



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

**DISEÑO DEL ALCANTARILADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA  
DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN  
EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY,  
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE  
GUATEMALA**

**José Antonio Vásquez López**

**Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra**

**Guatemala, marzo de 2010**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL ALCANTARILADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JOSÉ ANTONIO VÁSQUEZ LÓPEZ**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordoñez
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Inga. Mayra Rebeca García de Sierra
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne 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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha septiembre de 2009.

José Antonio Vásquez López



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 25 de enero de 2010.  
Ref.EPS.DOC.92.01.10.

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 Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Antonio Vásquez López** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200516198**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
MRGSdS/ra



---

Edificio E.P.S., Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,  
Ciudad Universitaria zona 12, tel. (502) 2442-3509

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de enero de 2010.  
Ref.EPS.D.54.01.10

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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Antonio Vásquez López**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora -Supervisora 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 Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
16 de febrero 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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Antonio Vásquez López, quien contó con la asesoría del Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Guatemala,  
19 de febrero de 2010

FACULTAD DE INGENIERIA

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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Antonio Vásquez López, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

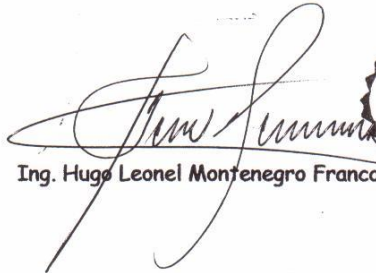
/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante José Antonio Vásquez López, titulado **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo de 2010

/bbdeb.



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

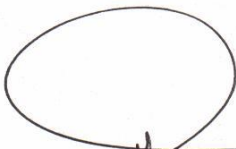


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.088.2010

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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **José Antonio Vásquez López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, marzo de 2010

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS:**

Por estar siempre a mi lado.

**MIS PADRES:**

Dora Lucrecia y en especial a mi padre Antonio Vásquez, por su apoyo incondicional para lograr esta meta.

**HERMANOS:**

Carlos, Oscar, Cynthia y Katherine, por estar siempre a mi lado.

**A MI NOVIA:**

Por su apoyo, comprensión y por motivarme a seguir siempre adelante.

**MIS AMIGOS:**

Por su valiosa amistad, y por todos los momentos que hemos compartido juntos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS TODOPODEROSO:**

Por haberme permitido iniciar y finalizar con éxito mi carrera.

### **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA:**

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

### **FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC:**

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

### **LA MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA:**

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







# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>XI</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXIII</b>
<b>1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA</b>	<b>1</b>
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Nombres de las comunidades	1
1.1.2 Reseña histórica	1
1.1.3 Fiesta titular	2
1.1.4 Ubicación y localización	3
1.1.5 Extensión territorial	4
1.1.6 Clima y precipitación anual	5
1.1.7 Tipos de suelos	5
1.1.8 Actividades socioeconómicas	7
1.1.9 Vías de acceso	7
1.2 Salud	8
1.2.1 Condiciones sanitarias	8
1.2.2 Natalidad	9
1.2.3 Mortalidad	9
1.2.4 Servicios de salud	9

1.3	Aspecto socio cultural	9
1.3.1	Educación	9
1.3.2	Instituciones existentes	10
1.3.3	Analfabetismo	10
1.3.4	Tipos de viviendas	10
1.3.5	Problemas y necesidades identificadas	10
<b>2.</b>	<b>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO</b>	
2.1	Investigaciones preliminares	13
2.2	Diseño del alcantarillado sanitario para la aldea	
	Cuchilla del Carmen	25
2.2.1	Descripción de proyecto	25
2.2.2	Alcances del proyecto	25
2.2.3	Estudio de topografía	25
2.2.3.1	Levantamiento topográfico	25
2.2.4	Tipo de alcantarillado	26
2.2.5	Período de diseño	26
2.2.6	Cálculo de población futura	27
2.2.7	Dotación de agua potable	28
2.2.8	Factor de harmond	28
2.2.9	Velocidad de diseño	28
2.2.10	Cálculo de caudales	29
2.2.10.1	Caudal domiciliar	29
2.2.10.2	Caudal de infiltración	29
2.2.10.3	Conexiones ilícitas	29
2.2.10.4	Factor de caudal medio	30
2.2.10.5	Caudal de diseño	30
2.2.11	Relación $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$	30
2.2.12	Pendiente hidráulica	30

2.2.13 Cotas invert	31
2.2.14 Obras accesorias	33
2.2.14.1 Pozos de visita	33
2.2.14.1.1 Especificaciones de ubicación	33
2.2.14.1.2 Especificaciones físicas	33
2.2.14.2 Conexiones domiciliarias	34
2.2.14.3 Diámetros de colectores	34
2.2.15 Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario	34
2.2.16 Desfogue	38
2.2.17 Presupuesto	38
2.2.18 Evaluación socioeconómica	42
2.2.18.1 Valor presente neto (VPN)	42
2.2.18.2 Tasa Interna de retorno (TIR)	43
2.3 Diseño del alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo	
aldea Piedra Parada Cristo Rey	45
2.3.1 Descripción del proyecto	45
2.3.2 Alcances del proyecto	45
2.3.3 Estudio de topografía	45
2.3.3.1 Levantamiento topográfico	45
2.3.4 Tipo de alcantarillado	46
2.3.5 Período de diseño	46
2.3.6 Cálculo de población futura	46
2.3.7 Dotación de agua potable	46
2.3.8 Factor de Harmond	46
2.3.9 Velocidad de diseño	47
2.3.10 Cálculo de caudales	47
2.3.10.1 Caudal domiciliar	47
2.3.10.2 Caudal de infiltración	47

2.3.10.3	Conexiones ilícitas	47
2.3.10.4	Factor de caudal medio	48
2.3.10.5	Caudal de diseño	48
2.3.11	Relación $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$	48
2.3.12	Pendiente hidráulica	48
2.3.13	Obras accesorias	49
2.3.13.1	Pozos de visita	49
2.3.13.1.1	Especificaciones de ubicación	49
2.3.13.1.2	Especificaciones físicas	49
2.3.13.2	Conexiones domiciliarias	50
2.3.13.3	Diámetros de colectores	50
2.3.14	Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario	50
2.3.15	Desfogue	54
2.3.16	Fosa séptica	54
2.3.16.1	Diseño de fosa séptica	56
2.3.16.1.1	Diseño estructural de la fosa séptica	59
2.3.17	Pozos de absorción	69
2.3.17.1	Dimensionamiento de pozos de absorción	71
2.3.18	Presupuesto	72
2.3.19	Evaluación socioeconómica	76
2.3.19.1	Valor presente neto (VPN)	76
2.3.19.2	Tasa interna de retorno (TIR)	76

### **3. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN**

3.1	Diseño de pavimento rígido colonia Santo Domingo	
	aldea Piedra Parada Cristo Rey	79
3.1.1	Alcances del proyecto	79
3.1.2	Especificaciones de diseño	79
3.1.2.1	Gabarito (sección)	81

3.2 Estudios de topografía	82
3.2.1 Levantamiento topográfico	82
3.2.2 Planimetría y altimetría	82
3.3 Diseño geométrico de la carretera	83
3.3.2 Cálculo de elementos de curva horizontal	83
3.3.3 Determinación de curva vertical	88
3.4 Determinación de la calidad del suelo	89
3.4.1 Ensayos de laboratorio	90
3.4.1.1 Límites de Atterberg	90
3.4.1.2 Proctor	91
3.4.1.3 CBR	91
3.4.1.4 Granulometría	90
3.5 Diseño del pavimento	94
3.5.1 Pavimento rígido	94
3.5.1.1 Componentes del pavimento	94
3.5.1.1.1 Terreno de fundación	95
3.5.1.1.1.1 Sub rasante	95
3.5.1.1.1.3 Sub base	96
3.5.1.1.1.3.1 Requisito de la sub base	96
3.5.1.1.1.4 Base	97
3.5.1.1.1.4.1 Requisitos para los materiales de una base de grava o piedra triturada	98
3.5.1.1.1.4.2 Requisitos para los materiales de base granular	99
3.5.1.1.5 Bombeo	100
3.5.2 Pavimento de concreto de Cemento Pórtland	100
3.5.3 Método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos	104
3.5.3.1 Método de capacidad	104

3.5.3.2 Método simplificado	104
3.5.3.2.1 Tránsito	108
3.5.3.2.1 Análisis estructural	109
3.5.3.2.3 Etapas del método simplificado	110
3.6 Drenajes	114
3.6.1 Drenaje longitudinal	114
3.6.2 Drenaje transversal	115
3.6 Presupuesto	122
<b>4. EVALUACIÓN IMPACTO AMBIENTAL</b>	
4.1 Metodología	127
4.2 Componentes utilizados en la matriz Leopold	127
4.2.1 Impactos ocasionados al medio ambiente	129
4.2.2 Impactos adversos no significativos	129
4.2.3 Impactos benéficos significativos	132
4.2.4 Mantenimiento preventivo y correctivo	133
4.2.5 Medidas de mitigación a los principales impactos	134
4.2.6 Plan de seguridad ambiental	135
4.2.7 Plan de contingencia	136
4.2.8 Plan de seguridad humana	136
4.2.9 Conclusiones	137
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>139</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>141</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>143</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>145</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

- 1 Mapa municipio de Santa Catarina Pinula
- 2 Mapa geológico del departamento del Guatemala
- 3 Caso especial de cota invert
- 4 Conexiones domiciliarias
- 5 Forma de medir la cota invert
- 6 Detalle de gabarito con cuneta
- 7 Elementos que componen una curva horizontal
- 8 Grado de curvatura
- 9 Tipos de curvas verticales
- 10 Curvas de duración-intensidad-frecuencia de lluvias en la estación INSIVUMEH, basadas en registro de tormentas de 1,984 a 2,009
- 11 Diagrama y datos de diseño drenaje transversal

### TABLAS

- I Dotaciones indicadas en la normas de diseño
- II Diámetros mínimos de pozos de visita
- III Ancho de la zanja de acuerdo al diámetro de la tubería que se va a instalar y la profundidad que será colocada (m)

- IV Profundidad mínima de la cota invert para evitar ruptura (m)
- V Verificación de especificaciones hidráulicas
- VI Presupuesto de materiales alcantarillado sanitario aldea Cuchilla del Carmen
- VII Presupuesto de mano de obra y materiales de alcantarillado sanitario aldea Cuchilla del Carmen
- VIII Resumen general del presupuesto de alcantarillado sanitario Cuchilla del Carmen
- IX Verificación d especificaciones hidráulicas
- X Coeficiente de absorción del terreno para pozos
- XI Presupuesto de materiales alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo
- XII Presupuesto de mano de obra y materiales alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo
- XIII Resumen general del presupuesto de alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo
- XIV Características geométricas, valores recomendados para las características de la carretera en estado final
- XV Valores de K para curvas cóncavas y convexas
- XVI Clases de concreto
- XVII Categorías de carga por eje
- XVIII Módulo de reacción de la sub-rasante

- XIX Valores de k para diseño sobre bases granulares
- XX Porcentaje anual del crecimiento del tráfico y factores de proyección correspondientes
- XXII TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimento con juntas de trabe por agregado (no necesita dovelas)
- XXIII Valores de los coeficientes de ajuste de las ecuaciones de las curvas DIF en estación INSIVUMEH, para diferentes períodos de retorno ( $T_r$ )
- XXIV Coeficiente de escorrentía recomendados por EMPAGUA
- XXV Presupuesto de materiales pavimentación colonia Santo Domingo
- XXVI Presupuesto de mano de obra y materiales pavimentación colonia Santo Domingo
- XXVII Resumen general presupuesto pavimentación colonia Santo Domingo



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>cm</b>	Centímetro.
<b>m</b>	Metro.
<b>mm</b>	Milímetro.
<b>km</b>	Kilómetro.
<b>m/s</b>	Metros por segundo.
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros al cuadrado.
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo.
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado.
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico.
<b>lb/pulg<sup>2</sup></b>	Libra por pulgada cuadrada.
<b>MPa</b>	Mega pascales.
<b>Psi</b>	Libra sobre pulgada cuadrada.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>AASHTO</b>	<i>American Association of State Highway and Transportation officers.</i>
<b>'</b>	Minutos.
<b>“</b>	Segundos.
<b>TPDC</b>	Tránsito promedio diario de camiones.
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Pórtland.

<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario.
<b>DH.</b>	Distancia horizontal.
<b>Az.</b>	Azimut.
<b>I.P.</b>	Índice de plasticidad.
<b>L.L.</b>	Límite líquido.
<b>v .</b>	Velocidad del flujo en la alcantarilla.
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena.
<b>d.</b>	Altura del tirante de agua en la alcantarilla.
<b>D.</b>	Diámetro de la tubería.
<b>a.</b>	Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla.
<b>q.</b>	Caudal de diseño.
<b>Q.</b>	Caudal a sección llena de la tubería.
<b>v/V.</b>	Relación de velocidades.
<b>d/D.</b>	Relación de diámetros.
<b>a/A.</b>	Relación de alturas.
<b>q/Q.</b>	Relación de caudales.
<b>FH.</b>	Factor de Harmond.
<b>P.</b>	Población.
<b>n.</b>	Coeficiente de rugosidad
<b>R.</b>	Radio.

<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje.
<b>Rh.</b>	Radio hidráulico.
<b>P.V.C.</b>	Material fabricado a base de Cloruro de Polivinilo.
<b>Dist.</b>	Distancia.
<b>Lts/hab/día.</b>	Litros por habitante por día.
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje.
<b>P.V.</b>	Pozo de visita.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>PCV</b>	Principio de curva vertical.
<b>PIV</b>	Punto de intersección de sub-tangentes verticales.
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical.
<b>PC</b>	Principio de curva horizontal.
<b>PI</b>	Punto de intersección.
<b>PT</b>	Principio de tangentes horizontales.
<b>LC</b>	Longitud de curva.
$\Delta$	Diferencia algebraica de pendientes.
<b>ST</b>	Sub-tangente.
<b>K</b>	Constante que depende de la velocidad de diseño
<b>MR</b>	Módulo de ruptura del concreto





## GLOSARIO

<b>Aeróbico</b>	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
<b>Aguas domiciliarias</b>	Son las aguas utilizadas en domicilio; es decir, las que ya han pasado por un proceso de alteración de sus condiciones naturales.
<b>Aguas negras</b>	Son la combinación de los líquidos o desechos acarreados por agua proveniente de zonas residenciales, comerciales, escolares e industriales.
<b>Alcantarillado</b>	Sistema formado por tuberías o conductos cerrados, que no trabaja bajo presión y que conducen las aguas negras o aguas pluviales.
<b>Azimut</b>	El azimut verdadero de una visual a un objeto terrestre, es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
<b>Pendiente de bombeo</b>	Pendiente transversal descendente de la corona o sub corona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.

<b>Bordillo</b>	Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Caudal</b>	Volumen de fluido en la unidad de tiempo.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
<b>Curva vertical</b>	Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
<b>Descarga</b>	Lugar a donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, sean crudas o tratadas.
<b>Dotación</b>	Es la cantidad de agua asignada a cada usuario.
<b>Grado de curvatura</b>	Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.

<b>Medidas de mitigación</b>	Conjunto de acciones y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y sistemas.
<b>Latitud</b>	Longitud del arco de meridiano que va de un lugar al Ecuador, expresado en grados.
<b>Permeabilidad</b>	Propiedad que tienen los suelos de dejar pasar el agua a través de sus poros.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las proyecciones horizontales de una superficie.
<b>Riesgo</b>	Resultado de una evaluación, generalmente probabilística, de que las consecuencias o efectos de una determinada amenaza excedan valores prefijados.
<b>Topografía</b>	Conjunto de particularidades que tiene un terreno en su relieve.
<b>Tirante</b>	Es la medida que define la altura de un líquido en una tubería, depósito o planta de tratamiento.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación se refiere al diseño de alcantarillado sanitario para la aldea Cuchilla del Carmen y diseño de drenaje sanitario y pavimentación en colonia Santo Domingo, los cuales son proyectos prioritarios para el municipio.

De acuerdo a la investigación realizada, se determinó que los lugares anteriormente mencionados no tienen un sistema de alcantarillado sanitario, así mismo, se hace necesario el diseño de la pavimentación en la colonia Santo Domingo.

El proyecto de alcantarillado sanitario en aldea Cuchilla del Carmen consta de 4,351.86 metros lineales de tubería de PVC norma 3034 con diámetros variables, 116 pozos de visita y un total de 143 conexiones domiciliarias a las que se les dará el servicio.

El proyecto de alcantarillado sanitario y pavimentación en Colonia Santo Domingo, está conformado por 2 sistemas independientes, 1,326.09 metros lineales de tubería de PVC norma 3034 con un diámetro de 6", 33 pozos de visita, 165 conexiones domiciliarias; se propone un sistema de fosas sépticas y pozo de absorción para darle tratamiento a las aguas negras. Para la pavimentación de dicho lugar se tiene el diseño de 1,611 metros de longitud de pavimento rígido con un ancho que oscila entre los 5 y 6 metros.



## **OBJETIVOS**

### **General:**

- Diseño del alcantarillado sanitario para la aldea Cuchilla del Carmen y diseño del drenaje sanitario y pavimentación de la colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

### **Específicos:**

1. Desarrollar una investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio.
2. Dar una solución técnico-profesional al problema planteado y con ello lograr soluciones viables y económicamente factibles para las comunidades.





## INTRODUCCIÓN

Santa Catarina Pinula es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado a 9 kilómetros de la ciudad capital, tiene una población de más de cien mil habitantes, su clima es templado y la actividad principal de la población es el comercio y la agricultura.

La aldea Cuchilla del Carmen y La Colonia Santo Domingo son lugares que en la actualidad tienen dificultades con la evacuación de los desechos líquidos, por lo que un alcantarillado sanitario beneficiaría a todos sus habitantes.

La Colonia Santo Domingo es un lugar que presenta cierta cantidad de necesidades; pero según los vecinos la más importante es la de pavimentar la calle principal, pues se les haría más fácil transitar por dicho lugar.

Debido a que es una población en vías de desarrollo, la pavimentación beneficiará a todos sus habitantes, ya que las calles se encuentran en un estado precario y este problema se agudiza con la llegada del invierno, provocando focos de infección debido a la proliferación de vectores tales como el zancudo, el cual se reproduce al empozarse el agua en la que se crían estos. Se propone el diseño del alcantarillado sanitario para la aldea cuchilla del Carmen y diseño de drenaje sanitario y pavimentación en colonia santo domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes del lugar y contribuir al desarrollo urbanístico del Municipio de Santa Catarina Pinula.

Estos proyectos permitirán tener un contacto directo y real en la aplicación de los conocimientos teóricos y profesionales adquiridos, oportunidad que brinda el Ejercicio Practico Supervisado (EPS) a los estudiantes de ingeniería civil.



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

## **1.1 Generalidades**

### **1.1.1 Nombres de las comunidades**

Colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey y la aldea Cuchilla del Carmen del municipio de Santa Catarina Pinula.

### **1.1.2 Reseña histórica**

Los anales históricos de Santa Catarina Pinula tienen su origen varias centurias previo a la llegada del Conquistador Pedro de Alvarado. Su posición geográfica en coyuntura histórica con factores étnicos es la que algunos cronistas aducen sea la incidencia por la que Alvarado tuvo contactos con los primeros habitantes. Debe agregarse que este territorio, la Sierra de Canales, tiene gran importancia por la riqueza de su suelo, un clima y condiciones naturales propias para la convivencia. Su tierra vegetal es de una asombrosa fertilidad, demostrada en el vigor y desarrollo de abundante flora, que prospera en toda la extensión del municipio.

Su historia se remonta a la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola, según Tomás Gage (sacerdote irlandés), el pueblo debe su nombre a la lengua indiana "Pancac"; cuyo significado etimológico se deriva de: Pan, que significa "dentro o entre" y "cac", que tiene tres significados, el primero "fuego", el segundo una fruta que se llama "guayaba", y el tercero un gusanillo que los españoles llamaban "Nigua".

La degradación morfológica del vocablo **Pancac** y su transformación en **Pankaj** y después en **Pinola**, se deduce por la significación, en pokomam, de **Pankaj** en dos términos: **pan** significa **en**, y **kaj** que denota pinol.

Desde el Siglo XVII, Pankaj y Pinola o Pinula significan lo mismo para referirse a la toponimia que hoy identifica a otras poblaciones como San José Pinula y San Pedro Pinula, este último en el departamento de Jalapa, pero no debe quedar duda alguna que su origen está en el ámbito geográfico donde se encuentra el municipio de Santa Catarina, en la Sierra de Canales. Debe agregarse también, por analogía semántica, que la Cuesta de Pinula está ampliamente señalada en muchos documentos históricos desde la Colonia, como referencia importante del lugar. Años después, la Cuesta de Pinula fue reconocida por su importancia como el Camino Real de Pinula. (A.G.C.A. A.1-5937-51929- fol 1. Año de 1606). Esta información tiene coherencia histórica y geográfica, y desde luego de deducción lógica, si asociamos el Camino Real de Pinula, con la Calle Real de la Villa de Guadalupe, de la ciudad de Guatemala, hoy zona 10, que era el inicio de esa importante vía de comunicación hacia los pueblos del Oriente del país.

El nombre oficial del municipio, corresponde a Santa Catarina Pinula, y se cree que fue el padre Juan Godinez, quién influyó en nombrar de Santa Catarina al pueblo de Pankaj o Pinola, en honor a Catarina, Mártir de Alejandría.

### **1.1.3 Fiesta titular**

Su feria titular es el 25 de noviembre en honor a la patrona Santa Catarina de Alejandría. La fiesta de la patrona tiene como prelude que 8 días antes de que se inicie la feria, sale un desfile bufo donde critican y se mofan de los personajes principales de Santa Catarina Pinula.

#### **1.1.4 Ubicación y localización**

El municipio de Santa Catarina Pinula uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, la cabecera municipal se encuentra a 9 Km de la ciudad de Guatemala.

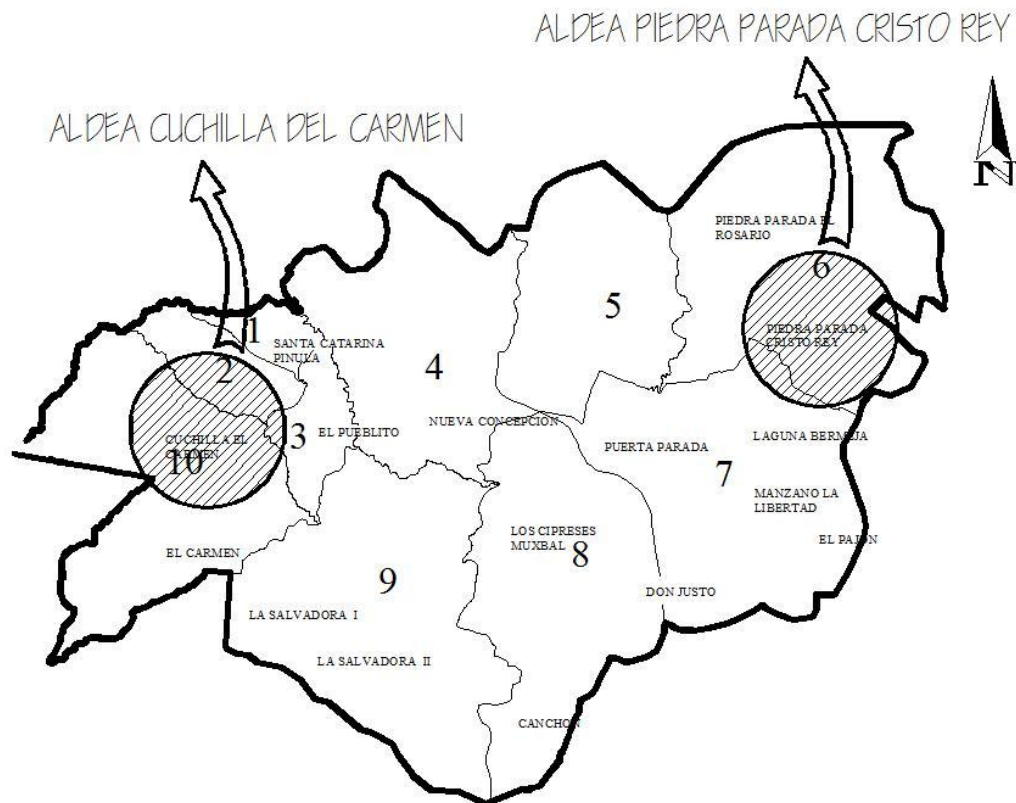
Sus colindancias son:

- Colinda al Norte con el municipio de Guatemala.
- Al Este con el municipio de San José Pinula y Fraijanes (Guatemala).
- Al Sur con el municipio Fraijanes y Villa Canales (Guatemala).
- Al Oeste con el municipio Villa Canales y Guatemala (Guatemala).

La aldea Piedra Parada Cristo Rey se encuentra al este de la cabecera de Santa Catarina Pinula. La colonia Santo Domingo se encuentra ubicada a 1,850 mts. SNM, con una latitud norte de 14°34'15" y una longitud oeste 90° 26'40".

La aldea Cuchilla del Carmen se encuentra a 6 Kms. de la cabecera municipal colinda con la aldea El Carmen y con el municipio de Villa Canales, la aldea Cuchilla del Carmen esta a 1,470 mts. SNM, con una latitud norte de 14°33'55" y una longitud oeste de 90°30'40".

**Figura 1. Mapa municipio Santa Catarina Pinula**



### 1.1.5 Extensión territorial

La extensión territorial del municipio de Santa Catarina Pinula según estimación del Instituto Geográfico Nacional (IGN). En abril de 1,973 es de 51 Km. cuadrados. Está formado por: 14 aldeas, la cabecera municipal y 248 lujosos centros poblados dentro de los cuales podemos encontrar condominios, residenciales, lotificaciones y colonias. La mayor parte del municipio está constituido por área residencial. Es importante hacer notar que el municipio políticamente se encuentra dividido en 10 zonas.

### **1.1.6 Clima y precipitación anual**

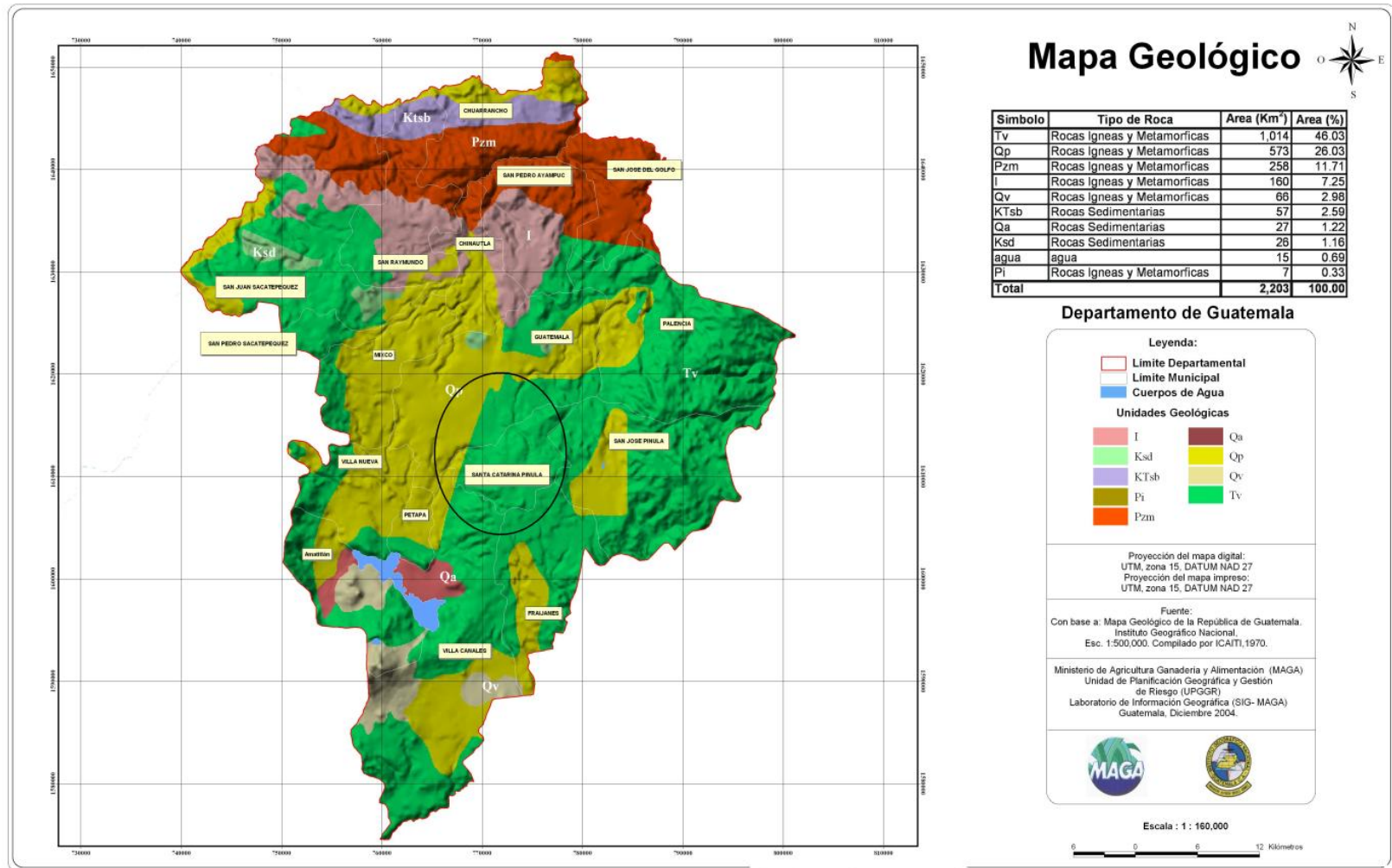
La colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey está situada a una altura de 1850 metros sobre el nivel del mar y la aldea Cuchilla del Carmen a 1470 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones climáticas del municipio, debido a su cercanía a la ciudad capital presenta condiciones muy similares, por lo que para el estudio meteorológico se puede utilizar la estación meteorológica ubicada en el Insivumeh. De estos datos obtenemos que la temperatura del municipio oscila entre 14°C a 24.5°C; tiene un 70% de evapotranspiración, el brillo solar en horas promedio al mes es de 203.6; la precipitación anual es de 1196.8 mm en promedio, la humedad relativa es del 78% y la velocidad del viento es de 17.7 km/hr.

### **1.1.7 Tipos de suelos**

El tipo de suelo del municipio, está compuesto principalmente por rocas ígneas metamórficas como se puede observar en la figura 2 y de acuerdo a la inspección de suelos realizada por las distintas calles en donde se realizará el estudio para la realización de los proyectos, se pudo observar que el suelo que predomina corresponde a una primera capa de unos 60 centímetros de talpetate, seguida por una capa de limo arenoso.

Con base a lo anterior, se establece que no es necesario realizar excavaciones o rellenos especiales, debido a que el mismo material extraído puede ser utilizado para rellenar las zanjas, debiendo únicamente proporcionarle la compactación correcta.

Figura 2. Mapa geológico del departamento de Guatemala





### **1.1.8 Actividades socioeconómicas**

Santa Catarina Pinula en el sector productivo cuenta con una agricultura en la que los principales cultivos son maíz, frijol, café y hortalizas, aunque en pequeña escala, pues su producción agrícola ha disminuido, en la medida que avanza la construcción de viviendas en su territorio, que se está convirtiendo en área residencial aledaña a la ciudad capital. El comercio se ha ido incrementando en la jurisdicción de este municipio, se han construido grandes centros comerciales entre los que podemos mencionar, Pradera Concepción, Hiper paiz, Paseo San Sebastián, Plaza Express y Metro Plaza, actualmente hay otros en construcción, esto ha convertido al municipio en una zona comercial importante a nivel nacional. Las urbanizaciones no han sido la excepción también se han construidos complejos habitacionales lujosos, entre los que podemos mencionar, Las Luces, Bosques de la Luces, los Diamantes etc.

El comercio y los proyectos habitacionales, se han convertido en la principal fuente económica del municipio.

### **1.1.9 Vías de acceso**

Para acceder al lugar donde se implementará el proyecto de drenaje sanitario en aldea Cuchilla del Carmen se puede utilizar la ruta siguiente:

- De la ciudad Guatemala, tomando la 20 calle de la zona 14, se recorren aproximadamente 9 kilómetros hasta llegar al cruce la aldea el pueblito, tomando la ruta que conduce a Boca del Monte se recorren otros 6 kilómetros hasta llegar a la aldea Cuchilla del Carmen.

Para llegar al proyecto de drenaje sanitario y pavimentación en la Colonia Santo Domingo, ubicada en la aldea Piedra Parada Cristo Rey se utiliza la siguiente ruta:

- De la ciudad capital de Guatemala se recorren aproximadamente 13.5 kilómetros, hasta llegar al paso de desnivel ubicado en Puerta Parada, luego se recorren un aproximado de 5 kilómetros hasta llegar a la Colonia Santo Domingo.

## **1.2 Salud**

### **1.2.1 Condiciones sanitarias**

- **Agua potable:** La población del municipio entero se abastece de fuentes de agua subterránea, actualmente existen 23 pozos mecánicos con una profundidad promedio de 1000 pies, la municipalidad presta el servicio a las 14 aldeas y la cabecera municipal, es importante mencionar que los residenciales y condominios, cuentan con su propio pozo mecánico para abastecerse de agua potable.

- **Drenajes:** Es visible que las condiciones sanitarias no son las adecuadas; la mala administración de las aguas residuales altera los sistemas ambientales, las aguas residuales escurren en forma superficial provocan un grado de contaminación considerable.

- **Basura:** La municipalidad cuenta con camiones tipo compactador los que recolectan la basura en la cabecera municipal y las aldeas, y la trasladan a un relleno sanitario localizado en el municipio de Villa Nueva.

### **1.2.2 Natalidad**

La tasa de natalidad para la región en donde se ubica el municipio de Santa Catarina Pinula es de 16.33 %

### **1.2.3 Mortalidad**

La tasa de mortalidad para la región en donde se ubica el municipio de Santa Catarina Pinula es de 3.52 %

### **1.2.4 Servicios de Salud**

Se cuenta con un centro de salud en la cabecera municipal, y dos centros más en las diferentes aldeas, actualmente se está construyendo un hospital municipal.

## **1.3 Aspecto socio cultural**

### **1.3.1 Educación**

Existen 19 escuelas en el municipio, distribuidas en las 14 aldeas. Las 19 escuelas han sido remodeladas por la actual administración municipal, se ha impulsado en el municipio un programa del Ministerio de Educación llamado “Escuelas Demostrativas del Futuro”, este programa consiste en que cada escuela cuente con respectivo laboratorio de computación y clases de ingles. 12 de las 19 escuelas se encuentran dentro del programa.

La aldea Piedra Parada Cristo Rey con una escuela oficial, la cual funciona en las dos jornadas. En la aldea Cuchilla del Carmen existen dos escuelas

oficiales, lo cual ha ayudado a la población a no tener que hacer una inversión enviando a sus hijos a la cabecera municipal u otras aldeas.

### **1.3.2 Instituciones existentes**

Las instituciones existentes en Santa Catarina Pinula son:

- Municipalidad
- Sub estación Policía Nacional Civil
- Juzgado de Paz
- Centro de Salud
- Hospital (Pendiente de Inauguración)

### **1.3.3 Analfabetismo**

El índice de analfabetismo en el municipio de Santa Catarina Pinula es de del 6.71% en la actualidad.

### **1.3.4 Tipos de Viviendas**

Las familias habitan en viviendas construidas en su mayoría de paredes de block, techo de lámina y piso de cemento. Por lo regular se encuentra una familia en cada una de ellas.

### **1.3.5 Problemas y necesidades identificadas**

El crecimiento poblacional hace sentir a los habitantes la necesidad de contar con una serie de servicios que coadyuvarían a su desarrollo. De acuerdo presidente del Cocode de cada lugar en estudio, se han planteado a la

Municipalidad una serie de proyectos considerados necesarios, entre los que destacan:

- Puesto de Salud.
- Clínica médica para la mujer.
- Instituto de diversificado.
- Construcción de alcaldía auxiliar.
- Estación de policía.
- Mercado.
- Ampliar y asfaltar carreteras y callejones.
- Lugares de recreación.
- Introducción de drenaje sanitario.
- Construcción de plantas de tratamiento.



