



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN
CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**

Giovani Francisco Tahuite López

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN
CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GIOVANI FRANCISCO TAHUITE LÓPEZ

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de Leon Rodriguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

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

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, en noviembre de 2014.



Giovani Francisco Tahuite López



Guatemala, 04 de marzo de 2015
Ref.EPS.DOC.175.03.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

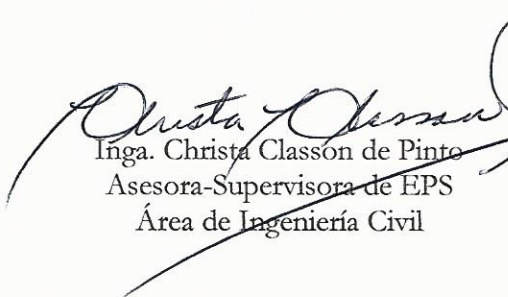
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Giovani Francisco Tahuite López** con carné No. **200916156**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
CDRSdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
13 de marzo de 2015

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 PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Giovani Francisco Tahuite López, con Carnet No 200916156, quien contó con la asesoría de al Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

Atentamente,

~~ID Y ENSEÑAD A TODOS~~

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
07 de abril de 2015

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 PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **Giovani Francisco Tahuite López** quien contó con la asesoría de la Inga. **Christa Classon de Pinto**.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

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





Guatemala, 09 de abril de 2015

Ref.EPS.D.156.04.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Giovani Francisco Tahuite López, carné 200916156**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

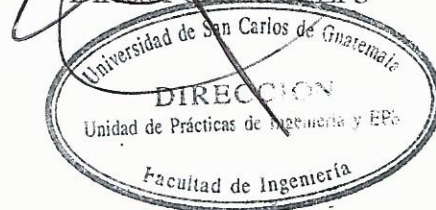
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora – Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Giovani Francisco Tahuite López, titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Giovani Francisco Tahuite López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 4 de mayo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme su amor y misericordia en cada etapa de mi vida.
Mis padres	Juan Tahuite y Elsa López de Tahuite, por su amor y apoyo incondicional, por ser un ejemplo de esfuerzo y trabajo honesto, y ser mi inspiración para seguir adelante.
Mi hermana	María Eugenia Tahuite López, por su apoyo, paciencia y consejos en mi vida.
Padre Gilberto Ruiz Urizar	Por su amistad, por ser una importante influencia en mi vida, por su apoyo para ser cada día mejor, por mostrarme el amor y misericordia de Dios.
Iracema Eguizabal	Por brindarme su amor, compañía y apoyo incondicional en todo momento.
Mis amigos	Por compartir alegrías y tristezas durante la carrera y en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por abrirme las puertas a mi superación personal.

Facultad de Ingeniería Por brindarme los conocimientos y las herramientas necesarias para desenvolverme como ingeniero civil.

Mis amigos de la Facultad A los que Dios puso en mi camino en este proceso, por formar parte de mi vida, por las vivencias inolvidables.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del lugar.....	1
1.2. Características físicas del lugar.....	2
1.2.1. Ubicación y localización.....	2
1.2.2. Colindancias	2
1.2.3. Topografía	2
1.2.4. Clima	3
1.2.5. Tipo de vivienda y actividad económica	3
1.2.6. Población	4
1.3. Características de infraestructura.....	4
1.3.1. Vías de acceso	4
1.3.2. Servicios públicos	4
1.3.2.1. Educación	5
1.3.2.2. Salud	5
1.3.2.3. Agua potable.....	5
1.4. Características socioeconómicas	6
1.4.1. Tipos de industrias en el área.....	6
1.4.2. Actividad económica.....	6

1.4.3.	Idioma y religión	6
1.5.	Diagnóstico sobre las necesidades en infraestructura	7
1.6.	Descripción de necesidades	7
1.6.1.	Evaluación y priorización de necesidades.....	7
2.	DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO	9
2.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.1.	Alcances del proyecto	9
2.1.2.	Levantamiento topográfico	10
2.1.3.	Planimetría	10
2.1.4.	Altimetría	10
2.2.	Estudio de suelos.....	10
2.2.1.	Ensayo granulométrico.....	11
2.2.2.	Ensayo de límites de Atterberg	12
2.2.3.	Ensayo de compactación proctor	12
2.2.4.	Ensayo de razón soporte california	14
2.3.	Análisis de resultados	15
2.4.	Diseño geométrico	15
2.4.1.	Alineamiento horizontal	15
2.4.2.	Alineamiento vertical	16
2.5.	Curvas verticales.....	19
2.6.	Diseño del pavimento.....	19
2.6.1.	Pavimento rígido	20
2.6.2.	Componentes estructurales del pavimento	20
2.6.2.1.	Capa de rodadura	20
2.6.2.2.	Base	21
2.6.2.3.	Subrasante	21
2.6.2.4.	Cajuela	22
2.6.2.5.	Bombeo	22

2.7.	Parámetros de diseño.....	22
2.7.1.	Período de diseño.....	24
2.7.2.	Diseño de la base	24
2.7.3.	Diseño del espesor del pavimento	24
2.7.4.	Diseño de mezcla de concreto.....	30
2.7.5.	Diseño de juntas	36
	2.7.5.1. Tipo de juntas	36
	2.7.5.2. Formación de juntas	38
2.8.	Estructura final de pavimento	40
2.9.	Elaboración de planos finales.....	41
2.10.	Presupuesto	42
	2.10.1. Precios unitarios	42
	2.10.2. Resumen del presupuesto del pavimento rígido.....	48
2.11.	Cronograma de ejecución físico y financiero	49
2.12.	Estudio de Impacto Ambiental	50
3.	DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	55
3.1.	Normas de diseño	55
	3.1.1. Diámetros mínimos.....	55
	3.1.2. Velocidades mínimas y máximas.....	56
	3.1.3. Profundidad de la tubería	56
	3.1.4. Cotas invert.....	57
	3.1.5. Ancho de zanjas	58
	3.1.6. Pozos de visita.....	59
	3.1.7. Tragantes.....	60
	3.1.7.1. Diseño hidráulico de tragante	61
	3.1.8. Coeficiente de escorrentía.....	63
	3.1.9. Periodo de retorno	64
	3.1.10. Intensidad de lluvia	65

3.1.11.	Áreas tributarias	66
3.1.12.	Tiempo de concentración	66
3.1.13.	Pendiente del terreno	67
3.1.14.	Caudal de diseño	68
3.1.15.	Velocidad de flujo a sección llena	68
3.2.	Ejemplo de cálculo de drenaje pluvial	69
3.3.	Elaboración de planos finales	71
3.4.	Presupuesto	72
3.4.1.	Resumen de presupuesto	72
3.5.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	75
3.6.	Estudio de Impacto Ambiental.....	76
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85
APÉNDICES.....		87
ANEXOS.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de una curva horizontal.....	16
2.	Planta de curva vertical simétrica.....	18
3.	Esquema de tipo de juntas de pavimentos rígidos.....	39
4.	Esquema final de pavimento.....	41
5.	Cronograma físico y financiero.....	50
6.	Profundidad de tubería.....	57
7.	Esquema general de tragante de acera.....	61
8.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	75

TABLAS

I.	Constante k en longitud mínima de curvas verticales.....	18
II.	Curvas verticales.....	19
III.	Clasificación de vehículos, según su categoría.....	25
IV.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores soporte.....	27
V.	Valores de K para diseño sobre base granulares (PCA).....	28
VI.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K.....	28
VII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con juntas doveladas.....	29
VIII.	Consistencia aconsejable para distintos tipos de estructuras.....	31
IX.	Datos para diseño de mezclas para 1 m ³ de concreto fresco.....	31

X.	Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto, en kilogramos	33
XI.	Cuantificación para un saco de cemento.....	34
XII.	Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto en cantidades comerciales	35
XIII.	Precio unitario de topografía	42
XIV.	Precio unitario de limpieza, chapeo y destronque	43
XV.	Precio unitario de excavación de corte de cajuela y acarreo de material.....	44
XVI.	Precio unitario de reacondicionamiento y conformación de subrasante.....	45
XVII.	Precios unitarios de base de material granular	46
XVIII.	Precio unitario de colocación de bordillo prefabricado	47
XIX.	Precio unitario de carpeta de concreto hidráulico.....	48
XX.	Resumen del presupuesto del pavimento rígido	49
XXI.	Síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental .	51
XXII.	Diámetros mínimos en tramos iniciales de drenaje	55
XXIII.	Velocidades mínimas y máximas del flujo en tuberías	56
XXIV.	Anchos mínimos de zanja según diámetro de tubería.....	58
XXV.	Coeficiente de escorrentía utilizados en Guatemala	64
XXVI.	Parámetros del INSIVUMEH según área del proyecto.	66
XXVII.	Integración coeficiente de escorrentía.....	70
XXVIII.	Presupuesto del drenaje pluvial	72
XXIX.	Síntesis del plan de supervisión y control de impacto ambiental..	77

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ø	Diámetro
fqm	Factor de caudal medio
°C	Grados centígrados
Δ	Grado de curvatura
hab	Habitantes
IP	Índice de plasticidad
km	Kilómetros
kph	Kilómetros por hora
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
psi	Libra por pulgada cuadrada
pci	Libra por pulgada cúbica
LL	Límite líquido
l/km-día	Litros por kilómetros al día
l/s	Litros por segundo
m	Metro
m²	Metros cuadrados
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros sobre segundo
mm/h	Milímetros por hora
MR	Módulo de ruptura

a	Parámetro de ajuste
b	Parámetro de ajuste
π	Pi
pvc	Policloruro de vinilo
plg	Pulgadas
“	Pulgadas
Q	Quetzal
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidad
Σ	Sumatoria
t	Tiempo

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Aguas pluviales	Son las aguas que provienen de las lluvias. Corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
CBR	California Bearing Ratio (Valor Soporte California).
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Colector	Es una tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas residuales o pluviales hacia el lugar de desfogue.
Compactación	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
DGC	Dirección General de Caminos.

Diámetro	Línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.
EIA	Estudio de Impacto Ambiental.
Grava	Conjunto de materiales procedentes de erosiones meteorológicas que se encuentra en yacimientos.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Junta	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debido a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Monografía	Breve descripción de las características económicas, sociales, físicas y culturales de una región o pueblo.
OMP	Oficina Municipal de Planificación.
PCA	Portland Concrete Association.

Período de diseño	Período durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
TPD	Tránsito promedio diario.
TPDA	Tránsito promedio diario anual.
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, se desarrolla el diseño de pavimento rígido y sistema de aguas pluviales del sector industrial de la zona 4 de Mixco, Guatemala.

En el condominio El Bosque y parte del boulevard El Naranja ubicados en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala es necesario realizar el diseño y construcción de un sistema de drenaje pluvial y del pavimento de concreto rígido, ya que por el desarrollo poblacional e industrial que ha tenido dicha zona, los ciudadanos han pedido ayuda de la Municipalidad para satisfacer estas necesidades.

La longitud del sistema de drenaje pluvial es de aproximadamente 4,3 km y del pavimento de concreto rígido será aproximadamente de 3,2 km. El criterio de diseño para la construcción de un drenaje pluvial se tomará a partir del área de influencia de cada tramo. El profesional a cargo del diseño tendrá que escoger parámetros como el tipo de coeficiente de escorrentía de cada tramo, para asegurar la capacidad del drenaje de soportar el caudal provocado en la época de invierno. Además, este sistema de aguas pluviales se conectará a la red existente, cuyo desfogue está en las cercanías del lugar.

En cuanto al pavimento de concreto rígido, se tomarán en cuenta los principales factores que intervienen en el dimensionamiento de losas de concreto en pavimento y la descripción del método simplificado de la PCA.

OBJETIVOS

General

Realizar un diseño del sistema de aguas pluviales para conectar a un sistema existente y del pavimento de concreto rígido, para que los habitantes del área de zona 4 de Mixco, Guatemala, puedan tener vías de acceso en buenas condiciones, evitando la erosión e inundaciones en época de invierno, y aportando características para el desarrollo socioeconómico del lugar.

Específicos

1. Eliminar focos de contaminación con la construcción de un sistema de drenaje pluvial.
2. Establecer vías de comunicación adecuadas para beneficio de los usuarios que transitan en el área.
3. Promover el desarrollo socioeconómico gracias a mejores vías de comunicación dentro del área.
4. Elaborar planos, presupuestos, cronogramas de ejecución física y financiera de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

El ser humano, desde su inicio, ha emprendido un camino de crecimiento y progreso en todos los campos de su vida, logrando habitar todo el mundo. Dicho desarrollo trae consigo el crear una infraestructura estable y capaz de impulsar una mejora continua, garantizando la calidad de vida de las personas.

El proyecto tiene como finalidad satisfacer y dar una solución técnica a las necesidades de los ciudadanos, por medio de la aplicación de conocimientos básicos y avanzados para apoyar el desarrollo de la infraestructura en el municipio de Mixco, con el apoyo de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

Los ciudadanos que habitan en el lugar no poseen un sistema aguas pluviales y pavimentación; razón por la cual, en la época de invierno, las vías de comunicación sufren un gran deterioro además de imposibilitar el paso. La Municipalidad de Mixco, atendiendo a esta necesidad, tiene contemplado diseñar y ejecutar un sistema de drenaje pluvial y pavimentación de concreto rígido en dicha área.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

Mixco es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado en el extremo oeste de la ciudad capital. Se localiza a 90° 34' de longitud oeste y 14° 16' de latitud norte, con un área total de 132 km² y temperatura promedio de 27 grados centígrados.

En este municipio destacan los chicharrones y el chocolate misqueño, reconocido como uno de los mejores del país. Está prácticamente integrado a la ciudad capital a través del comercio, producción, transporte, vías de comunicación y, en cierta medida, aspectos de salubridad en cuanto al manejo de aguas residuales.

Mixco es un municipio considerado de primera categoría, puesto que cuenta con más de 1 000 000 habitantes, está integrado por 11 zonas de las cuales la mayoría pertenece al área urbana. Sin embargo, también cuenta con ciertas áreas rurales, incluso tiene algunas áreas protegidas donde es prohibida la tala de árboles.

Territorialmente, el municipio está dividido en once zonas, conformadas por colonias, aldeas, cantones y la cabecera municipal. Sin embargo, algunas aldeas son convertidas en colonias, otras son lotificaciones nuevas y de reciente población, de carácter residencial.

1.2. Características físicas del lugar

Es importante conocer las características físicas del lugar para la construcción de un proyecto, porque el diseño depende de las pendientes de los tramos, el tipo de suelo, entre otros.

1.2.1. Ubicación y localización

Se encuentra localizado en el departamento de Guatemala, en el municipio de Mixco. El proyecto se centrará en una parte de la zona 4 de Mixco, en los alrededores del condominio El Bosque, cerro El Naranjo y boulevard El Naranjo sobre el área industrial de la zona.

1.2.2. Colindancias

El proyecto de drenaje pluvial y pavimentación de concreto en la zona 4 de Mixco colinda al norte con el área industrial El Naranjo, al este con la finca El Naranjo, al oeste con Bosques de San Nicolás y al sur con la colonia San Nicolás Naranjo.

1.2.3. Topografía

El municipio de Mixco está situado en los alrededores del cerro Alux, razón por la cual predomina una topografía montañosa, en donde la mayoría de calles tienen cierta pendiente e irregularidad. Centrándose en el proyecto, la topografía es montañosa debido a que colinda en una de sus partes con el cerro El Naranjo.

1.2.4. Clima

Según la estación meteorológica del INSIVUMEH y para contar con una referencia técnica confiable, se tienen los siguientes parámetros meteorológicos del lugar:

Temperatura media anual	20,5 °C
Temperatura mínima absoluta	8,2 °C
Temperatura máxima absoluta	32 °C
Lluvia anual	1450,9 mm
Evaporación anual	4,1 mm
Humedad relativa	77 %
Días de lluvia	130

Además de esto, el clima de Mixco, por sus condiciones topográficas, es generalmente templado.

1.2.5. Tipo de vivienda y actividad económica

La mayoría de las viviendas del sector pertenecen a la clase media-alta teniendo, en su mayoría, casas de *block* y terraza; además de contar con áreas urbanas, en el área industrial existen edificaciones con estructura metálica.

La agricultura en Mixco es escasa, por lo que su economía se basa en la industria, ganadería bovina, porcina, avicultura, servicios, comercio y un gran sector laboral que trabaja en la capital. La población del área en su mayoría practica la religión católica y el idioma que se habla es el español.

La zona 4 de Mixco, desde sus inicios, ha sido una zona urbana-industrial, en donde residen personas en viviendas de clase domiciliar y empresas privadas que se dedican a diferentes campos de la industria guatemalteca.

1.2.6. Población

La población del área en donde se realizará el proyecto, según censo practicado en el año 2012, es de aproximadamente 6 000 habitantes, además de todas aquellas personas que transitan por el lugar.

1.3. Características de infraestructura

Las características de infraestructura nos brindan información del nivel de desarrollo urbano del área, permitiendo tomar las medidas de control para la construcción del proyecto.

1.3.1. Vías de acceso

La principal vía de acceso a la zona 4 de Mixco es por la calzada San Juan hasta llegar al boulevard San Nicolás, pasando el centro comercial San Nicolás, sobre este boulevard, se llega al boulevard El Naranja y luego al área industrial de El Naranja.

1.3.2. Servicios públicos

Los servicios públicos son necesarios para el desarrollo de las personas del lugar, ya que permiten tener acceso a la educación, agua potable, salud, energía eléctrica.

1.3.2.1. Educación

Los habitantes del área cuentan con centros educativos cercanos, además, por su posición socioeconómica, la mayoría de personas cuenta con este servicio. El mayor porcentaje de personas está alfabetizado e incluso cierta parte de la población cursa estudios universitarios, por lo que se puede concluir que en el lugar la educación es de buen nivel.

1.3.2.2. Salud

La salud dentro del municipio es de nivel medio, ya que cuentan con centros de salud públicos, en donde, por falta de presupuesto, se tiende a carecer de medicamentos. Además, existen varios centros de salud privados que garantizan a los habitantes la posibilidad de tratar sus enfermedades.

La zona 4 de Mixco, lugar en donde se hará el proyecto, está en condiciones de salubridad deplorables ya que, por la carencia de un drenaje pluvial y pavimentación de varios tramos, en la época de invierno se corre el riesgo de contraer enfermedades producidas por vectores, entre ellas están el dengue y la chikungunya, y, que a medida que pase el tiempo, el porcentaje de personas contagiadas puede aumentar.

1.3.2.3. Agua potable

El servicio de agua potable es indispensable en cualquier zona del municipio. Cada zona cuenta con un sistema de servicio de agua efectivo, ya que es capaz de suplir la demanda actual. En ciertas partes del municipio se han construido pozos mecánicos para seguir satisfaciendo la demanda de los ciudadanos.

Las personas de la zona 4 de Mixco cuentan con servicio de agua potable, por lo menos tres veces por semana, alrededor de cuatro horas diarias.

1.4. Características socioeconómicas

Las características socioeconómicas son aquellas que describen el desarrollo económico del lugar, junto con parámetros como el nivel de educación promedio de las personas y la religión que predomina en el lugar.

1.4.1. Tipos de industrias en el área

En la zona 4 de Mixco existen diferentes tipos de industria de las cuales se pueden mencionar fábricas de calzado, fábricas de camas, empresas que se dedican a la industria metálica e industria textil.

1.4.2. Actividad económica

La principal actividad económica del lugar es la industria, parte de la población se dedica al trabajo convencional para empresas privadas de la capital o propias del lugar, razón por la cual el nivel socioeconómico de las personas es de medio a alto.

1.4.3. Idioma y religión

El idioma predominante en el municipio de Mixco es el español, es importante saber que en algunas áreas del municipio se habla pocomam.

En Mixco predomina la religión católica, pero cabe recalcar que también parte de los habitantes practica otras religiones como la evangélica, la mormona, los testigos de Jehová, entre otros.

1.5. Diagnóstico sobre las necesidades en infraestructura

Se realizó una investigación sobre las principales necesidades en infraestructura que posee Mixco. Entre las 11 zonas que conforman el municipio, la zona 4 está entre las más necesitadas de proyectos de infraestructura. Es por esta razón que la Municipalidad, con el afán de fomentar el progreso y la calidad de vida de los ciudadanos, ha decidido comenzar con el desarrollo del proyecto de la construcción de un drenaje pluvial y la pavimentación de concreto en varias calles, ya que con esto solucionaría varias carencias del lugar.

1.6. Descripción de necesidades

Los habitantes de la zona 4 de Mixco informan constantemente sobre la necesidad de implementar un sistema de drenaje pluvial en varias calles del sector, junto con la pavimentación de las mismas; ya que en época de invierno se produce un deterioro constante de las vías de comunicación, además del peligro que el agua estancada representa para la salud de la población local.

1.6.1. Evaluación y priorización de necesidades

Al evaluar la necesidad de incorporación de un sistema de drenaje pluvial y pavimentación de concreto en parte del área de zona 4 de Mixco, se le da solución a dos necesidades fundamentales de la población local. Además de evitar el riesgo de contraer enfermedades infectocontagiosas y que el agua pluvial entre a las diferentes construcciones por inundación de la vía pública. Se

establecerán vías de comunicación en buen estado, asegurando una vida útil del proyecto de 30 años y brindando una mejor calidad de vida a los vecinos.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto que se requiere es el diseño para la construcción de pavimento de concreto rígido en varias calles de la zona 4 de Mixco, ya que, debido a la falta de este, en la época de invierno las vías de comunicación sufren un gran deterioro, haciendo difícil el tránsito y, en algunos casos, impidiendo el paso de vehículos. Además, la posible acumulación de agua contaminada provoca la aparición de vectores que pueden dañar la salud de las personas que habitan en el lugar. Todas estas razones hacen que la necesidad de la construcción de este proyecto sea inminente.

