



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

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE  
TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES,  
MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**

**Hugo Alfredo Antillón Fernández**

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE  
TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES,  
MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HUGO ALFREDO ANTILLÓN FERNÁNDEZ**  
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE  
TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES,  
MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 14 de noviembre de 2007.



---

Hugo Alfredo Antillón Fernández

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 07 de octubre de 2009.  
Ref.EPS.DOC.1424.10.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Hugo Alfredo Antillón Fernández** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200212050**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA”**.

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

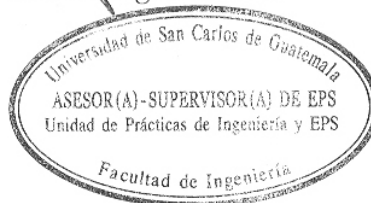
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
SJRS/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 07 de octubre de 2009.  
Ref.EPS.D.654.10.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

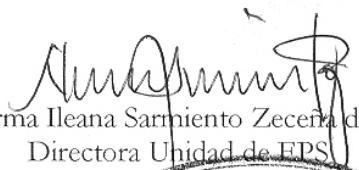
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Hugo Alfredo Antillón Fernández**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Silvio José Rodríguez Serrano**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

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

NISZ/ra





FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
16 de octubre de 2009

Ingeniero  
Sydney Alexander Samuels Milson  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Hugo Alfredo Antillón Fernández, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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,  
18 de enero de 2010

FACULTAD DE INGENIERIA

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Hugo Alfredo Antillón Fernández, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

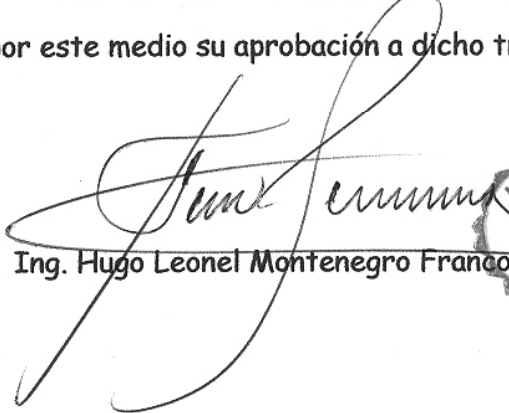
/bbdeb.





FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Hugo Alfredo Antillón Fernández, titulado DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2010

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.065.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ZONA 4 DE TIQUISATE Y PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Hugo Alfredo Antillón Fernández**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, febrero de 2010



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Guía en mi camino y fortaleza en mi vida.

### **MIS PADRES**

Hugo y Blanca, por su amor, consejo y apoyo en todo momento de mi vida, por todo el esfuerzo que han realizado por mi y por mis hermanos, por darnos lo mejor de ustedes.

### **MIS HERMANOS**

Vanessa y Erick, por su amor, paciencia y apoyo, durante toda su vida.

### **MI ESPOSA**

Mellani, por tu amor y apoyo incondicional durante estos años, por impulsarme cuando lo necesito.

### **MI HIJA**

María Renée, por el amor y ternura que me impulsan día a día.

### **MIS AMIGOS**

Por su amistad y apoyo, por compartir conmigo durante estos años, por todo lo que hemos vivido juntos.

### **MI FAMILIA**

Por estar conmigo, con mis padres y con mis hermanos; en las buenas y en las malas; gracias por todo.

### **FAMILIA FUENTES GUDIEL**

Por su apoyo y cariño durante estos años.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**MIS PADRES Y HERMANOS**

Gracias por todo el esfuerzo que han realizado para que salga adelante.

**MI ESPOSA**

Gracias por apoyarme siempre.

**MIS AMIGOS DE LA  
UNIVERSIDAD**

Héctor, Gerber, Gustavo, Byron; gracias por todo lo vivido durante estos años de esfuerzo y lucha.

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS**

Por darme la oportunidad de convertirme en un profesional con conciencia social.

**MI ASESOR**

Ingeniero Silvio Rodríguez, por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

**MIS AMIGOS DE ALTAMIRA  
Y DE MAYAPAV**

Por su amistad, por compartir sus conocimientos sin envidia.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>

## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Monografía del municipio de Tiquisate, Escuintla**

1.1.1	Generalidades	1
1.1.1.1	Límites y localización	1
1.1.1.2	Vías de acceso	1
1.1.1.3	Topografía	2
1.1.1.4	Aspectos climáticos	2
1.1.1.5	Servicios públicos	2
1.1.1.6	Actividades económicas	3
1.1.1.7	Población	4
1.1.2	Principales necesidades del municipio	4
1.1.2.1	Descripción de necesidades	4
1.1.2.2	Priorización de necesidades	5

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, Escuintla**

2.1.1.	Descripción del proyecto	7
2.1.2.	Levantamiento topográfico	7
2.1.2.1.	Planimetría	8
2.1.2.2.	Altimetría	8
2.1.3.	Diseño de la red	8
2.1.3.1.	Período de diseño	8
2.1.3.2.	Población de diseño	9
2.1.3.3.	Dotación	10
2.1.3.4.	Factor de retorno	11
2.1.3.5.	Caudal sanitario	11
2.1.3.5.1.	Caudal domiciliar	12
2.1.3.5.2.	Caudal comercial	13
2.1.3.5.3.	Caudal industrial	13
2.1.3.5.4.	Caudal de conexiones ilícitas	14
2.1.3.5.5.	Caudal de infiltración	15
2.1.3.6.	Factor de caudal medio	16
2.1.3.7.	Factor de flujo instantáneo o de Harmond	17
2.1.3.8.	Caudal de diseño	17
2.1.3.9.	Diámetro mínimo	18
2.1.3.10.	Tirante de flujo	18
2.1.3.11.	Velocidades mínimas y máximas	18
2.1.3.12.	Pendientes	19
2.1.3.13.	Cotas invert	19
2.1.3.14.	Pozos de visita	22
2.1.3.15.	Conexiones domiciliarias	23
2.1.3.16.	Profundidad mínima de tubería	24
2.1.3.17.	Principios hidráulicos	25
2.1.3.18.	Ejemplo de tramo	30

2.1.3.19.	Cálculo hidráulico	34
2.1.3.20.	Descarga	35
2.1.4.	Propuesta de tratamiento de aguas residuales	35
2.1.4.1.	Diseño de fosa séptica	39
2.1.5.	Especificaciones técnicas	42
2.1.6.	Operación y mantenimiento de la red	46
2.1.7.	Evaluación de impacto ambiental	50
2.1.8.	Presupuesto del drenaje sanitario	52
2.1.9.	Cronograma de ejecución	53
2.1.10.	Evaluación socio-económica	54
2.1.10.1.	Valor presente neto	54
2.1.10.2.	Tasa interna de retorno	55

## **2.2. Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, municipio de Tiquisate, Escuintla**

2.2.1.	Descripción del proyecto	57
2.2.2.	Levantamiento topográfico	57
2.2.2.1.	Planimetría	58
2.2.2.2.	Altimetría	58
2.2.3.	Estudio de suelos	58
2.2.3.1.	Ensayos para la clasificación de suelos	58
2.2.3.2.	Ensayos para el control de la construcción	60
2.2.3.3.	Ensayos para determinar la resistencia del suelo	62
2.2.4.	Pavimento rígido	63
2.2.4.1.	Características generales	64
2.2.4.2.	Clasificación	66
2.2.4.3.	Elementos estructurales	67
2.2.4.4.	Materiales, equipo y herramientas	69
2.2.4.5.	Métodos de diseño	74
2.2.4.5.1.	Método de AASHTO	74
2.2.4.5.2.	Método de PCA	79

2.2.4.6.	Diseño de juntas	88
2.2.4.7.	Drenaje	92
2.2.5.	Especificaciones técnicas y de mantenimiento	96
2.2.6.	Evaluación de impacto ambiental	108
2.2.7.	Presupuesto del proyecto	111
2.2.8.	Cronograma de ejecución	112
2.2.9.	Evaluación socio-económica	113
2.2.9.1.	Valor presente neto	113
2.2.9.2.	Tasa interna de retorno	113
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>115</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>117</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>119</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>121</b>
<b>APÉNDICES</b>		<b>129</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Ubicación municipio de Tiquisate, Escuintla	1
2. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos	82
3. Sección de caces	93
4. Sección de cunetas	94
5. Elementos geométricos de las curvas horizontales	145

### TABLAS

I. Dotación de agua según el área y tipo de conexión	10
II. Dotación de agua según el promedio de ingresos	11
III. Ancho libre de zanjas para tubería de PVC	25
IV. Relaciones hidráulicas	28
V. Diseño hidráulico	34
VI. Presupuesto del drenaje sanitario	53
VII. Cronograma del drenaje sanitario	54
VIII. Clasificación de la subrasante según el valor soporte	67
IX. Graduación de los agregados	69
X. Porcentaje por peso que pasa el tamiz	70
XI. Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	71
XII. Calidad del drenaje	75
XIII. Valores de coeficiente de drenaje	75
XIV. Valores de coeficiente de transmisión de carga	76

XV.	Módulo de elasticidad del concreto	77
XVI.	Valores del factor de pérdida de soporte	77
XVII.	Valores de desviación normal estándar en función de la confiabilidad	78
XVIII.	Factores de seguridad recomendados	78
XIX.	Valores aproximados de módulo de reacción de la subrasante	81
XX.	Valores de k para diseño sobre subbases no tratadas	82
XXI.	Efectos de la subbase granular sobre el valor de k	83
XXII.	Categoría de tráfico en función de la carga por eje	85
XXIII.	TPDC permisible por eje, Categoría 1. Pavimentos con juntas de trabe por agregados (no son necesarias dovelas)	87
XXIV.	Defectos en pavimentos rígidos y posibles causas	104
XXV.	Presupuesto del pavimento rígido	111
XXVI.	Cronograma del pavimento rígido	112
XXVII.	Diseño de curvas horizontales	146
XXVIII.	Diseño de curvas verticales	149

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>P<sub>o</sub></b>	Población inicial
<b>P<sub>f</sub></b>	Población final
<b>r</b>	Tasa de crecimiento poblacional
<b>n</b>	Período de diseño
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>Q<sub>SAN</sub></b>	Caudal sanitario
<b>Q<sub>DOM</sub></b>	Caudal domiciliario
<b>Q<sub>COM</sub></b>	Caudal comercial
<b>Q<sub>IND</sub></b>	Caudal industrial
<b>Q<sub>CI</sub></b>	Caudal por conexiones ilícitas
<b>Q<sub>INF</sub></b>	Caudal de infiltración
<b>P</b>	Población
<b>D</b>	Dotación de agua potable
<b>F.R.</b>	Factor de retorno
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud
<b>CEPIS</b>	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía superficial
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>A</b>	Área
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>f<sub>INF</sub></b>	Factor de infiltración
<b>LT</b>	Longitud de tubería
<b>f<sub>qm</sub></b>	Factor de caudal medio
<b>EMPAGUA</b>	Empresa Municipal de Agua

<b>DGOP</b>	Dirección General de Obras Públicas
<b>F.H.</b>	Factor de flujo instantáneo o de Harmond
<b>d</b>	Tirante de flujo
<b>D</b>	Diámetro de la tubería
<b>CIS</b>	Cota invert de salida
<b>CIE</b>	Cota invert de entrada
<b>ØS</b>	Diámetro tubería de salida
<b>ØE</b>	Diámetro tubería de entrada
<b>V</b>	Velocidad de flujo
<b>S</b>	Pendiente
<b>Q<sub>AR</sub></b>	Caudal de aguas residuales
<b>a</b>	Ancho
<b>h</b>	Altura
<b>L</b>	Longitud
<b>EIA</b>	Estudio de Impacto Ambiental
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos
<b>FICEM</b>	Federación Interamericana del Cemento
<b>SIECA</b>	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Pórtland (siglas en inglés)
<b>J</b>	Coefficiente de transmisión de cargas
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>k</b>	Módulo de reacción de la subrasante
<b>MR</b>	Módulo de rotura del concreto
<b>F<sub>sc</sub></b>	Factor de seguridad de carga
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

## GLOSARIO

<b>Alabeo</b>	Es la deformación cóncava de la superficie de la losa, debido a las variaciones en el contenido de humedad en el peralte de la losa.
<b>Alineamiento</b>	Es la proyección, en un plano horizontal o vertical, del eje de una carretera.
<b>Arcén</b>	Es el área adyacente a la calzada, que se diseña para conservación del pavimento, protección contra la humedad y para evitar posibles erosiones; se le conoce en nuestro medio como hombro.
<b>Berma</b>	Es un camino al pie de un talud, el cual se hace para favorecer a la conservación del talud, dar seguridad vial y colocar señalización vertical.
<b>Denudación</b>	Técnica para acabado superficial del pavimento rígido, que consiste en la extensión de un retardador de fraguado sobre el concreto fresco, que al ser removido mediante un tratamiento de agua a presión, deja al descubierto los agregados gruesos del concreto.
<b>Desfogue</b>	Punto de una carretera, en el cual descarga una cuneta, el agua que transporta, para sacarla del camino.
<b>Desportillado</b>	Es el deterioro de las losas de concreto, en cualquiera de sus extremos, quitándole parte del canto a la misma.

**Engravillado**

Técnica de acabado superficial del pavimento rígido, la cual consiste en distribuir sobre la superficie del concreto fresco, agregados poco pulimentables para dar un acabado de micro rugosidad al pavimento.

**Resalto hidráulico**

Es un fenómeno, que se caracteriza por un aumento súbito del tirante y una turbulencia disipadora de energía en un tramo corto. Ocurre en el paso brusco de un régimen rápido a uno lento.

**Zampeado**

Es la protección con roca, colocada con o sin mortero, construida con el objeto de proteger márgenes, taludes, estructuras de drenaje y para el control de la erosión.

## **RESUMEN**

En la actualidad, el municipio de Tiquisate cuenta con una variedad de servicios públicos diseñados y construidos, en su mayoría, en la década de los años 50; gracias a que diferentes compañías norteamericanas dedicadas a la agricultura, se instalaron en el municipio. Estos servicios, en su mayoría, han alcanzado los parámetros para los cuales han sido diseñados, convirtiéndose en proyectos obsoletos, a punto de colapsar. Tal es el caso del actual drenaje sanitario de la zona 4 de Tiquisate.

Además, en el municipio, existen diferentes aldeas y parcelamientos ubicadas alrededor del casco urbano, las cuales no cuentan con carreteras pavimentadas, como el parcelamiento Barriles. Esta situación, no permite el desarrollo de sus pobladores, debido a que el acceso al casco urbano y sus servicios, es de gran dificultad.

Con el desarrollo del presente trabajo de graduación, se busca el mejoramiento de las condiciones de vida de la población de Tiquisate, a través del diseño de dos proyectos básicos para el desarrollo del municipio, como lo son, el drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, y la pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, Tiquisate.

En este trabajo, se detallan los aspectos técnicos empleados para el diseño de estos proyectos, así como las especificaciones constructivas, de operación y mantenimiento, necesarias para obtener mejores resultados, al ejecutar los proyectos antes mencionados.

Para la realización de estos diseños, se utilizaron las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM, y el Método Simplificado para el diseño de espesores de pavimentos de concreto de la PCA.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el diseño del drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate y la pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, municipio de Tiquisate, Escuintla.

### **Específicos:**

1. Brindar una solución a los problemas sanitarios que enfrentan los habitantes de la zona 4 de Tiquisate, a través del diseño y posterior ejecución del nuevo drenaje sanitario.
2. Mejorar las condiciones de acceso de los habitantes del parcelamiento Barriles hacia el casco urbano del municipio de Tiquisate, con la ejecución de la pavimentación del tramo carretero que une ambas poblaciones.
3. Elaborar un manual de mantenimiento del sistema de drenaje sanitario y uno de mantenimiento del tramo carretero, que hagan posible un mejor funcionamiento de los proyectos, cuando ya se encuentren ejecutados.



## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la aplicación de la ingeniería civil se ha vuelto indispensable para el mejoramiento del nivel de vida de la población, y en el caso del municipio de Tiquisate, Escuintla, no es la excepción

Después de realizar un diagnóstico en diferentes áreas de éste municipio, tanto rurales como urbanas, se establecieron los proyectos cuya realización es prioritaria, tomando en cuenta aspectos económicos, sociales, culturales y sanitarios de la comunidad.

Dichos proyectos, consisten en el diseño del drenaje sanitario para la zona 4 y en la pavimentación del tramo que conduce de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, en el municipio de Tiquisate, Escuintla.

Con el diseño y posterior ejecución de estos proyectos, se busca brindar una solución factible a los problemas sanitarios y de transporte, los cuales afectan al municipio, permitiendo un mejoramiento en el nivel de vida de la población, no solo la directamente beneficiada, sino también del resto del municipio.

# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

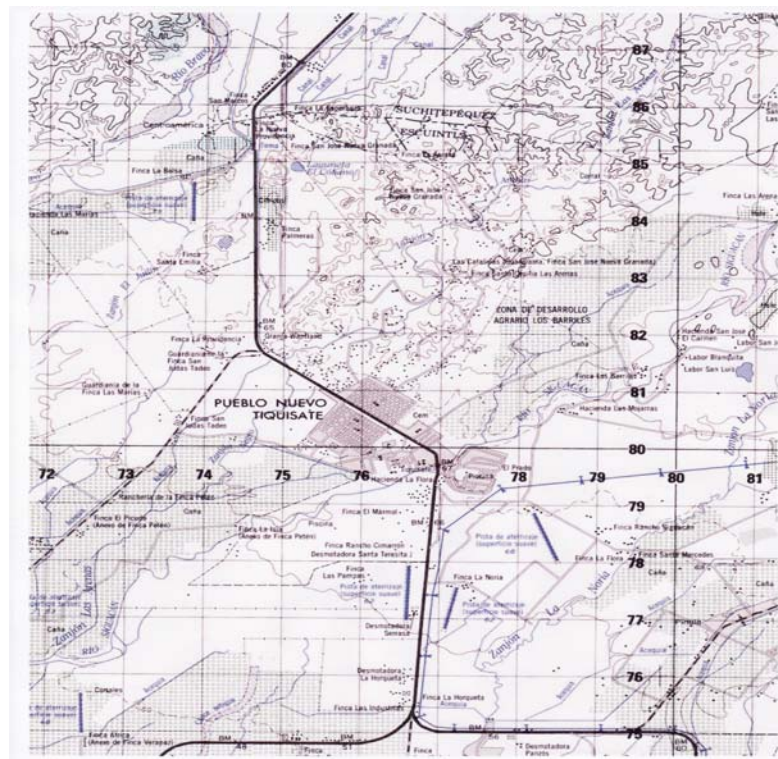
## 1.1 Monografía del municipio de Tiquisate, Escuintla

### 1.1.1 Generalidades

#### 1.1.1.1 Límites y localización

El municipio de Tiquisate se encuentra localizado a  $14^{\circ}17'30''$  latitud norte y a  $91^{\circ}22'00''$  longitud oeste, a 68 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Río Bravo, Suchitepéquez; al sur con el Océano Pacífico; al este con Nueva Concepción, Escuintla; y al oeste con Santo Domingo, Suchitepéquez.

**Figura 1. Ubicación del municipio de Tiquisate, Escuintla.**



#### **1.1.1.2 Vías de acceso**

Se puede llegar a Tiquisate, por la ruta internacional CA-02-Occidente-05, hasta el kilómetro 126, desviándose hacia la ruta departamental RD-ESC-27-01, encontrándose la entrada al municipio en el kilómetro 144. También se puede llegar sobre la misma ruta internacional, desviándose hacia la ruta nacional RN-11-06 en el kilómetro 113, atravesando la ruta nacional RN-11-07 y la ruta departamental RD-ESC-27-02, llegando a Tiquisate por la ruta RD-ESC-27-01.

#### **1.1.1.3 Topografía**

El territorio de este municipio es totalmente plano, aunque si existen pequeñas elevaciones de tierra consideradas como cerros, en lugares como las Parcelas Municipales, Finca Laurel, Finca Ixtepéque y Finca Concepción La Noria. También hay algunas pequeñas depresiones llamadas El Juilín, El Jute y La Mora.

#### **1.1.1.4 Aspectos climáticos**

Las estación meteorológica del INSIVUMEH, más cercana al municipio de Tiquisate, es la estación de Camantulul, ubicada en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Los datos brindados por esta estación meteorológica pueden ser tomados como válidos para el municipio de Tiquisate.

La temperatura máxima es de 32.2 °C, temperatura mínima es de 20.4 °C, con una temperatura media de 25.7 °C. La humedad relativa es del 79%, con una precipitación media anual de 5170mm. La velocidad media del viento es de 2.1 kilómetros por hora.

#### **1.1.1.5 Servicios Públicos**

El municipio de Tiquisate, cuenta con servicio de energía eléctrica, agua potable y drenajes, sobretodo en el casco urbano y en algunas aldeas.

Cuentan con escuelas e institutos públicos, iglesia católica y protestante, funcionan varias líneas de transportes, camionetas y autobuses con servicio diario, hacia la cabecera departamental, hacia la Ciudad Capital, hacia Suchitepéquez y Quetzaltenango.

En el sector salud, cuentan con el Hospital Nacional de Tiquisate y el Hospital del IGSS, los cuales prestan los servicios de Cirugía, Ginecología, Pediatría, Emergencias, Consulta Externa, Servicio Dental, Farmacia Estatal, Laboratorio, Rayos X y USG.

También existe el Centro de Salud de Tiquisate y pequeños Puestos de Salud en las aldeas Pinula, Las Trozas, Ticanlú, El Porvenir Barra Nahualate, Playa El Semillero, Huitzitzil, San Francisco Madre Vieja y en el Parcelamiento El Arisco.

Cuenta con servicio telefónico, tanto en líneas fijas como telefonía celular; servicio de correos y de telégrafos. También se puede encontrar el Juzgado de Paz, Cooperativas y Bancos del sistema.

#### **1.1.1.6 Actividades económicas**

La principal actividad económica, la generan los grandes productores del sector agroindustrial, con capitales obtenidos fuera de Tiquisate, los cuales se dedican a la producción de fruta como el mango, el plátano y el banano, todo para ser distribuido a México, Estados Unidos, Canadá, España y algunos otros países de Europa.

También se incluye la producción de caña de azúcar para proveer a los principales ingenios azucareros de la Costa Sur, así como el cultivo de la Palma Africana de la cual se extrae aceite vegetal.

La ganadería a gran escala se dedica a la cría de ganado bovino, principalmente a razas de carne de gran rendimiento. Los pequeños productores se dedican a comercializar sus productos agrícolas y de ganadería en el mercado local.

El municipio cuenta con diferentes lugares de atracción turística, principalmente las playas ubicadas sobre el Océano Pacífico, aprovechadas principalmente durante la Semana Santa, la Navidad y las celebraciones de fin de año.

#### **1.1.1.7 Población**

Según datos del XI Censo de Población y VI de Habitación del 2002, en Tiquisate son 44,983 habitantes, de los cuales el 50.10% son hombres y el 49.90% son mujeres; siendo el 3.70% de la población indígena y el 96.30% no indígena; y el 60% de la población es alfabeto y el 40% restante es analfabeto.

#### **1.1.2 Principales necesidades del municipio**

##### **1.1.2.1 Descripción de necesidades**

En el municipio de Tiquisate, existen diferentes sectores de la población, incluso en la zona urbana, que no cuentan con servicios públicos básicos, como drenajes sanitarios y pluviales, carreteras pavimentadas, centros educativos o centros de salud. La falta de este tipo de proyectos, limita al desarrollo físico y económico de la población, además de generar contaminación, enfermedades, dificultades de movilización y falta de educación.

A mediados del siglo pasado, se desarrolló una diversidad de proyectos para la satisfacción de las necesidades básicas de la población, gracias al establecimiento de compañías extranjeras dedicadas a la industria agrícola. Estos proyectos fueron concebidos de acuerdo a la población de la época y con la utilización de los materiales propios de la misma.

Como resultado del aumento de la población y de la degradación de los materiales, estos proyectos han alcanzado su período de vida útil, sobrepasando las condiciones de diseño. Esto hace necesario el diseño y construcción de nuevos proyectos, que permitan la satisfacción de las necesidades de la población.

### **1.1.2.2 Priorización de necesidades**

Debido al eminente colapso de la red de drenajes sanitarios de la zona 4 de Tiquisate, y al aumento de la población a servir en dicha zona, el diseño de un nuevo sistema de drenaje sanitario para esa área, es una de las necesidades prioritarias del municipio. La ejecución de este proyecto, reduciría focos de contaminación y enfermedades, y permitiría el desarrollo de proyectos de pavimentación posteriores en esta zona.

El parcelamiento Barriles, una de las principales aldeas del municipio, tiene como única vía de acceso, una carretera que se encuentra a nivel de terracería. Durante la época de invierno, el paso de vehículos en la misma se dificulta, ocasionando incomodidad y atrasos en el desarrollo de actividades económicas, sociales, de atención médica, recreación, etc. Además, la municipalidad invierte gran cantidad de dinero en el reacondicionamiento de este tramo carretero.

Con el diseño de una pavimentación en este tramo carretero y su posterior ejecución, se evitaría esta serie de problemas, permitiendo a la vez, un ahorro a la municipalidad, el cual podría utilizar en la ejecución de otros proyectos.





## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1 Diseño del drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, Escuintla.**

#### **2.1.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en implementar un nuevo sistema de drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, el cual beneficiará en la actualidad, a 655 habitantes, en 131 casas. El período de diseño será de 20 años y la tasa de crecimiento poblacional a emplear será del 3%. Con esto, se beneficiaran a 1,184 habitantes a futuro, pertenecientes a 180 casas.

El sistema tendrá una longitud de 2.14km, y se utilizará tubería PVC con un diámetro de 6" como mínimo, la cual, será instalada con una pendiente que permita mantener las velocidades mínima y máxima, que garanticen la autolimpieza y el buen funcionamiento de la misma.

Se construirán 37 pozos de visita y 180 conexiones domiciliarias a futuro, correspondientes al mismo número de casas. El sistema de tratamiento de las aguas negras, se hará a través de una batería integrada por tres fosas sépticas, las cuales tendrán sus respectivos pozos de absorción.

#### **2.1.2 Levantamiento topográfico**

Está constituido por los trabajos de planimetría y altimetría, a través de los cuales se obtienen los datos necesarios para el diseño del drenaje. Es importante que sea realizado con el equipo topográfico adecuado, referenciando las mediciones y haciendo observaciones que faciliten el replanteo al momento de la ejecución del proyecto.

Al momento de realizar el levantamiento topográfico, se deberá tomar en cuenta el área edificada y de desarrollo futuro, incluyendo la ubicación exacta de todas las calles, parques públicos, campos deportivos, y todas las estructuras naturales o artificiales que tengan relación con el proyecto.

#### **2.1.2.1 Planimetría**

Son mediciones topográficas, a través de las cuales se obtiene la representación gráfica de un terreno, proyectado en un plano horizontal. Se puede utilizar el método de conservación del azimut o el método de deflexiones. En este caso, se utilizó el método de conservación de azimut, ya que permite obtener la orientación de la línea central de forma directa en el campo.

#### **2.1.2.2 Altimetría**

Consiste en la realización de mediciones topográficas, a través de las cuales se obtiene la diferencia de nivel entre los diferentes puntos que pertenecen al proyecto, permitiendo la representación gráfica del perfil del terreno, generalmente se le conoce como nivelación.

Para el caso de drenajes, se debe efectuar sobre el eje de las calles, tomando elevaciones en los cruces de calles, en los puntos donde haya un cambio de pendiente significativo y en el área de descarga del flujo de aguas residuales. Para este caso, se utilizará el método de nivelación taquimétrica.

### **2.1.3 Diseño de la red**

#### **2.1.3.1 Período de diseño**

Es el tiempo en el que el sistema prestará un servicio eficiente, alcanzando los parámetros para los cuales fue diseñado, además, permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo.

Las características de la población, la vida útil de los materiales, las facilidades para futuras ampliaciones, los costos y las tasas de interés; son los principales factores que influyen en la determinación del mismo.

En proyectos de alcantarillado en el área rural se recomienda asumir períodos de diseño relativamente cortos, del orden de 20 años, considerando la construcción por etapas. De esta forma, el efecto de posibles errores en la estimación del crecimiento de la población, consumo de agua, número de conexiones y flujos, pueden reducirse al mínimo y pueden reajustarse.

Para el diseño del drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, tomando en cuenta las recomendaciones y los factores antes mencionados, el período de diseño será de 20 años.

### **2.1.3.2 Población de diseño**

Es la población que se contribuirá con caudales al sistema de drenaje sanitario al final del período de diseño. Tomando en cuenta que Tiquisate se encuentra en vías de desarrollo y con un crecimiento a ritmo exponencial, la población de diseño será calculada a través del método geométrico.

Para aplicar el método se debe conocer la población actual, la tasa de crecimiento poblacional y el período de diseño, que para este caso serán:

Densidad poblacional: 5 habitantes / casa

No. de casas: 131 casas

Población actual ( $P_0$ ): 5 hab. / casa x 131 casas = 655 habitantes

Tasa de crecimiento ( $r$ ): 3.00%, según INE

Período de diseño ( $n$ ): 20 años

La población de diseño ( $P_f$ ) se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_0 \times (1 + r)^n$$

$$P_f = 655 \times (1 + 0.03)^{20} = 1,184 \text{ habitantes}$$

Es importante la elección del método que más responda a las características de crecimiento de la población, ya que de esta forma, se evitará el diseño de sistemas poco eficientes para cubrir la demanda sanitaria, o de sistemas sobrediseñados que signifiquen mayor inversión sin mayor beneficio.

### 2.1.3.3 Dotación

Es la cantidad de agua asignada a una unidad de consumo por unidad de tiempo, expresándose para poblaciones en litros por habitante por día. Existen varios factores como los recursos hídricos de la región, el clima, el tamaño de la población, características económicas y culturales, costo, tipo de servicio, riego de jardines, presión, grado de industrialización, etcétera, que influyen en la demanda de agua.

En las poblaciones pequeñas la dotación de agua con frecuencia es baja, en especial si hay zonas de la misma que no cuentan con drenaje, además, las fluctuaciones en la demanda son mayores. Por lo general, en climas cálidos y secos, la demanda de agua es mayor. En las tablas I y II, se presentan algunos valores de dotación, los cuales pueden ser considerados según sea el caso.

**Tabla I. Dotación de agua según el área y tipo de conexión.**

Área servida	Dotación
Área Urbana	200 - 300 l / hab / día
Área rural conexión intradomiciliar	110 – 150 l / hab / día
Área rural conexión predial	60 – 110 l / hab / día
Área rural con llenacántaros	40 – 60 l / hab / día

Fuente: Programa medio ambiente y salud en el istmo centroamericano. **Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales.**  
Pág. 21

**Tabla II. Dotación de agua según el promedio de ingresos.**

Promedio de ingresos	Dotación
Alto	180 – 250 l / hab / día
Medio	120 – 180 l / hab / día
Bajo	80 - 120 l / hab / día

Fuente: Programa de agua y saneamiento. **Manual de diseño y construcción de sistemas condominiales de alcantarillado sanitario.** Pág. 38

Tomando en cuenta que el promedio de ingresos de la población perteneciente a la zona 4 de Tiquisate es medio, que el tipo de conexiones existentes en el área es intradomiciliar, se tomará una dotación de 150 litros/habitante/día.

#### **2.1.3.4 Factor de retorno**

Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada por la población, se conduce hacia los drenajes. La cantidad de aguas residuales generada por una comunidad es menor a la cantidad de agua potable que se le suministra, debido a que existen pérdidas a través del riego de jardines, bebida de animales, limpieza de viviendas, riego de calles sin pavimentación y otros usos externos.

Cuando las condiciones no permiten realizar un estudio que demuestre la cantidad exacta de agua residual que se conduce a la red, se toma un valor entre 0.70 y 0.95. Para este caso, tomando en cuenta los diferentes factores que influyen en la población, el factor de retorno que se empleará será 0.85.

#### **2.1.3.5 Caudal sanitario**

Este se encuentra integrado por el caudal domiciliar ( $Q_{DOM}$ ), el caudal comercial ( $Q_{COM}$ ), el caudal industrial ( $Q_{IND}$ ), el caudal por conexiones ilícitas ( $Q_{CI}$ ) y el caudal de infiltración ( $Q_{INF}$ ).

Por lo que el caudal sanitario será:

$$Q_{SAN} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{CI} + Q_{INF}$$

### 2.1.3.5.1 Caudal domiciliar

Es la cantidad de aguas residuales que resultan del uso del agua potable dentro de las viviendas, en actividades como la preparación de alimentos y bebidas, la higiene personal, riego de jardines, etcétera.

Para el cálculo del mismo se debe conocer la población actual y futura que utilizarán el sistema, la dotación de agua potable por habitante y el factor de retorno que se tomará en cuenta para dicha población. El cálculo se hará de la siguiente manera:

$$Q_{DOM} = \frac{P \times D \times F.R.}{86,400}$$

Donde:

$Q_{DOM}$  = caudal domiciliar en litros / segundo

P = número de habitantes

D = dotación en litros/habitante/día

F.R. = factor de retorno

Para este caso serán 1,184 habitantes con una dotación de 150 l/hab/día y un factor de retorno de 0.85, con lo cual el caudal domiciliar será:

$$Q_{DOM} = \frac{1184 \times 150 \times 0.85}{86,400} = 1.747 \text{ l/seg}$$

### 2.1.3.5.2 Caudal comercial

Es el caudal que proviene de las diferentes actividades comerciales que se desarrollan en el lugar. En la actualidad la dotación para los comercios, de acuerdo con su actividad, varía de 1,200 a 5,000 litros/comercio/día.

En este caso la única actividad que se realiza en el área a servir, a parte de las actividades propias de una vivienda, es la que llevan a cabo dos centros educativos, Escuela Nacional de Ciencias Comerciales y el Instituto Prevocacional “Leonidas Mencos Ávila”. Según información proporcionada a la municipalidad por las autoridades de dichos centros, incluyendo personal administrativo, maestros y alumnos de ambos; alrededor de 1600 personas por año se movilizan diariamente en sus instalaciones.

Según la OPS y el CEPIS se puede estimar una dotación entre 10 y 40 litros por alumno por día, sin incluir riego de jardines, piscinas, etcétera. Para este caso, tomando en cuenta las condiciones del municipio, se utilizará una dotación de 20 litros/alumno/día. El factor de retorno será de 0.95, tomando en cuenta que la dotación antes mencionada no incluye usos externos, solamente el lavado de utensilios, higiene personal y descarga de inodoro. El caudal comercial será entonces:

$$Q_{DOM} = \frac{1600 \times 20 \times 0.95}{86,400} = 0.352 \text{ l/seg}$$

### 2.1.3.5.3 Caudal industrial

Es el caudal proveniente de desechos industriales, derivado de las fábricas de productos alimenticios, licoreras, maquiladoras, textiles, productos enlatados y de vidrio, entre otras. Este caudal depende de la dotación y del tipo de industria, se determina entre 1,000 a 25,000 litros/industria/día. Para este caso, el caudal industrial será igual a cero por no existir ninguna industria en el área en la que se construirá el drenaje sanitario.



#### 2.1.3.5.4 Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal se origina en las viviendas que conectan la tubería de agua pluvial a la red de aguas residuales, existiendo diferentes criterios para su cálculo. Por estar relacionado con las aguas producto de lluvias, uno de los métodos que se utiliza es el método racional, el cual está dado por:

$$Q_{CI} = \frac{CIA \times 1000 \times \% \text{ casas}}{360}$$

Donde:

$Q_{CI}$  = caudal de conexiones ilícitas en litros / segundo

C = coeficiente de escorrentía, que varía según la superficie en la que corre el agua.

I = intensidad de lluvia en milímetros / hora

A = área que podría conectarse ilícitamente, en hectáreas.

% casas = es el porcentaje de viviendas que tienen conexiones ilícitas, puede variar entre el 0.5 y el 2.5%.

Según el INFOM, se puede estimar el valor de este caudal tomando un 10% del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas donde no existe alcantarillado pluvial se puede usar un valor mayor.

En este caso, por no contar con información exacta relacionada con el área de techos y patios por vivienda servida, el caudal por conexiones ilícitas será calculado utilizando el criterio del INFOM, tomando el 20% del caudal domiciliar, esto debido a que la intensidad de lluvia en Tiquisate es elevada y a que la zona 4 de este municipio no cuenta con drenaje pluvial. Con ésto, el caudal por conexiones ilícitas será:

$$Q_{CI} = 0.20 \times 1.747 = 1/\text{seg}$$

### 2.1.3.5.5 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etcétera.

Será determinado, considerando la altura del nivel freático respecto al fondo del colector, la permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual, las dimensiones, estado y tipo de alcantarillas, el cuidado en la construcción de cámaras de inspección, el material de la tubería y el tipo de unión.

El cálculo del caudal de infiltración se puede calcular en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetros de tubería instalada, incluyendo la longitud de las conexiones domiciliarias, asumiendo un promedio de seis metros por conexión, de la siguiente manera:

$$Q_{INF} = \frac{f_{INF} \times LT}{86,400}$$

Donde:

$Q_{INF}$  = caudal de infiltración en litros/segundo

$f_{INF}$  = factor de infiltración en litros/kilómetro/día, tomándose un valor entre 12,000 y 18,000, dependiendo de la región.

LT = longitud de la tubería instalada incluyendo conexiones domiciliarias en kilómetros

Para este caso el caudal de infiltración será cero, pues se utilizará tubería de PVC, en la cual la infiltración tiende a ser cero.

Conociendo el valor de los diferentes caudales, se puede realizar la integración del caudal sanitario, el cual será:

$$Q_{SAN} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{CI} + Q_{INF}$$

$$Q_{SAN} = 1.747 + 0.352 + 0 + 0.349 + 0 = 2.448 \text{ l/seg}$$

### 2.1.3.6 Factor de caudal medio

Este regula la aportación de caudal a la tubería, obteniéndose al dividir el caudal sanitario o medio entre la cantidad de habitantes a servir, siendo constante para el sistema y la población servida.

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

Donde:

$f_{qm}$  = factor de caudal medio en litros por segundo por habitante

$Q_{SAN}$  = caudal sanitario en litros por segundo

No. de hab. = población futura a servir.

Existen algunos valores típicos establecidos, con base en la experiencia, en normas creadas por algunas instituciones dedicadas al diseño y construcción de drenajes sanitarios. Según el INFOM, el factor de caudal medio es aproximadamente 0.0046; para EMPAGUA, es aproximadamente 0.003; y en el caso de la DGOP, el factor de caudal medio se encuentra entre 0.002 y 0.005, utilizándose el valor calculado para el sistema diseñado en caso de encontrarse entre estos límites, mientras que si esta fuera de estos, se empleará el valor del límite más cercano al mismo. Para este caso será:

$$f_{qm} = \frac{2.448}{1184} = 0.002 \text{ l/seg/hab}$$

Tomando en cuenta el criterio de la DGOP, para este sistema el factor de caudal medio será 0.002, ya que, este valor se encuentra en el rango utilizado para el diseño.

### 2.1.3.7 Factor de flujo instantáneo o de Harmond

Es un factor que considera la posibilidad de que el sistema de drenaje sanitario pueda ser empleado por toda la población de diseño al mismo tiempo, pudiendo variar entre 1.5 y 4.5. Se calcula para la población acumulada para cada tramo, tanto la actual como la futura. La forma de calcularlo es la siguiente:

$$F.H. = \frac{16 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

F.H. = factor de flujo instantáneo o de Harmond

P = población futura acumulada en miles

### 2.1.3.8 Caudal de diseño

Es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema de drenaje sanitario, también se le llama caudal máximo. La forma de calcularlo es la siguiente:

$$Q_{DIS} = P \times f_{qm} \times F.H.$$

Donde:

$Q_{DIS}$  = caudal de diseño en litros por segundo

P = número de habitantes acumulados en el tramo a diseñar

$f_{qm}$  = factor de caudal medio

F.H. = factor de flujo instantáneo o de Harmond

### **2.1.3.9 Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo de tubería que se utilizará en alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubería de PVC, con el fin de cumplir con los requerimientos de limpieza y flujo, evitando obstrucciones.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" para tubería de concreto y de 4" para tubería de PVC, la candela de registro será de un diámetro mínimo de 12".

### **2.1.3.10 Tirante de flujo**

El alcantarillado sanitario usualmente se calcula para transportar el caudal de diseño con un tirante de flujo del 75% del diámetro de la tubería, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión. Este criterio de diseño no especifica un valor de nivel de agua mínimo en la alcantarilla.

Por tanto, el diseño de redes de drenaje sanitario, considera mantener el nivel de agua en las alcantarillas de la siguiente forma:

$$\frac{d}{D} \leq 0.75$$

Donde d es el nivel del flujo que lleva la tubería y D es el diámetro de la misma.

### **2.1.3.11 Velocidades mínimas y máximas**

La determinación de la velocidad mínima del flujo, permite verificar la autolimpieza de las alcantarillas en las horas en las que el caudal de aguas residuales es mínimo, además, se busca evitar la sedimentación de sólidos en la red.

A su vez, la velocidad mínima de autolimpieza es fundamental para minimizar las pendientes de las redes colectoras, principalmente en áreas planas, haciendo posible economizar la excavación y reducir los costos. La acción erosiva sobre la tubería, es el factor más importante para la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales.

Cuando se emplea tubería de PVC, se debe utilizar pendientes que permitan una velocidad mínima de 0.4 m/s y una velocidad máxima 4 m/s.

#### **2.1.3.12 Pendientes**

El diseño usual del alcantarillado sanitario considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se lograra mantener la velocidad mínima, transportando el caudal máximo con un nivel por debajo del 75% del diámetro. Mientras que la pendiente máxima será calculada para la velocidad máxima permisible.

Las pendientes de tuberías deben seguir, hasta donde sea posible, la inclinación del terreno, y de ser posible, con pendientes menores, las cuales permitan mantener las condiciones de flujo mínimas, al igual que la profundidad de la tubería mínima; todo esto con el objeto de tener excavaciones mínimas.

Deben evitarse las disminuciones bruscas de la pendiente, las reducciones de la sección, y en general cualquier causa de disturbios del régimen que ocasionen remansos, resaltos hidráulicos, etc.

#### **2.1.3.13 Cotas invert**

Es la cota que determina la localización de la parte inferior de la tubería, siendo la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert, permita al menos, el recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Se debe tomar en cuenta para el cálculo de cotas invert, que la cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.

Para el calcular las cotas invert, se hará de la siguiente manera:

$$CIE = CT - H_{P1}$$
$$CIE = CIS1 - \frac{S\% \times D.H.}{100}$$

Donde:

CIS1 = cota invert de salida del pozo de visita número 1.

CT = cota del terreno en el punto donde se encuentra el pozo de visita.

H<sub>P1</sub> = altura del pozo de visita número 1.

CIE2 = cota invert de entrada al pozo de visita número 2.

S% = pendiente con la que se coloca la tubería.

D.H. = distancia horizontal en metros, entre los pozos de visita 1 y 2.

Además de utilizar estas ecuaciones en el cálculo de cotas invert, se deben considerar los siguientes aspectos:

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

$$CIS = CIE - 0.03$$

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará debajo de la cota invert de entrada, como mínimo, una distancia igual a la diferencia entre los diámetros.

$$CIS = CIE - (\emptyset S - \emptyset E)$$

- Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las que ingresan en él, la cota invert de salida estará a 3cm debajo de la cota más baja que entre.

$$CIS = CIE \text{ menor} - 0.03$$

- Cuando en un pozo de visita existan varias tuberías, la cota invert de salida será calculada, según los siguientes casos:

- Si las tuberías que ingresan son de igual diámetro y sale una de diferente diámetro, la cota invert de salida será la cota invert de entrada menor menos la diferencia de los diámetros.

$$CIS = CIE \text{ menor} - (\varnothing_S - \varnothing_E)$$

- Si ingresan varias tuberías de diferente diámetro y sale una de diámetro igual a una de las que entran, suponiendo que la tubería A es de igual diámetro a la tubería de salida, la cota invert de salida será la menor entre las siguientes:

$$CIS = CIE \varnothing_A - 0.03$$

$$CIS = CIE \varnothing_B - (\varnothing_S - \varnothing_B)$$

- Si ingresan varias tuberías de diferente diámetro y sale una de diámetro diferente a las que entran, la cota invert de salida será la menor entre las siguientes:

$$CIS = CIE \varnothing_A - (\varnothing_S - \varnothing_A)$$

$$CIS = CIE \varnothing_B - (\varnothing_S - \varnothing_B)$$



- Para el caso en que en un pozo de visita, además de que exista tubería de entrada y de salida, exista o existan tuberías iniciales, las cotas invert de salida de estas últimas deberán ser mayores a la cota invert de salida de la tubería de seguimiento, respetando las especificaciones anteriores.

#### **2.1.3.14 Pozos de visita**

Son obras accesorias de un sistema de drenaje sanitario, los cuales son construidos con el fin de proporcionar acceso al sistema para realizar trabajos de limpieza e inspección, construyéndose por lo general de mampostería o de concreto.

Según las Normas Generales para Diseño de Alcantarillado del INFOM, los pozos de visita deberán ser colocados:

- Donde hay cambio de diámetro en la tubería.
- Donde hay cambio de pendiente de la tubería.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores a 24”.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancia no mayor de 100 metros en línea recta, para diámetros menores a 24”.
- A distancia no mayor de 300 metros en línea recta, para diámetros mayores a 24”.
- A una distancia no mayor a 30 metros en las curvas de colectores visitables.
- En los puntos en los que se de un cambio de material de la tubería colectoras.

El ingreso es circular con un diámetro entre 0.60 y 0.75m, la tapadera descansa sobre un brocal, ambos construidos de concreto reforzado. En el fondo, se deberá diseñar un canal en dirección del flujo, y una pendiente del 25% entre el borde del canal y las paredes laterales de la cámara.

Se deberá proyectar caídas especiales cuando la descarga o altura de caída, con respecto al fondo del pozo, sea mayor de 1m. Para evitar la formación de remansos, el fondo del pozo deberá tener una pendiente similar a la pendiente mayor de los conductos que llegan a ella. Podrá ser construido totalmente de concreto o con el cuerpo de ladrillo apoyado sobre una base de concreto.

En el caso que el cuerpo sea de ladrillo, deberá repellarse con mortero interna y externamente para evitar la infiltración en ambos sentidos. El diámetro interno del pozo será 1.20m, para alcantarillas con diámetro menor o igual a 30", y para alcantarillas con diámetros mayores de 30", el diámetro interno deberá ser igual al diámetro de la tubería mayor que llegue al pozo más 0.60m. Además, deberá ser provisto en su interior, de peldaños con diámetro no menor de ¾", separados verticalmente 0.30m.

#### **2.1.3.15 Conexiones domiciliarias**

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central, constan de las siguientes partes:

##### **Caja o candela**

La conexión se realiza por medio de tubos de concreto colocados verticalmente, con un diámetro no menor de 12" y una altura mínima de 1m. Deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera de concreto para realizar inspecciones, el fondo tiene que ser fundido de concreto y se debe dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al colector central. Se deberá ubicar a una distancia entre 1,20 a 2,00m de la línea de propiedad, ya sea a izquierda o derecha.

## Tubería secundaria

Sirve para unir la conexión de la candela domiciliar con el colector central, dicha tubería debe tener un diámetro mínimo de 6" para tubería de concreto y de 4" para tubería PVC, debe tener una pendiente mínima del 2% y no mayor del 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo horizontal de 45° con la línea central de la tubería en dirección del flujo.

### **2.1.3.16 Profundidad mínima de tubería**

La profundidad mínima de la tubería, deberá ser la requerida para prever el drenaje de todas las áreas vecinas, sin que interfiera con otros servicios públicos existentes o proyectados, y que garantice que la descarga de los lotes se pueda realizar por gravedad.

Medida desde la superficie del terreno a la parte superior de la tubería, deberá ser por lo menos de 1.00m en zonas con tráfico normal, y por lo menos 1.20m en zonas de tráfico pesado.

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillas auxiliares, siendo la recomendada por el CEPIS, menor o igual a 5.00m.

## Ancho de zanja

El ancho de zanja mínimo está determinado por el espacio mínimo que necesita un operario para instalar la tubería. El fondo de las zanjas debe compactarse y nivelarse con material selecto para evitar que la tubería pueda sufrir algún daño.

En la siguiente tabla, se muestra el ancho libre de zanjas, según su profundidad y el diámetro de la tubería a instalar.

**Tabla III. Ancho libre de zanjas para tubería de PVC.**

Diámetro (plg)	Ancho de zanja (cm.) (según profundidad)						
	Hasta 1.30m	De 1.31 a 1.85m	De 1.86 a 2.35m	De 2.36 a 2.85m	De 2.86 a 3.85m	De 3.86 a 5.35m	De 5.36 a 6.35m
6	60	60	65	65	70	75	80
8	60	60	65	65	70	75	80
10		70	70	70	70	75	80
12		75	75	75	75	75	80
16		90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110
21		110	110	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135
30		155	155	155	155	155	155
36			175	175	175	175	175
42				190	190	190	190
48				210	210	210	210
60				245	245	245	245

Fuente: AMANCO-TUBOVINIL. Norma ASTM 3034, tuberías de PVC para alcantarillado sanitario. Pág. 14

### 2.1.3.17 Principios hidráulicos

A través del análisis y la investigación del funcionamiento de colectores de aguas residuales, se ha establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios que trabajan por gravedad, pueden ser determinadas mediante la ecuación de Manning, suponiendo que el flujo es permanente y uniforme.

