

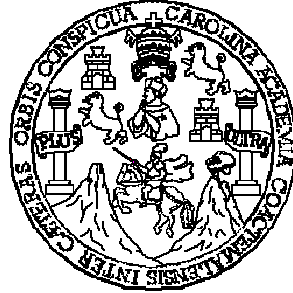
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA COMUNIDAD SAN SEBASTIÁN
EL REFUGIO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
BARRIO VISTA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL VERAPAZ,
ALTA VERAPAZ**

**HENRY OTONIEL JUÁREZ ISEM
Asesorado por Ing. Juan Merck Cos**

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA COMUNIDAD SAN SEBASTIÁN
EL REFUGIO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
BARRIO VISTA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL VERAPAZ,
ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HENRY OTONIEL JUÁREZ ISEM

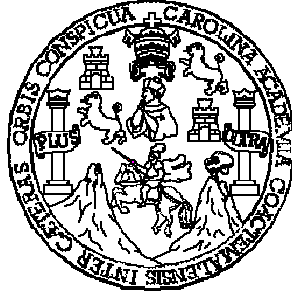
ASESORADO POR: ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA COMUNIDAD SAN SEBASTIÁN
EL REFUGIO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
BARRIO VISTA HERMOSA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL VERAPAZ,
ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 03 de noviembre de 2003.

Henry Otoniel Juárez Isem

DEDICATORIA A:

DIOS:

Por la bendición que hoy me da, en permitirme alcanzar este anhelado triunfo

MIS PADRES:

Rodrigo Juárez Yat (Q.E.P.D.) y Marta Olivia Isem Vda. De Juárez. Con mucho amor y un agradecimiento muy profundo por su ayuda, sacrificios y ejemplo.

MIS HERMANOS:

Sermiria, Lesvin, Rossana, Rudy, Haydee y Yoselyn, sigamos cosechando y compartiendo éxitos en nuestras vidas

MIS ABUELOS:

Nemesio Isem, Victoria Isem, por sus consejos

MIS SOBRINOS:

Fernando, Mayra, Yessica, Jaime, Lesvin, Cristian, Aylin y Henry. Por todo el cariño que me han dado.

MIS TÍOS:

Con cariño y aprecio.

MIS PRIMOS:

Por su amistad y afecto.

MIS AMIGOS:

Helmuth, Ricardo, Mario, Nelson, Ronald, Álvaro, Maynor, Pedro, Omar, Arturo, Alberto. Por su amistad invaluable.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS TODO PODEROSO

Por haberme dado la vida y el privilegio de finalizar mi carrera.

ING. JUAN MERCK:

Por el apoyo técnico y moral brindado de manera incondicional y por su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.

FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC

Por permitirme forjar en sus aulas uno de mis más grandes anhelos.

LA MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL VERAPAZ:

Por el apoyo proporcionado y la oportunidad de compartir mis conocimientos para realizar este trabajo.

LOS CATEDRÁTICOS:

Que con sus sabias enseñanzas me han formado como profesional.

MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO:

Por los momentos que recorrimos juntos en la senda de la vida, deseándoles éxitos.

WILLIAM SUC:

Por su colaboración en la elaboración del informe final de tesis.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las aldeas que conforman la microregión 09 del municipio de San Cristóbal Verapaz.	3
1.1.1 Identificación de las necesidades.....	8
1.1.2 Priorización de las necesidades.....	9
2 SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1 Diseño de la carretera hacia la Comunidad San Sebastián el Refugio, municipio de San Cristóbal Verapaz.	11
2.1.1 Descripción del proyecto.....	11
2.1.2 Preliminar de campo.....	11
2.1.2.1 Selección de ruta.....	12
2.1.2.2 Levantamiento topográfico de preliminar.....	12
2.1.2.2.1 Tránsito preliminar.....	13
2.1.2.2.2 Niveles de preliminar.....	14
2.1.2.2.3 Secciones transversales de preliminar.....	14
2.1.3 Cálculo topográfico de preliminar.....	15
2.1.3.1 Cálculo del tránsito de preliminar.....	15
2.1.3.2 Cálculo de niveles de preliminar.....	17

2.1.3.3	Cálculo de secciones transversales de preliminar	18
2.1.4	Dibujo preliminar.....	18
2.1.5	Diseño de localización	18
2.1.5.1	Diseño de subrasante de preliminar.....	19
2.1.5.2	Traslado de subrasante a planta	20
2.1.5.3	Diseño de la línea de localización	20
2.1.5.4	Deducción del perfil y afinamiento de diseño	21
2.1.6	Cálculo de localización	21
2.1.6.1	Cálculo de puntos de intersección de localización.....	22
2.1.6.2	Cálculo de elementos de curva y estacionamientos	23
2.1.7	Movimientos de tierras.....	25
2.1.7.1	Dibujo de secciones transversales.....	25
2.1.7.2	Diseño de subrasante	26
2.1.7.3	Determinación de curvas verticales	27
2.1.7.4	Trazo de subrasante	29
2.1.7.5	Dibujo de secciones típicas.....	29
2.1.7.6	Determinación de áreas por el método gráfico.....	31
2.1.7.7	Cálculo de volúmenes	32
2.1.8	Carpeta de rodadura.....	33
2.1.9	Drenajes	35
2.1.9.1	Ubicación de drenajes.....	35
2.1.9.2	Localización de drenajes.....	36
2.1.9.3	Cálculo de áreas de descarga, método racional ...	36
2.1.10	Elaboración de planos	38
2.1.11	Impacto ambiental	39
2.1.12	Elaboración de presupuesto	42

2.2	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio	
	Vista Hermosa, cabecera municipal de San Cristóbal Verapaz	44
2.2.1	Descripción del proyecto	44
2.2.2	Levantamiento topográfico	44
2.2.2.1	Altimetría	44
2.2.2.2	Planimetría	45
2.2.3	Diseño del sistema	45
2.2.3.1	Descripción del sistema a utilizar	45
2.2.3.1.1	Período de diseño	46
2.2.3.1.2	Población de diseño	47
2.2.3.1.3	Dotación	47
2.2.3.1.4	Factor de retorno	47
2.2.3.1.5	Factor de flujo instantáneo	48
2.2.3.1.6	Caudal sanitario	48
2.2.3.1.6.1	Caudal domiciliar	48
2.2.3.1.6.2	Caudal de Infiltración	49
2.2.3.1.6.3	Caudal por conexiones ilícitas	49
2.2.3.1.7	Factor de caudal medio	50
2.2.3.1.8	Caudal de diseño	51
2.2.3.1.9	Selección del tipo de tubería	51
2.2.3.1.10	Diseño de secciones y pendientes	52
2.2.3.1.11	Velocidades máximas y mínimas	52
2.2.3.1.12	Cotas invert	52
2.2.3.1.13	Diámetro de tubería	53
2.2.3.1.14	Pozos de visita	53
2.2.3.1.15	Conexiones domiciliarias	54
2.2.3.1.16	Profundidad de la tubería	55
2.2.3.1.17	Principios hidráulicos	56
2.2.3.1.18	Relaciones hidráulicas	56

2.2.3.2 Planos58

2.2.3.3 Presupuesto del proyecto.....58

CONCLUSIONES63

RECOMENDACIONES.....65

BIBLIOGRAFÍA.....67

APÉNDICES68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cálculo de coordenadas topográficas.....	16
2.	Diseño de subrasante de preliminar.	20
3.	Tipos de curvas verticales.	28
4.	Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.....	32
5.	Plano planta-perfil No. 1.....	69
6.	Plano planta-perfil No. 2.....	70
7.	Plano detalle sección típica de carretera y drenajes.....	71
8.	Plano de planta de Conjunto.....	75
9.	Plano de planta-perfil de PV 1 A PV 3, PV 3 A PV 7, PV 2 A PV 9, PV 8 A PV 10, PV 10 A PV 7.....	76
10.	Plano de planta-perfil de PV 13 A PV 7, PV 7 A PV 16.....	77
11.	Plano detalles de pozo de visita.....	78

TABLAS

I	Obras de infraestructura existentes.....	8
II	Libreta de tránsito de preliminar.....	13
III	Libreta de secciones transversales de preliminar.....	15
IV	Libreta de nivelación de preliminar.....	17
V	Valores de tolerancia (t) en centímetros por kilómetro.....	17
VI	Tabla de relaciones para dibujo de taludes.....	31
VII	Graduación uniforme de balasto.....	34

VIII	Cuadro de integración de costos.....	43
IX	Presupuesto materiales de construcción.....	59
X	Presupuesto mano de obra.....	60
XI	Presupuesto herramienta y equipo.....	61
XII	Resumen del costo por renglón.....	61
XIII	Cálculo hidráulico 1.....	73
XIV	Cálculo hidráulico 2.....	74

LISTA DE SÍMBOLOS

r	Tasa de crecimiento de la población, expresado en %
v	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
V	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
D	Diámetro de la tubería expresada en m
a	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en m ²
A	Área de la tubería (en caso a/A) expresada en m ²
A	Área del terreno (en caso Q=CIA) expresada en Ha
q	Caudal de diseño expresado en m ³ /s
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en m ³ /s
v/V	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
d/D	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
a/A	Relación de área de flujo / área a sección llena
q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
m/s	Metros por segundo
m²	Metros al cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo
I	Intensidad de lluvia
C	Coefficiente de escorrentía superficial
mm/h	Milímetros por hora
FH	Factor de Harmond
P	Población
n	Coefficiente de rugosidad
R	Radio
S	Pendiente

Rh	Radio hidráulico
Min	Mínima
Máx	Máxima
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
Est	Estación
P.O.	Punto observado
Dist	Distancia
L/hab./día	Litros por habitante por día
Hab	Habitantes
S%	Pendiente en porcentaje
P.V.	Pozo de visita
qdis	Caudal de diseño
P.U.	Precio unitario
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
m³	Metros cúbicos
Cant	Cantidad
U	Unidad

GLOSARIO

Aguas negras	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones de alturas.
Bases de diseño	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño; como la población, el clima, tipos de comercio, caudales.
Banco de marca	Punto en la altimetría, cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie del rodamiento.
Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce éstas mismas, al colector del sistema de drenaje.
Carril	Superficie de rodamiento, que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.

Caudal comercial	Volumen de aguas negras que se descarga de los comercios.
Caudal de diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
Caudal doméstico	Caudal de aguas servidas que se descarga al sistema por medio de las viviendas.
Caudal Industrial	Volumen de aguas servidas provenientes de industrias.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.
Compactación del suelo	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad para soporte de cargas.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interna de la tubería ya instalada.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.

Curva circular simple	Es un arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
Especificaciones	Normas que rigen el diseño geométrico de las carreteras.
Fórmula de Manning	Fórmula para determina la velocidad de un flujo en un canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Grado máximo de curvatura	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva a usarse. Éste debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.

Superficie de rodadura	Área designada a la circulación de vehículos.
Tramo inicial	Primer tramo a diseñar o construir en un drenaje.
Tirante	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.
Talud	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica; que delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.
Terracería	Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.

RESUMEN

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, contiene un informe sobre una de las microregiones que integra el municipio de San Cristóbal, Alta Verapaz, en la cual se desarrolló una investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las aldeas que conforman dicha microregión.

Como resultado de esta investigación se determinó que deberá atenderse lo siguiente:

La comunidad San Sebastián el Refugio, tiene como prioridad máxima, la apertura de una carretera, por lo que se hizo el estudio técnico correspondiente, que incluye, topografía, diseño geométrico, movimiento de tierras, drenajes, elaboración de planos y presupuesto.

Así también, se desarrolló el Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio Vista Hermosa de la cabecera municipal de dicho municipio, para el efecto, primero se procedió al levantamiento topográfico. Con la información de campo se procedió al diseño hidráulico, para lo cual, fueron consideradas las normas generales para el diseño de redes de alcantarillado sanitario y otros parámetros, como período de diseño, caudal de diseño, comprobación de las relaciones hidráulicas d/D , q/Q y v/V . Posteriormente, se elaboró el juego de planos y el presupuesto del mismo.

OBJETIVOS

General

Diseño de carretera para la comunidad San Sebastián el Refugio y sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio Vista Hermosa, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

Específicos

1. Desarrollar una investigación diagnóstica, sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del área rural del municipio de San Cristóbal Verapaz.
2. Capacitar a los miembros del comité del Barrio Vista Hermosa, sobre aspectos de mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, contiene el diseño de dos proyectos elaborados mediante el Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería. Los proyectos consisten en el diseño de la carretera hacia la comunidad San Sebastián el Refugio, y el sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio Vista Hermosa, del municipio de San Cristóbal Verapaz.

Estos proyectos fueron el resultado de una serie de necesidades que tenían en la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz, los cuales fueron analizados y priorizados.

El informe final está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo 1, se presenta una investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las aldeas Mexabaj, Pambóm Grande, Pampacché, Panzal, San Sebastián el Refugio, Wachqoob', que conforman la microregión 09, del municipio.

En el capítulo 2 se presentan los aspectos técnicos que intervienen en el diseño de la carretera hacia la comunidad San Sebastián el Refugio, y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Vista Hermosa. En la parte final se presentan las conclusiones y recomendaciones, planos y presupuesto respetivo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

A continuación se detalla una serie de elementos que se relacionan con los aspectos monográficos relacionados con el municipio donde se realizó este trabajo de graduación.

Aquí se detallan todos aquellos elementos característicos del lugar como lo son su historia, ubicación geográfica, hidrografía, religión, etc.

Breve reseña histórica del Municipio. Antes de la venida de los frailes dominicos, éste lugar se denominaba “Kaj-Koj”, (León Colorado). Los poqomchíes que vinieron de Chamá al Barrio Santa Ana, bajo la dirección de fray Francisco de Viana, el 14 de Agosto de 1,565 denominaron al lugar como San Cristóbal Verapaz Kaj-Koj.