## 2. DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO

### 2.1 Investigaciones preliminares

#### Tipo de sistema a utilizar

De acuerdo a su finalidad existen 3 tipos básicos de alcantarillado: la sección de cada uno de ellos dependerá de un estudio cuidadoso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico.

- a) Alcantarillado sanitario: consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas servidas domiciliarias, comerciales e industriales principalmente.
- b) Alcantarillado pluvial: conduce exclusivamente aguas producto de las lluvias.
- c) Alcantarillado combinado: en éste se conducen tanto las aguas negras como las aguas producto de la lluvia. Este sistema en los últimos años se ha dejado de utilizar, pues sobre la base de múltiples estudios se ha determinado que no es el adecuado para el saneamiento del ambiente, debido a que en la actualidad el Ministerio de Medio Ambiente exige el tratamiento de las aguas residuales, y cuando llueve el caudal de agua que transporta este sistema es demasiado grande para una planta de tratamiento, y ésta entonces deja de cumplir la función para la que fue diseñada.

## **Período de diseño**

El periodo de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable. Este periodo varía de acuerdo con el crecimiento de la población, capacidad de la administración, operación y mantenimiento. Criterios de instituciones como el del Instituto de Fomento Municipal I.N.F.O.M. y EMPAGUA, recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un periodo de 15 a 40 años.

## **Estimación de la población de diseño**

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población futura, para lo cual se hace necesario determinar el periodo de diseño y hacer un análisis de los censos existentes.

El crecimiento de una población es afectado por factores como nacimientos, anexiones, muertes y migración. Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, se tienen varios métodos dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Método del crecimiento aritmético
- Método del crecimiento geométrico

## **Dotación de agua potable**

Es necesario para determinar la dotación en litros/habitante/día, tomar en cuenta algunos parámetros que satisfacen las necesidades de los usuarios.

Según los criterios de la unidad ejecutora de proyectos para acueductos rurales UNEPAR y la OMS (Organización Mundial de la Salud) se tiene:



- Clima.
- Capacidad de la fuente.
- Nivel de vida y características de la población.
- Tipo de sistema de abastecimiento.
- Condiciones socioeconómicas de la población.
- Alfabetismo.
- Recursos hidrológicos.

Además del consumo humano, existen otros usos del vital líquido que aumentan el consumo de agua potable, siempre es recomendable considerarlos. Los usos adicionales más comunes son:

- Aseo personal.
- Lavado de ropa.
- Limpieza de la casa.
- Bebida para animales.
- Otros.

**Tabla I. Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (LTS/HABDÍA.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: Pedro Aguilar Ruiz. **Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1.** Pág. 78.

## Cálculo de caudales

### Caudal domiciliar

El agua tiene diferentes usos dentro del hogar. Depende de muchos factores como el clima, el nivel de vida o las condiciones socioeconómicas, el tipo de población, si se cuenta o no con medición, la presión en la red, la calidad y el costo del agua. Estos usos se han cuantificado por diferentes entidades como son la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

Se establecen los datos en lo referente a bebidas, preparación de alimentos, lavado de utensilios, abluciones, baño, lavado de ropa, descarga de inodoros, pérdidas, etc.

Con lo anterior, se ha estimado que del total de agua que se consume, aproximadamente entre un 70% a un 90% se descarga al drenaje, lo cual constituye el caudal domiciliar. El porcentaje de agua que se envía a la alcantarilla es el factor de retorno.

La fórmula para el cálculo del caudal domiciliar está dada por:

$$Q_{dom} = \frac{No. Hab. * Dot. * F. R.}{86,400}$$

Donde:

- $Q_{dom}$  = Caudal domiciliar (l/s)
- Dot = Dotación (l/hab/día)
- No. Hab. = Número de habitantes

### **Caudal de infiltración**

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería, éste depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca la tubería. Pero como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros por kilómetro por día.

### **Conexiones ilícitas**

En el caso de sistemas de alcantarillado sanitario éste caudal lo constituye el agua de lluvia que llega a las tuberías del drenaje como consecuencia de que algunos usuarios conectan sus bajadas de aguas pluviales al sistema. Este caudal es perjudicial para el sistema y debe evitarse para no causar daños posibles o mal funcionamiento del drenaje. Para su estimación se calcula como 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; también se puede utilizar para su estimación un 10% del caudal domiciliar, o un valor más alto según las áreas donde no exista drenaje pluvial, esto según las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal, de ahora en adelante INFOM, 2001.

### **Factor caudal medio**

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriores, se procede a la obtención del valor del caudal medio, que está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{esc} + Q_{inf} + Q_{conex}$$

El valor del factor del caudal medio se calcula de la siguiente manera:

$$F.Q.M = \frac{Q_{med}}{86,400}$$

Donde:

F.Q.M = Factor de caudal medio

$Q_{med}$  = Caudal medio

### **Caudal de diseño**

Al caudal de diseño también se le llama caudal máximo. Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluya, el caudal se calcula de la forma siguiente:

$$Q_{dis} = No.Hab.* F.H * F.Q.M$$

Donde:

No. Hab. = número de habitantes futuros acumulados

F.H. = factor de Harmond

F.Q.M. = factor de caudal medio

### **Relación q/Q, d/D, v/V**

Se deberá determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena, por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), caudal de diseño entre caudal de sección llena; cuyo resultado se busca en la gráfica en el eje de las abscisas; desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales. El valor de la relación (d/D) se

obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

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

Se han de considerar las siguientes relaciones hidráulicas:

- $q_{diseño} < Q_{lleno}$
- La velocidad debe estar comprendida entre:  
$$0.60 \leq v \leq 3.00 \text{ (m/s)}$$
- El tirante debe estar entre:  
$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

### **Pendiente hidráulica**

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la misma del terreno, para evitar sobre costo por excavación excesiva, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. La pendiente mínima es la que permita alcanzar la velocidad mínima admisible, y la máxima es la que permita alcanzar la velocidad máxima admisible para la tubería a utilizar. Generalmente dentro de las viviendas se sugiere utilizar una pendiente mínima del 2%, lo que asegura el arrastre de las excretas.

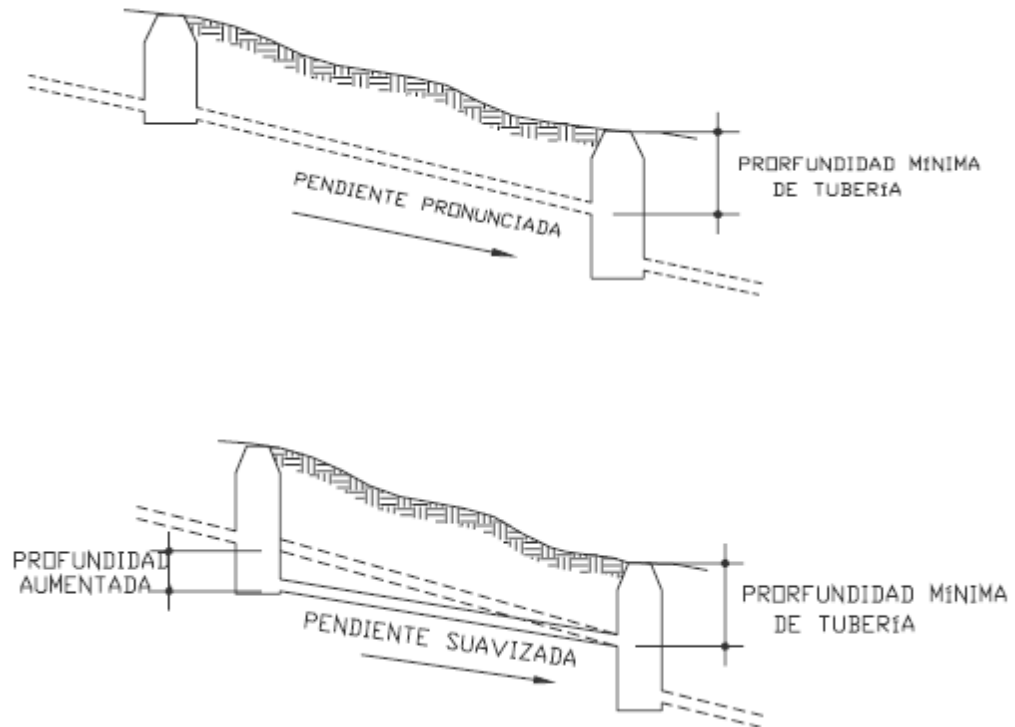
## **Cotas Invert**

Se denomina cota invert a la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota Invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para calcular las cotas invert se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos, deben seguirse las siguientes reglas para el cálculo de las cotas invert:

- a) La cota invert de salida de un pozo se coloca al menos tres centímetros más baja que la cota invert de la tubería más baja que llegue al pozo.
- b) Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará al menos a una altura igual a la diferencia de los diámetros más baja que la cota invert de entrada.

Un caso especial se presenta cuando se calcula la cota invert de salida, de acuerdo con los lineamientos anteriores, y aun utilizando la profundidad mínima de la tubería en el pozo al final del tramo se tiene una pendiente demasiado elevada, que provoca velocidades mayores a las permitidas.

**Figura 3. Caso especial de cota invert**



### **Pozos de visita**

Forman parte del sistema de alcantarillado; proporcionan acceso a éste, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están contruidos de concreto o mampostería.

Se colocan pozos de visita en cada cambio de dirección, de diámetro y para realizar limpiezas, cuando las distancias sobrepasan los 100 metros.

El diámetro de los pozos es variable y depende del tipo de tubería que llegue a cada pozo. La siguiente tabla muestra los diámetros mínimos de pozos.

**Tabla II. Diámetros mínimos de pozos de visita**

<b>Diámetro de tubería efluente (plg)</b>	<b>Diámetro mínimo del pozo (metros)</b>
8	1.2
10	1.2
12	1.2
14	1.5
16	1.5
18	1.5
20	1.5
24	1.75
30	1.75
36	1.9
40	2
42	2
60	2.5

Fuente: Ana José Morales Custodio. **Diseño de abastecimiento de agua potable, pavimento rígido, drenaje sanitario y pluvial del barrio El Recuerdo, y drenaje y pluvial para la colonia Las Victorias, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez. Pág. 42.**

### **Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

**Caja o Candela:** La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente; el lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; deben estar impermeabilizadas por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

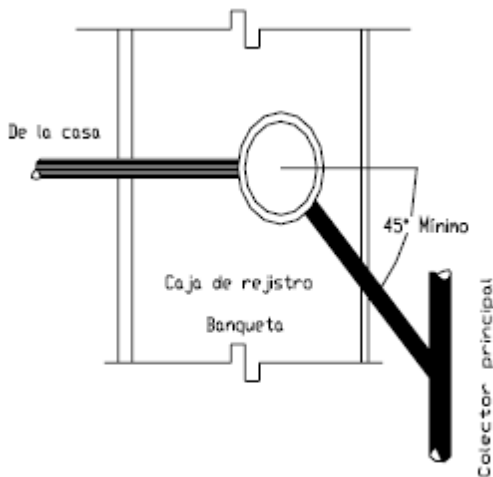
**Tubería secundaria:** La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6



pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima del 2.00% para evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

**Figura 4. Conexiones domiciliarias**



### **Volumen de excavación**

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos.

$$V = \left[ \left( \frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t \right]$$

Donde:

V = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

H1 = profundidad del primer pozo

H2 = profundidad del segundo pozo

d = distancia entre pozos (m)

t = ancho de la zanja (m)

**Tabla III. Ancho de zanja de acuerdo al diámetro de la tubería que se va a instalar y la profundidad a que será colocada (m)**

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2.00 metros	Para profundidades de 2.00 a 4.00 m	Para profundidades de 4.00 a 6.00 m
4	0.50	0.60	0.70
6	0.55	0.65	0.75
8	0.60	0.70	0.80
10	0.70	0.80	0.80
12	0.80	0.80	0.80
15	0.90	0.90	0.90
18	1.00	1.00	1.10
24	1.10	1.10	1.35

Fuente: Adán Enrique Arévalo Aquino. **Diseño del drenaje sanitario sector La laguneta, aldea Don Justo y pavimentación calle principal La Salvadora 1, municipio de Santa**

**Catarina Pinula, Guatemala. Pag. 25.**

## **2.2 Diseño del alcantarillado sanitario para la aldea Cuchilla del Carmen**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la propuesta para la recolección de las aguas residuales producida por la aldea. En la Cuchilla del Carmen, por sus condiciones topográficas se dejó proyectada una descarga. Cada vivienda que se conecte al sistema tendrá su conexión domiciliar, la cual permite evacuar las aguas residuales que produce la vivienda con el sistema que se construirá. Es de hacer mención que este sistema de recolección será exclusivo para las aguas residuales municipales, por lo que no se debe permitir el ingreso de aguas provenientes de los techos o patios de las viviendas como producto de la escorrentía (lluvia).

El sistema cuenta con colectores que suman 4,351.85 metros, en los cuales se diseñaron 116 pozos de visita.

### **2.2.2 Alcances del proyecto**

Mejorará el nivel de vida con que cuentan los habitantes de la zona ya que en la actualidad padecen de enfermedades a causa de la ausencia de drenajes y el tratamiento de las aguas negras.

### **2.2.3 Estudio de topografía**

#### **2.2.3.1 Levantamiento topográfico**

En general, el estudio de topografía consiste en realizar trabajos de planimetría y altimetría con información básica para la elaboración del diseño del sistema de recolección del agua residual.

• **Planimetría.** El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y localizar todos aquellos puntos de importancia. Entre los diferentes métodos que existen para realizar el levantamiento planimétrico se utilizó el más común, que es el de conservación de azimut con vuelta de campana para poligonal abierta, debido a la forma en que las aldeas están estructuradas.

Se utilizó un teodolito con 0°00'20" de precisión, una plomada y cinta métrica de metal, estacas de madera, martillo.

• **Altimetría:** se realizó una nivelación de precisión sobre la línea levantada de planimetría. Se tomaron en cuenta las elevaciones siguientes:

- De las coronas y fondos de zanjonés, quebradas, ríos.
- De todos los puntos donde hay cambio de pendiente.
- En cruces de calles.
- En los cambios de dirección.
- De todas las viviendas que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto, aunque de momento no muestren interés, a fin de contar con esa información para el futuro.

Se utilizó un nivelador, estadía de cuatro metros y cinta métrica de metal.

#### **2.2.4 Tipo de alcantarillado**

Se ha proyectado un sistema de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

#### **2.2.5 Período de diseño**

Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 20 años.

### 2.2.6 Cálculo de población futura

Para el caso de la aldea Cuchilla del Carmen se optó por el método de incremento geométrico, este método se seleccionó por ser el que más se adapta a la realidad del crecimiento poblacional en el medio; para el efecto se aplicó una tasa de crecimiento de (3%) fuente del INE, el periodo proyectado es de 20 años.

**Método geométrico:** la fórmula que se emplea para el cálculo es:

$$P_f = P_o(1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población actual

$n$  = periodo de diseño

$r$  = tasa de crecimiento poblacional

La población actual de la comunidad es de 4,090 habitantes.

**Método geométrico:**

$$P_f = 4090(1 + 0.03)^{20}$$

$$P_f = 7387 \text{ habitantes}$$

Como se puede observar en el resultado, la confiabilidad del método para el pronóstico de la población es relativa, independientemente del método que se emplee, porque hay muchos factores de carácter político, económico y social que, en la mayoría de las veces, son imprevisibles.

Con el método empleado definimos una población futura de 7,387 habitantes para el año 2029.

### **2.2.7 Dotación de agua potable**

Para el caso de la aldea Cuchilla del Carmen se tomó una dotación de 150 lt/hab/día, por ser considerada esta aldea como un área urbana.

### **2.2.8 Factor de Harmond**

Es también llamado factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado.

Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas en que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red.

Su fórmula es:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

FH= factor de Harmond

P= población en miles

### **2.2.9 Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño está determinada por la pendiente del terreno, así como por el diámetro y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena. Por norma ASTM

3034, v debe ser mayor de 0.60 metros por segundo, para que no exista sedimentación en la tubería y, por lo tanto, evitar taponamiento, y menor o igual que 3.0 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste; estos datos son aplicables para tubería de PVC. Es importante mencionar que para tramos iniciales con poco caudal se tolera velocidades mínimas de 0.40 metros por segundo.

**Factor de rugosidad.** La rugosidad del material con que está construido un canal es una medida adimensional y experimental, y expresa qué tan lisa es la superficie por donde se desplaza el flujo, varía de un material a otro y con el tiempo. Para este caso, el factor de rugosidad es igual a 0.0010, ya que la tubería es de PVC.

## **2.2.10 Cálculo de caudales**

### **2.2.10.1 Caudal domiciliar**

En este caso, se considera que un 80% es el factor de retorno.

### **2.2.10.2 Caudal de infiltración**

Para éste caso, por ser tubería de P.V.C., no existe caudal de infiltración, dadas las propiedades del material.

### **2.2.10.3 Conexiones ilícitas**

Para el cálculo de las conexiones ilícitas se utilizó un 10% del caudal domiciliar. Esto según las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal.

#### **2.2.10.4 Factor de caudal medio**

Se considera como la suma de todos los caudales anteriormente descritos, dividido por el número de habitantes a servir, de acuerdo con las normas vigentes en el país, éste factor debe ser mayor a 0.002 y menor que 0.005, si por alguna razón el valor calculado estuviere debajo de 0.002 se adoptará éste; y si por lo contrario el valor calculado estuviere arriba de 0.005 se tomará como valor para el diseño 0.002.

#### **2.2.10.5 Caudal de diseño**

El caudal de diseño será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir en cada tramo, cumpliendo con los rangos de velocidad y la relación  $d/D$  establecidas.

#### **2.2.11 Relación $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$**

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. De los resultados obtenidos se construyeron las tablas que se presentan más adelante para lo cual se utilizó la fórmula de Manning.

#### **2.2.12 Pendiente hidráulica**

Para el colector principal, la pendiente a utilizar será aquella que permita estar dentro del rango de velocidades permitidas,  $0.60 \text{ m/seg} < V > 3.00 \text{ m/seg}$  aunque para las velocidades en casos críticos como en terrenos muy planos y



ramales iniciales donde el flujo es pequeño se acepta una velocidad de 0.40 m/seg.

### 2.2.13 Cotas invert

Para el presente diseño de alcantarillado las cotas invert se calcularon de la siguiente manera:

$$CT_f = CT_i - (DH * S_{terreno} \%)$$

$$S\% = \frac{CT_i - CT_f}{D} * 100$$

$$CIS = CT_i - (H_{min} + E_{tubo} + \phi)$$

$$CIE = CIS - DH * S_{tubo} \%$$

$$H_{pozo} = CT_i - CIS$$

Donde:

CIS = cota invert de la tubería de salida

CIE = cota invert de la tubería de entrada

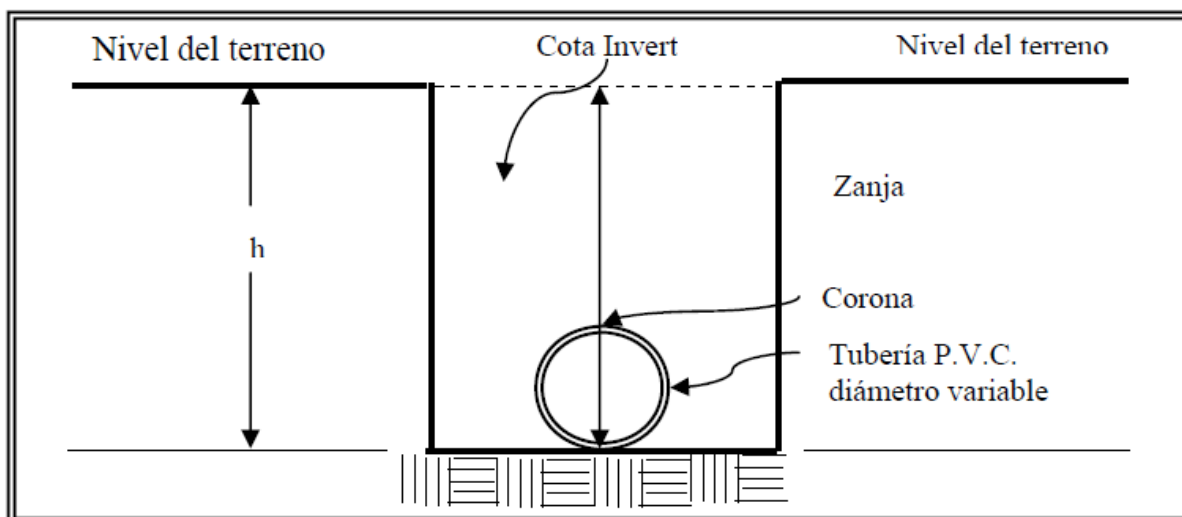
CT<sub>i</sub> = cota terreno inicial

CT<sub>f</sub> = cota terreno final

DH = distancia horizontal

S% = pendiente del terreno o tubería

**Figura 5. Forma de medir la cota invert**



En las tablas III y IV se presentan los valores de profundidad mínima de la cota invert, de la cual depende la profundidad mínima del pozo de visita al inicio y final del tramo y ancho de la zanja, la cual depende del diámetro de tubería y de la profundidad.

**Tabla IV. Profundidad mínima de la cota Invert para evitar ruptura (cm)**

<b>Diámetro</b>	<b>4"</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>15"</b>	<b>18"</b>	<b>24"</b>
<b>Tráfico normal</b>	111	117	122	128	134	140	149	165
<b>Tráfico pesado</b>	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: Adán Enrique Arévalo Aquino. **Diseño del drenaje sanitario sector La Laguneta, aldea Don Justo y pavimentación calle principal La Salvadora 1, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.** Pág. 24.

## **2.2.14 Obras Accesorias**

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

### **2.2.14.1 Pozos de visita**

Para facilitar la operación y mantenimiento del sistema se ha proyectado la construcción de 116 pozos de visita.

#### **2.2.14.1.1 Especificaciones de ubicación**

Se han diseñado pozos de vista para localizarlos en los siguientes casos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 m
- En las curvas, no más de 30 m
- Alivio o cambio de pendiente

La ubicación y detalles se pueden observar en los planos de conjunto hidráulico y planta perfil, mostrados en el apéndice D.

#### **2.2.14.1.2 Especificaciones físicas**

Los pozos de visita son de sección circular, con un diámetro mínimo de 1.20 metros, se permiten caídas mayores a un metro sin un derivador de caudal que funcione como dissipador de energía, pues de lo contrario produce caudales máximos que destruyen el sistema.

La altura promedio de los pozos de visita en el presente diseño es de 1.82 metros.

#### **2.2.14.2 Conexiones domiciliarias**

Se ha considerado conectar al sistema de colectores 143 conexiones domiciliarias nuevas.

El sistema propuesto tiene capacidad para recolectar el caudal que produzcan 259 conexiones a futuro, con el objetivo de cubrir la demanda esperada en 20 años a partir de la construcción del sistema.

#### **2.2.14.3 Diámetros de colectores**

El diámetro mínimo a utilizarse en los alcantarillados sanitarios con tubería PVC Norma 3034 es de 6", según lo especificado en las normas del INFOM.

La tubería que se utilizará en este proyecto será PVC de 6" y 8" de diámetro bajo la norma constructiva ASTM 3034.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo recomendado es 4" para tubería PVC Norma 3034.

#### **2.2.15 Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario**

Datos:

Tramo del pozo de visita número 3 al pozo de visita número 4

Cota pozo PV-3 = 1028.83

Cota pozo PV-4 = 1027.36

Distancia horizontal (DH) = 100 metros

Factor de caudal medio (FQM) = 0.002

Período de diseño = 20 años

Material a utilizar = tubería PVC

- Pendiente del terreno

$$S = \left( \frac{1028.83 - 1027.36}{100} \right) * 100 = 1.47\%$$

En el plano de densidad de vivienda, se observa que en el tramo existen 5 viviendas y el total acumulado es igual 10 viviendas; de la investigación se tiene que la densidad de vivienda es igual 6 hab./vivienda.

Habitantes a servir actual = 60 habitantes

Habitantes a servir futuro (acumulados)

$$P_f = 60(1 + 0.03)^{20} = 108 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmond (FH)

Con la población actual:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{60}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{60}{1000}}} = 4.30$$

Con la población futura:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{108}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{108}{1000}}} = 4.23$$

- Caudal de diseño

Caudal de diseño actual:

$$Q_{dis} = 60 * 4.30 * .002 = 0.52 \text{ lts/s}$$

Caudal de diseño futuro:

$$Q_{dis} = 108 * 4.23 * .002 = 0.92 \text{ lts/s}$$

Diámetro propuesto 6 pulgadas

Pendiente de tubería (S%) = 2.00%

- Velocidad a sección llena

$$V = \left( \frac{0.03429}{0.10} \right) * 6^{2/3} * \left( \frac{2}{100} \right)^{1/2} = 1.60 \text{ mts/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = (5.067 * 10^{-4}) * 6^2 * 1.60 * 1000 = 29.21 \text{ lts/s}$$

Relación q/Q actual = 0.01765

Relación q/Q futura = 0.03141

Relación v/V actual = 0.381

Relación v/V futura = 0.456

- Velocidad

Velocidad actual:

$$v = (1.60 * 0.381) = 0.61 \text{ m/s}$$

Velocidad futura:

$$v = (1.60 * 0.456) = 0.73 \text{ m/s}$$

Relación d/D actual = 0.1

Relación d/D futura = 0.1225

**Tabla V. Verificación de especificaciones hidráulicas**

<b>Caudales (lts/s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Diámetros</b>
q<Q	$0.6 \leq v \leq 3.00$	$0.1 \leq d/D \leq 0.75$
Actual		
$0.52 < 29.21$	$0.6 \leq 0.61 \leq 3.00$	$0.1 \leq 0.1 \leq 0.75$
Futuro		
$0.92 < 54.644$	$0.6 \leq 0.73 \leq 3.00$	$0.1 \leq 0.1225 \leq 0.75$

Fuente: Propia

Como se puede observar las relaciones hidráulicas cumplen.

- Cotas invert

$$CIS = \text{cota invert de llegada a PV3} - 0.03 \text{ m}$$

$$CIS = 1027.55 - 0.03 \text{ m} = 1027.52$$

$$CIE = CIS - (DH * S_{tubo} \% - 1.20)$$

$$CIE = 1027.52 - \left( \frac{100 * 2 - 1.20}{100} \right) = 1025.53$$

- Profundidad de pozos

PV-3:

$$H_{PV3} = (1028.83 - 1027.55) = 1.28 \text{ m}$$

PV-4:

$$H_{PV4} = (1027.36 - 1025.53) + 0.03 = 1.86 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$Vol. ex. = \left[ \left( \frac{1.28 + 1.86}{2} \right) * 100 * 0.6 \right] = 94.2 m^3$$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales, realizado con el procedimiento anteriormente descrito, se presentan en el apéndice A.

### **2.2.16 Desfogue**

Para el desfogue de las aguas residuales del presente diseño se tiene previsto en el punto más bajo del sistema, para lo cual la municipalidad tiene planificado una planta de tratamiento de aguas residuales con el objetivo de no promover alteraciones en las condiciones ambientales.

### **2.2.17 Presupuesto**

La cuantificación de materiales y mano de obra para los trabajos se realizó de acuerdo con lo siguiente:

- El concreto para la fundición se calculó por metro cúbico
- La cantidad de arena de río y pedrín, se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cantidad de hierro se calculó mediante varilla.
- El alambre de amarre se calculó según libras por pozo de visita.
- Se calcularon los materiales de la conexión domiciliar y colector general para cada elemento en forma unitaria, así como la mano de obra calificada y no calificada.
- La totalidad de materiales tiene precios de flete incluido y otros gastos.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron según los que se manejan en la unidad técnica de la municipalidad.



**Tabla VI. Presupuesto de materiales alcantarillado sanitario aldea Cuchilla del Carmen**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO					
ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA					
LISTADO DE MATERIALES					
FECHA: OCTUBRE 2009					
No.	REGLON/DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO ( Q )
<b>1.00</b>	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC</b>				<b>874,370.93</b>
<b>1.01</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 6"</b>	<b>3,826.00</b>	<b>ML</b>		<b>451,824.12</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	TUBERÍA PVC Ø 6" NORMA 3034	639.00	tubo	707.08	451,824.12
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>451,824.12</b>
<b>1.02</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 8"</b>	<b>465.95</b>	<b>ML</b>		<b>100,175.16</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	TUBERÍA PVC Ø 8" NORMA 3034	79.00	tubo	1,268.04	100,175.16
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>100,175.16</b>
<b>1.03</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>	<b>116.00</b>	<b>U</b>		<b>225,627.24</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	58.00	m³	90.00	5,220.00
	ARENA AMARILLA	12.00	m³	85.00	1,020.00
	PIEDRÍN	93.00	m³	195.00	18,135.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>24,375.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	928.00	sacos	57.00	52,896.00
	LADRILLO TAYUYO	82.00	millar	1,288.00	105,616.00
	CAL HIDRATADA	265.00	qq.	30.00	7,950.00
	HIERRO No. 2	696.00	varilla	9.00	6,264.00
	HIERRO No. 4	464.00	varilla	45.00	20,880.00
	HIERRO No. 6	116.00	varilla	55.14	6,396.24
	ALAMBRE DE AMARRE	250.00	lb.	5.00	1,250.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>201,252.24</b>
<b>1.04</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	<b>130.00</b>	<b>U</b>		<b>96,744.41</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	8.00	m³	90.00	720.00
	PIEDRÍN	10.00	m³	195.00	1,950.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>2,670.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	102.00	sacos	57.00	5,814.00
	HIERRO No. 2	390.00	varilla	9.00	3,510.00
	ALAMBRE DE AMARRE	260.00	lb.	5.00	1,300.00
	TUBO DE CEMENTO Ø 12"	131.00	tubo	24.00	3,144.00
	TUBERÍA PVC Ø 4" NORMA 3034	131.00	tubo	371.91	48,720.21
	YEE SGG Ø 6" x 4"	125.00	unidad	218.77	27,346.25
	YEE SGG Ø 8" x 4"	5.00	unidad	298.39	1,491.95
	CEMENTO SOLVENTE	6.00	gal.	458.00	2,748.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>94,074.41</b>

**Tabla VII. Presupuesto de mano de obra y materiales alcantarillado sanitario aldea Cuchilla del Carmen**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA PRESUPUESTO											
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARI	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL
					NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	
<b>1.00</b>	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC</b>										
<b>1.01</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 6"</b>	<b>3,826.00</b>	<b>M.L.</b>								
	EXCAVACIÓN	3,193.00	m³	25.00		79,825.00	79,825.00				79,825.00
	RELLENO COMPACTADO	3,130.00	m³	20.00	62,600.00		62,600.00				62,600.00
	RETIRO DE SOBRANTE	868.00	m³	20.00	17,360.00		17,360.00				17,360.00
	TUBERÍA PVC Ø 6"	639.00	tubos	48.00		30,672.00	30,672.00	451,824.12	451,824.12		482,496.12
	<b>TOTAL RENLÓN</b>				<b>79,960.00</b>	<b>110,497.00</b>	<b>190,457.00</b>		<b>451,824.12</b>	<b>451,824.12</b>	<b>642,281.12</b>
<b>1.02</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 8"</b>	<b>465.95</b>	<b>M.L.</b>								
	EXCAVACIÓN	424.00	m³	25.00		10,600.00	10,600.00				10,600.00
	RELLENO COMPACTADO	416.00	m³	20.00	8,320.00		8,320.00				8,320.00
	TUBERÍA PVC Ø 8"	79.00	tubos	60.00		4,740.00	4,740.00	100,175.16	100,175.16		104,915.16
	<b>TOTAL RENLÓN</b>				<b>8,320.00</b>	<b>15,340.00</b>	<b>23,660.00</b>		<b>100,175.16</b>	<b>100,175.16</b>	<b>123,835.16</b>
<b>1.03</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>	<b>116.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	881.60	m³	25.00		22,040.00	22,040.00				22,040.00
	RELLENO COMPACTADO	285.36	m³	20.00	5,707.20		5,707.20				5,707.20
	LEVANTADO	733.00	m²	40.00		29,320.00	29,320.00				29,320.00
	FUNDICION DE FONDO	88.00	m³	22.75		2,002.00	2,002.00				2,002.00
	BROCAL + TAPADERA	116.00	U	70.00		8,120.00	8,120.00				8,120.00
	MATERIALES	GLOBAL						24,375.00	201,252.24	225,627.24	225,627.24
	<b>TOTAL RENLÓN</b>				<b>5,707.20</b>	<b>61,482.00</b>	<b>67,189.20</b>	<b>24,375.00</b>	<b>201,252.24</b>	<b>225,627.24</b>	<b>292,816.44</b>
<b>1.04</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	<b>130.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	171.60	m³	25.00	4,290.00		4,290.00				4,290.00
	RELLENO COMPACTADO	182.00	m³	20.00	3,640.00		3,640.00				3,640.00
	TUBERÍA PVC Ø 4"	131.00	tubo	3.40		445.40	445.40				445.40
	TUBERÍA DE CEMENTO Ø 12"	131.00	tubo	18.00		2,358.00	2,358.00				2,358.00
	BROCAL + TAPADERA	130.00	U	9.10		1,183.00	1,183.00				1,183.00
	MATERIALES	GLOBAL						2,670.00	94,074.41	96,744.41	96,744.41
	<b>TOTAL RENLÓN</b>				<b>7,930.00</b>	<b>3,986.40</b>	<b>11,916.40</b>	<b>2,670.00</b>	<b>94,074.41</b>	<b>96,744.41</b>	<b>108,660.81</b>
	<b>TOTAL RENGLONES</b>				<b>101,917.20</b>	<b>191,305.40</b>	<b>293,222.60</b>	<b>27,045.00</b>	<b>847,325.93</b>	<b>874,370.93</b>	<b>1,167,593.53</b>

**Tabla VIII. Resumen general del presupuesto alcantarillado sanitario Cuchilla del Carmen**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO											
ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA											
RESUMEN GENERAL											
FECHA: OCTUBRE 2009											
No.	RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL	
				NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	QUETZALES	DOLARES
<b>RESUMEN GENERAL</b>											
1.00	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC			101,917.20	191,305.40	293,222.60	27,045.00	847,325.93	320.60	1,167,593.53	139,831.56
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>101,917.20</b>	<b>191,305.40</b>	<b>293,222.60</b>	<b>27,045.00</b>	<b>847,325.93</b>	<b>874,370.93</b>	<b>1,167,593.53</b>	<b>139,831.56</b>
	ADMINISTRACIÓN	15.00%								175,139.03	20,974.73
	SUPERVISIÓN	10.00%								116,759.35	13,983.16
	UTILIDADES	10.00%								116,759.35	13,983.16
	IMPREVISTOS	5.00%								58,379.68	6,991.58
	<b>TOTAL INDIRECTOS</b>									<b>467,037.41</b>	<b>55,932.62</b>
	<b>TOTAL PROYECTO</b>									<b>1,634,630.94</b>	<b>195,764.18</b>

Tipo de cambio: un dólar por ocho quetzales con treinta y cinco centavos

## **2.2.18 Evaluación socioeconómica**

El estudio socioeconómico trata del tiempo en el cual será reembolsado el costo del proyecto, el tiempo de reembolso debe ser el menor que se pueda para que empiece a generar ganancias. Por medio de este estudio se puede conocer la rentabilidad del proyecto, en este caso se analizó el valor presente neto y su comparación con la tasa interna de retorno.

### **2.2.18.1 Valor presente neto (VPN)**

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen sobre la escala de tiempo se consideran como desembolso o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado, etc.

Dicho valor se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores futuros de rescate de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento; para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12%.