2.1.1. Alcances del proyecto

- Construcción de pavimentación de concreto rígido en varias calles de zona 4 de Mixco, Guatemala.
- Mejorar las vías de comunicación evitando el posible deterioro de los vehículos que transitan en el lugar.
- Evitar el deterioro consecutivo de las vías de comunicación en la época de invierno.
- Mejoramiento del acceso y circulación a la colonia El Bosque para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

2.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno, con los instrumentos adecuados y el personal competente, con el cual se pretende obtener las medidas reales del proyecto para su futura utilización en el diseño, cuantificación, entre otros.

2.1.3. Planimetría

La planimetría consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la poligonal como puntos, líneas rectas, curvas, diagonales, contornos, superficies, cuerpos, entre otros, sin considerar su diferencia de elevación. La planimetría en ingeniería civil es una herramienta básica para que el diseñador tenga una visión general de la magnitud del proyecto.

2.1.4. Altimetría

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales, medidas a partir de un plano horizontal de referencia.

2.2. Estudio de suelos

El estudio de suelos es de vital importancia para el diseño de un proyecto, para verificar si el suelo es apto para el uso estructural de la obra a construir. En un proyecto de pavimentación se deben saber las características del suelo, ya que con base en estos resultados se realizará el diseño.

2.2.1. Ensayo granulométrico

En el ensayo granulométrico, se determinan las diferentes proporciones de tamaños de grano presentes en cierta masa de suelo, con el motivo de ver qué tamaño de grano predomina en la muestra.

Es importante mencionar que antes de realizar el ensayo de suelo se debe obtener una muestra representativa del mismo.

Este ensayo brindará una gráfica que muestra la composición granulométrica del suelo, además permite clasificar las partículas de suelo por tamaños y verificar el patrón de graduación del suelo.

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad, en porcentaje, de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. El más expedito para clasificar por tamaños las partículas gruesas es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo del área del proyecto se describe como arena limosa con grava color café grisáceo. Posee un 25,70 % de finos, 45,47 % de arena, 28,83 % de grava; clasificándose

oficialmente en el sistema SCU como tipo SM y para el sistema PRA como tipo A-1-b.

2.2.2. Ensayo de límites de Atterberg

Estos sirven para determinar las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos están representados por su contenido de humedad y se conocen como: límite líquido y límite plástico.

El límite líquido está definido como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo pasa del estado plástico al estado líquido o semilíquido. En este límite, el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión.

El límite plástico está definido como el contenido de humedad, en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico. En el estado semisólido el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado y en el estado plástico el suelo se comporta plásticamente.

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo del área del proyecto se describe como arena limosa con grava color café grisáceo. La clasificación del suelo según la carta de plasticidad es ML, el límite líquido y límite plástico no se pudieron determinar debido a que el suelo es no plástico (arena y grava).

2.2.3. Ensayo de compactación proctor

La compactación de los suelos no fue reconocida ampliamente sino hasta 1933, año en el que R. R. Proctor publicó sus investigaciones sobre este tema, cuando se conocieron los factores que intervienen en la compactación.

Proctor encontró que, aplicando a un suelo cierta energía para compactarlo, el peso volumétrico obtenido varía con el contenido de humedad, según una curva.

Buscando una prueba de laboratorio que igualara los resultados obtenidos en el campo con los diferentes equipos de compactación disponibles en esa época, Proctor propuso la prueba de compactación que hoy lleva su nombre: prueba de Proctor.

Se entiende por compactación todo proceso que aumente el peso volumétrico de un material granular. En general, es conveniente compactar un suelo para:

- Aumentar la resistencia al corte y, por consiguiente, mejorar la estabilidad y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- Disminuir la compresibilidad y así reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad.
- Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

Con un pistón de 10 libras, una caída libre de 18", 25 golpes y 5 capas a compactar. El molde de 4" o 6" de diámetro y volumen de $1/30 \text{ pie}^3$ o $1/13,33 \text{ pie}^3$.

Se realizó el ensayo con el método alternativo tipo C que consta de un molde de 4 pulgadas con material que pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ de pulgada. Compactar en 3 o 5 capas con 25 golpes cada una.

Después de que las muestras estén debidamente compactadas, se remueve el material del molde para obtener el contenido de humedad, utilizando muestras representativas al centro del espécimen, se deja secar en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100 °C, después se procede a realizar el cálculo correspondiente.

2.2.4. Ensayo de razón soporte california

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

El ensayo se realizó según la Norma AASHTO T-193, para la cual la descripción del suelo es arena limosa con grava color café grisáceo.

Generalmente se determina para 0,1" y 0,2" de penetración; es decir, dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1 000 PSI y uno de 1 500 PSI respectivamente. De estos valores se usa el mayor, generalmente de 0,1" de penetración.

2.3. Análisis de resultados

Según los resultados obtenidos de los ensayos obtenidos de laboratorio de mecánica de suelos, el suelo del proyecto contiene las siguientes propiedades:

Descripción del suelo:	arena limosa con grava color café grisáceo
Clasificación SCU:	SM
Clasificación PRA:	A-1-b
LL:	NP
IP:	NP
Densidad seca máxima:	116,10 lb/pie ³
Humedad óptima:	12,10 %
CBR:	80 % al 95 % de compactación

2.4. Diseño geométrico

Un diseño geométrico es necesario para desarrollar de manera eficiente las vías de comunicación de una zona en particular, tomando parámetros basados en el criterio del diseñador, teniendo en cuenta las características naturales del terreno y de esta manera realizar el trazo de carretera o calle pensando en la comodidad de los vehículos que transitarán por dichas vías.

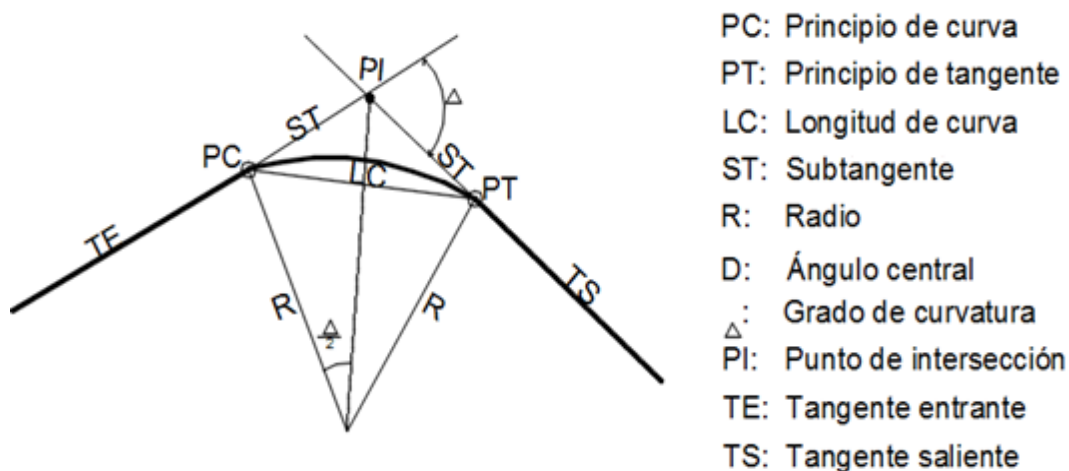
2.4.1. Alineamiento horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de proyecto de un camino, este se compone de tangentes horizontales y curvas circulares. Las tangentes se definen por su longitud y rumbo, las curvas están definidas por su grado de curvatura y por su longitud.

Las tangentes deben cumplir con la longitud mínima especificada, la longitud máxima no tiene límite. Sin embargo, cuando son muy largas pueden resultar peligrosas porque provocan somnolencia en el conductor, esto podrá evitarse sustituyéndolas por otras de menor longitud unidas por curvas suaves.

El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Un alineamiento que se adapte al terreno es preferible a otro con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.

Figura 1. **Planta de una curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2015.

2.4.2. Alineamiento vertical

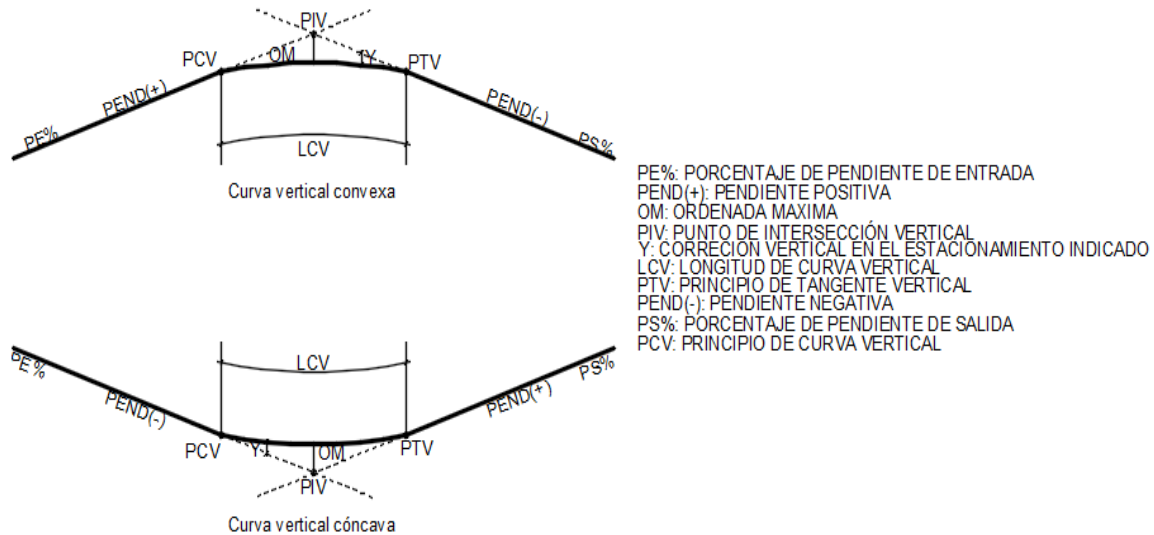
Es la proyección, sobre un plano vertical, del desarrollo del eje de proyecto de una carretera. Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas, su longitud es la distancia medida horizontalmente entre el fin de una curva anterior y el principio de la

siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas verticales, los cuales son:

- Criterio de comodidad: se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambio de dirección se suma al peso propio del vehículo, recomendándose que en la curva la aceleración centrífuga no exceda de $0,305 \text{ m/s}^2$.
- Criterio de apariencia: se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- Criterio de drenaje: se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente, en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.
- Criterio de seguridad: este se aplica a curvas en cresta y en columpio, la longitud de la curva debe ser tal que la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.

Figura 2. **Planta de curva vertical simétrica**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2015.

Los valores de K están en función de la velocidad de diseño y el tipo de curva ya sea cóncava o convexa.

Tabla I. **Constante k en longitud mínima de curvas verticales**

Velocidad de diseño en KPH	Valor de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: elaboración propia.

2.5. Curvas verticales

A continuación se presenta la tabla de curvas verticales de las calles a pavimentar.

Tabla II. Curvas verticales

Tabla de curvas verticales										
Descripción	Estación		Elevación	k	LCV	pe %	ps %	A	OM	Subrasante Corregida
6 calle	0+115,78	PIV	109,97	7	20,09	-1,03	-3,9	-2,87	-0,0721	109,8979
6 calle	0+215,37	PIV	106,09	9	34,57	-3,9	-0,05	3,85	0,1664	106,2564
30 avenida	0+065,00	PIV	110,84	7	3,91	0,9	0,35	-0,55	-0,0027	110,8373
30 avenida	0+130,00	PIV	111,07	9	6,43	0,35	1,06	0,71	0,0057	111,0757
0 calle	0+048,88	PIV	113,29	9	23,58	-4,11	-1,49	2,62	0,0772	113,3672
0 calle	0+110,00	PIV	112,37	7	7,97	-1,49	-2,62	-1,13	-0,0113	112,3587
0 calle	0+160,00	PIV	111,05	9	15,92	-2,62	-0,86	1,76	0,0350	111,0850
26 avenida	0+171,23	PIV	106,75	7	31,25	0,44	-4,03	-4,47	-0,1746	106,5754
26 avenida	0+294,49	PIV	101,78	39,5	156,93	-4,03	-0,05	3,98	0,7807	102,5607
26 avenida	0+539,76	PIV	101,65	9	47,91	-0,05	5,27	5,32	0,3186	101,9686
12 calle	0+175,28	PIV	92,75	9	48,25	-8,27	-2,9	5,37	0,3239	93,0739
11 calle	0+075,00	PIV	96	9	21,93	-4,4	-1,97	2,43	0,0666	96,0666
10 calle	0+075,00	PIV	105	9	32,37	-4,53	-0,94	3,59	0,1453	105,1453
10 calle	0+176,78	PIV	104,05	9	40,87	-0,94	3,6	4,54	0,2319	104,2819
10 calle	0+249,85	PIV	106,68	7	78,92	3,6	-7,67	-11,27	-1,1118	105,5682
9 calle	0+035,03	PIV	108,24	3,08	27,59	-0,45	-9,04	-8,59	-0,2962	107,9438
9 calle	0+057,29	PIV	106,15	0,89	7,87	-9,04	-0,59	8,45	0,0831	106,2331
9 calle	0+180,00	PIV	105,42	9	24,87	-0,59	2,17	2,76	0,0858	105,5058
9 calle	0+225,00	PIV	106,40	6,69	37,91	2,17	-3,5	-5,67	-0,2687	106,1313
8 calle A	0+020,00	PIV	101	9	3,87	-5	-4,57	0,43	0,0021	101,0021
8 calle A	0+057,50	PIV	99,29	7	28,86	-4,57	-8,69	-4,12	-0,1486	99,1414
8 calle A	0+112,50	PIV	94,5	8,46	59,04	-8,69	-1,72	6,97	0,5144	95,0144
8 calle A	0+175,00	PIV	93,43	9	31,94	-1,72	1,83	3,55	0,1417	93,5717
8 calle A	0+214,99	PIV	94,16	0,7	8,56	1,83	-10,47	-12,3	-0,1316	94,0284
29 avenida	0+020,00	PIV	86,72	0,89	0,21	-2,24	-1,2	1,04	0,0003	86,7203
29 avenida	0+0225,04	PIV	91,68	6,03	7,55	7,03	5,77	-1,26	-0,0119	91,6681
29 avenida	0+279,93	PIV	94,85	7	9,54	5,77	4,41	-1,36	-0,0162	94,8338
29 avenida	0+365,00	PIV	99,03	7	9,58	5,47	4,1	-1,37	-0,0164	99,0136
29 avenida	0+400,00	PIV	100,46	7	9,15	4,1	2,79	-1,31	-0,0150	100,4450

Fuente: elaboración propia.

2.6. Diseño del pavimento

Para garantizar que la vía ofrezca un nivel de serviciabilidad adecuado que genere bienestar, confort y seguridad tanto al comercio, al transporte urbano y transporte público, es necesaria una vía que se encuentre en buen estado y que

se ajuste a las condiciones tanto del tránsito, nivel de importancia y tipo de terreno.

Con el objetivo de conseguir una vía que se acomode a las condiciones a la cuales es sometida, se realiza un estudio para el diseño de un pavimento rígido por el método simplificado de la Portland Cement Association (PCA).

2.6.1. Pavimento rígido

Es una losa de concreto hidráulico que descansa sobre el suelo de fundación o subrasante, su objetivo principal es transmitir las cargas que genera el tránsito sobre ella de manera proporcional sobre el suelo. También protege al suelo de los efectos del clima y cargas. El diseño del pavimento rígido estará basado en los resultados de los ensayos de laboratorio de suelos, así como en la cantidad de vehículos que circulan por la zona.

2.6.2. Componentes estructurales del pavimento

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

2.6.2.1. Capa de rodadura

También llamada carpeta de rodadura, esta capa es la receptora directa de la carga aplicada por los vehículos, es la parte superior de la estructura de un pavimento y tiene como objetivo principal dar mayor soporte y proteger las estructuras o capas inferiores para evitar su deterioro.

2.6.2.2. Base

Sobre esta se coloca la carpeta de rodadura, soporta las cargas transmitidas directamente de la capa de revestimiento y su función es la de distribuir la carga generada por los vehículos a las capas inferiores con menor intensidad, por lo general se utiliza como base material selecto.

2.6.2.3. Subrasante

Por lo general esta capa es la del terreno natural, sobre esta se realiza la cajuela que contendrá la base y la capa de pavimento; se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

Dependiendo de sus características, puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

Requisitos para el material de subrasante:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo del 5 %, efectuado sobre muestras saturadas a 95 % de compactación, según AASHTO T 180, y deberá tener una expansión máxima del 5 %.
- Graduación: el tamaño de las partículas que contenga el material de subrasante no debe exceder 7,5 centímetros.

- Plasticidad: el límite líquido, AASHTO T 89, no debe ser mayor del 50 %, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T146 cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente.

Según las pruebas de los ensayos de suelo, la subrasante cumple con los requisitos de diseño, por lo cual no debería tener problemas en soportar la capa de pavimento directamente; pero debido a que en ciertos puntos la capa de suelo puede cambiar a otra de menor soporte, se recomienda colocar un valor de subrasante relativamente bajo, para cubrir todo este tipo de irregularidades e imprevistos.

2.6.2.4. Cajuela

Consiste en la extracción de terreno natural, hasta llegar a la profundidad de terreno que el diseño requiera, actúa como contenedor. En este proyecto, la cajuela ayudará a formar el molde en donde se colocará la base de selecto y la capa de pavimento rígido.

2.6.2.5. Bombeo

El bombeo transversal es la pendiente con la que se construirá el pavimento rígido para evacuar el agua hacia las orillas de la carretera o calle y llevarla hacia los tragantes o cunetas. La pendiente de bombeo en este caso será del 3 % hacia ambos lados.

2.7. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son importantes para el correcto diseño del pavimento de concreto rígido. La Asociación del Cemento Portland (PCA)

proporciona dos métodos de diseño para determinar el espesor de losas que resistan las cargas de tránsito para calles y carreteras con pavimentos rígidos.

Estos métodos son:

- Método de capacidad: es el método de diseño en el cual se utilizan datos de carga-eje, obtenido por medio de estaciones de control vehicular para conocer el peso de los vehículos que circulan por el lugar. Este método asume datos detallados de carga por eje.
- Método simplificado: es un procedimiento de diseño en el cual no se utilizan estaciones de control vehicular y se pueden diseñar losas con y sin bordillos. Este método es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico, clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de 20 años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

Para diseñar el espesor y las dimensiones del pavimento rígido de la zona industrial de la zona 4 de Mixco, se utilizará el método simplificado de la PCA

Para la aplicación del método simplificado, la PCA ha elaborado tablas, en las cuales señala diferentes categorías que dependen principalmente del tipo de tránsito al cual será sometido el pavimento.

2.7.1. Período de diseño

Para el proyecto de diseño de pavimento rígido, el periodo de diseño será de 20 años, teniendo la certeza de que, en promedio, la vida útil del material utilizado tiene el mismo periodo.

2.7.2. Diseño de la base

En el diseño de la base del pavimento rígido se toman en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos. La muestra verificó que el suelo tiene un valor aceptable para utilizarlo como subrasante, por lo tanto se determinará el espesor de la base según las especificaciones correspondientes.

2.7.3. Diseño del espesor del pavimento

Para el diseño del espesor del pavimento se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinación de la categoría de la vía

Para la determinación de la vía, es necesario conocer el tránsito promedio diario (TPD) del lugar. Se ha realizado un conteo aproximado de vehículos que transitan en el área. Como el proyecto se trata de pavimentar varias calles, se decidió utilizar el mayor número de vehículos, el tiempo de conteo fue alrededor de 5 días.

Para propósitos de diseño se debe de calcular un porcentaje de vehículos pesados esperados durante el periodo de diseño.

Para la vía a pavimentar se determinaron los siguientes datos:

TPD= 117 vehículos en ambas direcciones por día.

TPDC= 20 %TPD= 23,4 aproximadamente 24.

Tabla III. **Clasificación de vehículos, según su categoría**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tándem
			%	Por Día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	De 40 arriba 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles 3000 a 5000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 1500 a 8000	34	60

Fuente: WESTERGAARD, H.N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. p. 48.

Con los datos calculados de paso de vehículos y su porcentaje de vehículos pesados, según la tabla III, se clasifica el tipo de vía como categoría 1: calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).

- Determinar el módulo de ruptura del concreto

El paso de vehículos sobre las losas de concreto produce esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son mínimos y no influyen en el grosor de la losa, pero los de flexión se determinan por módulo de ruptura. Una buena aproximación del módulo de ruptura es dentro de 10 y 20 por ciento de la resistencia a compresión.

La resistencia de compresión utilizada para este tramo es de 4 000 psi, se determinó un 15 por ciento el módulo de ruptura es decir, $4\ 000\ \text{psi} * 0,15 = 600\ \text{psi}$.

- Determinar el módulo de reacción k de la subrasante

Se debe encontrar un valor aproximado dependiendo del porcentaje de CBR. En este caso, la compactación de CBR es del 85 por ciento al 95 por ciento de compactación, pero por razones conservadoras y porque la subrasante puede variar en cada tramo, se escogerá un porcentaje de CBR que asegure de manera eficiente estas irregularidades. Por lo tanto, se tomara un valor de CBR del 25 por ciento, según la tabla IV, el valor K es igual a 300 libras por pulgada cuadrada.

Tabla IV. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores soporte

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)																				
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100				
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.T.S.M.											GP	GW								
											CM									
											GC									
											GW									
											SM									
											SP									
											SC									
CH					ML															
CH					CL															
OL																				
MH																				
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.T.O.											A-1-a									
											A-1-b									
											A-2-4		A-2-5							
											A-2-6		A-2-7							
											A-3									
											A-4									
											A-5									
											A-6									
											A-7-5		A-7-6							
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN											E-1									
											E-2									
											E-3									
											E-4									
											E-5									
											E-6									
											E-7									
											E-8									
											E-9									
											E-10									
											E-11									
											E-12									
											VALOR DE RESISTENCIA (R)									
											5	10	20	30	40	50	60	70		
											MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (k)		LBS/PULG ³							
											100	150	200	250	300	400	600	700		
											VALOR DE SOPORTE LBS/PULG ²									
											10		20		30	40	50	60		
											RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)									
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100				

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 5.