San Cristóbal en los siglos XVII Y XVIII. San Cristóbal, era la entrada a Alta Verapaz por el Occidente, lo que dio mucho desarrollo al municipio. Comercializaban con pueblos de Occidente, utilizando el cacao como moneda. Los caciques de Caccoh, encabezados por Pedro Bathaan aceptaron la enseñanza cristiana por parte de fray Juan de la Torre.

Etimología de su nombre. Kaj – Koj (León Colorado), viene desde antes de la llegada de los españoles a este municipio, posteriormente le agregaron el nombre de San Cristóbal Verapaz.

Ubicación geográfica. Limita al norte; con la ciudad de Cobán, al Este; con el municipio de Cobán y Santa Cruz Verapaz, al Sur; con Baja Verapaz y el municipio de Chicamán departamento del Quiché, al Oeste; con los municipios de San Miguel Uspantán y Chicamán, del departamento de Quiché, teniendo como límite el río Negro; más conocido como Chixoy.

Distancia del municipio a la cabecera departamental: 24 Kilómetros, carretera asfaltada.

Distancia del municipio a la capital: 211 Kilómetros, carretera asfaltada.

Hidrografía. El río más importante lo constituye el río Negro o Chixoy que sirve de límite; tanto municipal, como entre los departamentos de Alta Verapaz y el Quiché, así también cuenta con la laguna Chicoj.

Sociales. Entre las diferentes actividades sociales, sobresalen las religiosas, deportivas, estudiantiles, laborales; en las que participan sin distinción de raza, credo u otra índole. Pero hay algunas actividades en las que participan únicamente los indígenas, tales como las que celebran en las cofradías.

Fiestas patronales. Del 17 al 20 de enero San Sebastián, del 20 al 25 de julio San Cristóbal, Patrono Santiago Apóstol, del 24 al 26 del abril San Felipe, del 20 al 25 de julio Santa Ana, del 13 al 15 de enero Esquipulas

Religión. Católica, Evangélica, Mormona, Testigos de Jehová, y Adventista. Predomina la católica.

Idioma. Más del 85 por ciento de la población habla el idioma Poqomchi, el resto de la población habla el idioma Español.

Vías de telecomunicación. Telgua, Correos y Telégrafos, Radio – Arbom, TV cable (2) Celeste visión, Magno visión.

Transporte. Terrestre, de San Cristóbal a Cobán y viceversa, prestan servicios las empresas de transporte colectivo: “Flor de mi Tierra” y “Esmeralda”.

1.1 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos de las aldeas que conforman la microregión 09 del municipio de San Cristóbal Verapaz.

División política del municipio. Antes del año 2003, la división del municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, se establecía mediante aldeas, caseríos, fincas, parajes, etc., pero a partir del año antes mencionado, la municipalidad, facultada por el Decreto 12-2002, avanzó en el proceso para la micro regionalización del Municipio, teniendo designadas 12 microregiones de desarrollo, cada una con su sede respectiva, las cuales fueron designadas mediante varios criterios como el acceso, la población, etc.

Ubicación geográfica y situación demográfica. La microregión está conformada por las siguientes comunidades:

- Mexabaj
- Pambóm Grande
- Pampacché
- Panzal

- San Sebastián el Refugio
- Wachqoob'

La Microregión No. 09 Pampacché, se ubica al Noroeste del municipio; su sede, Pampacché, se sitúa a 24 kilómetros del casco urbano de San Cristóbal Alta Verapaz,

Según el XI censo de población realizado en 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el municipio tiene una población de 43,336 habitantes, del los cuales 3,865 habitantes conforman dicha microregión.

Aspectos económicos y actividades productivas. La economía, es impulsada principalmente por el sector agrícola, algunos de los escasos productos obtenidos por esta actividad como el maíz y el frijol, son empleados en su mayoría para el consumo familiar. Otros; como el cardamomo y el café, los comercian a través de intermediarios quienes compran el producto.

Actividad agropecuaria y comercial. Uso de la tierra: El territorio del municipio, en el que se ubica la comunidad de San Sebastián el Refugio, pertenece a las tierras sedimentarias, a orillas del río Motagua y la cordillera de La Sierra Madre, con montañas moderadamente escarpadas, y a las tierras bajas cristalinas típicas a las orillas del río Motagua, con montañas y colinas con pendientes extremadamente inclinadas. Las unidades bioclimáticas y los suelos predominantes en la aldea poseen las características siguientes:

Bosque muy húmedo montano bajo tropical (BMHMBT)

Altitud: 800 a 1,500 m. SNM

Precipitación pluvial anual: 1,500 a 3,000 milímetros

Temperatura media anual: 19 a 32 grados centígrados

Suelos: predominan los suelos profundos de textura mediana, bien drenados, de color café, las pendientes van 5% a 16% y mas de 45%. El potencial es para frutales de clima cálido, maíz, frijol, jocote, tomate, etc. Así como también se cosecha café y cardamomo.

Se estableció la existencia de tierras de carácter comunal o de propiedad municipal, además de la ocupada por los servicios municipales y del estado; existen fincas de gran extensión. Por lo anterior, se deduce que en el territorio predomina la pequeña propiedad agrícola, o sea el minifundio, porque a pesar de que hay fincas; la mayor parte de la población cuenta con pocos bienes.

Actividad agropecuaria. El territorio destinado a la producción agrícola se dedica a los siguientes cultivos:

Granos. Maíz, frijol, café, cardamomo. De estos, la mayor parte del producto se destina al consumo familiar y los excedentes se comercializan localmente.

La producción de los cultivos anteriormente mencionados, se realiza mediante el uso de sistemas tradicionales. En algunos casos se utilizan fertilizantes.

La producción pecuaria es mínima, pero significativa para la economía de algunas familias. Los productos son los siguientes:

Producción avícola. Constituido por aves (pavos, patos y gallinas). La crianza es de menor cuantía, ya que se destina al consumo familiar en ocasiones especiales o bien se comercializa localmente y en los alrededores.

Comercio y servicio. El día destinado para el mercado, aunque carecen de la infraestructura necesaria para ello, es el día viernes, en los que llegan las diferentes comunidades que conforman la Microregión a la sede Microregional. Además existen personas (una minoría) que prefiere realizar sus compras en la cabecera Municipal. Dentro del campo de la artesanía se puede mencionar la fabricación de pita, lazo y redes que provienen del maguey.

Infraestructura. La infraestructura que contribuye social y económicamente a la población es la siguiente:

Sistema vial. Existe deficiencia en éste componente; ya que solo existe la ruta principal que conduce hasta la casa de Máquinas de la Hidroeléctrica Chixoy, por la cual se conectan las comunidades de la Microregión a través de caminos de herradura o veredas.

Mercado. El día de mercado es el viernes de cada semana, sin embargo no se cuenta con la infraestructura necesaria para realizarlo.

Instalaciones. De 275 viviendas, el material principal del que están constituidas, el 85% de las casas de la Microregión, es de madera; son informales, otro 10% es de *block*, y un 5% son extremadamente inadecuadas para vivir, porque están hechas de parales (palos que se encuentran en la región sin una forma recta). En un 50% cuenta con energía eléctrica; el 30% tiene servicio de agua entubada; y ninguna familia posee un sistema de drenaje formal, ni siquiera letrinas mejoradas; utilizan letrinas muy anticuadas.

En la actualidad, se está trabajando para realizar un plan de desarrollo Microregional y de ésta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Salud. Existe un centro de convergencia en donde reciben el servicio de salud los habitantes de la Microregión, que es atendido por un médico ambulante, por lo regular una vez al mes; también prestan sus servicios comadronas y promotores de salud.

Transporte. En lo referente al transporte extraurbano, pasa por la aldea una empresa de transporte que hace un recorrido completo diariamente.

Cementerio. Existe uno en la Microregión.

Deportes. No se cuenta con instalaciones deportivas en ninguna de las comunidades que integran la Microregión.

Religión. Se aprecian dos religiones importantes en esta Microregión; la protestante en un 30%, y la católica en un 70%.

Comunicaciones y turismo. La oficina de correos y telégrafos más cercana se encuentra a 24 Km. en la cabecera municipal. No se cuenta con servicio telefónico.

Potencialmente, existen lugares que se podrían utilizar como atractivos turísticos, específicamente la “sierra de Pampacché”, la “ventana Pambón”, pero no se les ha dado la importancia del caso. Quizá por las malas condiciones del sistema vial, y porque no cuentan con la infraestructura básica para acoger al visitante.

Educación. En la Microregión existen escuelas en 05 de las 06 comunidades que la conforman, sin embargo, no todas cuentan con la infraestructura adecuada ni el mobiliario necesario.

1.1.1 Identificación de las necesidades

A través de un diagnóstico comunitario, se pudo establecer que las necesidades básicas de la Microregión, se enfatizan en los sectores de educación, salud y vías de comunicación.

La siguiente tabla muestra las obras de infraestructura con las que cuenta cada comunidad en dicha microregión y por lo consiguiente, las obras de infraestructura de las cuales carece cada comunidad.

Tabla I. Obras de infraestructura existentes

Comunidad	Energía Eléctrica	Agua Potable	Puesto Salud	Letrinas	Escuela	Camino Acceso.
Mexabaj	X	X			X	
Pampón Grande					X	X
Pampacché	X	X	X		X	
Panzal	X	X			X	X
San Sebastián el Refugio					X	
Wachqoob'						

De acuerdo con la información aportada por el alcalde auxiliar, personas de la aldea y las visitas de campo, las necesidades más urgentes son las siguientes:

- Ampliaciones de escuela
- Introducción de letrinas mejoradas
- Mejoramiento del sistema vial
- Carreteras
- Construcción de mercado
- Ampliaciones de energía eléctrica

1.1.2 Priorización de las necesidades

Basados en los criterios demográficos, socio-económicos, población a beneficiar, así como en la tasa de mortalidad, se determinó la priorización de las necesidades para la microregión, entre los cuales de tienen los siguientes: caminos de acceso, puestos de salud y letrinización.

2 SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño de la carretera hacia la Comunidad San Sebastián el Refugio, municipio de San Cristóbal Verapaz.

2.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de tramo carretero que conduce a la comunidad San Sebastián el Refugio del municipio de San Cristóbal Verapaz, la cual tiene una longitud de 1,416.46 metros de longitud. La población a beneficiar directamente es de 31 familias e indirectamente los 3,865 habitantes que conforman dicha microregión, los cuales van a ser beneficiados con la construcción del mismo.

El diseño es de una carretera tipo G, adecuada para una región montañosa, la velocidad de diseño es de 20 Km. /hora, con un tránsito promedio diario, que va de 10 a 100 vehículos y un ancho de calzada de 4.00 metros.

2.1.2 Preliminar de campo

Consistió en la obtención de información de campo para realizar el diseño en gabinete, es una serie de procesos de los cuales depende en gran parte el tipo de diseño que se realice, ya que en esta se efectúa la selección de ruta y el levantamiento topográfico.

2.1.2.1 Selección de ruta

Este proceso se realizó tomando dos puntos para su unión, por medio del método de círculos concéntricos y la conservación de la pendiente en mapas cartográficos en una hoja 1:50,000, se seleccionó la ruta más adecuada tanto técnica como económica.

Para el trazo, se tomó en cuenta la fisonomía del terreno, los controles primarios y secundarios, la pendiente máxima que para este caso es del 18 por ciento, cuidando de realizar el menor movimiento de tierras posible.

2.1.2.2 Levantamiento topográfico de preliminar

Es el levantamiento de la línea preliminar trazada en la fase de la selección de ruta, este levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno.

Al realizar éste levantamiento, se debe tener cuidado para tener un grado de precisión razonable, y para marcar algunos accidentes que pudieran afectar la localización final de la carretera.

Para cada levantamiento de preliminar, se debe tomar en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar, radiaciones y referencias.

2.1.2.2.1 Tránsito preliminar

El trazo del tránsito de preliminar, se realizó por medio del método de deflexiones, este se llevó a cabo utilizando un teodolito marca Wild-T-1, plomada y cinta métrica. Este método consiste en

EL punto inicial se hizo fijando un norte a un poste de energía eléctrica el cual fue referenciado de una forma clara, esto para que sea fácil de localizar, y para determinar el rumbo de partida. En cada estación se colocó una estaca, la cual en el centro llevaba un clavo.

El estacionamiento de salida se establece con base a una carretera existente, en caso de no existir ninguna puede asumirse un estacionamiento arbitrario. Para nuestro caso se basó en una carretera existente donde este tramo sería continuación de la misma.

A continuación se presenta un ejemplo de los datos levantados en tránsito.

Tabla II. Libreta de tránsito de preliminar

Estación	P.O.	Deflexión (Δ)	Distancia (m)
5	6	42°21'20"D.I.	47.98
6	7	17°46'20"D.D.	79.91
7	8	60°20'00"D.I.	14.00

2.1.2.2 Niveles de preliminar

La nivelación se efectuó tomando diferencias de nivel a cada 20 metros, y en todos los puntos fijados en el trazo de la línea o eje central, esto se realizó por el método de nivelación cerrada sobre la línea del eje central.

Para realizar la nivelación se debe tomar un banco de marca BM referenciado a un punto fijo de un árbol, una casa, etc., en este caso se tomó como referencia un poste que se encuentra el inicio del tramo.

2.1.2.3 Secciones transversales de preliminar

Por medio de estas secciones, se podrá determinar la topografía de la franja de terreno en estudio, trazando las curvas de nivel para obtener un diseño apropiado.

La obtención de los datos se realizó por medio de un clinómetro, con el cual se trazaron perpendiculares a cada 20 metros de la línea central y se hizo un levantamiento de por lo menos 8 metros de cada lado del eje central.

Además se tomó la siguiente información:

- Localización probable de drenajes
- Tipo de material que existe en la faja de terreno donde pasa el proyecto y sus características de dureza.
- Características de los puntos observados.