El procedimiento a realizar es el siguiente: La municipalidad de Santa Catarina Pinula pretende invertir Q. 1,634,630.94 la ejecución del proyecto de la red de drenaje sanitario. Para esto se emplearán los servicios de técnicos encargados de limpieza del drenaje sanitario, con un sueldo de Q. 1,500.00, el costo de

conexión por cada casa que cobra la municipalidad es de Q. 2,100.00 y el costo por mantenimiento mensual es de Q. 10.00 al mes. El período de diseño es de 20 años.

$$\text{VPN} = -1,634,630.94 - 180,000.00(1+0.12)^{20} + 273,000.00 + 15,600.00(1+0.12)^{20}$$
$$\text{VPN} = -\text{Q. } 2,926,266.23$$

Como se puede observar, el resultado es negativo, indicando esto que no es conveniente, ya que no se recuperará el dinero invertido, pero como éste proyecto es de necesidad primaria, es conveniente la inversión, ya que se beneficiará a muchas familias, y mejorará la calidad de vida de los habitantes de la aldea Cuchilla del Carmen.

#### **2.2.18.2 Tasa interna de retorno (TIR)**

La municipalidad de Santa Catrina Pinula tendrá a su cargo la construcción de dicho proyecto, el cual tiene un costo de Q. 1,613,415.65 la ejecución del proyecto de la red de drenaje sanitario. Para esto se emplearán los servicios de técnicos encargados de limpieza del drenaje sanitario, con un sueldo de Q. 1,500.00, el costo de conexión por cada casa que cobra la municipalidad es de Q. 2,100.00 y el costo por mantenimiento mensual es de Q. 10.00 al mes.

Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valores por medio de la metodología de la tasa interna de retorno (TIR).

1. Utilizando una tasa de interés de 12% se tiene un  
VPN= - Q. 2,926,266.23

2. Utilizando una tasa de interés del 18% se tiene un  
VPN= - Q. 5,843,830.54
  
3. Utilizando una tasa de interés del 25% se tiene un  
VPN= - Q. 15,599,842.62

Como se puede observar, el resultado del VPN no muestra ningún resultado positivo con el aumento de la tasa de interés, lo cual significa que no presenta una tasa interna de retorno.

El análisis socioeconómico que se efectuará es el de obtener el costo/beneficio del proyecto, el cual se realiza a nivel municipal de la siguiente manera:

Costo = Q 1,634,630.94

Beneficio = No. de habitantes beneficiadas (futuro)

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{Q1,634,630.94}{7,387\text{hab}} = Q221.28 * \text{hab}$$

El resultado muestra que el proyecto puede ser considerado favorable para la municipalidad, así como, para cualquiera de las instituciones que realizan obras para el beneficio social.

## **2.3 Diseño del drenaje sanitario colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey**

### **2.3.1 Descripción del proyecto**

El proyecto comprende el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey del Municipio de Santa Catarina Pinula. Para su realización se llevó a cabo un levantamiento topográfico, para obtener la altimetría y planimetría.

La red se encuentra dividida en 2 sectores independientes, esto debido a lo accidentado del terreno; los sistemas cuentan con colectores que suman 1,326.09 metros, en los cuales se diseñaron 33 pozos de visita.

El sistema de tratamiento propuesto, lo conforman 4 fosas sépticas, así como 4 pozos de absorción.

### **2.3.2 Alcances del proyecto**

Mejorará el nivel de vida con que cuentan los habitantes de la zona ya que se logrará recolectar en un 100% el agua residual proveniente de las viviendas, ya que un porcentaje de la aldea ya cuenta con drenaje sanitario.

### **2.3.3 Estudio de topografía**

#### **2.3.1 Levantamiento topográfico**

En general, el estudio de topografía consiste en realizar trabajos de planimetría y altimetría, tal como se elaboró en el proyecto de drenaje sanitario de aldea Cuchilla del Carmen.

#### **2.3.4 Tipo de alcantarillado**

Se ha proyectado un sistema de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

#### **2.3.5 Período de diseño**

Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 20 años.

#### **2.3.6 Cálculo de población futura**

Para el año 2,029 la población de la comunidad será aproximadamente de 1,902 personas, 317 viviendas, con base en la tasa de crecimiento de 3.00% anual, usando el método de crecimiento geométrico. Para el cálculo de la proyección de la población actual (2009) es de aproximadamente 1,053 personas distribuidos en 176 viviendas.

#### **2.3.7 Dotación de agua potable**

Para el caso de la colonia Santo Domingo se tomó una dotación de 150 lts/hab/día, por ser considerada esta aldea como un área urbana.

#### **2.3.8 Factor de Harmond**

Es también llamado factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado.



Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas en que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red.

### **2.3.9 Velocidad de diseño**

La velocidad máxima a sección llena contemplada ha sido de 3.00 m/s. La velocidad mínima se consideró de 0.60 m/s, a excepción de algunos tramos por ser tramos iniciales de bajo caudal se diseñó con una velocidad menor para caudal actual.

### **2.3.10 Cálculo de caudales**

#### **2.3.10.1 Caudal domiciliar**

En este caso, se considera que un 80% es el factor de retorno.

#### **2.3.10.2 Caudal de infiltración**

Para éste caso, por ser tubería de P.V.C., no existe caudal de infiltración, dadas las propiedades del material.

#### **2.3.10.3 Conexiones ilícitas**

Para el cálculo de las conexiones ilícitas se utilizó un 10% del caudal domiciliar.

#### **2.3.10.4 Factor de caudal medio**

Este factor debe ser mayor a 0.002 y menor que 0.005, si por alguna razón el valor calculado estuviere debajo de 0.002 se adoptará éste; y si por lo contrario el valor calculado estuviere arriba de 0.005 se tomará como valor para el diseño 0.002.

#### **2.3.10.5 Caudal de diseño**

El caudal de diseño será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir en cada tramo, cumpliendo con los rangos de velocidad y la relación  $d/D$  establecidas.

#### **2.3.11 Relación $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$**

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionaron los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. De los resultados obtenidos se construyeron las tablas que se presentan más adelante para lo cual se utilizó la fórmula de Manning.

#### **2.3.12 Pendiente hidráulica**

Para el colector principal, la pendiente a utilizar será aquella que permita estar dentro del rango de velocidades permitidas,  $0.60 \text{ m/s} < V < 3.00 \text{ m/s}$  aunque para las velocidades en casos críticos como en terrenos muy planos y ramales iniciales donde el flujo es pequeño se acepta una velocidad de  $0.40 \text{ m/s}$ .

## **2.3.13 Obras Accesorias**

### **2.3.13.1 Pozos de visita**

Para facilitar la operación y mantenimiento del sistema se ha proyectado la construcción de 33 pozos de visita.

#### **2.3.13.1.1 Especificaciones de ubicación**

Se han diseñado pozos de vista para localizarlos en los siguientes casos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 m
- En las curvas, no más de 30 m
- Alivio o cambio de pendiente

#### **2.3.13.1.2 Especificaciones físicas**

Los pozos de visita son de sección circular, con un diámetro mínimo de 1.20 metros, se permiten caídas mayores a un metro sin un derivador de caudal que funcione como disipador de energía, pues de lo contrario produce caudales máximos que destruyen el sistema.

La altura promedio de los pozos de visita en el presente diseño será de 1.45 metros.

### **2.3.13.2 Conexiones domiciliarias**

Se ha considerado conectar al sistema de colectores 165 conexiones domiciliarias nuevas.

El sistema propuesto tiene capacidad para recolectar el caudal que produzcan 299 conexiones a futuro, con el objetivo de cubrir la demanda esperada en 20 años a partir de la construcción del sistema.

### **2.3.13.3 Diámetros de colectores**

El sistema de alcantarillado ha sido diseñado con tubería de cloruro de polivinilo, el cual contempla la instalación de 1,308 metros con tuberías de diámetro de 6 y 8 pulgadas.

### **2.3.14 Cálculo de un tramo del sistema de drenaje sanitario**

Datos:

Tramo del pozo de visita número 16 al pozo de visita número 15

Cota pozo PV-16 = 102.01

Cota pozo PV-15 = 101.34

Distancia horizontal (DH) = 68.82 metros

Factor de caudal medio (FQM) = 0.002

Período de diseño = 20 años

Material a utilizar = tubería PVC

- Pendiente del terreno

$$S = \left( \frac{102.01 - 101.34}{100} \right) * 68.82 = 0.97\%$$

En el plano de densidad de vivienda, se observa que en el tramo existen 12 viviendas y el total acumulado es igual 12 viviendas; de la investigación se tiene que la densidad de vivienda es igual 6 hab./vivienda.

Habitantes a servir actual = 72 habitantes

Habitantes a servir futuro

$$P_f = 72(1 + 0.03)^{20} = 130 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmond (FH)

Con la población actual:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{72}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{72}{1000}}} = 4.28$$

Con la población futura:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{130}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{130}{1000}}} = 4.21$$

- Caudal de diseño

Caudal de diseño actual:

$$Q_{dis} = 72 * 4.28 * .002 = 0.62 \text{ lts/s}$$

Caudal de diseño futuro:

$$Q_{dis} = 130 * 4.21 * .002 = 1.10 \text{ lts/s}$$

Diámetro propuesto 6 pulgadas

Pendiente de tubería (S%) = 1.50%

- Velocidad a sección llena

$$V = \left( \frac{0.03429}{0.10} \right) * 6^{2/3} * \left( \frac{1.50}{100} \right)^{1/2} = 1.39 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = (5.067 * 10^{-4}) * 6^2 * 1.39 * 1000 = 25.30 \text{ lts/s}$$

Relación q/Q actual = 0.02437

Relación q/Q futura = 0.04329

Relación v/V actual = 0.42

Relación v/V futura = 0.501

- Velocidad

Velocidad actual:

$$v = (1.39 * 0.42) = 0.58 \text{ m/s}$$

Velocidad futura:

$$v = (1.39 * 0.501) = 0.69 \text{ m/s}$$

Relación d/D actual = 0.1075

Relación d/D futura = 0.1425

**Tabla IX. Verificación de especificaciones hidráulicas**

<b>Caudales (lts/s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Diámetros</b>
$q < Q$	$0.6 \leq v \leq 3.00$	$0.1 \leq d/D \leq 0.75$
Actual		
$0.62 < 25.30$	$0.6 \leq 0.58 \leq 3.00$	$0.1 \leq 0.11 \leq 0.75$
Futuro		
$1.10 < 54.644$	$0.6 \leq 0.69 \leq 3.00$	$0.1 \leq 0.1425 \leq 0.75$

Fuente: Propia

Profundidad de pozo inicio propuesta = 1.20 m

- Cotas invert

$$CIS = 102.01 - 1.20 = 100.81$$

$$CIE = 100.81 - \left( \frac{68.82 * 1.50 - 1.20}{100} \right) = 99.79$$

- Profundidad de pozos

PV-16:

$$H_{PV16} = 1.20 \text{ m}$$

PV-15:

$$H_{PV15} = (101.34 - 99.79) + 0.03 = 1.58 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$Vol. \text{ ex.} = \left[ \left( \frac{1.20 + 1.28}{2} \right) * 68.82 * 0.6 \right] = 57.40 \text{ m}^3$$

Los demás tramos se diseñaron de la misma forma, ver cuadro de cálculo hidráulico.

### **2.3.15 Desfogue**

Para el desfogue de las aguas residuales en el presente diseño se tiene previsto en dos puntos, para lo cual se contempla la ubicación de fosas sépticas con pozos de absorción, con el objetivo de no promover alteraciones en las condiciones de salud de la población.

### **2.3.16 Fosa séptica**

En lugares donde no existe alcantarillado, donde no es posible alejar los desechos líquidos (provenientes de casas aisladas, pequeños grupos, escuelas, etc.) con la facilidad y sencillez que permiten esas instalaciones, se ha adoptado como medio supletorio la fosa séptica, ya que, es una instalación que, si se le presta la atención debida, resuelve en forma satisfactoria el problema de la evacuación de pequeños volúmenes de aguas negras.

Las aguas negras provenientes de las instalaciones domiciliarias se evacuan a la fosa séptica, donde se origina el tratamiento primario anaeróbico; el efluente, que sale cargado de materia orgánica en suspensión, tanto en estado coloidal y en solución, debe ser sometido a un tratamiento posterior (secundario, anaeróbico); por consiguiente, una fosa séptica no constituye sino una parte del tratamiento de las aguas negras, el cual debe ser complementado con unidades tales como campos de infiltración.

La fosa séptica es un estanque hermético, construido de ladrillo, block o concreto armado, pero también existen prefabricadas. Regularmente son de forma rectangular o redondas; son proyectadas para que las aguas negras



permanezcan durante un tiempo determinado llamado período de retención, que varía de 12 a 24 horas. De los sólidos suspendidos que llegan a la fosa séptica decanta la mayor parte de la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbica (producido por la acción de las bacterias y hongos) con disolución, licuación y volatilización de la materia orgánica, previamente a su estabilización. Por esta razón es que la cantidad de lodo que se acumula en el estanque es pequeña, pero que con el tiempo constituye una cantidad que hace disminuir el volumen efectivo de la fosa séptica y por consiguiente el período de retención.

Entre la cara inferior de la cubierta de la fosa y el nivel máximo del agua deberá dejarse un espacio de 0.25 m como mínimo (preferible 0.40 m) para la acumulación de gases, materia flotante y costra que se genera. La fosa séptica deberá estar provista de una tapadera de registro impermeable y hermética de no menos de 0.60 m de lado o diámetro, para permitir el acceso a inspección y extracción de lodos.

Los principales factores que deben tenerse en cuenta para fijar la capacidad y dimensiones del depósito séptico son:

- El período de retención suele ser de 24 horas.
- Volumen y espacio necesario para acumulación de fangos, para un período de limpieza de 2 a 3 años.
- Relación longitud: ancho
  - Longitud: 2 a 3
  - Ancho: 1 a 1

### Localización de la fosa séptica:

- A 15 metros de edificaciones como mínimo
- No debe estar en zonas pantanosas
- Tomar en cuenta la limpieza

### Algunas recomendaciones:

- Cuando el caudal promedio oscile entre 1,900 y 5,700 lts/día  
 $1,900 < Q_p < 5,700$  lts/día, el volumen útil será igual a  $Vol = 1.5 * Q_p$
- Cuando el caudal promedio oscile entre 5,700 y 37,800 lts/día  
 $5,700 < Q_p < 37,800$  lts/día, el volumen útil será igual a  $Vol = 4260 + 0.75 * Q_p$
- Volumen mínimo de 1,900 lts/s

#### 2.3.16.1 Diseño de la fosa séptica

##### Sector 1:

378 habitantes

112.50 lts/habitante/día

42,525 lts/día

Como  $42,525 > 37,800$  entonces 2 fosas sépticas

$42,525 / 2 = 21,262.50$  lts/día cada fosa séptica

$Q_p = 21,263$  lts/día

Volumen útil =  $4260 + 0.75 * Q_p$

Volumen útil =  $4260 + 0.75 * (21,263) = 20,207.25$

Vol. =  $20,207.25 / 1,000 = 20.21 m^3$

$$\text{Vol.} = h \cdot A$$

Donde:  $h$  = altura útil  
 $A$  = área (m)

Se asume una altura útil de 1.80 m.

$$20.21 \text{ m}^3 = 1.80 \text{ m} \cdot A$$

$$A = (20.21 \text{ m}^3) / (1.80 \text{ m}) = 11.23 \text{ m}^2$$

$$A = L \cdot a$$

Donde:  $L$  = longitud (m)  
 $a$  = ancho (m)

$$11.23 \text{ m}^2 = (2 \cdot a) \cdot a$$

$$a = 2.37 \text{ m.}$$

$$L = 2 \cdot a$$

$$L = 4.74 \text{ m.}$$

Las medidas de las fosas en el sector 1 son:

$$\text{Alto} = 1.80 \text{ m.}$$

$$\text{Largo} = 4.74 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho: } 2.37 \text{ m.}$$

De la misma manera se calcula la fosa séptica para el sector 2:

**Sector 2:**

612 habitantes

112. lts/habitante/día

68,850 lts/día

Como  $68,850 > 37,800$  entonces 2 fosas sépticas

$68,850/2 = 34,425$  lts/día cada fosa séptica

$Q_p = 34,425$  lts/día

Volumen útil =  $4260 + 0.75 \cdot Q_p$

Volumen útil =  $4260 + 0.75 \cdot (34,425) = 30,078.75$

Vol. =  $20,207.25/1,000 = 30.10 \text{ m}^3$

Vol. =  $h \cdot A$

Donde:  $h =$  altura útil

$A =$  área (m)

Se asume una altura útil de 1.80 m.

$30.10 \text{ m}^3 = 1.80 \text{ m} \cdot A$

$A = (30.10 \text{ m}^3) / (1.80 \text{ m}) = 16.72 \text{ m}^2$

$A = L \cdot a$

Donde:  $L =$  longitud (m)

$a =$  ancho (m)

$$16.72 \text{ m}^2 = (2*a)*a$$

$$a = 2.89 \text{ m.}$$

$$L = 2 * a$$

$$L = 5.78 \text{ m.}$$

Las medidas de las fosas en el sector 2 son:

$$\text{Alto} = 1.80 \text{ m.}$$

$$\text{Largo} = 5.78 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho: } 2.89 \text{ m.}$$

#### **2.3.16.1.1      Diseño estructural de la fosa séptica por el método de bandas**

Consiste en suponer líneas de discontinuidad (líneas imaginarias) en la estructura a analizar, donde cambia la dirección en que se transmite la carga sobre dicha estructura, al realizar esto se obtienen bandas que se analizan como vigas simplemente soportadas o empotradas.

A continuación se presenta el diseño de una de las fosas sépticas propuestas en este trabajo:

Datos:

$$\text{Largo} = \quad 5.78 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = \quad 2.89 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = \quad 2.35 \text{ m}$$

Espesor de paredes y losa de piso = 0.20 m

$R_c$  = Peso específico del concreto = 2.40 t/m<sup>3</sup>

$R_s$  = Peso específico del suelo = 1.60 t/m<sup>3</sup>

$K_a$  = Constante de Ranking = 0.33

$CM$  = Coeficiente de empuje lateral del suelo = 1.40

$F'_c$  = 210 kg/cm<sup>2</sup>

$F'_y$  = 2,810 kg/cm<sup>2</sup>

$V_s$  = 20 ton/m<sup>2</sup> (asumido)

Presión sobre el fondo

Se asumirá que la tapadera es una losa de concreto de 0.10 m de espesor y el líquido que almacena es agua.

$$P = ( P_{\text{tanque}} + P_{\text{tapadera}} + P_{\text{agua}} ) / A$$

Donde:

$P$  = Peso propio de la estructura

$P_{\text{tanque}}$  = peso de las cuatro paredes + peso de losa de piso

$P_{\text{tapadera}}$  = peso de la tapadera

$P_{\text{agua}}$  = peso del agua

$A$  = Área de contacto de la estructura con el suelo

$$P = 2.40 \text{ t/m}^3 [ ( 17.34 \text{ m} \times 2.35 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} ) + ( 0.20 \text{ m} \times 2.89 \text{ m} \times 5.78 \text{ m} ) + ( 0.10 \text{ m} \times 5.78 \text{ m} \times 2.89 \text{ m} ) ] + ( 2.35 \text{ m} \times 5.78 \text{ m} \times 2.89 \text{ m} ) / ( 5.78 \text{ m} \times 2.89 \text{ m} )$$

$$P = 5.03 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2$$

Como la presión en el fondo es menor que el valor soporte del suelo, se continúa con el análisis, caso contrario se deberá aumentar el área de contacto de la estructura con el suelo.

### **Bandas horizontales**

Donde:

$X_L =$  Tramo cargado en el sentido largo

$X_c =$  Tramo cargado en el sentido corto

$L_L =$  Largo del tanque

$L_c =$  Ancho del tanque

$$X_L = 5L / 12 = 2.41 \text{ m}$$

$$X_c = 5L / 12 = 1.20 \text{ m}$$

- Determinación de cargas

$$W = C_m \times K \times R_s \times H / 3, \text{ donde } H_x = H / 3$$

$$W = 1.40 \times 0.33 \times 1.60 \times (2.35 \text{ m})^2 / 9$$

$$W = 0.45 \text{ ton/m}$$

- Momentos fijos (Mf)

$$Mf = WX^2 ( 3L - 2X ) / ( 6 x L )$$

$$Mf = 0.45 \text{ ton/m} \times (2.41\text{m})^2 [(3 \times 5.78\text{m}) - (2 \times 2.41\text{m})] / (6 \times 5.78\text{m})$$

$$Mf = 0.94 \text{ ton-m}$$

$$Mf = 0.45 \text{ ton/m} \times (1.20\text{m})^2 [ ( 3 \times 2.89\text{m} ) - ( 2 \times 1.20\text{m} ) ] / ( 6 \times 2.89\text{m} )$$

$$Mf = 0.23 \text{ ton-m}$$

- Determinación de reacciones

$$R = WX$$

$$R = 0.45 \text{ ton/m} \times 2.41\text{m}$$

$$R = 1.08 \text{ ton}$$

$$R = 0.45 \text{ ton/m} \times 1.20\text{m}$$

$$R = 0.54 \text{ ton}$$

- Determinación de momentos al centro (sin corregir)

$$M = W X^3 / 3L$$

$$M = 0.45 \text{ ton/m} \times (2.41\text{m})^3 / ( 3 \times 5.78\text{m} )$$

$$M = 0.36 \text{ ton-m}$$



$$M = 0.45 \text{ ton/m} \times (1.20\text{m})^3 / (3 \times 2.89\text{m})$$

$$M = 0.09 \text{ ton-m}$$

- Determinación de momentos reales en los extremos

$$M_{\text{real}}^{(-)} = [ (Mf_L - Mf_c) L_L / (L_L + L_c) ] + MF_c$$

$$M_{\text{real}}^{(-)} = [ (0.94\text{ton-m} - 0.23\text{ton-m}) 5.78\text{m} / (5.78\text{m} + 2.89\text{m}) ] + 0.23 \text{ ton-m}$$

$$M_{\text{real}}^{(-)} = 0.70 \text{ ton-m}$$

- Determinación de momentos reales al centro: sentido largo

$$M_{\text{real}}^{(+)} = Mf - M_{\text{real}}^{(-)} + M_{\text{centro}}^{(+)}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = 0.94\text{ton-m} - 0.70\text{ton-m} + 0.36\text{Ton-m}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = 0.6 \text{ Ton-m}$$

Sentido corto

$$M_{\text{real}}^{(+)} = Mf - M_{\text{real}}^{(-)} + M_{\text{centro}}^{(+)}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = 0.23\text{ton-m} - 0.70\text{ton-m} + 0.09\text{ton-m}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = -0.38 \text{ ton-m}$$

- Puntos de inflexión: sentido largo

$$WY^2 - 2RY + 2M_{\text{R}}^{(-)} = 0$$

$$0.45 \text{ ton/m} Y^2 - 2(1.08\text{ton})Y + 2(0.70 \text{ ton-m}) = 0$$

$$0.45 \text{ ton/m } Y^2 - 2.16 \text{ ton}Y + 1.40 \text{ ton-m} = 0$$

De donde  $Y = 0.77 \text{ m}$

- Esfuerzos de corte

$$V_u = F_{\text{apoyo}} / \phi b_w d \quad F = V_u$$

Sentido largo

$$V_u = 1.08 \text{ ton} / (0.85 \times 0.78 \text{ m} \times 0.175 \text{ m})$$

$$V_u = 9.31 \text{ ton} / \text{m}^2 = 0.84 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Esfuerzo que definitivamente es menor que la mitad del esfuerzo que resiste el concreto, por lo que no se necesita refuerzo a corte.

- Áreas de acero

Para  $M^{(-)} = 0.79 \text{ Ton-m}$  y una sección de  $1 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = ([14.1/2800 \text{ kg/cm}^2] \times 100 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}) = 10.07 \text{ cm}^2; \text{ se utiliza}$$

$$A_{\text{acero}} = 10.07 \text{ cm}^2$$

Sentido largo:  $M^{(+)} = 0.6 \text{ Ton-m}$  y una sección de  $1 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ .

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se utilizará el área de acero mínima, ya que el valor de este es superior al área de acero calculado, siendo para este caso de  $A_{\text{acero}} = 10.07 \text{ cm}^2$ .

Área de acero a usar en el centro, en el sentido corto:

$$M^{(-)} = 0.38 \text{ Ton-m}$$

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se utilizará el área de acero mínima, ya que el valor de este es superior al área de acero calculado, siendo para este caso de  $A_{\text{acero}} = 10.07 \text{ cm}^2$ .

### **Bandas verticales**

Donde:

$$X = H = 2.35 \text{ m}$$

$$A = 0.81 \text{ m}$$

$$X = 5L / 12 = 2.41 \text{ m}$$

- Determinación de cargas

En paredes

$$W = C_m \times K \times R_s \times H \times A$$

$$W = 1.40 \times 0.33 \text{ Ton} \times 1.60 \text{ m} \times 2.35 \text{ m} \times 0.81 \text{ m}$$

$$W = 1.40 \text{ ton/m}$$

En losa de fondo

$W = C_m \times R_c \times e \times A$ ; en donde  $e$  = espesor de losa

$$W = 1.40 \times 2.40 \times 0.20 \times 0.81\text{m}$$

$$W = 0.54 \text{ ton/m}$$

- Momentos fijos ( $M_f$ )

En paredes

$$M_f = 3WX^2 / 6 - 2WX^3 / 6H$$

$$M_f = (3 \times 1.40\text{ton/m} \times (2.35\text{m})^2) / 6 - (2 \times 1.40 \times (2.35\text{m})^3) / (6 \times 2.35\text{m})$$

$$M_f = 1.29 \text{ ton-m}$$

En losa de fondo

$$M_f = WX^2 (3L - 2X) / 6L$$

$$M_f = 0.54\text{ton/m} \times (2.41\text{m})^2 (3 \times 5.78\text{m} - 2 \times 2.41\text{m}) / (6 \times 5.78\text{m})$$

$$M_f = 1.13 \text{ ton-m}$$

- Determinación de reacciones

En paredes

$$R = WX - WX^2 / 2H$$

$$R = (1.40\text{ton/m} \times 2.35\text{m}) - (1.40\text{Ton/m} \times (2.35\text{m})^2) / (2 \times 2.35\text{m})$$

$$R = 4.91 \text{ ton}$$

En losa de fondo

$$R = 0.54 \text{ ton/m} \times 2.41\text{m}$$

$$R = 1.30 \text{ ton}$$

- Determinación de momentos positivos (sin corregir)

En paredes no se determinará ningún punto de inflexión, puesto que, no hay ninguna restricción en el borde superior de las mismas.

$$M = W X^3 / 3L$$

$$M = 0.54\text{ton/m} \times (2.41\text{m})^3 / ( 3 \times 5.78\text{m} )$$

$$M = 0.46 \text{ ton-m}$$

- Determinación de momentos reales en los extremos (nudos)

Ya que no se tiene restricciones en las paredes, el momento resultante en el nudo seguirá siendo el del voladizo, siendo éste:

$$M = 1.29 \text{ ton-m}$$

- Momentos al centro de la losa (corregidos)

$$M_{\text{real}}^{(+)} = Mf - M_{\text{real}}^{(-)} + M_{\text{centro}}^{(+)}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = 1.13 \text{ ton-m} - 1.29 \text{ ton-m} + 0.46 \text{ ton-m}$$

$$M_{\text{real}}^{(+)} = 0.30 \text{ ton-m}$$

- Puntos de inflexión (no hay)

- Esfuerzos de corte

$$V_u = F_{\text{apoyo}} / \phi b_w d \quad F = V_u$$

En paredes

$$V_u = 4.91 / (0.85 \times 0.78 \times 0.175)$$

$$V_u = 42.32 \text{ ton} / \text{m}^2 = 4.23 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Esfuerzo que definitivamente es menor que la mitad del esfuerzo que resiste el concreto, por lo que no se necesita refuerzo a corte.

En losa de fondo

$$V_u = 0.30 / (0.85 \times 0.78 \times 0.175)$$

$$V_u = 11.20 \text{ ton} / \text{m}^2 = 1.01 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Por tanto, para este caso tampoco se necesita refuerzo por corte.

- Áreas de acero

Para  $M^{(c)} = 1.29 \text{ ton-m}$  y una sección de  $1 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$ .

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

$A_{s_{\text{min}}} = ([14.1/2800 \text{ kg/cm}^2] \times 100\text{cm} \times 20\text{cm}) = 10.07 \text{ cm}^2$ ; se utiliza

$$A_{\text{acero}} = 10.07 \text{ cm}^2$$

Sentido largo:  $M(+)$  = 0.30 ton-m y una sección de 1 m x 0.20 m.

$$A_s = 10 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se utilizará el área de acero mínima, ya que el valor de este es superior al área de acero calculado, siendo para este caso de  $A_{\text{acero}} = 10.02 \text{ cm}^2$ .

Para el cálculo del refuerzo de las demás bandas se aplicó este procedimiento.

### **2.3.17 Pozos de absorción**

El tratamiento secundario del efluente de una fosa séptica se basa en la oxidación de la materia orgánica por la actividad de las bacterias aeróbicas. Estas materias proliferan en la capa superior del terreno y en los lechos de arena y piedra a través de cuyos poros pasa de modo natural el oxígeno del aire.

En las zonas filtrantes, la aeración natural del suelo se facilita por medio de las tuberías de desagüe y, en los sistemas de irrigación del subsuelo, por medio de un tubo de ventilación de un pozo de filtración instalado en el extremo inferior del terreno.

El pozo de absorción consiste en una excavación en el terreno por lo general de 1.50 a 2.50 metros de diámetro y una profundidad que generalmente varía de 6 a 12 metros, al cual se vierten las aguas negras sedimentadas provenientes de la fosa séptica.

Para determinar la profundidad del pozo debe hacerse la prueba de absorción a diferentes profundidades.

**Tabla X. Coeficiente de absorción del terreno para pozos**

<b>Tiempo en min. Para que el nivel baje 2.5 m</b>	<b>Superficie de filtración requerida por hab. Y por día/m<sup>2</sup> (K1)</b>
1	0.88
2	1.08
5	1.44
10	2.25
30	4.5
Más de 30	Terreno inadecuado

Fuente: Adán Enrique Arévalo Aquino. **Diseño del drenaje sanitario sector La Laguneta, aldea Don Justo y pavimentación calle principal La Salvadora 1, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.** Pág. 56.

Para efectuar la prueba de absorción a medida que se va excavando, se hacen excavaciones de 0.30 por 0.30 m de base por 0.35 m de profundidad y se le colocan en el fondo 0.05 de arena gruesa o grava; luego se llena de agua y se deja que se filtre totalmente. Después se vuelve a llenar, de manera que el agua permanezca en él por lo menos 4 horas, de preferencia por la noche, para que el terreno se sature. Posteriormente se ajusta el agua hasta una profundidad de 0.15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.5 cm. o velocidad de filtración.

Para calcular las dimensiones del pozo no debe tomarse en cuenta el fondo de la excavación, porque se colmata rápidamente, sino sólo el área lateral. Una vez conocido el coeficiente de absorción y el diámetro, la profundidad del pozo se puede calcular con la siguiente relación:



$$H = \frac{K1 * N}{\pi * D}$$

Donde:

H = profundidad del pozo (m)

K1 = Coeficiente de absorción (m<sup>2</sup>/hab/día)

N = Numero de personas a servir

D = diámetro del pozo (m)

Si la profundidad no cumple con la distancia mínima del 1.50 m que debe de haber desde el fondo del pozo al nivel de la capa freática, se puede pensar en 2 ó más pozos, dividiendo la altura encontrada entre el número de pozos deseados, siempre que se deje una distancia mínima horizontal de 6 m ó diámetros, medidos a partir de los rostros exteriores de los mismos.

### 2.3.17.1 Dimensionamiento de los pozos de absorción

#### Sector 1:

378 habitantes

K1 = 0.4632 m<sup>2</sup>/hab/día

$$H = \frac{0.4632 * 378}{\pi * 2.50} = 22.39 \text{ m}$$

Usar 2 pozos de 11.15 metros para cada fosa séptica.

#### Sector 2:

612 habitantes

K1 = 0.4632 m<sup>2</sup>/hab/día

$$H = \frac{0.4632 * 612}{\pi * 2.50} = 36.09 \text{ m}$$

Usar 2 pozos de 18.05 metros para cada fosa séptica.

### **2.3.18 Presupuesto**

La cuantificación de materiales y mano de obra para los trabajos se realizó de acuerdo con lo siguiente:

- El concreto para la fundición se calculó por metro cúbico
- La cantidad de arena de río y pedrín, se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cantidad de hierro se calculó mediante varilla.
- El alambre de amarre se calculó según libras por pozo de visita.
- Se calcularon los materiales de la conexión domiciliar y colector general para cada elemento en forma unitaria, así como la mano de obra calificada y no calificada.
- La totalidad de materiales tiene precios de flete incluido y otros gastos.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los rendimientos de mano de obra se tomaron con base a la experiencia de proyectos de drenaje ejecutados por la municipalidad.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron según los que se manejan en la unidad técnica de la municipalidad.

