	6	51	55	262.595556	90	5	3	90.084167	0.0643	85.066	PUNTO																			
E8	1	7.200	269.270	235	11	25	235.292778	114	42	10	114.202778	1.5423	82.524	XXXXXX																			
E8	2	2.150	263.120	227	14	20	227.346667	139	17	45	139.450000	1.2589	83.507	CHILLA RIO																			
E8	3	20.000	281.570	340	36	31	281.606667	100	15	20	100.255556	1.6186	82.448	ZANON																			
E8	E9	41.650	302.620	341	16	45	341.271667	91	43	5	91.718958	1.2313	84.835	PUNTO																			
E9	1	1.640	304.460	218	45	54	218.702000	91	43	5	91.718958	1.1500	81.395	CHILLA RIO																			
E9	E10	1.450	21.750	324.970	309	3	324.992778	99	19	9	99.139167	1.5692	81.266	PUNTO																			
E10	1	5.120	329.480	222	16	16	329.276667	126	91	36	126.226667	1.9325	77.239	PUNTO																			
E10	E11	1.590	34.880	336.350	353	0	353.000000	92	36	29	92.680000	1.5668	79.677	PUNTO																			
E11	1	15.990	375.240	263	6	19	375.292778	118	48	42	118.316667	0.7948	79.682	CHILLA RIO																			
E11	E12	1.600	366.940	326	18	18	366.955556	102	12	25	102.214167	0.7613	79.682	CHILLA RIO																			
E12	1	3.840	369.780	322	29	25	322.488889	102	52	25	102.879167	0.9776	79.682	CHILLA RIO																			
E12	2	10.450	396.390	322	27	17	322.463333	86	99	21	86.635833	1.4047	69.483	CHILLA RIO																			
E12	E13	1.400	422.740	434	19	1	434.046667	81	56	42	81.909583	2.4460	68.028	CHILLA RIO																			
E13	1	16.790	450.470	102	27	39	450.468333	86	37	7	86.616667	0.4049	68.835	CHILLA RIO																			
E13	2	17.880	451.590	78	23	51	451.592000	82	31	58	82.527778	2.3435	70.779	TERRENO EVA																			
E13	3	26.000	461.690	221	35	3	461.691667	81	44	51	81.679167	1.0611	72.891	TERRENO EVA																			
E13	4	42.230	475.810	11	35	38	475.819889	82	27	44	82.462222	0.5880	74.618	ESQ. TERRENO PLANTA																			
E13	E14	1.520	462.020	336	17	40	462.044444	91	59	33	91.992000	1.6323	66.797	PUNTO																			
E14	1	23.190	518.790	359	3	35	518.941667	94	13	16	94.211111	2.4496	64.368	ESQ. TERRENO PLANTA																			
E14	2	81.740	562.340	59	35	44	562.395556	74	33	39	74.589583	22.7373	89.377	ESQ. TERRENO PLANTA																			
E14	3	57.890	538.000	88	12	27	538.007500	72	24	1	72.489750	18.2003	85.095	ESQ. TERRENO PLANTA																			

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 11. Libreta topográfica tramo interior 1

LIBRETA TOPOGRAFICA TRAMO INTERIOR 1 CANTON AGUA TIBIA HACIA PLANTA DE TRATAMIENTO															
ESTACION	PO	H teodolito	DH	Distancia Acumulada	AZIMUT			DECIMAL	ANGULO VERTICAL			DECIMAL	Δ altura	ELEVACION	OBSERVACIONES
					GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS				
E15	NORTE	1.570											100		
15	1		1.890	1.890	58	23	5	58.384722	90	46	22	90.772778	-4.1000	95.900	POZO INICIO DE TRAMO
15	2		23.610	23.610	305	19	16	305.321111	94	0	43	94.011944	-1.6559	98.344	CANDELA
15	3		43.570	43.570	294	50	21	294.839167	93	28	34	93.476111	-2.6466	95.697	CANDELA
E15	E16	1.580	94.700	96.590	302	44	13	302.736944	93	40	22	93.672778	-6.0788	92.265	PUNTO
16	1		43.870	140.460	126	14	10	126.236111	86	24	23	86.406389	2.7552	95.020	POZO #2
16	2		11.300	107.890	101	18	37	101.310278	87	2	58	87.049444	0.5824	92.848	CANDELA
16	3		10.490	107.080	134	38	15	134.637500	85	34	3	85.567500	0.8131	95.834	CANDELA
16	4		5.380	101.970	100	7	43	100.128611	87	46	9	87.769167	0.2096	95.230	POZO #3
16	5		7.780	104.370	304	9	40	304.161111	91	54	11	91.903056	-0.2585	95.575	CANDELA
16	6		24.850	121.440	310	28	16	310.471111	91	32	48	91.546667	-0.6710	95.163	CANDELA
16	7		35.770	132.360	310	3	46	310.062778	91	20	55	91.348611	-0.8421	94.733	CANDELA
16	8		44.750	141.340	314	57	57	314.965833	91	24	10	91.402778	-1.0958	94.479	POZO #4
16	9		49.450	146.040	310	31	31	310.532222	91	0	22	91.006111	-0.8684	93.865	CANDELA
16	10		61.870	158.460	317	9	3	317.150833	91	4	40	91.077778	-1.1640	93.669	CANDELA
E16	E17	1.480	114.650	211.240	314	19	27	314.324167	91	13	32	91.225556	-2.4527	91.412	PUNTO
17	1		68.160	280.400	146	15	54	146.265000	88	39	46	88.662778	1.6144	95.479	CANDELA
17	2		2.700	213.940	172	34	20	172.572222	88	28	47	88.479722	0.0717	91.483	POZO #5
17	3		18.820	230.060	303	23	17	303.388056	92	32	26	92.540556	-0.8390	90.577	CANDELA
17	4		21.400	232.640	288	34	19	288.571944	93	4	15	93.070833	-1.1481	90.335	CANDELA
17	5		41.300	252.540	291	18	31	291.308611	93	35	9	93.585833	-2.5881	88.895	CANDELA
17	6		46.300	259.540	295	8	0	295.133333	93	26	32	93.442222	-2.9053	87.430	POZO #6
E17	E18	1.530	88.080	299.320	292	22	32	292.375556	93	55	29	93.924722	-6.0429	84.293	PUNTO
18	1		34.910	334.230	116	41	17	116.688056	85	10	2	85.167222	2.9516	90.382	CANDELA
18	2		20.580	319.900	123	42	48	123.713333	84	24	23	84.406389	2.0156	89.446	CANDELA
18	3		8.480	307.800	147	45	12	147.753333	84	10	1	84.166944	0.8663	91.248	CANDELA
18	4		3.580	302.900	93	46	51	93.780833	86	12	37	86.210278	0.2371	90.619	CANDELA
18	5		17.730	317.050	270	11	31	270.191944	96	49	50	96.830556	-2.1238	87.322	CANDELA
18	6		22.980	322.300	287	57	35	287.959722	97	31	35	97.526389	-3.0361	88.212	CANDELA
18	7		29.430	328.750	276	28	18	276.471667	97	14	57	97.249167	-3.7435	86.875	CANDELA
18	8		38.960	338.280	279	13	10	279.219444	96	49	0	96.816667	-4.6572	82.665	CANDELA
18	9		41.230	340.550	283	29	46	283.496111	97	19	51	97.330833	-5.3042	82.908	POZO #7
18	10		54.630	353.950	251	4	36	251.076667	96	49	8	96.818889	-6.5325	80.343	CANDELA
18	11		85.880	385.200	286	35	45	286.595833	95	56	26	95.940556	-8.9363	73.728	CANDELA
18	12		91.060	390.380	283	9	19	283.155278	95	38	16	95.637778	-8.9891	73.919	CANDELA
E18	E19	1.600	101.070	400.390	285	51	38	285.860556	95	29	18	95.488333	-9.7112	70.632	PUNTO
19	1		4.800	405.190	115	53	57	115.899167	86	16	31	86.275278	0.3125	74.041	POZO #8
19	2		7.500	407.890	196	44	22	196.739444	86	59	6	86.985000	0.3950	74.314	POZO #9
19	3		7.190	407.580	299	6	14	299.103889	92	30	0	92.500000	-0.3139	70.318	CANDELA
E19	E20	1.580	8.880	409.270	218	13	46	218.229444	86	33	47	86.563056	0.5333	74.574	PUNTO
20	1		11.310	420.580	264	36	10	264.602778	82	13	33	82.225833	1.5441	75.858	CANDELA
20	2		11.950	421.220	180	30	44	180.512222	86	5	59	86.099722	0.8147	71.132	CANDELA
20	3		23.410	432.680	176	25	22	176.422778	87	20	19	87.338611	1.0882	75.662	CANDELA
20	4		40.530	449.800	176	37	42	176.628333	87	48	25	87.806944	1.5521	77.410	CANDELA
20	5		47.830	457.100	172	35	55	172.598611	88	3	32	88.058889	1.6210	72.754	POZO #10
E20	E21	1.570	62.190	471.460	162	3	14	162.053889	89	5	33	89.092500	0.9851	76.648	PUNTO
21	1		3.700	475.160	32	34	38	32.577222	81	45	28	81.757778	0.5360	77.946	CANDELA
21	2		4.990	476.450	180	30	44	180.512222	86	5	59	86.099722	0.3402	73.094	CANDELA
21	3		21.700	493.160	168	20	44	168.345556	92	44	37	92.743611	-1.0399	75.608	CANDELA
21	4		35.150	506.610	168	0	21	168.005833	93	6	46	93.112778	-1.9115	76.034	CANDELA
21	5		42.760	514.220	168	2	41	168.044722	92	46	51	92.780833	-2.0770	71.017	CANDELA
21	6		33.490	504.950	170	53	26	170.890556	93	33	19	93.555278	-2.0808	73.527	CANDELA
E21	E22	1.580	70.760	542.220	177	37	24	177.623333	93	58	50	93.980556	-4.9239	71.110	PUNTO
22	1		3.450	545.670	36	46	59	36.783056	83	44	9	83.735833	0.3787	71.395	POZO #11
22	2		18.660	560.880	157	56	26	157.940556	96	11	27	96.190833	-2.0241	71.503	CANDELA
22	3		52.110	594.330	172	28	37	172.476944	96	13	47	96.229722	-5.6883	65.422	POZO #12
22	E0		63.270	605.490	176	46	42	176.778333	95	26	43	95.445278	-6.0312	65.364	TRAMO CENTRAL
22	4		85.820	628.040	174	9	35	174.159722	93	41	56	93.698889	-5.5481	65.955	PUNTO
E22	E23		142.790	685.010	176	39	17	176.654722	89	30	14	89.503889	1.2364	66.658	PUNTO

LIBRETA TOPOGRAFICA TRAMO DE 6a CALLE A HACIA 3ra AVENIDA, CANTON AGUA TIBIA HACIA PLANTA DE TRATAMIENTO															
ESTACION	PO	H teodolito	DH	Distancia Acumulada	AZIMUT			DECIMAL	ANGULO VERTICAL			DECIMAL	Δ altura	ELEVACION	OBSERVACIONES
					GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS				
E24	NORTE												96.365		
E24	E16	1.58	7.370	7.370	316	2	42	316.045000	92	25	50	92.430556	-4.1000	92.265	E16 INTERIOR 1
E24	E25	1.540	51.670	59.040	200	57	36	200.960000	94	51	47	94.863056	-4.3961	91.969	PUNTO
E25	1		37.320	96.360	211	33	8	211.552222	96	39	34	96.659444	-4.3573	87.612	ZANJON
E25	E26		110.800	207.160	215	22	12	215.370000	88	37	43	88.628611	2.6525	94.621	PUNTO
E26	E27		53.390	260.550	204	0	36	204.010000	94	41	12	94.686667	-4.3769	90.244	Salida Calle

Continuación apéndice 11.

