

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

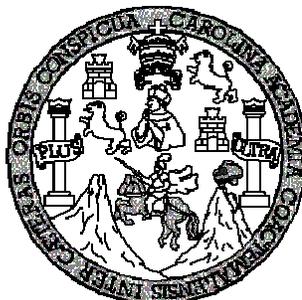
**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA
ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA
VERAPAZ**

RUBEN VICTOR BOJ COTI

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, enero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU,
MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RUBEN VICTOR BOJ COTI

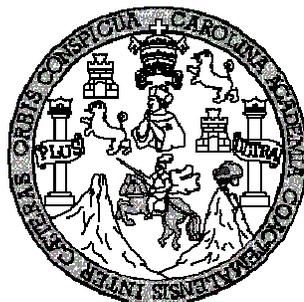
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

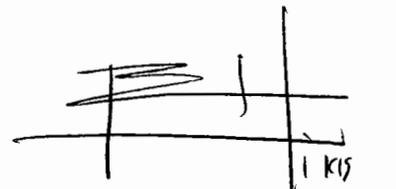
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL 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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 23 de septiembre de 2008.



RUBEN VICTOR BOJ COTI



Guatemala, 07 de octubre de 2010.
REF.EPS.D.607.10.2010

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rubén Victor Boj Coti**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

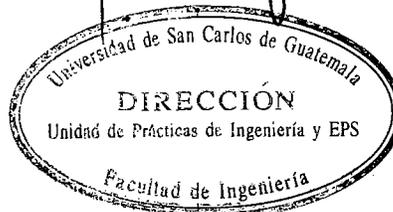
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





Guatemala 07 de octubre de 2010.
Ref.EPS.DOC.999.10.10.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rubén Victor Boj Coti** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200113480**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ”**.

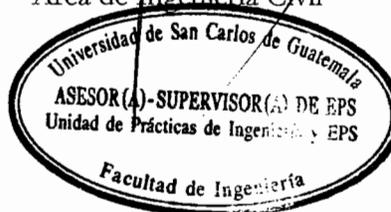
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
11 de octubre de 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rubén Víctor Boj Coti, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
26 de octubre de 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

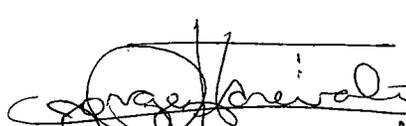
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ruben Victor Boj Coti, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Jorge Alejandro Arévalo Valdez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Ruben Victor Boj Coti, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2011

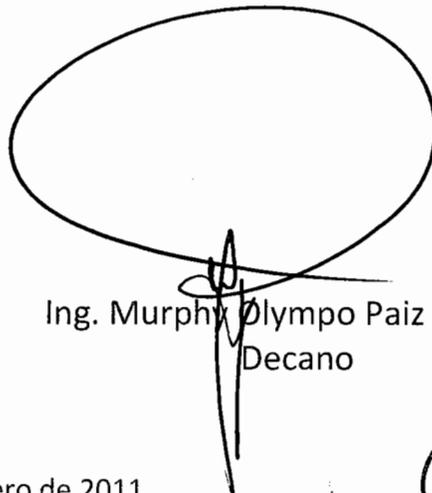
/bbdeb.



DTG. 002.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA SANITARIO PARA LA CABECERA MUNICIPAL Y CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIJOU, MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ,** presentado por el estudiante universitario **Ruben Victor Boj Coti,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 13 de enero de 2011



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado la vida, sabiduría y las capacidades para permitirme alcanzar este anhelado triunfo.
- Mis padres** Jorge Eliseo Boj Chojolan y Dora Luz Coti de Boj
Con mucho amor y admiración por su esfuerzo, ejemplo y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.
- Mis hermanas** Mariana Concepción Boj Coti y Luz Eugenia Boj Coti
- Mi hermano** Jorge Andrés Boj Coti
Como muestra sincera del gran cariño que existe entre nosotros.
- Mis abuelitos** Victor Boj (Q.E.P.D.) y Josefina de Boj (Q.E.P.D)
Ruben Coti (Q.E.P.D.) y Felisa Audelina Sajquim (Q.E.P.D) Por sus consejos, apoyo, y por el gran cariño que me brindaron.
- Amigos** Por nuestra camaradería e incondicional unión.
- Familia** Don Rene Cardoza, Doña Zoili Leal; a sus hijos Rene
Cardoza Leal Cardoza Leal, Luis Cardoza Leal, Tony Cardoza Leal y Mónica Cardoza Leal y a sus respectivas familias como muestra de agradecimiento por ser parte fundamental para lograr este objetivo.
- Familia** A Ana Lucia Cardoza y José Miguel Delgado por la
Delgado Cardoza amistad que tenemos y que va mas allá de la distancia

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme tantas bendiciones y estar siempre junto a mi.
Virgen María	Por que me ha llevado de la mano en cada momento de mi vida.
Mis padres	Jorge Eliseo Boj Chojolán y Dora Luz Coti Sajquim, por educarme con el ejemplo y ser la base donde se cimienta la vida de mi familia.
Mi hermanas y hermano	Luz Eugenia Boj Coti, Mariana Concepcion Boj Coti Jorge Andres Boj Coti por su apoyo y por su cariño.
Familia Cardoza Leal	Don René Cardoza y Doña Zoili Leal, así como a sus hijos por abrirme las puertas de su hogar y darme los medios necesarios que me permitieron alcanzar esta meta, tan importante y anhelada.
Familia Delgado Cardoza	Ana Lucia Cardoza y Jose Miguel Delgado por brindarme su apoyo y amistad
Asesor	El Ing. Juan Merck Cos por su ayuda en el desarrollo del el EPS

Mis amigos (as)

Por que juntos recorrimos el camino de los estudios, nos hemos apoyado mutuamente y eso nos ha permitido ver lo valiosa que es la amistad.

La OMP

A Ana Clayde Toledo, Wilmer Joel Hernández, Marco Antonio López, por su amistad y apoyo durante el ejercicio profesional supervisado llevado a cabo en Santa Cruz

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTADO DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Monografía de la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz	1
1.1.1 Aspectos generales	1
1.1.2 Antecedentes históricos	3
1.1.3 Localización	4
1.1.4 Límites y extensión	4
1.1.5 Situación demográfica	4
1.1.6 Clima	5
1.1.7 Vías de acceso	5
1.1.8 Servicios públicos	6
1.1.9 Aspectos económicos y actividades productivas	6
1.1.10 Comercio y turismo	9
1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz	12
1.2.1 Descripción de las necesidades	12
1.2.2 Priorización de las necesidades	14
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	15

2.1	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz	15
2.1.1	Descripción del proyecto	15
2.1.2	Levantamiento topográfico	15
2.1.3	Período de diseño	16
2.1.3.1	Cálculo de población futura	17
2.1.4	Generalidades de un sistema de alcantarillado	17
2.1.5	Consideraciones de diseño	18
2.1.6	Cálculo de caudales	18
2.1.6.1	Dotación	19
2.1.6.2	Velocidad de flujo	19
2.1.6.3	Tirante o profundidad	20
2.1.6.4	Uso del agua	20
2.1.6.5	Caudal domiciliar	20
2.1.6.5.1	Factor de retorno	21
2.1.6.6	Caudal de conexiones ilícitas	21
2.1.6.7	Caudal de infiltración	23
2.1.6.8	Caudal comercial	23
2.1.6.9	Caudal industrial	23
2.1.6.10	Factor de caudal medio	23
2.1.6.11	Factor de Harmond	24
2.1.6.12	Caudal de diseño	24
2.1.7	Pendiente	25
2.1.8	Cálculo de cotas invert	25
2.1.9	Diámetros de tubería	26
2.1.10	Pozos de visita	26
2.1.11	Especificaciones para pozos de visita	27
2.1.12	Conexiones domiciliarias	27
2.1.13	Profundidad de tubería	28

2.1.13.1	Normas y recomendaciones	29
2.1.14	Principios hidráulicos	29
2.1.15	Ecuación de Manning para flujos en canales	30
2.1.16	Ecuación a sección llena	31
2.1.17	Relaciones hidráulicas	32
2.1.18	Propuesta de tratamiento de aguas servidas	37
2.1.19	Programa de operación y mantenimiento	38
2.1.20	Planos y detalles	38
2.1.21	Presupuesto	39
2.1.22	Evaluación de impacto ambiental	40
2.1.23	Evaluación socio-económica	44
2.1.23.1	Valor presente neto	44
2.1.23.2	Tasa interna de retorno	45
2.2	Diseño de carretera hacia la aldea Chijou, municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz	47
2.2.1	Descripción del proyecto	47
2.2.2	Estudio preliminar de campo	47
2.2.2.1.1	Levantamiento topográfico preliminar	48
2.2.2.1.2	Planimetría	48
2.2.2.1.3	Altimetría	48
2.2.2.1.4	Secciones transversales	49
2.2.3	Dibujo de preliminar	50
2.2.3.1.1	Planimétrico	50
2.2.3.1.2	Altimétrico y curvas de nivel	50
2.2.4	Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras	51
2.2.5	Diseño geométrico de carreteras	53
2.2.5.1	Alineamiento horizontal y vertical	53

2.2.5.1.1	Diseño de curvas horizontales	53
2.2.5.1.2	Diseño de curvas verticales	59
2.2.5.1.3	Diseño de localización	61
2.2.5.1.4	Diseño de subrasante	62
2.2.6	Movimiento de tierras	63
2.2.6.1.1	Cálculo de áreas de secciones transversales	63
2.2.6.1.2	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	65
2.2.7	Drenajes	66
2.2.7.1.1	Cunetas	68
2.2.7.1.2	Drenajes transversales	69
2.2.8	Estudio de suelos	72
2.2.8.1.1	Análisis de la calidad del balasto	74
2.2.9	Carpeta de rodadura	76
2.2.10	Elaboración de planos	76
2.2.11	Presupuesto	76
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA		83
ANEXOS		85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Elementos de curva horizontal	54
2. Diseño de curva horizontal	57
3. Diseño de curva horizontal	57
4. Modelo de curva cóncava	59
5. Modelo de curva convexa	60
6. Cálculo de áreas de secciones transversales	65
7. Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	66

TABLAS

I. División territorial de Santa Cruz Verapaz	2
II. Población económicamente activa e inactiva	6
III. Población económicamente activa de 7 años y más por tipo de actividad	7
IV. Población económicamente activa por actividad económica de 7 años y mas de edad por rama de actividad económica	8
V. Población económicamente activa de 7 años y mas de edad por ocupación	9
VI. Presupuesto alcantarillado sanitario	39
VII. Valor K para diseño de curvas verticales	60
VIII. Tabla de relaciones para el dibujo de taludes	64
IX. Presupuesto carretera	77

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Ángulo leído en el clinómetro
A1	Área uno
A2	Área dos
AI	Altura de instrumento
At	Altura del topógrafo
C	Coeficiente de escorrentía
C1	Área de corte en la primera sección
C2	Área de corte en la segunda sección
Cam	Caminamiento
Cc	Cota conocida
CM	Cuerda máxima
CU	Última cota
D	Distancia horizontal
E	External
GC	Grado de curvatura
K	Constante en función de velocidades de diseño
Km/hora	Kilómetro por hora
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
N	Número de años
OM	Ordenada media
+ P	Pendiente positiva
- P	Pendiente negativa
P1	Pendiente de entrada
P2	Pendiente de salida

PA	Población actual
PF	Población futura
PV	Punto de vuelta
Q	Caudal de diseño, en m^3 / s
R	Radio
R1	Área de relleno en la primera sección
R2	Área de relleno en la segunda sección
ST	Sub tangente
TA	Tasa de crecimiento en porcentaje
V	Volumen
VA	Vista atrás
VF	Vista de frente
VI	Vista intermedia
Xp	Coordenada de X parcial
Xt	Coordenada de X total
Y	Corrección vertical
Yp	Coordenada de Y parcial
Yt	Coordenada de Y total

GLOSARIO

Acueducto	Conjunto de conductos por medio de los cuales se transporta agua hacia una o varias poblaciones.
Agua potable	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
Aguas negras	Son las aguas de desecho provenientes de usos domésticos e industriales.
Aforo	Acción de medir el caudal de una fuente.
Ángulo central	Es el ángulo subtendido por la curva circular igual al cambio de dirección que se da entre las tangentes.
Arcilla	Silicato de alúmina hidratado; sustancia que empapada en agua se hace muy plástica. Contiene caliza, arena, óxidos metálicos y es de uso corriente en alfarería.
Asfalto	Es la destilación del petróleo crudo. Realizarse por vapor o por aire. La destilación por vapor da excelentes asfaltos para pavimentos.
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la Sub rasante terminada de una carretera. Este se compone de un material bien graduado, es decir,

que consta de material fino y grueso con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

Base Están constituidas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado, que se construye sobre la sub-base.

Bombeo Transporte de un fluido de un lugar a otro más alto, por medio de una bomba.

Caudal Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.

Clinómetro Instrumento para medir la inclinación de un plano.

Contracunetas Son cunetas construidas generalmente en los taludes de corte, cuya finalidad es evitar que las aguas superficiales lleguen hasta la carretera.

Coordenadas Son líneas que sirven para determinar la posición de un punto y los ejes o planos a que se refieren aquellas líneas.

Corte Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino se realiza a media ladera o en trinchera.

Cuneta	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino construida entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular, trapezoidal y cuadrada.
Curva vertical	Aquella que enlaza dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical.
Curvas circulares	Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.
Curvas de transición	Se utilizan para proporcionar un cambio gradual de dirección cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a un tramo de curva circular.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas negras de la población al lugar de descarga.
Compactación	Acción de lograr que un material alcance una textura apretada o maciza.

Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, piedrín y agua.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente.
Cota de terreno	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
Desinfección	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, entre otros.
Derecho de vía	Es el derecho que tiene el estado o las municipalidades, sobre la faja de terreno que se requiere para la construcción y conservación de las carreteras.
Diagrama de masas	Es la curva resultante de unir todos los puntos

dados por las coordenadas de la curva masa.

Distancia	Espacio o intervalo de lugar o tiempo entre dos sucesos.
Drenajes en	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejoran las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Excavación en corte	Consiste en la excavación ejecutada a cielo abierto en terreno natural para preparar y formar la sección del camino.
Flujo	Líquido en movimiento.
Infraestructura	Base material sobre la que se asienta algo.
Límite líquido	Es el que está entre el estado líquido de un suelo y

	su estado plástico.
Límite plástico	En un suelo, es el contenido de agua que tiene el límite inferior de su estado plástico.
Manto freático	Acumulación de agua subterránea.
Pendiente máxima	Es la mayor pendiente que se puede utilizar en el diseño del proyecto y está determinada por el tránsito previsto y la configuración del terreno.
Pendiente mínima	Es la menor pendiente que se fija para permitir la funcionalidad del drenaje.
Proctor	Se creó para determinar la humedad óptima con que un suelo puede alcanzar su máxima densidad posible.
Plasticidad	Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite.
Polución	Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.
Pozo de visita	Es una obra accesoria de un sistema de alcantarillado, que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.

Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Relleno	Es el material, especial o de tercería, uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de las cajas, así como atrás de los aletones.
Sección típica	En toda la extensión de la carretera tiene una sección que permanece uniforme la mayoría de las veces a esta se le llama “ típica ”.
Sobreacarreo	Es el transporte de materiales no clasificados de préstamo o desperdicio, a una distancia que varía entre 500 y 1,000 metros, menos la distancia de acarreo libre.
Subrasante	Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y se extiende a una profundidad en la que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto y que una vez compactada y afinada, tiene las secciones y pendientes especificadas en el diseño.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.

Topografía

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.

RESUMEN

En el municipio de Santa Cruz Verapaz departamento de Alta Verapaz, existen innumerables necesidades, en la cabecera municipal se necesita el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, en la aldea Chijou, la de mayor importancia, el servicio de apertura de carretera.

Para poder llegar a la cabecera municipal del municipio de Santa Cruz existe una vía de acceso, en el kilómetro 199 de la carretera CA – 14 que conduce de El Rancho hacia la ciudad de Cobán, está el desvío conocido como El Cruce, por el cual se llega a Santa Cruz.

La mayoría de viviendas de Santa Cruz son de block con terraza fundida de cemento; el clima es templado y su producción agrícola es café, cardamomo y maíz. Cuenta con un centro de salud, educación primaria y secundaria, así como con los servicios de agua potable y electricidad.

La necesidad prioritaria es el diseño de alcantarillado sanitario, pues el existente es obsoleto y existe desorden a lo largo de las calles de la cabecera municipal.

La aldea Chijou se localiza al noreste de la cabecera municipal, a una distancia de 8 kilómetros sobre la carretera de terracería que de Santa Cruz Verapaz conduce al municipio de San Juan Chamelco. Se encuentra asentada en el Valle de la Virgen de Xut'há; por su clima y topografía plana, ha sido aprovechada para la producción agrícola y hortícola.

Cuenta con los servicios de agua entubada domiciliar, energía eléctrica domiciliar, alumbrado público y letrización; la escuela denominada “Filiberto Sierra” fue inaugurada en el año de 1967, se imparte educación pre primaria y

primaria y el Programa CONALFA atiende a la población adulta analfabeta; cuenta con un puesto de salud con personal a su servicio, auxiliados por guardianes de salud y comadronas empíricas capacitadas por personal del Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS).

En esta aldea la necesidad prioritaria es la apertura de tres tramos carreteros, para que los habitantes puedan transportar sus productos, provenientes del cultivo, hacia otros municipios o a la ciudad de Cobán.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz y la carretera hacia la aldea Chijou, municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

ESPECÍFICOS

- Capacitar a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo de la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz, con respecto al mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico realizado en el municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, permitió conocer las necesidades de la población, de acuerdo con la información proporcionada por los pobladores de la comunidad, se determinó que las prioridades están orientadas al área de saneamiento e infraestructura vial, específicamente, alcantarillado sanitario y carretera, por lo que en este trabajo de graduación se presenta el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal y carretera hacia la aldea Chijou municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz.

En este trabajo se expone el diseño de los dos proyectos aplicando criterios y normas de ingeniería, en el caso del alcantarillado sanitario se tomó en cuenta la forma de vida de la población y el uso que le dan al agua; se diseñó el sistema que permite dirigir el flujo de agua hacia dos plantas de tratamiento ya existentes en el municipio, se presentan los planos del sistema en planta – perfil, los detalles de pozos, conexiones domiciliarias y el presupuesto.

Para el caso del diseño de la carretera hacia la aldea Chijou, se llevó a cabo una visita preliminar al lugar, y tomando en cuenta lo solicitado por los pobladores de la aldea, se hizo el trazo de la carretera aplicando los criterios y normas de caminos rurales, para que sea segura y cómoda para el tránsito vehicular, se incluyen los planos del proyecto en planta – perfil, cortes transversales, volúmenes de movimiento de tierras, así como detalles de los drenajes transversales y presupuesto.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz

1.1.1 Aspectos generales

El Municipio de Santa Cruz Verapaz se ubica en la parte sur y dentro de la cuenca del río Chixoy, del departamento de Alta Verapaz. La cabecera municipal está cercana a la cabecera departamental, motivo por el cual es un punto de intercambio comercial muy importante.

División territorial, administrativa e idioma

En Santa Cruz Verapaz la población habla en su mayoría el idioma Pocomchi y Q'eqchi, el municipio está dividido en dos áreas: urbana y rural; en el área urbana hay 4 barrios tradicionales y 4 colonias que se han constituido en los últimos 10 años. En el área rural hay 7 aldeas, las cuales están divididas en caseríos y parajes. Ello se puede observar en el cuadro que se presenta a continuación.

Tabla I DIVISIÓN TERRITORIAL DE SANTA CRUZ VERAPAZ

No	Área urbana		Área rural			
	Barrios	Colonias	Aldeas	Caseríos	Fincas	Parajes
1	Santa Elena	Residenci al Milano	Acamal	Cak'abaj	Capiljá	Chicac Acal
2	Santa Cecilia	El Bosque	Chicoyoj	Carchelá	Cerro Verde	Chi'k oxb
3	Santo Tomás	Los Ángeles	Chijou	Chalcoxo	Clarita	Laguneta
4	Santa Cruz	Oro Verde	Chiquiguita I	Chilocom	Don Pedro	Los Arcos
5		Los Olivos	Chitul	Chisaczí	El Cangrejo	Paris Tumiin
6			Xhixajau	El Arco	El Porvenir	
7			Najquitob	El Cangrejo	El Rosario	
8				El Palmar	Holanda	
9				El Saltó	La Aurora	
10				El Zapote	Las Camelias	
11				Holanda	Las Conchas	
12				La Isla	María Auxiliadora	
13				Las Camelias	Mocjá	
14				Los Arcos	Pambach	
15				Moxenjá	Río Frío	
16				Pambach	Santa Elena	
17				Panahá	Santa Isabel	
18				Pancalax	San Rafael	
19				Panquiyoú	San Vicente	
20				Peña del Gallo Parrochoch	Valparaíso	
21				Río Frío	Villa Linda	
22				Rosario		
23				Sacmés		
24				San Antonio Panec		
25				Santa Elena		
26				Saquijá		
27				Saquimax		
28				Valparaíso		
29				Villa Linda		

continuación Tabla I

30				Wach Q'amcheé		
31				Xutjá		

Fuente: Documentos y entrevistas en la Municipalidad de Santa Cruz Verapaz.

1.1.2 Antecedentes históricos

El municipio de Santa Cruz Verapaz fue fundado el 3 de mayo de 1543, conforme acta suscrita en San Juan Chamelco, Alta Verapaz en el año 1546 por Don Juan Matalbatz, el 1 de mayo de 1546 en la ciudad Real de San Juan Chamelco, en su calidad de Gobernador. Al hacer la división territorial, el Estado y la Sociedad Constituyente o Asamblea, decretaron con el número 43, el 9 de septiembre de 1830 a Santa Cruz como municipio integrado al departamento de Alta Verapaz, ancestro Pocomchi, Q'eqchi y Cakchiquel.

Los primeros indicios de penetración de los españoles a la Tezulutlan, fue por el lado de Cubulco, por las márgenes del río Chixoy, hasta llegar a tierras de Alta Verapaz, en donde encontraron a Pueblo Viejo, los dominicos construyeron una pequeña iglesia, subieron a las cumbres de San Joaquín en el municipio de San Cristóbal Verapaz en donde encontraron que los Poqomchies tenían asentamiento en Najquitob, quienes después bajaron por donde hoy está situada la finca Valparaíso, hasta llegar al lugar donde hoy se encuentra el templo católico, allí los dominicos nombraron La Cruz el 3 de mayo de 1534, seguidamente se llevó a cabo la primera misa, probablemente la primera del departamento.

1.1.3 Localización

Está ubicado en latitud norte a 15° 22' 25" y longitud oeste en 90°25'50".

1.1.4 Límites y extensión

Los límites territoriales del municipio de Santa Cruz Verapaz son: al norte el municipio de Cobán; al sur con el municipio de San Miguel Chicaj del Departamento de Baja Verapaz; al este con el municipio de Tactic y al oeste con el municipio de San Cristóbal Verapaz, cuenta con una extensión territorial de 48 km², con densidad poblacional de 396 personas por km².