- Descripción de los terrenos que tienen que atravesarse para fines de derecho de vía, con la clase de cultivo que hay en ellos, indicando si son del estado o particulares.
- Características de las construcciones que se encuentran dentro de la franja de terreno levantada.

Tabla III. Libreta de secciones transversales de preliminar

LI2	DI2	LI1	DI1	E	DD1	LD1	DD2	LD2	Observaciones
-1.03	5	-0.62	3	1	3	-0.29	5	-0.48	Suave
1.31	5	0.81	3	2	3	0.31	5	-0.49	Suave
3.5	5	1.6	2.2	3	2.35	-0.6	5	-1.28	Rocoso
0.53	5	0.88	2.8	4	3.5	0.92	5	1.31	Rocoso

2.1.3 Cálculo topográfico de preliminar

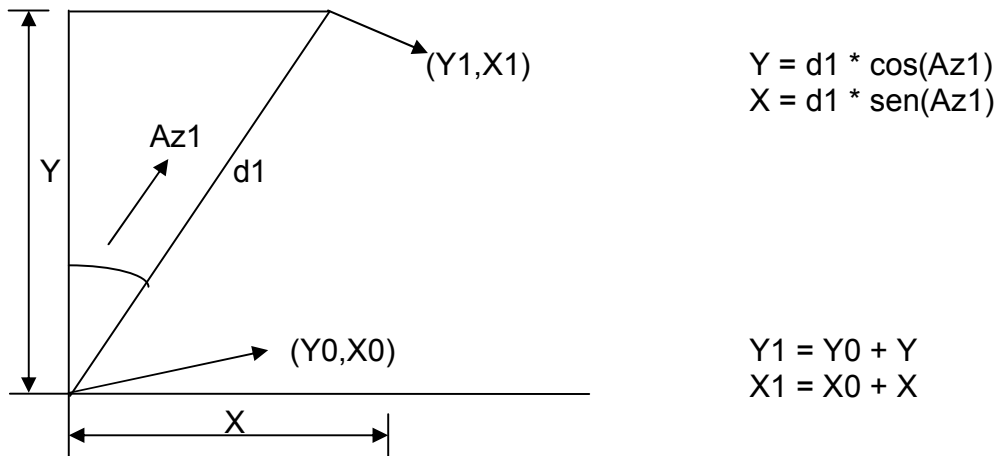
Consiste en procesar en gabinete, los datos del levantamiento preliminar, estos trabajos se detallan a continuación.

2.1.3.1 Cálculo del tránsito de preliminar

Con la información recopilada en campo, se realiza el cálculo de la libreta de tránsito, luego se calculan las coordenadas parciales, de cada punto de intersección, teniendo la distancia y el rumbo entre cada uno.

Para el cálculo de coordenadas, es recomendable tomar como valor inicial de 10,000 para X y Y respectivamente, esto; para evitar tener coordenadas con signos negativos que dificultan el cálculo.

Figura 1. Cálculo de coordenadas topográficas.



Ejemplo de cálculo de coordenadas:

De E-8 a E-9

Coordenadas parciales

$$\begin{aligned}
 y &= d * \cos(Az) \\
 &= 140.18 * \cos(313^{\circ}33'10'') \\
 &= 96.81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= d * \sin(Az) \\
 &= 140.18 * \sin(313^{\circ}33'10'') \\
 &= -49.58
 \end{aligned}$$

Coordenadas totales

$$\begin{aligned}
 Y1 &= Y0 + y \\
 &= 3985.32 + 96.81 \\
 &= 4082.13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X1 &= X0 + x \\
 &= 4683.52 - 49.58 \\
 &= 4633.94
 \end{aligned}$$

Al tener todas las coordenadas se pudo trazar la planta de la preliminar como se muestra en los planos planta-perfil.

2.1.3.2 Cálculo de niveles de preliminar

El cálculo de la nivelación del eje central se llevó a cabo por medio del método de nivelación diferencial.

Tabla IV. Libreta de nivelación de preliminar

PO	VA	AI	VI	PV	COTA
BM	2.51	1002.51			1000
0+000			2.77		999.74
0+020			0.72		1001.79
E-1	2.5	1004.81		0.2	1002.31
0+040			2.15		999.6

El procedimiento para el cálculo de las cotas es el siguiente:

- Se asumió una cota inicial de mil.
- Se estableció un error permisible de $E = 2.5 \times em$, por kilómetro, en donde es necesario tener el error medio total $em = \sqrt{Lxt}$, en donde L, es la longitud total del caminamiento en kilómetros y t, es la tolerancia por kilómetro.

Los valores de “t”, varían con el orden de la nivelación, y con los diversos reglamentos que existen, a continuación se muestra una tabla de valores de “t”.

Tabla V. Valores de tolerancia (t) en centímetros por kilómetro

FUENTE	ORDEN DE NIVELACIÓN		
	1°	2°	3°
TOSCANO	1.00	2.00	3.00
TOPOGRAFIA DE WERKMEISTER	0.10	2.00	2.00
SURVEYING; DAVIS AND FOOTE	0.35	0.72	1.00

Fuente: Juan Sajcabun, Diseño de carretera al Bojonal, San Marcos. Pág. 29.

Con los anteriores datos, se calcula el error medio total y el error permisible, para Guatemala; por tener en su mayoría una topografía quebrada se utilizan los valores de tolerancia por kilómetro de Toscazo.

2.1.3.3 Cálculo de secciones transversales de preliminar

Este cálculo se realizó tomando en cuenta los datos obtenidos de la nivelación del eje central, seccionando a cada 20 metros sobre el eje central y 5 metros en ambos lados, para determinar el volumen de corte y relleno para la construcción de las carreteras.

El procedimiento de cálculo, consiste en obtener las cotas de los puntos medidos, referenciados a la cota del eje central obtenidos anteriormente.

2.1.4 Dibujo preliminar

Es llevar los datos topográficos calculados de preliminar a un dibujo, el cual se desarrolla por medio de la planta y el perfil.

2.1.5 Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final, conocida como línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realizará con toda la información que se recabe en campo según el levantamiento topográfico.

Para realizar el diseño se siguen los siguientes pasos:

- Diseño de subrasante de preliminar
- Traslado de subrasante a planta
- Diseño de la línea de localización
- Deducción de perfil y afinamiento de diseño

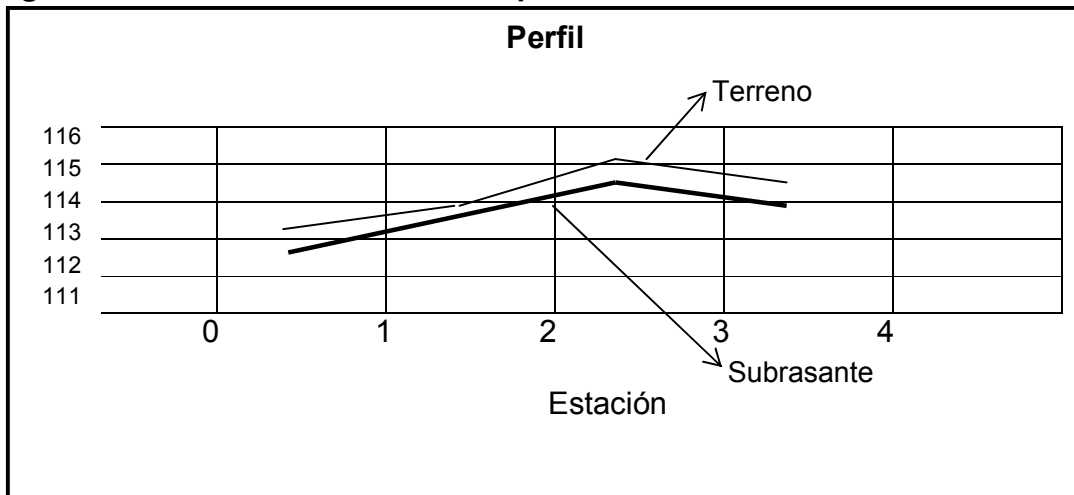
2.1.5.1 Diseño de subrasante de preliminar

La subrasante se diseñará sobre el perfil de preliminar, trazando tangentes para el diseño de la misma, en cada cambio de pendiente, se determinará la longitud de curva vertical mínima con base a la velocidad de diseño y a las pendientes.

El objetivo de ésta subrasante, es fijar una línea base, a la cual se tratará de ajustar el perfil de la línea final o de localización, diseñándose sobre la misma para obtener una nueva subrasante que cumpla con los requisitos de balance en el movimiento de tierras. Lo principal en éste diseño, es que no se exceda la pendiente longitudinal máxima permitida, que en este caso es del 18%.

Se realizará sobre papel milimetrado, dibujando el perfil del terreno y a una escala horizontal 1:1000 y vertical 1:100, para luego por medio de las tangentes, jugar con la pendiente más adecuada para el diseño de localización y así balancear el movimiento de tierras.

Figura 2. Diseño de subrasante de preliminar.



2.1.5.2 Traslado de subrasante a planta

Del perfil donde se diseñó la subrasante, se obtiene la elevación de ésta para cada estación, buscando dicha elevación en la planta de preliminar, sobre la sección transversal de la misma estación, la curva de nivel correspondiente exacta, se marca con un punto, a continuación se hace lo mismo con todas las estaciones uniendo todos los puntos con una línea discontinua, dando por resultado una línea que servirá como base al diseñador para aproximar el diseño de la línea de localización al perfil preliminar en planta.

2.1.5.3 Diseño de la línea de localización

El diseño se realiza con un juego de escuadras, un compás, un juego de curvas de diseño y las especificaciones. Se realiza la primera aproximación, tratando en lo posible de seguir la línea fijada por la curva de la subrasante trasladada del perfil a la planta.

Las curvas de diseño, deben adaptarse lo mejor posible a las características del terreno y a la curva de la subrasante, luego; con líneas, unir a través de tangentes las curvas, moviendo constantemente dichas tangentes y curvas hasta que el proyecto obtenga una forma lógica.

2.1.5.4 Deducción del perfil y afinamiento de diseño

Para realizar la deducción del perfil, se deben marcar estacionamientos a cada 20 metros, cada estación tendrá una elevación que se determinará interpolando entre las curvas de nivel, estas elevaciones, se colocarán en el perfil preliminar para cada estación correspondiente, uniendo estos puntos con una línea punteada. Trazando así sobre este nuevo perfil, una nueva subrasante, teniendo siempre en cuenta los puntos obligados y todas las especificaciones para el diseño.

El diseño del alineamiento horizontal y del alineamiento vertical, no se debe considerar independientemente uno del otro, debido a que ambos se complementan entre sí, sobre todo, por criterio de economía y de seguridad al tránsito.

2.1.6 Cálculo de localización

La realización del cálculo de localización, consiste en un procedimiento matemático por medio del cual, se definen totalmente las características geométricas y trigonométricas de la línea de localización.

2.1.6.1 Cálculo de puntos de intersección de localización

Para realizar estos cálculos, se deben colocar en planta las coordenadas totales de los puntos de intersección de preliminar, además se debe colocar los rumbos y distancias de la línea preliminar.

En algunos de los diseños horizontales, existirán casos donde la línea de localización coincida con la línea de preliminar, además, cuando sea necesario; se recurrirá a efectuar medidas gráficas, para relacionar la línea de localización diseñada, con la línea de preliminar colocada en el campo.

Para el cálculo final, es importante utilizar relaciones de triángulos, ley de senos y cósenos, intersecciones o alguna otra relación trigonométrica, que proporcione un dato para seguir con el cálculo.

Después de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los rumbos entre los mismos, y calcular.

Entre cada dos rumbos existirá un delta (Δ) que al calcularse, variará respecto a la ubicación del cuadrante donde se encuentre el azimut.

En la mayoría de los cálculos, para afinar distancias o encontrarlas, se hace necesario calcular una intersección, que consiste en encontrar las distancias y las coordenadas del punto de intersección entre dos rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección.

2.1.6.2 Cálculo de elementos de curva y estacionamientos

Para el cálculo de elementos de curva, es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador.

Con el grado (G) y el delta (Δ), se calculan los elementos de la curva. Las fórmulas se obtienen de los diferentes elementos de una curva circular.

Deducción de fórmulas

Para la deducción de fórmulas, se tomará como ejemplo la curva horizontal número 1 de la carretera San Sebastián el Refugio

Datos:

Caminamiento 0+025.08

$\Delta = 39.73$

G =23

Grado de Curvatura (G). Es el ángulo central que subtiene un arco de circunferencia de 20 metros, de ésta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de una curva horizontal circular.

Longitud de curva (LC). La longitud de curva, es la distancia siguiendo la curva, desde el principio de curva (PC), hasta el principio de tangente (PT).

$$LC = (20 * \Delta) / G$$

$$LC = (20*39.73) / 23$$

$$LC = 34.55\text{metros.}$$

Subtangente (St). Es la distancia entre el PC y el punto de intersección (PI) o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R * \operatorname{tg} (\Delta/2)$$

$$St = 49.82 * \operatorname{tg} (39.73/2)$$

$$St = 18 \text{ metros}$$

Cuerda máxima (Cm). Es la distancia entre una línea recta trazada entre el PC al PT.

$$Cm = 2 * R * \operatorname{Sen} (\Delta/2)$$

$$Cm = 2 * 49.82 * \operatorname{Sen} (39.73/2)$$

$$Cm = 33.86 \text{ metros}$$

External (E). Es la distancia comprendida entre el PI al punto medio de la curva.

$$E = R * (\operatorname{sec} (\Delta/2) - 1)$$

$$E = 49.82 * (\operatorname{sec}(39.73/2) - 1)$$

$$E = 3.15 \text{ metros}$$

Ordenada media (OM). Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R * (1 - (\operatorname{cos} (\Delta/2)))$$

$$OM = 49.82 * (\operatorname{cos} (39.73/2))$$

$$OM = 2.96 \text{ metros}$$

Cálculo de estacionamientos: Los estacionamientos se calculan con base a las distancias entre los PI de localización, calculando también la estación para cada PI, restando la estación del PI menos la Subtangente se ubicará el principio de la curva (PC).