- Determinar el espesor de la base

En este caso, para aumentar el valor del módulo de reacción K de la subrasante, se utiliza una base de 4 pulgadas de espesor aumentando el valor K a 320 libras sobre pulgada cúbica.

Tabla V. **Valores de K para diseño sobre base granulares (PCA)**

Subrasante valores de K PCI	Base valores de K pci			
	4 plg	6 plg	9 plg	12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: WESTERGAARD, H.N. *Comportamiento de esfuerzos en camino de concreto*. p. 14.

- Determinar el valor soporte del suelo

Con este valor K, en la tabla VI, se determina que el tipo de suelo de subrasante es muy alto.

Tabla VI. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

Tipo de suelo	Apoyo	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en los cuales predominan las partículas de limo y arcilla	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena y grava con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	130-170
Arenas y mezclas de arena y grava relativamente libres de fino y plásticos	Alto	180-220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy Alto	250-400

Fuente: WESTERGAARD, H.N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. p. 49.

- Determinar el espesor de la losa

Para una vía de categoría 1 sin hombros, se utiliza la tabla VII. Con un soporte subrasante, subbase alto, módulo de ruptura de 600 psi y el valor de TPDC calculado de 24, el espesor del pavimento es de 6 pulgadas (15,24 cm), pero, por razones de construcción, se determina que el espesor del pavimento será de 15 centímetros.

Tabla VII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con juntas doveladas**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
	Espesor De losa en pulg.	Soporte Bajo	Subrasante MEDIO (TPPD)	Subbase ALTO	Espesor De losa en pulg.	Soporte Bajo	Subrasante MEDIO (TPPD)	Subbase ALTO
MR=650 PSI	4,5			0,1	4 4,5	2	0,2 8	0,9 25
	5 5,5	0,1 3	0,8 15	3 45	5 5,5	30 320	130	330
	6 6,5	40 330	160	430				
	5 5,5 6 6,5 7		0,1 3 8 76 520	0,4 9 36 760	4 4,5 5 5,5 6		0,2 1 27 290 610	0,1 5 75 730
MR=550 PSI	5,5 6 6,5 7 7,5	0,1 1 13 110 620	0,3 6 60 400	1 18 160	4,5 5 5,5 6		0,2 4 57 480	0,6 13 150

NOTA: el diseño controla el análisis por fatiga

NOTA: Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick ups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0,3X7 días indica dos camiones pesados por semana). TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

2.7.4. Diseño de mezcla de concreto

El diseño de mezcla de concreto consiste en calcular la cantidad de cemento, arena, piedrín y agua necesarias para la elaboración de un metro cúbico de concreto con la resistencia de diseño, en este caso la resistencia de diseño es de 4000 psi.

En los siguientes pasos se calcularán los parámetros de diseño para la mezcla de concreto hidráulico:

- El primer paso a seguir es definir la resistencia del concreto a diseñar. En este caso, la resistencia es de $f'c = 4\ 000$ psi o su equivalente de $f'c = 281$ kg/cm².

Se aconseja sumar un factor de seguridad a la resistencia del concreto debido a las irregularidades de la calidad del agregado fino y grueso, en este caso el factor de seguridad será de $f_s = 20$ kg/cm².

$$\begin{aligned}f'c_{final} &= f'c + f_s \\f'c_{final} &= 281 + 20 \\f'c_{final} &= 301\text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Se debe escoger el tipo de asentamiento que deberá de tener como resultado la mezcla de concreto:

Tabla VIII. **Consistencia aconsejable para distintos tipos de estructuras**

Tipo de estructura	Consistencia medida por el asentamiento del cono	
	Máxima (cm)	Mínima (cm)
Muros armados de fundación y cimientos	13	5
Losas, vigas y muros armados	15	7,5
Columnas de edificios	15	7,5
Pavimentos	7,5	5
Estructuras de gran espesor	7,5	2,5

Fuente: GARCÍA BALADO. *Método para la dosificación de hormigones*. p. 23.

En este caso, el diseño de mezcla es para un pavimento rígido, por lo cual el valor del asentamiento que se tomará será el mínimo, equivalente a 5 cm.

El tamaño de agregado grueso que se usará en el diseño de mezcla será de 1".

De la tabla IX, se escoge la relación agua/cemento partiendo de la resistencia del concreto.

Tabla IX. **Datos para diseño de mezclas para 1 m³ de concreto fresco**

Resistencia a los 28 días		Tamaño máximo del agregado grueso		Relación de pasta		Agua, en litros para el asentamiento indicado en cm				% de agregado fino según módulo de finura
Kg/cm ²	Lb/plg ²	mm	plg	W/C	C/W	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	2,6-2,9
281	4 000	19,1	¾	0,49	2,04	162	172	182	193	42
		25,4	1	0,49	2,04	155	163	171	179	39
		38,1	1 ½	0,49	2,04	154	160	166	189	37
316	4 500	19,1	¾	0,46	2,17	162	172	182	193	40
		25,4	1	0,46	2,17	155	163	171	179	37
		38,1	1 ½	0,46	2,17	154	160	166	189	35

Fuente: elaboración propia.

Debido al factor de seguridad, la resistencia es de 301 kg/cm², razón por la cual se interpolará el valor de la relación A/C.

$$\frac{316 - 281}{316 - 301} = \frac{0,46 - 0,49}{0,46 - x}$$

Despejando el valor de x:

$$x = 0,473$$

La relación A/C que se utilizará será de 0,473.

La cantidad de agua para el diseño de mezcla es de 163 litros.

Se despeja C de la siguiente relación:

$$\frac{A}{C} = 0,473 \Rightarrow C = \frac{A}{0,473} \Rightarrow C = 344,6 \text{ kg de cemento.}$$

Sabiendo que el peso específico del concreto es de 2 400 kg/m³ y la mezcla de concreto se basa en calcular la cantidad de materiales para un metro cúbico de concreto, se utiliza la siguiente ecuación para calcular la cantidad de agregados que debe de llevar la mezcla:

Peso específico del concreto = cemento + agua + agregados

$$\frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{344,6 \text{ kg}}{\text{m}^3} + \frac{163 \text{ kg}}{\text{m}^3} + \frac{\text{agregados}}{\text{m}^3}$$

Resolviendo:

$$\text{agregados} = 2\ 400 - 344,6 - 163$$

$$\text{agregados} = 1\ 892,4 \text{ kg}$$

De la tabla IX, se escoge un módulo de finura del agregado fino promedio de 2,7, utilizando un porcentaje de agregado fino de 39 % y de agregado grueso de 61 %.

$$1892,4 \text{ kg} * 39 \% = 738,04 \text{ kg de arena}$$

$$1892,4 \text{ kg} * 61 \% = 1154,36 \text{ kg de piedrín}$$

Se tabularán las cantidades necesarias a utilizar en la mezcla de concreto para un metro cúbico de concreto hidráulico:

Tabla X. **Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto, en kilogramos**

Material	1 m ³ de concreto	5 % de desperdicio
Cemento	344,6 kg	361,83 kg
Arena	738,04 kg	774,94 kg
Piedrín	1 154,36 kg	1 212,01 kg
Agua	163 lts	171,15 lts

Fuente: elaboración propia.

Se debe de calcular la proporción de la mezcla con las cantidades de la tabla IX:

Cemento: 1

Arena: $774,94/344,6 = 2,13$

Piedrín: $1\ 212,01/344,6 = 3,35$

Agua: 0,474

Proporción de la mezcla:

1 : 2,13 : 3,35 : 0,474

Para mayor facilidad en obra, la proporción de la mezcla se debe de indicar en una unidad de medida que el albañil pueda realizar fácilmente. En este caso se utilizará una cubeta de cinco galones para calcular la cantidad de arena, pedrín y agua necesarios para un saco de cemento.

Calcular el volumen de una cubeta de cinco galones:

$$\text{Volumen de cubeta} = 5 \text{ galones} * \frac{3,785 \text{ lts}}{1 \text{ galón}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0,01898 \text{ m}^3$$

Para llenar la casilla de arena y pedrín de la columna de cubetas de la tabla XI, se debe de dividir entre el peso específico de cada agregado:

$$\text{arena m}^3 = \frac{126 \text{ kg}}{1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{arena m}^3 = 0,065 \text{ m}^3$$

$$\text{pedrín m}^3 = \frac{142,37 \text{ kg}}{1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{pedrín m}^3 = 0,08 \text{ m}^3$$

Tabla XI. **Cuantificación para un saco de cemento**

Descripción	Proporción	kg (saco de cemento)	Proporción x kg	Para un saco de cemento	Volumen	Material
Cemento	1	42,5	42,5	1 saco	-----	1 saco
Arena	2,13	42,5	90,53	0,065 m ³	0,065/0,01898	3 ½ cubetas
Pedrín	3,35	42,5	142,37	0,080 m ³	0,065/0,01898	4 ½ cubetas
Agua	0,475	42,5	20,19	0,020 m ³	0,020/0,01898	1 cubeta

Fuente: elaboración propia.

De igual manera se calcula el material a utilizar para un metro cúbico de concreto:

$$\text{arena } m^3 = \frac{774,94 \text{ kg}}{1\,400 \frac{\text{kg}}{m^3}}$$

$$\text{arena } m^3 = 0,55 \approx 1/2 \text{ m}^3$$

$$\text{piedrin } m^3 = \frac{1\,212,01 \text{ kg}}{1\,600 \frac{\text{kg}}{m^3}}$$

$$\text{piedrin } m^3 = 0,76 \approx \frac{3}{4} \text{ m}^3$$

Calculando la cantidad de sacos de cemento:

$$\text{Sacos de cemento} = \frac{361,83 \text{ kg}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Sacos de cemento} = 8,5 \text{ sacos}$$

Para un metro cúbico de concreto con resistencia de 281 kg/cm² se necesitan las siguientes cantidades de materiales:

Tabla XII. **Cantidad de materiales utilizados para un metro cúbico de concreto en cantidades comerciales**

Material 1 m ³ de concreto	Cantidad
Cemento	8,5 sacos de cemento Portland
Arena	½ m ³
Piedrín	¾ m ³
Agua	171 lts

Fuente: elaboración propia.

2.7.5. Diseño de juntas

Es necesario saber que las juntas tienen por objeto principal poder construir el pavimento por losas separadas y de esta manera evitar grietas de construcción, estableciendo una unión adecuada entre cada losa de concreto y uniformidad en la superficie de rodadura.

El método de la PCA incluye dos tipos de juntas debido a su transferencia de carga, siendo estas del tipo dovela o pasajunta y del tipo de trabe por agregado.

El tipo dovela o pasajunta, se utiliza normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión; fueron diseñadas para la transmisión de carga entre losas de concreto rígido. Este tipo de juntas no requiere un espesor más grande del pavimento para su construcción.

Las juntas de trabe por agregado, se utilizan en sentido longitudinal para entrelazar losas de carriles. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

2.7.5.1. Tipo de juntas

Las juntas en pavimentos de concreto se clasifican en: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, de construcción y de expansión.

- Juntas longitudinales

Como su nombre lo indica son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales en las losas de concreto, pueden ser en forma mecánica o unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta no debe ser menor a un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12,5 pies (3,81 m), este tipo de junta determina el ancho del carril.

- Juntas transversales

También son llamadas juntas de contracción. Son las encargadas de controlar las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura para este tipo de junta debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico.

La separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4,57 m), este tipo de junta en cierta manera determina la longitud de las losas de concreto. La colocación de las barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

- Juntas de expansión

Estas juntas son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: alcantarillas, puentes, aceras, entre otros. Por lo regular se aconseja dejar una separación de dos centímetros. Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares.

- Juntas de construcción

Se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir, llevan barras de acero o material adecuado para formar tabiques, de modo que se haga forme una cara vertical con una traba apropiada.

La junta que llena mejor las necesidades es la dovelada, tipo macho-hembra, se seleccionó este tipo de junta que es la mejor transmite los esfuerzos de un carril a otro.

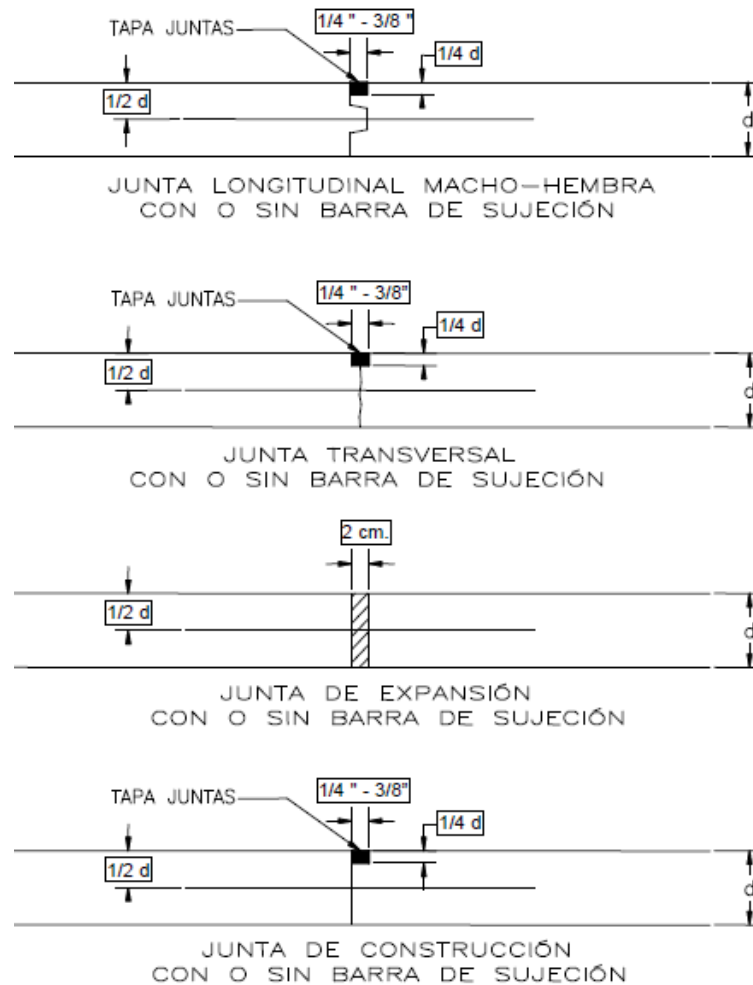
2.7.5.2. Formación de juntas

Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasajuntas. Las barras de sujeción se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas contiguas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado y son hechas solamente para garantizar la continuidad del pavimento. La junta de trabe por agregados o barras de sujeción se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

Las dovelas o pasajuntas, se utilizan normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión, y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente. La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto, en el sentido longitudinal.

Este detalle requiere más trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

Figura 3. Esquema de tipo de juntas de pavimentos rígidos



Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido de la calzada principal al municipio de El Progreso.* p. 38.

2.8. Estructura final de pavimento

Según los cálculos realizados, se determinó que la subrasante necesita incrementar su módulo de reacción (K) por medio de una capa granular, además de esto la subrasante se reacondicionará.

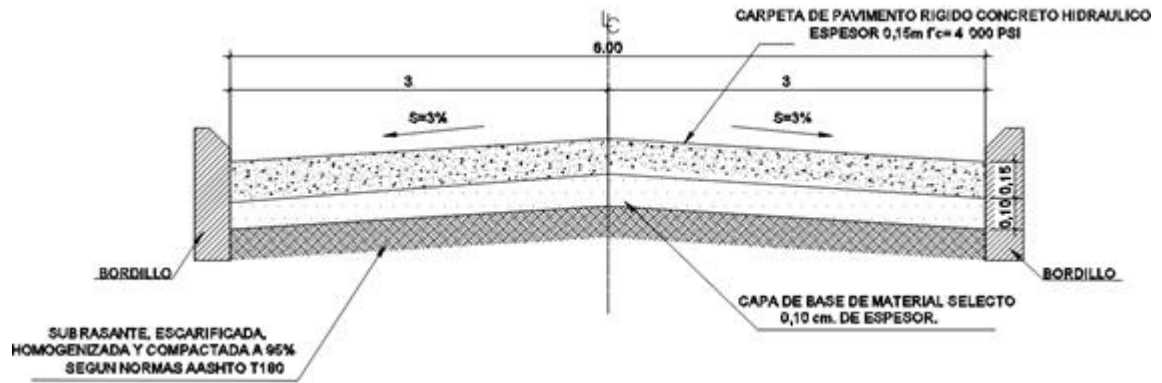
Este tipo de reacondicionamiento consiste en la eliminación de cualquier tipo de vegetación existente, así como escarificar, homogenizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de calle previamente construida.

Además de esto, en el diseño del pavimento rígido se ha establecido la utilización de una base tipo granular con un espesor de 4 pulgadas (10 centímetros).

Cuando el espesor a compactar exceda de 300 milímetros, el material debe ser colocado, tendido y compactado en 2 o más capas, nunca menores de 100 milímetros.

Para el dimensionamiento de la losa de concreto hidráulico, se ha establecido un módulo de ruptura del concreto de 600 psi y la resistencia nominal a la compresión de 4 000 psi a los 28 días. Se utilizarán juntas transversales a cada 4,50 metros y las juntas longitudinales, instaladas en el centro de la calle a cada 2,75 metros.

Figura 4. Esquema final de pavimento



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2015.

2.9. Elaboración de planos finales

La elaboración de planos es quizá el documento más importante en un proyecto desde el punto de vista de la construcción ya que en él se encuentra toda la información requerida para la construcción de la obra. Los planos del proyecto están ubicados en la sección de apéndices del presente trabajo. Estos constan de un plano general que muestra los tramos a pavimentar del área y seis planos que detallan los tramos individuales a pavimentar.

2.10. Presupuesto

El presupuesto es importante antes de ejecutar un proyecto, ya que estima la inversión para la construcción del proyecto.

2.10.1. Precios unitarios

Los precios unitarios integran el costo de las diferentes actividades para realizar un trabajo.

Tabla XIII. Precio unitario de topografía

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	1,01	Cantidad	1,00	Unidad Km
Concepto	Precio unitario		Q1 184,19	
	Topografía			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Topógrafo	Km	1	Q 175,00	Q 175,00
Cadenero	Km	1	Q 125,00	Q 125,00
Ayudante	%	-		Q 0,00
Prestaciones	%	89,59		Q 268,77
Subtotal de mano de obra				Q 568,77
2. MAQUINARIA Y EQUIPO				
Equipo topográfico (estación total con trípode + bastón y prisma)	Km	1,00	Q 277,08	Q 277,08
Total costo directo				Q 845,85
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 338,34
COSTO TOTAL				Q 1 184,19

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Precio unitario de limpieza, chapeo y destronque

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	1,02	Cantidad	1,00	UNIDAD Ha
Concepto	Limpieza, chapeo y destronque		Precio unitario	Q 59 721,03
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Ayudante	Ha	1,00	Q 15 000,00	Q 15 000,00
Ayudante	%	50,00		Q 7 500,00
Prestaciones	%	89,59		Q 20 157,75
Subtotal de mano de obra				Q 42 657,75
3. MAQUINARIA Y EQUIPO				
Camión de volteo de 12 m ³ viaje x 10 Km recorridos	Viaje	0,020	Q 6,46	Q 0,13
Total costo directo				Q 42 657,88
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos, imprevistos y utilidad)	%	40,00		Q 17 063,15
COSTO TOTAL				Q 59 721,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Precio unitario de excavación de corte de cajuela y acarreo de material**

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	2,01	Cantidad	1,00	Unidad m ³
Concepto	Precio unitario Q 164,42 Excavación (corte de cajuela) de 0,35 m de espesor + acarreo de material con maquinaria.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Ayudante	hora	0,0159	Q 12,00	Q 0,19
Operador de retro excavadora	hora	0,1600	Q 29,00	Q 4,64
Ayudante	%	-		Q 0,00
Prestaciones	%	89,59		Q 4,33
Subtotal de mano de obra				Q 9,16
3. MAQUINARIA Y EQUIPO				
Retroexcavadora llantas	hora	0,16	Q 325,00	Q 52,00
Camión de volteo de 12 m ³ viaje x 10 Km recorridos	viaje	0,11	Q 294,00	Q 32,34
Cargador frontal	hora	0,05	Q 290,00	Q 14,50
5. COMBUSTIBLE Y LUBRICANTE				
Diésel	gal/m ³	1,00	Q 1,61	Q 1,61
Total costo directo				Q 1 09,61
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 54,81
PRECIO UNITARIO				Q 164,42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Precio unitario de reacondicionamiento y conformación de subrasante**

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	3,01	Cantidad	1,00	Unidad m ²
Concepto	Precio unitario Q 29,91			
	Reacondicionamiento y conformación de subrasante de 0,15 m de espesor.			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Operador de motoniveladora	hora	0,0108	Q 29,00	Q 0,31
Operador de tractor de oruga	hora	0,0108	Q 25,00	Q 0,27
Operador de rodo vibratorio	hora	0,0108	Q 18,00	Q 0,19
Operador de pipa	hora	0,0108	Q 19,00	Q 0,21
Encargado	hora	0,005	Q 41,20	Q 0,21
Ayudante	%	-		Q 0,00
Prestaciones	%	89,59		Q 1,32
Subtotal de mano de obra				Q 2,79
2. MATERIALES				
Material granular tipo C - 1 (base natural)	m ³	0,040	Q 136,45	Q 5,46
factor de hinchamiento al 15%	m ³	0,0060	Q 136,45	Q 0,82
3. MAQUINARIA Y EQUIPO				
Motoniveladora (patrol)	hora	0,0060	Q 312,00	Q 1,87
Tractor de oruga	hora	0,0020	Q 290,00	Q 0,58
Camión de volteo de 12 m ³ viaje x 10 Km recorridos	viaje	0,0125	Q 294,00	Q 3,68
Rodo Vibratorio liso (5 toneladas)	día	0,0038	Q 288,00	Q 1,09
Pipa	hora	0,0057	Q 66,00	Q 0,38
Compactador neumático	hora	0,0040	Q 212,00	Q 0,85
4. HERRAMIENTA				
Diésel	galón	0,069	Q 35,00	Q 2,42
Total costo directo				Q 19,94
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 9,97
PRECIO UNITARIO				Q 29,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Precios unitarios de base de material granular