1.1.5 Situación demográfica

La población está dividida en dos grupos étnicos principales; mestizo e indígena. Originalmente predominaban los grupos poq'omchi' y mestizo; sin embargo, a raíz de los diferentes movimientos sociales (conflicto armado y migraciones internas), actualmente conviven en el área, grupos de origen q'eqchi' y achí, en menor escala quiché, qaqchiquel y man. Todos estos grupos mayas completan 15,013 habitantes, mientras un total de 3,973 son ladinos y 23 de otras etnias, estos últimos es porque en la región conviven personas de origen europeo, tal es el caso de alemanes, pero especialmente de italianos quienes vinieron a trabajar en la construcción de la hidroeléctrica Chixoy y se quedaron radicados en el lugar. Una de las características sobresalientes de algunos habitantes de la región es que son monolingües, se comunican únicamente a través de su idioma materno.

La población mestiza se concentra en su gran mayoría en la cabecera municipal, es gente migrante de todas partes del país especialmente de la ciudad de Cobán y muy pocas familias originarias del lugar. A pesar de los siglos de vida del municipio, son pocos los mestizos en relación a la población indígena, que supera en tres cuartas partes, radicados tanto en el área rural como urbana.

1.1.6 Clima

Respecto al clima, predominan el templado y frío. Este último sobresale en la mayor parte del municipio. En los meses de noviembre a enero se manifiesta la época más fría, según datos de la estación climatológica del INSIVUMEH ubicada en el municipio de Cobán, para el año 2009 la temperatura media fue de 19.7 °C, para es mismo año el promedio de temperatura máxima fue 25.4 °C, se registro un promedio de temperatura minima de 13.5 °C, la humedad relativa media fue de 81% por lo que se le considera un lugar muy húmedo. La época lluviosa, se inicia en el mes de mayo y culmina en octubre con una precipitación pluvial anual de 1589.3 mm. La altura del municipio de Santa Cruz varía de los 600 a los 2000 metros sobre el nivel del mar, se presentan un invierno benigno y una estación seca bien definida.

1.1.7 Vías de acceso

Santa Cruz es el poblado principal del municipio, se encuentra ubicado a 199 km de distancia de la ciudad de Guatemala y 15 km de

Cobán, cabecera departamental de Alta Verapaz, sobre la carretera Nacional CA- 14 asfaltada de dos vías.

1.1.8 Servicios públicos

La municipalidad provee a la población de los servicios públicos de energía eléctrica, agua potable, sistema de drenaje, recolección de basura.

1.1.9 Aspectos económicos y actividades productivas

La población ante la búsqueda de satisfacción a sus necesidades busca la forma para salir adelante, uno de los problemas del municipio, es la falta de empresas o instituciones que ocupen la fuerza laboral, por lo que la mayor ocupación es la agricultura, que como actividad primaria, no cubre mas allá que la sobrevivencia de la gente, agravada por la improductividad de la tierra, ante el uso intensivo de la misma y las constantes lluvias que crean acidez en los suelos, además, el crecimiento de las familias, provoca que la tenencia de la tierra se hace cada vez más pequeña por la redistribución, esta atomización genera población desocupada pues dichos terrenos ya no son suficientes para la actividad productiva.

Tabla II POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA E INACTIVA

GÉNERO	ACTIVA	INACTIVA
Hombres	4042	2993
Mujeres	1415	5834
Total	5457	8827

Fuente: Censos Nacionales de XI de Población y VI de Habitación 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

El cuadro anterior muestra parte de la crisis laboral del país, ya que cerca de las dos terceras partes de la población está en situación improductiva a falta de oportunidades de trabajo (8,827 personas inactivas de un total de 14,284).

Tabla III POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 7 AÑOS Y MÁS POR TIPO DE ACTIVIDAD

1. Ocupada	5412
2. Buscó trabajo y trabajó antes	24
3. Buscó trabajo por primera vez	21

Fuente: Censos Nacionales de XI de Población y VI de Habitación 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

De los 5,457 que representan a la población económicamente activa, 2,912 personas trabajan para la iniciativa privada; 1,399 laboran por cuenta propia; 404 son empleados públicos; 363 son patronos y 358 laboran para un familiar sin remuneración. El hecho de tomar desde la edad de 7 años a la población económicamente activa, es porque las propias autoridades dan por hecho, que los niños deben dedicarse al proceso productivo, además de estudiar, lo que conlleva a que los niños desde el principio, vean la escuela como algo secundario y el apoyo en el sostenimiento del hogar como primario. Se está con ello reproduciendo una sociedad con serios problemas educativos, un círculo vicioso de pobreza por ignorancia.

Tabla IV POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 7 AÑOS Y MÁS DE EDAD POR RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA

1	Agricultura, caza, silvicultura y pesca.	2882
2	Construcción.	487
3	Industria manufacturera, textil y alimentos.	429
4	Servicios comunales, sociales y personales.	254
5	Trasporte, almacenamiento y comunicaciones.	197
6	Administración pública y defensa.	135
7	Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles, servicios prestados a empresas.	94
8	Enseñanza.	79
9	Electricidad, gas y agua.	54
10	Explotación de minas y canteras.	36
11	Organizaciones extra territoriales.	2
12	Rama de actividad no especificada.	48
13	Comercio por mayor y menor, restaurantes y hoteles.	739

Fuente: Censos Nacionales de XI de Población y VI de Habitación 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

La actividad esencial de la población es la agricultura, aunque como se mencionó anteriormente, ésta sólo proporciona satisfactores de sobrevivencia. La ocupación que sigue a la agricultura es la construcción, representa también la poca calificación de los trabajadores hombres, quienes poco a poco se incorporan a la actividad operaria, especialmente de la construcción, sean como albañiles o ayudantes. El caso de las mujeres hay que anotar, que algunas se dedican a las artesanías y otras contribuyen al sostenimiento del hogar a través de escoger o clasificar cardamomo, actividad que últimamente se realiza en la propia casa de habitación y ya no en los beneficios, lo que representa no solo ayuda económica, sino a la vez el cuidado de su casa, hijos (as) y animales, pero a la vez mayor plusvalía a los dueños de los beneficios.

Tabla V POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 7 AÑOS Y MÁS DE EDAD POR OCUPACIÓN

1	Trabajadores no calificados.	3287
2	Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios.	896
3	Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados.	361
4	Operarios de instalaciones y maquinas y montadores.	300
5	Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros.	272
6	Empleados de oficina	101
7	Técnicos profesionales de nivel medio	92
8	Miembros del poder ejecutivo, legislativo, personal de la administración pública y de empresas.	62
9	Profesionales, científicos e intelectuales.	58
10	Fuerzas armadas.	7

Fuente: Censos Nacionales de XI de Población y VI de Habitación 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

La ocupación de la población económicamente activa, muestra que alrededor de 5000 personas son no calificadas, lo que representa un reto para cualquier gobierno en la implementación de políticas sociales, que permitan el aprovechamiento de esa fuerza de trabajo, convertido en apoyo al desarrollo nacional.

1.1.10 Comercio y turismo

Santa Cruz Verapaz se encuentra ubicado en una generosa región natural, por lo que ofrece ambientes naturales como bosques, planicies, nacimientos y paso de arroyos o ríos. Además, edificios como el templo católico y parque central.

Por otro lado, ritos y costumbres, el folclore en sus actividades festivas, que pueden aprovecharse para la recreación familiar como para la explotación turística.

Dentro de algunos de sus centros importantes a visitar están:

i. Eco Centro Holanda

A la altura del kilómetro 199.5 de la carretera CA-14 se encuentra el “Eco Centro Holanda”, atendido por la señora Liliana Vásquez, quien tiene como objetivo fundamental fomentar el amor a la naturaleza, aplicando el concepto de ecoturismo.

El terreno donde se ubica tiene una extensión de una caballería, cubierto de bosque natural, este terreno es de propiedad privada familiar. Actualmente, se están sembrando árboles para reponer los que se cortan por madurez. El complejo del Eco Centro Holanda comprende un dique que se construyó aprovechando una quebrada que existía en el terreno, sobre el dique, hay un puente de madera que durante los fines de semana y días festivos es utilizado como restaurante, presentado éste una vista realmente hermosa.

Los servicios que presta son: servicio de restaurante, cabañas para huéspedes, salón de usos múltiples, bosques para acampar y alquiler de instalaciones para grupos de estudiantes, actividades sociales y familiares.

ii. Park Hotel

A la altura del kilómetro 197 de la carretera CA-14 y parte de lo que es el área urbana de Santa Cruz Verapaz, se encuentra Park Hotel. Se clasifica como de cuatro estrellas, brinda a sus visitantes servicio de restaurante, gimnasio, habitaciones confortables, centro de convenciones; dentro de su área recreativa cuenta con juegos para niños y un zoológico.

iii. Hotel Real Majestic

Se encuentra ubicado a la orilla de la ruta CA-14 kilómetro 197.2, cuenta con servicio de restaurante y alojamiento económico, higiénico y familiar.

iv. Café Milano

Un pequeño restaurante donde se pueden degustar deliciosas bebidas y comidas, en un ambiente agradable y cordial.

v. Centro Recreativo El Manantial

Se encuentra ubicado en la salida al municipio de San Cristóbal Verapaz, cuenta con piscinas, restaurante y espacio para acampar con la familia, adecuado para recreación y celebraciones de tipo familiar.

vi. Polideportivo

En la salida a San Cristóbal Verapaz, se encuentra el polideportivo de Santa Cruz Verapaz, el cual es de reciente construcción. Posee una cancha de fútbol, dos de fútbol sala, tres de básquetbol que también pueden adaptarse al juego de voleibol; para niños hay juegos recreativos. Además, cuenta con un edificio administrativo en el que están considerados espacios para juegos de salón.

Además de los lugares mencionados, existen otros atractivos turísticos no explotados como el balneario La Isla, balneario El Arco, balneario de Chijou, balneario de Chichén, cuevas de Chitul, cuevas de Río Frío, cuevas de Chichén, cuevas de Chixajau y laguna de Valparaíso entre otros.

1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Cruz Verapaz

1.2.1 Descripción de las necesidades

El municipio de Santa Cruz Verapaz, a pesar de encontrarse en un desarrollo constante, padece una serie de necesidades tanto de servicios básicos como de infraestructura tales como:

Infraestructura

- **Establecimientos educativos**

La edificación de la escuela primaria que se encuentra en la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz, está en mal estado, en el invierno las filtraciones de agua son abundantes, por lo que se requiere cambiar el techo.

- **Puentes para salvar obstáculos**

Ya que es necesaria la construcción de puentes en algunos puntos del municipio pues por ser un terreno montañoso, existen puntos por los que se dificulta el paso de las personas.

- Mejoramiento de la calidad del agua de consumo

Es necesario mantener una alta calidad en la potabilización del agua para el municipio de Santa Cruz Verapaz, por ser un servicio básico para la salud de la población

- Empedrado de caminos vecinales

Es necesario el empedrado de los caminos vecinales por ser recursos valiosos para la población y deben ser utilizables en toda época del año.

- Alcantarillado sanitario

El alcantarillado sanitario de la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz es obsoleto y no se tiene un orden de las conexiones por lo que es necesario construir un sistema ordenado que se adapte a las necesidades de la población.

- Apertura de carretera

Es necesaria la apertura de caminos rurales en varias comunidades del municipio pues los pobladores deben utilizar brechas en mal estado para transportarse y para acceder a sus campos de cultivo.

Sociales

Ayuda a las comunidades para el fortalecimiento de los COCODE, ayuda profesional a los agricultores de la localidad para mejorar la calidad de sus productos.

1.2.2 Priorización de las necesidades

La razón por la cual se priorizaron los proyectos, es la siguiente:

Proyecto alcantarillado sanitario:

- El sistema de alcantarillado sanitario de la cabecera municipal, se encuentra en mal estado, en la mayoría de los sectores de la comunidad y, debido al crecimiento demográfico, se hace necesario un nuevo sistema que cubra las necesidades de la población.

Proyecto apertura de carretera:

- Debido a que en la actualidad la aldea Chijou, solo cuenta con brechas para el tránsito de personas y bestias de carga, se hace necesaria la apertura de varios tramos de carretera.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz

2.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la cabecera municipal del municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, el cual se hará según especificaciones y normas de diseño del INFOM. El diseño en mención está calculado para un periodo de diseño de 20 años, tomando en cuenta una dotación de 120 l/hab./d, con un factor de retorno de 0.80.

La cantidad actual de familias a servir es de 879, con una densidad de habitantes por vivienda de 6 habitantes y una tasa de crecimiento de 2%, lo cual hace una población actual de 5274 habitantes y una población futura de 8240 habitantes.

2.1.2 Levantamiento topográfico

2.1.2.1 Altimetría

El levantamiento que se realizó en este caso, fue de primer orden por tratarse de un proyecto para alcantarillado, en que la precisión de los datos es muy importante. Para el levantamiento altimétrico, se utilizó un teodolito marca Wild T2, un estadal, plomada y una cinta métrica. Para el trabajo se utilizó el método de nivelación simple.

2.1.2.2 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 utilizó el de conservación de azimut. El equipo utilizado fue un teodolito marca Wild T2, un estadal, plomada y una cinta métrica.

2.1.3 Periodo de diseño

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

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función, durante un periodo 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 20 años. Se adoptó éste periodo tomando en cuenta los siguientes aspectos: los recursos económicos con los que cuenta la municipalidad, y las normas del Instituto de Fomento Municipal.

2.1.3.1 Cálculo de la población futura

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

$$Pf = Pa (1+r)^n$$

donde: Pf : población futura

Pa : población actual

r : tasa de crecimiento %

n : número de años

$$Pf = 5274 (1+0.02)^{20}$$

$$Pf = 8,240$$

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 5274 habitantes, y una población futura de 8240 habitantes, en un periodo de 20 años.

2.1.4 Generalidades de un sistema de alcantarillado

Esta comunidad cuenta con un sistema de alcantarillado que ha sobrepasado su periodo de diseño, la calle principal que atraviesa la cabecera municipal de Santa Cruz Verapaz es asfaltada, mientras que algunos callejones son adoquinados y otros de terracería, por lo cual se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia, provenientes de las calles, techos y otras superficies.

2.1.5 Consideraciones de diseño

En general y excepto razones especiales, en poblaciones que no cuenten con un sistema anterior al que se está diseñando, se proyectaran sistemas de alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

En aquellas poblaciones o zonas de las mismas, que exista un sistema combinado, en donde las viviendas existentes tengan una salida única para las aguas servidas y las de lluvia, se hará un estudio de la posibilidad de modificarlo para un sistema separativo. En caso de no ser factible, se estudiará la conveniencia de hacer un sistema sanitario nuevo en la zona.

Los sistemas se diseñaran como sistemas por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos. Sin embargo en los casos, en que sea indispensable, que el sistema combine con un sistema de bombeo, se diseñaran los colectores como sistemas por gravedad con conductos parcialmente llenos hasta la fosa de succión del equipo de bombeo. La línea de descarga del equipo se diseñará como conducto a presión

2.1.6 Cálculo de caudales

En sistemas sanitarios el caudal de diseño será determinado de acuerdo con lo siguiente:

La población tributaria será calculada según el número de habitantes al final del periodo de diseño. El caudal medio diario se calculará con una contribución mínima de 120 lt/hab/día, considerando la población de diseño. En

cada caso se harán consideraciones con el fin de establecer, si es necesario, la adopción de un caudal mayor, por existir industrias o centros turísticos, etc.

El caudal de hora máximo, es el caudal de agua potable estimado para la hora de máximo consumo. El caudal máximo de origen doméstico será calculado para cada tramo, con base al número de conexiones futuras que contribuyan al tramo.

2.1.6.1 Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante al 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 lt/hab/día, la cual es asignada por la municipalidad.

2.1.6.2 Velocidad de flujo

Las alcantarillas deben ser diseñadas de modo que la velocidad mínima del flujo sea de 0.40 m/s. Cuando no se cumpla con la velocidad mínima, se proporcionará una pendiente adecuada, para que la velocidad mínima cumpla con la normada.

La velocidad mínima se fija con el efecto de que no ocurra la decantación de los sólidos, pero también las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión pueden provocar daño a la tubería por efectos abrasivos y de impacto, por lo que se recomienda una velocidad máxima de 4.00 m/s.

2.1.6.3 Tirante o profundidad

Uno de los factores más importantes, en las tuberías de sección circular, es la profundidad del flujo o tirante, que define el comportamiento del agua y los sólidos que fluyen por el sistema, se puede notar que la velocidad máxima está directamente relacionada con el diámetro D y ocurre cuando la profundidad del flujo o tirante es aproximadamente $0.8 \cdot D$, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados, son diseñados para que el flujo tenga un alcance mínimo de $0.1D$ y un máximo alcance una altura de 0.75 a $0.8 D$.

2.1.6.4 Uso del agua

El agua es utilizada exclusivamente para consumo humano.

2.1.6.5 Caudal domiciliar

Es el agua que una vez ha sido usada por los humanos, para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, es decir que el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro del agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras, como los jardines y lavado de vehículos.

Por lo tanto el caudal domiciliar se encuentra relacionado directamente con el factor de retorno lo cual puede variar entre 75 al 90%.

$$Q \text{ dom.} = (\text{población} \cdot \text{dotación} \cdot \text{Factor retorno}) / 86400$$

$$Q \text{ dom.} = (5,274 \text{ hab.} \cdot 120 \text{ l/h/d} \cdot 0.8) / 86400$$

$$Q \text{ dom.} = 5.86 \text{ l/h/d}$$

2.1.6.5.1 Factor de retorno

Es el porcentaje de la dotación que retorna al alcantarillado, este oscila entre el 75% al 90%. En este caso se tomó un factor de retorno al sistema de 80%.

2.1.6.6 Caudal de 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 a través de diferentes métodos:

- Método racional

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

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 = área en hectáreas

- Reglamento de la municipalidad de Guatemala

Este asigna un caudal por conexiones ilícitas de 100 l/h/d.

$$Q = \frac{(100l/h/d) * (No.habitantes)}{86400}$$

- Método Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria

Asigna un caudal de 50 a 150 l/h/d.

- Criterio del INFOM

El criterio utilizado por el Instituto de Fomento Municipal - INFOM - toma para conexiones ilícitas un 10% del caudal domiciliar, sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.

En este proyecto se utilizó el criterio de la municipalidad de la ciudad de Guatemala, que propone un caudal para conexiones ilícitas de 100 l/h/d, se utilizó este método por que se adapta a las características del lugar, como el tipo de construcción de las viviendas, el clima, intensidad de lluvia, coeficiente de escorrentía.

$$Q = \frac{(100l/h/d) * (5274habitantes)}{86400} = 6.10l/h/d$$

2.1.6.7 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración que entra en las alcantarillas, toma en cuenta la profundidad del nivel de agua subterránea, con relación a la profundidad de las tuberías, y a la calidad de la mano de obra. En este proyecto no se calculó caudal de infiltración, ya que la tubería que se utilizó para el diseño es de P.V.C.

2.1.6.8 Caudal comercial

Es el agua de desecho proveniente de las edificaciones comerciales como comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial dependerá del establecimiento a considerar, este valor oscila entre 600 a 3,000 l/comercio/d, en este proyecto no se utilizó este caudal pues no existe comercio.

2.1.6.9 Caudal industrial

Es el agua de desecho de las industrias, exceptuando las industrias químicas o farmacéuticas, por no ser permitido que viertan toda clase de químicos en el alcantarillado. Tanto para el caudal comercial y el industrial, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede asumir dependiendo del tipo de industria entre 1,000 a 18,000 l/industria/d, en este proyecto no se utilizó este caudal pues en Santa Cruz Verapaz no existe industria.

2.1.6.10 Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería, es la suma de los caudales: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas y caudal

comercial dividido por el número de habitantes. Este factor debe estar dentro de los rangos de 0.002 a 0.005, si da un valor menos se tomará 0.002 y si fuera mayor se tomará 0.005.

$f_{qm} = \text{caudal medio} / \text{población}$

caudal medio = caudal domiciliar + caudal conec. Ilícitas

caudal medio = 5.86 + 6.10 = 11.96

$f_{qm} = 11.96 / 5274$

$f_{qm} = 0.002$

2.1.6.11 Factor de Harmond

El factor de Harmond 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 Harmond es adimensional y viene dada por:

$$F.H. = \frac{\sqrt{18 + P}}{\sqrt{4 + P}}$$

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

2.1.6.12 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, será la suma de:

- Caudal máximo de origen doméstico
- Caudal de infiltración
- Caudal de conexiones ilícitas
- Aguas de origen industrial y comercial, según las condiciones particulares de un estos establecimientos

Una forma simplificada para el cálculo del caudal de diseño consiste en 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.

2.1.7 Pendiente

La pendiente por utilizar en el diseño deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno, para evitar un sobre costo por excavación excesiva, sin embargo en todos los casos deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad.

2.1.8 Cálculo de cotas invert

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, se debe verificar que la cota invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo deseado 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 de llegada.

- 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.

2.1.9 Diámetros de tuberías

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 INFOM y 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 drenajes sanitario.

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

2.1.10 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 opciones 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.

2.1.11 Especificaciones para pozos de visita

- Deben ser construidas con suficiente espacio para que cuando se realice la limpieza se tengan obstáculos.
- El diámetro mínimo en la parte interior varía de uno a dos metros.
- La tapadera del pozo puede ser metálica o de hormigón armado, y de 0.60 m de diámetro como mínimo.
- La distancia máxima entre dos pozos deberá ser de 100 metros
- Los pozos con profundidad mayor a un metro, deberán tener peldaños de hierro con una separación de 30 cm.

2.1.12 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 tenga 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 un 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 esté 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 forma vertical, 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 m. (6") para tubería de cemento y 0.10 m (4") para tubería de P.V.C., debe colocarse con una pendiente de 2% como mínimo.

2.1.13 Profundidad de tubería

La profundidad a la cual debe quedar la tubería, se calcula mediante la cota invert; se deberá 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 mínimos 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.

2.1.13.1 Normas y recomendaciones

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se realizó cumpliendo con las especificaciones técnicas del INFOM, en cuanto a los materiales se siguieron normas internacionales como ASTM para la tubería de PVC.

Para el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario, es necesario seguir las recomendaciones que se dan en el manual de diseño del INFOM, pues en este se especifican dimensiones máximas y mínimas, que afectan directamente el funcionamiento del sistema, en cuanto a los materiales también se recomienda verificar que cumplan con las especificaciones de calidad, pues esto incide en su correcto funcionamiento y puede reducir el periodo de tiempo, para el cual el sistema fue diseñado, incurriendo en gastos de reparación.

2.1.14 Principios hidráulicos

La mayor parte de los alcantarillados se diseñan 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. 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 en que las alcantarillas de agua de lluvia sea superada la capacidad, para la que fueron diseñadas.

