



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

**DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO  
DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

**Iris Marleny Prado Herrera**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, abril de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO  
DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**IRIS MARLENY PRADO HERRERA**

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

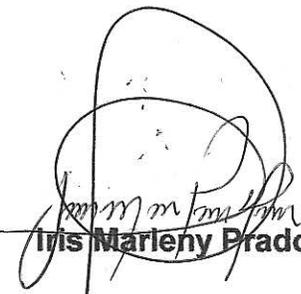


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de abril de 2010.



**Iris Marleny Prado Herrera**





Guatemala, 26 de septiembre de 2012  
Ref.EPS.DOC.1326.09.12

Inga. Sigríd Alitza Calderón de León  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Iris Marleny Prado Herrera** con carné No. **200413162**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA”**.

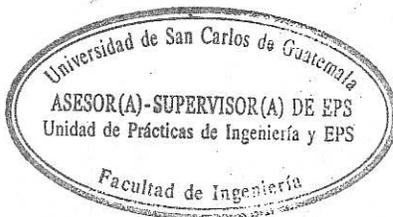
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo  
CCdP/ra



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



Guatemala,  
19 de noviembre de 2012

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 DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Iris Marleny Prado Herrera, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

bbdeb.



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



Guatemala,  
25 de enero de 2013

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

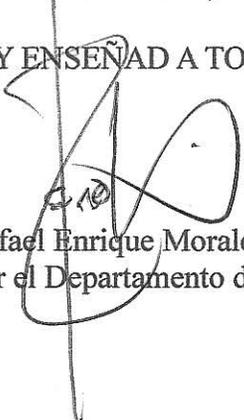
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Iris Marleny Prado Herrera, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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.





Guatemala, 30 de enero de 2013  
Ref.EPS.D.53.01.13

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 DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Iris Marleny Prado Herrera**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Christa Del Rosario Classon de Pinto.

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. Sigrid Alitza Calderón León  
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigríd Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación de la estudiante Iris Marleny Prado Herrera, titulado **DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua







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 DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III, ALDEA EL PAJÓN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Iris Marleny Prado Herrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** David Prado e Iris Herrera de Prado, porque este logro es mucho más de ustedes y no hubiera sido posible sin su sacrificio e inmenso amor que manifiestan día con día.
- Mis hermanos** Erick, Marvin, Teresa y Elder Prado Herrera, por ser las personas que más admiro y por el enorme ejemplo de vida que me brindan.
- Mis sobrinos** Stephanny, David, y Daniela Díaz, Erick, Margarita, y Mónica Prado, por ser la alegría de mi vida.
- Mis cuñados** Edwin Díaz, Julissa Martínez y María Rodríguez, por su gran apoyo y confianza en mí.
- Mis tíos y primos** Por su apoyo y cariño
- Mis amigos** Por su invaluable amistad incondicional, con los que compartí momentos inolvidables y por tener la alegría de tenerlos a mi lado.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser la luz y guía de mi caminar.
<b>Mis padres</b>	David Prado e Iris Herrera de Prado por ser la fuerza de mi vida y por todo el amor, comprensión y apoyo incondicional, ya que han logrado hacer de mí lo que soy ahora.
<b>Mis hermanos</b>	Erick, Marvin, Teresa y Elder Prado Herrera, por ser mis amigos incondicionales, ayudarme y creer en mí en todo momento.
<b>La familia</b>	Ruano Castañaza, por su cariño y apoyo.
<b>Inga. Christa Classon</b>	Por su valiosa colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de graduación.
<b>La Municipalidad de Santa Catarina Pinula</b>	Por permitirme desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado en su localidad.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haber participado durante toda mi formación académica.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.....	1
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Características geográficas .....	1
1.2.1. Localización y extensión territorial.....	2
1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias .....	2
1.2.3. Vías de acceso .....	2
1.2.4. Clima e hidrografía.....	3
1.3. Características económicas.....	3
1.4. Características socioculturales .....	3
1.4.1. Población .....	4
1.4.2. Educación .....	4
1.4.3. Servicios básicos existentes .....	5
2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	7
2.1. Descripción del proyecto.....	7

2.2.	Levantamiento topográfico .....	7
2.3.	Altimetría .....	7
2.3.1.	Planimetría.....	8
2.4.	Diseño del sistema .....	8
2.4.1.	Diseño del sistema a utilizar .....	8
2.4.2.	Período de diseño.....	10
2.4.3.	Población de diseño.....	10
2.4.4.	Dotación .....	11
2.4.5.	Factor de retorno .....	11
2.4.6.	Factor de Harmond .....	12
2.4.7.	Caudal sanitario.....	12
2.4.7.1.	Caudal domiciliar .....	12
2.4.7.2.	Caudal de infiltración .....	13
2.4.7.3.	Caudal por conexiones ilícitas .....	14
2.4.7.4.	Factor de caudal medio .....	14
2.4.7.5.	Caudal de diseño.....	16
2.4.8.	Selección de tubería .....	17
2.4.9.	Diseño de sección de pendientes .....	17
2.4.10.	Pozos de visita.....	18
2.4.11.	Conexiones domiciliarias .....	20
2.4.12.	Profundidad de tubería .....	22
2.4.13.	Principios hidráulicos .....	24
2.4.13.1.	Relaciones hidráulicas.....	24
2.4.14.	Cálculo hidráulico .....	26
2.4.14.1.	Parámetros de diseño .....	26
2.4.14.2.	Ejemplo de diseño de un tramo .....	27
2.4.14.3.	Especificaciones técnicas.....	31
2.5.	Desfogue de aguas servidas .....	36
2.6.	Estudio de impacto ambiental.....	36

2.6.1.	Identificación de los factores que puedan causar impacto al medio ambiente y en qué parte está afectado .....	37
2.6.2.	Impactos negativos .....	38
2.7.	Presupuesto .....	41
2.8.	Análisis socioeconómico.....	41
2.8.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	42
2.8.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	42
3.	DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.....	43
3.1.	Descripción del proyecto.....	43
3.1.1.	Alcances del proyecto .....	43
3.1.1.1.	Levantamiento topográfico.....	43
3.1.2.	Planimetría y altimetría .....	44
3.1.3.	Sección transversal.....	44
3.2.	Diseño de localización .....	45
3.2.1.	Diseño horizontal .....	45
3.2.2.	Curva horizontal.....	46
3.3.	Proyección vertical longitudinal.....	55
3.3.1.	Tangentes verticales .....	56
3.3.1.1.	Clasificación de las pendientes.....	56
3.4.	Curva vertical.....	57
3.4.1.	Cálculo para las curvas verticales .....	62
3.4.2.	Criterio para el diseño de curvas verticales .....	64
3.4.2.1.	Criterio de comodidad.....	64
3.4.2.2.	Criterio de apariencia.....	64
3.4.2.3.	Criterio de drenaje .....	65
3.4.2.4.	Criterio de seguridad .....	65

3.5.	Secciones transversales.....	69
3.5.1.	Elementos de una sección transversal.....	70
3.6.	Cálculos para los movimientos de tierra .....	74
3.7.	Estudio de suelos .....	77
3.7.1.	Ensayos de laboratorio .....	77
3.7.1.1.	Determinación del contenido de humedad .....	77
3.7.2.	Ensayo granulométrico .....	78
3.7.3.	Límites de Atterberg.....	80
3.7.4.	Límite líquido.....	81
3.7.4.1.	Límite plástico .....	81
3.7.4.2.	Índice plástico.....	82
3.7.5.	Ensayos para el control de la construcción .....	82
3.7.5.1.	Ensayo de compactación o próctor modificado.....	83
3.7.6.	Ensayos para determinar la resistencia del suelo ....	83
3.7.6.1.	Ensayo de valor soporte CBR.....	83
3.7.7.	Análisis de resultados del laboratorio de suelos.....	84
3.8.	Método y procedimiento de diseño, del pavimento flexible para la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala .....	85
3.8.1.	Pavimento flexible.....	85
3.8.1.1.	Tipos de pavimento .....	86
3.8.2.	Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO 93.....	88
3.8.3.	Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO 93.....	88
3.8.4.	Factores a considerar en el cálculo y diseño .....	89
3.8.5.	Período de diseño.....	89
3.8.6.	Tránsito.....	90

3.8.6.1.	Vehículos de diseño .....	91
3.8.6.2.	Volumen de tránsito.....	91
3.8.6.3.	Tránsito promedio diario anual, TPDA.....	92
3.8.7.	Ejes equivalentes.....	92
3.8.8.	Serviciabilidad.....	94
3.8.9.	Confiabilidad .....	94
3.8.10.	Diseño de la estructura del pavimento flexible .....	96
3.8.11.	Espesores de diseño.....	103
3.8.12.	Subrasante .....	117
3.8.12.1.	Materiales adecuados para la subrasante.....	118
3.8.12.2.	Colocación.....	119
3.8.13.	Subbase.....	120
3.8.13.1.	Materiales adecuados para la subbase.....	121
3.8.13.2.	Colocación.....	122
3.8.14.	Base .....	123
3.8.14.1.	Materiales adecuados para la base .....	123
3.8.14.2.	Colocación.....	124
3.8.15.	Carpeta de rodadura .....	125
3.8.15.1.	Características de la capa de rodadura .....	127
3.8.15.2.	Material adecuado para la capa de rodadura .....	128
3.8.15.3.	Colocación de la carpeta de concreto asfáltico .....	129
3.8.16.	Sistema de drenaje .....	131
3.8.16.1.	Drenaje superficial .....	131
3.8.16.2.	Criterios de diseño.....	132

3.8.17.	Drenaje longitudinal .....	133
3.8.17.1.	Elementos de canalización .....	134
3.8.17.2.	Cunetas .....	134
3.8.17.3.	Determinación del caudal de referencia .....	135
3.8.18.	Drenaje transversal.....	143
3.9.	Evaluación de impacto ambiental .....	146
3.9.1.	Matriz de riesgos .....	147
3.9.2.	Impactos deducidos del estudio .....	149
3.9.2.1.	Impacto sobre el agua .....	149
3.9.2.2.	Impacto en la atmosfera: calidad del aire y ruido.....	149
3.9.2.3.	Impacto en la calidad del aire .....	150
3.9.2.4.	Contaminación sonora.....	150
3.9.2.5.	Impacto sobre el medio biótico .....	150
3.9.2.6.	Impacto sobre la vegetación .....	151
3.9.3.	Medidas correctoras .....	151
3.10.	Presupuesto .....	152
CONCLUSIONES .....		155
RECOMENDACIONES .....		157
BIBLIOGRAFÍA.....		159
APÉNDICES .....		161
ANEXOS.....		173

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Partes de un pozo de visita .....	19
2.	Sección transversal.....	45
3.	Elementos de la curva horizontal .....	46
4.	Cambio proporcional del peralte.....	54
5.	Curva convexa o cresta.....	58
6.	Curva cóncava o Columpio .....	59
7.	Elementos de la curva vertical.....	60
8.	Sección transversal en tangente .....	69
9.	Secciones transversales típicas .....	74
10.	Esquema del comportamiento de pavimentos rígidos y flexibles.....	87
11.	Tipo de vehículo.....	100
12.	Diseño de número estructural. ....	107
13.	Coeficiente estructural a partir del módulo elástico del concreto asfáltico.....	110
14.	Variación en el coeficiente estructural de la capa base .....	111
15.	Variación en el coeficiente estructural de la capa subbase .....	112
16.	Detalle de garabito.....	117
17.	Tipos de superficies de rodadura en pavimentos flexibles.....	127
18.	Dimensiones de cuneta.....	142

## TABLAS

I.	Valores permitidos de factor de caudal medio.....	16
II.	Profundidad mínima de la cota invert (m).....	23
III.	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro.....	23
IV.	Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario.....	41
V.	Tabulación datos curvas horizontales.....	50
VI.	Especificaciones para curvas circulares.....	52
VII.	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	55
VIII.	Valores de coeficiente de fricción y tiempo de percepción en función de la velocidad.....	62
IX.	Valores de la constante K.....	63
X.	Tabulación de curvas verticales.....	68
XI.	Valores del bombeo dependiendo la superficie.....	71
XII.	Inclinación de taludes.....	76
XIII.	Clasificación del suelo CBR.....	84
XIV.	Períodos de diseño en función del tipo de carretera.....	90
XV.	Valores de R de confiabilidad con diferentes clasificaciones funcionales.....	95
XVI.	Clasificación de carreteras.....	96
XVII.	Características geométricas de la carretera en estado final.....	97
XVIII.	Factores de crecimiento de tránsito.....	98
XIX.	Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips, en carga simple.....	101
XX.	Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_t = 2,0$ .....	103
XXI.	Valor del módulo de resiliencia de los materiales.....	106
XXII.	Tabla de valor del número estructural.....	109
XXIII.	Resumen de datos.....	112
XXIV.	Valores de los espesores calculados.....	114

XXV.	Espesores mínimos sugeridos .....	114
XXVI.	Espesores mínimos de capas asfálticas sobre bases .....	115
XXVII.	Espesores a utilizar .....	115
XXVIII.	Grados de asfalto de acuerdo con el tipo de clima .....	116
XXIX.	Características del material de la subrasante .....	119
XXX.	Características del material de la subbase .....	122
XXXI.	Características de los materiales de la base .....	124
XXXII.	Especificaciones del cemento asfáltico .....	129
XXXIII.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía .....	138
XXXIV.	Parámetros A, B y n de las ecuaciones de la forma de la Es 1 obtenidos en los análisis. Tr=período de retorno (años) R2=coeficiente de determinación .....	139
XXXV.	Coeficiente de rugosidad K .....	141
XXXVI.	Matriz de riesgo .....	148
XXXVII.	Presupuesto general de pavimento flexible .....	153



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\Delta$	Ángulo central de la curva
A	Área
Q	Caudal a sección llena
qcom	Caudal comercial
Qci	Caudal de conexiones ilícitas
qdis actual	Caudal de diseño actual
Qinf	Caudal de infiltración
q dom	Caudal domiciliario
q ind	Caudal industrial
q	Caudal real a sección llena
PVC	Cloruro de polivinilo
n	Coefficiente de rugosidad
Cm	Cuerda máxima
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
FQM	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
FR	Factor de retorno
°C	Grados centígrados
Psi	Libras por pulgada cuadrada
Lc	Longitud de curva
m <sup>3</sup> /seg	Metros cúbicos por segundo (caudal)
Om	Ordenada media

<b>S (%)</b>	Pendiente del terreno en porcentaje
<b>e(%)</b>	Peralte
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>P</b>	Población
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>PV</b>	Pozo de visita
<b>PC</b>	Punto de comienzo de curva
<b>PI</b>	Punto de intersección
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>PT</b>	Punto de término de curva
<b>R</b>	Radio de curva
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>St</b>	Subtangente
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario
<b>TPDC</b>	Tránsito promedio diario de camiones
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo
<b>V</b>	Velocidad de flujo a sección llena
<b>v</b>	Velocidad de flujo dentro de la alcantarilla

## GLOSARIO

<b>Aguas residuales</b>	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua provenientes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente, su rango varía de 0° a 360°.
<b>Bases de diseño</b>	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo al tipo de proyecto.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
<b>Colector</b>	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la descarga de las aguas residuales o pluviales.
<b>Compactación</b>	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.

<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se depositan las aguas residuales que provienen de un colector.
<b>Desfogue</b>	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
<b>Desinfección</b>	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua mediante procesos químicos.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de esfuerzo por unidad de área.
<b>Especificaciones</b>	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
<b>Perfil</b>	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura que sirve para recibir y depositar las aguas residuales entre dos tuberías. Se utiliza para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.

<b>Tramo</b>	Espacio comprendido entre el centro de los pozos de visita.
<b>Valor soporte</b>	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.



## RESUMEN

Por medio de las visitas realizadas a las comunidades de la aldea El Pajón se observó la falta de condiciones sanitarias y la acumulación de polvo y calles en mal estado.

Son varias las causas que provocan estas deficiencias en las comunidades: la mala evacuación de las aguas negras hacia las calles, la carencia de un tratamiento adecuado para las calles, acumulación de basura y la falta de información hacia los pobladores del lugar.

La población afectada demostró mucho interés en solucionar los problemas sanitarios y de ornato de sus comunidades, se concluyó que las personas participen en la formulación de soluciones para llevar a cabo los proyectos.

Se presentan propuestas basadas en normas técnicas que intervienen en el diseño hidráulico de drenaje sanitario, normas técnicas de diseño de pavimento flexible, estudio de suelos, presupuestos, memoria de cálculo y planos.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el drenaje sanitario y pavimentación de la aldea El Pajón fase III, del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Catarina Pinula.
2. Considerar la vulnerabilidad, medidas de mitigación y los riesgos de los proyectos, así como su mantenimiento para prolongar la vida útil de los mismos.



## INTRODUCCIÓN

La práctica a través del ejercicio profesional supervisado (EPS), permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, con el fin de resolver los problemas que hay en el país y así contribuir al desarrollo de la población.

En coordinación con la corporación y la Oficina Municipal de Planificación (OMP) de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, se efectuó un diagnóstico para determinar las necesidades más urgentes en cuanto a servicios básicos de infraestructura, donde sobresalió el siguiente proyecto: Diseño del drenaje sanitario y calle con pavimento flexible de la fase III, aldea El Pajón, del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

Con este tipo de proyecto se pretende beneficiar a la comunidad El Pajón que no cuenta con drenaje sanitario en varios sectores y con un acceso adecuado.

Este proyecto es de suma importancia para el desarrollo de la aldea, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes con relación al saneamiento ambiental, aplicando conceptos y métodos correspondientes a la rama de la Ingeniería Civil.



# **1. CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

## **1.1. Antecedentes históricos**

Su historia se remonta a la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola, según Tomas Gage (sacerdote irlandés), el pueblo debe su nombre a la lengua indiana *Pancac*, cuyo significado etimológico deriva de Pan que significa “dentro de 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.

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

## **1.2. Características geográficas**

El municipio de Santa Catarina Pinula está integrado por una cabecera municipal, diez aldeas y siete caseríos.

### **1.2.1. Localización y extensión territorial**

La aldea El Pajón pertenece al municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, su extensión territorial es de 51 kilómetros cuadrados. No se tienen datos de extensión territorial de la aldea El Pajón.

### **1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias**

Ubicada al sureste del mismo, con latitud 14° 34' 13" y longitud 90° 29' 45". Sus colindancias son:

- Al norte con la ciudad de Guatemala.
- Al sur con Fraijanes y Villa Canales, municipios del departamento de Guatemala.
- Al este con San José Pinula y Fraijanes, municipios del departamento de Guatemala.
- Al oeste con Guatemala y Villa Canales, municipio del departamento de Guatemala.
- Al oeste con Guatemala y Villa Canales, municipios del departamento de Guatemala.

### **1.2.3. Vías de acceso**

Todo el engranaje de locomoción con las aldeas de Santa Catarina Pinula tiene una proyección constante y moderna de comunicación. Los caminos están asfaltados a pesar de los desniveles quebrados de la topografía del municipio. Todas las vías de acceso hacia las aldeas cuentan con cinta asfáltica y señalizaciones de tránsito eficientes.

#### **1.2.4. Clima e hidrografía**

La aldea El Pajón está situada a una altura de 1 800 metros sobre el nivel del mar. La aldea goza de un clima templado que oscila entre los 22,8 °C hasta los 11,7 °C, con una precipitación anual de 1 639,3 milímetros y humedad relativa del 84 %.

#### **1.3. Características económicas**

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. En cuanto a la ganadería, se encuentran sólo pequeñas crianzas de bovinos y equinos, en tanto que la de los porcinos ha sido siempre muy productiva, pues abastece algunos mercados de la capital con productos como: carne, chicharrones y embutidos que gozan de merecida fama. La avicultura ha experimentado un sensible desarrollo últimamente, aunque como crianza de aves para consumo familiar.

El comercio se ha ido incrementando a través de tiendas, librerías, centros comerciales, supermercados, restaurantes, cafeterías, etc.

#### **1.4. Características socioculturales**

Santa Catarina Pinula, es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala.

Durante la conquista, los españoles, trajeron muchos indígenas mexicanos, quienes trajeron consigo gran cantidad de elementos culturales, los cuales fueron apropiados por los grupos locales.

En el Municipio de Santa Catarina Pinula, la fiesta patronal inicia 8 días antes de que se inicie la feria, se celebran 13 albas, las cuales simbolizan los 13 días de martirio que sufrió la virgen, culminado estas el 25 de noviembre.

Este día se realizan los actos litúrgicos en la iglesia de la localidad, durante todo el día. Por la noche se lleva a cabo un baile llamado “noche de recuerdo” en la cual participan marimbas de renombre, dichas fiestas hacen honor a la reina de la comunidad, también se realizan jaripeos, carreras de cintas de caballos, juegos mecánicos, entre otras cosas.

#### **1.4.1. Población**

La aldea cuenta con una población aproximada de 5 650 habitantes.

#### **1.4.2. Educación**

La aldea El Pajón cuenta con una escuela oficial, también cuenta con colegios privados y academia de mecanografía, 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.

### **1.4.3. Servicios básicos existentes**

- Agua potable: en la mayoría de las comunidades no cuentan con un servicio de agua potable, la población cuenta con su propio pozo para abastecer sus necesidades y en algunos de los casos, la municipalidad brinda el servicio.
- 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 provocando un grado de contaminación considerable.
- Basura: el manejo de los desechos sólidos es inadecuado, no existen métodos eficientes para resolver este problema, lo cual provoca basureros clandestinos y, que la población queme la basura causando contaminación al medio ambiente.
- Centros asistenciales: en materia de salud se encuentra un centro de salud en la cabecera municipal y, en la aldea El Pajón, recientemente se inauguró un puesto de salud.
- Instituciones existentes: las instituciones existentes en Santa Catarina Pinula son:
  - Municipalidad
  - Sub estación de la Policía Nacional Civil
  - Agencia postal El Correo
  - Juzgado de Paz
  - Centro de Salud



## **2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consistirá en diseñar el sistema de drenaje sanitario para la aldea El Pajón. Actualmente, la aldea cuenta con letrinas y las aguas de pila y cocina son expulsadas a las calles. Se diseñará la tubería principal y secundaria, así como pozos de visita y conexiones domiciliarias.

### **2.2. Levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico de un terreno nunca se toma en cuenta la curvatura de la esfera terrestre, desde este principio se efectúan toda clase de trazos topográficos.

### **2.3. Altimetría**

La altimetría tiene por objetivo determinar las diferencias de alturas entre los puntos del terreno. Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, el más común de estos es el nivel del mar. A estas alturas, los puntos sobre esos planos de comparación se llaman cotas, elevaciones o alturas y, a veces, niveles. Para el levantamiento altimétrico se trabajó con el método compuesto y con el siguiente equipo:

- Un nivel de precisión marca Wild
- Una estadía

- Una cinta métrica de 50 metros
- Estacas

### **2.3.1. Planimetría**

La planimetría se utiliza para localizar la red de drenaje dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planimétrico se utilizó el método de conservación del azimut, con una poligonal cerrada, y con el uso del siguiente equipo:

- Un teodolito marca Wild T-16
- Una estadía
- Una cinta métrica de 50 metros
- Una plomada
- Estacas

## **2.4. Diseño del sistema**

Este proyecto consiste en el diseño del alcantarillado sanitario para la aldea El Pajón del municipio de Santa Catarina Pinula. Dicha necesidad se identificó investigando la problemática que viven los pobladores a raíz de la falta de este elemental servicio.

### **2.4.1. Diseño del sistema a utilizar**

La red a diseñar presenta una longitud de 2 500 metros, para los cuales se diseñaron 127 pozos de visita, los cuales se construirán de acuerdo a las especificaciones del reglamento de construcción del municipio, tales como las alturas mínimas, cotas invert, etc. La tubería a utilizar será PVC Norma 3034 y

tendrá un diámetro de 6". Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a las pendientes del terreno, evitando rebasar las velocidades y caudales permitidos.

Se tienen tres tipos de sistemas de alcantarillado, cuya elección dependerá de los estudios que se realicen y las condiciones que se presenten, tanto económicas, como físicas y funcionales.

- Sistema de alcantarillado sanitario

Es el que conduce las aguas que llevan los residuos provenientes de las casas; se pueden recolectar algunos desechos industriales, pero no está diseñado para las aguas provenientes de las lluvias. En el proyecto en estudio este tipo de alcantarillado es el que se diseñará tomando en cuenta las necesidades y aspectos socioeconómicos de los beneficiarios, como la posibilidad de mejoramiento de las vías de acceso al municipio, la necesidad primordial de sanar la contaminación del ambiente, por la mala disposición de aguas negras.

- Sistema de alcantarillado separativo

Se diseñan dos redes independientes: una para que transporte las aguas negras y la otra las aguas provenientes de las lluvias. Es importante que las casas y edificios cuenten con tuberías separadas, y así se recolecten las aguas de la forma como se espera que funcione este sistema.

- Sistema de alcantarillado combinado

Se diseña para que transporte las aguas negras y las de lluvia. El municipio de San José no cuenta con estos tipos de sistemas de alcantarillado, por lo que se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual estarán excluidas las aguas de lluvia, provenientes de las calles y otras superficies.

#### **2.4.2. Período de diseño**

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual este dará un servicio con una eficiencia aceptable. Este período 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 (INFOM), EMPAGUA y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 40 años. Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 25 años.

#### **2.4.3. Población de diseño**

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

El crecimiento de la población es afectado por factores como: nacimientos, anexiones, muertes y migración. Para obtener la proyección del crecimiento de la población, se pueden utilizar distintos métodos, dicha proyección se hace según los datos estadísticos de censos de población, realizados en el pasado. Para el caso de la aldea El Pajón 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 (3,5 %) fuente INE, el período proyectado es de 25 años.

Incremento geométrico

$$Pf = pa + (1 + \delta)n$$

$$Pf = 13\ 140 \text{ habitantes}$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual (5 650)

n = período de diseño (25 años)

$\delta$  = tasa de crecimiento 3,5 %, fuente del INE

#### **2.4.4. Dotación**

Como se trata de un lugar urbano, la Municipalidad de Santa Catarina Pinula tiene establecida una dotación de 80 lts/hab/día, por lo que esta dotación se adoptará para el diseño de este sistema.

#### **2.4.5. Factor de retorno**

Se determina mediante la consideración de que, del 100 % de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20 % y el 30 % se utilizan en actividades en las cuales se consume, se evapora o se desvía a otros puntos, distinta al 70 % u 80 % restante, que después de ser utilizada por las personas es desfogada al sistema de alcantarillado. Por ello, a este porcentaje que

retorna se le denomina factor de retorno. Se aplicará un factor de retorno del 80 %.

#### **2.4.6. Factor de Harmond**

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra a la población para servir en un tramo determinado, actúa en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

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

$$P = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

P = población del tramo a servir dada en miles

#### **2.4.7. Caudal sanitario**

Está compuesto por la integración de los diferentes caudales del sistema. Estos caudales son los siguientes:

##### **2.4.7.1. Caudal domiciliar**

Es el agua que fue utilizada para limpieza o producción de alimentos, el cual es desechada y conducida a la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de esta no será llevada al alcantarillado, como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que, el valor del caudal domiciliar está afectado por

un factor de retorno que varía entre 0,70 a 0,85, el cual queda integrado de la siguiente manera:

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

Donde:

Dot = dotación (Its/hab/día)

No.Hab = número de habitantes

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (Its/seg)

F.R. = factor de retorno

#### **2.4.7.2. Caudal de infiltración**

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad y tipo de tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas y la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica.

Puede calcularse de dos formas: en litros por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería. Se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias aceptando un valor de 6,00 m por cada casa, la dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 litros/km/día.

$$Q_{inf} = \frac{Dot.* (mts. tubo + No. Casas * 6mts) * \frac{1}{100}}{86,400}$$

Donde:

Qinfil = caudal de infiltración

Dot = dotación de infiltración (lts/kilómetro/día)

No. Casas = número de casas

En este caso, el caudal de infiltración se considera cero, ya que en el sistema de alcantarillado para el municipio de Santa Catarina Pinula se utilizará tubería PVC Norma 3034.

#### **2.4.7.3. Caudal por conexiones ilícitas**

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 0,5 a 2,5 %.

$$QCI = \frac{(\text{dot} * \text{No. hab})}{86\ 400}$$

#### **2.4.7.4. Factor de caudal medio**

Este factor se determina por medio de la suma de los caudales que contribuyen al sistema, dividida entre el tiempo total en un día, y se expresa en litros/habitante/segundo. Estos caudales son:

- Domiciliar
- Comercial
- Industrial
- Infiltración

- Conexiones ilícitas

Este factor debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005, si da un valor menor se tomará 0,002, y si fuera mayor se tomará 0.005, considerando siempre que este factor no esté demasiado distante de los rangos máximo y mínimo establecidos, ya que podría quedar subdiseñado o sobrediseñado el sistema, según sea el caso.

$$FQM = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No. hab tan t futuro}}$$

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriormente descritos, se procede a obtener el valor del caudal medio, que está dado en la siguiente expresión:

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{con.ilic.}}$$

En el caso del municipio de Santa Catarina Pinula, no se tomó en cuenta el caudal industrial, caudal comercial y el caudal de infiltración, ya que al sistema no se conectará a la industria y comercio alguno, y la tubería a utilizar en su totalidad será PVC. El valor del factor de caudal medio se calculó de la siguiente manera:

$$FQM = \frac{Q_{\text{med}}}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{\text{med}}$  = caudal medio

FQM = factor de caudal medio

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor con base en la experiencia. Tales valores se presentan en la tabla I.

Tabla I. **Valores permitidos de factor de caudal medio**

<b>FQM</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
0,0046	INFOM
0,003	Municipalidad de Guatemala
0,002-0,005	DGOP

Fuente: elaboración propia.

#### **2.4.7.5. Caudal de diseño**

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde aquella fluya, primero se tendrán que integrar los valores que se describen en la fórmula siguiente:

$$Q_{dis} = \text{No. hab} * F. H. * FQM$$

Donde:

No.hab = número de habitantes futuros acumulados

FH = factor de Harmond

FQM = factor de caudal medio

#### 2.4.8. Selección de tubería

La tubería a utilizar en este proyecto es seleccionada bajo las condiciones con que se pretende construir el sistema de alcantarillado, para lo cual influyen distintos aspectos tales como: eficiencia, economía, durabilidad, facilidad de manejo y colocación.

En este caso, la municipalidad de Santa Catarina Pinula propuso utilizar tubería PVC Norma 3034, la cual presenta facilidad de instalación y optimización de tiempo.

#### 2.4.9. Diseño de sección de pendientes

Se usarán en el diseño secciones circulares de PVC, funcionando como canales abiertos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la fórmula de Manning, trasformada al sistema métrico para secciones circulares así.

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

$$V = \frac{1}{n} * \left(D * \frac{0.254}{4}\right)^{\left(\frac{2}{3}\right)} * (S^{1/2}) \quad (\text{sistema métrico})$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/s)

R = radio hidráulico igual a la sección del tubo entre el perímetro mojado

D = diámetro de la sección circular (metros)

- S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)  
n = coeficiente de rugosidad de Manning 0,011 para tubos PVC

El tubo de la conexión domiciliar deberá ser de menor diámetro que de la red principal, con el objetivo de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

En las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 plg, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 % y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central, de aproximadamente 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo.

La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,2 metros, más el diámetro del tubo.

#### **2.4.10. Pozos de visita**

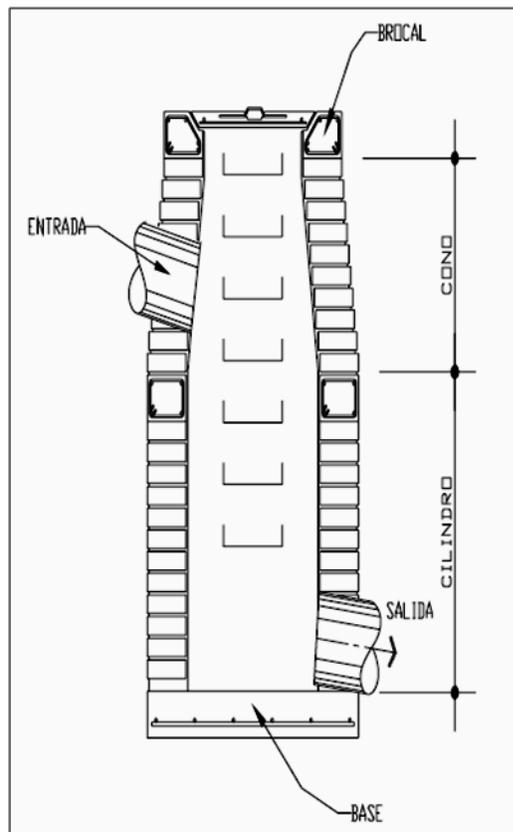
Forman parte del sistema de alcantarillado y proporcionan acceso a este, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están contruidos de concreto o mampostería.

La forma en la cual se construyen está establecida por algunas instituciones que tienen a su cargo las construcciones de sistemas de alcantarillas. Un pozo de visita está constituido por las siguientes partes: el ingreso es circular; tiene un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros; la tapadera descansa sobre un brocal, ambos contruidos de concreto reforzado; el cono tiene una altura de 1,20 metros, el cual termina en la parte cilíndrica del pozo con un diámetro de 1,20 metros. La altura del cilindro dependerá de la profundidad en la que se encuentre la alcantarilla. Las paredes del pozo están

impermeabilizadas por repello y por un cernido liso. El fondo está conformado de concreto, dejándole la pendiente necesaria para que corra el agua.

La dirección en la cual se dirigirá, estará determinada por medio de canales que son constituidos por tubería cortada transversalmente. Para realizar la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo. Es necesario aclarar que hay pozos de visitas concéntricos que se construirán en alturas menores y pozos excéntricos en alturas mayores.

Figura 1. Partes de un pozo de visita



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2012.

- Especificaciones de colocación

Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

- 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
  - Cambio de pendiente
- Especificaciones físicas

Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario se deben considerar aspectos referentes a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como una serie de especificaciones que deben tomarse en consideración para que el sistema funcione adecuadamente.

#### **2.4.11. Conexiones domiciliarias**

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

Consta de las siguientes partes:

- Caja de registro (candela domiciliar o acometida domiciliar)
- Tubería secundaria

- 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 %, a efecto de 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.

Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, a fin de no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos esto resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

La utilización de sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se empleará en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construirá. Algunos de estos

sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, etc.

#### **2.4.12. Profundidad de tubería**

La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad en la cual no se vea afectada por las inclemencias del tiempo y, principalmente por las cargas transmitidas por el tránsito y evitar con esto rupturas en los tubos.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la tubería, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera:

Para tránsito normal (menor a 200 quintales) = 1,00 metros

Para tránsito pesado (mayor a 200 quintales) = 1,20 metros

La cota invert mínima se calcula sumando la profundidad por tránsito + espesor del tubo + diámetro del tubo

$$\text{Invert mínima} = h \text{ tránsito} + t + D$$

Donde.

t = espesor del tubo

D = diámetro del tubo

- Normas y recomendaciones

En las tablas II y III se presentan los valores de profundidad de tubería y ancho de la zanja, la que depende del diámetro de tubería y de la profundidad.

Tabla II. **Profundidad mínima de la cota invert (m)**

<b>Diámetro</b>	<b>4"</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>16"</b>	<b>18"</b>	<b>21"</b>	<b>24"</b>	<b>30"</b>	<b>36"</b>	<b>42"</b>
<b>Tránsito Normal</b>	1,11	1,14	1,22	1,28	1,38	1,41	1,50	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14
<b>Tránsito Pesado</b>	1,31	1,37	1,42	1,48	1,58	1,51	1,70	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro**

<b>Prof. de Zanja (cm)</b>	<b>De 0,00 A 1,30</b>	<b>De 1,31 a 1,85</b>	<b>De 1,86 a 2,35</b>	<b>De 2,36 a 2,85</b>	<b>De 2,86 a 3,35</b>	<b>De 3,36 a 3,85</b>	<b>De 3,86 a 4,35</b>	<b>De 4,38 a 4,85</b>	<b>De 4,86 a 5,35</b>	<b>De 5,36 a 5,85</b>	<b>De 5,86 a 6,35</b>
<b>6"</b>	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
<b>8"</b>	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
<b>10"</b>		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
<b>12"</b>		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
<b>15"</b>		90	90	90	90	90	110	90	90	90	90
<b>18"</b>		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
<b>21"</b>		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
<b>24"</b>		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
<b>30"</b>		155	155	155	155	155	175	155	155	155	155
<b>36"</b>			175	175	175	175	180	175	175	175	175
<b>42"</b>				190	190	190	210	180	180	190	190
<b>48"</b>				210	210	210	245	210	210	210	210
<b>60"</b>				245	245	245	280	245	245	245	245

Fuente: elaboración propia.

### **2.4.13. Principios hidráulicos**

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto del aire, a los cuales se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

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

#### **2.4.13.1. Relaciones hidráulicas**

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

Se deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas. Se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ) y el caudal de diseño entre caudal de sección llena. El resultado obtenido se busca en la gráfica en el eje de las abcisas. 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 ubica el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente; 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 y se obtiene la velocidad a sección parcial. De igual manera se calculan las otras características de la sección.

La utilización de las tablas se realiza determinando primero la relación  $(q/Q)$ . El valor se busca en las tablas. Si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación  $(v/V)$  y de la misma forma se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena y se obtiene así la velocidad a sección parcial. En la tabla II se muestran las relaciones hidráulicas, para una alcantarilla de sección circular.

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

- $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$
- La velocidad debe estar comprendida entre:
  - $0,4 \leq v \leq 5$  (m/seg).
  - $0,40 \leq v$  Para que exista fuerzas de atracción y arrastre de los sólidos.
  - $v \leq 5$  Para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por velocidad y la superficie de la tubería.

- El tirante debe estar entre:
  - $0.10e \leq d/D \leq 0.75$
  - $d/D =$  relación de tirantes

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

#### **2.4.14. Cálculo hidráulico**

Para el diseño de sistemas de alcantarillado se debe considerar un aspecto importante, como la pendiente del terreno, ya que de esta depende la pendiente que adoptará la tubería; asimismo, las cotas invert de entrada y salida, lo cual es básicamente lo que determina la profundidad de la localización de la tubería y la profundidad de los pozos de visita. Los detalles se determinan en el diseño mostrado en la hoja de cálculo que se presenta en los anexos y se ejemplifican en el diseño de un tramo.

##### **2.4.14.1. Parámetros de diseño**

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se tomaron como base las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas (Normas utilizadas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM)).

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| • Tipo de sistema:     | alcantarillado sanitario. |
| • Período de diseño:   | 25 años                   |
| • Población actual:    | 5 560 habitantes          |
| • Tasa de crecimiento: | 3,5 % anual               |
| • Población de diseño: | 2 097 habitantes          |
| • Forma de evacuación: | gravedad                  |

- Tipo y diámetro de tubería: tubería PVC de 6”  
norma COGUANOR 3034
- Conexión domiciliar: tubería PVC 4”  
norma COGUANOR 3034  
pendiente 2 %
- Pozos de visita: construcción en las  
intersecciones de calles  
altura cono: 0,6 m  
diámetro superior mínimo: 0,75m  
diámetro inferior mínimo: 1,20 m
- Altura: variable
- Dotación: 80 litros/habitante/día
- Factor de retorno: 80 %
- Velocidad mínima: 0,40 m/s
- Velocidad máxima: 5,00 m/s
- FQM: 0,002

#### **2.4.14.2. Ejemplo de diseño de un tramo**

Se localiza el tramo comprendido entre el pozo de visita PV-16 a PV-15 el cual se encuentra en el callejón Los Iboy, de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula, los datos son los siguientes.

- Cotas del terreno

Cota inicial: 100,769

Cota final: 100,050

- Distancia entre pozos

Distancia entre PV-16 a PV-15 = 41. 21 m

- Pendiente del terreno

$$P = \left( \frac{\text{cota inicial} - \text{cota final}}{\text{distancia}} \right) * 100$$

$$P = \left( \frac{100,769 - 100,059}{41,21} \right) * 100$$

$$P = 1,72 \%$$

- Población de diseño

Se obtiene dependiendo del número de casas entre el tramo PV-16 a PV-15. Este tramo es inicial, pero siempre se trabaja con el número de casas acumuladas.

No. de casas	= 4
No. de casas acumuladas	= 4
No. de habitantes por casa	= 5 habitantes
r = tasa de crecimiento poblacional	= 3,5 %
n = período de diseño	= 25 años

No. habitantes actual = No. de casas acumuladas \* No. de habitantes por casa

No. habitantes actual = 4 \* 5

No. habitantes actual = 20 habitantes

Población futura = No. habitantes actual \* (a + r)<sup>n</sup>

Población futura = 20 \* (1 + 3,5)<sup>25</sup>

Población futura = 48 habitantes

- Factor de caudal medio

$$FQM = 0,002$$

- Factor de flujo o de Harmond

$$F. H. = \left( \frac{18 + \sqrt{\left(\frac{Pob. fut}{1\ 000}\right)}}{4 + \sqrt{\frac{Pob. fut}{1\ 000}}} \right)$$

$$F. H. = \left( \frac{18 + \sqrt{\left(\frac{48}{1\ 000}\right)}}{4 + \sqrt{\frac{48}{1\ 000}}} \right)$$

$$F. H. = 4,32$$

- Caudal de diseño

$$qdis = FQM * F. H. * Pob. fut. acum$$

$$qdis = 0,002 * 4,32 * 48$$

$$qdis = 0,415 \text{ l/s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro de la tubería: 6"

Pendiente de la tubería: 2 %

Pendiente del terreno: 1,72 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * 6''^{\frac{2}{3}} * 0,02^{\frac{1}{2}}}{0,01}$$

$$V = 1,60 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

Continuidad:

$$Q = A * V$$

$$Q = \left( \left( \frac{\pi}{4} \right) * (D^2) \right) * V$$

$$Q = \left( \left( \frac{\pi}{4} \right) * ((6'' * 0,0254)^2) \right) * \left( \frac{1,60 \text{ m}}{\text{s}} \right) (1000 \text{ l/m}^3)$$

$$Q = 29,21 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas

Relación de caudales:

$$\frac{q}{Q} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{seccion llena}}}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,415 \text{ l/s}}{29,21 \text{ l/s}}$$

$$\frac{q}{Q} = 0,01419$$

- Velocidad sección parcial

$$V = \frac{v}{V} * V$$

$$V = 0,3563 * 1,60$$

$$V = 0,57 \text{ m/s}$$

- Verificando relaciones hidráulicas

$q < Q$	$0,415 \text{ l/s} < 29,21 \text{ l/s}$	sí cumple
$0,40 < v < 4,00$	$v = 0,57 \text{ m/s}$	sí cumple
$0,10 < d/D < 0,75$	$d/D = 0,14$	sí Cumple

#### 2.4.14.3. Especificaciones técnicas

- Construcción de bodega de materiales

Se construirá de lámina de zinc, parales de madera de un área de 10mx6mx2m, con el objetivo de almacenar la tubería de PVC y los demás materiales a utilizar.

- Rectificación del sistema

Contando con la planificación se deberá hacer un recorrido del sistema midiendo con cinta métrica la ubicación de los pozos de visita y conexiones domiciliarias, de igual forma se ubicará la fosa séptica.

- Corte del material

La excavación de la zanja deberá realizarse de tal forma, que la tubería pueda instalarse cómodamente; esta deberá cumplir con la pendiente que marca la planificación, el constructor deberá correr niveles los cuales le indicarán la cota invert del terreno. El material cortado se trasladará a una orilla de la zanja tratando de dejar un espacio para uso peatonal o vehicular si el espacio lo permitiera. La distancia de corte se deberá hacer de pozo a pozo de visita, cumpliendo con las alturas marcadas en planificación.

- Encamado

La zanja debe tener un encamado uniforme el cual soportará la tubería de PVC, libre de piedras de gran tamaño. Para el encamado puede utilizarse piedra quebrada, balastro fino o material del sitio. Esta capa debe tener un espesor de 10 a 15 cm.

- Relleno a los lados del tubo

Debe utilizarse piedra quebrada, balastro fino o material del sitio bien compactado, dependiendo de las condiciones del sitio, este relleno debe cubrir 15 cm sobre la corona del tubo (parte superior).

- Relleno final

El relleno final deberá hacerse con material del sitio, dejando la rasante al nivel original, tomando en cuenta que el tránsito en este sector es liviano, deberá compactarse en lugares donde la pendiente sea muy pronunciada.

- Tubería de PVC

La tubería a utilizar será de material PVC norma 3034, la cual debe cumplir con características herméticas, resistente a sustancias químicas y resistencia a la abrasión. Esta no deberá estar dañada para evitar fugas las cuales contaminan los mantos acuíferos, no deberán contener restos de raíces en el interior.