LIBRETA TOPOGRAFICA TRAMO 4a AVENIDA, CANTON AGUA TIBIA HACIA PLANTA DE TRATAMIENTO														
ESTACION	PO	DH	Distancia Acumulada	AZIMUT			DECIMAL	ANGULO VERTICAL			DECIMAL	Δ altura	ELEVACION	OBSERVACIONES
				GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS				
E28	NORTE											100		
E28	1	37.250	37.250	171	23	5	171.384722	88	31	15	88.520833	-4.1000	95.900	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES
E28	2	6.100	43.350	320	30	30	320.508333	91	1	0	91.016667	-0.1083	99.892	POZO DE VISITA #1
E28	3	44.250	87.700	355	35	5	355.594722	91	58	33	91.975833	-1.5300	98.470	POZO DE VISITA #2
E28	E29	109.560	109.560	358	15	20	358.255556	91	6	0	91.100000	-2.1037	97.896	PUNTO
E29	1	68.780	178.340	352	44	10	352.736111	85	25	37	85.426944	5.5014	103.398	TUBO 6" CAJA
E29	2	10.000	119.560	352	31	50	352.530556	87	48	30	87.808333	0.3827	98.279	TUBO 6" CAJA
E29	3	1.920	111.480	230	59	38	230.993889	90	17	44	90.295556	-0.0099	97.886	POZO DE VISITA #3
E29	4	59.700	169.260	316	50	0	316.833333	90	52	37	90.878944	-0.9138	96.983	POZO DE VISITA #4
E29	E30	134.560	244.520	317	58	30	317.795000	91	2	2	91.033889	-2.4356	95.461	PUNTO
E30	1	3.700	248.220	219	13	25	219.223611	88	24	0	88.400000	0.1034	95.564	POZO DE VISITA #5
E30	2	36.900	281.420	323	1	20	323.022222	92	35	35	92.593056	-1.6711	93.790	POZO DE VISITA #6
E30	E31	46.970	291.490	326	12	0	326.200000	92	38	15	92.637500	-2.1637	93.297	PUNTO
E31	1	66.000	357.490	8	10	0	8.166667	92	10	42	92.178333	-2.5105	90.787	POZO DE VISITA #7
E31	1	122.600	414.380	11	25	50	11.430556	92	53	48	92.896667	-6.2182	87.079	PUNTO
E32	1	3.250	417.630	61	11	30	61.191667	91	49	55	91.831944	-0.1039	86.975	POZO DE VISITA #8
E32	2	68.620	483.000	25	9	55	25.165278	94	8	5	94.134722	-4.9605	82.118	POZO DE VISITA #9
E32	E33	129.400	543.780	26	48	41	26.811389	94	1	0	94.016667	-9.0864	77.993	PUNTO
E33	1	26.500	570.280	205	35	20	205.588889	88	30	0	88.500000	0.6939	78.686	POZO DE VISITA #10
E33	E34	6.400	552.380	26	37	10	26.619444	89	37	28	89.634444	0.0564	78.049	PUNTO
E34	1	2.450	554.830	102	36	10	102.602778	94	55	0	94.916667	-0.2108	77.838	POZO DE VISITA #11
E34	2	53.550	605.930	120	15	25	120.256944	83	23	30	83.391667	6.2038	84.253	POZO DE VISITA #12
E34	3	164.200	716.580	121	17	43	121.295278	81	43	5	81.718056	23.9013	101.950	POZO DE VISITA #13
E34	4	43.000	595.380	4	37	0	4.616667	90	38	35	90.643056	-0.4826	77.566	POZO DE VISITA #14
E34	E35	82.650	635.030	1	38	0	1.600000	91	32	15	91.537500	-2.2184	75.830	PUNTO
E35	1	3.400	638.430	281	8	43	281.161944	89	13	30	89.225000	0.0460	75.876	POZO DE VISITA #15
E35	2	36.700	671.730	349	42	0	349.700000	92	14	0	92.233333	-1.4313	74.399	POZO DE VISITA #16
E35	3	68.500	703.530	352	21	5	352.351389	93	26	26	93.440556	-4.1183	71.712	POZO DE VISITA #17
E35	E36	86.710	721.740	351	49	30	351.825000	94	1	10	94.019444	-6.0929	69.738	PUNTO
E36	1	17.000	738.740	321	33	45	321.962900	95	2	0	95.033333	-1.4973	68.240	POZO DE VISITA #18
E36	2	72.150	798.890	317	33	50	317.563889	93	49	40	93.827778	-5.1619	64.576	POZO DE VISITA #19
E36	E37	96.080	817.820	318	35	20	318.588889	93	45	45	93.762500	-6.3185	63.419	PUNTO
E36	E38	25.600	843.510	155	45	45	155.762500	83	53	10	83.886111	2.7518	66.171	PUNTO
E38	1	6.350	849.860	323	4	40	323.077778	95	30	25	95.506944	-0.6122	65.559	POZO DE VISITA #20
E38	2	7.200	850.710	25	15	20	25.255556	92	47	57	92.799167	-0.3520	65.819	POZO DE VISITA #21
E38	3	26.700	870.210	30	33	0	30.550000	88	15	5	88.251389	0.8151	66.986	POZO DE VISITA #22
E38	4	53.850	897.360	30	0	15	30.004167	89	29	30	89.491667	0.4778	66.649	POZO DE VISITA #23
E38	E27	62.570	906.080	32	33	20	32.555556	89	38	46	89.646111	0.3865	66.557	TRAMO INTERIOR 1

LIBRETA TOPOGRAFICA TRAMO INICIO CA9 CRUCE EL ENCINON Y DESFOGUES HACIA PLANTA DE TRATAMIENTO														
ESTACION	PO	DH	Distancia Acumulada	AZIMUT			DECIMAL	ANGULO VERTICAL			DECIMAL	Δ altura	ELEVACION	OBSERVACIONES
				GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS		GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS				
E37													63.419	
E37	E23	93.680	93.680	328	17	15	328.287500	91	9	55	91.165278	-1.9055	61.514	TRAMO INTERIOR 1
E37	1	25.100	118.780	301	47	10	301.786111	92	19	0	92.316667	-1.0154	60.498	POZO DE VISITA #24
E37	E39	165.970	165.970	295	31	55	295.531944	90	51	0	90.850000	-2.4624	59.051	PUNTO
E39	1	52.300	218.270	113	38	46	113.646111	90	22	22	90.372778	-0.3403	58.711	PUNTO DE DESFOGUE
E39	E40	68.600	224.570	297	12	35	297.209722	89	57	58	89.966111	0.0347	59.086	PUNTO
E40	1	2.870	227.440	89	18	13	89.303611	88	45	40	88.761111	0.0621	59.148	POZO DE VISITA #25
E40	2	13.100	237.670	316	5	25	316.090278	92	28	0	92.466667	-0.5643	58.522	POZO DE VISITA #26
E40	E41	14.100	238.670	313	33	35	313.559722	92	9	40	92.161111	-0.5321	58.554	PUNTO
E41	1	30.510	269.180	47	20	55	47.348611	96	35	30	96.591667	-3.5256	55.028	POZO DE VISITA #27
E41	E42	93.680	332.350	328	17	15	328.287500	92	0	40	92.011111	-3.2896	55.264	POZO DE VISITA #28

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 12. **Presupuesto alcantarillado sanitario caserío
El Encinón**

GUATEMALA AGOSTO 2021						
NOMBRE DEL PROYECTO:						
DRENAJE SANITARIO CASERIO EL ENCINON						
UBICACIÓN:						
CABECERA DE PALENCIA						
MUNICIPIO DE PALENCIA						
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA						
CUADRO RENGLONES FINALES						
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P,U (Q)	Precio Tot (Q)	PORCENTAJE DE INCIDENCIA
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	Levantamiento Topografico	unidad	1.00	Q6,468.57	Q6,468.57	1.01%
2	ZANJE E INSTALACIÓN DE TUBERIA					
2.01	Zanjeo de trazo de tubería y pozos de visita	ml	351.00	Q150.00	Q52,650.00	8.24%
2.02	Instalación de tubería de PVC 12"	unidad	62.00	Q2,364.76	Q146,615.12	22.95%
2.03	Intalación de acometidas para candelas domiciliare	m3	450.00	Q365.00	Q164,250.00	25.71%
3	POZOS DE VISITA					
3.01	Elaboración de pozo de visita	unidad	45.00	Q368.88	Q16,599.60	2.60%
4	NIVELACION DE PAVIMENTO					
4.01	Trabajos de nivelacion para pavimentacion nueva	m3	1.00	Q241,170.55	Q241,170.55	37.75%
5	OBRAS Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS					
5.01	Medidas de mitigación (siembra de árboles)	ml	1370.00	Q8.07	Q11,055.90	1.73%
TOTAL EJECUCION					Q638,809.74	100.00%

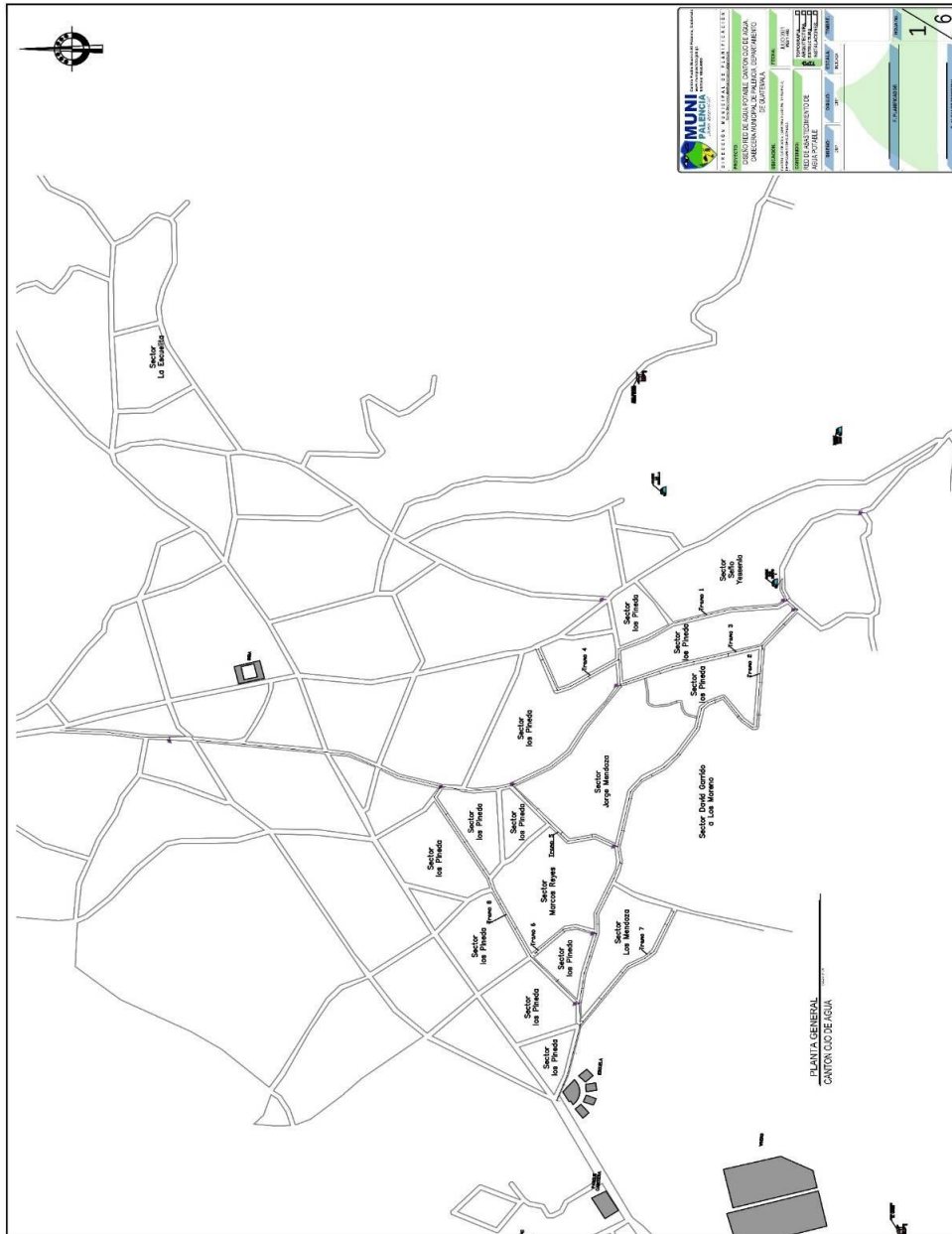
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 13. Cronograma alcantarillado sanitario caserío El Encinón