El principio básico de un drenaje sanitario, es transportar las aguas negras a través de tuberías como si fuesen canales abiertos, funcionando por gravedad, con un flujo determinado por la pendiente y la rugosidad de la tubería.

Al utilizar tuberías cerradas subterráneas, la superficie del flujo se ve afectada solamente por la presión atmosférica, y eventualmente por presiones producidas por los gases que se forman por la descomposición de la materia transportada en la tubería.

Los sistemas de alcantarillado circular, trabajan comúnmente a sección parcialmente llena, ya que el caudal nunca es constante, provocando con ello una variación en el flujo, la cual hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

El dimensionamiento de la sección del conducto se hará con base en la fórmula de Manning, utilizando los valores de caudal (q), rugosidad (n) y pendientes (s) escogidas.

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

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = radio hidráulico (m)

s = pendiente (m/m)

Para el cálculo de la velocidad y el caudal en tuberías con sección llena, el radio hidráulico será:

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

Donde:

R = radio hidráulico (m)

D = diámetro de la tubería (m)

Al sustituir el valor del radio hidráulico en la ecuación de Manning, ésta queda de la siguiente manera:

$$V = \frac{0.397 D^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro de la tubería (m)

s = pendiente (m/m)

Ya que en nuestro medio se maneja el diámetro de tuberías en pulgadas, se puede simplificar la ecuación de Manning de la siguiente manera:

$$V = \frac{0.03429 D^{2/3} s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = coeficiente de rugosidad (adimensional)

D = diámetro de la tubería (plg)

s = pendiente (m/m)

A través de los resultados obtenidos con la relación de los términos a sección llena y los de la sección parcial, se construyó un gráfico y una serie de tablas, con las cuales se obtiene la velocidad y el tirante del flujo transportado en la tubería. En la tabla IV, se presenta una serie de relaciones hidráulicas, establecidas en base a estos resultados.

**Tabla IV. Relaciones hidráulicas.**

q/Q	d/D	v/V	a/A
0.007595	0.062	0.295356	0.02572
0.007858	0.103	0.298427	0.02633
0.011058	0.074	0.331034	0.03341
0.011377	0.075	0.3339	0.03407
0.013742	0.112	0.353551	0.03887
0.014098	0.083	0.356302	0.03957
0.02001	0.098	0.396055	0.05052
0.020441	0.099	0.398611	0.05128
0.020878	0.100	0.401157	0.05204
0.021319	0.101	0.403692	0.05281
0.025015	0.109	0.423599	0.05905
0.025498	0.11	0.426042	0.05985
0.029531	0.118	0.445252	0.06632
0.030056	0.119	0.447612	0.06715
0.034422	0.127	0.466185	0.07384
0.034988	0.128	0.46847	0.07469
0.035559	0.129	0.470746	0.07554
0.036135	0.13	0.473014	0.07639
0.036715	0.131	0.475274	0.07725
0.0373	0.132	0.477526	0.07811
0.041523	0.139	0.493076	0.08421
0.042145	0.14	0.495268	0.0851
0.044036	0.143	0.501799	0.08776
0.044676	0.144	0.503961	0.08865
0.04532	0.145	0.506117	0.08955
0.048609	0.15	0.51679	0.09406
0.049281	0.151	0.518904	0.09497
0.051322	0.154	0.525206	0.09772
0.052011	0.155	0.527293	0.09864
0.052705	0.156	0.529374	0.09956
0.053403	0.157	0.531449	0.10049
0.058415	0.164	0.545792	0.10703
0.059149	0.165	0.547816	0.10797
0.061377	0.168	0.553851	0.11082
0.062128	0.169	0.555851	0.11177
0.065951	0.174	0.565762	0.11657
0.066729	0.175	0.567726	0.11754
0.072295	0.182	0.58132	0.12436
0.073107	0.183	0.58324	0.12535
0.073924	0.184	0.585154	0.12633
0.074745	0.185	0.587063	0.12732
0.078072	0.189	0.594644	0.13129
0.078914	0.19	0.596526	0.13229
0.086687	0.199	0.61323	0.14136

**Continuación Tabla IV. Relaciones hidráulicas.**

<b>q/Q</b>	<b>d/D</b>	<b>v/V</b>	<b>a/A</b>
0.087571	0.2	0.61506	0.142377
0.091152	0.204	0.62238	0.146468
0.103245	0.217	0.645503	0.159963
0.104204	0.218	0.647275	0.161013
0.12736	0.241	0.686065	0.185638
0.128413	0.242	0.687704	0.186728
0.129471	0.243	0.689343	0.187819
0.130533	0.244	0.690982	0.188912
0.131598	0.245	0.692621	0.190006
0.132667	0.246	0.69426	0.191102
0.204758	0.307	0.785965	0.260427
0.215154	0.315	0.797023	0.269715
0.216468	0.316	0.798394	0.270876
0.227091	0.324	0.809195	0.280164
0.228433	0.325	0.810529	0.281325
0.281581	0.363	0.859053	0.327714
0.283034	0.364	0.860266	0.328929
0.324732	0.392	0.893186	0.362949
0.326256	0.393	0.894325	0.364164
0.335448	0.399	0.901057	0.371454
0.336988	0.4	0.90217	0.37353
0.34472	0.405	0.907735	0.37977
0.346272	0.406	0.908848	0.381018
0.355634	0.412	0.915317	0.388506
0.357201	0.413	0.916397	0.389754
0.363492	0.417	0.920717	0.394746
0.365069	0.418	0.921797	0.395994
0.372986	0.423	0.927021	0.402234
0.374576	0.424	0.928071	0.403482
0.393792	0.436	0.940425	0.418458
0.395405	0.437	0.941446	0.419706
0.486449	0.492	0.99312	0.488346
0.488139	0.493	0.993982	0.489594
0.559868	0.535	1.028156	0.544555
0.561589	0.536	1.028918	0.545828
0.578814	0.546	1.036381	0.558558
0.580538	0.547	1.037118	0.559831
0.596062	0.556	1.043606	0.571288
0.597787	0.557	1.04432	0.572561
0.628843	0.575	1.056621	0.595475
0.678691	0.604	1.074776	0.631668
0.680401	0.605	1.075361	0.632985



Para el uso de estas tablas, se deberán determinar los valores de velocidad y caudal a sección llena por medio de la ecuación de Manning, se procederá a obtener la relación caudal de diseño entre caudal de sección llena ( $q/Q$ ), el resultado obtenido se busca en la tabla, si el valor exacto no se encuentra, se debe buscar el que más se aproxime.

Con este valor, se obtiene la relación  $v/V$ , el cual se multiplica por la velocidad a sección llena para obtener la velocidad correspondiente a las condiciones de diseño, la cual deberá encontrarse en el rango de valores permitidos. Con la relación  $q/Q$ , también se obtiene la relación tirante entre diámetro de la tubería ( $d/D$ ), la cual deberá estar por debajo del valor máximo permitido.

### **2.1.3.18 Ejemplo de tramo**

Análisis del tramo del PV-4 a PV-5

Cota del terreno inicial: 100.49m

Cota del terreno final: 100.16m

Longitud del tramo: 50.00m

Pendiente del terreno: 0.65%

Población acumulada actual: 60 habitantes

Población acumulada futura: 109 habitantes

Factor de caudal medio: 0.002

$D = 6''$

$S = 0.65\%$

$n = 0.01$

Velocidad y caudal a sección llena

$$V = \frac{0.03429 D^{2/3} s^{1/3}}{n} = \frac{0.03429 \times 6^{2/3} \times 0.0069^{1/3}}{0.01} = 0.913 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{V \times \pi \times D^2 \times 0.0234^2 \times 1000}{4} = \frac{0.913 \times \pi \times 6^2 \times 0.0234^2 \times 1000}{4} = 16.651 \text{ l/s}$$

Análisis para condiciones actuales

P= 60 habitantes

$$F.H. = \frac{13 + \sqrt{60}}{4 + \sqrt{60}} = 4.298$$

fqm= 0.002, constante para todo el sistema

q= Q<sub>DIS</sub>= No. de hab. x fqm x F.H. = 60 x 0.002 x 4.298 = 0.516 l/seg.

q/Q<sub>SECC. LLENA</sub> = 0.516/16.651= 0.031

De la tabla de relaciones hidráulicas, tabla IV, se obtiene para este valor de q/Q, los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} \leq 0.45$$

$$\frac{d}{D} \leq 0.12$$

Del valor de v/V, se obtiene que la velocidad para este tramo, bajo las condiciones actuales será 0.41 m/s, el cual se encuentra dentro del rango de velocidades permitido. Además, el valor de d/D, se encuentra por debajo del valor máximo permitido.

Análisis para condiciones futuras

P= 109 habitantes

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{109}}{4 + \sqrt{109}} = 4.233$$

f<sub>qm</sub>= 0.002, constante para todo el sistema

$$q = Q_{DIS} = \text{No. de hab.} \times f_{qm} \times F.H. = 109 \times 0.002 \times 4.233 = 0.923 \text{ l/seg.}$$

$$q/Q_{SECC. LLENA} = 0.923/16.651 = 0.0554$$

De la tabla de relaciones hidráulicas, tabla IV, se obtiene para este valor de q/Q, los siguientes valores:

$$\frac{v}{V} \leq 0.5356$$

$$\frac{d}{D} \leq 0.16$$

Del valor de v/V, se obtiene que la velocidad para este tramo, bajo las condiciones actuales será 0.49 m/s, el cual se encuentra dentro del rango de velocidades permitido. Además, el valor de d/D se encuentra por debajo del valor máximo permitido.

Para las condiciones actuales del tramo, estos valores permiten establecer que el tramo se encuentra bien diseñado de esa forma.

Las cotas invert para este tramo serán:

$$CIS4 = CIE4 - 0.03$$

$$CIS4 = 97.38 - 0.03 = 97.35 \text{ m}$$

$$CIE5 = CIS4 - \frac{S_{0,4-5} \times D_{H,4-5}}{100}$$

$$CIE5 = 97.35 - \frac{0.65 \times 50.00}{100} = 97.02 \text{ m}$$

Para establecer la altura que tendrá el pozo, se deberá restar a la cota del terreno de la ubicación del pozo, menos la cota invert mas baja que sale del pozo. Para este caso, las alturas de los pozos de visita serán las siguientes:

$$H_{P_{V1}} = 100.49 - 97.35 = 3.14m$$

$$H_{P_{V2}} = 100.16 - 97.02 - 0.03 = 3.17m$$

A continuación, se establece la excavación que será necesaria para la construcción de este tramo. Para ello, se debe establecer el ancho de la zanja, de acuerdo al diámetro de la tubería.

En este caso, se utilizará tubería PVC con un diámetro de 6", por lo que el ancho de zanja necesario para su colocación, de acuerdo con lo establecido en la tabla III, para este diámetro y para la profundidad de la tubería, la zanja deberá tener 0.70m de ancho. Con este dato, se procede a calcular el volumen de excavación de la siguiente manera:

$$V = \frac{(H_{P_{V1}} + H_{P_{V2}}) \times D \times H_{z-2}}{2} = \frac{(3.14 + 3.17) \times 50}{2} = 110.04 m^3$$

2.1.3.19 Diseño hidráulico del drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, Escuintla

Tabla V. Diseño hidráulico.

POZO De	A	COTAS		D.H. (m)	Pen. T (%)	Casas		Población		f <sub>qm</sub>	Qmed (l/s)		F.H.		Q diseño (l/s)		D (plg)	S tub. (%)	L real (m)	Área tubo	Sección llena		Relaciones actuales			Relaciones futuras			Vel. (m/s)		Cotas Invert		H de pozo		Exc. (m²)
		Inicio	Final			Loc.	Acum.	Act.	Fut.		Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.					V(m/s)	Q(l/s)	q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D	Act.	Fut.	Inicio	Final	Inicial	Final	
1	2	100.51	100.58	50.00	-0.13	2	2	10	19	0.002	0.020	0.038	4.415	4.383	0.088	0.167	6	1.60	50.80	0.0182	1.432	26.125	0.0034	0.2293	0.04	0.0064	0.2797	0.06	0.33	0.40	99.16	98.36	1.35	2.22	57.95
2	3	100.58	100.53	50.00	0.09	3	5	25	46	0.002	0.050	0.092	4.367	4.322	0.218	0.398	6	1.10	50.55	0.0182	1.187	21.662	0.0101	0.3194	0.07	0.0184	0.3857	0.09	0.38	0.46	98.33	97.78	2.25	2.75	81.18
3	4	100.53	100.49	50.00	0.08	3	8	40	73	0.002	0.080	0.146	4.333	4.279	0.347	0.625	6	0.75	50.38	0.0182	0.981	17.887	0.0194	0.3909	0.10	0.0349	0.4662	0.13	0.38	0.46	97.75	97.38	2.78	3.11	95.79
4	5	100.49	100.16	50.00	0.65	4	12	60	109	0.002	0.120	0.218	4.298	4.233	0.516	0.923	6	0.65	50.33	0.0182	0.913	16.651	0.0310	0.4500	0.12	0.0554	0.5356	0.16	0.41	0.49	97.35	97.02	3.14	3.14	102.18
5	6	100.16	100.00	25.00	0.65	3	15	75	136	0.002	0.150	0.272	4.276	4.205	0.641	1.144	6	0.65	25.16	0.0182	0.913	16.651	0.0385	0.4820	0.13	0.0687	0.5716	0.18	0.44	0.52	96.99	96.83	3.17	3.17	51.56
6	7	100.00	99.85	50.00	0.30	4	19	95	172	0.002	0.190	0.344	4.250	4.171	0.807	1.435	6	0.35	50.18	0.0182	0.670	12.219	0.0661	0.5658	0.17	0.1174	0.6694	0.23	0.38	0.45	96.80	96.62	3.20	3.23	104.49
7	8	99.85	99.68	46.00	0.37	4	43	215	389	0.002	0.430	0.778	4.136	4.028	1.779	3.134	6	0.37	46.17	0.0182	0.689	12.563	0.1416	0.7071	0.25	0.2494	0.8302	0.34	0.49	0.57	96.59	96.42	3.26	3.26	97.40
8	9	99.68	99.88	40.00	-0.49	3	67	335	606	0.002	0.670	1.212	4.058	3.930	2.719	4.763	6	0.20	40.08	0.0182	0.506	9.237	0.2943	0.8687	0.37	0.5157	1.0076	0.51	0.44	0.51	96.39	96.31	3.29	3.57	89.09
9	10	99.88	99.70	42.14	0.43	4	71	355	642	0.002	0.710	1.284	4.046	3.916	2.873	5.028	6	0.43	42.32	0.0182	0.742	13.543	0.2121	0.7915	0.31	0.3713	0.9249	0.42	0.59	0.69	96.28	96.10	3.60	3.60	98.50
10	11	99.70	99.22	53.00	0.90	5	92	460	831	0.002	0.920	1.662	3.993	3.850	3.673	6.399	6	0.90	53.48	0.0182	1.074	19.594	0.1875	0.7661	0.29	0.3266	0.8943	0.39	0.82	0.96	96.07	95.59	3.63	3.63	124.98
11	12	99.22	99.06	27.00	0.59	3	109	545	985	0.002	1.090	1.970	3.955	3.804	4.311	7.494	6	0.59	27.16	0.0182	0.870	15.864	0.2717	0.8504	0.36	0.4724	0.9852	0.48	0.74	0.86	95.56	95.40	3.66	3.66	64.21
12	13	99.06	98.92	50.00	0.29	3	112	560	1012	0.002	1.120	2.024	3.948	3.797	4.422	7.684	6	0.40	50.20	0.0182	0.716	13.062	0.3385	0.9033	0.40	0.5883	1.0400	0.55	0.65	0.74	95.37	95.17	3.69	3.75	120.79
13	14	98.92	98.80	50.00	0.24	2	114	570	1030	0.002	1.140	2.060	3.944	3.792	4.496	7.811	6	0.40	50.20	0.0182	0.716	13.062	0.3442	0.9066	0.40	0.5980	1.0443	0.56	0.65	0.75	95.14	94.94	3.78	3.85	123.96
14	15	98.80	98.50	50.00	0.59	3	117	585	1057	0.002	1.170	2.114	3.938	3.784	4.608	8.000	6	0.59	50.30	0.0182	0.870	15.864	0.2904	0.8663	0.37	0.5043	1.0017	0.50	0.75	0.87	94.91	94.62	3.88	3.88	126.20
15	16	98.50	98.21	49.71	0.59	2	119	595	1075	0.002	1.190	2.150	3.934	3.780	4.682	8.126	6	0.59	50.00	0.0182	0.870	15.864	0.2951	0.8699	0.37	0.5122	1.0059	0.51	0.76	0.87	94.59	94.30	3.91	3.91	126.41
16	17	98.21	98.15	10.21	0.57	0	131	655	1184	0.002	1.310	2.368	3.911	3.752	5.123	8.884	6	0.57	10.27	0.0182	0.855	15.593	0.3286	0.8955	0.39	0.5697	1.0320	0.54	0.77	0.88	94.27	94.21	3.94	3.94	26.17
1	18	100.51	100.38	53.22	0.24	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	0.80	53.65	0.0182	1.013	18.473	0.0071	0.2892	0.06	0.0132	0.3480	0.10	0.29	0.35	99.16	98.73	1.35	1.65	51.82
18	19	100.38	100.23	62.00	0.24	5	8	40	73	0.002	0.080	0.146	4.333	4.279	0.347	0.625	6	0.50	62.31	0.0182	0.801	14.604	0.0237	0.4162	0.11	0.0428	0.4975	0.14	0.33	0.40	98.70	98.39	1.68	1.84	70.76
19	20	100.23	100.21	50.00	0.04	4	12	60	109	0.002	0.120	0.218	4.298	4.233	0.516	0.923	6	0.40	50.20	0.0182	0.716	13.062	0.0395	0.4842	0.14	0.0706	0.5755	0.18	0.35	0.41	98.36	98.16	1.87	2.05	63.56
20	21	100.21	99.88	50.00	0.65	4	16	80	145	0.002	0.160	0.290	4.269	4.196	0.683	1.217	6	0.65	50.33	0.0182	0.913	16.651	0.0410	0.4909	0.14	0.0731	0.5813	0.18	0.45	0.53	98.13	97.81	2.08	2.07	67.43
21	7	99.88	99.85	50.00	0.07	4	20	100	181	0.002	0.200	0.362	4.244	4.164	0.849	1.507	6	0.25	50.13	0.0182	0.566	10.327	0.0822	0.6021	0.19	0.1460	0.7135	0.26	0.34	0.40	97.78	97.65	2.10	2.20	69.87
18	23	100.38	100.17	58.90	0.36	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	0.85	59.40	0.0182	1.044	19.042	0.0069	0.2860	0.06	0.0128	0.3452	0.10	0.30	0.36	99.03	98.53	1.35	1.64	57.21
23	24	100.17	99.97	65.00	0.31	5	11	55	100	0.002	0.110	0.200	4.306	4.244	0.474	0.849	6	0.40	65.26	0.0182	0.716	13.062	0.0363	0.4730	0.13	0.0650	0.5618	0.17	0.34	0.40	98.50	98.24	1.67	1.73	71.77
24	25	99.97	100.23	70.00	-0.37	5	16	80	145	0.002	0.160	0.290	4.269	4.196	0.683	1.217	6	0.30	70.21	0.0182	0.620	11.312	0.0604	0.5498	0.17	0.1076	0.6524	0.22	0.34	0.40	98.21	98.00	1.76	2.23	90.71
25	8	100.23	99.68	70.00	0.78	5	21	105	190	0.002	0.210	0.380	4.238	4.156	0.890	1.579	6	0.78	70.55	0.0182	1.000	18.241	0.0488	0.5168	0.15	0.0866	0.6114	0.20	0.52	0.61	97.97	97.42	2.26	2.26	102.72
22	23	100.67	100.17	65.00	0.77	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	0.80	65.52	0.0182	1.013	18.473	0.0071	0.2892	0.06	0.0132	0.3480	0.10	0.29	0.35	99.32	98.80	1.35	1.37	57.46
23	27	100.17	100.00	48.70	0.34	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	1.00	49.19	0.0182	1.132	20.654	0.0064	0.2797	0.06	0.0118	0.3365	0.10	0.32	0.38	98.82	98.33	1.35	1.67	47.83
27	28	100.00	99.53	70.00	0.67	5	11	55	100	0.002	0.110	0.200	4.306	4.244	0.474	0.849	6	0.67	70.47	0.0182	0.927	16.906	0.0280	0.4381	0.12	0.0502	0.5201	0.15	0.41	0.48	98.30	97.83	1.70	1.70	77.42
28	10	99.53	99.70	70.00	-0.24	5	16	80	145	0.002	0.160	0.290	4.269	4.196	0.683	1.217	6	0.30	70.21	0.0182	0.620	11.312	0.0604	0.5498	0.17	0.1076	0.6524	0.22	0.34	0.40	97.80	97.59	1.73	2.11	87.29
26	27	100.44	100.00	65.00	0.67	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	1.00	65.65	0.0182	1.132	20.654	0.0064	0.2797	0.06	0.0118	0.3365	0.10	0.32	0.38	99.09	98.44	1.35	1.56	61.56
27	30	100.00	99.66	52.00	0.65	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	0.90	52.47	0.0182	1.074	19.594	0.0067	0.2829	0.06	0.0125	0.3424	0.10	0.30	0.37	98.65	98.19	1.35	1.48	47.79
30	31	99.66	99.45	65.00	0.32	4	10	50	91	0.002	0.100	0.182	4.315	4.255	0.431	0.774	6	0.45	65.29	0.0182	0.760	13.855	0.0311	0.4523	0.12	0.0559	0.5376	0.16	0.34	0.41	98.16	97.86	1.51	1.59	65.46
31	11	99.45	99.22	70.00	0.33	4	14	70	127	0.002	0.140	0.254	4.283	4.214	0.600	1.070	6	0.40	70.28	0.0182	0.716	13.062	0.0459	0.5061	0.15	0.0819	0.6021	0.19	0.36	0.43	97.83	97.55	1.62	1.67	74.87
29	30	99.87	99.66	65.00	0.32	3	3	15	28	0.002	0.030	0.056	4.396	4.359	0.132	0.244	6	1.00	65.65	0.0182	1.132	20.654	0.0064	0.2797	0.06	0.0118	0.3365	0.10	0.32	0.38	98.52	97.87	1.35	1.79	66.33
30	32	99.66	99.41	50.00	0.50	2	2	10	19	0.002	0.020	0.038	4.41																						

### **2.1.3.20 Descarga**

Por no existir ningún área cercana al Río Siguacán para la construcción de una planta de tratamiento que desfogue a dicho río, la descarga se realizará en un terreno ubicado dentro de la misma zona 4 de Tiquisate, el cual será acondicionado para la construcción de un sistema de fosas sépticas con pozos de absorción para el tratamiento.

Es importante tomar en cuenta que dicho terreno, permite mantener una distancia suficiente para evitar cualquier problema con las casas beneficiadas con la construcción del drenaje.

### **2.1.4 Propuesta de tratamiento de aguas residuales**

Para que un sistema de tratamiento de aguas residuales funcione adecuadamente, debe contar con suficiente espacio para su ubicación. Además, se debe establecer que tipo de energía requiere para su funcionamiento, y si contará con algún equipo mecánico, que se encuentre sujeto a ciertos servicios de mantenimiento.

#### Selección del tipo de tratamiento

El propósito del tratamiento de aguas negras, previo a su eliminación por dilución, consiste en separar los sólidos orgánicos e inorgánicos y mejorar la calidad de agua del efluente. Los factores a tomar en cuenta para la selección del tratamiento son:

Eficiencia: el tipo de tratamiento seleccionado, debe tener una eficiencia adecuada y un alto porcentaje de rendimiento, para obtener un efluente de buena calidad. Una fosa séptica bien proyectada, construida y operada de buena forma, puede reducir hasta un 60 % los sólidos en suspensión y en un 50% la DBO.

Costo: debe adecuarse a las posibilidades de la municipalidad, tomando en cuenta la construcción, operación y mantenimiento de la misma.

Caudal: es necesario conocer las características y volúmenes de agua que se va a someter al sistema de tratamiento, para hacer la elección del más adecuado.

Topografía: debe considerarse el área del terreno que se disponga para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales, cuanto más se adapte a la topografía del lugar, más económico será el proceso de tratamiento.

Tomando en cuenta estos factores, se considera que el tratamiento adecuado para el drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate, es la fosa séptica con pozos de absorción, por ser una solución bastante económica y de buenos resultados, además de adaptarse a las condiciones del terreno disponible para su construcción.

#### Fosa séptica

La fosa séptica es un depósito en donde el material sedimentable que contienen las aguas residuales se decanta, produciendo un líquido libre de sedimentos, el cual puede infiltrarse con facilidad en el subsuelo. Su función principal es proteger y conservar la capacidad de absorción del subsuelo, facilitando la disposición adecuada de las aguas residuales domésticas.

A medida que las aguas residuales entran en la fosa séptica, su velocidad de flujo se reduce de tal modo que, los sólidos mayores se hunden en el fondo o suben a la superficie. Estos sólidos se retienen en el depósito y el efluente clarificado es descargado. El material sedimentado se descompone bajo condiciones anaeróbicas, por acción de los microorganismos presentes en las aguas residuales, disminuyendo su volumen original y la fracción orgánica, dando como resultado, un aumento en el contenido de sólidos totales.

Además, producto de la descomposición de la materia y la mezcla de grasa, aceite, materiales menos densos y sólidos, llevados a la superficie a través del gas liberado de los lodos, se forma una capa de espuma o natas.

A través del tratamiento, las natas y los lodos serán digeridos y compactados a un menor volumen. Sin embargo, por muy eficiente que sea el proceso, siempre permanecerá un residuo sólido de materia inerte, ya sea en lodos o natas, que deberá extraerse durante el proceso de limpieza de la fosa séptica.

#### Operación y control del tanque séptico

Antes de poner en funcionamiento el tanque séptico, este debe ser llenado con agua y si fuera posible, inoculado con lodo proveniente de otro tanque séptico, a fin de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos.

La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación, depende en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida, y la frecuencia de extracción de lodos.

El líquido contenido en la fosa séptica experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción de los agentes patógenos, por lo que son una fuente potencial de infección, que no debe usarse para regar cultivos ni descargarse en canales o aguas superficiales sin permiso de autoridades sanitarias.



## Inspección y evaluación

La fosa séptica debe inspeccionarse por lo menos dos veces al año, en períodos no mayores de seis meses. Se debe limpiar antes que se acumule demasiada cantidad de lodos y natas, porque podrían ser arrastrados a través del dispositivo de salida, dificultando la infiltración, haciendo necesario, construir un nuevo pozo de absorción.

Si se observa turbiedad en el efluente con cierta presencia de partículas de sólidos sedimentables, es un síntoma que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y se está afectando severamente el sistema de infiltración.

De existir varios pozos de absorción, la caja de distribución, deberá ser inspeccionada cada tres o seis meses para observar la presencia de sedimentos que pudieran afectar la distribución del agua residual hacia los pozos. En caso de verificarse una mala distribución de agua por la presencia de sólidos, se deberá proceder a su limpieza.

## Limpieza de la fosa séptica

La limpieza inicial o el intervalo entre dos limpiezas consecutivas, dependen de la intensidad de uso de la fosa, por lo que cuanto mayor es el uso, menor será el intervalo entre limpiezas, siendo recomendable limpiarla una vez al año, a fin de dejar que los microorganismos anaeróbicos, puedan establecerse totalmente en el proceso de tratamiento.

Durante la limpieza de la fosa, por ningún motivo se debe ingresar a la misma hasta que se haya ventilado adecuadamente y eliminado todos los gases. Una vez retirado el lodo, la fosa no debe ser lavada o desinfectada, es preferible dejar una pequeña cantidad de lodo como inóculo para facilitar el proceso de hidrólisis de las nuevas aguas residuales que han de ser tratadas.

### 2.1.4.1 Diseño de fosa séptica

Características del sistema de drenaje a tomar en cuenta:

Dotación: 150 l/hab/día

Factor de retorno: 0.85

Población: 1,184 habitantes

Existen tres formas de calcular el volumen de la fosa séptica de acuerdo al caudal de aguas residuales ( $Q_{AR}$ ) que estará tratando, estos son:

Para  $Q_{AR}$  hasta 1,890 l/día, el volumen mínimo de la fosa será:

Vol. = 2,840 litros

Para  $Q_{AR}$  entre 1,890 y 5,680 l/día, el volumen de la fosa será:

Vol. = 1.5  $Q_{AR}$  litros

Para  $Q_{AR}$  entre 5,680 y 54,882 l/día, el volumen de la fosa será:

Vol. = 4,260 + 0.75  $Q_{AR}$  litros

Para este caso, el caudal de aguas residuales es:

$$Q_{AR} = 150 \times 1,184 \times 0.85 = 150,960 \text{ l/día}$$

Ya que este valor excede cualquiera de los valores presentados con anterioridad, se propone la construcción de una batería de tres fosas sépticas, con sus respectivos pozos de absorción. Con ello, el  $Q_{AR}$  para cada fosa será:

$$Q_{AR} = \frac{150,960}{3} = 50,320 \text{ l/día}$$

Por esta razón, el criterio utilizado para el cálculo del volumen de dichas fosas será el tercero, con lo cual, el volumen de cada fosa será:

$$\text{Vol} = 4260 + 0.75 Q_{\text{AK}}$$

$$\text{Vol} = 4260 + 0.75 (50320) = 42,000 \text{ l} = 42.00 \text{ m}^3$$

A continuación, se procede al dimensionamiento de la fosa séptica, para lo cual se utilizarán algunas especificaciones sencillas, las cuales se presentan a continuación:

$$L = (2 - 2.5)a$$

$$1.20\text{m} \leq h \leq 1.50\text{m}$$

$$\text{Vol.} = \text{Longitud} \times \text{ancho} \times \text{altura}$$

Donde:

L = longitud de la fosa séptica

a = ancho de la fosa séptica

h = altura de la fosa séptica

Es importante aclarar que se trata de las dimensiones efectivas de la fosa séptica, es decir que, se refiere las dimensiones del volumen de aguas residuales que será tratado en la fosa.

Para este caso, se tomará que la longitud de la fosa séptica, será igual a 2.5 veces el ancho de la fosa séptica. Con ello, se tiene lo siguiente:

$$\text{Vol.} = a \times h \times L$$

$$\text{Vol.} = a \times h \times (2.5a)$$

$$\text{Vol.} = 2.5 a^2 \times h$$

Con el fin de evitar mayor excavación, debido a la profundidad de la tubería de entrada a la fosa séptica, se tomará una altura de 1.20m, por lo que:

$$42 = 2.5 \times a^2 \times 1.20$$

$$a^2 = \frac{42}{2.5 \times 1.20} = 14.00$$

$$a = \sqrt{14} = 3.75 \text{ m}$$

$$L = 2.5 \times 3.75 = 9.38 \approx 9.40 \text{ m}$$

De esta forma, las dimensiones de las fosas sépticas son:

Longitud  $L = 9.40\text{m}$

Ancho  $a = 3.75\text{m}$

Altura  $h = 1.20\text{m}$

Para el diseño de los pozos de absorción, se debe establecer el caudal medio de cada fosa séptica, en galones por día; la tasa de aplicación superficial y la tasa de infiltración del lugar en el que serán ubicados los pozos.

En este caso, el caudal medio de cada fosa séptica es de 13,305 gal/día, la tasa de infiltración (t), utilizada para el diseño de los pozos será de 3 min./plg. Con la tasa de infiltración se puede calcular la tasa de aplicación superficial (q), la cual será:

$$q = \frac{5}{\sqrt{t}} = \frac{5}{\sqrt{3}} = 2.887 \text{ gal/día/plg}^2$$

El área de infiltración necesaria para cada fosa séptica se obtendrá, dividiendo el caudal medio entre la tasa de aplicación superficial, dando el siguiente resultado:

$$A_{mf} = \frac{188055}{2.887} = 4608.60 \text{ pie}^2 = 428.97 \text{ m}^2$$

Ya que los pozos serán de 1.5m de diámetro, su profundidad será calculada de la siguiente forma:

$$A_{mf} = 1.5 \times \pi \times h$$

$$428.97 = 1.5 \times \pi \times h$$

$$h = 90.9 \text{ m}$$

Debido a que la altura de pozo que se necesita es muy grande, pero principalmente a que el nivel freático se encuentra cercano, se decide colocar dos baterías de pozos de absorción en paralelo, las cuales a su vez consistirán en tres pozos de absorción en serie, cada una. Esta distribución será construida para cada fosa séptica, siendo un total de 18 pozos de absorción de 15m de profundidad.

### 2.1.5 Especificaciones técnicas

#### Trazo y replanteo de redes

Se deberán realizar los trabajos topográficos necesarios para el trazo y replanteo de la obra, ubicando y fijando ejes y líneas de referencia. Se fijarán los niveles y cotas de referencia de acuerdo a los planos, verificando las cotas del terreno.

#### Obras provisionales

Las obras provisionales que el constructor está obligado a ejecutar son, el rótulo de la obra, la guardianía, y la movilización de maquinaria, equipo y herramientas.

El constructor realizará la limpieza, nivelación, relleno o cualquier otro trabajo, a fin de adaptar el terreno para las construcciones temporales o provisionales.

#### Excavación de zanjas

Se deberá excavar, de acuerdo a un alineamiento y las cotas indicadas en el diseño, así como el ancho uniforme de la zanja en toda su longitud. El límite máximo de zanjas excavadas para colocar tubería, será de 300m, para evitar la acumulación excesiva de material excavado, que impida la libre movilización de personas y vehículos.

Si se emplea maquinaria, se deberá excavar aproximándose a la pendiente que deberá tener la tubería, dejando que la nivelación del fondo sea manual.

Si el suelo que se encuentra al excavar es suelo orgánico o cualquier suelo inadecuado para la colocación de la tubería, se deberá realizar una sobreexcavación hasta encontrar un suelo adecuado, debiendo rellenarse con material selecto, hasta llegar a la cota que debe colocarse la tubería.

#### Carga, transporte y almacenaje de la tubería

La tubería se deberá transportar en vehículos con plataformas en las que se puedan colocar los tubos por completo, evitando el balanceo y los golpes que la dañen. La descarga se hará manualmente, evitando los golpes a la tubería, no arrastrándose para evitar abrasión, y no apoyándola en sus extremos o contra objetos duros.

Los tubos deberán ser colocados siempre horizontalmente, tratando de no dañar las campanas, no debiendo ser apilados en alturas que excedan de 1.40m, a fin de proteger contra el aplastamiento los tubos.

La tubería deberá ser almacenada lo más cerca posible del punto de utilización, sobre una superficie plana a fin de que los tubos inferiores descansen y reciban carga sin deformarse. Las campanas de los tubos de la cama inferior, no deben quedar forzadas debido a la diferencia de diámetro respecto al resto del tubo. Para el mejor acomodo de las camas, se alternarán las campanas y las espigas de los tubos.

Es recomendable evitar que las tuberías y los accesorios sean almacenados expuestos al sol, cubriéndolos bajo techo y con una lona o lámina de polietileno oscuro. El pegamento deberá ser almacenado bajo techo, los empaques de hule no deberán almacenarse al aire libre, protegiéndolos de los rayos solares, las grasas, aceites y solventes.

#### Cama de apoyo y fondos de zanja

El fondo de la zanja debe conformarse para proveer un apoyo firme, estable y uniforme a lo largo de toda la longitud de la tubería. Se podrá utilizar arena, ya que su compactación se obtiene con un mínimo de apisonamiento. Deberá nivelarse también de conformidad con el perfil longitudinal. Las zanjas deberán estar refinadas y niveladas al momento de instalar la tubería, tanto las paredes como el fondo de las mismas.

El material de la cama de apoyo, será material selecto formado por arena gruesa o gravilla, con un espesor de capa no menor de 10cm, debidamente compactada o acomodada, en el caso de la gravilla. Sólo en caso de encontrar material arenoso en la zanja, no se exigirá cama.

#### Relleno de zanjas

Deberá realizarse después de la instalación de la tubería, tan pronto como sea posible, ya que le proporciona un lecho a la tubería, y protección de cargas externas, principalmente las de tránsito.

Siempre que sea posible, se deberá utilizar el mismo material excavado para el relleno de la zanja, de no ser posible, se colocará material selecto.

La primera capa de relleno será material selecto para terreno normal, colocado desde la cama de apoyo hasta 0.30m sobre la corona del tubo, en capas de 0.10m de espesor terminado, con apisonado manual. La segunda capa, será con material seleccionado, entre el primer relleno y la subbase, por capas no mayores de 0.15m de espesor, compactándolo con vibroapisonadores, planchas o rodillos vibratorios.

#### Instalación de la tubería

Toda la tubería será colocada y medida dentro de las líneas y pendientes establecidas según el diseño. No deberán utilizarse ladrillos o piedras para obtener las pendientes deseadas. En los puntos en los que quedará colocada la campana del tubo, se debe hacer un pequeño agujero, a fin de que la tubería sea soportada en toda su longitud, sin que interfieran las uniones. La tubería deberá ser instalada de tal manera que las campanas queden dirigidas gradiente arriba, quedando opuesta al sentido del flujo.

Se deberá proteger la tubería mientras que se realiza el relleno de la zanja, debiendo colocar una sobrecama de arena gruesa o material seleccionado, dejando libres sólo las uniones de la tubería.

Al iniciar la instalación, se debe asegurar que la espiga y la sección donde se colocará el empaque, estén bien limpias. Posteriormente, se colocará el empaque limpio en la campana, asegurándose de que quede bien asentado. Se podrá aplicar a la espiga, un lubricante especial o una solución de jabón natural sin detergente y libre de grasas, para el ensamble.

Se alinearán bien los dos tubos que se van a acoplar, y se empujará la espiga de un tubo dentro de la campana del otro hasta la línea de penetración, sin hacer un movimiento de torsión.



En caso de que se note una resistencia excesiva al ensamblaje, se deberá revisar la colocación del empaque. Para acoplar las conexiones domiciliarias, se emplearán previstas de 4" o 6" de diámetro, según sea el caso.

El pegamento será aplicado en ambas superficies, sin exceso y en sentido longitudinal, eliminando el pegamento sobrante. La unión será inmovilizada por dos horas, pudiendo utilizar la tubería al 100%, después de 30 horas.

No se deberá realizar ninguna unión si la espiga o la campana están húmedas, evitando trabajar durante la lluvia, el recipiente de pegamento debe mantenerse cerrado mientras no se este empleando, y al terminar el pegado, se deberá limpiar la brocha con acetona.

#### **2.1.6 Operación y mantenimiento de la red**

La municipalidad es responsable de la operación y mantenimiento de todos los componentes del sistema de alcantarillado para asegurar el buen funcionamiento del mismo. La operación del sistema comienza al momento de aceptar el proyecto finalizado, verificando que la construcción se realice de acuerdo a los planos del proyecto y a través de buenas prácticas constructivas.

Antes de que el sistema empiece a operar, se deberá realizar una inspección para establecer si las dimensiones, materiales y acabados, definidos en el diseño del proyecto, hayan sido respetados en su construcción.

La cantidad de personas encargadas del mantenimiento del sistema, dependerá del tipo de trabajo que se deberá realizar. La cuadrilla encargada del mantenimiento del sistema, deberá contar con bombas sumergibles, para extraer el líquido en zonas obstruidas; cable flexible de aleación de cobre de 12mm, para empujar materiales que produzcan obstrucciones; varillas de acero de Ø1/2" x 24", con uniones en los extremos para formar un cable largo.

Además, deberán tener piochas, palas, barreta, lazos, linternas y escaleras de aluminio tipo plegadizo; también deberán tener vestimenta adecuada, con cascos, guantes largos, botas de hule tipo muslera y capas contra la lluvia; equipo de seguridad que incluya mascarillas de seguridad; y equipo para limpieza de tuberías de pequeño diámetro, como ganchos y tirabuzones, cepillos de alambre, espátulas, corta-raíces y guías para varillas.

Dentro de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en los drenajes sanitarios, se pueden encontrar obstrucciones, producidas por grasas endurecidas, trapos, plásticos y vidrios, etc. Todas estas obstrucciones, deben extraerse, ya que el lavado, sólo traslada y concentra el problema en otro sitio.

También se presenta la pérdida de capacidad del sistema, producto de la formación de una capa de sedimentos en la tubería, principalmente en tramos de baja pendiente o de baja velocidad del flujo, debiendo ser tratada de igual forma que las obstrucciones. Se pueden dar roturas por diversas causas, como el soporte inapropiado del tubo, las cargas vivas de tránsito, el movimiento del suelo al hacer reparaciones de otros servicios, y el crecimiento desmedido de las raíces.

### Inspección

La inspección interna de los colectores y pozos será visual, empleando linternas, espejos y el equipo de seguridad personal. Lo más recomendable para la ejecución de esta tarea, es que el colector se encuentre sin flujo o tenga un nivel mínimo, además, se deberá verificar el estado de las tapas de los pozos y de las cajas de registro domiciliar. Las cuadrillas deberán estar conformadas por lo menos por tres hombres.

## Mantenimiento de las redes de alcantarillado

En base a la información obtenida durante la inspección, el responsable de la operación y mantenimiento deberá programar dos tipos de mantenimiento para cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado, el preventivo y el correctivo.

### Mantenimiento preventivo

La mayoría de las obstrucciones ocurren dentro de las casas o propiedades, en las instalaciones sanitarias, así como en las conexiones domiciliarias. Por esta razón, las labores de mantenimiento preventivo comienzan en las viviendas de los usuarios.

Se deberá concienciar a los usuarios del drenaje, para que eviten tirar cualquier tipo de material que pueda causar una obstrucción dentro de la red.

En lo que respecta a la limpieza de los colectores, los tramos de la red considerados como críticos, deberán recibir mantenimiento más frecuente, por lo general, cada seis meses. Mientras que los tramos que no son críticos, recibirán mantenimientos más espaciados, por lo general, cada año. La limpieza de los tramos iniciales de los colectores deberá realizarse descargando abundantes cantidades de agua en los pozos de visita iniciales, siendo recomendable, la colocación de tanques de lavado.

En algunas ocasiones, se podrá ocasionar un estancamiento momentáneo del flujo en un pozo de visita, de tal forma que al ser liberado, éste ingrese violentamente a través de la tubería arrastrando los sedimentos aguas abajo.

### Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de trabajos necesarios para corregir algún problema que se presente durante el funcionamiento de los colectores, como los atoros, los trabajos de rehabilitación, reconstrucción de pozos de visita y sus tapaderas.

## Atoros

Se produce cuando un tramo de tubería es obstruido por algún objeto o acumulación de sólidos que impiden en forma total o parcial el flujo normal de los desagües, y consecuentemente el estancamiento del flujo. En caso que el atoro no pueda ser removido mediante una descarga considerable de agua en la tubería o con el uso de ganchos y tirabuzones, se deberá excavar una zanja en el área afectada, se hará una abertura en la tubería y se removerá el atoro, debiendo rehabilitarse posteriormente la tubería.

## Trabajos de rehabilitación

La rehabilitación de los colectores, consiste en el reemplazo, reubicación o refuerzo de la tubería en todo el tramo afectado. En el caso de que se reemplace la tubería, se taponará la tubería afectada en el pozo de visita ubicada aguas arriba; de no haber forma de desviar el flujo hacia otra tubería de salida dentro del mismo pozo, se procederá al bombeo del flujo hacia el pozo de visita ubicado aguas abajo, para no interrumpir el funcionamiento de la red. Ya que no exista flujo en el área afectada, se excavará una zanja para retirar la tubería deteriorada, y se instalará la nueva tubería siguiendo el procedimiento utilizado durante la construcción del sistema.

## Reconstrucción de pozos de visita

Esta actividad se realizará cuando se detecten deterioros en los pozos, los cuales pueden originar filtraciones o representar algún peligro para las personas y los vehículos. Para realizar este trabajo, se deberán abrir las tapas de los pozos aguas arriba y aguas abajo del pozo afectado, para que se ventile la red. Después, se taponarán las tuberías de entrada al pozo, realizando el desvío del flujo, se limpiará el fondo del pozo y de acuerdo al estado del mismo, se efectuará uno o varios de los trabajos, para su rehabilitación.

## Cambio y reposición de tapadera de pozos de visita

El cambio de brocales y tapaderas para pozos de visita, se tendrá que hacer debido al deterioro, al robo o al cambio en las cargas de tráfico que deberá soportar.

### **2.1.7 Evaluación de impacto ambiental**

El EIA es un proceso de análisis, a través del cual se pueden identificar los impactos ambientales, permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos no deseados de un proyecto.

Con esta información, las personas encargadas de tomar decisiones relacionadas con el proyecto, cuentan con elementos científicos y técnicos que les permitan determinar si éste es factible o si se deben hacer cambios en el mismo.

La primera acción, es establecer la viabilidad ambiental del proyecto, determinando la compatibilidad ambiental del mismo respecto a su entorno, el proyecto no debe dañar el ambiente, pero no se debe llegar al extremo de frenar el desarrollo. El EIA, debe ser flexible y acorde a la realidad del país.

Es necesario tomar en cuenta todos los factores importantes relacionados con el control que se pueda brindar en las fases de trabajo, ya sea en construcción o en operación. A partir de estos factores, se establecerá un plan de mitigación destinado a la prevención, reducción, minimización de los impactos negativos al ambiente, así como a la corrección o restauración del medio ambiente.

#### Plan de mitigación en construcción

A modo de reducir los impactos negativos del proyecto, se deberán proteger las áreas verdes cercanas, evitando el derrame de combustible, llevando a un sitio adecuado los desperdicios de la construcción. Se debe señalar el área desde el inicio de la construcción, el uso de maquinaria se restringirá a horario diurno, se limitará el movimiento de tierra a la estación seca, compactando la tierra removida.

Se planificarán diferentes componentes del desarrollo de manera que utilice únicamente el área necesaria para la ejecución de las diferentes actividades del proyecto, tratando de aprovechar el espacio disponible al máximo, y minimizar el efecto neto que se producirá en el paisaje local y regional.

Se promoverá una coordinación eficiente y efectiva entre los diferentes componentes de construcción de la obra, para evitar la proliferación de frentes de impacto al paisaje.

#### Plan de mitigación en operación

A partir de la puesta en funcionamiento del drenaje sanitario, se deberá establecer plan de monitoreo ambiental, se capacitará de forma permanente y continua al personal que trabaje en el mantenimiento y operación del sistema; y se le dará mantenimiento preventivo y correctivo.

#### Impactos negativos del proyecto

Dentro de los impactos negativos, se darán procesos de erosión o sedimentación en el área de trabajo y zonas adyacentes, se degradará la calidad del agua superficial, debido a erosión durante la construcción.

Es posible que se alteren las aguas subterráneas durante la construcción, aumentarán las concentraciones de contaminantes visuales, constante ruido producto de las actividades constructivas, aumento de la concentración de polvo en el aire, y las dificultades para el tránsito en el área de construcción y la zona afectada por ésta.

## Impactos positivos del proyecto

Dentro de los impactos positivos de mayor relevancia en la ejecución del drenaje para la zona 4 de Tiquisate, se pueden mencionar la reducción de enfermedades, como las gastrointestinales, reducción de contaminación del medio ambiente, eliminando malos olores y aguas residuales a flor de tierra, reducción de criaderos de animales.

También es importante mencionar que con la existencia de drenajes sanitarios, podrán desarrollarse proyectos de pavimentación en la zona. Con todo esto, mejorará el nivel de vida de los habitantes, no solo de la zona 4, sino también del resto del municipio.

### **2.1.8 Presupuesto del proyecto**

A continuación, se presenta el presupuesto general para la ejecución del drenaje sanitario, el mismo se encuentra dividido en renglones y subrenglones, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla VI. Presupuesto del drenaje sanitario.**

REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>				
BODEGA	1	global	Q 9,500.00	Q 9,500.00
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	2134	ml	Q 12.70	Q 27,093.95
TRAZO	2134	ml	Q 10.48	Q 22,371.15
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
EXCAVACIÓN	4715	m3	Q 23.26	Q 109,678.56
RELLENO	4565	m3	Q 25.67	Q 117,169.83
<b>RED DRENAJE SANITARIO</b>				
LÍNEA DE DRENAJE PVC Ø 6"	2134	ml	Q 213.99	Q 456,657.29
CONEXIONES DOMICILIARES	180	unidad	Q 1,242.43	Q 223,636.78
POZO DE VISITA Ø 1.25m	93	ml	Q 1,674.98	Q 155,773.45
BROCAL + TAPADERA DE POZO	37	unidad	Q 845.11	Q 31,268.91
CIMIENTO POZO DE VISITA	37	unidad	Q 614.89	Q 22,750.98
<b>COSTO TOTAL RED DE DRENAJE SANITARIO</b>				<b>Q 1,175,900.90</b>
<b>TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES</b>				
FOSA SÉPTICA	3	unidad	Q103,545.74	Q 310,637.22
POZOS DE ABSORCIÓN	18	unidad	Q 15,886.74	Q 285,961.32
<b>COSTO TOTAL TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES</b>				<b>Q 596,598.54</b>
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>Q 1,772,499.44</b>

### 2.1.9 Cronograma del proyecto

En la siguiente tabla, se presenta el cronograma estimado para la ejecución del drenaje sanitario, al igual que el presupuesto, se encuentra dividido en renglones y subrenglones, con el tiempo que durará cada uno.