- Instalación de tubería de PVC

Luego de tener el encamado en perfectas condiciones se precederá a colocar la tubería a un extremo de la zanja, para luego bajarla al fondo de la zanja donde se encuentra el encamado, se bajará con lazos de manila con la ayuda de 4 personas, las cuales agarrarán la manila de 4 extremos.

Por el sistema de la tubería de junta rápida solo es necesario colocar el empaque en un extremo, ya que en el otro cuenta con campana; la unión entre tubos se hará presionando el extremo del tubo que tiene campana en el tubo que tiene empaque hasta 20 cm de traslape. La tubería se instalará en tramos delimitados por pozo de visita, esta deberá quedar perfectamente unida sin fisuras o fugas. Luego de estar perfectamente instaladas.

- Recomendaciones especiales

El inicio de la tubería deberá estar tapada para evitar ingreso de raíces o material que dañe la tubería o cause taponamiento. Al culminar un día de labores se deberá tener cuidado de dejar tapados los extremos de la línea de tubería. Antes de sellar con material un tramo de tubería instalada deberán realizarse cualquiera de las siguientes pruebas:

- Prueba del reflejo

Consiste en colocar una linterna en el pozo de visita y revisar el reflejo de la misma en el siguiente pozo de visita, si no es percibido claramente existe un taponamiento parcial, y si no se percibe, existe un taponamiento total. Si este fuera el caso deberá vertirse agua a presión en el pozo de visita inicial, para luego hacer de nuevo la prueba.

- Prueba de corrimiento de flujo

Se vierte una cantidad determinada de agua en un pozo de visita y se verifica el corrimiento de agua en el siguiente pozo y, que la corriente sea normal. Si existe algún taponamiento que impida el flujo del agua se deberá introducir una guía la cual lo ubique, para luego despegar la tubería en el sector indicado y corregir el taponamiento.

- Pozos de visita

Los pozos de visita se construirán con el propósito de verificar el funcionamiento del sistema a distancias no mayores de 100 m o en cambios bruscos de dirección de la tubería, se utiliza para darle mantenimiento al sistema fungiendo como cajas de registro. Se construirán de la siguiente manera:

- El piso: este será de 1,20 m. x 1,20 m. de concreto armado con refuerzo de varilla No. 3 a cada 10 cm en ambos lados, su espesor será de 10 cm. Se utilizará una proporción de material de 3 partes de arena de río lavada por 1 parte de cemento y 2 partes de pedrín triturado de 1/2".

- Levantado: este se hará de ladrillo tayuyo unido con mezcla de cemento y arena (3 partes de arena de río lavada por 1 parte de cemento). Su forma será de un cono truncado con diámetro de base de 1,20 m diámetro superior de 1,0 m altura variable. Los ladrillos deberán colocarse de forma perpendicular al cono dando su forma truncada colocando un eje central con las medidas de la base y la altura, este eje se construirá de varilla No. 2. Al terminar el levantado se dejarán 20 cm de diferencia entre la rasante y el levantado; esta diferencia será la altura del brocal que soportará la tapadera de concreto armado; en la parte interna del pozo se colocarán escalones contruidos con varilla No.4.
- Tapadera de concreto armado: esta se construirá de concreto armado, con una mezcla de 3 partes de arena por 2 de piedrín y una parte de cemento. El brocal medirá 1m de diámetro por 20 cm de alto y 10 cm de espesor, en él llevará un batiente de 2"x2" en todo el perímetro el cual soportará la tapadera.

La tapadera se construirá de concreto armado con la mezcla mencionada anteriormente y refuerzo de varilla No. 2 a cada 13 cm en ambos sentidos esta medirá 47 cm de diámetro y tendrá un gancho al centro que será para levantarla.

- Impermeabilización interna: la parte interna del pozo se impermeabilizará con repello, el cual se hará con 1 parte de cemento por 4 de arena de río cernida, luego una mezcla de 1 parte de cemento gris por dos partes de arena de río cernida, su forma será alisada.

- Escalones de acero: estos se construirán con el propósito de acceder al pozo cómodamente y evitar accidentes, se harán de varilla corrugada No. 6, pintada con pintura anticorrosiva de color rojo, medirán 30 cm de ancho por 34 cm de largo. Se empotrarán al muro de ladrillo conforme se levante el pozo, deberán tener 30 cm introducidos en el muro para soportar cargas máximas de 200 lbs.

## **2.5. Desfogue de aguas servidas**

El desfogue se realizará en la línea de conducción principal o colector existente, la cual desemboca en la planta de tratamiento municipal

## **2.6. Estudio de impacto ambiental**

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe. Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como ambiente.

Podría definirse el impacto ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales.

Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el estudio de impacto ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la declaración o estimación de impacto ambiental.

#### **2.6.1. Identificación de los factores que puedan causar impacto al medio ambiente y en qué parte está afectado**

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

- El agua: debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, quebradas, ríos, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.
- El suelo: si impactaran negativamente el mismo, si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrán movimientos de tierra por el mismo, solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.
- El aire: si no se verifican las fugas de aguas negras rápidamente hay peligro en el ambiente con malos olores.

- Salud: hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

### **2.6.2. Impactos negativos**

Los impactos negativos del proyecto se dan solo en las etapas de construcción y operación del proyecto y la mayoría se da en la fase de construcción los elementos más impactados negativamente son:

- El suelo
- El agua
- Las partículas en suspensión

Las medidas de mitigación que pueden evitar los impactos negativos del proyecto.

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

El plan de contingencia que en épocas de lluvia ocurren inundaciones con el arrastre de fango y otros materiales que pueden dañar el proyecto son los siguientes:

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, azolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar, porque los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentren lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras, para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias se debe contar con depósitos, distribuidos en lugares estratégicos.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación, para su mantenimiento y limpieza, así evitar la creación de basureros clandestinos.

El programa de monitoreo ambiental debe de manejarse de la manera siguiente:

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.

- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si está organizada la comunidad, de acuerdo a lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

El plan de seguridad humana trabajará con:

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

El plan de seguridad ambiental se analizará con:

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

## 2.7. Presupuesto

El presupuesto traduce los planes en costos; refiriéndose al dinero que necesita gastarse para conseguir las actividades planificadas (gasto) y el que necesita generarse para cubrir los costos de finalización del trabajo (ingresos).

Tabla IV. **Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario**

No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	REPLANTEO TOPOGRAFICO	3,50	KM	Q. 1 345,31	Q. 4 708,59
2	<b>RED DE ALCANTARILLADO</b>	<b>3 500,00</b>	<b>ML</b>		
	TUBERIA Ø 6" CON CAMPANA Y ANILLO DE HULE SDR 41	3 500,00	ML	Q. 163,96	Q. 573 860,00
3	POZO DE VISITA H=1,20 metros	16,00	U	Q. 4 096,29	Q. 65 540,64
4	POZO DE VISITA H=1,30 a 1,40 metros	17,00	U	Q. 5 282,67	Q. 89 805,47
5	POZO DE VISITA H=1,50 a 1,80 metros	32,00	U	Q. 6 404,20	Q. 204 934,54
6	POZO DE VISITA H=1,90 a 2,30 metros	16,00	U	Q. 9 410,57	Q. 150 569,12
7	POZO DE VISITA H=2,40 a 4,30 metros	33,00	U	Q. 13 246,51	Q. 437 134,70
8	POZO DE VISITA H= > 4,30 metros	14,00	U	Q. 18 622,26	Q. 260 711,58
9	FOSA SEPTICA	1,00	U	Q. 4 133,68	Q. 4 133,68
10	POZO DE ABSORCION	1,00	U	Q. 3 608,59	Q. 3 608,59
11	CONEXIONES DOMICILIARES	389,00	U	Q. 1 667,20	Q. 648 540,80
12	TRANSPORTE	30,00	Km		
		22,00	No. VIAJES		
		660,00	KMTOTAL	Q. 5,61	Q. 3 702,60
<b>TOTAL</b>					<b>Q. 2 447 250,30</b>
TOTAL					\$ 305 906,29
<b>Costo por vivienda</b>					<b>Q. 6 291,13</b>
					\$ 786,39

Fuente: elaboración propia.

## 2.8. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión, es de costo/beneficio.

### **2.8.1. Valor Presente Neto (VPN)**

El Valor Presente Neto total para el proyecto de drenajes en la aldea El Pajón es de Q. 2 447 250,30 (dos millones cuatrocientos cuarenta y siete mil doscientos cincuenta quetzales con treinta centavos). Este es el costo del proyecto y va a ser desembolsado en el período 0 y debido a que es una inversión social, no se está estipulando ningún ingreso, ni rentabilidad al proyecto

### **2.8.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno del proyecto es de 4,5 %, esta tasa es el costo que el Estado desembolsará para estos proyectos. La tasa fue calculada tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala, que es la inversión en títulos públicos que actualmente pagan esa cantidad y es lo que le cuesta al Estado, captar los fondos para invertirlos en obra pública.

### **3. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN PARA LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

En este capítulo se desarrollará el proyecto: diseño del pavimento flexible para la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula. De esta manera se incrementará el nivel de vida de los pobladores beneficiados, dado que no existe una vía de acceso adecuada. En lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño del pavimento.

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

El levantamiento topográfico es una representación gráfica que cumple con todos los requerimientos que se necesitan para ubicar el proyecto y materializarlo.

##### **3.1.1.1. Levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico de un terreno a veces se toma en cuenta la curvatura de la esfera terrestre, desde este principio se efectúan toda clase de trazos topográficos.

Los levantamientos para vías terrestres se hacen, comúnmente por deflexiones medidas hacia la derecha o hacia la izquierda, desde la

prolongación de las líneas, para ello se utiliza el método de doble deflexión, que generalmente es usado en los levantamientos para curvas circulares, como el presente caso, lo que se busca es el ángulo que se forma entre un alineamiento y la prolongación del alineamiento anterior.

### **3.1.2. Planimetría y altimetría**

Los levantamientos planimétricos tienen por objetivo determinar las coordenadas planas de puntos en el espacio, para representarlos en una superficie plana.

Las distancias con que se trabaja y que se marcan en planos, siempre son horizontales. Por tanto, las distancias siempre que se pueda, se miden horizontales o se convierten a horizontales con datos auxiliares. Para realizar la planimetría se utilizó el teodolito y se desarrolló el método de doble deflexiones.

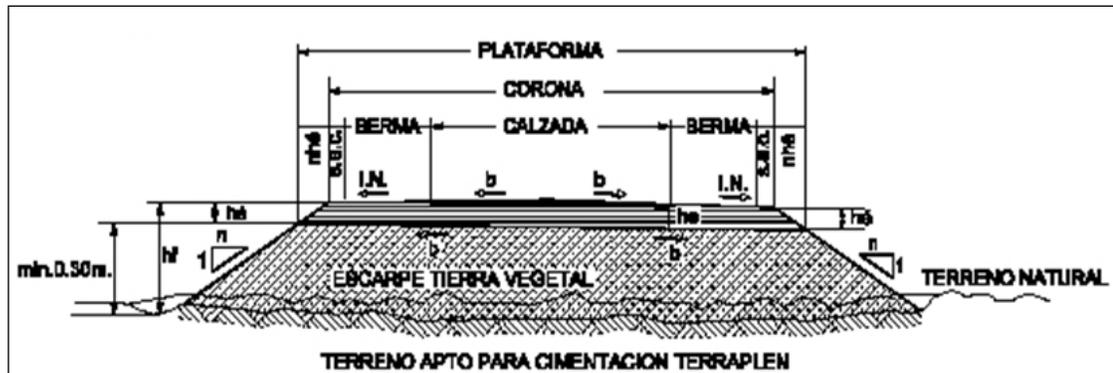
La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales, también se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos.

### **3.1.3. Sección transversal**

La sección transversal de una carretera en un punto de esta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal de una carretera es la vista idónea para definir perfectamente los diferentes elementos que la componen: plataforma, calzada, carriles, berma, mediana, cuneta, etc. Básicamente, la sección transversal proporciona información acerca de dos importantes aspectos de la vía: anchura y pendiente transversal.

Figura 2. **Sección transversal**



Fuente. Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993. p. 103.

### 3.2. **Diseño de localización**

Para realizar el diseño de localización de la calle, se deben tener en cuenta las normas o especificaciones, que rigen las características geométricas de los diferentes tipos de carreteras del país.

#### 3.2.1. **Diseño horizontal**

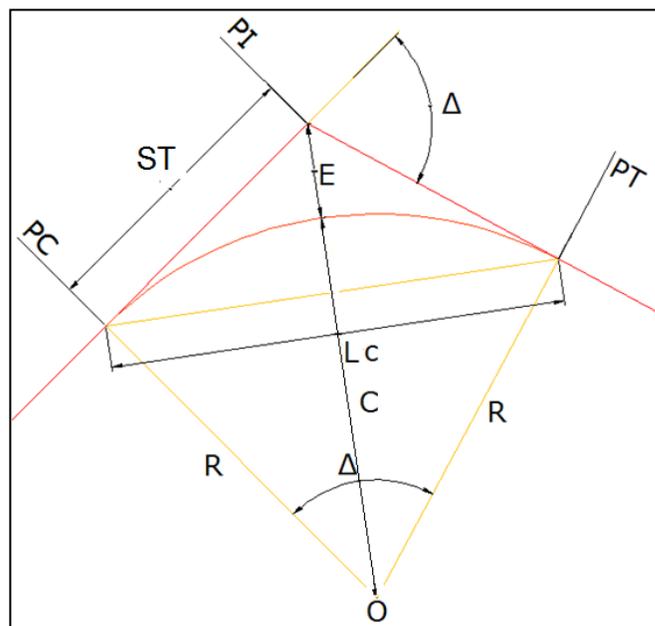
El diseño horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y las curvas, sean estas circulares o de transición. El establecimiento del

alineamiento horizontal depende de la topografía y características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y el potencial de los materiales locales.

### 3.2.2. Curva horizontal

La planta de una vía, al igual que el perfil de la misma, está constituida por tramos rectos que se empalman por medio de curvas. Estas curvas deben tener características tales como: la facilidad en el trazo, economía en su construcción y regirse a un diseño acorde a indicaciones técnicas. Estas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía.

Figura 3. Elementos de la curva horizontal



Fuente: elaboración propia.

Donde:

PC = punto comienzo de curva

PT = punto término de curva

PI = punto de intersección de 2 alineamientos

ST = subtangente de curva

R = radio de la curva

Lc = longitud de curva, distancia desde el Pc al Pt

Go = ángulo central que subtiende un arco de 20 m

E = externa, distancia desde el PI al punto medio de la curva

Cm = cuerda máxima

Om = ordenada media es la distancia entre el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima

$\Delta$  = ángulo central de la curva, que es igual al ángulo de deflexión entre los dos alineamientos rectos y se puede calcular por la diferencia del azimut de llegada y el de salida

Donde:

$$R = \frac{1\,145,9156}{G} = R = \frac{20 * 360}{2\pi G}$$

$$l_c = \frac{20 * \Delta}{G}$$

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

$$C_m = 2R * \left(\sin \frac{\Delta}{2}\right)$$

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

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

$$PC_1 = POT + Tg_1$$

$$PT_1 = PC_1 + Lc_1$$

Para resolver de la siguiente manera:

Según las características geométricas de la carretera diseñada, se tiene que el R mínimo es de la curva es de 47, ya que es una carretera tipo E, ondulada.

$$R = \frac{1\,145,9156}{G} = G = \frac{1\,145,9156}{47} = 24,38 \text{ mts}$$

El PC=0+327,01

El valor  $\Delta$  es  $65^{\circ}16'57$

$$St = 47 * \tan \frac{65^{\circ} 16' 57''}{2} = 30,105$$

Por lo tanto, la Lc, longitud de curva es de

$$Lc = \frac{20 * 6^{\circ} 42' 50''}{24,38} = 53,552$$

$$Cm = 2(24,38) * \left( \text{Sen} \frac{6^{\circ} 42' 50''}{2} \right) = 50,701 \text{ m}$$

$$OM = 47 \left( 1 - \text{Cos} \frac{6^{\circ} 42' 50''}{2} \right) = 7,423 \text{ m}$$

$$E = 47 * \left( \text{sec} \frac{6^{\circ} 42' 50''}{2} - 1 \right) = 8,815 \text{ m}$$

El estacionamiento principal será:

$$\text{Est. PT} = \text{Est. PC} + Lc = 0 + 381,453$$

Tabla V. Tabulación datos curvas horizontales

UBICACIÓN	Curva No.	PC	Δ	R	G	ST	Lc	Cm	Om	E	EST PT	e%	LS	SA
LOS IBOY	1	0+061.84	16°28'44"	47.000	24.381	6.806	13.518	13.471	0.485	0.490	75.361	3.200	11.420	0.580
	2	0+157.337	30°14'41"	38.000	30.156	10.269	20.059	19.827	1.316	1.363	177.396	9.800	35.000	1.790
	3	0+283.66	8°07'48"	47.000	24.381	3.340	6.669	6.663	0.118	0.119	290.329	10.000	36.000	2.000
	4	0+334.213	6°26'3"	47.000	24.381	2.646	5.286	5.283	0.074	0.074	339.499	2.730	9.820	0.540
	5	0+361.595	13°39'25"	47.000	24.381	5.628	11.203	11.176	0.333	0.336	372.753	2.600	9.280	0.470
	6	0+436.407	10°17'12"	47.000	24.381	4.230	8.438	8.427	0.189	0.190	444.845	2.000	7.200	0.400
LOS IBOY 2	7	0+116.366	7°48'55"	47.000	24.381	3.210	6.411	6.406	0.109	0.110	122.777	1.500	5.400	0.300
LOS IBOY 3	8	0+294.56	77°39'17"	15.000	76.394	12.072	20.330	18.809	3.314	4.255	314.926	8.900	34.000	0.990
	9	0+327.01	65°16'57"	47.000	24.381	30.105	53.552	50.701	7.423	8.815	381.453	9.400	36.000	1.090
	10	0+388.586	54°19'59"	21.000	54.567	10.777	19.914	19.176	2.317	2.604	408.500	9.800	38.000	1.230
LOS IBOY 4	11	0+406.181	96°23'48"	12.000	95.493	13.413	20.183	17.887	3.999	5.998	426.364	7.500	29.000	0.800
	12	0+424.273	78°27'12"	15.000	76.394	12.245	20.539	18.972	3.380	4.364	444.812	8.600	33.000	0.950
	13	0+440.990	99°36'18"	12.000	95.493	14.201	20.861	18.332	4.255	6.592	461.851	7.500	29.000	0.800
TRES REYES	14	0+154.216	32°09'52"	35.000	32.740	10.090	19.648	19.391	1.370	1.426	173.864	9.600	34.000	1.670
TRES RESYES 1	15	0+159.684	18°41'56"	47.000	24.381	7.738	15.339	15.271	0.624	0.633	175.023	3.400	12.040	0.590
MINI MUNI	16	0+74.343	28°43'0"	40.000	28.648	10.239	20.048	19.839	1.249	1.290	94.391	9.900	35.000	1.870
	17	0+94.162	28°44'23"	40.000	28.648	10.248	20.064	19.854	1.251	1.292	114.226	9.900	35.000	1.830
	18	0+152.017	5°43'51"	47.000	24.381	2.352	4.701	4.699	0.059	0.059	156.718	1.500	5.300	0.270
LAS PILAS	19	0+33.963	23°11'2"	47.000	24.381	9.641	19.018	18.888	0.959	0.979	52.981	4.400	15.550	0.810
	20	0+45.486	51°11'19"	22.000	52.087	10.538	19.655	19.008	2.159	2.394	65.141	9.900	38.000	1.270
	21	0+92.645	14°2'10"	47.000	24.381	5.786	11.514	11.485	0.352	0.355	104.159	2.800	10.740	0.350
	22	0+114.903	40°36'5"	28.000	40.926	10.358	19.842	19.429	1.739	1.854	134.745	8.700	31.000	1.380
	23	0+133.173	22°9'59"	47.000	24.381	9.207	18.183	18.070	0.877	0.893	151.356	4.200	14.960	0.660
	24	0+154.924	15°37'10"	47.000	24.381	6.446	12.813	12.773	0.436	0.440	167.737	3.000	11.570	0.320
	25	0+184.859	107°51'22"	11.000	104.174	15.100	20.707	17.782	4.523	7.682	205.566	7.000	27.000	0.750
LAS PILAS 1	26	0+71.559	98°56'34"	12.000	95.493	14.036	20.723	18.242	4.202	6.466	92.282	7.500	29.000	0.800
LAS PILAS 7	27	0+143.713	91°45'59"	13.000	88.147	13.407	20.821	18.666	3.950	5.675	164.534	7.900	31.000	0.850
LOS IVOY 1	28	0+34.357	76°9'55"	15.000	76.394	11.754	19.940	18.504	3.193	4.057	54.297	8.600	33.000	0.950
	29	0+41.649	82°52'30"	14.000	81.851	12.359	20.250	18.530	3.505	4.675	61.899	8.200	32.000	0.900
CUATRO CAMINOS	30	0+63.444	96°55'39"	12.000	95.493	13.546	20.300	17.965	4.043	6.097	83.744	7.500	29.000	0.800
	31	0+80.691	87°29'19"	13.000	88.147	12.442	19.851	17.977	3.608	4.995	100.542	7.900	31.000	0.850
EL LIMON 2	32	0+117.736	93°9'41"	12.000	95.493	12.681	19.512	17.432	3.752	5.459	137.248	7.500	29.000	0.800
	33	0+145.501	82°15'41"	14.000	81.851	12.226	20.100	18.418	3.455	4.587	165.601	8.200	32.000	0.900

Fuente: elaboración propia.

En la tabla V se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos que son: peralte, sobre ancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo E, por lo que en teoría, el radio, mínimo utilizado deberá ser de 47 m, pero habrá dificultad en algunas curvas para utilizar este radio, ya que los puntos obligados no lo permitirán.

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

- 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.
- Corrimiento: se utiliza para convertir curvas espiraladas a partir de curvas circulares.
- Curvas de transición: es un tramo en forma de espiral que se localiza entre las tangentes y las curvas horizontales. Se utilizan para que el vehículo pase de forma gradual de la tangente a la curva circular, tanto en la dirección como en la sobre elevación y ampliación necesaria de la curva. La característica principal de las curvas de transición, es que a través de su longitud, se efectúa de manera continua el cambio en el valor de radio de curvatura, desde el infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular. A la longitud de las curvas de transición se le llama longitud de espiral (LS) y a lo largo de esta se realiza el cambio de radio, peralte, sobre ancho y corrimiento. La curva de transición más utilizada es la clotoide o espiral de Euler, que cumple con la condición de que el producto del radio y la longitud a un punto cualquiera es constante.

Tabla VI. Especificaciones para curvas circulares

C	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos.

Cálculo de peralte y sobre ancho: en la tabla VI se especifican los valores máximos de peralte y sobre ancho para cada curva, según su grado de curvatura y radio. Ambos son repartidos proporcionalmente en la longitud de espiral (LS), también especificada en la tabla, tomándose la mitad a partir del PC y PT hacia fuera, y la otra mitad hacia dentro de la curva, hasta que la curva se vuelve circular en su centro. Ya que se reparte proporcionalmente en

el PC y PT, el peralte y sobre ancho tendrán la mitad del valor máximo en dichos puntos. Y en el inicio de la curva de transición su valor será cero.

Para determinar la longitud de las tangentes se debe tomar en cuenta la longitud de espiral, ya que la tangente debe tener la longitud suficiente para las curvas de transición que se encuentran antes y después de ellas, por lo que la longitud de tangente mínima debe ser igual a la suma de la mitad de longitud de espiral de la curva que la precede y la mitad de la longitud de espiral de la curva posterior.

También se debe de tomar en cuenta que la longitud de la curva horizontal debe ser como igual a la longitud de tangente.

Para calcular los peraltes y sobre anchos 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. 9 se tiene un  $\Delta = 65^\circ 16' 57''$  se busca un valor en la tabla VI que se aproxime a este, y se escoge el posible valor de G.

Se calculan los peraltes, sobre anchos y corrimientos para la curva, estos cambian proporcionalmente con la longitud de espiral, para esta curva la longitud de espiral (LS) es 36 m (según tabla VI). Entonces los cambios en el peralte, sobre ancho y corrimiento empezarán en la estación:

$$PC - LS/2 = 327,01 - 18 = 309,01$$

y terminarán en la estación:

$$PT + LS/2 = 347,271 + 18 = 365,271.$$

Como estos elementos se reparten proporcionalmente, tomando como punto intermedio el PC y PT, el peralte, sobre ancho y corrimiento tendrán la mitad de su valor máximo en estos puntos; y en los puntos:

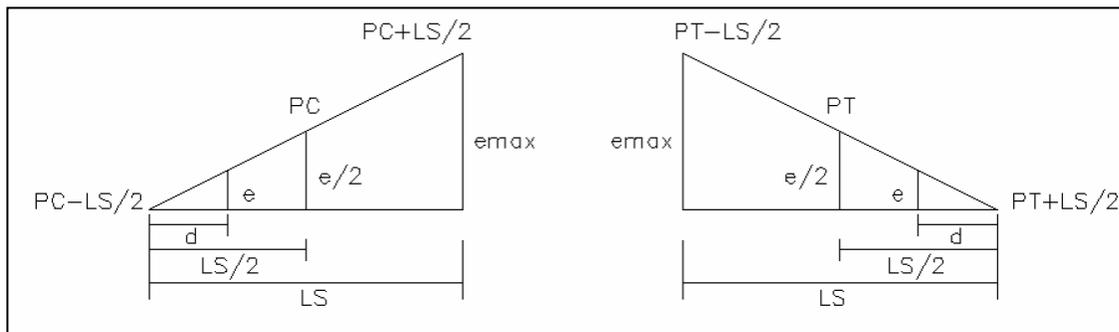
$$PC + LS/2 = 327,01 + 18 = 346,01$$

y

$$PT - LS/2 = 347,271 - 18 = 329,271$$

Tendrán su valor máximo cuando alcancen su valor máximo se mantiene este valor hasta que empiece a decrecer, no puede existir un valor mayor. En la figura 4 se ilustra el cambio proporcional del peralte, cuando se entra y sale de la curva horizontal.

Figura 4. **Cambio proporcional del peralte**



Fuente: elaboración propia.

Por medio de relación de triángulos se calcula el peralte a una distancia cualquiera (d).

$$\frac{e}{d} = \frac{emax}{LS}$$

$$e = \frac{d * e_{max}}{LS}$$

Para el cálculo de sobre ancho se tiene la misma relación de triángulos, entonces, para una distancia cualquiera (d) se tiene un sobre ancho:

$$\frac{SA}{d} = \frac{S_{amax}}{LS}$$

$$SA = \frac{d * S_{amax}}{LS}$$

- Lecturas de corrimiento: por facilidad, los corrimientos son leídos en tablas o gráficas hechas por la Dirección General de Caminos según las velocidades de diseño y la distancia a que esté la estación deseada del PC o PT.

Tabla VII. **Cálculo de elementos de curva horizontal**

NO. Curva	G	RADIO	VEL KPH	ESPECIFICACIONES				LS/2	e%/LS	SA/LS
				e%	LS	Δ	SA			
9	17	65,28	40	9,4	36	33	1	18	0,261	0,033

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Proyección vertical longitudinal

Si se proyecta sobre un plano vertical el desarrollo del eje (línea central) de la carretera, se obtiene el alineamiento vertical o perfil. En esta proyección se representa el perfil del terreno natural y el perfil del eje de la carretera, el cual se llama subrasante.

En el alineamiento vertical, todas las distancias se miden horizontalmente y todas las ordenadas desde las tangentes a la curva se miden verticalmente, así la longitud de una curva vertical es su proyección horizontal, siendo despreciable el error que resulta de esta suposición en la práctica.

La proyección vertical longitudinal está compuesta por tangentes y curvas.

### **3.3.1. Tangentes verticales**

La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente; la pendiente de la tangente es la relación entre la diferencia de nivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma, expresándose en porcentaje.

#### **3.3.1.1. Clasificación de las pendientes**

- Pendiente gobernadora

Se le llama así a la pendiente media; teóricamente se le puede dar a la línea subrasante para salvar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y de la configuración del terreno; para cada caso, la mejor pendiente gobernadora será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, operación y mantenimiento.

- Pendiente máxima

La pendiente máxima se emplea para salvar ciertos obstáculos con economía en el movimiento de tierras, pero la longitud en la que se aplique no deberá ser mayor que la longitud crítica.

Según las características geométricas de la presente pavimentación, la pendiente máxima que deberá utilizarse es del 9 %, según las características geométricas, tipo E, ondulada. Pero como se observará en los planos, en algunas secciones no fue posible cumplir con esta pendiente, ya que debido a los puntos obligados (casas e intersecciones) y a los cortes excesivos y peligrosos fue necesario utilizar pendientes mayores, hasta del 15 %. En los tramos en donde se presenta una pendiente grande, es recomendable que se deje la mayor pendiente al principio de la cuesta, para tratar de suavizarla en el final, evitando que los vehículos pierdan velocidad al estar cargados. Si la pendiente es larga se recomienda hacer un descanso en medio de tangentes, para lograr avance; además es recomendable usar pendientes máximas en tramos cortos.

- Pendiente mínima

Esta pendiente se fija para permitir un drenaje adecuado. En los tramos en relleno puede ser nula, pero en los tramos en corte se recomienda usar 0,5 % para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

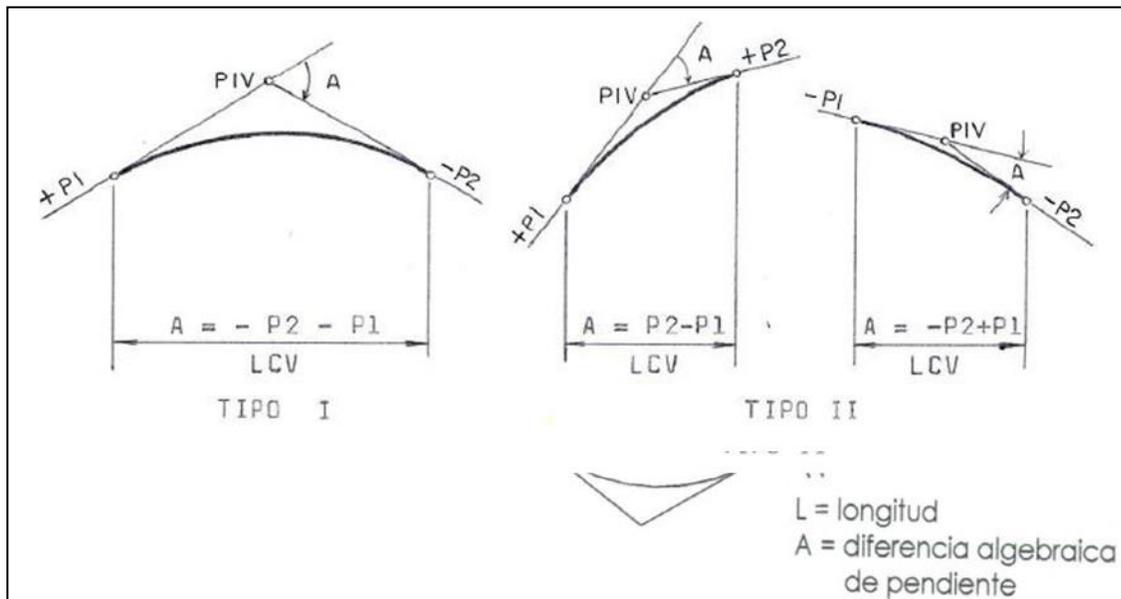
### **3.4. Curva vertical**

Tiene por objetivo suavizar los cambios en el alineamiento vertical; en su longitud se ha de efectuar el paso gradual de la pendiente de la tangente de

entrada, a la de tangente de salida, debiendo dar por resultado un camino de operación segura y confortable, agradable apariencia y características adecuadas de drenaje.

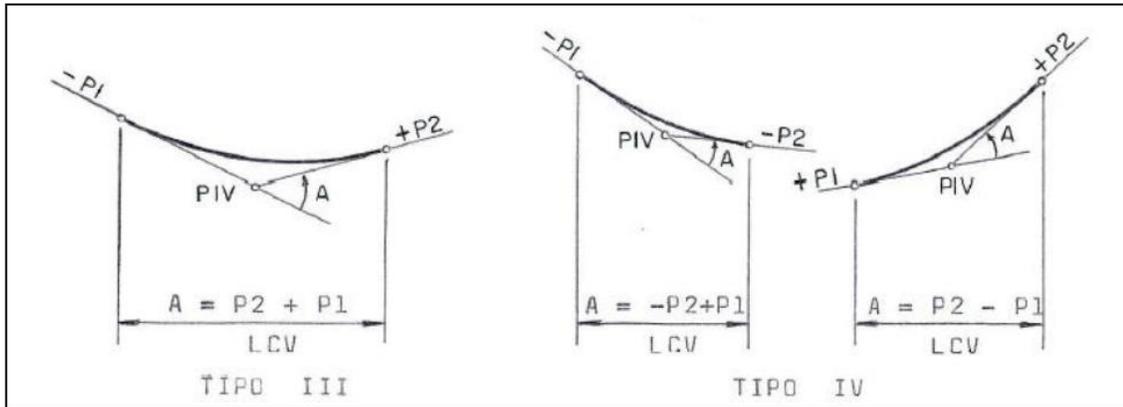
Generalmente, la curva vertical es el arco de una parábola, ya que se adapta bien al cambio gradual de dirección y permite el cálculo rápido de las elevaciones sobre la curva. Cuando las dos pendientes forman una especie de colina, la curva se llama convexa y cuando forman una depresión se llama cóncava.

Figura 5. **Curva convexa o cresta**



Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 39.

Figura 6. Curva cóncava o Columpio

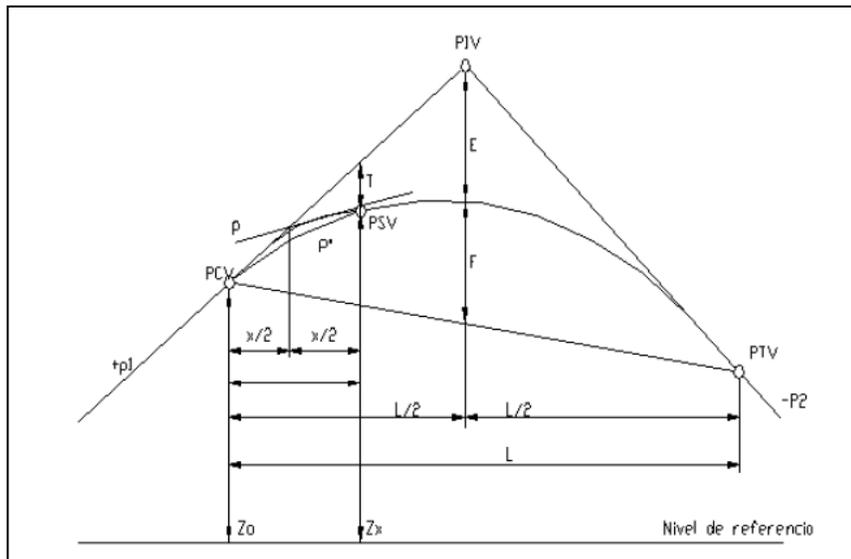


Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 39.

Donde:

- $P_1$  = pendiente de entrada
- $P_2$  = pendiente de salida
- $A$  = diferencia de pendientes
- $LCV$  = longitud de curva vertical

Figura 7. Elementos de la curva vertical



Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 41.

- PIV: punto de intersección de las tangentes verticales
- PCV: punto en donde comienza la curva vertical
- PTV: punto en donde termina la curva vertical
- PSV: punto cualquiera sobre la curva vertical
- $p_1$ : pendiente de la tangente de entrada, en m/m
- $p_2$ : pendiente de la tangente de salida, en m/m
- A: diferencia algebraica de pendientes
- L: longitud de la curva vertical, en metros
- K: variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
- x: distancia del PCV a un PSV, en metros
- p: pendiente en un PSV, en m/m
- $p'$ : pendiente de una cuerda, en m/m
- E: externa, en metros
- F: flecha, en metros

- T: desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros  
Zo: elevación del PCV, en metros  
Zx: elevación de un PSV, en metros

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme se calcula mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V * t_{pr}}{3,6} = \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Donde:

- Dp: distancia de visibilidad de parada(m)  
V: velocidad de diseño de la carretera (Kph)  
tpr: tiempo de percepción + reacción (seg)  
f: coeficiente de fricción, pav. húmedo  
i: pendiente longitudinal (decimal)  
+i = subida respecto al sentido de circulación  
- i = bajada respecto al sentido de circulación

Tabla VIII. **Valores de coeficiente de fricción y tiempo de percepción en función de la velocidad**

V	F	Tpr (s)
25	0,536	3
30	0,528	3
35	0,52	3
40	0,512	3
45	0,504	3
50	0,496	3
60	0,48	2,833
70	0,464	2,666
80	0,448	2,5
90	0,432	2,333
100	0,416	2,167
110	0,4	2

Fuente: CASTELÁN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 33.

El diseño de la pavimentación, según las características geométricas, para carretera tipo E, ondulada, la distancia de visibilidad de parada mínima es de 45 metros y la recomendada es de 50 metros.

### 3.4.1. Cálculo para las curvas verticales

Para calcular las longitudes de las curvas verticales se utilizó la siguiente fórmula:

$$L = A * K$$

Donde:

- L = longitud mínima de la curva vertical
- A = diferencia algebraica de pendientes
- K = constante que depende de la velocidad de diseño

Tabla IX. **Valores de la constante K**

Velocidad KPH	Valores de K según 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
110	81	43
120	104	50

Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 46.

La velocidad de diseño para la carretera del presente proyecto es de 40 km/h según el tipo de carretera y el TPDA.

Por lo tanto, los valores de K correspondientes para curva ya sea cóncava o convexa son:

Para cóncava es: 6 y convexa: 4.

### 3.4.2. Criterio para el diseño de curvas verticales

Para determinar la longitud de la curva vertical se aplican varios criterios:

#### 3.4.2.1. Criterio de comodidad

Se aplican en curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma el peso propio del vehículo; su cálculo es:

$$k = \frac{L}{A} > \frac{V^2}{395}$$

Donde:

K = relación entre la longitud de la curva y la diferencia algebraica de pendientes.

V = velocidad del vehículo

#### 3.4.2.2. Criterio de apariencia

Se aplica al proyecto en curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente la AASHTOO ha determinado:

$$k = \frac{L}{A} \geq 30$$

### 3.4.2.3. Criterio de drenaje

Se aplica al proyecto en curvas verticales cóncavas o convexas cuando están en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La AASHTO ha determinado:

$$k = \frac{L}{A} \leq 43$$

### 3.4.2.4. Criterio de seguridad

Se aplica al proyecto en curvas verticales cóncavas o convexas. La longitud de curva debe ser mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada.

Distancia de visibilidad de parada: es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja, antes de que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria. Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

Para realizar las correcciones máximas en las curvas verticales se debe calcular la ordenada media de la siguiente manera:

$$OM = \frac{Ps - Pe}{800} * LCV$$

Donde:

OM = ordenada media

Pe = pendiente de entrada

Ps = pendiente de salida

LCV = longitud de curva vertical

Para corregir cualquier punto en una curva vertical se utiliza la fórmula siguiente:

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} * D^2$$

Donde:

Y = corrección en cualquier punto de la curva

D = distancia del punto intermedio de la curva (PIV) a la estación deseada.

Para la curva vertical No. 4, en donde se escogió una longitud de curva vertical LCV = 50m (Ver tabla VIII), se tiene un  $\Delta = Ps - Pe = 2,76 \% - (-1,34) = 4,1 \%$ . Entonces la ordenada media es:

$$OM = \frac{4,1}{800} * 50 = 0,256$$

Las correcciones se calculan de la siguiente manera (tomando como ejemplo la estación 0+460):

$$Y = \frac{0,256}{\left(\frac{50}{2}\right)^2} * (469,69 - 494,68)^2 = 0,256$$

Subrasante corregida = subrasante + Y

Subrasante corregida = 1 903,26 + 0,256 = 1 903,516

Tabla X. Tabulación de curvas verticales

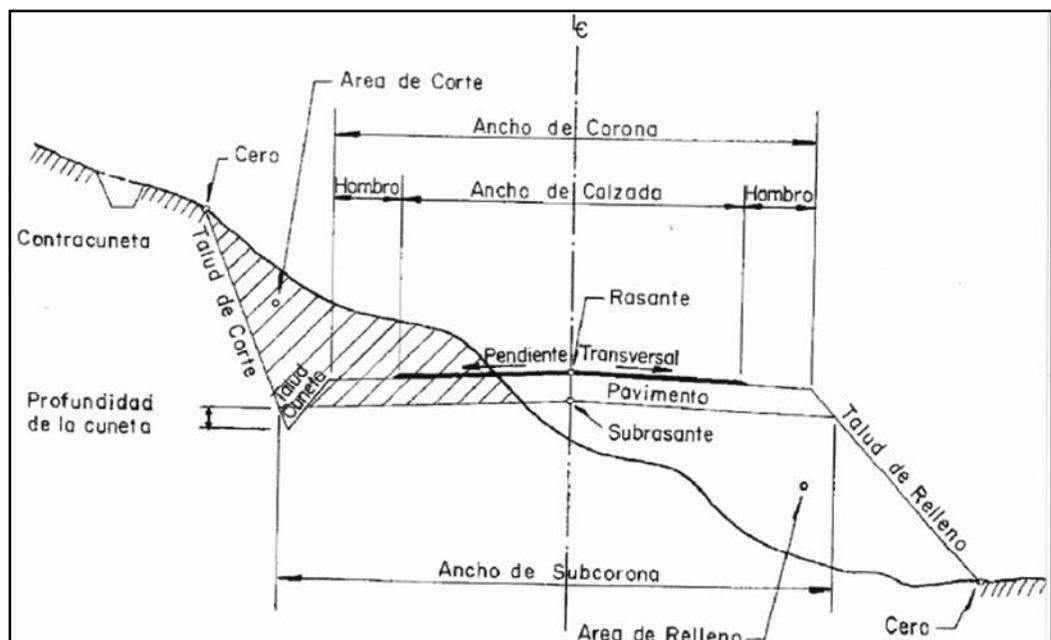
Tramo	No. Curva	Pe	Ps	K	Δ	LCV	OM	Est	EST PIV	D <sup>2</sup>	(LCV/2) <sup>2</sup>	Corrección (Y)	SUBRASANTE	SUBRASANTE CORREGIDA
LOS IBOY	1	-0,4	0,22	6	0,62	50	0,039	86,45	111,44	624,6	625	0,0387252	1 906,14	1 906,18
	2	0,22	-0,7	4	-0,88	50	0,055	184,11	209,11	624,85	625	0,0549868	1 906,35	1 906,40
	3	-0,66	-1,3	4	-0,68	50	0,043	290,15	315,15	624,95	625	0,0424966	1 905,66	1 905,70
	4	-1,34	2,76	4	4,1	50	0,256	469,68	494,68	625	625	0,25625	1 903,26	1 903,52
IBOY 1	5	2,64	1,87	4	-0,77	40	0,039	53,69	73,68	399,76	400	0,0384769	1 907,13	1 907,17
IBOY 2	6	2,97	0,52	4	-2,45	50	0,153	88,95	113,95	624,95	625	0,1531128	1 907,73	1 907,88
IBOY 3	7	2,46	-1,6	4	-4,07	50	0,254	203,24	228,23	624,6	625	0,2542122	1 908,49	1 908,74
	8	-1,61	1,28	6	2,89	50	0,181	328,71	353,71	625	625	0,180625	1 906,47	1 906,65
	9	1,28	-1,3	4	-2,57	50	0,161	406,61	431,61	625	625	0,160625	1 907,47	1 907,63
IBOY 4	10	1,18	-5,1	4	-6,31	50	0,394	392,34	417,34	624,9	625	0,3943119	1 905,58	1 905,97
IBOY6	11	3,16	1,74	4	-1,42	50	0,089	555,00	580	625	625	0,08875	1 902,54	1 902,63
TRES REYES	12	9,98	-1,1	4	-11,1	50	0,693	75,00	100	625	625	0,6925	1 917,46	1 918,15
TRES REYES 1	13	15,7	24,7	6	8,96	50	0,56	66,69	91,68	624,75	625	0,559776	1 921,39	1 921,95
	14	24,7	29,7	6	5,01	50	0,313	117,79	142,78	624,55	625	0,3128996	1 934,00	1 934,31
MINI MUNI	15	0,71	1,7	6	0,99	50	0,062	67,63	92,63	625	625	0,061875	1 905,65	1 905,71
MINI MUNI 2	16	-8,36	-3,4	6	4,99	25	0,156	7,50	20	156,25	156,25	0,1559375	1 905,42	1 905,58
LAS PILAS	17	-9,75	-2,5	6	7,21	50	0,451	85,71	110,71	625	625	0,450625	1 888,88	1 889,33
	18	-2,54	1,91	6	4,45	50	0,278	160,17	185,16	624,65	625	0,2779693	1 886,99	1 887,27
LAS PILAS 1	19	0,67	13,4	6	12,8	50	0,797	42,18	67,17	624,7	625	0,7964925	1 900,12	1 900,92
LAS PILAS 4	20	-10,2	-0,4	6	9,84	40	0,492	60,00	80	400	400	0,492	1 890,25	1 890,74
LAS PILAS 5	21	-8,49	-1,3	6	7,17	30	0,269	99,82	114,81	224,79	225	0,2686241	1 888,47	1 888,74
LAS PILAS 6	22	-16,1	-9	6	7,08	15	0,133	109,03	116,53	56,205	56,25	0,1326438	1 888,35	1 888,48
LAS PILAS 7	23	-11,5	-7,2	6	4,3	20	0,108	130,00	140	100	100	0,1075	1 886,87	1 886,98
LAS PILAS 8	24	-5,37	-2,1	6	3,23	15	0,061	185,66	193,16	56,22	56,25	0,0605302	1 885,64	1 885,70
LOS IVOY	25	15,5	12,8	4	-2,7	25	0,084	12,99	25,48	156,125	156,25	0,0843075	1 904,33	1 904,41
	26	16,2	18,3	4	2,18	30	0,082	57,14	72,13	224,82	225	0,0816846	1 911,27	1 911,35
LOS IVOY 1	27	-3,55	0,92	6	4,47	30	0,168	6,75	21,74	224,76	225	0,1674462	1 911,00	1 911,17
CUATRO CAMINO S	28	5,51	3,47	4	-2,04	50	0,128	24,28	49,28	625	625	0,1275	1 913,21	1 913,34
CUATRO CAMINO S 2	29	6,29	3,81	4	-2,48	50	0,155	22,90	47,89	624,65	625	0,1549132	1 913,46	1 913,61
EL LIMON	30	3,17	2,09	4	-1,08	50	0,068	32,42	57,42	625	625	0,0675	1 917,61	1 917,68
EL LIMON 1	31	2,31	3,59	6	1,28	50	0,08	42,67	67,67	625	625	0,08	1 917,72	1 917,80
		3,59	15,6	6	12	50	0,753	142,83	167,82	624,75	625	0,752199	1 921,32	1 922,07
EL LIMON 4	32	3,01	1,07	4	-1,94	50	0,121	23,64	48,64	624,85	625	0,1212209	1 917,47	1 917,59

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Secciones transversales

La sección transversal de una carretera se concibe como la solución a los diferentes estudios que engloban aspectos relativos a la capacidad de la vía, a su seguridad y a su coste económico. Se describirán los elementos de la sección transversal normalizando sus dimensiones e inclinaciones, donde sea procedente.