DRENAJE SANITARIO CASERIO EL ENCINON						
Proyecto:	Palencia					
Municipio:	Guatemala					
Departamento:						
No.	ACTIVIDADES PRINCIPALES	MESES			Costo Renglon	%
		1	2	3		
1	TRABAJOS PRELIMINARES				Q 6,468.57	1.01
2	ZANIEO E INSTALACION DE TUBERIA				Q 363,515.12	56.91
3	POZOS DE VISITA				Q 16,599.60	2.60
4	NIVELACION DE PAVIMENTO				Q 241,170.55	37.75
5	OBRAS Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS				Q 11,055.90	1.73
TOTAL DEL PROYECTO.					Q 638,809.74	100.00
Inversión mensual (Q)		386,583.29	120,585.28	131,641.18		
Inversión acumulada (Q)		386,583.29	507,168.57	638,809.74		
Inversión mensual %		60.52	18.88	20.61		
Inversión mensual acumulada %		60.52	79.39	100.00		

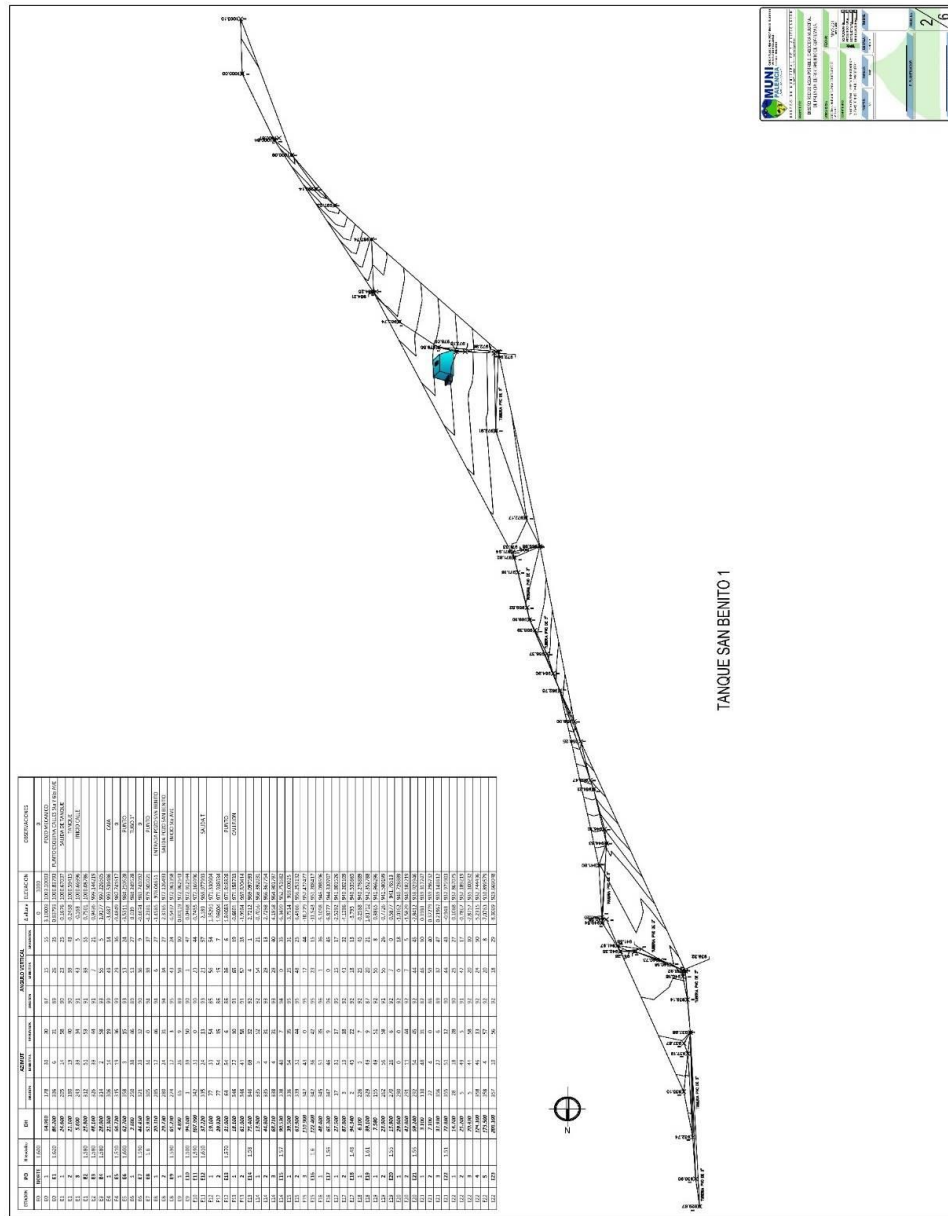
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Apéndice 14. **Plano de geoposicionamiento red de abastecimiento de agua potable**



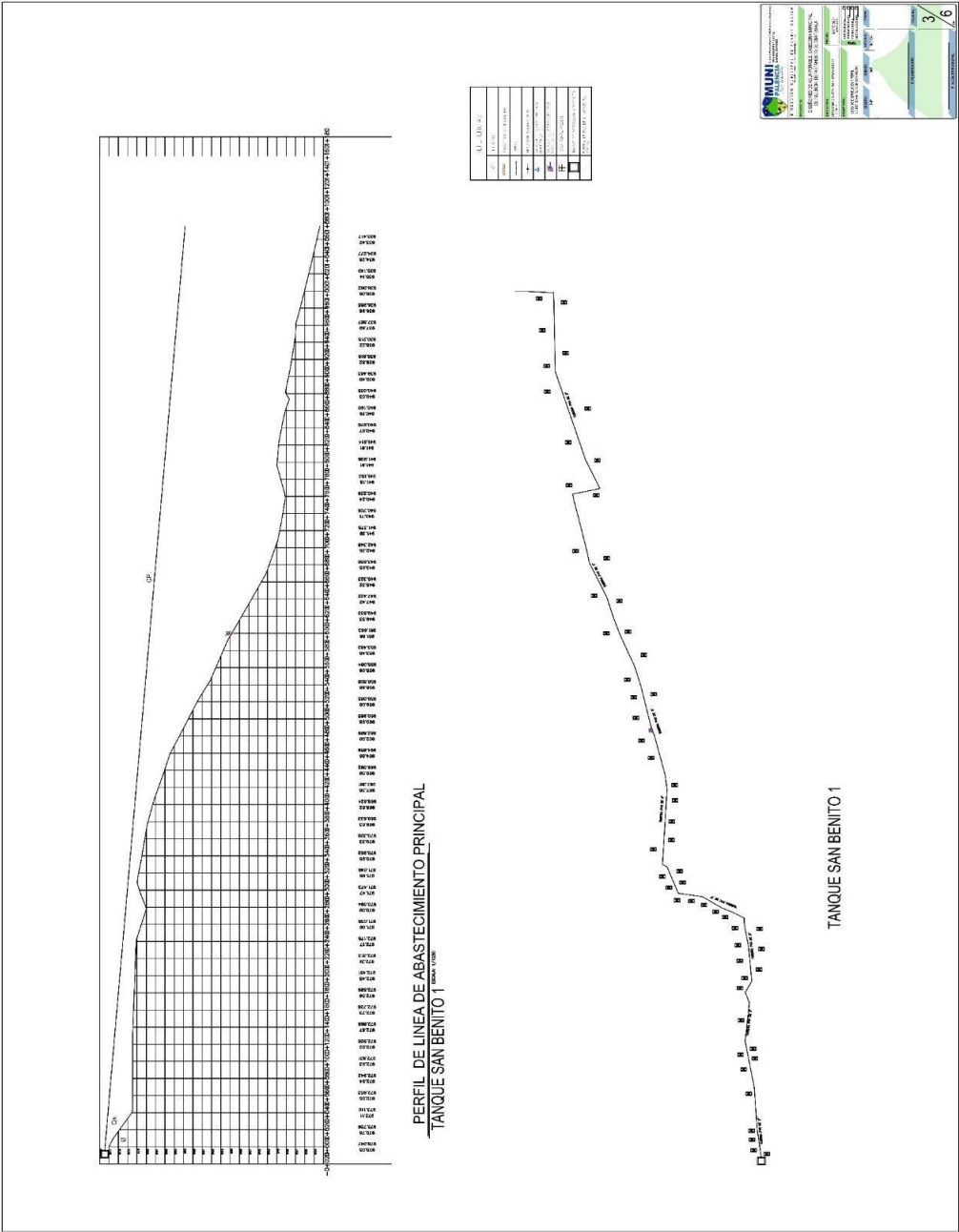
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 15. Planta general, libreta topográfica



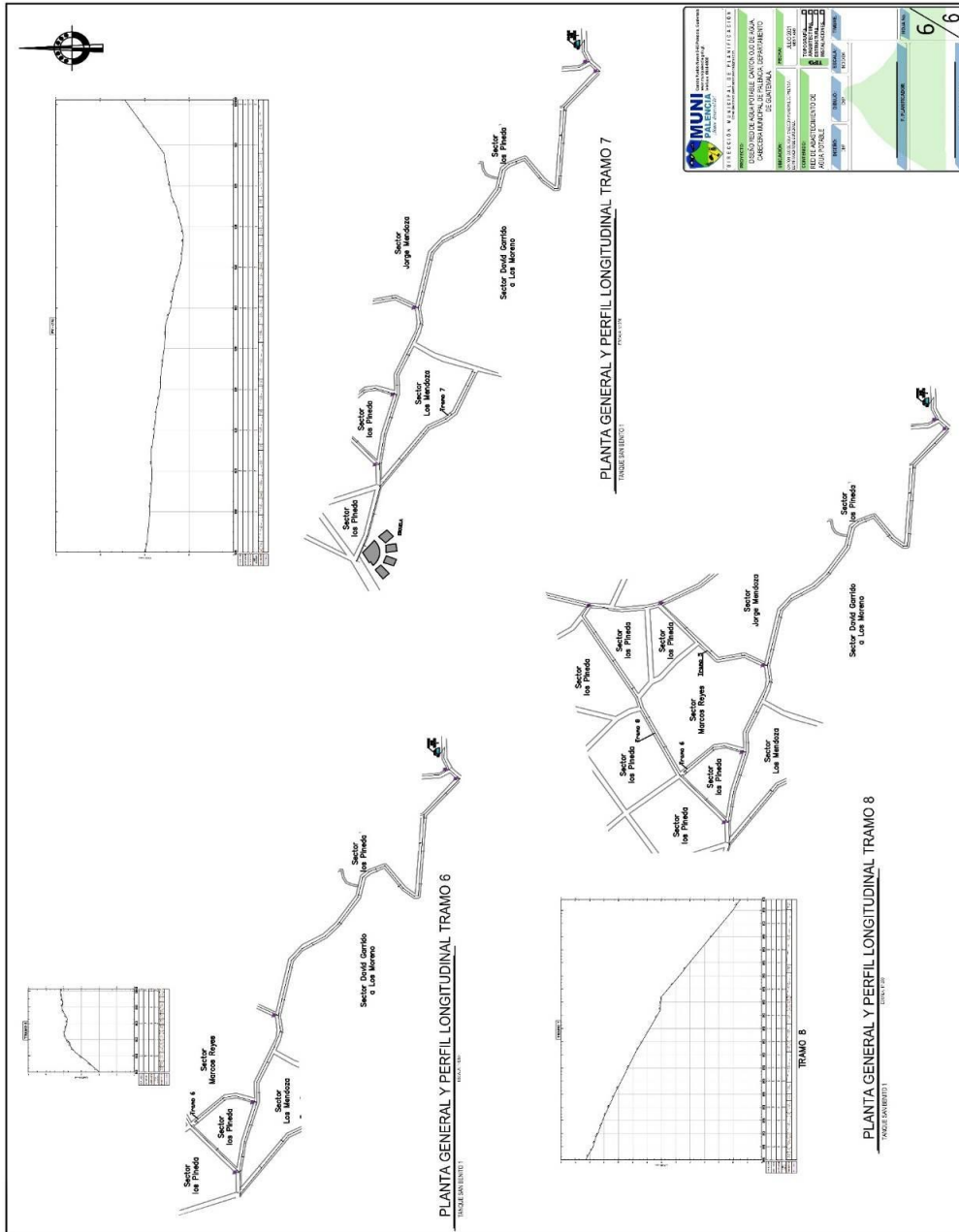
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 16. Línea de distribución y perfil longitudinal San Benito 1