**Tabla VII. Cronograma del drenaje sanitario.**

RENGLÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
<b>PRELIMINARES</b>					
BODEGA					
REPLANTEO TOPOGRÁFICO					
TRAZO					
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
EXCAVACIÓN					
RELLENO					
<b>RED DRENAJE SANITARIO</b>					
LÍNEA DE DRENAJE PVC Ø 6"					
CONEXIONES DOMICILIARES					
POZO DE VISITA Ø 1.25m					
BROCAL + TAPADERA DE POZO					
CIMIENTO POZO DE VISITA					
<b>TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES</b>					
FOSA SÉPTICA					
POZOS DE ABSORCIÓN					

### 2.1.10 Evaluación socio-económica

Para este proyecto, por tratarse de un proyecto social en el que la población será beneficiada directamente, se hará un análisis desde el punto de vista social. El proyecto será comprendido como una inversión que realizará el Gobierno de Guatemala, en el cual no se recupera dicha inversión y la atención estará enfocada en la cantidad de beneficiarios que atenderá el proyecto.

#### 2.1.10.1 Valor presente neto

El Valor Presente Neto indica el valor real del dinero a través del tiempo, consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros y series de anualidades del flujo de efectivo de un proyecto.

Al solo haber un desembolso inicial, el Valor Presente Neto de este proyecto será de menos Q.1,772,499.44, correspondiente al costo del proyecto, y desembolsado en el período cero. Debido a que es una inversión social, no tendrá ningún ingreso o rentabilidad.

#### **2.1.10.2 Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno se refiere a la tasa en que el valor presente neto es igual a cero, se utiliza para medir la rentabilidad de un proyecto. Al no existir ningún ingreso inicial ni anual, el proyecto no presenta una tasa interna de retorno.



## **2.2 Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, municipio de Tiquisate, Escuintla.**

### **2.2.1 Descripción del proyecto**

El diseño de la pavimentación, se ajustará al máximo al alineamiento existente, tratando de que los cambios más significativos se den principalmente en el alineamiento vertical. Se utilizará la sección típica E propuesta por la Dirección General de Caminos, ya que ésta, se ajusta a las condiciones actuales de la terracería.

Se construirán 4.836km de pavimento rígido, el cual incluirá cuneta en ambos lados, a lo largo de todo el proyecto, con desfogue en los puntos pertinentes o desembocando en drenajes transversales, que eliminarán el agua del derecho de vía de la carretera.

### **2.2.2 Levantamiento topográfico**

Está constituido por los trabajos de planimetría y altimetría, que son indispensables para todo proyecto vial. A través del levantamiento topográfico, se obtienen las libretas de campo, de las que resultan los planos que reflejan el alineamiento horizontal y vertical de la carretera. Es importante que, se realice con equipo topográfico adecuado, referenciando las mediciones y haciendo observaciones, las cuales faciliten el replanteo al ejecutar el proyecto.

Ya que el proyecto se trata de la pavimentación de un tramo carretero existente, las mediciones se realizaron sobre la línea central, a distancias no mayores de 20m, de forma que se pudiera obtener la representación más cercana a las características físicas de la carretera.

### **2.2.2.1 Planimetría**

Son mediciones topográficas con las que se obtiene la representación gráfica de la línea central de la carretera, en un plano horizontal. Para el levantamiento topográfico, se utilizó el método de conservación de azimut, obteniendo los datos de tangentes, principios de curvas y tangentes, puntos de intersección y ángulo ( $\Delta$ ) entre tangentes; los cuales definen el alineamiento horizontal de la carretera.

### **2.2.2.2 Altimetría**

Son mediciones topográficas con las que se obtiene la diferencia de nivel entre los diferentes puntos que pertenecen al proyecto, permitiendo la representación gráfica del perfil de la carretera, generalmente se le conoce como nivelación.

Tomando en cuenta el equipo topográfico con el que se contaba, se utilizó el método de nivelación taquimétrica.

## **2.2.3 Estudio de suelos**

### **2.2.3.1 Ensayos para la clasificación del suelo**

Estos ensayos se realizan para identificar suelos, de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Los principales ensayos de este tipo son el análisis granulométrico y los límites de consistencia o de Atterberg.

#### **Granulometría**

Se utiliza para determinar su influencia en la densidad del material compactado. Se refiere a la determinación de la cantidad porcentual de los diversos tamaños de partículas que constituyen el suelo, determinando la masa de suelo retenida entre dos tamices consecutivos de una serie determinada, y calculando la porción en masa de lo retenido respecto al total de la muestra.

Entre las propiedades del suelo que dependen de la granulometría, se encuentra la porosidad, la densidad, la permeabilidad y el ángulo de rozamiento interno. El ensayo se realiza en base a la normas AASHTO T-11, T-27 y T-37.

#### Límites de Atterberg

Son límites a través de los cuales se puede determinar la plasticidad de un suelo, la cual se refiere a la posibilidad que tiene un suelo de ser moldeado sin fractura, dependiendo de la humedad y la naturaleza de los posibles componentes arcillosos.

#### Límite líquido

Es el contenido de humedad con el cual cambia el suelo del estado líquido al plástico, expresado como porcentaje respecto al peso seco de la muestra. La determinación de este límite es importante, ya que mientras más cercano se encuentre un suelo al límite líquido, éste presenta menor cohesión. El ensayo se realiza con base a la norma AASHTO T-89.

#### Límite plástico

Es el contenido de humedad para el cual los suelos cohesivos, pasan de un estado semisólido a un plástico, expresado como porcentaje respecto al peso seco de la muestra secada al horno. El ensayo se realiza de acuerdo a la norma AASHTO T-90.

#### Índice plástico

Se define como la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, el cual indica el margen de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico.

Cuando un suelo tiene un índice plástico igual a cero, es no plástico; si es menor de 7, es de baja plasticidad; si está comprendido entre 7 y 17, es medianamente plástico; y cuando es mayor de 17, se dice que es altamente plástico.

### **2.2.3.2 Ensayos para el control de la construcción**

La compactación de suelos es una densificación rápida, que da lugar a una disminución de los vacíos en el suelo ocupados por aire, aumentando de esta forma la resistencia y disminuyendo la compresibilidad del suelo.

A través de la interpretación de resultados obtenidos con estos ensayos, se podrán seleccionar los materiales más adecuados para las capas del pavimento, la maquinaria adecuada para la compactación, el espesor de tongadas, número necesario de pasadas de la maquinaria y la humedad óptima de compactación.

#### Contenido de humedad

Es el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo, siendo la relación entre el peso del agua contenida en la muestra, y el peso de la muestra después de ser secada al horno. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los ensayos de compactación Proctor, el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

#### Ensayo Proctor

La masa de los suelos está formada por partículas sólidas y por vacíos llenos de agua, de aire o ambos. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tienen mayor número de vacíos, los cuales se van reduciendo hasta un mínimo con la compactación, de esta forma, el suelo alcanza el menor volumen y el mayor peso posible, llegando a obtener la densidad máxima.

Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la cual se conoce como humedad óptima. Cuando un suelo alcanza su densidad máxima, se reducirá el volumen de vacíos y la capacidad del suelo para absorber humedad, aumentando la capacidad del suelo para soportar cargas.

Al aplicar al suelo cierta energía para compactarlo, se obtiene el peso volumétrico para diferentes contenidos de humedad en el suelo, obteniendo la curva en la cual se podrá determinar la densidad máxima y la humedad óptima del suelo.

En los años posteriores a 1950, se determinó que el ensayo estándar era poco representativo de la realidad, debido al aumento que se había dado en las cargas por eje de los vehículos pesados, el empleo de materiales con un mayor tamaño máximo, el uso de materiales granulares parcial o totalmente elaborados y estabilizados, y el desarrollo de la maquinaria pesada de compactación.

Como producto de este descubrimiento, el cuerpo de ingenieros del ejército de los EEUU, desarrolló el ensayo de Proctor modificado, en el cual se emplea un molde mayor y se aplica una mayor energía de compactación por unidad de volumen. De esta forma, se obtienen densidades máximas más elevadas y humedades óptimas menores que en el ensayo estándar, con lo cual se obtienen mejores resultados en la compactación. El ensayo de Proctor modificado se realiza de acuerdo a la norma AASHTO T-180.

#### Ensayo de equivalente de arena

Esta prueba es para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos. Consiste en ensayar los materiales que pasan el tamiz N° 4, en una probeta estándar parcialmente llena de una solución, la cual provocará la sedimentación de los finos. Con este ensayo se puede establecer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.



Por lo general, este ensayo se lleva a cabo cuando se trata de materiales que se usarán como base o subbase, por lo que no se toma en cuenta para la elaboración de este trabajo, pero es importante mencionarlo, ya que si deberá hacerse al momento de ejecutar el proyecto. El ensayo se realizará de acuerdo a lo establecido por la norma AASHTO T-176.

### **2.2.3.3 Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo**

El comportamiento de un pavimento, depende en gran medida de las características del suelo sobre el cual se apoya. Además, las capas del pavimento deben distribuir las cargas de tráfico a fin de que las presiones que llegan a la subrasante, sean suficientemente reducidas, para que no produzcan deformaciones permanentes que se reflejarían en la superficie de rodadura.

#### Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)

El valor soporte del suelo, se refiere a la resistencia ofrecida por el suelo a la deformación bajo las cargas de tráfico, en condiciones determinadas de compactación y humedad, y expresada como porcentaje de la carga requerida para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada.

La capacidad soporte del suelo ya en obra, depende en gran medida de la resistencia al esfuerzo cortante de los materiales que lo constituyen, la cual depende a su vez de la densidad alcanzada y la humedad de puesta en obra. Además, varía de forma inversamente proporcional a la humedad existente en el suelo a cada momento. El ensayo se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma AASHTO T-193.

## Análisis de resultados

Según los ensayos, el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Descripción del suelo: Arena con gravilla y arcilla, color café oscuro

Clasificación S.C.U.: SC

Clasificación P.R.A.: A-2-6

Límite líquido: 36.60%

Índice plástico: 20.80%

Densidad seca máxima: 96.3 lb./pie<sup>3</sup>

Humedad óptima: 23.5%

CBR al 95% de compactación: 38.5

### **2.2.4 Pavimento rígido**

Un pavimento es toda estructura que descansa sobre la subrasante, formado por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Su función es distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, y proteger al suelo de los efectos del clima que afecten su resistencia al soporte estable.

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, la distribución de cargas se da en un área mucho mayor, lo cual disminuye los esfuerzos en la subrasante. El pavimento rígido cumple con la responsabilidad estructural y funcional, mientras que las capas inferiores aseguran el apoyo uniforme y estable de éste.

Sus principales cualidades son su gran rigidez, la cual permite asegurar un buen reparto de las cargas sobre las capas inferiores; y su resistencia a la fatiga. Además, ofrece alta resistencia al desgaste y a la formación de huellas o roderas, sin importar la temperatura, haciéndolo de gran durabilidad; tiene una gran solidez en los bordes, y es insensible a los aceites y otros agentes químicos.

El concreto esta constituido por áridos adecuados, 300-350 kg/m<sup>3</sup> de cemento, relación agua/cemento relativamente baja y algunos aditivos; es fabricado, transportado, extendido, compactado y curado de manera que se consiga un material homogéneo, resistente a la fatiga por flexión, al desgaste por el tráfico y a efectos del clima y las sales.

#### **2.2.4.1 Características generales de los pavimentos rígidos**

##### Rigidez del pavimento

Los pavimentos de concreto son estructuras muy rígidas, que poseen una gran capacidad de disipar las tensiones verticales producidas por las cargas, con lo que la tensión máxima que llega al apoyo, es una pequeña fracción de la presión de contacto. Bajo la acción del tráfico, el concreto tiene un comportamiento fundamentalmente elástico, sin experimentar deformaciones viscoplásticas, a pesar de encontrarse en condiciones severas de tráfico pesado, intenso y lento, o elevadas temperaturas.

La capacidad soporte de las capas inferiores, tiene menor influencia en el dimensionamiento de la estructura del pavimento rígido que en el caso del flexible, pero no debe emplearse cualquier suelo, ya que necesita un apoyo uniforme y resistente a la erosión, tanto bajo el tráfico de obra como el de servicio.

##### Juntas

La retracción inicial del concreto y las variaciones del volumen debidas a cambios de temperatura y de humedad, parcialmente impedidas por el peso propio de la losa y por su rozamiento con la base de apoyo, hace necesaria la construcción de juntas para evitar la aparición aleatoria de fisuras en el pavimento. Dichas fisuras permitirían la entrada de agua y de partículas extrañas hacia la base, llegando a formar bloques inestables bajo el tráfico. También son necesarias para permitir el alabeo de las losas debido a los gradientes de temperatura y de humedad.

## Características superficiales

Debe poseer una resistencia al deslizamiento, la cual puede conseguirse utilizando una proporción considerable de arena silícea y dándole una textura superficial adecuada, mediante el arrastre de una arpillera y posterior cepillado, estriado o ranurado. También se pueden emplear texturas producto de engravillado o de la denudación. La regularidad superficial obtenida, será fundamental para la calidad de rodadura de la pavimentación.

## Durabilidad

La resistencia mecánica del concreto aumenta con el tiempo, y si todo se ha hecho correctamente, su índice de servicio disminuye lentamente. La fatiga a flexión, determinará finalmente el agrietamiento generalizado del pavimento y la necesidad de su refuerzo o reconstrucción. Influyen en ella, el espesor de la losa, la resistencia a flexotracción del concreto, la intensidad y número de aplicaciones de carga, el clima, la forma y dimensiones de las losas y las condiciones de la base de apoyo.

## Apertura a la circulación

Por lo general, la apertura a la circulación ordinaria no debe realizarse antes de siete días de la terminación del pavimento. La apertura al tráfico de obra requiere por su parte que la resistencia alcanzada por el concreto, sea al menos el 80% de la exigida a los 28 días.

## Conservación y rehabilitación

Un pavimento de concreto, correctamente diseñado y construido, requiere poca conservación, la cual incluye el sellado de juntas y grietas, reconstrucción de alguna losa, restauración de la macrotextura, entre otros.

#### **2.2.4.2 Clasificación**

##### Pavimentos de concreto simple

En este tipo de pavimentos, la transferencia de carga entre losas, se logra gracias al esfuerzo de corte proporcionado por los agregados que se encuentran en las caras agrietadas que se forman por el corte de la junta entre losas. Por ello, se construyen sin acero de refuerzo y sin varillas de transferencia de carga en las juntas.

Debido a esto, se hace necesario que la longitud de estas losas sea corta, para hacer esta transferencia efectiva, por lo general deben tener una longitud de 4 a 6m y un ancho de 3 a 4m.

##### Pavimentos de concreto simple con dovelas

Se construyen sin acero de refuerzo, pero en las juntas de contracción, se colocan varillas lisas para la transmisión de cargas entre losas. Para tener un mejor control sobre los agrietamientos, es necesario que la longitud de las losas sea corta, debiendo ser de 4 a 6m y un ancho de 3 a 4m.

##### Pavimentos de concreto reforzado con dovelas

Las separaciones en las juntas son mayores, permitiendo el apareamiento de fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas gracias al refuerzo de acero en la losa. El espaciamiento entre juntas no debe exceder de 12.00m para conseguir el buen comportamiento de las losas.

## Pavimentos de refuerzo continuo

Poseen una gran cantidad de acero de refuerzo colocado de forma continua, lo que permite que se construyan sin juntas de dilatación o contracción, además, poseen un alto grado de transferencia de cargas en las caras de las fisuras, pese a desarrollar fisuras transversales en intervalos relativamente cortos.

El acero para refuerzo esta compuesto por varillas corrugadas, malla de varillas lisas y malla de varillas corrugadas. Además, se coloca en la mitad o ligeramente arriba de la mitad del peralte de la losa.

### 2.2.4.3 Elementos estructurales

#### Subrasante

Es la capa de una carretera que soporta la estructura del pavimento, la cual se extiende hasta una profundidad que no le afecte la carga de diseño, correspondiente al tránsito previsto. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad. Dependiendo de sus características, puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

**Tabla VIII. Clasificación de la subrasante según el valor soporte.**

<b>Valor soporte (C.B.R)</b>	<b>Clasificación</b>
0 – 5 %	Muy mala
5 – 10%	Mala
10 – 20%	Regular a buena
20 – 30%	Muy buena

Fuente: Carlos Crespo. **Mecánica de suelos y cimentaciones.** Pág. 113

## Subbase

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad, el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que la subrasante las pueda soportar, absorbiendo las variaciones inherentes a este suelo, las cuales puedan afectar la capa de subbase.

Debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la ascensión capilar de agua, protegiendo la estructura del pavimento.

La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso debe ser menor de 100mm ni mayor de 700mm. Puede ser común o granular, según lo determine la facilidad de su obtención.

## Base

Es la capa del 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. Puede ser común o granular, según lo determine la facilidad de su obtención.

Es importante que el material utilizado en cualquiera de estos elementos estructurales, cumpla con lo establecido en las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

#### 2.2.4.4 Materiales, equipo y herramienta

Los materiales que se utilizaran en la construcción de este tipo de pavimento deben llenar los requisitos y normas establecidas en las Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

##### Cementos hidráulicos

La calidad y dotación de cemento utilizadas, influyen directamente en la resistencia del concreto, y algunas propiedades como la velocidad de fraguado, endurecimiento y retracción. Estos cementos deben cumplir con una resistencia de 4,000psi o mayor. También se puede emplear cemento Portland tipo I ó II, el cemento Portland modificado con puzolanas, cemento Portland puzolánico, cemento Portland modificado con escorias de alto horno y el cemento Portland de escorias de alto horno. Todos con una resistencia de 4000psi o mayor.

##### Agregado fino

Debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables. La graduación del agregado debe estar dentro de los límites indicados en la tabla siguiente:

**Tabla IX. Graduación de los agregados.**

Tamices AASHTO M 92	Porcentaje que pasa en masa
3/8"	100
No.4	95-100
No.8	80-100
No.16	50-85
No.30	25-60
No.50	5-30
No.100	0-10
No.200	0- 5

Fuente: Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.** Pág. 551-3



## Agregado grueso

Debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado. En el caso de áridos calizos, se obtiene un concreto con gran resistencia a flexotracción, mayor facilidad de aserrado de juntas, menor riesgo de fisuración y menor abertura de las juntas de contracción. La graduación del agregado grueso debe satisfacer una de las graduaciones presentadas en la tabla siguiente:

**Tabla X. Porcentaje por peso que pasa por tamiz.**

Graduaciones AASHTO M 80		2½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	Nº 4	Nº 8
Nº 7	½" a Nº 4	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
Nº 67	¾" a Nº 4	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
Nº 57	1" a Nº 4	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
Nº 467	1½" a Nº 4	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
Nº 357	2" a Nº 4	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
Nº 4	1½" a ¾"	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
Nº 3	2" a 1"	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Fuente: Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Guatemala. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.** Pág. 551-4

## Agua

El agua para mezclado, curado del concreto y lavado de agregados, debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto. No debe usarse agua de mar o de pantanos.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Si el agua se obtiene de un pozo, la toma debe hacerse de forma que se excluyan sedimentos, raíces y otras materias perjudiciales.

El contenido de agua en la mezcla, influye en la retracción higrométrica y en la resistencia del concreto. Cualquier exceso de agua tiene como consecuencia, un aumento de la retracción y una disminución de la resistencia. La relación agua/cemento para carreteras se limita para un valor entre 0.42 y 0.50

#### Aditivos

Los aditivos mas empleados son los plastificante o reductores de agua, los retardantes o acelerantes de fraguado, y los incorporadotes de aire. La dosificación deberá de ser precisa y con una incorporación homogénea a la mezcla.

#### Requisitos para el concreto

El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe llenar los requisitos exigidos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la DGC. Además, deberá tener una resistencia a compresión promedio mínima de 4,000psi (AASHTO T22 mínima) y una resistencia a la flexión promedio mínima de 600psi (AASHTO T97 mínima) a los 28 días.

**Tabla XI. Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos.**

Relación agua/cemento máxima	0.49
Temperatura	10-30 ° C
Asentamiento	20-60 mm
Contenido de aire mínimo	4.5% - 5%
Resistencia a la compresión	4,000psi
Resistencia a la flexión	650psi

Fuente: Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Guatemala. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.**  
Pág. 551-4

## Equipo y herramientas

### Formaletas metálicas

Deberán tener un peso mayor o igual a 13.5kg por metro lineal, con sección regular y con suficiente rigidez a lo largo y en las conexiones de enlace con formaletas contiguas, para evitar que se flexionen debido a la presión del pavimento al ser colocado. Su altura será igual al espesor especificado para los bordes del pavimento y el ancho de su base no deberá ser menor de 20cm.

### Cercha vibradora

Es una viga sencilla o doble, de largo suficiente para cubrir el ancho de la losa. Pueden estar provistas de excéntricas o de vibradores de encofrado de manera que la regla a medida que se desliza sobre la arista de los moldes o sobre rieles especiales transmita las vibraciones al hormigón.

### Vibrador de bandeja

Consiste en una bandeja horizontal o serie de bandejas, que se extiende a todo el ancho de la losa, descansando completamente en ella sin tocar los moldes, se debe montar en un marco horizontal capaz de elevarlo fuera del contacto con el pavimento. Se emplea exclusivamente para compactar.

### Alisadora de rodillos

Enrasa la superficie al tiempo que consolida el hormigón debido a su acción de golpe y vibración. En general se efectúan dos pasadas, la primera para compactar usando alta frecuencia; y la segunda para dar el acabado usando baja frecuencia.

### Vibradores internos

Se emplean como complemento de los equipos de superficie y en particular de las cerchas vibradoras.

### Apisonador de madera

Consiste en un tablón pesado, cuyo largo exceda del ancho del pavimento en 30cm, el cual deberá con una faja metálica gruesa en la cara de apisonamiento, y estará construido de modo que tenga rigidez y no se deflece.

### Plancha de madera

Son reglas de madera y metal, provistas de un mango articulado, que se utilizan para alisar la superficie del concreto colocado.

### Cepillos y arpillera

Se utilizan para el acabado superficial, para obtener una textura rugosa, se emplean cepillos anchos de cerda o nylon provistos de mangos o arpillera que se desliza transversal o longitudinalmente sobre la superficie.

## **2.2.4.5 Métodos de diseño**

### **2.2.4.5.1 Método AASHTO**

Variables a considerar en el método AASHTO

Serviciabilidad

Es la condición de un pavimento, para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento, estimando un índice de serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) y uno final ( $P_t$ ). En el caso de pavimentos rígidos, se estima que el valor inicial de serviciabilidad es de 4.5.

El índice de serviciabilidad final es una selección del valor más bajo que pueda ser admitido, antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación, un refuerzo o la reconstrucción del pavimento. En el caso de pavimentos rígidos el índice de serviciabilidad final es de 2.5 para carreteras de primer orden y de 2 para carreteras de menor importancia.

Tráfico

A través de la prueba de carreteras realizada por la AASHTO, se demostró que el daño que produce un eje con una carga determinada, puede representarse por el número de pasadas de un eje simple de 18,000lb de rueda doble, considerado como eje patrón, que produce un daño similar. Distintas configuraciones de ejes y cargas inducen daños diferentes en el pavimento, el cual puede asociarse al producido por un determinado número de ejes convencionales de 18,000lb de carga por eje simple de rueda doble.

### Coefficiente de drenaje

Depende de la calidad del drenaje, determinado por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento y la exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año, en que un pavimento esta expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. Este porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje.

**Tabla XII. Calidad del drenaje**

Calidad del drenaje	Tiempo en que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Muy bueno	1 día
Bueno	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos*. Pág. 57

**Tabla XIII. Valores de coeficiente de drenaje.**

Calidad del drenaje	Tiempo que el pavimento esta expuesto a humedad próxima a saturación			
	Menos de 1%	1% – 5%	5% - 25%	Más de 25%
Excelente	1.20 – 1.25	1.15 – 1.20	1.10 – 1.15	1.10
Muy bueno	1.15 – 1.20	1.10 – 1.15	1.00 – 1.10	1.00
Bueno	1.10 – 1.15	1.00 – 1.10	0.90 – 1.00	0.90
Malo	1.00 – 1.10	0.90 – 1.00	0.80 – 0.90	0.80
Muy malo	0.90 – 1.00	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80	0.70

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos*. Pág. 58

### Coefficiente de transmisión de carga (J)

Se utiliza para tomar en cuenta la capacidad del pavimento de transmitir las cargas, a través de los extremos de la losas, ya sea en las juntas o en las grietas. Su valor depende del tipo de pavimento, el tipo de hombro o bordillo, y la colocación de elementos de transmisión de carga.

Se considera un pavimento rígido confinado, cuando los extremos de las losas tienen elementos de la misma rigidez que ella. Para el caso de un hombro de concreto, éste confina la parte principal de la carretera y el coeficiente de transmisión de carga, tiende a ser menor, por lo tanto, la losa también será de menor espesor.

Un hombro de asfalto, tiene menor rigidez que la parte principal de la carretera y se considera semiconfinada, por lo que al ser mayor el coeficiente de transmisión de carga, el espesor de la losa aumenta.

**Tabla XIV. Valores de coeficiente de transmisión de carga.**

Tipo de pavimento	Hombro			
	Asfalto		Concreto hidráulico	
	Si	No	Si	No
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.9 – 3.2	---	2.3 – 2.9	---

Fuente: SIECA. **Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos.** Pág. 59

Dentro de cada intervalo de variación, es recomendable utilizar el valor más alto cuando menor sea el módulo de reacción de la subrasante, también cuando sea más elevado el coeficiente de dilatación térmica del concreto y mayores sean las variaciones de temperatura ambiente.

En caso de carreteras de poco tránsito, en el que el volumen de camiones sea reducido, se pueden utilizar los valores más bajos presentados en la tabla anterior, ya que habrá menor pérdida del efecto de fricción entre los agregados.

#### Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )

Para cargas instantáneas, su valor puede considerarse de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto, y al tipo y origen del agregado que lo forma.

**Tabla XV. Módulo de elasticidad del concreto.**

Tipo y origen del agregado	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
Grueso ígneo	$E_c = 17,000 f'c^{1/2}$
Grueso metamórfico	$E_c = 15,000 f'c^{1/2}$
Grueso sedimentario	$E_c = 11,500 f'c^{1/2}$
Sin información	$E_c = 12,500 f'c^{1/2}$

Fuente: SIECA. **Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos.** Pág. 60

Factor de pérdida de soporte (L)

Es el valor que se le da a la pérdida de soporte que puede llegar a tener una losa de un pavimento de concreto, por efecto de la erosión en la subbase, debido a corrientes de agua o por los asentamientos diferenciales de la subrasante.

**Tabla XVI. Valores del factor de pérdida de soporte**

Tipos de subbase o base	Factor de pérdida de soporte
Subbases granulares tratadas con cemento	0 – 1
Subbases tratadas con cemento	0 – 1
Bases asfálticas	0 – 1
Subbases estabilizadas con asfalto	0 – 1
Estabilización con cal	1 – 3
Materiales granulares sin tratar	1 – 3
Suelos finos y subrasantes naturales	2 – 3
Subbases no erosionables	2 – 3

Fuente: SIECA. **Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos.** Pág. 61

Módulo de reacción de la subrasante (k)

Se puede estimar por correlación con el valor soporte de la subrasante, no siendo necesario, tener un valor exacto de k, debido a que variaciones mayores en este valor no afectan los espesores de diseño. Se considera igual a la carga que afecta un área determinada, dividida entre la deflexión para dicha carga. Depende del módulo de resiliencia de la subrasante y subbase, así como del módulo de elasticidad de la subbase.



### Desviación normal estándar (Zr)

Esta variable define que para un conjunto de variables que intervienen en un pavimento, el tránsito que puede soportar a lo largo del período de diseño, sigue una ley de distribución normal con una media  $Mt$  y una desviación típica  $So$ , que junto con la tabla XVII, se obtiene el valor de  $Zr$  en función de un nivel de confiabilidad  $R$ , de forma que exista una posibilidad de que  $1 - R/100$  del tránsito realmente soportado, sea inferior al producto de  $Zr$  por  $So$ .

**Tabla XVII. Valores de desviación normal estándar en función de la confiabilidad.**

R (%)	50	60	70	80	85	90	95	99	99.9	99.99
Zr	0	-0.253	-0.524	-0.841	-1.037	-1.282	-1.645	-2.327	-3.090	-3.750

Fuente: SIECA. **Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos**. Pág. 55

Para el caso de carreteras colectoras rurales, se recomienda un nivel de confiabilidad entre el 50 y el 80%.

### Error estándar combinado

Representa la desviación estándar conjunta, e incluye el número de ejes que puede soportar un pavimento, hasta que su índice de serviciabilidad, descienda por debajo de un determinado  $Pt$ . Se recomienda utilizar para  $So$ , valores comprendidos entre 0.30 y 0.40 para pavimentos rígidos.

**Tabla XVIII. Factores de seguridad recomendados.**

Tránsito esperado en millones de ejes equivalentes	R	Zr	So	Factor de seguridad
Menos de 5	50	0.000	0.35	1.00
5 – 15	50 - 60	0.00 - 0.253	0.35	1.00 - 1.23
15 – 30	60 - 70	0.253 - 0.524	0.35	1.23 - 1.83
30 – 50	70 - 75	0.524 - 0.674	0.34	1.51 - 1.70
50 – 70	75 - 80	0.674 - 0.841	0.32	1.64 - 1.86
70 – 90	80 - 85	0.841 - 1.037	0.30	1.79 - 2.05

Fuente: SIECA. **Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos**. Pág. 56

Para el método AASHTO, la fórmula de diseño es:

$$\log(W_{18}) = Z_r S_o + 7.35 \log(D+25.4) - 10.39 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}}{1 + \frac{1.25 \times 10^9}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 Pt) \log \left( \frac{Mr C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left( \frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

$W_{18}$  = número previsto de ejes equivalentes de 18000lb, a lo largo del período de diseño.

$Z_r$  = desviación normal estándar

$S_o$  = error estándar combinado, en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

$D$  = espesor de pavimento de concreto, en mm.

$\Delta PSI$  = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

$Pt$  = índice de serviciabilidad final

$Mr$  = resistencia media del concreto a flexotracción a los 28 días.

$C_d$  = coeficiente de drenaje

$J$  = coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto

$k$  = módulo de reacción de la superficie, ya sea base, subbase o subrasante, en la que se apoya el pavimento.

#### 2.2.4.5.2 Método de Portland Cement Association (PCA)

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido, la Portland Cement Association (PCA), ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado.

## **Método de capacidad**

Este método es aplicable cuando se dispone del espectro de carga por eje que se prevé va a hacer uso de la vía durante el periodo de diseño. Este método establece algunas condiciones importantes, por ejemplo, la transferencia de cargas depende del tipo de pavimento que se considere, el uso de hombros adheridos al pavimento permite reducir los esfuerzos de flexión y las deflexiones, el uso de una subbase estabilizada permite reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, ya que proporciona superficie de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión.

Incluye dos criterios básicos para el diseño:

**Fatiga:** sirve para mantener los esfuerzos debidos a las cargas repetidas, dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de las cargas sobre las losas de pavimento, producen esfuerzos que se convierten en agrietamientos.

**Erosión:** sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener el control sobre la erosión que se produce en la subbase o subrasante, y los materiales que conforman los hombros. Este criterio es necesario, ya que evita fallas que son independientes de la fatiga que se produce en el pavimento.

### **Módulo de rotura (MR)**

Se refiere a la resistencia a flexión del concreto, y se utiliza en el diseño bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales, por el paso de las cargas repetitivas impuestas por los vehículos pesados, las cuales tienden a producir agrietamiento en el pavimento. Su valor se calcula mediante el ensayo de una viga de 6" x 6" x 30", siendo representativo el valor obtenido al aplicar carga en el tercio, ya que da el valor de resistencia mínimo, dentro del tercio medio de la viga.

Dicho ensayo se aplica a los 7 y 14 días, con el fin de comparar los resultados con las especificaciones requeridas para el control de obra, y para establecer cuando se puede dar la apertura al tráfico. Mientras que el ensayo aplicado a los 28 días, brinda el valor utilizado para el diseño.

#### Módulo de reacción de la subrasante (k)

Se puede estimar por correlación con el valor soporte de la subrasante, no siendo necesario, tener un valor exacto de k, debido a que variaciones mayores en este valor no afectan los espesores de diseño. Éste es igual a la carga que afecta un área determinada, dividida entre la deflexión para dicha carga. En las tablas XIX, XX y XXI; y en la figura 1, se presentan algunas opciones para establecer el valor del módulo de reacción de la subrasante, según sea el caso.

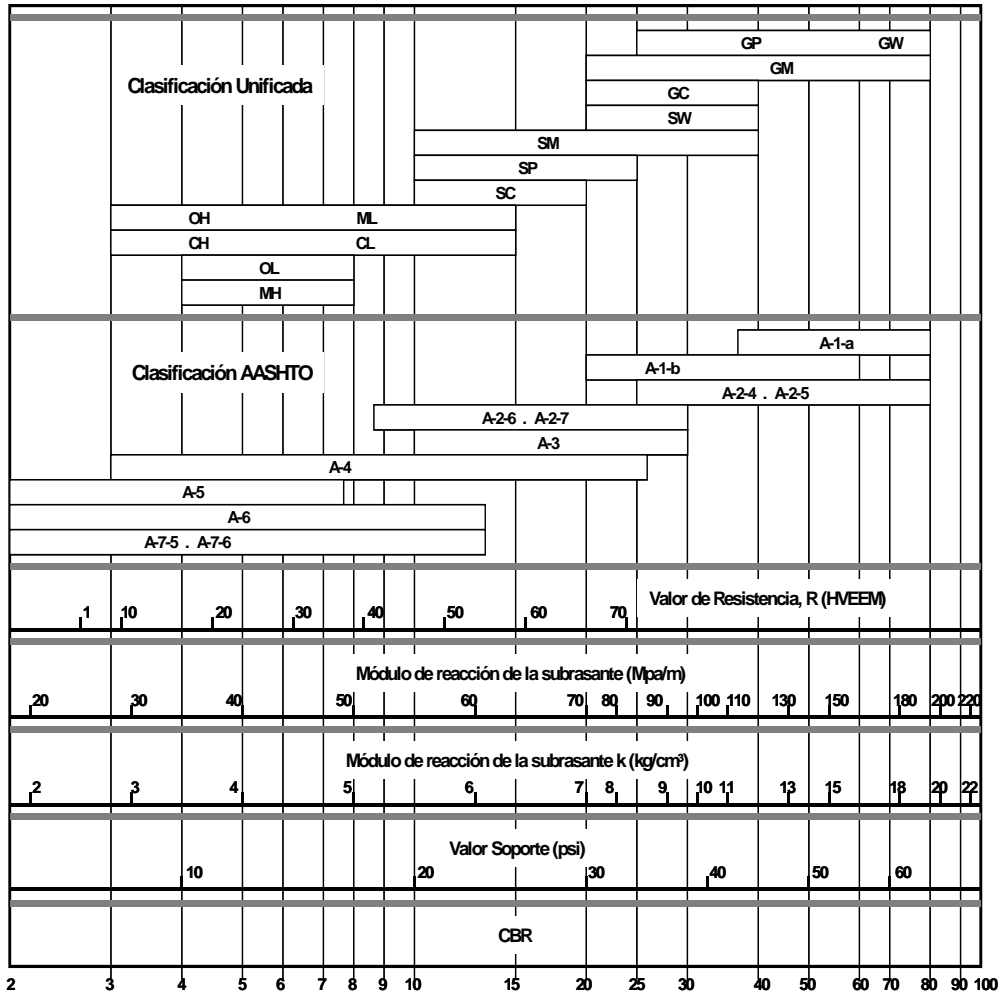
**Tabla XIX. Valores aproximados de módulo de reacción de la subrasante.**

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores de k (lb/plg <sup>3</sup> )
Suelos de grano fino, con limo y arcilla predominante	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con limo y arcilla considerable	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 – 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Fuente: PCA. **Diseño de espesores de pavimentos de concreto para carreteras y calles.**

Pág. 49

**Figura 2. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.**



Fuente: SIECA. Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos. Pág. 70

**Tabla XX. Valores de k para diseño sobre subbases no tratadas.**

Valor de k para la subrasante (lb./plg <sup>3</sup> )	Valor de k sobre la subbase, según el espesor (lb./plg <sup>3</sup> )			
	100mm	150mm	225mm	300mm
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: PCA. Diseño de espesores de pavimentos de concreto para carreteras y calles. Pág. 14

**Tabla XXI. Efecto de la subbase granular sobre el valor de k**

Valor de k para la subrasante (lb./plg <sup>3</sup> )	Valor de k sobre la subbase, según el espesor (lb./plg <sup>3</sup> )			
	100mm	150mm	225mm	300mm
73	85	96	117	140
147	165	180	210	245
220	235	245	280	330
295	320	330	370	430

Fuente: SIECA. Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos. Pág. 71

### Período de diseño

La elección del período de diseño, incide directamente en los espesores del pavimento, en el caso de un pavimento rígido, se considera adecuado tomar un período de diseño de 20 años. Debe ser elegido en función del tipo de carretera, el nivel de tránsito, el análisis económico y el servicio que preste.

### Tránsito

Las características principales del tránsito que se relacionan con el diseño de pavimentos rígidos, son el número de pasadas de ejes y la importancia de las cargas. Las cargas más pesadas por eje que se esperan durante el período de diseño, son las que definen los esfuerzos a los que va a estar sometido dicho pavimento. Los valores de tránsito a obtener son:

TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones

TPDC: tránsito promedio diario de vehículos pesados en ambas direcciones, el cual puede ser expresado como un porcentaje del TPD.

Cargas por ejes de los vehículos pesados.

El tránsito futuro influye de gran manera en el diseño, por esta razón, el tránsito desarrollado es afectado por diferentes factores, los cuales pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6%, que corresponden a factores de proyección del tránsito a 20 años de 1.2 a 1.8.

En el caso de calles residenciales y rurales, en las que hay poco tránsito, las tasas de crecimiento se encuentran debajo del 2% por año, con un factor de proyección de 1.1 a 1.3.

Las tablas se encuentran especificadas para un período de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Para otros períodos de diseño, las estimaciones del tránsito TPDC se multiplican por un factor apropiado para tener un valor ajustado para usar las tablas.

Factor de seguridad de carga (Fsc)

Este método de diseño exige que las cargas reales esperadas, se multipliquen por factores de seguridad de carga, dependiendo el tipo de carretera que sea, así será el factor que deberá emplearse. Se empleará un factor de acuerdo a lo mostrado en la tabla XXII.

### **Método simplificado PCA para pavimentos rígidos**

Este método, es aplicado cuando no es posible obtener el espectro de carga por eje, utilizando tablas basadas en distribución compuesta de tráfico, clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Estas tablas de diseño, están calculadas para una vida útil proyectada de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía. Los pasos a seguir para el diseño son los siguientes:

1. Determinar la categoría de la vía principal del proyecto.

Según la PCA, para poder realizar esta determinación, es necesario establecer que tipo de carretera se trata, según el uso que se le dará, y tomando en cuenta, la carga máxima por eje esperada. Es de menor relevancia, pero siempre debe considerarse, el valor del TPD y del TPD-C, que para este caso, se consideran entre 200-800 y entre 25-40, respectivamente.

A través de la siguiente tabla, se podrá determinar la categoría de carga de la carretera.

**Tabla XXII. Categoría de tráfico en función de la carga por eje.**

Categoría de carga por eje	Descripción	Factor de seguridad	Tránsito			Carga máxima por eje (Kip)	
			TPD	TPD-C		Eje simple	Eje doble
				%	Diario		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)*	1.0	200-800	1-3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto), calles, arterias y carreteras principales (bajo)	1.1	700-5000	5-18	40-1000	26	44
3	Calles, arterias y carreteras principales (medio)	1.2	3000-12000 (2 carriles)	8-30	500-5000	30	52
	Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio)		3000-50000 (4 o más carriles)				
4	Calles, arterias y carreteras principales (alto)	1.3	3000-20000 (2 carriles)	8-30	1500-8000	34	60
	Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (medio a alto)		3000-150000 (4 o más carriles)				

Fuente: PCA. **Diseño de espesores de pavimentos de concreto para carreteras y calles.** Pág. 48

Tomando en cuenta que, se trata de una carretera rural secundaria y los valores de TPD y TPD-C, se establece que la carretera es de categoría 1, con cargas máximas, para eje simple de 22kip y para eje doble de 36kip.

## 2. Determinar el tipo de junta para el pavimento

Para este caso se construirán juntas de trabe por agregados y sin dovelas, a cada 1.50 metros, tanto transversal como longitudinalmente.



### 3. Decidir, incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño

El diseño contempla la integración de cuneta, para confinar, aumentando el soporte en los extremos de la carretera, disminuyendo así, el espesor del pavimento.

### 4. Determinar el módulo de ruptura del concreto

El módulo se estimó como el 15% de la resistencia del concreto a compresión  $f'_c$ , según los parámetros especificados con anterioridad. Por lo que el valor aproximado se toma como  $0.15 \times 4000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$ .

### 5. Determinar el módulo de reacción K de la subrasante

De la figura 1, y según la clasificación del suelo ensayado, se puede escoger un valor de CBR de 15 para la subrasante, con lo cual se puede obtener de la misma figura, un valor de K igual a 225 lb/plg<sup>3</sup>.

### 6. Determinar si se utilizará subbase según los criterios del diseñador

Se utilizará una subbase granular de 20cm de espesor, ya que en la zona se registran precipitaciones importantes, y una base granular de 20cm. Por tanto, el valor de K, obtenido de la tabla XXI, será aproximadamente de 235 lb/plg<sup>3</sup>.

### 7. Determinar el valor soporte del suelo

Con este valor de K y según la tabla XIX, se determina que el tipo de suelo de subrasante es ALTO, catalogando al suelo como Arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.

Determinar el espesor de la losa de concreto se utilizará la tabla XXIII, por tratarse de una vía de categoría 1 con juntas de trabe por agregados.

**Tabla XXIII. TPDC permisible por eje Categoría 1. Pavimentos con juntas de trabe por agregados (No son necesarias doveladas)**

Sin hombros o bordillo					Con hombro o bordillo				
MR	Espesor de losa (plg)	Soporte subrasante-subbase			MR	Espesor de losa (plg)	Soporte subrasante-subbase		
		Bajo	Medio	Alto			Bajo	Medio	Alto
650 PSI	4.5			0.1	650 PSI				
	5	0.1	0.8	3		4		0.2	0.9
	5.5	3	15	45		4.5	2	8	25
	6	40	160	430		5	30	130	330
	6.5	330				5.5	320		
600 PSI	5		0.1	0.4	600 PSI	4			0.1
	5.5	0.5	3	9		4.5	0.2	1	5
	6	8	36	98		5	6	27	75
	6.5	76	300	760		5.5	73	290	730
	7	520				6	610		
550 PSI	5.5	0.1	0.3		550 PSI				
	6	1	6	1		4.5		0.2	0.6
	6.5	13	60	18		5	0.8	4	13
	7	110	400	160		5.5	13	57	150
	7.5	620				6	130	480	

Fuente: PCA. **Diseño de espesores de pavimentos de concreto para carreteras y calles.** Pág. 51

Ya que se incluirá cuneta para dar mayor soporte en los extremos del pavimento, se busca en el lado derecho. El soporte de la estructura, tiene un carácter alto, por lo que al buscar el TPDC de 40 y el MR de 600psi, se obtiene un espesor de 5plg (12.70cms), ya que no se incluirán dovelas, se debe aumentar en un 20% el espesor de losa, obteniendo un espesor final de losa de 15cm, con lo cual se proporciona seguridad frente a eventuales sobrecargas y una mayor duración del pavimento.

Con respecto a la capa de base del pavimento, la PCA da mayor importancia a la uniformidad del apoyo que al grado de resistencia del suelo, considerando que la losa de concreto tiene gran capacidad de distribución de la carga impuesta por el tránsito.

Con frecuencia los materiales que forman parte de la subrasante presentan características favorables, que pueden sustituir las funciones de la base y por lo tanto ésta se hace innecesaria. Las tablas contemplan los criterios de fatiga y erosión en el diseño.

#### **2.2.4.6 Diseño de juntas**

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas durante la construcción o durante su uso, estableciendo una unión adecuada entre ellas, la cual asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento; además, deben proveer una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas, cuando sea especificado.

Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento, y deben protegerse contra la penetración de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas.

##### **Juntas transversales de contracción**

Se construyen de forma transversal a la línea central, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto y por cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento. Para reducir la carga dinámica a través de la junta, y eliminar cargas simultáneas de las llantas, en algunos casos, se construyen juntas de contracción esviajadas.

## Juntas transversales de construcción

Deben construirse al concluir la operación de pavimentación al final del día, en interrupciones planeadas en la colocación del concreto, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación que dure más de treinta minutos. Estas juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en donde se haya planificado alguna junta previamente.

Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central, aún cuando las juntas de contracción estén esviadas. Estas juntas deben llevar dovelas para la transmisión de cargas entre losas, debido a que esta no se puede dar mediante el trabe de agregados. Si se trata de una junta de construcción no planeada, se debe utilizar una junta de tipo macho-hembra con barras corrugadas para la transmisión efectiva de las cargas.

## Juntas de expansión o aislamiento

Se colocan en puntos que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes o al mismo pavimento, en áreas de cambios de dirección del mismo, sobretodo en intersecciones asimétricas.

El vacío entre la subbase o subrasante y el sellador de la junta, debe ser ocupado por un material premoldeado y compresible, el cual debe quedar más o menos 1" por debajo del nivel de la superficie, extendido en el ancho total de la losa y hasta cubrir el espesor restante, para permitir espacio suficiente para colocar el sellador.

Si se trata de una junta con dovelas, éstas se montan en una cápsula de aproximadamente 2" de longitud, las cuales permitan absorber los movimientos de expansión de las losas. Además, a esta cápsula se debe dotar de un sistema que impida que se caiga o salga de la dovela durante la colocación.

Mientras que, si se trata de losas sin dovelas, el espesor de la losa en la junta debe aumentarse en un 20%, para reducir los esfuerzos de borde. La transición de espesor será gradual, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento.

#### Juntas longitudinales

Estas juntas, controlan las grietas irregulares que aparecen, debido a la combinación de carga y alabeo producto del tráfico. Puede ser juntas de contracción o de construcción.

#### Juntas longitudinales de contracción

Dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento donde se colocan dos o más carriles. Debido al poco movimiento que tienen estas juntas, no necesita de una caja para sello, basta con hacer un corte de 3 a 6mm de ancho, con una profundidad de un tercio del espesor de la losa.

Debido a que en estas juntas hay menor cantidad de movimientos, se puede optimizar costos empleando un sellador diferente al empleado en juntas con movimientos mayores.

#### Juntas longitudinales de construcción

Estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas. Necesitan una caja ancha para el sello, de forma que las variaciones longitudinales en el borde de las losas, generadas por el proceso constructivo, puedan ser acomodadas.

### Juntas con esviaje

Son una variación de la alineación de las juntas transversales de contracción y construcción, inclinadas respecto al eje longitudinal del pavimento entre 80 y 100°, o con una relación 1:6. Se busca que la inclinación sea tal que las llantas izquierdas de los vehículos crucen la junta antes que las derechas.

Estas juntas, reducen las deflexiones y los esfuerzos en las juntas, incrementando la capacidad de carga de las losas, y extendiendo la vida del pavimento. Además, disminuyen el impacto de los vehículos al cruzar las juntas.

### Dovelas

Se utilizan en las juntas, para la transferencia de cargas entre las losas, en lugar de la transferencia de cargas a través del trabe de agregados o de una subbase estabilizada. Colocadas a la mitad del espesor de la losa, resisten al corte así como a las cargas a través de la junta, reduciendo de esta manera las deflexiones y los esfuerzos en la junta.

Las dovelas requieren suficiente lubricación, para permitir el movimiento del concreto a lo largo de la superficie de la dovela. Una aplicación de lubricante basado en parafina, emulsión de asfalto, aceite para formaleta o grasa común, proveerá una excelente lubricación. La punta de cada dovela debe estar equipada con un casquete de expansión.

### Barras de sujeción

Se utilizan en las juntas longitudinales, para ligar losas de carriles o franjas contiguas, debiéndose utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor. Cuando la fundición de los carriles se hace separadamente, las barras de sujeción se dejan empotradas en las losas de los carriles previamente construidos.

### **2.2.4.7 Drenaje**

En una carretera, pueden existir tres tipos de flujo diferentes, uno difuso sobre la superficie de la carretera o del terreno cercano a ésta; el flujo superficial, concentrado por elementos longitudinales y transversales; y el drenaje subterráneo, en medios porosos, como las capas del pavimento, las capas y zanjas drenantes y por el cuerpo del relleno o del corte.

Básicamente, para una carretera, se debe lograr que el agua que se encuentra fuera de ésta permanezca fuera, dejando que pase si debe hacerlo, evacuándola rápidamente; además, el agua que está dentro debe salir lo más pronto posible.