Figura 8. Sección transversal en tangente



Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 54.

### 3.5.1. Elementos de una sección transversal

- Corona: es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del relleno y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son: la rasante, la pendiente transversal, el ancho de calzada y los hombros.
  - Rasante: es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona del camino. En la sección típica está representada por un punto.
  - Pendiente transversal: es la pendiente que se da a la corona en dirección perpendicular al eje de la carretera.
  - Bombeo: es la pendiente que se le da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad. Los siguientes son los valores recomendables según el tipo de superficie:

Tabla XI. **Valores del bombeo dependiendo la superficie**

TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO	CONDICIÓN	BOMBEO
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico tendido con extendedoras mecánicas	Muy buena	1,0% a 2,0%
Superficie de mezclas alfélicas tendidas con conformadoras. Carperas de riego asfáltico.	Buena	1,5% a 3,0%
Superficie de tierra o grava	Regular a mala	2,0% a 4,0%

Fuente: OCAMPO RODRÍGUEZ, Hugo. Normas de diseño geométrico, sección transversal.

p. 46.

- Peralte o sobreelevación: es la inclinación que se le da a la corona de una carretera en los tramos en curva del alineamiento horizontal para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento.
- Transición del bombeo al peralte: en el alineamiento horizontal al pasar de un tramo en tangente a otro en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona desde el bombeo hasta el peralte que le corresponde a la curva.
  - Distancia de bombeo: en esta distancia se hace girar el carril contrario al sentido de la curva desde el bombeo correspondiente a la tangente hasta 0 %.
  - Distancia de transición: esta distancia puede ser la espiral de transición, en ella se continúa girando el carril hasta ser colineal con el otro carril, aplicándose luego el giro a toda la sección hasta alcanzar el peralte que le corresponde a la curva.

- Ancho de calzada en tangente: este ancho se determina después de establecer el nivel de servicio al final del período de diseño de la carretera; con este dato y los estudios económicos de la región, se puede determinar el ancho y el número de carriles necesarios, de tal manera que el volumen de tránsito al final del período de diseño no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio previamente establecido. Los anchos de carril usado actualmente son de 2,75 m, 3,00 m, 3,25 m y 3,60 m, proyectándose los anchos de calzada con dos, tres o más carriles.
  
- Ancho de calzada en curva: cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula en tangente. Ello es debido a que las ruedas traseras del vehículo siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras ya que los conductores tienen, generalmente, dificultad en mantener su vehículo en el centro del carril correspondiente, por lo que se necesita proporcionar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente, llamándosele sobreaancho a este ancho adicional.
  
- Hombros: se le llama así al área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada. Tiene como ventajas principales que:
  - Protegen contra la humedad y posibles erosiones a la calzada y le proporciona mejor confinamiento al pavimento.
  
  - Proporcionan seguridad al usuario de la carretera, al tener a su disposición un ancho adicional fuera de la calzada para eludir accidentes potenciales o reducir su severidad y para estacionamiento de vehículos en casos obligados.

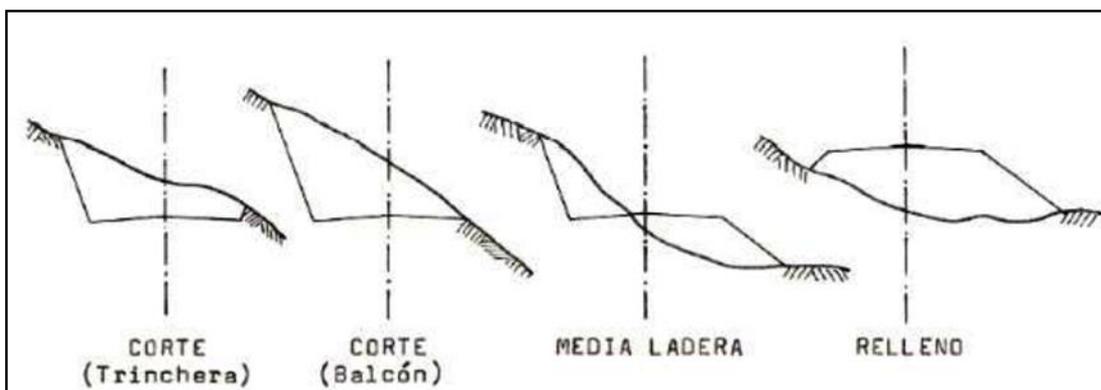
- Le dan mejor apariencia a la carretera y facilitan los trabajos de conservación.
- Subcorona: es la superficie que limita a la terracería y sobre la que se apoyan las capas del pavimento; entendiéndose por terracería al volumen de material que hay que cortar o rellenar para formar el camino hasta la subcorona.
- Subrasante: se refiere a la proyección del eje de la subcorona en el alineamiento vertical. Es la línea que se presenta en el diseño vertical; en la sección transversal está representada por un punto.
- Cunetas: las cunetas son canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las aéreas de los taludes. La sección transversal de las cunetas es variable siendo las más comunes las formas triangulares, trapezoidales y cuadradas. La pendiente longitudinal de las cunetas, generalmente es la misma de la carretera, pero puede variarse si las condiciones de drenaje así lo requieren.
- Contracunetas: son canales que se construyen en uno o en ambos lados de la carretera, paralelamente a ella y fuera de los límites de construcción, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas a dichos límites.
- Rodadura: es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- Partes complementarias: son aquellos elementos de la sección típica que se usan ocasionalmente y que sirven para mejorar la operación y

conservación de las carreteras. Esos elementos son los bordillos, banquetas y fajas separadoras (arriates). Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como partes de la sección típica.

### 3.6. Cálculos para los movimientos de tierra

De acuerdo con la topografía, predominará un tipo de sección transversal que será típica para ese tramo, así, hay carreteras cuya sección está toda en corte y tramo, entonces se dice que está en trinchera; otras veces, el tramo es de relleno y sección, y se dice que está en relleno. Cuando se combina transversalmente el corte y el relleno, la sección es en media ladera, y si está toda en corte, con el borde exterior de la subcorona coincidiendo con el terreno, la sección está en ladera o en balcón. Estos tipos de sección se muestran en la siguiente figura 9.

Figura 9. Secciones transversales típicas



Fuente: CASTELAN SAYAGO, Eduardo. Trazo y diseño de una carretera. p. 25.

El volumen de material que hay que cortar o rellenar para poder construir una carretera hasta la subcorona se le conoce como terracería; la subcorona es

la superficie que limita la terracería y sobre la que se apoyan las capas del pavimento o estructura de la carretera.

La diferencia de cotas entre el terreno natural y la subcorona, define los espesores de corte o de relleno en el eje de la carretera. A los puntos intermedios en donde esta diferencia es nula, se les llama puntos de paso. A los puntos extremos de la sección transversal donde los taludes cortan al terreno natural se les llama ceros y, a las líneas que los unen a lo largo de la carretera, líneas de pie de talud.

Para proyectos de carreteras ha sido práctica común utilizar taludes de corte y relleno que se han fijado de acuerdo con su altura, debido a que el cálculo del movimiento de tierras es estimativo; sin embargo, para la construcción de la carretera, el talud no se debe fijar arbitrariamente, sino que se debe tomar en cuenta la naturaleza del material que lo forma, por lo que es necesario realizar estudios con el detalle suficiente, a fin de fijar de un modo racional, los taludes y los procedimientos de construcción.

Para proyectos los taludes usuales son los siguientes:

Tabla XII. **Inclinación de taludes**

TALUD DE CORTE			TALUD DE RELLENO		
h en m	Horizontal	Vertical	h en m	Horizontal	Vertical
0 a 3	1	1	0 a 3	1	1
3 a 7	1	2	+ de 3	1	2
+ de 7	1	3			

Fuente: Departamento de Carreteras, Dirección General de Caminos.

Los taludes son los planos inclinados de la terracería que delimitan los volúmenes de corte o relleno. El talud es la inclinación del parámetro de los cortes o de los rellenos, se expresa numéricamente por el recíproco de la pendiente.

El diseño de los taludes esta influenciado por diversas consideraciones, tales como: la estabilidad estructural, las causas climáticas y la apariencia. La estabilidad del talud depende de la naturaleza del material que se ha encontrado y del método de construcción que se utilice.

Dibujada la sección, se procede a sacar las áreas que pueden ser encontradas de las siguientes maneras:

- Por medio del planímetro
- Descomposición en figuras, métodos geométricos o gráficos
- Método matricial (coordenadas)
- Autocad

Una vez obtenida el área, se procede a la cubicación, esto es, el cálculo de los volúmenes de corte y relleno.

### **3.7. Estudio de suelos**

Para diseñar cualquier tipo de pavimento, es necesario hacer un estudio completo de las características del suelo de la subrasante para determinar qué tan bueno o malo es el material que va a soportar el pavimento, cumpliendo con las normas establecidas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los ensayos de suelos deben ejecutarse de acuerdo con la división siguiente:

- Para la clasificación del tipo de suelo
- Para el control de la construcción
- Para determinar la resistencia del suelo

#### **3.7.1. Ensayos de laboratorio**

En el diseño de pavimentos, es fundamental conocer algunas propiedades de los suelos que permiten conocer sus características generales y sus comportamientos. Algunas de estas propiedades se obtienen mediante las pruebas que se describen a continuación:

##### **3.7.1.1. Determinación del contenido de humedad**

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno,

expresada en porcentaje. En otras palabras, no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: el ensayo de compactación Próctor, el ensayo de valor soporte (CBR) y los límites de consistencia.

Estos ensayos se usan para asegurar que los suelos se compactan adecuadamente durante la construcción y que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto.

Entre los ensayos de control de la construcción se tiene lo siguiente:

- Determinación del contenido de humedad
- Densidad máxima y humedad óptima
- Ensayo de equivalente de arena

### **3.7.2. Ensayo granulométrico**

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en forma gráfica.

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos.

Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación

Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo.

Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

De los datos se calculan los siguientes coeficientes: Coeficiente de uniformidad, que indica la variación del tamaño de las partículas del suelo.

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

Donde :

$C_u$  = coeficiente de uniformidad

$D_{60}$  = diámetro máximo del 60 %

$D_{10}$  = diámetro máximo del 10 %

Coeficiente de graduación que indica una medida de la forma de la curva entre  $D_{10}$  y  $D_{60}$ .

$$C_g = (D_{30})^2 / D_{10} * D_{60}$$

Donde:

Cg = coeficiente de graduación

D 30 = diámetro máximo del 30 %

D 10 = diámetro máximo del 10 %

D 60 = diámetro máximo del 60 %

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda, según lo descrito en AASHTO T 27.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 78,91 % de arena, 8,32 % de grava y 12,78 % de finos. El suelo se clasifica como arena limosa con presencia de grava color café.

### **3.7.3. Límites de Atterberg**

Sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos, están representados por su contenido de humedad, se conocen como: límite líquido y límite plástico. Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad posee una consistencia semi-líquida. Al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado, llega a adquirir un estado semisólido y se agrieta o desmorona al ser deformado. Al intervalo de contenido de humedad, en el cual un suelo posee consistencia plástica, se le denomina intervalo plástico.

### **3.7.4. Límite líquido**

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25 golpes), se cierre a lo largo de una ranura formada en un suelo moldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa. Para ello se utiliza el aparato propuesto por Artur Casagrande, llamado la copa casa grande.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen.

El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la Norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo.

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico.

#### **3.7.4.1. Límite plástico**

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba de límite líquido.

### **3.7.4.2. Índice plástico**

El índice plástico es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos.

Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla. Sin embargo, el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un índice plástico de 0 %, el suelo se encuentra clasificado en no plástico.

### **3.7.5. Ensayos para el control de la construcción**

Estos ensayos se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y, con base en estos, determinar si son adecuados para usarlos en construcción.

### **3.7.5.1. Ensayo de compactación o próctor modificado**

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco disminuyendo sus vacíos.

- Los resultados obtenidos:
  - Descripción del suelo: arena limosa con pómez
  - Densidad seca máxima: 1 403 kg/m<sup>3</sup> 87,6 lb/pie<sup>3</sup>
  - Humedad óptima Hop: 19,4 %

### **3.7.6. Ensayos para determinar la resistencia del suelo**

La determinación de los parámetros, que definen la resistencia del suelo se determinan en el estudio de la resistencia del suelo, a través de ensayos de campo o mediante en ensayos de laboratorio. Los ensayos de laboratorio más usuales, para este fin, son:

#### **3.7.6.1. Ensayo de valor soporte CBR**

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación

con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

Tabla XIII. **Clasificación del suelo CBR**

Valores en % de CBR (%)	Clasificación
0-5	Subrasante muy mala
5-10	Subrasante mala
10-20	Subrasante regular a buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos Mecánica de suelos y cimentaciones. p. 113.

### 3.7.7. **Análisis de resultados del laboratorio de suelos**

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

Clasificación PRA.	= A - 1 - b
Clasificación SCU.	= SP-SM
Descripción del suelo	= arena limosa con pómez
Límite líquido	= 0 %
Índice plástico	= 0 %
Densidad seca máxima	= 87,6 l / ft <sup>3</sup>
Humedad óptima	= 19,4 %
CBR	= al 97,00 % de compactación es de 105,2 % aproximadamente.

La determinación y cuantificación de las diferentes propiedades de un suelo, efectuadas mediante los ensayos vistos, tiene como objetivo último el establecimiento de una división sistemática de los diferentes tipos de suelo existentes atendiendo a la similitud de sus caracteres físicos y sus propiedades geomecánicas.

Ensayo de razón soporte california CBR al 92,7 % de compactación es de 70 % al 96 % es de 97 %.

### **3.8. Método y procedimiento de diseño, del pavimento flexible para la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala**

El pavimento es un conjunto de capas superpuestas horizontalmente, formadas por diversos materiales sueltos o tratados con una sustancia aglomerante, estrictamente controladas mezclados uniformemente en planta en caliente a una temperatura apropiada; cuya misión es transmitir adecuadamente las cargas generadas por el tránsito, de forma que las capas subyacentes no se deformen de forma inadmisibles, al menos durante cierto período de tiempo y bajo cualquier condición meteorológica.

#### **3.8.1. Pavimento flexible**

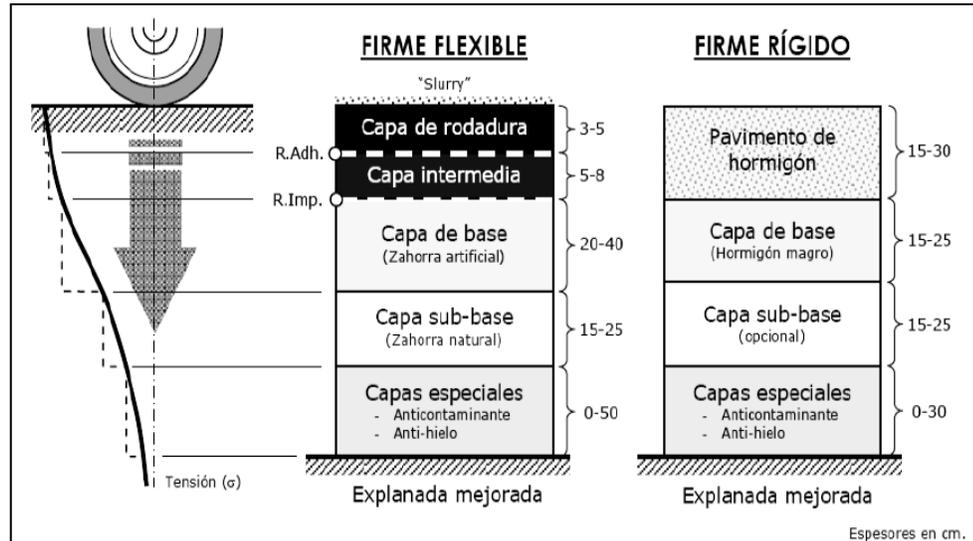
Este tipo de pavimento está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Estas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual.

Aparte de poseer unas notables características resistentes, el pavimento debe ser capaz de aportar otra serie de propiedades que garanticen la seguridad y comodidad de los usuarios de forma duradera. En este sentido, la terminación superficial del pavimento materializada en la capa de rodadura juega un papel fundamental.

#### **3.8.1.1. Tipos de pavimento**

La actual concepción del pavimento como estructura multicapa unida al desarrollo de nuevos materiales, deriva en la generación de infinidad de secciones diseñadas, específicamente, para determinadas situaciones de carga. No obstante, puede hacerse una síntesis de todas ellas en dos grandes grupos atendiendo a la forma de resistir los esfuerzos, así como por los materiales y capas que las componen; estos son los pavimentos flexibles, formados por capas bituminosas y granulares, y los pavimentos rígidos compuestos por pavimentos de hormigón. Otros subgrupos, especialmente importantes son los pavimentos semirrígidos, los drenantes y los mixtos.

Figura 10. **Esquema del comportamiento de pavimentos rígidos y flexibles**



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 93.

En un pavimento rígido debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible; la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

### **3.8.2. Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO 93**

Los materiales bituminosos empleados en la construcción de pavimentos, son el asfalto y el alquitrán, en estos pavimentos las cargas del tránsito se distribuyen a través de las diferentes capas, de tal forma que los esfuerzos en el suelo de la subrasante sean los mínimos aceptables. En el medio de la construcción de pavimentos flexibles se utilizan los asfaltos de fraguado lento (SC), fraguado medio (MC) y fraguado rápido (RC).

### **3.8.3. Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO 93**

El actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito.

El diseño de pavimentos constituye por tanto la aplicación práctica de lo que ha dado a llamar mecánica de pavimentos; la cual tiene como objetivo definir los materiales y espesores de las capas que lo constituyen, siendo ambos aspectos los que determinarán sus características estructurales a corto y largo plazo.

El fin que se persigue no es otro que proyectar una estructura multicapa económicamente satisfactoria que sea capaz de servir como soporte a la rodadura de los vehículos durante un tiempo mínimo adecuado y previsto el

período de proyecto, sin que los materiales que la constituyen ni las capas de suelo subyacentes se deformen excesivamente.

#### **3.8.4. Factores a considerar en el cálculo y diseño**

El proyecto de un pavimento debe perseguir una optimización resistente y funcional de la estructura, con un coste global mínimo que incluya los costes de construcción, conservación y rehabilitación en un período comprendido entre los 30 y 50 años, denominado período de proyecto.

A continuación se describen las variables que se deben tomar en cuenta en el diseño de pavimentos flexibles según la AASHTO-93

- Período de diseño
- Tránsito
- Confiabilidad
- Criterios de adopción de niveles de serviciabilidad
- Propiedades de los materiales
- Drenaje

#### **3.8.5. Período de diseño**

Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito para cualquier período de tiempo; el período seleccionado, en años, se define como período de diseño. Al término de este, se espera que el pavimento requiera alguna acción de rehabilitación mayor, como puede ser una sobrecarpeta de refuerzo para restaurar su condición original. La vida útil del pavimento, o período de análisis, puede ser extendida indefinidamente, a través de sobrecarpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea

obsoleta por cambios significativos en pendientes, alineamiento geométrico y otros factores.

Es importante hacer notar que la metodología original de AASHTO usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera:

El período de diseño será de 15-25 años.

Tabla XIV. **Períodos de diseño en función del tipo de carretera**

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>PERÍODO DE DISEÑO</b>
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestida con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 143.

### **3.8.6. Tránsito**

El tránsito es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos, sin embargo, es una de las que más incertidumbre presenta al momento de estimarse. Es importante hacer notar que se debe contar con la información más precisa posible del tránsito para el diseño, ya que de no ser así se podría tener diseños inseguros o con un grado importante de sobre diseño.

La metodología AASHTO considera la vida útil de un pavimento relacionada el número de repeticiones de carga que podrá soportar el

pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para el camino.

#### **3.8.6.1. Vehículos de diseño**

La tipología de los vehículos automotores que circulan por las carreteras regionales de Centroamérica admite que, en primer término, se ubiquen en un extremo los vehículos livianos que son los más numerosos en la corriente vehicular e incluyen los automóviles compactos y subcompactos, los *jeeps*, las camionetas agrícolas y los *pick-ups*; mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación, no admiten una sola representación, sino que requieren ser desglosados para su correcta identificación como elementos condicionantes de algunos aspectos del diseño geométrico de las carreteras.

En correspondencia con la simbología que utiliza la AASHTO en su Manual de diseño geométrico, cabría seleccionar cinco vehículos tipo para el diseño de las carreteras regionales. El vehículo tipo P corresponde a la categoría de vehículos livianos, que representa el automóvil. El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo, es el autobús sencillo, corresponde al tipo bus. El camión de tres ejes no aparece en la clasificación de la AASHTO, pero puede asimilarse al camión sencillo de dos ejes identificado como SU, por ser más restrictivo que los vehículos articulados.

#### **3.8.6.2. Volumen de tránsito**

Al proyectar una calle o carretera, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Estos datos de volúmenes de tránsito son expresados respecto del tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad de servicio prestado a los usuarios.

### **3.8.6.3. Tránsito promedio diario anual, TPDA**

Uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del tránsito promedio diario anual, conocido en forma abreviada como TPDA, se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

El TPDA es de 100-500; el mismo fue establecido después de realizar un aproximado de la cantidad de estudiantes, personal administrativo y catedráticos que utilizan este medio de transporte para ingresar a las instalaciones de este Centro Universitario.

### **3.8.7. Ejes equivalentes**

El método AASHTO utiliza en su formulación el número de repeticiones esperadas de carga de ejes equivalentes; se deberá contemplar el crecimiento del tránsito durante su vida útil, que depende en gran medida del desarrollo económico y social de la zona en cuestión; del mejoramiento de las características del pavimento se puede generar tránsito atraído e igualmente se debe considerar la capacidad de la vía.

El factor equivalente de carga es un valor que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una carga dada de un tipo de eje y la producida por el eje equivalente. Este factor cambia de acuerdo con el tipo de pavimento flexible, debido a que cada uno responde de manera diferente a una carga aplicada

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18 000 lb (8,2 ton) acumulados durante el período de diseño,

Teniendo la distribución de los vehículos en circulación y ya realizado el cálculo del TPDA, se obtiene entonces, el total de vehículos distribuidos por tipo, los vacíos, los cargados y los pesos de los ejes en los diferentes tramos de carga.

Los pesos que se encuentran en esta estratigrafía requieren ser expresados en términos de un denominador común, por lo que se usan factores de equivalencia que permiten transformar los pesos de los diferentes estratos a un solo eje equivalente.

Para obtener los ejes equivalentes por tipo de vehículo y de estrato se amplifica cada uno de los valores por la proyección del crecimiento y se obtiene posteriormente el total de los ejes equivalentes por estrato, como la suma de los diferentes períodos y del mismo modo los ejes equivalentes totales que solicitarán el pavimento durante la vida de diseño.

### **3.8.8. Serviciabilidad**

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tránsito (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento; sin embargo, la tendencia es poder definirla con parámetros medibles como: el índice de perfil, índice de rugosidad internacional, coeficiente de fricción, distancias de frenado, visibilidad, etc.

Mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, o bien, mientras mejor índice de serviciabilidad inicial tenga, mayor será su vida útil; esto es debido a que las curvas de deterioro se comportan de manera paralela o con el mismo gradiente para unas condiciones determinadas.

Índice de serviciabilidad inicial:

$P_o = 4,2$  para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

$P_t = 2,0$  para caminos de tránsito menor

### **3.8.9. Confiabilidad**

La confiabilidad está definida como la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación.

Otra manera de entender la confiabilidad, por ejemplo es: si se considera una confiabilidad R del 80 %, se estaría permitiendo que el 20 % del pavimento

alcance al final de su vida útil una serviciabilidad igual a la final seleccionada en el diseño.

También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad y ante esa situación es necesario reflexionar sobre los valores de confiabilidad que se deben utilizar en Guatemala, con el mejor de los criterios, al hacer un diseño para un pavimento.

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99,9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios. El valor de la confiabilidad, siendo la presente pavimentación una red secundaria, es de 80.

Tabla XV. **Valores de R de confiabilidad con diferentes clasificaciones funcionales**

Niveles de confiabilidad	
Clasificación funcional	Nivel recomendado por AASHTO
Carretera interestatal o autopista	80-99,9
Red principal	75-95
Red secundaria	75-95
Red rural	50-80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 135.

### 3.8.10. Diseño de la estructura del pavimento flexible

La aldea El Pajón es una de las más pobladas de municipio de Santa Catarina Pinula. Por lo cual se realiza el diseño de la carretera basándose en un TPD en un aproximado de 100-500.

Tabla XVI. Clasificación de carreteras

Tipo de carretera	Ancho de calzada
Tipo A	2 x 7,20 m
Tipo B	7, 20 m
Tipo C	6,50 m
Tipo D	6,00 m
Tipo E	5,50 m
Tipo F	5,50 m

Fuente: Secciones típicas. Departamento de carreteras, Dirección General de Caminos. p. 54.

Tabla XVII. Características geométricas de la carretera en estado final

TPD DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA m	ANCHO DE TERRACERIA		Derecho de Via	Radio Minimo m	Pendiente Maxima %	Dist. Visib. de Parada		Dist. Visib. de Paso	
				CORTE m	RELENO m				Minima m	Recomendada m	Minima m	Recomendada m
3000 A 5000	TIPO "A"		2 DE 7,20									
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	175	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	130	150	500	550
	MONTAÑOSAS	50					110	6	70	100	275	400
1500 A 3000	TIPO "B"		7.2	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	130	150	500	550
	ONDULADAS	60					110	7	80	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	45	50	200	200
900 A 1500	TIPO "C"		6.5	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	130	150	500	550
	ONDULADAS	60					110	7	80	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	45	50	200	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	130	150	500	550
	ONDULADAS	60					110	7	80	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	45	50	200	200
100 A 500	TIPO "E"		5.5	9.5	8.5	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	65	75	275	300
	ONDULADAS	40					47	9	45	50	200	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	35	40	125	150
50 A 100	TIPO "F"		7.00 (c)	9.5	8.5	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	45	50	200	250
	ONDULADAS	30					30	12	35	40	125	200
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	100	150
0 A 50	TIPO "G"		5.50 (c)	7.5	6.5	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	45	50	200	250
	ONDULADAS	30					30	12	35	40	125	200
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	100	150

Fuente: Secciones típicas. Departamento de carreteras, Dirección General de Caminos datos generales de diseño. p. 76.

- TPD: 100- 500 vehículos diarios
- Período de diseño 15 años
- Tasa de crecimiento anual de 2 %
- Tasa de crecimiento vehicular 17,29 % según tabla XIV
- Tipo de carretera: TIPO E según el TPDA
- Ancho de calzada : 5,50 metros
- El tipo de región de la carretera es ondulada

Tabla XVIII. Factores de crecimiento de tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual ( g ) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Tabla D-20 AASHTO guía para el diseño de estructuras de pavimento, 1993. p. 140.

La tasa de crecimiento anual es del 2 %, el período de análisis es de 15 años de diseño, se trabaja con un factor de crecimiento de tránsito del 17,29 %.

Teniendo definido el tipo de TPDA y la carretera, se puede mediante el cuadro de características geométricas, determinar los siguientes valores:

- Velocidad de diseño 40 km/h
- Derecho de vía es de 25 m

- Radio mínimo es de 47 m
- Pendiente máxima de 9 %

Distribución de tránsito para el diseño de la carretera:

- Tipo de vehículo = Ap

Peso del vehículo = 2,0 toneladas  
 Porcentaje de vehículos= 18,44 %  
 Cantidad de vehículos= 95

- Tipo de vehículo = AC

Peso de vehículo = 4,9 toneladas  
 Porcentaje de vehículo= 23,30 %  
 Cantidad de vehículos= 120

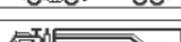
- Tipo de vehículo= B

Peso de vehículo= 12,5 toneladas  
 Porcentaje de vehículo = 53,40 %  
 Cantidad de vehículos= 275

- Tipo de vehículo = C2

Peso de vehículo= 15,5 toneladas  
 Porcentaje de vehículos= 5 %  
 Cantidad de vehículos= 25  
 Total de vehículos cargados= 515

Figura 11. Tipo de vehículo

TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
		3			C3
					T2 - S1
		4			T2 - S2
		5			T3 - S2
					T2 - S1 R2

Fuente: Secciones típicas. Departamento de Carreteras, Dirección General de Caminos.

p. 122.

Tabla XIX. **Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips, en carga simple**

Tipo de vehiculo	Cantidad de vehículos diarios "A"	Factor de crecimiento "B"	Transito de diseño "C"	ESAL's Factor "D"	ESAL's de diseño "E"
<b>Vehículos sencillos</b>		4%			2,00
Autos	95	20,02	694 193,50	0,003	2 082,58
<b>Camiones eje simple</b>	B	2%			
Pick-ups	75	17,29	473 313,75	5,21	2 465 964,64
Otros vehículos 2 ejes y cuatro ruedas (agrícola)	45	17,29	283 988,25	5,21	1 479 578,78
Camiones de 2 ejes 6 ruedas	25	17,29	157 771,25	11,3	1 782 815,13
<b>Total de vehículos</b>	240			ESAL's de diseño	5 730 443,13

Fuente: elaboración propia.

Factor de dirección 0,5

Factor de carril: 0,9

ESAL's por carril de tránsito  $0,5 \times 0,9 \times 5\,730\,442,13 = 2\,578,69$

En la columna A se pondrá la cantidad diaria de cada tipo de vehículo especificado y del cual se tenga el conteo correspondiente.

En la columna B se colocará el correspondiente factor de crecimiento para cada tipo de vehículo, el cual depende de la tasa de crecimiento asumida

para cada tipo de vehículo y el período de diseño considerado, cada tipo de vehículo puede tener una tasa de crecimiento distinta, según la tabla XVII.

En la columna C se coloca el producto de las columnas A y B multiplicado por 365 (días del año).

En la columna D se coloca el factor de ESAL's, tabla IXX que depende de cada peso y configuración o tipo de camión ( ejes simples, tándem o tridem ) y los valores asumidos de índice de serviciabilidad final y el número estructural (SN para pavimentos flexibles).

La columna E es el producto de la C por la D , y la suma de esta columna E es el número total de ESAL's para el diseño del pavimento considerado y el cual debe afectarse por el factor de distribución por dirección y el factor de distribución por carril.

Tabla XX. **Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, Pt = 2,0**

Carga p/eje (kips) <sup>o</sup>	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 46.

### 3.8.11. Espesores de diseño

Los métodos para el diseño de este tipo de carretera:

- Método de AASHTO, 1993 y método del Instituto de Asfalto

En los pavimentos de mezclas asfálticas por medio de la fórmula de diseño se obtiene el número estructural ( SN ) y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman el paquete

estructural; el diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitando.

En la figura 11 se ilustra el ábaco por medio del cual se obtiene el número estructural. Las variables para determinar el número estructural de diseño requerido son las siguientes:

- La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's) por carril, para el período de diseño.
- ESAL's de diseño 5 730 443,13
- La confiabilidad (R)
- El conjunto total de las desviaciones estándar ( $S_o$ ) se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:
  - Para pavimentos flexibles 0,40 a 0,50
  - En construcción nueva 0,35 a 0,40
  - En sobre capas 0,50
- El módulo de resiliencia efectivo (que tome en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la subrasante ( $M_r$ ). El módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento. Convenientemente, se han reportado factores que pueden ser usados para estimar el módulo de resiliencia ( $M_r$ ) con el CBR, el valor R y el índice de suelo. Se han dado

correlaciones para encontrar el valor del módulo de resiliencia ( $M_r$ ) como la siguiente relación:

$$M_r = B \times CBR$$

Ensayo de razón Soporte California CBR al 95 % de compactación es de 87 %

La pérdida de serviciabilidad  $PSI = P_o - P_t$

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

Donde:

- $a_1, a_2, a_3$  son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.
- $m_2, m_3$  son los coeficientes de drenaje para base y subbase.
- $D_1, D_2, D_3$  son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.

Datos para el cálculo:

- La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's) 5 730 443,13
- La desviación estándar pavimentos flexibles: 0,4

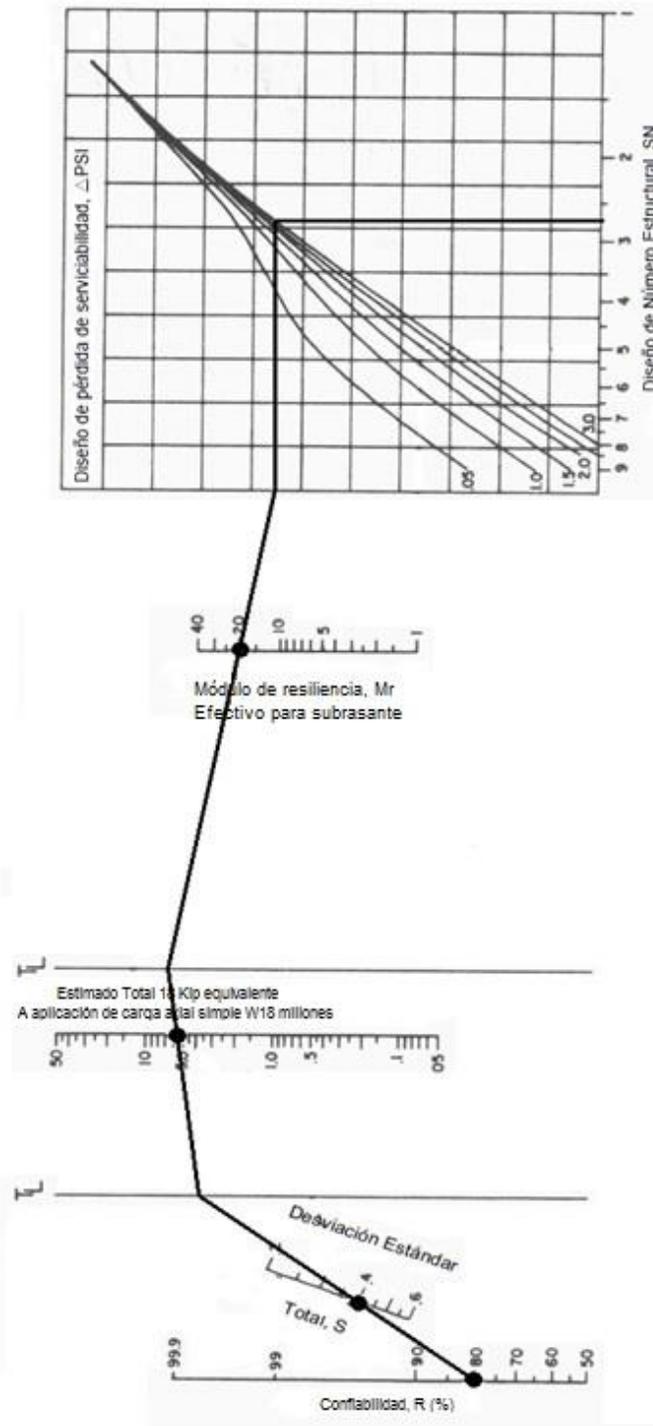
- La confiabilidad (R) 80 %
- La pérdida de serviciabilidad PSI: 2,2
- Módulo de resiliencia con ayuda de la tabla XX

Tabla XXI. **Valor del módulo de resiliencia de los materiales**

<b>Material</b>	<b>Mr</b>
Capa asfáltica	400 000
Base	35 000
Subbase	24 000
Subrasante	20 000

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 134.

Figura 12. Diseño de número estructural



Fuente: Manual centroamericano para el diseño de pavimentos, AASHTO, 1993. p. 145.

De acuerdo a los Módulos de Resiliencia ( $M_r$ ) se obtienen los números estructurales de diseño (SN), utilizando el ábaco de la figura 11, de la siguiente forma:

- Comenzando en el lado izquierdo del ábaco, en donde dice confiabilidad R (%), se inicia con valor de  $R = 0,8$ .
- En la siguiente línea inclinada que dice desviación standar  $S_o$ . Se marca el valor de  $S_o = 0,4$  y uniendo este punto con el de  $R = 0,80$  del punto anterior, se traza una línea que intercepte la siguiente línea  $T_L$  en un punto que va a servir de pivote.
- En la siguiente línea vertical dice. No. total de ESAL's aplicados W18 (millones). en esta encontramos el valor de  $5 \times 10^6$  ESAL's = 5 935 410 = 6 en el ábaco; entonces uniendo el punto de pivote de la línea anterior con este nuevo punto, se encuentra otro punto pivote en la siguiente línea vertical  $T_L$ .
- En la siguiente línea vertical que dice: módulo resiliente efectivo de la subrasante (ksi)., se encuentra el valor de  $M_r$  (Mpa-psi) = 20 000 = 20 que está en la tabla XX para la subrasante, se une el último punto pivote encontrado anteriormente y el valor de 20 en esta línea hasta encontrar la primera línea vertical izquierda del cuadro situado a la extrema derecha.
- De este punto de intersección, se continúa horizontalmente hasta encontrar la línea inclinada que corresponde a un valor de  $\Delta PSI = 2,0$  que es pérdida de serviciabilidad de diseño o  $\Delta PSI$ ., de este punto se baja a la línea inferior del cuadro en donde se encuentra el número

estructural de diseño SN, que para el caso es 2,75 (para proteger la subrasante) que es el número estructural requerido para proteger toda la estructura del pavimento.

Tabla XXII. **Tabla de valor del número estructural**

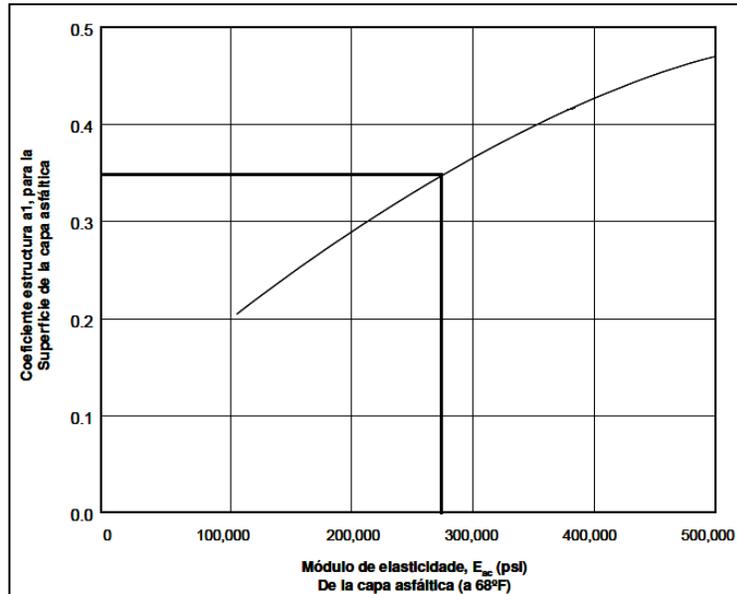
Material	SN
Capa Asfáltica	2,2
Base	2,3
Subbase	2,6
Subrasante	2,75

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar los valores de los coeficientes estructurales de capa ( $a_x$ ), se hace uso de las figuras siguientes en función del módulo elástico del concreto asfáltico y los módulos de resiliencia de la base y la subbase.

Para tener el coeficiente estructural de capa  $a_1$  se hace uso de la figura 13, conociendo el valor de 400 000, de la capa asfáltica, se procede a encontrar el valor correspondiente en la gráfica,  $a_1 = 0,35$ .

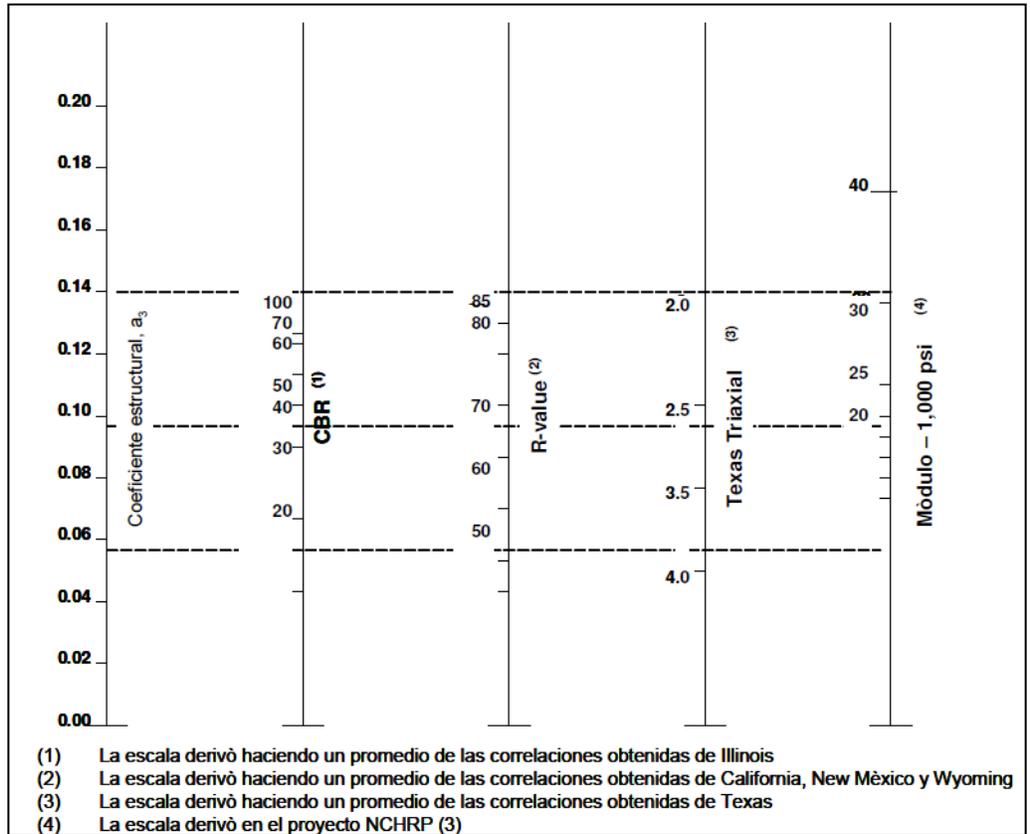
Figura 13. **Coefficiente estructural a partir del módulo elástico del concreto asfáltico**



Fuente. Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993. p. 152.