**Tabla XI. Presupuesto de materiales alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SANTO DOMINGO, SANTA CATARINA PINULA LISTADO DE MATERIALES					
FECHA: OCTUBRE 2009					
No.	REGLÓN/DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
<b>1.00</b>	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC</b>				<b>304,546.87</b>
<b>1.01</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 6"</b>	<b>1,307.97</b>	<b>ML</b>		<b>154,850.52</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	TUBERÍA PVC Ø 6" NORMA 3034	219.00	tubo	707.08	154,850.52
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>154,850.52</b>
<b>1.02</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>	<b>33.00</b>	<b>U</b>		<b>35,567.00</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	18.00	m³	90.00	1,620.00
	ARENA AMARILLA	4.00	m³	85.00	340.00
	PIEDRÍN	27.00	m³	195.00	5,265.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>7,225.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	260.00	sacos	57.00	14,820.00
	LADRILLO TAYUYO	2.50	millar	1,288.00	3,220.00
	CAL HIDRATADA	76.00	bolsas	30.00	2,280.00
	HIERRO No. 2	198.00	varilla	9.00	1,782.00
	HIERRO No. 4	132.00	varilla	45.00	5,940.00
	ALAMBRE DE AMARRE	60.00	lb.	5.00	300.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>28,342.00</b>
<b>1.04</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	<b>165.00</b>	<b>U</b>		<b>114,129.35</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	10.00	m³	90.00	900.00
	PIEDRÍN	13.00	m³	195.00	2,535.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>3,435.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	165.00	sacos	57.00	9,405.00
	HIERRO No. 2	330.00	varilla	9.00	2,970.00
	ALAMBRE DE AMARRE	190.00	lb.	5.00	950.00
	TUBO DE CEMENTO Ø 12"	165.00	tubo	24.00	3,960.00
	TUBERÍA PVC Ø 4" NORMA 3034	165.00	tubo	371.91	61,365.15
	YEE SGG Ø 6" x 4"	125.00	unidad	218.77	27,346.25
	YEE SGG Ø 8" x 4"	5.00	unidad	298.39	1,491.95
	CEMENTO SOLVENTE	7.00	gal.	458.00	3,206.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>110,694.35</b>
<b>2.00</b>	<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>				
<b>2.01</b>	<b>FOSA SÉPTICA</b>	<b>4.00</b>	<b>u</b>		
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	23.00	m³	90.00	2,070.00
	PIEDRÍN	23.00	m³	195.00	4,485.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>6,555.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	421.00	sacos	57.00	23,997.00
	HIERRO No. 3	600.00	var	25.00	15,000.00
	ALAMBRE DE AMARRE	180.00	lb.	5.00	900.00
	MADERA PARA FORMALETA	3,025.00	pie-tabla	4.25	12,856.25
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>52,753.25</b>
<b>2.02</b>	<b>POZO DE ABSORCIÓN</b>	<b>4.00</b>	<b>U</b>		
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	ARENA DE RÍO	4.00	m³	90.00	360.00
	PIEDRÍN	2.00	m³	195.00	390.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>750.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CEMENTO	42.00	sacos	57.00	2,394.00
	LADRILLO TAYUYO	2.00	millar	1,288.00	2,576.00
	CAL HIDRATADA	64.00	bolsas	30.00	1,920.00
	HIERRO No. 3	60.00	varilla	25.00	1,500.00
	ALAMBRE DE AMARRE	20.00	lb.	5.00	100.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>8,490.00</b>

**Tabla XII. Presupuesto de Mano de obra y materiales alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA SANTO DOMINGO, SANTA CATARINA PINULA PRESUPUESTO											
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL
					NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	
<b>1.00</b>	<b>ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC</b>										
<b>1.01</b>	<b>COLECTOR PVC Ø 6"</b>	<b>1,307.97</b>	<b>M.L.</b>								
	EXCAVACIÓN	3,193.00	m³	25.00		79,825.00	79,825.00				79,825.00
	RELLENO COMPACTADO	3,130.00	m³	20.00	62,600.00		62,600.00				62,600.00
	RETIRO DE SOBRANTE	868.00	m³	10.00	8,680.00		8,680.00				8,680.00
	TUBERÍA PVC Ø 6"	639.00	tubos	48.00		30,672.00	30,672.00	154,850.52	154,850.52	154,850.52	154,850.52
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>71,280.00</b>	<b>110,497.00</b>	<b>181,777.00</b>	<b>154,850.52</b>	<b>154,850.52</b>	<b>336,627.52</b>	
<b>1.03</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>	<b>33.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	250.80	m³	25.00		6,270.00	6,270.00				6,270.00
	RELLENO COMPACTADO	33.00	m³	20.00	660.00		660.00				660.00
	LEVANTADO	208.56	m²	40.00		8,342.40	8,342.40				8,342.40
	FUNDICIÓN DE FONDO	26.00	m³	25.00		650.00	650.00				650.00
	BROCAL + TAPADERA	33.00	U	70.00		2,310.00	2,310.00				2,310.00
	MATERIALES	GLOBAL						7,225.00	28,342.00	35,567.00	35,567.00
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>660.00</b>	<b>17,572.40</b>	<b>18,232.40</b>	<b>7,225.00</b>	<b>28,342.00</b>	<b>35,567.00</b>	<b>53,799.40</b>
<b>1.04</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	<b>165.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	217.80	m³	25.00	5,445.00		5,445.00				5,445.00
	RELLENO COMPACTADO	194.70	m³	20.00	3,894.00		3,894.00				3,894.00
	TUBERÍA PVC Ø 4"	165.00	tubo	36.22		5,976.00	5,976.00				5,976.00
	TUBERÍA DE CEMENTO Ø 12"	165.00	tubo	18.11		2,988.00	2,988.00				2,988.00
	BROCAL + TAPADERA	165.00	U	9.10		1,501.50	1,501.50				1,501.50
	MATERIALES	1.00	GLOBAL					3,435.00	110,694.35	114,129.35	114,129.35
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>9,339.00</b>	<b>10,465.50</b>	<b>19,804.50</b>	<b>3,435.00</b>	<b>110,694.35</b>	<b>114,129.35</b>	<b>133,933.85</b>
<b>2.00</b>	<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>										
<b>2.01</b>	<b>FOSA SÉPTICA</b>	<b>4.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	144.41	m³	25.00	3,610.25		3,610.25				3,610.25
	ARMADO	46.00	qq	55.00		2,530.00	2,530.00				2,530.00
	FUNDICIÓN	4,172.00	m³	25.00		104,300.00	104,300.00				104,300.00
	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	1,815.00	pie-tabla	2.00		3,630.00	3,630.00				3,630.00
	REPELLO + ALISADO DE CEMENTO	128.00	m²	50.00		6,400.00	6,400.00				6,400.00
	MATERIALES	1.00	GLOBAL					6,555.00	52,753.25	59,308.25	59,308.25
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>3,610.25</b>	<b>116,860.00</b>	<b>120,470.25</b>	<b>6,555.00</b>	<b>52,753.25</b>	<b>59,308.25</b>	<b>179,778.50</b>
<b>2.02</b>	<b>POZO DE ABSORCIÓN</b>	<b>4.00</b>	<b>U</b>								
	EXCAVACIÓN	237.00	m³	25.00		5,925.00	5,925.00				5,925.00
	LEVANTADO	25.00	m²	40.00		1,000.00	1,000.00				1,000.00
	BROCAL + TAPADERA	4.00	U	70.00		280.00	280.00				280.00
	MATERIALES	1.00	GLOBAL					750.00	8,490.00	9,240.00	9,240.00
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>7,205.00</b>	<b>7,205.00</b>	<b>750.00</b>	<b>8,490.00</b>	<b>9,240.00</b>	<b>16,445.00</b>
	<b>TOTAL RENGLONES</b>				<b>84,889.25</b>	<b>262,599.90</b>	<b>347,489.15</b>	<b>17,965.00</b>	<b>355,130.12</b>	<b>373,095.12</b>	<b>720,584.27</b>

**Tabla XIII. Resumen general presupuesto alcantarillado sanitario colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO											
COLONIA SANTO DOMINGO, SANTA CATARINA PINULA											
RESUMEN GENERAL											
										FECHA: OCTUBRE 2009	
No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL	
				NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	QUETZALES	DOLARES
RESUMEN GENERAL											
1.00	ALCANTARILLADO SANITARIO DE PVC			81,279.00	138,534.90	219,813.90	10,660.00	293,886.87	304,546.87	524,360.77	62,797.70
2.00	SISTEMA DE TRATAMIENTO			3,610.25	124,065.00	127,675.25	7,305.00	61,243.25	68,548.25	196,223.50	23,499.82
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>81,279.00</b>	<b>138,534.90</b>	<b>219,813.90</b>	<b>10,660.00</b>	<b>293,886.87</b>	<b>839,382.15</b>	<b>720,584.27</b>	<b>86,297.52</b>
	ADMINISTRACIÓN	15.00%								108,087.64	12,944.63
	SUPERVISIÓN	10.00%								72,058.43	8,629.75
	UTILIDADES	10.00%								72,058.43	8,629.75
	IMPREVISTOS	5.00%								36,029.21	4,314.88
	<b>TOTAL INDIRECTOS</b>									<b>288,233.71</b>	<b>34,519.01</b>
	<b>TOTAL PROYECTO</b>									<b>1,008,817.98</b>	<b>120,816.52</b>

Tipo de cambio: un dólar por ocho quetzales con treinta y cinco centavos

## **2.3.19 Evaluación socioeconómica**

### **2.3.19.1 Valor presente neto (VPN)**

Para el presente proyecto se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es de 12%.

El procedimiento a realizar es el siguiente: La municipalidad de Santa Catarina Pinula pretende invertir Q. 1,008,817.98 la ejecución del proyecto de la red de drenaje sanitario. Para esto se emplearán los servicios de técnicos encargados de limpieza del drenaje sanitario, con un sueldo de Q. 1,500.00, la limpieza de las fosa sépticas con un costo de Q. 100,000.00 en el año, el costo de conexión por cada casa que cobra la municipalidad es de Q. 2,100.00 y el costo por mantenimiento mensual es de Q. 10.00 al mes. El período de diseño es de 20 años.

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -1,008,817.98 - 180,000.00(1+0.12)^{20} - 100,000(1+0.12)^{20} + 346,500.00 \\ &+ 19,800(1+0.12)^{20} \\ \text{VPN} &= -\text{Q. } 3,160,173.61 \end{aligned}$$

Como se puede observar, el resultado es negativo, indicando esto que no es conveniente, ya que no se recuperará el dinero invertido, pero como éste proyecto es de necesidad primaria, es conveniente la inversión, ya que se beneficiará a muchas familias, y mejorará la calidad de vida de los habitantes de la colonia Santo Domingo.

### **2.3.19.2 Tasa interna de retorno (TIR)**

Este indicador es utilizado para evaluar el rendimiento de una determinada inversión; en nuestro proyecto, por ser de carácter social, no se obtendrá una tasa interna de retorno atractiva, por lo que el análisis socioeconómico que se

efectuará es el de obtener el costo/beneficio del proyecto, el cual se realiza a nivel municipal de la siguiente manera:

Costo = Q 1,008,817.98

Beneficio = No. De habitantes beneficiadas (futuro)

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{\text{Q1,008,817.98}}{1,902\text{hab}} = \text{Q530.40 * hab}$$

El resultado muestra que el proyecto puede ser considerado favorable para la municipalidad, así como, para cualquiera de las instituciones que realizan obras para el beneficio social.





### **3. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN**

#### **3.1 Diseño de pavimento rígido Colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey**

El proyecto consiste en el diseño de 1,611 metros de pavimento rígido de las calles en colonia Santo Domingo, con un ancho que oscila entre 6.00 y 5.00 metros, incluido el bordillo.

Se realizarán los estudios topográficos, toma de muestra de suelos, ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

##### **3.1.1 Alcances del proyecto**

Este proyecto en particular es de gran beneficio para los habitantes del lugar ya que en la actualidad se les dificulta transitar por su área y no se diga cuándo tienen que salir de ella. En época de lluvias en este sector se hace casi imposible transitar ya que las calles se encuentran llenas de lodo y barro por lo que se hace un lugar bastante inhabitable.

##### **3.1.2 Especificaciones de diseño**

Los parámetros utilizados en el diseño horizontal de este proyecto son los que dicta la Dirección General de Caminos.

A continuación en la tabla XIV se describen las características geométricas, que deben tener las diferentes clasificaciones de carreteras, según el tránsito promedio diario y el tipo de región:

**Tabla XIV. Características geométricas**

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA	RADIO MINIMO	PENDIENTE MAXIMA (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MINIMA (m)	RECOMEN-DADA (m)	MINIMA (m)	RECOMEN-DADA (m)
3,000 A	<b>TIPO "A"</b>		2x7.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1,500 A	<b>TIPO "B"</b>		7.20	13	13	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A	<b>TIPO "C"</b>		6.50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A	<b>TIPO "D"</b>		6.00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A	<b>TIPO "E"</b>		5.50	9.50	8.50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A	<b>TIPO "F"</b>		5.50	9.50	8.50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

**Notas:**

1. T.P.D. = Promedio de Tráfico Diario
2. La sección típica para carreteras Tipo "A", incluyen isla central de 1.50 mts. De ancho
3. La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": hormigón, concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial múltiple; para Tipo "B" y "C": concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para Tipo "D" tratamiento superficial doble; para tipo "E" tratamiento superficial doble y para Tipo "F" recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde el tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

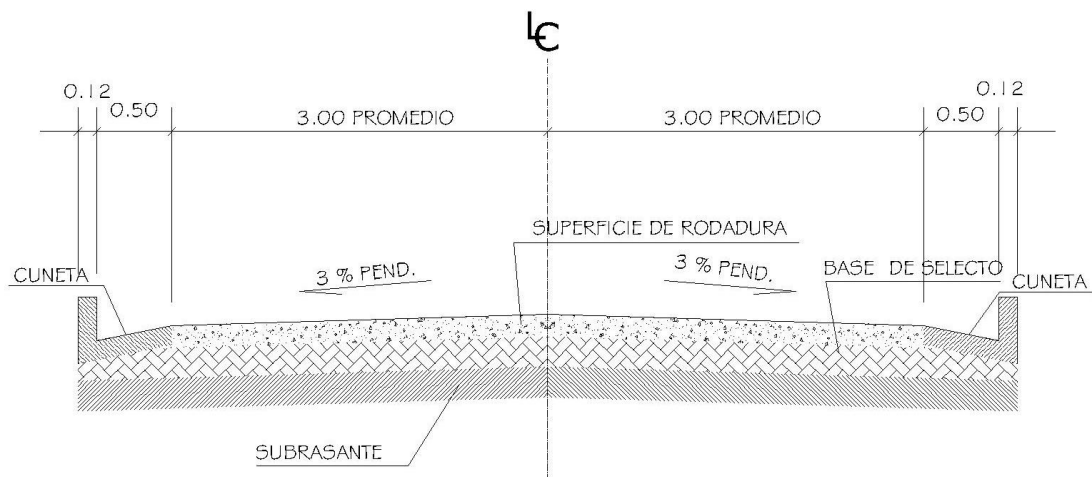
FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS

En función de lo anterior, para el tipo de carretera escogida, carretera tipo “F”, ya que el tránsito promedio actual no es mayor a los 100 vehículos, región montañosa, se tendrán las siguientes características geométricas: velocidad de diseño 20KPH; ancho de calzada 5.50m; ancho de terracería: corte 9.50m, relleno 8.50m; derecho de vía 15m; radio mínimo 18m; pendiente máxima 14%; distancia de visibilidad de parada: mínima 20m, recomendada 25m; distancia de visibilidad de paso: mínima 60m, recomendada = 100m.

### 3.1.2.1 Gabarito (sección)

El detalle de gabarito como se muestra en la figura 6, lo obtenemos en base al tipo de carretera seleccionada, el cual nos muestra la sección que tendrá en promedio la carretera.

**Figura 6. Detalle de gabarito con cuneta**



## 3.2 Estudios de topografía

### 3.2.1 Levantamiento topográfico

Consistió en obtener la información necesaria para diseñar la calle que se va a pavimentar, esto es la planimetría y altimetría, que son bases fundamentales para todo proyecto vial; su aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen la conformación real del lugar en donde se realizará el proyecto de pavimentación.

El estudio topográfico se realizó con el equipo siguiente:

- Un teodolito marca Wild T-1
- Un nivel de precisión marca Wild
- Una cinta métrica de 25 metros
- Una estadía
- Una plomada
- Estacas

### 3.2.2 Planimetría y altimetría

- **Planimetría.** El levantamiento planimétrico sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y localizar todos aquellos puntos de importancia. Entre los diferentes métodos que existen para realizar el levantamiento planimétrico se utilizó el más común, que es el de conservación de azimut con vuelta de campana para poligonal abierta, debido a la forma en que las aldeas están estructuradas. Se utilizó un teodolito con  $0^{\circ}00'20''$  de precisión, una plomada y cinta métrica de metal, estacas de madera, martillo.

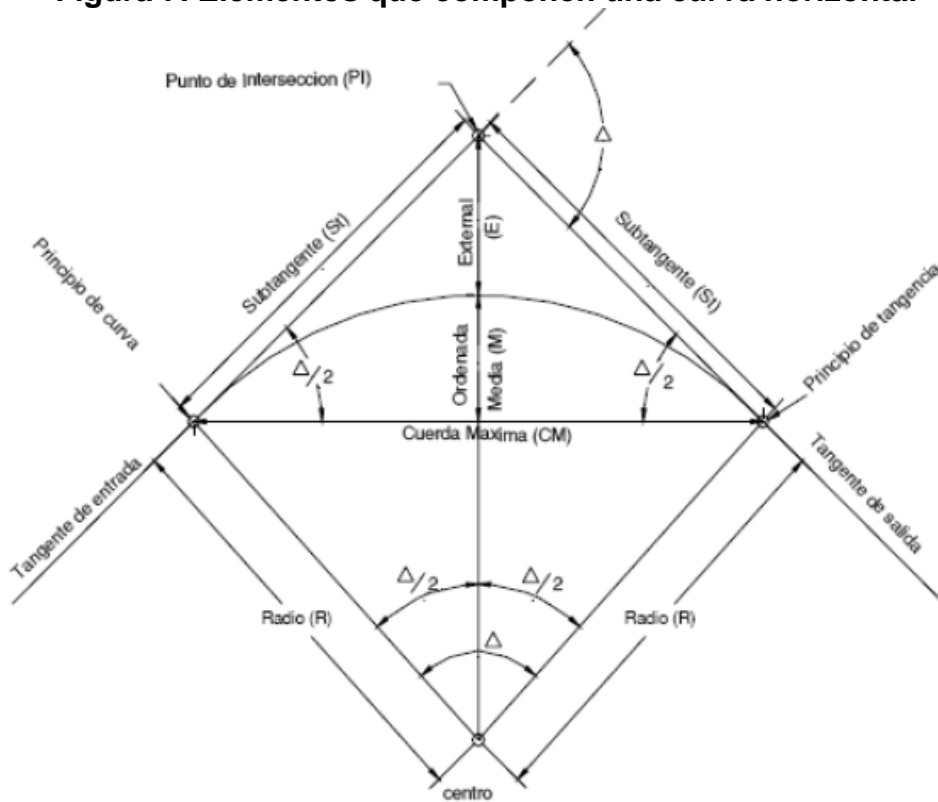
- **Altimetría.** Para el desarrollo del estudio fue necesario determinar las diferentes elevaciones y pendientes del terreno mediante un levantamiento topográfico del perfil del mismo. Con los datos obtenidos se calcularon y trazaron las curvas de nivel. Por tratarse de diseño de pavimento la precisión de los datos es muy importante, por lo que se realizó una nivelación simple, para lo cual se utilizó un nivelador, estadía de cuatro metros y cinta métrica de metal.

### **3.3 Diseño geométrico de la carretera**

#### **3.3.2 Cálculo de elementos de curva horizontal**

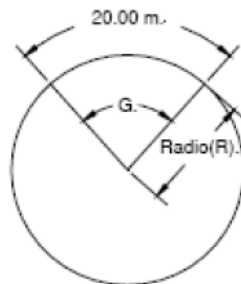
Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera, son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos (figura 7):

**Figura 7. Elementos que componen una curva horizontal**



Las fórmulas utilizadas para calcular los distintos componentes de una curva horizontal están definidas por el grado de una curva (G), que es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros. Ver figura 8.

**Figura 8. Grado de curvatura**



La relación entre el radio de la curva circular y el grado de curvatura es la siguiente:

$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R}$$

$$R = \frac{20 * 360}{2\pi G}$$

$$R = \frac{1145.9156}{G}, \text{ ó } G = \frac{1145.9156}{R}$$

A continuación se describe el cálculo de cada una de las componentes de las curvas circulares:

- **Longitud de curva (LC):** es la longitud del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el principio de tangencia (PT). Ver figura No. 7. Se calcula de la siguiente manera:

$$LC = \frac{(\Delta * 20)}{G}$$

- **Subtangente (St):** es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangencia (PT) es igual.

$$St = R * \text{tangente} \left( \frac{\Delta}{2} \right)$$

- **Cuerda máxima (Cm):** es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangencia (PT).

$$Cm = 2 * R * \text{sen} \left( \frac{\Delta}{2} \right)$$

- **External (E):** es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

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

- **Ordenada media (Om):** es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R \left( 1 - \cos(\Delta/2) \right)$$

Para el cálculo de los estacionamientos de la línea de localización, se utilizan los datos de subtangente y longitud de curva, para obtener el PC, se restan la sub tangente del punto de intersección, luego para obtener el principio de tangencia se suma la longitud de curva y así sucesivamente.

Además de los elementos descritos anteriormente, las curvas horizontales deben contar con los siguientes:

- **Peralte (e%):** es la sobre elevación que se le da a las curvas horizontales para contrarrestar una parte de la fuerza producida en el vehículo en movimiento alrededor de la curva. Este está en función de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.
- **Sobre ancho (SA):** ancho adicional proporcionado en las curvas, para mantener al vehículo en el centro del carril, debido a que al circular en ellas los vehículos ocupan mayor espacio que el ocupado en tangente.

**Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal:** para calcular los elementos de la curva horizontal hay que tomar en cuenta lo siguiente: Se escoge el grado de curvatura para la curva, esto se hace por medio del ángulo de deflexión ( $\Delta$ ) que se tiene, en este caso para la curva No. 1 del eje 2-A (ver planos adjuntos) se tiene un  $\Delta=40^{\circ}06'10''$ .

Para el tipo de carretera, tenemos un radio mínimo de 18 metros, para este caso vamos a usar un radio de 20 metros.



Para encontrar el valor de G, tenemos:

$$G = \frac{1145.9156}{20} = 57.29$$

Con los datos de G y R se calculan los elementos de la curva:

### Longitud de curva (Lc)

$$LC = \frac{(40^{\circ}06'10'' * 20)}{57.29} = 14.00 \text{ m}$$

### Sub-tangente (St)

$$St = 20 * \text{tangente} \left( \frac{40^{\circ}06'10''}{2} \right) = 7.30 \text{ m}$$

### Cuerda máxima (Cm)

$$Cm = 2 * 20 * \text{sen} \left( \frac{40^{\circ}06'10''}{2} \right) = 13.71 \text{ m}$$

### External (E)

$$E = 20 * \left[ \frac{\left( 1 - \cos \left( \frac{40^{\circ}06'10''}{2} \right) \right)}{\cos \left( \frac{40^{\circ}06'10''}{2} \right)} \right] = 1.29 \text{ m}$$

### Ordenada media (Om)

$$Om = 20 * \left( 1 - \cos \left( \frac{40^{\circ}06'10''}{2} \right) \right) = 1.21 \text{ m}$$

Los estacionamientos del PC y PT de la línea de localización se calculan de la siguiente manera:

$$PC = PI - St = 24.74\text{m} - 7.30\text{m} = 17.44 \text{ m}$$

$$PT = PC + Lc = 17.44\text{m} + 14.00\text{m} = 31.44 \text{ m}$$

Es importante mencionar que en muchas curvas no se cumplió con el radio mínimo (30m) y las tangentes mínimas, ya que existían viviendas a un lado o a ambos lados del camino ó intersecciones. Para estos lugares se utilizaron

radios más pequeños a 18m (radio mínimo según especificaciones para el tipo de carretera).

### 3.3.3. Determinación de curva vertical

Las curvas verticales sirven de enlace entre dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, con el fin de efectuar un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo del vehículo y características de drenaje adecuadas. Si la diferencia de pendientes es menor al 0.5%, no es necesario proyectar una curva vertical, pues el cambio de pendiente es muy pequeño y se pierde durante la construcción. El tipo de curva vertical utilizada por la Dirección General de Caminos de Guatemala, es la parabólica simple, debido a la facilidad del cálculo y adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Para diseñar las curvas verticales se deben considerarse sus longitudes mínimas permisibles, con el fin de evitar traslape entre las mismas y permitir mejor visibilidad al conductor. Para el cálculo se debe tomar en cuenta la visibilidad de parada, que es la longitud mínima de las curvas verticales, en ningún caso la longitud de la curva debe ser menor a este valor:

$$L = K * \Delta$$

Donde:

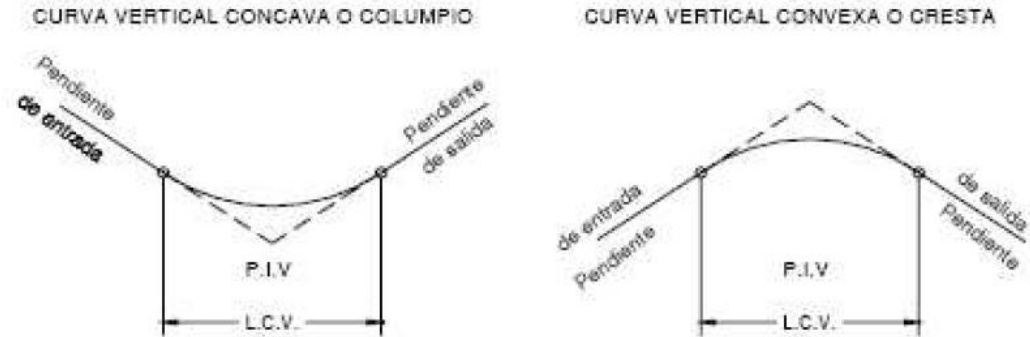
L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

$\Delta$  = diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje.

K = parámetro de la curva. Los valores de K se definen según el tipo de curva y la velocidad de diseño.

- Tipos de curvas existentes:

**Figura 9. Tipos de curvas verticales**



En la Tabla XV se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

**Tabla XV. Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
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

Fuente: Jorge Félix Valladares. *Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1*. Pág. 31

### 3.4 Determinación de la calidad del suelo

El suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, se comporta como una estructura más con características físicas propias (densidad, porosidad, ángulo de fricción interna, etc.) que le otorgan ciertas propiedades

resistentes ante diversas sollicitaciones (compresión, corte, etc.); por ésto, es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico; en este caso, una carretera.

### **3.4.1 Ensayos de laboratorio**

#### **3.4.1.1 Límites de Atterberg**

Las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos pueden ser estudiados aproximadamente por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterberg.

Un suelo arcilloso, con un alto contenido de agua, se comporta como un líquido. Al perder agua, va aumentando de resistencia hasta llegar a tener un estado plástico, fácilmente moldeable; al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido. Al continuar la pérdida de agua, pasa al estado sólido.

Los cambios de estado se producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente entre ellos se denominan:

- **Límite líquido:** Lo fija el contenido de agua (expresado en por ciento del peso seco), que debe tener un suelo moldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo.
- **Límite plástico:** Lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3.2 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente que puede ser una placa de vidrio.

- **Límite de contracción:** Es el contenido de agua que saturaría a un suelo contraído por secamiento de evaporación.

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico se llama índice de plasticidad y es una medida de la plasticidad del suelo. Se define el índice de contracción por la diferencia entre los límites plástico y de contracción.

En mecánica de suelos, y en particular en los estudios de materiales para la construcción del terraplén de una cortina, los límites de consistencia constituyen una gran ayuda para clasificar la fracción fina de un suelo, y el manejo de la explotación de préstamos, cuando estos forman materiales esencialmente arcillosos o limosos.

#### **3.4.1.2 Proctor**

Permite conocer las características de compactación del suelo que son humedad óptima y densidad máxima, con el fin de conseguir la mayor estabilidad mecánica posible en la construcción, para que las tensiones se transmitan uniforme y progresivamente y no se produzcan asentamientos excesivos o incluso el colapso del suelo que sirve como cimiento del pavimento. Estos ensayos se dividen en proctor estándar y proctor modificado, la diferencia entre estos dos ensayos es la energía de compactación utilizada en cada uno de ellos, el modificado es cinco veces mayor que el estándar. Para el proyecto se utilizará el ensayo de proctor modificado.

#### **3.4.1.3 C.B.R**

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia del suelo bajo condiciones de compactación y humedad controladas. El objetivo de este ensayo con una muestra saturada cumple los siguientes propósitos:

- Obtener información sobre el hinchamiento o expansión del suelo.
- Obtener la pérdida de resistencia debido a la saturación en el campo.
- Valores de compactación y capacidad soporte recomendados para bases y sub-bases.

Respecto a la conformación y compactación la capa de sub-base o base triturada debe conformarse ajustándose a los lineamientos y secciones típicas de pavimentación y compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100% de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180, se debe efectuar ambas operaciones dentro de las tolerancias establecidas.

### **Resistencia del suelo**

0 a 05	Sub-rasante muy mala
05 a 10	Sub-rasante mala
10 a 20	Sub-rasante regular a buena
20 a 30	Sub-rasante muy buena
30 a 50	Sub-base buena
50 a 80	Sub-base buena
80 a 100	Sub-base muy buena

#### **3.3.1.4 Granulometría**

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. A partir de la distribución de los granos en un suelo, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de mallas, por el método del hidrómetro o bien combinando ambos.

El análisis mecánico se concreta a segregar el suelo por medio de una serie de mallas, que definen el tamaño de la partícula.

El análisis por tamices se hace con la muestra íntegra, usando en una sola operación todos los tamices con una fracción de la muestra total, según las características del material fino de ella. Cuando los suelos finos consisten esencialmente en arcillas, el análisis de tamices se hace con material al cual se le quitan las partículas finas (arcillas o limos) por medio del lavado. Con los tamices se hace la separación de partículas desde 0.074 mm de diámetro (malla No. 200) hasta los granos mayores de 2" (5 cm).

Al preparar la muestra, se separa y se pesa la fracción mayor que la malla No. 4; el ensayo de esta fracción se hará como va descrito a continuación para el material que pasa por la malla No. 4, con la diferencia de que los tamices usados serán, 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½" y 3/8".

La cantidad de suelo requerido para el ensayo de la fracción que pasa por la malla No. 4 (granulometría fina), depende de la cantidad de suelos finos (arcillas o limos) que contenga.

Suelos arcillosos y limosos	200 a 500 gr.
Suelos arenosos	500 a 1000 gr.

## **3.5 Diseño del pavimento**

### **3.5.1 Pavimento rígido**

Es una losa de concreto hidráulico que descansa sobre el suelo de fundación o sub rasante, su objetivo principal es transmitir las cargas que genera el tránsito sobre ella, de una manera proporcional sobre el suelo; también protege al suelo de los efectos del clima y cargas. El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande, en este tipo de pavimento la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

Naturalmente, un camino ha de ser capaz de soportar las cargas que el tráfico vehicular ocasiona, sin que se produzcan desplazamientos en la superficie, base o sub-base. Corrientemente se llama a esto estabilidad, otras veces resistencia mecánica, refiriéndose no sólo a la resistencia al peso directo de la rueda de tantos kilogramos por centímetro cuadrado, sino también a la capacidad de impedir la presencia de roturas internas y movimiento de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tráfico.

#### **3.5.1.1 Componentes del pavimento**

Los pavimentos están constituidos por diferentes componentes, los que a continuación se mencionan.



### **3.5.1.1.1 Terreno de fundación**

Es aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes indicadas en los planos de diseño.

De la capacidad soporte depende en gran parte el espesor de la estructura del pavimento, por ejemplo: si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone siempre que sea posible y sustituirse por un suelo de mejor calidad. Si el terreno de fundación es malo, habría que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base. Si el terreno de fundación es regular, podría prescindirse de la sub-base. Si es excelente, podría prescindirse de la sub-base y base.

### **3.5.1.1.2 Sub-rasante**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

Es el conjunto de cortes y terraplenes de una terracería ya preparada, libre de material orgánico, fango y rocas que sobresalen de la superficie del terreno, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal, que no le afecte la carga de diseño y que corresponda al tránsito previsto. Deberá estar conformada, de preferencia por suelos granulares con menos de 3% de hinchamiento, de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR). En este caso, el CBR de la muestra de suelo tomada del camino existente, se encuentra entre 57 y 114, por lo que se puede utilizar como una base.

### **3.5.1.1.3 Sub-base**

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

Las principales funciones de la sub base son:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas.

Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

#### **3.5.1.1.3.1 Requisitos de la sub-base**

La capa de la sub-base debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T- 180, o bien un valor AAHTO T-90, mayor de 50.

El tamaño máximo de las piedras que contengan material de sub-base, no debe exceder de 7 centímetros, el material de sub-base no debe tener más de 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.075 mm.).

La plasticidad porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm.), no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T-90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T-89 mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo AASHTO T-146.

Cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

Equivalente de arena. No debe ser menor de 25, determinado por el método de la AASHTO T-176.

Impurezas. El material de la sub-base debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de la sub-base puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

#### **3.5.1.1.4 Base**

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o sub rasante, cuyo espesor debe ser no mayor de 35 cm ni menor de 10 cm.

Dentro de sus principales características están las siguientes:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.

- Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.
- Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

#### **3.5.1.1.4.1 Requisitos para los materiales de base de grava o piedra triturada**

El material de base debe consistir en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno, llenando además los requisitos siguientes:

Valor soporte: el material debe tener un C.B.R AASHTO T-193, mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de comparación AASHTO T-180.

Abrasión: la porción retenida en el tamiz No. 4 (4.75mm) no debe tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T-96.

Caras fracturadas y partículas planas o alargadas. No menos del 50 % en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 (4.75 mm) deben tener una cara fracturada ni más del 20 % en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

Impurezas: estar libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla.

#### **3.5.1.1.4.2 Requisitos para los materiales de base granular**

Base granular es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Para constituir una base integrante de un pavimento debe cumplir con los siguientes requisitos:

Debe de tener un C.B.R. determinado por el método de AASHTO T-193, mínimo de 70 %, efectuado sobre muestra saturada, a 95 % de compactación AASHTO T-180, con un hinchamiento máximo de 0.5 % según el ensayo de AASHTO T-193.

La porción de agregado retenida en el tamiz No. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión, determinado por el método AASHTO T- 96, mayor de 50, a 500 revoluciones.

No debe tener más del 25% de partículas planas o alargadas en peso del material retenido en el tamiz No. 4, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

El material de base granular debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura o terrones de arcillas.

El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación determinados por los métodos de AASHTO T-27 y AASHTO T-11.

La fracción de material que pasa el tamiz No. 4, incluyendo el material de relleno, no debe tener en la porción que pasa el tamiz No. 40, un índice de plasticidad mayor de 6, determinado por el método AASHTO T-90, ni un límite

líquido mayor de 25, según AASHTO T-89, determinadas ambas muestras preparadas en humedad, según AASHTO T-146, el equivalente de arena no debe ser menor de 30, según AASHTO T-176.

Cuando se necesite agregar material de relleno al que se encuentra naturalmente en el material, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, polvo de roca, limo inorgánico y otro material con alto porcentaje de partículas que pasa el tamiz No. 10.

#### **3.5.1.1.5 Bombeo**

El bombeo transversal es la pendiente necesaria para evacuar el agua hacia las orillas de la carretera y llevarla hacia tragantes, la pendiente de bombeo utilizado en este caso será del 3% hacia los lados.

#### **3.5.2 Pavimento de concreto de Cemento Pórtland**

Es un pavimento rígido constituido de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado.

Los pavimentos de concreto varían en espesor, desde los relativamente delgados de 5 ó 6 pulgadas (13 ó 15 cm) para tráfico de carga ligera, para estacionamientos y algunas calles residenciales; hasta losas más gruesas para calles y carreteras principales, losas para pavimentos interestatales diseñadas para llevar tráfico vehicular de carga pesada, de gran intensidad y velocidad.

Las especificaciones para materiales del concreto son las siguientes:

- **Cemento Pórtland:** debe cumplir con las normas AASHTO M 85, ASTM C 150 ó COGUANOR NG 41005 para los cementos Portland ordinarios y

a las normas AASHTO M 240, ASTM C 595 ó COGUANOR NG 41001 y ASTM C 1157, para cementos hidráulicos mezclados e indicarse su clase de resistencia en MPa (mega pascales MN/m<sup>2</sup>) o en lb/pulg<sup>2</sup>.

- **Agregados:** deberán ser separados de acuerdo a su granulometría y además, si es necesario, lavados para quedar exentos de substancias nocivas como limos o arcillas.

Deberán tener una estructura sólida y su densidad aparente deberá ser de entre 2.6 y 2.8 Kg/m<sup>3</sup>.

**Agregado fino:** El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1, ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones de concreto.

El módulo de finura de un agregado se determina de la suma de los porcentajes por peso acumulado retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, dividida entre 100. 3", 1.5", ¾", 3/8", No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, Núm. 50, No. 100.

**Agregado grueso:** El porcentaje de partículas planas o alargadas (longitud mayor de 5 veces el espesor promedio), no debe sobrepasar de 15 % en peso.

El porcentaje de partículas finas no debe exceder de 5 % en peso, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en peso.

**Calidad del concreto:** para pavimentos de carreteras y vías urbanas principales con un tránsito promedio diario anual mayor de 5,000 y con un tránsito pesado promedio diario arriba del 20%, debe usarse un concreto de

clase 28 (4,000) o mayor, con una resistencia a la flexión AASHTO T97 (ASTM C78) promedio mínima de 4.5 MPa (650 psi) o mayor. El concreto a utilizar en la obra, debe ser verificado por medio de mezclas de prueba en la obra o en laboratorio por lo menos 30 días antes de su empleo en la obra.

Además se debe tener información sobre los materiales a usar, sus proporciones en masa, registros de ensayos de resistencia del concreto a 7 y 28 días y muestras de los materiales. Una mezcla podrá ser aprobada estando pendiente de resultados de ensayos de resistencia a 28 días sobre la base de los resultados de resistencia a 7 días, siempre que éstos sean iguales o excedan el 85% de la resistencia requerida a 28 días, sin usar acelerantes ni cementos de alta resistencia. El diseño de la mezcla dependerá de las exigencias especiales para el concreto y entre otros también la resistencia inicial. Las clases de concreto se indican en Tabla XVI y se deben emplear de acuerdo a lo indicado en los planos y disposiciones especiales.