El agua en la carretera puede ocasionar riesgos para la circulación; puede dañar la infraestructura de la carretera, produciendo asentamientos de los rellenos, inestabilidad de los taludes, erosiones superficiales en los taludes y la disminución de la capacidad soporte de la explanada. También puede provocar daños en la superestructura, como la progresión de las grietas, contaminación de las capas granulares, erosión interna de los materiales granulares, separación de las capas del firme y otros daños a la integridad del firme. Las obras de drenaje pueden sufrir daños como erosiones, socavaciones y aterramientos.

Para el caso de esta pavimentación, el desagüe superficial será el tratado, el cual es básico porque establece un nivel de seguridad para el correcto funcionamiento de la carretera durante una precipitación, asegura el buen funcionamiento de un eventual drenaje subterráneo, además, permite el acceso adecuado a la carretera cuando la precipitación ha terminado.

#### **Sistema de drenaje longitudinal**

Los caces y las cunetas son los elementos principales de este tipo de drenaje, en el cual, el flujo de agua es paralelo al eje de la carretera. Su principal objetivo es recoger el agua que escurre de la superficie de la carretera y en sus márgenes.

## Caces

Son elementos de drenaje longitudinal, constituidos por una estrecha franja revestida y de poca profundidad. El caudal máximo compatible con una circulación segura está limitado por el ancho del cax, puesto que para un caudal mayor se inunda parcialmente la carretera, haciendo conveniente sobredimensionarlo en un 20% para absorber los defectos constructivos y las pérdidas de carga debidas a las juntas transversales de construcción.

**Figura 3. Sección de caces.**



Por lo general, tienen un ancho entre 0.30 y 1m, con una pendiente, perpendicular al eje de la carretera, menor al 17%, generalmente del orden del 10%, que es el máximo compatible con la seguridad de la circulación para los caces adyacentes a la calzada, aunque pueden emplearse pendientes mayores de existir carril de estacionamiento u hombros, desaguando en tragantes.

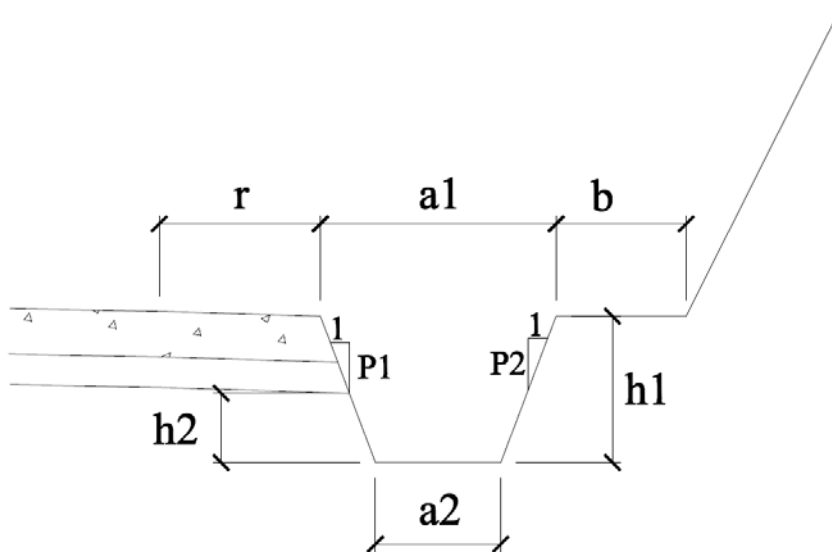


## Cunetas

Las cunetas son los elementos más habituales para el drenaje longitudinal del agua, procedente de la carretera y sus márgenes. Por razones de seguridad para la circulación, se exige que los cajeros de una cuneta no tengan una inclinación mayor a la que resulte de una relación 1:5, y que sus aristas sean redondeadas.

Si se alcanza la capacidad hidráulica de la cuneta, se le puede desaguar a una obra transversal, siendo conveniente que el recorrido del agua no sea excesivo, siendo recomendable una distancia no mayor de 250m.

**Figura 4. Sección típica de cuneta**



Las dimensiones necesarias en una cuneta son las que se muestran en la figura 3, a continuación se hace una descripción de cada una:

Espacio de recuperación ( $r$ ) y pendientes ( $p1$  y  $p2$ )

Si se dispone de un espacio suficiente para la recuperación del control de un vehículo que se salga de la carretera, mediante hombros, arcenes o bermas, la cuneta puede tener una pendiente interior ( $p1$ ) algo elevada.

De lo contrario esta pendiente será baja, de forma que el propio cajero de la cuneta complemente el espacio de recuperación.

La pendiente exterior ( $p_2$ ) puede ser mayor, ya que no es desfavorable la construcción de cunetas asimétricas.

#### Anchura inferior ( $a_2$ )

La forma más usual de cunetas en suelos o rocas blandas es en V, haciendo que el ancho inferior sea cero, ya que su construcción y conservación son más sencillas.

Además, una sección en V mantiene mejor las velocidades al disminuir el radio hidráulico al mismo ritmo que el tirante del flujo. Si hay que excavarla en roca dura, la forma trapezoidal es la más adecuada, además de resultar menos peligrosa en caso de que un vehículo caiga en ella.

#### Berma exterior (b)

Aunque sea reducida, es conveniente disponerla donde los taludes de corte sean erosionables, ya que permiten que las partículas desprendidas se almacenen en ella, retrasando la necesidad de una limpieza de las cunetas.

Hay que definir tramos homogéneos en los que se pueda disponer una misma sección de cuneta, ya que no es conviene que el número de secciones de un proyecto sea elevado, para homogenizar la construcción.

En la mayoría de los casos no es necesario dimensionar hidráulicamente las cunetas, aunque es conveniente comprobar en cada tramo su funcionamiento con el objeto de asegurar una capacidad suficiente. Dicha comprobación puede realizarse a través de la fórmula de Manning.

Es importante tomar en cuenta que el aumento de la pendiente por encima de la crítica, no produce un aumento en el caudal desaguado sino que produce una disminución, además de que si el flujo vuelve a ser lento aguas abajo, se producirá una zona de resalto hidráulico.

Donde la rasante tenga una pendiente muy pequeña, se puede dotar a la cuneta de una pendiente ligeramente superior, de preferencia separándola de la carretera. Las cunetas deben revestirse donde la velocidad del agua pueda erosionar el material, normalmente con una pendiente mayor al 4%, y también donde la pendiente sea menor a 0.5%, para disminuir la rugosidad de las paredes, asegurando el flujo del agua.

### **2.2.5 Especificaciones técnicas y de mantenimiento**

Limpia, chapeo y destronque

Consiste en quitar la vegetación dentro de los límites del derecho de vía o en el ancho en que trabajará la carretera, así como en las áreas designadas para bancos de préstamo. Este trabajo, incluirá la eliminación de rótulos, postes, zampeados, alcantarillas menores a 3m de luz, y todos los elementos que puedan obstaculizar los trabajos en la carretera.

Los troncos, raíces y otros materiales, deberán ser quitados en una profundidad no menor de 60cm por debajo del nivel de la subrasante terminada.

Trazo

El trazo del camino se hará conforme a lo que indiquen los planos, siguiendo la línea central, así como los datos de rasante, pendientes, curvas horizontales y verticales, etc.

Al ejecutar la obra, se deberá hacer el replanteo en detalle a cada 20m, colocando las estacas de construcción; además, se deberá correr una nivelación a lo largo del trazo de la calle a pavimentar para marcar todas las cotas de subrasante contenidas en los planos.

#### Reacondicionamiento de subrasante existente

Consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de la carretera existente, para adecuar su superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, a fin de regularizar y mejorar las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

Se debe escarificar el suelo de subrasante hasta una profundidad de 200mm, eliminando las rocas mayores de 100mm, se debe ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos en un espesor no mayor de 200mm. El suelo de subrasante en el área de reacondicionamiento, deberá tener una humedad dentro de un rango de  $\pm 3\%$  de la humedad óptima, hasta lograr el 95% de compactación respecto a la densidad máxima, además, se establece una deflexión máxima para la capa de subrasante reacondicionada de 3mm.

#### Subbase granular

Se deberá colocar el material sobre la subrasante preparada, a través de camiones de volteo o con motoniveladora, de forma que se distribuya en una capa de material uniforme y sin segregación, no menor de 3m de ancho. La capa de material colocado nunca deberá ser menor a 100mm ni mayor a 300mm. La distancia máxima a que puede ser colocado el material, medida desde el extremo anterior de la capa terminada, en ningún caso debe ser mayor de 4 kilómetros.

Luego se homogeneizará el material empleando una motoniveladora, agregando la cantidad de agua necesaria, para poder conformar y compactar el material hasta que alcance su densidad máxima, ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de la pavimentación.

Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193, mínimo de 40, efectuado sobre muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASHTO T 180.

#### Carpeta de rodadura

Las losas de concreto deben ser construidas sobre la subbase preparada, debiendo estar la superficie nivelada, de acuerdo a la sección típica de pavimentación y sin baches, de existir éstos, deberán ser llenados con material de subbase y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto.

#### Formaletas

Deberán colocarse en cantidad suficiente, debiendo ser asentadas sobre la superficie, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la subbase con pines de hierro a no más de 1m, debiendo colocar un perno en el extremo de cada pieza, a cada lado de la junta, de modo que soporten, sin deformación o movimiento, la colocación y el vibrado del concreto.

Además, deben estar limpias y engrasadas, previo a la colocación del concreto, y no deben desviarse respecto al eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3mm por cada 3m.

Las formaletas deberán de permanecer hasta que la orilla del pavimento no requiera más la protección de las formaletas, pero en ningún caso se quitarán antes de 24 horas de haber colocado el concreto.

## Colocación del concreto

Todo el concreto usado debe ser fresco, no permitiéndose el reblandamiento de cualquier concreto que haya fraguado parcialmente, además, no debe mostrar mal proporcionamiento de materiales, exceso o falta de agua, o consistencia inadecuada. La mezcla de concreto debe ser trabajable y tener un asentamiento determinado entre 1 y 2 ½ plg.

Se debe producir y suministrar concreto en forma tal que permita una fundición continua, sin que ninguna porción adyacente de concreto, fragüe antes. Los métodos de transporte, manejo y colocación del concreto deben minimizar la remanipulación del concreto y prevenir daños a la estructura que se está fundiendo o colando.

Debe ser distribuido uniformemente entre las formaletas tan pronto como sea colocado, y si es necesario mover el concreto ya colocado, deberá hacerse con palas y no con rastrillos, para evitar que los agregados gruesos, sean conducidos a un solo punto. Tampoco se debe permitir transportarlo con la acción del vibrador de inmersión.

El concreto debe colocarse previniendo la segregación, debiendo ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, a través de vibradores adecuados, sin permitir el contacto de éstos con las formaletas. Las depresiones observadas, deben llenarse de inmediato con concreto fresco y las partes altas cortadas con la llana, para cumplir con las tolerancias de la superficie del pavimento indicadas.

El concreto debe de ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradores de rodillos, preferiblemente montados sobre ruedas, para aplicar la vibración directamente sobre todo el ancho de la losa de concreto, y no sobre las formaletas. También pueden usarse vibradores de inmersión, como complemento.

No debe permitirse que los vibradores operen en contacto con las formaletas o con el acero de refuerzo o de las juntas.

Si se hace un apisonado a mano, se hará con un apisonador manual de madera que cubra todo el ancho del concreto colocado, dándole un movimiento vertical y longitudinal, levantándolo desde la formaleta y dejándolo caer unas cuatro veces en cada lugar, de manera que el concreto quede eficazmente compactado y apisonado, obteniendo la sección transversal especificada, logrando que el mortero fluya ligeramente hacia la superficie.

Si la pendiente es mayor al 5%, también se usará un apisonador liviano, que deberá seguir el trabajo del primero de la misma forma, removiendo las ondulaciones causadas por el escurrimiento del concreto. Después que el concreto ha sido compactado, deberá ser alisado con una plancha de madera.

Las operaciones de amasado y apisonado deberán dejar un pavimento satisfactorio, con la superficie lisa y uniforme, con la pendiente de acuerdo a la sección transversal, y libre de agujeros e irregularidades.

#### Construcción de juntas

Las juntas se podrán hacer directamente en el concreto fresco, con cuchillas metálicas o plásticas, o con sierras metálicas que se puedan introducir y retirar del concreto, dejando una ranura limpia y sin obstrucciones, del tamaño y profundidad requeridos. Las juntas transversales de construcción y las juntas de expansión, se harán utilizando las formaletas, cuando se coloquen dovelas, se deberá dejar previsto el espacio para su colocación en las formaletas.

Las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento, y deben protegerse contra la penetración de materiales perjudiciales hasta que sean selladas.

Para juntas de expansión o aislamiento contra estructuras fijas como bordillos o muros que no requieren formaleta, ésta se reemplaza por tiras de material compresible de por lo menos 15mm de espesor y de una profundidad superior a la losa, adosados a la estructura, las cuales se engrasan antes de colocar el concreto para facilitar su posterior remoción.

También podrán hacerse aserrando cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para posibilitar dicho corte sin causar roturas o desportillamientos en los bordes, y antes de que se produzcan grietas de contracción no controladas. El ancho, profundidad, separación y alineamiento de las ranuras será la que se especifique en los planos para todas las juntas transversales y longitudinales de contracción.

La junta ya cortada y la superficie adyacente del concreto deben limpiarse adecuadamente. Por lo general, se recomienda iniciar los cortes en forma continua, a partir del momento en que los equipos de corte no produzcan huellas en la superficie.

Cuando las juntas deban ser selladas, se hace un ensanche de la ranura para formar la caja de sello, o se realiza un corte de discos abrasivos de ancho suficiente para realizar los cortes más anchos de una sola pasada. Una vez hecho el aserrado, debe reponerse la membrana de curado sobre y a los lados de la junta recién cortada.

#### Acabado

El objetivo del acabado de la superficie es mejorar las cualidades antideslizantes del pavimento, en particular cuando se encuentra mojado. El acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua, estando el concreto aún en estado plástico. Deberá comprobarse la exactitud de la superficie de la losa con un escantillón de 3m de longitud, el cual debe colocarse en posiciones aleatorias sobre toda el área de la franja o carril, que no esté afectada por cambio de pendientes; las depresiones o excesos no deben ser mayores de 3mm.



El texturizado grueso, micro texturizado o ranurado se debe hacer por medio de un bastidor provisto de un peine o rastrillo de cerdas metálicas planas ligeramente flexibles espaciadas entre 12 y 25mm. El ancho de las cerdas debe ser de 3.2mm y se deben aplicar cuando el concreto está aún plástico de manera que las ranuras formadas tengan una profundidad mínima de aproximadamente 3.2mm pero nunca mayor de 6.4mm.

Las aplicaciones deben ser continuas a lo ancho de la franja o carril del pavimento, produciendo un ranurado transversal homogéneo, procurando que las pasadas del peine sean lo más cercanas posibles sin que lleguen a producir traslapes.

Se podrá hacer un engravillado cuando el concreto se encuentre en estado fresco, mediante la distribución de áridos poco pulimentables, con un tamaño entre 10 y 20mm, a razón de 8kg/m<sup>2</sup>, incrustándolos mediante vibración con un equipo apropiado. Inmediatamente a continuación se aplica el curado,

#### Curado

La superficie deberá ser cubierta con telas de lino empapadas durante las primeras 24 horas después de colocado, debiendo ser removidos hasta que se vaya a colocar el material de curado final. El curado final podrá hacerse dejando las telas, manteniéndolas empapadas durante el período de curado; también se podrá hacer anegando la superficie con agua, colocando diques que ayuden a mantener el agua sobre la totalidad de la superficie.

#### Mantenimiento

Una de las principales ventajas del pavimento rígido, es su durabilidad y la reducida conservación que necesita, siempre y cuando esté bien proyectado y construido. Además de estos aspectos, también es importante, una gestión programada, que prevea a tiempo, tanto los trabajos periódicos de conservación como las eventuales reparaciones.

La naturaleza de las reparaciones, deberá basarse en un análisis profundo, en el que se establezcan las posibles causas de los desperfectos. Se debe eliminar las posibles causas del desperfecto, antes de proceder a realizar las reparaciones. Es importante realizar un seguimiento de la carretera de concreto, el cual se base en una inspección visual periódica, que permita establecer los trabajos de conservación y reparación necesarios.

Los parámetros a medir mediante la inspección visual son:

- Figuración, estado de las juntas y del sellado, puntos con acumulación de agua, defectos localizados, etc.
- Medida de las características superficiales del pavimento, en especial su regularidad superficial y sus cualidades adherentes.
- Medición de los movimientos de las losas en las juntas transversales al paso de vehículos pesados.

En la tabla XXIV, se presentan los defectos más comunes en los pavimentos rígidos, así como las posibles causas de los mismos. La información presentada en esta tabla, debe tomarse en cuenta, no solo al momento de diseñar el pavimento, sino también al construirlo, a fin de evitar que se presenten estos problemas.

**Tabla XXIV. Defectos en pavimentos rígidos y posibles causas.**

DEFECTO	POSIBLES CAUSAS
Fisura transversal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor de losa insuficiente</li> <li>• Falta de capacidad soporte del apoyo del pavimento</li> <li>• Resistencia insuficiente del concreto</li> <li>• Longitud de losa excesiva</li> <li>• Serrado tardío de juntas transversales</li> <li>• Bloqueo de juntas por colocación incorrecta de los pasadores</li> <li>• Deflexión de las losas al paso de las cargas (soporte erosionable)</li> <li>• Fatiga</li> </ul>
Fisura longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimientos de la explanada debido a variaciones del contenido de agua</li> <li>• Ancho de losa excesivo</li> <li>• Insuficiente profundidad de aserrado de la junta longitudinal</li> </ul>
Deflexiones de losas Bombeo de finos en las juntas Escalonamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concepción errónea de las juntas y/o disposiciones constructivas incorrectas</li> </ul>
Sellado de juntas defectuoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de un producto de sellado de mala calidad o puesta inadecuada</li> </ul>
Desportillados en las juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción de partículas duras en las juntas mal selladas</li> <li>• Concreto de mala calidad en la junta</li> </ul>
Levantamientos de losas por pandeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presiones de compresión excesivas (ejecución en invierno)</li> <li>• Calidad deficiente del concreto en puntos localizados (en especial juntas de construcción)</li> </ul>
Figuración superficial Desportillados Desgaste prematuro de la superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente protección del concreto joven</li> <li>• Insuficiente resistencia del mortero (relación a/c excesiva)</li> </ul>
Figuración generalizada o rotura en bloques de las losas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamiento inadecuado del pavimento</li> <li>• Formación de huecos en el apoyo de las losas</li> </ul>
Asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformación permanente del soporte por compactación insuficiente o variación de la humedad del mismo</li> <li>• Presencia de un suelo compresible</li> </ul>
Falta de adherencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de materiales poco resistentes al desgaste para el tráfico que soporta la carretera</li> </ul>

Fuente: FICEM. **La carretera de hormigón: Guía práctica para la transferencia de tecnología.** Pág. 41

### Reparación de espesor parcial

Consiste en el bacheo en daños en la superficie del pavimento, el cual debe quedar con una apariencia similar a la del pavimento existente. Se debe utilizar un mortero epóxico o un concreto con polímeros para reparar baches con una profundidad menor o igual a 40mm.

Se debe romper el concreto dentro del área de bacheo hasta una profundidad mínima de 40mm para exponer el concreto sano y limpio. Si la profundidad a reparar excede los 100mm, se debe remover y reemplazar la losa del área de la reparación, con una losa de ancho y profundidad necesarios. Las superficies expuestas del concreto se deben limpiar con un chorro de arena.

El adhesivo de resina epóxica, debe ser aplicado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, retrasando la colocación del concreto hasta que el epóxico esté pegajoso. Luego se debe colocar y consolidar la mezcla del bacheo para eliminar vacíos entre el concreto existente y la nueva mezcla. Se le debe dar un acabado de manera que sea consistente con el plano y la textura del pavimento contiguo.

### Resellado de juntas

Se debe eliminar el material de sellado existente con una sierra, hasta una profundidad mínima de 2.5 veces el ancho de la junta. Luego se limpian los bordes de la junta con un cepillo metálico o aire comprimido, hasta dejar expuesta una superficie nueva y limpia en el concreto. En esta área, se podrá acomodar el respaldo de esponja y se tendrá la profundidad requerida para aplicar el nuevo sellador, de igual forma que en un pavimento nuevo.

## Reparación de fisuras y grietas

Este trabajo consiste en la reparación y sellado de fisuras y grietas existentes en el pavimento de concreto, las cuales pueden ser transversales, longitudinales, de esquina, en bloque, inducidas, por mal funcionamiento de las juntas o losas subdivididas.

Deberá usarse una contorneadora que permita la limpieza y exposición de las caras limpias del concreto, hasta una profundidad de 20mm. Cuando la fisura sea muy ancha y las condiciones lo permitan, deberá colocarse una esponja de respaldo y el sellador, como en el sellado de juntas.

Cuando una grieta errática transversal termine o cruce una junta de contracción transversal, la parte no fisurada de la junta será sellada con un mortero con resina de epóxico y la ranura será corregida y sellada. Cuando una fisura o grieta errática transversal corra paralela a una junta de contracción, a una distancia igual o menor a 1.50m de la junta, la fisura será rectificada y sellada, y la junta se rellenará con un mortero con resina de epóxico. Si la fisura transversal errática esta a más de 1.50m de la junta de contracción más próxima a ella, la junta y la fisura serán selladas.

Las grietas erráticas que sean estrechas y no penetren en el espesor total del pavimento deben ser dejadas en el estado en que se las encontró.

## Reparación de losas defectuosas

Los defectos podrían tratarse de un levantamiento de losas, dislocamiento, hundimiento, deficiencia en el sellador o un desportillamiento. Las losas que se encuentren rotas, con fisuras erráticas, juntas de contracción ineficientes cercanas a la fisura, o desprendimientos a lo largo de juntas y fisuras; serán reemplazadas o reparadas antes de completar el sellado de juntas. Si la losa contiene fisuras múltiples a través del espesor total de la misma, las cuales la separen en tres o más partes, deberá ser removida y reemplazada.

Si la losa presenta una fisura única y en forma diagonal, que intercepte a las juntas transversales y longitudinales dentro de un tercio del ancho y largo de la losa, desde la esquina, será reparada mediante el reemplazo de la porción menor de la losa, que quede a un costado de la fisura.

Las roturas de bordes serán reparadas mediante un corte a por lo menos 25mm fuera de las zonas afectadas y en una junta, hasta una profundidad de 50mm o 1/6 del espesor de la losa, eligiendo la mayor de ellas. Se debe limpiar hasta encontrar el concreto sano y se aplicará una capa de liga de resina de epóxico antes de colocar el nuevo concreto.

Si las zonas rotas deben ser reparadas cerca de una junta de construcción o una fisura de trabajo que penetren en el espesor total de la losa, debe utilizarse algún material que permita que no se peguen las partes en contacto, de forma que estas juntas o fisuras, se mantengan en su condición original durante las tareas de reparación.

Las zonas de panales de abeja que se encuentren luego del retiro de los moldes serán consideradas como trabajo defectuoso y deben ser removidas y reemplazadas. Ninguna zona o sección de pavimento a remover tendrá una longitud menor de tres metros ni un ancho inferior al ancho total de la losa cuestionada.

Cuando sea necesario remover una sección del pavimento y deben permanecer porciones de losa cercanas a la junta, que tengan menos de 3m de longitud, deben ser movidas y reemplazadas.

#### Estabilización o elevación del pavimento

Esta operación consiste en inyectar un mortero de cemento más o menos líquido y de endurecimiento rápido, a través de unos agujeros taladrados en el pavimento. Esto se hace con el fin de estabilizar o levantar las losas asentadas, en particular cerca de las juntas, en el caso de bases no estabilizadas y/o erosionadas.

Además, se busca restablecer la regularidad del pavimento perjudicada por asentamientos de la explanada o de los terraplenes.

Los agujeros deben perforarse redondos, verticales y con un diámetro menor de 50mm. Se debe introducir dentro del agujero una manguera que conecte la planta de producción de la lechada al agujero. No se debe permitir que el extremo de descarga de la manguera se extienda debajo de la superficie inferior del pavimento de concreto.

Si la sobre elevación es mayor de 25mm o si grietas en cualquier agujero de inyección, se debe remover y reemplazar la parte o el pavimento afectado. Después de que el mortero haya fraguado y se remuevan los tapones del agujero, se debe remover todo el mortero de los agujeros en toda la profundidad de la losa y éstos deben ser llenados con un mortero epóxico. Se deben reparar los agujeros dañados.

### **2.2.6 Evaluación de impacto ambiental**

Para el proyecto pavimentación, es necesario definir la situación en la que se encuentra la zona, desde el punto de vista de riesgo como el de vulnerabilidad. El primero, se refiere a la condición de peligro, y el segundo a la posibilidad de que ocurra un desastre.

Se deben considerar los agentes naturales o artificiales que intervienen y que pueden inducir un desastre; el conjunto de elementos que pueden ser afectados; y las medidas necesarias para mitigar, disminuir o eliminar la vulnerabilidad.

### Impactos de las carreteras a nivel de terracería

- Dificultades para el tránsito normal de vehículos, sobre todo en época lluviosa, afectando la economía, salud, etc. de los pobladores del sector.
- Durante el verano, se producen polvaredas con el tránsito de vehículos, ocasionando contaminación del aire; durante el invierno, el agua no puede ser evacuada de la vía, dañando la carretera, además, se forman acumulaciones de agua que se convierten en focos de contaminación y enfermedades.
- Debido a la falta de pavimento y drenajes, el agua de lluvia no puede ser llevada hacia desfogues, por lo que el agua provoca erosión.
- Impacto negativo al paisaje, sobre todo durante la época de invierno.

### Medidas de mitigación

Es necesario tomar en cuenta todos los factores importantes relacionados con el control que se pueda brindar durante la construcción o la operación de la pavimentación.

A partir de estos factores, se establecerá un plan de mitigación destinado a la prevención, reducción, minimización de los impactos negativos al ambiente, así como a la corrección o restauración del medio ambiente.

### Impacto negativo de la ejecución

Al igual que para el drenaje sanitario de la zona 4, durante la ejecución de la pavimentación, los habitantes podrán verse afectados en pro del desarrollo del sector, la salud pública y el ambiente. Básicamente, los efectos serán los mismos que producirá la ejecución del drenaje sanitario.



## Impacto positivo de la ejecución

Producto de la ejecución de la pavimentación de este tramo, se darán una serie de efectos positivos, tanto para la población como para el medio ambiente. Dentro de estos impactos se pueden mencionar:

- Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del parcelamiento Barriles, ya que con la carretera pavimentada, podrán desarrollarse económica, social y culturalmente; además de tener mayor acceso a la educación, salud, y otros servicios públicos básicos.
- Reducción de enfermedades respiratorias, al eliminar las polvaredas producidas por el tránsito en la carretera.
- Eliminación de flujos superficiales sin cauce, producidos durante la época lluviosa.
- Eliminación de la erosión producida por el flujo de aguas de lluvia.
- Reducción de focos infecciosos, producto de la eliminación de aguas estancadas.
- Reducción de la contaminación visual, sobre todo la producida durante la época de invierno.

### 2.2.7 Presupuesto del proyecto

A continuación, se presenta el presupuesto general para la ejecución de la pavimentación, el mismo se encuentra dividido en renglones y subrenglones, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla XXV. Presupuesto del pavimento rígido**

RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>				
BODEGA	1	global	Q 10,320.00	Q 10,320.00
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	4836	ml	Q 12.00	Q 58,032.00
<b>EXCAVACIONES</b>				
NO CLASIFICADA	3331	m3	Q 41.33	Q 137,670.23
NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	5889	m3	Q 41.33	Q 243,392.37
<b>PAVIMENTO</b>				
REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE	36754	m2	Q 10.46	Q 384,446.84
SUBBASE GRANULAR	7350	m3	Q 139.32	Q 1,024,002.00
BASE GRANULAR	6964	m3	Q 265.30	Q 1,847,549.20
CONCRETO HIDRÁULICO	4353	m3	Q 1,610.05	Q 7,008,547.65
CORTE Y SELLO DE JUNTAS	33858	ml	Q 25.00	Q 846,450.00
<b>DRENAJE</b>				
CUNETAS	9672	ml	Q 164.82	Q 1,594,178.18
CABEZAL Ø 30"	3	unidad	Q 5,150.75	Q 15,452.24
CAJA PARA DRENAJE TRANSVERSAL	3	unidad	Q 3,801.23	Q 11,403.69
DRENAJE TRANSVERSAL TC Ø 30"	24	ml	Q 1,255.91	Q 30,141.84
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>Q 13,211,586.24</b>

### 2.2.8 Cronograma del proyecto

En la siguiente tabla, se presenta el cronograma estimado para la ejecución de la pavimentación, al igual que el presupuesto, se encuentra dividido en renglones y subrenglones, con el tiempo que durará cada uno.

**Tabla XXVI. Cronograma del pavimento rígido**

RENGLÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
<b>PRELIMINARES</b>								
BODEGA	■							
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>EXCAVACIONES</b>								
NO CLASIFICADA		■	■	■	■	■	■	■
NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO		■	■	■	■	■	■	■
<b>PAVIMENTO</b>								
REACONDICIONAMIENTO DE SUBRASANTE		■	■	■	■	■	■	■
SUBBASE GRANULAR		■	■	■	■	■	■	■
BASE GRANULAR		■	■	■	■	■	■	■
CONCRETO HIDRÁULICO				■	■	■	■	■
CORTE Y SELLO DE JUNTAS				■	■	■	■	■
<b>DRENAJE</b>								
CUNETA			■	■	■	■	■	■
CABEZAL Ø 30"			■					
CAJA PARA DRENAJE TRANSVERSAL			■					
DRENAJE TRANSVERSAL TC Ø 30"			■					

## **2.2.9 Evaluación socio-económica**

Para este proyecto, por tratarse de un proyecto social en el que la población será beneficiada directamente, se hará un análisis desde el punto de vista social. El proyecto será comprendido como una inversión que realizará el Gobierno de Guatemala, en el cual no se recupera dicha inversión y la atención estará enfocada en la cantidad de beneficiarios que atenderá el proyecto.

### **2.2.9.1 Valor presente neto**

El valor presente neto del proyecto, será de menos Q.13,211,586.24 correspondiente al costo del proyecto, el cual será desembolsado en el período 0, y debido a que es una inversión social, no tendrá ningún ingreso o rentabilidad.

### **2.2.9.2 Tasa interna de retorno**

Al igual que el caso del drenaje sanitario, al no existir ningún ingreso inicial ni anual, el proyecto no presenta una tasa interna de retorno, ya que el fin del proyecto será el beneficio social.



## CONCLUSIONES

1. El drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate contará con 2,140m de tubería PVC de 6", 37 pozos de visita y 180 conexiones domiciliarias con tubería PVC de 4"; esto para dar una solución a los problemas sanitarios de dicha zona.
2. El sistema de tratamiento de aguas residuales contará con 3 fosas sépticas y 18 pozos de absorción, dispuestos en baterías de 6 pozos por fosa séptica.
3. El costo directo del drenaje sanitario es de Q. 1,175,900.90, con un costo unitario de Q.549.49 por metro lineal. El sistema de tratamiento de aguas residuales tendrá un costo directo de Q. 596,598.54; por lo que el proyecto tendrá un costo directo total de Q. 1,772,499.44.
4. Para brindar mejores condiciones de acceso a los habitantes del parcelamiento Barriles, se diseñó un pavimento rígido de 4.836km de longitud y 5.50m de ancho, el cual tendrá 15cm de espesor, para brindar seguridad ante las condiciones actuales de tráfico y las eventuales sobrecargas que puedan darse.
5. Para la eliminación del agua de la carretera, se construirán cunetas en ambos lados y en toda la longitud de la misma, las cuales desfogarán en diferentes puntos, para evitar que trabajen a su máxima capacidad y evitar que se vuelvan poco eficientes.
6. El costo directo de la pavimentación es de Q. 13,211,586.24, con un costo de Q. 2,731,924.37 por kilómetro pavimentado.



## RECOMENDACIONES

1. La municipalidad de Tiquisate deberá establecer un programa de supervisión durante la construcción de ambos proyectos, para que ambos sean ejecutados siguiendo las especificaciones técnicas, que permitan la obtención de los mejores resultados.
2. El supervisor deberá velar porque se utilicen los materiales indicados, respetando las dimensiones y especificaciones de éstos, para garantizar el funcionamiento de ambos proyectos de acuerdo a su diseño.
3. Es importante involucrar a la población beneficiada con ambos proyectos, en un programa de mantenimiento preventivo, que garantice el buen funcionamiento de los mismos durante su período de vida útil.
4. La municipalidad de Tiquisate deberá realizar por lo menos una inspección anual en ambos proyectos, en la cual se establezca el estado de los proyectos y su funcionalidad.
5. Es importante que al observar alguna falla en cualquiera de estos proyectos, se le de solución mediante el proceso de mantenimiento correctivo, lo más pronto posible, para evitar mayores daños y pérdida de capacidad en ambos proyectos.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Cajón López, Norma Liseth. Diseño de la red de drenaje sanitario, drenaje pluvial y pavimentación de acceso a la aldea Pajcó, Camotán, Chiquimula. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Septiembre 2007. 217PP
2. Coronado, Jorge. **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos**. SIECA. Guatemala, 2002.
3. Dirección General de Caminos. **Diseño de espesores de Pavimentos de Concreto para Carreteras y Calles**. División Técnica, Guatemala, 1985, 99pp
4. Dirección General de Caminos. **Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes**. Guatemala, 2000.
5. Gómez Herrera, Mayly Allely. Diseño de drenaje pluvial de la Calle Real y diseño de drenaje sanitario para la aldea San José La Rinconada y pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia la aldea San José La Rinconada, municipio de Jocotenango, departamento de Sacatepéquez. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Septiembre 2007. 141PP
6. INFOM. **Normas Generales para Diseño de Alcantarillados**. Guatemala, 2001, 31pp
7. Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL). **Especificaciones Especiales**. Guatemala, 2007, 181pp



# **ANEXOS**

## **Anexo 1. Pruebas de laboratorio**

**Constructora ACG**  
**Ing. Alvaro C. Guillermo**

6 C., Lote 4 "A", Col. El Recreo, Amatitlan.  
Guatemala C. A.  
Teléfono: 6635-3925  
Cel: 5526-7466

ASFALTO, PAVIMENTO Y  
CONTROL DE CALIDAD DE  
GUATEMALA

Guatemala 02 de Mayo de 2008.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez  
Presente.

Estimado Ingeniero:

Por este medio tengo el agrado de presentarle el informe acerca de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados al material del de Sub-Rasante del Proyecto: Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, municipio de Tiquisate, Escuintla, proporcionada por usted, obteniendo los siguientes resultados:

Ensayo	Resultado
Pasa 3"	100.0
Pasa 2"	100.0
Pasa # 4	86.8
Pasa # 200	28.4
P.U.S.Suelto. (lb/pie <sup>3</sup> )	73.8
Limite Liquido	36.6
Indice de Plasticidad	20.8
P.U.S.Max. (lb/pie <sup>3</sup> )	96.3
Humedad Óptima (%)	23.5
Factor de Compactación (%)	23.4
C.B.R.	38.5
Clasificación AASHTO	A-2-6
Clasificación SUCS	SC

Sin otro particular y en espera de aclarar cualquier duda al respecto, me suscribo de usted.

Atentamente,



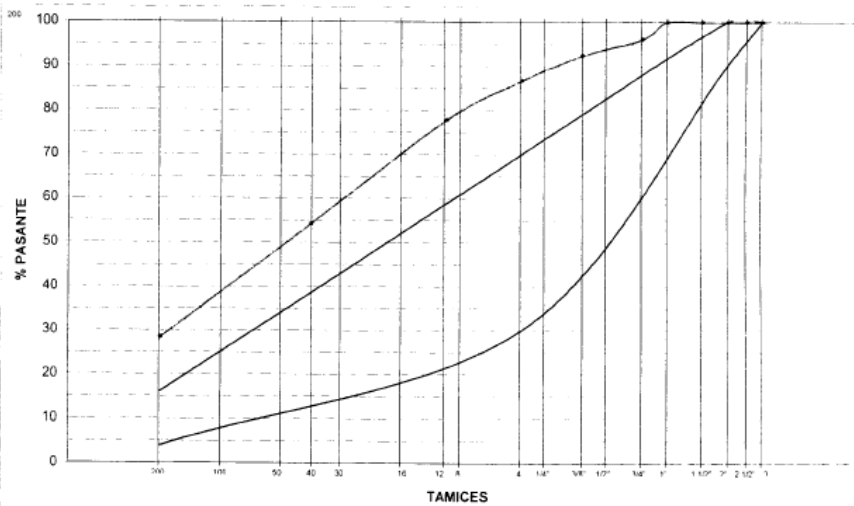
**CONSTRUCTORA ACG**  
Laboratorio y  
Control de Calidad

**Ing. Alvaro Cesar Guillermo Estrada**  
**CONSTRUCTORA A.C.G.**  
Control de Calidad

<b>Constructora ACG</b> 6 C. Lote 4 "A", Col. El Resaca Aramitan, Tel. 5526-7466	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Analisis Granulometrico</b> <b>AASHTO T - 11, T - 27 y T - 37</b>	<b>Asfaltos, Pavimentos y</b> <b>Control de Calidad de</b> <b>Guatemala</b>


<b>PROYECTO :</b> Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles. <b>INTERESADO:</b> ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ <b>MUNICIPIO:</b> TIQUISATE, ESCUINTLA. <b>CLASE DE MATERIAL :</b> ARENA CON GRAVILLA Y ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	<b>FECHA :</b> 21/04/2008 <b>CAPA:</b> SUB-RASANTE
--	---

Tamices		Pesos Retenidos (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Material Pasante (%)	Especificaciones % Pasante (min - max)	Descripcion del Material	
Denominación	Abertura (Pulgadas)						TMN:	
3"	3	0.0	0.0	0.0	100.0	100	3/8"	
2 1/2"	2.5	0.0	0.0	0.0	100.0		Peso Muest.	1344.20 gr.
2"	2	0.0	0.0	0.0	100.0	90 - 100	% de Grava:	13.2
1 1/2"	1.5	0.0	0.0	0.0	100.0		% de Arena:	58.4
1"	1	0.0	0.0	0.0	100.0		% Pasa # 200:	28.4
3/4"	0.75	52.5	52.5	3.9	96.1		L.L.:	36.60
3/8"	0.375	102.2	49.7	7.6	92.4		L.P.:	15.83
No. 4	0.187	177.8	75.6	13.2	96.8	30 - 70	I.P.:	20.77
No. 10	0.0787	297.7	119.9	22.1	77.9		Eq. De Arena:	
No. 40	0.0185	614.1	316.4	45.7	54.3		P.V.S.S.:	73.80 Lb/pe <sup>3</sup>
No. 200	0.0029	962.4	548.3	71.6	28.4	4 - 16	P.V.S.C.:	



**OBSERVACIONES:**

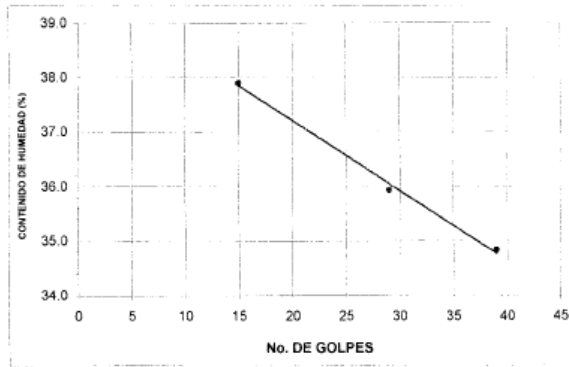
LOS AGREGADOS FUERON LAVADOS POR EL TAMIZ 200.  
 LA ESPECIFICACION ES DE MATERIAL DE BALASTO "COVIAL"

  
**CONSTRUCTORA ACG**  
 Laboratorio y  
 Control de Calidad

<b>Constructora ACG</b> 6 C, Lote 4 "A", Col. El Recreo Amatlán Tel. 5526-7406	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>Asfaltos, Pavimentos y Control de Calidad de Guatemala</b>
	<b>Límite Líquido y Límite Plástico (Límites de Consistencia)</b> <b>AASHTO T - 89 y T - 90</b>	

PROYECTO:	Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles.		
INTERESADO:	ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ		
MUNICIPIO:	TIQUISATE, ESCUINTLA.	FECHA:	21/04/2008
CLASE DE MATERIAL:	ARENA CON GRAVILLA Y ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	CAPA:	SUB-RASANTE

TARA	PESO TARA	TARA + SUELO HÚMEDO	TARA + SUELO SECO	PESO AGUA	SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA	NUMERO DE GOLPES
No.	grs.	grs.	grs.	grs.	grs.	%	
<b>L I M I T E L I Q U I D O</b>							
4	13.49	24.56	21.70	2.86	8.21	34.84	39
5	13.48	24.45	21.55	2.90	8.07	35.94	29
6	13.58	22.24	19.86	2.38	6.28	37.90	15
<b>L I M I T E P L A S T I C O</b>							
T4	7.12	18.75	17.18	1.57	10.06	15.61	
T5	7.23	19.15	17.48	1.67	10.25	16.29	
T6	7.24	22.43	20.38	2.05	13.14	15.60	
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>							<b>15.8</b>



RESUMEN	
Clasificación S U C S	SC
Clasificación AASHTO	A-2-6
Límite Líquido	36.6
Límite Plástico	15.8
Índice de Plasticidad	20.8

**OBSERVACIONES:**

EL MATERIAL UTILIZADO PARA LOS LIMITES DE CONSISTENCIA PASA TAMIZ # 40

---



---



---



---

**CONSTRUCTORA ACG**  
 Laboratorio y  
 Control de Calidad



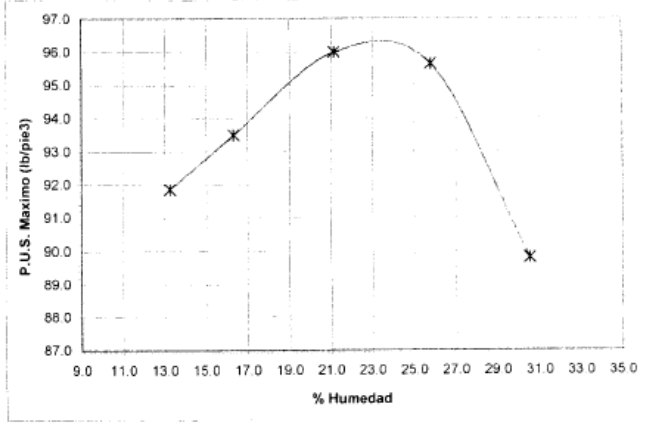
<b>Constructora ACG</b> 6 C, Lote 4 "A", Col. El Recreo Amatitlan, Tel. 5526-7466	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b>	Asfaltos, Pavimentos y Control de Calidad de Guatemala
	<b>Proctor, Relacion Humedad - Densidad</b> <b>AASHTO T-99 ó T-180</b>	

<b>PROYECTO :</b> Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles.	
<b>INTERESADO:</b> ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ	
<b>MUNICIPIO:</b> TIQUISATE, ESCUINTLA.	<b>FECHA :</b> 21/04/2008
<b>CLASE DE MATERIAL :</b> ARENA CON GRAVILLA Y ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	<b>CAPA :</b> SUB-RASANTE

P.B	TARA	P.N.	VOL. CIL.	P.U.H.	PORCENTAJE DE HUMEDAD						P.U.S.	
					TARRO	P.B.H.	P.B.S.	TARA	DIF.	P.N.S.		% HUM.
21.94	14.19	7.75	13.43	104.05							13.26	91.87
22.29	14.19	8.10	13.43	108.75							16.31	93.50
22.85	14.19	8.66	13.43	116.27							21.13	95.99
23.15	14.19	8.96	13.43	120.30							25.80	95.63
22.92	14.19	8.73	13.43	117.21							30.53	89.80

% Humedad Controlado  
Via Estufa

P.U.S. MAX. :	1,540.8	kg/m <sup>3</sup>
P.U.S. MAX. :	96.3	lb/pie <sup>3</sup>
% HUM. OPT. :	23.50%	
TIPO DE PROCTOR : MODIFICADO "B"		
No. DE CILINDRO : P-1		
CANT. DE MAT. : 18.91 lb		
AGUA INICIAL : 455 cc		
SEGUIDO CON : 255 cc		



OBSERVACIONES :

**EL FACTOR DE COMPACTACION RESPECTO A SU P.U.S.S. ES DE 23.4 %**  
**SE REALIZO REEMPLAZO DE MATERIAL RETENIDO EN MALLA 3/4".**

  
**CONSTRUCTORA ACG**  
 Laboratorio y  
 Control de Calidad

<b>Constructora ACG</b> 6 C. Lote 4 "A". Col. El Recreo Amatitlan. Tel. 3526-7466	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b>	<b>Asfaltos, Pavimentos y          Control de Calidad de          Guatemala</b>
	<b>C.B.R.</b> <b>AASHTO T - 193</b>	

<b>PROYECTO :</b>	Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles.		
<b>INTERESADO:</b>	ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ		
<b>MUNICIPIO:</b>	TIQUISATE, ESCUINTLA.		<b>FECHA :</b> 21/04/2008
<b>CLASE DE MATERIAL :</b>	ARENA CON GRAVILLA Y ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO		<b>CAPA</b> SUB-RASANTE

**Densidad Maxima Seca (lb/pie<sup>3</sup>)**                      **96.3**  
**Humedad Optima**    **23.5%**

Determinacion del % H. Actual						
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	Dif.	P.N.	% H.
1	31.10	68.60	66.70	1.90	35.60	5.34
2	27.40	63.30	61.40	1.90	34.00	5.59
						<b>Prom.</b>
						<b>5.46</b>

<b>Cilindro No.:</b>	<b>C - 4</b>	<b>No. De Capas:</b>	<b>5</b>	<b>No. De Golpes:</b>	<b>10</b>	<b>% de Compactacion:</b>	<b>89.59</b>
P.B.		TARA		P.N.		Capacidad	
26.06		18.16		7.90		0.074216	
P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.	
						86.28	
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	Dif.	P.N.	% H.	Prom.
1	31.10	68.50	61.40	7.10	30.30	23.43	23.37
2	27.40	71.30	63.00	8.30	35.60	23.31	
Fecha Inmersión:		21/04/2008		Lectura Inmersión:		30.01	
Fecha Salida:		25/04/2008		Lectura Salida:		29.58	
						<b>Contracción</b>	<b>0.37</b>
						<b>%</b>	

<b>Cilindro No.:</b>	<b>C - 5</b>	<b>No. De Capas:</b>	<b>5</b>	<b>No. De Golpes:</b>	<b>25</b>	<b>% de Compactacion:</b>	<b>94.96</b>
P.B.		TARA		P.N.		Capacidad	
26.46		18.11		8.35		0.074073	
P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.	
						91.44	
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	Dif.	P.N.	% H.	Prom.
3	27.90	71.80	63.50	8.30	35.60	23.31	23.27
4	30.20	84.30	74.10	10.20	43.90	23.23	
Fecha Inmersión:		21/04/2008		Lectura Inmersión:		44.37	
Fecha Salida:		25/04/2008		Lectura Salida:		44.01	
						<b>Contracción</b>	<b>0.31</b>
						<b>%</b>	

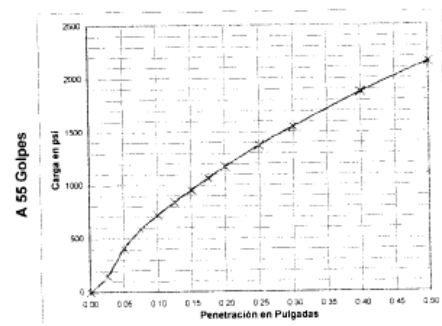
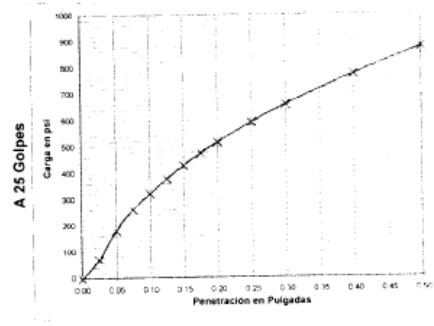
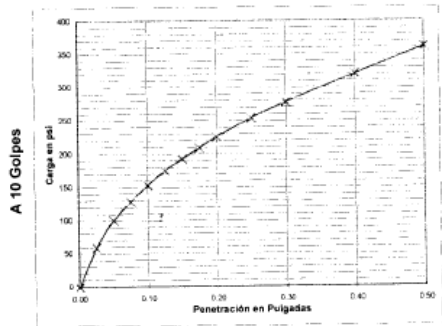
<b>Cilindro No.:</b>	<b>C - 6</b>	<b>No. De Capas:</b>	<b>5</b>	<b>No. De Golpes:</b>	<b>55</b>	<b>% de Compactacion:</b>	<b>98.74</b>
P.B.		TARA		P.N.		Capacidad	
26.96		18.17		8.79		0.074982	
P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.		P.U.S.	
						95.08	
Tarro	Tara	P.B.H.	P.B.S.	Dif.	P.N.	% H.	Prom.
5	28.20	68.10	60.50	7.60	32.30	23.53	23.29
6	31.20	67.50	60.70	6.80	29.50	23.05	
Fecha Inmersión:		21/04/2008		Lectura Inmersión:		50.18	
Fecha Salida:		25/04/2008		Lectura Salida:		50	
						<b>Contracción</b>	<b>0.16</b>
						<b>%</b>	

Golpes	Penetracion en Pulgadas											
	0.025	0.050	0.075	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500
10	179	302	387	461	528	580	630	679	763	834	963	1086
25	218	552	791	973	1140	1292	1432	1556	1780	1980	2325	2631
55	450	1223	1746	2157	2523	2871	3194	3517	4111	4645	5620	6479

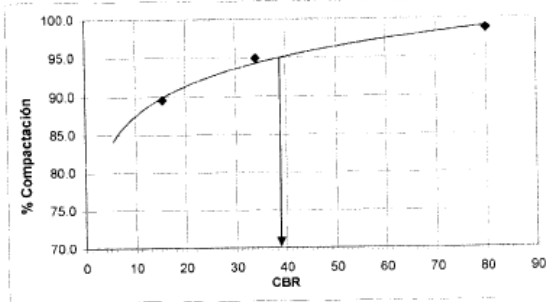
  
**CONSTRUCTORA ACG**  
 Laboratorio y  
 Control de Calidad

Constructora ACG 6 C. Lote 4 "A", Col. El Recreo Amatitlán, Tel. 5526-7466	<b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>C.B.R.</b> <b>AASHTO T - 193</b>	Asfaltos, Pavimentos y Control de Calidad de Guatemala

PROYECTO: Pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles. INTERESADO: ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ MUNICIPIO: TIQUISATE, ESCUINTLA. CLASE DE MATERIAL: ARENA CON GRAVILLA Y ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	FECHA: 21/04/2008 CAPA: SUB-RASANTE
--	--



CBR a Diferentes % de Compactación			
% Compactación	89.59	94.96	98.74
Carga $C_{0.10\text{ CBR}}$ (psi)	153.7	340	800
$CBR = (C_{0.10} / 1000) \times 100$			
CBR <sub>100</sub> (%)	15.4	34.0	80.0



CBR Al 95 % de  
 Compactación  
  
 38.5

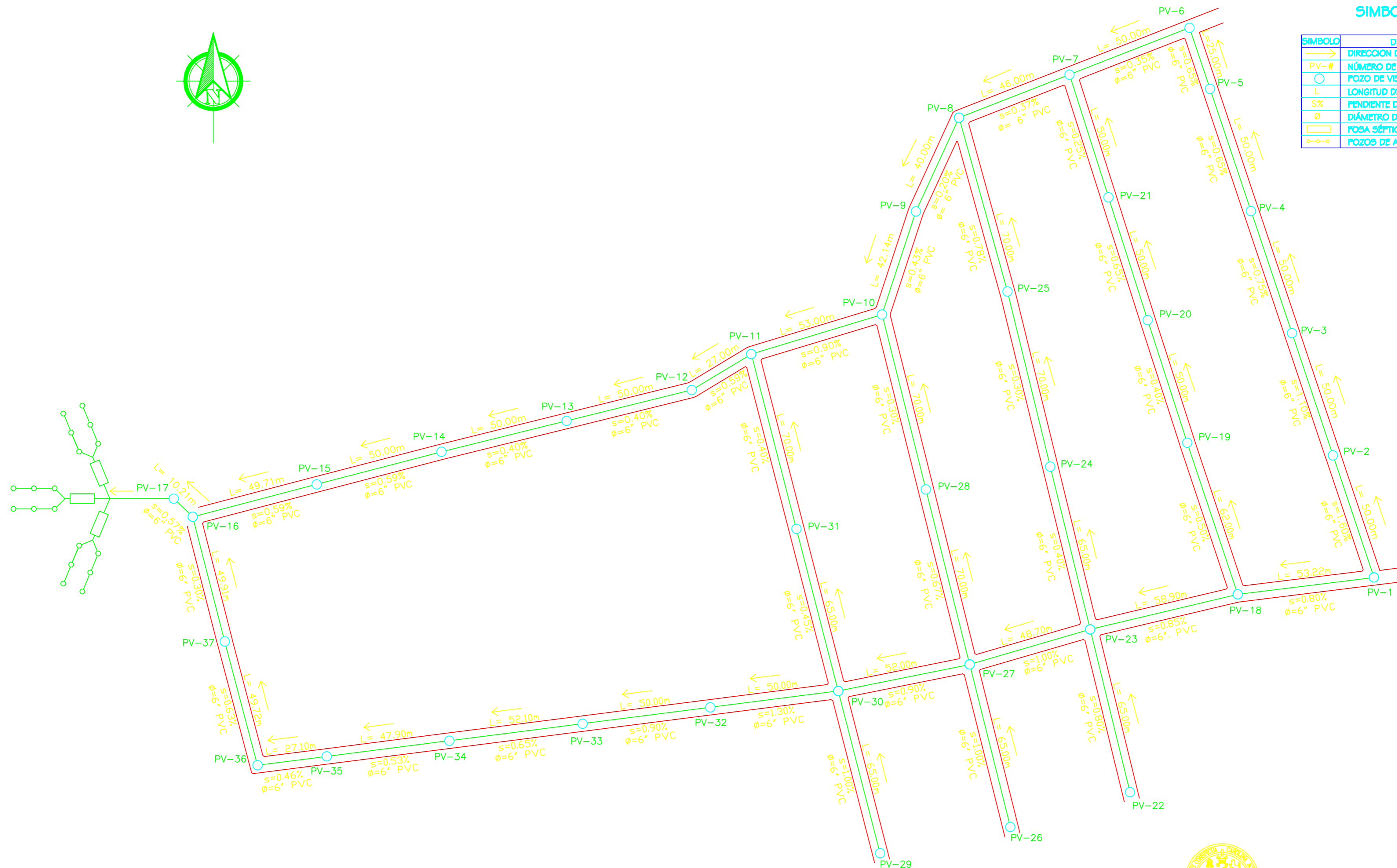

  
**CONSTRUCTORA ACG**  
 Laboratorio y  
 Control de Calidad

# **Apéndice 1. Planos del drenaje sanitario**



**SIMBOLOGIA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA
L	LONGITUD DE LA TUBERÍA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
∅	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
	POSA SÉPTICA
	POZOS DE ABSORCIÓN



**PLANTA GENERAL**

ESCALA 1:750



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:  
DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA GENERAL RED DE DRENAJE SANITARIO

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
01  
12



**CONDICIONES DE DISEÑO**

DOTACIÓN DE AGUA	150 lt./hab./día
FACTOR DE RETORNO	0.65
DENSIDAD DE POBLACIÓN	5 hab./casa
No. DE CASAS ACTUAL	131
POBLACIÓN ACTUAL	655 hab.
TASA DE CRECIMIENTO	3.00%
PERÍODO DE DISEÑO	20 Años
POBLACIÓN FUTURA	1,184 hab.