Sumando el PC más la longitud de curva, se ubicará el principio de tangente (PT), final de la curva.

Para el ejemplo anterior se tiene:

$$PC = PI - St$$

$$PC = 0+043.08 - 18$$

$$PC = 0+025.08$$

$$PT = PC + LC$$

$$PT = 0+025.08 + 34.55$$

$$PT = 0+059.63$$

2.1.7 Movimientos de tierras

2.1.7.1 Dibujo de secciones transversales

Esta actividad se desarrolla sobre pliegos de papel milimetrado, con los datos de la libreta de secciones transversales de localización. Consiste en plotear distancias con sus respectivas elevaciones a ambos lados de la línea central del caminamiento, que por lo general está a 20 metros.

El ploteo se realiza con coordenadas relativas, obtenidas del cálculo de niveles y distancias de la libreta de secciones transversales de preliminar, además, se debe rotular la estación, el nivel o cota, y de preferencia se plotearán las secciones a escala 1:100.

En el caso de que el diseño sea de una ampliación o rehabilitación de carretera, o sea que ya exista un camino, se deben trasladar todos los datos sobre cercos, casas, fondos, ríos, etc., que estén cerca de la línea central a la sección transversal, además si hay alcantarillas existentes, también se debe plotear en las secciones transversales, esto, para tener información al momento de realizar el diseño del drenaje menor.

2.1.7.2 Diseño de subrasante

La subrasante se proyecta sobre el perfil longitudinal del terreno, a través de aproximaciones, y el alineamiento vertical debe combinarse con el horizontal.

La subrasante, es la que define el volumen del movimiento de tierras, la economía del proyecto depende de un buen diseño y debe contar con lo siguiente:

- Definir la sección típica de la carretera.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las secciones transversales.
- Las especificaciones necesarias.
- Datos de la clase del terreno.

- Haber determinado puntos obligados.

Se debe balancear el corte con el relleno en una distancia no mayor de quinientos metros, dejando arriba el corte para facilitar el transporte del mismo.

Además de su diseño, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Coeficiente de contracción e hinchamiento
- Pendiente máxima y mínima
- Condiciones topográficas

Las condiciones topográficas de la región, determinan tres tipos de terreno, según la clasificación usada en la Dirección General de Caminos y son los siguientes:

1. Terreno llano
2. Terreno ondulado
3. Terreno montañoso

En este caso se tiene un terreno montañoso.

2.1.7.3 Determinación de curvas verticales

Los elementos que forman el perfil longitudinal de la subrasante, deben enlazarse por medio de curvas verticales cóncavas o convexas, de longitud variable.

El propósito de las curvas verticales, consiste en suavizar los caminos en el movimiento vertical, puesto que a través de su longitud, se efectúa un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida, proporcionando una transición segura y confortable.

Longitud mínima de curva vertical. La longitud mínima de curvas verticales se calcula con la expresión que a continuación se presenta:

$$LCV = K * A$$

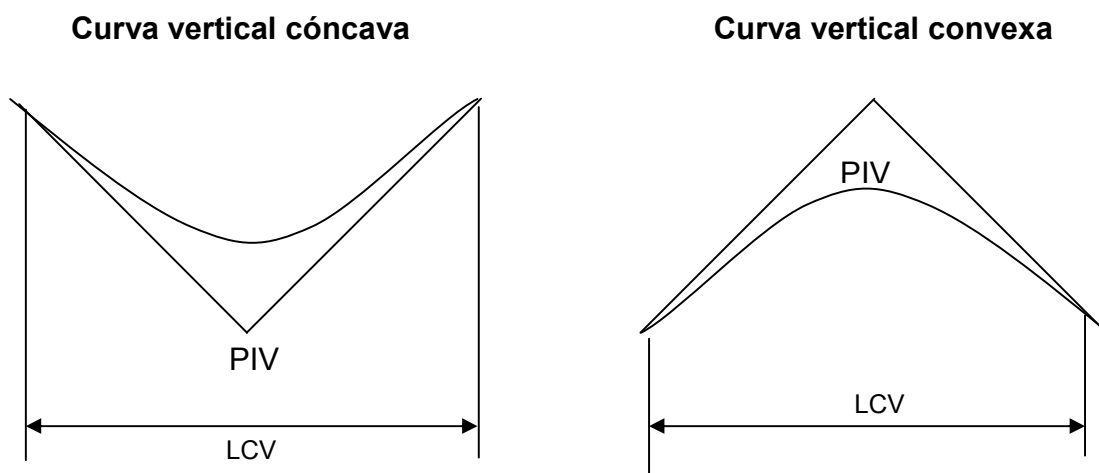
Donde:

LVC = Longitud mínima de curvas verticales, dada en metros

A = Diferencia algebraica de las pendientes, dada en porcentaje

K = Constante que depende de la velocidad de diseño adimensional

Figura 3. Tipos de curvas verticales.



2.1.7.4 Trazo de subrasante

El trazo de la subrasante se efectúa en dos fases:

Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal. Consiste en encontrar las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base a las pendientes y a las estaciones de los PIV, que se colocaron al momento de realizar el diseño de la subrasante. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.

Para este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$H = (Est_2 - Est_1) * (P)/100$$

$$Elev_2 = H + Elev_1$$

- La pendiente (P) deberá introducirse a la fórmula con su signo
- Al iniciar un cálculo se leerá en el papel milimetrado, la primera elevación.

Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras. Consiste en colocar los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierras. Colocar las pendientes entre cada PIV.

2.1.7.5 Dibujo de secciones típicas

Depende del tipo de la carretera a diseñar, es decir, del diseño de la sección típica.

Sección típica en tangente. Consiste en plotear la diferencia entre la subrasante y el nivel, arriba o debajo de la sección transversal, según sea el caso, a partir de este punto se debe trazar la sección típica haciendo uso de dos escuadras; dibujar la mitad de la típica a ambos lados de la línea central, siendo la inclinación de la típica de 3% (bombeo normal) a ambos lados, dicho bombeo puede llegar a variar.

Sección típica en curva. Se plotea la diferencia como se menciona en la sección típica en tangente, colocándose a la izquierda o derecha de acuerdo con el valor del corrimiento de la curva. El peralte indica la inclinación de la sección típica; cuando el peralte es menor del 3% y la curva es hacia la izquierda, el lado izquierdo de la sección típica, permanece con el 3% y el lado derecho de la sección se suma o resta el peralte con el porcentaje calculado en esa estación para el lado hacia donde va la curva.

El sobreancho se suma al ancho de la sección de adentro de la curva. Si el ancho de la típica se midió a partir de la línea central, restar el corrimiento del lado opuesto a la curva. Cuando la curva va hacia la derecha, el procedimiento es el mismo solo que a la inversa.

En casos en que el peralte sea mayor del 3%, se inclina toda la sección típica hacia el lado donde va la curva, de acuerdo con el porcentaje calculado en cada estación.

Dibujo de taludes. Consiste en el trazo de líneas inclinadas en los extremos de la sección de terracería, haciéndolas coincidir con la sección transversal típica.

La inclinación del talud de la carretera, está en función de las propiedades de los materiales. Sin embargo cuando no se tienen mayores datos y para fines de estimación de volúmenes de movimiento de tierras, es recomendable usar la siguiente tabla:

Tabla VI. Tabla de relaciones para dibujo de taludes

CORTE			RELLENO	
ALTURA	H – V		ALTURA	H – V
0 – 3	1 – 1		0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2		> 3	3 – 2
> 7	1 – 3			

Fuente: **Augusto Pérez, Metodología de actividades para el diseño de carreteras. Pág. 62.**

Donde:

H = HORIZOANTAL

V = VERTICAL

> = MAYOR QUE

Una vez dibujados los taludes, el área arriba de la sección típica se considerará corte (excavación no clasificada) y el área de abajo se denominará relleno (terraplén).

2.1.7.6 Determinación de áreas por el método gráfico

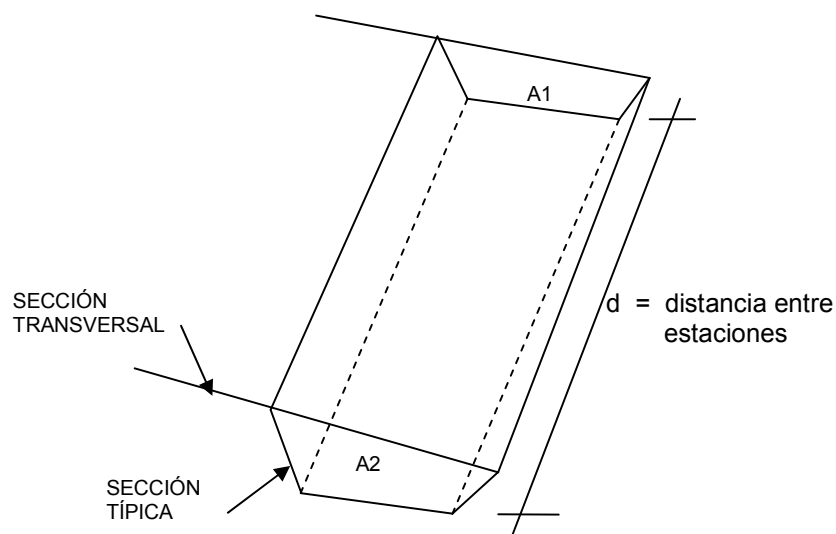
Completándose el dibujo de las secciones típicas, se procede a la medida de las áreas de corte y relleno que existan, deben cuantificarse haciendo uso de un planímetro polar graduado a la escala de la sección.

Se recomienda colocar el área de corte o relleno en la parte superior derecha inmediata a la sección de cada estación, para después trasladar los valores de las áreas, a las hojas de movimiento de tierras, procediendo al cálculo de volúmenes.

2.1.7.7 Cálculo de volúmenes

Una vez se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierra. Para ello, es necesario suponer que el camino está formado por una serie de Prismoides, tanto en corte como en relleno. Entre dos estaciones, el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases es la medida en cada una de las estaciones, y la altura del prisma es igual a la diferencia de estaciones; sucede esto cuando en las estaciones consideradas existe; sólo corte, o sólo relleno. La forma más rápida de calcular el volumen, es en base al producto de la semisuma de las áreas extremas, por la distancia entre estaciones.

Figura 4. Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras



El volumen de un prismoide está dado por la fórmula:

$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} * d$$

Donde:

A_1 = área superior de la estación

A_2 = área inferior de la estación

d = distancia entre las dos áreas.

2.1.8 Carpeta de rodadura

Las terracerías del camino, pueden reunir características favorables para ser utilizadas como superficie de rodamiento, ya sea en su estado natural, o bien, mezcladas con algún material que, modificando sus características, las hagan aceptables como superficie de rodamiento.

Sin embargo, estas condiciones son excepcionales por lo que en general se requiere protegerlas, a fin de que; bajo la acción del tránsito y las precipitaciones pluviales, no experimenten un rápido deterioro. Esta protección se efectúa mediante una capa de balasto de espesor variable (10 a 25 centímetros), para lo cual se utilizan materiales seleccionados de acuerdo con las **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos**, o las especificaciones complementarias del proyecto, para tomar en cuenta las circunstancias técnicas específicas.

BALASTO. Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/metro³ (90 lb/pie³) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser separado ya sea por tamizado en el banco de material o en el lugar donde se deposite.

La porción del balasto retenida en el tamiz 4.75 mm (N° 4), debe estar comprendida entre el 60% y el 40% en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASHTO T 96. La porción que pase el tamiz 0.425 mm (N° 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11, determinado por el método AASHTO T 90. La porción que pase el tamiz 0.075 mm (N° 200), no debe exceder de 15% en peso, determinado por el método AASHTO T11

Tabla VII. Graduación uniforme de balasto

TAMIZ No.	ESTANDAR mm	PORCENTAJE QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA (AASHTO T 27)
2	50.000	100
1.5	37.500	100
1	25.000	65-85
3/4	19.000	50-80
3/8	9.500	50-80
4	4.750	30-60
10	2.000	30-60
40	0.425	10-25
200	0.075	03-10

2.1.9 Drenajes

Su función, consiste en la eliminación del agua o la humedad en la carretera, ya que puede ser perjudicial para la misma, elevando costos de construcción, mantenimiento, y hasta se puede llegar a paralizar el tránsito.

El estudio del drenaje, no solo debe realizarse para el cruce de ríos o riachuelos, si no que para cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, ya que su diseño depende en gran parte la vida útil de la carretera.

2.1.9.1 Ubicación de drenajes

- Con las coordenadas de localización calculadas, plotear la línea en escala 1:50000 en papel milimetrado, para luego trasladarla a papel calco.
- En la hoja 1:50000 donde se encuentre la línea dibujada, ubicar el papel calco y rotular cada kilómetro, localizando las pasadas de agua. Cuando las cuencas son pequeñas es recomendable utilizar mapas de escala menor.
- En la hoja 1:50000 delimitar las cuencas y planimetrar sus áreas, trasladándolas luego a papel calco, convirtiendo estas áreas de kilómetros cuadrados a hectáreas.
- Si el proyecto es de ampliación o rehabilitación, se hará un listado de tuberías, bóvedas, y puentes existentes para rediseñar si fuera necesario.