Para tener el coeficiente de capa  $a_2$  de las bases trituradas, se usa la figura 14, donde con los valores que se tienen se traza una línea de derecha a izquierda hasta encontrar la línea vertical del coeficiente.

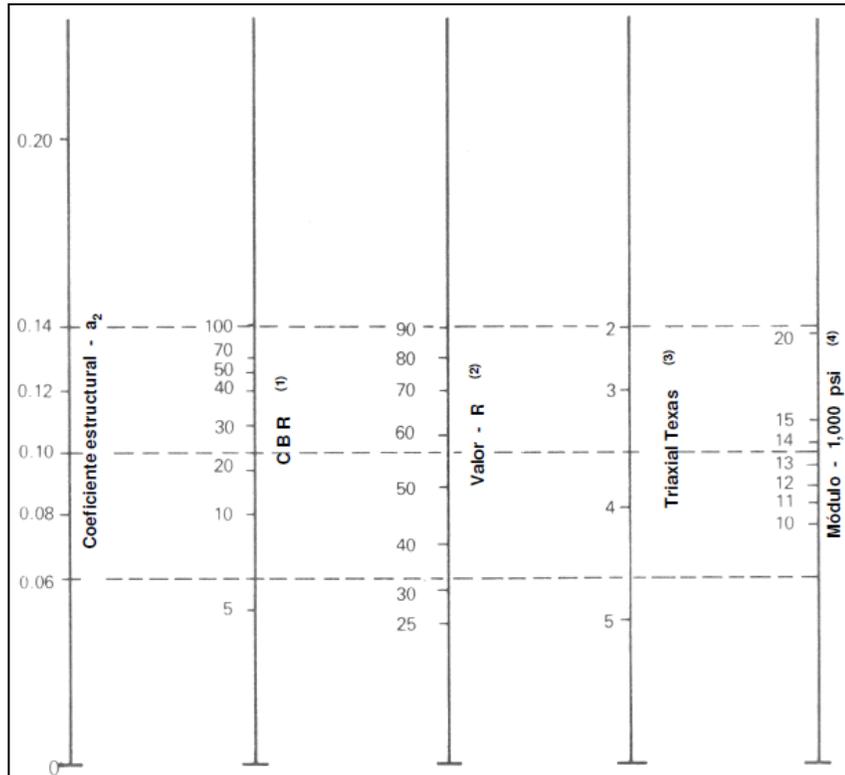
Figura 14. Variación en el coeficiente estructural de la capa base



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993. p. 154.

Para encontrar el coeficiente de capa  $a_3$  de la subbase se hace uso de la figura 15, al igual que en el caso anterior, se traza una línea horizontal del extremo derecho al izquierdo hasta encontrar la vertical.

Figura 15. **Variación en el coeficiente estructural de la capa subbase**



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993. p. 156.

Tabla XXIII. **Resumen de datos**

Material		SN		ax		Mi
Capa asfáltica		2,2	$a_1$	0,48		
Base	SN <sub>1</sub>	2,3	$a_2$	0,17	$m_1$	1,3
Subbase	SN <sub>2</sub>	2,6	$a_3$	0,14	$m_2$	0,7
Subrasante	SN <sub>3</sub>	2,75				

Fuente: elaboración propia.

Se calcula el espesor de capa asfáltica, suponiendo un Mr igual al de la base; así se calcula el SN1 que debe ser absorbido por el concreto asfáltico conforme la siguiente fórmula:

$$D1 \geq \frac{SN_1}{a_1} = \frac{2,3}{0,48} = 4,79, \text{ adoptar } 5 = 12,7 \text{ cm}$$

Entonces el SN1\*absorbido por el concreto asfáltico

$$SN_1 * = a_1 \times D1 * = 0,48 \times 5 = 2,4$$

Después de calcula el espesor mínimo de la capa base

$$D2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 \times m_2}$$

$$D2 \geq \frac{2,6 - 2,3}{0,7 \times 0,7} = 2,52" \text{ adoptar } 3" = 7,62 \text{ cm}$$

Entonces el SN2\* absorbido por la base

$$SN2 * = a_2 \times m_2 \times D_2 *$$

$$SN2 * = 0,17 \times 0,7 \times 2,52 = 0,3$$

Después de calcula el espesor de la subbase, conforme la fórmula

$$D3 * \geq \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{A_3 \times m_1}$$

$$D3 \geq \frac{2,75 - (0,3 + 2,4)}{0,14 * 1,3} = 0,27 \text{ utilizar } 1 = 2,54 \text{ cm}$$

Tabla XXIV. **Valores de los espesores calculados**

Súbase	1"	2,54 cm
Base	3"	7,62 cm
Carpeta	5"	12,7 cm

Fuente: elaboración propia.

En la práctica no deben colocarse capas con espesores menores a los mínimos requeridos, pues las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el fin de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones.

En la tabla XXV se dan valores de los espesores mínimos sugeridos para capas asfálticas y base granular en función del tránsito.

Tabla XXV. **Espesores mínimos sugeridos**

Número de ESALS's	Capas asfálticas	Base Granular
Menos de 50 000	3,0 cm	10 cm
50 000 - 150 000	5,0 cm	10 cm
150 000- 500 000	6,5 cm	10 cm
500 000 - 2 000 000	7,5 cm	15 cm
2 000 000 - 7 000 000	9,0 cm	15 cm
mas de 7 000 000	10,0 cm	15 cm

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993. p. 147.

Tabla XXVI. **Espesores mínimos de capas asfálticas sobre bases**

<b>Cantidad de ejes equivalentes</b>	<b>Condición del tránsito</b>	<b>Espesores mínimos de la capa asfáltica, en cm</b>
Hasta 10 000	Ligero	7,5
Entre 10 000 y 1 000 00	Mediano	10,0
Mayor de 1 000 000	Pesado	12,5 o más

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p.170.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un índice de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada, tomando en cuenta que existen varios parámetros para espesores mínimos y según el diseño de la AASHTO que se resolvió anteriormente se determino que los espesores que benefician el presente proyecto tanto económicamente como en diseño son los siguientes:

Tabla XXVII. **Espesores a utilizar**

<b>Capa</b>	<b>Espesor cm</b>
Subrasante	30,00
Subbase	20,00
Base	15,00
Carpeta	10,00
Total	45,00

Fuente: elaboración propia.

En el caso del pavimento flexible

- Ancho de terracería de 6,50 metros.
- Bombeo de 2 %.
- Reacondicionamiento de subrasante: se reacondicionará la subrasante existente, escarificando 0,30 centímetros.
- Espesor de capa subbase de 0,20 metros, según diseño y especificaciones.
- Espesor de capa de base de 0,15 metros, según diseño y especificaciones.
- Capa de rodadura de concreto asfáltico en caliente, según diseño y especificaciones de la DGC, 10 centímetros de espesor, en un ancho total de 5,50 metros.

Es importante señalar también, que el método incluye factores de medioambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para tal caso se consideran tres diferentes temperaturas, dependiendo de la región en donde se pretenda construir el pavimento: climas fríos (7 °C), templados (15,5 °C) y cálidos (24 °C); en los cuales se utilizan cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC- 40; por lo que se recomienda la siguiente clasificación:

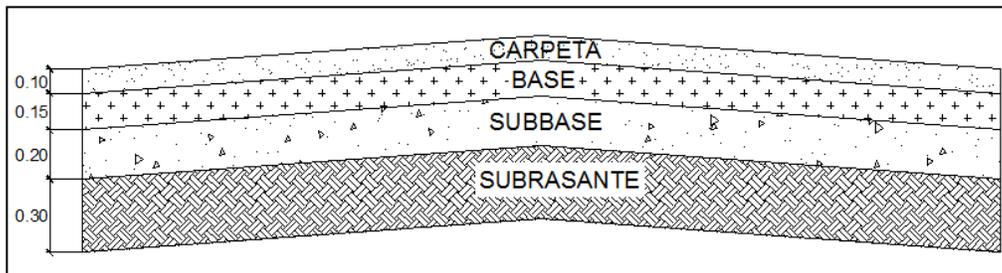
Tabla XXVIII. **Grados de asfalto de acuerdo con el tipo de clima**

<b>Clima</b>	<b>Temperatura media anual del aire</b>	<b>Grado de asfalto</b>
Frío	Menor o igual a 7 °C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 °C y 24 °C	AC-10, AC-20
Cálido	Mayor de 24 °C	AC-20, AC-40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 169.

El grado de asfalto a utilizar es de AC-20, AC-40. El diseño se realizará con AC-20

Figura 16. **Detalle de garabito**



Fuente: elaboración propia.

### **3.8.12. Subrasante**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede tener secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor del pavimento dependerá, en buena parte, de la calidad de la subrasante, por lo que es recomendable que sea resistente, incompresible e inmune a cambios por humedad. Son ideales los materiales granulares, con porcentajes de hinchamiento que cumplan con AASHTO T 193. Durante la construcción, un espesor equivalente a la subrasante deberá escarificarse, homogeneizarse, mezclarse, conformarse y compactarse totalmente.

### **3.8.12.1. Materiales adecuados para la subrasante**

El área de trabajo tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente, o considerar la estabilización de los suelos subyacentes.

En general, los materiales apropiados para capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares o con porcentajes de hinchamiento según ensayo AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo. Según AASHTO M-145, los suelos clasificados como A-8, son materiales inadecuados para la capa de subrasante, ya que son suelos orgánicos constituidos por materiales vegetales o fangosos. Estos suelos, generalmente tienen textura fibrosa, color café oscuro y olor a podredumbre y son altamente compresibles, con muy baja resistencia.

En las áreas en que se necesita reacondicionar la subrasante, se debe de proceder a escarificar el suelo hasta una profundidad de 200 milímetros.

Los materiales que se van a estabilizar, deben ser los existentes en la subrasante, y no contener partículas mayores de 70 milímetros, materias vegetales o basura.

Los materiales que deberán utilizarse para la estabilización de la subrasante pueden ser, cal hidratada, cal viva, granza de cal, lechada de cal o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos, cemento y otros materiales procedentes de préstamo.

El agua que se usará en las operaciones debe de ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que afecten el desempeño de la subrasante.

Cuando en la subrasante aparezcan áreas con este tipo de material, deberá reemplazarse por otro que llene los requisitos para subrasante, haciendo previamente la remoción del material inapropiado.

Tabla XXIX. **Características del material de la subrasante**

Características	Calidad		
	Deseable	Adecuada	Tolerable
Tamaño máximo (mm)	76	76	76
% de finos	----	----	----
Limite líquido %	30 Max	40 Max	50 Max
Indice plástico %	10 Max	20 Max	25 Max
Compactación	100 Min	100 Min	95 Min
CBR %	30 Min	20 Min	15 Min

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos; Mecánica de suelos y cimentaciones. p. 234.

Como puede apreciarse, este material que se encuentra en el area de trabajo cumple con los requisitos de subrasante, debido a que su límite líquido no es mayor del 50 %; el 95 % de compactación se alcanzará con la humedad óptima de 18,5 %, según el ensayo de próctor modificado, y el CBR es mayor que el 5 %.

### 3.8.12.2. Colocación

La subrasante deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por él.
- La cota de cualquier punto de la subrasante, conformada y compactada, no varíe en más de treinta milímetros (30 mm.) de la cota proyectada.

Asimismo, adelantará las siguientes comprobaciones:

- Se debe efectuar un ensayo de valor soporte del suelo por cada quinientos metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco; hasta llegar a tres mil metros cúbicos, y posteriormente un ensayo por cada tres mil metros cúbicos colocados.
- Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use maquinaria especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con moto niveladora u otro método que produzca una mezcla homogénea.

### **3.8.13. Subbase**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada, fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además, como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así

a la estructura de pavimento, por lo que, generalmente se usan materiales granulares.

La subbase varía de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero suele considerarse entre 12 a 15 cm. Como la dimensión mínima constructiva. El espesor que se colocará será de 20 cm. ya que las características del suelo y del material de la subrasante proporciona suficiente soporte, para poder trabajar de acuerdo con este espesor.

#### **3.8.13.1. Materiales adecuados para la subbase**

El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante; su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.

Los materiales de subbase deben ser suelos del tipo granular que llenen los siguientes requisitos:

- El tamaño de las piedras que contenga el material de subbase no debe ser mayor de  $2/3$  del espesor de y los porcentajes que pasan los tamices No. 40 y No. 200.
- El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otra materia que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento.

Tabla XXX. **Características del material de la subbase**

Características	Calidad		
	Deseable	Adecuada	Tolerable
Tamaño máximo (mm)	51	51	76
% de finos	15 Max	25 Max	10 Min
Limite líquido %	25 Max	30 Max	40 Max
Índice plástico %	6 Max	10 Max	15 Max
Compactación	100 Min	100 Min	95 Min
Equivalente de arena	45 Min	30 Min	
CBR %	40 Min	30 Min	30 Min

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos, Mecánica de suelos y cimentaciones. p. 256.

### 3.8.13.2. Colocación

La construcción de una subbase comprende las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario: extensión y humedecimiento de una capa, conformación, compactación y acabado de la misma.

La subbase se colocará en capas no mayores de 20 cm de espesor, medida antes de la compactación; mantendrá un contenido de humedad cercano al óptimo para compactarse a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo próctor modificado. Este debe homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad. En ningún caso se permitirá colocar la capa superior de subbase sin que la capa inferior cumpla las condiciones de nivelación, espesor y densidad exigidas. Simultáneamente con estas operaciones, se procederá a conformar las bermas permanentes las cuales se compactarán en todo su ancho y en el espesor total de la capa para que sirva de contención lateral a la zona central.

### **3.8.14. Base**

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de esta a la subrasante; es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

El espesor requerido para cada tramo correspondiente es el resultante indicado por el encargado del diseño del pavimento. Los espesores de las bases son muy variables, pero suele considerarse que 12 o 15 centímetros, es el espesor mínimo que conviene aplicar.

#### **3.8.14.1. Materiales adecuados para la base**

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. La estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión; todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos respecto del agregado grueso. El material debe estar libre de impurezas y residuos orgánicos.

La porción de agregado retenida en el tamiz No. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste, por abrasión, mayor de 50 – 500 revoluciones. Y no más del 25 % deben de ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces del espesor promedio de las mismas.

Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe ser libre de impurezas y consistir en suelo arenoso, limo orgánico, polvo de roca u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen por el tamiz No. 10.

Tabla XXXI. **Características de los materiales de la base**

Características	Calidad	
	Deseable	Adecuada
Tamaño máximo (mm)	38	51
% de finos	10 Max	25 Max
Limite líquido %	25 Max	30 Max
Índice plástico %	6 Max	10 Max
Compactación	100 Min	100 Min
Equivalente de arena	45 Min	30 Min
CBR %	40 Min	80 Min

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. p. 258.

### 3.8.14.2. Colocación

Antes de tender el material de base, el material de subbase debe cumplir con las especificaciones mencionadas.

Se tiene que humedecer la superficie entre capas, para conseguir una mejor adhesión entre las capas y evitar deslizamientos; cuando el espesor de base sea mayor de 20 centímetros, se tendrá que hacer la compactación por capas, siempre que estas no sean mayores de 20 ni menores de 10 centímetros. Cubriendo distancias no mayores de cuatro kilómetros, medidas desde el extremo anterior de la capa terminada.

Al compactar el material debe ser homogéneo y estar humedecido, esto se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, procediendo en este caso con la compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse hasta lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación del mismo; el riego del agua puede efectuarse simultáneamente al momento de realizar la mezcla del material, si este se encuentra en sus óptimas condiciones se logra la densidad especificada. La capa de base ya terminada, tiene que quedar lo más uniforme posible para evitar concentración de esfuerzos en la capa de rodadura, al estar el pavimento ya dispuesto para la circulación de vehículos.

### **3.8.15. Carpeta de rodadura**

También conocida como carpeta asfáltica, la carpeta de rodadura es la capa de la estructura del pavimento flexible elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico, que protege la base, impermeabilizando la superficie, evitando de esta manera posibles infiltraciones del agua de lluvia, que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento flexible.

Los materiales pétreos son suelos inertes que se consiguen en ríos, arroyos o depósitos naturales. Para poder ser empleados en la carpeta asfáltica deben cumplir con ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos del interperismo, para que el

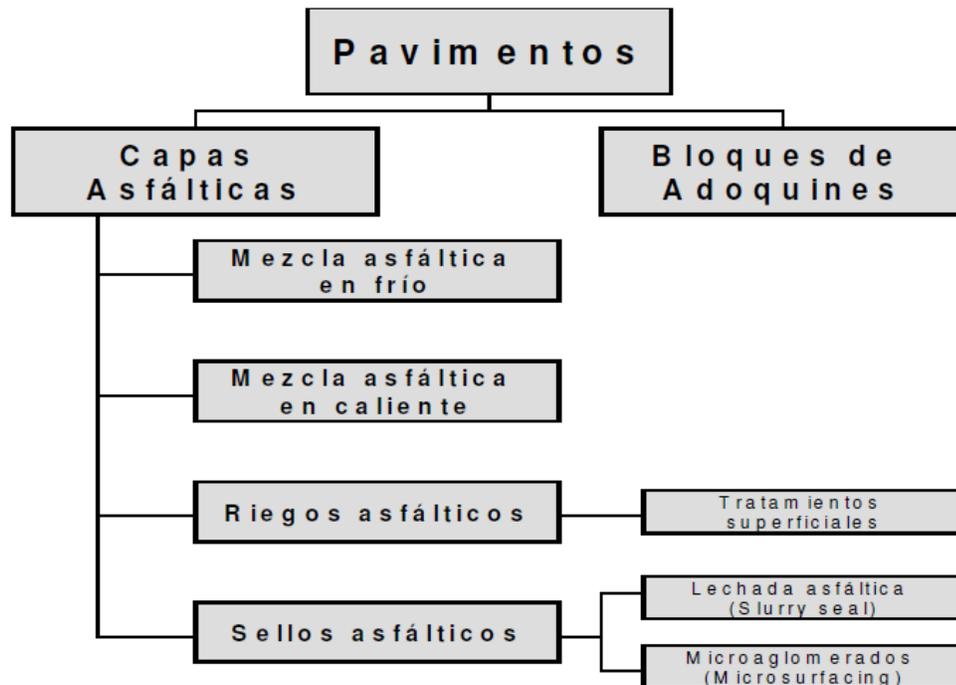
asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad.

Las funciones de la carpeta de rodadura son las siguientes:

- Proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.
- Impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos, las presiones verticales de contacto, las tensiones tangenciales de frenado, las succiones debidas al comportamiento de los neumáticos, etc.

Desde el punto de vista general, la rodadura debe ser cómoda, segura, duradera, poco ruidosa, producir un desgaste mínimo en los vehículos y facilitar la evacuación del agua en la zona de contacto con el neumático.

Figura 17. Tipos de superficies de rodadura en pavimentos flexibles



Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 104.

### 3.8.15.1. Características de la capa de rodadura

El concreto asfáltico mezclado en vía consiste en una o varias capas compactadas de una mezcla de agregados minerales y asfalto líquido, producido en la vía por medio de plantas viajeras, motoniveladoras, arados agrícolas o cualquier otro tipo capaz de mezclar agregados y asfalto sobre la superficie de la vía. Este tipo de concreto asfáltico se puede emplear como capa de rodamiento para tráfico liviano y mediano, como base de pavimentos flexibles para tráficos mediano y pesado o como capa intermedia.

El concreto asfáltico mezclado en planta y compactado en caliente, es el pavimento asfáltico de mejor calidad y se compone de una mezcla de agregados y asfalto, realizada a una temperatura aproximada de 150 °C colocada y compactada en caliente. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de calentar y secar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportados, que a su vez la colocan en la máquina pavimentadora para que esta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después de lo cual se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva alta.

La capa de rodadura, también contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros).

#### **3.8.15.2. Material adecuado para la capa de rodadura**

Superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las traserías. Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico o hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

El material asfáltico, tipo grado, y especificación del cemento asfáltico, debe ser uno de los establecidos en la tabla XXXII:

Tabla XXXII. **Especificaciones del cemento asfáltico**

<b>Tipo y grado de cemento asfáltico</b>	<b>Especificación</b>
Graduación por viscosidad <ul style="list-style-type: none"> <li>• AC-10</li> <li>• AC-20</li> <li>• AC-40</li> </ul>	AASHTO M 228
Graduación por penetración <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 - 50</li> <li>• 60 - 70</li> <li>• 85 -100</li> <li>• 120-150</li> </ul>	AASHTO M 20
Graduación PG <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 – 64</li> <li>• 22 – 70</li> <li>• 22 – 76</li> <li>• 22 – 82</li> </ul>	AASHTO MP 1

Fuente: Especificaciones Generales para la construcción de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos, 2000. p. 276.

### **3.8.15.3. Colocación de la carpeta de concreto asfáltico**

Este tipo de carpetas, deben ser construidas sobre bases hidráulicas o sobre bases asfálticas impregnadas. Si se llegan a construir sobre bases naturales con módulos de elasticidad bajos, sufrirán deformaciones ante las cargas del tránsito, la resistencia no será la deseada y su ruptura será frágil. Para los requerimientos de la mezcla asfáltica, se adoptará el método Marshall según AASHTO T-245, que sirve para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los valores indicados en el Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA, 2004.

Para poder construir las carpetas de concreto asfáltico, se deben de seguir los siguientes pasos:

- Elegir los bancos de material pétreo y llevarlos al laboratorio para seleccionar el banco adecuado.
- Hacer el proyecto granulométrico en el laboratorio para encontrar el contenido óptimo de cemento asfáltico.
- Extraer el material.
- Proporcionar pétreos en frío a la planta de mezclado.
- Transportar el material al cilindro de calentamiento y secado donde alcanzará una temperatura entre 150 °C y 170 °C.
- Alcanzada la temperatura deseada, el material pétreo se sube a la unidad de mezclado, donde se mezcla con el cemento asfáltico que se encuentra entre los 130 °C y 140 °C.
- Llevar la mezcla al tramo con una temperatura mínima entre 110 °C y 120 °C. La mezcla debe descargarse en la finisher que se encarga de extenderlo y darle una ligera compactación.
- La compactación debe iniciarse a una temperatura mayor a los 90 °C. Con un rodillo de 7 ton., para dar un primer armado y evitar desplazamiento de la mezcla. Después con uno de 15 ton. El grado mínimo de compactación es de 95 % del peso volumétrico del proyecto.

Una carpeta que tiene menos asfalto del necesario, se desgranará, en el caso contrario, el asfalto brotará a la superficie haciéndola lisa y resbaladiza.

### **3.8.16. Sistema de drenaje**

El sistema de drenaje de una vía es el dispositivo, específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas, que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. Dentro de esta amplia definición se distinguen diversos tipos de instalaciones encaminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretendan alejar o evacuar, o de la disposición geométrica con respecto al eje de la vía:

#### **3.8.16.1. Drenaje superficial**

Conjunto de obras destinadas a la recogida de las aguas pluviales o de deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno. Se divide en dos grupos:

- Drenaje longitudinal: canaliza las aguas caídas sobre las plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la a calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello se emplean elementos como las cunetas, cauces, colectores, sumideros, arquetas y bajantes.
- Drenaje transversal: permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura vial, de forma que no se produzcan destrozos en esta última. Comprende pequeñas y grandes obras de paso como puentes y viaductos.

### **3.8.16.2. Criterios de diseño**

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera se debe tener presente una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Los más destacables son:

- Factores topográficos: dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo, la tipología del relieve existente o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.
- Factores hidrológicos: hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afectan directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores del pavimento.
- Factores geotécnicos: la naturaleza y características de los suelos existentes en la zona, condicionan la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también, la existencia de vegetación.

Una vez sopesados estos factores se procede al diseño de la red de drenaje, que deberá cumplir los siguientes objetivos:

- Evacuar de manera eficaz y lo más rápidamente posible el agua caída sobre la superficie de rodadura; se deberá evitar la inundación de los tramos más deprimidos de la vía.
- Alejar del firme el agua freática, así como los posibles acuíferos existentes.
- Prestar especial atención a los cauces naturales, tales como barrancos, disponiendo obras de fábrica que no disminuyan su sección crítica.
- Cuidar el aspecto ambiental, procurando que produzca el menor daño posible al entorno.

Todos los anteriores puntos están como siempre supeditados a la economía de la hora, por lo que la solución adoptada debe tener en cuenta dos condicionantes adicionales:

- El coste inicial de construcción e implantación del sistema de drenaje.
- Los costes de reparación y mantenimiento de la infraestructura de drenaje a lo largo de la vida útil de la carretera.

### **3.8.17. Drenaje longitudinal**

El drenaje longitudinal deberá recoger el agua de escorrentía superficial procedente de la plataforma de la carretera y de los márgenes que viertan hacia ella y la conduzcan hasta un punto de desagüe, restituyéndolas a su cauce natural.

- Elementos de canalización: recogen las aguas pluviales.

- Elementos de desagüe: alivian el caudal de los anteriores, facilitando la salida de las aguas.
- Elementos de evacuación: conducen las aguas hasta su evacuación en un cauce natural.

#### **3.8.17.1. Elementos de canalización**

A continuación se describe la tipología y dimensionamiento de los diferentes elementos que se encargan de la canalización de las aguas en un drenaje longitudinal.

#### **3.8.17.2. Cunetas**

Se definen como elementos longitudinales situados en el extremo de la calzada y que discurren paralelos a la misma; principales misiones son:

- Recibir y canalizar las aguas pluviales procedentes de la propia calzada y de la escorrentía superficial.
- En determinados casos, recoger las aguas infiltradas en el firme y terreno adyacente.
- Ayudar a controlar el nivel freático del terreno.

También es importante que la geometría de las cunetas no suponga un peligro añadido para los vehículos que eventualmente se salgan de la calzada.

Las cunetas pueden construirse de diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del agua en su seno, magnitud que depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, que suele coincidir con la adoptada para la vía. Una velocidad superior a la tolerable por el material causaría arrastres y erosiones del mismo, reduciendo la funcionalidad de la cuneta. Si fuera necesario, esta puede revestirse con un material hidráulicamente más competente, generalmente hormigón, especialmente en las siguientes situaciones:

Es importante que la cuneta se halle lo suficientemente alejada del pavimento como para que su sección no produzca inundación superficial o infiltraciones en las capas del pavimento. En este sentido, es recomendable dejar un resguardo de al menos 50 cm, entre la superficie de rodadura y el máximo nivel de lámina libre; así como impermeabilizar la cuneta para evitar filtraciones, o distanciarla de las capas resistentes del pavimento si estas no están protegidas.

### **3.8.17.3. Determinación del caudal de referencia**

Para proyectar un sistema de drenaje el primer paso es estimar el máximo caudal que va a tener que desaguar. Para ello se aplicará el método hidrometeorológico.

- Método hidrometeorológico: basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación, obtenida de los mapas pluviométricos en toda la superficie de la cuenca, realizando una estimación de la escorrentía superficial. Da buenos resultados en cuencas pequeñas.

Una de las aplicaciones más sobresalientes de este tipo de análisis lo constituye el diseño hidráulico de diferentes obras, para la evacuación segura de la escorrentía originada por eventos de lluvias, en áreas urbanas y rurales. Normalmente, este tipo de aplicaciones requiere de eventos de lluvias intensas asociados a una duración y a una frecuencia de ocurrencia. Las curvas de duración-intensidad-frecuencia (DIF), ofrecen dicha relación.

En Guatemala, este tipo de curvas se encuentran reducido para cierto número de estaciones, para diferentes épocas y en documentos dispersos.

Para la estimación de caudales (Q) de diseño, asociados a determinados períodos de retorno, para cuencas tributarias pequeñas, se usa el método racional.

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

Donde:

Q = caudal pico [m<sup>3</sup>/s]

C = coeficiente de escorrentía [ - ]

i = intensidad de precipitación [mm/hr], con una duración igual a tc

A = área de la cuenca tributaria [km<sup>2</sup>]

tc = tiempo de concentración de la cuenca [min]

El tiempo de concentración del área tributaria, definido como el necesario para que el agua precipitada en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca, en el presente caso, el sistema de drenaje llegue a dicha sección; este puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros

morfométricos de las cuencas o con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las fórmulas utilizadas en el medio es la de KIRPICH, que usa el desnivel y longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Donde:

L [m] es la longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria

H[m] es el desnivel de dicho cauce

El coeficiente de escorrentía C, se estima con base en las características hidrogeológicas de las cuencas. En la literatura especializada de hidrología, se publican tablas con valores de C en función, generalmente, de tres aspectos que se consideran determinantes en la generación de escorrentía como consecuencia de tormentas de lluvias: la cobertura, el tipo de suelo y las pendientes del terreno.

Tabla XXXIII. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	<5%	0,30	0,50	0,60
	5-10%	0,40	0,60	0,70
	10 -30%	0,50	0,70	0,80
Potreros	<5%	0,10	0,30	0,40
	5-10%	0,15	0,35	0,55
	10 -30%	0,20	0,40	0,60
Bosques	<5%	0,10	0,30	0,40
	5-10%	0,25	0,35	0,50
	10 -30%	0,30	0,50	0,60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4 Hydrology, USDA. p. 345.

Una vez conocido el tiempo de concentración, este valor se usa para estimar la intensidad de lluvia para el período de retorno deseado. Conociendo los parámetros de las ecuaciones respectivas, para el sitio de interés, simplemente se ingresa en la ecuación el valor de  $t_c$  como  $t$ .

Considerar que se desea estimar la magnitud de la intensidad de lluvia para un período de retorno de 10 años, debido a el TPDA y tipo de la carretera. Asumir además que, la longitud del cauce más largo,  $L$ , de la cuenca de interés es de 953,78 m y su desnivel es de 31,93 m. Aplicando la ecuación del tiempo de concentración se tiene que el  $t_c = 5$  min.

Con datos obtenidos en el INSIVUMEH, se puede calcular la intensidad de lluvia que se recibe en el área de Santa Catarina Pinula. Ya obtenidas las curvas DIF, el tipo de modelo para representar matemáticamente las curvas tiene la forma de:

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

Donde:

$i_{Tr}$  es la intensidad de lluvia [mm/hr], asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr), t es la duración [min] A, B y n son parámetros de ajuste.

Estos parámetros se obtienen mediante regresión no lineal. Los períodos de retorno analizados son: 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años.

Tabla XXXIV. **Parámetros A, B y n de las ecuaciones de la forma de la Es 1 obtenidos en los análisis. Tr=período de retorno (años)  
R2=coeficiente de determinación**

Tc	2,00	5,00	10,00	20,00	25,00	30,00	50,00	100,00
A	5 843,00	1 991,00	1 150,00	1 321,00	1 315,00	1 221,00	1 215,00	1 217,00
B	25,00	14,00	11,00	12,00	13,00	12,00	12,00	12,00
N	1,04	0,77	0,62	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61
R2	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97

Fuente: informe de intensidad de lluvia, INSIVUMEH.

$$i_{Tr} = \frac{1\ 150}{(11 + 5)^{0,616}} = 206\ mm/hr$$

Una vez conocidos la intensidad media (I) y el coeficiente de escorrentía (C), únicamente resta aplicar la expresión del Método Hidrometeorológico aplicando el área de la cuenca (A),

$$A = (953,78\text{m} \cdot 6\text{m}) / 100$$

Aplicando el área de la cuenca (A),

$$A = 57,23 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{206 * 0,30 * 57,23}{360} = 9,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

El dimensionamiento de este tipo de elementos de drenaje se realiza mediante la fórmula Manning-Strickler, cuya expresión matemática es:

$$Q = V * S = K * S * R^{2/3} * J^{1/2}$$

Donde:

- Q: caudal desaguado por la cuneta en m<sup>3</sup>/s
- V: velocidad media de la corriente en m/s
- K: coeficiente de rugosidad de Manning
- S: es la sección mojada en m<sup>2</sup>, variable con el calado (h)
- R: radio hidráulico en m. [sección mojada (S)/ perímetro mojado (P)]
- J: pendiente de la línea de energía

Tabla XXXV. **Coefficiente de rugosidad K**

<b>Material</b>	<b>Características</b>	<b>K(m<sup>1/3</sup>/s)</b>
<b>Tierra desnuda</b>	Superficie uniforme	40-50
	Superficie irregular	30-50
<b>Tierra genérica</b>	Ligera vegetación	25-30
	Vegetación espesa	20-25
<b>Encachado</b>		35-50
<b>Revestimiento bituminoso</b>		65-75
<b>Hormigón proyectado</b>		45-60
<b>Tubo corrugado</b>	Sin revestir	30-40
	Revestido	35-50
<b>Tubo de fibrocemento</b>	Sin juntas	100
	Con juntas	85
<b>Tubo o cuneta de hormigón</b>		60-75

Fuente: Especificaciones Generales para la construcción de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos, 2000. p. 295.

Tanto la sección (S) como el perímetro mojado (P) que define el radio hidráulico pueden ponerse en función del calado (H) de la corriente. Se elige una altura H; que sea menos de 0.60 m. H=0.53 m.

$$R_h = \frac{H * 5^{1/2}}{6} = R_h = \frac{(0,53) * 5^{1/2}}{6} = 0,18 \text{ m}$$

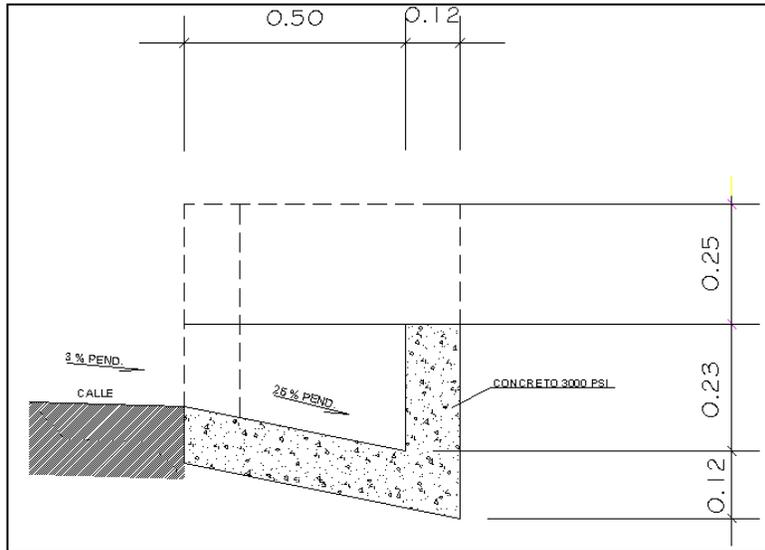
$$A = \frac{5H^2}{4} = A = \frac{5(0,53)^2}{4} = 0,31 \text{ m}^2$$

Si  $Q_{\text{Manning}} > Q_{\text{diseño}}$  la altura de cuneta cumple.

$$Q_{\text{Manning}} = (50)(0,31)(0,18)^{2/3}(25)^{1/2} = 24,8 \text{ m}^3$$

$$Q = 24,8 \text{ m}^3 > Q_{\text{diseño}} = 9,82 \text{ m}^3$$

Figura 18. Dimensiones de cuneta



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2012.

Los principales elementos de desagüe superficial empleados en carreteras son los sumideros, estos permiten el desagüe de los dispositivos superficiales de drenaje, en este caso cunetas, bien directamente al exterior o por medio de un colector. De esta forma, las aguas vuelven a reintegrarse al cauce natural, o son desviadas a sistemas subterráneos de recogida, como la red de alcantarillado.

En la elección del tipo y diseño de estos elementos deberán tenerse en cuenta, aún por encima de las consideraciones hidráulicas, factores de seguridad en la circulación y el posible peligro de su obstrucción y acumulación de sedimentos térreos lo que haría totalmente inútil su presencia.

Elaboración de la cuneta: concreto de calidad especificada para uso de cunetas; que el resultado de la mezcla combinada con cemento hidráulico,

agregados, agua y aditivos tenga las proporciones adecuadas. Utilizar la proporción 1:2:3, con la resistencia ya indicada.

### **3.8.18. Drenaje transversal**

Son tuberías que se colocan para aliviar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en tramos de corte y sirven para conducir agua al otro lado de la carretera. Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal, que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera, para que no se erosione y si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan, adicionalmente, disipadores de energía al final de la tubería que servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos. En los planos se encuentran las secciones típicas de los drenajes transversales a utilizar.

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 período 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:

$$Q = \frac{CiA}{3,6}$$

Donde

Q = caudal pico [m<sup>3</sup>/s]

C = coeficiente de escorrentía [ - ]

i = intensidad de precipitación [mm/hr], con una duración igual a tc

A = área de la cuenca tributaria [km<sup>2</sup>]

Se tomará el valor más alto de precipitación el cual se presentó en agosto de 2 010 y es de 470,8 mm/hora.

Para calcular el diámetro de los drenajes transversales se utiliza la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

V = velocidad

R = radio hidráulico

S = pendiente

$$Q = V * A \rightarrow Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$$

Q = caudal

A = área de tubería circular (m<sup>2</sup>)

n = coeficiente de rugosidad

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

D = diámetro

$$R = \frac{D}{4}$$

Coeficiente de rugosidad para tuberías de concreto  $n=0,013 \phi > 24''$ ,  
 $n=0,015 \phi < 24''$ . Coeficiente de rugosidad para tuberías de P.V.C.  $n=0,009$ .

$$Q = 9,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la tubería necesario para desfogar el caudal es el siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} * A = \frac{1}{n} * \frac{D^{2/3}}{4^{2/3}} * S^{1/2} * \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \left[ \frac{Q + 4^{5/3} * n}{S^{1/2} * \pi} \right] = \left[ \frac{9,82 * 4^{5/3} * 0,009}{0,32^{1/2} * \pi} \right]^{3/8} = 0,78 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0,78)^2}{4} = 0,47 \text{ m}^2$$

El área necesaria para drenar la cuenca es de 0,15 m<sup>2</sup>, se utilizaría tubería de 30'', pero, para asegurar que las tuberías no trabajen a sección llena se utilizarán tuberías de 36''.

### **3.9. Evaluación de impacto ambiental**

Se debe de establecer las características ambientales del área de influencia, los componentes del proyecto y la definición de las áreas sensibles, para proceder entonces a realizar la evaluación de impacto ambiental, aplicando el siguiente marco metodológico:

- Establecimiento de las acciones del proyecto susceptibles de generar impactos ambientales y selección de los componentes ambientales con posibilidad de ser impactados.
- Selección de indicadores ambientales biofísicos y socioeconómicos y culturales.
- Identificación y selección de medidas de impacto cualitativas y cuantitativas.
- Determinación de los parámetros de calificación numéricos y cualitativos, los mismos que como principales variables tiene al carácter genérico, a la reversibilidad del impacto y a su magnitud.
- Calificación y predicción de los impactos para cada una de las principales actividades, aplicando el método matricial de interacción entre los componentes socio-ambientales y los diferentes parámetros de calificación de impactos.
- Descripción de los impactos según su jerarquización: significativo y no mitigable (impacto crítico); significativo y mitigable (impacto severo);

poco insignificante y mitigable (impactos moderados); e insignificante y beneficioso (impactos compatibles).

### **3.9.1. Matriz de riesgos**

La matriz fue diseñada para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyecto de construcción. Su utilidad principal es como lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones amenaza y vulnerabilidad, pero también, es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación.

Tabla XXXVI. Matriz de riesgo

Sistema Nacional de Inversión Pública, SNIP.																				
Boleta de Identificación y Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.																				
Proyecto: DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO Y CALLE CON PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA FASE III																				
Localización: ALDEA EL PAJON, SANTA CATARINA PINULA																				
Identificación y Evaluación de Riesgo Programas / Proyectos	N.A.	Expuesto al evento	Genera el evento	Nula				Baja				Media				Alta				Total = A * V
				Amenaza				Vulnerabilidad				R = amenaza * vulner.								
Origen del Evento	Factor	Tipo de Evento		0	4	8	10	2	4	8	10									
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones		0												0				
		Tornados (vientos fuertes)			4						4						16			
		Tormenta tropical			4						4						16			
		Onda térmica fría		0													0			
		Onda térmica cálida		0													0			
		Inundaciones			4						4						16			
	Topográficos ó Geotécnicos	Sequías que provocan pérdidas agrícolas		0													0			
		Otros: Especifique																		
		Derrumbes		0													0			
		Deslizamientos		0													0			
		Lahares		0													0			
		Flujos de lodo y agua		0													0			
	Tectónicos ó Geológicos	Otros																		
		Terremotos (sismos)					8					8					64			
		Erupciones volcánicas			0												0			
Maremotos (tsunamis)				0												0				
Otros																				
Otros																				
Antrópico - Social	Derechos humanos	Violación de derechos humanos		0												0				
		Genera pobreza y exclusión social		0													0			
		Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)		0													0			
		Ocurrencia de epidemias		0													0			
	Seguridad ciudadana	Otros																		
		Asesinatos y crímenes			4						4						16			
		Delincuencia organizada			4						4						16			
		Delincuencia común			4						4						16			
		Conflictos limítrofes		0													0			
		Ocurrencia de guerra		0													0			
	Entorno político	Ocurrencia de terrorismo		0													0			
		Otros																		
		Crisis política (pérdida democracia)		0													0			
		Crisis gobernabilidad (alteración orden público)		0													0			
	Manejo del ambiente	Crisis económica (empobrecimiento)		0													0			
		Crisis social (conflictos entre pobladores)		0													0			
		Otros																		
		Destrucción de hábitats naturales.		0													0			
		Radiación solar intensa		0													0			
		Descarga de sólidos y líquidos a cuerpos de agua		0													0			
		Descarga de partículas sólidas al aire		0													0			
		Contaminación por ruido superior a 90 DB		0													0			
		Contaminación de suelos		0													0			
		Sobreexplotación de recursos naturales		0													0			
		Desertificación		0													0			
		Incendios forestales		0													0			
	Accidentes	Otros																		
		Fallas industriales y tecnológicas		0													0			
		De transporte aéreo, acuático y terrestre		0													0			
		Derrame de productos petroleros		0													0			
Depósitos industriales y químicos			0													0				
Colapso de estructuras			0													0				
Explosiones			0													0				
Centrales eléctricas, térmicas y geotérmicas.			0													0				
Oleoductos			0													0				
Coheterias			0													0				
Urbanización desordenada			0													0				
Edificios, ruinas, monumentos abandonados			0													0				
Otros																				
Factor Amenaza		Escala	Descripción														160			
	Nula	No apreciable																		
	Minima	Visible, sin importancia para la estabilidad del sistema																		
	Moderada	Alteración notable, pero en un ámbito reducido																		
	Severa	Alteración notable, extensa consecuencias dañinas y mortales																		
Vulnerabilidad	Baja	Población es afectada en forma mínima, no existe peligro de muerte.																		
	Medía	Población es afectada focalmente, existe peligro de muerte.																		
	Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte.																		
	Extrem. Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte, sin capacidad de recuperación.																		
Escala de decisión	Bajo	menor 400 (Se acepta el proyecto con medidas mitigación)																		
Riesgo	Medio	mayor de 401 hasta 1000 ( Reformular el proyecto)																		
(puntos de riesgo)	Alto	mayor de 1000 ( Se rechaza el proyecto, reformularlo)																		

Fuente: elaboración propia.

### **3.9.2. Impactos deducidos del estudio**

Los impactos generados en la zona de estudio se producen como consecuencia de las obras de construcción de la carretera, cuando entre en funcionamiento o simplemente por la existencia de una nueva estructura lineal que se convierte en una barrera entre ambos lados de la nueva vía.

Entre las acciones que generan impactos durante la fase de obra está el movimiento de tierras por maquinaria pesada, la alteración de la cubierta vegetal y el drenaje natural.

#### **3.9.2.1. Impacto sobre el agua**

Posiblemente habrá cierta alteración de los cursos de agua en la fase de obras. Sin embargo, está previsto respetar los cursos de agua intermitentes existentes en las zonas por donde discurre la carretera en la zona de estudio. No parece que se alteren de forma significativa los cursos naturales ni el drenaje superficial. En cuanto a la afección de las aguas subterráneas, puede haber cierto peligro de contaminación por vertidos durante la fase de obras que se evitan con medidas preventivas. Una vez construida la autovía habrá una zona de impermeabilización del suelo (zona asfaltada) que impida la filtración aumentando el drenaje superficial.