2.1.15 Ecuación de Manning para flujo en canales

El análisis y la investigación del flujo hidráulico han establecido que las condiciones de flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios por gravedad, pueden ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce a un movimiento conocido como flujo por gravedad. Manning utiliza una constante c la cual depende de algunas constantes como el radio hidráulico, la pendiente y del coeficiente de rugosidad, la fórmula de c es la siguiente:

$$c = \frac{1}{n} * Rh^{1/6}$$

Al sustituirla en las fórmulas de velocidad y caudal, se obtienen las mas usadas en el cálculo de alcantarillados.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * s^{1/2} * A$$

En donde:

V: velocidad del flujo, en m/s

n: coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional. Representa las características internas de la tubería, y sirve para calcular las pérdidas por fricción de la tubería, para tuberías de P.V.C. se considera (0.009 – 0.11).

S: pendiente del tubo, en porcentaje.

Rh: radio hidráulico, en m.

A: área de la sección transversal del flujo o área mojada, en m².

2.1.16 Ecuación a sección llena

Toda tubería circular puede trabajar a sección llena y a sección parcialmente llena, el último es más común, ya que el gasto nunca es constante y esto incide directamente con una variación de la altura del flujo, que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

$$A = \frac{d^2}{4} * \left\{ \frac{\pi\theta}{360} * \text{sen} \frac{\theta}{2} \right\}$$

$$p = \frac{\pi * d * \theta}{360}$$

$$A = Rh * p$$

$$Rh = \frac{d}{4} \left[1 - \frac{360 \text{sen} \theta}{2\pi\theta} \right]$$

Como se puede ver, en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, los cálculos del radio hidráulico y del área del flujo son laboriosos, y por lo tanto, también los de la velocidad y el gasto. Para facilitar este cálculo se utilizará el gráfico de relaciones hidráulicas. En el cual para cualquier relación de gasto, q, a gasto total de alcantarilla, Q, las curvas de la gráfica dan relaciones de velocidad, área y altura del flujo.

En primer lugar hay que determinar la velocidad y el gasto del tubo lleno, por medio de las fórmulas ya conocidas; también se puede usar el monograma y las tablas que han sido elaboradas con la fórmula de Manning.

2.1.17 Relaciones hidráulicas

Una vez obtenidos estos datos, se procede a buscar la relación entre los gastos q/Q , caudal de diseño entre el caudal a sección llena, se busca el valor en la tabla de relaciones hidráulicas de una alcantarilla de sección circular, se obtienen los valores de d/D , que es la profundidad del flujo o tirante, la relación v/V , la velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

En la tabla de valores de relaciones hidráulicas de una alcantarilla de sección transversal circular, se puede notar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo o tirante es aproximadamente $0.8 D$, por lo que generalmente los tubos de los alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0.75 a $0.8 D$. Esto conduce a normalizar que:

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

Diseño hidráulico del sistema

Se realizará el drenaje sanitario con tubería de PVC, para un periodo de 20 años, utilizando un diámetro mínimo de 6 pulgadas, a manera de ejemplo de diseño se realizará del PV # 3 a PV # 1.

Pv = Pozo de visita

Cota de inicio de terreno PV # 3 = 111.25

Cota final de terreno PV # 1 = 112.06

Distancia Horizontal = 54.94

Factor de caudal medio = 0.002

Periodo de diseño = 20 años

Material a utilizar = tubería PVC

Viviendas del tramo = 5

Viviendas acumuladas = 0

La pendiente del terreno se define como la diferencia de nivel entre la distancia horizontal del terreno.

Pendiente del terreno

$((\text{Cota de terreno inicial} - \text{Cota final del terreno}) / \text{distancia horizontal}) * 100$

Pendiente = $((111.25 - 112.06) / 54.94) * 100 = -1.47\%$

Factor de Harmond

$FH = (18 + (P/1000)^{1/2}) / 4 + (P/1000)^{1/2}$

Donde P es la población en miles de habitantes

Número de casas acumuladas del tramo = 5

Para el diseño se utilizaron las poblaciones actuales y futuras, para que funcione el sistema correctamente al inicio y al final del periodo de diseño, cumpliendo con los criterios de diseño adoptado.

Número de habitantes actuales = 30

Número de habitantes futuros = 46

Con población actual FH = 4.35

Con población futura FH = 4.32

Caudal de diseño

El caudal de diseño es igual al número de habitantes a servir multiplicando por el factor de caudal medio y el factor de Harmond.

$$Q = FQM * \text{número de habitantes} * FH$$

Para este caso:

$$\text{Caudal de diseño actual} = 0.002 * 30 * 4.35 = 0.26$$

$$\text{Caudal de diseño futuro} = 0.002 * 46 * 4.32 = 0.39$$

Velocidad

Utilizando las siguientes fórmulas, se calcula la velocidad y caudal a sección llena del tubo:

Fórmula de Chezy

$$V = C * ((Rh * S)^{(1/2)})$$

Fórmula de Manning

$$C = (1/n) * ((Rh)^{(1/6)})$$

Que al sustituirla en la de Chezy, se obtiene la fórmula de Manning, la cual es una de las más usadas en el cálculo de alcantarillados.

$$V = 1/n * Rh^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Donde } Rh = D/4$$

Dándole valores:

$$V = 1/n \cdot (D/4)^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad 1 \text{ pulgada} = 0.0254 \text{ m}$$

$$V = 1/0.009 \cdot ((6 \cdot 0.0254)/4)^{2/3} \cdot (0.0147)^{1/2}$$

$$V = 1/0.009 \cdot ((6 \cdot 0.0254)/4)^{2/3} \cdot (0.0147)^{1/2}$$

$$V = 1.51 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena

$$Q = V \cdot A \quad \text{en donde } A = \pi \cdot r^2 \quad r = D/2$$

D = diámetro de la tubería

$$A = \pi(D/2)^2$$

$$A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$1 \text{ pulgada} = 0.0254 \text{ metros}$$

$$A = (\pi/4) \cdot (6 \cdot 0.0254)^2 = 0.01824 \text{ m}^2$$

$$V = 1.51 \text{ m/s}$$

$$Q = V \cdot A = 1.51 \text{ m/s} \cdot 0.01824 \text{ m}^2 = 0.027 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convirtiendo los metros cúbicos a litros

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros entonces}$$

$$Q = 0.027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1000 \text{ lt}/\text{m}^3)$$

$$Q = 27.54 \text{ lt /s.}$$

Relaciones de caudales y velocidades

Relacion de caudales y velocidades actuales

$$q/Q = 0.26/27.54 = 0.0094$$

$$\text{De tablas } v / V = 0.316$$

$$V = 0.316 * V = 0.316 * 1.51 = 0.47 \text{ m / s}$$

La velocidad es mayor a 0.4 m/s por lo tanto cumple con el valor mínimo especificado para evitar la sedimentación.

Cotas Invert

La cota invert inicial para el inicio de un tramo, es la cota de terreno menos la profundidad del pozo inicial.

La cota invert inicial para los otros puntos del tramo, es la cota invert final del tramo anterior, menos 3 centímetros, esto cuando el tubo de entrada y salida son del mismo diámetro, cuando son de distinto diámetro, se toma la diferencia de diámetros.

La cota invert final es la cota invert inicial menos el producto de la pendiente del ramal por la distancia horizontal.

Para inicio del tramo se tiene

$$\text{Cota invert inicial} = \text{Cota de terreno} - \text{Altura de pozo}$$

Donde la altura mínima de pozo es 1.40

Para este caso las cotas invert del PV # 3 al PV # 1 se tiene

$$\begin{aligned} \text{Cota Invert Inicial PV \# 3} &= \text{Cota invert de llegada al PV \# 3} - 0.03\text{m} \\ &= 112.06 - 0.03\text{m} = 112.03 \end{aligned}$$

Cota Invert Final PV # 1 = Cota invert inicial PV # 1 – (S%/100) * D.
horizontal

$$= 112.03 - (1.44/100) * 54.94 = 111.24 \text{ m}$$

Alturas de pozos

La altura de pozo inicial es la diferencia de la cota inicial de terreno y cota invert inicial.

La altura de pozo final es la diferencia de la cota final de terreno y la cota invert final

$$\begin{aligned} \text{Altura del PV \# 3} &= \text{Cota del terreno inicial} - \text{Cota invert inicial PV \# 3} \\ &= 112.06 - 112.03 = 0.03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura del PV \# 1} &= \text{Cota del terreno final} - \text{Cota invert final PV \# 1} \\ &= 111.25 - 111.24 = 0.01 \text{ m} \end{aligned}$$

La altura de los pozos no cumple con las especificaciones por lo que se asume la altura mínima que es 1.40 m. Los demás tramos del proyecto se trabajaron siguiendo el mismo proceso del ejemplo, el cuadro completo del diseño se encuentra en el anexo.

2.1.18 Propuesta de tratamiento de aguas servidas

La descarga de las aguas residuales de este proyecto, será hacia dos plantas de tratamiento en la cabecera municipal, una se encuentra en funcionamiento, mientras la otra ya está terminada y se encuentra pendiente de

la conexión al sistema de alcantarillado, razón por la cual en el diseño no se incluyeron fosas sépticas o algún tratamiento previo.

2.1.19 Programa de operación y mantenimiento

Es la aplicación de técnicas para mantener el alcantarillado en buenas condiciones, y así garantizar el funcionamiento normal del sistema para el periodo de diseño planificado.

La responsabilidad de mantenimiento y operación del sistema será de la Municipalidad de Santa Cruz Verapaz. El tiempo recomendado para inspeccionar el funcionamiento del sistema debe ser en espacios no mayores a los tres meses.

2.1.20 Planos y detalles

Los planos constructivos elaborados para este proyecto son:

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

2.1.21 Presupuesto

El presupuesto del proyecto de alcantarillado sanitario está integrado a base de precios unitarios, se utilizó un 50% de prestaciones laborales, el pago de la mano de obra se hará utilizando como referencia el pago que la municipalidad hace en trabajos similares, se aplicó un 5% para gastos de administración y 15% de utilidades, para los materiales se utilizaron los precios del lugar.

Tabla VI Presupuesto alcantarillado sanitario

PRESUPUESTO ALCANTARILLADO SANITARIO				
LONGITUD: 9738 ML				
UBICACIÓN: SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Q	TOTAL
Replanteo Topográfico	m3	25,207.36	0.61	15,376.49
Excavación	m3	25,207.36	61.88	1,559,831.44
Relleno	m3	24,891.50	66.30	1,650,306.45
Extracción de material sobrante	m3	6,302.00	69.38	437,232.76
Tubería PVC norma 3034 Ø 6"	tubos	1,623.00	880.31	1,428,743.13
Pozo de visita de 1.40 a 2 m	unidad	105.00	7,281.31	764,537.55
Pozo de visita de 2 a 3 m	unidad	37.00	10,585.44	391,661.28
Pozo de visita de 3 a 5 m	unidad	19	16,406.08	311,715.52
Pozo de visita de 5 a 7	unidad	12	23,877.57	286,530.84
Pozo de visita de 7 a 9	unidad	6	29,143.61	174,861.66
Pozo de visita de 9 a 11	unidad	5	39,552.09	197,760.45
Pozo de visita de 11 a 13	unidad	4	47,755.11	191,020.45
Conexiones domiciliarias	unidad	879	835.10	735,810.90
Total			Q	8,145,388.92

2.1.22 Evaluación de impacto ambiental

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Identificación de factores que puedan causar impacto ambiental y a qué parte está afectando

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son:

- **El agua:** debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, quebradas, ríos, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.
- **El suelo:** sí, impactará negativamente el mismo, si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrá movimientos de tierra. Solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.
- **El aire:** si no se verifican las fugas de aguas negras rápidamente, habrá peligro en el ambiente por los malos olores.
- **Salud:** hay un impacto relativamente pequeño en la salud durante la etapa de construcción, ya que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

Impactos negativos

Los impactos negativos del proyecto se dan sólo en las etapas de construcción y operación del proyecto. Los elementos más impactados negativamente son:

- el suelo
- el agua
- las partículas en suspensión.

Medidas de mitigación:

- Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán efectuarse en el tiempo más corto posible, compactándose adecuadamente las mismas, para evitar el arrastre de partículas por el viento.
- Deberá capacitarse a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.
- Orientar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema para evitar que los mismos sean depositarios de basura producidas en el hogar.

Plan de contingencia

En áreas planas es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones, con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños, que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones o asolvamiento en la comunidad beneficiada. Velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a quienes se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras, para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias, se debe contar con depósitos distribuidos en lugares estratégicos.

Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si está organizada la comunidad de acuerdo con lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

Plan de seguridad humana

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco, etc., que minimicen los riesgos de accidentes de salud.
- Debe desarrollarse un plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto, sobre aspectos de salud y manejo del sistema y del equipo a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

Plan de seguridad ambiental

En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación, de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es evitar la contaminación de los acuíferos, pues el objetivo del proyecto es que las aguas servidas no corran a flor de tierra y por lo tanto no contaminen el nivel freático y evitar fugas en el sistema existente. También cabe mencionar que se evitará la proliferación de bacterias en el ambiente,

causantes de enfermedades a los pobladores ayudando con ello a la salud por medio de la obra civil.

2.1.23 Evaluación socioeconómica

2.1.23.1 Valor presente neto

El cálculo de este valor se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Esta es una forma sencilla en la que se puede determinar si en un determinado proyecto los ingresos son mayores que los egresos.

El valor presente neto se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{VPN = VP_{beneficios} - VP_{costos}}$$

Existen tres posibles resultados al aplicar la fórmula anterior:

1. $VPN > 0$
2. $VPN = 0$
3. $VPN < 0$

Lo cual se interpreta así:

1. Cuando el VPN es un valor mayor que cero, se recupera el monto invertido, se obtiene una rentabilidad y una ganancia que equivale al valor presente.

2. Cuando el VPN es un valor igual cero, se recupera el monto invertido y se obtiene una rentabilidad deseada pero no se obtiene una ganancia.
3. Cuando el VPN es un valor menor que cero, se hace una evaluación según la tasa de interés y un porcentaje de ganancia.

En el caso del proyecto de alcantarillado sanitario en el municipio de Santa Cruz Verapaz, es un beneficio para la comunidad, por lo cual tiene un objetivo de carácter social, para este proyecto la municipalidad no contempla obtener alguna ganancia o utilidad, por lo que los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

VPN = 0 - 8,495,942.91

VPN = - 8,495,942.91

2.1.23.2 Tasa interna de retorno

Este se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. Si se utiliza con el valor presente es la tasa donde el valor presente es igual al cero $VP = 0$.

En el caso del proyecto de alcantarillado sanitario de Santa Cruz Verapaz, por ser una obra de carácter social, la municipalidad no tiene contemplado obtener ninguna ganancia ni utilidad, por lo que no es posible determinar la tasa interna de retorno mediante ningún método.

El procedimiento a seguir, en este caso es tomar un valor de tasa interna de retorno equivalente al valor que debe invertir el estado para la ejecución de

este proyecto, en este caso equivale a 4.5%, este valor se calculó con base a la tasa libre de riesgo de Guatemala, que es una inversión en títulos públicos y que es el valor aproximado que pagan y, es lo que le cuesta al Estado, captar esos fondos para invertirlos en obra pública.

2.2 Diseño de carretera hacia la aldea Chijou, municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz

2.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de tres tramos carreteros de terracería en la comunidad Chijou, municipio de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, el primer tramo tiene una longitud de 338.03 m ubicado sobre el camino que conduce del municipio de Santa Cruz Verapaz al municipio de San Juan Chamelco, el segundo tramo tiene una longitud de 458.94 m, el tercer tramo tiene una longitud de 862.54 m y finaliza a un costado de la iglesia católica de la aldea y la cancha polideportiva, sobre la carretera que conduce al municipio de San Juan Chamelco, los tres tramos tienen una longitud total de 1659.51 ml.

El diseño es de una carretera tipo G, adecuada para una región montañosa, la velocidad de diseño es de 30 km/h con un tránsito promedio diario de 10 a 100 vehículos y un ancho de calzada de 4 metros.

2.2.2 Estudio preliminar de campo

Consistió en la obtención de la información de campo, necesaria para el diseño del proyecto, esta información comprende el ancho de calzada, el derecho de vía establecido, pendientes del terreno, puntos obligados de paso, tipo de terreno, el lugar donde se ubicara el proyecto se encuentra en las colindancias de varios terrenos de cultivo donde existe una brecha en mal estado, no existen casas o edificaciones que obstaculicen el paso de la carretera, en el lugar tampoco se localiza ningún río ni obstáculo natural.

2.2.2.1 Levantamiento topográfico de la preliminar

Este levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, al realizar este levantamiento se debe tener cuidado, para tener un grado de precisión razonable, y para marcar algunos accidentes que pudieran afectar la localización final.

2.2.2.2 Planimetría

La información topográfica necesaria para el diseño de una carretera consiste en tomar en campo los ángulos y distancias horizontales que definen la ruta de preliminar, haciendo uso de un teodolito y de una cinta métrica.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias a cada 20 metros, se utilizó el método de conservación de azimut y el equipo utilizado fue un teodolito marca Wild T2, un estadal, cinta métrica, plomada.

2.2.2.3 Altimetría

Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos fijados por el levantamiento planimétrico, fijando bancos de marca a cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto, en los que deberá anotarse la estación elevación y la distancia acumulada. Como cota de salida se fijará una arbitraria, entera, la cual se recomienda que sea 1,000 metros para no tener cotas negativas.

Es recomendable ir dibujando el perfil que se ha levantado en el día, con el objeto de apreciar si tiene una forma congruente a la realidad y si cumple con las especificaciones de pendientes máximas permisibles. Lo anterior permite que los errores se encuentren a tiempo y no hasta realizar el dibujo en gabinete.

Para este caso se utilizó el método taquimétrico, el equipo utilizado fue un teodolito marca Wild T2, un estadal, cinta métrica y plomada.

2.2.2.4 Secciones transversales

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la faja del terreno, que se recomienda sea como mínimo de 40 metros, es decir, 20 metros a cada lado a partir de la línea central definida en el levantamiento planimétrico, estas deberán ser medidas en forma perpendicular al eje y nivelada con nivel de mano o clinómetro, midiendo la distancia horizontal a que se está nivelando cada punto.

Cuando la sección transversal llegue a un obstáculo impasable como un peñasco, una casa, un paredón, etc. no es necesario prolongarla sino que se anotará en la columna de observaciones el tipo de obstáculo, o su altura o profundidad aproximada.

Las medición se realizó tomando puntos perpendiculares a la línea central, en ambos lados de la calzada, los puntos fueron medidos a una distancia de 20 metros o en algunos casos donde fuera conveniente para salvar obstáculos, esta medición se llevó a cabo con un teodolito marca Wild T2, cinta métrica, un estadal y plomada.

2.2.3 Dibujo preliminar

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

2.2.3.1 Planimétrico

El dibujo planimétrico del levantamiento de la preliminar, en el diseño de carreteras es necesario, porque aunque no constituyen planos finales, sirven de guía para visualizar, en una forma global, la ruta seleccionada y determinar los corrimientos a calcular si los hubiera.

Se mide al ángulo que la libreta planimétrica de la línea de la preliminar define, se traza una recta a partir del punto de origen al punto marcado por la medida tomada del transportador, luego sobre esta recta se mide la distancia indicada en la libreta de planimetría. El procedimiento se repite tomando como nuevo origen el final de la recta trazada.

El dibujo planimétrico de la carretera hacia la aldea Chijou se realizó utilizando el programa Land 2000, aplicando los recursos que este programa provee para diseño de carreteras con lo que se obtuvieron los planos preliminares que permitieron visualizar la carretera.

2.2.3.2 Altimétrico y curvas de nivel

El perfil de la línea de la preliminar es de suma importancia que se dibuje, ya que esto permite facilidad en el cálculo del perfil de localización, por

lo que se debe de dibujar a escalas que permitan su lectura con mayor rapidez y precisión, para el caso se recomienda utilizar la escala 1:1000 en el sentido horizontal y 1:100 en el sentido vertical.

El dibujo consiste en el ploteo de la distancia horizontal medida contra la cota que corresponda en cada caminamiento. Todos los puntos deberán unirse con una línea.

Posteriormente deberán colocarse en la parte superior los caminamientos que correspondan a cada principio de curva y principio de tangente y a la vez calcular, la elevación que corresponde a los puntos ubicados en el promedio de los caminamientos de principio de curva y principio de tangente, ya que las cotas que queden dentro de los caminamientos descritos, no son reales, porque la curva de la carretera deja el caminamiento de preliminar en el mencionado tramo, y debe calcularse el perfil de localización, tomando como base las secciones transversales del tramo en cuestión, y calcular las cotas del perfil de localización del tramo comprendido dentro de la curva.

El dibujo altimétrico se realizó utilizando el programa Land 2000 obteniendo los planos del perfil que permitieron visualizar la carretera y hacer correcciones si fueran necesarias.

2.2.4 Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras

Al realizar el trabajo de campo, se inicia el estudio para fijar el eje de la carretera o diseño de la línea de localización. Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno, dependiendo del criterio

adoptado que a su vez depende del volumen del tránsito y la velocidad de diseño a utilizar.

Una vez fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adapte a las condiciones del terreno y que cumplan con los requisitos establecidos. Existen factores que suelen forzar una línea influyendo en la determinación de los alineamientos horizontal y vertical de una carretera, por lo que es necesario tomar una serie de normas generales que han surgido a través de la práctica y del sentido común, de acuerdo a estas normas se deben cumplir algunos criterios entre los cuales están:

- Radio de curvatura mínimo
- Longitud de curva mínima
- Tangente mínima
- Pendiente máxima
- Velocidad de diseño según el tipo de carretera

Debido a la dependencia entre sí de los alineamientos, que deben de guardar una relación que permita la construcción con menor movimiento de tierras posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y relleno a producirse, obligan en determinadas circunstancias al no cumplimiento de estas normas, solamente cuando sean justificables por razones económicas, sin olvidar la importancia de estas recomendaciones para lograr el diseño de carreteras seguras y de tránsito cómodo.

2.2.5 Diseño geométrico de carreteras

2.2.5.1 Alineamiento horizontal y vertical

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

El trazado en planta de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular y curva de transición.

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales, también la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente, que sirve para delimitar el diseño de la sub.-rasante.