**PARAMETROS DE DISEÑO**

DIÁMETRO MÍNIMO DE TUBERÍA PVC	6 pulgadas
TIRANTE DEL FLUJO	$d/D \leq 0.75$
VELOCIDAD DEL FLUJO	$0.40 \leq v \leq 4.00$ m/s
PENDIENTE MÍNIMA	1.00%
PROFUNDIDAD MÍNIMA DE CORONA DE TUBERÍA	1.20 m.
ANCHO DE ZANJA SEGÚN PROFUNDIDAD	0.60m - 0.80m

**RAMAL PRINCIPAL**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
1	1	---	---	100.51
1	2	341°28'1"	50.00	100.58
2	3	341°27'59"	50.00	100.53
3	4	341°28'0"	50.00	100.49
4	5	341°27'58"	50.00	100.16
5	6	341°28'5"	25.00	100.00
6	7	248°40'0"	50.00	99.85
7	8	248°40'0"	46.00	99.68
8	9	204°44'0"	40.00	99.88
9	10	198°8'18"	42.14	99.70
10	11	253°10'0"	53.00	99.22
11	12	238°55'1"	27.00	99.06
12	13	256°6'40"	50.00	98.92
13	14	256°6'39"	50.00	98.80
14	15	255°23'59"	50.00	98.50
15	16	255°18'47"	49.71	98.21
16	17	313°48'37"	10.21	98.15

**RAMAL No. 1**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
1	1	---	---	100.51
1	18	262°55'32"	53.22	100.38
18	19	341°34'58"	62.00	100.23
19	20	342°5'19"	50.00	100.21
20	21	342°21'22"	50.00	99.88
21	7	342°21'19"	50.00	99.85

**RAMAL No. 2**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
18	18	---	---	100.38
18	23	256°38'8"	58.90	100.17
23	24	346°14'23"	65.00	99.97
24	25	346°16'37"	70.00	100.23
25	8	344°26'0"	70.00	99.68

**RAMAL No. 3**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
22	22	---	---	100.67
22	23	346°14'23"	65.00	100.17

**RAMAL No. 4**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
23	23	---	---	100.17
23	27	263°45'5"	48.70	100.00
27	28	345°57'0"	70.00	99.53
28	10	345°57'0"	70.00	99.70

**RAMAL No. 5**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
26	26	---	---	100.44
26	27	345°57'0"	65.00	100.00

**RAMAL No. 6**

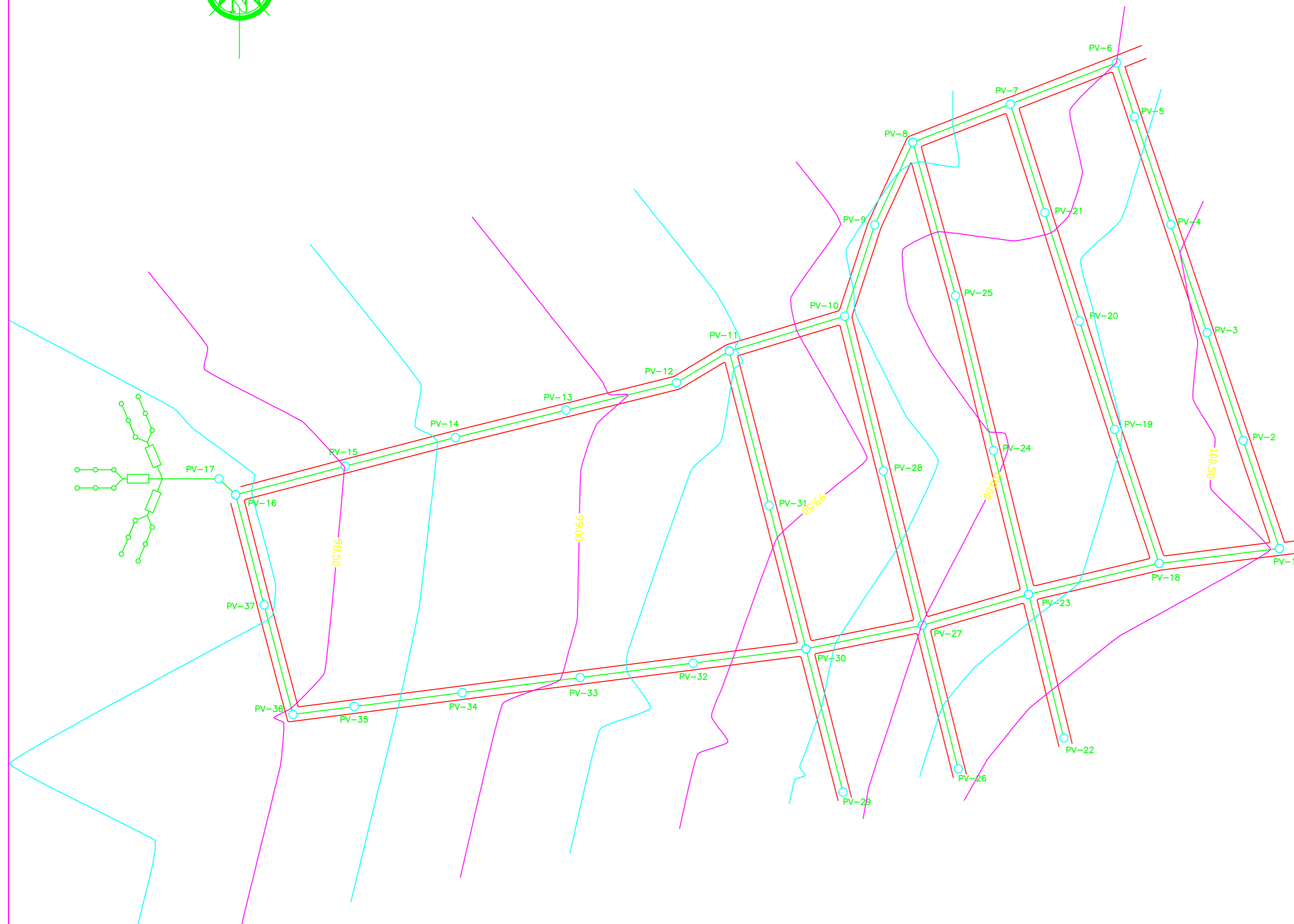
EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
27	27	---	---	100.00
27	30	258°37'36"	52.00	99.66
30	31	345°32'30"	65.00	99.45
31	11	345°32'30"	70.00	99.22

**RAMAL No. 7**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
29	29	---	---	99.87
29	30	345°32'30"	65.00	99.66

**RAMAL No. 8**

EST.	P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	COTA
30	30	---	---	99.66
30	32	262°42'17"	50.00	99.41
32	33	262°42'13"	50.00	99.02
33	34	262°42'27"	52.10	98.90
34	35	262°42'3"	47.90	98.64
35	36	262°42'17"	27.10	98.52
36	37	345°10'33"	49.72	98.36
37	16	345°37'11"	49.91	98.21



**PLANTA TOPOGRÁFICA Y DISTRIBUCION DE RAMALES**

ESCALA 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

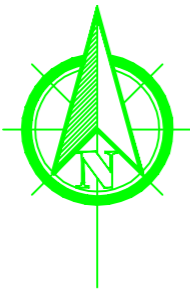
PROYECTO:  
DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA TOPOGRÁFICA Y DISTRIBUCION DE RAMALES DE LA RED DE DRENAJES

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

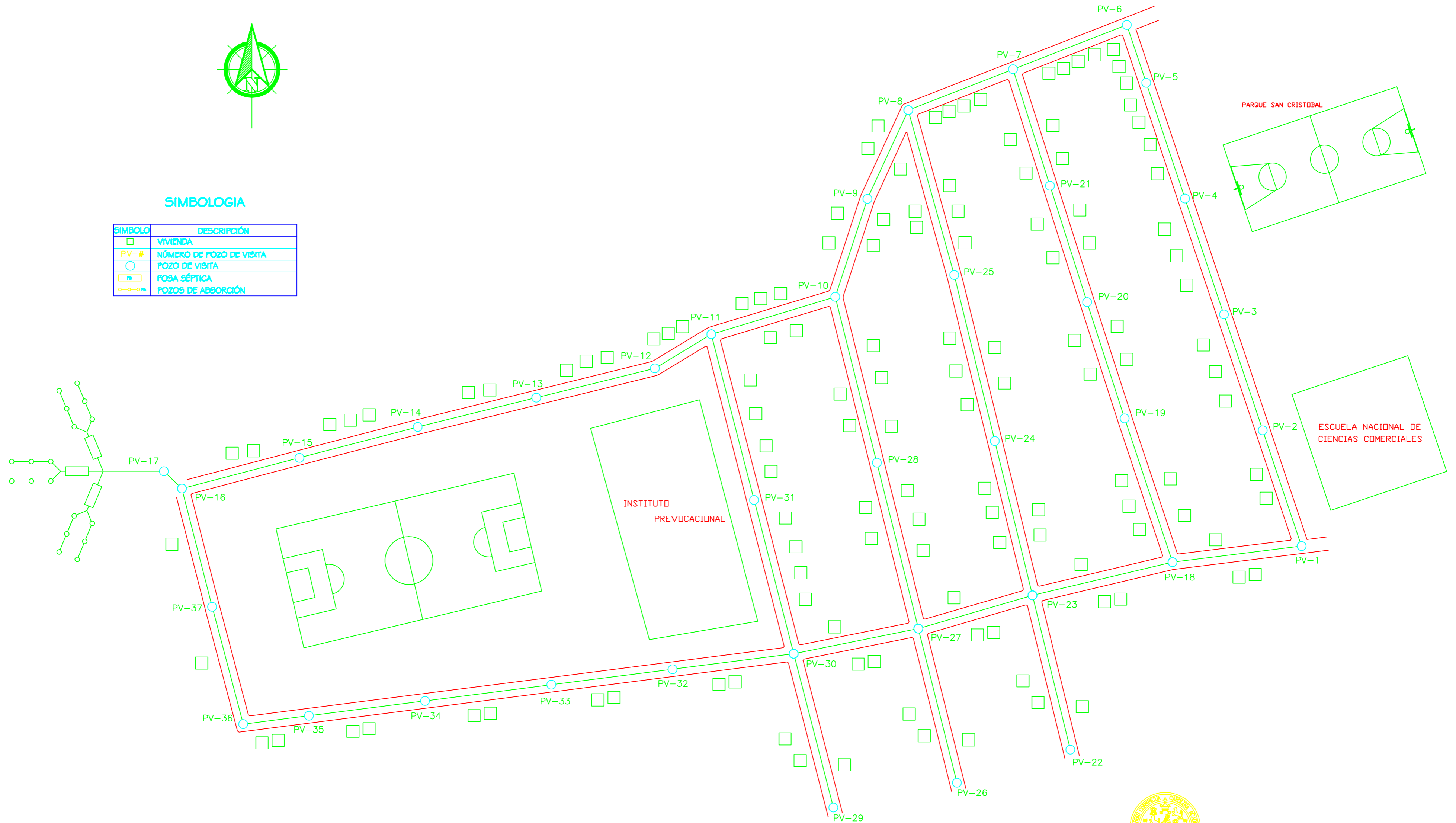
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
02 / 12



**SIMBOLOGIA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	VIVIENDA
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
○	POZO DE VISITA
▭	POZA SÉPTICA
○	POZOS DE ABSORCIÓN



**PLANTA DENSIDAD DE POBLACIÓN**

ESCALA 1:750



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

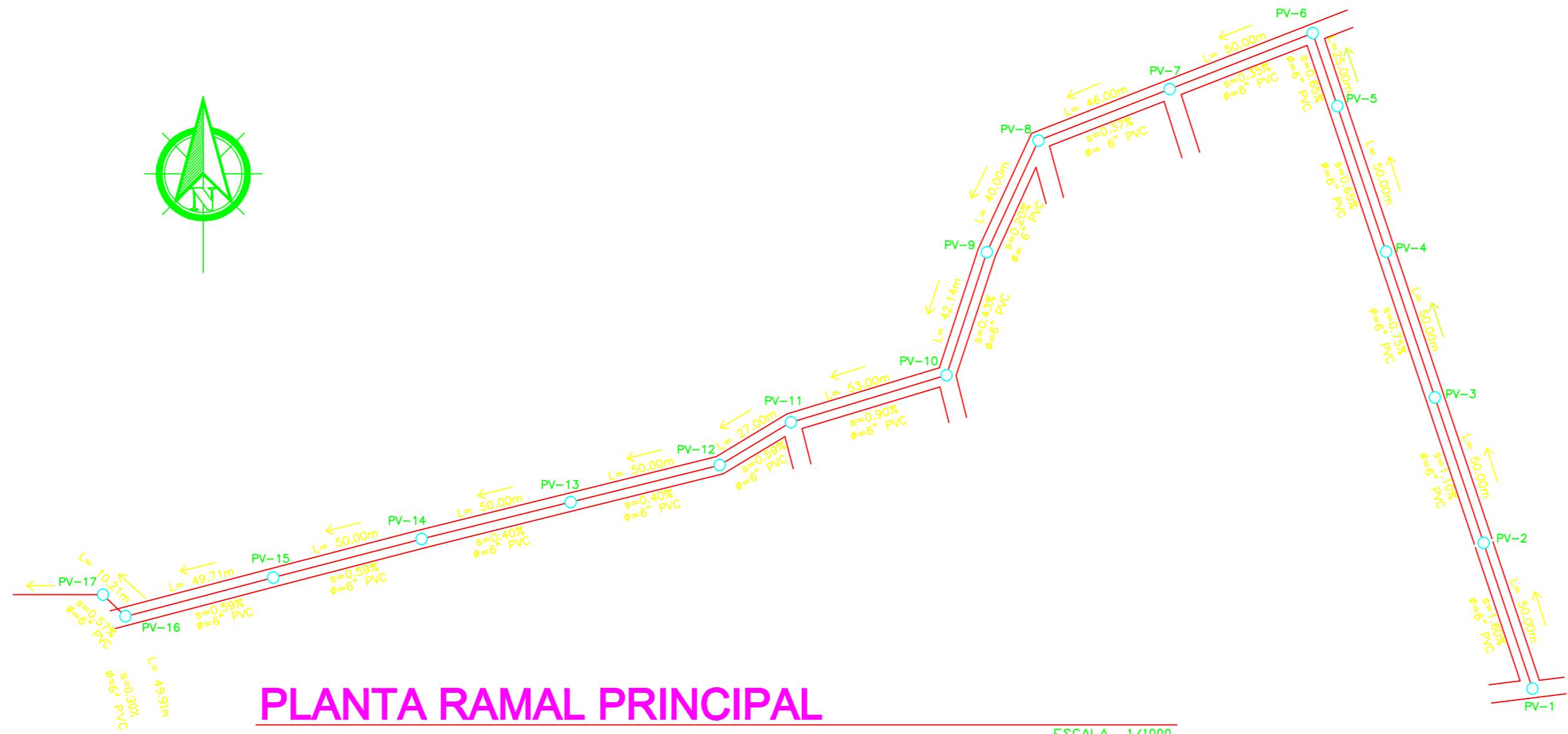
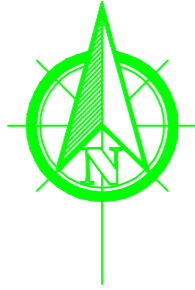
DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE  
TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
DENSIDAD DE POBLACIÓN

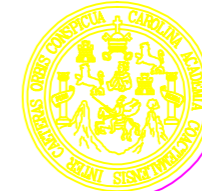
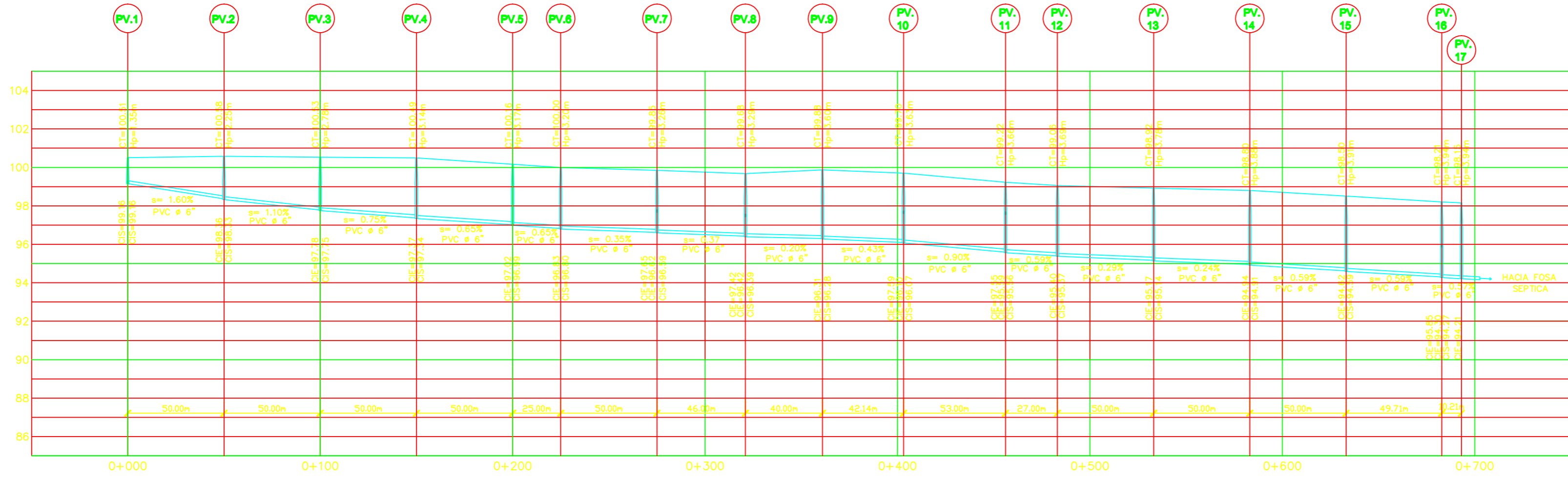
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
03  
12



SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
○	POZO DE VISITA PLANTA
←	DIRECCIÓN DEL FLUJO
L	LONGITUD DE LA TUBERÍA
φ	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
CT	COTA DEL TERRENO
CIE	COTA INVERT ENTRADA
CIS	COTA INVERT SALIDA
Hp	ALTURA DE POZO DE VISITA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
⊥	POZO DE VISITA PERFIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL DRENAJE SANITARIO, RAMALES INDICADOS

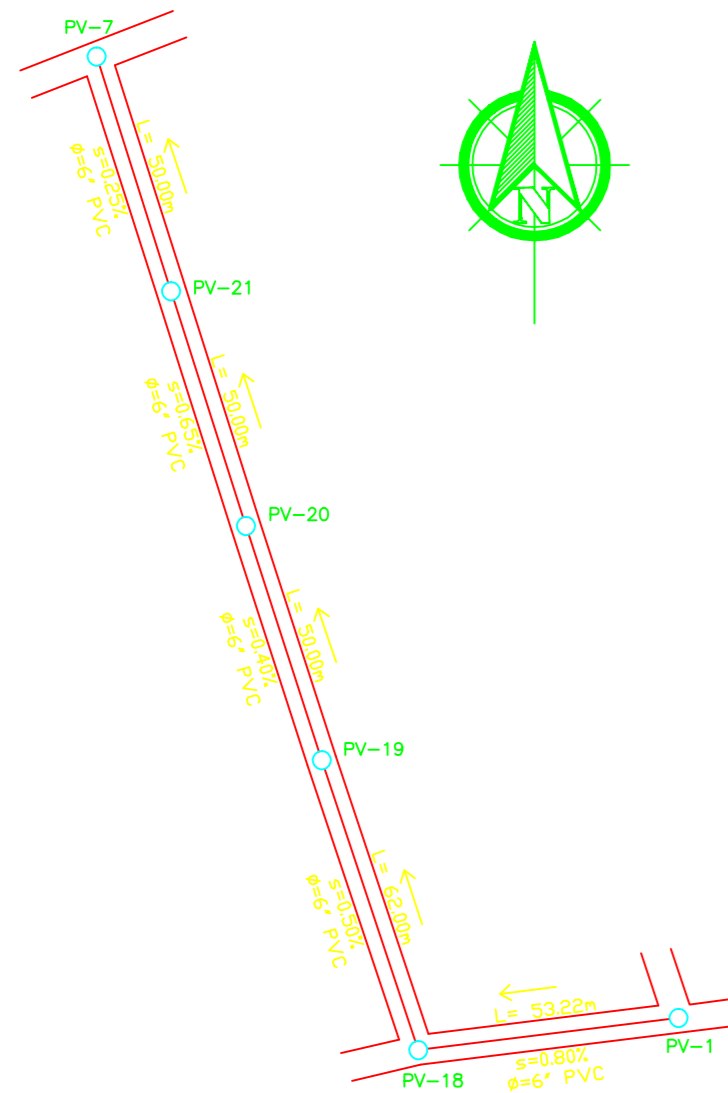
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

HOJA:  
04 / 12  
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ



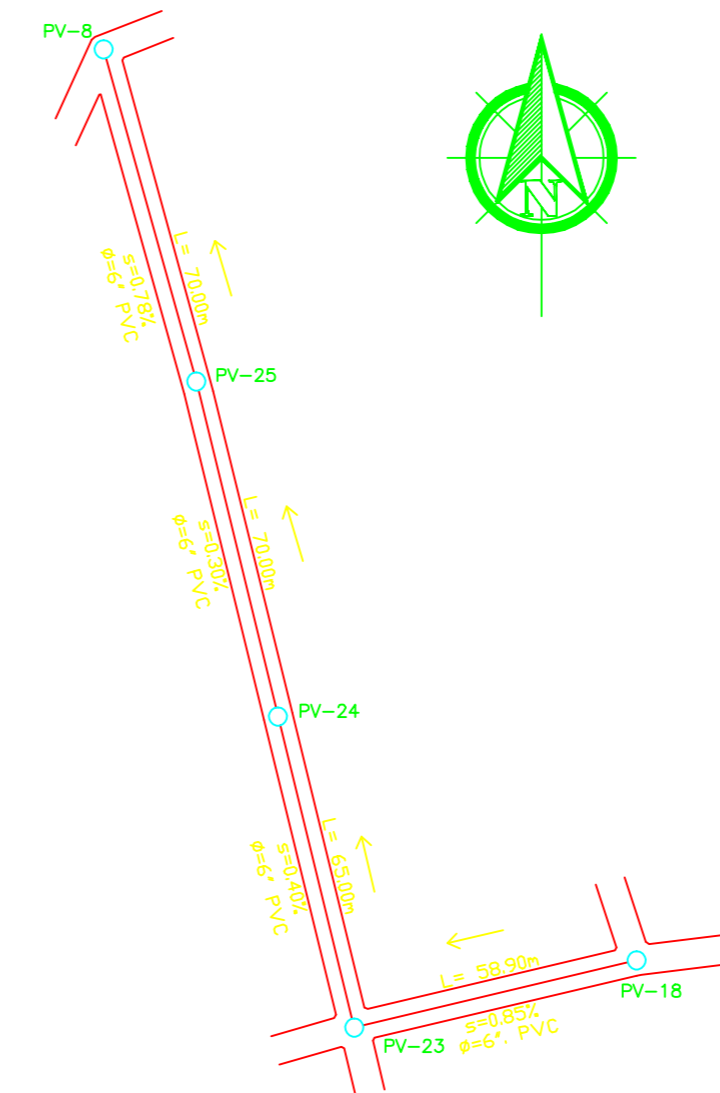
**SIMBOLOGIA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
○	POZO DE VISITA PLANTA
←	DIRECCIÓN DEL FLUJO
L	LONGITUD DE LA TUBERÍA
φ	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
CT	COTA DEL TERRENO
CIE	COTA INVERT ENTRADA
CIS	COTA INVERT SALIDA
Hp	ALTURA DE POZO DE VISITA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
⊥	POZO DE VISITA PERFIL



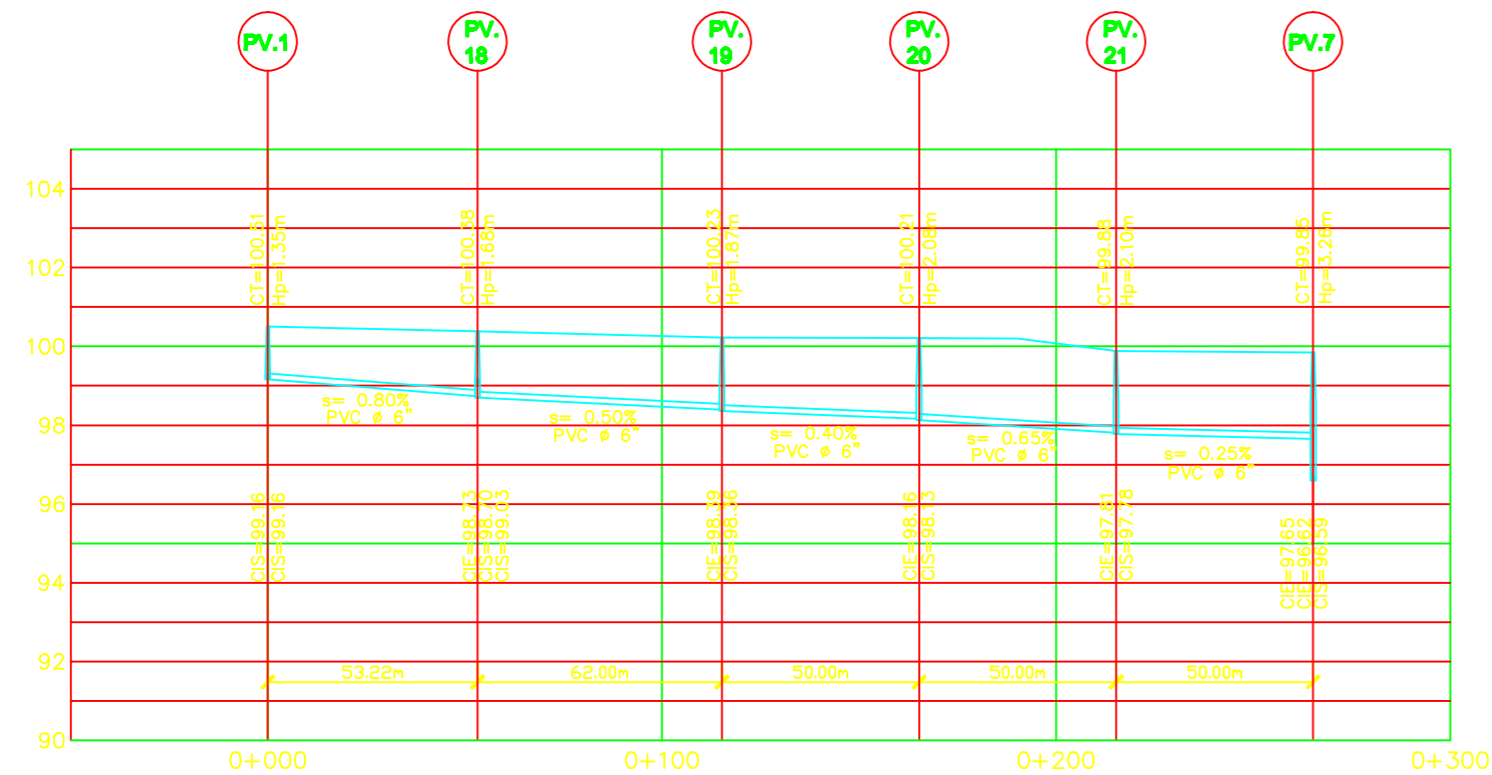
**PLANTA RAMAL No. 1**

ESCALA 1/1000



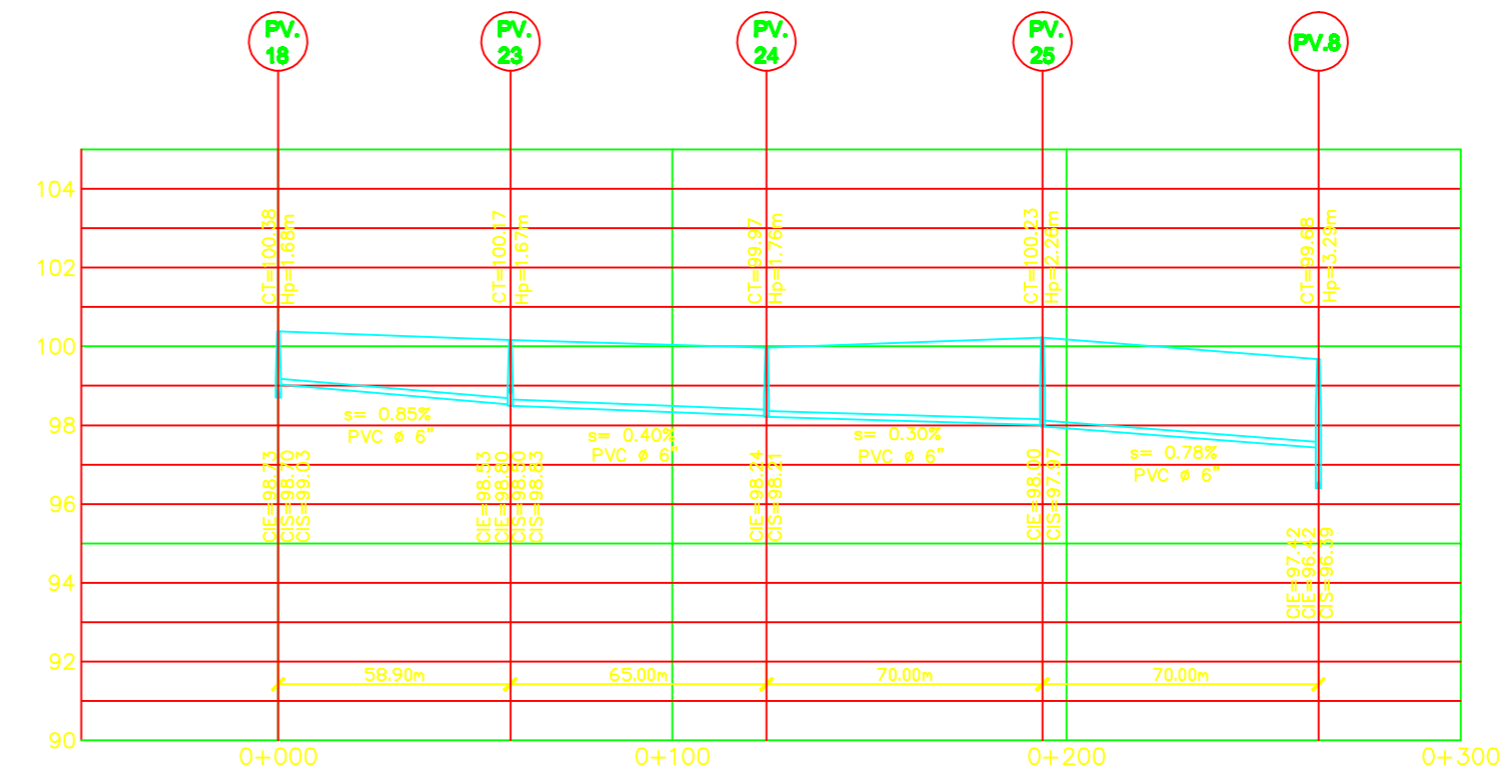
**PLANTA RAMAL No. 2**

ESCALA 1/1000



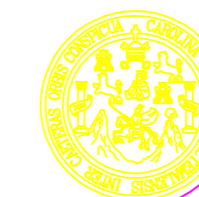
**PERFIL RAMAL No. 1**

ESCALA H: 1/1250 V: 1/125



**PERFIL RAMAL No. 2**

ESCALA H: 1/1250 V: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

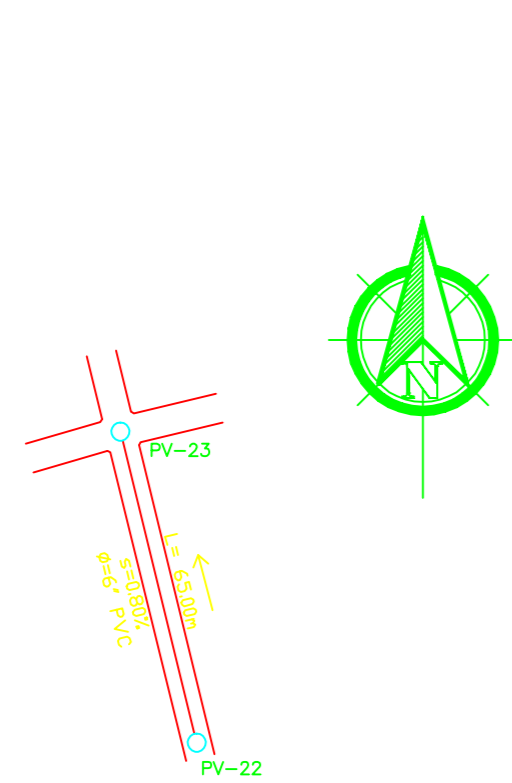
DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL DRENAJE SANITARIO, RAMALES INDICADOS

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

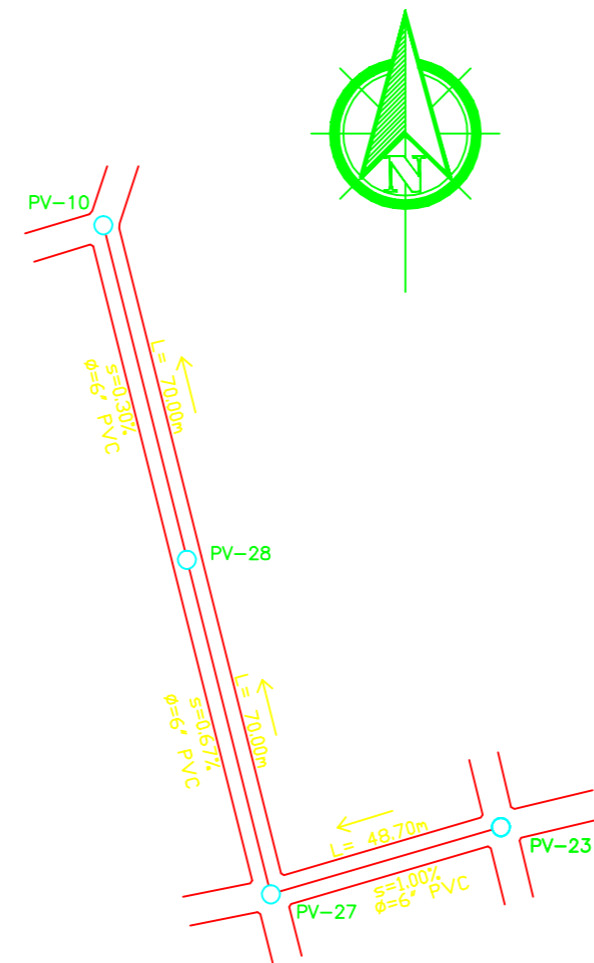
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
05 / 12



**PLANTA RAMAL No. 3**

ESCALA 1/1000



**PLANTA RAMAL No. 4**

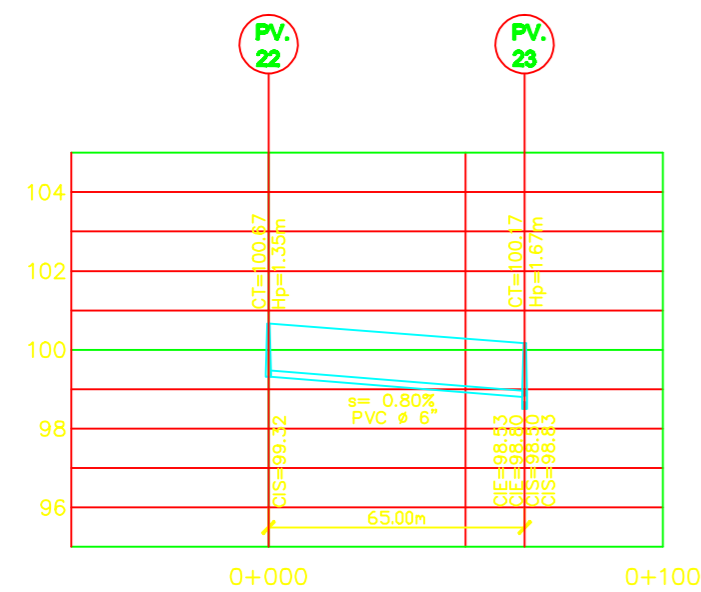
ESCALA 1/1000



**PLANTA RAMAL No. 5**

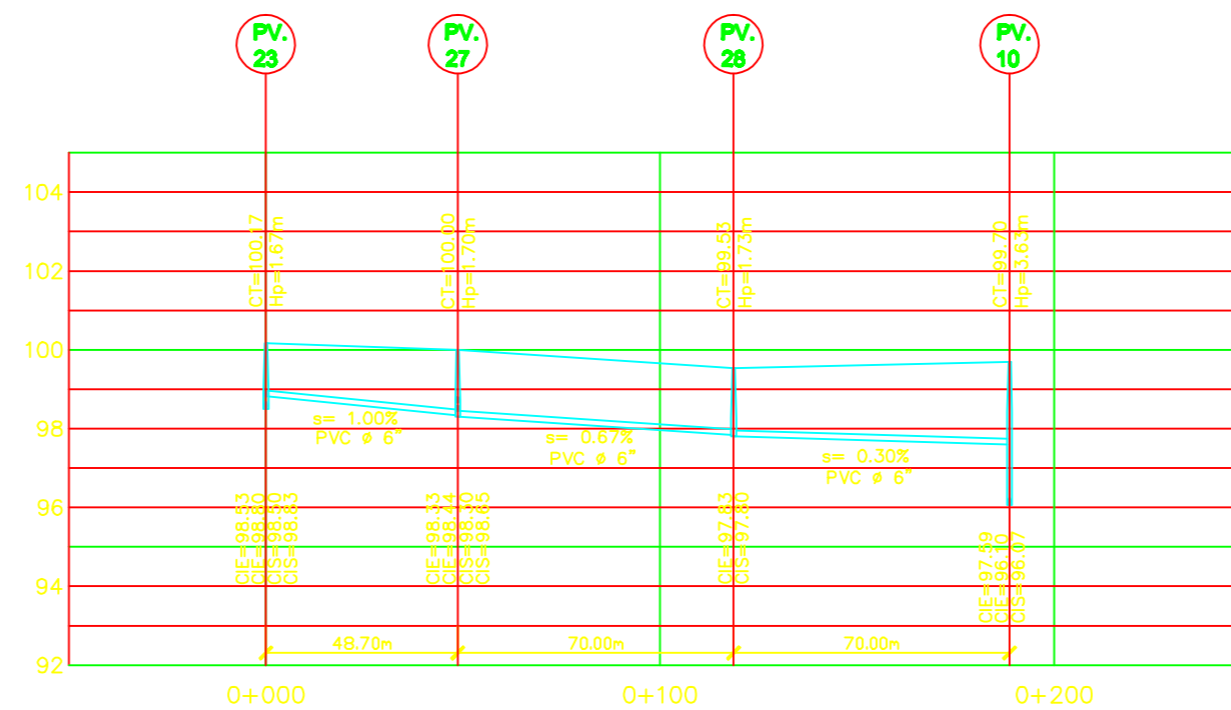
ESCALA 1/1000

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
○	POZO DE VISITA PLANTA
←	DIRECCIÓN DEL FLUJO
L	LONGITUD DE LA TUBERÍA
φ	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
CT	COTA DEL TERRENO
CIE	COTA INVERT ENTRADA
CIS	COTA INVERT SALIDA
Hp	ALTURA DE POZO DE VISITA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
⌋	POZO DE VISITA PERFIL



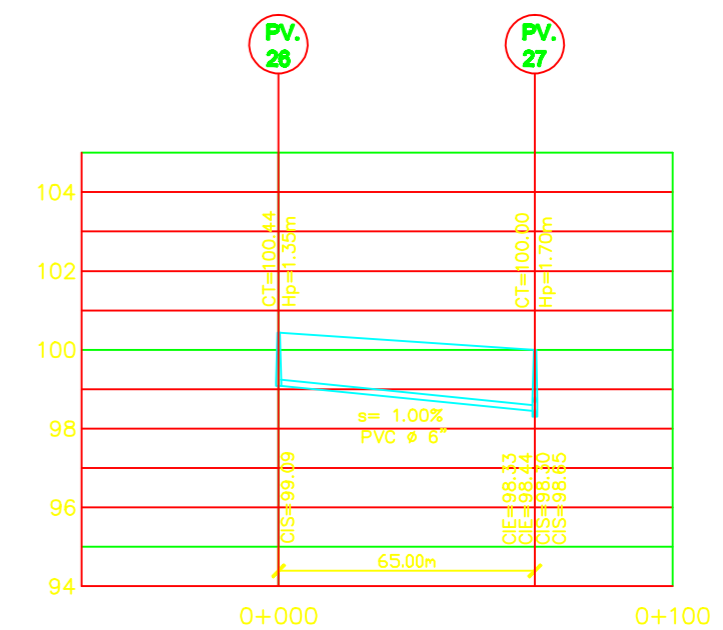
**PERFIL RAMAL No. 3**

ESCALA H: 1/1250 V: 1/125



**PERFIL RAMAL No. 4**

ESCALA H: 1/1250 V: 1/125



**PERFIL RAMAL No. 5**

ESCALA H: 1/1250 V: 1/125



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL DRENAJE SANITARIO, RAMALES INDICADOS

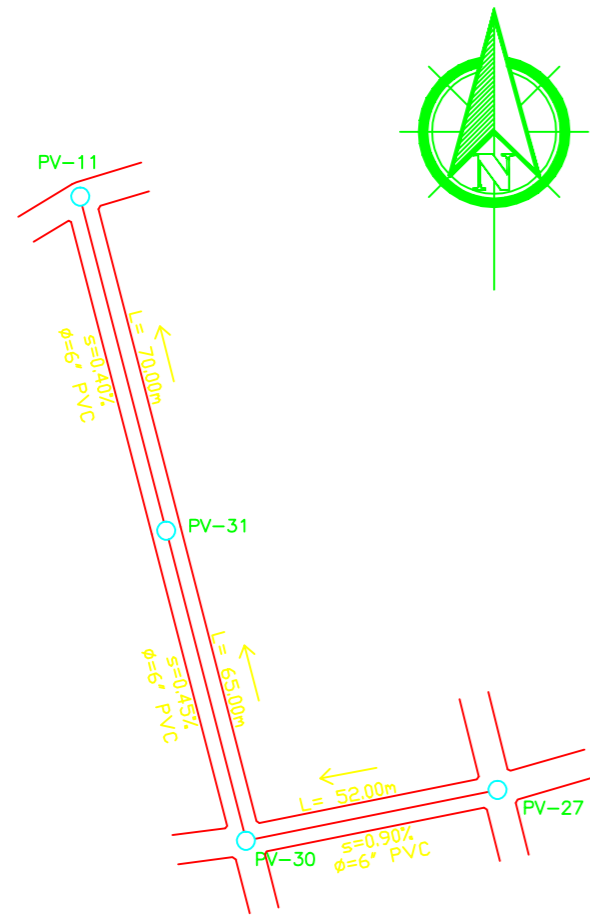
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
06  
12