#### **3.9.2.2. Impacto en la atmosfera: calidad del aire y ruido**

Se debe valorar el impacto sobre la calidad del aire en relación con los contaminantes y con la energía disipada en forma de ruido.

### **3.9.2.3. Impacto en la calidad del aire**

La calidad de aire, que es excelente en estos momentos, se modificará tanto en la fase de obras como en la de funcionamiento de la autovía. En la fase de obras se producirán partículas en suspensión que afectarán a zonas próximas. La afección dependerá principalmente del régimen de vientos y puede llegar a tener importancia en la zona urbana de las cercanías.

En la fase de funcionamiento de la carretera se producirán emisiones de contaminantes que podrán a su vez, generar otros compuestos (contaminantes secundarios) afectando a las zonas más cercanas a la carretera; también la extensión de los contaminantes estará regulada por los vientos. Los metales pesados quedarán cerca de la vía pudiendo afectar a los suelos y la vegetación de las zonas próximas.

### **3.9.2.4. Contaminación sonora**

Habrà un incremento de ruido en la zona en la fase de obras, pero el impacto por ruido será muy importante en la fase de funcionamiento de la autovía.

### **3.9.2.5. Impacto sobre el medio biótico**

El aspecto que afectará directamente a la fauna es el ruido; tanto en la fase de construcción como posteriormente.

En la fase de obra, la maquinaria y las voladuras, si las hubiera, afectan en general a toda la fauna, pero sobre todo, se ven más afectados en primer

lugar las aves y en segundo lugar los mamíferos. Los gases contaminantes de los carros también afectan la fauna.

#### **3.9.2.6. Impacto sobre la vegetación**

Gases contaminantes: el impacto mayor está constituido por el aumento de gases emitidos por los vehículos al circular por el nuevo acceso.

#### **3.9.3. Medidas correctoras**

Como consecuencia de la construcción del segundo acceso se generarán importantes impactos negativos en el medio físico, tanto en la fase de obras como en la de funcionamiento de la autovía. Se destacan como especialmente graves, los impactos sobre el paisaje, la atmósfera (ruido y contaminación) y sobre los usos del suelo. La modificación en el medio físico (contaminación, ruido, efecto barrera) producirá a su vez efectos negativos en el medio biótico (vegetación y fauna) difíciles de evaluar.

Las medidas correctoras de impactos que afecten al medio físico, serán al mismo tiempo eficaces para reducir impactos sobre el medio biótico, aunque se deberán arbitrar medidas concretas de corrección de efectos negativos sobre la fauna y la vegetación. A continuación se indican medidas correctoras a los efectos negativos más importantes que se han detectado, dando mayor importancia a la corrección de los impactos generados por el futuro tránsito de automóviles que a los producidos en la fase de obra, considerando que los efectos de estos últimos no serán permanentes.

Los suelos por los que discurrirá la carretera dejarán de ser de cultivos, ganaderos y recreativos, para convertirse en un corredor por donde pasará una

vía de circulación ajardinada en sus márgenes. Aunque no se recuperaría el uso agrario o ganadero, sí podría rescatarse el uso recreativo actual como zona de campo donde pasear, para ello la replantación se debería llevar a cabo con plantas autóctonas, de modo que pueda convertirse en una zona urbana ajardinada.

La revegetación con plantas autóctonas que a largo plazo pueden llegar a regenerar un encinar, beneficiaría a la fauna, aumentando los hábitats disponibles. Se pueden llevar a cabo otras acciones compensatorias: introducir casetas de nidificación, facilitar la alimentación de las aves.

### **3.10. Presupuesto**

Para el cálculo del presupuesto se consideraron los siguientes aspectos: materiales, mano de obra, maquinaria, combustible, transporte de materiales, prestaciones, factores de gastos indirectos como utilidad, administración e impuestos.

Tabla XXXVII. Presupuesto general de pavimento flexible

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1,00	TRABAJOS PRELIMINARES	2 500,00	M	Q. 6,96	Q. 17 403,21
2,00	CORRIMENTO DE CERCO PERIMETRAL	1 300,00	M	Q. 13,89	Q. 18 060,88
3,00	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	5 048,00	M3	Q. 39,10	Q. 197 363,03
4,00	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	1 356,00	M3	Q. 9,93	Q. 13 470,18
5,00	REACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE	13 750,00	M2	Q. 3,08	Q. 42 380,09
6,00	BASE DE SELECTO ESPESOR 0.15 M	13 750,00	M2	Q. 22,08	Q. 303 551,19
7,00	IMPRIMACIÓN CON LÍQUIDO MC-70 A RAZON DE 0.30 GLS/M2	13 750,00	M2	Q. 11,77	Q. 161 900,07
8,00	APLICACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA CON ESPESOR DE 0.10 M	13 750,00	M2	Q. 89,97	Q. 1 237 144,19
9,00	CUNETA TIPO L	2 500,00	M	Q. 50,62	Q. 126 558,92
10,00	BORDILLO ANCHO 0.12 M	2 500,00	M	Q. 69,97	Q. 174 919,05
11,00	CONSTRUCCIÓN DE TRANSVERSAL	25,00	M	Q. 1 326,83	Q. 33 170,70
12,00	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA TERMOPLÁSTICA EN LÍNEA CENTRAL, DE 0.10 M DE ANCHO	2 500,00	M	Q. 28,28	Q. 70 699,39
13,00	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN NOCTURNA, VIALETAS EN LÍNEA CENTRAL	250,00	U	Q. 47,16	Q. 11 789,12
14,00	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA EN EJES LATERALES	5 000,00	M	Q. 20,09	Q. 100 448,63
<b>TOTAL</b>					

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. La investigación preliminar realizada en campo es necesaria para determinar la necesidad de una obra de infraestructura, así como la factibilidad técnica de un proyecto, con base a este criterio, se determinó la realización de un sistema de abastecimiento de agua y de alcantarillado sanitario para la aldea El Pajón.
2. El diseño de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario para la aldea El Pajón, es producto de un diagnóstico de necesidades básicas encontradas en el lugar por medio de un estudio que involucraba aspectos de población, vivienda, servicios existentes, recursos disponibles y otra serie de factores que determinaron el grado de necesidad de cada comunidad y la solución más adecuada a la misma.
3. Los proyectos de infraestructura, para que funcionen correctamente, necesitan de una adecuada operación y un mantenimiento constante, por lo que se procedió a capacitar a los representantes de cada comunidad, ya que ellos mismos serán los responsables de velar por la integridad del proyecto, para que al momento que se ponga en funcionamiento el sistema tenga en consideración los procesos que ayudarán a mantener un buen servicio en sus comunidades.



## RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala debe desarrollar una campaña educativa con población de la aldea El Pajón, sobre el buen uso del alcantarillado sanitario.
2. Garantizar la supervisión técnica profesional a través de un profesional de la ingeniería civil, durante la ejecución de los proyectos, para que se cumplan con todas las especificaciones y requerimientos contenidos en los planos.
3. Dar el mantenimiento respectivo al sistema de alcantarillado sanitario, una vez construido, para que no se acumulen materiales que puedan obstruir el alcantarillado y los pozos de visita.
4. Los materiales de construcción de este proyecto, en su mayoría, lo integra el concreto con una resistencia definida en las especificaciones. Por lo tanto, es necesario un control de calidad estricto en el momento de la fabricación y colocación del concreto.
5. Tomar en cuenta que si la obra no es construida en un corto plazo, se deberán actualizar los precios de los materiales, pues en el mercado actual se dan fluctuaciones constantemente. Se deben de estimar correctamente los fondos necesarios para la construcción de la pavimentación.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUÍZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 169 p.
2. BADILLOS, Eulalio; RODRÍGUEZ, Alfonso. *Mecánica de suelos. Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa. 2005. 642 p.
3. MONZÓN SEVILLA, Alicia del Carmen. *Metodología para la elaboración de presupuesto en una red superficial de alcantarillado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 176 p.
4. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. *Manual Centroamericano para diseño de pavimento*. Guatemala: SIECA, 2002. 289 p.
5. VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa. 2004. 644 p.



# **APÉNDICES**

## **ENSAYOS DE LABORATORIO**





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15885

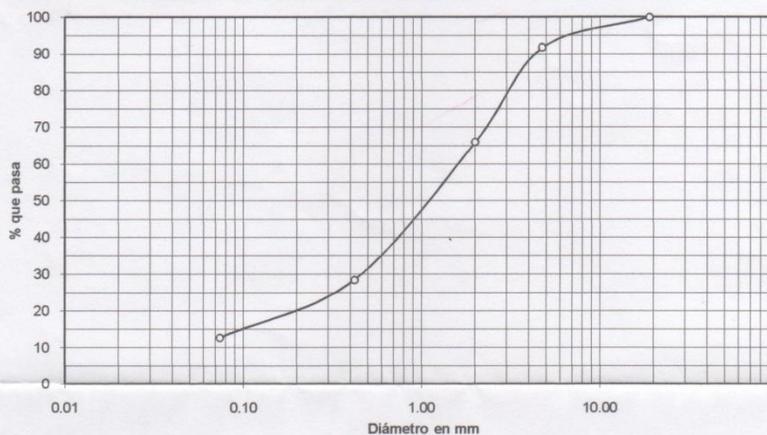
INFORME No.: 398

O.T.: 28,753

Interesado: Iris Marleny Prado Herrera  
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.  
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,  
Proyecto: Diseño de Calle con Pavimento Flexible de la fase III  
Fecha: 23/09/2011

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"		
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	91.68
10	2.00	66.02
40	0.42	28.50
200	0.074	12.78

% de Grava: 8.32  
% de Arena: 78.91  
% de Finos: 12.78



Descripción del suelo: Arena limosa con pomez  
Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-1-b  
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Medina  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15886

INFORME No. 399 S. S. O.T.: 28,753

Interesado: Iris Marleny Prado Herrera  
Proyecto: EPS- Diseño de Calle con Pavimento Flexible de la Fase III

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea el Pajón, del Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

FECHA: 23 de septiembre del 2011

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	SP-SM	Arena limosa con pomez

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:  
Muestra tomada por el interesado.  
Suelo Estabilizado

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maticela Cano Morales,  
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>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15887

INFORME No. 0400 S.S.

O.T. No.: 28,753

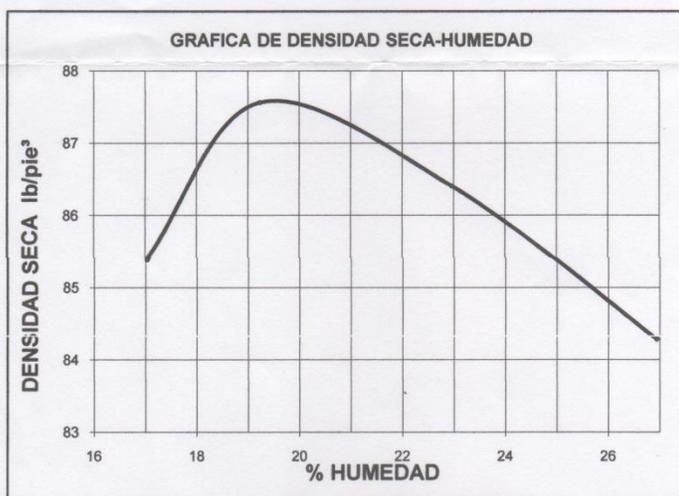
Interesado: Iris Marleny Prado Herrera  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: EPS- Diseño del Drenaje Sanitario y Calle con Pavimento Flexible de la Fase III

Ubicación: Aldea el Pajón, del Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

Fecha: 23 de septiembre del 2011



Descripción del suelo: Arena limosa con pomez  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,403 Kg/m<sup>3</sup> 87.6 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 19.4 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15888

INFORME No.: 0401 S.S. O.T. No.: 28,753

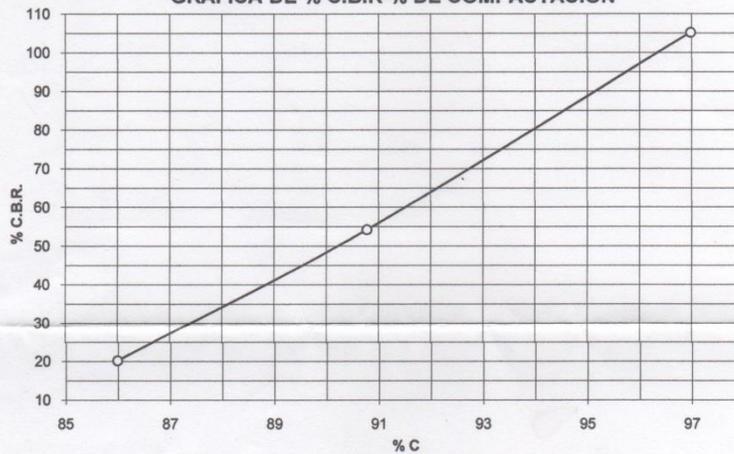
Interesado: Iris Marleny Prado Herrera  
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
Proyecto: EPS- Diseño del Drenaje Sanitario y Calle con Pavimento Flexible de la Fase III

Ubicación: Aldea el Pajón, del Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala  
Descripción del suelo: Arena limosa con pomez

Fecha: 23 de septiembre del 2011

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	$\gamma_d$ b/ pie <sup>3</sup>	(%)	(%)	(%)
1	10	19.00	75.3	86.0	0.13	20.3
2	30	19.00	79.5	90.8	0.17	54.2
3	65	19.00	85.0	97.0	0.15	105.2

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



# MEMORIA DE DISEÑO, SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

**CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**EPS DE INGENIERÍA CIVIL**  
**EPESISTA: IRIS MARLENY PRADO HERRERA**  
**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA EL PAJÓN**

PARAMETROS DE DISEÑO	
Período de Diseño:	25 años
Habitantes/Vivienda:	5 habitantes
Tasa de Crecimiento :	3.50%
Dotación:	80L/habitada
Factor de Retorno:	80%
Coefficiente Rugosidad:	0.010 P.V.C.

DE PV	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	Caudal Domiciliar		q diseño (l/s)		Ø Tubo plg.	S (%)	Sección Llana		Tirante (%)		v (m/s)		Cotas Invert		Prof. Pozo		Ancho Zanja (m)	Excavación (m³)	Relleno (m³)	
	Inicio	Final			Actual	Futuro	Actual	Futuro			V(m/s)	Q(l/s)	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Entrada	Salida	Inicio	Final				Entrada
<b>CALLEJONES EL PASEO, EL LIMON</b>																								
<b>RAMAL "A"</b>																								
106	105	104.595	102.823	58.28	3.04	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	3	1.96	35.77	6.5	9.7	0.60	0.77	103.20	101.45	1.40	1.37	0.60	50.07	47.42
105	104	102.823	100.000	57.49	4.91	0.0556	0.1319	0.641	1.483	6	4	2.26	41.31	8.6	12.9	0.83	1.07	101.42	99.12	1.40	0.88	0.60	39.37	38.33
<b>RAMAL "B"</b>																								
111	110	109.364	105.018	40.02	10.86	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	11	3.76	68.60	3.7	5.5	0.79	1.03	107.96	103.56	1.40	1.46	0.60	34.31	33.58
110	109	105.018	105.136	31.76	(0.37)	0.0481	0.1141	0.958	1.290	6	2	1.60	29.21	9.5	14.3	0.62	0.80	103.53	102.89	1.49	2.29	0.60	35.58	35
109	108	105.136	102.598	70.33	3.61	0.0704	0.1667	0.807	1.858	6	3	1.96	35.77	10.3	15.4	0.80	1.03	102.86	100.75	2.28	1.85	0.60	87.01	86.73
108	107	102.598	100.633	56.47	3.48	0.0852	0.2015	0.972	2.228	6	3	1.96	35.77	11.3	16.9	0.85	1.09	100.72	99.03	1.88	1.60	0.60	58.97	57.94
<b>RAMAL "C"</b>																								
117	116	101.958	101.190	48.97	1.57	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	2	1.60	29.21	5.5	8.3	0.44	0.57	100.56	99.58	1.40	1.61	0.60	44.22	43.33
116	115	101.190	101.047	48.43	0.31	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	2	1.60	29.21	7.6	11.4	0.54	0.70	99.55	98.64	1.64	2.41	0.60	55.16	54.33
<b>RAMAL "D"</b>																								
114	113	102.336	101.589	45.43	1.64	0.0370	0.0881	0.431	1.005	6	2	1.60	29.21	8.4	12.6	0.57	0.74	100.94	100.03	1.40	1.56	0.60	40.33	39.5
113	112	101.589	101.728	52.32	(0.27)	0.0741	0.1756	0.849	1.953	6	2	1.60	29.21	11.7	17.5	0.71	0.91	100	98.95	1.59	2.78	0.60	68.54	67.59
<b>RAMAL PRINCIPAL "E"</b>																								
115	112	101.728	101.047	27.55	2.47	0.0926	0.2193	1.054	2.416	6	3	1.96	35.77	11.7	17.6	0.87	1.12	98.92	98.09	2.81	2.96	0.60	47.65	47.15
112	107	101.047	100.633	22.19	1.87	0.1370	0.3244	1.539	3.507	6	2	1.60	29.21	15.5	23.3	0.84	1.08	98.06	97.62	2.99	3.01	0.60	39.94	39.54
107	104	100.633	100.000	35.24	1.80	0.3778	0.8933	4.049	9.036	6	2	1.60	29.21	25.1	38.1	1.12	1.41	97.59	96.89	3.04	3.11	0.60	65.05	64.41

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EPS DE INGENIERIA CIVIL  
 EPESISTA: IRIS MARLENY PRADO HERRERA  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA  
 PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA EL PAJÓN

**PARÁMETROS DE DISEÑO**  
 Período de Diseño: 25 años  
 Habitantes/Vivienda: 5 habitantes  
 Tasa de Crecimiento: 3.50%  
 Detención: 80L/hab/día  
 Factor de Retorno: 80%  
 Coeficiente Rugosidad: 0.010 P.V.C.

DE PV	A	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	Caudal Actual	Caudal Domiciliar		q diseño (l/s)	Ø S (%)		Sección Llena		Tirante (%)		v (m/s)		Cotas invert		Prof. Pozo Inicio Final	Ancho Zanja (m)	Excavación (m³)	Relleno (m³)
		Inicio	Final				Actual	Futuro		Actual	Futuro	plg.	Tubo	V(m/s)	Q(l/s)	Actual	Futuro	Entrada	Salida				

**CALLEJONES CUATRO CAMINOS**

RAMAL "A"																								
100	101	104.580	103.458	16.60	6.76	0.0185	0.0444	0.218	0.516	6	6	2.77	50.59	4.7	7.1	0.68	0.89	103.18	102.18	1.40	1.28	0.60	13.34	13.03
101	102	103.458	102.262	29.72	4.02	0.0370	0.0881	0.431	1.005	6	5	2.53	46.18	6.8	10.1	0.79	1.02	102.15	100.66	1.31	1.60	0.60	25.95	25.4
102	103	102.262	101.100	27.41	4.24	0.0519	0.1230	0.600	1.387	6	5	2.53	46.18	7.9	11.8	0.87	1.13	100.63	99.26	1.63	1.84	0.60	28.55	28.05
103	H	101.100	100.000	29.46	3.73	0.0704	0.1667	0.807	1.858	6	4	2.26	41.31	9.6	14.4	0.89	1.14	99.23	98.05	1.87	1.95	0.60	33.76	33.22
RAMAL "B"																								
99	G	100.948	100.060	18.70	4.76	0.0148	0.0356	0.176	0.415	6	5	2.53	46.18	4.4	6.7	0.60	0.79	99.56	98.61	1.40	1.45	0.60	17.57	16.65
RAMAL "C"																								
95	96	108.149	105.169	24.91	11.96	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	12	3.92	71.55	3.6	5.4	0.81	1.06	106.75	103.76	1.40	1.41	0.60	20.99	20.53
96	97	105.169	104.179	45.30	2.19	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	3	1.96	35.77	6.9	10.3	0.62	0.80	103.73	102.37	1.44	1.81	0.60	44.14	43.31
97	98	104.179	101.906	36.17	6.28	0.0444	0.1052	0.516	1.192	6	6	2.77	50.59	7.1	10.5	0.89	1.15	102.34	100.17	1.84	1.74	0.60	38.79	38.13
98	F	101.906	100.195	59.29	2.89	0.0593	0.1407	0.683	1.579	6	3	1.96	35.77	9.5	14.3	0.76	0.98	100.14	98.36	1.77	1.83	0.60	64.06	62.97

**CALLEJON LAS PILAS, JOYA EL MORA**

RAMAL PRINCIPAL																								
44	45	107.079	102.132	23.30	21.23	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	21.00	5.19	94.65	4.1	6.1	1.17	1.52	105.08	100.19	2.00	1.94	0.60	27.55	27.13
45	46	102.132	100.981	27.36	4.21	0.0519	0.1230	0.600	1.387	6	4.00	2.26	41.31	8.4	12.5	0.81	1.05	100.16	99.07	1.97	1.91	0.60	31.88	31.38
46	47	100.981	100.000	57.50	1.71	0.0741	0.1756	0.849	1.953	6	2.00	1.60	29.21	11.7	17.5	0.71	0.91	99.04	97.89	1.94	2.11	0.60	69.88	68.83
47	48	100.000	94.748	35.90	14.63	0.0889	0.2104	1.013	2.322	6	13.00	4.08	74.47	8.1	12.1	1.43	1.85	97.86	93.19	2.14	1.56	0.60	39.83	39.17
48	49	94.748	93.422	12.45	10.65	0.1037	0.2452	1.176	2.868	6	10.00	3.98	65.31	9.3	13.8	1.37	1.76	93.16	91.92	1.59	1.50	0.60	11.54	11.31
49	51	93.422	93.006	12.05	3.45	0.1222	0.2889	1.379	3.141	6	4.00	2.26	41.31	12.5	18.7	1.05	1.34	91.89	91.41	1.53	1.60	0.60	11.31	11.09
51	54	93.006	91.736	35.99	3.53	0.1333	0.3156	1.499	3.416	6	8.00	2.26	41.31	13	19.4	1.07	1.37	89.91	87.52	1.63	1.80	0.60	36.95	36.29
54	57	91.736	90.697	13.19	7.88	0.1481	0.3504	1.659	3.771	6	8.00	3.20	58.42	11.9	17.8	1.43	1.84	87.49	86.03	3.21	3.69	0.60	19.80	19.56
57	59	90.697	89.717	12.63	7.76	0.1593	0.3770	1.779	4.042	6	8.00	3.20	58.42	11.9	17.8	1.43	1.84	87.49	86.03	3.21	3.69	0.60	26.12	25.89
59	61	89.717	88.322	10.80	12.92	0.1741	0.4119	1.937	4.392	6	12.00	3.92	71.55	11.3	16.8	1.70	2.17	86	84.7	3.72	3.62	0.60	23.78	23.58
61	62	88.322	87.079	28.24	4.40	0.1815	0.4289	2.016	4.563	6	4.00	2.26	41.31	16	22.4	1.17	1.49	84.67	83.54	3.65	3.54	0.60	60.93	60.41
62	63	87.079	86.464	25.02	2.46	0.1926	0.4586	2.134	4.829	6	2.00	1.60	29.21	18.2	27.5	0.93	1.18	83.51	83.01	3.57	3.45	0.60	52.72	52.26
63	65	86.464	86.526	4.67	(1.33)	0.2037	0.4815	2.252	5.087	6	2.00	1.60	29.21	18.7	28.2	0.95	1.20	82.98	82.89	3.48	3.64	0.60	9.98	9.89
65	66	86.526	86.930	31.02	(1.30)	0.2333	0.5519	2.564	5.779	6	2.00	1.60	29.21	20	30.1	0.98	1.25	82.86	82.24	3.67	4.69	0.60	77.76	77.2

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EPS DE INGENIERÍA CIVIL  
 EPESISTA: IRIS MARLENY PRADO HERRERA  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA  
 PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA EL PAJÓN

**PARÁMETROS DE DISEÑO**  
 Período de Diseño: 25 años  
 Habitantes/Vivienda: 5 habitantes  
 Tasa de Crecimiento: 3.50%  
 Detacción: 80L/habitadía  
 Factor de Retorno: 80%  
 Coeficiente Rugosidad: 0.010 P.V.C.

DE PV	A	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	Caudal Domiciliar		q diseño (l/s)		Ø	S (%)	Sección Llena		Tirante (%)		v (m/s)		Cotas Invert		Prof. Pozo Inicio	Prof. Pozo Final	Ancho Zanja (m)	Excavación (m³)	Relleno (m³)
		Inicio	Final			Actual	Futuro	Actual	Futuro			Actual	Futuro	Actual	Futuro	Entrada	Salida							
<b>CALLEJON LAS PILAS, JOYA EL MORA</b>																								
<b>RAMAL "C"</b>																								
50	48	94.965	94.748	25.07	0.87	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	1	1.13	20.65	6.5	9.8	0.34	0.45	93.57	93.31	1.40	1.44	0.60	21.34	20.89
<b>RAMAL "D"</b>																								
51	52	93.006	91.105	24.57	7.74	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	8	3.20	56.42	4	6	0.71	0.93	91.41	89.44	1.60	1.67	0.60	24.07	23.62
52	53	91.105	91.390	22.40	(1.27)	0.0333	0.0793	0.389	0.906	6	1	1.13	20.65	9.5	14.2	0.44	0.57	89.41	89.19	1.70	2.20	0.60	26.17	25.77
<b>RAMAL "E"</b>																								
54	55	91.736	89.781	24.80	7.88	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	7	3.00	54.64	4.1	6.3	0.68	0.89	89.94	88.2	1.80	1.58	0.60	25.15	24.7
55	56	89.781	90.026	17.20	(1.42)	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.55	88.17	88	1.61	2.03	0.60	18.77	18.45
<b>RAMAL "F"</b>																								
58	57	88.972	90.697	25.62	(6.73)	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	1	1.13	20.65	6.5	9.8	0.34	0.45	87.77	87.52	1.20	3.18	0.60	33.64	33.17
<b>RAMAL "G"</b>																								
60	59	86.237	89.720	12.54	(11.83)	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	8	3.20	56.42	4	6	0.71	0.93	87.04	86.03	1.20	3.69	0.60	18.40	18.17
<b>RAMAL "H"</b>																								
64	63	86.342	86.464	16.44	(0.74)	0.0111	0.0267	0.132	0.313	6	1	1.13	20.65	5.7	8.5	0.32	0.41	85.14	84.98	1.20	1.48	0.60	13.24	12.94
<b>CALLEJON LOS IVORY</b>																								
<b>RAMAL "A"</b>																								
89	90	97.342	99.625	42.80	(5.33)	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.55	96.14	95.71	1.20	3.92	0.60	65.68	64.9
90	D	99.625	100.025	54.34	(0.74)	0.0556	0.1319	0.641	1.483	6	1	1.13	20.65	12	18.1	0.51	0.66	95.68	95.14	3.95	4.89	0.60	143.95	142.96
<b>RAMAL "B"</b>																								
91	92	115.657	111.276	22.25	19.69	0.0074	0.0178	0.068	0.210	6	19	4.94	90.03	2.3	3.5	0.76	1.00	113.66	109.43	2.00	1.85	0.60	25.67	25.27
92	93	111.276	106.900	22.25	19.67	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	19	4.94	90.03	3.2	4.8	0.95	1.23	109.40	105.17	1.88	1.73	0.60	24.07	23.66
93	94	106.900	106.236	8.05	8.25	0.0481	0.1141	0.568	1.290	6	8	3.20	56.42	6.9	10.2	1.01	1.30	105.14	104.5	1.76	1.74	0.60	8.44	8.3
94	E	106.236	100.065	36.48	15.98	0.0667	0.1578	0.766	1.763	6	15	4.39	79.99	6.9	10.2	1.39	1.78	104.47	98.7	1.77	1.38	0.60	36.38	35.67

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EPS DE INGENIERIA CIVIL  
 EPESISTA: IRIS MARLENY PRADO HERRERA  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA  
 PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA EL PAJÓN

**PARÁMETROS DE DISEÑO**  
 Período de Diseño: 25 años  
 Habitantes/Vivienda: 5 habitantes  
 Tasa de Crecimiento: 3.50%  
 Dotación: 80L/hab/día  
 Factor de Retorno: 80%  
 Coeficiente Rugosidad: 0.010 P.V.C.

DE	A	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	Caudal Domiciliar		q diseño (l/s)		S (%)	Ø	Sección Llana		Tirante (%)		v (m/s)		Cotas invert		Prof. Pozo	Ancho Zanja	Relleno
		Inicio	Final			Actual	Futuro	Actual	Futuro			plg.	Trubo	V(m/s)	Q(l/s)	Actual	Futuro	Entrada	Salida			

**CALLEJON EL PAJON II**

RAMAL "A"																								
118	119	99.982	100.027	42.05	(2.27)	0.0111	0.0267	0.132	0.313	6	1	1.13	20.65	5.7	8.5	0.32	0.41	97.67	97.25	1.40	2.78	0.60	52.69	51.93
119	121	100.027	99.967	40.76	0.15	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.56	97.22	96.81	2.81	3.16	0.60	72.93	72.18
121	122	99.967	100.000	29.37	(0.11)	0.0444	0.1052	0.516	1.192	6	1	1.13	20.65	10.8	16.3	0.48	0.62	96.78	96.49	3.19	3.51	0.60	59.01	58.47
RAMAL "B"																								
120	119	100.422	100.027	49.27	0.80	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	2	1.60	29.21	5.5	8.3	0.44	0.57	99.02	96.04	1.40	1.99	0.60	50.06	49.16

**CALLEJON MINI MUNI**

RAMAL "A"																								
36	37	99.982	100.202	29.00	(0.76)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1.00	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	98.78	98.49	1.20	1.71	0.60	25.33	24.81
37	38	100.202	101.183	28.50	(3.44)	0.0222	0.0526	0.261	0.608	6	1.00	1.13	20.65	7.8	11.7	0.39	0.50	98.46	98.18	1.74	3.00	0.60	40.57	40.05
38	39	101.183	102.575	32.00	(4.35)	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	1.00	1.13	20.65	8.4	12.6	0.41	0.53	98.15	97.83	3.03	4.75	0.60	74.67	74.09
39	41	102.575	102.615	13.86	(0.29)	0.0370	0.0881	0.431	1.005	6	1.00	1.13	20.65	10	15	0.45	0.59	97.66	97.66	4.78	4.96	0.60	40.46	40.2
41	42	102.615	101.269	54.89	2.45	0.0444	0.1052	0.516	1.192	6	2.00	1.60	29.21	9.2	13.7	0.61	0.78	97.63	96.53	4.99	4.74	0.60	160.13	159.12
42	B	101.269	100.265	27.80	3.61	0.0556	0.1319	0.641	1.483	6	3.00	1.96	35.77	9.3	13.8	0.75	0.96	96.5	95.67	4.77	4.60	0.60	78.10	77.59
RAMAL "A-1"																								
40	39	102.080	102.575	16.80	(2.95)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1.00	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	100.88	100.71	1.20	1.87	0.60	15.45	15.14
RAMAL "A-2"																								
43	42	100.036	101.269	30.72	(4.01)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1.00	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	98.84	98.53	1.20	2.74	0.60	36.31	35.75

**CALLEJON TRES REYES**

RAMAL "A"																								
32	33	111.788	112.620	29.45	(2.83)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1.00	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	110.59	110.29	1.20	2.33	0.60	31.19	30.65
33	34	112.620	112.796	49.76	(0.35)	0.0222	0.0526	0.261	0.608	6	1.00	1.13	20.65	7.8	11.7	0.39	0.50	110.26	109.76	2.36	3.04	0.60	80.55	79.64
34	35	112.796	109.129	40.58	9.04	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	8.00	3.20	58.42	5.1	7.7	0.83	1.09	109.73	106.48	3.07	2.65	0.60	69.57	68.83
35	35-1	109.129	101.936	52.87	13.61	0.0370	0.0881	0.431	1.005	6	12.00	3.92	71.55	5.5	8.2	1.07	1.39	106.45	100.11	2.68	1.83	0.60	71.45	70.49
35-1	A	101.936	101.936	52.87	0.00	0.0481	0.1141	0.558	1.290	6	12.00	3.92	71.55	6.3	9.3	1.17	1.50	100.08	93.74	1.86	8.20	0.60	159.43	158.47

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EPS DE INGENIERIA CIVIL  
 EPESISTA: IRIS MARLENY PRADO HERRERA  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA  
 PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA EL PAJÓN

**PARÁMETROS DE DISEÑO**  
 Período de Diseño: 25 años  
 Habitantes/Vivienda: 5 habitantes  
 Tasa de Crecimiento: 3.50%  
 Dotación: 80L/habitadía  
 Factor de Retorno: 80%  
 Coeficiente Rugosidad: 0.010 P.V.C.

DE PV	A PV	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	Caudal Domiciliar		q diseño (l/s)		Ø	S (%)	Sección Llena		Tirante (%)	v (m/s)		Cotas Invert	Prof. Pozo	Ancho Zanja	Relleno
		Inicio	Final			Actual	Futuro	Actual	Futuro			Entrada	Salida		Inicio	Final				

**CALLEJON LOS IBOY**

**RAMAL PRINCIPAL "A"**

RAMAL PRINCIPAL																								
1	2	100.000	100.172	29.67	(0.58)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	2.00	1.60	29.21	4	6	0.36	0.46	98.80	98.27	1.20	1.90	0.60	27.61	27.07
2	5	100.172	100.280	17.87	(0.60)	0.0111	0.0267	0.132	0.313	6	1.00	1.13	20.65	5.7	8.5	0.32	0.41	98.24	98.06	1.93	2.22	0.60	22.26	21.93
6	7	100.380	100.380	24.49	(0.41)	0.0185	0.0444	0.218	0.516	6	1.00	1.13	20.65	7.2	10.8	0.37	0.48	98.03	97.79	2.25	2.59	0.60	35.56	35.11
6	7	100.380	100.574	33.45	(0.58)	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1.00	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.55	97.76	97.43	2.62	3.14	0.60	57.84	57.23
7	11	100.574	100.801	36.38	(0.62)	0.0407	0.0963	0.474	1.095	6	1.00	1.13	20.65	10.4	15.6	0.47	0.60	97.4	97.04	3.17	4.67	0.60	85.61	84.95
11	17	100.801	100.626	25.45	0.69	0.0481	0.1141	0.558	1.290	6	1.00	1.13	20.65	11.3	16.9	0.49	0.63	96.1	95.85	4.70	4.78	0.60	72.36	71.89
17	18	100.626	100.296	48.40	0.68	0.0630	0.1489	0.725	1.667	6	1.00	1.13	20.65	12.8	19.2	0.53	0.68	95.82	95.34	4.81	4.96	0.60	141.74	140.86
18	19	100.296	99.896	57.33	0.70	0.0815	0.1926	0.931	2.134	6	1.00	1.13	20.65	14.4	21.7	0.57	0.73	95.31	94.74	4.99	5.16	0.60	174.43	173.39
19	20	99.896	99.504	73.25	0.54	0.1037	0.2452	1.176	2.688	6	1.00	1.13	20.65	16.1	24.3	0.61	0.78	94.71	93.98	5.19	5.52	0.60	235.35	234.02
20	24	99.504	99.139	57.87	0.63	0.1222	0.2889	1.379	3.141	6	1.00	1.13	20.65	17.5	26.3	0.64	0.82	93.95	93.37	5.55	5.77	0.60	196.58	195.52
24	25	99.139	98.970	14.36	1.18	0.1259	0.2978	1.419	3.233	6	2.00	1.60	29.21	14.9	23.4	0.82	1.05	93.34	93.05	5.90	5.92	0.60	50.49	50.22
25	28	98.970	97.407	59.80	2.61	0.1444	0.3415	1.619	3.681	6	2.00	1.60	29.21	15.9	23.9	0.86	1.09	93.02	91.82	5.95	5.99	0.60	206.97	205.86
28	29	97.407	95.522	53.29	3.94	0.1586	0.3681	1.739	3.952	6	2.00	1.60	29.21	16.5	24.8	0.88	1.12	91.79	90.72	5.62	4.80	0.60	166.57	165.6
29	31	95.522	94.019	37.43	4.02	0.1667	0.3941	1.858	4.214	6	2.00	1.60	29.21	17	25.6	0.91	1.14	90.69	89.94	4.83	4.08	0.60	100.06	99.38

**RAMAL "B"**

5.3	5.2	100.458	101.514	15.15	(6.97)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1.00	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	99.26	99.11	1.20	2.40	0.60	16.38	16.1
5.2	5.1	101.514	100.384	56.52	2.00	0.0111	0.0267	0.132	0.313	6	1.00	1.13	20.65	5.7	8.5	0.32	0.41	99.08	98.51	2.43	1.87	0.60	73.05	72.02
5.1	5	100.384	100.280	45.08	0.23	0.0185	0.0444	0.218	0.516	6	0.75	0.98	17.89	7.7	11.6	0.33	0.43	98.48	98.14	1.90	2.14	0.60	54.89	53.87

**RAMAL "C-1"**

3	2	100.521	100.172	44.17	0.79	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	2	1.60	29.21	7.1	10.7	0.52	0.67	99.15	98.27	1.37	1.90	0.60	43.37	42.56
---	---	---------	---------	-------	------	--------	--------	-------	-------	---	---	------	-------	-----	------	------	------	-------	-------	------	------	------	-------	-------

**RAMAL "C-2"**

10	9	102.039	101.787	40.68	0.77	0.0111	0.0267	0.132	0.313	6	2	1.60	29.21	4.8	7.2	0.40	0.52	100.90	100.09	1.20	1.70	0.60	35.35	34.61
9	8	101.787	101.200	52.13	1.13	0.0259	0.0615	0.304	0.708	6	2	1.60	29.21	7.1	10.7	0.52	0.67	100.06	99.02	1.73	2.18	0.60	61.10	60.15
8	7	101.200	100.574	49.61	1.26	0.0444	0.1052	0.516	1.192	6	2	1.60	29.21	9.2	13.7	0.61	0.78	98.99	98	2.21	2.57	0.60	71.20	70.3

**RAMAL "D"**

16	15	100.769	100.059	41.21	1.72	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	2	1.60	29.21	5.5	8.3	0.44	0.57	99.57	98.74	1.20	1.32	0.60	31.14	30.39
15	14	100.059	100.854	49.44	(1.61)	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.55	98.71	98.22	1.35	2.63	0.60	59.08	58.17
14	13	100.854	101.700	49.61	(1.71)	0.0407	0.0963	0.474	1.095	6	2	1.60	29.21	10.4	15.6	0.47	0.60	98.19	97.69	2.66	4.01	0.60	99.33	98.42
13	12	101.700	101.173	42.65	1.24	0.0519	0.1230	0.600	1.397	6	2	1.60	29.21	9.9	14.8	0.64	0.82	97.66	96.81	4.04	4.36	0.60	107.52	106.74
12	11	101.173	100.801	32.47	1.15	0.0704	0.1667	0.807	1.858	6	2	1.60	29.21	11.4	17	0.70	0.89	96.78	96.13	4.39	4.67	0.60	88.29	87.7

**RAMAL "E"**

23	22	96.893	96.628	23.04	(7.53)	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	1	1.13	20.65	4.7	7.1	0.28	0.36	95.69	95.46	1.20	3.17	0.60	30.19	29.77
22	21	96.628	96.848	16.76	(1.31)	0.0222	0.0526	0.261	0.608	6	1	1.13	20.65	7.8	11.7	0.39	0.50	95.43	95.26	3.20	3.59	0.60	34.12	33.81
21	20	96.848	99.504	52.60	(1.25)	0.0333	0.0793	0.389	0.906	6	1	1.13	20.65	9.5	14.2	0.44	0.57	95.23	94.7	3.62	4.80	0.60	132.90	131.94

**RAMAL "F"**

27	26	97.945	96.355	20.82	(1.97)	0.0148	0.0356	0.175	0.415	6	1	1.13	20.65	6.5	9.8	0.34	0.45	96.55	96.34	1.40	2.02	0.60	21.33	20.95
26	25	96.355	96.972	40.22	(1.53)	0.0296	0.0704	0.347	0.807	6	1	1.13	20.65	9	13.5	0.42	0.55	96.31	95.91	2.05	3.06	0.60	61.62	60.89

**RAMAL "G"**

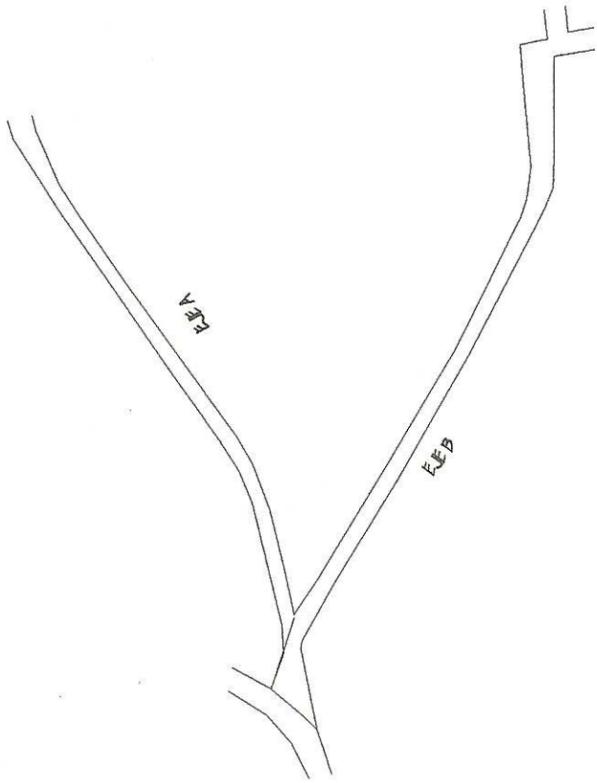
30	29	97.280	95.522	52.66	3.34	0.0074	0.0178	0.088	0.210	6	4	2.26	41.31	3.4	5.1	0.45	0.59	95.88	93.77	1.40	1.75	0.60	49.80	48.83
----	----	--------	--------	-------	------	--------	--------	-------	-------	---	---	------	-------	-----	-----	------	------	-------	-------	------	------	------	-------	-------



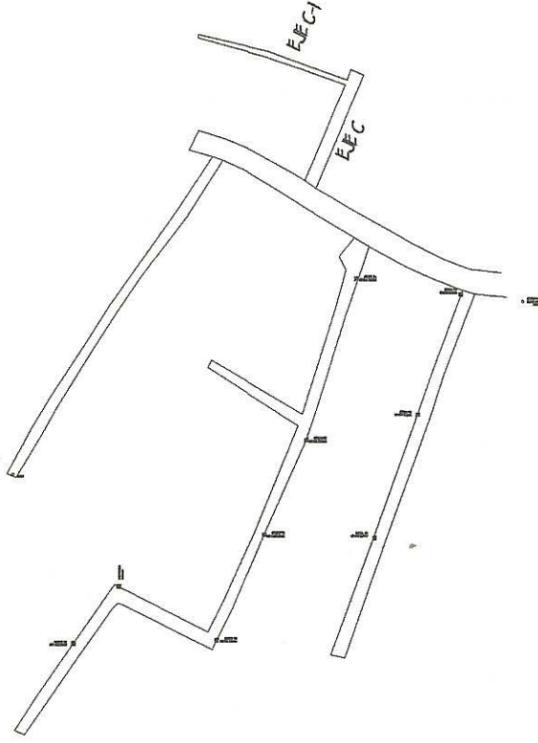
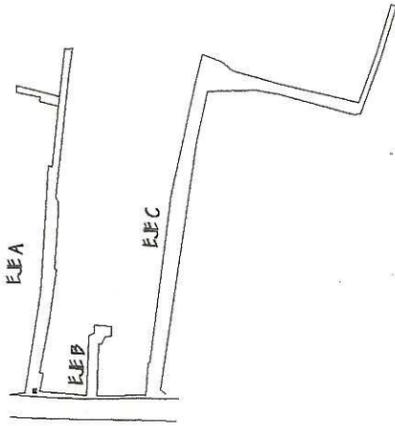
## **ANEXOS**



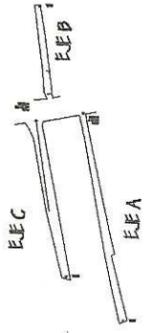




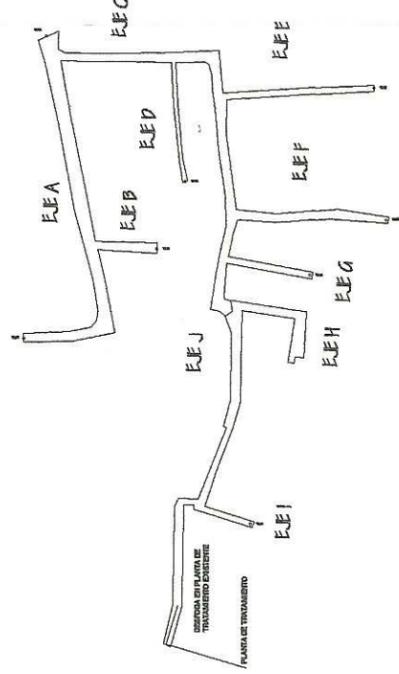
PLANTA TOPOGRAFICA CALLEJON TRES REYES  
1/100



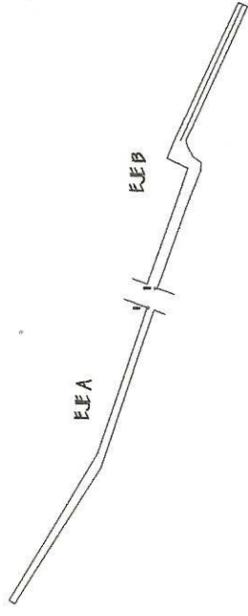
PLANTA TOPOGRAFICA CALLEJONES EL PASEO Y EL LIMON  
1/100



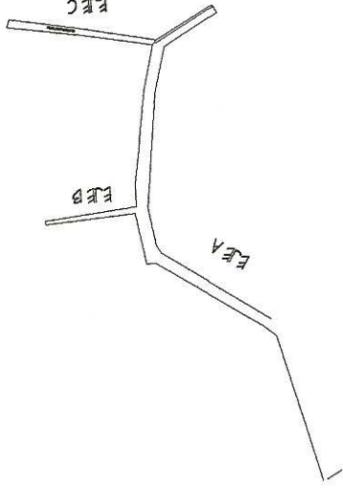
PLANTA TOPOGRAFICA SECTOR LAS CARMELITAS  
1/100



PLANTA TOPOGRAFICA CALLEJON JOYA EL MORA Y LAS PILAS  
1/100



PLANTA TOPOGRAFICA CALLEJON LOS INOY  
1/100



PLANTA TOPOGRAFICA CALLEJON EL MORA I  
1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

CONCRETO

PLANTA

SANTA CATARINA PINILLA

PROFESOR: IRIS MARLENY PRADO HERRERA

ESTUDIANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA

FECHA: 10 de Mayo del 2015

ESCALA: 1/100

PROYECTO: EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

HOJA: 02

TOTAL: 12

PROYECTO DE PRESERVA SANITARIO Y CERRAR CON PAVIMENTO PERMISIBLE PR FASE III, ALREDE EL PALON DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINILLA, GUATEMALA.