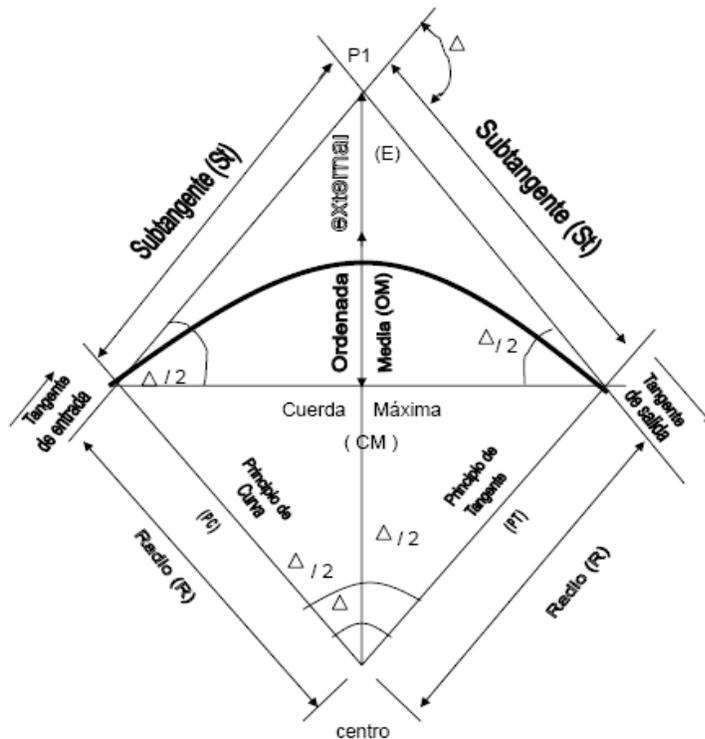
2.2.5.2 Diseño de curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de

intersección, las distancias y los azimut, se produce al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.

Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos, entre los que se encuentran: subtangente (St), largo de curva (Lc), radio (R), el principio de curva (PC), delta (Δ), cuerda máxima (CM), ordenada media (Om), external (E), centro de la curva, y punto de intersección (PI), como se muestra en la figura siguiente

Figura 1. Elementos de curva horizontal



- **Ángulo de deflexión $[\Delta]$:** el que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha, según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las

manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).

- **Tangente [T]:** distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI), los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de tangentes, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama entretangencia hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- **Radio [R]:** el de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}}$$

- **Cuerda larga [CL]:** línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$CL = 2 \cdot R \sin \frac{\Delta}{2}$$

- **External [E]:** distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

$$E = R\left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1\right)$$

- **Ordenada Media [M] (o flecha [F]):** distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right)$$

- **Grado de curvatura [G]:** se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. En otra forma, se dice que (G) es el ángulo sostenido por un arco de 20 metros.

$$G_c = 2 \arcsin \frac{c}{2R}$$

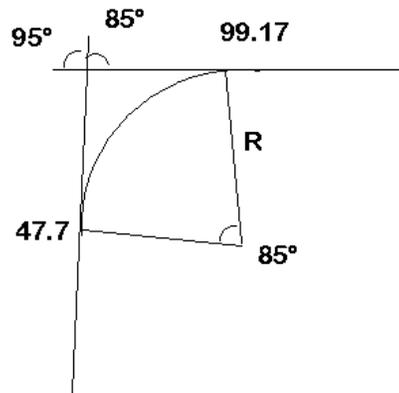
- **Longitud de la curva [L]:** distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta.

$$L_c = \frac{c \cdot \Delta}{G_c}$$

Ejemplo de diseño de la curva 1, carretera hacia la comunidad Chijou en el tramo que mide 862.54 m se tienen los siguientes datos:

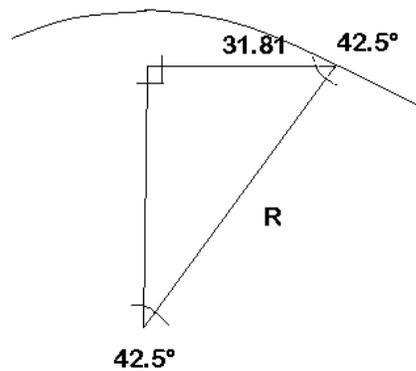
- Principio de curva (PC): 47.7
- Principio de tangencia (PT): 99.17
- Angulo de deflexión (Δ): 85°

Figura 2 Diseño de curva horizontal



La distancia 31.81 m se obtuvo por el programa Land 2000 con las herramientas que el programa proporciona, con este dato se utilizó la ley de senos para determinar el radio, el valor $\Delta/2$ es de 42.5° que se utiliza para el cálculo de los elementos de la curva.

Figura 3 Diseño de curva horizontal



$$\frac{\text{sen}42.5}{31.81} = \frac{\text{sen}47.5}{R}$$

$$R = 34.71$$

El valor del radio cumple con los requerimientos de radio mínimo para carreteras rurales, en el caso de las carreteras tipo G el radio mínimo es de 18 m.

- Grado de curvatura G

$$G = \frac{1145.915}{34.71} = 33.0$$

- Longitud de curva

$$LC = \frac{20(85)}{33} = 51.51$$

- Sub tangente

$$ST = 37.71 \tan(42.5) = 31.80$$

- External

$$G = \frac{39.71(1 - \cos 42.5)}{\cos 42.5} = 12.36$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * (39.71) \sin 42.5 = 46.89$$

- Ordenada media

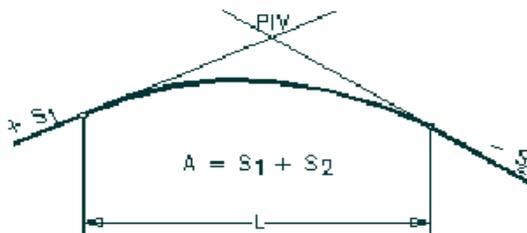
$$OM = 34.71(1 - \cos 42.5) = 9.11$$

2.2.5.2 Diseño de curvas verticales

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales; también la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, la visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Las curvas verticales se diseñan siguiendo el criterio de longitud de curva mínimo tomando como base la pendiente de la tangente de entrada y tangente de salida, la velocidad de diseño y la concavidad de la curva, se asigna un valor K dependiendo si es cóncava o convexa y al multiplicar ese valor por la velocidad de diseño se obtiene la longitud de la curva vertical.

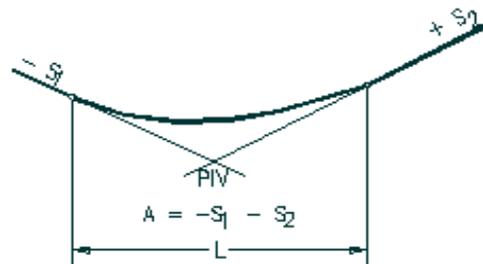
Figura 4 Modelo de curva concava



S_1 = Pendiente de entrada

S_2 = Pendiente de salida

Figura 5 Modelo de curva convexa



Las longitudes de curvas verticales se calculan con la siguiente ecuación

$$LCV = K * A$$

Donde:

K: constante que depende de la velocidad de diseño

A: diferencia algebraica de pendientes

Tabla VII. Valor K para diseño de curvas verticales

Velocidad de diseño km/h	Concava K	Convexa K
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Ejemplo de diseño de la curva vertical 1, carretera hacia la comunidad Chijou en el tramo que mide 862.54 m se tienen los siguientes datos

Se calcula la pendiente de las tangentes de entrada y salida haciendo la resta de las cotas y dividiendo el resultado entre la longitud horizontal del tramo

- Pendiente 1 = $99.19 - 100 / 20.13 = -4.02 \%$
- Pendiente 2 = $99.58 - 99.19 / 58.12 = 0.67 \%$

Se hace la resta algebraica de las pendientes y se multiplica por el valor K, en este caso es una curva cóncava y tomando en cuenta la velocidad de diseño igual a 30 km/h por lo que K tiene un valor de 4.

$$LCV = 4 * 4.69 = 18.76 \text{ m}$$

Según los criterios de diseño la longitud de curva vertical minima debe ser igual al valor de la velocidad de diseño, es decir, que la longitud de curva minima es de 30 metros por lo que se asume esa longitud de curva.

2.2.5.4 Diseño de localización

Para realizar estos cálculos se debe colocar en la planta las coordenadas totales de los puntos de intersección de la preliminar, además se deben colocar los rumbos y distancias de la línea preliminar; en la mayoría de los diseños horizontales existirán casos donde la línea de localización coincida con la línea de preliminar. Cuando sea necesario se recurrirá a efectuar medidas gráficas para relacionar la línea de localización diseñada con la línea preliminar colocada en el campo.

Luego de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los rumbos entre los puntos de intersección entre dos rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección.

2.2.5.5.1 Diseño de la subrasante

La subrasante es la línea trazada en perfil, que define las cotas de corte o relleno, que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la sub rasante queda bajo la sub base, base y capa de rodadura, en proyectos de asfalto y debajo del balasto en proyectos de terracería.

En un terreno montañoso, el criterio técnico para definir la subrasante es no exceder la pendiente máxima oscilante entre el 14% y 16%, ni la curvatura mínima permitida para el uso que se le dará a la carretera; lo que también se relaciona con la sección a utilizar y el tipo de terreno.

La subrasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento que determina el costo de la obra; por esta razón, un buen criterio para diseñarla, es obtener la subrasante más económica. Es necesario apuntar que el relleno es mucho más costoso que el corte, por lo que hay que tomar en cuenta tal situación para definir lo óptimo.

Para calcular la subrasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.

- Las secciones transversales.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño
- La clase de material del terreno
- Los puntos obligados de paso.

En el caso del tramo carretero hacia la aldea Chijou, la subrasante se diseñó utilizando el criterio de pendiente máxima y también se tomó en cuenta el costo del movimiento de tierras, la topografía del lugar permitió diseñar una carretera con pendientes apropiadas menores al 16%, la subrasante en su mayoría está en corte, sin embargo el volumen de movimiento de tierra es mínimo.

2.2.6 Movimiento de tierras

2.2.6.1 Cálculo de áreas de secciones transversales

La topografía del terreno, en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera, determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto carretero.

Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural; se marca con área del relleno y debajo del terreno natural, el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimará el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3% o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón

con el tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando sea necesario, se marcará un espacio de remoción de capa vegetal en que cortará, en una profundidad aproximada de 30 cm, Éste se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

El perfil exacto de la cuneta, por lo general, se calcula aparte para considerarlo como excavación de canales, se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla VIII. Tabla de relaciones para dibujo de taludes

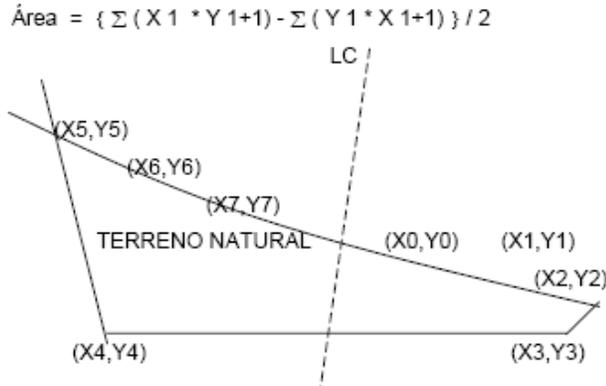
CORTE:		RELLENO:	
ALTURA	H - V	ALTURA	H - V
0 - 3	1 - 1	0 - 3	2 - 1
3 - 7	1 - 2	> 3	3 - 2
> 7	1 - 3		

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar a través de un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área.

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales del tramo carretero de la aldea Chijou se utilizó el método grafico, el cual consiste en medir el área enmarcada entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se

desea obtener, en este caso se utilizó el programa Land 2000 para determinar esta área de una manera exacta.

Figura 6. Cálculo de áreas de secciones transversales



X		Y
X0	*	Y0
X1	*	Y1
X2	*	Y2
X3	*	Y3
X4	*	Y4
X5	*	Y5
X6	*	Y6
X7	*	Y7
X0	*	Y0
a = $\sum (X * Y)$		$\sum (Y * X) = b$

Área = $\frac{(a - b)}{2}$

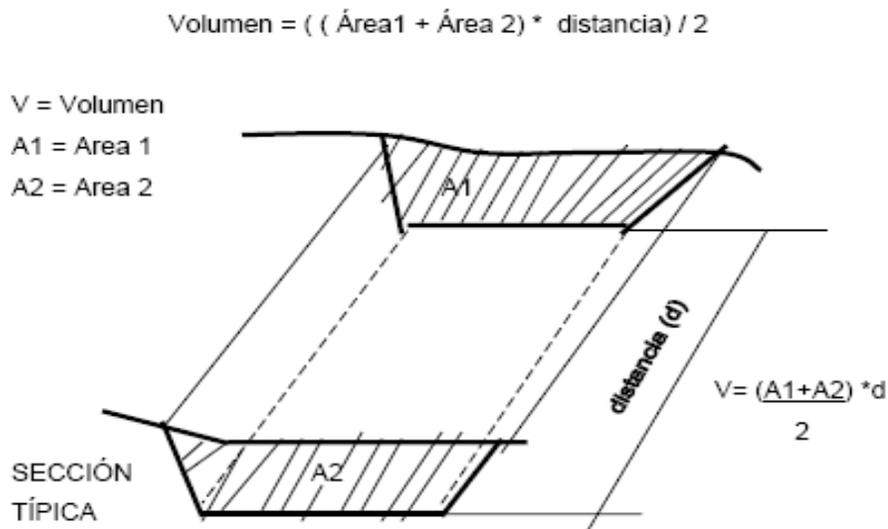
2.2.6.2 Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Cada una de las áreas, calculadas anteriormente, constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas; se obtienen así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra solamente relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno.

En este proyecto los volúmenes se calcularon utilizando los valores de las áreas que se obtuvieron con el método gráfico y se multiplicó por la longitud horizontal del tramo para encontrar el volumen de movimiento de tierras.

Figura 7. Representación geométrica para el cálculo de volúmenes de movimiento de tierras



2.2.7 Drenajes

El drenaje tiene la finalidad de evitar que el agua llegue a la carretera y desalojar la que inevitablemente siempre llega. Toda el agua que llega en exceso a la carretera tiene dos orígenes: puede ser de origen pluvial o de corrientes superficiales, es decir, ríos.

El agua de escorrentía superficial, por lo general, se encuentra con la carretera en sentido casi perpendicular a su trazo, por lo que se utiliza para esto, drenaje transversal, según el caudal que se presente.

El agua pluvial debe encauzarse hacia las orillas de la carretera con una pendiente adecuada en sentido transversal; a ésta se le llama “bombeo natural” y generalmente es del 3% y la pendiente longitudinal mínima para la subrasante es del 0.5%.

Para determinar el caudal de escorrentía superficial máxima, que puede presentarse en una determinada zona, se usa el método racional. Este método consiste en considerar el caudal que se espera de un área, cuya escorrentía converge en un punto o línea determinada, en un momento de máxima intensidad de precipitación.

La fórmula que expresa este principio es:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño, en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

A = Área drenada por la cuneta, en Ha

I = Intensidad de la lluvia en mm/h

2.2.7.1 Cunetas

El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud y conforme a esto, el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario, según las características pluviales del área, se calcula el caudal que deberá conducirse en la cuneta, para establecer las condiciones de la cuneta

- Pendiente
- Tipo de sección que se pondrá en el canal
- Material de canal (coeficiente de rugosidad)

Con base en esta información se calcula:

- Relación entre área y tirante en el canal
- Relación entre el radio hidráulico y el tirante que se tenga
- Caudal que puede conducir el canal según la pendiente y el tirante

Al igual que el caudal tributario y el que puede conducir el canal, se determina el tirante que deberá tener, el canal para cuneta; generalmente se hace de sección trapezoidal, semicircular, cuadrada e incluso triangular.

Cuando el tramo que drena la cuneta se hace muy largo, y por ende el área resulta conduciendo caudales muy altos, se hace necesario descargarlos.

En la mayoría de casos se desvía la cuneta hacia una pendiente apropiada, haciendo un canal revestido con concreto o balasto para evitar la erosión y el daño a la sub base de la carretera, en caso contrario, se hace pasar por debajo de la carretera con un drenaje transversal.

Para este proyecto se utilizarán cunetas de superficie natural con una sección triangular en los dos lados de la carretera para drenar el exceso de agua y evitar daños a la superficie de rodadura.

2.2.7.2 Drenaje transversal

El drenaje transversal se usa en dos casos:

- Para evitar que el agua de corrientes superficiales se acumule en un lado de la carretera, afectando así la base de la misma o que la inunde.
- Para conducir el agua pluvial reunida por las cunetas de un lado al otro de la carretera.

En el primer caso habrá que determinar el caudal máximo de la corriente (quebrada, río, etc.), por medio de mediciones de la sección de la corriente y de las velocidades del flujo en la época más lluviosa del año. También debe averiguarse sobre el nivel máximo que ha alcanzado en otros años.

También debe observarse otros aspectos, como la pendiente y condiciones del lecho de la corriente, esviaje, puntos de erosión y puntos posibles de canalización. En el caso de conducir el agua pluvial proveniente de las cunetas, se puede tomar este dato del diseño ya realizado, cuidando de observar cuántas convergen en el punto a estudiar.

Para esta segunda opción, generalmente el drenaje se coloca en curvas horizontales para evacuar el caudal de su parte interna donde, debido a la topografía del terreno, el agua de las cunetas converge, y se acumularía sin este drenaje; también se coloca en los puntos menores de curvas verticales

cóncavas y en tramos rectos, donde el caudal a conducir por una cuneta excedería su capacidad y no puede derivarse hacia fuera por situaciones topográficas.

Al determinar el caudal y las condiciones que tendrá la estructura a utilizar, el procedimiento para calcular las dimensiones de la alcantarilla a utilizar, es similar a del numeral anterior, cuidando la diferencia de que éste puede utilizar una sección casi llena.

En la entrada de un drenaje transversal, debe construirse una caja que ayude a encauzar todo el caudal de la corriente hacia la tubería, y un muro cabezal que proporcione seguridad contra la erosión a causa de la corriente, en la salida de ésta.

El procedimiento de diseño para una cuneta y un drenaje transversal son los mismos, lo único que varía es la sección, ya que en la cuneta generalmente es trapezoidal y en el drenaje transversal es circular, por lo que se ejemplifica el procedimiento para el cálculo de un drenaje transversal.

Área = 3 Ha

C = 0.2

I = 160 mm/H

Para una lluvia de 10 minutos de duración y una frecuencia de ocurrimiento de 25 años, se usa la fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$360$$

$$Q = \frac{0.20 * 160 * 3}{360} = 0.27 m^3 / s$$

Condiciones de diseño:

$$S = 3 \%$$

Tirante máximo 90%

$$Q = 0.27 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$D = ?$$

Fórmula de radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{area}}{\text{perimetro mojado}}$$

$$\cos \theta = \frac{0.40d}{0.50d}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{0.40}{0.50} = 36.86 = 36^\circ 52' 11.63'' = 0.64 \text{ rad}$$

$$1. \text{ Área del círculo} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$2. \text{ Área del sector circular} = 0.64 * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 0.16d^2$$

$$3. \text{ Área del triángulo} = 2 * \left(\frac{1}{2}(0.4d * 0.3d)\right) = 0.12d^2$$

$$A = a1 - A2 + A3 = 0.78d^2 - 0.16d^2 + 0.12d^2$$

$$A = 0.74d^2$$

$$P = \pi d - 0.64 \frac{d}{2} = (\pi - 0.32)d$$

$$P = 2.82d$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.74d^2}{2.82d} = 0.26d$$

Usando la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} (AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}) \quad \text{donde } n = 0.015$$

$$Q = \frac{1}{0.015} * 0.74d^2 (0.26d)^{\frac{2}{3}} = (0.03)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = \frac{1}{0.015} * 0.74d^2 (0.40d^{\frac{2}{3}}) * 0.17$$

$$Q = 0.0514d^{\frac{8}{3}} / 0.15$$

$$Q = 3.4266d^{\frac{8}{3}} \quad \text{despejando el valor } d$$

$$d = (Q/3.4266)^{\frac{3}{8}}$$

$$\text{para } Q = 0.27 \frac{m^3}{s}$$

$$d = (0.27/3.4266)^{\frac{3}{8}} = 0.38m$$

El diámetro obtenido para el drenaje transversal es de 0.38 metros lo que equivale a 15.17", en este tipo de proyectos se recomienda utilizar un diámetro mínimo de tubería de 24", se utilizará para efectos de diseño un diámetro de 30"

2.2.8 Estudio de suelos

El suelo es un factor determinante en la estabilidad de una carretera. Es necesario llevar un control de su estado para tener la seguridad de la buena

calidad de la misma.

Entre los problemas más frecuentes del suelo están:

- Deslizamientos
- Baches
- Colapsos

Los deslizamientos se manifiestan en los cortes, cuya cohesión no es lo suficientemente fuerte para mantener el talud, en caso de temblores o saturación. Por lo general los deslizamientos se presentan en puntos donde el terreno presenta capas, que pueden deslizarse en sentido perpendicular al trazo de la carretera o poseen un material muy plástico.

En el trazo mismo de la carretera se pueden presentar baches causados por material altamente plástico; este material, cuando se satura, posee un soporte casi nulo para el tránsito y por lo general queda deformado permanentemente y deja un bache en la carretera, que obstaculiza el tránsito y daña a los vehículos, que se golpean al pasarlo.

En el trazo de la carretera pueden encontrarse capas rocosas que son aparentemente estables, pero que cuando hay un exceso de presión colapsan por huecos presentes, dejan cavernas donde estuvieron y provocan que la carretera caiga aun solamente por su propio peso. Estas formaciones rocosas son, en su generalidad, carbonatos solubles en el agua de lluvia. Por lo mismo, deben evitarse las filtraciones para que no se disuelvan y formen huecos mayores que hagan fallar el suelo.

Para evitar los deslizamientos, hay que procurar, en lo posible, no situar el trazo de la carretera en sentido perpendicular a las posibilidades de deslizamiento de las capas de rocas presentes.

En caso de tener un material altamente plástico, para evitar baches, debe estabilizarse con cal o cemento, o eliminarse y sustituirlo por otro de mejores características.

Para eliminar las posibilidades de un colapso del material, se inyecta lechada de cemento donde se localicen huecos sub superficiales. Este mismo procedimiento se utiliza para evitar las filtraciones de agua.

Por otra parte, es necesario conocer los tipos de suelo que conforman el tramo carretero, para poder dar el tratamiento adecuado y hacer que éstos puedan soportar más cargas sin deformarse, proporcionar mayor impermeabilidad y dar alojamiento a las estructuras que se construyan en el proyecto para brindar mayor seguridad de que no colapsarán.

El tipo de suelo sobre el cual se asienta la carretera es apto para el cultivo, por lo que es un tipo de suelo con una capa vegetal que deberá ser removida.

2.2.8.1 Análisis de calidad del balasto

Se le llama balasto al material que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, el cuál se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura, debe cumplir con las condiciones siguientes:

- Debe ser de calidad uniforme y exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.
- El balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 80 libras/pie cúbico.
- El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder 2/3 del espesor de la capa a utilizar y en ningún caso ser mayor de 10 cm.
- La capa de balasto a colocarse sobre la subrasante, no debe ser menor a 10 cm.
- La porción del balasto retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm), debe estar comprendida entre el 30% y el 70% en peso.
- La porción de balasto que pase en el tamiz No. 40 (0.425 mm), debe tener un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.
- La porción de balasto que pase el tamiz No. 200 (0.075 mm), no debe exceder de 25% en peso.

Para determinar la calidad del balasto se le realiza la prueba de desgaste en la máquina de los Ángeles, 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%, (AASHTO T-96).