**Tabla XVI. Clases de concreto**

<b>CLASE DE CONCRETO</b>		<b>RESISTENCIA A 28 DIAS</b>	
MPa	lb/plg <sup>2</sup>	MPa	lb/plg <sup>2</sup>
42	(6000)	42	(6000)
38.5	(5500)	38.5	(5500)
35	(5000)	35	(5000)
31.5	(4500)	31.5	(4500)
28	(4000)	28	(4000)
24.5	(3500)	24.5	(3500)
21	(3000)	21	(3000)
17.5	(2500)	17.5	(2500)
14	(2000)	14	(2000)

Fuente: Dirección General de Caminos. **Especificaciones Generales para Carreteras y Puentes**. Pág. 551-1.



El método para diseñar adecuadamente la mezcla es el proporcionamiento por volumen absoluto de los componentes del concreto del ACI. El concreto debe ser como mínimo clase 24.5 (3,500) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 24.5 MPa = 3,500 psi y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 3.8 MPa = 550 psi, determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días.

**Conformación y curado del pavimento:** El pavimento rígido está constituido por cemento, agregado fino, agregado grueso, aire y agua, también puede estar constituido por aditivos.

La mezcla en estado plástico se coloca en la base humedecida y luego se hace vibrar para no dejar espacios libres (ratoneras) dentro del concreto que puedan producir fallas no deseadas.

Se coloca un arrastre, ya sea manual o mecánico, para dejar lista la rasante anteriormente diseñada, luego de aplicar el arrastre se raya el concreto de forma normal a la línea del eje central de la calle, para luego aplicar un curador de concreto, cuya función es mantener el pavimento fresco para que no libere vapor y no pierda resistencia dentro de las primeras 24 horas críticas del pavimento.

Dejar descansar el pavimento por 28 días en los cuales llegará a la resistencia requerida por el concreto y dar paso libre a vehículos.

**Curador del concreto:** Compuesto concentrado color rojo o blanco, en forma líquida y se aplica sobre la superficie del concreto recién colocado. Producto elaborado bajo la norma ASTM C-309.

El modo de empleo es directo a la superficie acabada por medio de un aspersor con el objeto de cubrir toda la superficie con una película uniforme y economizar material. Rendimiento, un litro de curado cubre aproximadamente de 4 a 6 metros cuadrados en una mano.

### **3.5.3 Método y procedimiento de diseño simplificado para pavimentos rígidos**

La PCA (Asociación del Cemento Pórtland) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar la carga de tránsito de calles y carreteras.

#### **3.5.3.1 Método de capacidad**

Procedimiento de diseño con posibilidad de obtener datos de carga. Éste asume datos detallados de carga-eje que tienen que ser obtenidos de estaciones representativas. Este método no se describirá en el presente trabajo de graduación.

#### **3.5.3.2 Método simplificado**

Procedimiento sencillo que determina el espesor de losa necesario, según tablas de distribución, compuestas de carga de eje, que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

El método simplificado, como se mencionó, utiliza los datos de la tabla para las cuatro categorías de tránsito (véase tabla XVII). Éstas están diseñadas para un período de diseño de 20 años.

Han sido elaboradas contemplando el factor de seguridad de carga, este factor incrementa el valor de carga estática por eje, ya que los esfuerzos producidos por movimiento son más que los ocasionados cuando el mismo eje está detenido, para que el esfuerzo producido por un eje estático alcance su máximo valor.

Los factores de seguridad por los cuales deben multiplicarse las cargas nominales de ejes son 1.0, 1.1, 1.2, y 1.3, respectivamente, para las cuatro categorías de eje de carga 1, 2, 3, y 4.

El valor aproximado de  $k_s$  (modulo de reacción), cuando se usan bases granulares y bases de suelo cemento, respectivamente, se muestra en la tabla XVIII.

**Tabla XVII. Categorías de carga por eje**

Carga por eje	Descripción	Tráfico			Carga máxima	
		Área de tránsito	ADDT		por eje	KIPS
categoría			Porcentaje	Por día	Eje sencillo	Eje tándem
1	Calles residenciales carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1--3	Arriba de 2.5	22	36
2	Calles colectoras calles rurales y secundarias (altas) carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5,000	5--18	de 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Super carreteras interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3,000-12,000 2 carriles 3,000-50,000 4 carriles o más	8--30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas), interestatales urbana y rural (medio a alto)	3,000-20,000 2 carriles	8--30	De 1,500 a 8,000	34	60

Fuente: María Soledad Ronquillo Marroquín. **Rehabilitación, mejoramiento y diseño de pavimento del tramo carretero de Guajaqueño, municipio San Antonio Huista a Tres Caminos, municipio Unión Cantinil, Huehuetenango.** Pag. 100.



### 3.5.3.2.1 Tránsito

En el diseño al utilizar este método se hace necesario conocer el TPDC, el cual puede ser expresado como un porcentaje de TPD. El tránsito futuro tiene considerable influencia en el diseño, por lo que la razón de crecimiento es afectada por factores como el tránsito desarrollado.

Todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6 %, que corresponden a factores de proyección de tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8 (véase tabla XX).

El uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no es aplicable, ya que las calles llevan poco tránsito, generalmente el originado en las mismas es ocasionado por vehículos de reparto, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo del 2% por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3). Las tablas están diseñadas para un periodo de 20 años, para otros periodos de diseño, las estimaciones de tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado para obtener un valor ajustado para usar las tablas. Por ejemplo, si se decide utilizar un período de diseño de 40 años en lugar de 20 años, la estimación del valor del TPDC permisible es multiplicada por 40/20.

**Tabla XX. Porcentaje anual del crecimiento del tráfico y factores de proyección correspondientes**

<b>Porcentaje anual de crecimiento del tráfico</b>	<b>Factor de proyección de 20 años</b>	<b>Factor de proyección de 40 años</b>
1	1.1	4.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Adán Enrique Arévalo Aquino. **Diseño del drenaje sanitario sector La Laguneta, aldea Don Justo y pavimentación calle principal La Salvadora 1, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Pág. 71.**

### **3.5.3.2.2 Análisis estructural**

El suelo de las calles de la colonia Santo Domingo se clasifica como una arena limosa con presencia de grava color café. Por su C.B.R. alto es considerado un suelo apropiado para sub rasante, por su alto grado de C.B.R.

El resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se detalla a continuación:

Descripción: arena limosa con presencia de grava color café  
 Límite líquido: 0.00%  
 Límite plástico: 0.00%  
 Índice plástico: 0.00%  
 Humedad óptima: 11.8%

C.B.R.:	57.1% al 114.8%
% de grava:	15.80
% de arena:	62.49
% de finos:	21.71

### 3.5.3.2.3 Etapas del método simplificado

El diseño final de pavimento rígido según el método simplificado de la P.C.A. se resume en los siguientes pasos:

- a) **Determinar la categoría de la carretera:** para determinar la categoría de la carretera es necesario obtener información del tránsito promedio ya que en la tabla XVII se muestran las diferentes categorías de carreteras según el tráfico.

El TPDC incluye solamente camiones de seis llantas o más, unidades simples o combinadas de tres ejes o más. No se incluyen paneles, *pick ups* o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas.

La carretera es Categoría 1 ya que se trata de una carretera rural.

- b) **Determinar el tipo de junta para el pavimento:** el espacio entre juntas longitudinales no debe exceder de 12.5 pies (3.81 m). Las juntas transversales deben ir a un espacio de intervalo regular de 15 pies (4.6 m) o menos, a excepción de aquellos casos en que la experiencia local indique un espaciamiento más largo. Todas las juntas de contracción deben ser continuadas hasta la orilla y deben tener una profundidad igual a  $\frac{1}{4}$  del espesor del pavimento. Las juntas de expansión deben llenarse hasta la profundidad requerida. Para carreteras de categoría 1 se puede utilizar juntas de trabe por agregado. En este proyecto se utilizarán juntas



transversales a cada 3m y la junta longitudinal se encuentra a un espacio de 2.50m, según la sección típica de la carretera tipo “F” de la Dirección General de caminos.

- c) **Determinar si la carretera lleva hombros o bordillo:** la carretera utilizará bordillo y cunetas, según el detalle del gabarito.
- d) **Determinar el módulo de ruptura del concreto:** debido al paso de vehículos sobre las losas de concreto, se producen esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa.
- En cambio los esfuerzos de flexión son mucho mayores y por eso son usados para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual está definido como el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto. La resistencia a tensión del concreto es relativamente baja, está entre el 10 y el 20% de su resistencia a la compresión. El concreto utilizado será de clase 24.5 (3,500) con una resistencia a compresión promedio mínima de 24.5 MPa = 3,500 psi y un módulo de ruptura de 550 psi. Se utilizan estos valores de resistencia a la compresión y a la flexión pues la carretera tiene un tránsito promedio diario menor a 5,000 vehículos, por lo que no es necesario utilizar una resistencia mayor para él.
- e) **Determinar el módulo de reacción (k) de la sub-rasante:** el valor aproximado de K (módulo de reacción del suelo), cuando se usan bases granulares y bases de suelo cemento es otro factor importante en el diseño de espesores del pavimento, se determina por medio del tipo de suelo y del índice de CBR, ver Tabla XVIII.

Utilizando un CBR = 90, según los resultados de análisis de suelos, para una compactación aproximada al 99%, se obtiene un módulo de reacción de la sub-rasante  $k = 550 \text{ lb/plg}^3$

- f) **Determinar si se utilizará base:** también son necesarios los esfuerzos combinados de la sub-rasante y base ya que mejoran la estructura de un pavimento. En la Tabla XIX se muestra el aumento en el módulo de reacción de la sub-rasante al incluir una base granular.

Se utilizará una base granular no tratada de 10 cm, ya que el valor soporte de la sub-rasante es bastante alto.

- g) **Determinar el espesor de la losa de concreto:** tomando en cuenta todos los factores anteriores: tránsito, sección típica de la carretera, módulo de reacción del suelo y módulo de ruptura del concreto, se determina el espesor de la losa según la Tabla XXI.

El espesor de la losa de concreto será de  $5.5'' = 13.97\text{cm}$ . Por seguridad se especifica un espesor de losa de 15 cm.

**Tabla XXI. TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimento con juntas de trabe por agregado (no necesita dovelas)**

Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa (plg)	Soporte sub-rasante sub-base			Espesor de losa (plg)	Soporte sub-rasante sub-base			
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto	
<b>Módulo de rotura de 650 PSI</b>	4.5			0.1	4.0		0.2	0.9
	5.0	0.1	0.8	3.0	4.5	2.0	8.0	25.0
	5.5	3.0	15.0	45.0	5.0	30.0	130.0	330.0
	6.0	40.0	160.0	430.0	5.5	320.0		
	6.5	330.0						
<b>Módulo de rotura de 600 PSI</b>	5.0		0.1	0.4	4.0			0.1
	5.5	0.5	3.0	9.0	4.5	0.2	1.0	5.0
	6.0	8.0	36.0	98.0	5.0	6.0	27.0	75.0
	6.5	76.0	300.0	760.0	5.5	73.0	290.0	730.0
	7.0	520.0			6.0	610.0		
<b>Módulo de rotura de 550 PSI</b>	5.5	0.1	0.3	1.0	4.5		0.2	0.6
	6.0	1.0	6.0	18.0	5.0	0.8	4.0	13.0
	6.5	13.0	60.0	160.0	5.5	13.0	57.0	150.0
	7.0	110.0	400.0		6.0	130.0	480.0	
	7.5	620.0						

(1) *Momento resistente*

(2) *Medida de fuerza (libras fuerza/ pulgada cuadrada)*

Fuente: Adán Enrique Arévalo Aquino. **Diseño del drenaje sanitario sector La Laguneta, aldea Don Justo y pavimentación calle principal La Salvadora 1, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Pág. 72.**

Entonces el diseño final del pavimento rígido es:

Espesor de base = 10 cm.

Espesor de carpeta de rodadura = 15 cm.

## 3.6 Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en el pavimento, ya que al filtrarse dañará el material existente en la sub-rasante provocándole daños. Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma de que no afecten a la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes, estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben de tener mantenimiento constante.

### 3.6.1 Drenaje longitudinal

- **Cunetas:** son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía. Las cunetas pueden tener diferentes formas y dimensiones. Ver detalle de sección de cuneta en planos de detalles.
- **Bombeo de la superficie:** El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas que no corra longitudinalmente sobre la superficie. Es la pendiente que se le da al camino, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de sub-base y sub-rasante, provocando saturación del terreno y ablandándolo; lo cual generará daños al pavimento. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde 1/2 % a 3%, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3%.

### 3.6.2 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 se estanque.
- Para conducir el agua pluvial de un lado a otro de la carretera reunida por las cunetas.

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

Para el estudio hidrológico se deben considerar otros aspectos tales como la pendiente y las condiciones del lecho de la corriente, el esviaje, los puntos de erosión y los posibles puntos de canalización.

En la entrada de un drenaje transversal para conducir el agua de corrientes superficiales fuera de la carretera, debe construirse una caja que ayude a encauzar todo el caudal de la corriente hacia la tubería y un cabezal que proporcione seguridad contra la erosión a causa de la corriente en la saluda de esta.

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.

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). Las fórmulas a utilizar son las siguientes:

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

Donde:

Q = caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s

A = área drenada de la cuenca en hectáreas.

I = intensidad de lluvia en mm/hora.

C coeficiente de escorrentía

### **Curvas de duración-intensidad-frecuencia**

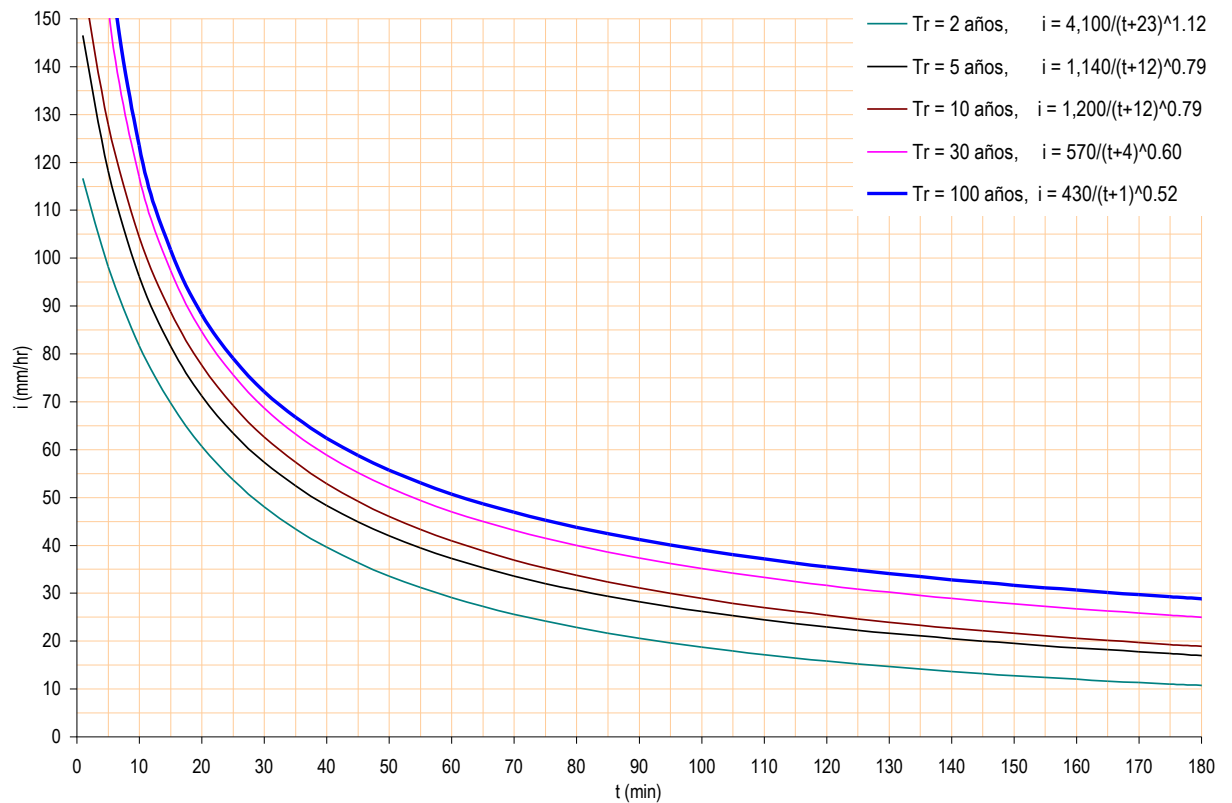
Para conocer la intensidad de la lluvia, el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) ha publicado la familia de curvas de duración-intensidad-frecuencia (DIF) para la estación INSIVUMEH, que es la estación meteorológica más cercana al área de estudio y con mayor registro, sin vacíos y registros confiables; ésta estación cuenta con una serie de registros desde 1,928 hasta la fecha (80 años). Además esta estación cuenta con información de lluvia continua (pluviógrafo), lo que permite obtener intensidades de lluvia. Las curvas DIF se basan en registros de lluvia intensa entre 1984 al 2,001. Estas curvas se actualizan con información de lluvias intensas hasta el 2009.

**Tabla XXII. Valores de los coeficientes de ajuste de las ecuaciones de las curvas DIF en estación INSIVUMEH, para diferentes períodos de retorno (Tr).**

Tr (años)	2	5	10	30	50	100
<b>A</b>	4,100	1,140	1,200	570	470	430
<b>B</b>	23	12	12	4	2	1
<b>n</b>	1.12	0.79	0.79	0.60	0.55	0.52

Fuente: Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)

**Figura 10. Curvas de duración-intensidad-frecuencia de lluvias en la estación INSIVUMEH, basadas en registro de tormentas de 1,984 a 2,009.**



## Coeficiente de escorrentía

La selección del coeficiente de escorrentía es, en cierta medida subjetiva, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, prevalece el criterio del diseñador. Las normas de diseño de drenajes de EMPAGUA recomiendan los valores indicados en la tabla XXIII.

**Tabla XXIII. Coeficiente de escorrentía recomendados por EMPAGUA.**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Techos	0.75 - 1.0
Suelos con césped con pendientes de 1%-2%	0.15 - 0.40
Pavimentos de asfalto en buen estado	0.85 - 0.90
Pavimentos de concreto en buen estado	0.70 - 0.90
Bosques y tierras cultivadas	0.01 - 0.20

Fuente: Norma 201-C del Reglamento de Drenajes de EMPAGUA

Ejemplo del diseño de una alcantarilla transversal:

Datos:

Estación: 0 + 310 (Eje No. 1)

Área: 2 Ha.

C: 0.70 (coeficiente de escorrentía para pavimentos de concreto en buen estado)

Calculamos la intensidad de lluvia para un período de retorno de 10 años con la fórmula siguiente:



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

Donde:

$i_{Tr}$  = la intensidad de lluvia asociada a un período de retorno  $Tr$ .

A, B y n = coeficientes de ajuste

En la tabla XXIII se presentan los valores de los coeficientes de ajuste y en la Figura 10 se muestran las DIF gráficamente.

Como se va utilizar un período de concentración de 12 minutos, sustituimos y determinamos la intensidad de lluvia:

$$I = \frac{1200}{(12+12)^{0.79}} = 97.46 \text{ mm/hr}$$

Determinamos el caudal:

$$Q = \frac{0.70 * 97.46 * 2}{360} = 0.33 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Condiciones de diseño:

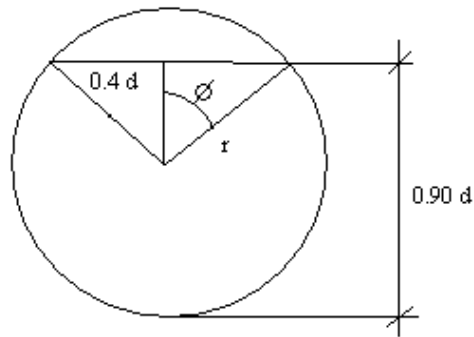
S = pendiente = 3.5%

Sección llena al 90%

d = diámetro: ?

Coficiente de rugosidad para tuberías de P.V.C.: n = 0.009

**Figura No. 11. Diagrama y datos de diseño drenaje transversal**



$$\cos \phi = \frac{0.4 * d}{0.5 * d}$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{0.4}{0.5}\right) = 36.86989765 * \left(\frac{\pi}{180}\right) = 0.6435 \text{ _ rad.}$$

Área del círculo:  $A_c = \pi * r^2 = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.25 * \pi * d^2$

Área del sector circular:  $A_{sc} = 0.6435 * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 0.161 * d^2$

Área del triángulo:  $A_{\Delta} = 2 * \left(\frac{0.4d * 0.3d}{2}\right) = 0.12d^2$

Área resultante:

$$A_r = A_c - A_{sc} + A_{\Delta}$$

$$A_r = 0.25 * \pi * d^2 - 0.161 * d^2 + 0.12d^2$$

$$A_r = 0.7444 * d^2$$

Perímetro mojado:

$$P_m = \pi * d - 0.6435 * \left(\frac{d}{2}\right) = 2.82 * d$$

Radio hidráulico:

$$R_H = \frac{A_r}{P_m} = \frac{0.7444 * d^2}{2.82 * d} = 0.264 * d$$

Aplicando la formula de Manning:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) * (R_H)^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Si:  $n = 0.009$ ,  $S = 3.5\%$ ,  $Q = 0.33 \text{ m}^3/\text{s}$

$$0.33 = \left(\frac{1}{0.009}\right) * (0.264 * d)^{2/3} * 0.035^{1/2} * 0.7444 * d^2$$

$$d = 0.33m \approx 13''$$

De acuerdo a los cálculos se determina que con tubería de 15" de diámetro es suficiente para drenar el agua, sin embargo para evitar taponamientos debido a restos de basuras, árboles y tierra que afecten el buen

drene, además el diámetro mínimo recomendable a utilizar para tuberías de PVC, se utilizará tuberías con diámetro de 18”.

El procedimiento de cálculo anteriormente descrito se repite en las demás estaciones donde se encuentren ubicados drenajes transversales según planos de diseño.

### **3.7 Presupuesto**

La cuantificación de materiales y mano de obra para los trabajos de pavimentación de la colonia Santo Domingo se realizó de acuerdo con los valores que se manejan en el municipio de Santa Catarina Pinula:

El presupuesto de la pavimentación en la colonia Santo Domingo se realizó siguiendo los siguientes renglones.

- El corte del terreno se calculó en metros cúbicos.
- El concreto de fundición se calculó por metro cúbico.
- Los materiales serán locales.

**Tabla XXIV. Presupuesto de materiales pavimentación colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN, COLONIA SANTO DOMINGO					
ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA					
LISTADO DE MATERIALES					
FECHA: OCTUBRE 2009					
No.	RENGLÓN/DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO (Q)
<b>5.00</b>	<b>CARPETA DE RODADURA 0.15 M, CONCRETO</b>	<b>9,665.00</b>	<b>M2</b>		<b>1,356,524.00</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	CEMENTO	16,107.00	sacos	57.00	918,099.00
	ARENA DE RÍO	686.00	m³	90.00	61,740.00
	PIEDRÍN	1,133.00	m³	195.00	220,935.00
	SELECTO	1,740.00	m³	70.00	121,800.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>1,322,574.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	CURADOR	97.00	LATA	350.00	33,950.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>1,356,524.00</b>
<b>6.00</b>	<b>CUNETA DE CONCRETO DE 0.55 M. DE ANCHO</b>	<b>3,215.00</b>	<b>ML</b>		<b>56,031.00</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	CEMENTO	258.00	sacos	57.00	14,706.00
	ARENA DE RÍO	145.00	m³	90.00	13,050.00
	PIEDRÍN	145.00	m³	195.00	28,275.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>56,031.00</b>
<b>7.00</b>	<b>TRANSVERSAL TIPO I</b>	<b>81.00</b>	<b>ml</b>		<b>42,500.60</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	CEMENTO	50.00	m³	57.00	2,850.00
	ARENA DE RÍO	2.00	m³	90.00	180.00
	PIEDRÍN	1.00	m³	195.00	195.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>3,225.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	TUBO PVC Ø 18"	14.00	tubo	2,805.40	39,275.60
	BLOCK 0.20 *0.10*0.40	609.00	unidad	2.00	1,218.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>39,275.60</b>
<b>8.00</b>	<b>BORDILLO DE 0.12 M. DE ANCHO</b>	<b>120.00</b>	<b>ML</b>		<b>11,897.00</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	CEMENTO	47.00	sacos	57.00	2,679.00
	ARENA DE RÍO	2.70	m³	90.00	243.00
	PIEDRÍN	2.70	m³	195.00	526.50
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>3,448.50</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	FORMALETA	1.00	global	5,000.00	5,000.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>8,448.50</b>
<b>9.00</b>	<b>TRANSVERSAL TIPO II</b>	<b>72.00</b>	<b>ML</b>		<b>65,806.20</b>
	<b>MATERIALES LOCALES</b>				
	CEMENTO	170.00	sacos	57.00	9,690.00
	ARENA DE RÍO	10.00	m³	90.00	900.00
	PIEDRÍN	10.00	m³	195.00	1,950.00
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>10,590.00</b>
	<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
	TUBO PVC Ø 24"	12.00	tubo	4,601.35	55,216.20
	<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>55,216.20</b>

**Tabla XXV. Presupuesto de Mano de obra y materiales pavimentación colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN, COLONIA SANTO DOMINGO ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA PRESUPUESTO											
No.	RENLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL
					NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	
1.00	TRAZO Y ESTQUEADO	1,611.00	ML	10.00		16,110.00	16,110.00				16,110.00
2.00	CORTE TERRENO NATURAL	3,382.75	m³	45.00		152,223.75	152,223.75				152,223.75
3.00	REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE	9,965.00	m²	15.00		149,475.00	149,475.00				149,475.00
4.00	BASE DE SELECTO 0.10 M DE ESPESOR	9,665.00	m²								
	COLOCACION BASE DE SELECTO COMPACTADA	9,665.00	m²	20.00		193,300.00	193,300.00				193,300.00
	MATERIALES		GLOBAL					121,800.00		121,800.00	121,800.00
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>						<b>193,300.00</b>			<b>121,800.00</b>	<b>315,100.00</b>
5.00	CARPETA DE RODADURA O.15M, CONCRETO	9,665.00	m²								
	FUNDICION CARPETA DE RODADURA	9,665.00	m²	25.00		241,625.00	241,625.00				241,625.00
	MATERIALES		GLOBAL					1,200,774.00	33,950.00	1,234,724.00	1,234,724.00
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>241,625.00</b>	<b>241,625.00</b>	<b>1,200,774.00</b>	<b>33,950.00</b>	<b>1,234,724.00</b>	<b>1,476,349.00</b>
6.00	CUNETA DE CONCRETO DE 0.55 M. DE ANCHO	3,215.00	ML								
	PREPARACION BASE DE CUNETA	3,215.00	ML	2.00	6,430.00		6,430.00				6,430.00
	FUNDICION DE CUNETA	3,215.00	ML	35.00		112,525.00	112,525.00				112,525.00
	MATERIALES		GLOBAL					56,031.00		56,031.00	112,062.00
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>6,430.00</b>	<b>112,525.00</b>	<b>118,955.00</b>	<b>56,031.00</b>		<b>56,031.00</b>	<b>174,986.00</b>
7.00	TRANSVERSAL TIPO I	81.00	ML								
	EXCAVACION	75.60	m³	25.00	1,890.00		1,890.00				1,890.00
	RELLENO COMPACTADO	33.08	m³	20.00	661.60		661.60				661.60
	INSTALACION TUBERIA PVC Ø 18"	81.00	ML	20.00		1,620.00	1,620.00				1,620.00
	CAJA + TAPADERA	18.00	U	100.00		1,800.00	1,800.00				1,800.00
	MATERIALES		GLOBAL					3,225.00	39,275.60	42,500.60	42,500.60
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>2,551.60</b>	<b>3,420.00</b>	<b>5,971.60</b>	<b>3,225.00</b>	<b>39,275.60</b>	<b>42,500.60</b>	<b>48,472.20</b>
8.00	BORDILLO DE 0.12 M. DE ANCHO	120.00	ML								
	FUNDICION BORDILLO	120.00	ML	25.00		3,000.00	3,000.00				3,000.00
	MATERIALES		GLOBAL					3,448.50	5,000.00	8,448.50	8,448.50
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>3,000.00</b>	<b>3,000.00</b>	<b>3,448.50</b>	<b>5,000.00</b>	<b>8,448.50</b>	<b>11,448.50</b>
9.00	TRANSVERSAL TIPO II	72.00	ML								
	EXCAVACION	67.20	m³	25.00	1,680.00		1,680.00				1,680.00
	RELLENO COMPACTADO	29.50	m³	20.00	590.00		590.00				590.00
	INSTALACION TUBERIA PVC Ø 24"	72.00	ML	25.00		1,800.00	1,800.00				1,800.00
	CONSTRUCCION CABEZALES	88.95	m²	65.00		5,781.75	5,781.75				5,781.75
	MATERIALES		GLOBAL					10,590.00	55,216.20	65,806.20	65,806.20
	<b>TOTAL RENGLÓN</b>				<b>2,270.00</b>	<b>7,581.75</b>	<b>9,851.75</b>	<b>10,590.00</b>	<b>55,216.20</b>	<b>65,806.20</b>	<b>75,657.95</b>
	<b>TOTAL RENGLONES</b>					<b>11,251.60</b>	<b>879,260.50</b>	<b>890,512.10</b>	<b>1,395,868.50</b>	<b>133,441.80</b>	<b>1,529,310.30</b>

**Tabla XXVI. Resumen general presupuesto pavimentación colonia Santo Domingo**

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN, COLONIA SANTO DOMINGO												
ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA												
RESUMEN GENERAL												
FECHA: OCTUBRE 2009												
No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL		
				NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	QUETAZALES	DOLARES	
RESUMEN GENERAL												
1.00	TRAZO Y ESTQUEADO	1,611.00	ML		16,110.00	16,110.00					16,110.00	1,929.34
2.00	CORTE TERRENO NATURAL	3,382.75	m <sup>3</sup>		152,223.75	152,223.75					152,223.75	18,230.39
3.00	REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE	9,965.00	m <sup>2</sup>		149,475.00	149,475.00					149,475.00	17,901.20
4.00	BASE DE SELECTO 0.10 M DE ESPESOR	9,665.00	m <sup>2</sup>		193,300.00	193,300.00	121,800.00			121,800.00	315,100.00	37,736.53
5.00	CARPETA DE RODADURA 0.15M, CONCRETO	9,665.00	m <sup>2</sup>		241,625.00	241,625.00	1,200,774.00	33,950.00		1,234,724.00	1,476,349.00	176,808.26
6.00	CUNETAS DE CONCRETO DE 0.55 M. DE ANCHO	3,215.00	ML	6,430.00	112,525.00	118,955.00	56,031.00			56,031.00	174,986.00	20,956.41
7.00	TRANSVERSAL TIPO I	81.00	ML	2,551.60	3,420.00	5,971.60	3,225.00	39,275.60		42,500.60	48,472.20	5,805.05
8.00	BORDILLO DE 0.12 M. DE ANCHO	120.00	ML		3,000.00	3,000.00	3,448.50	5,000.00		8,448.50	11,448.50	1,371.08
9.00	TRANSVERSAL TIPO II	120.00	ML		2,270.00	7,581.75	9,851.75	10,590.00	55,216.20	65,806.20	75,657.95	9,060.83
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>11,251.60</b>	<b>879,260.50</b>	<b>890,512.10</b>	<b>1,395,868.50</b>	<b>133,441.80</b>	<b>1,529,310.30</b>	<b>2,419,822.40</b>	<b>289,799.09</b>
	ADMINISTRACIÓN	15.00%									362,973.36	43,469.86
	SUPERVISIÓN	10.00%									241,982.24	28,979.91
	UTILIDADES	10.00%									241,982.24	28,979.91
	IMPREVISTOS	5.00%									120,991.12	14,489.95
	<b>TOTAL INDIRECTOS</b>										<b>967,928.96</b>	<b>115,919.64</b>
	<b>TOTAL PROYECTO</b>										<b>3,387,751.36</b>	<b>405,718.73</b>

Tipo de cambio: un dólar por ocho quetzales con treinta y cinco centavos





## **4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1 Metodología**

Se utilizó en campo, en la visita efectuada, una matriz de Leopold, para anotar los posibles impactos adversos significativos; impactos adversos no significativos e impactos benéficos significativos, basándose en la misma información de los diseños de los proyectos.

### **4.2 Componentes utilizados en la matriz de Leopold**

Se elaboraron una matriz para cada proyecto específico de drenajes sanitarios en la aldea Cuchilla del Carmen y colonia Santo Domingo, así como la pavimentación de las calles de dicha colonia. Esta contiene los siguientes parámetros:

#### **LOCALIZACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO**

- Análisis y selección del sitio
- Planificación
- Limpieza y desmonte
- Quema
- Explotación de bancos de material
- Generación de mano de obra
- Accidentes
- Manejo y disposición final de residuos
- Abandono y rehabilitación

## CONSTRUCCIÓN

- Excavación y nivelación de plataformas
- Cortes y rellenos de plataformas
- Campamentos provisionales
- Excavación de drenajes
- Instalación de drenajes
- Maquinaria y equipo
- Acarreo de material
- Consolidación
- Alteración de los patronos de tránsito
- Tratamiento del suelo
- Generación de mano de obra
- Manejo y disposición final de desechos

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Mantenimiento forestal
- Tráfico en días y horas pico
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Deposición de residuos sólidos
- Limpieza
- Generación de mano de obra
- Alteraciones a los patronos de tránsito
- Accidentes y contingencias

#### **4.2.1 Impactos ocasionados al medio ambiente**

Al estudiar la matriz de Leopold que los impactos se ocasionaran en la construcción de los proyectos de alcantarillado sanitario para la aldea Cuchilla del Carmen y drenaje sanitario y pavimentación en colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey, municipio de Santa Catarina Pinula, de conformidad con el cribado llevado a cabo, determinan que no existirán impactos adversos significativos al ambiente en los proyectos a realizar, tal y como ha sido planificado cualitativamente y cuantitativamente.

#### **4.2.2 Impactos adversos no significativos**

Se definen en orden numérico, relacionados con las actividades básicas del proyecto que aparecen en la matriz.

##### **Análisis y selección del sitio**

Se verán afectados con el diseño, las Características de drenajes naturales y el flujo de los mismos que actualmente drenan de las partes más altas del terreno.

##### **Planificación**

Con la planificación se hacen variar los elementos actuales de composición.

##### **Limpieza y desmonte**

Al modificarse quizá las características de drenaje por la remoción de vegetación existente en el área a trabajarse, haciendo variar los flujos de los mismos.

## **Quema**

Al quemar toda la maleza y ramas de árboles, se podrá provocar un impacto adverso no significativo en lo que respecta a la calidad del aire, especialmente para los trabajadores.

## **Accidentes**

Los procesos constructivos en algún momento pueden producir daños a la salud de los trabajadores y a su integridad física. Dependiendo del daño que se cause, por el tipo de accidente, este podrá repercutir en la salud pública de los pobladores circundantes.

Para lo cual puede repercutir negativamente en la mano de obra, de no tomarse las medidas adecuadas para la salud de los trabajadores.

## **Manejo y disposición final de residuos**

La mala disposición de residuos fuera del área de los proyectos en áreas ajenas, puede afectar el uso potencial y la calidad del suelo. La disposición de excretas de los trabajadores de no existir letrinas provocara malos olores y contaminación al ambiente.

## **Abandono y rehabilitación**

Si en esta etapa se abandona el proyecto, después de haber efectuado los movimientos preliminares de tierra, se provocaría una seria erosión permanente de tierra.

El uso potencial del suelo para otros objetivos se vería seriamente dañados por los trabajos preliminares efectuados. Existiría una incompatibilidad del suelo, para cualquier otro proyecto que no fuese agua y saneamiento.

### **Campamentos provisionales**

El campamento provisional en la época de construcción será utilizado por los trabajadores de campo, permanentes y de jornadas diarias, siendo el punto en donde debe de instalarse la zona para beber agua. La mala calidad del agua, puede provocar un impacto significativo en los trabajadores, en su salud. La ubicación del campamento y su utilización permanente provocara erosión en el suelo circundante. Un campamento mal manejado puede afectar la salud pública de los trabajadores, el contraerse enfermedades gastrointestinales, por ingestión de agua contaminada, falta de letrinas y contaminación de desechos sólidos y provocarse malos olores.