2.1.9.2 Localización de drenajes

Consiste en realizar un recorrido del tramo en estudio, determinando la siguiente información:

- Tipo y sentido de la corriente.
- Pendiente media con un clinómetro
- Condiciones del lecho como ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedras sueltas y su tamaño
- Condiciones de aguas altas
- Vegetación de la cuenca
- Esviaje
- Perímetro, área y forma del lecho
- Probables canalizaciones de entrada y salida
- Determinación de tramos de subdrenaje
- Puntos de erosión

En este caso se colocaron drenajes transversales en los puntos más bajos de la carretera, así como en puntos intermedios donde el tramo era demasiado largo y se podía llegar a tener un caudal muy alto. (Ver figuras 5 y 6, planos planta-perfil)

2.1.9.3 Cálculo de áreas de descarga, método racional

En el método racional, se asume que el caudal máximo para punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (caudal de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

El método racional está representado por la fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = Coeficiente de escorrentía

Para la intensidad de lluvia se consulta con el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, la cual está dada por las fórmulas:

$$I = a / (t + b)$$

$$t = (0.886 \cdot L^3 / H)^{0.385} \cdot 60$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

a y b = Datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal en kilómetros

H = Diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

El caudal se determina por la fórmula de Manning

$$V = (1/n) * R^{(2/3)} * S^{(1/2)}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = (1/n) * R^{(2/3)} * S^{(1/2)} * A$$

$$A = \pi * \emptyset^2 / 4 \text{ (tubería circular)}$$

$$R = \emptyset / 4 \text{ (tubería circular)}$$

Donde:

V = Velocidad en metros por segundo

R = Radio

2.1.10 Elaboración de planos

Los planos finales que se realizaron contienen todos los detalles de la planta y del perfil del terreno. En la planta se colocaron todos los datos necesarios de las curvas horizontales, las longitudes de tangentes y también el kilometraje de cada principio de tangente y principio de curva; en el perfil se especifica la velocidad de diseño de la carretera, los diferentes niveles de cada punto, cambios de pendientes y los datos de las curvas verticales.

Para completar el juego de planos, se incluyó el plano de sección típica de balasto así como de sección típica de empedrado, y detalles de drenajes longitudinal y transversal.

2.1.11 Impacto ambiental

En los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada uno tiene sus respectivos impactos ambientales adversos, entonces deberá considerarse el establecimiento de políticas o estrategias ambientales, la aplicación adicional de equipo, si el caso así lo amerita; sistemas, acciones, y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios de la opción del proyecto, dando prioridad a aquellos particularmente significativos.

Para un proyecto de carreteras, se pueden utilizar diversas medidas de mitigación, que van desde obras de infraestructura, hasta barreras vivas y barreras muertas, u otras obras sencillas construidas con materiales propios del lugar.

Medidas de mitigación recomendadas son:

- No realizar la quema de material vegetal por ningún motivo, por efectos de combustión sobre la atmósfera, sobre el suelo que pierde humedad y la flora, fauna, microflora y microfauna que se ven afectadas en la alteración de su ciclo biológico, destrucción de su hábitat, contaminación de suelos y ríos, por partículas que lleva el agua de lluvia o el viento.
- La remoción del material vegetal debe seleccionarse, para no perjudicar especies decorativas de la región o escasez relativa de la misma.

Medidas de mitigación para construcción son:

- Todo el material de corte del terreno, se deberá depositar en sitios ubicados a más de 100 mts de un cuerpo de agua superficial, en caso que se deposite en sitios donde esté expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes, y/o gaviones de piedra sostenidos con malla de alambre para que desempeñen la función de muro de retención, y que establezcan especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.
- La manipulación del suelo y agregados pétreos, deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podrían causar problemas de salud a la población asentada en el área, usuarios de la carretera durante su construcción, y los propios trabajadores del proyecto.
- La construcción de estructuras de drenaje transversales es importante, debido a que el tipo de terreno, o parte de la sub-cuenca, drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura.
- La tubería de drenaje transversal, será de diámetro adecuado y a intervalos convenientes, con un mínimo de 3 por Km.

- Se deben hacer pozos de absorción en la entrada de la tubería, para ayudar a contener el material que arrastre el agua. En la salida de la tubería, se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento o disipadores con gramíneas, muros de piedra, bambú, o cualquier material propio de lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería, y evitar la formación de cárcavas si la pendiente del terreno es fuerte.

Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.

- Debe de considerarse la habilitación de sitios para parqueo, destinados a la reparación de vehículos durante su recorrido, o para el descanso de los automovilistas.
- El proceso de erosión, es fácil de controlar mediante la conservación de la cubierta vegetal existente, estableciendo nuevas plantas o vegetación, en lugares escasos o desprovistos de los mismos.
- Es necesario, que la proporción de cortes de los taludes sea el adecuado de acuerdo a su altura, no excediéndose en el mismo. Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad, o presenta dificultad en lograr el ángulo de corte indicado, se puede conseguir mediante el establecimiento de plantas y la aplicación de cemento inyectado. Se recomienda, cuando los taludes sean mayores de 4 metros, se hagan terrazas provistas de cubierta vegetal.

2.1.12 Elaboración de presupuesto

Para la elaboración del presupuesto, primero se encontraron los renglones de trabajo y las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de carretera, luego se calcularon los costos directos. Con estos resultados, se establecieron las relaciones que deben existir entre ellos para el éxito de la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta los rendimientos de la maquinaria. Los precios de los materiales, son precios de venta en el municipio de San Cristóbal Verapaz. Los precios de arrendamiento de maquinaria incluyen operador y combustible.

Los salarios de la mano de obra, se tomaron los que se pagan en el municipio, el precio de arrendamiento de maquinaria se cotizó en la ciudad de Cobán, Alta Verapaz. Dentro del presupuesto se incluyó un 30% del costo total de la obra en lo que concierne al renglón de indirectos.

Tabla VIII. Cuadro de Integración de Costos

Proyecto: Construcción Carretera San Sebastián el Refugio

No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	Limpia, chapeo y destronque	9915.22	M2	Q 0.25	Q 2,478.81	
1.2	Replanteo	1416.46	ML	Q 2.00	Q 2,832.92	Q 5,311.73
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2.1	Corte de material no clasificado	40,876.40	M3	Q 8.68	Q355,982.50	
2.2	Relleno	11,280.20	M3	Q 15.80	Q178,227.16	Q 542,027.12
3	CONFORMACION DE SUBRASANTE					
3.1	Afinamiento de subrasante	1416.46	ML	Q 12.02	Q 17,066.26	Q 17,066.26
4	DRENAJES MENORES					
4.1	Transversales de 36" (Tub. Corrugada)	24	ML	Q 1,326.89	Q 31,845.36	Q 31,845.36
5	OBRAS DE MAMPOSTERÍA					
5.1	Empedrado	1265.84	M2	Q 91.93	Q116,368.67	
5.2	Cunetas revestidas	640	ML	Q 43.18	Q 27,635.20	Q 144,003.87
6	CARPETA RODADURA					
6.1	Corte de balasto	825	M3	Q 11.07	Q 9,135.50	
6.2	Carga de balasto	825	M3	Q 5.54	Q 4,568.01	
6.3	Transporte de balasto	825	M3	Q 10.50	Q 8,662.50	
6.4	Compactación de balasto	1100	ML	Q 21.42	Q 23,557.10	
6.5	Cunetas naturales	2200	ML	Q 6.20	Q 13,629.44	Q 59,552.55
7	TRANSPORTE DE MAQUINARIA					
7.1	Traslado de maquinaria a utilizar	1	Global		Q 12,096.00	Q 12,096.00
8	COSTO INDIRECTO					
8.1	Indirectos	1	Global		Q 243,570.87	Q 243,570.87

GRAN TOTAL	Q1,055,473.76
-------------------	----------------------

Este costo incluye en valor de la mano de obra no calificada local

PRECIO UNITARIO SUGERIDO POR KILOMETRO	Q 745,149.00
---	---------------------

2.2 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Barrio Vista Hermosa, cabecera municipal de San Cristóbal Verapaz

2.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en un sistema de alcantarillado sanitario, el cual se diseñará según especificaciones y normas de diseño del INFOM. El diseño en mención está calculado para un período de diseño de 21 años, tomando en cuenta una dotación diaria de 120 t/hab/día, con un factor de retorno de 0.85.

La cantidad actual de familias a servir es de 53, con una densidad de habitantes por vivienda de 6 habitantes, y una tasa de crecimiento de 4.04%, lo cual hace una población actual de 318 habitantes, y una población futura de 731 habitantes.

2.2.2 Levantamiento topográfico

2.2.2.1 Altimetría

El levantamiento que se realizó en éste caso, fue de primer orden por tratarse de un proyecto de drenajes, en que la precisión de los datos es muy importante. Para el trabajo se utilizó un nivel de precisión marca Wild modelo N24, un estadal así como cinta métrica.

Teniendo los datos de altimetría se procedió al trazo de las curvas de nivel para así poder tener una representación gráfica de las elevaciones y pendientes que existen en el lugar.

2.2.2.2 Planimetría

El levantamiento planimétrico, sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y en general; ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planimétrico, se utilizan diferentes métodos, el utilizado para éste trabajo fue el de deflexiones. El equipo utilizado fue un Teodolito marca Wild-T-1, un estadal, plomada y una cinta métrica.

2.2.3 Diseño del sistema

2.2.3.1 Descripción del sistema a utilizar

De acuerdo con su finalidad, existen tres tipos básicos de alcantarillado. La selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizás el más importante es el económico.

a) Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, como, baños, cocinas, lavados y servicios; las de residuos comerciales, como, restaurantes y garages; las de residuos industriales, e infiltración.

b) Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.

c) Alcantarillado combinado: posee los caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

En este caso se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario, porque sólo se recolectarán aguas servidas domiciliarias y comerciales únicamente.

2.2.3.1.1 Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este período, es necesario rehabilitarlo.

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función, durante un período de 30 a 40 años, a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado, o cualquier obra de ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño; así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

El período de diseño, para la red de alcantarillado sanitario es de 21 años. Se adoptó éste período tomando en cuenta los siguientes aspectos: Los recursos económicos con los que cuenta la municipalidad, y las normas del Instituto de Fomento Municipal.

2.2.3.1.2 Población de diseño

Para estimar la población de diseño, se utilizó el método geométrico, involucrando de forma directa a la población actual que tributará al sistema de drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 318 habitantes, y una población futura de 731 habitantes, en un período de 21 años

2.2.3.1.3 Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (l/hab/día).

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Se trabajó con una dotación de 120 l/hab/día, la cual es asignada por la municipalidad.

2.2.3.1.4 Factor de retorno

El factor de retorno, es el porcentaje de agua que después de ser usada, vuelve al drenaje, en éste caso se considera un ochenta y cinco por ciento de factor de retorno.

2.2.3.1.5 Factor de flujo instantáneo

El factor de Harmon o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad, que involucra a toda la población a servir. Es un factor de seguridad que actúa sobre todo; en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

La fórmula del factor de Harmon es adimensional y viene dada por:

$$FH = (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2})$$

Donde P es la población del tramo a servir, se expresa en miles de habitantes. El factor de Harmon se encuentra entre los valores de 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población a servir.

Ejemplo de cálculo de Factor de Harmon

$$\begin{aligned} FH &= (18 + P^{1/2}) / (4 + P^{1/2}) \\ &= (18 + (731/1000)^{1/2}) / (4 + (731/1000)^{1/2}) \\ &= 3.88 \end{aligned}$$

2.2.3.1.6 Caudal sanitario

2.2.3.1.6.1 Caudal domiciliar

El caudal domiciliar, no es más que la cantidad de agua que se evacua hacia el drenaje, luego de ser utilizada en el hogar. Es función directa del canon de agua, para este caso el canon de agua es de 120 litros por habitante por día.

Ejemplo de cálculo de caudal domiciliar tramo 15 a 16

$$\begin{aligned} Q_{\text{dom}} &= (\text{Hab.} \cdot \text{dot} \cdot \text{F.R.}) / 86400 \\ &= (731 \cdot 120 \cdot 0.85) / 86400 \\ &= 0.862 \text{ lt/s} \end{aligned}$$

2.2.3.1.6.2 Caudal de Infiltración

En nuestro caso no se calculó caudal de infiltración, ya que la tubería que se utilizó para el diseño es de P.V.C.

2.2.3.1.6.3 Caudal por conexiones ilícitas

Es la cantidad de agua de lluvia que se ingiere al drenaje, proviene principalmente porque algunos usuarios, conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema. Este caudal daña el sistema, debe de evitarse para no causar posible destrucción del drenaje. Se calcula como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. El caudal de conexiones ilícitas se calcula según la fórmula:

$$Q = CiA/360$$

Siendo:

Q	el caudal de conexiones ilícitas.
C	coeficiente de escorrentía que depende de la superficie
i	la intensidad de lluvia en el área en mm/hora.
A	el área en hectáreas.

Claro está que para un área con un diferente factor de escurrentía, habrá un diferente caudal, el caudal de conexiones ilícitas puede ser calculado de otras formas, tales como estimando un porcentaje del caudal doméstico, como un porcentaje de la precipitación, etc.

En este caso se tomó como base el método dado por el INFOM, el cual especifica que se tomará el 10% del caudal domiciliar, sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El valor utilizado para del diseño fue de 25%

Ejemplo de cálculo de caudal por conexiones ilícitas

$$\begin{aligned} Q &= 0.25 * Q_{\text{dom}} \\ &= 0.25 * 0.862 \text{ lt/s} \\ &= 0.2155 \text{ lt/s} \end{aligned}$$

2.2.3.1.7 Factor de caudal medio

Es la suma de todos los caudales anteriores, dividido por la suma de habitantes a servir, el factor de caudal medio debe ser mayor que 0.002 y menor que 0.005, en todo caso; al calcular el factor de caudal medio, si no está dentro de los límites, se debe tomar el límite más cercano. Se expresa en litros por segundo por habitante.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No. habitantes}}$$

$$\begin{aligned} f_{qm} &= (Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{Conexiones ilícitas}}) / \text{No. Habitantes} \\ f_{qm} &= (0.862 + 0.2155) / 731 \\ f_{qm} &= 0.0015 \end{aligned}$$

Para este proyecto se tomó el valor de 0.003 como factor de caudal medio el cual es un dato regulado por el Instituto de Fomento Municipal INFOM.

2.2.3.1.8 Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema, cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante.