Por otra parte la colocación del balasto debe hacerse en capas que podrán variar entre 10 a los 25 cm, compactado a 90% Proctor, según la capacidad del equipo de compactación y de acuerdo al espesor final que será de 15 cm en este proyecto. El balasto ubicado en el banco que se encuentra en la aldea Chijou, este material según la clasificación del sistema unificado C.S.U. como una arena limosa café con grava la cual según los ensayos de laboratorio cumple con los requerimientos anteriormente enumerados.

2.1.24 Carpeta de rodadura

El terreno en el que se aloja el proyecto presenta suelo limoso, arenoso rocoso, en los que será necesario proteger la terracería mediante la aplicación de una capa de balasto, la cuál se obtendrá de un banco de materiales, dicha capa debe tener 15 centímetros de espesor debidamente compactado.

2.1.25 Elaboración de planos

Los planos constructivos elaborados en este proyecto son: planta general, planta - perfil, secciones transversales, detalles constructivos de cunetas y drenaje transversal con sus especificaciones correspondientes.

2.1.26 Presupuesto

El presupuesto del proyecto de carretera hacia la aldea Chijou está integrado con base en precios unitarios, se utilizó un 50% de prestaciones laborales, la mano de obra se pagará utilizando como referencia el pago que la municipalidad hace en trabajos similares, en lo correspondiente a maquinaria y equipo se calculo el rendimiento por hora, también se tomo en cuenta el combustible, se aplicó un 5% para gastos de administración y 15% de utilidades, para los materiales se utilizaron los precios del lugar.

Tabla IX Presupuesto carretera

PRESUPUESTO CARRETERA CHIJO				
LONGITUD: 1659.51 ML				
UBICACIÓN: SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Q	TOTAL Q
Replanteo topográfico	ml	1,659.51	2.84	4,713.01
Limpia, chapeo y destroque	Ha	0.65	4,759.62	3,093.75
Excavación no clasificada	m3	10,070.00	30.66	308,715.63
Conformación de subrasante	m2	8,861.00	5.11	45,296.88
Corte, carga y acarreo de balasto	m3	1,231.00	72.98	89,833.75
Capa de balasto	m3	1,231.00	43.00	52,934.38
Cunetas naturales	ml	3,284.00	9.78	32,130.00
Alcantarillas 30", HG	ml	35	61.88	2,165.63
Mampostería	m3	15.6	743.75	11,602.50
TOTAL				550,485.51

CONCLUSIONES

1. En el diseño de la carretera hacia la aldea Chijou se consideraron los siguientes aspectos:

Topografía: región montañosa

Tránsito: 10 a 100 vehículos al día

Velocidad de diseño: 30 km/h.

Pendientes: entre 14% a 16% como máximo

Elementos que influyeron grandemente, para definir el tipo de carretera que se necesita en la región y a la vez llevar a cabo un buen diseño, razón por la cual se estableció una carretera tipo G, la cual beneficiará aproximadamente a 500 personas de la aldea; el costo del proyecto asciende a Q 550,485.51

2. En la cabecera de Santa Cruz Verapaz, es de carácter urgente que se realice la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario nuevo, este proyecto beneficiará directamente a 5,274 habitantes, e indirectamente a varias comunidades cercanas, pues el sistema se conectará a dos plantas de tratamiento, por lo que disminuirá la contaminación de los ríos. El costo del proyecto asciende a la cantidad de Q 8,145,388.92.

3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), además de brindar servicio técnico profesional, como proyección de la universidad, da la oportunidad al estudiante de complementar su formación académica, le permite adquirir experiencia y madurez para iniciar el desempeño de su profesión, ya que lo vivido en el EPS le provee del conocimiento no adquirido en la universidad.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz

1. Realizar la construcción del sistema de alcantarillado sanitario en el menor tiempo posible, con lo cual se evitará la contaminación que se produce al momento de evacuar desechos, orgánicos e inorgánicos, en lugares inapropiados.
2. Concientizar a los beneficiarios del proyecto de alcantarillado sanitario, para que las tuberías se mantengan libres de basura o cualquier objeto que pueda dañarlas, de esta manera se obtendrán resultados óptimos.
3. Proveer el mantenimiento rutinario y periódico a la superficie de rodadura de la carretera, antes y después del invierno, de esa forma se logrará alcanzar la vida útil del proyecto.
4. Dentro del programa de mantenimiento de la carretera hacia la aldea Chijou, realizar la limpieza de los drenajes al inicio y al final del invierno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Fuentes, Byron de Jesús. **Planificación y diseño de un tramo carretero**. Tesis Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2001
2. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes**. Guatemala, diciembre de 2000. 361 pp
3. Juárez Izem, Henry Otoniel. **Diseño de carretera comunidad San Sebastián El Refugio y sistema de alcantarillado sanitario Barrio Vista Hermosa, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz**. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Guatemala USAC, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala, 2004.
4. Quijada Sagastume, José Gilberto. **Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula**. Tesis de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2004.151 pp.
5. Rodas Aldana, Walter Estuardo. **Estudio y diseño de la red de recolección de aguas residuales, de la aldea La Guitarra, del departamento de Retalhuleu**. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 82 pp..

ANEXOS

Tabla X. Diseño Alcantarillado Sanitario Santa Cruz Verapaz, Sector 1

LOCALIZACION	COTA DE TERRENO		LONGITUD	% PEND. DE TERRENO	No. VENTANAS ACTUALES	POBLACION ACTUAL	POBLACION ACUMULADA	POBLACION FUTURA	Q medio			DISEÑO LAS		% TUBO	DIAMETRO PIG	VELOCIDAD TUBO LLENO M/S	CARGA LLENADO Q M ³	Relaciones q/Q		Relaciones d/D		Relaciones v/V		Velocidad real m/s		COTA INVERT		PROFUNDIDAD DE POZOS	
	INICIO	FINAL							ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL					FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL
2 A 1	112.45	111.25	52.97	2.27%	12	72	0	110	0.1633	0.2504	0.5294	0.7531	2.2	6	1.866	34.04	0.0221	0.0221	0.087	0.103	0.3672	0.4087	0.76	111.05	109.88	1.40	1.37		
3 A 1	112.06	111.25	54.94	1.47%	5	30	0	46	0.0681	0.1043	0.2206	0.3138	1.44	6	1.510	27.54	0.0272	0.0387	0.114	0.135	0.4357	0.4842	0.66	110.86	109.87	1.40	1.38		
1 A 4	111.25	108.5	47.5	5.79%	3	18	120	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	5.74	6	3.014	54.98	0.0160	0.0228	0.068	0.104	0.3699	0.4112	1.11	1.24	108.85	107.13	1.40	1.37	
19 A 18	114.37	115.81	20.6	-6.99%	2	12	0	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.2	6	0.563	10.26	0.0946	0.1345	0.208	0.248	0.8295	0.8975	0.35	112.97	112.93	1.40	1.37		
18 A 8	115.81	116.89	21.5	-5.02%	2	12	24	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.2	6	0.563	10.26	0.1032	0.1468	0.217	0.259	0.8554	0.9149	0.42	112.90	112.85	1.40	1.37		
8 A 7	116.89	115.83	20.5	5.17%	1	6	30	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	1.3	6	0.563	10.26	0.1075	0.1529	0.263	0.316	0.7598	0.7984	0.43	112.82	112.80	1.40	1.37		
7 A 6	115.83	114.54	31.8	4.06%	1	6	36	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	1.3	6	1.434	26.17	0.0438	0.0624	0.142	0.169	0.4996	0.5559	0.72	112.77	112.36	3.06	2.18		
6 A 5	114.54	108.91	29.8	18.89%	3	18	54	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	17.3	6	5.225	95.31	0.0134	0.0191	0.081	0.096	0.3508	0.3909	1.83	104.28	104.17	2.21	1.72		
5 A 4	108.91	108.5	31.64	1.30%	3	18	72	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	0.35	6	0.744	13.58	0.1040	0.1479	0.217	0.260	0.8454	0.9165	0.48	107.16	107.05	1.75	1.45		
4 A 23	108.5	105.89	41.54	6.28%	5	30	222	46	0.0681	0.1043	0.2206	0.3138	6.54	6	3.217	58.69	0.0278	0.0396	0.115	0.136	0.4381	0.4865	1.41	1.57	107.02	104.30	1.48	1.59	
19 A 20	114.37	112.23	22.8	9.39%	1	6	0	0	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	9.26	6	3.828	89.83	0.0240	0.0341	0.107	0.127	0.4187	0.4662	1.60	1.78	112.75	110.64	1.62	1.59	
20 A 21	112.23	108.73	51.2	8.84%	2	12	18	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	6.8	6	3.281	58.84	0.0295	0.0419	0.118	0.140	0.4463	0.4953	1.46	1.62	110.61	107.13	1.62	1.60	
6 A 21	114.51	108.73	37.3	15.50%	1	6	42	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	13.9	6	4.690	85.56	0.0005	0.0007	0.018	0.021	0.1313	0.1454	0.62	112.33	107.14	2.21	1.59		
21 A 22	108.73	106.21	25.1	10.04%	3	18	78	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	9.94	6	3.966	72.35	0.0024	0.0035	0.037	0.043	0.3396	0.3778	0.41	104.59	104.31	1.62	1.58		
22 A 23	106.21	105.89	29.98	1.07%	2	12	90	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.91	6	1.200	21.89	0.0121	0.0172	0.071	0.091	0.3196	0.3583	0.30	105.51	105.31	1.40	1.37		
147 A 23	107.88	105.89	64.08	3.11%	9	54	0	83	0.1225	0.1878	0.3970	0.5648	3.29	6	2.292	41.62	0.0095	0.0136	0.089	0.081	0.3165	0.3508	0.72	106.27	104.17	1.61	1.72		
23 A 25	105.89	107.82	8	-24.12%	2	12	378	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	24.1	6	6.178	112.70	0.0067	0.0095	0.058	0.069	0.2829	0.3165	1.76	1.96	104.28	102.35	1.75	1.5	
25 A 28	107.82	106.44	48.1	2.81%	8	48	426	74	0.1069	0.1670	0.3523	0.5020	0.3	6	0.689	12.57	0.0877	0.1248	0.200	0.238	0.6151	0.6611	0.42	102.32	102.18	1.40	4.26		
27 A 28	105.92	106.44	60	-0.87%	2	12	0	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.2	6	0.583	10.26	0.0998	0.1422	0.266	0.316	0.5513	0.5948	0.31	104.52	104.40	1.40	1.37		
26 A 29	106.91	105.44	99.78	0.47%	4	24	0	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	0.2	6	0.563	10.26	0.0172	0.0245	0.091	0.108	0.3316	0.3583	0.30	105.51	105.31	1.40	1.37		
28 A 29	105.44	105.85	47.95	1.23%	3	18	480	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	1.67	6	1.626	29.66	0.0506	0.0719	0.153	0.182	0.6231	0.6611	0.85	105.26	104.48	1.40	1.37		
30 A 29	106.57	105.85	100.7	-0.28%	5	30	0	46	0.0681	0.1043	0.2206	0.3138	0.7	6	1.053	19.20	0.0896	0.1275	0.202	0.241	0.6187	0.6611	0.85	104.17	103.47	1.40	1.37		
29 A 31	105.85	104.97	85.37	1.03%	1	6	516	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	0.6	6	0.974	17.78	0.0993	0.1412	0.213	0.254	0.6384	0.7071	0.82	103.44	102.92	1.40	2.05		
31 A 32	104.97	106.02	81.5	-1.29%	9	54	570	83	0.1225	0.1878	0.3970	0.5648	0.3	6	0.689	12.57	0.1720	0.2446	0.200	0.337	0.7471	0.8263	0.51	102.89	102.65	2.08	3.67		
8 A 9	116.89	115.88	33.4	3.02%	1	6	0	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	3.1	6	2.215	40.00	0.0016	0.0016	0.029	0.034	0.1799	0.1997	0.44	112.82	112.22	1.40	3.66		
9 A 10	115.88	114.42	28.5	5.12%	3	18	24	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	1.1	6	1.319	24.07	0.0073	0.0104	0.066	0.078	0.3075	0.3424	0.41	112.19	111.96	3.69	2.46		
10 A 11	114.42	112.12	33.9	6.78%	3	18	42	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	5.17	6	2.860	52.16	0.0059	0.0084	0.055	0.065	0.2733	0.3045	0.78	110.18	109.60	1.97	1.94		
11 A 12	112.12	111.55	66.75	0.85%	5	30	72	46	0.0681	0.1043	0.2206	0.3138	0.86	6	1.167	21.28	0.0249	0.0354	0.109	0.129	0.4236	0.4707	0.49	110.18	109.60	1.97	1.95		
12 A 13	111.55	109.29	34.6	6.53%	3	18	90	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	6.45	6	3.195	58.28	0.0114	0.0162	0.075	0.089	0.3339	0.3725	1.07	1.19	109.57	107.34	1.98	1.95	
13 A 14	109.29	106.62	36.9	7.24%	4	24	114	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	7.16	6	3.366	61.41	0.0136	0.0194	0.082	0.097	0.3536	0.3955	1.19	1.32	107.31	104.87	1.98	1.95	
14 A 15	106.62	104.14	23.3	10.64%	1	6	120	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	10.5	6	4.078	74.36	0.0119	0.0169	0.076	0.090	0.3368	0.3752	1.37	1.53	104.64	102.19	1.98	1.95	
15 A 16	104.14	102.02	21.35	9.93%	1	6	126	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	9.8	6	3.938	71.84	0.0129	0.0183	0.079	0.094	0.3482	0.3857	1.36	1.52	102.16	100.07	1.98	1.95	
16 A 17	102.02	101.42	21.7	2.76%	1	6	132	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	2.65	6	2.048	37.36	0.0260	0.0370	0.111	0.131	0.4285	0.4753	0.88	100.04	99.47	1.98	1.95		
33 A 41	111.49	111.32	69.98	0.24%	8	48	84	74	0.0889	0.1323	0.2847	0.3765	0.8	6	1.125	20.53	0.0129	0.0183	0.084	0.098	0.3590	0.3986	0.40	109.84	109.52	1.41	1.97		
39 A 40	111.04	111.32	60	-0.47%	2	12	24	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.3	6	0.689	12.57	0.0100	0.0200	0.063	0.088	0.3075	0.3424	0.30	109.11	108.93	1.40	2.39		
40 A 41	111.32	111.04	19.07	-0.42%	2	12	24	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.3	6	2.413	44.02	0.0060	0.0086	0.056	0.066	0.2765	0.3075	0.67	111.58	109.59	2.42	1.73		
39 A 38	110.99	109.5	55.05	0.67%	4	24	0	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	3.5	6	2.354	42.93	0.0062	0.0088	0.056	0.066	0.2765	0.3075	0.65	108.84	107.76	1.75	1.74		
37 A 38	109.5	105.87	68.23	5.32%	6	36	72	55	0.0817	0.1252	0.2647	0.3765	5.25	6	2.863	52.58	0.0101	0.0143	0.071	0.084	0.3223	0.3590	0.93	1.03	107.73	104.14	1.77	1.73	
36 A 35	105.87	103.31	33.80	7.57%	2	12	84	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	7.5	6	3.445	62.85	0.0098	0.0140	0.070	0.083	0.3194	0.3563	1.10	1.23	104.11	101.58	1.76	1.73	
41 A 44	111.04	110.69	87.95	0.40%	4	24	300	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	0.77	6	1.104	20.14	0.0613	0.0873	0.188	0.200	0.5639	0.6150	0.81	109.56	108.88	3.61	1.81		
142 A 44	111.15	110.69	58.45	0.79%	6	36	348	55	0.0817	0.1252	0.2647	0.3765	0.74	6	1.082	19.74	0.0760	0.1081	0.186	0.222	0.6890	0.7541	0.64	109.31	108.88	1.84	1.81		
44 A 50	110.69	110.47	52.70	0.42%	4	24	708	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	0.36	6	0.755	13.77	0.1322	0.235	0.282	0.326	0.6761	0.7500	0.51	108.85	108.66	1.84	1.81		
45 A 46	115.27	112.05	56.00	5.75%	2	12	0	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255																	

Tabla X. Diseño Alcantarillado Sanitario Santa Cruz Verapaz, Sector 1

LOCALIZACIÓN	COTA DE TERRENO		LONGITUD	% PEND. DE TERRENO	No. VIENDAS	POBACION ACTUAL	POBACION ACUMULADA	POBACION FUTURA	Q medio			q DISEÑO L/S		% TUBO	DIAMETRO TUBO (PULG)	VELOCIDAD TUBO (M/S)	CAPACIDAD TUBO (L/S)	Relaciones q/Q		Relaciones d/D		Relaciones v/V		Velocidad (m/s)		COTA INVERT		PROFUNDIDAD DE POZOS	
	INICIO	FINAL							ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL					FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL
46 A 47	112.05	111.57	35.90	1.34%	3	18	30	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	1.24	6	1.401	25.55	0.0742	0.1056	0.185	0.219	0.5971	0.6489	0.92	0.91	110.21	109.76	1.84	1.81	
47 A 48	111.57	110.30	44.00	2.89%	4	24	54	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	2.83	6	2.116	38.61	0.0537	0.0784	0.157	0.187	0.5314	0.5909	1.12	1.25	109.73	108.49	1.84	1.81	
48 A 49	110.30	109.24	37.50	2.83%	2	12	66	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	2.74	6	2.082	37.98	0.0569	0.0808	0.162	0.192	0.5418	0.6003	1.13	1.25	108.46	107.43	1.84	1.81	
49 A 50	109.24	110.47	38.60	-3.19%	2	12	78	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	5.4	6	2.923	53.33	0.0422	0.0600	0.140	0.157	0.4953	0.5518	1.45	1.61	107.40	105.31	1.84	5.16	
50 A 52	110.47	110.27	71.70	0.28%	8	48	834	74	0.1089	0.1670	0.3529	0.5020	1.5	6	1.541	28.11	0.0926	0.1317	0.206	0.245	0.6259	0.6926	0.96	1.07	105.28	104.21	5.19	6.06	
71 A 52	110.66	110.27	24.20	2.44%	4	24	156	37	0.0544	0.0835	0.1765	0.2510	0.5	6	0.890	16.23	0.0109	0.0155	0.222	0.267	0.6541	0.7272	0.58	0.33	104.77	104.65	6.09	5.62	
52 A 54	110.27	110.08	29.55	0.84%	1	6	1020	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	4	6	2.516	45.90	0.0048	0.0068	0.050	0.059	0.2569	0.2860	0.85	0.72	104.62	103.44	5.65	6.84	
53 A 54	111.92	110.08	37.40	4.92%	6	36	0	55	0.0817	0.1252	0.2647	0.3765	1.9	6	1.734	31.63	0.0153	0.0218	0.088	0.102	0.3945	0.4052	0.73	0.70	105.25	104.53	6.67	5.55	
54 A 55	110.08	110.52	37.45	-1.17%	3	18	1074	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	1.8	6	1.688	30.79	0.0201	0.0285	0.098	0.116	0.3961	0.4405	0.67	0.74	104.50	103.83	5.58	6.69	
55 A 57	110.52	110.92	81.30	-0.49%	3	18	1092	28	0.0408	0.0626	0.1323	0.1883	0.36	6	0.744	13.58	0.0552	0.0786	0.166	0.197	0.5488	0.6096	0.41	0.45	103.80	103.56	6.72	7.36	
70 A 57	111.17	110.92	39.80	0.63%	6	36	544	55	0.0817	0.1252	0.2647	0.3765	1.75	6	1.664	30.36	0.0334	0.0475	0.126	0.148	0.4369	0.5125	0.73	0.85	103.78	103.08	7.39	7.84	
57 A 67	110.92	111.02	27.00	-0.37%	1	6	1678	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	1.8	6	1.688	30.79	0.0597	0.0836	0.164	0.195	0.5458	0.6059	0.92	1.02	103.05	102.57	7.87	8.45	
58 A 59	118.06	119.38	28.60	-4.62%	1	6	0	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	1	6	1.258	22.95	0.0907	0.1149	0.192	0.228	0.6003	0.6644	0.76	0.84	116.66	116.37	1.40	3.01	
59 A 60	119.38	119.95	27.10	-2.10%	2	12	18	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.2	6	0.563	10.26	0.1891	0.2690	0.295	0.354	0.7690	0.8480	0.43	0.48	116.34	116.29	3.04	3.66	
60 A 61	119.95	114.93	32.10	15.64%	2	12	30	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	10.5	6	4.076	74.36	0.0273	0.0388	0.114	0.134	0.4357	0.4820	1.78	1.98	116.26	112.89	3.69	2.04	
61 A 62	114.93	111.40	23.80	14.83%	1	6	36	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	15	6	4.876	86.94	0.0233	0.0332	0.106	0.126	0.4162	0.4639	2.03	2.26	112.86	109.28	2.07	2.12	
58 A 63	118.06	116.70	98.06	1.39%	1	6	0	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	0.3	6	0.689	12.57	0.0035	0.0050	0.047	0.056	0.5346	0.5439	0.37	0.37	109.25	109.06	2.15	1.37	
63 A 64	116.70	115.92	20.70	3.77%	1	6	12	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	0.32	6	0.712	12.98	0.0068	0.0097	0.066	0.078	0.5574	0.5678	0.40	0.40	109.03	108.99	1.40	2.50	
64 A 65	115.92	114.33	37.70	4.22%	2	12	24	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	0.33	6	0.723	13.18	0.0134	0.0190	0.091	0.108	0.5478	0.5342	0.40	0.39	108.96	108.88	2.53	2.32	
65 A 66	114.33	112.58	48.10	3.80%	2	12	36	18	0.0272	0.0417	0.0882	0.1255	1.66	6	1.621	29.57	0.0090	0.0127	0.057	0.079	0.3105	0.3452	0.50	0.56	111.98	111.21	2.35	1.37	
66 A 67	112.58	111.02	25.00	6.24%	1	6	42	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	19.9	6	5.612	102.37	0.0030	0.0043	0.041	0.047	0.2257	0.2457	1.27	1.38	111.18	106.21	1.40	4.81	
67 A 69	111.02	111.78	52.05	-1.46%	5	30	1750	48	0.0881	0.1043	0.2206	0.3138	0.2	6	0.563	10.26	0.2278	0.3241	0.324	0.392	0.8092	0.8932	0.46	0.50	106.18	106.08	4.84	5.70	
68 A 69	111.68	111.78	33.50	-0.30%	8	48	1858	74	0.1089	0.1670	0.3529	0.5020	3.33	6	2.286	41.88	0.0643	0.0914	0.172	0.204	0.5618	0.6223	1.29	1.43	105.95	104.83	5.73	6.95	
338 A FINA	111.78	109.42	102.20	2.31%	1	6	1884	9	0.0136	0.0209	0.0441	0.0628	1.8	6	1.688	30.79	0.1648	0.2344	0.274	0.350	0.7381	0.8172	1.25	1.38	104.80	102.96	6.98	6.46	

continuación Tabla X. Diseño Alcantarillado Sanitario Santa Cruz Verapaz, Sector 2