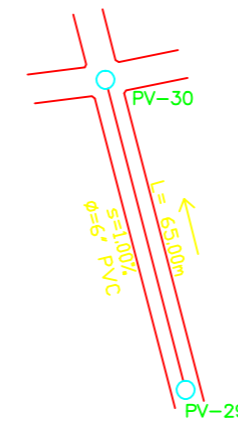
**SIMBOLOGIA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT	COTA DEL TERRENO
CIE	COTA INVERT ENTRADA
CIS	COTA INVERT SALIDA
Hp	ALTURA DE POZO DE VISITA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
	POZO DE VISITA



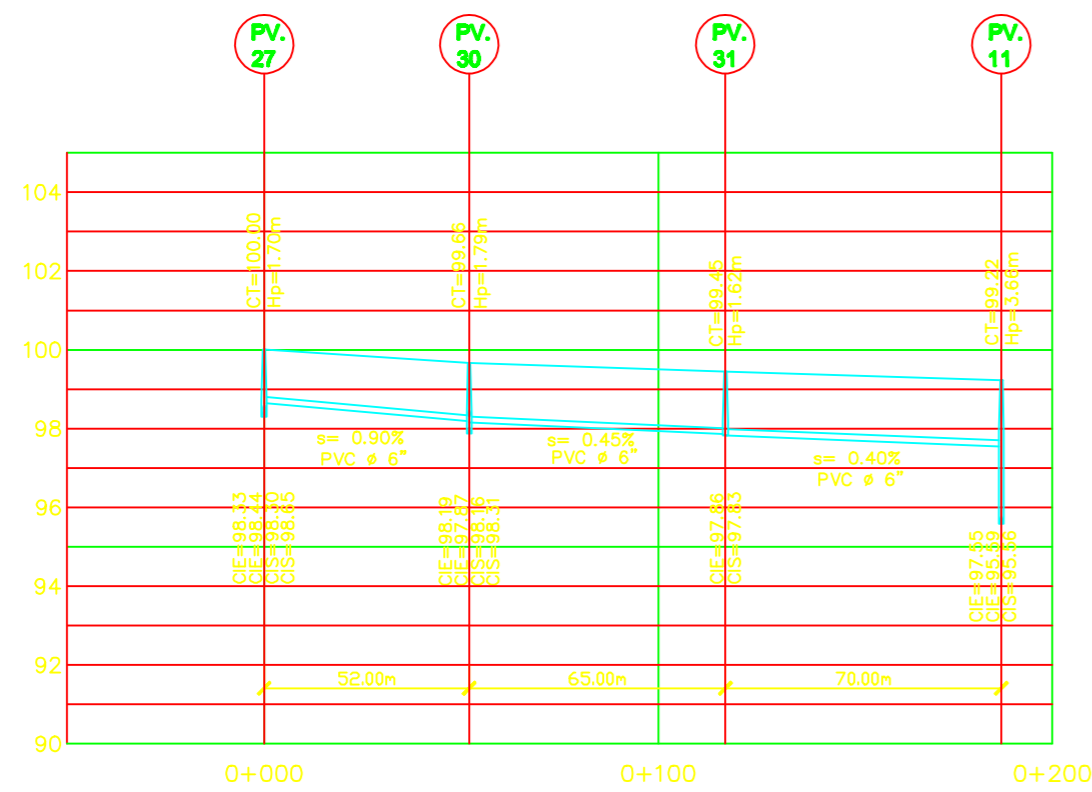
**PLANTA RAMAL No. 6**

ESCALA 1/1000



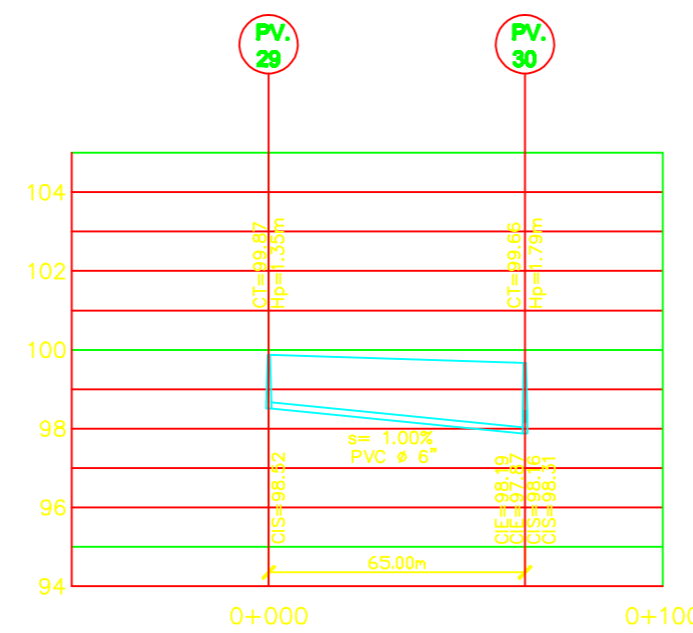
**PLANTA RAMAL No. 7**

ESCALA 1/1000



**PERFIL RAMAL No. 6**

ESCALA 1/1000



**PERFIL RAMAL No. 7**

ESCALA 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL DRENAJE SANITARIO, RAMALES INDICADOS

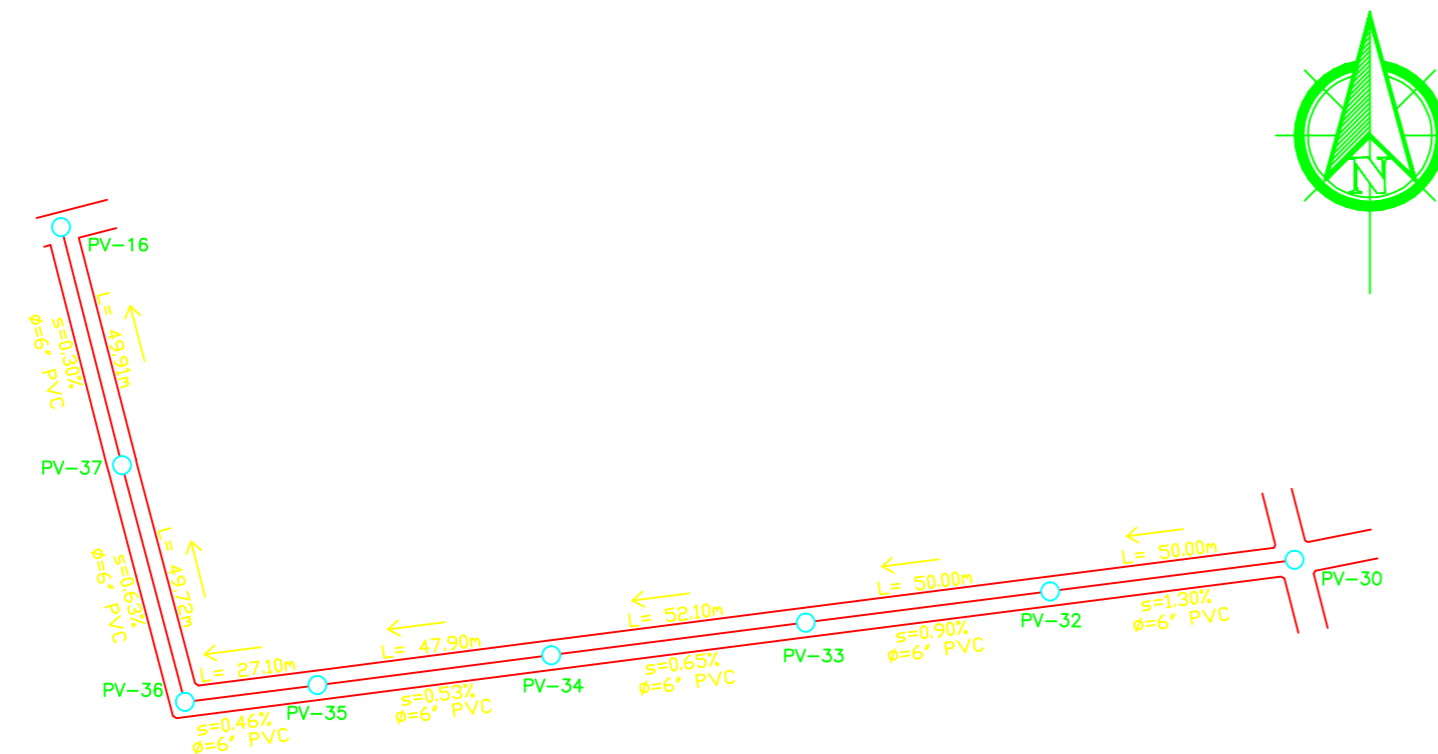
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
07 / 12

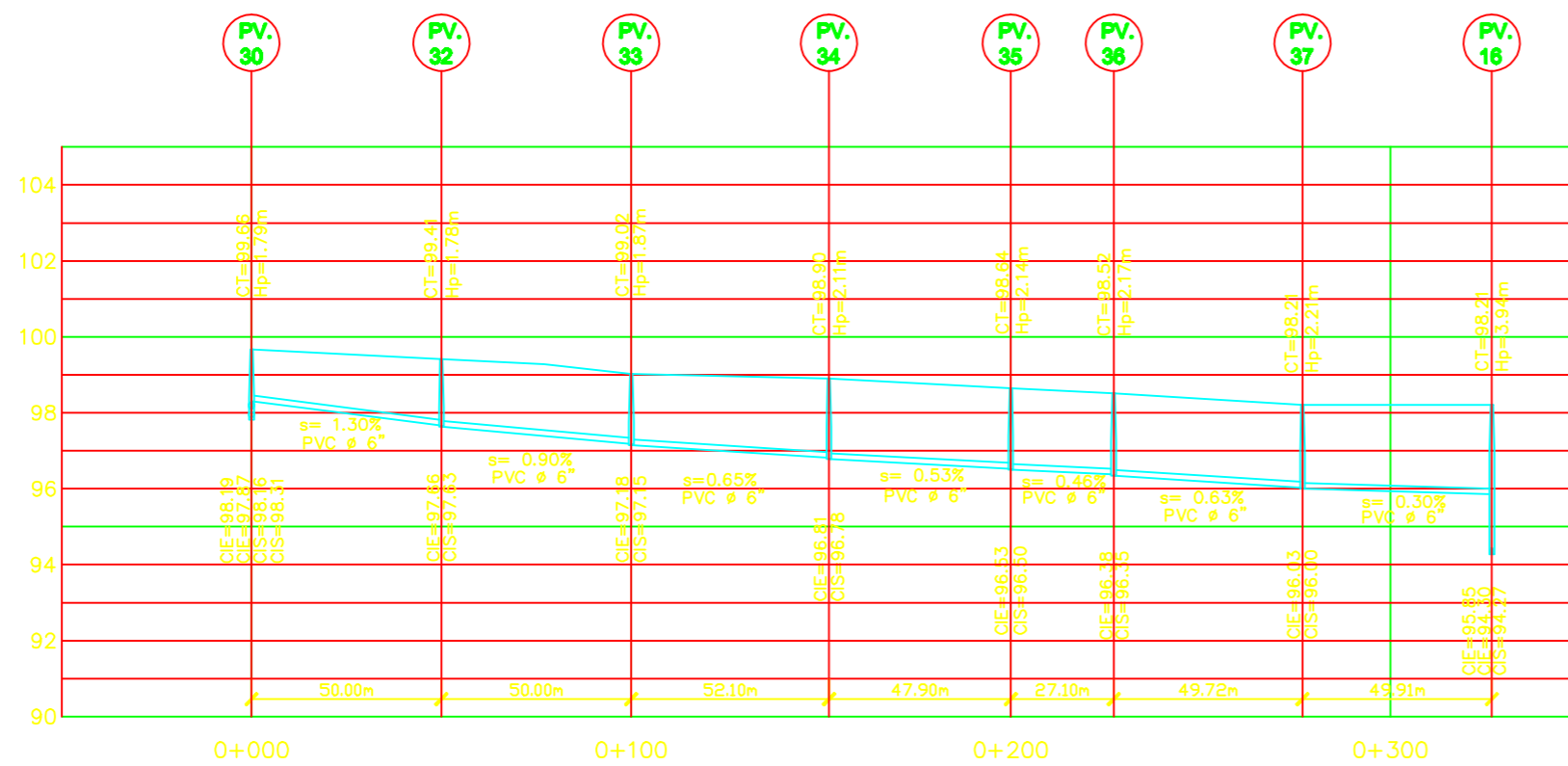
**SIMBOLOGIA**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PV-#	NÚMERO DE POZO DE VISITA
CT	COTA DEL TERRENO
CIE	COTA INVERT ENTRADA
CIS	COTA INVERT SALIDA
Hp	ALTURA DE POZO DE VISITA
S%	PENDIENTE DE LA TUBERÍA
	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
	POZO DE VISITA



**PLANTA RAMAL No. 8**

ESCALA 1/1000



**PERFIL RAMAL No. 8**

ESCALA 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

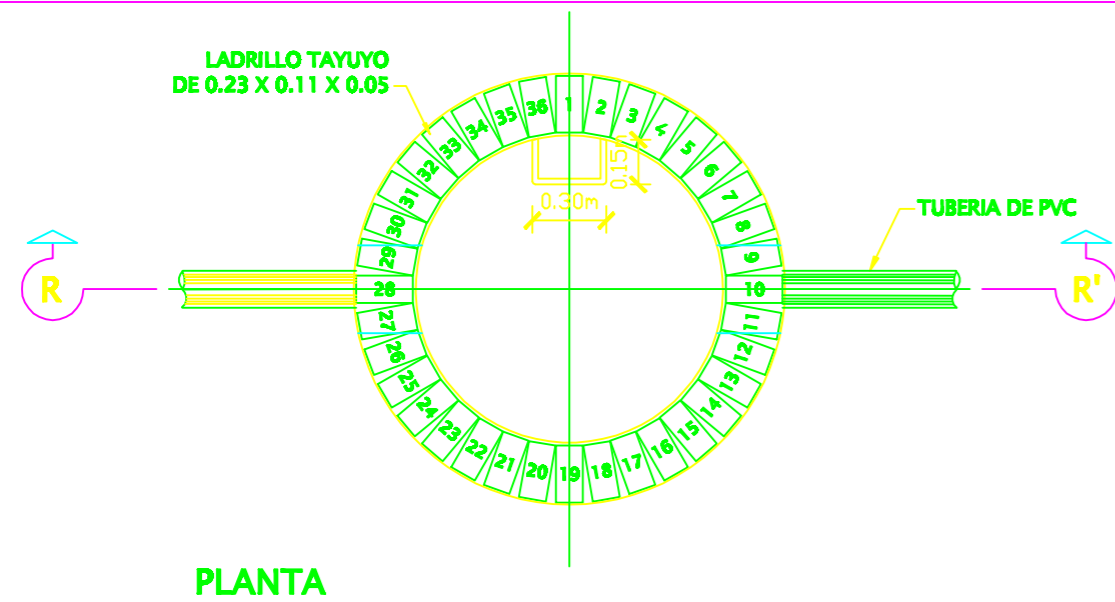
DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE  
TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL DRENAJE SANITARIO,  
RAMALES INDICADOS

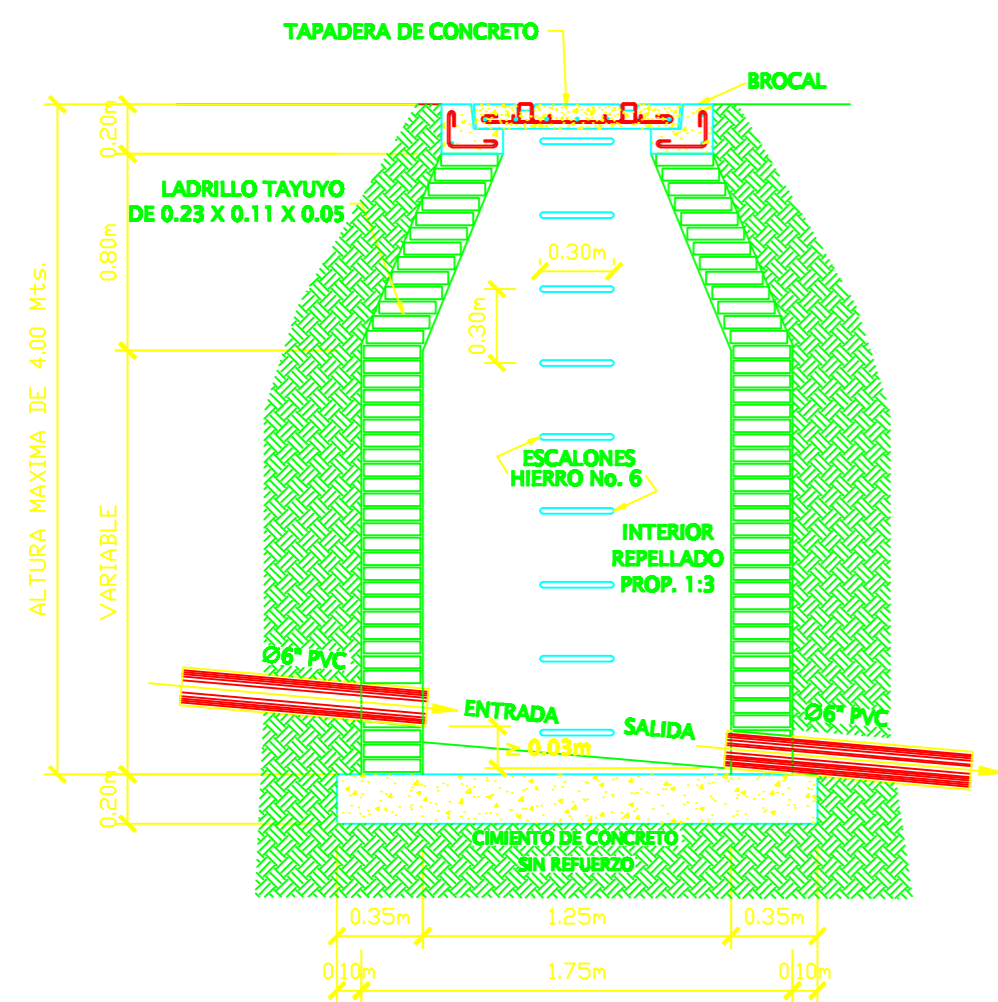
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
08  
12



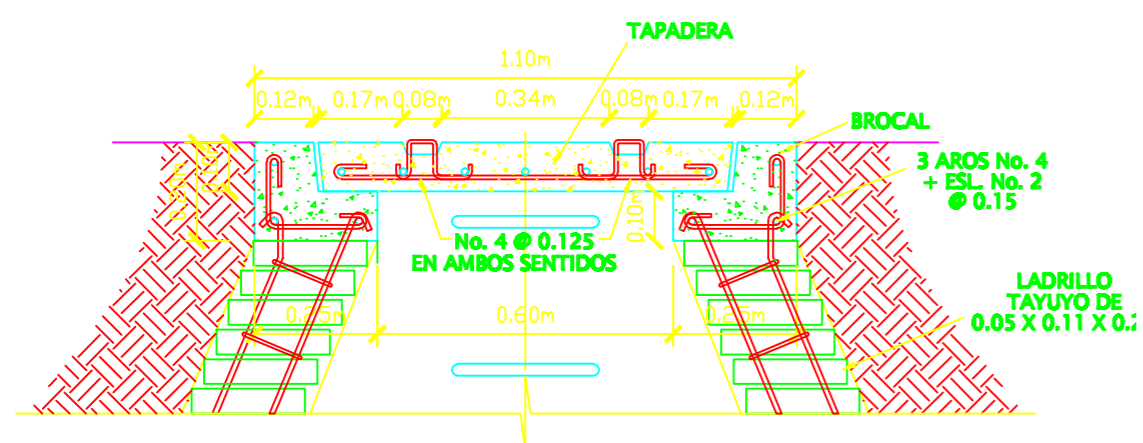
PLANTA



SECCION R-R'

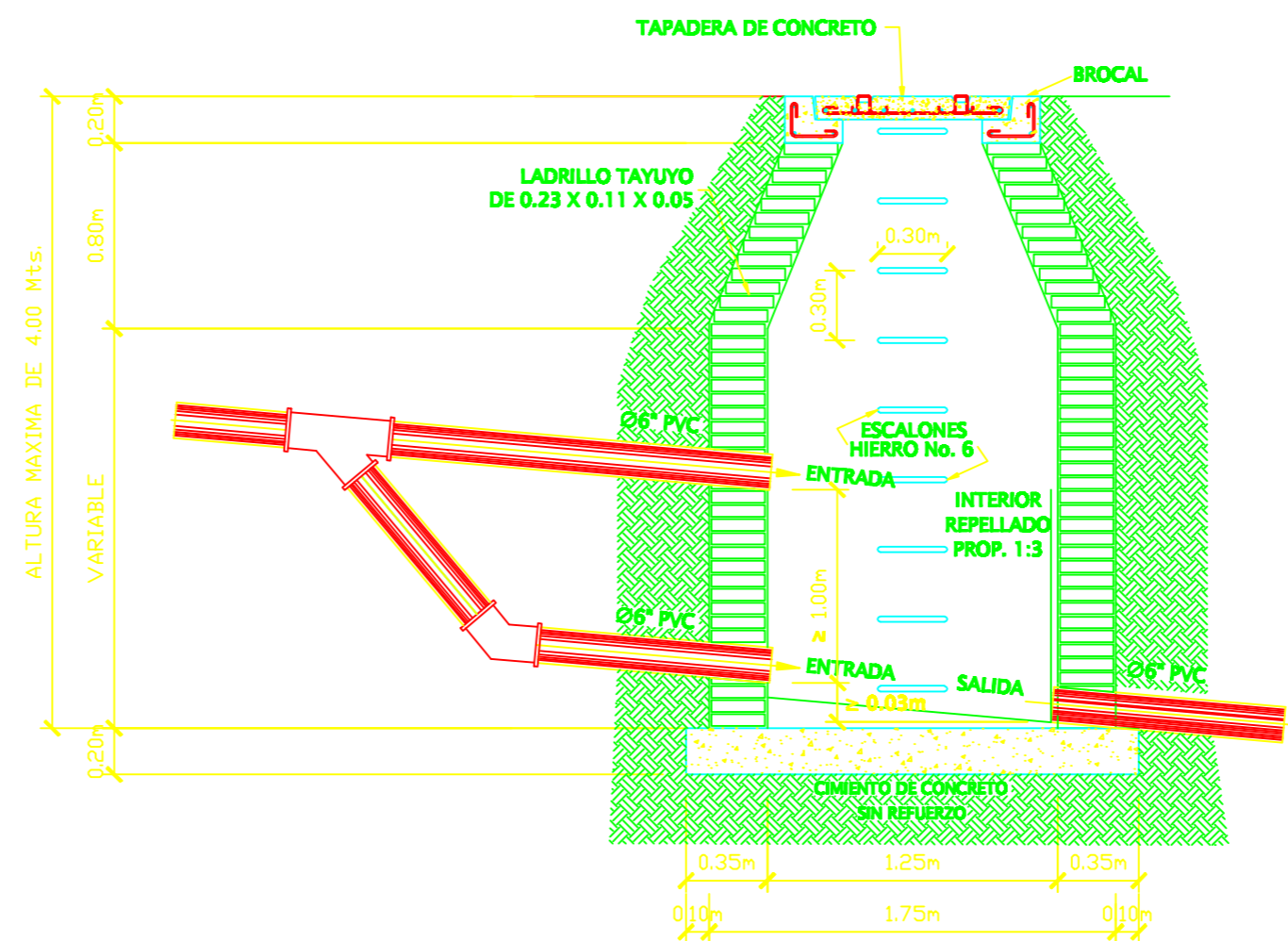
POZO DE VISITA Ø 1.25m

ESCALA 1:20



DETALLE DE BROCAL Y TAPADERA PARA POZOS DE VISITA

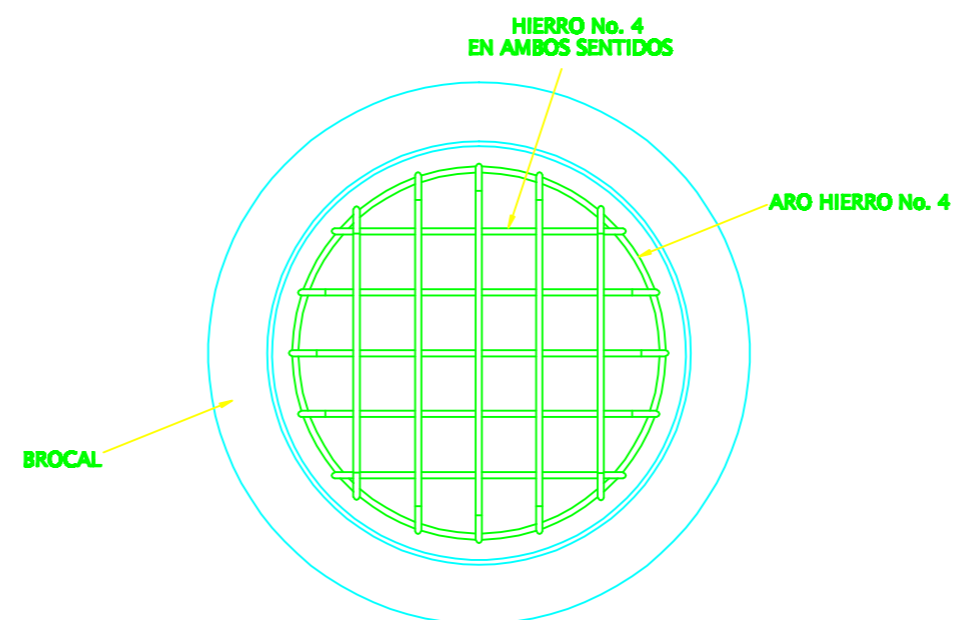
ESCALA 1:10



SECCION R-R'

DETALLE DE POZO DE VISITA CON DISIPADOR DE ENERGIA (ALTURA DE CAIDA MAYOR A 1.00m)

ESCALA 1:20



DETALLE DE ARMADO DE TAPADERA

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE  
TIQUISATE, ESCUINTLA

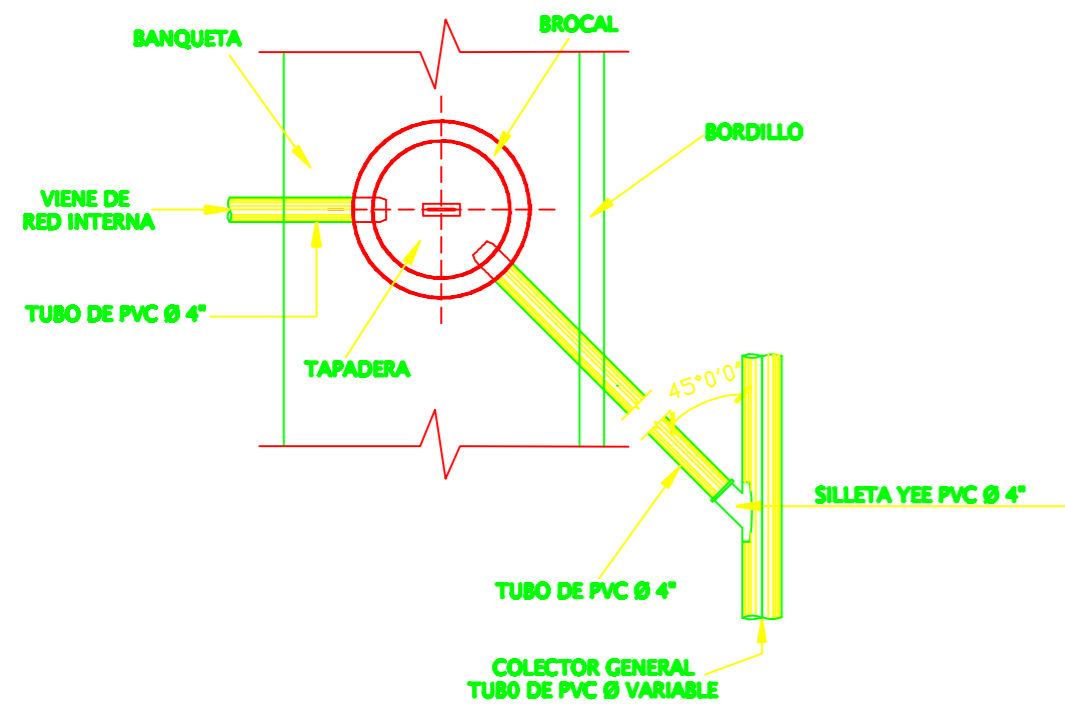
CONTENIDO:

DETALLES DE POZOS DE VISITA

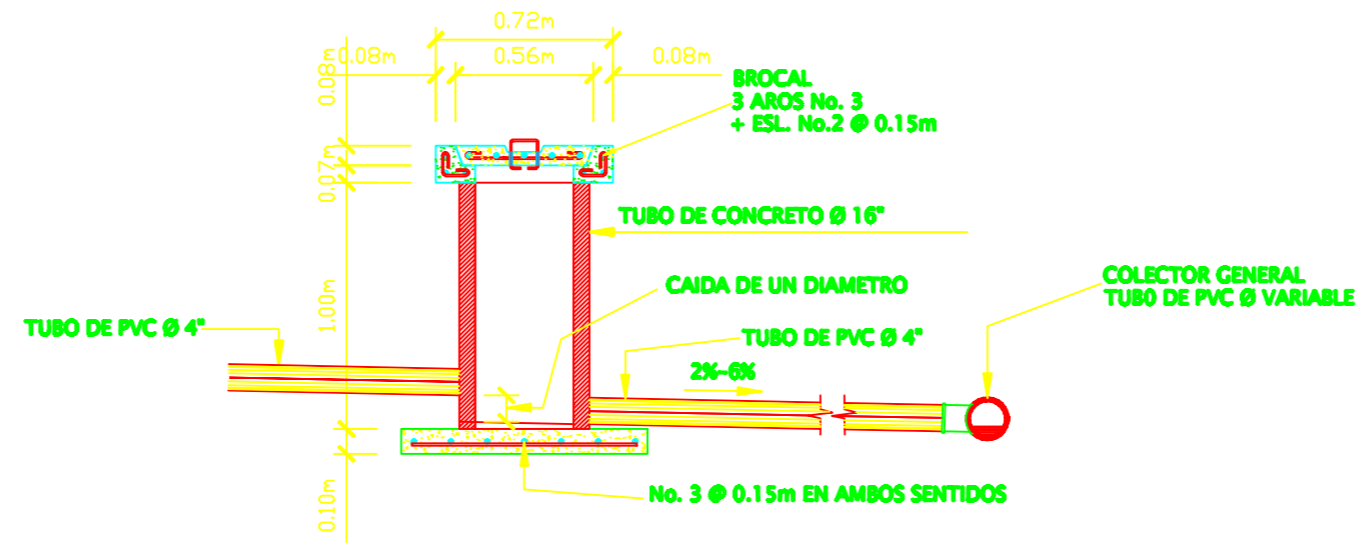
CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

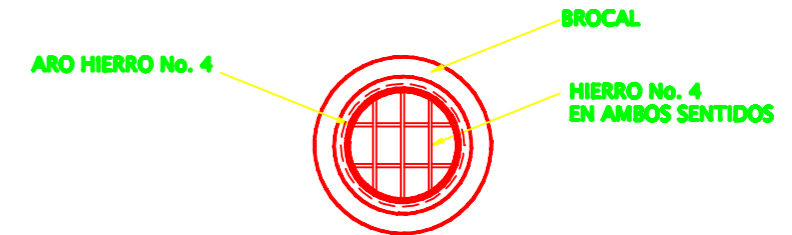
HOJA:  
09  
12



PLANTA



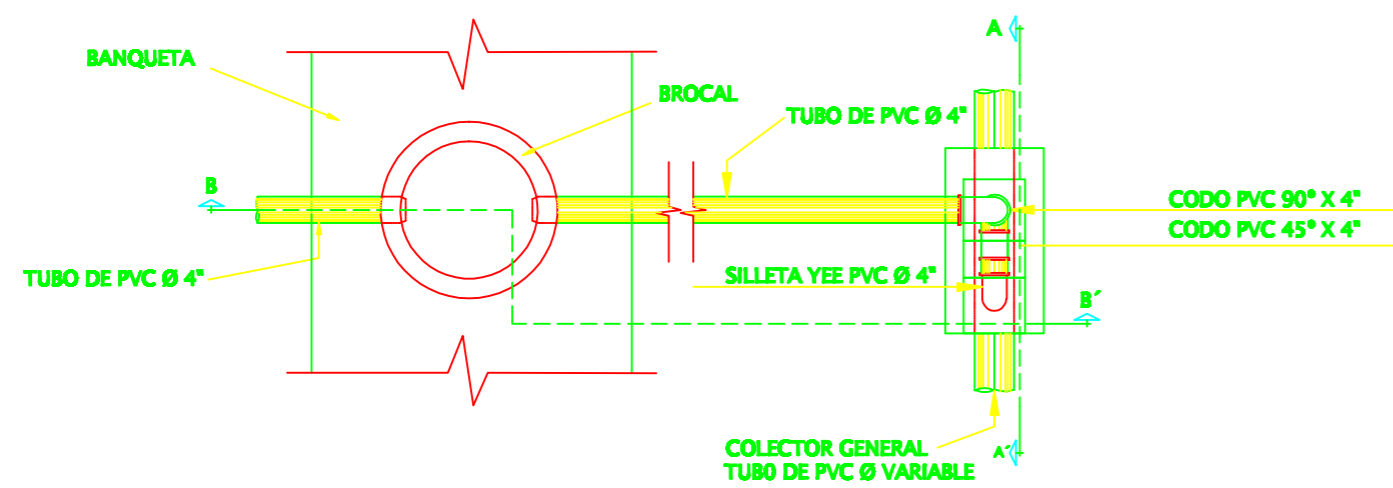
SECCION



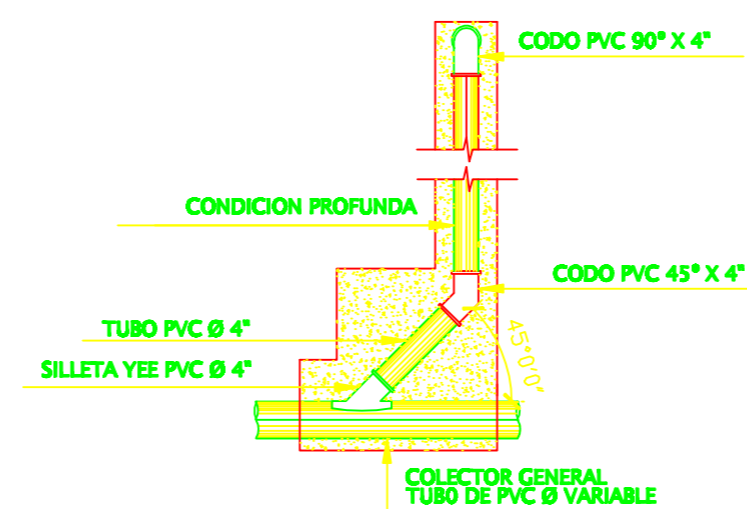
DETALLE DE ARMADO DE TAPADERA

DETALLES DE CONEXIÓN DOMICILIAR PARA PROFUNDIDAD MENOR A 3.00m

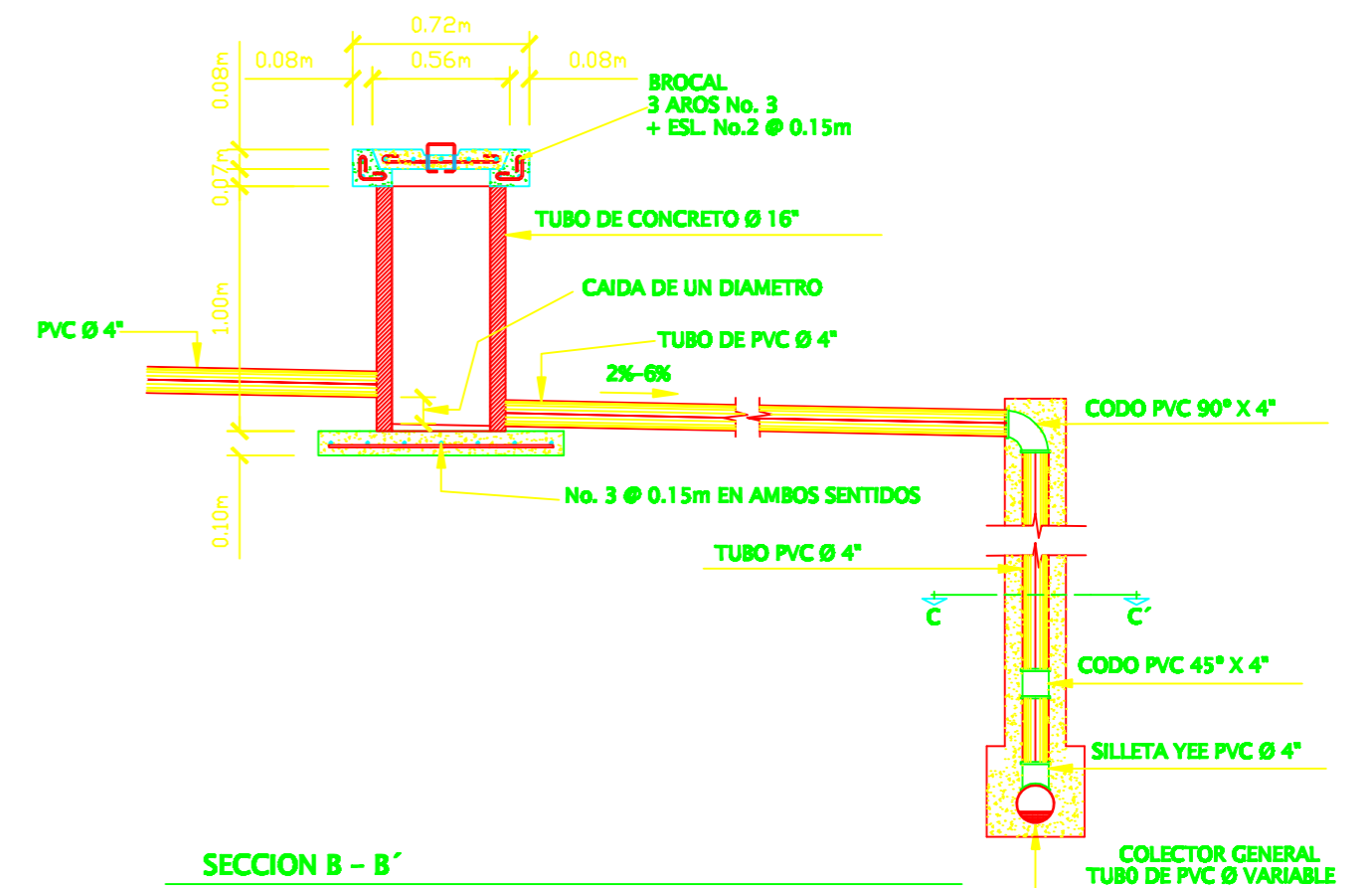
ESCALA 1/20



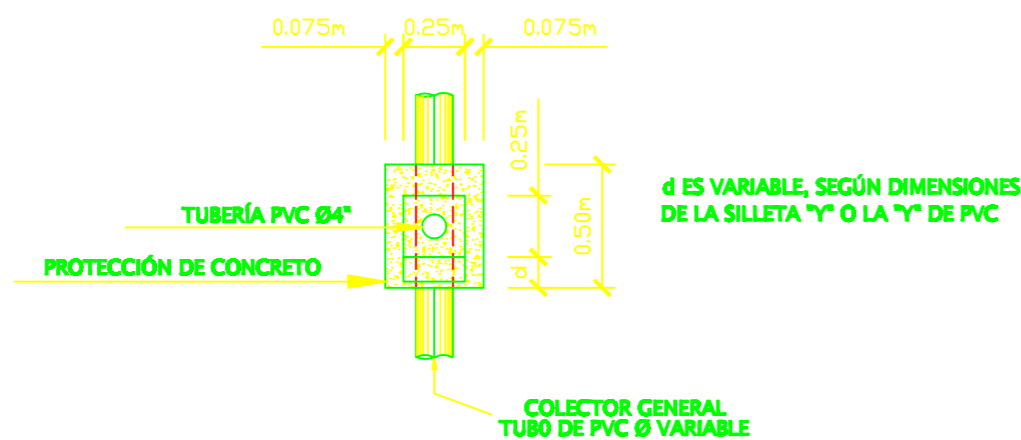
PLANTA



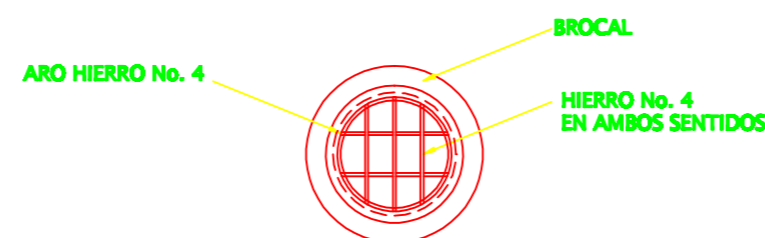
SECCION A - A'



SECCION B - B'



SECCION C - C'



DETALLE DE ARMADO DE TAPADERA

DETALLES DE CONEXIÓN DOMICILIAR PARA PROFUNDIDAD MAYOR A 3.00m

ESCALA 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

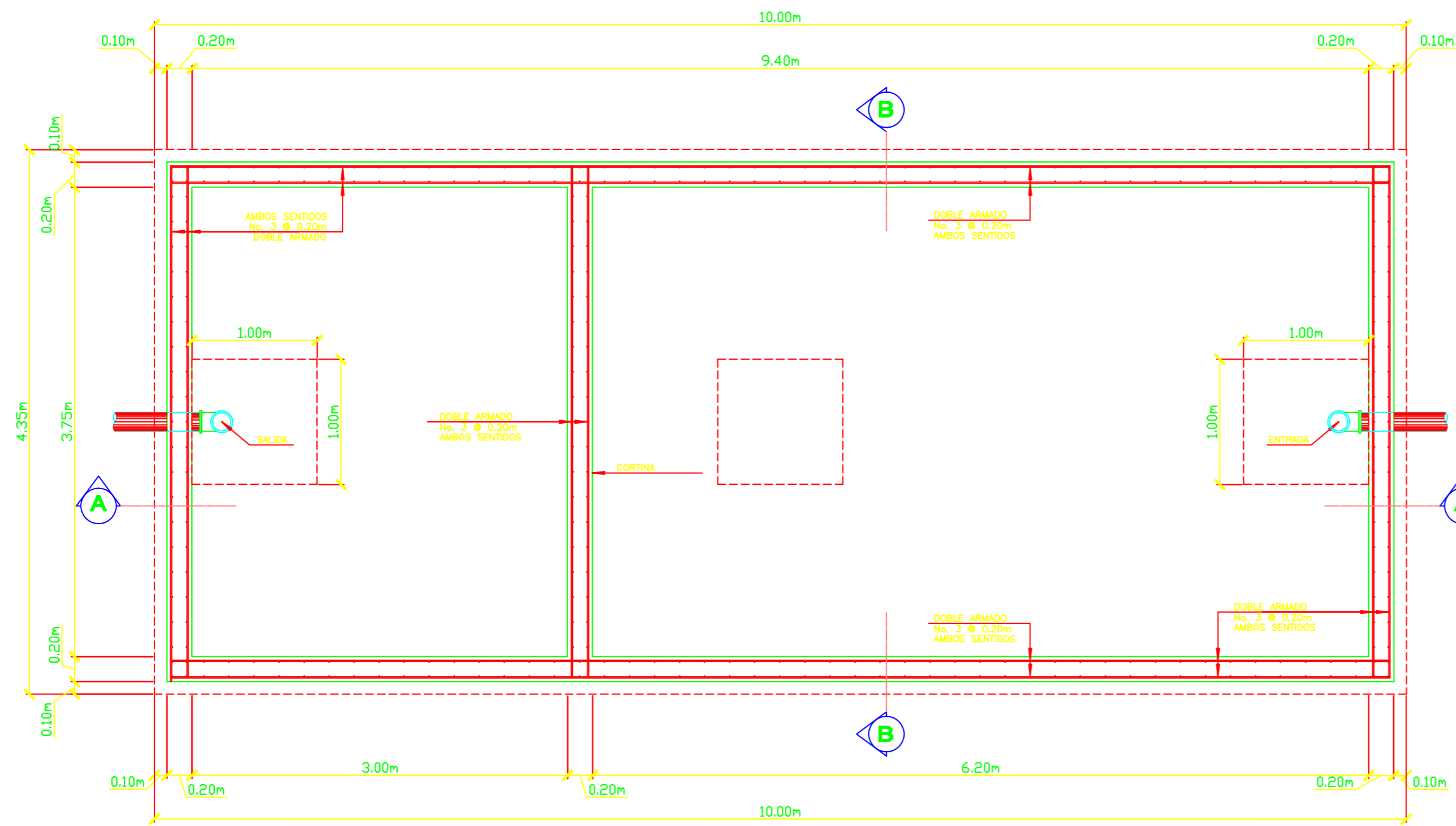
CONTENIDO:

DETALLES CONEXIONES DOMICILIARES

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
10  
12



PLANTA FOSA SÉPTICA

ESCALA 1/500

**ESPECIFICACIONES PARA FOSAS SÉPTICAS**

EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE PVC, EN LA ENTRADA Y LA SALIDA DE LA FOSA SÉPTICA, SERÁ DE 6".

EL ACERO DE REFUERZO DEBERÁ TENER UN  $f_y$  DE 2810  $kg/cm^2$ .

EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN  $f_c$  DE 210  $kg/cm^2$ , CON UNA PROPORCIÓN 1:2:2.

SE DEBERÁ APLICAR UN ALISADO EN LAS PAREDES Y EL FONDO DE LA FOSA, DEJANDO UNA MEDIA CAÑA EN LAS INTERSECCIONES, PARA FACILITAR SU LIMPIEZA.

LA SABIETA PARA EL ALISADO TENDRÁ UNA PROPORCIÓN CEMENTO:ARENA DE 1:3.

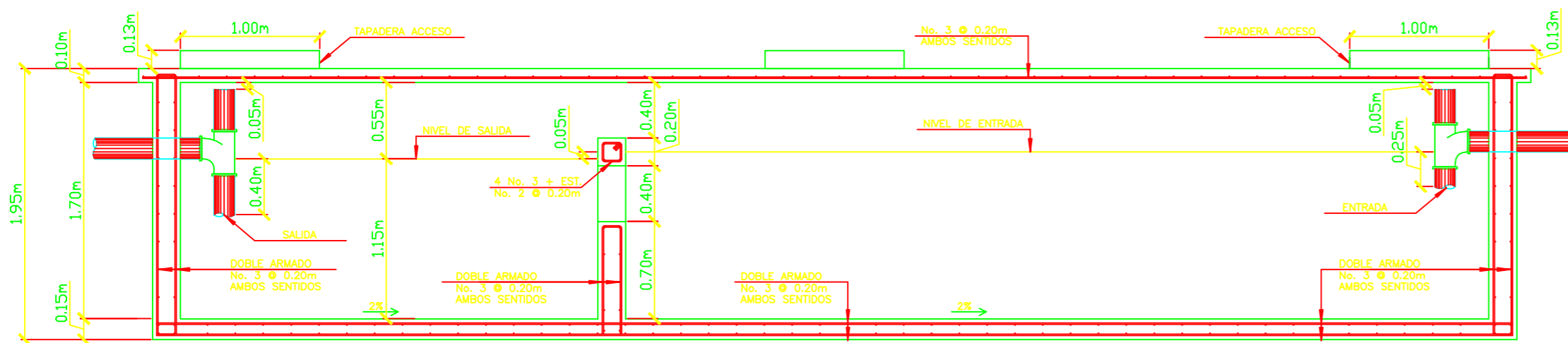
LA PENDIENTE DEL FONDO DE LA FOSA SÉPTICA SERÁ DEL 2% EN DIRECCIÓN HACIA LA ENTRADA DEL FLUJO DE AGUAS NEGRAS.

LA COTA INVERT DE SALIDA DE LA FOSA DEBERÁ ENCONTRARSE 0.05m POR DEBAJO DE LA COTA INVERT DE ENTRADA A LA FOSA.

LA PROLONGACIÓN VERTICAL DEL TUBO DE ENTRADA, DENTRO DEL LÍQUIDO, SERÁ DE 0.25m Y DE 0.40m PARA EL TUBO DE SALIDA.