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de:

- a. caudal máximo de origen doméstico
- b. caudal de infiltración
- c. caudal de conexiones ilícitas
- d. aguas de origen industrial y comercial, según las condiciones particulares de estos establecimientos

El caudal de diseño de cada tramo, será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond, y el número de habitantes a servir, que en éste caso se diseñó para población actual y futura.

2.2.3.1.9 Selección del tipo de tubería

La selección del tipo de tubería, se basó en las condiciones topográficas del terreno, así como de la vida útil de de la misma. La tubería seleccionada para éste proyecto fue tubería de P.V.C. NORMA ASTM F-949 NOVAFORT de 6 pulgadas de diámetro y 6 metros de largo.

2.2.3.1.10 Diseño de secciones y pendientes

La pendiente a utilizar en el diseño, deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno para evitar un sobre-costos por excavación excesiva, sin embargo; en todos los casos se deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad. Dentro de las viviendas, se recomienda utilizar una pendiente mínima del 2 por ciento, lo cual asegura el arrastre de las excretas.

2.2.3.1.11 Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo dentro de la alcantarilla, deberá estar dentro del rango de 0.60 m/s a 3.0 m/s, para la tubería de concreto, para tubería de P.V.C. es de 0.4 a 4.0 m/s.

2.2.3.1.12 Cotas invert

La Cota Invert, es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería, se debe verificar que la cota invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas invert se calculan con base a la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Se debe seguir las siguientes reglas para el cálculo de Cotas Invert:

- La cota invert de salida de un pozo, se coloca al menos tres centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo, es mayor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

2.2.3.1.13 Diámetro de tubería

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular, se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las Normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal y de la Dirección General de Obras Públicas, indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8" en el caso de tubería de concreto y de 6" para tubería de P.V.C., esto si el sistema de drenaje es sanitario.

Para las conexiones domiciliarias se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de P.V.C.

En este caso, el diámetro de tubería utilizado para el colector principal fue de 6" y para las conexiones domiciliarias fue de 4", todas de tubería de P.V.C.

2.2.3.1.14 Pozos de visita

Los pozos de visita, son estructuras que se construyen para verificar, limpiar, y/o cambiar de dirección en puntos donde se juntan dos o más tuberías; también se construyen donde hay cambios de nivel y a cada cierta distancia. Normalmente los pozos de visita se construyen a cada cien metros cuando el terreno lo permite. Si las condiciones del lugar son adecuadas por razones económicas, se permiten pozos de visita hasta cada veinte metros, además se construyen en los inicios de cualquier tramo, cuando se cambia de dirección; tanto horizontal como vertical, cuando la tubería cambia de diámetro y en cualquier intersección del colector.

Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción, como lo son de ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, etc.

En este caso los pozos de visita serán de ladrillo de barro cocido

2.2.3.1.15 Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar, es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio, a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado sanitario, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado, o en cada lugar en donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En los colectores pequeños, es mas conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada, es preferible a una conexión en Y mal establecida. Es conveniente, que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector este funcionando a toda su capacidad.

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en una forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir, con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector, debe tener un diámetro no menor a 0.15 mts. (6") para tubería de cemento y 0.10 mts. (4") para tubería P.V.C., debe colocarse con una pendiente de 2% como mínimo.

En este proyecto se utilizó Tubo PVC. 4" NORMA ASTM F-949 NOVAFORT así como Silleta "Y" O "T" 6" x 4" NOVAFORT, para la candela se utilizó un tubo de concreto de 12" de diámetro.

2.2.3.1.16 Profundidad de la tubería

La profundidad a la cual debe quedar la tubería, se calcula mediante la cota invert; se deberá chequear en todo caso, que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para que no se dañe debido al paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

El recubrimiento mínimo es de 1.20 metros para las áreas de circulación de vehículos, en ciertos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor, sin embargo; se debe estar seguro del tipo de circulación que habrá en el futuro sobre el área, la tabla que se muestra a continuación, establece las profundidades mínimas según el diámetro de la tubería y el tipo de tránsito.

Diámetro								
Pulgadas	8	10	12	16	18	21	24	30
Trafico								
Normal	1.22	1.28	1.33	1.41	1.50	1.58	1.66	1.84
Trafico								
Pesado	1.42	1.48	1.53	1.61	1.70	1.78	1.86	2.04

2.2.3.1.17 Principios hidráulicos

La mayor parte de los alcantarillados se proyectan como canales abiertos, en los cuales, el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera (P_a = presión atmosférica). Existen excepciones, como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión. Puede suceder que el canal esté cerrado, como el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua de desecho, y que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases o en el caso que en las alcantarillas de agua de lluvia sea superada la capacidad para la que fueron diseñadas.

2.2.3.1.18 Relaciones hidráulicas

Para el diseño de alcantarillado, se parte de la igualdad entre la relación de caudales reales o conocidos, y la relación de caudales teóricos (q/Q). Teniendo esta relación de caudales, podemos determinar los valores de las demás relaciones, por medio de tablas para el diseño de alcantarillados sanitarios. Las relaciones hidráulicas a obtener son:

- Relación de caudales: q/Q
- Relación de velocidades: v/V
 - $0.6 \leq v \leq 3$ mts/seg. (T.C.)
 - $0.4 \leq v \leq 4$ mts/seg. (T.P.V.C.)
 - 0.4 = Para que exista fuerza de tracción y arrastre de los sólidos.
 - 4.0 = Para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de P.V.C.
- Relación de tirantes: d/D
 - De 0.1 a 0.75

Con los parámetros anteriores, se evita que la tubería trabaje a presión.

Ejemplo de cálculo tramo 15 a16

$$\begin{aligned}
 q_d &= FH * f_{qm} * \text{No. Hab.} \\
 &= 3.88 * 0.003 * 731 \\
 &= 8.51 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

$$\varnothing_{\text{tub.}} = 6'' = 0.1524 \text{ m}$$

$$S = 2.71\%$$

$$\begin{aligned}
 V &= (0.03429 * 0.1524^{2/3} * 2.71^{1/2}) / 0.009 \\
 &= 1.78951 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= V * A \\
 &= 1.78951 * (785.4 * 0.1524^2) \\
 &= 32.64 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q/Q &= 8.51 / 32.64 \\
 &= 0.26072 \quad \text{Cumple con los parámetros establecidos}
 \end{aligned}$$

De tablas:

$v/V = 0.840428$ Cumple con los parámetros establecidos

$d/D = 0.348$ Cumple con los parámetros establecidos

2.2.3.2 Planos

Para este proyecto, se elaboraron planos que contienen la planta y perfil de pozos de visita a pozos de visita así como un plano de detalles de pozos de visita como también de conexiones domiciliarias. En los planos de planta-perfil se colocaron todos los datos necesarios como cota de terreno, cota invert de entrada y salida de tubería, diámetro de tubería, pendiente de la tubería, y distancia entre cada pozo de visita.

2.2.3.3 Presupuesto del proyecto

Para la elaboración del presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario se tomaron precios de materiales cotizados en la región y otros como el tubo PVC. 6"x 6" Norma ASTM F-949 NOVAFORT se cotizó en la ciudad de Guatemala; los salarios de mano de obra fueron proporcionados por la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz.

Presupuesto

Tabla IX. Presupuesto materiales de construcción

No.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. U.	TOTAL
1	Línea Central				
1.1	Tubo PVC. 6"x 6" Norma ASTM F-949 NOVAFORT	TUBO	108	Q401.79	Q43,393.32
1.4	Pegamento para PVC:	GALÓN	8	Q410.00	Q3,280.00
				SUBTOTAL	Q46,673.32
2	POZOS DE VISITA				
2.1	Ladrillo tayuyo de 6.5 x 11x 23 cm.	MILLAR	17	Q1,500.00	Q 25,912.21
2.2	Cemento	SACO	78	Q 37.00	Q 2,891.35
2.3	Arena	m³	15	Q 55.00	Q 814.90
2.4	Piedrín	m³	4	Q 130.00	Q 526.81
2.5	Cal	BOLSA	34	Q 17.00	Q 572.07
2.6	Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	3	Q 205.00	Q 668.35
2.7	Hierro legítimo de 3/8"	QUINTAL	10	Q 225.00	Q 2,145.31
2.8	Hierro legítimo de 1/2"	QUINTAL	3	Q 240.00	Q 718.59
2.9	Alambre de amarre	LIBRA	55	Q 2.90	Q 160.26
2.1	Madera	PIE/TABLA	876	Q 4.40	Q 3,854.75
2.11	Clavo	LIBRA	44	Q 2.75	Q 120.46
				SUBTOTAL	Q 38,385.07
3	CONEXIONES DOMICILIARES				
3.1	Cemento	SACO	50	Q 38.00	Q 1,898.15
3.2	Arena	m³	3	Q 55.00	Q 153.72
3.	Piedrín	m³	4	Q 130.00	Q 548.87
3.4	Hierro legítimo de 1/4"	QUINTAL	3	Q 17.00	Q 57.48
3.5	Alambre de amarre	LIBRA	12	Q 2.90	Q 34.32
3.6	Tubo PVC. 4" x 6" NORMA ASTM F-949 NOVAFORT	TUBO	64	Q 178.89	Q 11,434.15
3.7	Silleta "Y" O "T" 6" x 4" NOVAFORT	UNIDAD	53	Q 137.46	Q 7,285.38
3.1	Tubo de concreto de 12" x 1"	TUBO	53	Q 55.00	Q 2,915.00
3.11	Codo a 45° de 4" NOVAFORT	UNIDAD	27	Q 35.50	Q 940.75
3.12	Codo a 90° de 4" NOVAFORT	UNIDAD	27	Q 47.22	Q 1,251.33
3.13	Cemento Solvente	GALON	4	Q 443.81	Q 1,881.75
3.14	Madera	PIE/TABLA	38	Q 5.20	Q 197.60
3.15	Clavo	LIBRA	2	Q 2.75	Q 5.23
				SUBTOTAL	Q 28,603.74
				TOTAL	Q 113,662.13
				IMPREVISTOS 5%	Q 5,683.11
				TOTAL RENGLÓN	Q 119,345.23

Tabla X. Presupuesto mano de obra

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PREC. U.	TOTAL
1	Línea Central				
1.1	Excavación	m³	434	Q 20.00	Q 8,675.48
1.2	Relleno	m³	425	Q 15.00	Q 6,368.76
1.2	Retiro de sobrante	m³	12	Q 9.00	Q 105.56
1.3	Colocación de tubería	ml	539	Q 8.00	Q 4,314.92
				SUBTOTAL	Q 19,464.72
2	Pozos de visita				
2.1	Excavación	m³	447	Q 20.00	Q 8,949.91
2.2	Relleno	m³	10	Q 15.00	Q 157.38
2.2	Retiro de sobrante	m³	568	Q 9.00	Q 5,112.95
2.3	Levantado	UNIDAD	16	Q1,200.00	Q 19,200.00
				SUBTOTAL	Q 33,420.24
3	Conexiones domiciliars				
3.1	Excavación	m³	256	Q 20.00	Q 5,123.63
3.2	Relleno	m³	253	Q 15.00	Q 3,793.74
3.2	Retiro de sobrante	m³	4	Q 9.00	Q 38.20
3.3	Colocación de tubería	UNIDAD	64	Q 250.00	Q 15,979.30
				SUBTOTAL	Q 24,934.87
				TOTAL	Q 77,819.83
				IMPREVISTOS 5%	Q 3,890.99
				TOTAL RENGLÓN	Q 81,710.82

Tabla XI. Presupuesto herramienta y equipo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Pala redonda con cabo	UNIDAD	15	Q 28.00	Q 420.00
Piocha con cabo	UNIDAD	15	Q 62.00	Q 930.00
Coba	UNIDAD	8	Q 26.00	Q 208.00
Cubeta concretera	UNIDAD	20	Q 9.00	Q 180.00
Cabo para pala	UNIDAD	15	Q 9.50	Q 142.50
Cabo para piocha	UNIDAD	15	Q 9.50	Q 142.50
Martillo	UNIDAD	10	Q 42.00	Q 420.00
Barreta	UNIDAD	6	Q 57.50	Q 345.00
Tenaza	UNIDAD	8	Q 43.00	Q 344.00
Hilo nylon 1.2 mm	CONO	10	Q 9.00	Q 90.00
Manguera de ½"	UNIDAD	4	Q 75.00	Q 300.00
Azadón	UNIDAD	10	Q 40.00	Q 400.00
Cedazo 1/16"	YARDA	9	Q 12.00	Q 108.00
Cedazo 1/4"	YARDA	9	Q 12.00	Q 108.00
Sierra de acero	UNIDAD	15	Q 14.00	Q 210.00
Cinta métrica de 5 m	UNIDAD	1	Q 74.00	Q 74.00
Carretilla de mano	UNIDAD	20	Q 80.00	Q 3,600.00
Cegueta	UNIDAD	5	Q 36.00	Q 180.00
Lazo Manila de 1"	ml	6	Q 9.00	Q 54.00
SERRUCHO	UNIDAD	6	Q 46.00	Q 276.00
		TOTAL		Q 8,532.00

Costo total de proyecto

Tabla XII. Resumen del costo por renglón

	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL QUETZAL
1	Materiales de construcción	Q 113,662.13	Q 113,662.13
2	Mano de obra	Q 77,819.83	Q 77,819.83
3	Herramienta	Q 8,532.00	Q 8,532.00
SUB TOTAL			Q 200,013.95
IMPREVISTOS 5%			Q 10,000.70
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO			Q 210,014.65