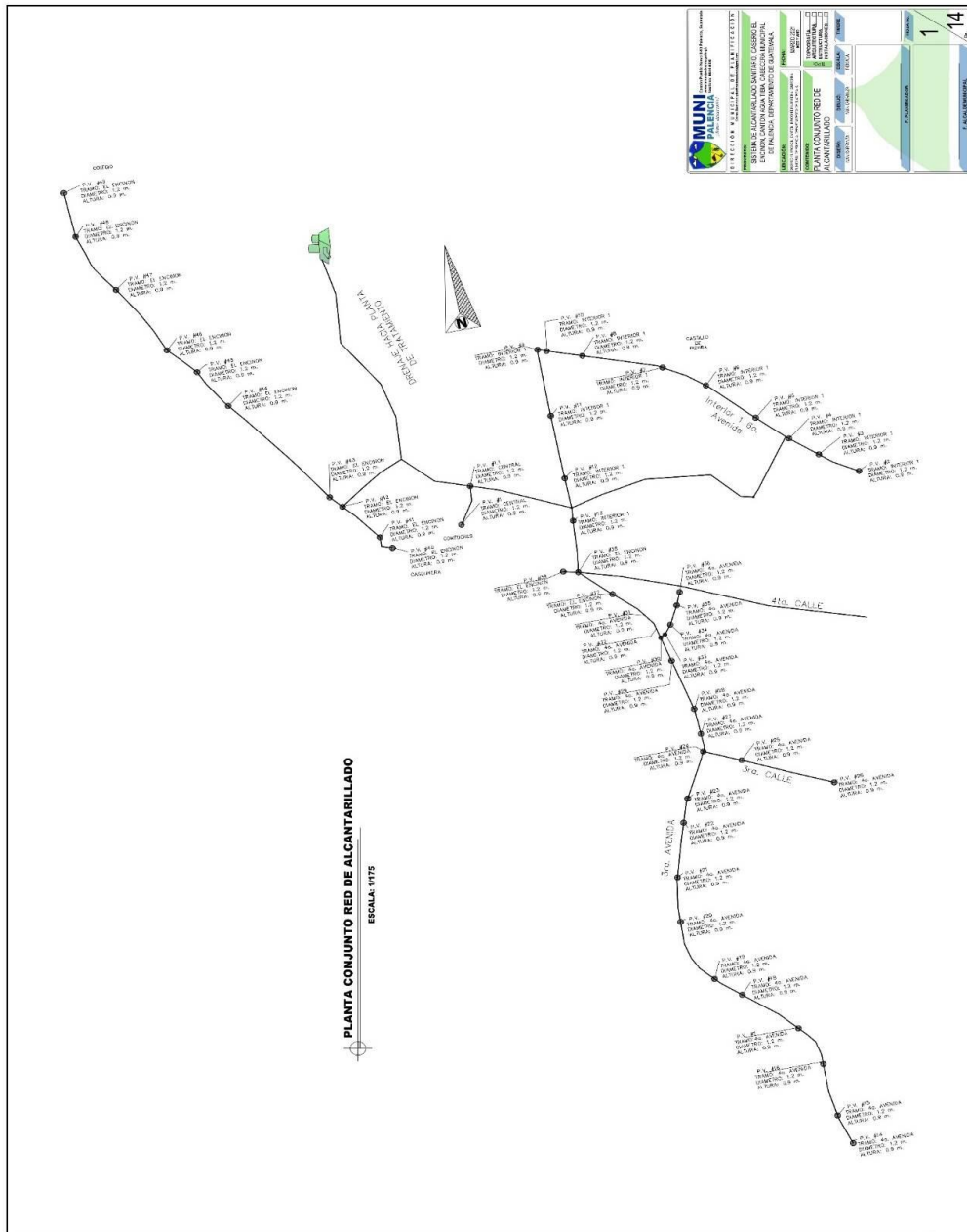
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 18. Planta general y perfil longitudinal de tramo 4 y tramo 5



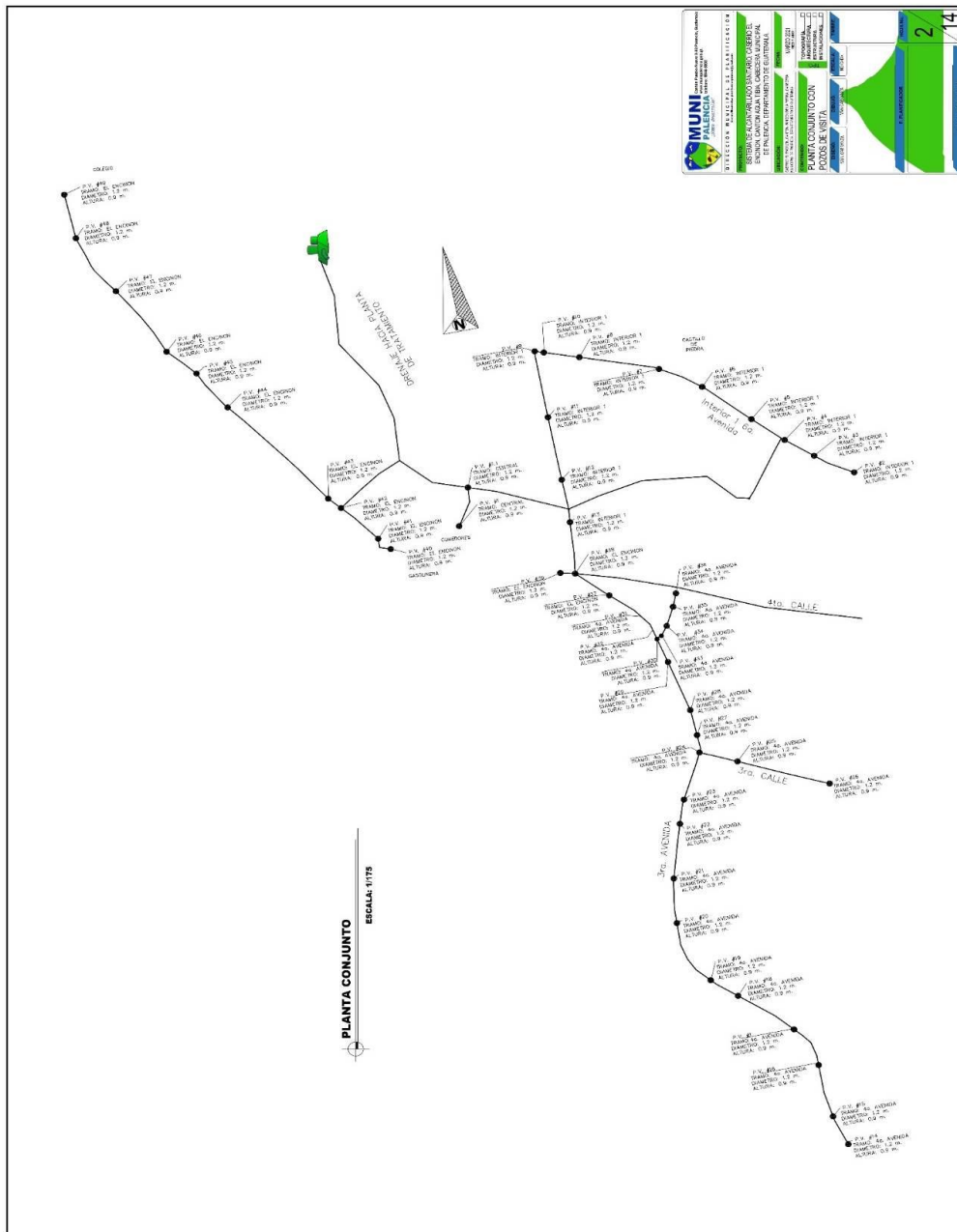
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 19. Planta general alcantarillado sanitario



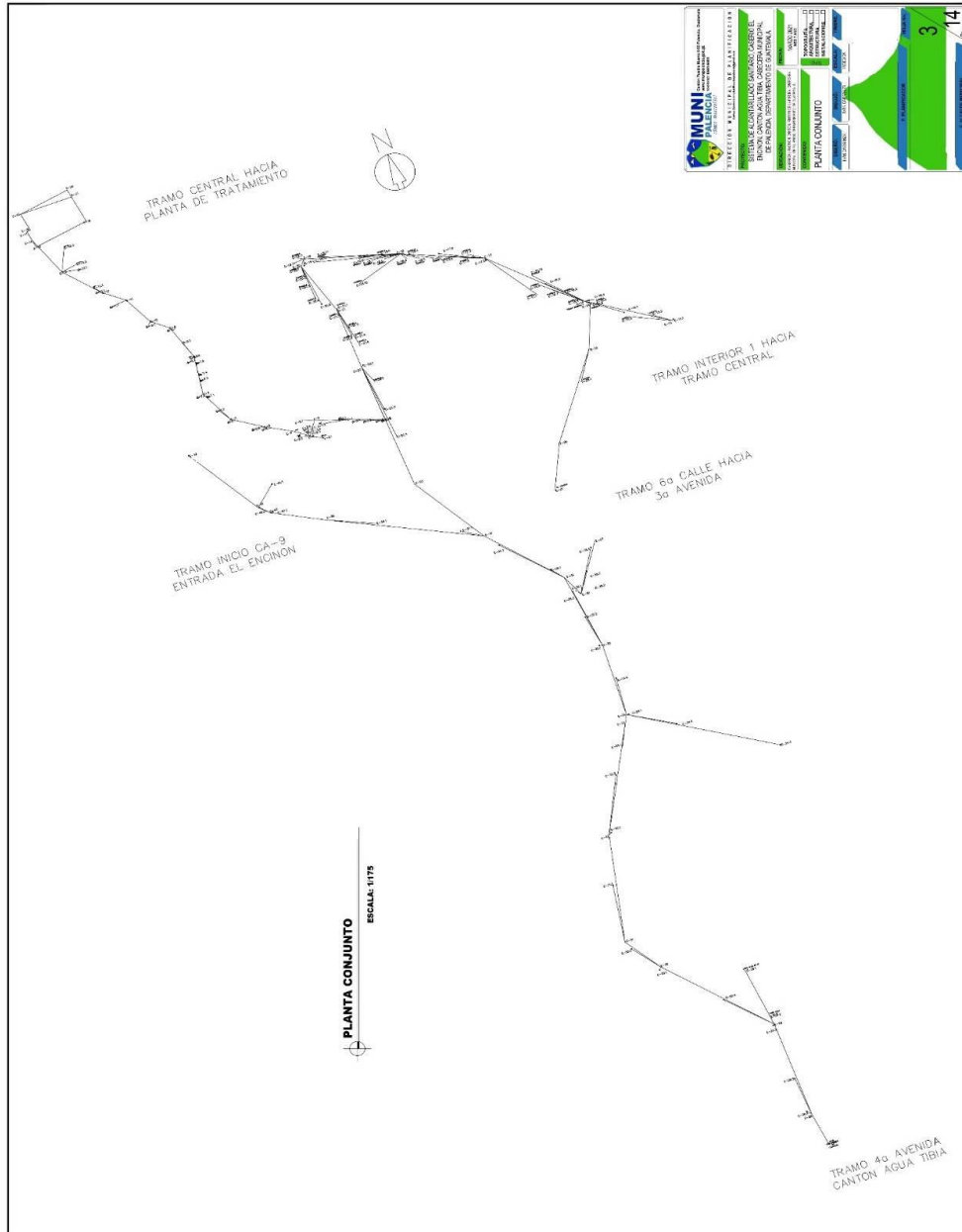
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 20. Planta general pozos de visita