PROFESOR: IRIS MARLENY PRADO HERRERA

ESTUDIANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA

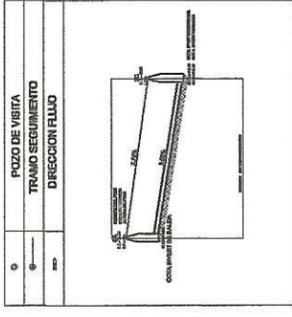
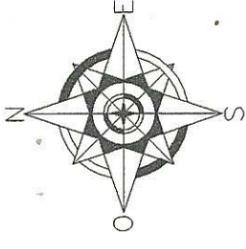
FECHA: 10 de Mayo del 2015

ESCALA: 1/100

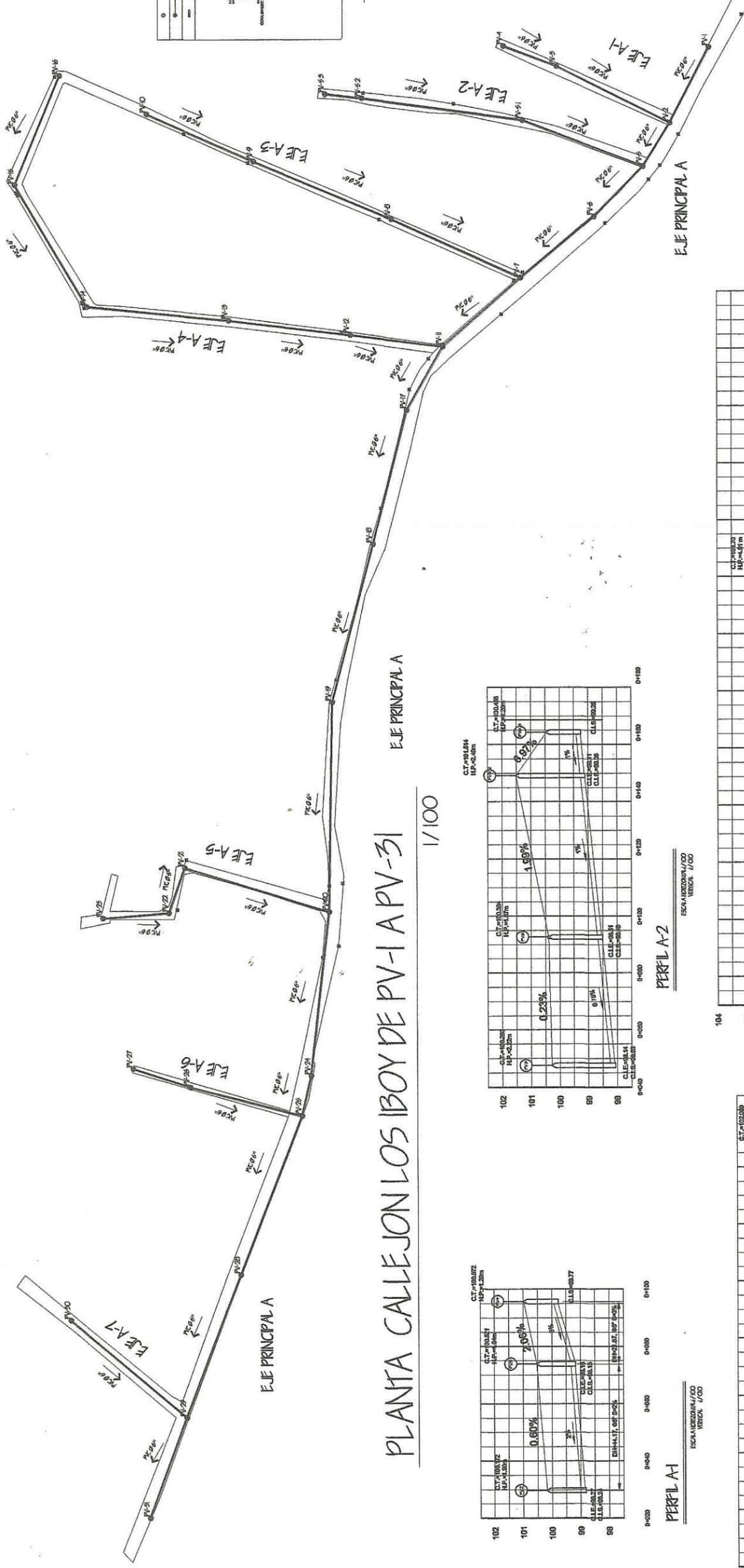
PROYECTO: EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

HOJA: 02

TOTAL: 12

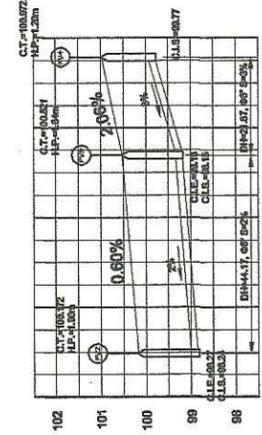


SIMBOLOGIA



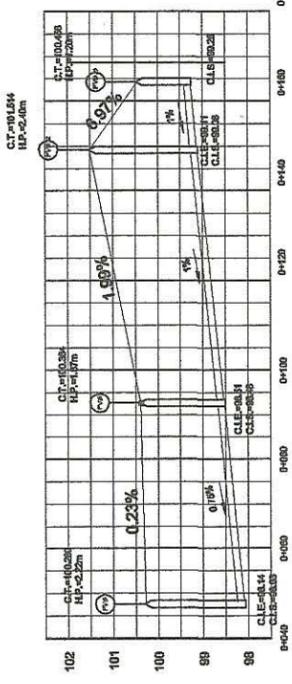
PLANTA CALLEJON LOS BOY DE PV-1 A PV-31

1/100



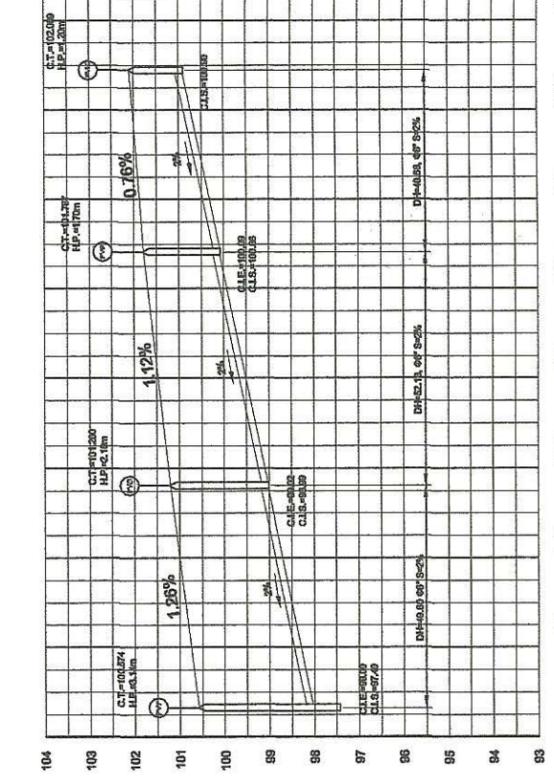
PERFIL A-1

ESCALA HORIZONTAL/CO VERTICAL 1/100



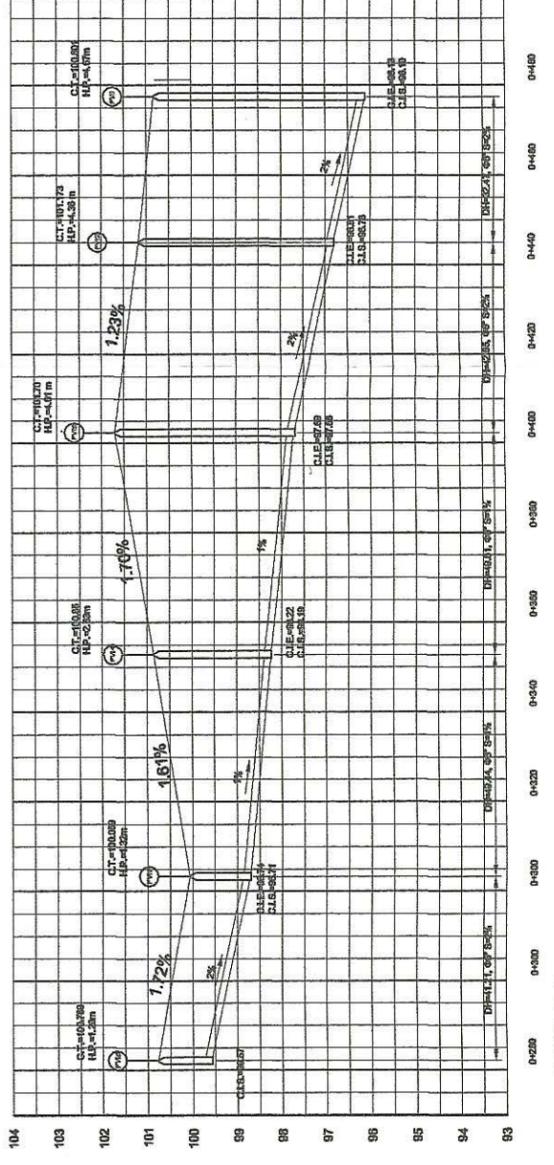
PERFIL A-2

ESCALA HORIZONTAL/CO VERTICAL 1/100



PERFIL A-3

ESCALA HORIZONTAL/CO VERTICAL 1/100



PERFIL A-4

ESCALA HORIZONTAL/CO VERTICAL 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ERUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO

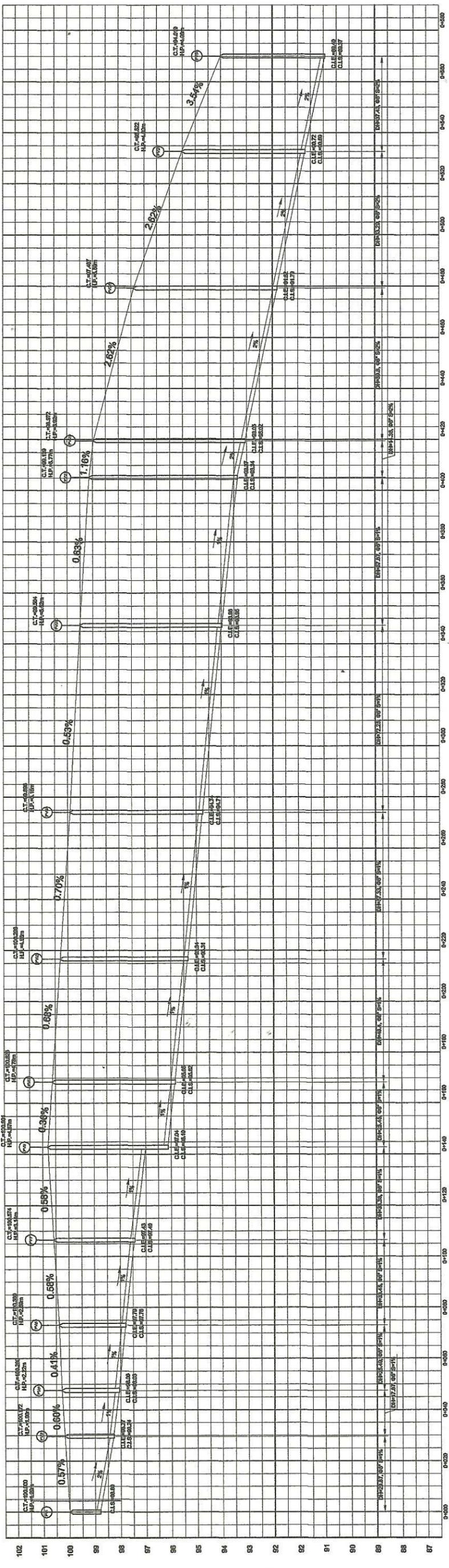
PLANTA - PERFL

SANTA CATERINA PINILLA

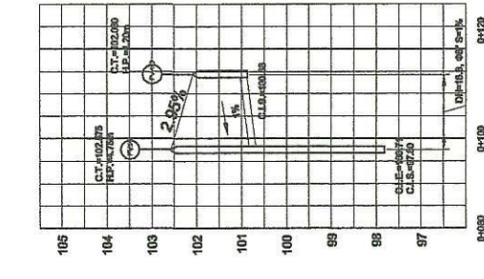
ERUDIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE PRELIMINAR Y C.A.E.E. CON PAVIMENTO FLESIABLE DE PASE III, ALREDEDOR DEL MANCIPO DE SANTA CATERINA PINILLA, GUATEMALA	FECHA: 10 de Septiembre 2015	ESCALA: 1:100	HOJA: 05
PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA
PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA
PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA	PROYECTANTE: IRIS MARLENY PRADO HERRERA

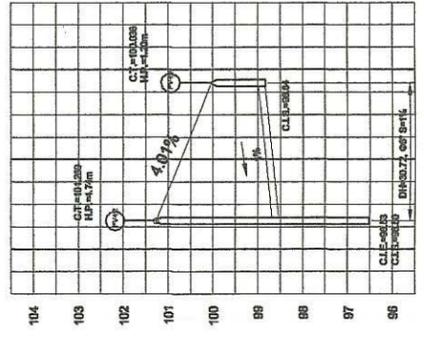




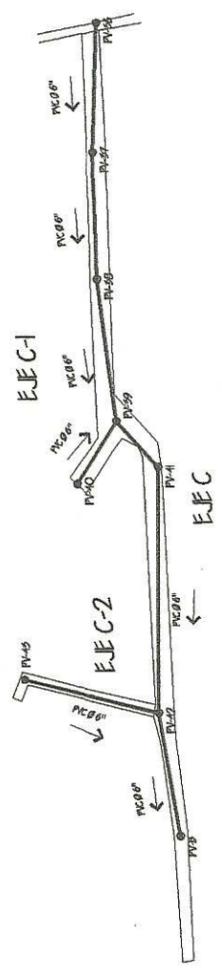
**PERFIL E.E. PRINCIPAL A CALLEJON LOS BOY**  
 ESCALA HORIZONTAL/100  
 VERTICAL 1/100



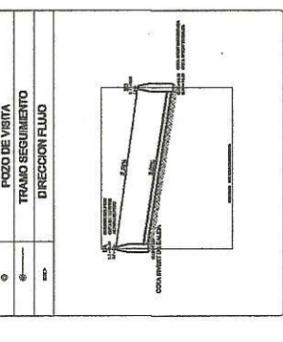
**PERFIL C-1**  
 ESCALA HORIZONTAL/100  
 VERTICAL 1/100



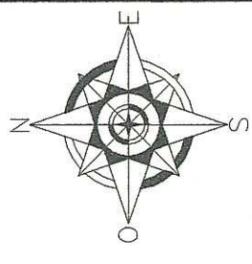
**PERFIL C-2**  
 ESCALA HORIZONTAL/100  
 VERTICAL 1/100



**CALLEJON MINI MUNI DE PV-36 A PV-B**  
 1/100



**SIMBOLOGIA**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROFESOR: [Signature]  
 ESTUDIANTE: [Signature]

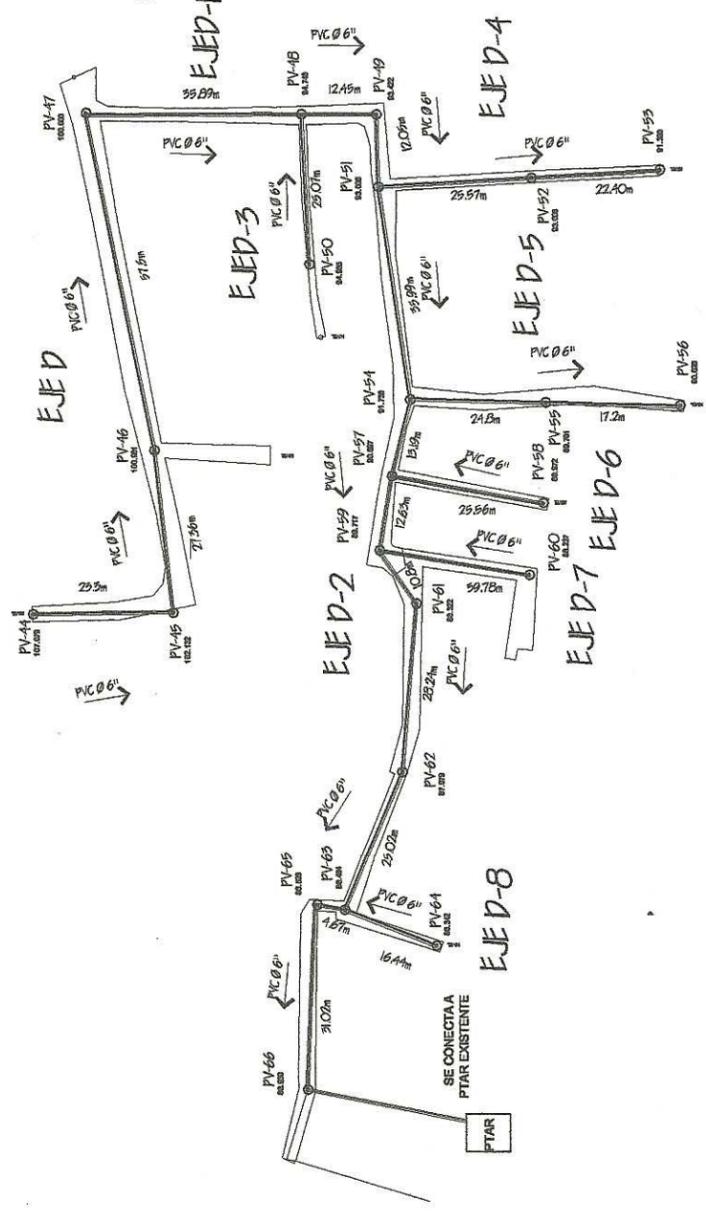
FECHA: 15 DE ABRIL DE 2015  
 LUGAR: SANTA CATARINA FINLLA

PROYECTO: PLANTILLA - PERFIL

FECHA DE ENTREGA: 15 DE ABRIL DE 2015  
 FECHA DE RECEPCION: 15 DE ABRIL DE 2015

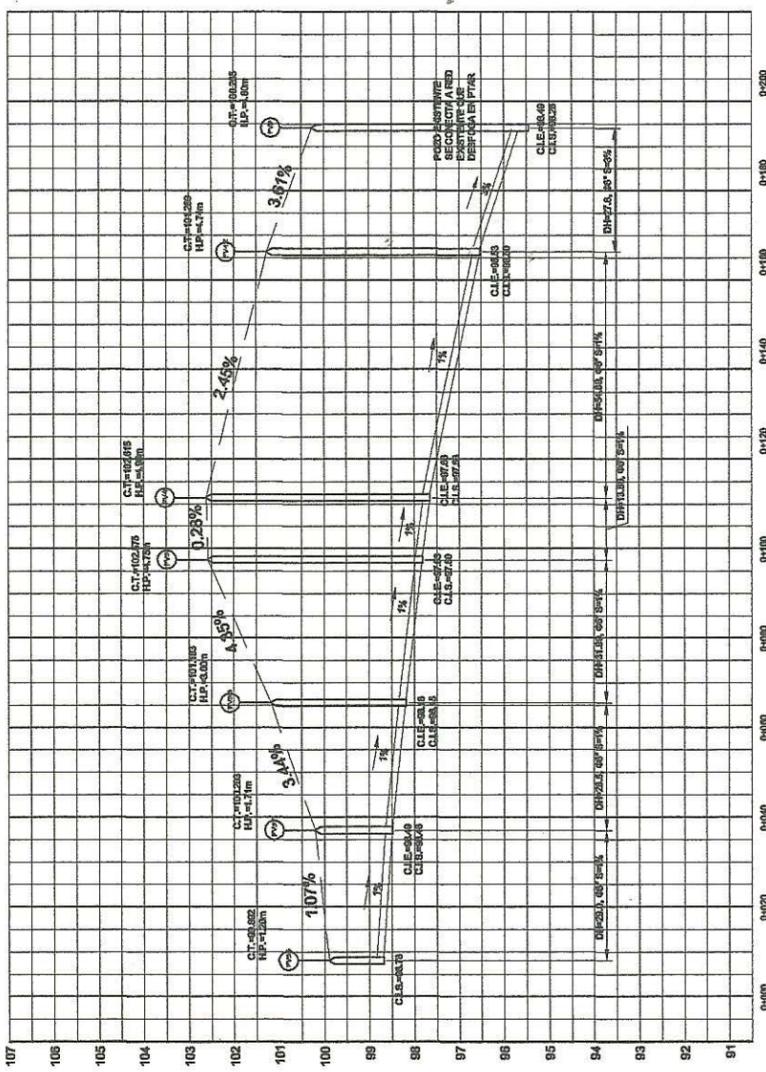
PROFESOR SUPERVISADO: [Signature]  
 ESTUDIANTE SUPERVISADO: [Signature]

H.O.J.A.: 05  
 DE 12



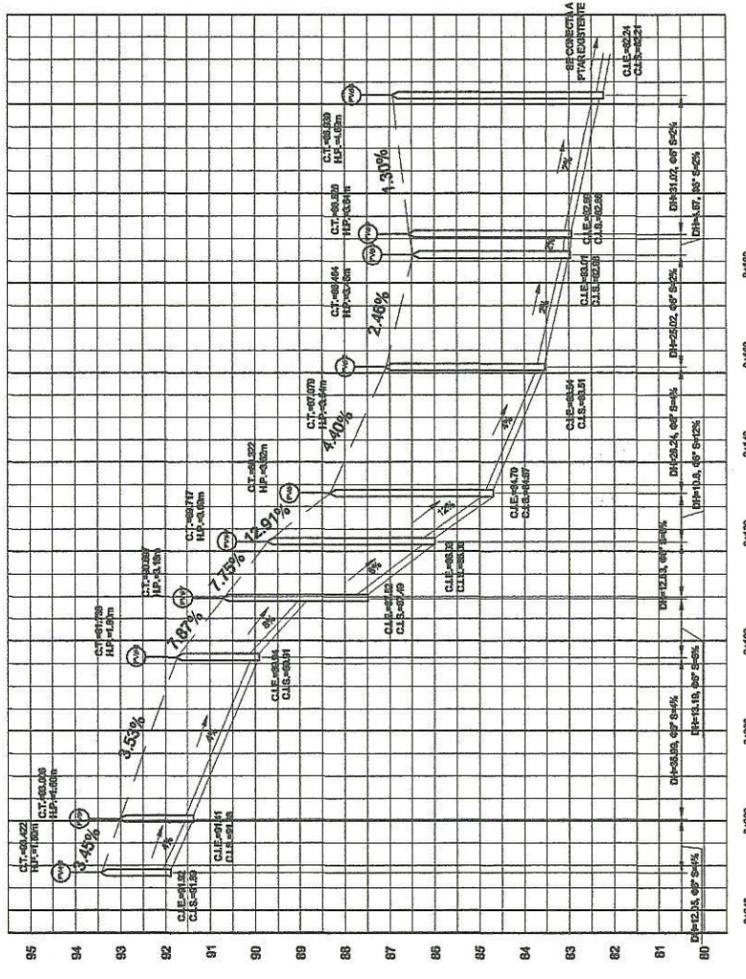
CALLEJON JOYA DEL MORA DE PV-44 A PV-66

1/75



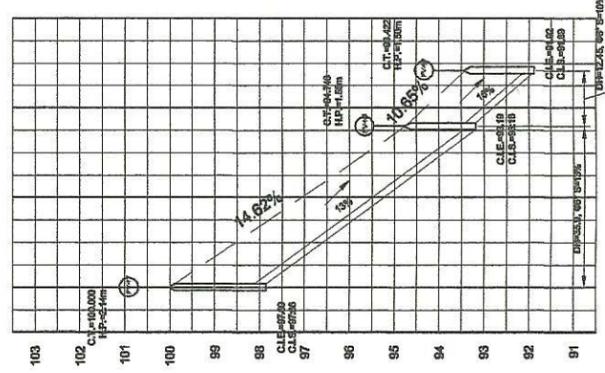
PERLA

ESCALA HORIZONTAL/100  
VERTICAL 1/100



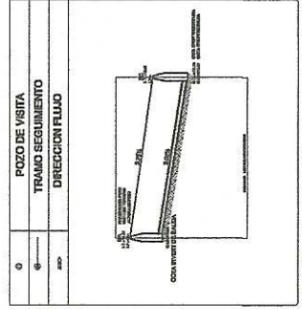
PERLA E D-2

ESCALA HORIZONTAL/100  
VERTICAL 1/100



PERLA E D-1

ESCALA HORIZONTAL/100  
VERTICAL 1/100



SIMBOLOGIA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

INSTALACION

PLANTA - PERFIL

PROYECTO

HOJA

06

12

PROYECTO DE DISEÑO SANITARIO Y CAJES CON PAVIMENTO PERMISIBLE DE PASE III AL PASE II, PALAN, DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA FINLLA, GUATEMALA.

LUGAR

SANTA CATERINA FINLLA

FECHA

ENERO 2015

PROYECTISTA

ING. MARLEN PRADO HERRERA

PROYECTO

ASISTENTE

ING. MARLEN PRADO HERRERA

PROYECTO

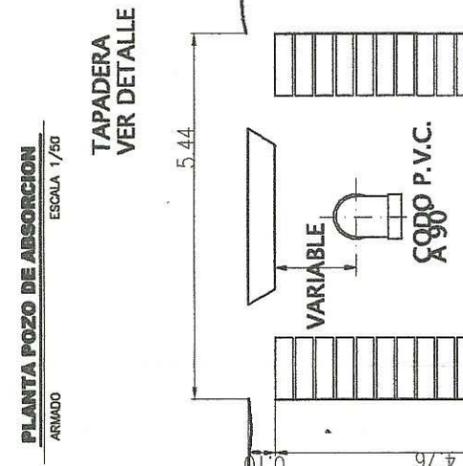
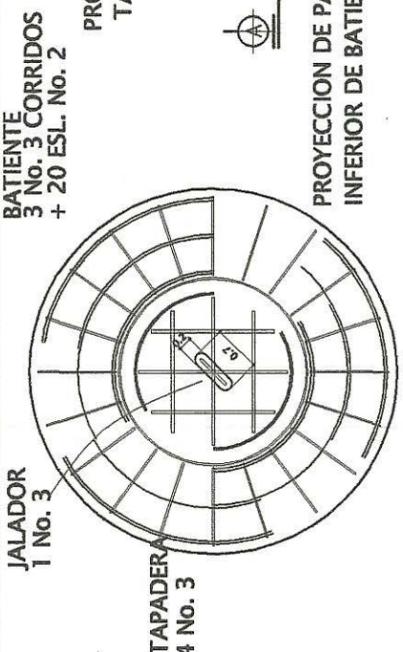
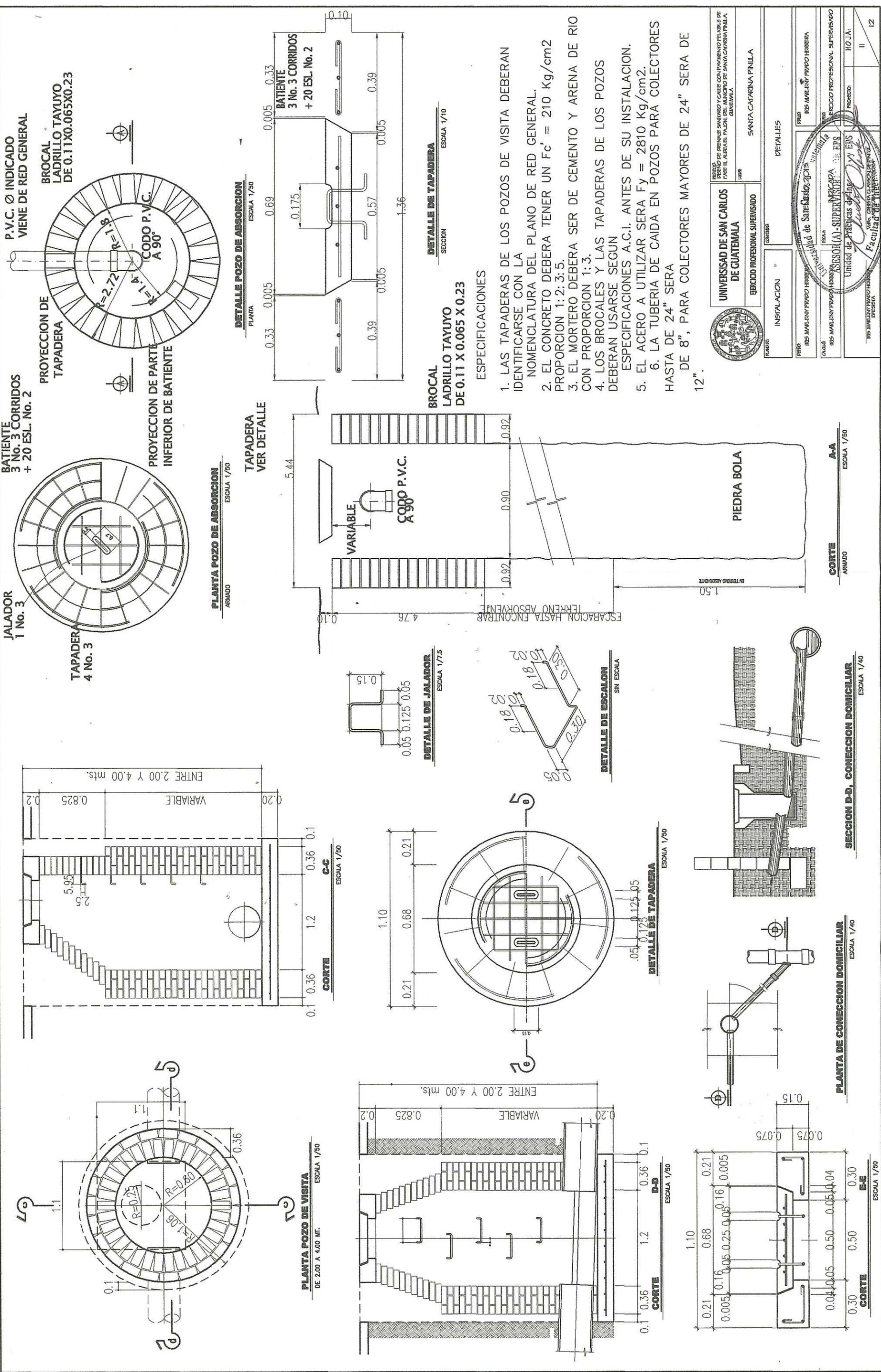
ING. MARLEN PRADO HERRERA









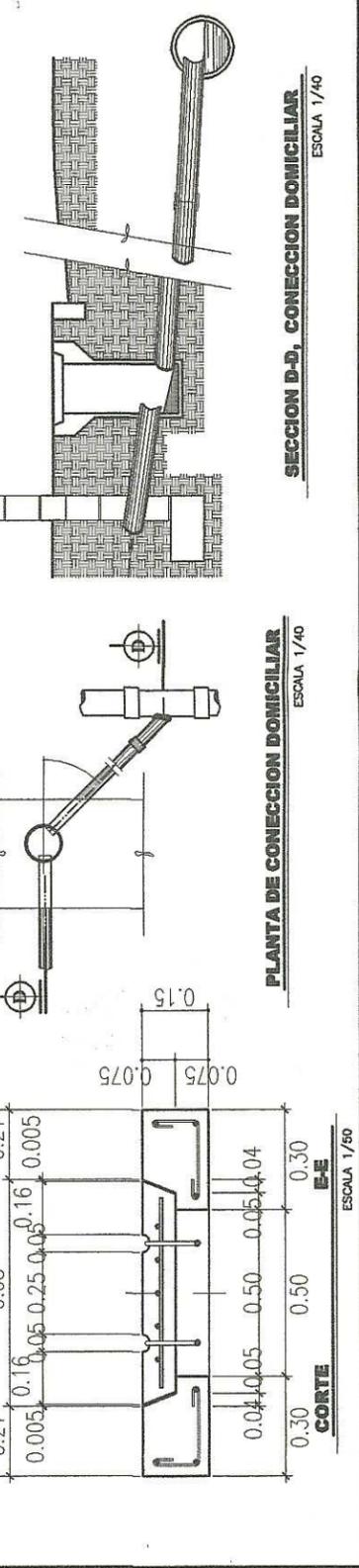


**BROCAL LADRILLO TAYUYO DE 0.11 X 0.065 X 0.23**

**ESPECIFICACIONES**

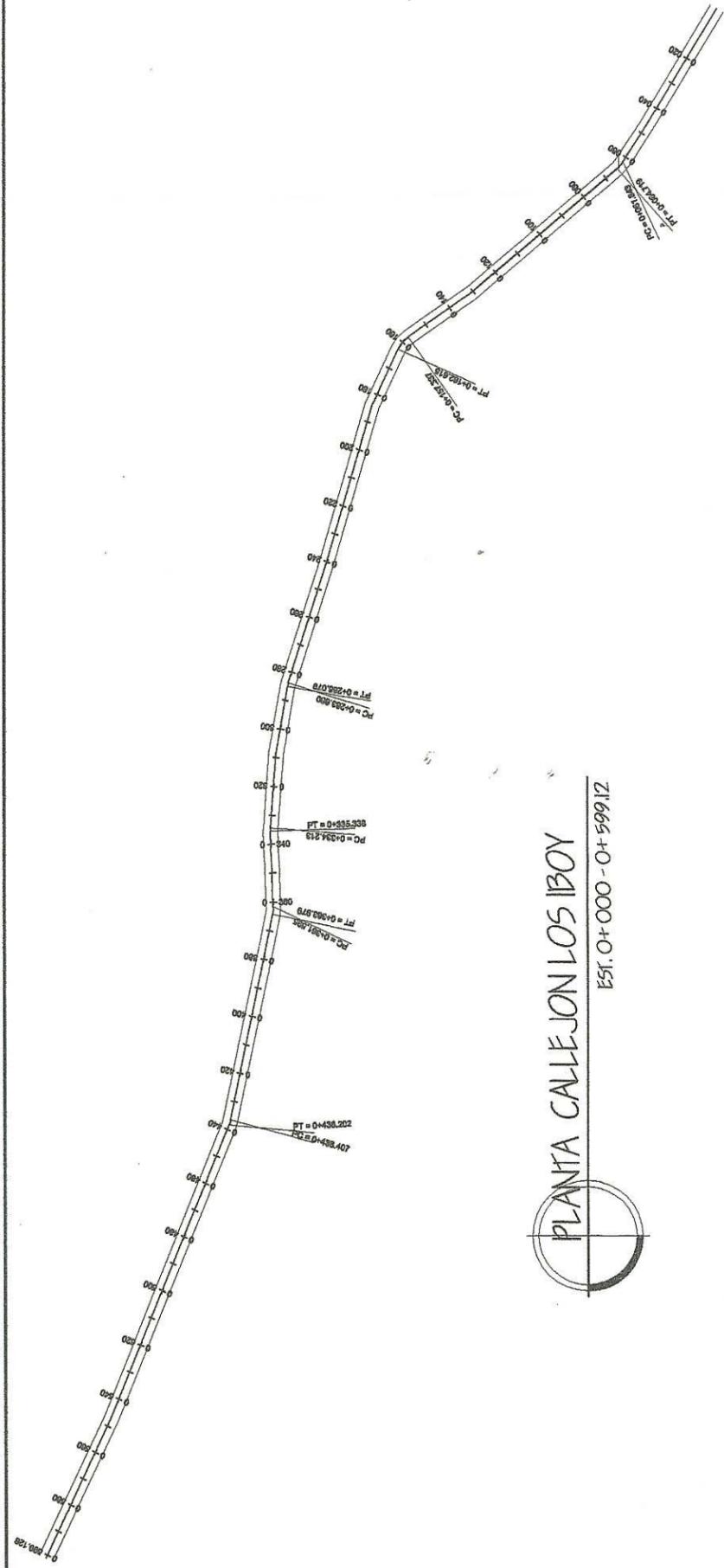
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERA TENER UN  $F_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$  PROPORCION 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA  $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$ .
6. LA TUBERIA DE CAIDA EN POZOS PARA COLECTORES DE 8", PARA COLECTORES MAYORES DE 24" SERA DE 12".