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	3,02	Cantidad	1,00	UNIDAD m ³
Concepto	Precio unitario	Q 164,50		
Base de material granular de 0,10 m de espesor.				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Ayudante	hora	0,159	Q 12,00	Q 0,19
Operador de motoniveladora	hora	0,108	Q 29,00	Q 0,31
Operador de rodo vibratorio	hora	0,108	Q 25,00	Q 0,27
Operador camión cisterna	hora	0,108	Q 18,00	Q 0,19
Operador de camión de volteo	hora	0,108	Q 19,00	Q 0,21
Ayudante	%	-		Q 0,00
Prestaciones	%	89,59		Q 1,05
Subtotal de mano de obra				Q 2,22
2. MATERIALES				
Material granular tipo C - 1 (base natural)	m ³	0,10	Q 80,00	Q 8,00
Factor de hinchamiento al 15% de material granular	m ³	0,015	Q 80,00	Q 1,20
3. MAQUINARIA Y EQUIPO				
Motoniveladora (patrol)	hora	0,0280	Q 312,00	Q 8,74
Rodo Vibratorio liso (5 toneladas)	hora	0,0280	Q 288,00	Q 8,06
Cisterna de Agua	hora	0,0280	Q 66,00	Q 1,85
Camión de volteo de 12 m ³ viaje x 10 Km recorridos	viaje	0,0250	Q 294,00	Q 7,35
4. TRANSPORTE DE MAQUINARIA				
Tarifa Trailer - low boy	m ²	1,0000	Q 7,56	Q 7,56
5. COMBUSTIBLE Y LUBRICANTE				
Diésel	galón/m ²	1,5	Q 35,00	Q 52,50
Total costo directo				Q 117,50
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 47,00
PRECIO UNITARIO				Q 164,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Precio unitario de colocación de bordillo prefabricado**

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	3,03	Cantidad	1,00	UNIDAD ml
Concepto	Precio unitario Q 78,40 Colocación de bordillo prefabricado de 0,30 m x 0,15 m (longitud 0,50 m)			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Albañil	ml	1,00	Q 4,00	Q 4,00
Factor ayudante	%	50,00		Q 2,00
Prestaciones	%	89,59		Q 5,38
Subtotal de mano de obra				Q 11,38
2. MATERIALES				
Bordillo prefabricado de 0,30 m x 0,15 m (longitud 0,50 m)	unidad	2,00	Q 22,31	Q 44,62
Total costo directo				Q 56,00
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 22,40
PRECIO UNITARIO				Q 78,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Precio unitario de carpeta de concreto hidráulico**

<i>Integración de precio unitario por renglón</i>				
Proyecto	Construcción de pavimento rígido en calles de zona 4 de Mixco			
Municipio	Mixco			
Departamento	Guatemala			
Renglón	4,01	CANTIDAD	1,00	UNIDAD m ²
Concepto	Precio unitario Q 367,07 Carpeta de concreto hidráulico 0,15 m con un f'c de 4 000 psi (incluye suministro, colocación, construcción, sello de sisas y acabado final).			
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
A. COSTO DIRECTO				
1. MANO OBRA				
Sello de sisa en concreto	ml	0,1700	Q 18,06	Q 3,07
Acabado escobillado	m ²	1,0000	Q 1,20	Q 1,20
Ayudante	%	50,00		Q 2,14
Prestaciones	%	89,59		Q 5,74
Subtotal de mano de obra				Q 12,15
2. MATERIALES				
Cemento	saco	1,40	Q 1 200,64	Q 105,00
Arena	m ³	0,12	Q 110,00	Q 13,20
Piedrín	m ³	0,20	Q 195,00	Q 39,00
Sikarod	m	0,1700	Q 3,49	Q 0,59
Sikaflex 15 LM SL	cubeta	0,00090	Q 2 345,20	Q 2,11
4. SERVICIOS O SUBCONTRATOS				
Colocación de pavimento incluye (formaleteado, nivelado, vibrado, curado y texturizado)	m ²	1,00	Q 35,00	Q 35,00
Total costo directo				Q 207,05
COSTO INDIRECTO (supervisión, administrativos y utilidad)	%	40,00		Q 82,82
PRECIO UNITARIO				Q 289,87

Fuente: elaboración propia.

2.10.2. Resumen del presupuesto del pavimento rígido

En la siguiente tabla se muestran un estimado del costo total de la obra, en la cual indica la cantidad de trabajo en los diferentes renglones de trabajo.

Tabla XX. **Resumen del presupuesto del pavimento rígido**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía	km	3,20	Q 1 184,19	Q 3 789,41
1.02	Limpieza, chapeo y destronque	Ha	0,24	Q 59 721,03	Q 14 392,77
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.01	Excavación (corte de cajuela) de 0,35 m de espesor + acarreo de material con maquinaria.	m ³	6 838,30	Q 153,45	Q 1 049 337,14
3	SUB BASES Y BASES				
3.01	Reacondicionamiento y conformación de subrasante de 0,15 m de espesor.	m ²	19 538,00	Q 27,91	Q 545 305,58
3.02	Base de material granular de 0,20 m de espesor.	m ³	1 953,80	Q 164,50	Q 321 400,10
3.03	Colocación de bordillo prefabricado de 0,30 m x 0,15 m (longitud 0,50 m)	ml	6 400,00	Q 78,40	Q 501 760,00
4	SUPERFICIE DE RODADURA				
4.01	Carpeta de concreto hidráulico 0,15 m con un f'c de 4 000 PSI (incluye suministro, colocación, construcción y sello de sisas y acabado final).	m ²	19 538,00	Q 289,87	Q 5 663 480,06
TOTAL					Q 8 099 465,06

Fuente: elaboración propia.

2.11. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución físico y financiero, ayuda a tener un panorama general del porcentaje de trabajo, dinero y tiempo que se utilizará para cada fase de construcción del proyecto.

Figura 5. **Cronograma físico y financiero**

CRONOGRAMA FISICO FINANCIERO																				
No.	DESCRIPCIÓN	AVANCE	AVANCE ACUMULADO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				SUMATORIA
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	TRABAJOS PRELIMINARES	0,22 %	0,22 %																	Q 18 182,18
				Q 9 091,09				Q 9 091,09												
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	12,96 %	13,18 %																	Q 1 049 337,14
								Q 839 469,71				Q 209 867,43								
3	SUB BASES Y BASES	16,90 %	30,08 %																	Q 1 368 465,68
								Q 456 155,23				Q 912 310,45								
4	SUPERFICIE DE RODADURA	69,92 %	100,00 %																	Q 5 663 480,06
												Q 2 831 740,03				Q 2 831 740,03				
TOTAL		100,00 %		Q 9 091,09				Q 1 304 716,03				Q 3 953 917,91				Q 2 831 740,03	Q 8 099 465,06			

Fuente: elaboración propia.

2.12. Estudio de Impacto Ambiental

Este estudio sobre un pavimento de concreto rígido es importante para proteger el medio ambiente. El fin primordial de esta clase de estudios es la proteger la naturaleza. El proyecto consta de dos etapas: la de construcción y la de funcionamiento, por lo general, la etapa más crítica, es decir la que hace más daño al ambiente, es la etapa de construcción.

En la etapa de planificación y diseño, se debe pensar en las medidas de mitigación de situaciones que pueden contaminar de manera visual, auditiva, calidad del aire y generación de olores al medio ambiente. A continuación, se resume en un cuadro de síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental específico para este proyecto.

Tabla XXI. **Síntesis del plan de supervisión y control del impacto ambiental**

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Erosión de suelos	Extracción correcta y controlada de la cubierta vegetal.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
Alteraciones sobre el recurso hídrico, superficial y subterráneo	Prohibición de lavado de camiones y mezcladoras de concreto en lugares no especificados por la inspección. Traslado de aguas residuales.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Evitar acopios de materiales innecesarios o por tiempos prolongados.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Control del uso de lubricantes y aceites. Lavado de equipos en zonas permitidas.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Ejecutar correctamente la explotación de canteras.	Contratista de obra	Cantera	Etapa de construcción
	Ejecución correcta de las juntas entre tuberías para evitar socavamientos. Control en niveles y pendientes.	Contratista de obra- empresa supervisora	Zona de obra	Etapa de construcción
Calidad del aire	Control permanente sobre la carburación de los vehículos.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Optimizar el movimiento de maquinarias.	Contratista de obra	Zona del proyecto	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXI.

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Calidad del aire	Durante la carga y descarga de materiales sueltos, mantener condiciones de humedad de estos.	Contratista de obra – operador de maquinaria	Zona de obra y canteras	Etapa de construcción
	Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Mantener la humedad necesaria en lugares de almacenamiento de materiales.	Contratista de obra	Zona de obra y canteras	Etapa de construcción
	Mantener con humedad vías de circulación de terracería.	Contratista de obra – operador de maquinaria	Zona del proyecto	Etapa de construcción
Generación de olores	Almacenamiento en contenedores cerrados de residuos sólidos.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Control permanente sobre la carburación de vehículos.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Traslado de residuos sólidos resultante de la limpieza de tragantes.	Municipalidad	Zona del proyecto	Etapa de funcionamiento

Continuación de la tabla XXI.

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Contaminación sonora	Optimizar el movimiento de maquinarias y camiones.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Uso de protección auditiva por parte de los operarios.	Supervisión	Zona de obra	Etapa de construcción
	Consensuar horas de trabajo con la población.	Contratista de obra – supervisión	Zona de proyecto	Etapa de construcción
Alteraciones sobre las característica físicoquímicas del suelo	Almacenamiento de contenedores cerrados de residuos sólidos.	Contratista de obra	Zona de obra y área de galeras	Etapa de construcción
	Ejecutar una correcta explotación de canteras. Restitución de suelos.	Contratista de obra	Canteras	Etapa de construcción
	Prohibición del lavado de camiones y mezcladoras de concreto en lugares no autorizados por la supervisión.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Traslado de residuos sólidos resultantes de la limpieza.	Municipalidad	Zona de obra	Etapa de funcionamiento
Sobre el medio perceptivo o paisaje	Recuperación de zonas utilizadas para las galeras de los trabajadores. Retiro de instalaciones provisionales.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras principales	Etapa de construcción
Sobre el tránsito y medios de transporte	Correcta señalización de desvíos. Indicación de velocidades máximas. Colocación de barreras de protección y de iluminación nocturna. Empleo de banderilleros.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Colocación de pasarelas o puentes de ingreso a propiedades.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXI.

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Sobre el tránsito y medios de transporte	Garantizar la seguridad de visitantes y pobladores.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción

Fuente: GONZÁLEZ GÓMEZ, José Daniel. *Diseño de pavimento de concreto y drenaje pluvial, de la ruta entre el caserío yerbabuena, municipio de Chimaltenango y aldea puerta abajo, municipio de Zaragoza, departamento de Guatemala.* p. 117.

Este proyecto ayudará a mejorar la condición de salud de las personas que habitan en el lugar, ya que disminuirá considerablemente el polvo de las calles y en época de invierno evitara la acumulación de agua previniendo enfermedades infectocontagiosas.

3. DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

3.1. Normas de diseño

Las normas de diseño se encuentran especificadas en los siguientes incisos, cabe recalcar que se toman como referencia las normas encontradas en el manual de *Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados* del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), además de esto es importante mencionar que el diseño final del drenaje se complementa con el criterio técnico del diseñador.

3.1.1. Diámetros mínimos

El diseñador utilizará el menor diámetro de tubería que permita al sistema de drenaje cumplir con las especificaciones, un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo que se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

Para el diámetro mínimo en tramos iniciales se puede tomar los criterios de la siguiente tabla:

Tabla XXII. **Diámetros mínimos en tramos iniciales de drenaje**

Material	Ø Drenaje sanitario (plg)	Ø Drenaje pluvial (plg)
Concreto	8	10
PVC	6	8

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Velocidades mínimas y máximas

Este criterio de diseño es importante, ya que en los alcantarillados la velocidad mínima del flujo genera la acción de autolimpieza o, en otras palabras, la capacidad de arrastre de las partículas en las tuberías ya sean de PVC o de concreto.

Tabla XXIII. Velocidades mínimas y máximas del flujo en tuberías

Material	Velocidad mínima del flujo drenaje sanitario (m/s)	Velocidad mínima del flujo drenaje pluvial (m/s)
Concreto	0,60	3,00
PVC	0,60	3,00

Fuente: elaboración propia.

La velocidad del flujo depende de la pendiente de la tubería, siempre y cuando esta cumpla con los parámetros de diseño hidráulico.

3.1.3. Profundidad de la tubería

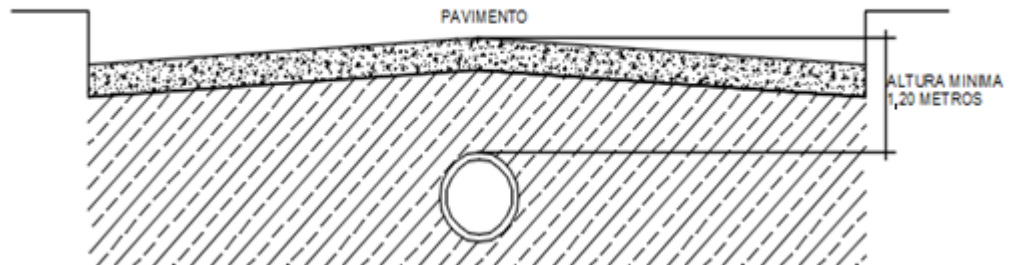
La profundidad mínima es de suma importancia ya que garantiza que ningún tipo de carga viva o de impacto dañe la tubería, y de esta forma no afecte la vida útil del proyecto.

La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera:

Tráfico normal (menor de 200 quintales) = 1,00 metros

Tráfico pesado (mayor de 200 quintales) = 1,20 metros

Figura 6. **Profundidad de tubería**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2015.

3.1.4. Cotas invert

Es la distancia entre el nivel de la rasante y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro. Se deben seguir las siguientes reglas para el cálculo de cotas invert:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.
- Para tubería de salida con mayor diámetro que la tubería de entrada, la cota invert de la tubería de salida estará por lo menos debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de diámetros.

3.1.5. Ancho de zanjas

Los anchos de zanjas pueden ser variados basándose en la característica del suelo *in situ*, los materiales de relleno, los niveles de compactación y las cargas. La tabla XXIV proporciona los anchos de zanja recomendados para la mayoría de las instalaciones, para permitir una adecuada colocación y compactación del material del relleno alrededor del tubo. Sin embargo, el ingeniero del proyecto puede modificar los anchos de zanja basándose en una evaluación de la calidad de los materiales *in situ*, la calidad y nivel de compactación del relleno, la carga de diseño y el equipo de compactación que vaya a ser usado. A falta de las recomendaciones del ingeniero del proyecto o de las especificaciones del organismo regulador que norma la obra, se sugieren los anchos de zanja de la tabla XXIV. El zanjeo se debe realizar en los suelos existentes con paredes laterales razonablemente verticales hasta la parte superior del tubo.

Tabla XXIV. **Anchos mínimos de zanja según diámetro de tubería**

Anchos mínimos de zanja sugeridos	
Diámetro nominal del tubo, (plg)	Ancho mínimo de zanja, (plg)
4	21
6	23
8	25
10	28
12	31
14	34
16	39
18	48
24	66
30	78
36	80
40	83
42	85
48	89
60	102

Fuente: elaboración propia.

Sobre el lomo del tubo se colocará el suelo de relleno, para lo cual se podrá utilizar el suelo producto de la excavación, el cual se colocará en capas de 20 a 25 cm como máximo, compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno. El espesor del suelo de relleno sobre el lomo del tubo no deberá ser menor a los 120 cm.

En la reposición de pavimento, empedrado o adoquinado se procurará utilizar el material producto de la ruptura que no haya sufrido daños, todo el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que el del original, debiendo quedar al mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por lo que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas tengan el grado de compactación especificado y/o lo que marque el proyecto.

3.1.6. Pozos de visita

Los pozos de visita en un sistema de drenaje pluvial tienen la función de facilitar el acceso necesario para realizar inspección, mantenimiento y limpieza del sistema.

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado. La distancia máxima aconsejable de pozos de visita en un sistema de drenaje pluvial es de aproximadamente 100 metros.

Los pozos de visita usuales se fabrican con ladrillo y concreto. También existen pozos de visita prefabricados de concreto reforzado, fibrocemento y de polietileno, con lo cual se facilita su instalación y, por lo tanto, los tiempos y costos de construcción son menores.

Actualmente hay diferentes métodos de construcción de pozos de visita, cada método incorpora de diferente forma los materiales de construcción. Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- Donde exista cambio de pendiente

3.1.7. Tragantes

Los tragantes son los encargados de recolectar el flujo superficial, permiten que las aguas pluviales accedan a los colectores de drenaje pluvial.

Los tragantes se localizan en las partes bajas de un sistema o tramo de tubería y es aconsejable tomar las siguientes recomendaciones:

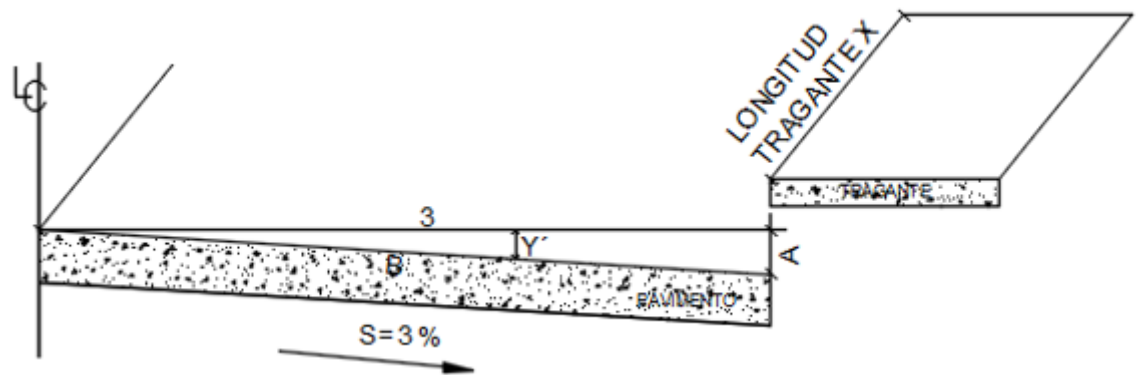
- Al final de cada cuadra, a 3,00 metros antes de la esquina, debido a que en ciertas ocasiones los vehículos se suben a la acera dañando los tragantes.
- Un tragante de acera se localiza por lo menos 100 metros aguas debajo de una calle.
- En sistema de drenaje pluvial, las calles deben de estar pavimentadas.
- Se localiza cuando el tirante de agua es de 0,10 metros.

3.1.7.1. Diseño hidráulico de tragante

Se diseñará el tragante de acera del tramo de la 6ª calle del pozo de visita 6.3 al 6.2 con pendiente longitudinal de 3,4 % la altura del tragante es de 10 cm.

Ancho de la calle = 6 metros

Figura 7. Esquema general de tragante de acera



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2015

Se calcula el lado A:

$$A = 3 * 0,03 = 0,09 \text{ mts}$$

Se calcula el lado B:

$$B = \sqrt{3^2 + 0,09^2} = 3,0001 \text{ mts}$$

Se debe de calcular el gasto que pasa por el tragante con la fórmula de Maning:

$$Q = \frac{1}{0,016} * \left(\frac{(3 * 0,09)}{2(3,0001 + 0,09)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,034)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{3 * 0,09}{2} \right)$$

$$Q = 0,192 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula el área transversal del flujo de agua:

$$AT = \frac{1}{2} * 3 * 0,09 = 0,135 \text{ m}^2$$

Se calcula el tirante medio se la sección transversal Y' :

$$Y' = \left(\frac{0 + 0,09}{2} \right) = 0,045 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad del flujo:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,192}{0,135} = 1,43 \text{ m/s}$$

Se calcula el largo de la boca del tragante X :

$$X = 0,91V\sqrt{Y'}$$

$$X = 0,91(1,43)\sqrt{0,045} = 0,27 \text{ m}$$

La longitud mínima del tragante es de 0,27 m con lo que una sección típica de tragante funcionará perfectamente en el sistema, cubriendo cualquier irregularidad de alguna tormenta.

3.1.8. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, retención del suelo, entre otros, por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El promedio del coeficiente de escorrentía del sistema se calculará así:

$$C = \frac{\sum(c * a)}{\sum a}$$

Donde:

c: coeficiente de escorrentía en cada área parcial

a: área parcial

C: coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Cada tipo de superficie tiene un valor determinado de coeficiente de escorrentía debido al grado de impermeabilidad de la misma, en la siguiente tabla se podrá observar los valores de coeficientes para cada tipo de superficie.