### **Excavación de drenajes y agua**

La excavación de las zanjas para drenajes, si quedan mucho tiempo abiertas, por detención de la obra, afectara las características de fondo y bordos de las zanjas abiertas y podrá provocar serios erosionamientos. La mala compactación de las zanjas al terminarse la obra, podrá repercutir posteriormente en las estructuras superficiales viales, provocando asentamientos indeseados del terreno mal compactado.

### **Instalación de drenaje**

La mala compactación de los zanjeados para las instalaciones hidráulicas, podrá provocar asentamientos y daños a la tubería y accesorios, con problemas de fugas que emanen a la superficie, provocando una escorrentía no controlada.

### **Maquinaria y equipo**

Eventualmente la maquinaria y equipo en la construcción, podrán provocar ruidos molestos al oído humano, en especial de los trabajadores. La

maquinaria en sus operaciones de movimientos podrá provocar erosionamientos en bordes del terreno.

### **Acarreo de materiales**

El acarreo de materiales para consolidación del suelo, puede provocar en su volteo, contaminación en el aire, provocando mala calidad del aire para los trabajadores como los pobladores del lugar.

### **Generación de mano de obra**

Existirá un impacto severo significativo, en la salud de los trabajadores en la etapa de construcción, en lo correspondiente a ingestión de agua contaminada, si este caso se diera.

### **Manejo y disposición de desechos**

Las disposiciones finales de los desechos de la construcción y desechos humanos, podrá hacer variar la calidad del agua que se genere superficialmente por lluvias, si se estuviese trabajando en esta época todavía. Esta mala disposición de desechos de construcción podrá provocar erosionamiento indeseado de estos mismos materiales, cambios en el uso potencial del suelo, incompatibilidad del uso del suelo y la mala calidad de los mismos. La mala disposición de desechos humanos (excretas), por falta de letrinas podrá provocar problemas a la salud humana de los trabajadores y los habitantes del lugar.

## **4.2.3 Impactos benéficos significativos**

### **Análisis y selección del sitio**

La tenencia de la tierra se verá reforzada económicamente por la implantación de proyectos de saneamiento y pavimentación.

### **Generación de mano de obra**

Las expectativas de creación de mano de obra vendrán a ser benéficos para la economía de la región. Las posibilidades que se darán a muchas personas no calificadas de aprender un oficio, vendrá positivamente a mejorar la capacidad de mano de obra de la región. Los requerimientos que se hagan por medio de este estudio en cuanto a una mejora integral de los servicios de salud para los trabajadores y sus familias, será un impacto benéfico significativo. Existirá la posibilidad de mejores remuneraciones económicas, dentro de su estatus económico, deviniendo esto en un mejor estilo y calidad de vida.

### **Obra civil**

Todo el proceso de construcción propiciara un impacto benéfico significativo, al mejorar la economía regional; brindar las posibilidades de mano de obra, lo cual mejorará la economía de los lugareños, les proporcionara mayores ingresos económicos de los cuales se deriva una mejor forma de vida y una mejor recreación.

### **Área boscosa**

La salud pública se beneficiará con la reforestación de las áreas circunvecinas al existir un mejor clima, mejorando el estilo y calidad de vida y recreación de los habitantes.

#### **4.2.4 Mantenimiento preventivo y correctivo**

El mantenimiento preventivo y correctivo que se le dará a los proyectos, devendrá en posibilidades de empleos permanentes de mano de obra del área y el mantenimiento ideal de los proyectos.

#### **4.2.5 Medidas de mitigación a los principales impactos**

##### **Localización y preparación del sitio**

En la construcción de los proyectos a la hora de realizar los movimientos de tierra debe de buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslaves indeseados por escorrentía superficial.

Debe de existir un ingeniero de planta que supervise constantemente los procesos de movimientos de tierra.

Se deben de colocar letrinas y basureros necesarios provisionales, en el área de construcción de tal manera que los trabajadores, no contaminen los alrededores, siendo esto de suma necesidad y obligatorio.

La importancia de la naturaleza y los valores estéticos, pueden superarse mediante programas de educación ambiental, dirigidos al personal que intervendrá en alguna de las etapas del proyecto y a los habitantes del proyecto.

##### **Operación y mantenimiento**

En esta etapa es en donde se presentan los impactos ambientales de mayor significado, principalmente en lo relativo a desechos sólidos y líquidos.

La contaminación por las aguas residuales pueden reducirse mediante los siguientes procesos:

- Deben de quedar instaladas los métodos de tratamiento de las aguas servidas, tal y como se han descrito en los diseños y planos, para que los



desechos sólidos y líquidos sean tratados de la manera indicada y las aguas pasen a los mantos freáticos debidamente tratadas.

#### **4.2.6 Plan de seguridad ambiental**

De conformidad con los impactos detectados y las medidas de mitigación definidas, se determina el siguiente plan de seguridad ambiental.

Los mantos subterráneos y la capa freática pueden verse contaminados, de no tomar las medidas en lo que corresponde a la disposición de excretas de los trabajadores de campo, por lo cual se hace necesaria la instalación de letrinas en la etapa de construcción así como la colocación de depósitos de basura.

Es importante indicar que las fosas sépticas, deben de ser limpiadas de los lodos por lo menos cada 6 meses, para lo cual se necesita que exista una directiva entre los habitantes, que contraten periódicamente un camión con bomba succionadora, que saque los lodos orgánicos y los deposite en un lugar específico que tengan previamente aprobado o que lo saquen manualmente y los depositen en las áreas forestales, para abono de los árboles, no dejando los lodos superficiales, sino zanjeados alrededor del mismo.

En operación debe controlarse el nivel de lodos de la fosa séptica para su evacuación oportuna, la cual está prevista para ser evacuada cada año, cuidando de mantener siempre al menos 20% de los lodos para la continuidad del proceso. La fosa debe tener una adecuada ventilación de los gases.

Todos los desechos producto, deben ser depositados debidamente, tal y como se ha indicado, tanto los materiales que se desecharan en la etapa de construcción, en especial la tierra de desecho, como las materias sólidas (basura) y lodos orgánicos que se produzcan en la etapa de operación, las cuales como ya se indico deben de llevarse a botaderos específicos autorizados

por la municipalidad y cumplir con los requisitos respectivos apuntados en el plan de mitigación.

#### **4.2.7 Plan de contingencia**

Con base en la cantidad de familias y las distribuciones de los mismos se considera que la posibilidad de una contingencia está ligada a los riesgos derivados de un incendio en cualquier proyecto derivado de los gases de las fosas sépticas. Por lo que se estima conveniente tener siempre a la mano extintores y si fuese posible la colocación de hidrantes impulsadas por bombas hidroneumáticas en áreas específicas cercanas a las fosas. En este sentido es conveniente que se deje recomendado a los habitantes que se organicen en una brigada de salvamento y sean adiestrados por alguna compañía de bomberos.

#### **4.2.8 Plan de seguridad humana**

Con respecto a los aspectos que se considera deben de prevalecer como importantes dentro del plan de seguridad humana, se encuentran:

##### **Seguridad Humana en el proceso de construcción**

En toda etapa de construcción el trabajador se encuentra permanentemente expuesto a accidentes, por lo cual se recomienda que el campamento o guardería se tenga un botiquín suficientemente abastecido de medida y materiales de curación para accidentes de trabajos, para prestar una inmediata atención y que la empresa constructora registre al personal que laborara en los sistemas de drenajes, en IGSS para que exista atención adecuada a problemas mayores.

### **Agua potable**

La obtención del agua potable por parte de los trabajadores en la etapa de construcción, es un problema, que al igual que en todas las construcciones, sufre el trabajador la obtención de agua para tomar, se recomienda que se hagan tanque de abastecimiento de agua provisionales para la obtención del vital líquido, se deberá de clorar el agua, si esta estuviese contaminada.

### **Salud humana de los habitantes**

Se debe de considerar, que los sistemas de construcción estructurales sean lo suficientemente seguros, para que quede resguardada en todo momento la salud y seguridad de todos los habitantes. La salud humana de los habitantes de los caseríos estará supeditada a un buen sistema de drenajes y buenos planes de manejo de desechos sólidos y líquidos.

### **4.2.9 Conclusiones**

En síntesis los proyectos de drenajes sanitarios y pavimentaciones son compatibles con el medio circundante, por ubicarse en un área semi-rural. Puede asegurarse que el proyecto responde a características del entorno urbano circundante, y al igual que se estén o ya estén ejecutados obras de infraestructura en las áreas de influencia. Es por lo tanto necesario que al momento de realizar la construcción de los drenajes y la pavimentación se tome en cuenta las recomendaciones hechas en el presente estudio y las efectuadas en los planes de seguridad ambiental, contingencia y seguridad humana y aquellas recomendaciones que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) realice.



## CONCLUSIONES

1. Con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario en aldea Cuchilla del Carmen, se eliminarán focos de contaminación, malos olores y enfermedades gastrointestinales, causados por las aguas negras que corren a flor de tierra. La inversión asciende a Q. 1,634,630.94 y la cantidad de habitantes futuros a beneficiar es de 7,387 habitantes; el análisis por medio de la relación Costo/Beneficio, muestra un resultado de Q.221.28/habitante.
2. Los proyectos de drenaje sanitario y pavimentación en colonia Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey, suman una inversión de Q.4,396,569.34, lo cual no es significativo para los beneficios que a los habitantes les brindará, garantizándoles un mejor sistema de vida, ya que con estos proyectos se beneficiarán aproximadamente 1902 personas, obteniendo una relación costo-beneficio de Q.2,311.55/habitante.
3. El tratamiento de las aguas residuales es un requisito a nivel ecológico o de protección del medio ambiente, para garantizar el sistema de vida de los habitantes.
4. Los proyectos de drenajes sanitarios y pavimentaciones son compatibles con el medio circundante, por ubicarse en un área semi-rural. Estos proyectos crearán fuentes de trabajo y mejorarán la calidad de vida de los habitantes del lugar.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda a la municipalidad de Santa Catarina Pinula:

1. Garantizar la supervisión técnica adecuada durante la construcción de los proyectos de drenajes y pavimentación, para que estos proporcionen los resultados esperados durante el período de diseño.
2. Dar el debido mantenimiento al sistema de drenaje sanitario para su óptimo funcionamiento.
3. Realizar los análisis de suelos necesarios, durante la construcción de la carretera, mantener un control de calidad permanente a los materiales de construcción utilizados y dar cumplimiento a las especificaciones.
4. Crear un programa en el cual se haga conciencia a los usuarios del sistema, de no dejar ir ningún tipo de basura a la red de drenaje sanitario, así como a los transversales, para que estos funciones a cabalidad y no provoquen daños al sistema ni a la carretera.
5. Verificar los precios de cada proyecto previo a su adjudicación, ya que estos presupuestos fueron elaborados en el segundo semestre del año 2009, por lo que los precios de mano de obra y materiales podrían haber variado.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Adán Enrique Arévalo Aquino. Diseño del drenaje sanitario sector la Laguneta aldea Don Justo y Pavimentación calle principal la salvadora 1 del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Trabajo de graduación Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala febrero de 2005. 147pág.
2. American Association of State Highway and Transportation officials. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington D.C. 1986.
3. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes. Guatemala, diciembre de 2000. 361pp.
4. Instituto Nacional de Estadística (INE). XI Censo de población y VI de habitación, Guatemala: s.e. 2002.
5. INFOM. Normas Generales para el diseño de alcantarillados. Guatemala 2001, 30 pág.
6. María Soledad Ronquillo Marroquín. Rehabilitación, mejoramiento y diseño de pavimento del tramo carretero de Guajaqueño, municipio San Antonio Huista a Tres Caminos, municipio Unión Cantinil, Huehuetenango. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala, noviembre de 2008. 189 pág.



## **APÉNDICE**

### **APÉNDICE A**

CÁLCULO HIDRÁULICO DRENAJE SANITARIO  
ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN



Cálculo drenaje sanitario aldea Cuchilla del Carmen

DE PV	A PV	Cota Terreno		DH (m)	S% Terreno	Viviendas		No. Habitantes		φ (")	Q Dis		S%	CONDICIONES HIDRAULICAS				Vel (m/s)		Cotas Invert		Alturas pozo			
		Inicio	Final			Local	Acumulada	Actual	Futuro		Actual	Futuro		Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Inicio	Final	Inicio	Final
1	2	1029.95	1029.29	16.16	4.08	1	1	6	11	6	0.05	0.10	4.5	0.001214	0.002182	0.0275	0.035	0.174	0.203	0.4179	0.4876	1028.75	1028.03	1.20	1.26
2	3	1029.29	1028.83	25.87	1.78	4	5	30	54	6	0.26	0.47	2.5	0.008001	0.014294	0.0675	0.09	0.312	0.375	0.5585	0.6713	1028.00	1027.37	1.26	1.46
3	4	1028.83	1027.36	100	1.47	5	10	60	108	6	0.52	0.92	2	0.017658	0.031417	0.925	0.1225	0.381	0.456	0.6101	0.7302	1027.34	1025.35	1.46	2.04
4	5	1027.36	1026.68	38.58	1.76	0	10	60	108	6	0.52	0.92	2	0.017658	0.031417	0.095	0.125	0.388	0.463	0.6213	0.7414	1025.32	1024.56	2.04	2.12
5	6	1026.68	1025.52	54	2.15	0	10	60	108	6	0.52	0.92	2.2	0.016836	0.029955	0.09	0.12	0.375	0.45	0.6298	0.7557	1024.53	1023.36	2.12	2.16
6	7	1025.52	1024.35	43.2	2.71	0	10	60	108	6	0.52	0.92	3	0.014418	0.025652	0.085	0.11	0.361	0.426	0.7080	0.8354	1023.33	1022.04	2.16	2.31
7	8	1024.35	1022.68	15.87	10.52	0	10	60	108	6	0.52	0.92	5.3	0.010847	0.019299	0.0725	0.0975	0.327	0.393	0.8524	1.0244	1022.01	1021.18	2.31	1.50
8	9	1022.68	1017.47	100	5.21	3	13	78	141	6	0.67	1.18	5.5	0.013758	0.024430	0.085	0.11	0.361	0.426	0.9586	1.1312	1021.15	1015.67	1.50	1.80
9	10	1017.47	1015.1	44.49	5.33	0	13	78	141	6	0.67	1.18	5	0.014429	0.025622	0.085	0.11	0.361	0.426	0.9140	1.0785	1015.64	1013.42	1.80	1.68
10	11	1015.1	1012.96	33.79	6.33	0	13	78	141	6	0.67	1.18	6	0.013172	0.023390	0.08	0.105	0.348	0.414	0.9651	1.1482	1013.39	1011.38	1.68	1.58
11	12	1012.96	1011.64	14.16	9.32	0	13	78	141	6	0.67	1.18	9.32	0.010569	0.018767	0.0725	0.095	0.327	0.388	1.1303	1.3411	1011.35	1010.04	1.58	1.60
12	13	1011.64	1009.81	22.19	8.25	0	13	78	141	6	0.67	1.18	8.5	0.011067	0.019651	0.075	0.0975	0.334	0.393	1.1025	1.2973	1010.01	1008.14	1.60	1.67
13	14	1009.81	1007.88	20.86	9.25	0	13	78	141	6	0.67	1.18	9	0.010755	0.019098	0.0725	0.0975	0.327	0.393	1.1107	1.3349	1008.11	1006.24	1.67	1.64
14	15	1007.88	1005.53	29.25	8.03	0	13	78	141	6	0.67	1.18	8	0.011407	0.020256	0.075	0.1	0.334	0.401	1.0696	1.2842	1006.21	1003.88	1.64	1.65
15	16	1005.53	1003.38	30.75	6.99	0	13	78	141	6	0.67	1.18	7	0.012195	0.021655	0.0775	0.1	0.341	0.401	1.0215	1.2012	1003.85	1001.71	1.65	1.67
16	17	1003.38	999.33	35.81	11.31	0	13	78	141	6	0.67	1.18	11.5	0.009514	0.016895	0.07	0.09	0.32	0.375	1.2287	1.4398	1001.68	997.58	1.67	1.75
17	18	999.33	993.76	58.51	9.52	0	13	78	141	6	0.67	1.18	9.5	0.010468	0.018588	0.0725	0.095	0.327	0.388	1.1412	1.3540	997.55	992.00	1.75	1.76
18	19	993.76	989.1	21.24	21.94	0	13	78	141	6	0.67	1.18	21	0.007041	0.012502	0.06	0.0775	0.289	0.341	1.4995	1.7693	991.97	987.52	1.76	1.58
19	20	989.1	984.5	33.95	13.55	0	13	78	141	6	0.67	1.18	14	0.008623	0.015312	0.065	0.0875	0.305	0.368	1.2921	1.5590	987.49	982.75	1.58	1.75
20	21	984.5	978.55	50.94	11.68	3	29	174	314	6	1.45	2.56	12	0.020281	0.035753	0.1	0.1275	0.401	0.468	1.5728	1.8356	982.72	976.62	1.75	1.93
21	22	978.55	973.88	51.5	9.07	3	37	222	404	6	1.83	3.23	9	0.029604	0.052050	0.1225	0.16	0.456	0.538	1.5489	1.8274	976.59	971.97	1.93	1.91
22	23	973.88	969.26	64.04	7.21	4	41	246	444	6	2.02	3.55	7.5	0.035785	0.062843	0.1275	0.17	0.468	0.56	1.4511	1.7364	971.94	967.14	1.91	2.12
23	24	969.26	964.38	72.98	6.69	2	57	342	618	6	2.77	4.85	7	0.050741	0.088742	0.1525	0.2	0.522	0.615	1.5637	1.8423	967.11	962.02	2.12	2.36
24	25	964.38	956.58	97.22	8.02	0	68	408	737	6	3.28	5.72	8	0.056127	0.097929	0.16	0.21	0.538	0.633	1.7229	2.0271	961.99	954.22	2.36	2.36
25	26	956.58	953.74	46.74	6.08	0	68	408	737	6	3.28	5.72	6	0.064810	0.113079	0.17	0.225	0.56	0.659	1.5531	1.8277	954.19	951.40	2.36	2.34
26	27	953.74	950.8	47.84	6.15	0	68	408	737	6	3.28	5.72	5	0.070996	0.123871	0.18	0.235	0.577	0.676	1.4608	1.7115	951.37	948.99	2.34	1.81
27	28	950.8	947.75	56.69	5.38	0	68	408	737	6	3.28	5.72	6.5	0.062267	0.108642	0.17	0.22	0.56	0.651	1.6165	1.8792	948.96	945.29	1.81	2.46
28	29	947.75	939.76	100	7.99	0	68	408	737	6	3.28	5.72	8	0.056127	0.097929	0.16	0.21	0.538	0.633	1.7229	2.0271	945.26	937.27	2.46	2.49
29	30	939.76	934.11	69.83	8.09	2	70	420	759	6	3.37	5.88	8	0.057691	0.100617	0.165	0.215	0.548	0.644	1.7549	2.0624	937.24	931.67	2.49	2.44
30	31	934.11	932.53	17.34	9.11	2	72	432	780	8	3.46	6.03	9	0.025939	0.045221	0.11	0.145	0.426	0.507	1.7529	2.0862	931.64	930.09	2.44	2.44
31	32	932.53	931.26	16.76	7.58	1	73	438	791	8	3.51	6.11	7.5	0.028788	0.050179	0.115	0.1525	0.439	0.522	1.6490	1.9608	930.06	928.81	2.44	2.45
32	33	931.26	930.01	14.64	8.54	1	74	444	802	8	3.55	6.19	8.5	0.027392	0.047737	0.1125	0.1475	0.432	0.511	1.7275	2.0434	928.78	927.55	2.45	2.46
33	34	930.01	928.97	11.21	9.28	0	74	444	802	8	3.55	6.19	9.5	0.025911	0.045154	0.1125	0.145	0.432	0.507	1.8263	2.1434	927.52	926.47	2.46	2.50
34	35	928.97	927.74	13.56	9.07	0	74	444	802	8	3.55	6.19	9	0.026621	0.046392	0.1125	0.1425	0.432	0.501	1.7776	2.0615	926.44	925.23	2.50	2.51
35	36	927.74	926.89	11.5	7.39	0	74	444	802	8	3.55	6.19	7	0.030185	0.052603	0.12	0.155	0.45	0.528	1.6330	1.9161	925.20	924.40	2.51	2.49
36	37	926.89	923.72	32.96	9.62	0	74	444	802	8	3.55	6.19	9	0.026621	0.046392	0.1125	0.1475	0.432	0.511	1.7776	2.1027	924.37	921.42	2.49	2.30
37	38	923.72	922.24	13.57	10.91	0	74	444	802	8	3.55	6.19	10.5	0.024646	0.042950	0.1075	0.14	0.42	0.495	1.8667	2.2000	921.39	919.98	2.30	2.26
38	39	922.24	920.75	19.38	7.69	0	74	444	802	8	3.55	6.19	7.5	0.029161	0.050819	0.1175	0.1525	0.444	0.522	1.6678	1.9608	919.95	918.51	2.26	2.24
39	40	920.75	919.1	21.6	7.64	0	74	444	802	8	3.55	6.19	7.5	0.029161	0.050819	0.1175	0.1525	0.444	0.522	1.6678	1.9608	918.48	916.87	2.24	2.23
40	41	919.1	917.79	19.7	6.65	0	74	444	802	8	3.55	6.19	6.5	0.031324	0.054589	0.1225	0.1575	0.456	0.533	1.5946	1.8639	916.84	915.57	2.23	2.22
41	42	917.79	916.58	21.96	5.51	0	74	444	802	8	3.55	6.19	5.5	0.034053	0.059344	0.1275	0.165	0.468	0.548	1.5054	1.7627	915.54	914.34	2.22	2.24
42	43	916.58	915.49	18.7	5.83	0	74	444	802	8	3.55	6.19	6	0.032603	0.056818	0.1225	0.16	0.468	0.538	1.5320	1.8075	914.31	913.20	2.24	2.29
43	44	915.49	914.09	38.92	3.60	0	74	444	802	8	3.55	6.19	3.5	0.042688	0.074392	0.14	0.185	0.495	0.587	1.2702	1.5063	913.17	911.82	2.29	2.27
44	45	914.09	913.49	23.57	2.55	0	74	444	802	8	3.55	6.19	2.5	0.050509	0.088022	0.1525	0.2	0.522	0.615	1.1321	1.3337	911.79	911.22	2.27	2.27
49	48	915.34	915.1	14.15	1.70	1	1	6	11	6	0.05	0.10	1.7	0.001976	0.003550	0.325	0.045	0.194	0.239	0.2864	0.3528	914.14	913.90	1.20	1.20
48	47	915.1	914.805	13.25	2.23	1	2	12	22	6	0.11	0.19	2.2	0.003452	0.006192	0.0425	0.055	0.23	0.273	0.3863	0.4585	913.87	913.58	1.20	1.23
47	46	914.805	913.65	43.84	2.63	1	3	18	33	6	0.16	0.28	2.58	0.004760	0.008524	0.0475	0.065	0.248	0.305	0.4510	0.5547	913.55	912.42	1.23	1.23
46	45	913.65	913.49	35.12	0.46	0	143	858	1550	6	6.59	11.37	2	0.225715	0.389350	0.0525	0.07	0.264							



Continuación diseño sanitario aldea Cuchilla del Carmen

DE	A	Cota Terreno		DH (m)	S% Terreno	Viviendas		No. Habitantes		φ (")	Q Dis		S%	CONDICIONES HIDRAULICAS				Vel (m/s)		Cotas Invert		Alturas pozo				
		PV	PV			Local	Acumulada	Actual	Futuro		Actual	Futuro		Tubo	q/Q		d/D		v/V		Actual	Futuro	Inicio	Final	Inicio	Final
															Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro						
50	51	1030	1029.35	18.64	3.49	2	2	12	22	6	0.11	0.19	4	0.002560	0.004592	0.04	0.0925	0.221	0.381	0.5004	0.8628	1028.80	1028.07	1.20	1.28	
51	52	1029.35	1029.09	20.78	1.25	0	2	12	22	6	0.11	0.19	1.5	0.004181	0.007499	0.475	0.1125	0.248	0.432	0.3439	0.5991	1028.04	1027.74	1.28	1.35	
52	53	1029.09	1028.8	31.3	0.93	1	3	18	33	6	0.16	0.28	1.5	0.006243	0.011179	0.0575	0.135	0.281	0.484	0.3897	0.6712	1027.71	1027.25	1.35	1.55	
53	54	1028.8	1028.02	100	0.78	3	6	18	33	6	0.16	0.28	1.5	0.006243	0.011179	0.0575	0.135	0.281	0.484	0.3897	0.6712	1027.22	1025.73	1.55	2.29	
54	55	1028.02	1025.5	66.1	3.81	0	2	12	22	6	0.11	0.19	2.5	0.003239	0.005808	0.045	0.135	0.281	0.414	0.5031	0.7411	1025.70	1024.06	2.29	1.44	
55	56	1025.5	1024.93	28.68	1.99	0	2	12	22	6	0.11	0.19	4	0.002560	0.004592	0.0375	0.09	0.212	0.375	0.4801	0.8492	1024.03	1022.90	1.44	2.03	
56	57	1024.93	1024.3	14.94	4.22	0	2	12	22	6	0.11	0.19	4.5	0.002414	0.004329	0.0375	0.09	0.212	0.375	0.5092	0.9007	1022.87	1022.21	2.03	2.09	
57	58	1024.3	1022.5	11.1	16.22	0	2	12	22	6	0.11	0.19	8.5	0.001756	0.003150	0.03	0.075	0.184	0.334	0.6074	1.1025	1022.18	1021.24	2.09	1.26	
58	59	1022.5	1021.88	34.98	1.77	1	3	18	33	6	0.16	0.28	5	0.003419	0.006123	0.0425	0.085	0.23	0.401	0.5823	1.0152	1021.21	1019.48	1.26	2.40	
59	60	1021.88	1016.48	100	5.40	6	9	54	98	6	0.47	0.83	5	0.010074	0.017936	0.0725	0.17	0.327	0.56	0.8279	1.4178	1019.45	1014.46	2.40	2.02	
60	61	1016.48	1015.08	23.63	5.92	6	15	90	163	6	0.77	1.36	6	0.015142	0.026858	0.0875	0.205	0.368	0.624	1.0206	1.7306	1014.43	1013.02	2.02	2.06	
61	62	1015.08	1013.25	25.92	7.06	0	15	90	163	6	0.77	1.36	7	0.014019	0.024866	0.085	0.195	0.361	0.605	1.0814	1.8123	1012.99	1011.19	2.06	2.06	
62	63	1013.25	1011.4	22.91	8.08	0	15	90	163	6	0.77	1.36	8	0.013114	0.023260	0.0825	0.19	0.355	0.596	1.1369	1.9086	1011.16	1009.34	2.06	2.06	
63	64	1011.4	1009.65	23.82	7.35	1	16	96	173	6	0.82	1.45	7	0.014928	0.026463	0.085	0.205	0.361	0.624	1.0814	1.8693	1009.31	1007.65	2.06	2.00	
64	65	1009.65	1007.78	22.4	8.35	0	16	96	173	6	0.82	1.45	8.5	0.013546	0.024015	0.0825	0.195	0.355	0.605	1.1719	1.9971	1007.62	1005.73	2.00	2.05	
65	66	1007.78	1006.09	19.91	8.49	0	16	96	173	6	0.82	1.45	8.3	0.013709	0.024303	0.0825	0.195	0.355	0.605	1.1580	1.9735	1005.70	1004.06	2.05	2.03	
66	67	1006.09	1004.7	19.6	7.09	0	16	96	173	6	0.82	1.45	7	0.014928	0.026463	0.085	0.205	0.361	0.624	1.0814	1.8693	1004.03	1002.67	2.03	2.03	
67	68	1004.7	1002.76	29.14	6.66	0	16	96	173	6	0.82	1.45	6.5	0.015491	0.027462	0.0875	0.205	0.368	0.624	1.0623	1.8013	1002.64	1000.76	2.03	2.00	
68	69	1002.76	1000.72	19.73	10.34	0	16	96	173	6	0.82	1.45	10.5	0.012188	0.021607	0.0775	0.18	0.341	0.577	1.2511	2.1169	1000.73	998.67	2.00	2.05	
69	70	1000.72	998.29	20.21	12.02	0	16	96	173	6	0.82	1.45	12	0.011401	0.020212	0.075	0.18	0.334	0.577	1.3100	2.2631	998.64	996.23	2.05	2.06	
70	71	998.29	991.43	56.6	12.12	0	16	96	173	6	0.82	1.45	12	0.011401	0.020212	0.075	0.18	0.334	0.577	1.3100	2.2631	996.20	989.42	2.06	2.01	
71	72	991.43	988.86	19.44	13.22	0	16	96	173	6	0.82	1.45	13.5	0.010749	0.019056	0.0725	0.175	0.327	0.568	1.3603	2.3629	996.39	986.77	2.01	2.09	
72	73	988.86	984.1	36.07	13.20	0	16	96	173	6	0.82	1.45	13.5	0.010749	0.019056	0.0725	0.17	0.327	0.56	1.3603	2.3258	986.74	981.89	2.09	2.21	
73	74	984.1	973.4	100	10.70	6	22	132	238	6	1.11	1.96	10.5	0.016602	0.029348	0.09	0.09	0.375	0.375	1.3758	1.3758	981.86	971.37	2.21	2.03	
74	75	973.4	966.25	100	7.15	7	29	174	314	6	1.45	2.56	6.5	0.027556	0.048579	0.1125	0.1125	0.432	0.432	1.2470	1.2470	971.34	964.85	2.03	1.40	
75	76	966.25	964.64	22.79	7.06	1	30	180	325	6	1.50	2.64	7	0.027436	0.048350	0.1125	0.27	0.432	0.73	1.2941	2.1868	964.82	963.24	1.40	1.40	
76	77	964.64	957.12	99.94	7.52	5	51	306	553	6	2.49	4.37	7.5	0.044090	0.077221	0.1425	0.34	0.501	0.83	1.5535	2.5736	963.21	955.72	1.40	1.40	
77	78	957.12	956.58	11.09	4.87	0	51	306	553	6	2.49	4.37	4.5	0.056919	0.099692	0.16	0.39	0.538	0.891	1.2922	2.1400	955.69	955.21	1.40	1.37	
78	79	956.58	953.74	44.64	6.36	1	52	312	564	6	2.54	4.45	6	0.050215	0.087928	0.1525	0.36	0.522	0.856	1.4477	2.3740	955.18	952.51	1.37	1.23	
79	80	953.74	950.52	50.48	6.38	0	52	312	564	6	2.54	4.45	6.5	0.048245	0.084478	0.15	0.36	0.517	0.856	1.4924	2.4710	952.48	949.21	1.23	1.31	
80	81	950.52	947.1	58.67	5.83	2	54	324	585	6	2.63	4.61	6.5	0.050013	0.087531	0.1525	0.36	0.522	0.856	1.5068	2.4710	949.18	945.38	1.31	1.72	
81	82	947.1	939.76	100	7.34	3	57	342	618	6	2.77	4.85	8	0.047463	0.083011	0.1475	0.36	0.511	0.856	1.6364	2.7413	945.35	937.36	1.72	2.40	
82	83	939.76	936.37	34.22	9.91	2	59	354	639	6	2.87	5.01	7.5	0.050655	0.088553	0.1525	0.37	0.522	0.868	1.6186	2.6914	937.33	934.78	2.40	1.59	
83	84	936.37	933.37	37.69	7.96	2	61	366	661	6	2.96	5.17	8	0.050627	0.088463	0.1525	0.37	0.522	0.868	1.6717	2.7279	934.75	931.74	1.59	1.63	
84	85	933.37	931.69	22.68	7.41	1	62	372	672	8	3.00	5.25	7.4	0.024823	0.043366	0.1075	0.26	0.42	0.716	1.5671	2.6715	931.71	930.05	1.63	1.64	
85	86	931.69	930.91	9.3	8.39	0	62	372	672	8	3.00	5.25	8.3	0.023438	0.040946	0.105	0.245	0.414	0.692	1.6359	2.7345	930.02	929.26	1.64	1.65	
86	87	930.91	929.04	18.32	10.21	0	62	372	672	8	3.00	5.25	10	0.021353	0.037304	0.1	0.235	0.401	0.676	1.7393	2.9321	929.23	927.41	1.65	1.63	
87	88	929.04	926.76	22.85	9.98	0	62	372	672	8	3.00	5.25	10	0.021353	0.037304	0.1	0.235	0.401	0.676	1.7393	2.9321	927.38	925.11	1.63	1.65	
88	89	926.76	923.81	30.61	9.64	0	62	372	672	8	3.00	5.25	9.5	0.021908	0.038273	0.1025	0.24	0.408	0.684	1.7248	2.8916	925.08	922.18	1.65	1.63	
89	90	923.81	920.6	30.12	10.66	0	62	372	672	8	3.00	5.25	9.5	0.021908	0.038273	0.1	0.24	0.401	0.684	1.6952	2.8916	922.15	919.30	1.63	1.30	
90	91	920.6	919.34	19.81	6.36	0	62	372	672	8	3.00	5.25	8.5	0.023161	0.040462	0.105	0.245	0.414	0.692	1.6555	2.7672	919.27	917.60	1.30	1.74	
91	92	919.34	918.2	16.31	6.99	0	62	372	672	8	3.00	5.25	7	0.025522	0.044587	0.11	0.26	0.426	0.716	1.5459	2.5983	917.57	916.44	1.74	1.76	
92	93	918.2	916.94	20.56	6.13	0	62	372	672	8	3.00	5.25	6	0.027567	0.048159	0.1125	0.235	0.432	0.73	1.4514	2.4526	916.41	915.19	1.76	1.75	
93	94	916.94	916.2	18.79	3.94	0	62	372	672	8	3.00	5.25	3.5	0.036094	0.063055	0.13	0.31	0.473	0.79	1.2137	2.0272	915.16	914.51	1.75	1.69	
94	95	916.2	914.71	38.96	3.82	0	62	372	672	8	3.00	5.25	3	0.038986	0.068107	0.135	0.32	0.484	0.804	1.1498	1.9100	914.48	913.32	1.69	1.39	
95	96	914.71	914.52	25.42	0.75	0	62	372	672	8	3.00	5.25	1.5	0.055134	0.096318	0.16	0.38	0.538	0.879	0.9038	1.4766	913.29	912.92	1.39	1.60	
20C	20B	999.53	999.61	46.61	-0.17	6	6	36	65	6	0.31	0.56	2	0.010702	0.019101	0.0725	0.175	0.327	0.568	0.5236	0.9095	998.33	997.41	1.20	2.20	
20B	20A	999.61	998.34	33.87	3.75	3	9	54	98	6	0.47	0.83	2	0.015929	0.028360	0.09	0.21	0.375	0.633	0.6005	1.01					