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
**EXERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
**PROYECTO: INSTALACION DE COLECTORES**  
**LUGAR: SANTA CATARINA PINILLA**  
**FECHA: 15/05/2013**  
**PROYECTISTA: ING. MARCELO A. ABRON**  
**PROYECTO: INSTALACION DE COLECTORES**  
**FECHA: 15/05/2013**  
**PROYECTISTA: ING. MARCELO A. ABRON**  
**PROYECTO: INSTALACION DE COLECTORES**  
**FECHA: 15/05/2013**  
**PROYECTISTA: ING. MARCELO A. ABRON**



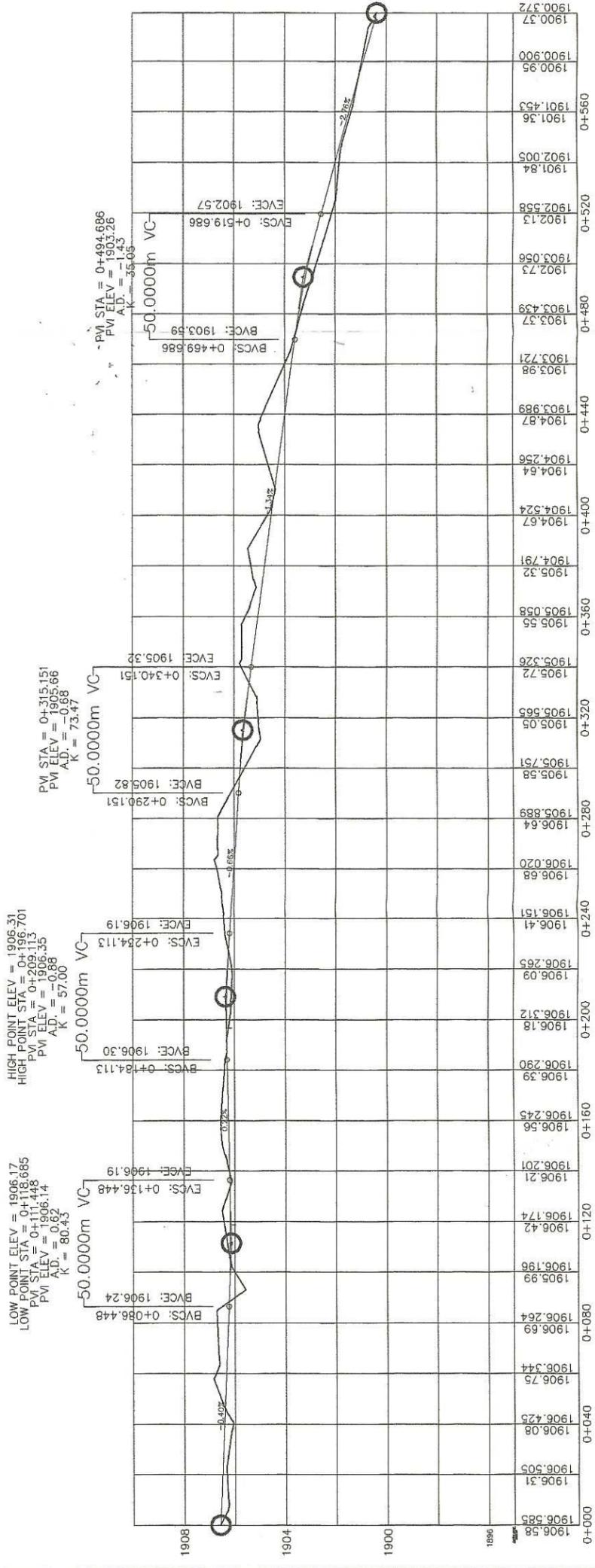






PLANTA CALLEJON LOS IBOY  
EST. 0+000 - 0+599.12

SIMBOLOGIA	
L=	LONGITUD DE CURVA
TAN=	MEZCLA DE PROLONGACION DE LAS TANGENTES
R=	RADIO DE CURVA
PC=	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT=	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
EST. PCV=	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
COVAPCV=	ELEVACION DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
EST. PTV=	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
COVAPTV=	ELEVACION DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIUNO MAX. ELEV.=	ELEVACION DEL PUNTO MAXIMO SOBRE UNA CURVA
PIUNO MIN. ELEV.=	CAMBIO DEL PUNTO MINIMO SOBRE UNA CURVA
PVI ELEV.=	CAMBIO DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
AD=	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
K=	VALOR DE K PARA LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
m. VC=	LONGITUD HORIZONTAL DE CURVA VERTICAL EN METROS
PIUNO MIN. ELEV.=	ELEVACION DEL PUNTO MINIMO SOBRE LA CURVA VERTICAL
PIUNO MAX. ELEV.=	CAMBIO DEL PUNTO MAXIMO SOBRE LA CURVA VERTICAL



PERFIL DE LA EST. 0+000 - 0+599.12  
CALLEJON LOS IBOY



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PLAN: INSTALACION

FECHA: 1903.989

PROYECTO: PLANTA - PERFIL

CLIENTE: RES MARLENY PRADO HERRERA

INDICADA

FECHA: 1903.989

PROYECTO: PLANTA - PERFIL

CLIENTE: RES MARLENY PRADO HERRERA

BOFICIO: PUEBLO DE PRENDE SAN CARLOS Y CREEE CON PAVIMENTO FIBRILE DE PASE II. ALDEA EL PALON DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA GUATEMALA

FECHA: 1903.989

PROYECTO: PLANTA - PERFIL

CLIENTE: RES MARLENY PRADO HERRERA

INDICADA

FECHA: 1903.989

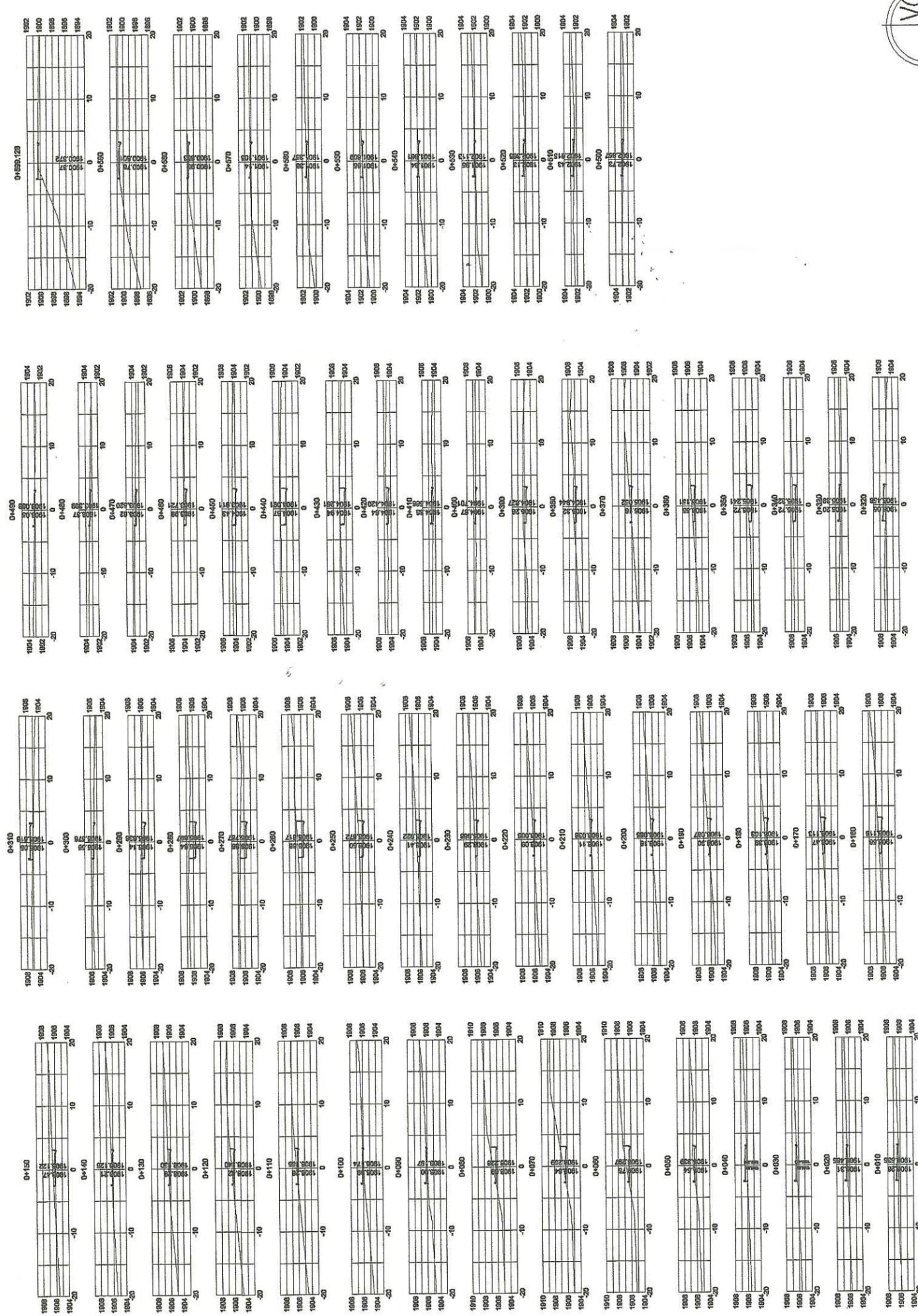
PROYECTO: PLANTA - PERFIL

CLIENTE: RES MARLENY PRADO HERRERA

HOJA: 02

19

STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010	0.00	1.53	0.00	12.96	0.00	20.96
0+020	0.00	1.06	0.00	11.82	0.00	32.78
0+030	0.00	1.30	0.00	10.14	0.00	48.92
0+040	0.00	1.93	4.51	10.21	4.95	59.13
0+050	0.00	0.72	17.42	0.88	22.37	59.81
0+060	2.58	0.05	4.41	0.06	26.77	60.12
0+061.843	2.20	0.05	5.15	0.25	31.92	60.12
0+070	2.22	0.06	11.15	0.39	43.07	60.91
0+080	2.69	0.02	24.56	0.38	67.64	60.88
0+090	0.00	1.22	13.45	0.22	81.08	67.10
0+100	0.00	1.15	11.84	0.11	92.94	78.94
0+110	0.72	0.13	3.61	6.38	96.02	85.32
0+120	1.54	0.01	11.30	0.73	96.02	85.05
0+130	0.70	0.02	11.18	0.16	107.20	86.21
0+140	0.22	0.10	4.58	0.60	111.79	86.81
0+150	1.57	0.00	11.96	0.02	131.80	87.37
0+157.337	1.89	0.00	5.39	0.00	137.19	87.37
0+160	1.89	0.00	5.16	0.00	142.37	87.37
0+162.615	1.77	0.00	11.27	0.06	153.64	87.43
0+170	0.23	0.02	10.21	0.43	163.85	87.65
0+180	0.76	0.07	5.40	1.64	169.25	89.50
0+190	0.32	0.26	1.90	4.80	171.15	94.29
0+200	0.06	0.70	0.40	8.49	171.55	102.78
0+210	0.02	1.00	0.21	9.55	171.76	112.34
0+220	0.02	0.91	0.21	2.50	174.25	117.02
0+230	0.48	0.02	10.22	0.11	184.47	117.13
0+240	1.57	0.00	19.85	0.00	204.43	117.13
0+250	2.43	0.00	31.64	0.00	236.27	117.13
0+260	3.84	0.00	39.44	0.00	275.71	117.13
0+270	3.95	0.00	41.10	0.00	316.81	117.13
0+280	4.27	0.00	30.33	0.00	347.15	117.13
0+290	1.79	0.00	8.66	4.95	356.10	122.08
0+300	0.00	0.99	0.00	22.83	356.10	144.91
0+310	0.00	3.58	0.00	32.91	356.10	177.82
0+320	0.00	3.01	0.00	22.05	356.10	199.87
0+330	0.00	1.40	0.00	7.01	367.43	206.89
0+340	3.68	0.00	29.89	0.00	394.08	206.89
0+350	2.91	0.00	26.65	0.00	423.97	206.89
0+360	2.91	0.00	4.41	0.00	428.38	206.89
0+361.589	2.60	0.00	5.36	0.00	433.73	206.89
0+363.983	2.25	0.00	11.56	0.03	445.30	206.91
0+370	1.60	0.01	22.49	0.04	467.79	206.96
0+380	2.90	0.00	31.69	0.00	499.47	206.96
0+390	3.44	0.00	21.50	0.00	520.97	206.96
0+400	0.66	0.00	4.60	0.60	525.57	207.66
0+410	0.00	0.12	11.61	0.60	537.18	208.15
0+420	2.27	0.00	35.11	0.00	572.29	208.15
0+430	4.76	0.00	33.19	0.00	605.48	208.15
0+436.410	5.60	0.00	9.55	0.00	615.04	208.15
0+438.206	5.36	0.00	9.35	0.00	624.38	208.15
0+440	5.06	0.00	41.87	0.00	666.25	208.15
0+450	3.31	0.00	23.89	0.00	690.14	208.15
0+460	1.46	0.00	8.37	0.13	698.50	208.23
0+470	0.21	0.03	1.05	2.24	699.55	210.52
0+480	0.00	0.42	0.00	8.23	699.56	218.75
0+490	0.00	1.22	0.00	15.49	699.56	234.34
0+500	0.00	1.89	0.00	20.77	699.56	255.12
0+510	0.00	2.76	0.00	23.35	699.56	278.48
0+520	0.00	2.41	0.00	21.41	699.56	299.90
0+530	0.00	1.87	0.00	14.01	699.59	313.90
0+540	0.00	0.93	0.29	6.95	699.67	320.86
0+550	0.05	0.46	0.39	4.60	700.26	325.68
0+560	0.03	0.50	0.29	3.51	700.55	329.17
0+570	0.03	0.20	1.81	1.12	702.36	330.29
0+580	0.33	0.02	5.22	0.26	707.58	330.54
0+590	0.71	0.03	3.37	3.64	710.95	334.19
0+599.131	0.02	0.77	0.00	0.00	710.95	334.19



VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO  
CALLE LOS 1800



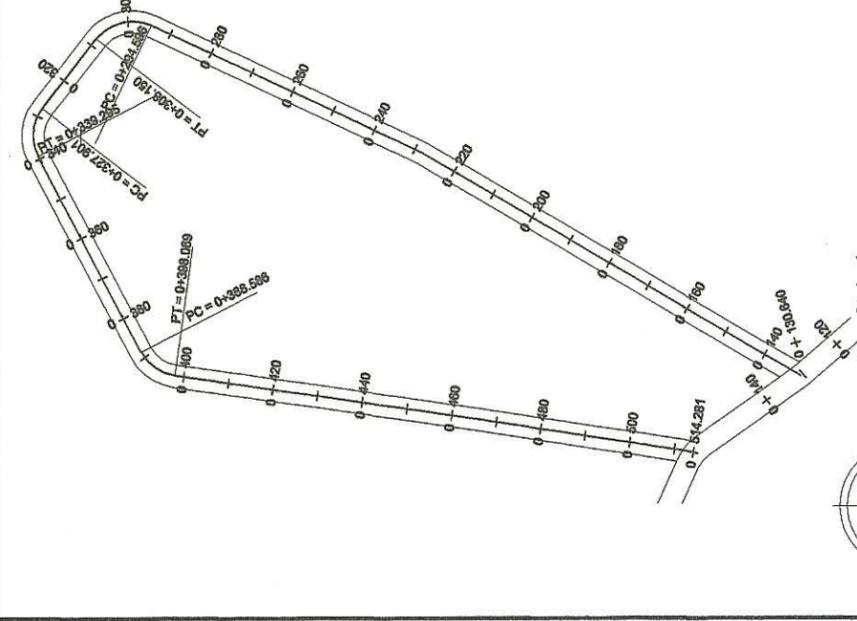
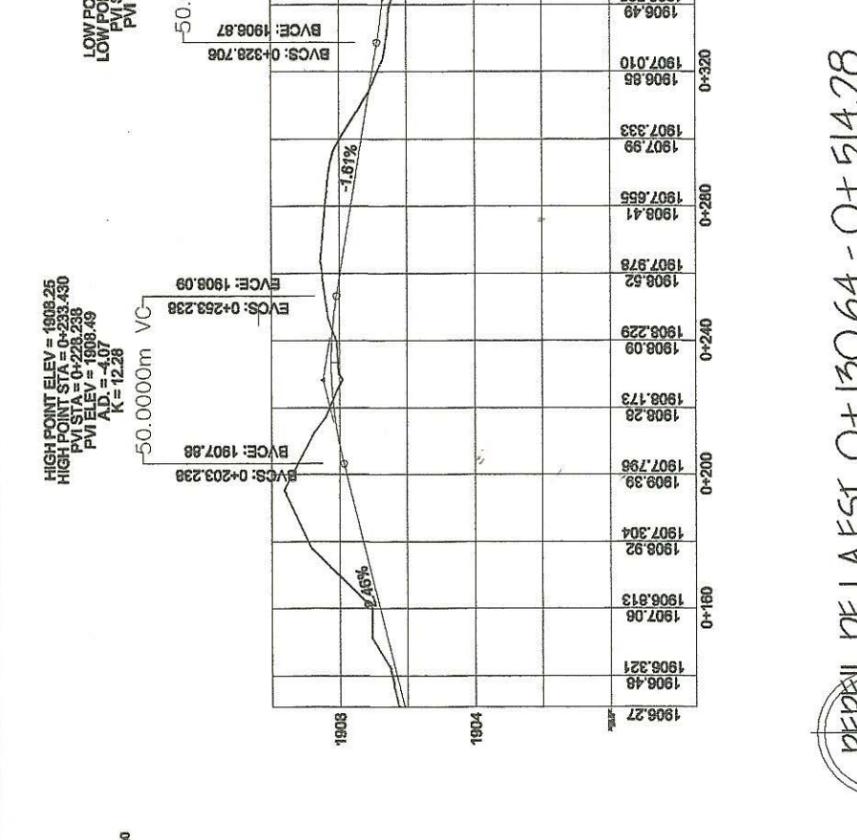
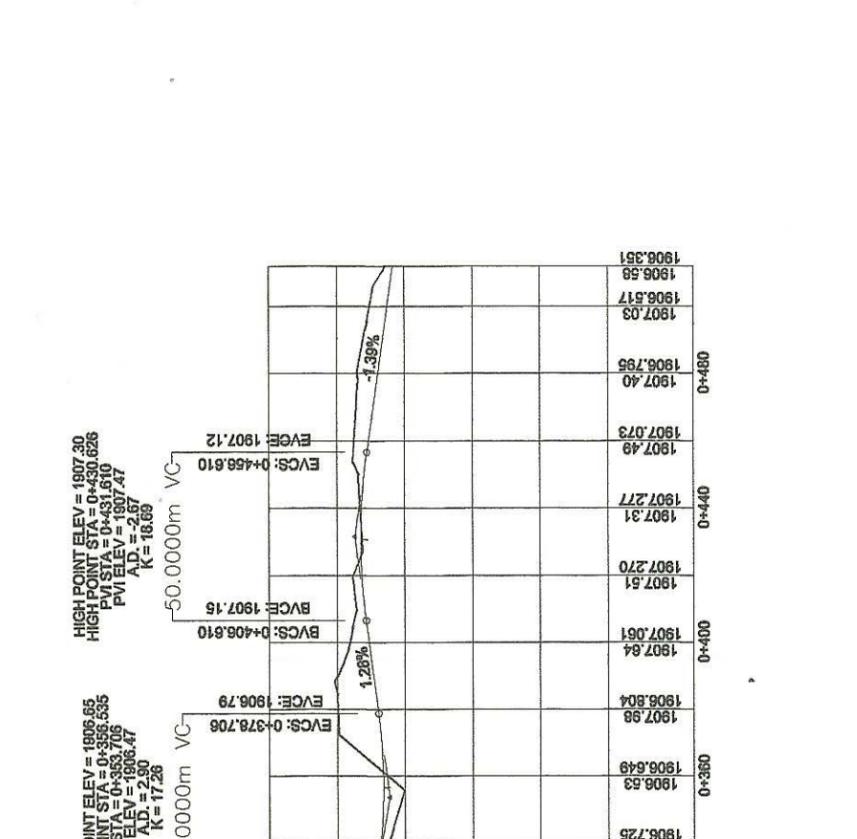
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

INSTALACION  
SECCIONES TRANSVERSALES  
PROFESOR: IRIS MARLENY PRADO HERRERA  
ESCALA: 1:500  
PROYECTO: ASesor(A)-SUPERVISOR(A)  
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA

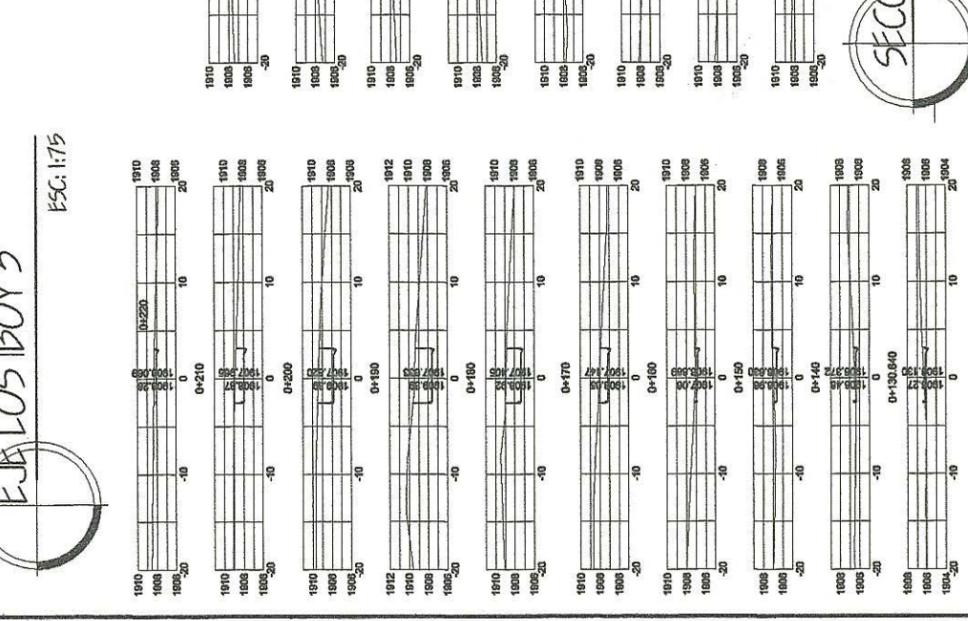
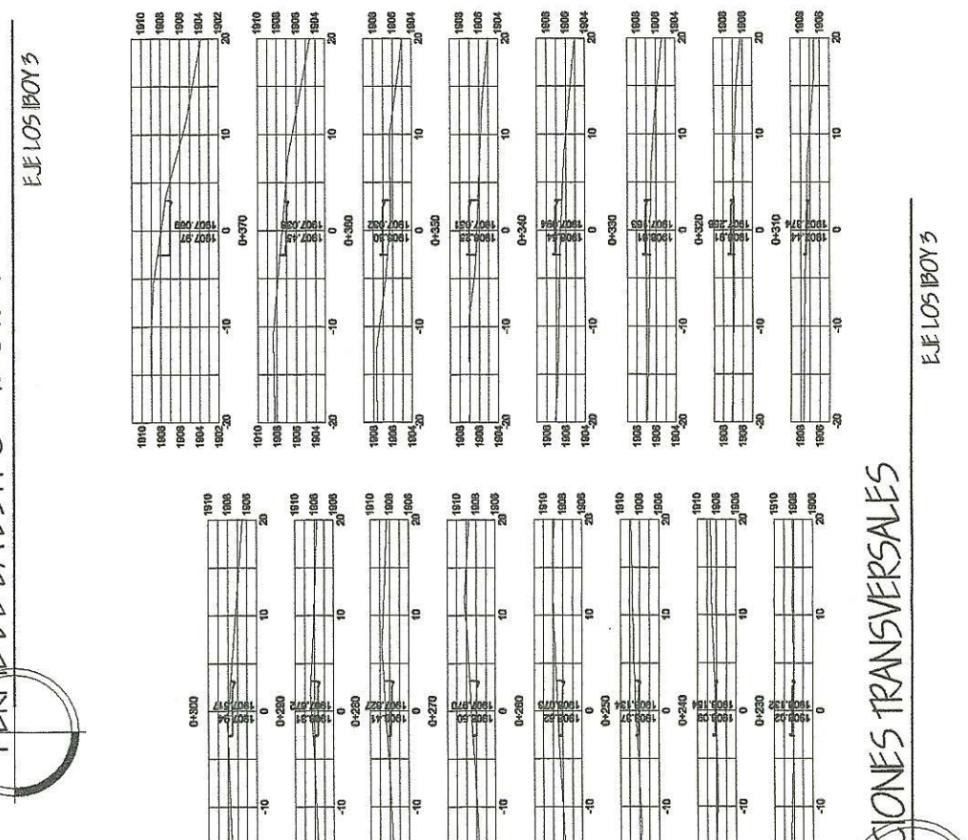
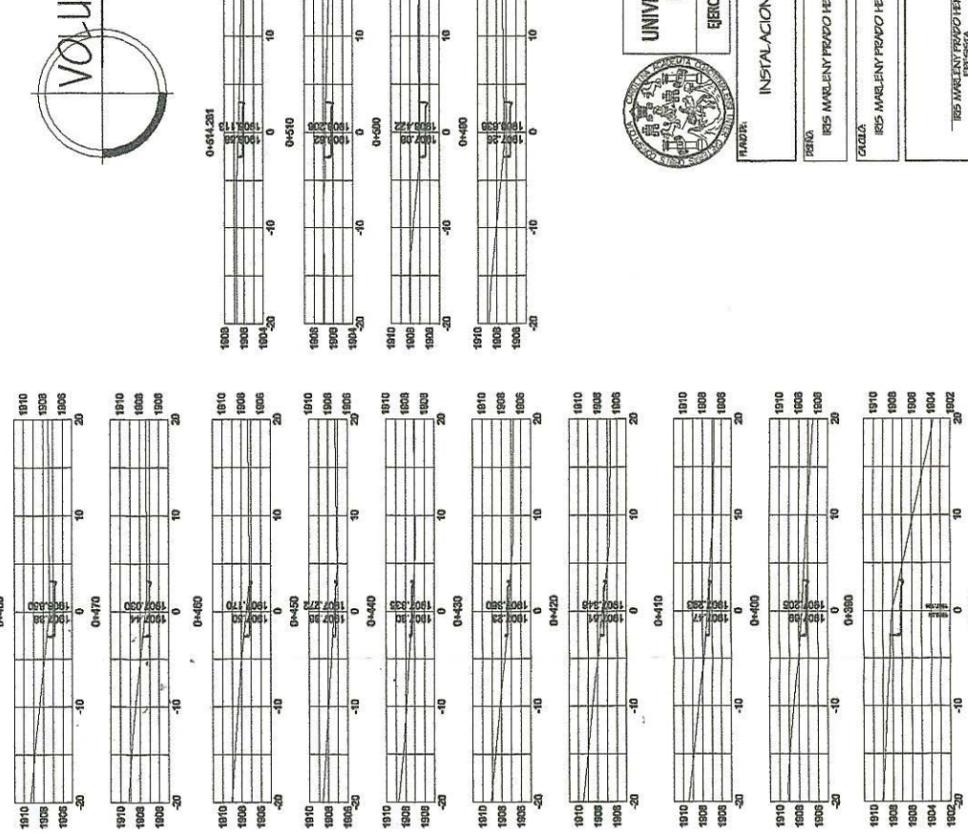
SECCIONES TRANSVERSALES  
CALLE LOS 1800



STATION	AREAS		VOLUMENES		COMULATIVE VOLUMENES	
	Square Meters	FTZ	Cubic Meters	FTZ	Cubic Meters	FTZ
0+130.540	1.10	0.01	9.71	0.12	9.71	0.12
0+140	0.97	0.01	16.30	0.07	26.01	0.20
0+150	2.29	0.00	18.36	0.00	44.37	0.20
0+160	1.59	0.00	35.68	0.00	81.55	0.20
0+170	5.61	0.00	74.32	0.00	155.69	0.20
0+180	9.25	0.00	99.55	0.00	255.22	0.20
0+190	10.65	0.00	98.90	0.00	354.15	0.20
0+200	9.13	0.00	69.64	0.00	423.77	0.20
0+210	4.60	0.00	27.06	0.04	450.83	0.24
0+220	0.61	0.01	3.05	6.77	453.88	7.01
0+230	0.00	1.35	0.00	10.54	453.89	17.55
0+240	0.02	0.78	7.27	3.84	461.26	21.39
0+250	1.43	0.01	23.11	0.03	484.37	21.42
0+260	3.19	0.00	36.09	0.00	520.46	21.42
0+270	4.03	0.00	42.15	0.00	562.60	21.42
0+280	4.40	0.00	45.54	0.00	608.15	21.42
0+290	4.71	0.00	2.69	0.00	610.84	21.42
0+290.572	4.69	0.00	38.05	0.00	648.89	21.42
0+300	3.38	0.00	22.63	0.00	672.32	21.42
0+310	1.08	0.00	0.88	4.10	677.04	25.52
0+320	0.00	0.80	3.84	4.10	677.04	29.33
0+323.427	0.00	1.32	0.00	3.00	677.04	29.33
0+330	0.00	1.52	0.00	0.00	677.04	38.50
0+340	0.00	1.39	0.00	0.00	677.04	53.01
0+350.518	0.00	1.46	0.00	0.00	677.04	53.78
0+360	0.00	2.72	0.00	19.82	677.04	73.60
0+370	0.04	0.79	0.22	17.57	677.26	91.17
0+380	5.51	0.00	27.79	3.96	705.05	95.13
0+390	6.54	0.00	60.26	0.00	765.31	95.13
0+394.040	6.24	0.00	25.62	0.00	791.13	95.13
0+400	6.02	0.00	36.53	0.00	827.66	95.13
0+408.264	3.57	0.00	39.85	0.00	867.51	95.13
0+420	3.22	0.00	5.90	0.00	873.41	95.13
0+430	1.43	0.01	23.27	0.04	896.67	95.16
0+440	1.27	0.02	13.48	0.14	910.15	95.30
0+450	0.07	0.45	6.69	2.37	916.83	97.67
0+460	0.27	0.17	1.71	3.09	918.54	100.76
0+470	0.96	0.02	6.16	0.90	924.70	101.66
0+480	2.24	0.00	16.01	0.06	940.71	101.74
0+490	2.86	0.00	25.53	0.00	966.24	101.74
0+500	3.73	0.00	32.99	0.00	999.23	101.74
0+510	3.27	0.00	35.04	0.00	1034.27	101.74
0+520	2.98	0.00	31.28	0.00	1065.55	101.74
0+530	1.65	0.00	2.78	0.00	1068.33	101.74
0+541.910	1.27	0.00	0.00	0.00	1091.48	101.74



L	SARAJONA	
	LONGITUD DE CURVA	TIPO DE CURVA
1A-	100	REDUCCION DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1B-	100	REDUCCION DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1C-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1D-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1E-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1F-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1G-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1H-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1I-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1J-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1K-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1L-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1M-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1N-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1O-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1P-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1Q-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1R-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1S-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1T-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1U-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1V-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1W-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1X-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1Y-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA
1Z-	100	CAMBIO DE PENDIENTE EN LA INGENIERIA

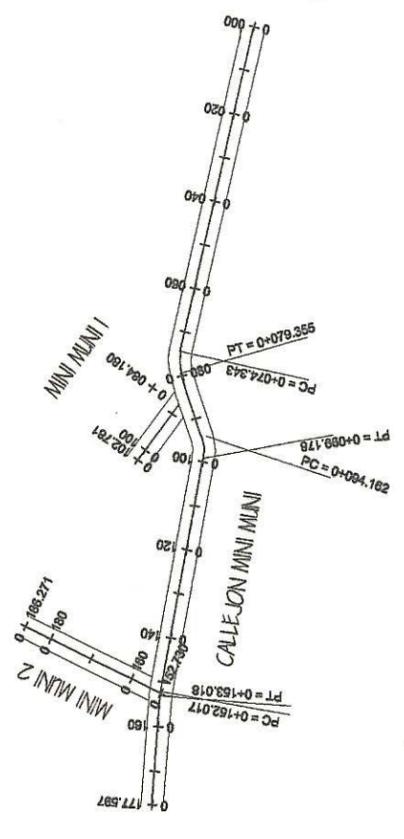


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
SANTA CATERINA PINILLA  
PLANTA - PERFIL  
NOVIEMBRE 2012  
INDICADA  
HOJA: 05 19



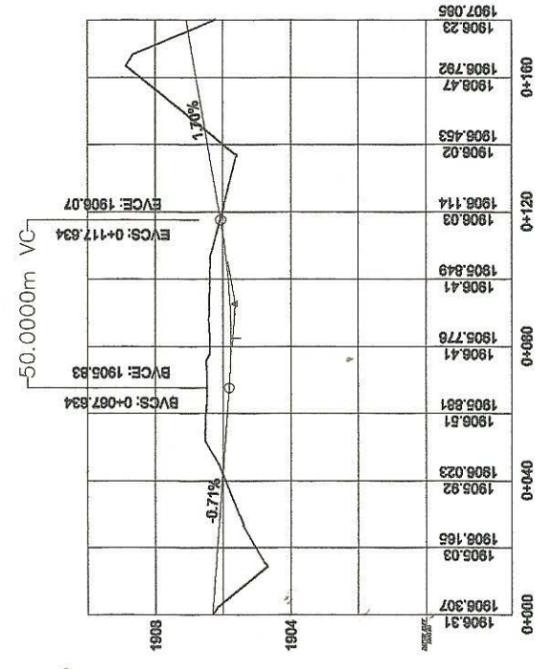




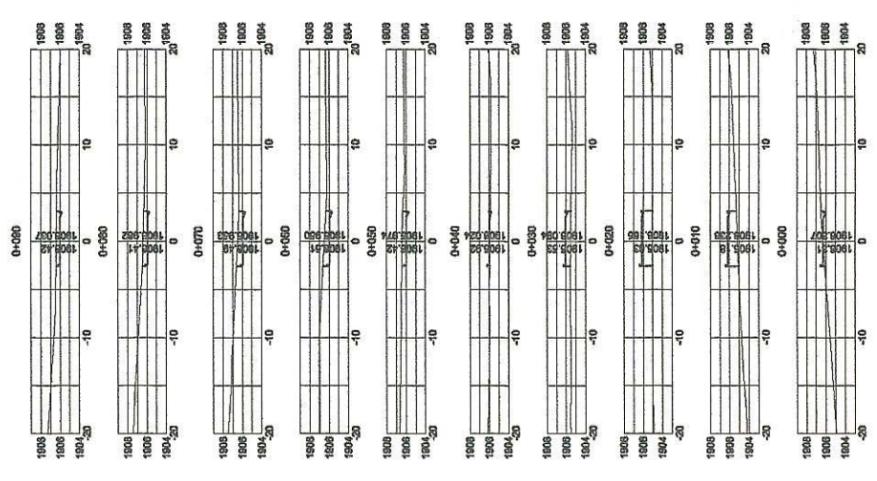


**CALLEJON MINI MUNI**  
ESC. 1:75

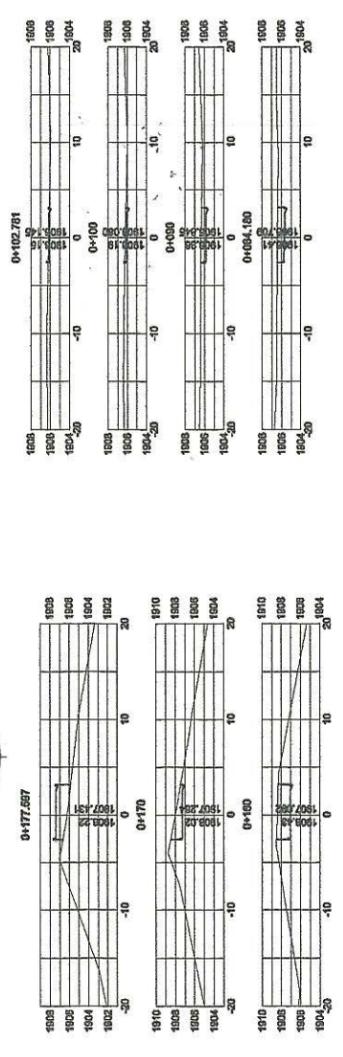
LOW POINT ELEV = 1905.77  
LOW POINT STA = 0+082.386  
PVI STA = 0+082.384  
PVI ELEV = 1905.65  
AD = 2.41  
K = 20.77



**PERFIL DE LA EST. 0+000 - 0+177.59**  
MINI MUNI



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
MINI MUNI



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
MINI MUNI

**VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO**  
MINI MUNI

ESTACION	Superficie	Area	Vol. Corte	Vol. Relleno
0+084.180	4.54	0.00	20.27	0.00
0+100.000	2.85	0.00	17.89	0.00
0+112.781	0.08	0.00	1.02	0.14
0+112.781	0.08	0.00	0.00	39.19

**VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO**  
MINI MUNI

**LIBRETA TOPOGRAFICA**  
CALEJON MINI MUNI

**SINÓLAGA**

L	LONGITUD DE CURVA
TA	REPTA DE PROLONGACION DE LAS TANGENTES
R	RADIO DE CURVA
PC	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	CAMBIO DEL FIN DE CURVA HORIZONTAL
ESC.HO	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ESC.FV	ELIMINACION DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ESC.PVI	CAMBIO DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
COTAPV	ELIMINACION DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
FINO INCL. SA	ELIMINACION DEL FINO INCLINADO SOBRE LA CURVA
FINO INCL. SA	CAMBIO DEL FINO INCLINADO SOBRE LA CURVA
FINO INCL. SA	CAMBIO DEL FINO DE INCLINACION VERTICAL
FINO INCL. SA	ELIMINACION DEL FINO DE INCLINACION VERTICAL
AD	PERFECTA ALICERADA DE TANGENTES
K	VALOR DE LA PARABOLA CUADRADA DE CURVA VERTICAL
m.V.	LONGITUD DE TANGENTE DE CURVA VERTICAL EN METROS
FINO INCL. SA	ELIMINACION DEL FINO INCLINADO SOBRE LA CURVA VERTICAL
FINO INCL. SA	CAMBIO DEL FINO INCLINADO SOBRE LA CURVA VERTICAL

ESTACION	ÁREAS		VOLUMENES		CUMULATIVOS	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+080	2.85	0.00	30.51	0.83	30.51	0.83
0+085	0.00	1.41	1.41	10.05	40.92	10.87
0+090	0.00	0.31	0.31	8.48	49.23	20.35
0+095	0.00	0.05	0.05	2.79	52.02	23.14
0+100	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+105	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+110	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+115	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+120	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+125	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+130	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+135	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+140	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+145	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+150	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+155	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+160	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14
0+177.597	0.00	0.00	0.00	0.00	52.02	23.14

**VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO**  
CALEJON MINI MUNI

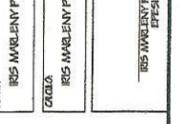
EST.	P.O. HORIZONTAL	ESTRADA	ABRIL		COTA TOTAL	DESCRIPCIÓN
			0	5		
E1	6.46	104	0	0	100	MORRAGO
E2	2.04	118	30	0	130	RAO
E3	2.15	28	25	0	130	RAO
E4	0.8	49	30	0	100.14	RAO
E5	6.75	351	38	0	100.14	RAO
E6	19.692	74	28	30	104.768	EST
E7	5.1	17	8	0	34.176	RAO
E8	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E9	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E10	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E11	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E12	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E13	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E14	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E15	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E16	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E17	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E18	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E19	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E20	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E21	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E22	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E23	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E24	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E25	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E26	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E27	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E28	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E29	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E30	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E31	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E32	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E33	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E34	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E35	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E36	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E37	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E38	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E39	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E40	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E41	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E42	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E43	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E44	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E45	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E46	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E47	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E48	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E49	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E50	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E51	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E52	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E53	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E54	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E55	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E56	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E57	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E58	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E59	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E60	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E61	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E62	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E63	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E64	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E65	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E66	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E67	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E68	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E69	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E70	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E71	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E72	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E73	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E74	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E75	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E76	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E77	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E78	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E79	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E80	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E81	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E82	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E83	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E84	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E85	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E86	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E87	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E88	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E89	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E90	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E91	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E92	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E93	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E94	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E95	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E96	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E97	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E98	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E99	6.49	282	6	0	34.176	RAO
E100	6.49	282	6	0	34.176	RAO



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

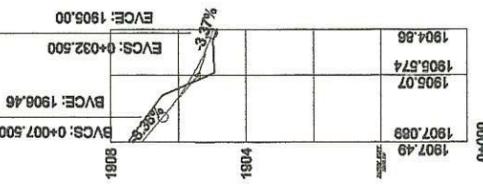
PLANTA - PERFIL

FECHA: 1908.19  
DISEÑADO: RES AMBLANT PRADO HERRERA  
CORREDO: RES AMBLANT PRADO HERRERA  
CARGA: RES AMBLANT PRADO HERRERA  
TÍTULO: EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE: SANTA CATARINA PINILLA  
HOJA: 09

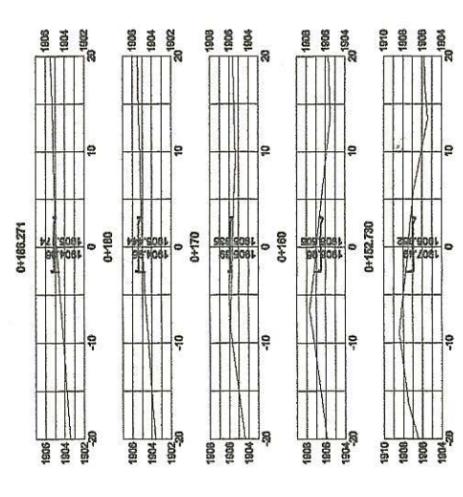


PVI STA = 0+020  
 PVI ELEV = 1905.42  
 A.D. = 4.89  
 K = 5.01

25.000m VC



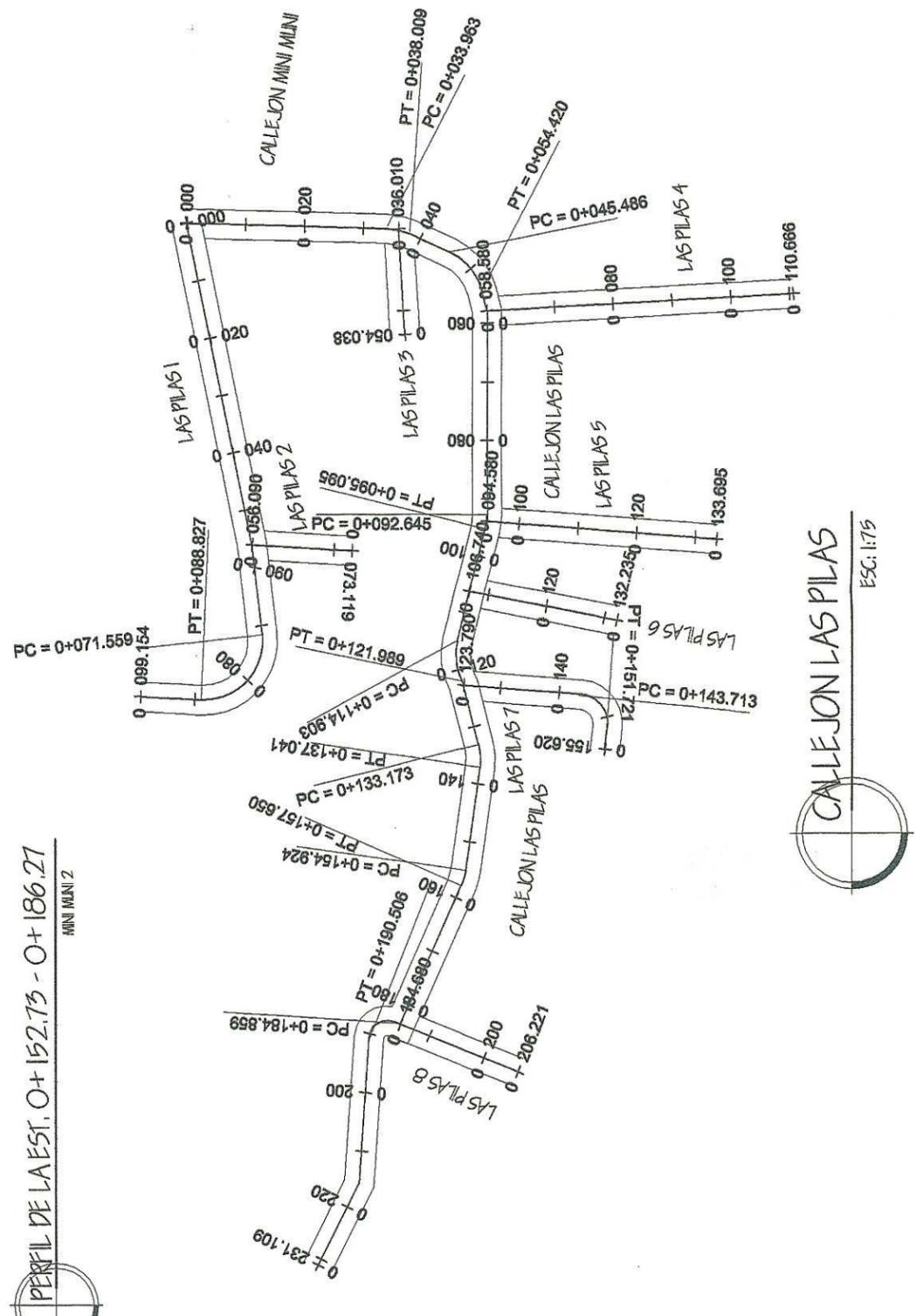
SECCIONES TRANSVERSALES  
 MINI MAN 2



STATION	AREAS		VOLUMENES		CUMULATIVE VOLUMENES	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	2.18	0.00	24.42	0.02	24.42	0.02
0+010	2.72	0.00	13.61	14.43	38.03	14.45
0+020	0.00	2.89	0.19	17.87	38.22	32.32
0+030	0.04	0.69	0.18	2.32	38.40	34.64
0+033.541	0.06	0.62	0.00	0.00	38.40	34.64

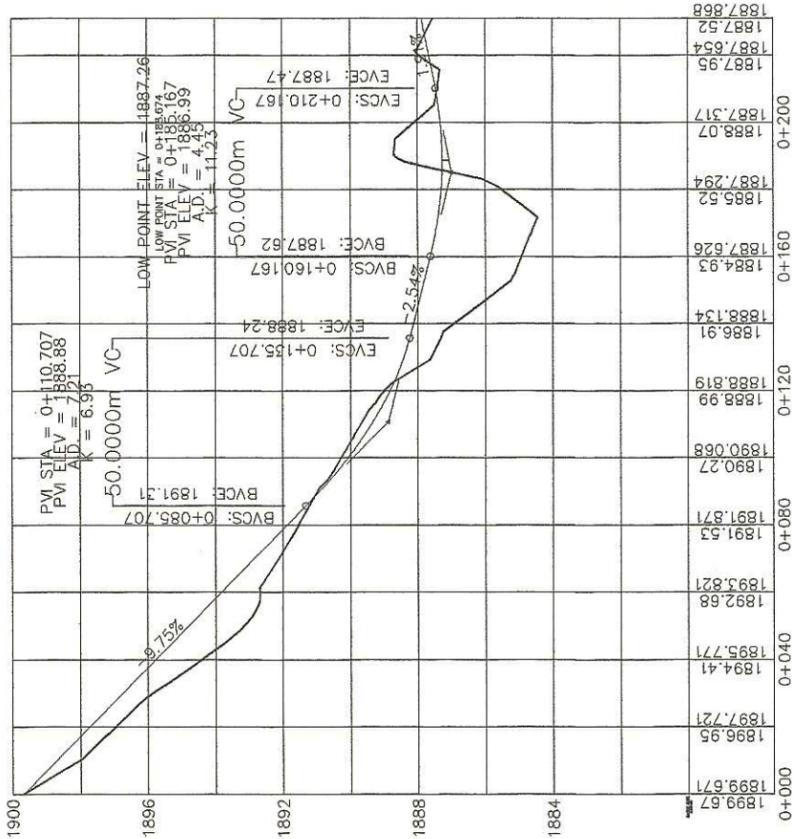
VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO  
 MINI MAN 2