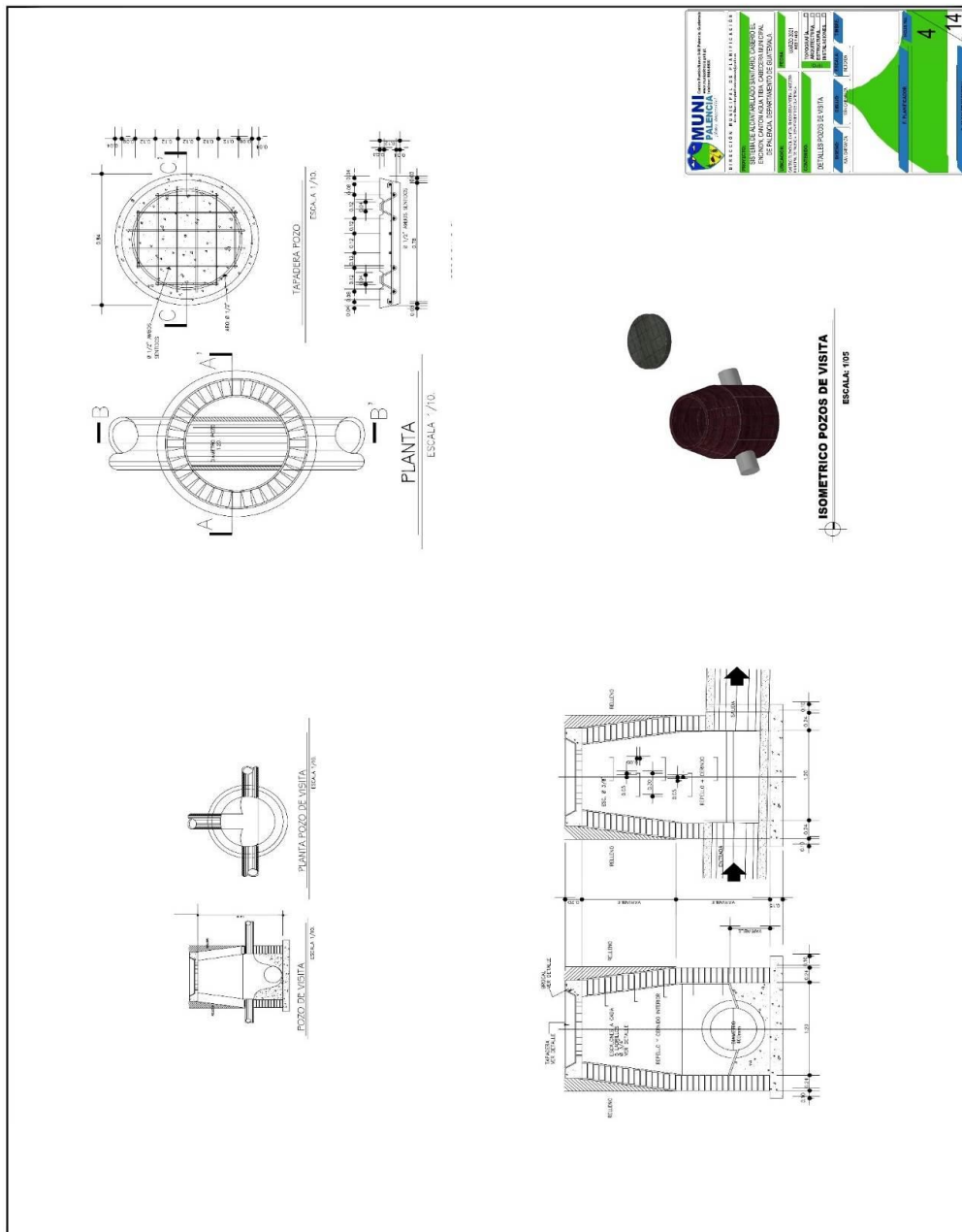
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 21. Planta conjunto



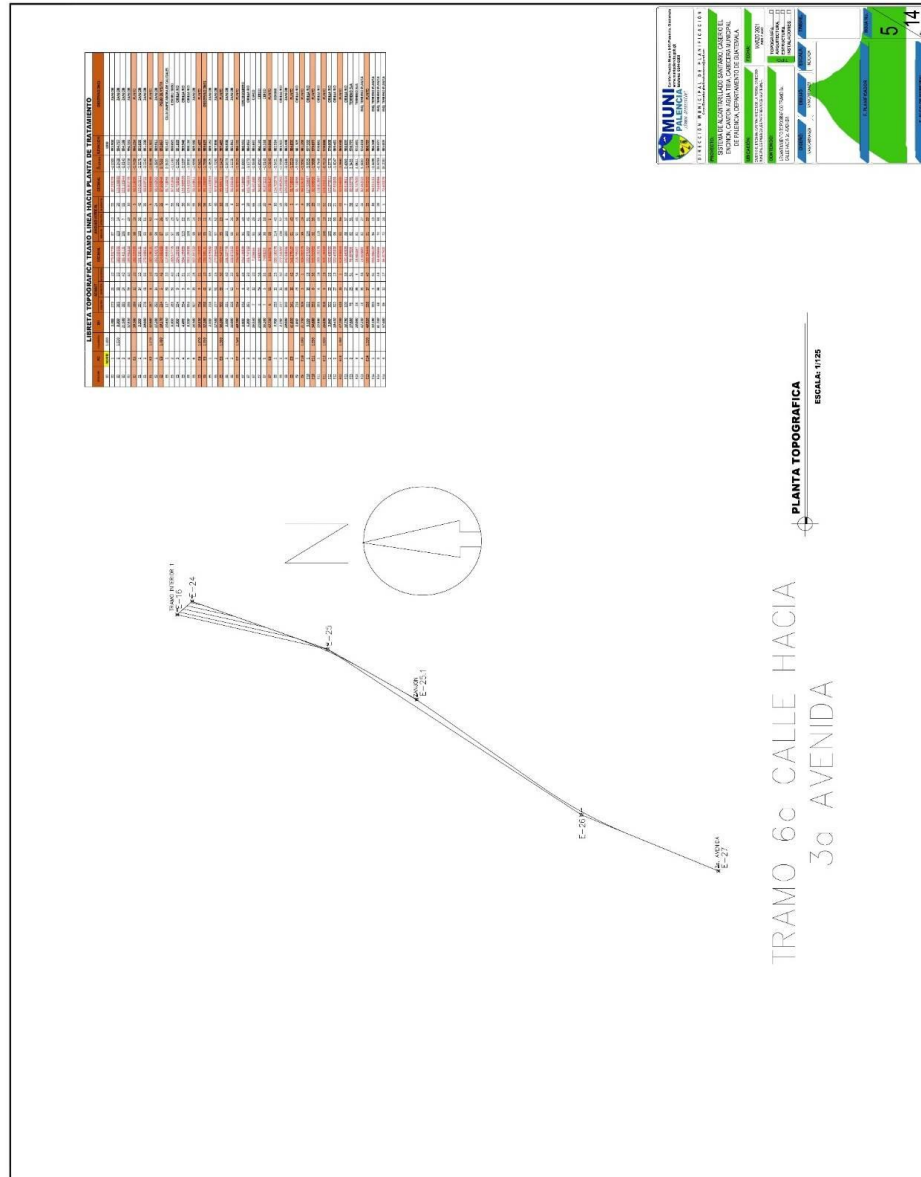
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 22. Detalles pozos de visita



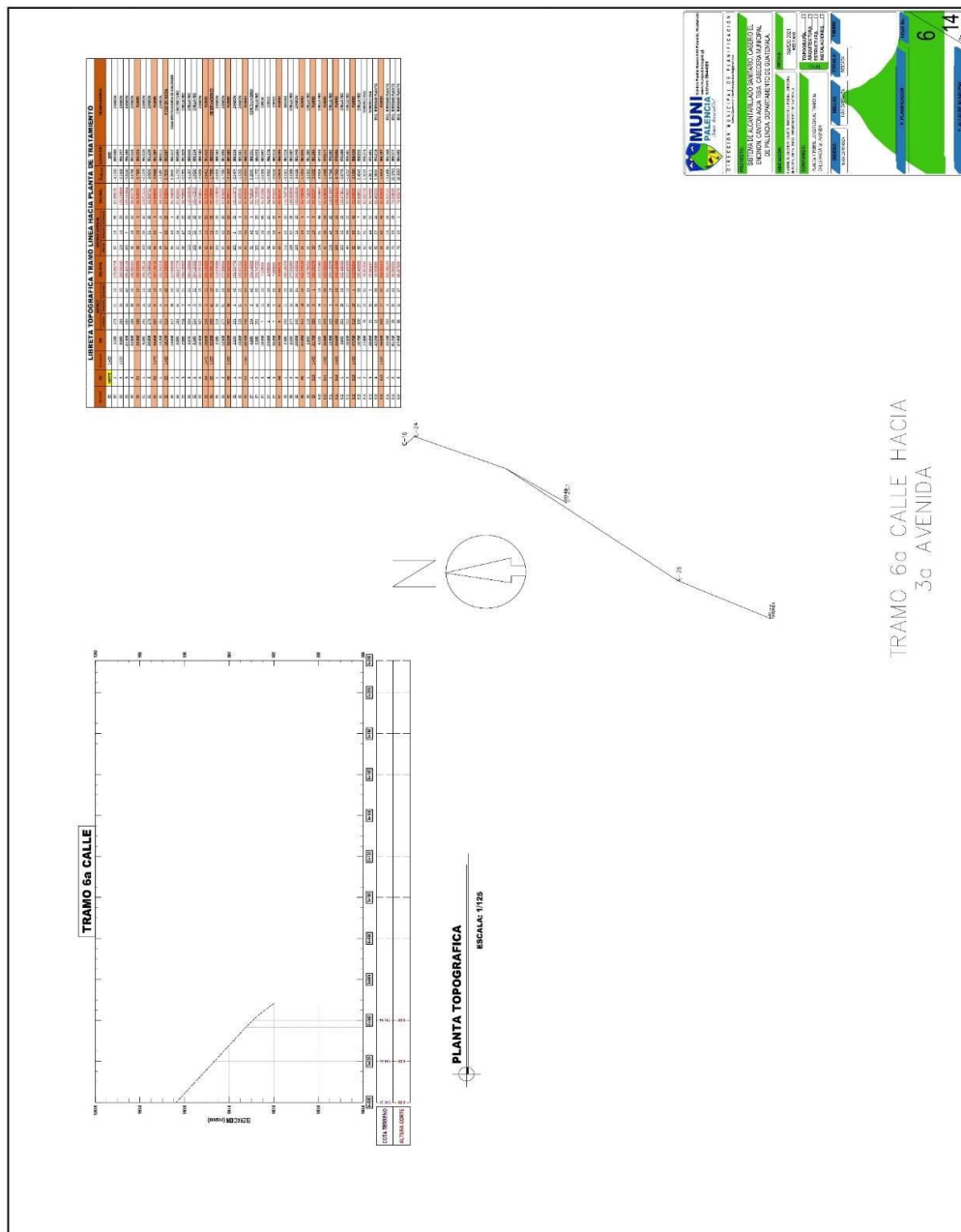
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 23. Levantamiento topográfico tramo sexta calle hacia tercera avenida