## **APÉNDICE B**

CÁLCULO HIDRÁULICO DRENAJE SANITARIO

COLONIA SANTO DOMINGO

ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY



Cálculo drenaje sanitario colonia Santo Domingo, Aldea Piedra Parada Cristo Rey

DE PV	A PV	Cota Terreno		DH (m)	S% Terreno	Viviendas		No. Habitantes		φ (")	Q Dis		S% Tubo	CONDICIONES HIDRAULICAS				Vel (m/s)		Cotas Invert		Alturas pozo			
		Inicio	Final			Local	Acumulada	Actual	Futuro		Actual	Futuro		q/Q		d/D		Actual	Futuro	Inicio	Final	Inicio	Final		
														Actual	Futuro	Actual	Futuro							Actual	Futuro
1	2	100	99.32	33	2.06	2	2	12	22	6	0.11	0.19	2.5	0.003239	0.005808	0.045	0.0575	0.239	0.281	0.4279	0.5031	98.80	97.99	1.20	1.36
2	3	99.32	94.63	37.42	12.53	3	5	30	54	6	0.26	0.47	12.05	0.003644	0.006511	0.0425	0.0575	0.23	0.281	0.9040	1.1044	97.96	93.46	1.36	1.20
3	4	94.63	90.85	41.02	9.22	9	14	84	152	6	0.72	1.27	10	0.010967	0.019463	0.075	0.1	0.334	0.401	1.1959	1.4358	93.43	89.34	1.20	1.54
4	5	90.85	90.74	11.57	0.95	0	14	84	152	6	0.72	1.27	2	0.024523	0.043522	0.1075	0.1375	0.42	0.49	0.6725	0.7846	89.31	89.09	1.54	1.68
5	6	90.74	91.502	40.66	-1.87	9	25	150	271	6	1.26	2.22	1	0.060877	0.107484	0.165	0.225	0.548	0.651	0.6205	0.7371	89.06	88.67	1.68	2.87
6	7	91.502	88.37	40.66	7.70	8	33	198	358	6	1.64	2.89	5	0.035582	0.062642	0.1275	0.17	0.468	0.56	1.1849	1.4178	88.64	86.61	2.87	1.79
7	8	88.37	75.05	42.11	31.63	8	96	576	1040	6	4.54	7.88	31.3	0.039300	0.068225	0.135	0.17	0.484	0.56	3.0659	3.5473	86.58	73.42	1.79	1.63
8A	8	76.36	75.05	43.25	3.03	6	6	36	65	6	0.31	0.56	3.5	0.008090	0.014439	0.09	0.09	0.375	0.375	0.7943	0.7943	75.16	73.66	1.20	1.39
9	5	100.71	90.74	41.02	24.31	2	2	12	22	6	0.11	0.19	24.33	0.001038	0.001862	0.035	0.0475	0.203	0.248	1.1337	1.3850	99.51	89.54	1.20	1.20
9	10	100.71	100.39	20.8	1.54	2	2	12	22	6	0.11	0.19	2	0.003621	0.006494	0.045	0.0575	0.239	0.281	0.3827	0.4499	99.51	99.11	1.20	1.31
10	11	100.39	89.21	57.02	19.61	9	13	78	141	6	0.67	1.18	19.5	0.007306	0.012974	0.0225	0.0775	0.152	0.341	0.7600	1.7049	99.08	87.97	1.31	1.24
12	10	101.21	100.39	34.83	2.35	2	2	12	22	6	0.11	0.19	2.72	0.003105	0.005568	0.04	0.0525	0.221	0.264	0.4127	0.4930	100.01	99.07	1.20	1.32
16	15	102.01	101.34	68.82	0.97	12	12	72	130	6	0.62	1.10	1.5	0.024365	0.043293	0.1075	0.1425	0.42	0.501	0.5824	0.6947	100.81	99.79	1.20	1.58
15	13	101.34	100.69	41.25	1.58	5	17	102	184	6	0.87	1.53	1.6	0.033119	0.058682	0.1275	0.165	0.468	0.548	0.6703	0.7848	99.76	99.11	1.58	1.58
14	13	101.5	100.69	75.26	1.08	10	10	60	108	6	0.52	0.92	1.2	0.022797	0.040559	0.1	0.13	0.401	0.473	0.4974	0.5867	100.30	99.41	1.20	1.28
13	11	100.69	89.21	61.56	18.65	10	37	222	401	6	1.83	3.23	17.26	0.021377	0.037586	0.1	0.1325	0.401	0.479	1.8863	2.2532	99.11	88.50	1.58	1.24
11	7	89.21	88.37	43.41	1.94	5	55	330	596	6	2.68	4.69	2.03	0.091072	0.159353	0.205	0.27	0.624	0.73	1.0066	1.1776	88.47	87.60	1.24	1.38
17	18	93.78	89.65	19.56	21.11	2	2	12	22	6	0.11	0.19	21	0.001117	0.002004	0.025	0.035	0.163	0.203	0.8457	1.0533	92.58	88.48	1.20	1.20
18	19	89.65	83.96	26.9	21.15	3	5	30	54	6	0.26	0.47	21.68	0.002717	0.004854	0.035	0.0475	0.203	0.248	1.0702	1.3074	88.45	82.63	1.20	1.36
19	20	83.96	76.462	44.43	16.88	6	16	96	173	6	0.82	1.45	17	0.009579	0.016981	0.0675	0.0925	0.312	0.381	1.4565	1.7786	82.60	75.06	1.36	1.43
20	21	76.462	64.382	45.51	26.54	4	20	120	217	6	1.01	1.79	26.6	0.009510	0.016827	0.0675	0.09	0.312	0.375	1.8219	2.1898	75.03	62.94	1.43	2.76
21	22	64.382	55.91	40.68	20.83	3	35	210	379	6	1.74	3.06	21	0.018373	0.032324	0.0925	0.38	0.381	0.879	1.9768	4.5607	61.98	53.45	2.76	2.46
23	23'	89.13	90.56	47	-3.04	5	5	30	54	6	0.26	0.47	3	0.007304	0.013049	0.0575	0.075	0.281	0.334	0.5511	0.6550	87.93	86.53	1.20	1.93
23'	24	90.56	88.14	17.72	13.66	0	5	30	54	6	0.26	0.47	4	0.006325	0.011301	0.0575	0.075	0.281	0.334	0.6363	0.7563	89.36	88.66	1.93	-0.49
24	19	88.14	83.96	27.5	15.20	0	5	30	54	6	0.26	0.47	12	0.003652	0.006524	0.0575	0.075	0.281	0.334	1.1021	1.3100	88.63	85.35	1.93	1.36
25	26	73.76	68.504	49.18	10.69	2	2	12	22	6	0.11	0.19	11	0.001544	0.002769	0.03	0.04	0.184	0.221	0.6910	0.8299	72.56	67.16	1.20	1.37
26	27	68.504	63.6	46.26	10.60	6	8	48	87	6	0.41	0.74	10.6	0.006165	0.010985	0.0575	0.0725	0.281	0.327	1.0358	1.2054	67.13	62.24	1.37	1.37
27	28	63.6	64.22	38.25	-1.62	4	12	72	130	6	0.62	1.10	1.2	0.027241	0.048402	0.14	0.185	0.495	0.587	0.6139	0.7281	62.23	61.78	1.37	2.46
28	21	64.22	64.382	13.04	-1.24	2	14	84	152	6	0.72	1.27	1.2	0.031659	0.056186	0.15	0.2	0.517	0.615	0.6412	0.7628	61.76	61.62	2.46	2.76
29	30	60.84	57.13	48.56	7.64	3	3	18	33	6	0.16	0.28	7.63	0.002768	0.004957	0.0275	0.04	0.174	0.221	0.5442	0.6912	59.64	55.95	1.20	1.21
30	31	57.13	58.12	50	-1.98	10	13	78	141	6	0.67	1.18	2	0.022814	0.040513	0.22	0.095	0.651	0.388	1.0424	0.6213	55.92	54.93	1.21	3.22
31	32	58.12	55.21	28.54	10.20	6	19	114	206	6	0.96	1.71	3.5	0.024946	0.044159	0.24	0.0775	0.684	0.341	1.4489	0.7223	54.90	53.91	3.22	1.33
32	22	55.21	55.91	49.3	-1.42	7	26	156	282	6	1.31	2.30	1.5	0.051625	0.091114	0.37	0.37	0.868	0.868	1.2037	1.2037	53.88	53.15	1.33	2.76



## **APÉNDICE C**

### **RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO**





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



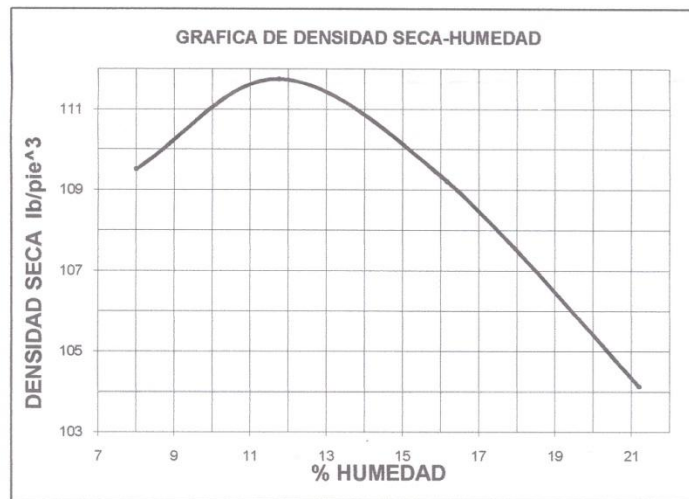
Nº 008879

INFORME No. 421 S.S. O.T.: 26,119

Interesado: José Antonio Vásquez López  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: Pavimentación en Colonia Santo Domingo-EPS  
Ubicación: Aldea Piedra Parada, Cristo Rey, Santa Catarina Pinula  
Fecha: 08 de octubre de 2009



Descripción del suelo: Arena limosa con presencia de grava color café  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1791 Kg/m<sup>3</sup> 111.8 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 11.8 %  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>







CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



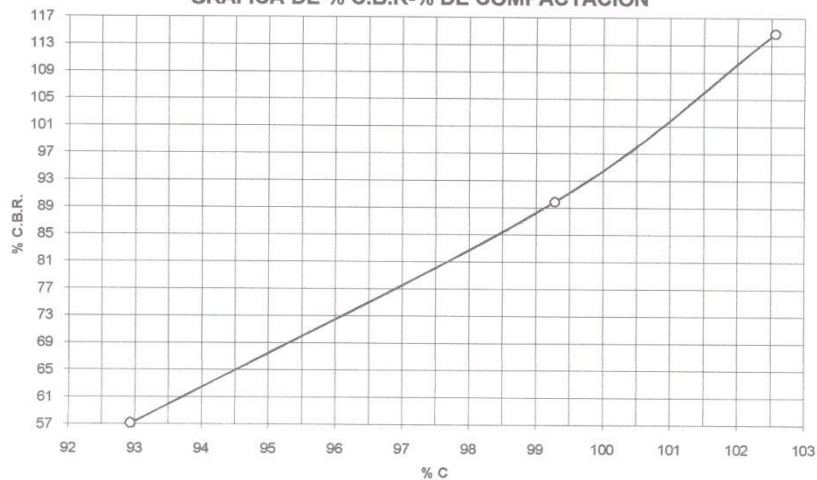
Nº 008878

INFORME No.: 422 S.S. O.T.: 26,119

Interesado: José Antonio Vásquez López  
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
Proyecto: Pavimentación en Colonia Santo Domingo-EPS  
Ubicación: Aldea Piedra Parada, Cristo Rey, Santa Catarina Pinula  
Descripción del suelo: Arena limosa con presencia de grava color café  
Fecha: 08 de octubre de 2009

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_d$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	12.00	103.9	92.94	0.00	57.1
2	30	12.00	111.0	99.28	0.00	90.0
3	65	12.00	114.7	102.56	0.00	114.8

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Mañcela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



*Omar E. Medrano Mendez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008877

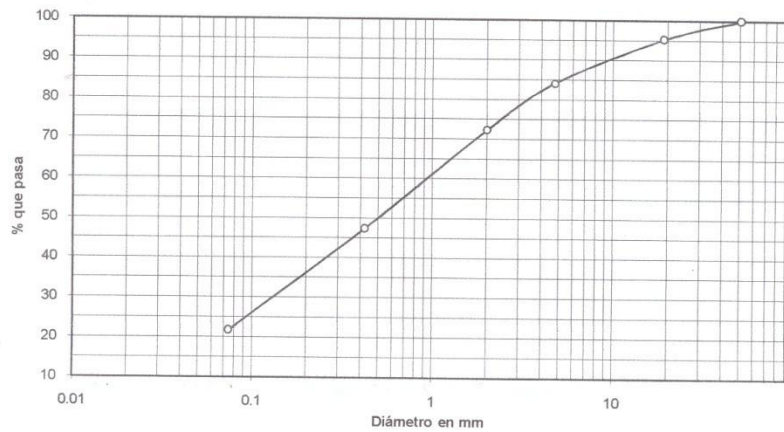
INFORME No: 423 S.S.

O.T. No. 26,119

Interesado: José Antonio Vásquez López  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11  
 Proyecto: Pavimentación en Colonia Santo Domingo-EPS  
 Ubicación: Aldea Piedra Parada, Cristo Rey, Santa Catarina Pinula  
 Fecha: 08 de octubre de 2009

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3"	76.2	100.00
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	95.30
4	4.76	84.20
10	2.00	72.37
40	0.42	47.37
200	0.074	21.71

% de Grava: 15.80  
 % de Arena: 62.49  
 % de Finos: 21.71



Descripción del suelo: Arena limosa con presencia de grava color café  
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1-b  
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cando Morales  
 DIRECTORA CII/USAC



*Omar E. Medrano Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008876

INFORME No. 424 S. S. O.T.: 26119

Interesado: José Antonio Vásquez López  
Proyecto: Pavimentación en Colonia Santo Domingo-EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea Piedra Parada, Cristo Rey, Santa Catarina Pinula

FECHA: 08 de octubre de 2009

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	SM	Arena limosa con presencia de grava color café

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Meléndez,  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



## **APÉNDICE D**

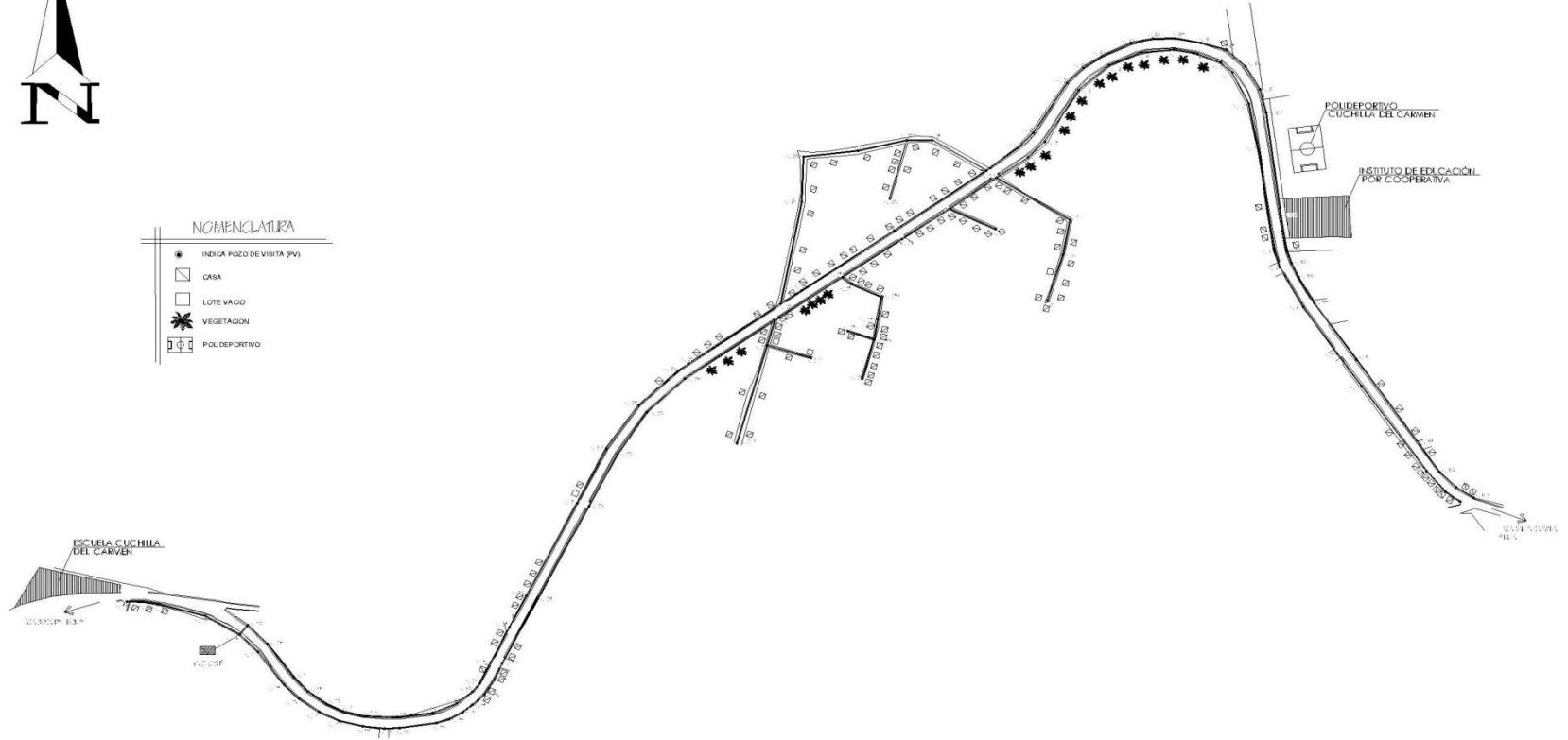
PLANOS DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA  
CUCHILLA DEL CARMEN Y DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y  
PAVIMENTACIÓN EN COLONIA SANTO DOMINGO, ALDEA PIEDRA  
PARADA CRISTO REY, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA,  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA







- NOMENCLATURA**
- INDICA POZO DE VISITA (PV)
  - CASA
  - LOTE VACIO
  - ✱ VEGETACION
  - 1 0 1 POLIDEPORTIVO



PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1/1750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR

PROYECTO: ASESORIA PARA EL DISEÑO DE LA ZONA URBANA DEL CARRERON EN EL MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, PUEBLO

PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

PROYECTISTA:	JOSE ANTONIO VAQUERO	FECHA:	NOVIEMBRE 2006
PROYECTISTA:	JOSE ANTONIO VAQUERO	FECHA:	NOVIEMBRE 2006
PROYECTISTA:	JOSE ANTONIO VAQUERO	FECHA:	NOVIEMBRE 2006

1 11

NOMENCLATURA

- INDICA POZO DE VISITA (PV)
- DIRECCION DEL FLUJO

ESPECIFICACIONES:

Todas las tuberías deberán enterrarse a una profundidad mínima de 1.00 metros sobre el nivel superior del tubo, para tubería instalada bajo calles de tránsito pesado la profundidad mínima será de 1.20 metros.

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM 3034.

El ancho máximo de zanja será de 0.60 metros.

Las distancias son a centros de pozos.

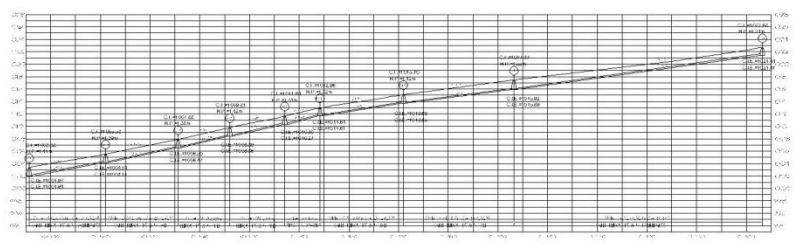
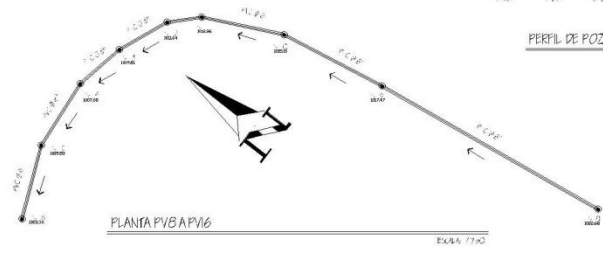
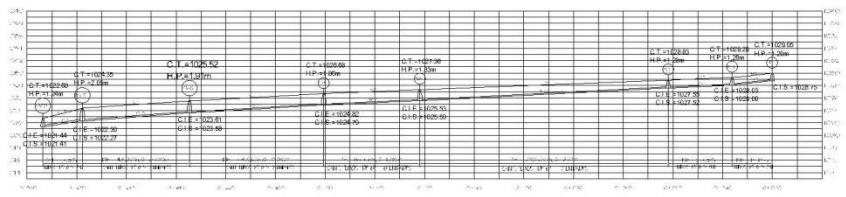
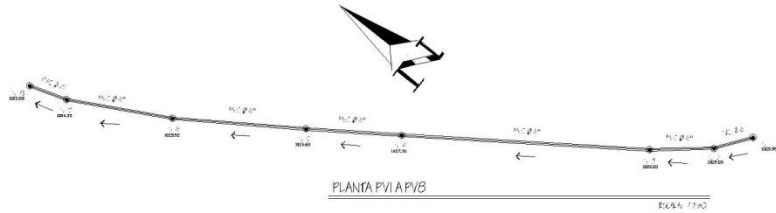


RESUMEN
4.321.80 M. DE TUBERIA
116 POZOS DE VISITA
143 CONEXIONES DOMICILIARES

PLANTA DE CONJUNTO

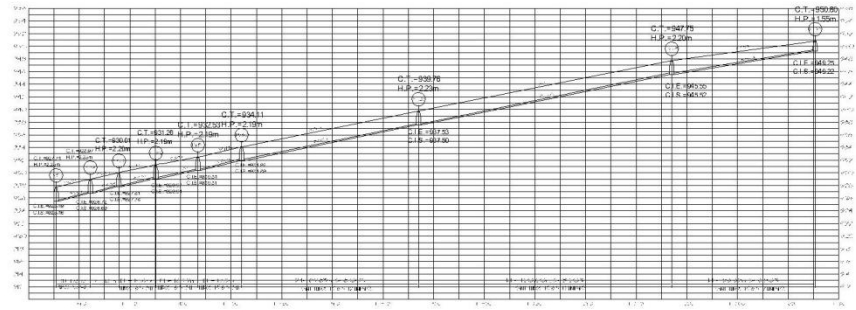
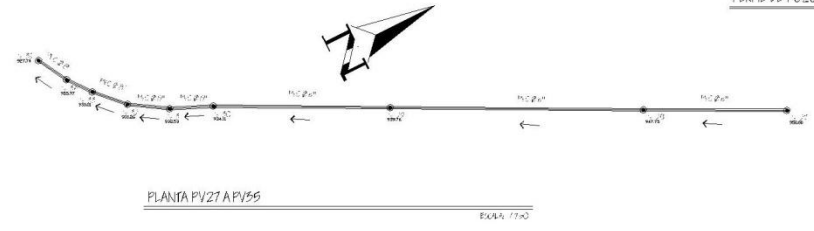
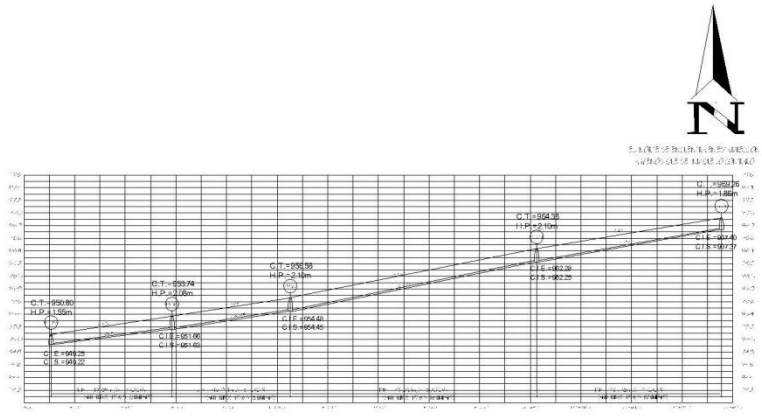
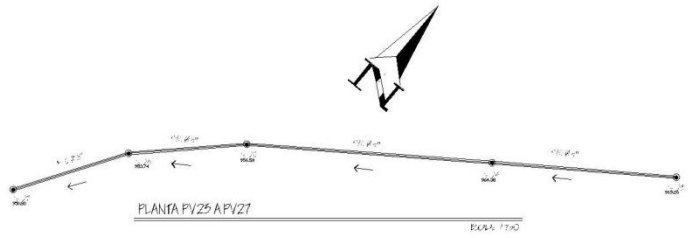
ESCALA: 1/1750

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIOR			
TITULO: ACANTAMIENTO SANITARIO DE LA ZONA OCCIDENTAL DEL CENDEY MUNICIPIO DE SANTA CATERINA			
<b>PLANTA DE CONJUNTO</b>			
Autor: JIMÉ ANTONIO VAQUERO	Fecha: JIMÉ ANTONIO VAQUERO	Tema:	Proyecto:
Profesor: JIMÉ ANTONIO VAQUERO	Fecha del día:	Semestre:	Año:
JIMÉ ANTONIO VAQUERO	2005-2006	2	11

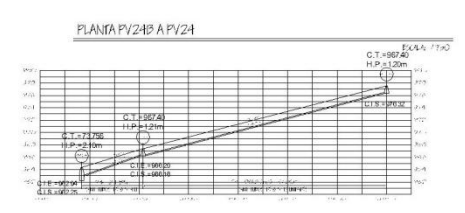
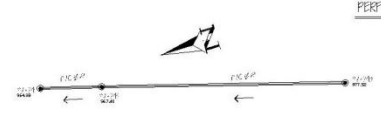
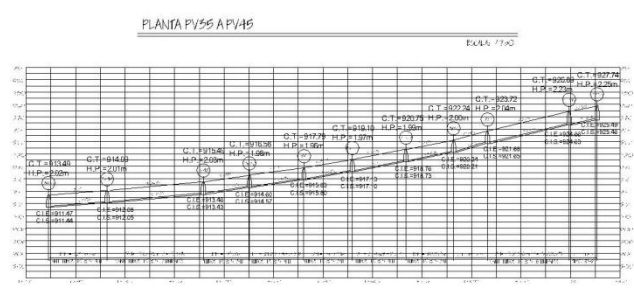
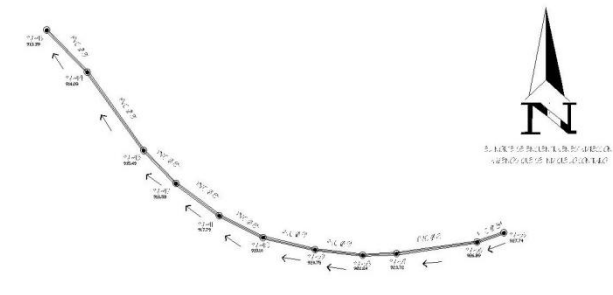
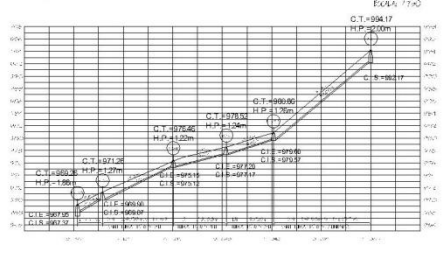
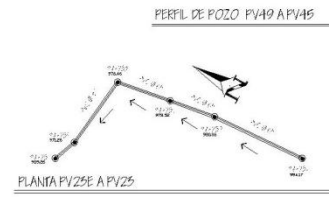
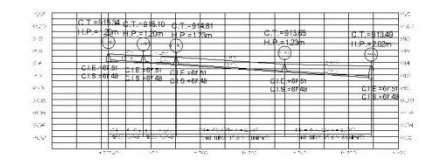
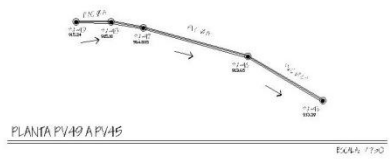


<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN SALUD PÚBLICA			
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y DE CONSULTORÍA			
<b>PLANTA PERFILES</b>			
DISEÑADO POR: JIMMY ANTONIO LAURENZO	DIBUJADO POR: JIMMY ANTONIO LAURENZO	FECHA: 2018-10-18	PÁGINA: 11
TÍTULO: DISEÑO DE TUBERÍA PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUA			ESCALA: 1:500
AUTORIZADO POR: JIMMY ANTONIO LAURENZO			FIRMADO POR: JIMMY ANTONIO LAURENZO

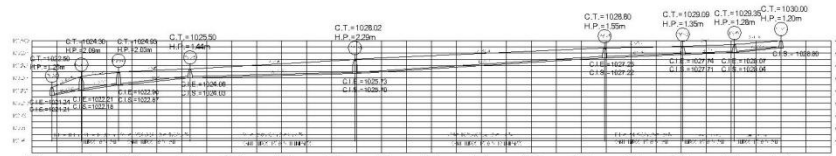
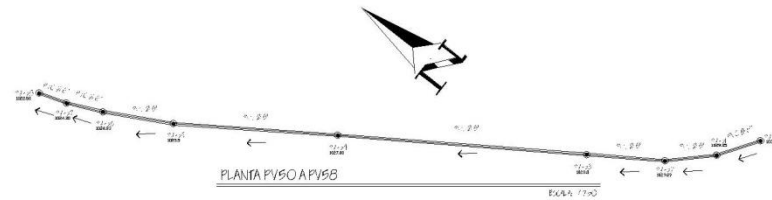


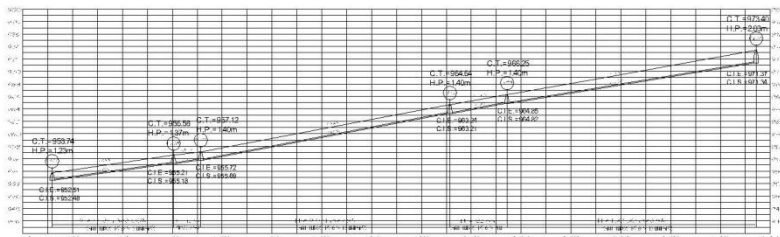
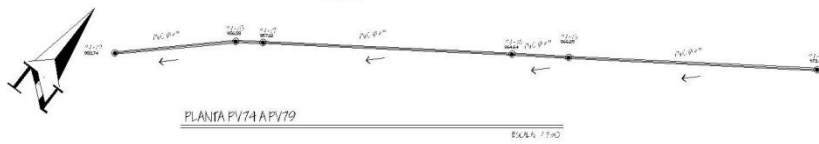
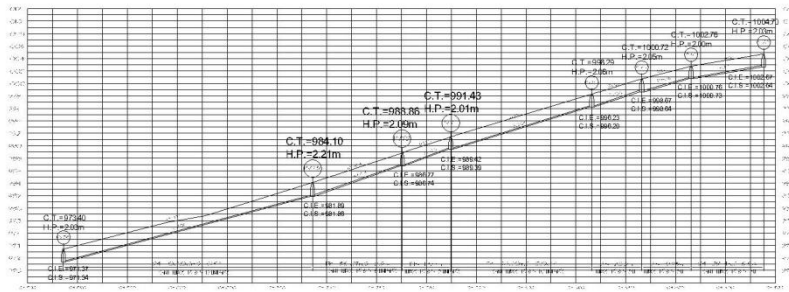
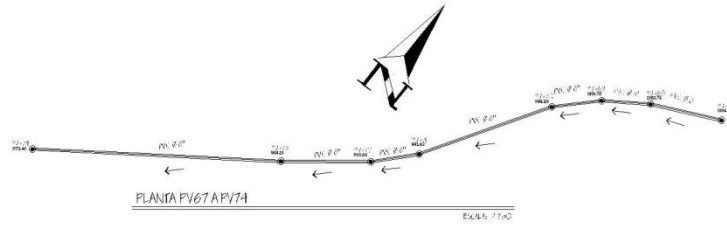


<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA DE PROFESORES DE SECUNDARIO			
PROYECTO: ACQUEDUCTO CON UN POZO EN LA ZONA URBANA DE CHERRY MUNICIPIO DE SAN CAYETANO PUEBLO			
<b>PLANTA PERFILES</b>			
PROF.:	JOSÉ ANTONIO VIGARAY	AYUD.:	JOSÉ ANTONIO VIGARAY
PROF.:	JOSÉ ANTONIO VIGARAY	AYUD.:	ALVARO SAAZ
FECHA:	2008-03-08		
PROYECTO:		5	
FECHA:		11	



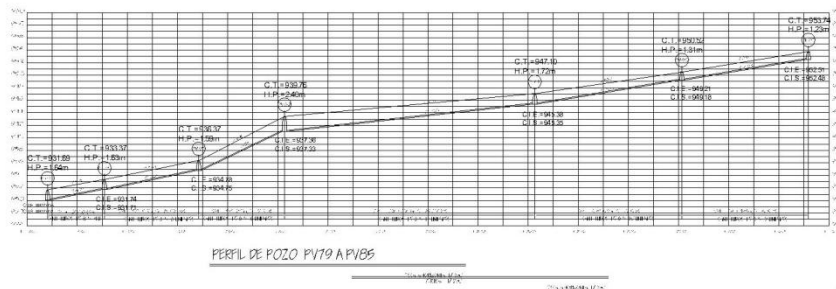
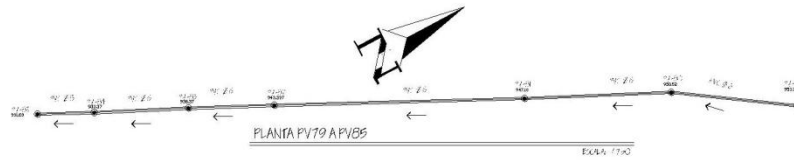
<b>UNI. CIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE PROFESIONALES DE SAN CARLOS			
PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA ZONA URBANA DE SAN CARLOS			
<b>PLANTA PERFILES</b>			
DISEÑADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	DISEÑADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	APROBADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	FECHA: 2011
DISEÑADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	DISEÑADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	APROBADO POR: JORGE ANTONIO LAZAREZ	FECHA: 2011
6		11	





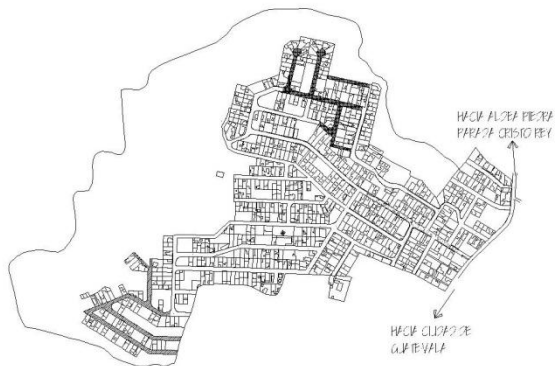
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN POZO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL CANTON DE SAN JUAN CANTON DE SAN JUAN			
<b>PLANTA Y PERFILES</b>			
FECHA:	PROYECTADO:	REVISADO:	CONSTRUIDO:
PROYECTADO:	PROYECTADO:	PROYECTADO:	PROYECTADO:
PROYECTADO:	PROYECTADO:	PROYECTADO:	PROYECTADO:
AUTORIZADO:			11











PLANTA GENERAL COLONIA SANTO DOMINGO

NOMENCLATURA

	SECTOR I
	SECTOR II
	INDICA POZO DE VISIA (PV)
	CASA
	LOTE VACIO



PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1/2500



<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE PROFESORES DE SUPERIOR			
DISEÑO DE UN PLAN DE VIVIENDA PARA UN POZO DE VISIA EN CUARENTA LANTO DOMINGO (SECTOR II) EN LA ZONA URBANA DE SANTO DOMINGO, MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO, GUATEMALA			
<b>PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA</b>			
AUTOR: JOSE ANTONIO LAQUEZ	TITULO: JOSE ANTONIO LAQUEZ	AREA: 1000 m <sup>2</sup>	PERIODO: 2010
ASISTENTE: JOSE ANTONIO LAQUEZ	FECHA: OCTUBRE 2010	ESCALA: 1/2500	HOJA: 18

**NOMENCLATURA**

●	INDICA POZO DE VISTA (PV)
▨	CALLE CON TRÁMITE SANITARIO EXISTENTE
→	DIRECCION DEL FLUJO
XX	POBTE

**RESUMEN**

1326.09 M. DE TUBERIA CENTRAL
30 POZOS DE VISITA
168 CONEXIONES DOMICILIARES
4 FOSAS SEPTICAS
4 POZOS DE ABSORCION

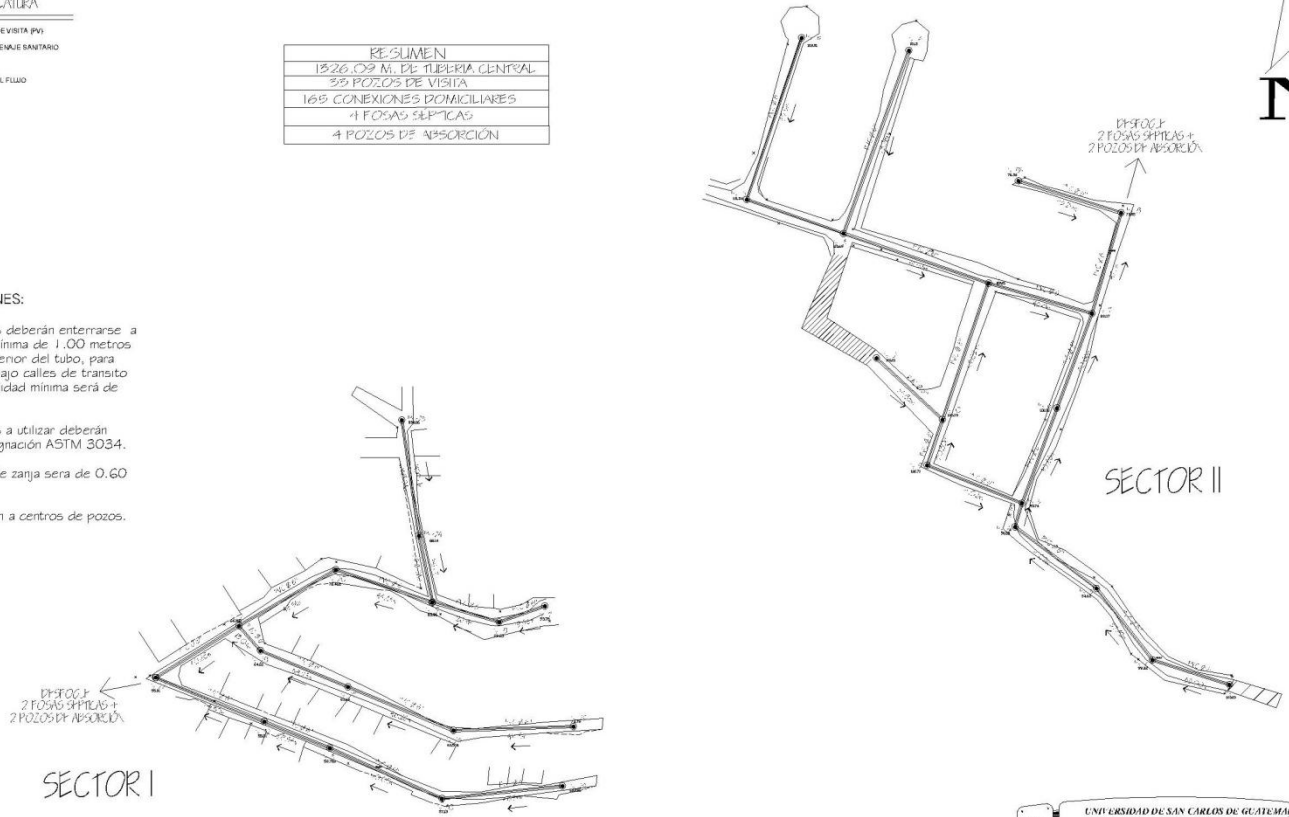
**ESPECIFICACIONES:**

Todas las tuberías deberán enterrarse a una profundidad mínima de 1.00 metros sobre el nivel superior del tubo, para tubería instalada bajo calles de tránsito pesado la profundidad mínima será de 1.20 metros.