Tabla XXV. **Coeficiente de escorrentía utilizados en Guatemala**

Tipo de superficie	C
Comercial	
Centro de la ciudad	0,70-0,75
Periferia	0,50-0,70
Residencial	
Casas individuales	0,30-0,50
Colonias	0,40-0,60
Condominios	0,60-0,75
Residencial suburbana	0,25-0,40
Industrial	
Pequeñas fábricas	0,50-0,80
Grandes fábricas	0,60-0,90
Parque y cementerios	0,10-0,25
Campos de recreo	0,20-0,35
Campos	0,10-0,30
Techos	0,10-0,30
Pavimentos	0,70-0,90
Concreto y asfalto	0,85-0,90
Piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0,75-0,90
Piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0,40-0,75
Calles	
Terracota	0,25-0,60
De arena	0,15-0,30
Parques, jardines, paradas, entre otros.	0,05-0,25
Bosques y tierra cultivada	0,01-0,20

Fuente: GIL LAROJ, Joram. *Evaluación de tragante pluviales para la ciudad de Guatemala*. p. 37.

3.1.9. Periodo de retorno

El periodo de retorno en un sistema de drenaje pluvial es el tiempo medio entre dos avenidas con caudales iguales o superiores a uno determinado, según el INFOM es recomendable utilizar un periodo de retorno de 30 años.

3.1.10. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es el espesor de una lámina de agua por unidad de tiempo producida por esta, es el parámetro meteorológico más importante para el diseño de un sistema de drenaje pluvial. Se mide en milímetros por hora.

La intensidad de lluvia se determina a través de registros pluviográficos elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de las cabeceras departamentales. Este tipo de información es por lo común, insuficiente en localidades muy pequeñas, pero se puede hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares.

Se ha adoptado como norma, general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la República, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años en promedio.

Para la obtención de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF). El tipo de modelo para representar matemáticamente las curvas tiene la forma de:

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

Donde:

i_{tr} : intensidad de lluvia (mm/hr).

t : duración (min).

A, B y n : parámetros de períodos de retorno analizados (2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años).

Tabla XXVI. **Parámetros del INSIVUMEH según área del proyecto.**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
INSIVUMEH								
A	1,970	7,997	1,345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.96	1.16	0.79	0.64	0.66	0.65	0.66	0.65
R2	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
INSIVUMEH.

Los datos de la tabla XXVI se introducen en la fórmula para determinar la intensidad de lluvia (mm/hr).

3.1.11. Áreas tributarias

El área tributaria es una porción de la zona que al momento de la precipitación conducirá el flujo a un determinado ramal del sistema de drenaje, el área tributaria se calcula en hectáreas.

Este parámetro depende de la topografía del lugar. Hay diferentes formas de estimarla, entre ellas está la de triangulación, armar cuadrantes tributarios y escoger un ancho uniforme de acuerdo al largo del tramo que drenara el flujo superficial.

3.1.12. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de doce minutos. El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{60V}$$

Donde:

T1: tiempo de concentración en el tramo anterior en minutos

L: longitud del tramo anterior en metros

V: velocidad a sección llena en el tramo anterior en metros por segundo

3.1.13. Pendiente del terreno

La pendiente del terreno es una referencia a partir de la cual se puede identificar la dirección del flujo de agua. No necesariamente indica la pendiente de la tubería, aunque es recomendable que la tubería tenga una pendiente similar a la del terreno. Además, aunque todos los sistemas de alcantarillado trabajan por gravedad, existe una pendiente mínima al sistema que permite que el agua conducida se desplace libremente, la que es del 0,50 % y la máxima es la admisible para la tubería a utilizar.

Para calcular la pendiente del terreno se utiliza la relación siguiente:

$$S\% = \frac{Cota\ del\ terreno_{Final} - Cota\ del\ terreno_{Inicial}}{Longitud\ del\ tramo} * 100$$

3.1.14. Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño se utilizan dos métodos, el empírico y el racional. Por la naturaleza del proyecto se utilizará el racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía durante un período de precipitación máxima, entonces, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado. Este método está representado por la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q: caudal (m³/s)

C: es la relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área.

I: intensidad de lluvia (mm/h).

A: área por drenar en hectáreas.

3.1.15. Velocidad de flujo a sección llena

La velocidad de flujo a sección llena consiste en asumir un flujo uniforme y permanente para cada sección de la tubería, para poder calcular la velocidad del flujo. Una de las características principales de un flujo uniforme y permanente en un canal abierto es que la superficie del flujo es paralela a la pendiente de la tubería, para la tubería circular, se asumen condiciones de canal abierto.

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la relación de Manning:

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

Donde:

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

D: diámetro de la sección circular (pulg).

S: pendiente del gradiente hidráulico (m/m).

n: coeficiente de rugosidad de Manning (para tubería de concreto con diámetros menores de 24", n = 0,015, para diámetros mayores de 24", n = 0,013 y para PVC n = 0,009).

3.2. Ejemplo de cálculo de drenaje pluvial

Para este ejemplo se desarrollará el cálculo para un tramo, del pozo de visita 5.2 al pozo de visita 5.1.

Pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{112,5 - 110,71}{100} * 100 = 1,81\%$$

Área tributaria: que aporta cada tramo es de 2 000 m², como son dos tramos el área tributaria total es de 4 000 m².

Integración del coeficiente de escorrentía: se tabula cada tipo de superficie con su coeficiente de escorrentía indicado y el área aproximada que cubre, para el área tributaria del tramo a diseñar:

Tabla XXVII. Integración coeficiente de escorrentía

Tramo	Superficie	C	A (m ²)	C*A	Área tributaria	A (m ²)	C*A	Área total (m ²)
5.2 a 5.1	Pavimento	0,8	600	480	1 400	0,7	980	2 000

Fuente: elaboración propia.

$$C = \frac{(480 + 980)}{2\,000} = \frac{1\,460}{2\,000} = 0,72$$

Tiempo de concentración: al ser el tramo posterior a un tramo inicial, se debe de utilizar un tiempo de concentración igual a:

$$t_c = 12 + \frac{100}{60(2,39)} = 12,69 \text{ min}$$

Intensidad de lluvia:

$$I = \frac{820}{(12,69 + 2)^{0,637}} = 148,05 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Caudal de diseño:

$$q = \frac{0,4 * 148,5 * 0,72}{360} * 1\,000 = 117,69 \text{ l/s}$$

Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{(0,03429)(12)^{\frac{2}{3}} * (\frac{2}{100})^{1/2}}{0,013} = 1,96 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = \left(\frac{\pi * (12 * 0,0254)^2}{4} \right) * 1,96 * 1\ 000 = 142,81 \text{ l/s}$$

Comprobando relaciones hidráulicas:

$$\frac{q}{Q} = \frac{117,69}{142,81} = 0,82$$

$$\frac{v}{V} = 1,12 \Rightarrow v = 1,12 * 1,96 = 2,20 \text{ m/s}$$

Entonces cumple con la velocidad mínima y máxima, razón por la que el diseño de este tramo se considera satisfactorio. Esto se debe realizar con cada tramo del sistema, siempre revisando que cada tramo cumpla con los parámetros de diseño.

3.3. Elaboración de planos finales

Los planos finales en un sistema de drenaje pluvial deben contener información básica del proyecto. El juego de planos consta de veinte planos, un plano con la planta general, dieciocho planos que muestran la planta, perfil, cotas invert, pendiente, longitud y diámetro de la tubería a utilizar en cada tramo, además de un plano de detalles y obras complementarias del proyecto.

3.4. Presupuesto

El presupuesto debe de contener todos los renglones necesarios para la construcción del drenaje pluvial.

3.4.1. Resumen de presupuesto

A continuación se muestra la tabla con el valor aproximado de cada renglón de trabajo para la construcción del sistema de drenaje pluvial.

Tabla XXVIII. **Presupuesto del drenaje pluvial**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.01	Topografía	mes	1,00	Q 34 716,50	Q 34 716,50
2	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL				
2.01	Excavación estructural (Incluye corte, carga y acarreo de material sobrante y afinado de zanja con la pendiente de diseño)	m ³	45 000,00	Q 182,88	Q 8 229 600,00
2.02	Instalación de tubería de diámetro 150 mm de PVC norma F949	m	270,00	Q 532,70	Q 8 6572,80
2.03	Instalación de tubería de diámetro 300 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	253,44	Q 188,58	Q 47 793,72
2.04	Instalación de tubería de diámetro 350 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	100,00	Q 207,32	Q 20 732,00
2.05	Instalación de tubería de diámetro 400 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	1 030,22	Q 224,81	Q 231 603,76
2.06	Instalación de tubería de diámetro 500 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	1 742,62	Q 258,56	Q 450 571,83
2.07	Instalación de tubería de diámetro 600 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	627,93	Q 339,77	Q 213 351,78
2.08	Instalación de tubería de diámetro 900 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	405,00	Q 620,91	Q 251 468,55
2.09	Instalación de tubería de diámetro 1000 mm de concreto norma ASTM C-76 CLASE III	m	155,00	Q 902,04	Q 139 816,20
2.1	Relleno y compactado en capas de zanja de instalación de tubería central drenaje pluvial.	m ³	20 000,00	Q 235,43	Q 4 708 600,00
2.11	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 1,50 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 10 080,60	Q 10 080,60
2.12	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 1,86 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 11 673,14	Q 11 673,14

Continuación de la tabla XXVIII.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
2.13	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,15 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 12 956,02	Q 12,956.02
2.14	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,86 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 16 096,86	Q 16,096.86
2.15	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 4,71 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 24 280,75	Q 24,280.75
2.16	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 6,61 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 32 854,43	Q 32,854.43
2.17	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 8,91 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 43 029,00	Q 43 029,00
2.18	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 9,36 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 44 851,08	Q 44 851,08
2.19	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 8,48 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 40 958,20	Q 40 958,20
2.2	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,11 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 34 897,69	Q 34 897,69
2.21	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 3,94 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 20 874,49	Q 20 874,49
2.22	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,14 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 12 911,78	Q 12 911,78
2.23	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 1,55 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 10 301,78	Q 10 301,78
2.24	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 1,62 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 10 605,09	Q 10 605,09
2.25	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,35 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	2,00	Q 13 840,76	Q 27 681,52
2.26	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,74 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 15 566,02	Q 15 566,02
2.27	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 3,68 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 19 724,32	Q 19 724,32
2.28	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 5,19 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 26 572,74	Q 26 572,74
2.29	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 5,35 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 27 280,54	Q 27 280,54
2.3	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 3,43 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 18 618,39	Q 18 618,39
2.31	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 3,81 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 20 293,05	Q 20 293,05

Continuación de la tabla XXVIII.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
2.32	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 4,85 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 24 900,08	Q 24 900,08
2.33	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,73 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 37 809,00	Q 37 809,00
2.34	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 4,44 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 23 086,35	Q 23 086,35
2.35	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 1,60 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	6,00	Q 10 522,97	Q 63 137,82
2.36	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,22 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 13 265,68	Q 13 265,68
2.37	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 3,08 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 17 070,08	Q 17 070,08
2.38	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,41 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 14 099,84	Q 14 099,84
2.39	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,06 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 12 557,88	Q 12 557,88
2.4	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 6,94 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 34 314,26	Q 34 314,26
2.41	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,14 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 12 911,78	Q 12 911,78
2.42	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 5,38 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 27 413,25	Q 27 413,25
2.43	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,03 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 34 712,40	Q 34 712,40
2.44	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,33 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 36 039,51	Q 36 039,51
2.45	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,14 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 35 192,66	Q 35 192,66
2.46	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 7,30 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	2,00	Q 35 906,80	Q 71 813,60
2.47	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,47 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 14 371,61	Q 14 371,61
2.48	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 2,69 m de alto y diámetro interno de 1,50 m.	global	1,00	Q 15 344,83	Q 15 344,83
2.49	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 8,30 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 40 330,53	Q 40 330,53
2.5	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 14,68 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 68 553,89	Q 68 553,89

Continuación de la tabla XXVIII.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
2.51	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 9,92 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 47 496,96	Q 47 496,96
2.52	Construcción de pozo de visita de concreto armado, de 11,89 m de alto y diámetro interno de 1,50 m caída > 1,50 m.	global	1,00	Q 56 205,35	Q 56 205,35
2.53	Construcción de tragantes	global	90,00	Q 6 607,79	Q 594 701,10
TOTAL					Q 16 249 519,29

Fuente: elaboración propia.

3.5. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución físico y financiero muestra el avance estimado por mes y el costo que conlleva.

Figura 8. Cronograma de ejecución físico y financiero

CRONOGRAMA FISICO FINANCIERO																				
No.	DESCRIPCION	AVANCE	AVANCE ACUMULADO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				SUMATORIA
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	TRABAJOS PRELIMINARES	0, 21 %	0, 21 %																	Q 34 716,50
				Q 17 358,25				Q 17 358,25												
2	SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	99,79 %	100,00 %																	Q 16 214 802,79
								Q 5 404 934,26					Q 5 404 934,26					Q 5 404 934,26		
TOTAL		100,00 %		Q 17 358,25				Q 5 422 292,26					Q 5 404 934,26					Q 5 404 934,26	Q 16 249 519,29	

Fuente: elaboración propia.

3.6. Estudio de Impacto Ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental sobre este tipo de proyecto de drenaje pluvial es de suma importancia para proteger el medio ambiente. Debido a la naturaleza del proyecto, el impacto que este hace al medio ambiente a corto y largo plazo es mínimo, ya que los colectores serán construidos de concreto, que es un material amigable con el medio ambiente.

Además, el grado de contaminación del agua no es más que el natural, ya que el agua de lluvia, al ser arrastrada por la superficie trae consigo partículas de suelo naturales, que no afecta el nivel de calidad de agua del cuerpo receptor.

Como parte de la fase de planificación de la construcción, se consideran todas las medidas ambientales, así como los protocolos y compromisos ambientales suscritos ante la autoridad ambiental.

Dentro del marco de la preparación de los contratos con las empresas que tomarán lugar en el proceso constructivo, los responsables del proyecto deberán velar porque dichos contratos se incluyan dichas medidas de forma general o específica. Como parte de esta tarea, se incluye una síntesis de control del plan de supervisión y control del impacto ambiental que ayude a mitigar ciertos factores en el proceso de construcción.

Tabla XXIX. **Síntesis del plan de supervisión y control de impacto ambiental**

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Alteraciones sobre el recurso hídrico, superficial y subterráneo	Evitar acopios de materiales innecesarios o por tiempos prolongados.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Control del uso de lubricantes y aceites. Lavado de equipos en zonas permitidas.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Ejecutar correctamente la explotación de canteras.	Contratista de obra	Cantera	Etapa de construcción
	Ejecución correcta de las juntas entre tuberías para evitar socavamientos. Control en niveles y pendientes.	Contratista de obra- empresa supervisora	Zona de obra	Etapa de construcción
Calidad del aire	Control permanente sobre la carburación de los vehículos	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Optimizar el movimiento de maquinarias y camiones	Contratista de obra	Zona del proyecto	Etapa de construcción
	Durante la carga y descarga de materiales sueltos, mantener condiciones de humedad de estos.	Contratista de obra – operador de maquinaria	Zona de obra y canteras	Etapa de construcción
	Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXIX.

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Generación de olores	Almacenamiento en contenedores cerrados de residuos sólidos.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Colocación de sanitarios que puedan ser usados por los obreros.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras de obra principales	Etapa de construcción
	Control permanente sobre la carburación de vehículos.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Traslado de residuos sólidos resultante de la limpieza de tragantes.	Municipalidad	Zona del proyecto	Etapa de funcionamiento
Contaminación sonora	Optimizar el movimiento de maquinarias y camiones.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Uso de protección auditiva por parte de los operarios.	Supervisión	Zona de obra	Etapa de construcción
Alteraciones sobre las características físicoquímicas del suelo	Ejecutar una correcta explotación de Canteras. Restitución de suelos.	Contratista de obra	Canteras	Etapa de construcción

Continuación de la tabla XXIX.

Impacto	Medida de mitigación	Responsable	Localización	Frecuencia
Sobre el medio perceptivo o paisaje	Recuperación de zonas utilizadas para las galeras de los Trabajadores. Retiro de instalaciones provisionales.	Contratista de obra	Zona de obra y galeras principales	Etapa de construcción
Sobre el tránsito y medios de transporte	Correcta señalización de desvíos. Indicación de velocidades máximas. Colocación de barreras de protección y de iluminación nocturna. Empleo de banderilleros.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción
	Colocación de pasarelas o puentes de ingreso a propiedades.	Contratista de obra	Zona de obra	Etapa de construcción
	Garantizar la seguridad de visitantes y pobladores.	Contratista de obra	Zona de proyecto	Etapa de construcción

Fuente: GONZÁLEZ GÓMEZ, José Daniel. *Diseño de pavimento de concreto y drenaje pluvial, de la ruta entre el caserío yerbabuena, municipio de Chimaltenango y aldea puerta abajo, municipio de Zaragoza, departamento de Guatemala.* p. 117.

Además de esto, el impacto social será positivo en este proyecto, puesto que se aumentará la plusvalía del lugar, se mejorará el ornato de la aldea, los niños no tendrán problemas para asistir a la escuela y las calles tendrán un tratamiento adecuado para evitar enfermedades infectocontagiosas causadas por vectores.

CONCLUSIONES

1. Con el trabajo de campo se hace un mejor estudio para diseñar con certeza los proyectos de infraestructura que se adecuan a las necesidades de la comunidad.
2. El diseño pavimento rígido mediante el método de la PCA es de fácil aplicación y garantiza el buen funcionamiento del pavimento cuando no se tiene un control de tráfico local.
3. A pesar de que el valor soporte del suelo, según el ensayo de CBR es alto, se debe ser conservador al momento del diseño del pavimento, asegurándose, de esta manera, contrarrestar las irregularidades del suelo y reduciendo la formación de fallas en la capa de rodadura a lo largo del proyecto.
4. El sistema de alcantarillado fue diseñado conforme a especificaciones para tener un desempeño satisfactorio en todo su periodo de diseño.

RECOMENDACIONES

1. Para que la vida útil sea la estipulada, es importante brindar la correcta supervisión profesional en la etapa de construcción del proyecto, cumpliendo con el diseño de los planos, reglamentos y normas vigentes.
2. Para garantizar la calidad de construcción de ambos proyectos, es importante verificar, mediante ensayos, la calidad de los materiales a utilizar. Además de esto, se necesita tener mano de obra calificada.
3. La Municipalidad debe realizar la construcción de dicho proyecto a corto plazo, para garantizar la funcionalidad del diseño, además de beneficiar a la comunidad local.
4. Brindar mantenimiento al sistema de drenaje pluvial, al inicio y al final de cada invierno, para garantizar el buen funcionamiento del sistema durante período de vida.
5. Se debe utilizar estrictamente un concreto para el pavimento rígido que llene los requisitos estipulados en este trabajo y garantizar la calidad de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS, MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PÚBLICAS. *Especificaciones técnicas para diseño de carreteras*. Guatemala: DGC, 1978. 118 p.
2. GIL LAROJ, Joram. *Evaluación de tragante pluviales para la ciudad de Guatemala*. Guatemala: Artemis Edinter, 37 p.
3. GONZÁLEZ GÓMEZ, José Daniel. *Diseño de pavimento de concreto y drenaje pluvial de la ruta entre el caserío yerbabuena, municipio de Chimaltenango y aldea puerta abajo, municipio de Zaragoza, departamento de Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 114 p.
4. INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
5. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. MINISTERIO DE COMUNICACIONES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA. *Intensidades de precipitación en la República de Guatemala y mapa de isocías*. Guatemala: INSIVUMEH, 2002. 21 p.

6. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Design of concrete pavement for city streets. USA: PCA, 1974. 4 p.
7. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. México D.F: Limusa, 1997. 208 p.