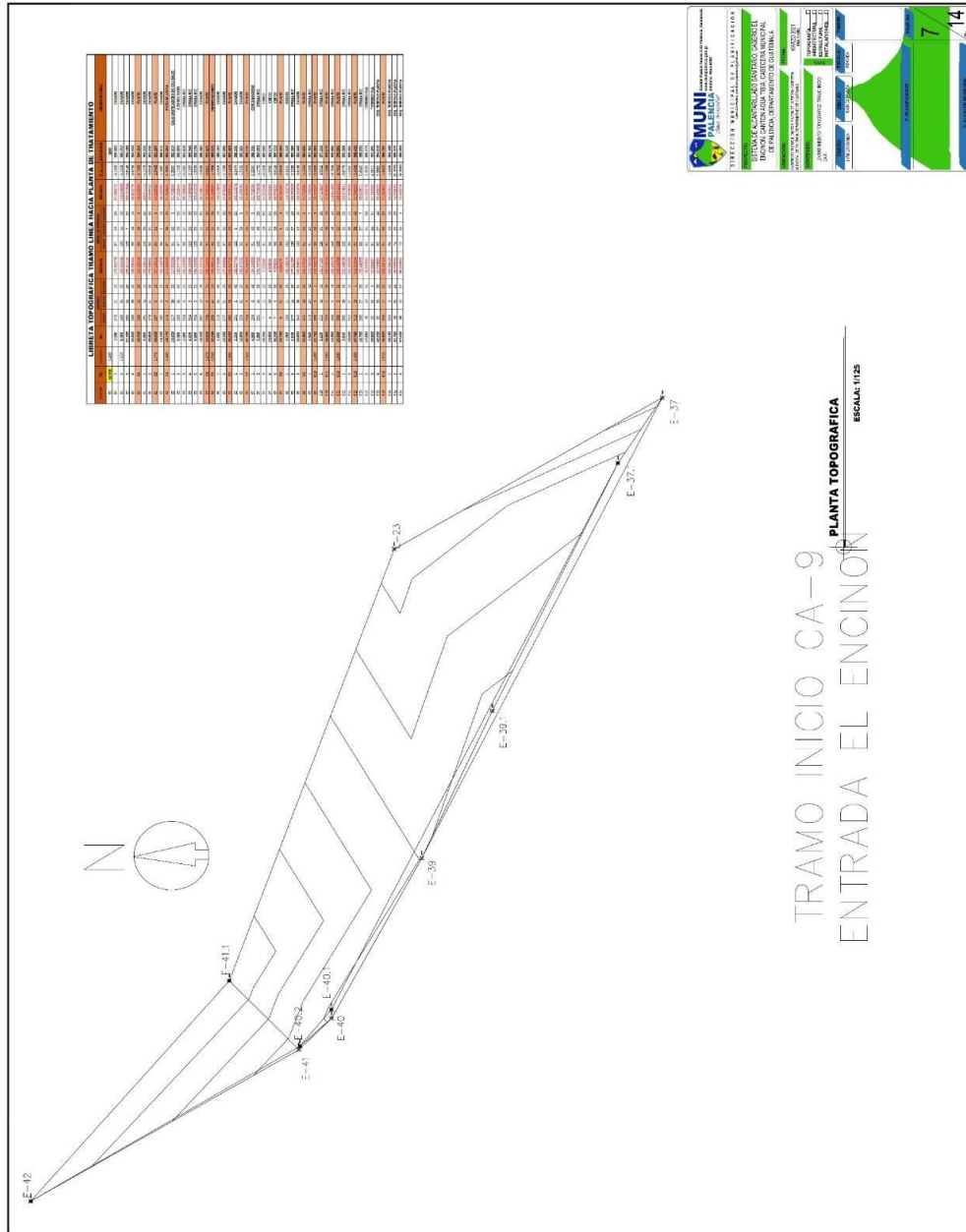
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 24. **Planta general y perfil longitudinal tramo sexta calle hacia tercera avenida**



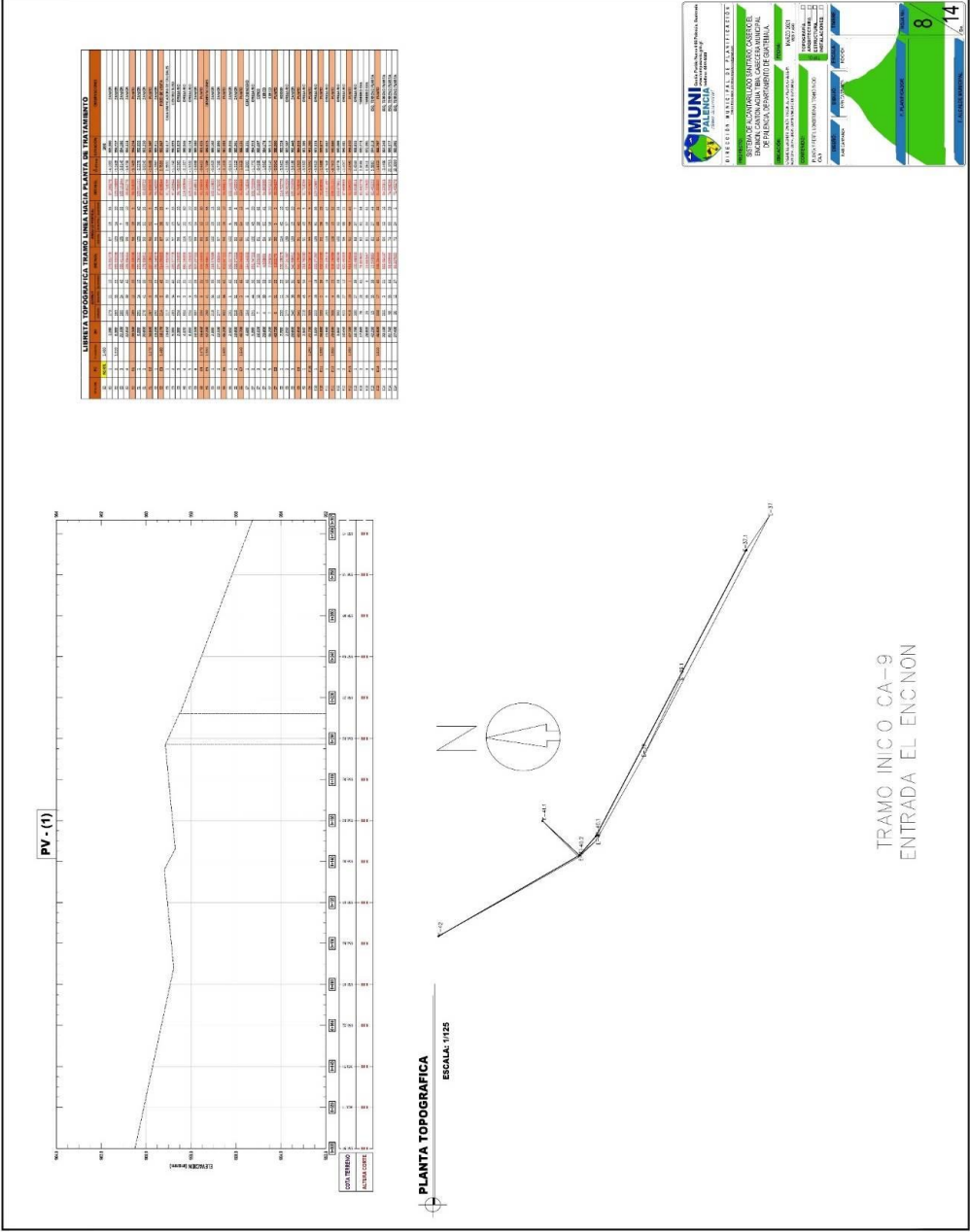
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 25. Levantamiento topográfico tramo inicio CA-9



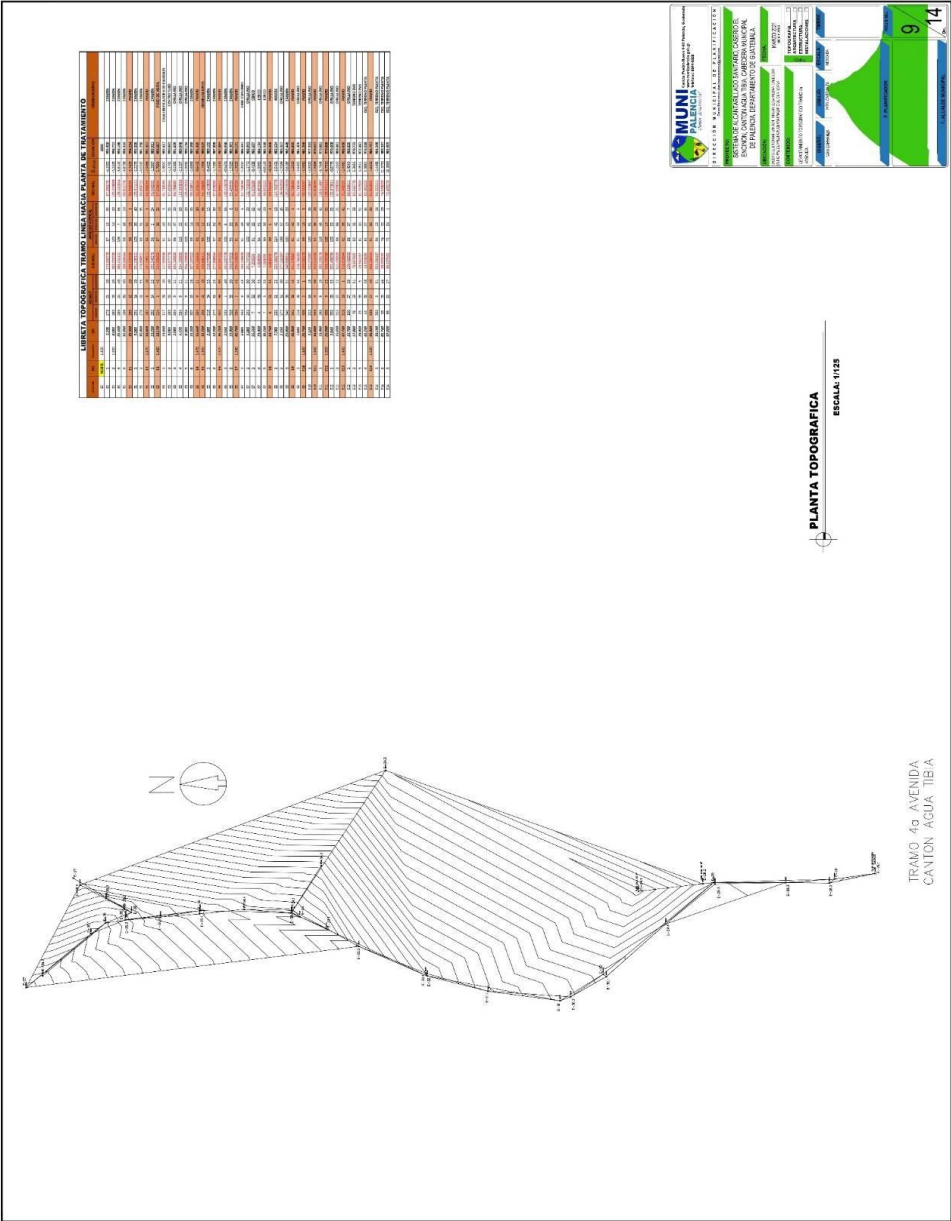
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 26. **Planta general y perfil longitudinal tramo inicio CA 9**