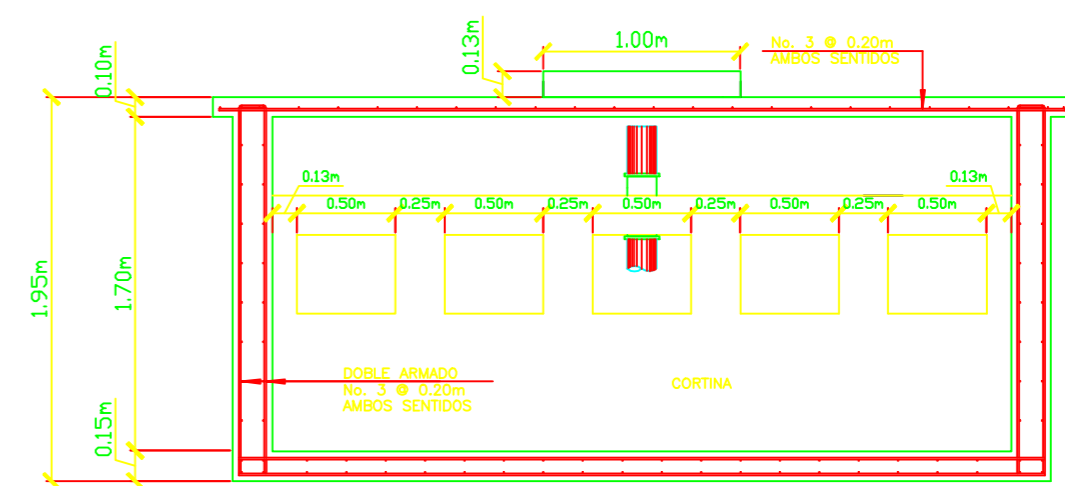
LA DISTANCIA ENTRE ESTAS PROLONGACIONES Y LA PARED DE LA FOSA, SERÁ DE 0.15m.

LA DISTANCIA ENTRE LA PROLONGACIÓN DE LOS TUBOS DE ENTRADA Y SALIDA, HACIA ARRIBA, ESTARÁN SEPARADAS UNA DISTANCIA ENTRE 2.5-5cm DE LA LOSA DE LA FOSA.



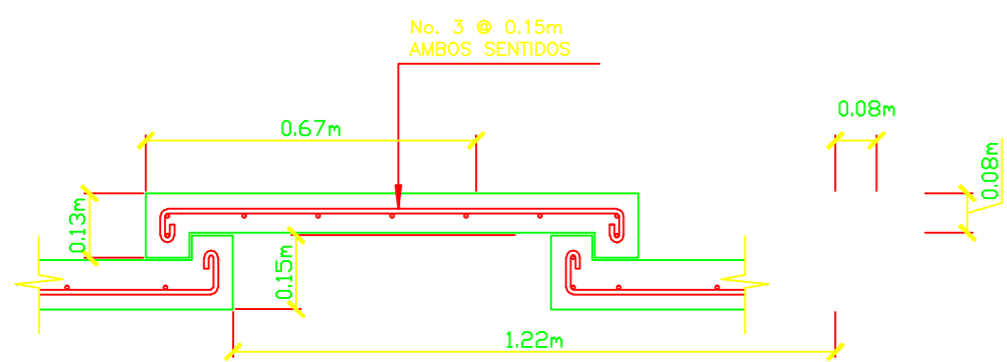
SECCIÓN A-A

ESCALA 1/500



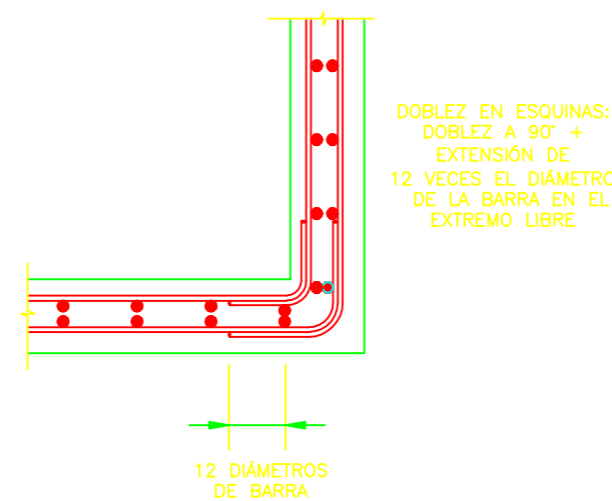
SECCIÓN B-B

ESCALA 1/500



DETALLE DE TAPADERA DE ACCESO

ESCALA 1/20



DETALLE DE DOBLEZ EN ESQUINAS

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE TIQUISATE, ESCUINTLA

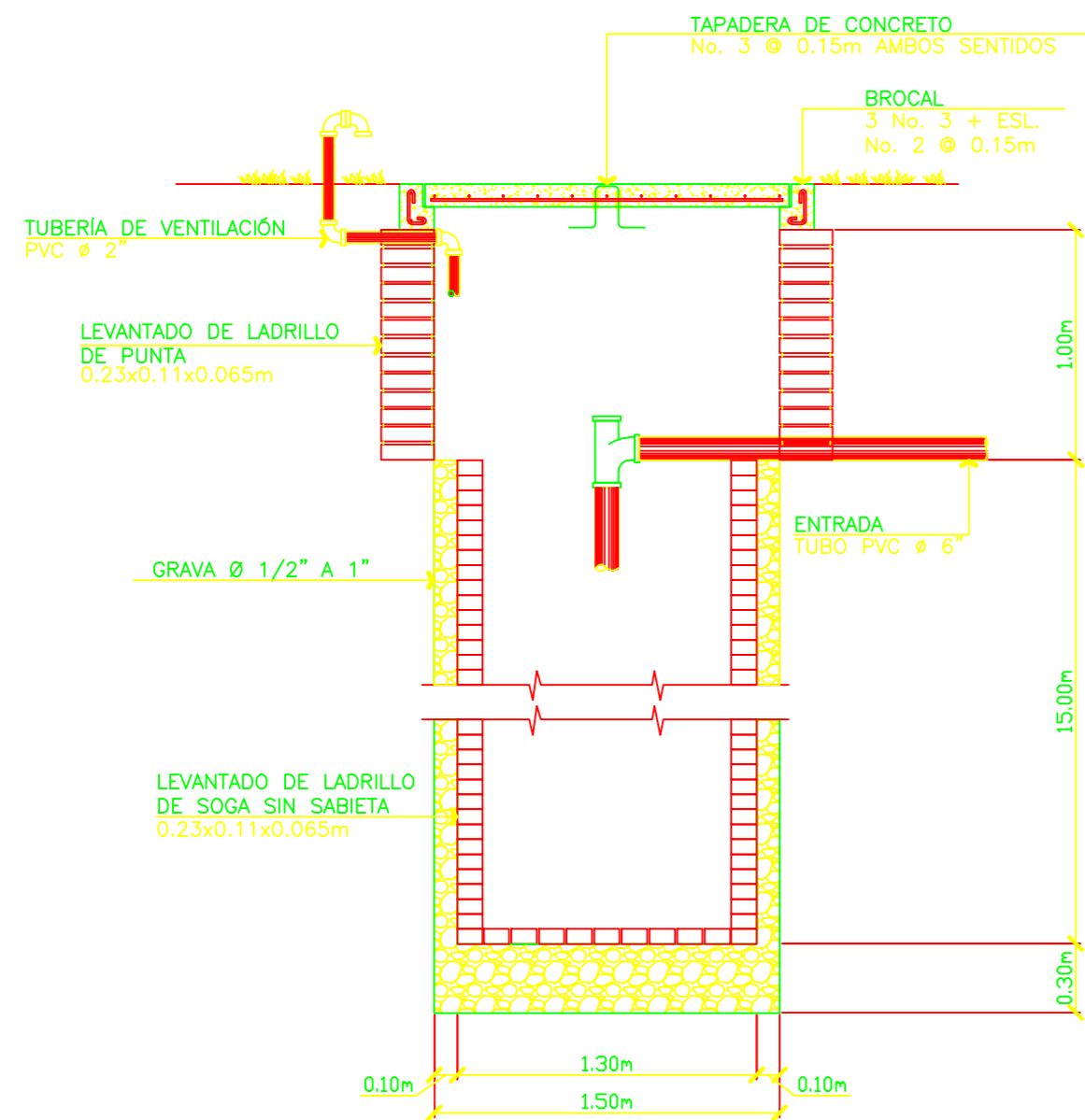
CONTENIDO:

FOSA SÉPTICA

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

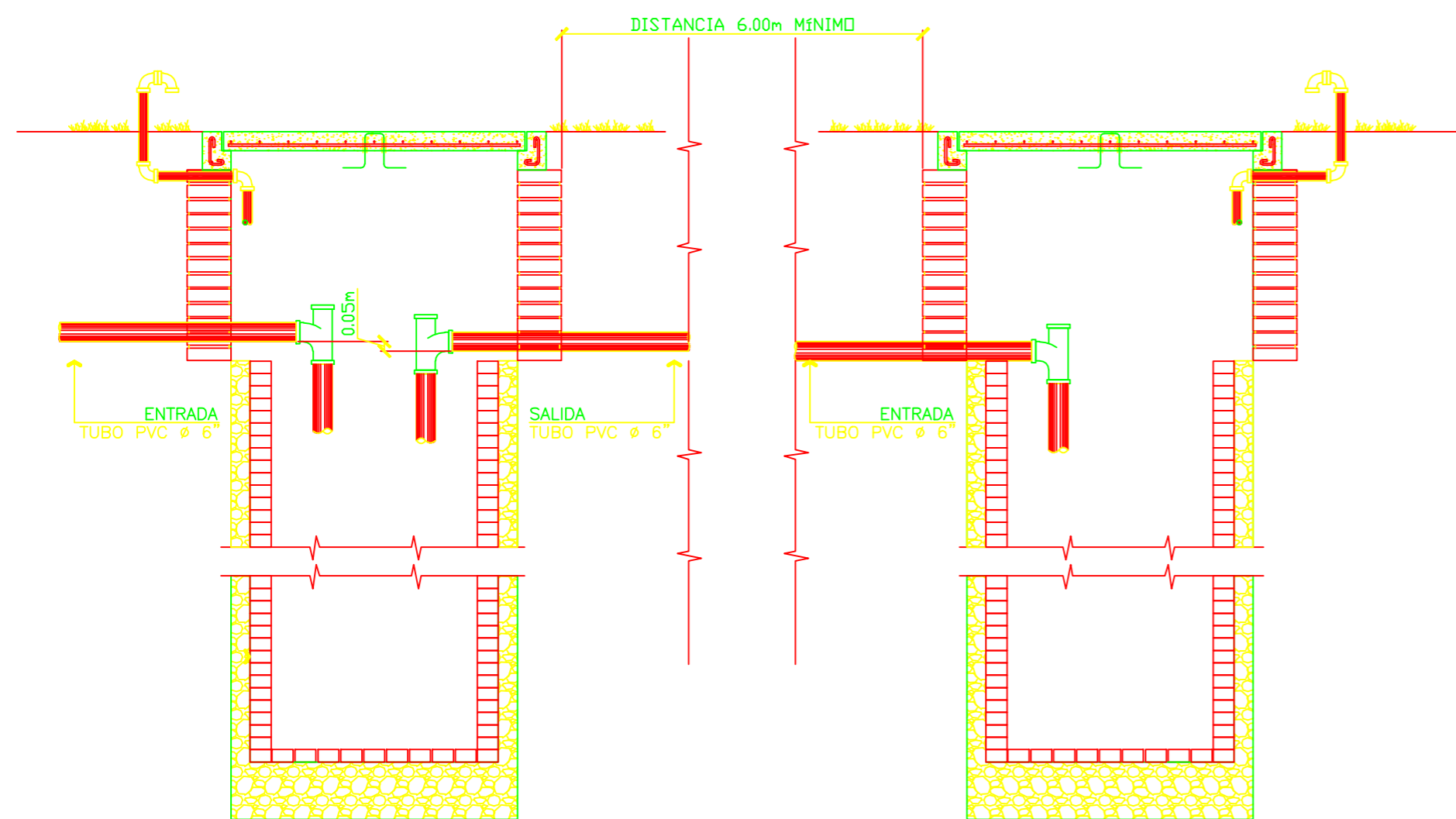
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
11 / 12



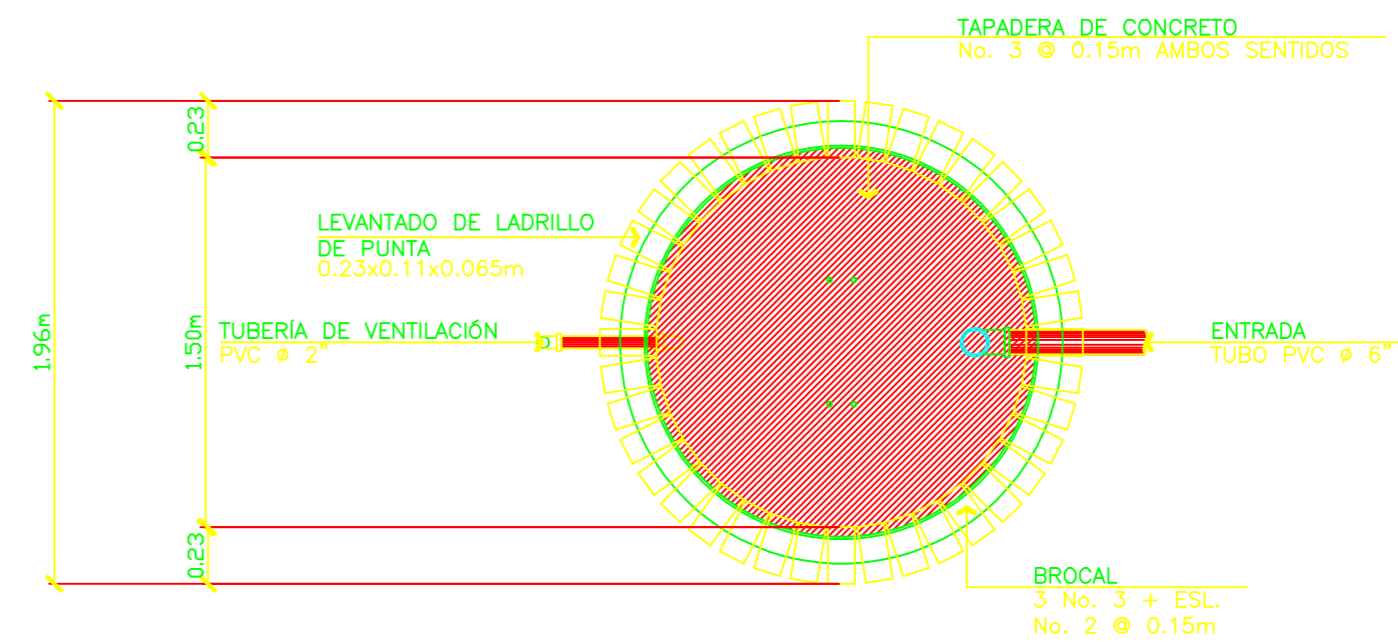
SECCIÓN POZO DE ABSORCIÓN

ESCALA 1/40



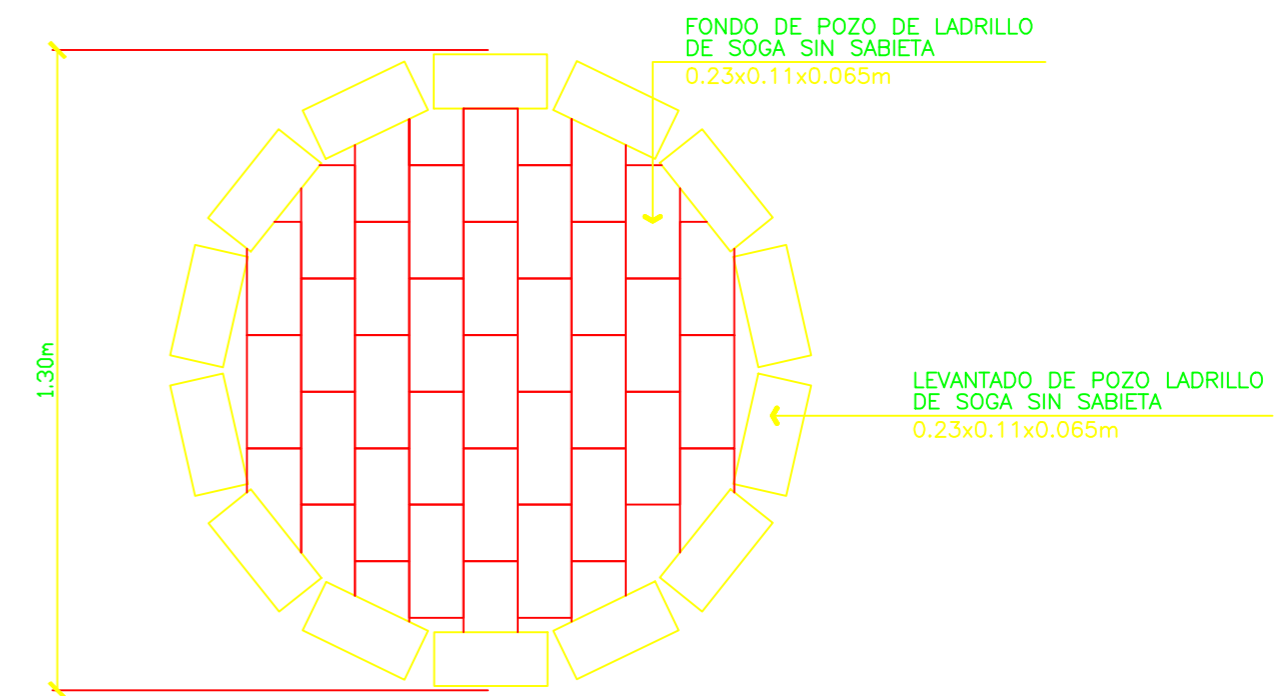
DETALLE DE DISTANCIA ENTRE POZOS DE ABSORCIÓN

ESCALA 1/40



PLANTA POZO DE ABSORCIÓN

ESCALA 1/40



DETALLE LEVANTADO EN AREA DE ABSORCIÓN DEL POZO

ESCALA 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE  
GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

DRENAJE SANITARIO ZONA 4 DE  
TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:

POZO DE ABSORCIÓN

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
12  
12



## **Apéndice 2. Diseño geométrico de la pavimentación**

-

## **Diseño geométrico de carreteras**

Un diseño geométrico de carreteras óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adoptado. Estos criterios a su vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

### **Especificaciones de diseño**

Tráfico promedio diario (T.P.D.): 100 a 500 vehículos

Sección típica E

Ancho de calzada: 5.50 metros

Ancho de terracería en corte: 9.50 metros

Ancho de terracería en relleno: 8.50 metros

Tipo de terreno: ondulado

Velocidad de diseño: 40 kilómetros por hora

Radio mínimo: 47 metros

Pendiente máxima: 9%

Distancia de visibilidad de parada mínima: 40 metros

Distancia de visibilidad de parada recomendada: 50 metros

Distancia de visibilidad de paso mínima: 180 metros

Distancia de visibilidad de parada recomendada: 200 metros

## Diseño del alineamiento horizontal

Grado de curvatura (G): es el ángulo subtendido por un arco de 20m de longitud.

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

Longitud de curva (Lc): es la distancia que sigue la curva, desde el principio de curva (PC) hasta el principio de tangente (PT).

$$Lc = \frac{20\Delta}{G}$$

Subtangente (St): es la distancia comprendida entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), siendo igual a la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT). El ángulo entre esta línea y el radio de la curva es de 90°.

$$St = R * \tan(\Delta/2)$$

Cuerda máxima (Cm): es el segmento de recta que une el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT), el cual subtiende un ángulo  $\Delta$ .

$$Cm = 2R * \text{sen} (\Delta/2)$$

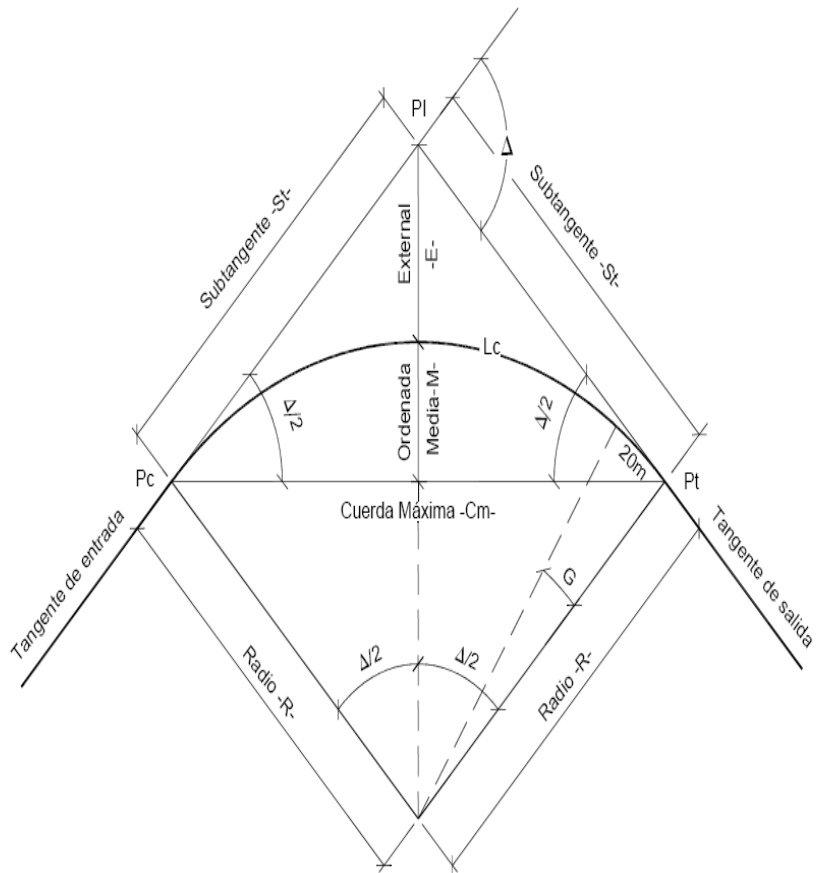
External (E): es la distancia que existe entre el punto de intersección (PI) y el punto medio de la curva.

$$E = R (1/\cos (\Delta/2) - 1)$$

Ordenada media (OM): es la distancia que existe entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

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

**Figura 5. Elementos geométricos de las curvas horizontales.**



**Tabla XXVII. Diseño de curvas horizontales.**

CURVA	R (m)	Δ			G			LC (m)	St (m)	CM (m)	E (m)	OM (m)
		°	'	"	°	'	"					
1	168.64	8	29	38	6	47	42	25.00	12.52	24.98	0.46	0.46
2	318.27	4	30	2	3	36	1	25.00	12.51	24.99	0.25	0.25
3	312.82	3	39	47	3	39	47	20.00	10.00	20.00	0.16	0.16
4	233.61	6	59	24	4	54	19	28.50	14.27	28.48	0.44	0.43
5	178.40	6	56	14	6	25	24	21.60	10.81	21.59	0.33	0.33
6	111.68	16	14	24	10	15	39	31.65	15.93	31.55	1.13	1.12
7	53.75	52	36	43	21	19	10	49.36	26.57	47.64	6.21	5.57
8	108.04	17	9	48	10	36	23	32.36	16.30	32.24	1.22	1.21
9	121.55	13	54	45	9	25	39	29.51	14.83	29.44	0.90	0.89
10	70.33	36	7	41	16	17	36	44.35	22.94	43.62	3.65	3.47
11	52.13	54	55	53	21	58	55	49.98	27.10	48.09	6.62	5.88
12	98.87	20	15	10	11	35	25	34.95	17.66	34.77	1.56	1.54
13	76.78	31	14	42	14	55	29	41.87	21.47	41.35	2.95	2.84
14	83.56	27	6	13	13	42	49	39.53	20.14	39.16	2.39	2.33
15	82.57	27	37	4	13	52	41	39.80	20.29	39.42	2.46	2.39
16	138.92	10	42	15	8	14	55	25.95	13.01	25.92	0.61	0.61
17	82.91	27	26	23	13	49	16	39.71	20.24	39.33	2.44	2.37
18	65.61	40	11	20	17	27	56	46.02	24.00	45.08	4.25	3.99
19	67.73	38	0	51	16	55	8	44.94	23.33	44.12	3.91	3.69
20	93.35	22	30	10	12	16	32	36.66	18.57	36.43	1.83	1.79
21	209.66	6	20	15	5	27	56	23.19	11.61	23.18	0.32	0.32
22	92.70	22	46	31	12	21	41	36.85	18.67	36.61	1.86	1.82
23	77.66	30	40	59	14	45	20	41.59	21.31	41.09	2.87	2.77
24	640.91	2	9	49	1	47	16	24.20	12.10	24.20	0.11	0.11
25	350.87	3	49	28	3	15	57	23.42	11.71	23.42	0.20	0.20
26	182.18	7	23	3	6	17	24	23.48	11.76	23.46	0.38	0.38
27	561.47	2	22	9	2	2	27	23.22	11.61	23.21	0.12	0.12
28	395.25	3	22	12	2	53	57	23.25	11.63	23.24	0.17	0.17

## **Diseño del alineamiento vertical**

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra, al momento de diseñar, se debe considerar las longitudes mínimas permisibles en curvas, para evitar el traslape y dejar la mejor visibilidad posible a los conductores. Estas curvas pueden ser calculadas de la siguiente forma:

$$L = K \times \Delta$$

Donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical

K = Constante que depende de la velocidad de diseño

$\Delta$  = Diferencia algebraica entre pendiente de entrada y pendiente de salida

## **Criterios para el diseño de curvas verticales**

Criterio de apariencia: se aplica en curvas verticales con visibilidad completa o curvas cóncavas, para evitar que el conductor experimente un cambio súbito de pendiente.

$$\Delta = P_s - P_e$$

Donde:

$P_s$  = Pendiente de salida de la curva

$P_e$  = Pendiente de entrada a la curva

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30$$

Criterio de comodidad: se aplica en curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje: se aplica en curvas verticales cóncavas o convexas, cuando se encuentran en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda salir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Criterio de seguridad: se aplica en curvas cóncavas o convexas, la longitud de curva permitirá que a lo largo de ella, la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada.

$$LCV = K \times \Delta$$

**Tabla XXVIII. Diseño de curvas verticales.**

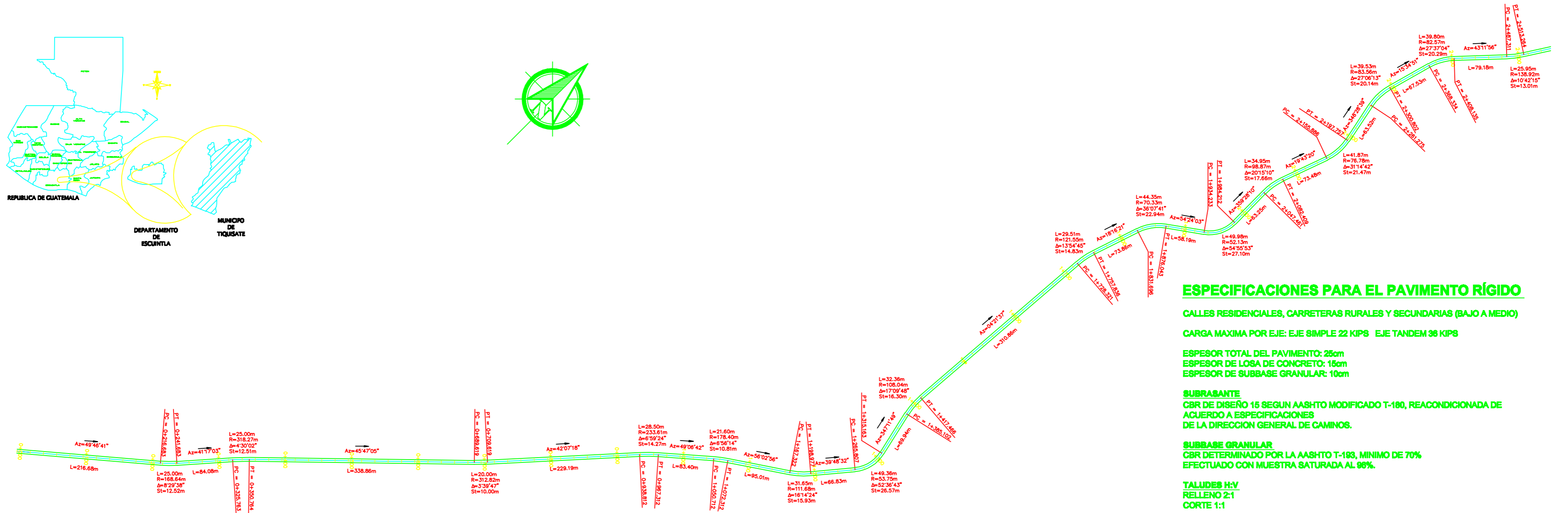
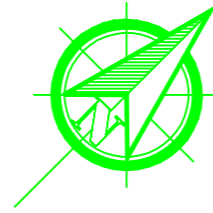
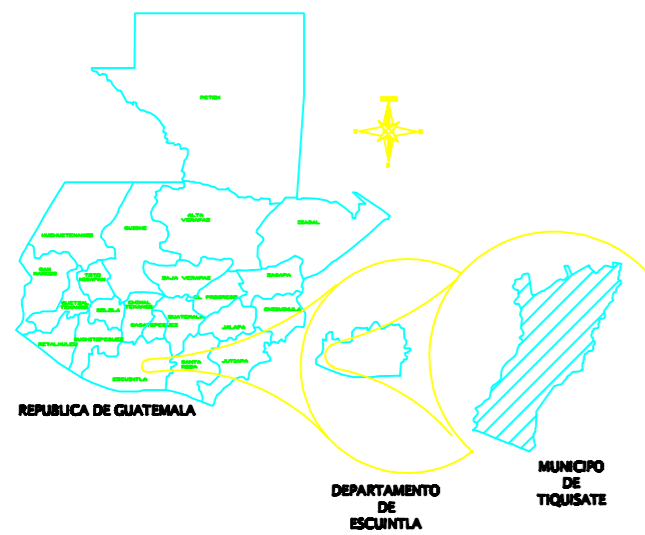
P1 (%)	P2 (%)	$\Delta$	Tipo de curva*	K	LCV min	CRITERIO				
						Apariencia	Comodidad	Drenaje	Seguridad	LCV
-0.76	1.52	2.27	1	6	40.00	68.22	9.21	90.96	13.64	70.00
1.52	-0.83	2.35	2	4	40.00	70.47	9.51	93.96	9.40	70.00
-0.83	7.31	8.14	1	6	40.00	244.20	32.97	325.60	48.84	40.00
7.31	-1.10	8.41	2	4	40.00	252.27	34.06	336.36	33.64	40.00
-1.10	3.17	4.27	1	6	40.00	128.04	17.29	170.72	25.61	65.00
3.17	0.75	2.42	2	4	40.00	72.45	9.78	96.60	9.66	65.00
0.75	-8.48	9.23	2	4	40.00	276.87	37.38	369.16	36.92	85.00
-8.48	-0.50	7.98	1	6	40.00	239.37	32.32	319.16	47.87	100.00
-0.50	0.52	1.02	1	6	40.00	30.54	4.12	40.72	6.11	40.00
0.52	7.77	7.25	1	6	40.00	217.53	29.37	290.04	43.51	100.00
7.77	-6.22	13.99	2	4	40.00	419.67	56.66	559.56	55.96	220.00
-6.22	2.48	8.70	1	6	40.00	260.91	35.23	347.88	52.18	150.00
2.48	-3.53	6.01	2	4	40.00	180.15	24.32	240.20	24.02	50.00
-3.53	0.50	4.03	1	6	40.00	120.75	16.30	161.00	24.15	50.00
0.50	-0.50	1.00	2	4	40.00	29.91	4.04	39.88	3.99	40.00
-0.50	-2.71	2.21	2	4	40.00	66.36	8.96	88.48	8.85	50.00
-2.71	-7.43	4.72	2	4	40.00	141.54	19.11	188.72	18.87	60.00
-7.43	3.20	10.63	1	6	40.00	318.75	43.04	425.00	63.75	75.00
3.20	-1.06	4.26	2	4	40.00	127.68	17.24	170.24	17.02	50.00

\* Tipo de curva: 1: Cónca, 2: Convexa





## **Apéndice 3. Planos de la pavimentación**



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 0+00 A EST. 2+500

ESCALA 1:3000

**ESPECIFICACIONES PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO**

CALLES RESIDENCIALES, CARRETERAS RURALES Y SECUNDARIAS (BAJO A MEDIO)

CARGA MAXIMA POR EJE: EJE SIMPLE 22 KIPS EJE TANDEM 36 KIPS

ESPESOR TOTAL DEL PAVIMENTO: 25cm  
ESPESOR DE LOSA DE CONCRETO: 16cm  
ESPESOR DE SUBBASE GRANULAR: 10cm

**SUBRASANTE**  
CBR DE DISEÑO 15 SEGUN AASHTO MODIFICADO T-180, REACONDICIONADA DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE LA DIRECCION GENERAL DE CAMINOS.

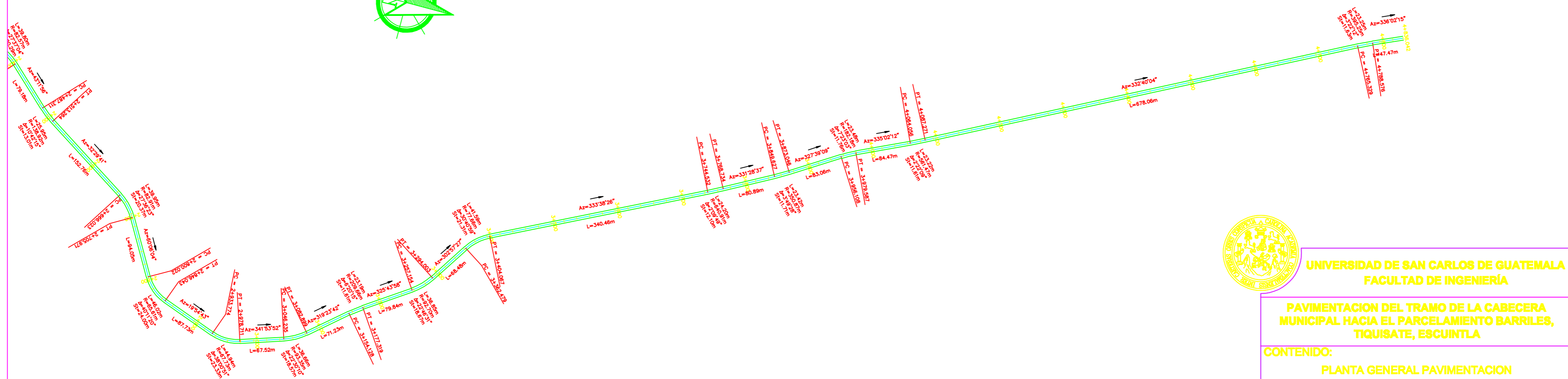
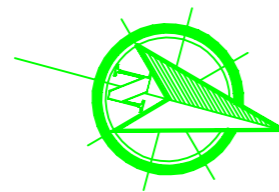
**SUBBASE GRANULAR**  
CBR DETERMINADO POR LA AASHTO T-183, MINIMO DE 70% EFECTUADO CON MUESTRA SATURADA AL 98%.

**TALUDES H:V**  
RELLENO 2:1  
CORTE 1:1

**LOSA DE CONCRETO**  
MODULO DE RUPTURA 6000psi  
RESISTENCIA A LA COMPRESION 4000psi  
PROPORCION 1:1.52

**JUNTAS**  
LONGITUDINALES A LA MITAD DE LA SECCION  
TRANSVERSALES A CADA 3.50m

**CAJAS Y CABEZALES**  
CONCRETO CICLOPEO: 70% PIEDRA BOLA 30% CEMENTO  
SAVIETA PARA ALISADO PROPORCION 1:3



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 2+500 A EST. 4+36.00

ESCALA 1:3000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

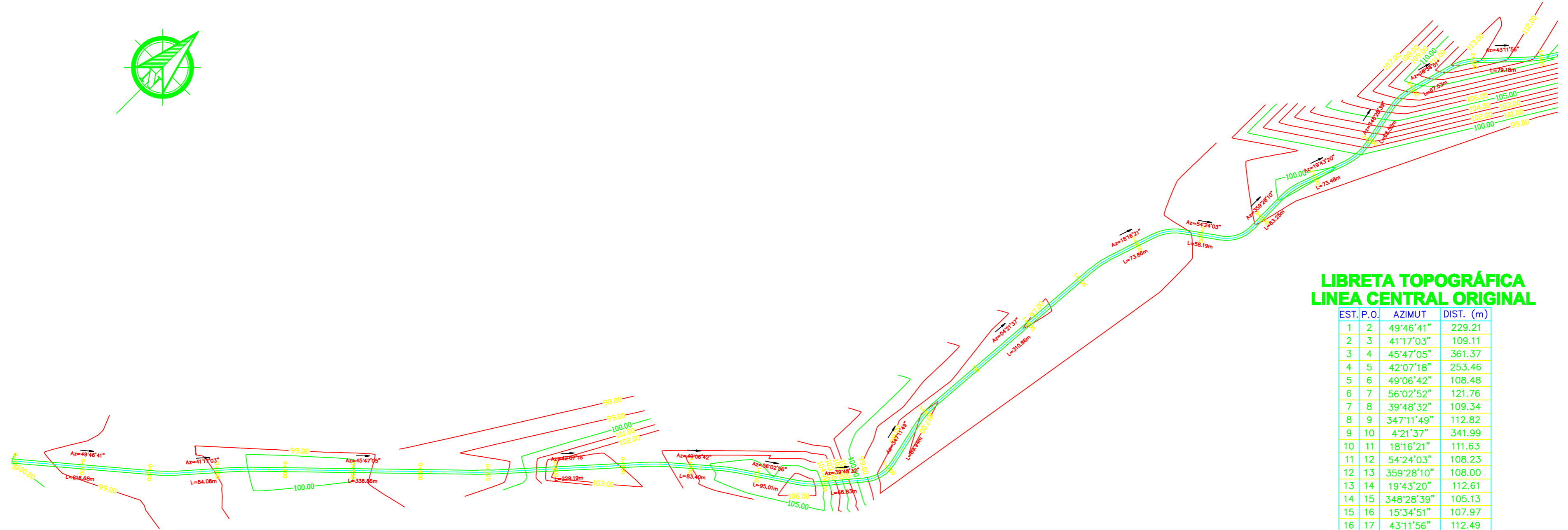
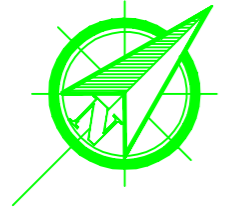
PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA GENERAL PAVIMENTACION

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
01  
11

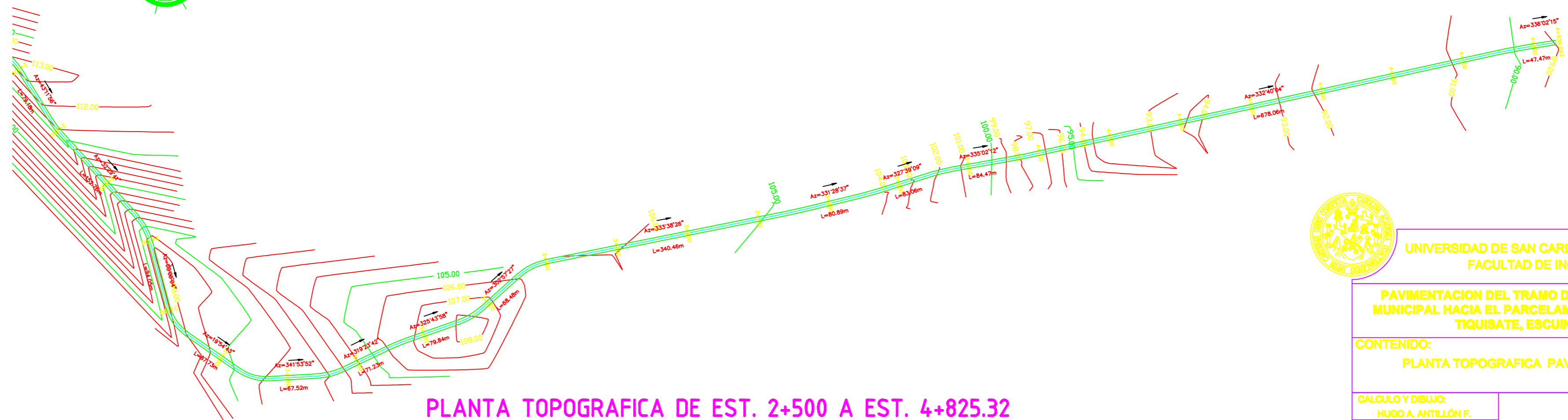
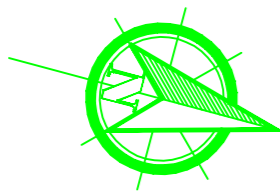


PLANTA TOPOGRAFICA DE EST. 0+000 A EST. 2+500

ESCALA 1:3000

**LIBRETA TOPOGRÁFICA  
LINEA CENTRAL ORIGINAL**

EST. P.O.	AZIMUT	DIST. (m)
1 2	49°46'41"	229.21
2 3	41°17'03"	109.11
3 4	45°47'05"	361.37
4 5	42°07'18"	253.46
5 6	49°06'42"	108.48
6 7	56°02'52"	121.76
7 8	39°48'32"	109.34
8 9	347°11'49"	112.82
9 10	4°21'37"	341.99
10 11	18°16'21"	111.63
11 12	54°24'03"	108.23
12 13	359°28'10"	108.00
13 14	19°43'20"	112.61
14 15	348°28'39"	105.13
15 16	15°34'51"	107.97
16 17	43°11'56"	112.49
17 18	32°29'41"	186.14
18 19	60°06'04"	138.42
19 20	19°54'43"	135.07
20 21	341°53'52"	109.43
21 22	319°23'42"	101.41
22 23	325°43'58"	110.11
23 24	302°57'27"	108.45
24 25	333°38'26"	373.87
25 26	331°28'37"	104.71
26 27	327°39'09"	106.53
27 28	335°02'12"	107.83
28 29	332°40'04"	701.29
29 30	336°02'15"	59.09



PLANTA TOPOGRAFICA DE EST. 2+500 A EST. 4+825.32

ESCALA 1:3000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

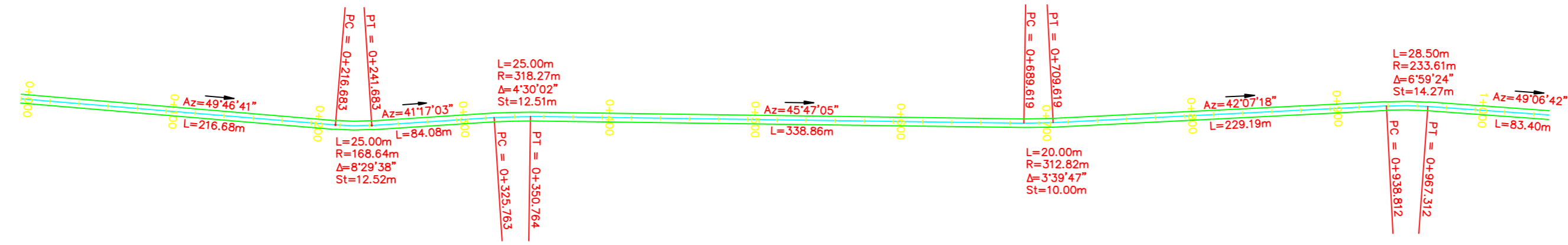
PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES,  
TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA TOPOGRAFICA PAVIMENTACION

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

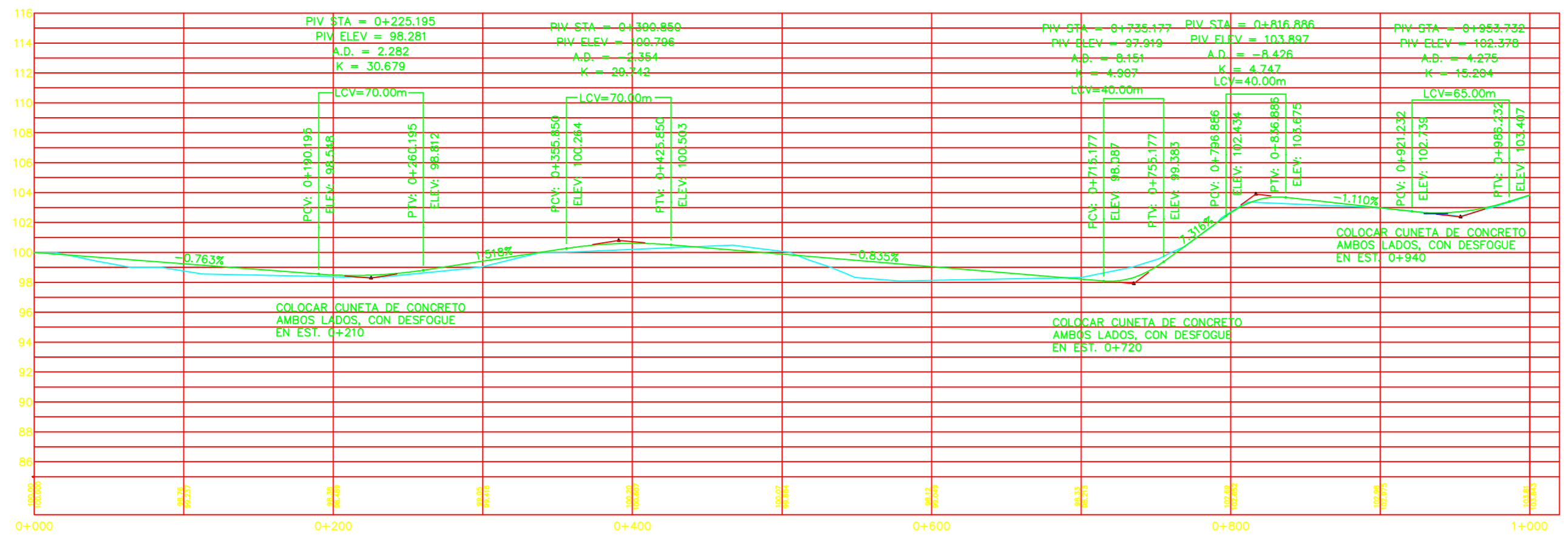
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
02  
11