APÉNDICES

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TRAMO			TERRENO				HECTAREAS		PARAMETROS			L/s
	CALLE	DE PV	A PV	COTA T.	COTA T.	DIST.	S% T.	AREA MT ²	AREA ACUMULADO	TC (min)	INT. (mm/h)	C	
1	0 CALLE	5,3	5,2	115,26	112,52	100,00	2,74	2 000	0,2	12,00	146,61	0,72	58,30
2	0 CALLE	5,2	5,1	112,52	110,71	100,00	1,81	2 000	0,2	12,70	142,05	0,72	112,96
3	0 CALLE	5,1	5	110,71	110,25	53,44	0,86	1 000	0,1	13,55	136,95	0,72	136,14
4	30 AVENIDA	5	1,7	110,25	111,00	100,00	-0,75	2 000	0,2	14,00	134,41	0,72	187,06
5	30 AVENIDA	1,7	1,6	111,00	111,80	100,00	-0,80	2 000	0,2	15,00	129,31	0,72	231,23
6	30 AVENIDA	1,6	1,5	111,80	113,00	100,00	-1,20	2 000	0,2	15,86	125,15	0,72	273,70
7	30 AVENIDA	1,5	1,4	113,00	111,35	100,00	1,65	2 000	0,2	16,72	121,39	0,72	313,73
8	30 AVENIDA	1,4	1,3	111,35	108,37	100,00	2,98	2 000	0,2	17,32	118,90	0,72	354,58
9	30 AVENIDA	1,3	1,2	108,37	104,90	100,00	3,47	2 000	0,2	17,93	116,54	0,72	393,87
10	30 AVENIDA	1,2	1,1	104,90	100,13	100,00	4,77	2 000	0,2	18,54	114,29	0,72	431,72
11	30 AVENIDA	1,1	1	100,13	95,23	100,00	4,90	2 000	0,2	19,24	111,83	0,72	466,88
12	30 AVENIDA	1	REC	95,23	94,92	26,00	1,19	500	0,05	19,73	110,17	0,72	470,89

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TUBERIA			SECCION LLENA			RELACIONES						COTAS INVERT			POZOS	
	Ø T.C (m)	Ø T.C plg.	S DE TC %	V (m/s)	A (m²)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	d %	V de Diseño	CIS	CIE	h. de pozos	Prof T.C		
1	0,30	12	3	2,39	0,07	174,14	0,3348	0,40	0,90	40	2,16	113,76	110,76	1,50	1,20		
2	0,30	12	2	1,96	0,07	142,81	0,7910	0,68	1,11	68	2,18	110,66	108,66	1,86	1,46		
3	0,30	12	2	1,96	0,07	142,81	0,9533	0,79	1,14	79	2,23	108,56	107,49	2,15	1,75		
4	0,40	16	1	1,67	0,13	216,33	0,8647	0,72	1,13	72	1,88	107,39	106,39	2,86	2,46		
5	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,5889	0,56	1,05	56	2,04	106,29	105,29	4,71	4,21		
6	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,6970	0,62	1,08	62	2,1	105,19	104,09	6,61	6,01		
7	0,50	20	2	2,75	0,20	556,6	0,5637	0,54	1,03	54	2,83	104,09	102,09	8,91	8,31		
8	0,50	20	2	2,75	0,20	556,6	0,6370	0,58	1,06	58	2,92	101,99	99,99	9,36	8,76		
9	0,50	20	2	2,75	0,20	556,6	0,7076	0,63	1,09	63	2,99	99,89	97,89	8,48	7,88		
10	0,50	20	2	2,38	0,20	481,71	0,8962	0,74	1,13	74	2,69	97,79	96,29	7,11	6,51		
11	0,50	20	3	3,37	0,20	682,09	0,6845	0,61	1,08	61	3,63	96,19	93,19	3,94	3,34		
12	0,60	24	2	2,69	0,20	784,02	0,6006	0,56	1,05	56	2,82	93,09	92,70	2,14	1,54		

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TRAMO			TERRENO					HECTAREAS		PARAMETROS			L/s
	CALLE	DE PV	A PV	COTA T.	COTA T.	DIST.	S% T.	AREA MT ²	AREA ACUMULADO	TC (min)	INT. (mm/h)	C	q de diseño (l/s)	
13	6 CALLE	6,4	6,3	111,16	110,13	100,00	1,03	2 000	0,2	12,00	146,61	0,72	58,30	
14	6 CALLE	6,3	6,2	110,13	106,73	100,00	3,40	2 000	0,2	13,09	139,64	0,72	111,05	
15	6 CALLE	6,2	6,1	106,73	106,05	100,00	0,68	2 000	0,2	13,59	136,73	0,72	163,10	
16	6 CALLE	6,1	6	106,05	106,00	89,00	0,06	1 780	0,178	14,45	132,04	0,72	204,24	
17	26 AVENIDA	6	4,4	106,00	106,41	100,00	-0,41	2 000	0,2	15,21	128,20	0,72	249,27	
18	26 AVENIDA	4,4	4,3	106,41	105,47	100,00	0,94	2 000	0,2	16,07	124,21	0,72	290,88	
19	26 AVENIDA	4,3	4,2	105,47	102,45	100,00	3,02	2 000	0,2	16,93	120,51	0,72	330,15	
20	26 AVENIDA	4,2	4,1	102,45	101,73	100,00	0,72	2 000	0,2	17,79	117,08	0,72	367,31	
21	26 AVENIDA	4,1	4	101,73	101,67	100,00	0,06	2 000	0,2	18,65	113,89	0,72	402,59	
22	26 AVENIDA	4	12,4	101,67	103,67	78,00	-2,56	1 560	0,156	19,41	111,25	0,72	427,73	
23	26 AVENIDA	12,4												

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TUBERIA			SECCION LLENA			RELACIONES					COTAS INVERT		POZOS	
	Ø T.C (m)	Ø T.C plg.	S DE TC %	V (m/s)	A (m ²)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	d %	V de Diseño	CIS	CIE	h. de pozos	Prof T.C
13	0,35	14	1	1,53	0,10	151,74	0,3842	0,44	0,94	44	1,44	109,61	108,61	1,55	1,20
14	0,40	16	4	3,35	0,13	433,95	0,2559	0,35	0,84	35	2,82	108,51	104,51	1,62	1,17
15	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,4554	0,45	0,96	45	1,85	104,41	103,41	2,32	1,82
16	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,520	0,52	1,02	52	1,97	103,31	102,42	2,74	2,14
17	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,6348	0,58	1,06	58	2,06	102,32	101,32	3,68	3,08
18	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,7508	0,65	1,10	65	2,13	101,22	100,22	5,19	4,59
19	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,8408	0,71	1,12	71	2,18	100,12	99,12	5,35	4,75
20	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,9354	0,77	1,14	77	2,21	99,02	98,02	3,43	2,83
21	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,6307	0,58	1,06	58	2,32	97,92	96,92	3,81	3,21
22	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,6701	0,60	1,07	60	2,35	96,82	96,04	4,85	4,15
23												95,94			

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TRAMO			TERRENO				HECTAREAS			PARAMETROS			L/s
	CALLE	DE PV	A PV	COTA T.	COTA T.	DIST.	S% T.	AREA MT ²	AREA ACUMULADO	TC (min)	INT. (mm/h)	C	q de diseño (l/s)	
24	10 CALLE	10,2	10,1	108,40	104,65	110,00	3,41	2 200	0,22	12,00	146,61	0,72	64,13	
25	10 CALLE	10,1	10	104,65	105,54	110,00	-0,81	2 200	0,44	12,55	143,00	0,72	125,09	
26	10 CALLE	10	3,5	105,54	100,97	108,62	4,21	2 200	0,66	13,65	136,40	0,72	178,97	
27	10 CALLE	3,5												
28	9 CALLE	9,2	9,1	108,40	105,92	100,00	2,48	2 000	0,2	12,00	146,61	0,72	58,30	
29	9 CALLE	9,1	9	105,92	105,68	100,00	0,24	2 000	0,40	12,57	142,83	0,72	113,58	
30	9 CALLE	9	3,3	105,68	103,86	105,00	1,73	2 100	0,61	13,57	136,81	0,72	165,91	
31	9 CALLE	3,3												
32	8 CALLE	7	3	103,00	101,26	70,00	2,49	1 400	0,14	12,00	146,61	0,72	40,81	
33	8 CALLE	3												
34	9 CALLE M.	8	3,2	99,00	103,89	84,70	-5,18	1 700	0,17	12,00	146,61	0,72	49,55	
35	9 CALLE M.	3,2												

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TUBERIA			SECCION LLENA				RELACIONES					COTAS INVERT			POZOS	
	Ø T.C (m)	Ø T.C plg.	S DE TC %	V (m/s)	A (m²)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	d %	V de Diseño	CIS	CIE	h. de pozos	Prof T.C		
24	0,40	16	4	3,35	0,13	433,95	0,1778	0,26	0,72	26	2,40	106,80	102,40	1,60	1,20		
25	0,40	16	1	1,67	0,13	216,33	0,5783	0,55	1,03	55	1,73	102,30	101,20	2,35	1,85		
26	0,50	20	2	1,00	0,20	202,4	0,8843	0,74	1,13	74	1,13	101,10	98,93	4,44	3,94		
27												98,83					
28	0,40	16	3	2,90	0,13	375,65	0,1552	0,27	0,73	27	2,12	106,80	103,80	1,60	1,20		
29	0,40	16	1	1,67	0,13	216,33	0,5250	0,52	1,02	52	1,70	103,70	102,70	2,22	1,72		
30	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,4225	0,46	0,96	46	1,87	102,60	101,55	3,08	2,58		
31												101,45					
32	0,40	16	3	2,90	0,13	375,65	0,1086	0,23	0,66	23	1,91	101,40	99,30	1,60	1,20		
33												99,20					
34	0,40	16	1	1,67	0,13	216,33	0,2291	0,33	0,82	33	1,36	97,40	96,55	1,60	1,20		
35												96,45					

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TRAMO			TERRENO					HECTAREAS			PARAMETROS			L/s
	CALLE	DE PV	A PV	COTA T.	COTA T.	DIST.	S% T.	AREA MT ²	AREA	ACUMULADO	TC (min)	INT. (mm/h)	C	q de diseño (l/s)	
36	27 AVENIDA	3,5	3,4	100,97	103,21	90,00	-2,49	1 800	0,18	0,66	12,00	146,61	0,72	192,38	
37	27 AVENIDA	3,4	3,3	103,21	103,86	90,00	-0,72	1 800	0,18	0,84	12,68	142,13	0,72	237,36	
38	27 AVENIDA	3,3	3,2	103,86	103,39	45,00	1,04	900	0,09	1,54	13,37	137,98	0,72	422,45	
39	27 AVENIDA	3,2	3,1	103,39	102,20	90,00	1,32	1 800	0,18	1,89	13,65	136,38	0,72	512,44	
40	27 AVENIDA	3,1	3	102,20	101,26	100,00	0,94	2 000	0,2	2,09	14,33	132,63	0,72	551,10	
41	27 AVENIDA	3	12,3	101,26	100,03	108,93	1,13	2 000	0,2	2,43	15,09	128,77	0,72	622,07	
42	27 AVENIDA	12,3													
43	8 CALLE A	11,2	11,1	102,00	95,77	100,00	6,23	2 000	0,2	0,20	12,00	146,61	0,72	58,30	
44	8 CALLE A	11,1	11	95,77	93,89	100,00	1,88	2 000	0,2	0,40	12,38	144,11	0,72	114,60	
45	8 CALLE A	11	2,1	93,89	90,50	55,52	6,11	1 000	0,1	0,50	13,08	139,70	0,72	138,87	

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TUBERIA			SECCION LLENA			RELACIONES					COTAS INVERT			POZOS	
	Ø T.C (m)	Ø T.C plg.	S DE TC %	V (m/s)	A (m²)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	d %	V de Diseño	CIS	CIE	h. de pozos	Prof T.C	
36	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,3014	0,38	0,88	38	1,93	98,83	97,93	2,14	1,54	
37	0,60	24	1,5	2,19	0,29	638,29	0,3719	0,43	0,93	43	2,05	97,83	96,93	5,38	4,78	
38	0,60	24	2	2,69	0,29	784,02	0,5388	0,53	1,02	53	2,75	96,83	96,16	7,03	6,43	
39	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,8028	0,68	1,11	68	2,44	96,06	95,16	7,33	6,73	
40	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,8634	0,72	1,13	72	2,47	95,06	94,06	7,14	6,54	
41	0,60	24	1	2,19	0,29	638,29	0,9746	0,80	1,14	80	2,50	93,96	92,87	7,30	6,70	
42												92,77				
43	0,40	16	7	4,43	0,13	573,84	0,1016	0,22	0,64	22	2,85	100,40	93,40	1,60	1,20	
44	0,40	16	2	2,37	0,13	307	0,3733	0,43	0,93	43	2,21	93,30	91,30	2,47	2,07	
45	0,40	16	4	3,35	0,13	433,95	0,3200	0,39	0,89	39	2,98	91,20	88,98	2,69	2,29	

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TRAMO			TERRENO				HECTAREAS			PARAMETROS			L/s
	CALLE	DE PV A PV		COTA T.	DIST.	% T.	AREA MT ²	AREA ACUMULADO	TC (min)	INT. (mm/h)	C	q de diseño (l/s)		
46	29 AVENDA	2	2	90,50	120,00	-4,98	2 400	0,24	13,36	138,06	0,72	203,12		
47	29 AVENDA	2	12,1	96,47	119,73	-4,17	2 400	0,24	14,82	130,15	0,72	253,57		
48	29 AVENDA		12,1											
49	B.N	26	27	103,67	140,00	2,60	19 300	1,93	12,00	146,61	0,72	565,55		
50	B.N	27	1	100,03	135,00	-1,40	25 000	2,5	12,81	141,35	0,72	1 244,88		
51	B.N	1	29	101,92	130,00	0,35	1 000	0,1	13,92	134,87	0,72	1 214,65		
52	B.N	29	2	101,46	75,00	4,21	9 800	0,98	14,99	129,30	0,72	1 416,39		
53	B.N	2	REC	98,30	80,00	10,26	1 000	0,1	15,56	126,54	0,72	1 411,31		

Calculo hidráulico del drenaje pluvial

NO	TUBERIA			SECCION LLENA			RELACIONES					COTAS INVERT			POZOS	
	Ø T.C (m)	Ø T.C plg.	S DE TC %	V (m/s)	A (m²)	Q (l/s)	q/Q	d/D	v/V	d %	V de Diseño	CIS	CIE	h. de pozos	Prof T.C	
46	0,50	20	0,5	1,37	0,20	277,29	0,7325	0,64	1,09	64	1,50	88,88	88,28	1,62	1,12	
47	0,50	20	1	1,94	0,20	392,66	0,6458	0,59	1,07	59	2,07	88,18	86,98	8,29	7,79	
48												86,88				
49	0,90	36	1	2,88	0,66	1 888,63	0,2979	0,38	0,88	38	2,53	95,94	94,54	7,73	6,83	
50	0,90	36	0,5	2,03	0,66	1 331,23	0,9351	0,77	1,14	77	2,31	92,77	92,10	7,26	6,36	
51	0,90	36	0,5	2,03	0,66	1 331,23	0,9124	0,76	1,14	76	2,31	92,00	91,35	9,92	9,02	
52	1,00	40	0,5	2,18	0,81	1 764,93	0,8025	0,68	1,11	68	2,42	86,88	86,51	14,58	13,58	
53	1,00	40	0,5	2,18	0,81	1 764,93	0,7996	0,68	1,11	68	2,42	86,41	86,01	11,89	10,89	

Fuente: elaboración propia.

ESPECIFICACIONES

TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTOS PLANOS ES ESPECÍFICA. EL PROYECTO DEBERÁ CUMPLIR OBLIGATORIAMENTE CON LAS ESPECIFICACIONES DE LOS PLANOS.

DIMENSIONALES

SISTEMA MÉTRICO O INGLÉS

SUB RASANTE

SE DEBE REALIZAR CON UNOS 3% POR CIENTO DE FACTOR DE SEGURIDAD SEGÚN ARTÍCULO 119.

AGRIEROS

SE DEBE REALIZAR EN UNOS 3% POR CIENTO DE FACTOR DE SEGURIDAD SEGÚN ARTÍCULO 119.

SESA MATERIA

GRANULAR PENETRABLE LIBRE DE EXCESO DE HUMEDAD, TUBA, TERCIÓN DE AGUILA, LANCAS, CÉSPED, DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA TABLA CORRESPONDIENTE GENERAL. LA COMPACTACIÓN DEBERÁ SER CON UNO AL 90% DE LA DENSIDAD MÁXIMA, DETERMINADA SEGÚN EL MÉTODO ABRTO 11-19.

CARPETA DE RODADURA

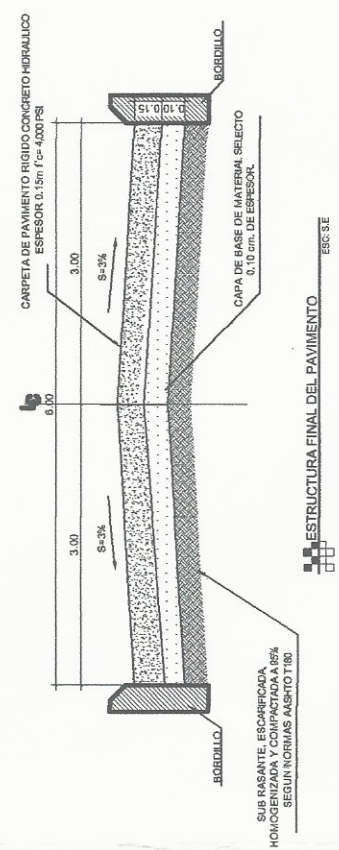
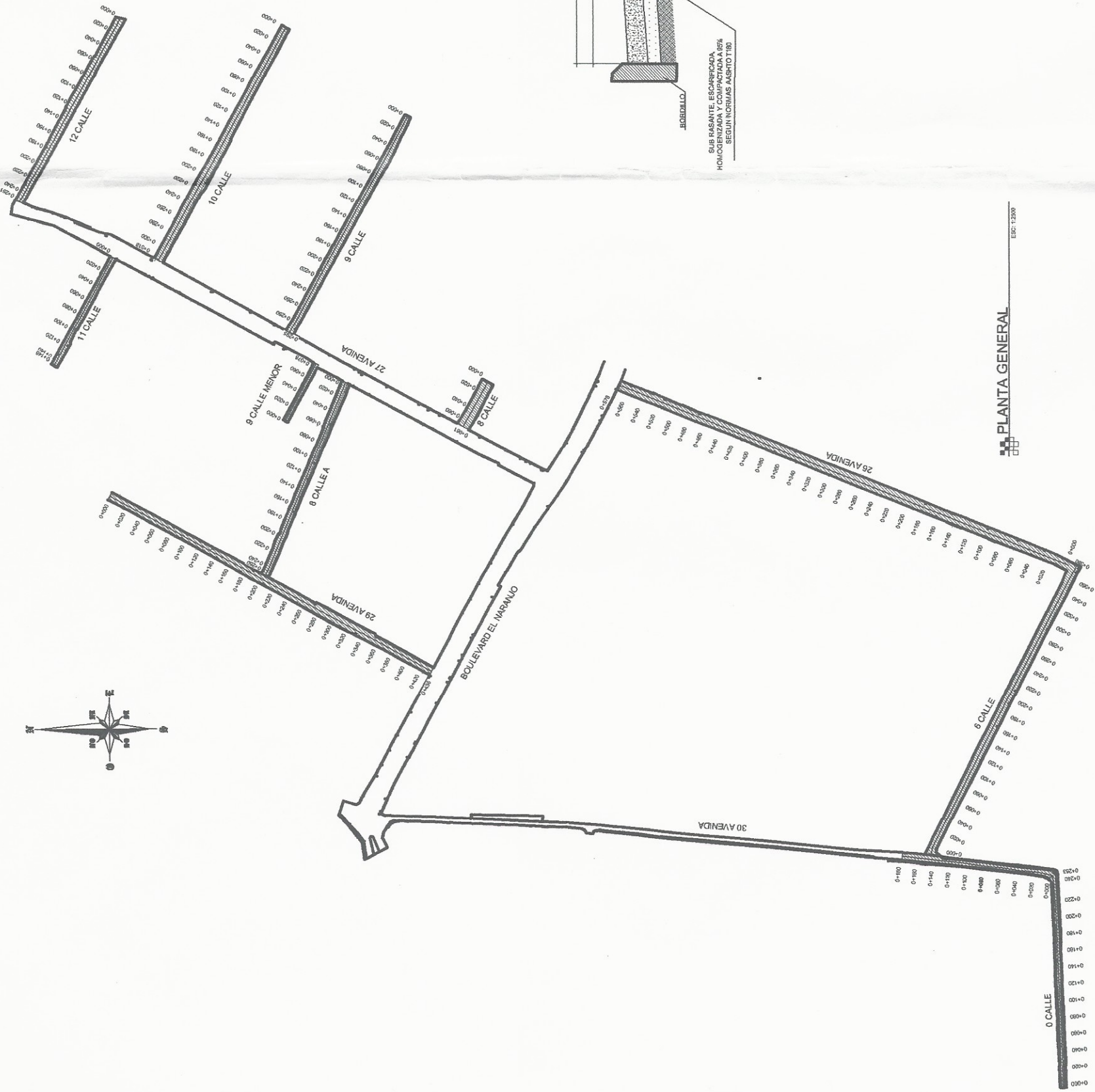
CEMENTO HIDRÁULICO DEBERÁ SER TIPO PORTLAND DE ALTO CEMENTO, CEMENTO PORTLAND DE TIPO 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050, 1100, 1150, 1200, 1250, 1300, 1350, 1400, 1450, 1500, 1550, 1600, 1650, 1700, 1750, 1800, 1850, 1900, 1950, 2000, 2050, 2100, 2150, 2200, 2250, 2300, 2350, 2400, 2450, 2500, 2550, 2600, 2650, 2700, 2750, 2800, 2850, 2900, 2950, 3000, 3050, 3100, 3150, 3200, 3250, 3300, 3350, 3400, 3450, 3500, 3550, 3600, 3650, 3700, 3750, 3800, 3850, 3900, 3950, 4000, 4050, 4100, 4150, 4200, 4250, 4300, 4350, 4400, 4450, 4500, 4550, 4600, 4650, 4700, 4750, 4800, 4850, 4900, 4950, 5000, 5050, 5100, 5150, 5200, 5250, 5300, 5350, 5400, 5450, 5500, 5550, 5600, 5650, 5700, 5750, 5800, 5850, 5900, 5950, 6000, 6050, 6100, 6150, 6200, 6250, 6300, 6350, 6400, 6450, 6500, 6550, 6600, 6650, 6700, 6750, 6800, 6850, 6900, 6950, 7000, 7050, 7100, 7150, 7200, 7250, 7300, 7350, 7400, 7450, 7500, 7550, 7600, 7650, 7700, 7750, 7800, 7850, 7900, 7950, 8000, 8050, 8100, 8150, 8200, 8250, 8300, 8350, 8400, 8450, 8500, 8550, 8600, 8650, 8700, 8750, 8800, 8850, 8900, 8950, 9000, 9050, 9100, 9150, 9200, 9250, 9300, 9350, 9400, 9450, 9500, 9550, 9600, 9650, 9700, 9750, 9800, 9850, 9900, 9950, 10000.