CONCLUSIONES

1. La construcción del proyecto; apertura de tramo carretero hacia la comunidad San Sebastián el Refugio, va a beneficiar directamente a los habitantes de dicha comunidad así como indirectamente a los habitantes de la microregión a la que pertenecen, pues traerá un desarrollo tanto social como económico para el lugar, con lo cual podrán elevar su nivel de vida.
2. El sistema de alcantarillado sanitario barrio Vista Hermosa, beneficiará a la población urbana del municipio. La falta de sistema de alcantarillado sanitario es causa de focos de contaminación y fuente de malos olores, por lo que la construcción de este sistema vendrá a elevar el nivel de vida de la población.
3. Es necesario que al momento de ejecutar obras de ingeniería y, específicamente en la construcción de una red de alcantarillado sanitario, se garantice una supervisión técnica del mismo, en este caso por un profesional de la ingeniería civil.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado, sirve como un complemento para la formación profesional y académica del estudiante, ya que permite la confrontación de la teoría con la práctica. Además, sirve para prestar servicio de asesoría a la sociedad guatemalteca que tanto lo necesita, y así proponer soluciones a problemas de infraestructura y servicios básicos que las comunidades planteen.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

1. Realizar la construcción de la red de alcantarillado sanitario y así evitar los malos olores y la contaminación ambiental que se tiene en dicho lugar.
2. Utilizar mano de obra local para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, como un aporte de la comunidad, de esta forma se reducirán los costos, y los usuarios se concientizaran en el uso, operación y mantenimiento del drenaje.
3. Garantizar la supervisión técnica en la construcción de los proyectos, tanto en el tramo carretero a comunidad San Sebastián el Refugio, como la red de alcantarillado sanitario Barrio Vista Hermosa, para que de esta manera se cumpla con las especificaciones contenidas en los planos.
4. En los tramos iniciales de la red de alcantarillado sanitario, efectuar descargas de agua cada mes, durante la época de verano.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Riépele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería USAC. Guatemala. 1989. 135pp.
2. Curso de Ingeniería Sanitaria 2, Apuntes del curso, Ing. Civil, USAC, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2003.
3. Ligorria Leal, Byron Darío. Diseño de salón de usos múltiples y carretera hacia comunidad Chamisun, del municipio de San Juan Chamelco, departamento de Alta Verapaz. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala, 2004. 159 pp.
4. Ortiz Sobalvarro, Luís Edgardo, Planificación y diseño de la red de drenaje sanitario de la cabecera municipal de Chuarrancho. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala, 1996. 28 pp.

APÉNDICE 1

Figura 5. Plano planta-perfil No. 1

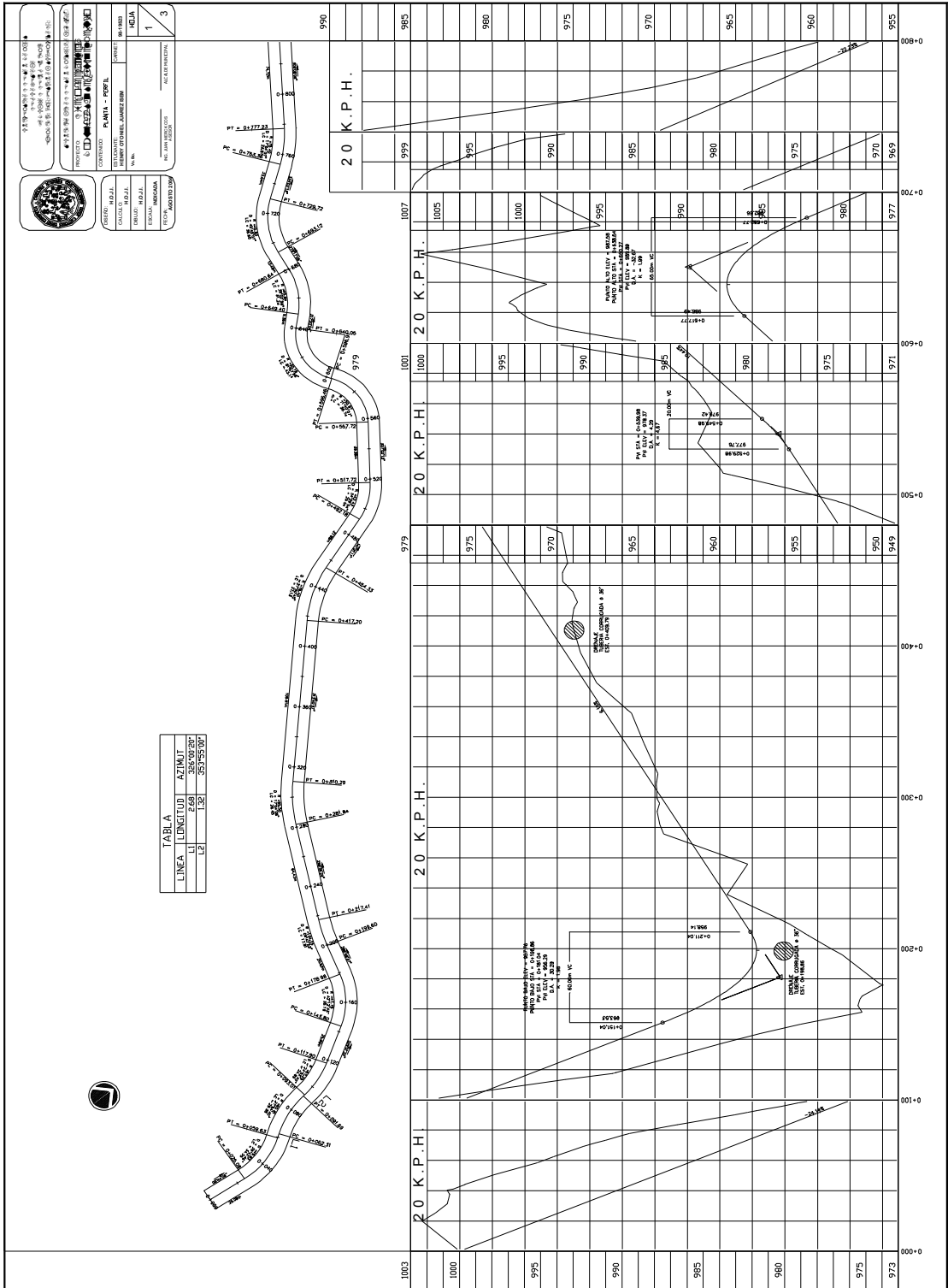
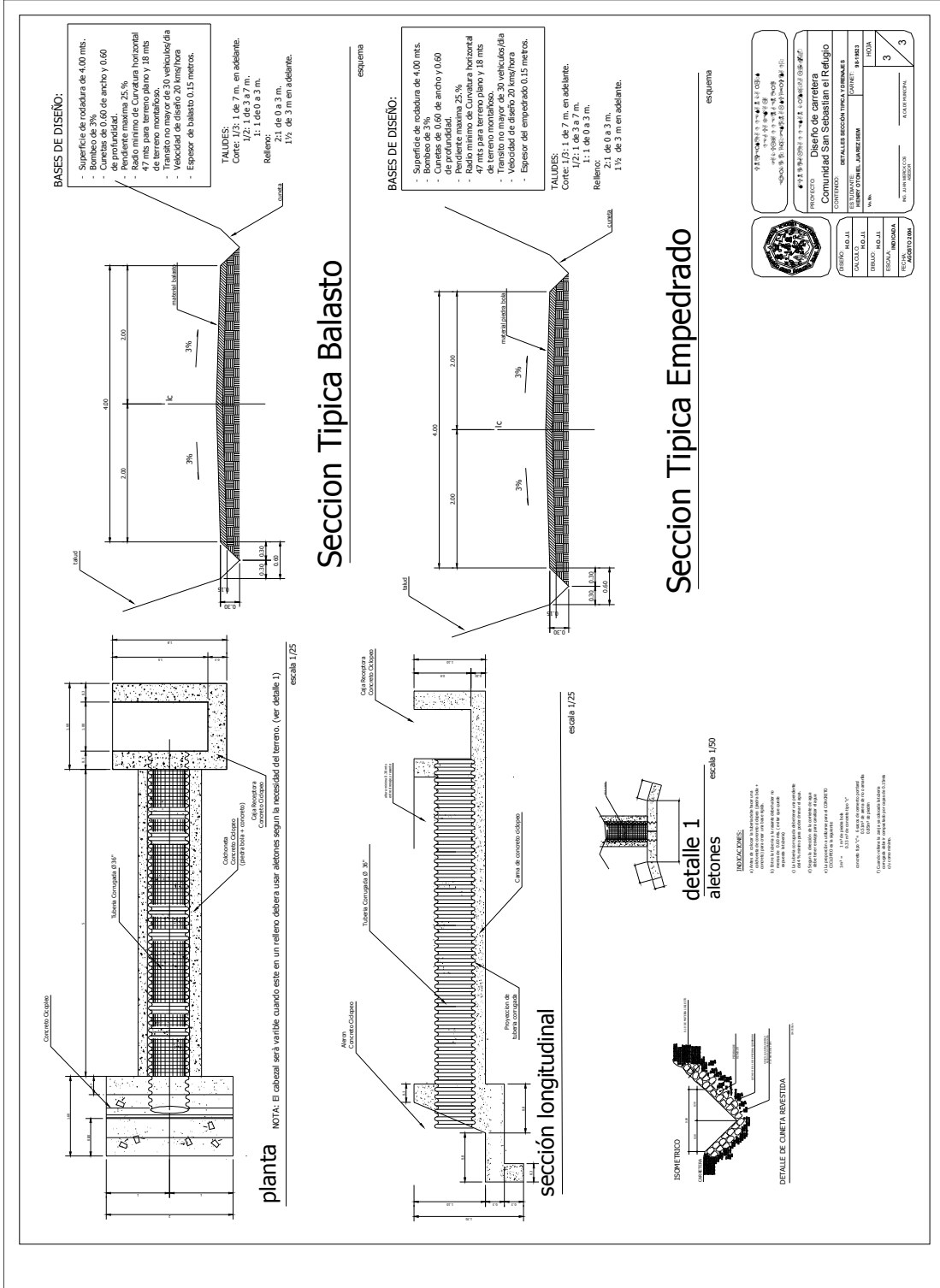


Figura 7. Plano detalle sección típica de carretera y drenajes



APÉNDICE 2

Tabla XIII. Cálculo hidráulico 1

De	A	Cotas de terreno		DH (M)	S (%)	CASAS		HAB. S	ERVIR	FAC HARM		Fqm	qd (l/s)		DIAM. (Pig)	S (%)
		INICIO	FINAL			LOC	ACU			ACT.	FUT.		ACT.	FUT.		
0	0															
1	2	1061.75	1053.43	31.07	26.78	3	3	18	41	4.39	4.33	0.003	0.24	0.537	6	26.78
2	3	1053.43	1038.35	52.56	28.69	4	7	42	96	4.33	4.25	0.003	0.55	1.23	6	28.69
3	4	1038.35	1024.37	49.44	28.28	7	14	84	193	4.26	4.15	0.003	1.07	2.405	6	28.28
4	5	1024.37	1025.29	35.00	-2.63	2	16	96	221	4.25	4.13	0.003	1.22	2.734	6	1
5	6	1025.29	1020.41	12.94	37.71	2	18	108	248	4.23	4.11	0.003	1.37	3.061	6	25
6	7	1020.41	1017.58	66.09	4.28	4	22	132	303	4.21	4.08	0.003	1.67	3.708	6	4.28
2	9	1053.43	1053.06	20.00	1.85	1	1	6	14	4.43	4.40	0.003	0.08	0.182	6	4.5
8	9	1054.06	1053.06	20.00	5.00	4	4	24	55	4.37	4.31	0.003	0.31	0.712	6	5
9	10	1053.06	1036.45	49.92	33.27	6	11	66	152	4.29	4.19	0.003	0.85	1.906	6	33.28
10	11	1036.45	1026.75	36.16	26.83	2	13	78	179	4.27	4.17	0.003	1.00	2.239	6	26.82
11	12	1026.75	1026.38	30.00	1.23	3	16	96	221	4.25	4.13	0.003	1.22	2.734	6	1.23
12	7	1026.38	1017.58	48.42	18.17	3	19	114	262	4.23	4.10	0.003	1.45	3.224	6	19
13	14	1021.42	1020.41	37.41	2.70	4	4	24	55	4.37	4.31	0.003	0.31	0.712	6	2
14	7	1020.41	1017.58	32.91	8.60	2	6	36	83	4.34	4.27	0.003	0.47	1.058	6	8
7	15	1017.58	1000.00	60.66	28.98	6	53	318	731	4.07	3.88	0.003	3.88	8.512	6	27
15	16	1000.00	999.73	9.98	2.7054	0	53	318	731	4.07	3.88	0.003	3.88	8.512	6	2.71