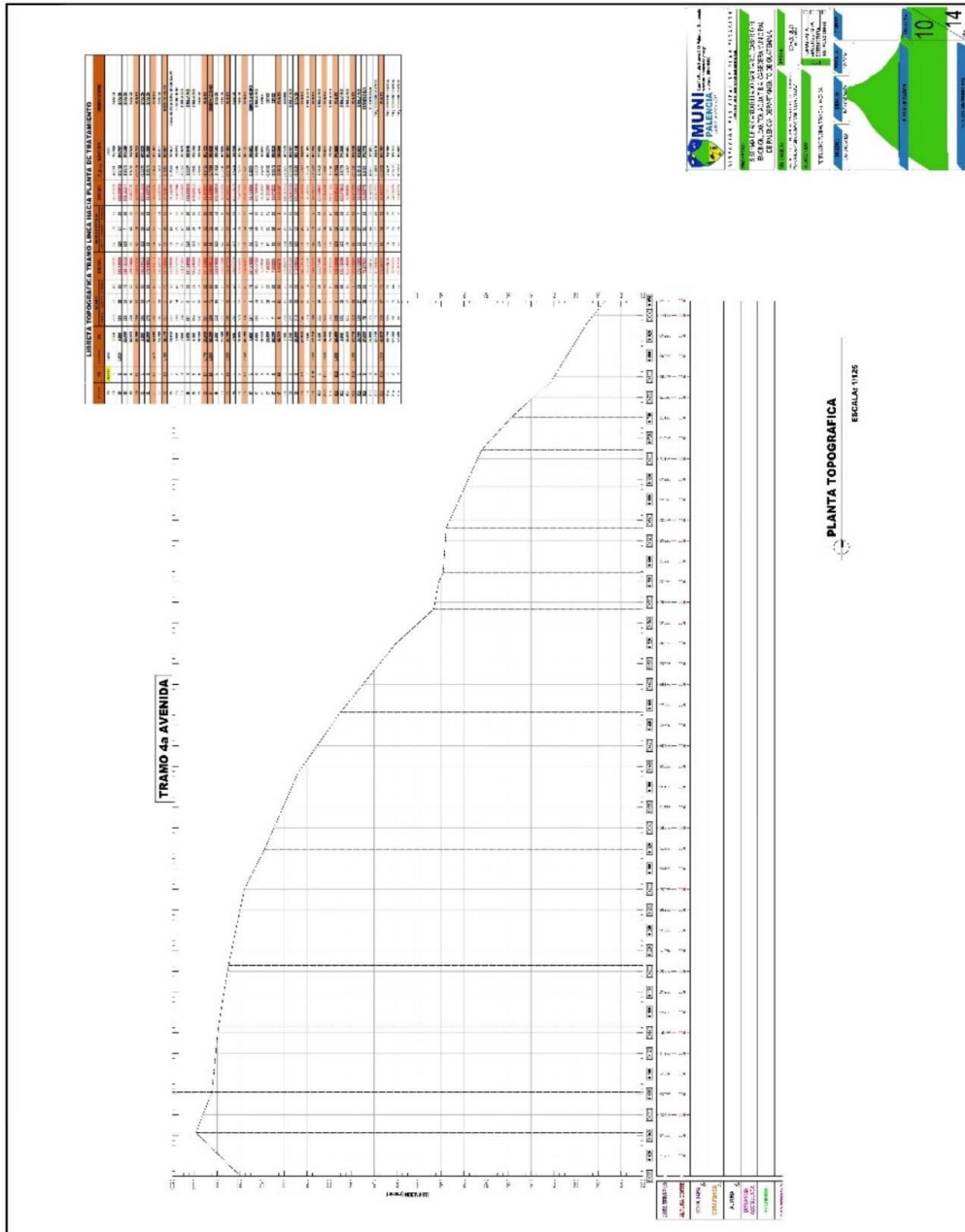
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 27. Levantamiento topográfico tramo cuarta avenida



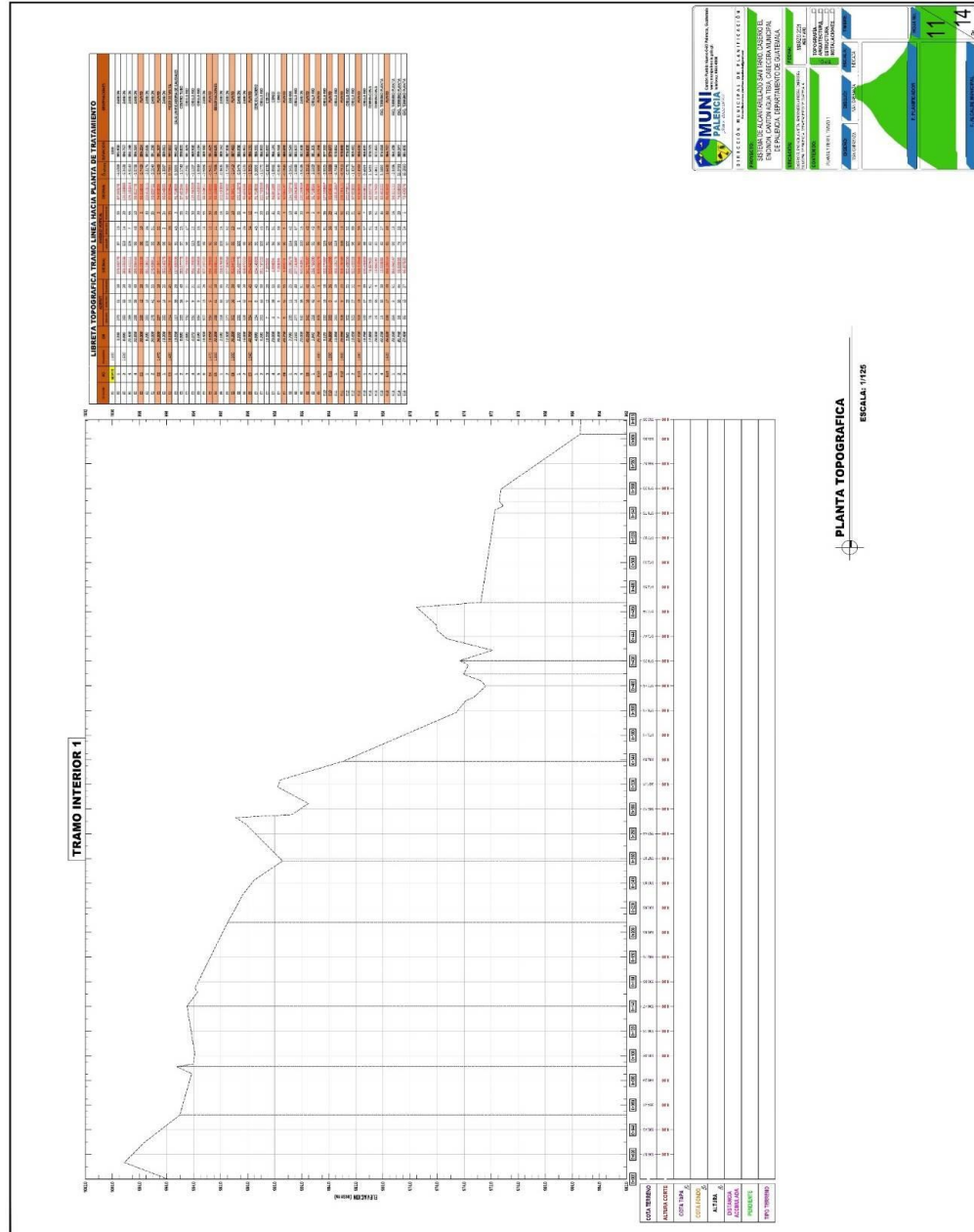
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 28. Planta general y perfil longitudinal tramo 1



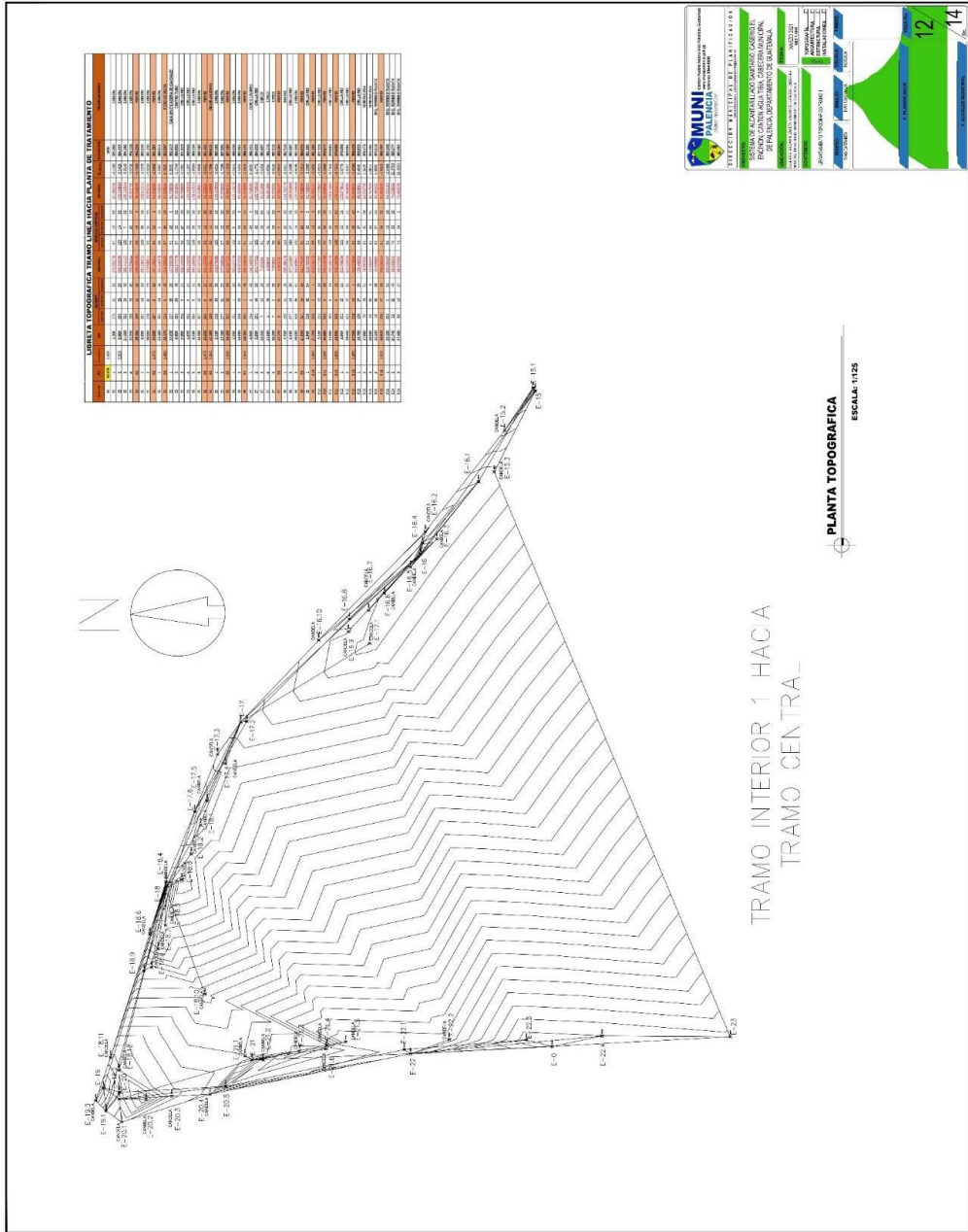
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 29. Levantamiento topográfico tramo 1