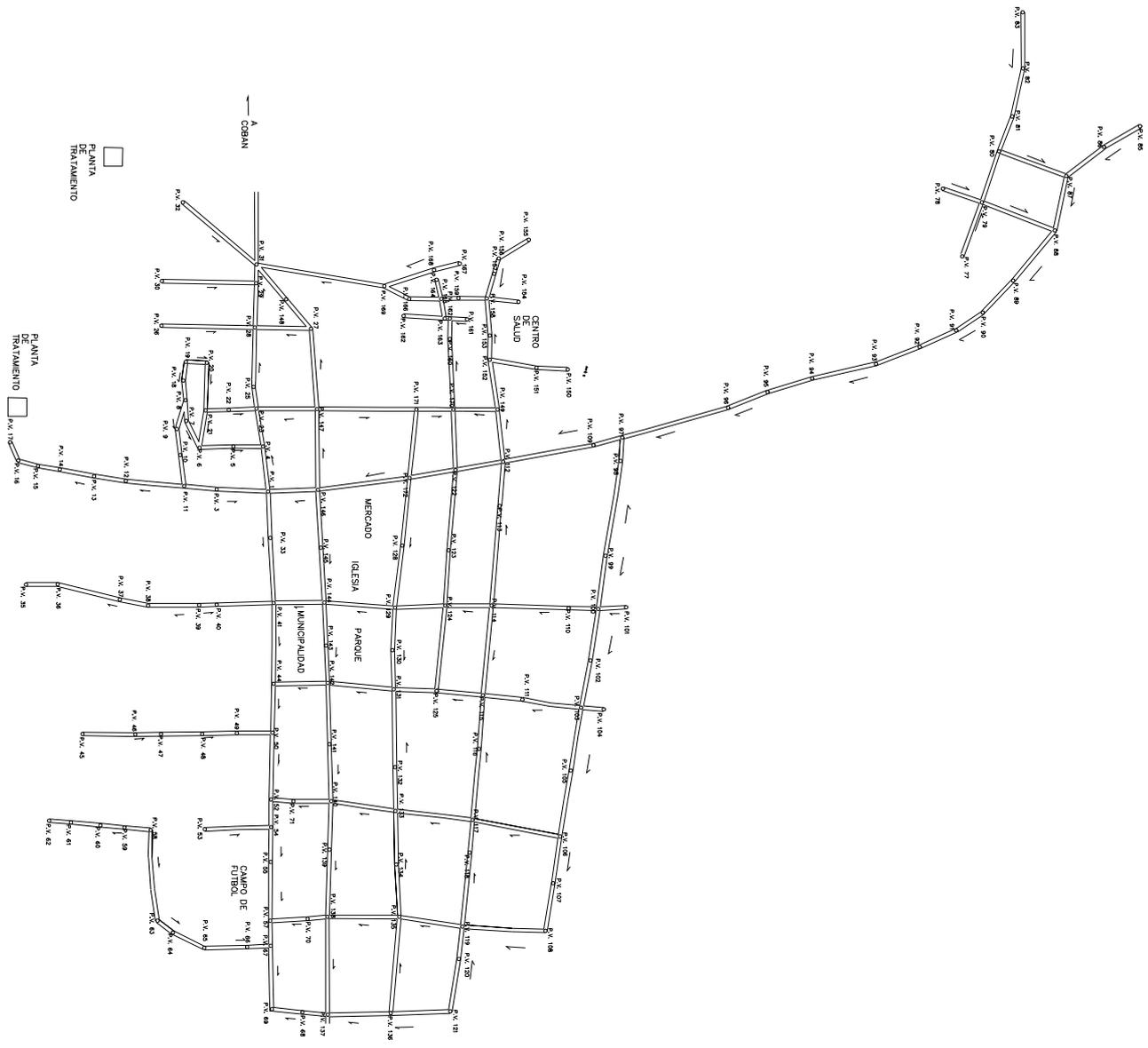
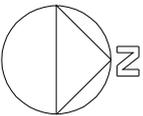
LOCALIZACIÓN	COTA DE TERRENO		LONGITUD	% PEND. DE TERRENO	NO. VENTANAS	POBLACION ACTUAL	POBLACION FUTURA	Q medio		Q DISEÑO L/S		% TUBO	DIAMETRO PULO	VELOCIDAD TUBO LLENO M/S	CAPACIDAD TUBO LLENO O	Relaciones Q/Q		Relaciones d/D		Relaciones v/v		Velocidad real m/s		COTA INVERT		PROFUNDIDAD DE POZOS	
	INICIO	FINAL						ACTIVA	PASIVA	ACTUAL	FUTURO					ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
113 A 112	110.09	109.89	47.96	0.42%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.2	6	0.563	10.26	0.16	0.23	0.27	0.33	0.74	0.81	0.41	0.46	107.34	107.24	2.75	2.65
97 A 109	108.93	110.37	31.88	-4.52%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	7.29	6	3.997	61.96	0.03	0.05	0.12	0.15	0.46	0.51	1.56	1.73	99.17	96.85	9.76	13.52
109 A 111	110.37	109.89	97.95	0.49%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.3	6	0.669	12.57	0.18	0.25	0.28	0.34	0.76	0.84	0.52	0.58	96.82	96.52	13.55	13.37
146 A 172	109.68	109.78	65.45	-0.15%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	0.2	6	0.563	10.26	0.04	0.05	0.14	0.17	0.52	0.55	0.30	0.31	107.68	107.55	2.00	2.23
125 A 124	108.66	109.71	91.99	-0.96%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.3	6	0.669	12.57	0.02	0.02	0.09	0.11	0.38	0.42	0.26	0.29	106.52	106.24	2.34	3.50
124 A 123	109.74	109.81	59.95	-0.12%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.3	6	0.669	12.57	0.04	0.05	0.13	0.16	0.46	0.54	0.33	0.37	106.21	106.03	3.53	3.78
114 A 124	110.02	109.74	51.25	0.55%	3	18	28	0.041	0.063	0.132	0.188	0.3	6	0.669	12.57	0.09	0.13	0.20	0.24	0.62	0.68	0.43	0.47	106.21	106.06	3.81	3.68
123 A 122	109.81	109.89	86.83	-0.09%	9	54	83	0.123	0.188	0.397	0.565	0.2	6	0.669	12.57	0.07	0.10	0.18	0.21	0.58	0.64	0.40	0.44	106.00	105.74	3.81	4.15
172 A 122	109.78	109.89	49.85	-0.22%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	0.2	6	0.563	10.26	0.08	0.11	0.19	0.22	0.57	0.66	0.32	0.37	107.52	107.42	2.26	2.47
122 A 112	109.89	109.89	51.83	0.00%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	1	6	1.258	22.85	0.05	0.07	0.15	0.17	0.51	0.57	0.64	0.71	107.39	106.87	2.50	3.02
172 A 128	109.78	109.70	73.75	0.11%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	0.2	6	0.563	10.26	0.03	0.05	0.13	0.15	0.54	0.52	0.30	0.30	108.38	108.23	1.40	1.47
128 A 129	109.70	106.62	66.96	4.60%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	4.52	6	2.675	48.79	0.01	0.02	0.08	0.09	0.34	0.38	0.90	1.00	108.20	105.18	1.50	1.44
124 A 129	109.74	109.62	48.77	0.25%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.1	6	0.398	7.26	0.22	0.31	0.32	0.38	0.80	0.88	0.32	0.35	106.03	105.96	3.71	3.64
129 A 130	109.62	109.27	45.94	0.76%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.1	6	0.398	7.26	0.33	0.47	0.39	0.48	0.90	0.99	0.36	0.39	105.95	105.91	3.67	3.96
130 A 131	109.27	106.95	41.99	5.53%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	4.5	6	2.669	48.68	0.05	0.07	0.15	0.18	0.52	0.58	1.39	1.55	105.88	103.99	3.39	2.96
115 A 125	108.63	108.86	49.92	-0.08%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.1	6	0.398	7.26	1.20	1.70	0.90	0.90	1.12	1.12	0.45	0.45	106.60	106.55	2.23	2.31
125 A 131	108.66	107.23	49.35	3.30%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	2.4	6	1.949	36.55	0.25	0.35	0.34	0.41	0.83	0.91	1.62	1.78	106.52	105.34	2.34	1.89
121 A 136	111.84	111.78	64.00	0.09%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.1	6	0.398	7.26	0.21	0.30	0.31	0.38	0.80	0.88	0.78	0.85	106.16	105.81	1.71	1.38
136 A 135	111.78	111.52	91.75	0.28%	7	42	64	0.085	0.146	0.309	0.439	0.1	6	0.398	7.26	0.07	0.10	0.18	0.21	0.77	0.79	0.31	0.31	110.01	109.91	1.77	1.61
119 A 135	111.97	111.52	67.95	0.66%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.1	6	0.398	7.26	0.38	0.54	0.43	0.53	0.93	1.02	0.37	0.41	109.26	109.19	2.74	2.33
135 A 134	111.52	107.87	59.44	6.14%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	5	6	2.813	51.31	0.07	0.10	0.18	0.21	0.57	0.63	1.61	1.79	109.16	106.19	2.36	1.68
134 A 133	107.87	107.19	57.84	1.18%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.6	6	0.974	17.78	0.21	0.30	0.31	0.38	0.80	0.88	0.78	0.85	106.16	105.81	1.71	1.38
117 A 133	108.53	107.19	32.45	7.21%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	8.9	6	3.753	68.46	0.08	0.12	0.19	0.23	0.90	0.96	2.26	2.47	108.47	105.58	1.40	1.61
133 A 132	107.19	107.12	47.00	0.15%	3	18	28	0.041	0.063	0.132	0.188	0.15	6	0.487	8.89	1.07	1.52	0.90	0.90	1.12	1.12	0.55	0.55	105.55	105.48	1.64	1.64
132 A 131	107.12	107.23	89.98	-0.13%	7	42	64	0.085	0.146	0.309	0.439	0.13	6	0.484	8.27	1.18	1.68	0.89	0.90	1.12	1.12	0.51	0.51	105.45	105.34	1.67	1.89
129 A 144	109.62	112.00	45.80	-5.20%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.3	6	0.689	12.57	0.13	0.18	0.30	0.30	1.12	1.12	0.77	0.77	105.95	105.81	3.67	2.39
144 A 145	112.00	109.70	65.49	3.51%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	1.91	6	1.739	31.72	0.01	0.02	0.07	0.09	0.33	0.37	0.58	0.64	109.58	108.33	2.42	1.37
145 A 146	109.70	109.68	75.22	0.03%	13	78	120	0.177	0.271	0.573	0.816	0.3	6	0.689	12.57	0.07	0.10	0.18	0.22	0.59	0.65	0.40	0.45	108.30	108.31	1.40	1.37
146 A 147	109.68	109.72	62.45	-0.06%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	0.21	6	0.577	10.52	0.13	0.18	0.24	0.29	0.69	0.76	0.40	0.44	108.28	108.15	1.40	1.57
147 A 27	109.72	105.92	65.42	5.81%	13	78	120	0.177	0.271	0.573	0.816	5.45	6	2.937	53.57	0.04	0.05	0.13	0.15	0.47	0.53	1.39	1.54	108.12	104.55	1.60	1.37
27 A 148	105.92	105.21	75.44	0.94%	7	42	64	0.085	0.146	0.309	0.439	1.81	6	1.693	30.87	0.07	0.10	0.18	0.22	0.58	0.65	0.99	1.09	104.52	103.16	1.40	2.05
148 A 31	105.92	105.9	70.65	0.03%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.3	6	0.689	12.57	0.20	0.28	0.30	0.37	0.78	0.86	0.54	0.59	103.13	102.92	2.08	2.98
144 A 143	112	110.97	42.63	2.42%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.231	6	1.912	34.88	0.00	0.00	0.03	0.03	0.18	0.19	0.34	0.37	110.59	109.61	1.41	1.36
143 A 142	110.97	111.15	46.04	-0.39%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.52	6	0.907	16.55	0.01	0.01	0.05	0.06	0.34	0.35	0.30	0.31	109.58	109.34	1.39	1.81
131 A 142	107.23	111.15	44.21	-8.87%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.3	6	0.689	12.57	0.72	1.02	0.63	0.84	1.09	1.14	0.75	0.78	105.39	105.26	1.84	5.89
142 A 141	111.15	110.93	68.59	0.32%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.4	6	0.796	14.51	0.64	0.91	0.58	0.75	1.06	1.13	0.84	0.90	109.31	109.03	1.84	1.90
141 A 140	110.93	110.86	62.39	0.11%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	0.4	6	0.796	14.51	0.64	0.93	0.58	0.76	1.07	1.14	0.85	0.90	109.00	108.75	1.93	2.11
133 A 140	107.19	110.86	62.14	-5.91%	9	54	83	0.123	0.188	0.397	0.565	0.4	6	0.796	14.51	0.41	0.58	0.45	0.55	0.95	1.04	0.76	0.83	105.05	104.81	2.14	6.05
140 A 139	110.86	111.04	44.33	-0.41%	7	42	64	0.085	0.146	0.309	0.439	0.8	6	1.125	20.53	0.31	0.43	0.38	0.46	0.88	0.96	0.99	1.09	104.78	104.42	6.08	6.62
139 A 138	111.04	111.17	72.95	-0.18%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.79	6	1.118	20.40	0.32	0.46	0.39	0.47	0.89	0.98	0.99	1.09	104.39	103.82	6.65	7.35
135 A 138	111.52	111.17	65.24	0.54%	11	66	101	0.150	0.230	0.465	0.690	0.4	6	0.796	14.51	0.22	0.32	0.32	0.39	0.81	0.89	0.64	0.71	109.16	108.90	2.36	2.27
136 A 137	111.17	111.68	90.33	-0.56%	17	102	156	0.231	0.355	0.750	1.067	0.3	6	0.689	12.57	0.32	0.45	0.39	0.47	0.99	0.98	0.61	0.67	103.79	103.51	7.38	8.10
136 A 137	111.78	111.68	66.38	0.15%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	0.4	6	0.796	14.51	0.04	0.06	0.14	0.17	0.50	0.55	0.40	0.44	110.01	109.74	1.77	1.94

continuación Tabla X. Diseño Alcantarillado Sanitario Santa Cruz Verapaz, Sector 2

LOCALIZACIÓN	COTA DE TERRENO		LONGITUD	% PEND. DE TERRENO	# VIVIENDAS ACTIVAS	POBLACION ACTUAL	POBLACION FUTURA	Q medio		q diseño US		% TUBO	CANTIDAD TUBO LLENO PUG	CANTIDAD TUBO LLENO MS	CAPACIDAD TUBO LLENO MS	Relaciones q/Q		Relaciones q/Q		Relaciones v/v		Velocidad real m/s		COTA INVERT		PROFUNDIDAD DE POZOS	
	INICIO	FINAL						ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO					ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO
77 A 79	110.1	108.01	61.99	10.90%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	1.7	6	1.640	29.92	0.00	0.00	0.04	0.05	0.23	0.24	0.37	0.40	108.70	107.65	1.40	1.36
78 A 79	117.23	108.01	44.04	18.66%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	20	6	5.626	52.63	0.00	0.00	0.03	0.03	0.16	0.16	0.92	0.92	115.83	107.02	1.40	1.96
89 A 82	109.47	107.56	60.25	3.17%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	4.5	6	2.889	48.68	0.00	0.00	0.03	0.03	0.16	0.16	0.44	0.44	108.07	106.19	1.40	1.37
82 A 81	107.56	107.58	53.29	-0.04%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	1	6	1.268	22.95	0.01	0.01	0.07	0.07	0.33	0.33	0.40	0.42	106.16	105.84	1.40	1.74
81 A 80	107.58	107.77	39.99	-0.48%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.7	6	1.055	19.20	0.01	0.01	0.08	0.09	0.38	0.38	0.40	0.40	105.81	105.65	1.77	2.12
80 A 79	107.77	109.01	57.99	-2.14%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.6	6	0.974	17.78	0.02	0.03	0.10	0.12	0.41	0.45	0.40	0.44	105.62	105.33	2.15	3.68
85 A 86	106.51	106.58	44.74	-0.16%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.5	6	0.890	16.23	0.00	0.00	0.07	0.07	0.34	0.33	0.30	0.30	105.11	104.89	1.40	1.69
86 A 87	106.58	106.71	50.9	-0.26%	3	18	28	0.041	0.063	0.132	0.188	0.85	6	1.160	21.16	0.01	0.01	0.15	0.22	0.52	0.65	0.61	0.75	104.86	104.42	1.72	2.29
80 A 87	107.77	106.71	77.09	1.38%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	1.85	6	1.711	31.21	0.01	0.01	0.12	0.20	0.45	0.61	0.76	1.04	105.62	104.19	2.15	2.52
87 A 88	106.71	107.81	57.1	-1.93%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	1.93	6	1.748	31.88	0.02	0.02	0.09	0.11	0.38	0.42	0.66	0.73	104.39	103.29	2.55	1.40
79 A 88	109.01	107.81	83.86	1.43%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.76	6	1.889	30.44	0.02	0.02	0.09	0.11	0.38	0.42	0.64	0.70	106.99	105.52	2.02	2.29
88 A 89	107.81	107.94	69.76	-0.19%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.5	6	0.890	16.23	0.07	0.10	0.18	0.21	0.57	0.63	0.51	0.56	105.49	105.14	2.32	2.80
89 A 90	107.94	108.18	47.4	-0.51%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.2	6	1.378	25.14	0.05	0.06	0.15	0.17	0.51	0.56	0.70	0.78	105.11	104.54	2.83	3.64
90 A 91	108.18	108.27	34.14	-0.26%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.5	6	1.541	28.11	0.04	0.06	0.14	0.17	0.50	0.55	0.77	0.85	104.51	104.00	3.67	4.27
91 A 92	108.27	108.45	49.03	-0.37%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.9	6	1.933	21.77	0.06	0.08	0.18	0.19	0.54	0.60	0.65	0.72	103.97	103.53	4.30	4.92
92 A 93	108.45	108.89	50.07	-0.88%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.8	6	1.591	29.03	0.04	0.06	0.14	0.17	0.50	0.56	0.80	0.89	103.50	102.89	4.95	6.20
93 A 94	108.89	108.28	68.84	0.89%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	0.21	6	0.577	10.52	0.04	0.06	0.14	0.17	0.50	0.56	0.80	0.89	103.50	102.89	4.95	6.20
94 A 95	108.28	107.88	49.95	0.80%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.5	6	1.541	28.11	0.05	0.07	0.15	0.18	0.52	0.57	0.80	0.88	100.98	101.31	7.30	6.57
95 A 96	107.88	108.11	45.46	-0.51%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.2	6	1.378	25.14	0.06	0.08	0.18	0.19	0.54	0.60	0.74	0.82	101.28	100.73	6.60	7.38
96 A 97	108.11	106.57	117.03	1.32%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	3.3	6	2.285	41.69	0.04	0.05	0.13	0.16	0.48	0.53	1.10	1.22	100.70	96.84	7.41	9.73
98 A 98	114.56	112.4	102.5	2.11%	16	96	147	0.218	0.342	0.706	1.004	2.08	6	1.814	33.10	0.02	0.03	0.10	0.12	0.40	0.45	0.73	0.82	113.16	111.03	1.40	1.37
99 A 97	112.4	108.93	25.21	13.76%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	16	6	5.032	91.79	0.01	0.01	0.07	0.08	0.31	0.34	1.55	1.72	111.00	106.96	1.40	1.97
99 A 100	114.56	112.33	57.61	3.87%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	3.92	6	2.459	44.85	0.00	0.01	0.05	0.05	0.24	0.27	0.60	0.66	113.16	110.96	1.40	1.37
101 A 100	115.8	112.33	28.43	12.21%	9	54	83	0.123	0.188	0.397	0.565	12.1	6	4.376	79.83	0.00	0.01	0.05	0.06	0.26	0.28	1.14	1.27	114.40	110.96	1.40	1.37
100 A 102	112.33	113.35	56.46	-1.81%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.5	6	0.890	16.23	0.05	0.07	0.16	0.18	0.53	0.58	0.47	0.52	110.93	110.65	1.40	1.37
102 A 103	113.35	113.51	51.33	-0.31%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.6	6	0.974	17.78	0.06	0.08	0.18	0.19	0.54	0.60	0.53	0.59	111.95	111.64	1.40	1.87
104 A 103	115.12	113.51	23.98	6.71%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	6.6	6	3.232	58.98	0.00	0.00	0.02	0.03	0.15	0.17	0.47	0.54	113.22	111.64	1.90	1.87
103 A 105	113.51	113.21	68.63	0.44%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	0.2	6	0.563	10.26	0.14	0.20	0.25	0.30	0.70	0.78	0.40	0.44	111.61	111.47	1.90	1.74
105 A 106	113.2	113.03	72.1	0.24%	7	42	64	0.095	0.146	0.309	0.439	3	6	2.179	39.75	0.04	0.06	0.14	0.17	0.50	0.55	1.09	1.21	111.43	111.29	1.77	1.74
106 A 107	113.03	112.92	50.85	0.22%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	0.3	6	0.889	12.57	0.14	0.20	0.28	0.31	0.71	0.79	0.49	0.54	111.26	111.11	1.77	1.81
107 A 108	112.92	112.82	51.92	0.19%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	0.2	6	0.563	10.26	0.18	0.26	0.29	0.35	0.76	0.84	0.43	0.47	111.08	110.97	1.84	1.85
121 A 120	111.84	111.90	56.90	-0.11%	3	18	28	0.041	0.063	0.132	0.188	1.2	6	1.378	25.14	0.01	0.01	0.06	0.07	0.29	0.32	0.40	0.44	109.96	109.57	1.88	2.33
120 A 119	111.90	111.97	39.38	-0.18%	1	6	9	0.014	0.021	0.044	0.063	1.1	6	1.319	24.07	0.01	0.01	0.07	0.08	0.31	0.35	0.41	0.46	109.54	109.26	2.36	2.71
108 A 119	112.82	111.97	86.95	0.96%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	0.53	6	0.916	16.71	0.14	0.20	0.25	0.30	0.70	0.78	0.64	0.71	110.94	110.47	1.88	1.50
119 A 118	111.97	110.18	75.84	2.96%	9	54	83	0.123	0.188	0.397	0.565	0.87	6	1.173	21.40	0.14	0.19	0.25	0.30	0.70	0.77	0.83	0.91	109.23	108.57	2.74	1.61
118 A 117	110.18	109.53	35.36	1.84%	4	24	37	0.054	0.083	0.176	0.251	0.2	6	0.563	10.26	0.30	0.43	0.38	0.46	0.87	0.96	0.49	0.54	108.54	108.47	1.64	1.06
106 A 117	113.03	109.53	96.98	3.61%	9	54	83	0.123	0.188	0.397	0.565	3.2	6	2.250	41.08	0.05	0.07	0.15	0.18	0.53	0.58	1.16	1.31	111.26	108.16	1.77	1.37
117 A 116	109.53	108.79	76.58	0.97%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	1.46	6	1.520	27.73	0.20	0.29	0.30	0.37	0.78	0.86	1.19	1.31	108.13	107.01	1.40	1.78
116 A 115	108.79	108.63	57.95	-0.07%	6	36	55	0.082	0.125	0.265	0.377	0.6	6	0.974	17.78	0.33	0.47	0.39	0.48	0.90	0.98	0.87	0.96	106.98	106.63	1.81	2.20
103 A 111	113.51	111.15	104.33	2.26%	5	30	46	0.068	0.104	0.221	0.314	1.78	6	1.878	30.62	0.04	0.06	0.14	0.17	0.49	0.55	0.83	0.92	111.64	109.78	1.90	1.37
111 A 110	111.15	108.83	42.02	5.52%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	5.5	6	2.950	53.82	0.03	0.04	0.11	0.13	0.43	0.47	1.26	1.40	109.75	107.44	1.40	1.39
100 A 110	112.33	109.11	31.61	10.19%	2	12	18	0.027	0.042	0.088	0.126	10.4	6	4.057	74.01	0.01	0.01	0.07	0.08	0.31	0.35	1.26	1.40	110.96	107.67	1.40	1.44
110 A 114	109.11	110.02	37.20	-2.45%	8	48	74	0.109	0.167	0.353	0.502	4.3	6	2.609	47.59	0.02	0.03	0.10	0.12	0.40	0.45	1.05	1.17	107.64	106.04	1.47	3.98
114 A 115	110.02	108.83	96.92	1.23%	7	42	64	0.095	0.146	0.309	0.439	0.3	6	0.889	12.57	0.11	0.15	0.22	0.26	0.65	0.72	0.45	0.49	106.01	105.72	4.01	3.11
114 A 113	110.02	110.09	108.00	-0.06%	10	60	92	0.136	0.209	0.441	0.628	0.2	6	0.563	10.26	0.14	0.20	0.25									

continuación Tabla X. Diseño Alcantarillado Sanitario Santa Cruz Verapaz Sector 3

DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		LONGITUD	% PEND. DE TERRENO	NO. VIVIENDAS ACTUALES	POBLACION ACTUAL	POBLACION FUTURA	Q medio			FACTOR DE Q medio			q DISEÑO LS			% TUBO	ODIAMETRO PUG	VELOCIDAD TUBO LLENO M/S	CAPACIDAD TUBO LLENO LS	Relaciones q/Q		Relaciones J/D		Relaciones v/v		Velocidad real m/s		COTA INVERT		PROFUNDIDAD DE POZOS	
		actual	futuro						actual	futuro	ACTUA	ACTUAL	FUTUR	ACTUAL	FUTUR	ACTUAL	FUTUR					ACTUAL	FUTUR	ACTUAL	FUTUR	ACTUAL	FUTUR	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
146	147	108.7	109.8	51.3	-0.20%	10	60	100	0.14	0.24	0.002	0.002	0.47	0.47	0.73	0.3	6	0.63	11.47	0.04	0.06	0.14	0.17	0.49	0.56	0.31	0.35	107.68	107.55	2.00	2.23		
172	171	108.8	110.0	80.3	-0.33%	13	78	130	0.19	0.31	0.002	0.002	0.61	1.08	0.94	0.51	6	0.89	16.23	0.07	0.10	0.18	0.22	0.51	0.60	0.51	0.60	107.58	107.28	2.26	2.70		
147	171	108.7	110.0	50.8	-0.51%	17	102	170	0.25	0.41	0.002	0.002	0.80	0.80	1.23	0.7	6	1.05	19.20	0.04	0.06	0.22	0.28	0.65	0.64	0.68	0.68	107.37	107.01	2.40	2.97		
171	170	110.0	110.1	49.3	-0.28%	13	78	130	0.19	0.31	0.002	0.002	0.61	2.48	0.84	0.4	6	0.74	13.58	0.18	0.28	0.29	0.36	0.78	0.86	0.57	0.64	107.04	106.87	2.73	3.25		
122	149	109.9	110.1	54.4	-0.42%	14	84	140	0.20	0.34	0.002	0.002	0.66	0.66	1.02	0.5	6	0.89	16.23	0.04	0.06	0.14	0.17	0.49	0.56	0.43	0.50	107.39	107.12	2.50	3.00		
170	149	110.1	110.0	51.4	0.23%	12	72	120	0.17	0.29	0.002	0.002	0.47	0.47	0.73	1.6	6	1.58	28.85	0.02	0.03	0.22	0.28	0.85	0.74	1.03	1.18	96.52	95.74	13.37	14.28		
170	160	110.0	109.7	72.0	0.43%	13	78	130	0.19	0.31	0.002	0.002	0.56	3.04	0.87	0.5	6	0.89	16.23	0.19	0.29	0.26	0.33	0.85	0.64	0.76	107.27	107.01	2.85	2.99			
160	162	108.7	108.2	21.6	16.24%	2	12	20	0.03	0.05	0.002	0.002	0.09	1.36	0.15	10.3	6	4.04	73.65	0.02	0.03	0.15	0.19	0.53	0.60	2.12	2.42	106.72	104.49	2.97	1.89		
161	162	108.8	108.2	18.0	3.28%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	0.05	0.07	3.1	6	2.21	40.40	0.00	0.00	0.21	0.26	0.63	0.71	1.40	1.58	105.37	104.81	1.40	1.37		
162	163	108.2	108.0	5.9	3.40%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	1.45	0.07	4.5	6	2.67	48.68	0.03	0.05	0.19	0.24	0.80	0.68	1.60	1.81	104.52	104.26	1.72	1.72		
162A	163	108.1	108.0	44.0	0.32%	3	18	30	0.04	0.07	0.002	0.002	0.14	0.14	0.22	0.4	6	0.80	14.51	0.01	0.02	0.36	0.46	0.86	0.96	0.66	0.77	104.72	104.54	1.40	1.44		
163	165	108.0	105.9	40.1	0.17%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	1.59	0.07	0.5	6	0.84	15.39	0.10	0.16	0.50	0.67	1.00	1.11	0.85	0.93	104.29	104.11	1.75	1.80		
149	152	110.0	108.1	58.0	3.31%	8	48	80	0.12	0.19	0.002	0.002	0.37	3.89	0.58	0.3	6	0.89	12.57	0.31	0.48	0.36	0.46	0.86	0.96	0.59	0.66	96.74	96.57	14.29	12.05		
150	151	108.5	107.7	33.3	2.56%	3	18	30	0.04	0.07	0.002	0.002	0.14	0.14	0.22	2.5	6	1.99	36.28	0.00	0.01	0.21	0.27	0.64	0.73	1.27	1.45	107.13	106.30	1.40	1.37		
151	152	107.7	108.1	51.0	-0.80%	3	18	30	0.04	0.07	0.002	0.002	0.14	0.28	0.22	0.9	6	1.20	21.88	0.01	0.02	0.08	0.10	0.35	0.40	0.42	0.48	106.33	105.86	1.40	2.22		
152	158	108.1	108.8	84.1	1.98%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	4.21	0.07	12.8	6	4.46	81.30	0.05	0.08	0.20	0.25	0.61	0.69	2.72	3.09	105.89	97.85	12.08	8.96		
154	158	108.8	108.8	31.9	0.09%	7	42	70	0.10	0.17	0.002	0.002	0.33	0.33	0.51	0.3	6	0.69	12.57	0.03	0.04	0.11	0.14	0.43	0.49	0.30	0.34	105.44	105.34	1.40	1.47		
155	156	110.6	110.3	37.5	0.69%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	0.05	0.07	0.3	6	0.69	12.57	0.00	0.01	0.12	0.14	0.43	0.49	0.31	0.34	109.19	109.08	1.40	1.37		
156	157	110.3	109.8	5.9	9.00%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	0.09	0.07	11.5	6	4.27	77.82	0.00	0.00	0.05	0.06	0.27	0.30	1.14	1.26	109.11	108.43	1.40	1.37		
157	158	108.8	108.8	39.3	7.60%	9	54	90	0.13	0.22	0.002	0.002	0.42	0.51	0.65	7.7	6	3.49	63.60	0.01	0.01	0.09	0.10	0.36	0.39	1.26	1.37	108.46	105.44	1.40	1.37		
158	159	108.8	105.9	32.6	2.67%	4	24	40	0.08	0.10	0.002	0.002	0.19	5.24	0.29	28.1	6	6.67	121.67	0.04	0.07	0.08	0.10	0.36	0.39	2.39	2.62	105.47	96.31	8.99	9.63		
159	165	105.9	105.9	18.6	0.16%	3	18	30	0.04	0.07	0.002	0.002	0.14	5.38	0.00	0.3	6	0.63	11.47	0.47	0.71	0.26	0.31	0.72	0.79	0.45	0.50	96.34	96.29	9.60	9.62		
164	165	108.3	105.9	21.7	11.07%	1	6	10	0.01	0.02	0.002	0.002	0.05	0.05	0.07	13.0	6	4.54	82.74	0.00	0.00	0.10	0.12	0.41	0.45	1.84	2.03	106.91	104.09	1.40	1.82		
165	166	105.9	105.9	20.7	0.10%	7	42	70	0.10	0.17	0.002	0.002	0.33	7.35	0.51	1.0	6	1.26	22.95	0.32	0.49	0.46	0.59	0.96	1.07	1.21	1.34	96.32	96.12	9.65	9.77		
166	169	105.8	105.8	43.7	0.21%	2	12	20	0.03	0.05	0.002	0.002	0.09	7.44	0.15	0.3	6	0.63	11.47	0.65	0.99	0.72	0.90	1.13	1.12	0.71	0.71	96.15	96.04	9.74	9.76		
167	168	111.1	110.4	35.0	2.06%	11	66	110	0.16	0.27	0.002	0.002	0.51	0.51	0.80	2.5	6	1.99	36.28	0.01	0.02	0.08	0.10	0.36	0.41	0.71	0.81	109.68	108.81	1.40	1.56		
168	169	110.4	105.8	55.9	8.16%	7	42	70	0.10	0.17	0.002	0.002	0.33	0.84	0.51	23.4	6	6.08	110.99	0.01	0.01	0.22	0.26	0.65	0.72	3.97	4.37	108.84	95.77	1.59	10.03		
169	31	105.8	106.0	132.0	-0.13%	8	48	80	0.12	0.19	0.002	0.002	0.37	8.66	0.58	0.4	6	0.74	13.58	0.64	0.97	0.90	0.90	1.12	1.12	0.84	0.84	95.80	95.34	10.08	10.63		

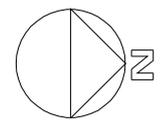
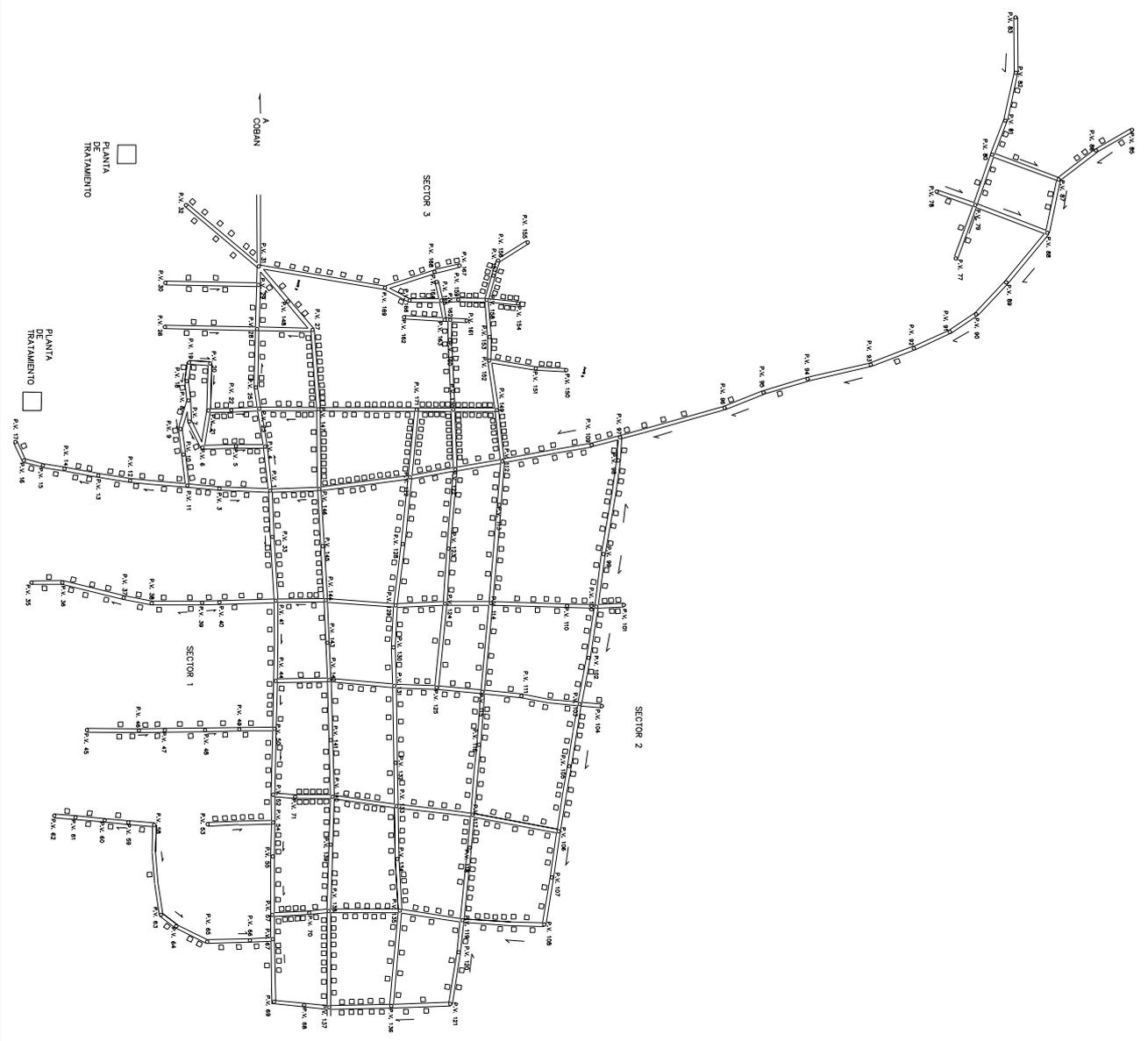


A SAN
CIBOLA

PLANTA
DE TRATAMIENTO

PLANTA
DE TRATAMIENTO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA: INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA		
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
PARA LA ZONA URBANA DE SAN CARLOS		
VERAPAZ, ALTA VERAPAZ		
PLANTA GENERAL DEL SISTEMA		FECHA: 15/4/2010
<small>ING. JUAN MANUEL GONZALEZ</small> <small>ING. JUAN MANUEL GONZALEZ</small> <small>ING. JUAN MANUEL GONZALEZ</small>		1/12



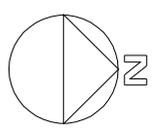
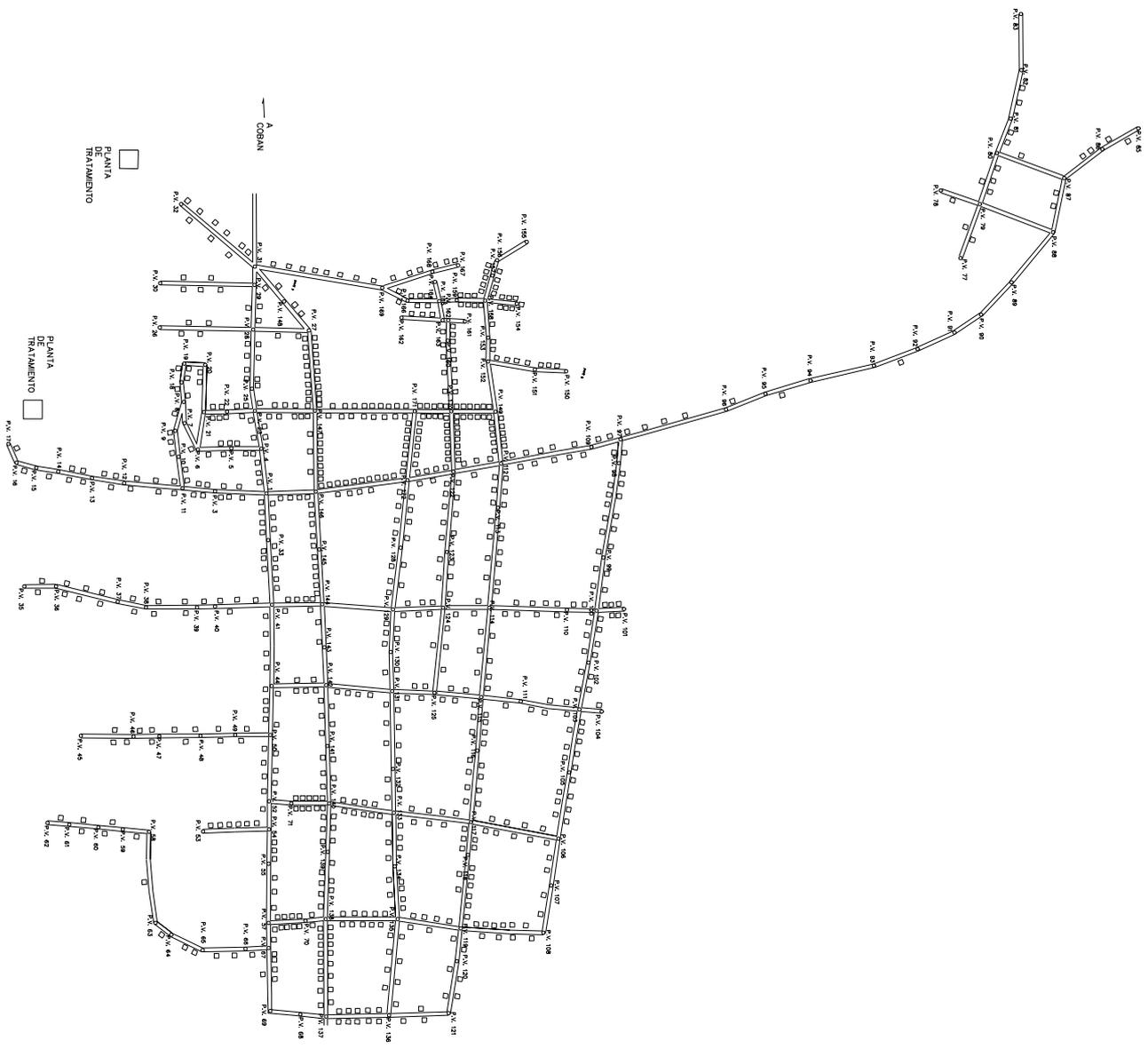
A SAN CRISTOBAL

A COBAN

PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA:
FACULTAD DE INGENIERIA		INDICADA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA VEREDAS ALTA VERAPAZ		
PLANTA GENERAL DEL SISTEMA LOCALIZACION DE POZOS		FECHA:
		15/4/2010
<small>ING. JUAN VICENTE GONZALEZ</small> <small>MAESTRO DE OBRAS</small>		
<small>INGENIERO PROFESIONAL</small> <small>SECCION DE INGENIERIA</small>		
<small>INGENIERO CIVIL</small> <small>SANITARIO</small>		
		2/12



A. SAN
CRISTOBAL

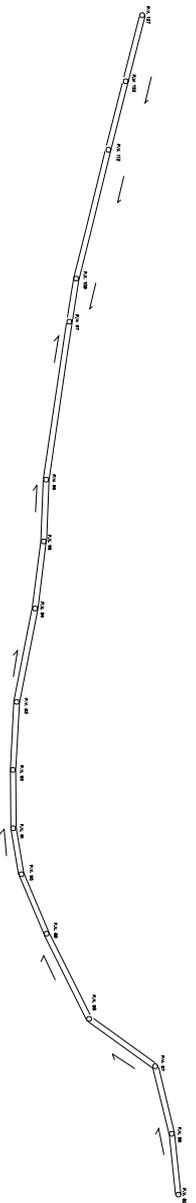
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA VERAPAZ, ALTA VERAPAZ
PLANTA GENERAL DEL SISTEMA
DENSIDAD DE VIVIENDAS

ESCALA:
INDICADA

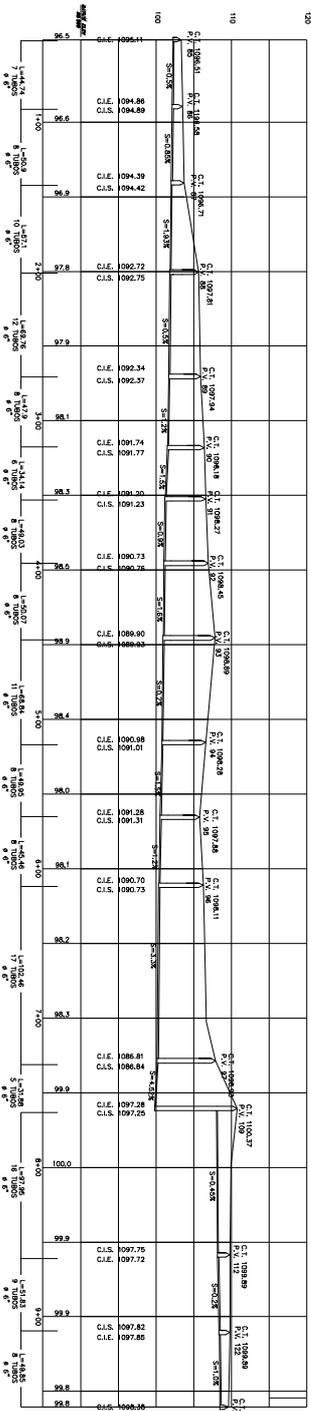
FECHA:
15/4/2010

ING. JUAN MORALES GONZALEZ
INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO
INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO
INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO
INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO

3/12



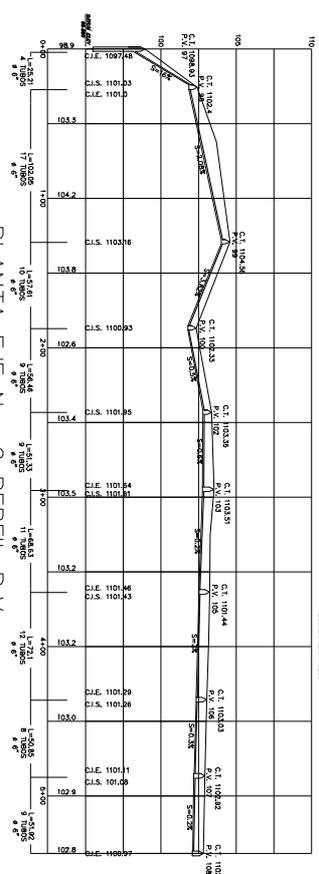
PLANTA EJE NO. 1 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200