SIMBOLOGIA

PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PUNTO DE INTERSECCION
S	PENDIENTE
E-0	INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
—	RASANTE
—	PERFIL NATURAL DE TERRENO
LOV	INDICA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
—	AREA A TRABAJAR

CALLES A PAVIMENTAR EN ZONA 4 DE MIXCO

No. CALLE	UBICACION	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	ESTACION	ESTACION	ESTACION
1	3 CALLE	358.23	12.00	4298.76	1+358.23	1+716.46	1+716.46
2	26 AVENIDA	578.12	30.00	17343.60	1+716.46	1+1294.58	1+1294.58
3	3 CALLE	311.84	12.00	3742.08	1+1294.58	1+1606.42	1+1606.42
4	3 CALLE	248.57	12.00	2982.84	1+1606.42	1+1854.99	1+1854.99
5	8 CALLE P.	77.63	12.00	931.56	1+1854.99	1+1932.62	1+1932.62
6	7 CALLE	377.61	12.00	4531.32	1+1932.62	1+2310.23	1+2310.23
7	7 CALLE	428.25	12.00	5139.00	1+2310.23	1+2738.48	1+2738.48
8	7 CALLE	251.22	12.00	3014.64	1+2738.48	1+3039.70	1+3039.70
9	26 AVENIDA	484.24	30.00	14527.20	1+3039.70	1+3523.94	1+3523.94
10	26 AVENIDA	180	30.00	5400.00	1+3523.94	1+3663.94	1+3663.94
11	3 CALLE	238.24	12.00	2858.88	1+3663.94	1+3902.82	1+3902.82



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

San Carlos de Guatemala

Escuela de Ingeniería Civil

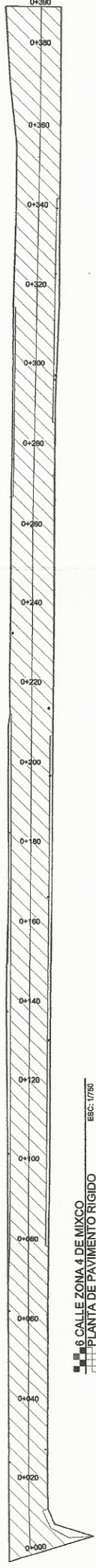
Proyecto: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

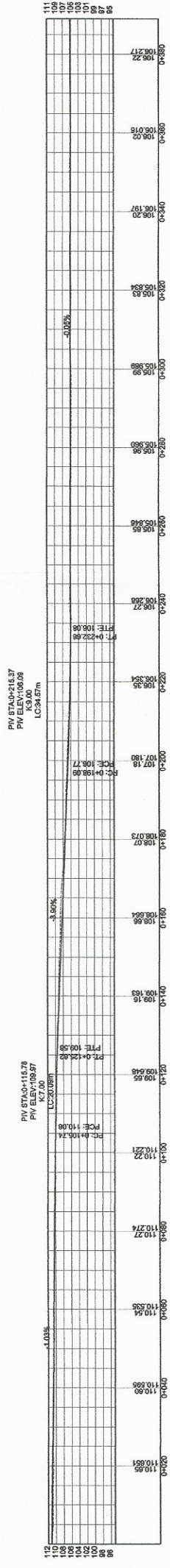
ESC. INGENIERIA CIVIL

PLANO DE PLANTA GENERAL

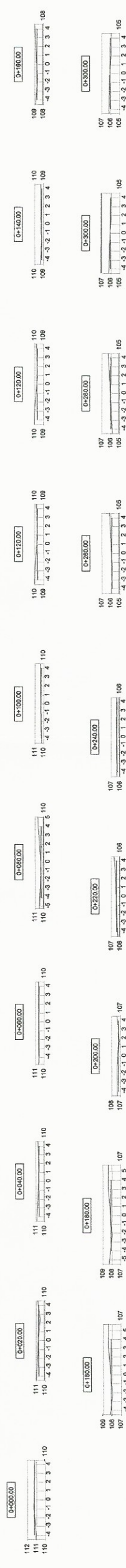
7



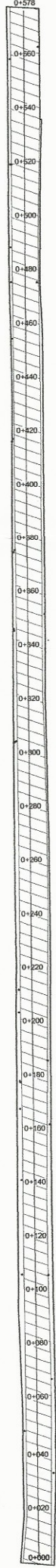
6 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC: 1/750



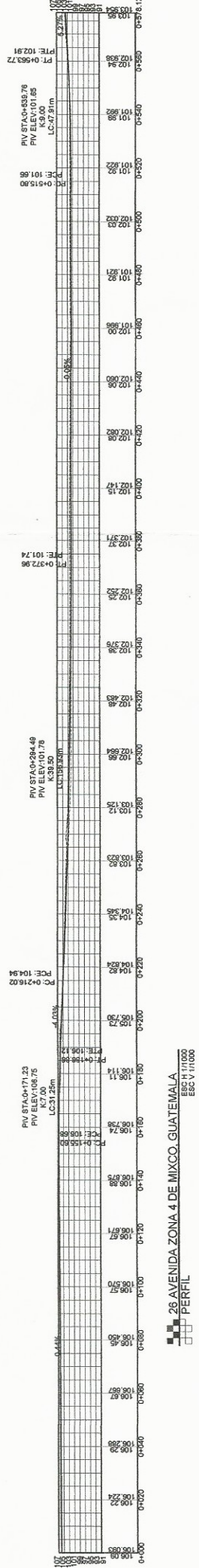
6 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC: 1/750



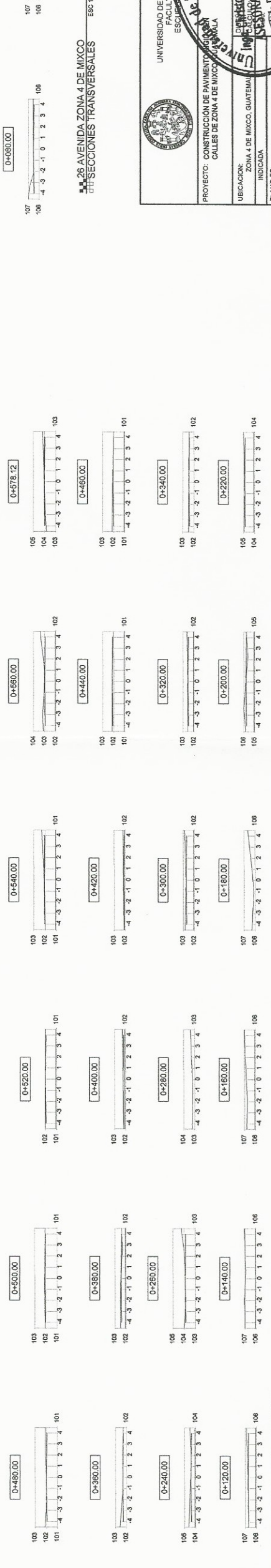
6 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC: 1/250




26 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC: 1/1000



26 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA
PERFIL
ESC: 1/1000



26 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC: 1/250



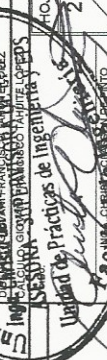
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Escuela de Ingeniería Civil

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO
CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

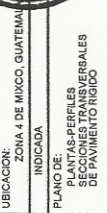
UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

INDICADA

PLANO DE PLANTAS-PERFILES TRANSVERSALES DE PAVIMENTO RIGIDO

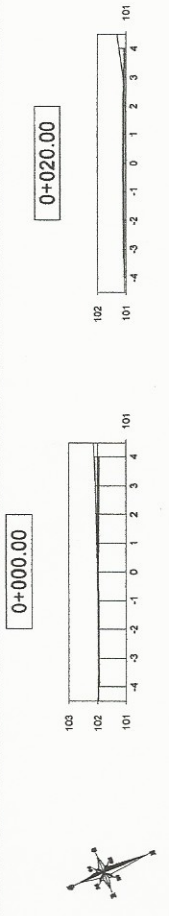


Ingeniero de Edificación
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

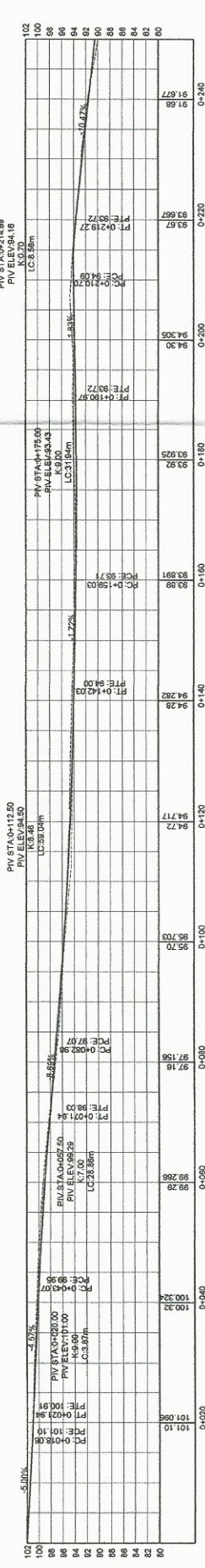


Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

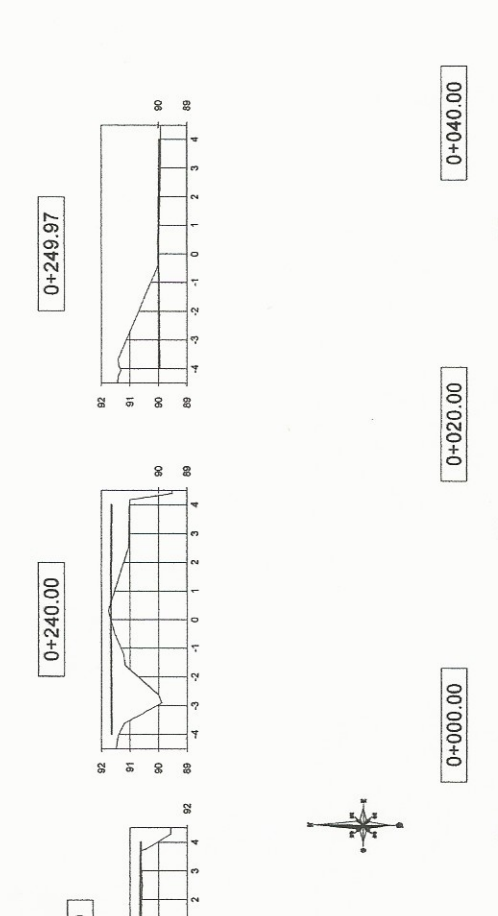
26 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC: 1/250



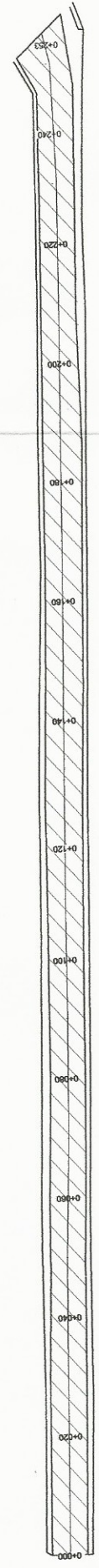
8 CALLE A ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC 1:500



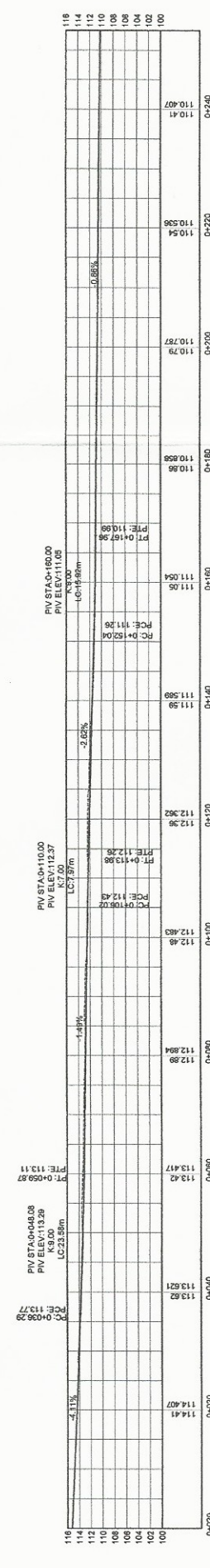
8 CALLE A ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC V 1:500



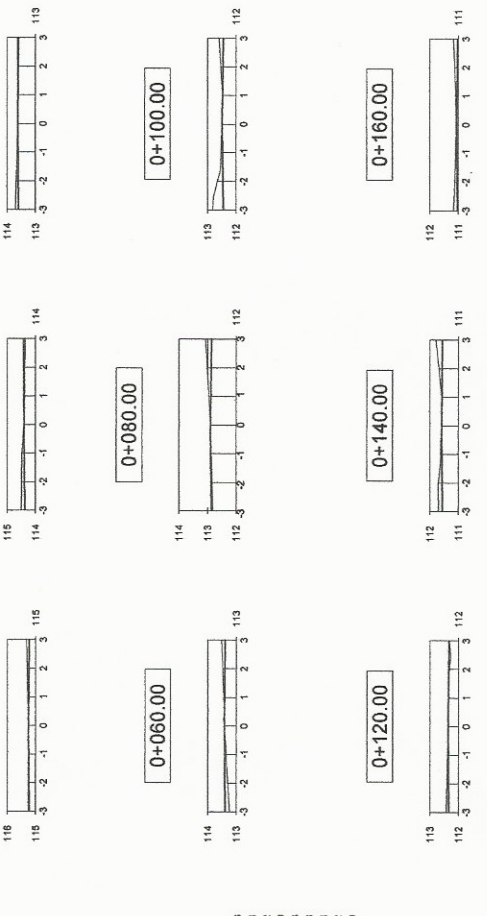
8 CALLE A ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC 1:125



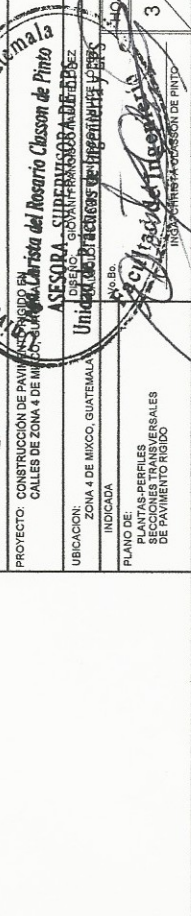
0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA PAVIMENTO RIGIDO
ESC 1:500



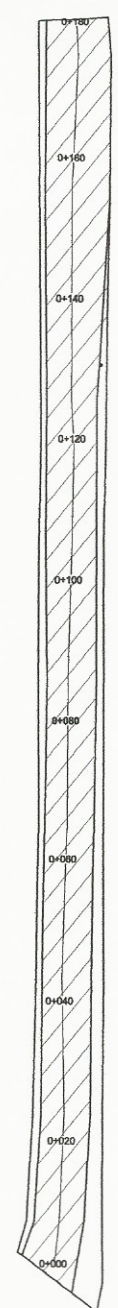
0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC V 1:500



0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC 1:125

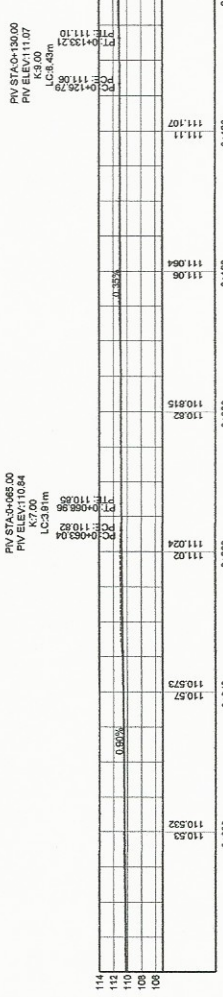


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA EN PAVIMENTOS
PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN
CALLE 8 CALLE A ZONA 4 DE MIXCO
ASESORA: SUZUKI YAMAMOTO ARIADNEZ
UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA
INDICADA
PLANO DE
SECCIONES TRANSVERSALES
DE PAVIMENTO RIGIDO
No. 03
Calle 4 de Mixco
INDICADA
3
7



30 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA PAVIMENTO RIGIDO

ESC 1:500

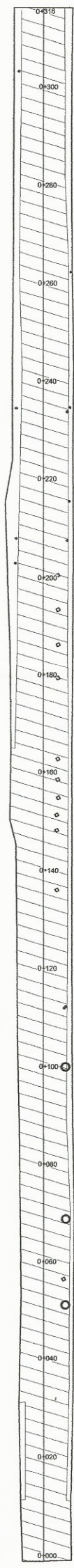
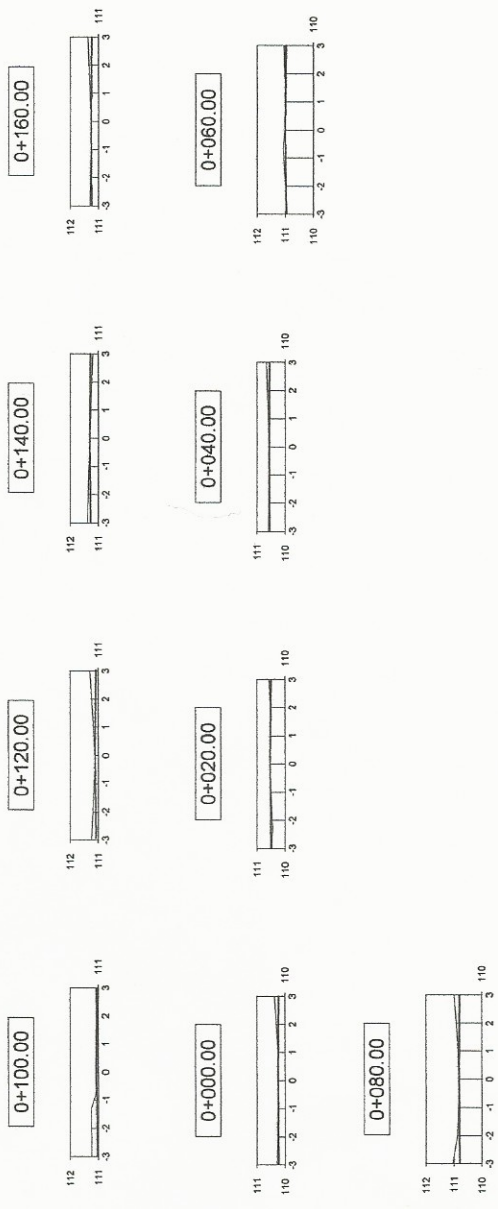


30 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC 1:500

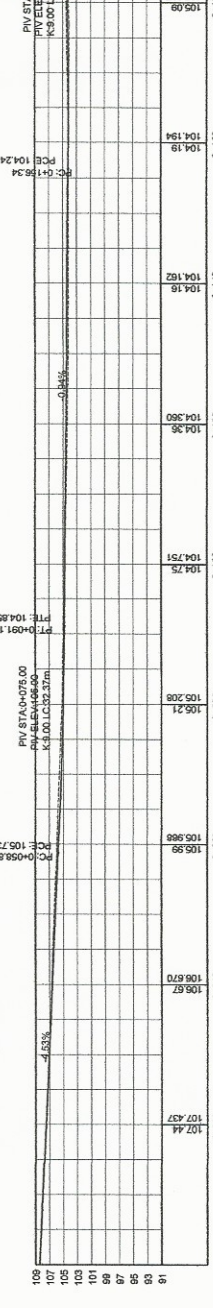
30 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC 1:125



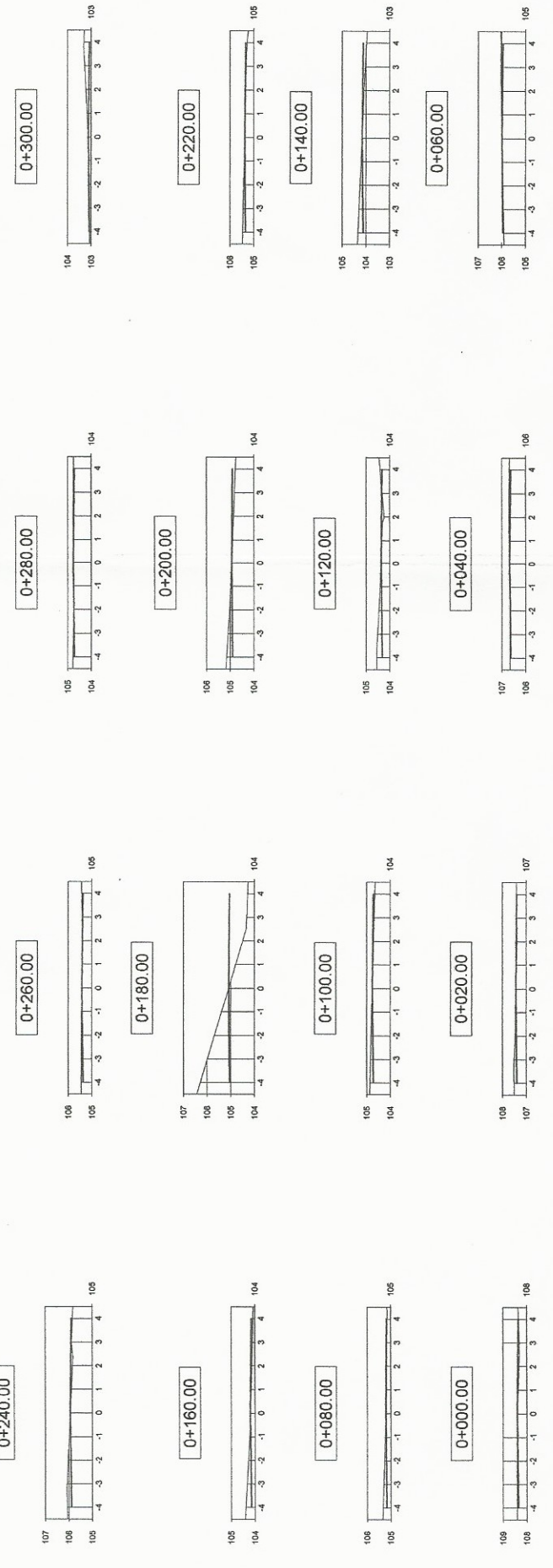
10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO

ESC 1:500



10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO

UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

INDICADA: []

PLANO DE: PLANTAS-PERFILES SECCIONES TRANSVERSALES DE PAVIMENTO RIGIDO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DISEÑO: GIOVANNI FRANCISCO MORALES

PROFESOR: []

ASISTENTE SUPERVISOR DE OBRAS: []

UNIDAD DE INVESTIGACION EN INGENIERIA CIVIL

INSTRUMENTOS: []

FECHA: []