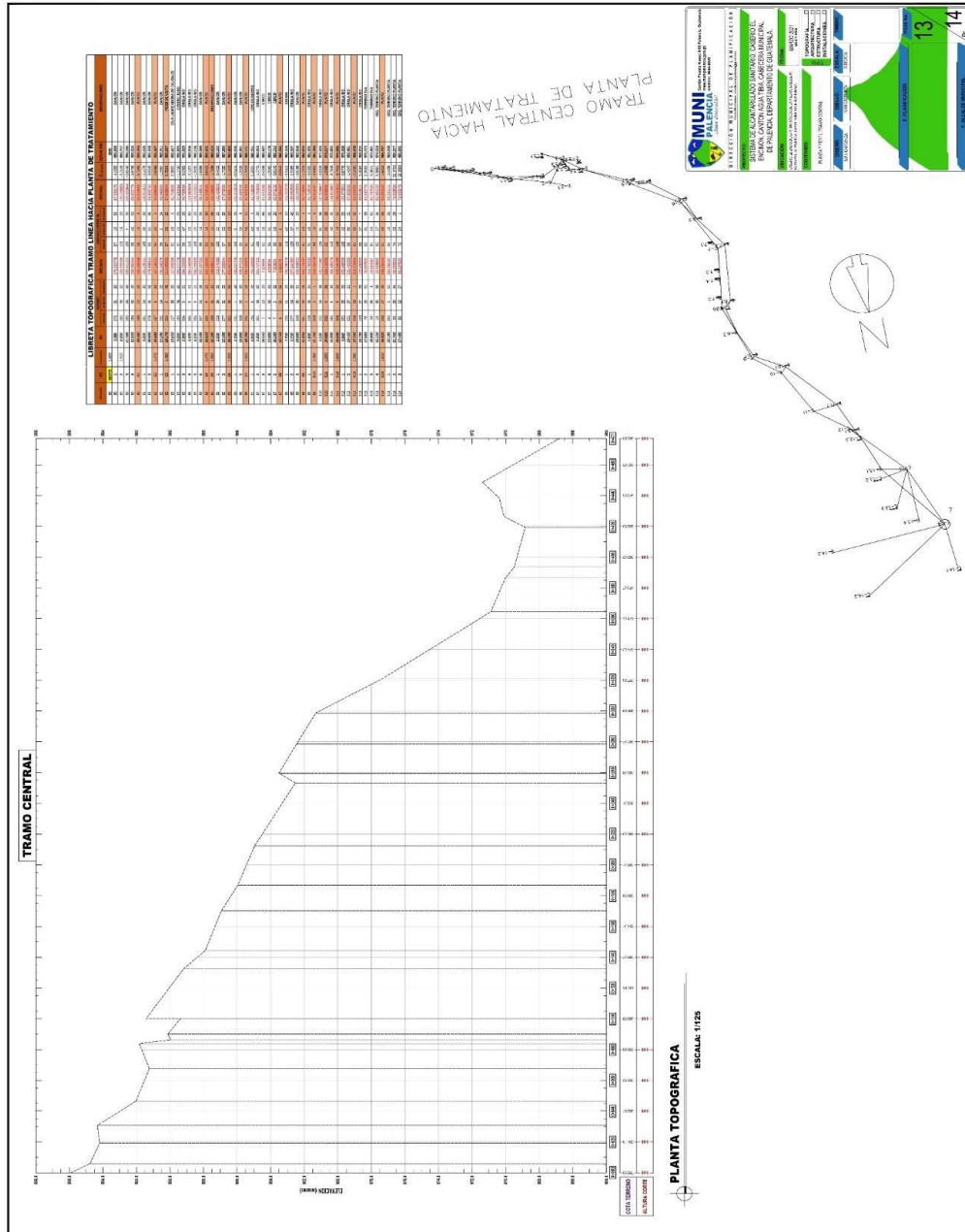
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 30. Levantamiento topográfico tramo central



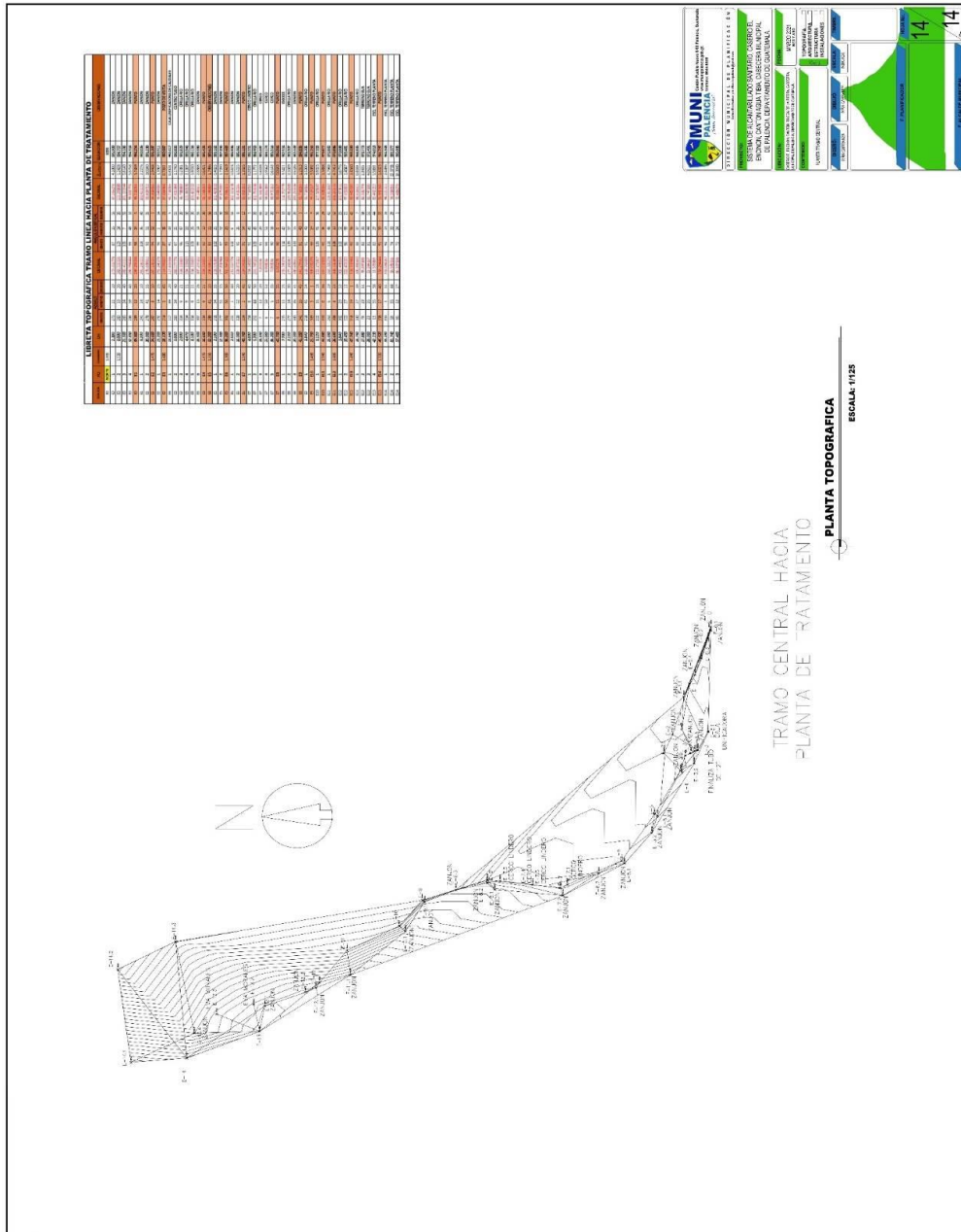
Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

Apéndice 31. **Planta general y perfil longitudinal tramo central**



Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

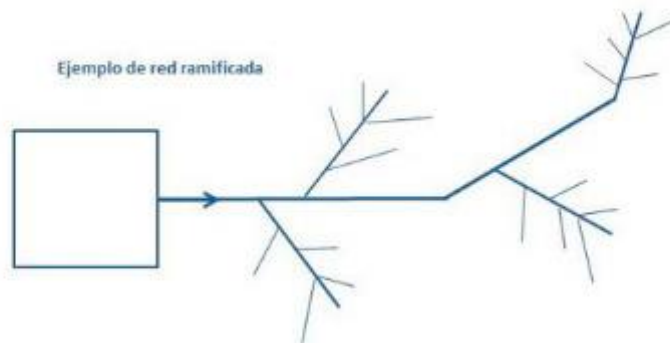
Apéndice 32. Levantamiento topográfico tramo central



Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk Civil 3D.

ANEXOS

Anexo 1. Red Ramificada



Fuente: EDAC (2022). *Línea de distribución de agua potable*. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/disenio-de-redes-de-agua-potable/> Consultado el enero 2022.

Anexo 2. Profundidad mínima de *cota invert*

TABLA XVI-4

PROFUNDIDAD MINIMA DE COTA INVERT PARA EVITAR RUPTURAS

TIPO DE TRAFICO	DIAMETRO (")											
	8	10	12	16	18	21	24	30	36	42	46	60
Normal	122	128	133	141	150	158	166	184	199	214	225	255
Pesado	142	148	151	153	170	178	186	204	219	234	245	275

Nota

- La dimensión de las profundidades está dada en cm.

Fuente: UET- INFOM (2021). Especificaciones generales y técnicas de construcción.

Anexo 3. Características de la tubería de concreto reforzada

TABLA XVI-2

CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA DE CONCRETO REFORZADA
(ASTM C-14-79)

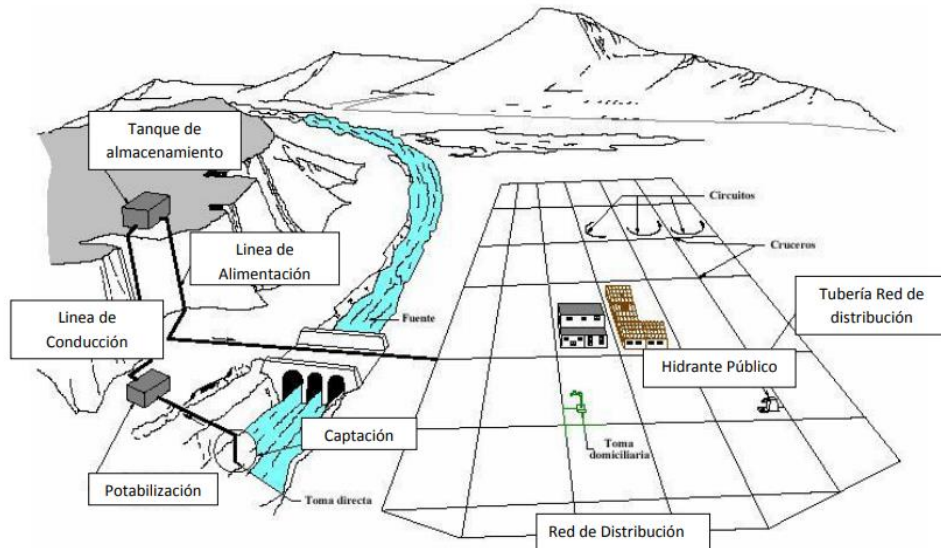
DIMENSIONES				ENSAYO RESISTENCIA METODO 3 ARISTAS				CANTIDAD MINIMA ACERO DE REFUERZO					
DIÁMETRO NOMINAL INTERNO		ESPESOR		CARGA QUE PRODUCE GRIETA		CARGA ULTIMA		CAMA INTERIOR		CAMA EXTERIOR		REFUERZO ELÍPTICO	
"	mm	"	mm	lb/pie	kg/m	lb/pie	kg/m	plg ² /pie	cm ² /m	plg ² /pie	cm ² /m	plg ² /pie	cm ² /m
24	600	3	75	2700	4050	4000	6000	0.07	1.5			0.07	1.5
30	750	3 ½	88	3375	5026	5000	7500	0.18	3.8			0.15	3.2
36	900	4	100	4050	6075	6000	9000	0.18	3.8	0.13	2.8	0.19	4
42	1050	4 ½	113	4525	7088	7000	10500	0.21	4.4	0.16	3.4	0.23	4.9
48	1200	5	125	5400	8100	8000	12000	0.24	5.1	0.18	3.8	0.27	5.7
54	1350	5 ½	138	6075	9112	9000	13500	0.29	6.1	0.22	4.7	0.32	6.8
60	1500	6	150	6750	10125	10000	15000	0.34	7.2	0.26	5.5	0.38	8
66	1650	6 ½	163	7425	11138	11000	16500	0.41	9.1	0.31	6.6	0.46	9.7
72	1800	7	175	8100	12150	12000	18000	0.49	10.4	0.37	7.8	0.54	11.4
78	1950	7 ½	188	8775	13162	13000	19500	0.57	12.1	0.43	9.1	0.63	13.3
84	2100	8	200	9450	14175	14000	21000	0.64	13.5	0.48	10.2	0.71	15
90	2250	8 ½	213	10125	15188	15000	22500	0.69	14.6	0.52	11	0.77	15.8

Nota

- En aquellos casos en los cuales se requieran dos camaras circulares de acero de refuerzo, este puede modificarse, según las siguientes dos opciones:
 - Una cama de acero de refuerzo interior y una cama de acero de refuerzo elíptico.
 - Una cama de acero de refuerzo exterior y una cama de acero de refuerzo elíptico.
- El acero de refuerzo estructural a utilizar, será Grado 40 como mínimo.
- La dimensión mínima de recubrimiento del acero de refuerzo será igual a 25.4 mm.

Fuente: UET- INFOM (2021). Especificaciones generales y técnicas de construcción.

Anexo 4. Esquema general de un sistema de agua



Fuente: Ministerio de Salud Pública INFOM UNEPAR (2021). Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para el consumo humano.