Tabla XIV. Cálculo hidráulico 2

SECCION LLENA	REL.		q / Q		v		(m/s)		Rel.		d/D		v = 0.4 - 4		COTA INVERT		PROF. DE P.V.		DIAMETRO P.V	
	Q (l/s)	ACT.	FUT	ACT.	FUT	ACT.	FUT	ACT.	FUT	ACT.	FUT	ACT.	FUT.	SALIDA	ENTRADA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
5.63	102.616	0.002	0.005	0.204	0.264	0.035	0.052	1.145	1.48	1060.40	1052.08	1.35	1.50	1.66	1.66	1.66	1.66			
5.82	106.212	0.005	0.012	0.260	0.334	0.051	0.075	1.515	1.94	1052.05	1036.97	1.53	1.53	1.66	1.66	1.66	1.66			
5.78	105.451	0.010	0.023	0.322	0.411	0.071	0.104	1.863	2.38	1036.94	1022.96	1.56	1.56	1.66	1.66	1.66	1.66			
1.09	19.829	0.062	0.138	0.554	0.701	0.168	0.250	0.602	0.76	1022.93	1022.58	1.59	2.86	1.66	1.66	1.66	1.96			
5.44	99.147	0.014	0.031	0.354	0.450	0.082	0.120	1.922	2.45	1022.55	1019.31	2.89	1.25	1.96	1.96	1.96	1.66			
2.25	41.023	0.041	0.090	0.489	0.621	0.137	0.203	1.099	1.40	1019.28	1016.45	1.28	1.28	1.66	1.66	1.66	1.66			
2.31	42.064	0.002	0.004	0.184	0.247	0.030	0.047	0.424	0.57	1052.08	1051.18	1.35	2.03	1.66	1.66	1.66	1.96			
2.43	44.340	0.007	0.016	0.289	0.370	0.060	0.088	0.703	0.90	1052.71	1051.71	1.35	1.50	1.66	1.66	1.66	1.66			
6.27	114.393	0.007	0.017	0.292	0.373	0.061	0.089	1.833	2.34	1051.15	1034.54	2.00	2.06	1.96	1.96	1.96	1.96			
5.63	102.692	0.010	0.022	0.316	0.406	0.069	0.102	1.782	2.29	1034.51	1024.81	2.09	2.09	1.96	1.96	1.96	1.96			
1.21	21.992	0.056	0.124	0.538	0.681	0.160	0.238	0.648	0.82	1024.78	1024.41	2.12	2.12	1.96	1.96	1.96	1.96			
4.74	86.434	0.017	0.037	0.375	0.475	0.090	0.131	1.778	2.25	1024.38	1015.18	2.15	2.55	1.96	1.96	1.96	1.96			
1.54	28.043	0.011	0.025	0.331	0.424	0.074	0.109	0.509	0.65	1020.07	1019.32	1.35	1.24	1.66	1.66	1.66	1.66			
3.07	56.086	0.008	0.019	0.301	0.388	0.064	0.095	0.927	1.19	1019.29	1016.66	1.27	1.07	1.66	1.66	1.66	1.66			
5.65	103.036	0.038	0.083	0.478	0.604	0.132	0.194	2.697	3.41	1015.15	998.77	2.58	1.38	1.96	1.96	1.96	1.66			
1.79	32.643	0.119	0.261	0.671	0.840	0.232	0.348	1.201	1.50	998.74	998.47	1.41	1.41	1.66	1.66	1.66	1.66			

Figura 8. Plano de planta de conjunto

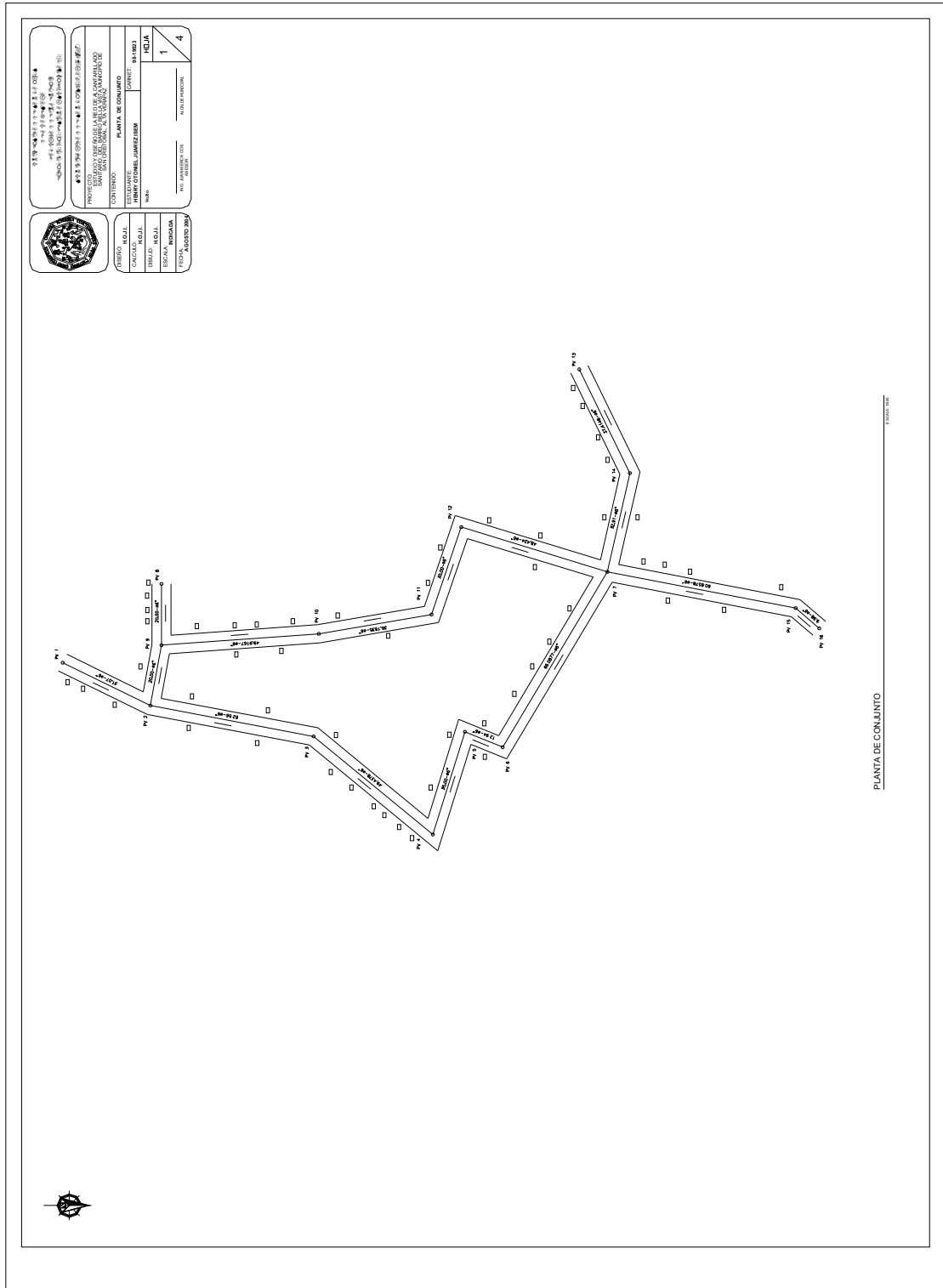


Figura 9. Plano de planta-perfil de PV 1 A PV 3, PV 3 A PV 7, PV 2 A PV 9, PV 8 A PV 10, PV 10 A PV 7

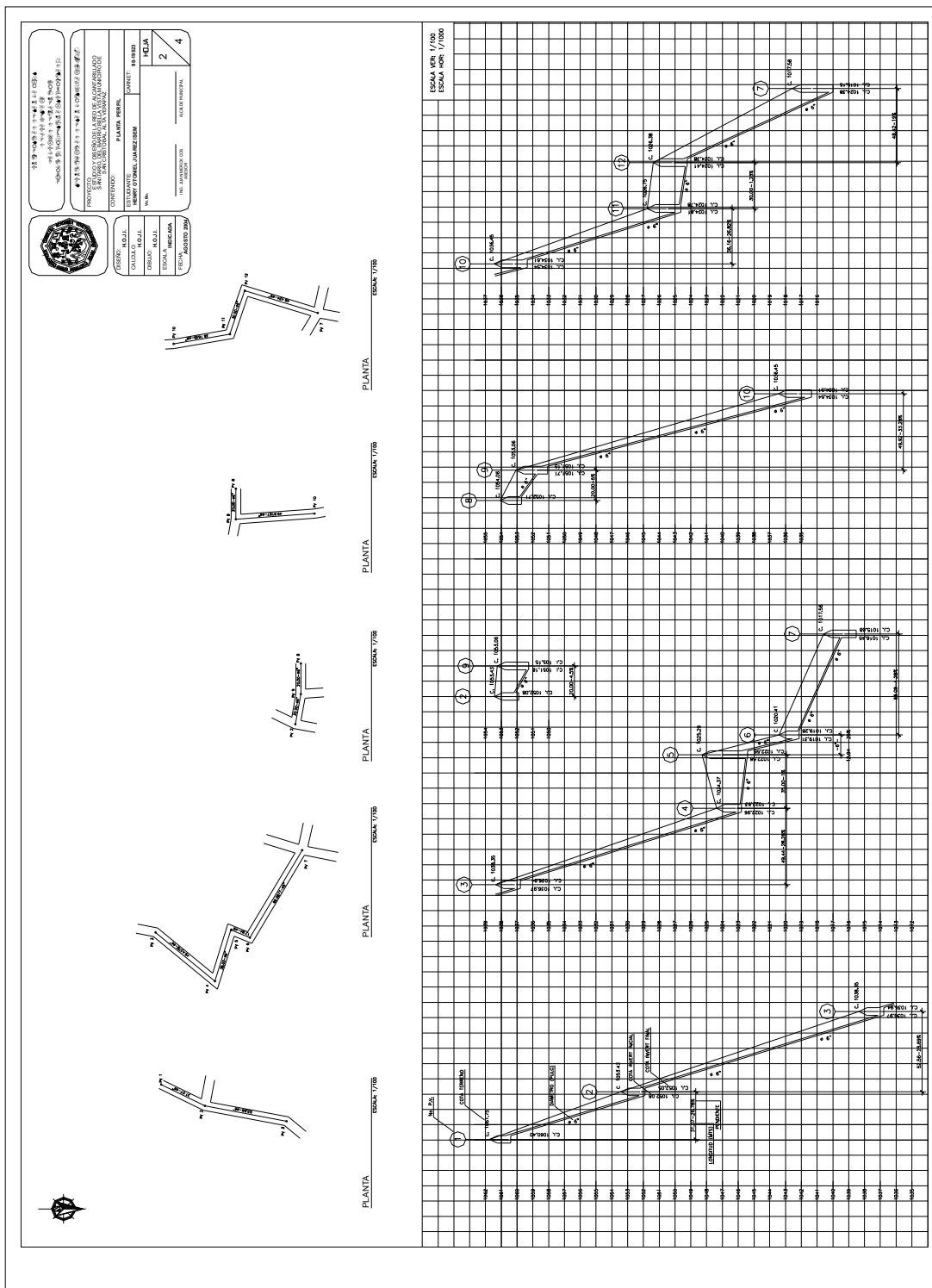


Figura 10. Plano de planta-perfil de PV 13 A PV 7, PV 7 A PV 16

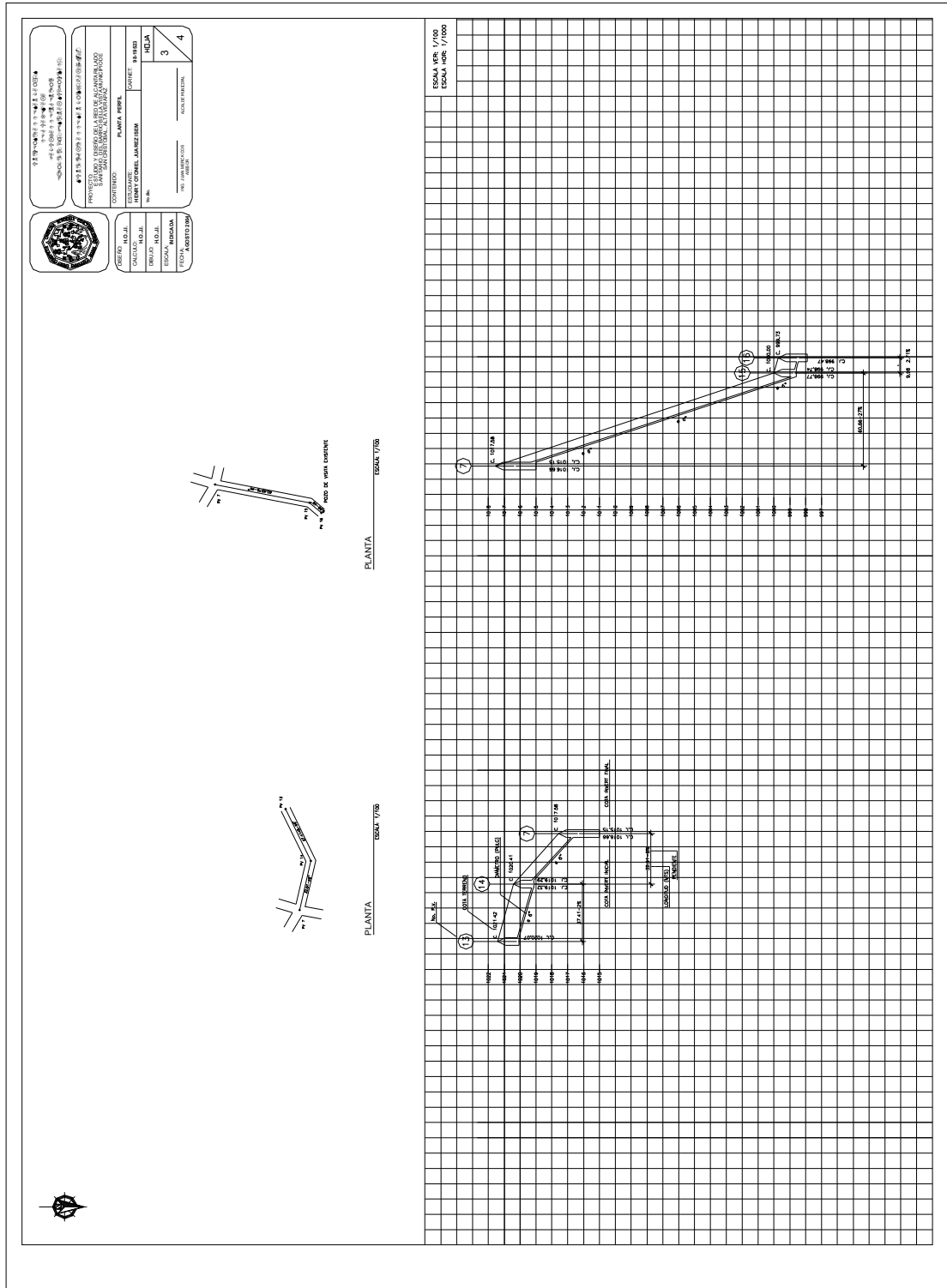


Figura 11. Plano detalles de pozo de visita