PLANTA EJE NO. 1 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200



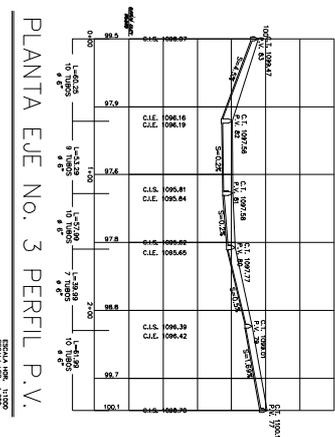
PLANTA EJE NO. 2 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200



PLANTA EJE NO. 2 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200



PLANTA EJE NO. 3 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200



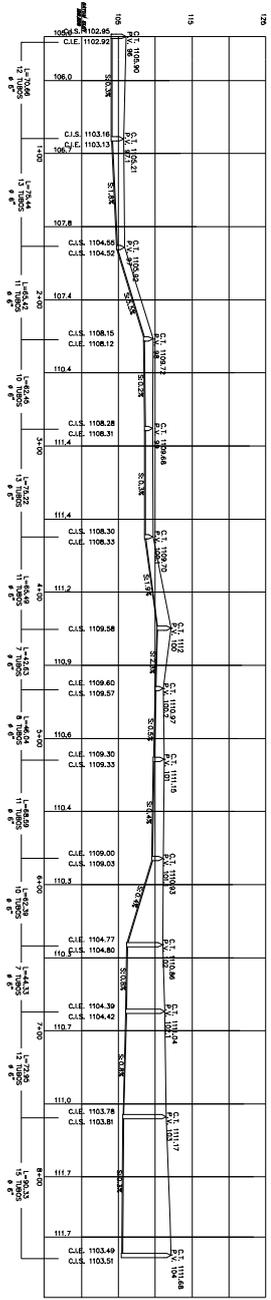
PLANTA EJE NO. 3 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:200

REFERENCIAS	
C.I.E	Cota invert de entrada
C.I.S.	Cota invert de salida
○	Inicio de tramo (PV No.) Pozo de visita número
→	Dirección de flujo
Tubería P.V.C Norma 3034	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	FECHA: 15/4/2010
PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA	
ING. ALAN MATEO GONZALEZ	INGENIERO CIVIL
ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	INGENIERO CIVIL
ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	INGENIERO CIVIL
	4/12



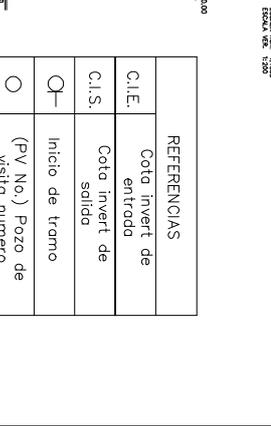
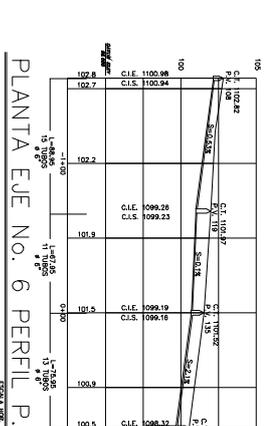
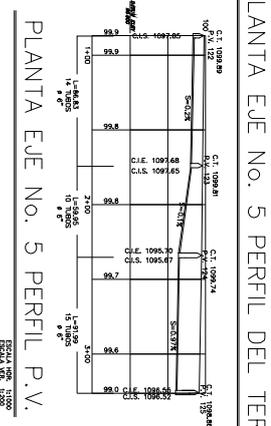
PLANTA EJE NO. 4 PERFIL DEL TERRENO



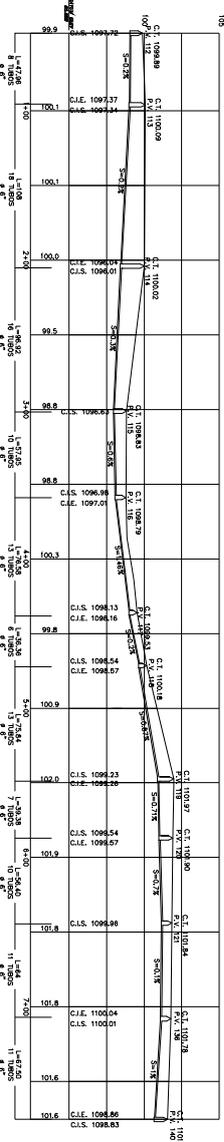
PLANTA EJE NO. 4 PERFIL P.V.

PLANTA EJE NO. 6 PERFIL DEL TERRENO

PLANTA EJE NO. 5 PERFIL DEL TERRENO



PLANTA EJE NO. 7 PERFIL DEL TERRENO



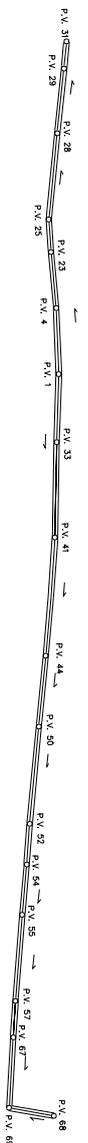
PLANTA EJE NO. 7 PERFIL P.V.

REFERENCIAS	DESCRIPCION
C.I.E.	Cota Invert de entrada
C.I.S.	Cota Invert de salida
○	Inicio de tramo
○	(P.V. No.) Pozo de visita numero
→	Direccion de flujo

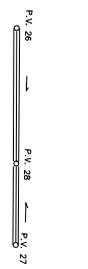
COTA DE TERRENO P.V. No. 100 S.S.	COTA DE TERRENO P.V. No. 100 S.S.
---	---

Tuberia P.V.C Norma 3034

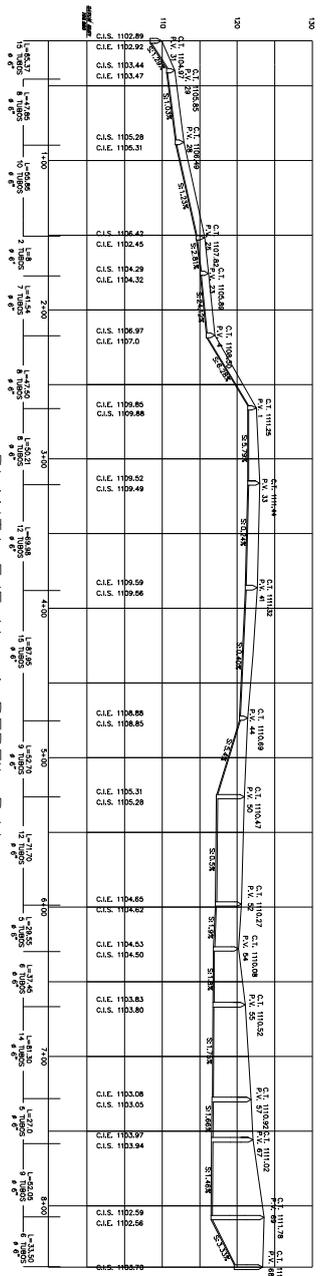
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA: INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA	
EFERICO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
PARA LA VEREDAZA ALTA VERAPAZ	
PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA	FECHA: 15/4/2010
INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS RAFAEL VILLARREAL DISEÑO GRUPO SAVA, OZÚN, VERAPAZ	5/12



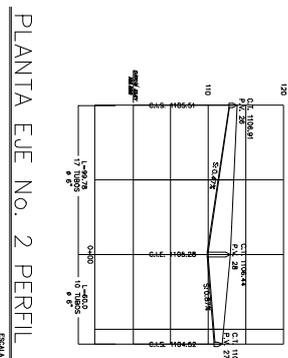
PLANTA EJE NO. 1 PERFIL DEL TERRENO



PLANTA EJE NO. 2 PERFIL DEL TERRENO



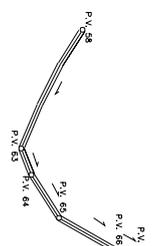
PLANTA EJE NO. 3 PERFIL DEL TERRENO



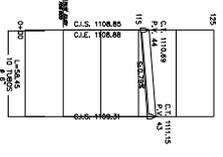
PLANTA EJE NO. 4 PERFIL DEL TERRENO



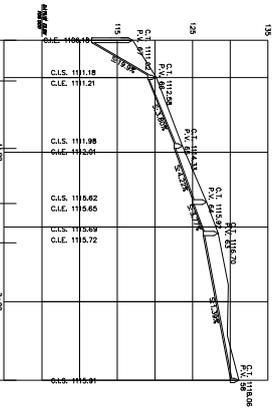
PLANTA EJE NO. 3 PERFIL DEL TERRENO



PLANTA EJE NO. 4 PERFIL DEL TERRENO



PLANTA EJE NO. 3 PERFIL P.V.



PLANTA EJE NO. 4 PERFIL P.V.

REFERENCIAS
C.I.E. Cota invert de entrada
C.I.S. Cota invert de salida
□ Inicio de tramo
○ (P.V No.) Pozo de visita numero
→ Dirección de flujo

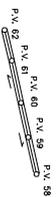
Tubería P.V.C Norma 3034



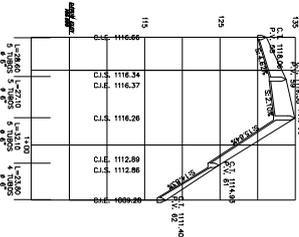
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISENIO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA MUNICIPALIDAD SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	FECHA: 15/4/2010
PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA	

7/12

ING. ALAN MORALES GONZALEZ	INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISADO
ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISADO
ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISADO



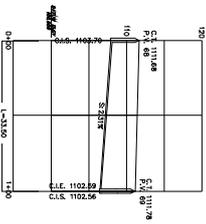
PLANTA EJE NO. 5 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 5 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



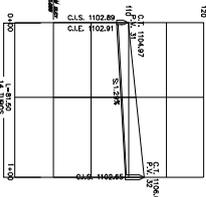
PLANTA EJE NO. 8 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 8 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



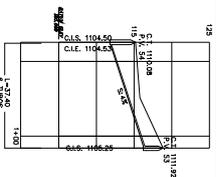
PLANTA EJE NO. 10 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 10 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



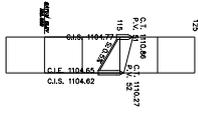
PLANTA EJE NO. 6 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 6 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



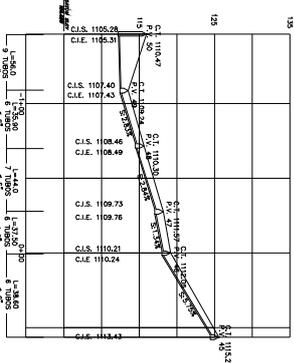
PLANTA EJE NO. 9 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



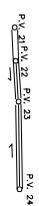
PLANTA EJE NO. 9 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



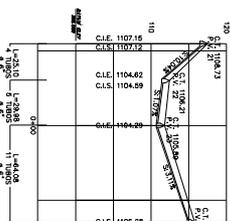
PLANTA EJE NO. 11 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 11 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 7 PERFIL DEL TERRENO
ESCALA HOR. 1:1000



PLANTA EJE NO. 7 PERFIL P.V.
ESCALA HOR. 1:1000

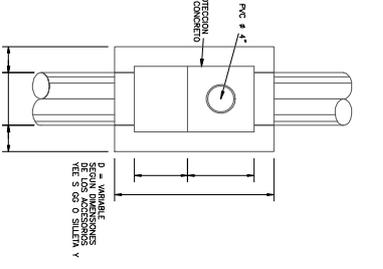
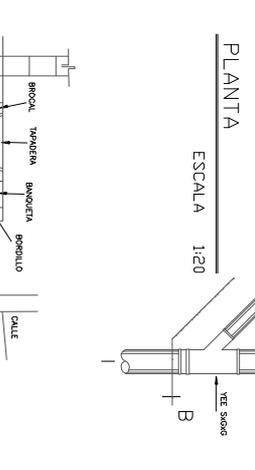
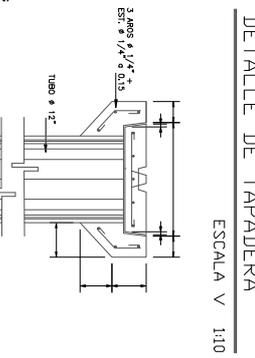
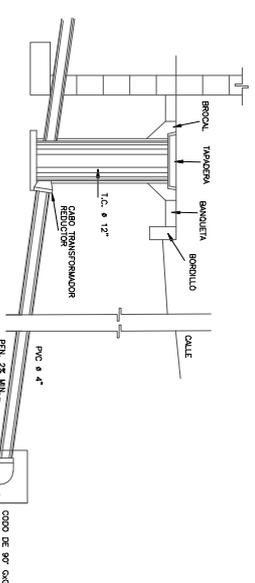
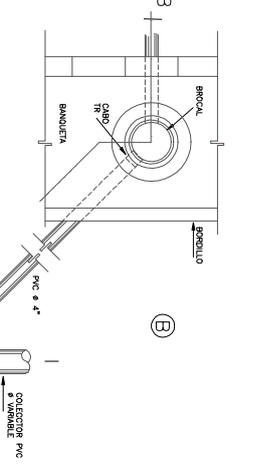
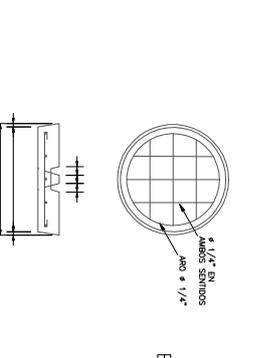
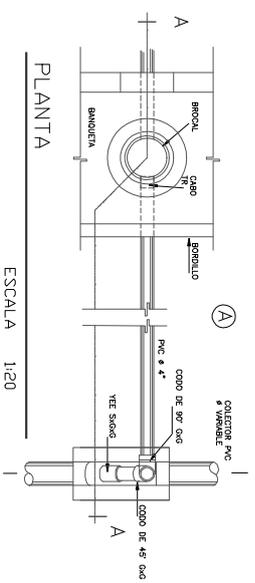
REFERENCIAS	
C.I.E.	Cota invert de entrada
C.I.S.	Cota invert de salida
○	Inicio de trozo
○	(P.V. No.) Pozo de visita numero
→	Direccion de flujo

CORTA DE TERRENO	COTA DE TERRENO
P.V. No.	P.V. No.
LONG. (M.)	No. TUBOS

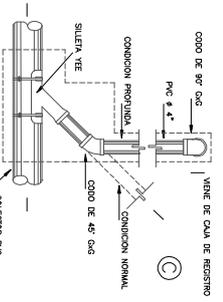
Tuberia P.V.C Norma 3034

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCALA: INDICADA
FACULTAD DE INGENIERIA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA VERPAZ ALTA VERPAZ	FECHA: 15/4/2010
PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA	

ING. JUAN MANUEL GONZALEZ	INGENIERO CIVIL	INGENIERO CIVIL
MAESTRO DE OBRAS	PROFESOR	PROFESOR
MAESTRO DE OBRAS	PROFESOR	PROFESOR
MAESTRO DE OBRAS	PROFESOR	PROFESOR



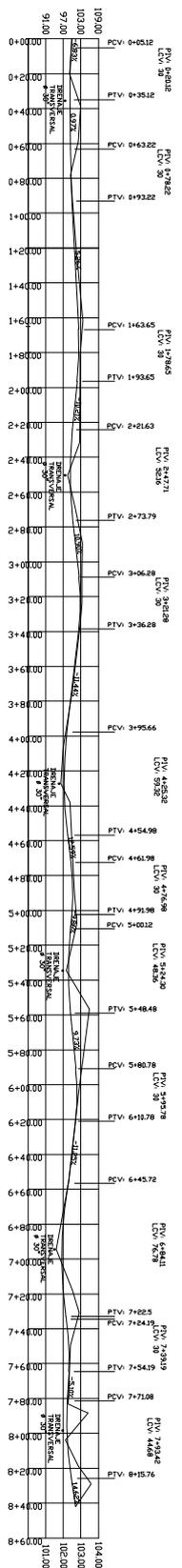
SECCION C-C
ESCALA 1:10



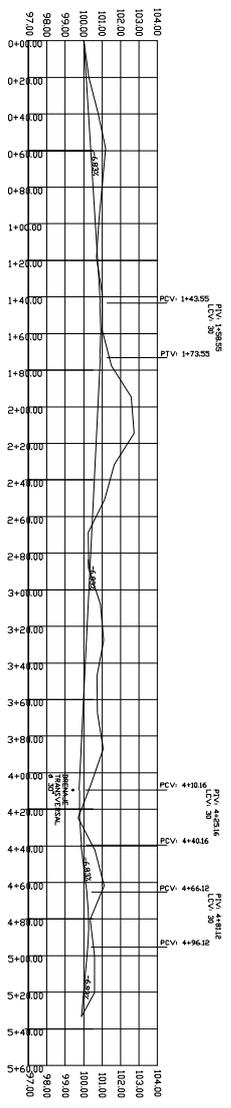
DETALLE
ESCALA 1:20

PLANO DE CONEXIONES DOMICILIARES
DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:500

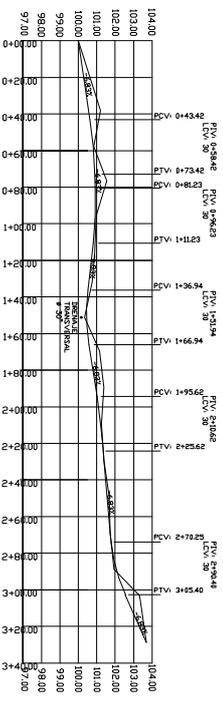
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	ESCALA: INDICADA
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA URBANA DE SANJA SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	FECHA: 15/4/2010
DETALLE DE CONEXIONES DOMICILIARES	
ING. JUAN ARIAS GONZALEZ AUTOR DE DISEÑO	ING. JUAN ARIAS GONZALEZ DISEÑO Y VERIFICACION SANJA SANTA CRUZ, VERAPAZ
11/12	



PERFIL TRAMO 3
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1250
 ESCALA VERTICAL: 1:25



PERFIL TRAMO 1
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1250
 ESCALA VERTICAL: 1:25



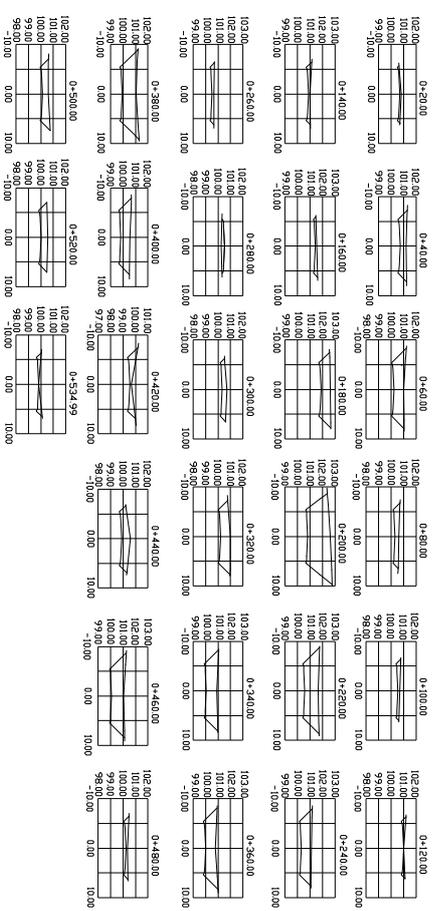
PERFIL TRAMO 2
 ESCALA HORIZONTAL: 1:1250
 ESCALA VERTICAL: 1:25

REFERENCIAS	
P.I.V.	Punto de intersección vertical
P.C.V.	Principio de curva vertical
P.T.V.	Principio de longitud vertical
L.C.V.	Longitud de curva vertical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA: INDICADA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ADEA CHUJOU MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ		FECHA: 15/4/2010
PERFIL		
ING. JUAN JIMENEZ GONZALEZ	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
ING. JUAN JIMENEZ GONZALEZ	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
ING. JUAN JIMENEZ GONZALEZ	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL

SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 1

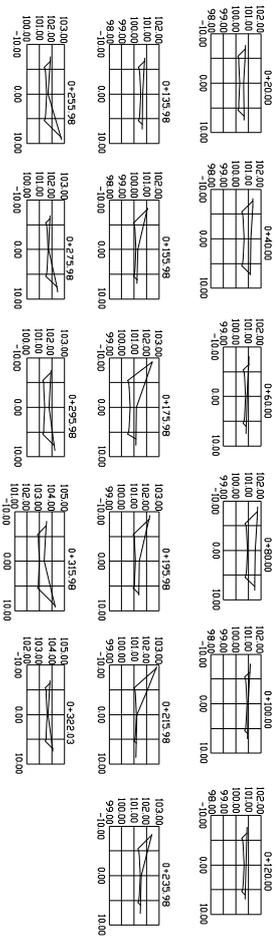
ESCALA HORIZONTAL: 1:100



ESTACION	AREA	VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
CONTEO	CONTEO	CONTEO
0+00	0.54	0.00
0+20	10.4	10.4
0+40	4.18	48.2
0+60	13.2	52.4
0+80	0.58	13.2
1+00	0.38	13.2
1+20	0.38	7
1+40	0.38	10.8
1+60	4.12	10.8
1+80	4.12	52.4
2+00	11.38	427.2
2+20	6.78	133.8
2+40	4.81	133.8
2+60	5.81	52.4
2+80	0.57	0
3+00	1.37	13.2
3+20	6.33	77.4
3+40	1.37	106.8
3+60	1.37	112
3+80	4.24	112
4+00	4.24	84.4
4+20	2.71	55.4
4+40	2.14	40.1
4+60	1.14	25.4
4+80	1.14	25.4
5+00	1.14	85.4
5+20	2.43	48.8
5+40	1.31	152.072
5+60	1.31	181.8872

SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 2

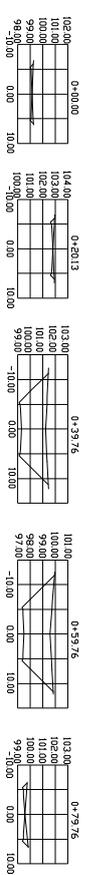
ESCALA HORIZONTAL: 1:100



ESTACION	AREA	VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS
CONTEO	CONTEO	CONTEO
0+00	1.8	0
0+20	1.8	18
0+40	1.1	22.2
0+60	4.02	20
0+80	1.43	50.4
1+00	1.43	252.424
1+20	1.43	25.2
1+40	4.88	83
1+60	1.43	108
1+80	1.43	68.8
2+00	2.22	68.8
2+20	2.22	42
2+40	1.37	70.4
2+60	1.37	28.4
2+80	4.52	50.4
3+00	1.37	38.076
3+20	1.37	38.076
3+40	1.37	882.7232

SECCIONES TRANSVERSALES TRAMO 3

ESCALA HORIZONTAL: 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	ESCALA: INDICADA
DISEÑO DE CARRETERA HACIA LA ALDEA CHIUJU MUNICIPIO DE SANTA CRUZ VERAPAZ, ALTA VERAPAZ	FECHA: 15/4/2010
SECCIONES TRANSVERSALES	
ING. JUAN BAPTISTA ROS DISEÑO Y SUPERVISADO	INGENIERO PROFESIONAL SANTA CRUZ VERAPAZ
3/5	