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM 3034.

El ancho máximo de zanja será de 0.60 metros.

Las distancias son a centros de pozos.

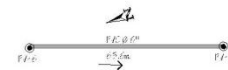
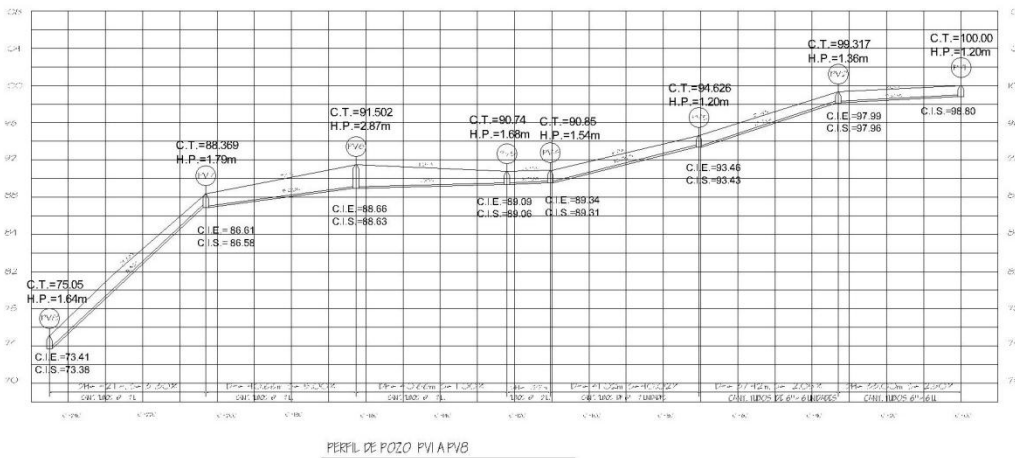
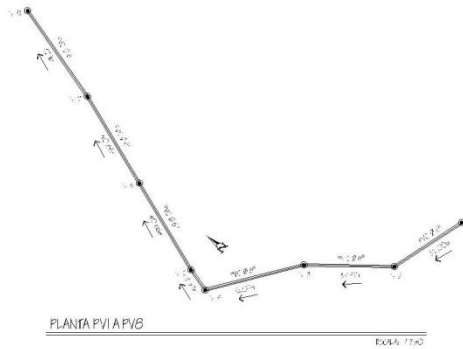


PLANTA DE CONJUNTO

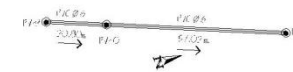
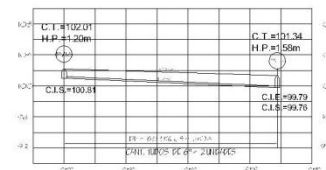
ESCALA: 1/750

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE PROFESORADO DE INGENIERIA			
OBJETO DEL DISEÑO: PLAN DE TUBERIAS Y POZOS DE VISITA EN CONJUNTO SANITARIO DE LA ZONA URBANA DE SANTA CECILIA, MUNICIPIO DE SANTA CECILIA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.			
<b>PLANTA DE CONJUNTO</b>			
DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ
DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ
DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ	DISEÑADO POR: JOSÉ ANTONIO LAQUEZ
ESCALA: 1/750			2
FECHA: 2018-10-18			18

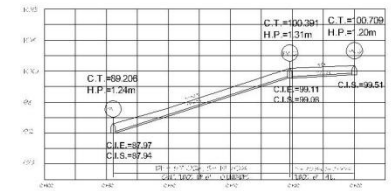
NOMENCLATURA



PLANTA DE POZO PV16 A PV15



PLANTA DE POZO PV9 A PV11



PERFIL DE POZO PV9 A PV11

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
EJERCICIO PROFESIONAL DE SEPTIEMBRE 2010

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TUBERÍAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN CANTÓN, GUATEMALA.

PLANTA PERFILES, SECTOR II

PROFESOR	DR. JOSÉ ANTONIO LÓPEZ	PROF.	RODRIGO
ASISTENTE	JOSÉ ANTONIO LÓPEZ	PROF.	RODRIGO
ASISTENTE	JOSÉ ANTONIO LÓPEZ	PROF.	RODRIGO
ASISTENTE	JOSÉ ANTONIO LÓPEZ	PROF.	RODRIGO

FECHA: 2010-09-10

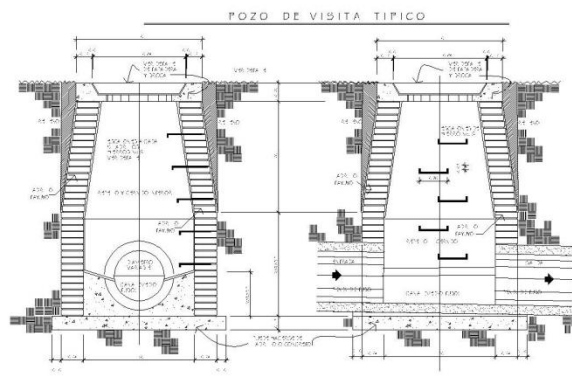
18







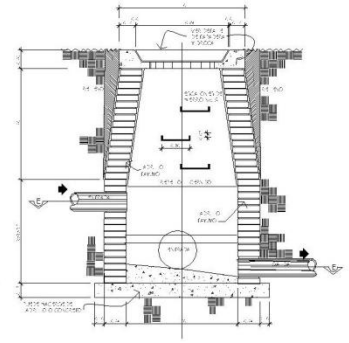




SECCION A-A' ESCALA 1:50

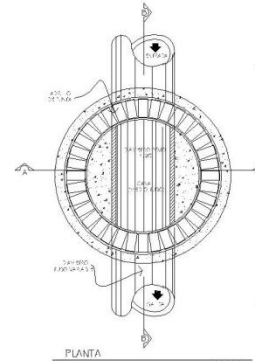
SECCION B-B' ESCALA 1:50

DETALLE DE POZO CON 2 ENTRADAS

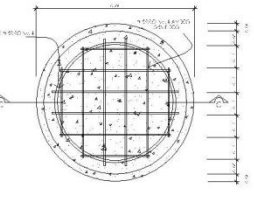


SECCION D-D' ESCALA 1:50

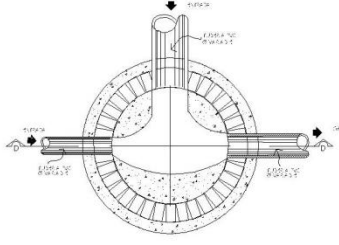
**ESPECIFICACIONES:**  
 LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IR EN DESARROLLO CON LA INCLINACIÓN DE LA PARED DE BORDO INTERIOR.  
 EL HORMIGÓN A LA VIGILIA EN EL MOMENTO DEL LANZAMIENTO DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁ SER DE CLASIFICACIÓN Y ARMA DE BICI CON PROPORCIÓN 1:2.  
 EL INTERIOR DE LOS POZOS SE ALISARÁ CON SAREB A ESCUDO Y ARMA DE BICI PASA A LA ALTURA DE 0.80 CM. SOBRE LA COTA DE CERRAMA DE LA TUBERÍA DE BORDO.  
 EL CONCRETO DEBERÁ TENER UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 20-25 MPa Y PROPORCIÓN 1:2:3.  
 EL ACERO DE BORDADO DEBERÁ CON FY = 28000 MPa Y Ø 10.



PLANTA ESCALA 1:50

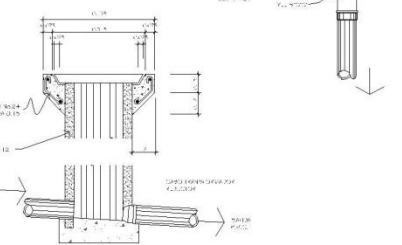


TAPADERA POZO, PLANTA + SECCION C-C' ESCALA 1:50

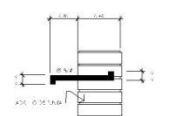


PLANTA E-E' ESCALA 1:50

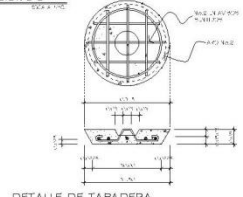
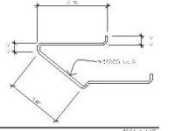
PLANTA DE CANDELA DOMICILIAR ESCALA 1:50



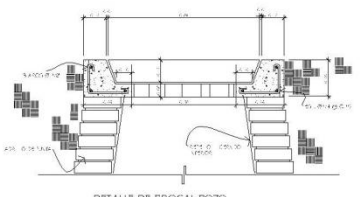
DETALLE DE CANDELA DOMICILIAR ESCALA 1:50



DETALLE DE ESCALON ESCALA 1:50

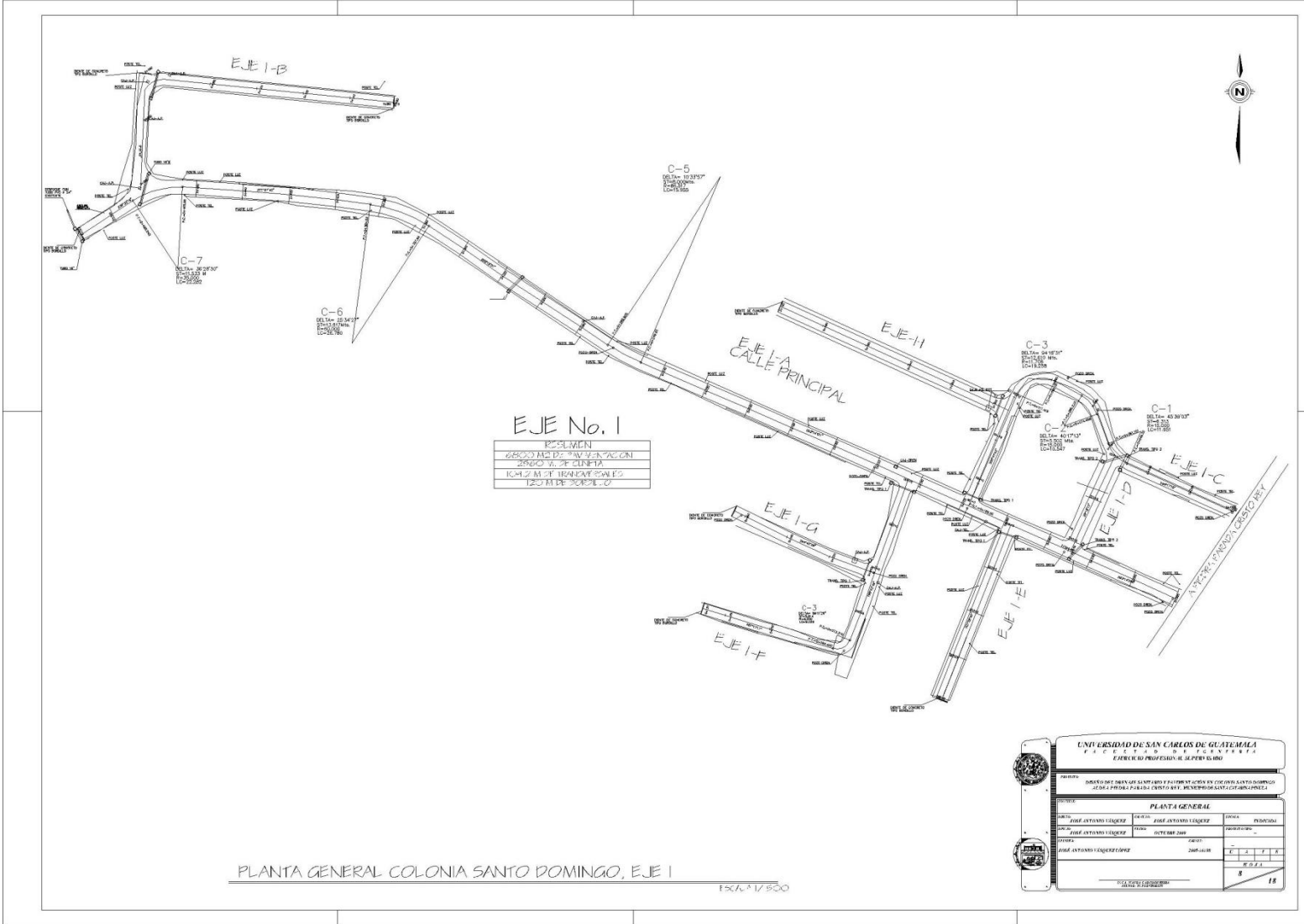


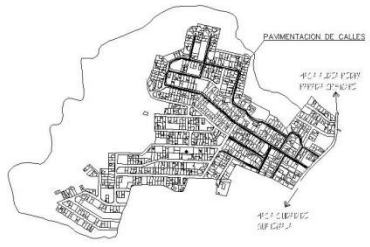
DETALLE DE TAPADERA CANDELA DOMICILIAR ESCALA 1:50



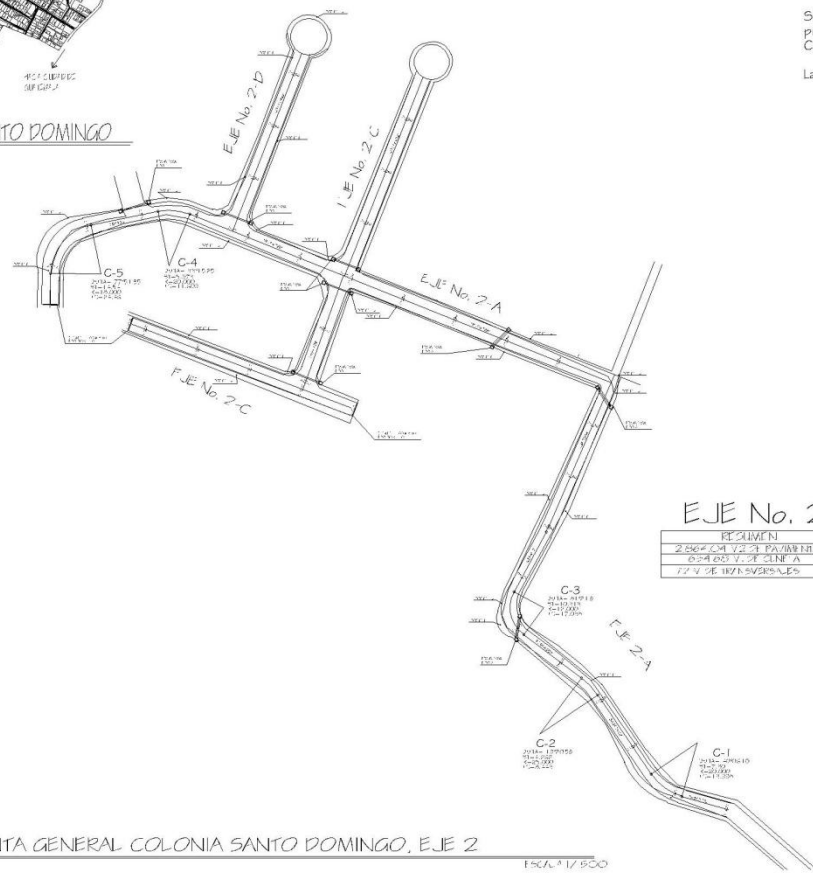
DETALLE DE BROCAL POZO ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE AGUAS			
TÍTULO: DISEÑO DE UN POZO DE VISITA Y SU TUBERÍA EN CONCRETO ARMADO PARA UN POZO DE VISITA DE 1.50 M DE DIÁMETRO Y 1.50 M DE PROFUNDIDAD.			
<b>DETALLES</b>			
ALUMNO:	FECHA:	PROFESOR:	PERIODO:
JOSÉ ANTONIO LOPEZ	2018	JOSÉ ANTONIO LOPEZ	II
ASISTENTE:	FECHA:	PROFESOR:	PERIODO:
JOSÉ ANTONIO LOPEZ	2018	JOSÉ ANTONIO LOPEZ	II
TÍTULO: DISEÑO DE UN POZO DE VISITA Y SU TUBERÍA EN CONCRETO ARMADO PARA UN POZO DE VISITA DE 1.50 M DE DIÁMETRO Y 1.50 M DE PROFUNDIDAD.		7	
TÍTULO: DISEÑO DE UN POZO DE VISITA Y SU TUBERÍA EN CONCRETO ARMADO PARA UN POZO DE VISITA DE 1.50 M DE DIÁMETRO Y 1.50 M DE PROFUNDIDAD.		18	





PLANTA GENERAL COLONIA SANTO DOMINGO  
 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



EJE No. 2  
 RESUMEN  
 2.8564 KM VZL DE PAVIMENTACION  
 0.24 KM VZL DE CENEA  
 7.7 VZL DE VEREDALES

PLANTA GENERAL COLONIA SANTO DOMINGO, EJE 2  
 ESCALA 1/500

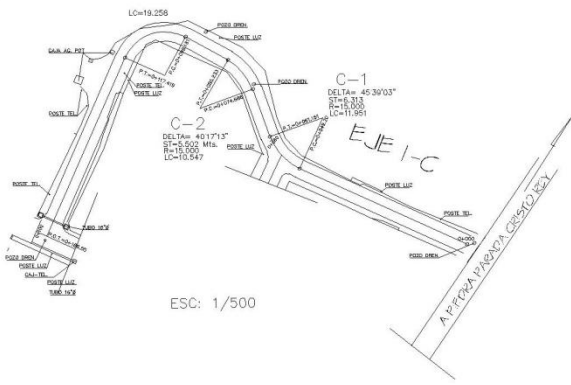
ESPECIFICACIONES:

- La carpeta de rodadura será de concreto con un espesor de 0,15 mts.
- El concreto debe tener una resistencia a compresión de 3,500 psi a los 28 días y proporción 1:1.5:2.5.
- Se deberá curar el concreto con producto elaborado bajo la norma ASTM C-309.
- La velocidad de diseño es de 20 KPH.

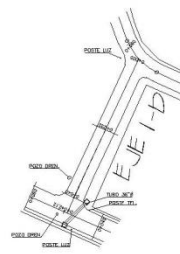
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA DE PROFESORES DE INGENIERIA			
TITULO: DISEÑO DEL DISEÑO DE PAVIMENTACION Y PLANTAMIENTO EN COLONIA SANTO DOMINGO SOBRE PROYECTO PARA EL PUNTO DE INTERSECCION DE LAS CALLES A, B, C Y D.			
PLANTA GENERAL			
PROFESOR: JOSE ANTONIO LAQUEZ	ALUMNO: JOSE ANTONIO LAQUEZ	FECHA: 2008-08-08	PROYECTO: -
PROFESOR: JOSE ANTONIO LAQUEZ	ALUMNO: JOSE ANTONIO LAQUEZ	FECHA: 2008-08-08	PROYECTO: -
PROFESOR: JOSE ANTONIO LAQUEZ	ALUMNO: JOSE ANTONIO LAQUEZ	FECHA: 2008-08-08	PROYECTO: -
EVALUACION			18



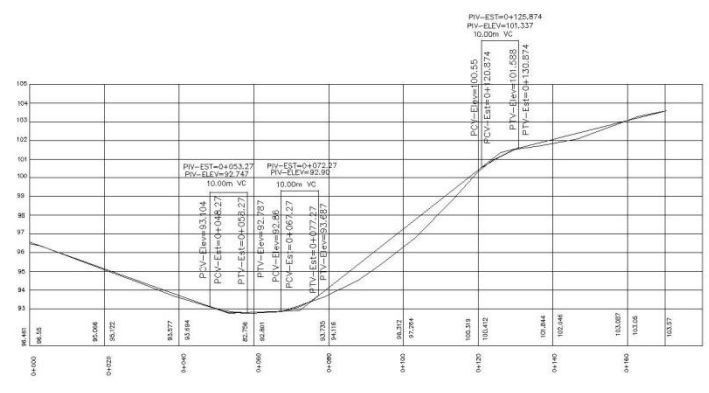




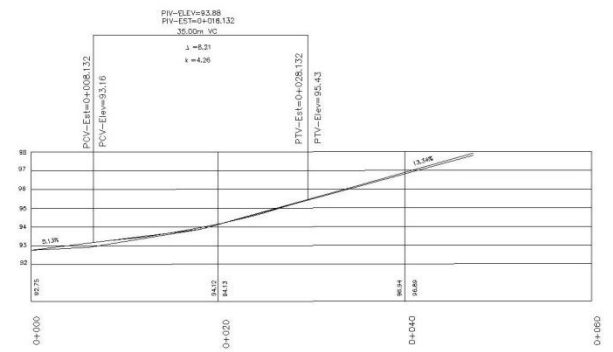
ESC: 1/500



ESC: 1/500



PERFIL EJE I-C  
ESC: HORIZONTAL 1/500  
ESC: VERTICAL 1/100

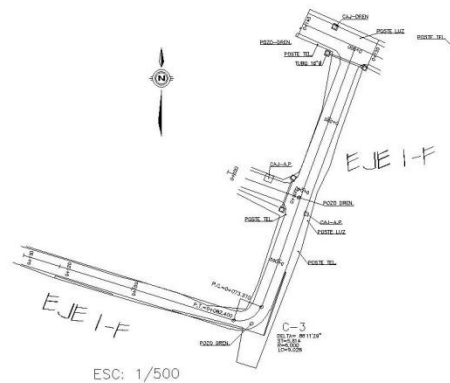
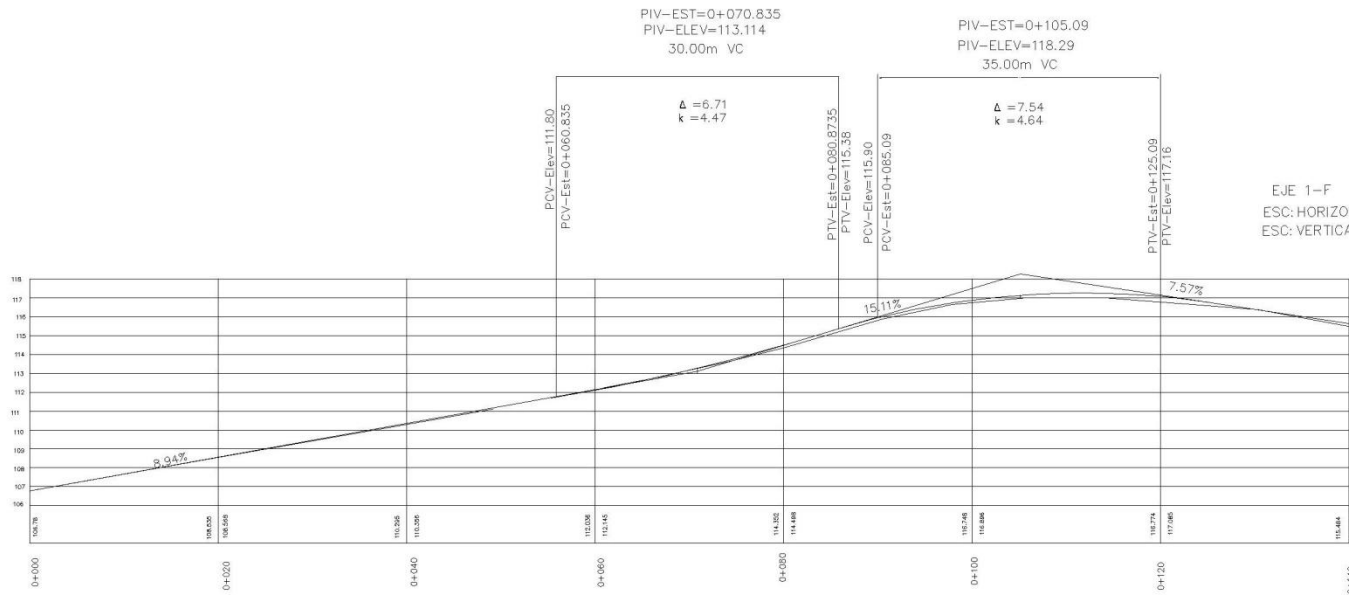


EJE I-D  
ESC: HORIZONTAL 1/200  
ESC: VERTICAL 1/100

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL DE SEPTIEMBRE			
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PROFESIONALES DE GUATEMALA			
<b>PLANTA PERFILES</b>			
PROYECTO:	FECHA:	INGENIERO:	PROFESOR:
ASOCIACIÓN DE INGENIEROS	2004	ANTONIO SANCHEZ	ANTONIO SANCHEZ
FECHA:	PROYECTO:	FECHA:	PROYECTO:
2004	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS	2004	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS
INGENIERO: ANTONIO SANCHEZ			PÁGINA: 12 DE: 18

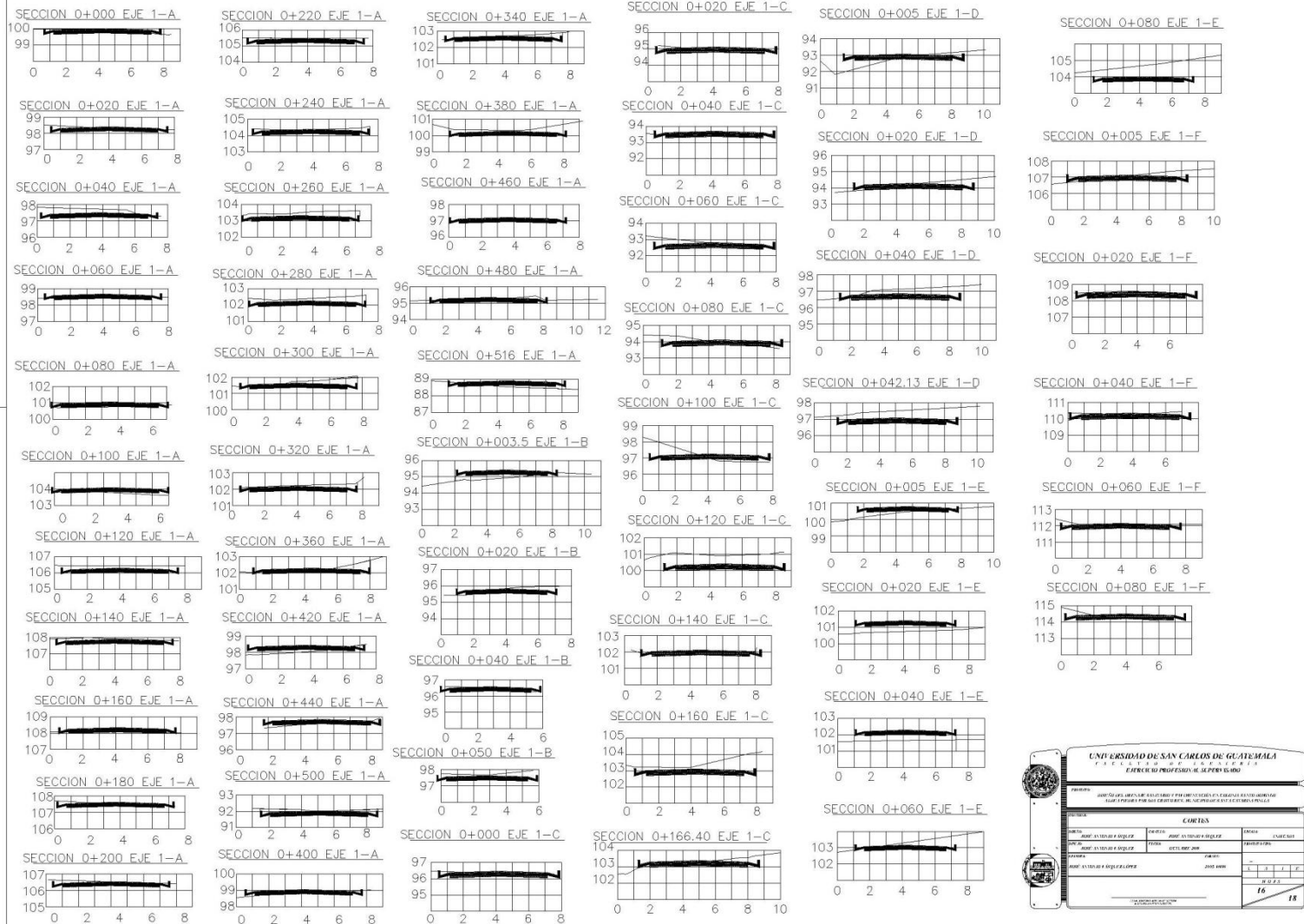






<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA	
TITULO: PLANTA PERFILES	
ALUMNO: JOSE ANTONIO LOPEZ	PROFESOR: JOSE ANTONIO LOPEZ
TEMA: PLANTA PERFILES	MATERIA: DISEÑO
FECHA: 2014-12-11	ESCALA: 1/100
PÁGINA: 14	TOTAL: 18





**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

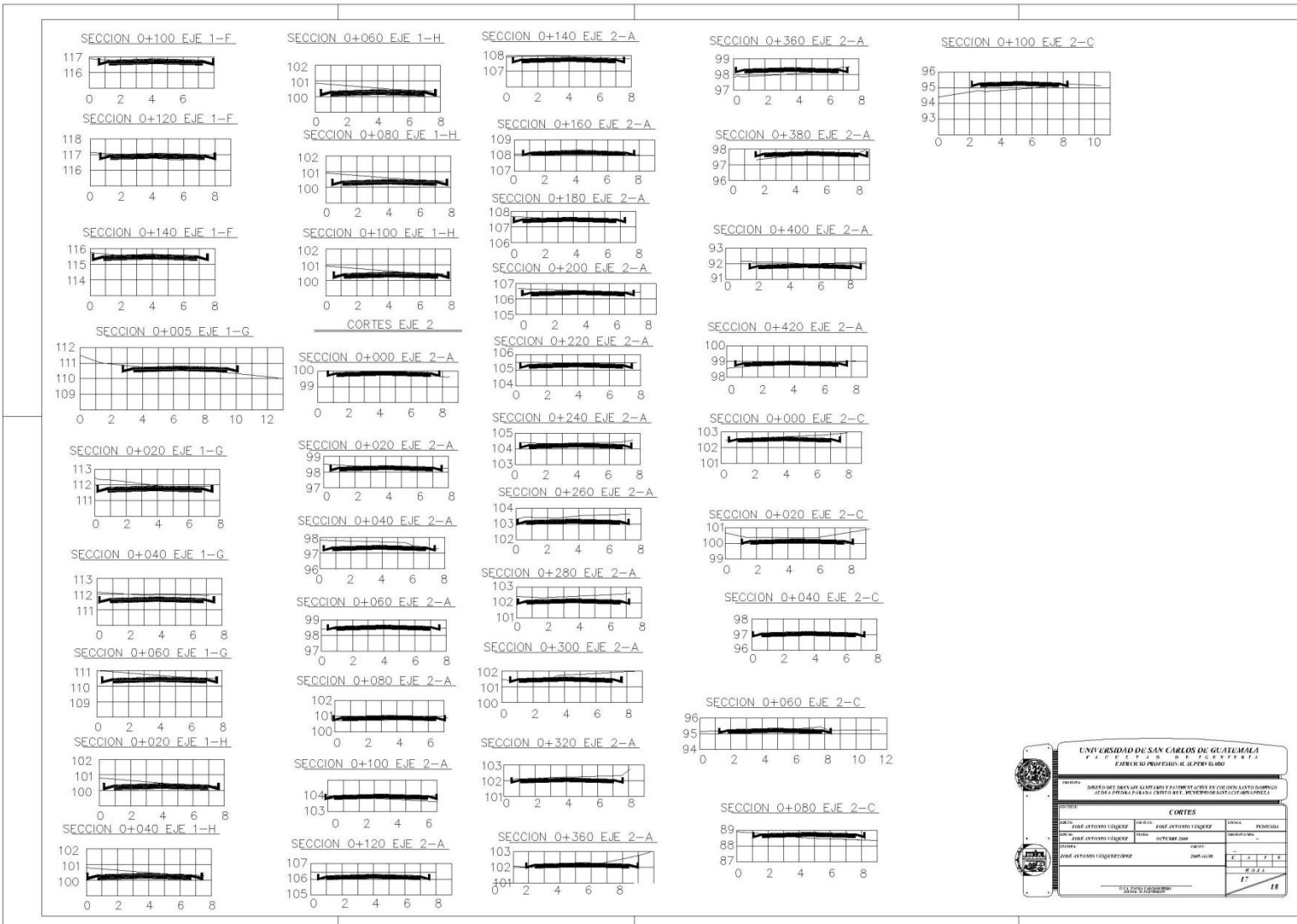
Profesor: \_\_\_\_\_

Asignatura: \_\_\_\_\_

Grado: \_\_\_\_\_

Sección: \_\_\_\_\_

16 18



<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> F. F. C. C. T. A. D. - S. E. P. U. S. C. A. R. T. A.			
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INGENIERIA DE VIAL			
CORTES			
PROFESOR:	ASISTENTE:	AYUDANTE:	OTRO:
JOSÉ ANTONIO LAZARUS	JOSÉ ANTONIO LAZARUS	JOSÉ ANTONIO LAZARUS	
FECHA:	INSTRUMENTOS:	CAJAS:	
TITULO:			18