PERFIL DE LA EST. 0+152.75 - 0+186.27  
 MINI MAN 2



CALLEJON LAS PILAS  
 ESC: 1:75

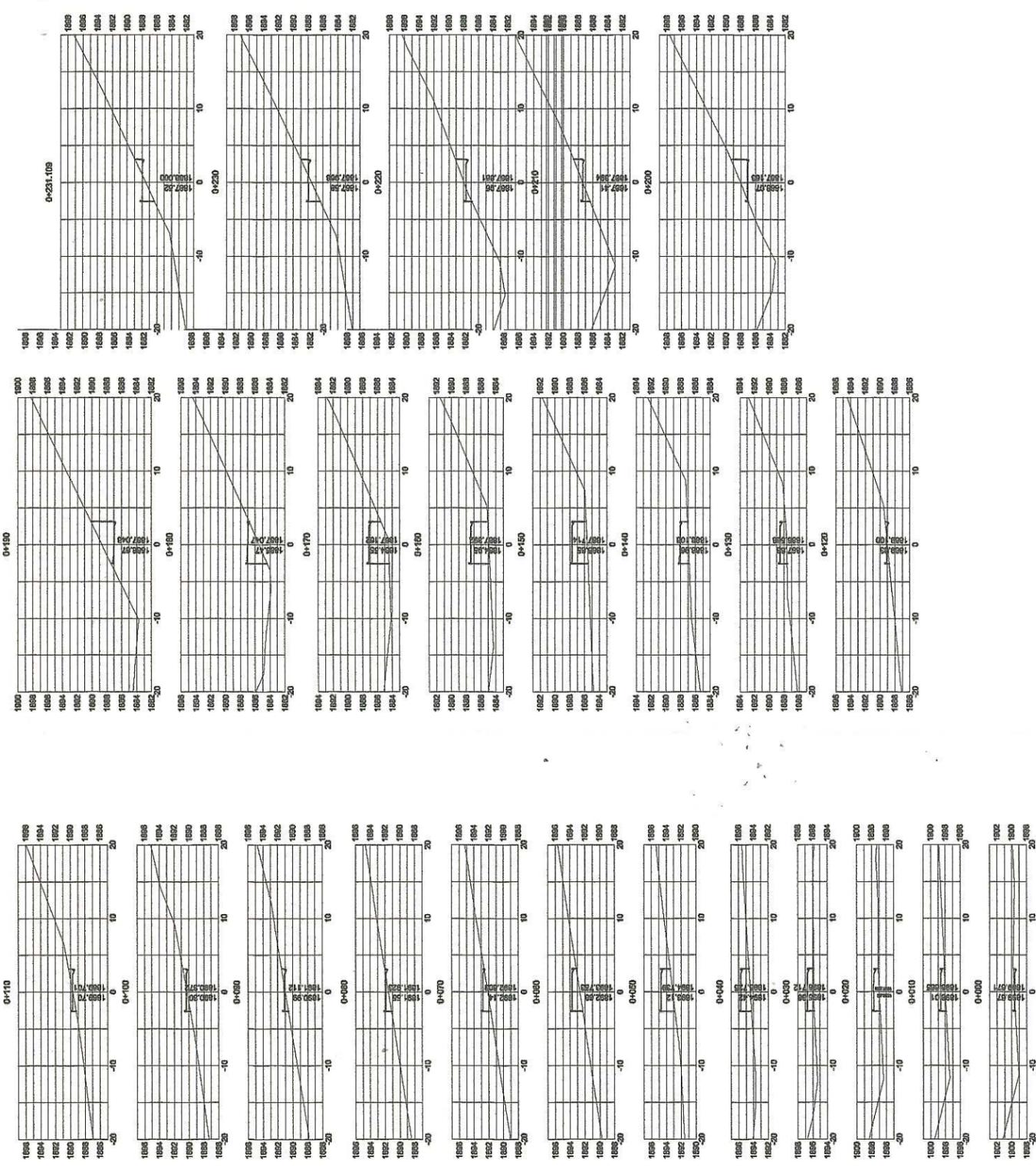
EST.	P.O.	DISTANCIA	ALZUT.	COTA TOTAL	DESPICION
E1	E1	0	0	100	NORMAS
E1	E1	2.8	319.44	0	R40
E1	E1	5.6	318.88	0	R40
E1	E1	8.4	318.32	0	R40
E1	E1	11.2	317.76	0	R40
E1	E1	14.0	317.20	0	R40
E1	E1	16.8	316.64	0	R40
E1	E1	19.6	316.08	0	R40
E1	E1	22.4	315.52	0	R40
E1	E1	25.2	314.96	0	R40
E1	E1	28.0	314.40	0	R40
E1	E1	30.8	313.84	0	R40
E1	E1	33.6	313.28	0	R40
E1	E1	36.4	312.72	0	R40
E1	E1	39.2	312.16	0	R40
E1	E1	42.0	311.60	0	R40
E1	E1	44.8	311.04	0	R40
E1	E1	47.6	310.48	0	R40
E1	E1	50.4	309.92	0	R40
E1	E1	53.2	309.36	0	R40
E1	E1	56.0	308.80	0	R40
E1	E1	58.8	308.24	0	R40
E1	E1	61.6	307.68	0	R40
E1	E1	64.4	307.12	0	R40
E1	E1	67.2	306.56	0	R40
E1	E1	70.0	306.00	0	R40
E1	E1	72.8	305.44	0	R40
E1	E1	75.6	304.88	0	R40
E1	E1	78.4	304.32	0	R40
E1	E1	81.2	303.76	0	R40
E1	E1	84.0	303.20	0	R40
E1	E1	86.8	302.64	0	R40
E1	E1	89.6	302.08	0	R40
E1	E1	92.4	301.52	0	R40
E1	E1	95.2	300.96	0	R40
E1	E1	98.0	300.40	0	R40
E1	E1	100.8	299.84	0	R40
E1	E1	103.6	299.28	0	R40
E1	E1	106.4	298.72	0	R40
E1	E1	109.2	298.16	0	R40
E1	E1	112.0	297.60	0	R40
E1	E1	114.8	297.04	0	R40
E1	E1	117.6	296.48	0	R40
E1	E1	120.4	295.92	0	R40
E1	E1	123.2	295.36	0	R40
E1	E1	126.0	294.80	0	R40
E1	E1	128.8	294.24	0	R40
E1	E1	131.6	293.68	0	R40
E1	E1	134.4	293.12	0	R40
E1	E1	137.2	292.56	0	R40
E1	E1	140.0	292.00	0	R40
E1	E1	142.8	291.44	0	R40
E1	E1	145.6	290.88	0	R40
E1	E1	148.4	290.32	0	R40
E1	E1	151.2	289.76	0	R40
E1	E1	154.0	289.20	0	R40
E1	E1	156.8	288.64	0	R40
E1	E1	159.6	288.08	0	R40
E1	E1	162.4	287.52	0	R40
E1	E1	165.2	286.96	0	R40
E1	E1	168.0	286.40	0	R40
E1	E1	170.8	285.84	0	R40
E1	E1	173.6	285.28	0	R40
E1	E1	176.4	284.72	0	R40
E1	E1	179.2	284.16	0	R40
E1	E1	182.0	283.60	0	R40
E1	E1	184.8	283.04	0	R40
E1	E1	187.6	282.48	0	R40
E1	E1	190.4	281.92	0	R40
E1	E1	193.2	281.36	0	R40
E1	E1	196.0	280.80	0	R40
E1	E1	198.8	280.24	0	R40
E1	E1	201.6	279.68	0	R40
E1	E1	204.4	279.12	0	R40
E1	E1	207.2	278.56	0	R40
E1	E1	210.0	278.00	0	R40
E1	E1	212.8	277.44	0	R40
E1	E1	215.6	276.88	0	R40
E1	E1	218.4	276.32	0	R40
E1	E1	221.2	275.76	0	R40
E1	E1	224.0	275.20	0	R40
E1	E1	226.8	274.64	0	R40
E1	E1	229.6	274.08	0	R40
E1	E1	232.4	273.52	0	R40
E1	E1	235.2	272.96	0	R40
E1	E1	238.0	272.40	0	R40
E1	E1	240.8	271.84	0	R40
E1	E1	243.6	271.28	0	R40
E1	E1	246.4	270.72	0	R40
E1	E1	249.2	270.16	0	R40
E1	E1	252.0	269.60	0	R40
E1	E1	254.8	269.04	0	R40
E1	E1	257.6	268.48	0	R40
E1	E1	260.4	267.92	0	R40
E1	E1	263.2	267.36	0	R40
E1	E1	266.0	266.80	0	R40
E1	E1	268.8	266.24	0	R40
E1	E1	271.6	265.68	0	R40
E1	E1	274.4	265.12	0	R40
E1	E1	277.2	264.56	0	R40
E1	E1	280.0	264.00	0	R40
E1	E1	282.8	263.44	0	R40
E1	E1	285.6	262.88	0	R40
E1	E1	288.4	262.32	0	R40
E1	E1	291.2	261.76	0	R40
E1	E1	294.0	261.20	0	R40
E1	E1	296.8	260.64	0	R40
E1	E1	299.6	260.08	0	R40
E1	E1	302.4	259.52	0	R40
E1	E1	305.2	258.96	0	R40
E1	E1	308.0	258.40	0	R40
E1	E1	310.8	257.84	0	R40
E1	E1	313.6	257.28	0	R40
E1	E1	316.4	256.72	0	R40
E1	E1	319.2	256.16	0	R40
E1	E1	322.0	255.60	0	R40
E1	E1	324.8	255.04	0	R40
E1	E1	327.6	254.48	0	R40
E1	E1	330.4	253.92	0	R40
E1	E1	333.2	253.36	0	R40
E1	E1	336.0	252.80	0	R40
E1	E1	338.8	252.24	0	R40
E1	E1	341.6	251.68	0	R40
E1	E1	344.4	251.12	0	R40
E1	E1	347.2	250.56	0	R40
E1	E1	350.0	250.00	0	R40
E1	E1	352.8	249.44	0	R40
E1	E1	355.6	248.88	0	R40
E1	E1	358.4	248.32	0	R40
E1	E1	361.2	247.76	0	R40
E1	E1	364.0	247.20	0	R40
E1	E1	366.8	246.64	0	R40
E1	E1	369.6	246.08	0	R40
E1	E1	372.4	245.52	0	R40
E1	E1	375.2	244.96	0	R40
E1	E1	378.0	244.40	0	R40
E1	E1	380.8	243.84	0	R40
E1	E1	383.6	243.28	0	R40
E1	E1	386.4	242.72	0	R40
E1	E1	389.2	242.16	0	R40
E1	E1	392.0	241.60	0	R40
E1	E1	394.8	241.04	0	R40
E1	E1	397.6	240.48	0	R40
E1	E1	400.4	239.92	0	R40
E1	E1	403.2	239.36	0	R40
E1	E1	406.0	238.80	0	R40
E1	E1	408.8	238.24	0	R40
E1	E1	411.6	237.68	0	R40
E1	E1	414.4	237.12	0	R40
E1	E1	417.2	236.56	0	R40
E1	E1	420.0	236.00	0	R40
E1	E1	422.8	235.44	0	R40
E1	E1	425.6	234.88	0	R40
E1	E1	428.4	234.32	0	R40
E1	E1	431.2	233.76	0	R40
E1	E1	434.0	233.20	0	R40
E1	E1	436.8	232.64	0	R40
E1	E1	439.6	232.08	0	R40
E1	E1	442.4	231.52	0	R40
E1	E1	445.2	230.96	0	R40
E1	E1	448.0	230.40	0	R40
E1	E1	450.8	229.84	0	R40
E1	E1	453.6	229.28	0	R40
E1	E1	456.4	228.72	0	R40
E1	E1	459.2	228.16	0	R40
E1	E1	462.0	227.60	0	R40
E1	E1	464.8	227.04	0	R40
E1	E1	467.6	226.48	0	R40
E1	E1	470.4	225.92	0	R40
E1	E1	473.2	225.36	0	R40
E1	E1	476.0	224.80	0	R40
E1	E1	478.8	224.24	0	R40
E1	E1	481.6	223.68	0	R40
E1	E1	484.4	223.12	0	R40
E1	E1	487.2	222.56	0	R40
E1	E1	490.0	222.00	0	R40
E1	E1	492.8	221.44	0	R40
E1	E1	495.6	220.88	0	R40
E1	E1	498.4	220.32	0	R40
E1	E1	501.2	219.76	0	R40
E1	E1	504.0	219.20	0	R40
E1	E1	506.8	218.64	0	R40
E1	E1	509.6	218.08	0	R40
E1	E1	512.4	217.52	0	R40
E1	E1	515.2	216.96	0	R40
E1	E1	518.0	216.40	0	R40
E1	E1	520.8	215.84	0	R40
E1	E1	523.6	215.28	0	R40
E1	E1	526.4	214.72	0	R40
E1	E1	529.2	214.16	0	R40
E1	E1	532.0	213.60	0	R40
E1	E1	534.8	213.04	0	R40
E1	E1	537.6	212.48	0	R40
E1	E1	540.4	211.92	0	R40
E1	E1	543.2	211.36	0	R40
E1	E1	546.0	210.80	0	R40
E1	E1	548.8	210.24	0	R40
E1	E1	551.6	209.68	0	R40
E1	E1	554.4	209.12	0	R40
E1	E1	557.2	208.56	0	R40
E1	E1	560.0	208.00	0	R40
E1	E1	562.8	207.44	0	R40
E1	E1	565.6	206.88	0	R40
E1	E1	568.4	206.32	0	R40
E1	E1	571.2	205.76	0	R40
E1	E1	574.0	205.20	0	R40
E1	E1	576.8	204.64	0	R40
E1	E1	579.6	204.08	0	R40
E1	E1	582.4	203.52	0	R40
E1	E1	585.2	202.96	0	R40
E1	E1	588.0	202.40	0	R40
E1	E1	590.8	201.84	0	R40
E1	E1	593.6	201.28	0	R



PERFIL DE LA EST. 0+000 - 0+251.10  
LAS PILAS

ESTACION	SECCION	ANCHO	ESPESOR	CONCRETO	RELLENO	REVESTIMIENTO
0+000	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+020	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+040	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+060	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+080	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+100	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+120	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+140	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+160	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+180	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15
0+200	1.00	3.00	0.15	0.15	0.15	0.15

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	CONCRETO	m <sup>3</sup>	100	100	10000
2	RELLENO	m <sup>3</sup>	200	200	40000
3	REVESTIMIENTO	m <sup>2</sup>	500	500	250000
4	...	...	...	...	...



SECCIONES TRANSVERSALES  
LAS PILAS

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

INSTITALACION

RES MARLENY PRADO HERBERA

RES MARLENY PRADO HERBERA

RES MARLENY PRADO HERBERA

SANTA CATARINA PINILLA

PERTL - SECCIONES TRANSVERSALES

RES MARLENY PRADO HERBERA

RES MARLENY PRADO HERBERA

RES MARLENY PRADO HERBERA

HOJA: II

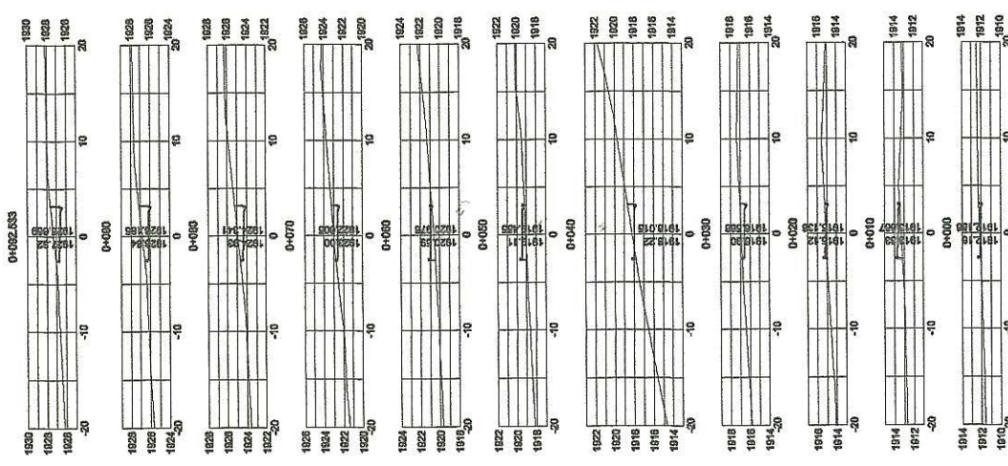
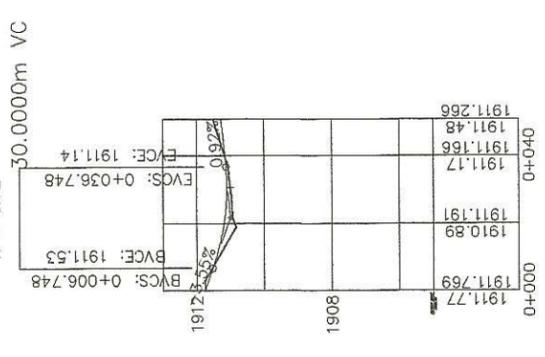
19







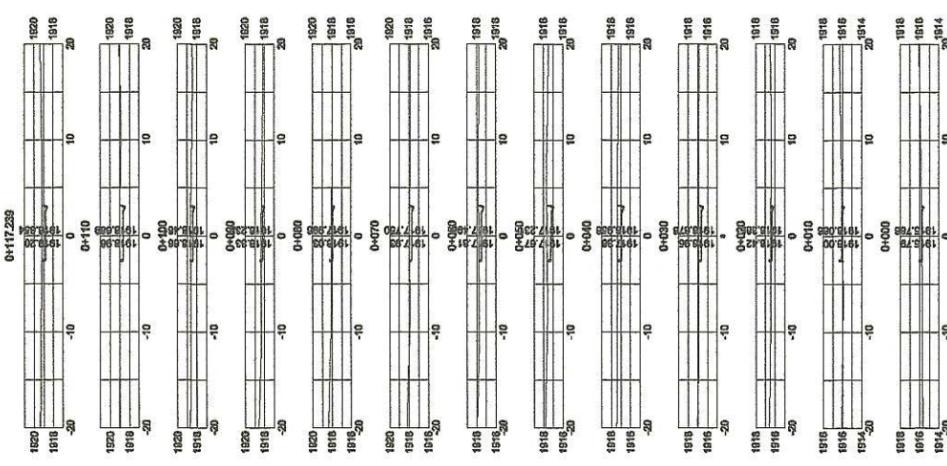
LOW POINT ELEV = 1911.11  
 LOW POINT STA = 0+030.581  
 PVI STA = 0+021.748  
 PVI ELEV = 1911.00  
 A.D. = 4.46  
 K = 6.72



**SECCIONES TRANSVERSALES**  
LOS NOV1

EST.	P.O.	ESTADIA	AZIMUT			COTA TOTAL	ECCENTRO
			G	M	S		
E1	E1	0	0	0	100	RD	
E1	E1	2.26	13	42	0	RD	
E1	E1	4.51	26	84	0	RD	
E1	E1	6.77	39	126	0	RD	
E1	E1	9.02	52	168	0	RD	
E1	E1	11.27	65	210	0	RD	
E1	E1	13.53	78	252	0	RD	
E1	E1	15.78	91	294	0	RD	
E1	E1	18.04	104	336	0	RD	
E1	E1	20.29	117	378	0	RD	
E1	E1	22.54	130	420	0	RD	
E1	E1	24.80	143	462	0	RD	
E1	E1	27.05	156	504	0	RD	
E1	E1	29.30	169	546	0	RD	
E1	E1	31.56	182	588	0	RD	
E1	E1	33.81	195	630	0	RD	
E1	E1	36.06	208	672	0	RD	
E1	E1	38.32	221	714	0	RD	
E1	E1	40.57	234	756	0	RD	
E1	E1	42.82	247	798	0	RD	
E1	E1	45.08	260	840	0	RD	
E1	E1	47.33	273	882	0	RD	
E1	E1	49.58	286	924	0	RD	
E1	E1	51.84	299	966	0	RD	
E1	E1	54.09	312	1008	0	RD	
E1	E1	56.34	325	1050	0	RD	
E1	E1	58.60	338	1092	0	RD	
E1	E1	60.85	351	1134	0	RD	
E1	E1	63.10	364	1176	0	RD	
E1	E1	65.36	377	1218	0	RD	
E1	E1	67.61	390	1260	0	RD	
E1	E1	69.86	403	1302	0	RD	
E1	E1	72.12	416	1344	0	RD	
E1	E1	74.37	429	1386	0	RD	
E1	E1	76.62	442	1428	0	RD	
E1	E1	78.88	455	1470	0	RD	
E1	E1	81.13	468	1512	0	RD	
E1	E1	83.38	481	1554	0	RD	
E1	E1	85.64	494	1596	0	RD	
E1	E1	87.89	507	1638	0	RD	
E1	E1	90.14	520	1680	0	RD	
E1	E1	92.40	533	1722	0	RD	
E1	E1	94.65	546	1764	0	RD	
E1	E1	96.90	559	1806	0	RD	
E1	E1	99.16	572	1848	0	RD	
E1	E1	101.41	585	1890	0	RD	
E1	E1	103.66	598	1932	0	RD	
E1	E1	105.92	611	1974	0	RD	
E1	E1	108.17	624	2016	0	RD	
E1	E1	110.42	637	2058	0	RD	
E1	E1	112.68	650	2100	0	RD	
E1	E1	114.93	663	2142	0	RD	
E1	E1	117.18	676	2184	0	RD	
E1	E1	119.44	689	2226	0	RD	
E1	E1	121.69	702	2268	0	RD	
E1	E1	123.94	715	2310	0	RD	
E1	E1	126.20	728	2352	0	RD	
E1	E1	128.45	741	2394	0	RD	
E1	E1	130.70	754	2436	0	RD	
E1	E1	132.96	767	2478	0	RD	
E1	E1	135.21	780	2520	0	RD	
E1	E1	137.46	793	2562	0	RD	
E1	E1	139.72	806	2604	0	RD	
E1	E1	141.97	819	2646	0	RD	
E1	E1	144.22	832	2688	0	RD	
E1	E1	146.48	845	2730	0	RD	
E1	E1	148.73	858	2772	0	RD	
E1	E1	150.98	871	2814	0	RD	
E1	E1	153.24	884	2856	0	RD	
E1	E1	155.49	897	2898	0	RD	
E1	E1	157.74	910	2940	0	RD	
E1	E1	160.00	923	2982	0	RD	
E1	E1	162.25	936	3024	0	RD	
E1	E1	164.50	949	3066	0	RD	
E1	E1	166.76	962	3108	0	RD	
E1	E1	169.01	975	3150	0	RD	
E1	E1	171.26	988	3192	0	RD	
E1	E1	173.52	1001	3234	0	RD	
E1	E1	175.77	1014	3276	0	RD	
E1	E1	178.02	1027	3318	0	RD	
E1	E1	180.28	1040	3360	0	RD	
E1	E1	182.53	1053	3402	0	RD	
E1	E1	184.78	1066	3444	0	RD	
E1	E1	187.04	1079	3486	0	RD	
E1	E1	189.29	1092	3528	0	RD	
E1	E1	191.54	1105	3570	0	RD	
E1	E1	193.80	1118	3612	0	RD	
E1	E1	196.05	1131	3654	0	RD	
E1	E1	198.30	1144	3696	0	RD	
E1	E1	200.56	1157	3738	0	RD	
E1	E1	202.81	1170	3780	0	RD	
E1	E1	205.06	1183	3822	0	RD	
E1	E1	207.32	1196	3864	0	RD	
E1	E1	209.57	1209	3906	0	RD	
E1	E1	211.82	1222	3948	0	RD	
E1	E1	214.08	1235	3990	0	RD	
E1	E1	216.33	1248	4032	0	RD	
E1	E1	218.58	1261	4074	0	RD	
E1	E1	220.84	1274	4116	0	RD	
E1	E1	223.09	1287	4158	0	RD	
E1	E1	225.34	1300	4200	0	RD	
E1	E1	227.60	1313	4242	0	RD	
E1	E1	229.85	1326	4284	0	RD	
E1	E1	232.10	1339	4326	0	RD	
E1	E1	234.36	1352	4368	0	RD	
E1	E1	236.61	1365	4410	0	RD	
E1	E1	238.86	1378	4452	0	RD	
E1	E1	241.12	1391	4494	0	RD	
E1	E1	243.37	1404	4536	0	RD	
E1	E1	245.62	1417	4578	0	RD	
E1	E1	247.88	1430	4620	0	RD	
E1	E1	250.13	1443	4662	0	RD	
E1	E1	252.38	1456	4704	0	RD	
E1	E1	254.64	1469	4746	0	RD	
E1	E1	256.89	1482	4788	0	RD	
E1	E1	259.14	1495	4830	0	RD	
E1	E1	261.40	1508	4872	0	RD	
E1	E1	263.65	1521	4914	0	RD	
E1	E1	265.90	1534	4956	0	RD	
E1	E1	268.16	1547	4998	0	RD	
E1	E1	270.41	1560	5040	0	RD	
E1	E1	272.66	1573	5082	0	RD	
E1	E1	274.92	1586	5124	0	RD	
E1	E1	277.17	1599	5166	0	RD	
E1	E1	279.42	1612	5208	0	RD	
E1	E1	281.68	1625	5250	0	RD	
E1	E1	283.93	1638	5292	0	RD	
E1	E1	286.18	1651	5334	0	RD	
E1	E1	288.44	1664	5376	0	RD	
E1	E1	290.69	1677	5418	0	RD	
E1	E1	292.94	1690	5460	0	RD	
E1	E1	295.20	1703	5502	0	RD	
E1	E1	297.45	1716	5544	0	RD	
E1	E1	299.70	1729	5586	0	RD	
E1	E1	301.96	1742	5628	0	RD	
E1	E1	304.21	1755	5670	0	RD	
E1	E1	306.46	1768	5712	0	RD	
E1	E1	308.72	1781	5754	0	RD	
E1	E1	310.97	1794	5796	0	RD	
E1	E1	313.22	1807	5838	0	RD	
E1	E1	315.48	1820	5880	0	RD	
E1	E1	317.73	1833	5922	0	RD	
E1	E1	320.00	1846	5964	0	RD	
E1	E1	322.25	1859	6006	0	RD	
E1	E1	324.50	1872	6048	0	RD	
E1	E1	326.76	1885	6090	0	RD	
E1	E1	329.01	1898	6132	0	RD	
E1	E1	331.26	1911	6174	0	RD	
E1	E1	333.52	1924	6216	0	RD	
E1	E1	335.77	1937	6258	0	RD	
E1	E1	338.02	1950	6300	0	RD	
E1	E1	340.28	1963	6342	0	RD	
E1	E1	342.53	1976	6384	0	RD	
E1	E1	344.78	1989	6426	0	RD	
E1	E1	347.04	2002	6468	0	RD	
E1	E1	349.29	2015	6510	0	RD	
E1	E1	351.54	2028	6552	0	RD	
E1	E1	353.80	2041	6594	0	RD	
E1	E1	356.05	2054	6636	0	RD	
E1	E1	358.30	2067	6678	0	RD	
E1	E1	360.56	2080	6720	0	RD	
E1	E1	362.81	2093	6762	0	RD	
E1	E1	365.06	2106	6804	0	RD	
E1	E1	367.32	2119	6846	0	RD	
E1	E1	369.57	2132	6888	0	RD	
E1	E1	371.82	2145	6930	0	RD	
E1	E1	374.08	2158	6972	0	RD	
E1	E1	376.33	2171	7014	0	RD	
E1	E1	378.58	2184	7056	0	RD	
E1	E1	380.84	2197	7098	0	RD	
E1	E1	383.09	2210	7140	0	RD	
E1	E1	385.34	2223	7182	0	RD	
E1	E1	387.60	2236	7224	0	RD	
E1	E1	389.85	2249	7266	0	RD	
E1	E1	392.10	2262	7308	0	RD	
E1	E1	394.36	2275	7350	0	RD	
E1	E1	396.61	2288	7392	0	RD	
E1	E1	398.86	2301	7434	0	RD	
E1	E1	401.12	2314	7476	0	RD	
E1	E1	403.37	2327	7518	0	RD	
E1	E1	405.62	2340	7560	0	RD	
E1	E1	407.88	2353	7602	0	RD	
E1	E1	410.13	2366	7644	0	RD	
E1	E1	412.38	2379	7686	0	RD	
E1	E1	414.64	2392	7728	0	RD	
E1	E1	416.89	2405	7770	0	RD	
E1	E1	419.14	2418	7812	0	RD	
E1	E1	421.40	2431	7854	0	RD	
E1	E1	423.65	2444	7896	0	RD	
E1	E1	425.90	2457	7938	0	RD	
E1	E1	428.16	2470	7980	0	RD	
E1	E1	430.41	2483	8022	0	RD	
E1	E1	432.66	2496	8064	0	RD	
E1	E1	434.92	2509	8106	0	RD	
E1	E1	437.17	2522	8148	0	RD	
E1	E1	439.42	2535	8190	0	RD	
E1	E1	441.68	2548	8232	0	RD	
E1	E1	443.93	2561	8274	0	RD	
E1	E1	446.18	2574	8316	0	RD	
E1	E1	448.44	2587	8358	0	RD	
E1	E1	450.69	2600	8400	0	RD	
E1	E1	452.94	2613	8442	0	RD	
E1	E1	455.20	2626	8484	0	RD	
E1	E1	457.45	2639	8526	0	RD	
E1	E1	459.70	2652	8568	0	RD	
E1	E1						

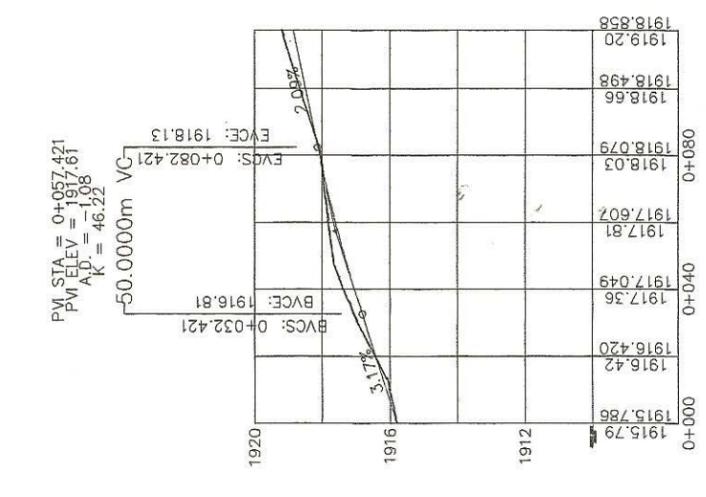




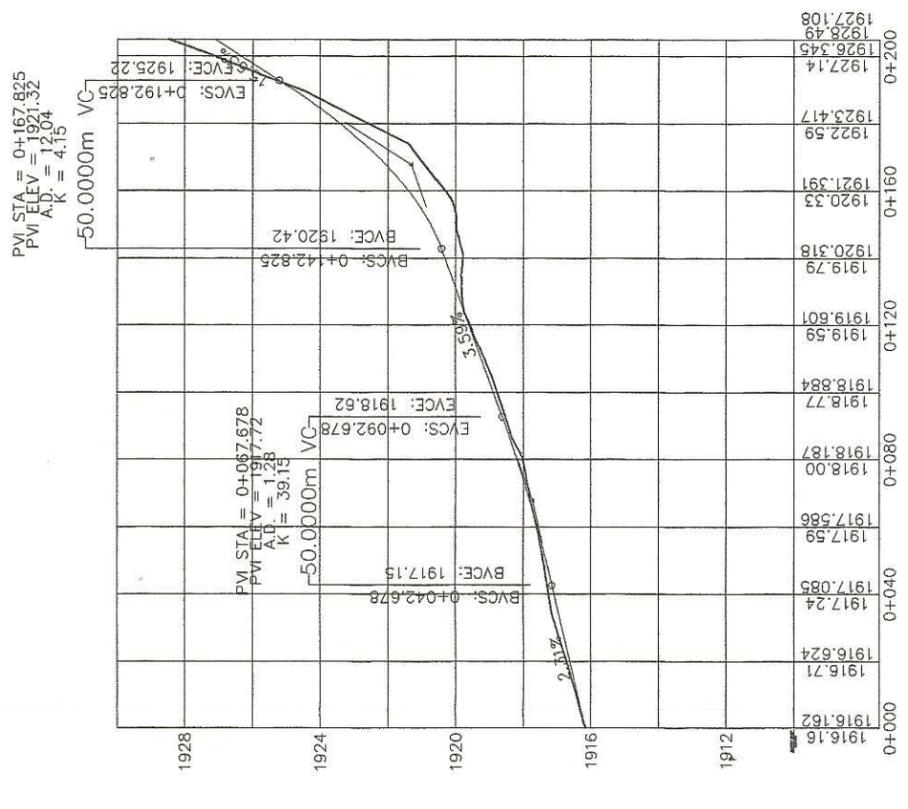
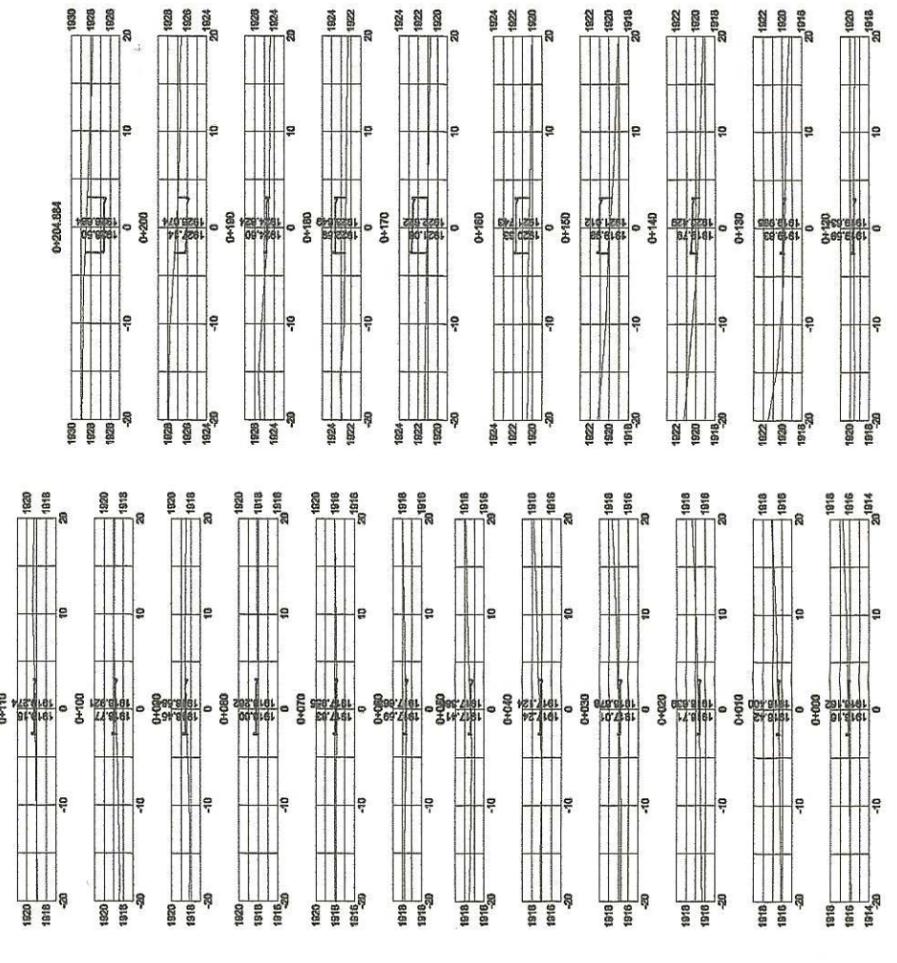
SECCIONES TRANSVERSALES  
EL LIMON

STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	Square Meters	Cubic Meters	CUT	FILL	CUT	FILL
0+110	0.10	0.08	1.75	0.68	1.75	0.68
0+120	0.25	0.05	4.15	0.35	5.90	1.03
0+130	0.56	0.02	7.68	0.12	13.58	1.15
0+140	0.95	0.01	9.43	0.09	23.01	1.25
0+150	0.95	0.02	7.42	0.15	30.43	1.40
0+160	0.55	0.02	3.76	0.32	34.18	1.71
0+170	0.20	0.04	1.11	1.37	35.29	3.08
0+180	0.04	1.04	0.11	6.32	35.40	9.41
0+190	0.04	1.04	0.18	7.39	35.98	16.79
0+200	0.04	1.04	0.28	5.62	35.86	22.16
0+210	0.02	0.83	0.21	5.62	36.07	27.78
0+220	0.04	0.83	0.27	2.55	36.34	30.36
0+230	0.04	0.83	0.19	0.28	36.42	30.64
0+240	0.04	0.83	0.19	0.05	36.60	30.69
0+250	0.04	0.83	0.00	4.52	36.60	35.21
0+260	0.04	0.83	0.00	14.08	36.60	53.30
0+270	0.04	0.83	0.00	16.48	36.60	71.78
0+280	0.04	0.83	0.00	16.93	36.60	90.72
0+290	0.04	0.83	0.00	53.87	36.60	144.59
0+300	0.04	0.83	0.00	0.67	36.60	145.46
0+310	0.04	0.83	0.00	36.60	36.60	210.84
0+320	0.04	0.83	0.00	58.18	36.60	268.83
0+330	0.04	0.83	0.00	28.77	36.60	297.60
0+340	0.04	0.83	0.00	22.78	5.09	302.69
0+350	0.04	0.83	0.00	30.48	0.00	333.17
0+360	0.04	0.83	0.00	0.00	0.00	333.17

VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO  
EL LIMON



PERFIL DE LA EST. 0+000 - 0+117.23  
EL LIMON



PERFIL DE LA EST. 0+000 - 0+204.88  
EL LIMON

STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	Square Meters	Cubic Meters	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	0.08	0.06	0.43	3.28	0.43	3.28
0+010	0.01	0.59	0.36	3.14	0.79	6.42
0+020	0.06	0.03	6.30	0.17	7.08	6.59
0+030	1.20	0.00	14.78	0.00	21.86	6.59
0+040	1.76	0.00	18.31	0.00	40.16	6.59
0+050	1.90	0.00	15.29	0.00	55.45	6.59
0+060	1.15	0.00	8.00	0.03	63.45	6.67
0+070	0.45	0.02	2.31	1.54	65.76	8.21
0+080	0.01	0.29	1.42	1.57	67.18	9.78
0+090	0.27	0.02	5.91	0.11	73.09	9.89
0+100	0.81	0.00	11.95	0.00	85.05	9.89
0+110	1.48	0.00	12.46	0.00	97.50	9.89
0+117.233	1.95	0.00	0.00	0.00	97.50	9.89

VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO  
EL LIMON

SECCIONES TRANSVERSALES  
EL LIMON

SIMPLOCA	
L-	LONGITUD DE CURVA
TR-	MEDIDA DE PROLONGACION DE LAS TANGENTES
R-	RADIO DE CURVA
PC-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PT-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
EA PC-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
EA PT-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
CO PC-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
CO PT-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
CO PC PT-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-1	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-2	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-3	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-4	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-5	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-6	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-7	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-8	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-9	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-10	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-11	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-12	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-13	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-14	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-15	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-16	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-17	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-18	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-19	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA
PC PT-20	CAMBIO DEL PUNTO DE CURVATURA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

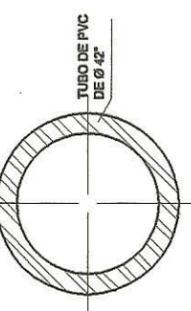
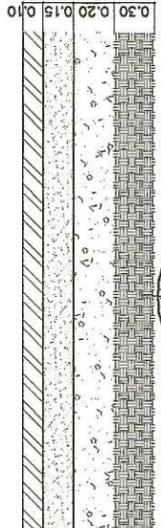


PLANTA  
INSTALACION  
FUND: RES AMELBY PRADO HERRERA  
REBE: RES AMELBY PRADO HERRERA  
CUBILA: RES AMELBY PRADO HERRERA  
DISEÑO: RES AMELBY PRADO HERRERA  
DIBUJO: RES AMELBY PRADO HERRERA  
CORRECCION: RES AMELBY PRADO HERRERA  
SUPERVISADO: RES AMELBY PRADO HERRERA  
H.O.J.A.: 17

INSTITUCION DE ENSEÑANZA SUPERIOR DE INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
RES AMELBY PRADO HERRERA  
H.O.J.A.: 17



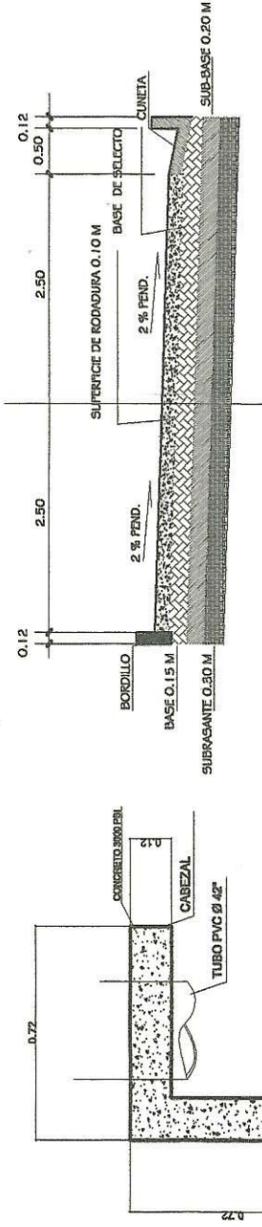
**CARPETA DE RODADURA**  
**BASE DE SELECTO**  
**SUBBASE**  
**SUBRASANTE**



TUBO DE PVC DE Ø 4"

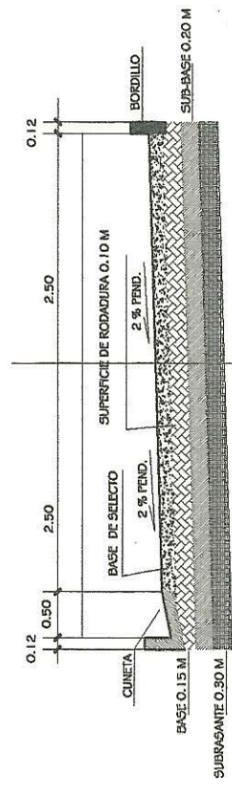
DETALLE DE TRANSVERSAL

SIN ESCALA



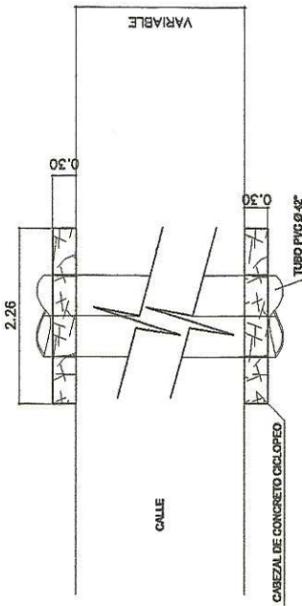
DETALLE DE GABARITO CON BORDILLO Y CUNETTA.

SIN ESCALA



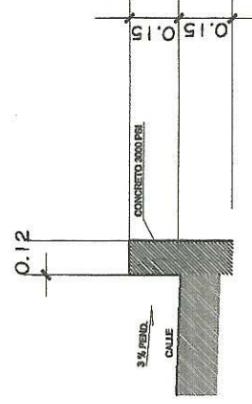
DETALLE DE GABARITO CON BORDILLO Y CUNETTA.

SIN ESCALA



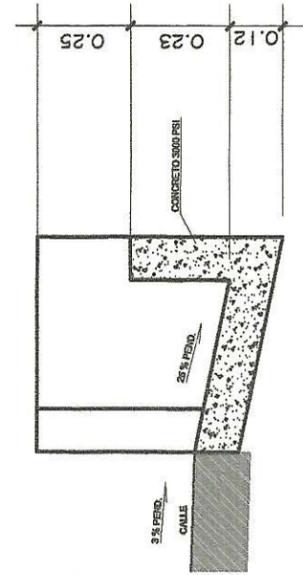
PLANTA

ESCALA 1:50



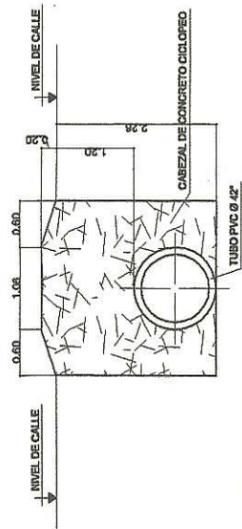
DETALLE DE BORDILLO

SIN ESCALA



DETALLE DE CUNETTA

SIN ESCALA



ELEVACION

ESCALA 1:50

DETALLE DE TRANSVERSAL

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**  
**SUB-RASANTE**

El terreno deberá ser compactado hasta alcanzar un 95% de compactación, luego de la compactación el terreno debe estar liso y sin asentamientos según AASHTO T-180.

El contenido de humedad debe estar cercano al 95% de la humedad óptima, la humedad óptima es de 23%.

**SUB-BASE**

- El espesor del sub-base debe ser de 20 cm.
- El material selecto utilizado para la sub-base deberá tener un C.B.R. de 30% como mínimo a una compactación mínima del 95%, dicho material deberá ser distribuido y compactado manteniendo el espesor descrito anteriormente, también dicho material deberá estar libre de toda materia orgánica, basura u otro material perjudicial.

**BASE**

- El espesor de la base es de 15 cm.
- El material para la base debe ser retenido en el tamiz No. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 - 500 revoluciones deben ser partículas planas o alargadas con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de las mismas.
- Al compactar el material debe ser homogéneo y debe de estar húmedo.

**NOTAS:**

- El ancho de las cunetas sera de 0.12 cm. pudiendo variar a conveniencia del ejecutor.
- El bombeo de las calles debe ser de 2%.
- Se deberá colocar bordillo ó cuneta según lo indiquen los planos constructivos.
- El concreto para la fundición de cunetas y bordillos deberá tener una resistencia a compresión de 3,000 psi a los 28 días y proporción 1:2:2.
- Los materiales utilizados para la construcción deberán estar libres de impurezas.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 TITULO DE INGENIERO CIVIL  
 NO. DE INGENIERO CIVIL: 19110  
 FECHA DE EMISIÓN: 19/11/2012  
 INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
 TITULO: INGENIERO CIVIL

PROYECTO:	INSTALACION	DETALLES
FECHA:	18/05/2012	18/05/2012
DISEÑO:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
VERIFICACION:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
APROBACION:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
PROYECTISTA:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
PROYECTO:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
FECHA:	19/11/2012	19/11/2012
PROYECTO:	ING. MARLENY PRADO HERBERA	ING. MARLENY PRADO HERBERA
FECHA:	19/11/2012	19/11/2012