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 0+000 A EST. 1+000

ESCALA 1:2000



PERFIL DE CARRETERA EST. 0+000 A EST. 1+000

ESCALA HDR. 1:2000 VERT. 1:200

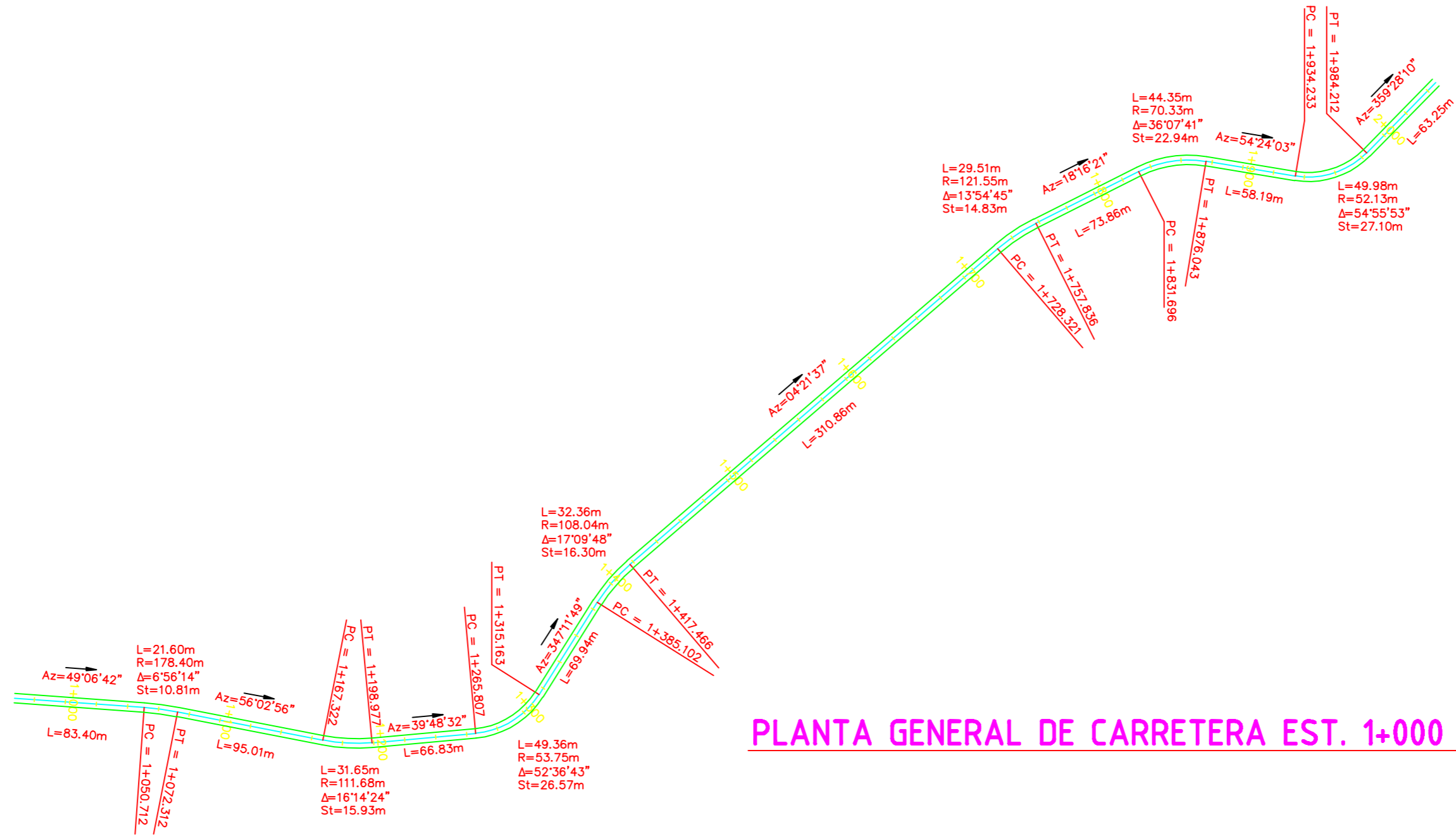


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

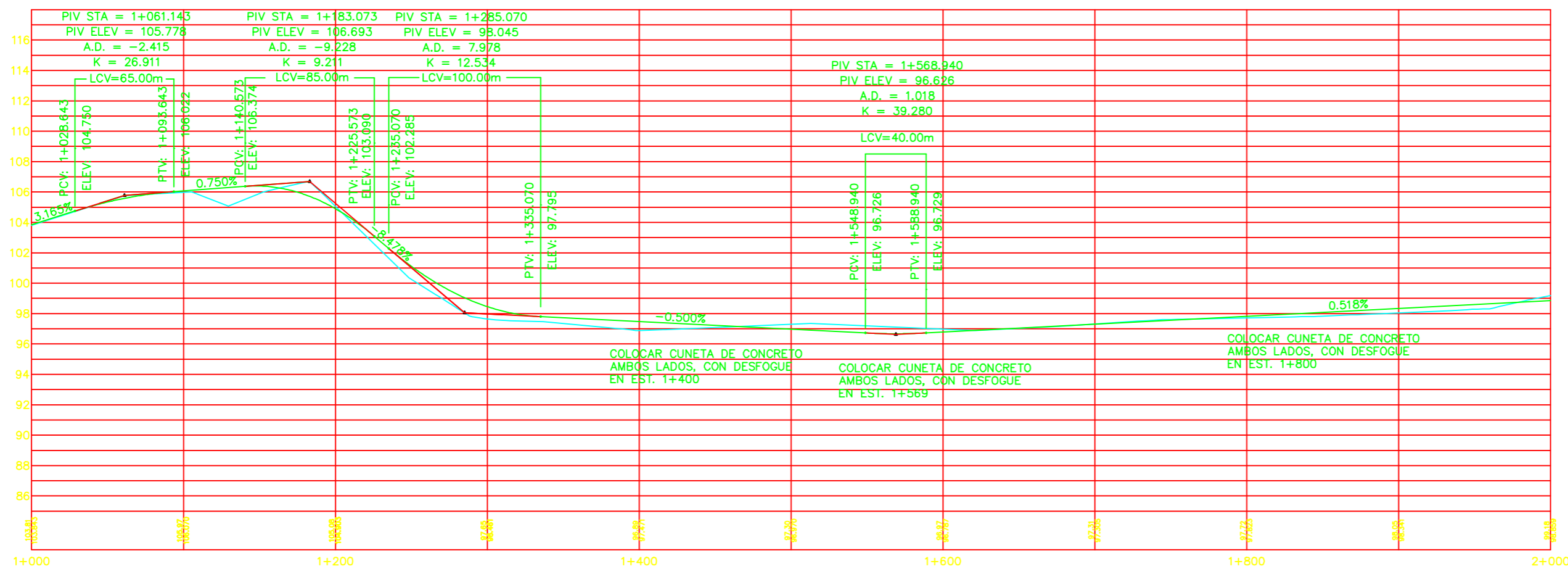
CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL PAVIMENTACION DESDE EST. 0+000 A EST. 1+000

CALCULO Y DIBUJO: HUGO A. ANTILLÓN F.	ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ	HOJA: 03
ESCALA: INDICADA		11



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 1+000 A EST. 2+000

ESCALA 1:2000



PERFIL DE CARRETERA EST. 1+000 A EST. 2+000

ESCALA HDR. 1:2000 VERT. 1:200

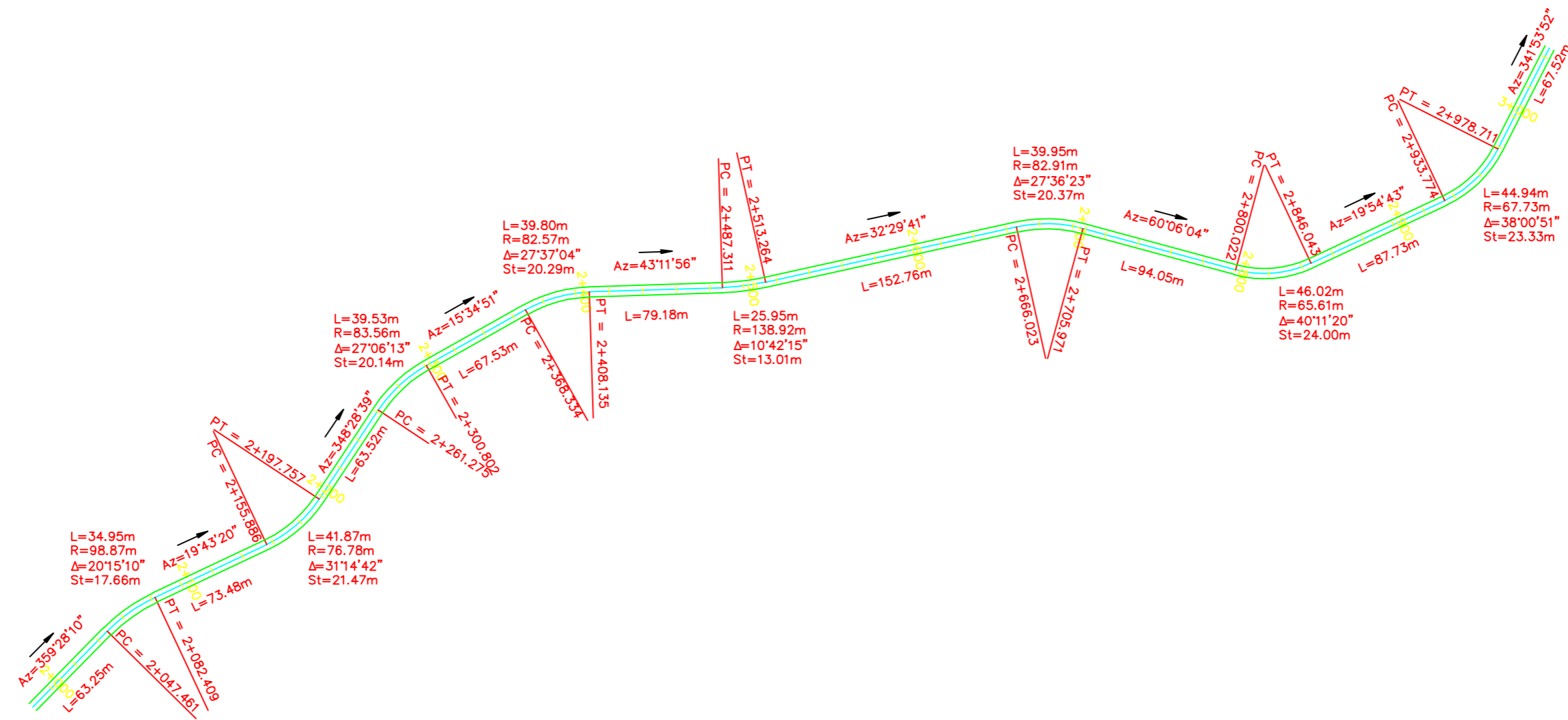


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

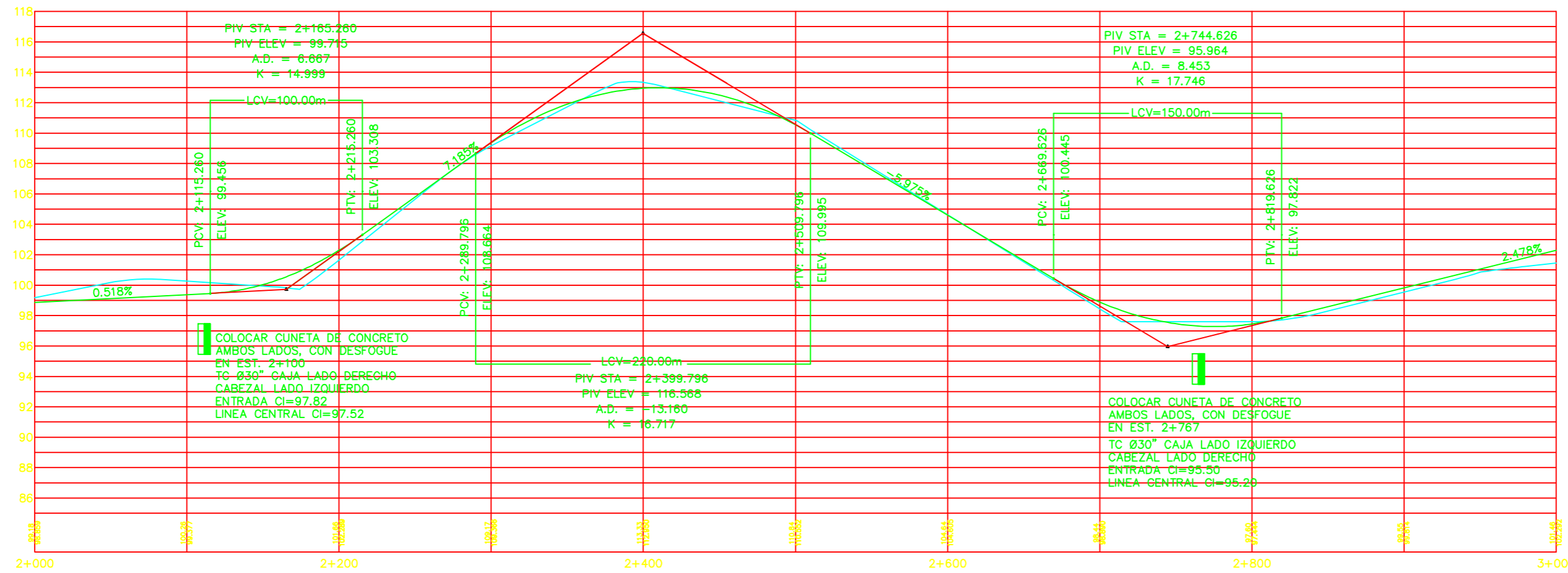
CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL PAVIMENTACION DESDE EST. 1+000 A EST. 2+000

CALCULO Y DIBUJO: HUGO A. ANTILLÓN F.	ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ	HOJA: 04
ESCALA: INDICADA		11



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 2+000 A EST. 3+000

ESCALA 1:2000



PERFIL DE CARRETERA EST. 2+000 A EST. 3+000

ESCALA HDR. 1:2000 VERT. 1:200

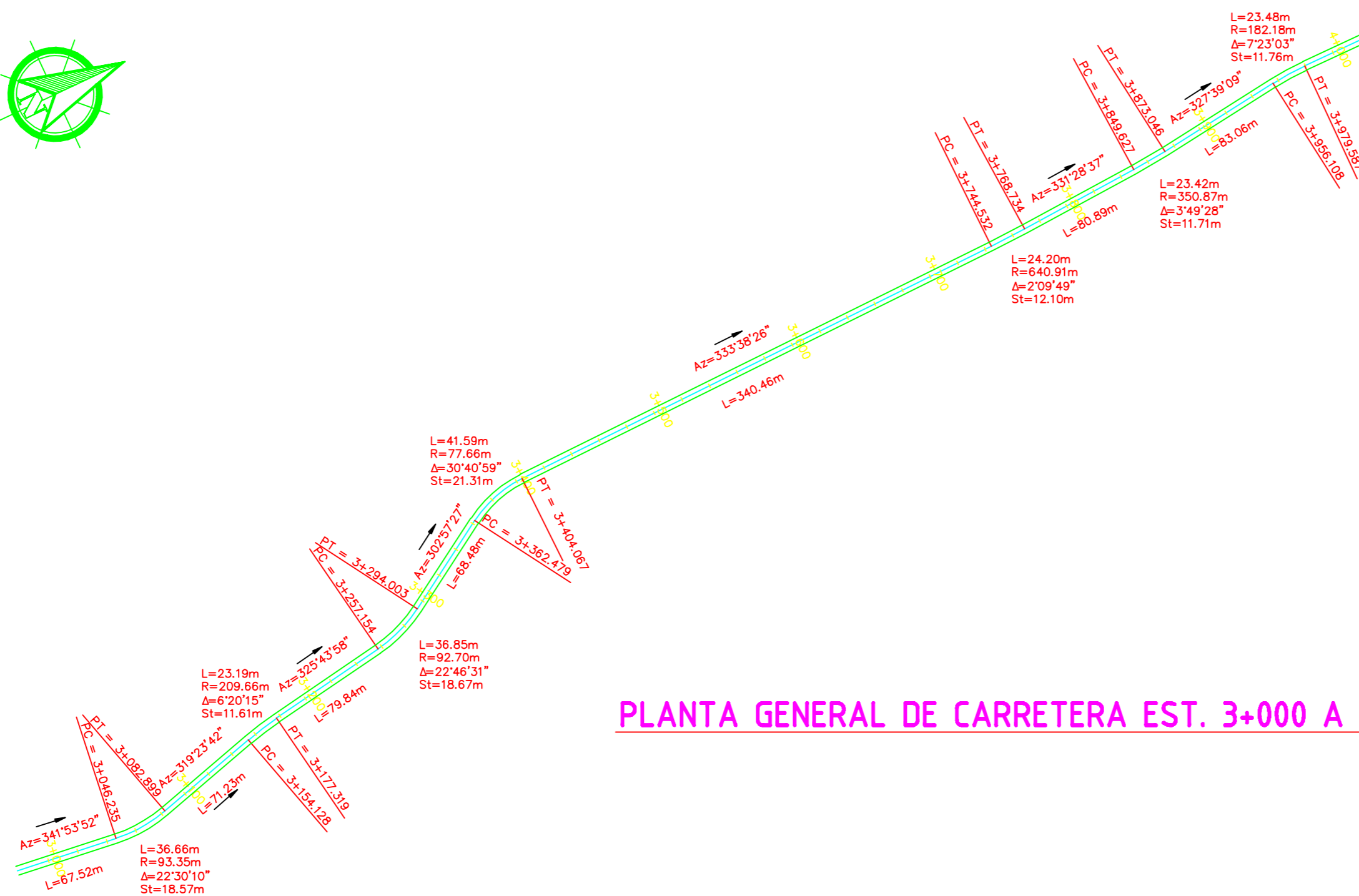
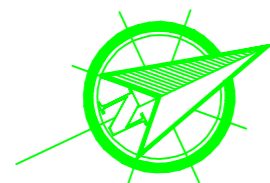


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

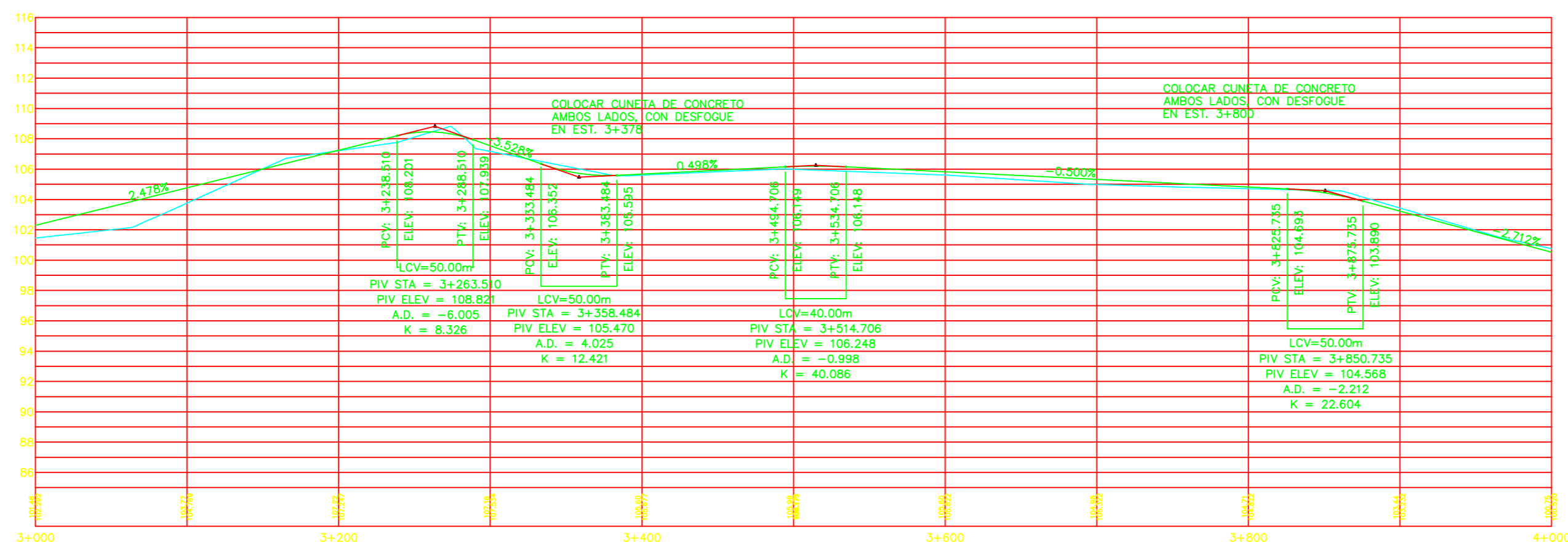
CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL PAVIMENTACION DESDE EST. 2+000 A EST. 3+000

CALCULO Y DIBUJO: HUGO A. ANTILLÓN F.	ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ	HOJA: 05
ESCALA: INDICADA		11



PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 3+000 A EST. 4+000

ESCALA 1:2000



PERFIL DE CARRETERA EST. 3+000 A EST. 4+000

ESCALA HOR. 1:2000 VERT. 1:200



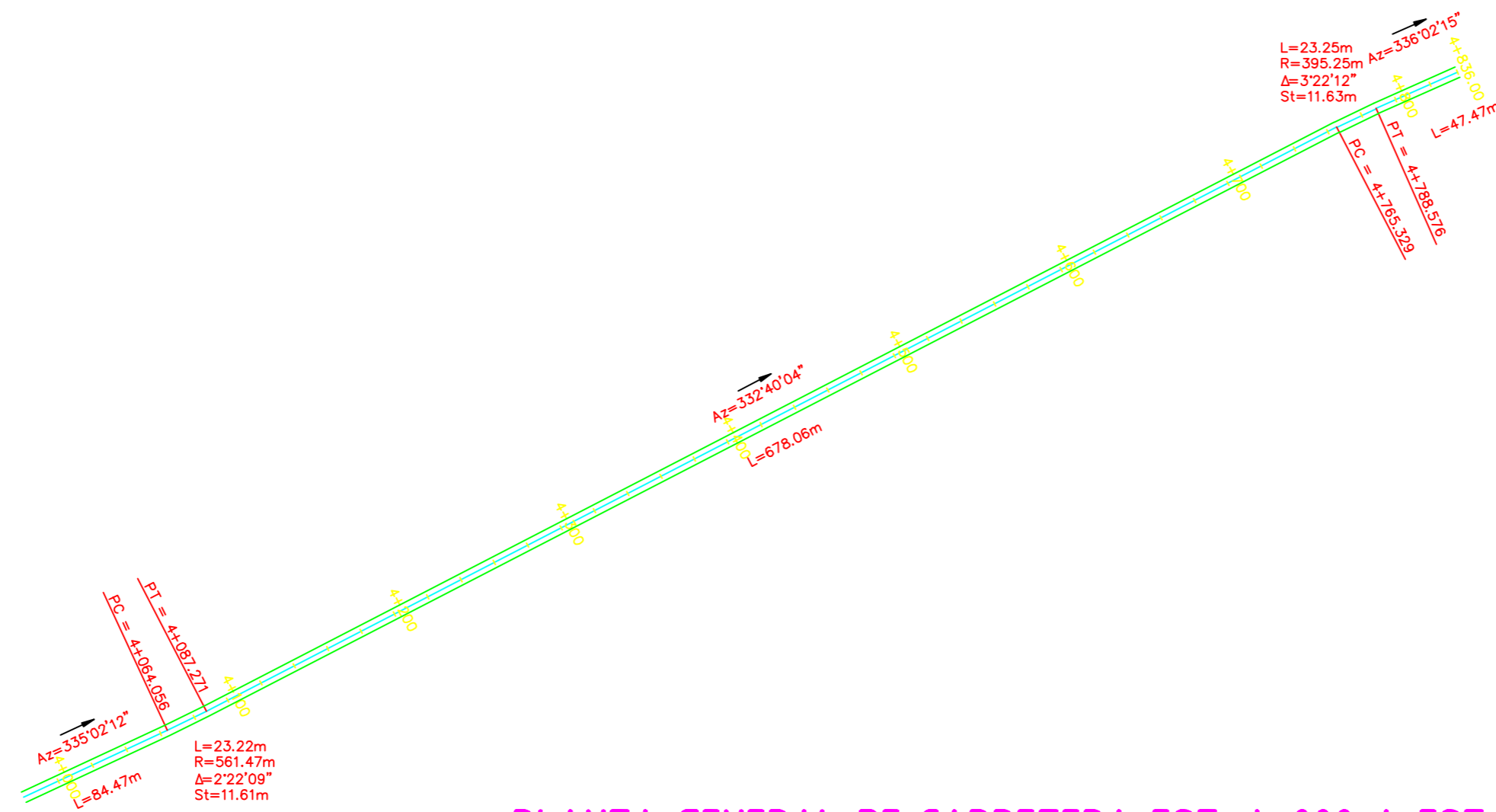
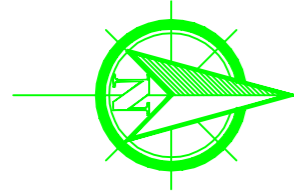
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
PLANTA-PERFIL PAVIMENTACION DESDE EST. 3+000 A EST. 4+000

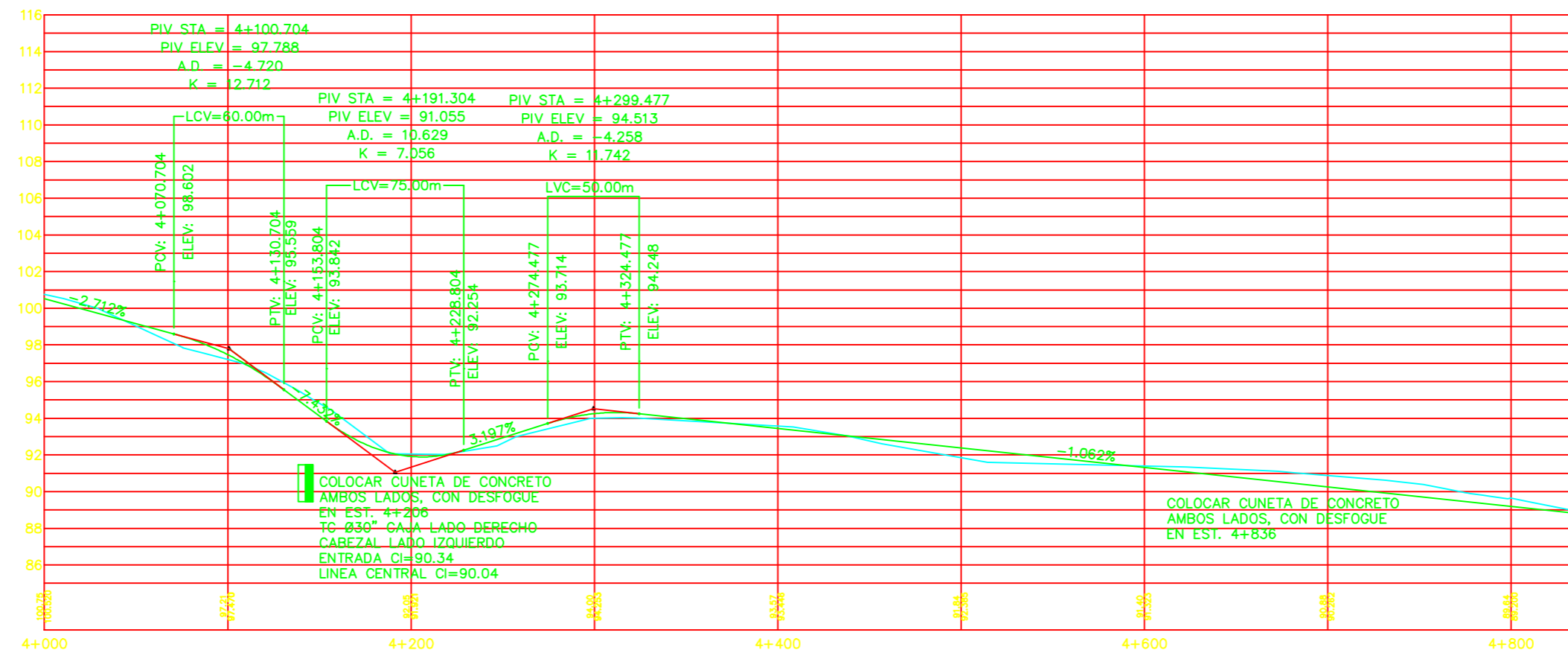
CALCULO Y DIBUJO: HUGO A. ANTILLÓN F.	ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ	HOJA: 06
ESCALA: INDICADA		11





**PLANTA GENERAL DE CARRETERA EST. 4+000 A EST. 4+825.42**

ESCALA 1:2000



**PERFIL DE CARRETERA EST. 4+000 A EST. 4+825.42**

ESCALA HDR. 1:2000 VERT. 1:200

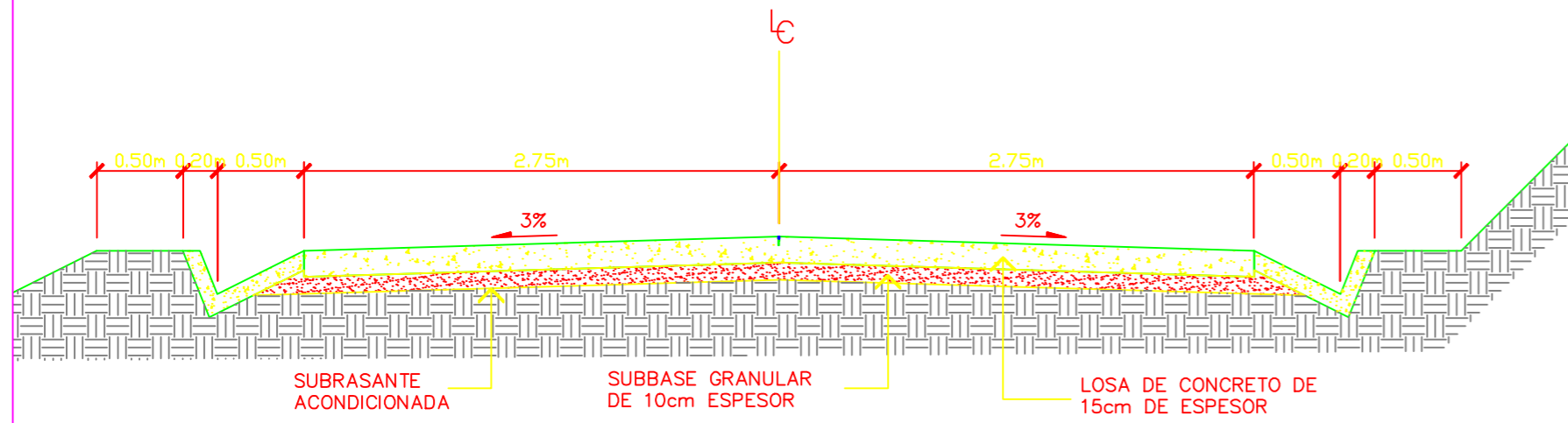


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA**

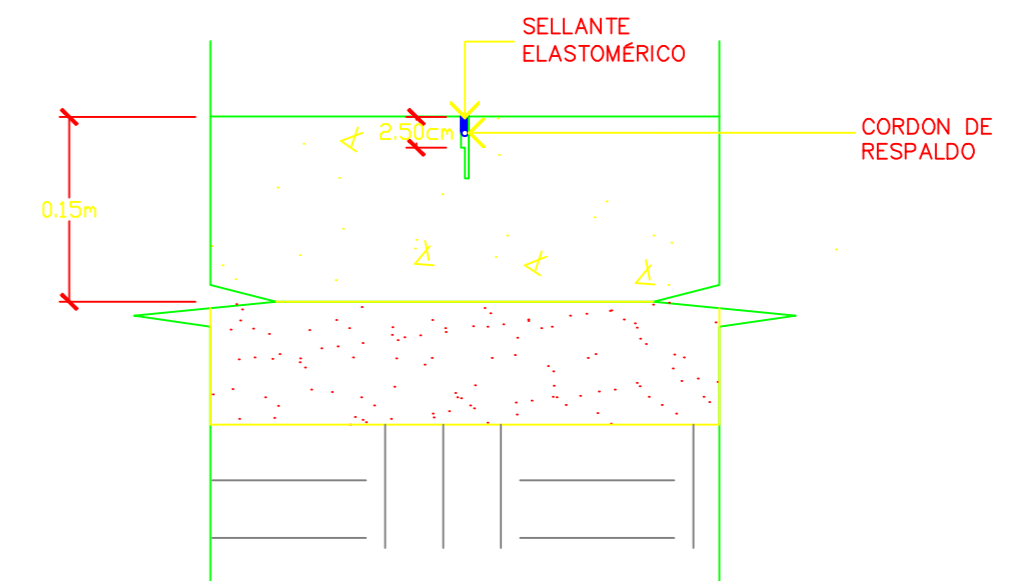
**CONTENIDO:**  
PLANTA-PERFIL PAVIMENTACION DESDE EST. 4+000 A EST. 4+825.32

CALCULO Y DIBUJO: HUGO A. ANTILLÓN F.	ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ	HOJA: 07
ESCALA: INDICADA		11



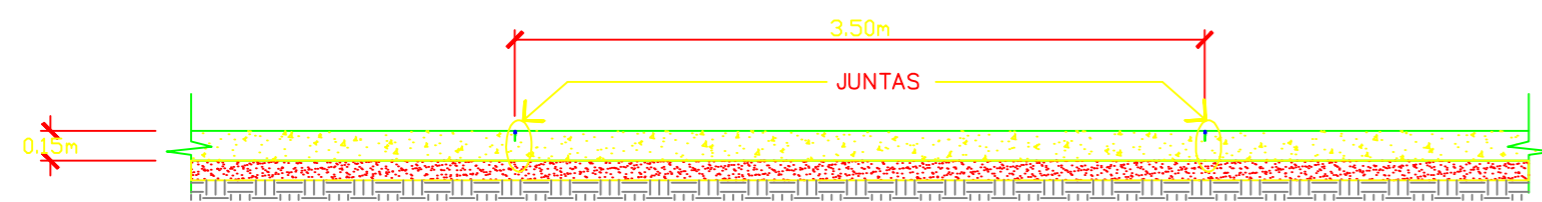
SECCION TIPICA

ESCALA 1:50



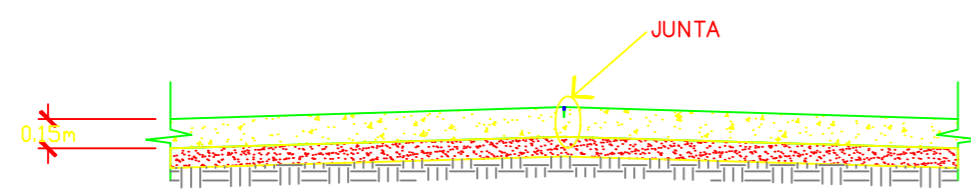
DETALLE SELLADO DE JUNTAS

SIN ESCALA



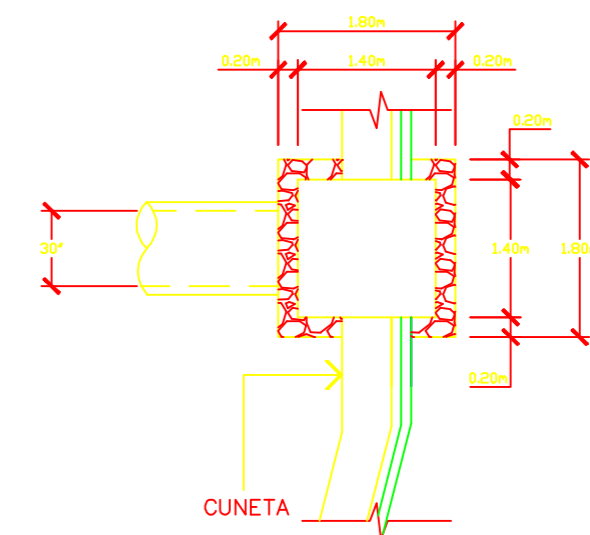
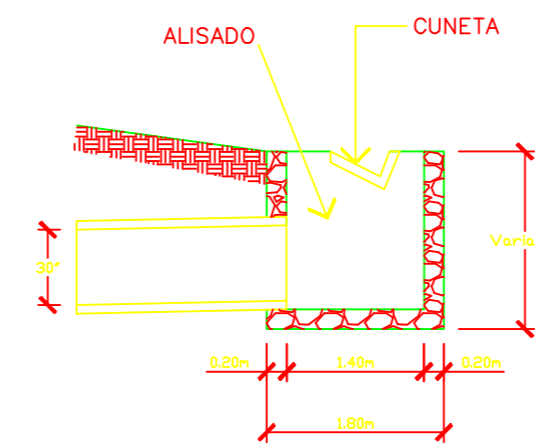
JUNTA TRANSVERSAL @ 3.50m

ESCALA 1:50



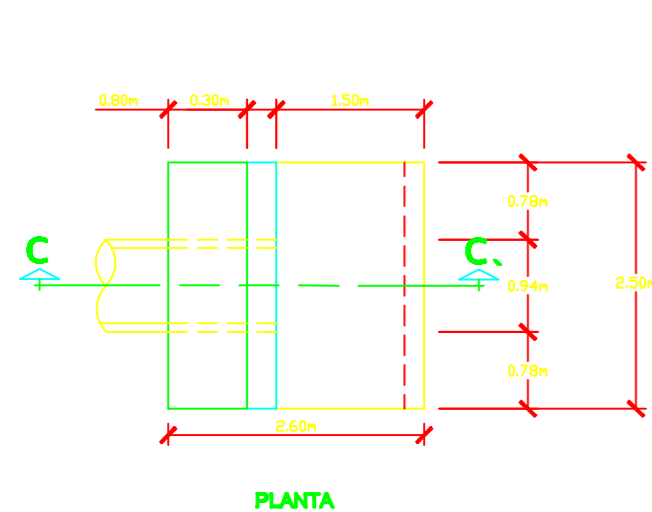
JUNTA LONGITUDINAL @ 2.75m

ESCALA 1:50

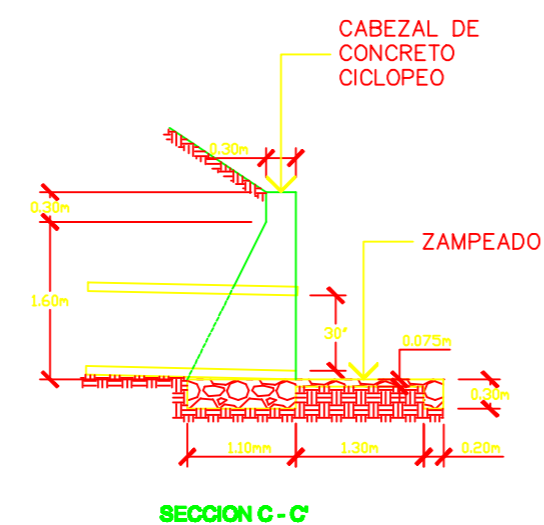


CAJA PARA DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA 1:100



PLANTA



SECCION C-C

CABEZAL DE DESFOGUE TUBERIA DE CONCRETO Ø30"

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

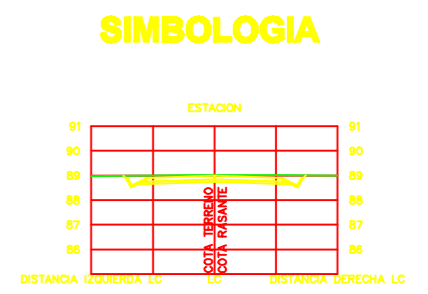
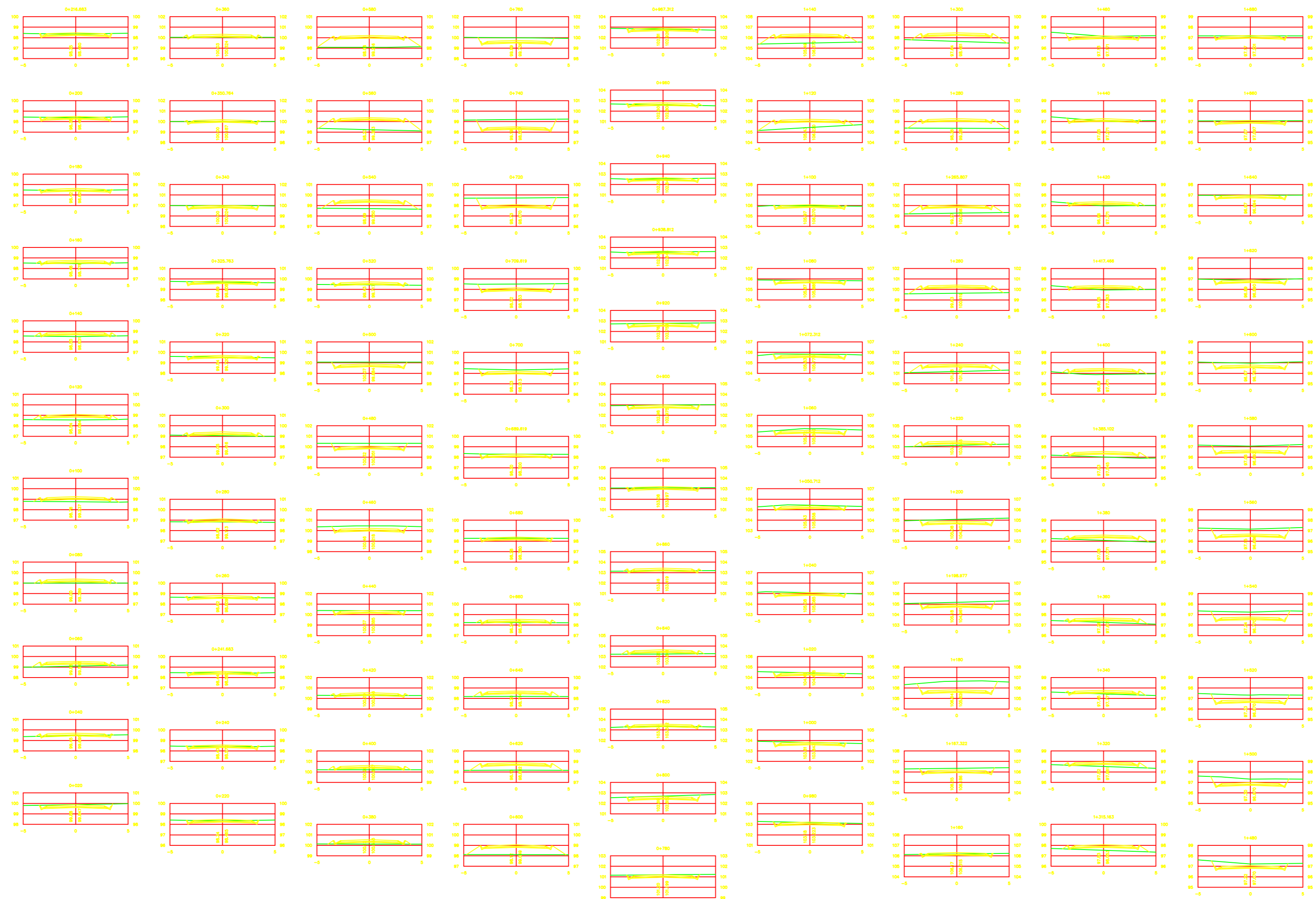
PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
DETALLES DE PAVIMENTACION Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

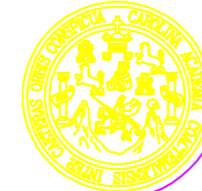
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
08 / 11



**SECCIONES TRANSVERSALES EST. 0+000 A EST. 1+680**

ESCALA 1:400



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

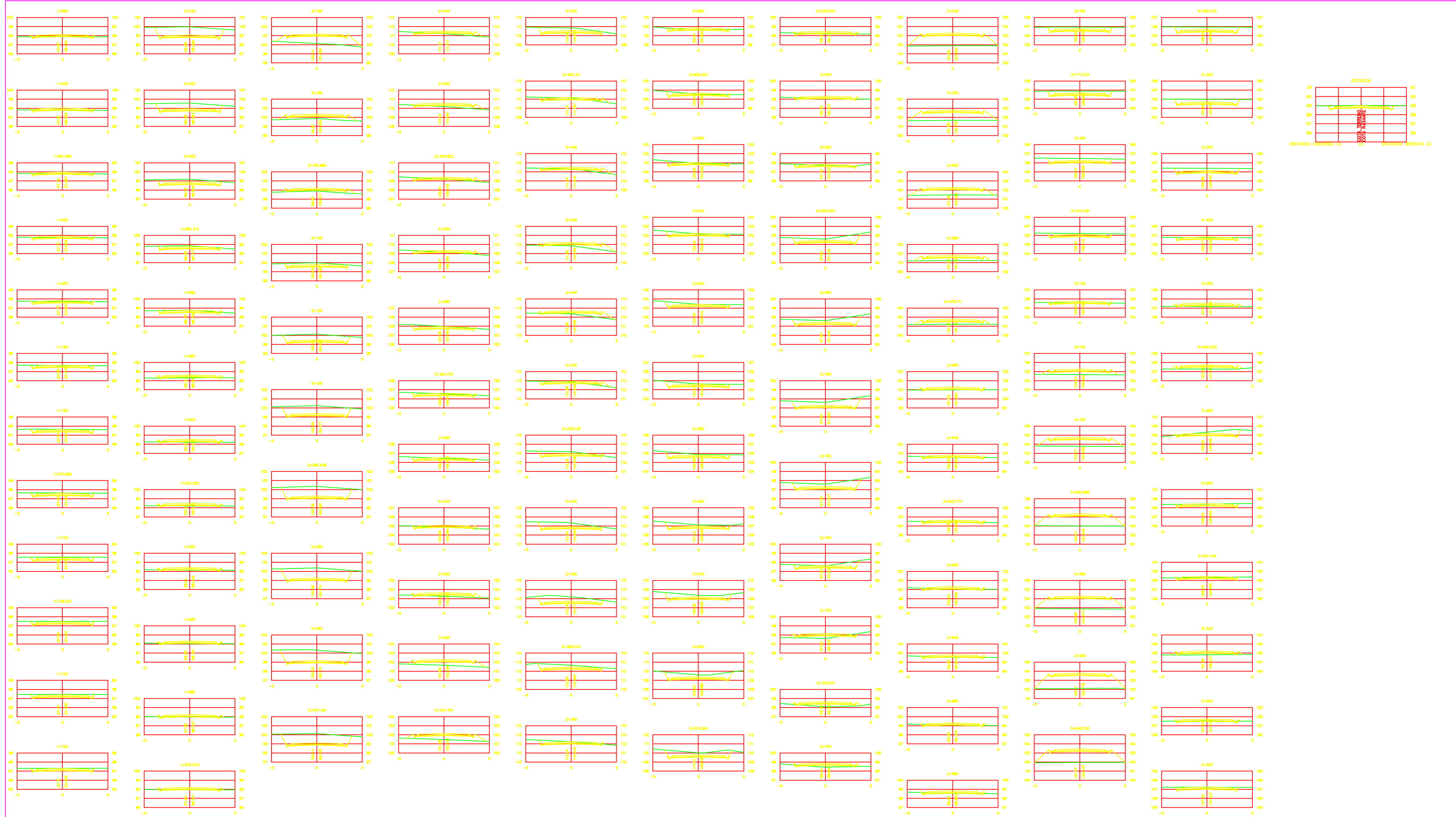
**PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TQUISATE, ESCUINTLA**

CONTENIDO:  
SECCIONES TRANSVERSALES  
EST. 0+000 A EST. 0+1680

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
09 / 11



SECCIONES TRANSVERSALES EST. 1+700 A EST. 3+360

ESCALA 1:400



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

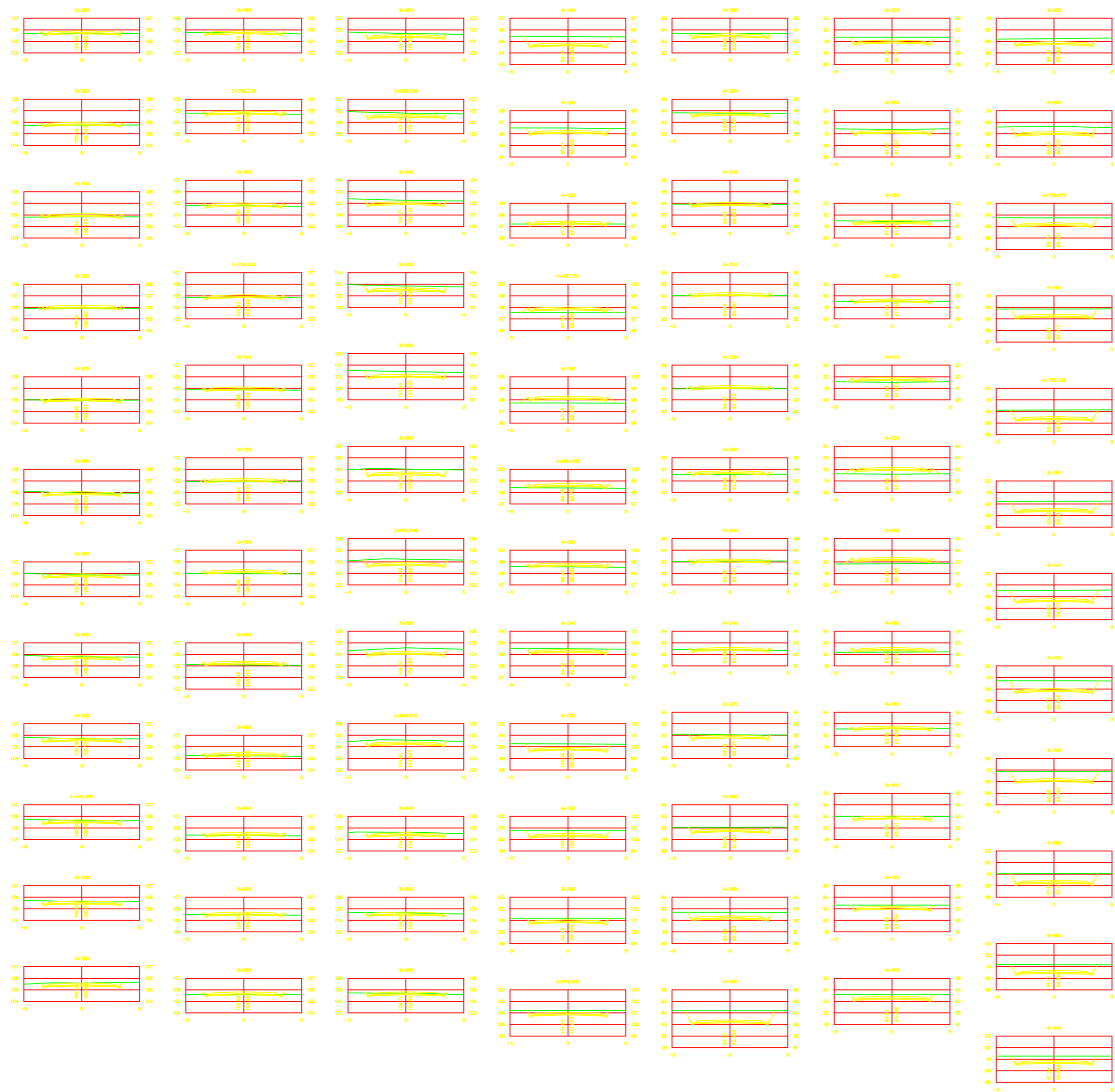
**SIMBOLOGÍA**  
PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA  
MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES,  
TIQUISATE, ESCUINTLA

CONTENIDO:  
SECCIONES TRANSVERSALES  
EST. 0+1700 A EST. 3+360

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

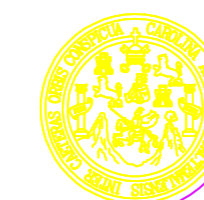
ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
10  
11



**SECCIONES TRANSVERSALES EST. 3+380 A EST. 4+836.00**

ESCALA 1:400



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

**PAVIMENTACION DEL TRAMO DE LA CABECERA MUNICIPAL HACIA EL PARCELAMIENTO BARRILES, TIQUISATE, ESCUINTLA**

**CONTENIDO:  
SECCIONES TRANSVERSALES  
EST. 3+380 A EST. 4+836.00**

CALCULO Y DIBUJO:  
HUGO A. ANTILLÓN F.  
ESCALA:  
INDICADA

ING. SILVIO JOSÉ RODRIGUEZ

HOJA:  
11 / 11