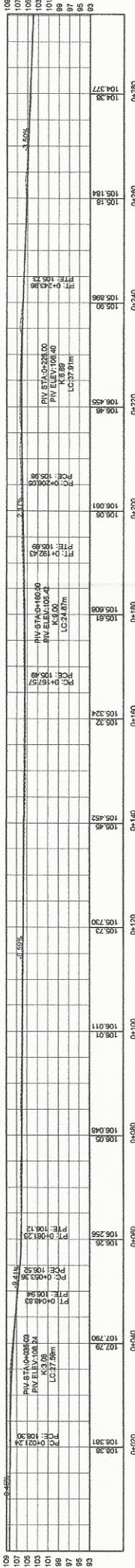
HORA: []

7



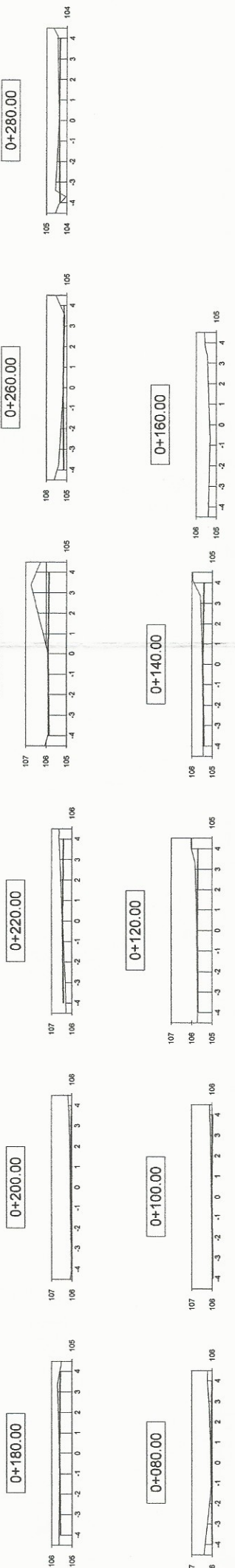
9 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO

ESC 1/600
 PIV STA: 0+57.28
 PIV ELEV: 106.15
 LC 7.87m



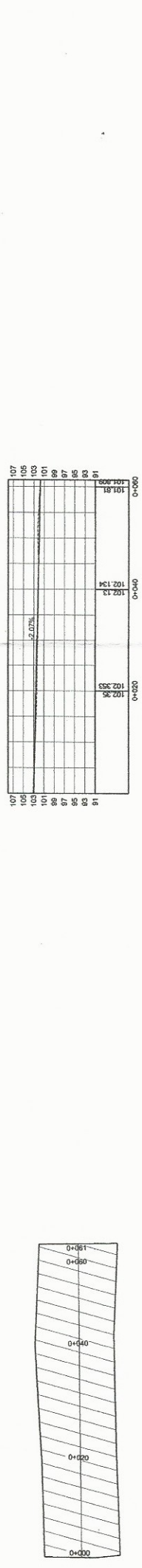
9 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC 1/100



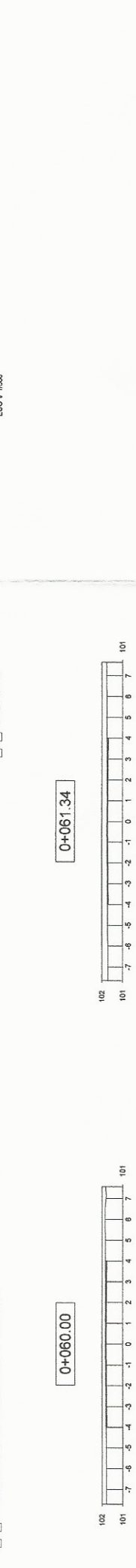
9 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC 1/125



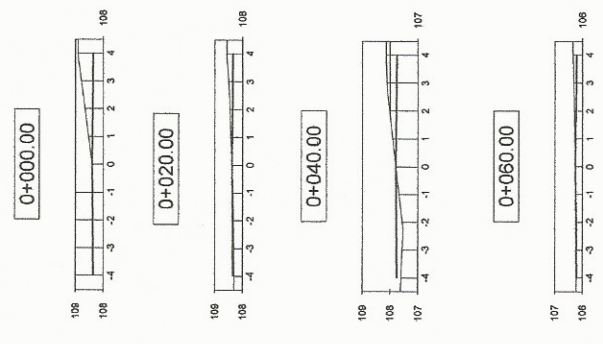
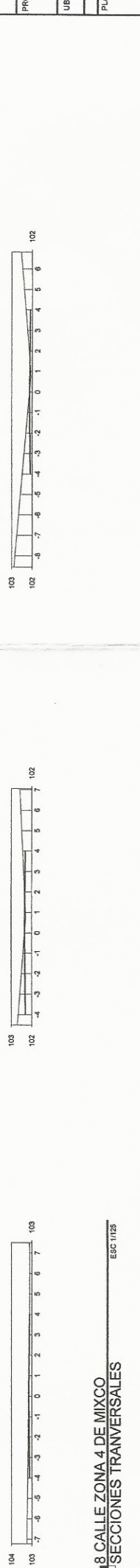
8 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO

ESC 1/600



8 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC 1/125



0+000.00

0+020.00

0+040.00

0+060.00

0+080.00

0+100.00

0+120.00

0+140.00

0+160.00

0+180.00

0+200.00

0+220.00

0+240.00

0+260.00

0+280.00

0+300.00

0+000.00

0+020.00

0+040.00

0+060.00

0+080.00

0+100.00

0+000.00

0+020.00

0+040.00

0+060.00

0+080.00

0+100.00

REPUBLICA DE GUATEMALA
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y VIALIDAD
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 GUATEMALA

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, CIUDAD DE GUATEMALA

UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, CIUDAD DE GUATEMALA

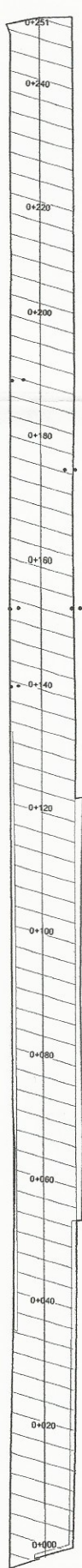
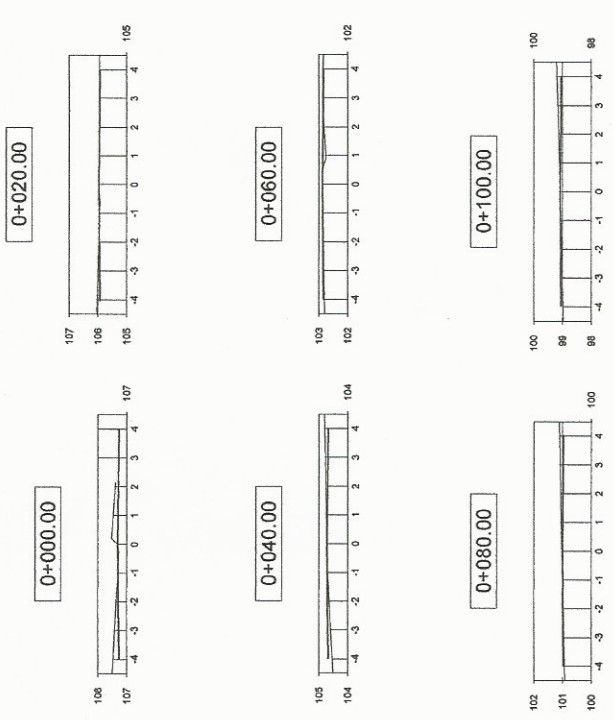
INDICADA

PLANO DE: PLANTAS-PERFILES DE OBRAS TRANSVERSALES DE PAVIMENTO RIGIDO

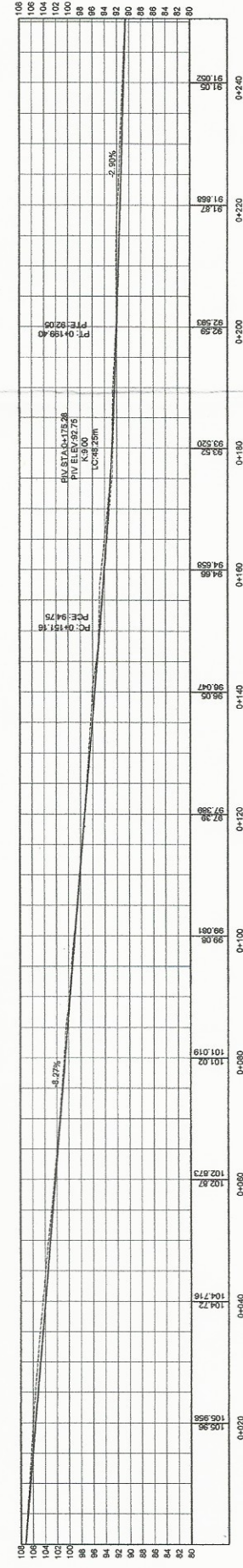
HOJA: 7

ASESORIA TECNICA: INGENIEROS FRANCISCO ARRIETA LOPEZ Y OSCAR GONZALEZ

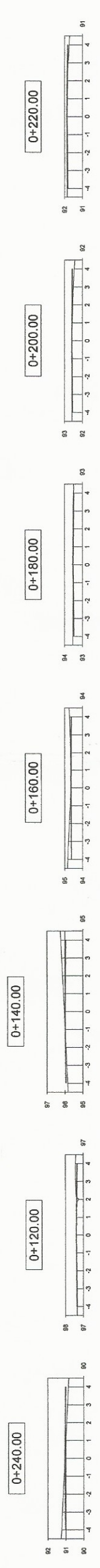
INGENIERO: FRANCISCO ARRIETA LOPEZ



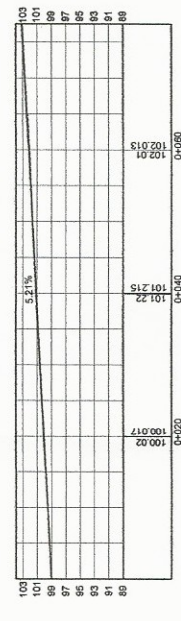
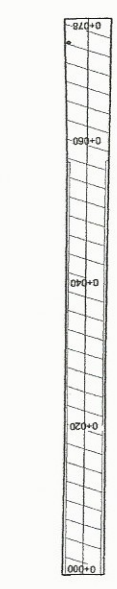
12 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
 ESC 1:500
 PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO



12 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
 ESC 1:1000
 PERFIL



12 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
 ESC 1:125
 SECCIONES TRANSVERSALES



9 CALLE MENOR ZONA 4 DE MIXCO
 ESC 1:500
 PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO



9 CALLE MENOR ZONA 4 DE MIXCO
 ESC 1:125
 SECCIONES TRANSVERSALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

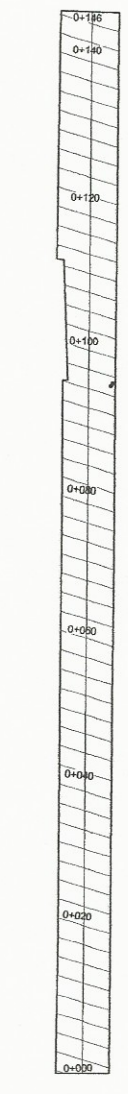
PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO
 CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

UBICACION:
 ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA
 INDICADA

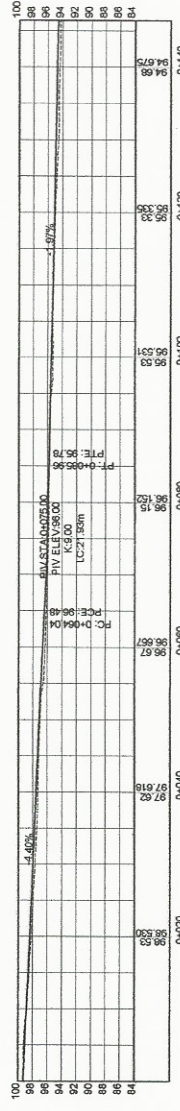
PLANO DE:
 PLANTAS-PERFILES
 SECCIONES TRANSVERSALES
 DE PAVIMENTO RIGIDO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Facultad de Ingenieria Civil
 DISEÑO: GIOVANNI FRANCISCO ROSARIO GONZALEZ
 M. en C. en INGENIERIA CIVIL
 ASISTENTE - SUPERVISOR DE OBRAS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y E.I.S. (UPEI)
 INGA. GABRIELA CLARSON DE LA ROSA

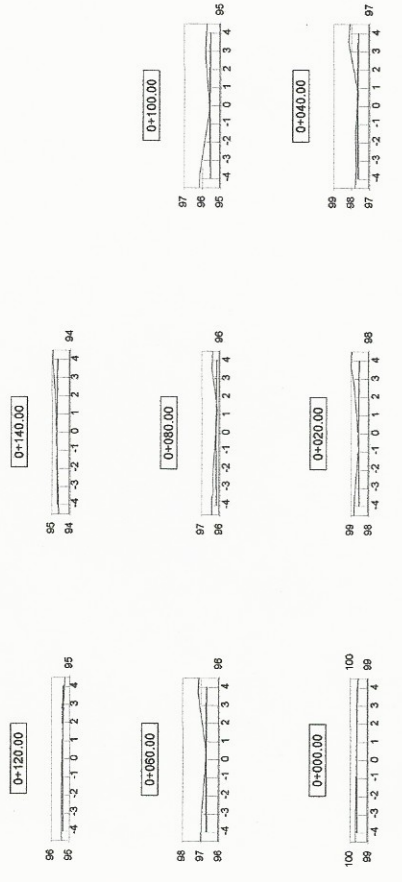
7



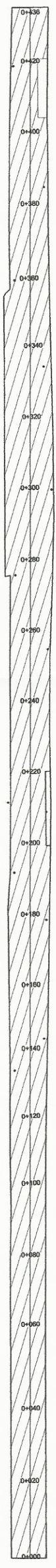
11 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC: 1/500



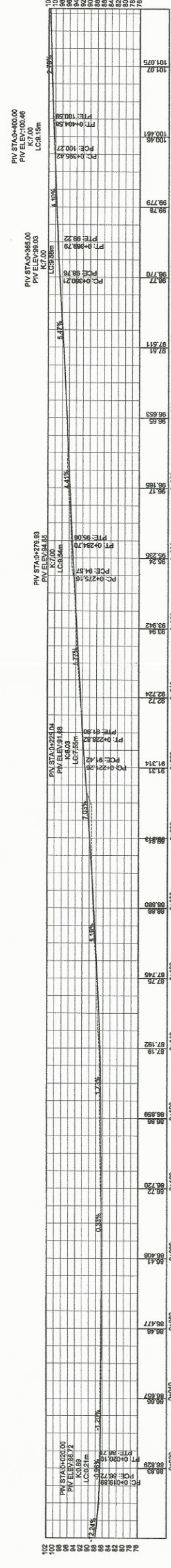
11 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC: 1/250
ESC: 1/500



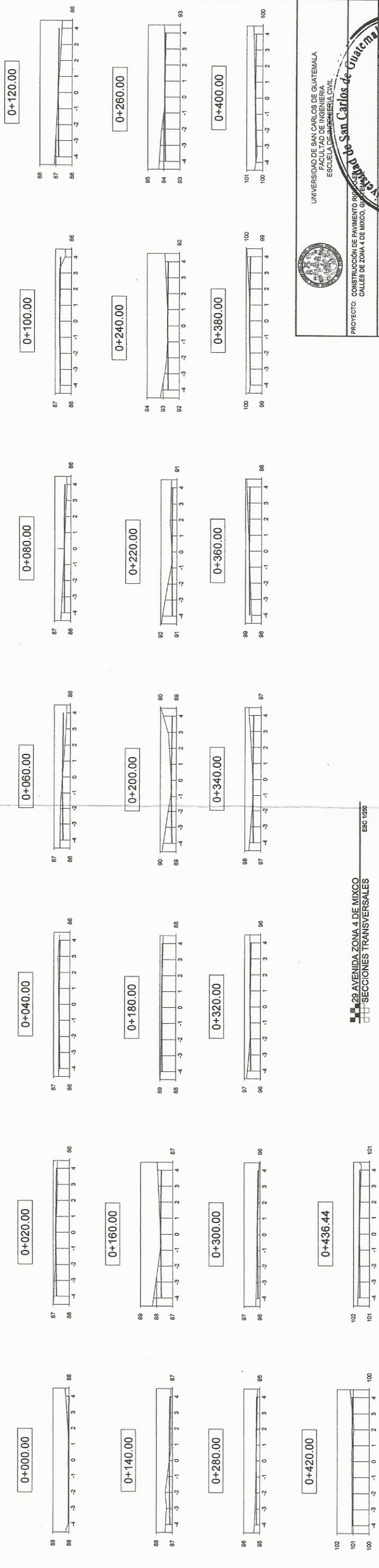
11 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC: 1/250



29 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC: 1/750



29 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC: 1/750
ESC: 1/750



29 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
SECCIONES TRANSVERSALES
ESC: 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN LAS CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

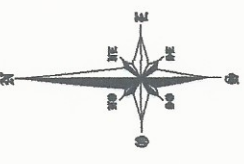
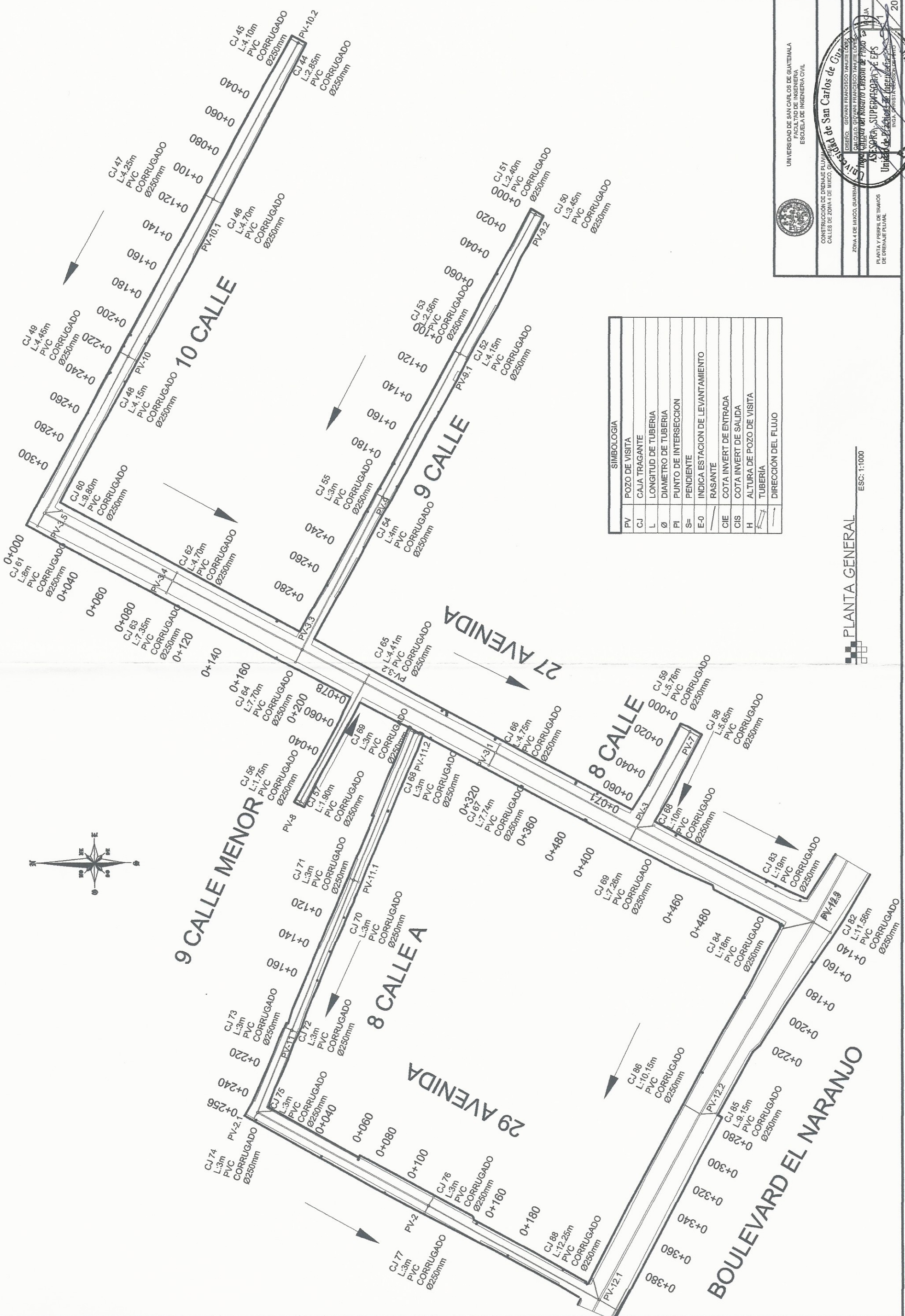
UBICACION: ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

INDICADA

PLANO DE: PLANTAS-PERFILES SECCIONES TRANSVERSALES DE PAVIMENTO RIGIDO

DISEÑADO POR: ANTONIO FRANCISCO DE JESUS
INSTRUMENTADO POR: FRANCISCO DE JESUS DE JESUS
ASISTENTE: SUPERVISOR DE OBRAS

Universidad de Prácticas de Ingeniería y Edificación
INGENIERIA CIVIL



SIMBOLOGIA	
PV	POZO DE VISITA
CJ	CAJA TRAGANTE
L	LONGITUD DE TUBERIA
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
PI	PUNTO DE INTERSECCION
S=	PENDIENTE
E-0	INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
CIE	RASANTE
CIS	COTA INVERT DE ENTRADA
H	COTA INVERT DE SALIDA
	ALTURA DE POZO DE VISITA
	TUBERIA
	DIRECCION DEL FLUJO

PLANTA GENERAL

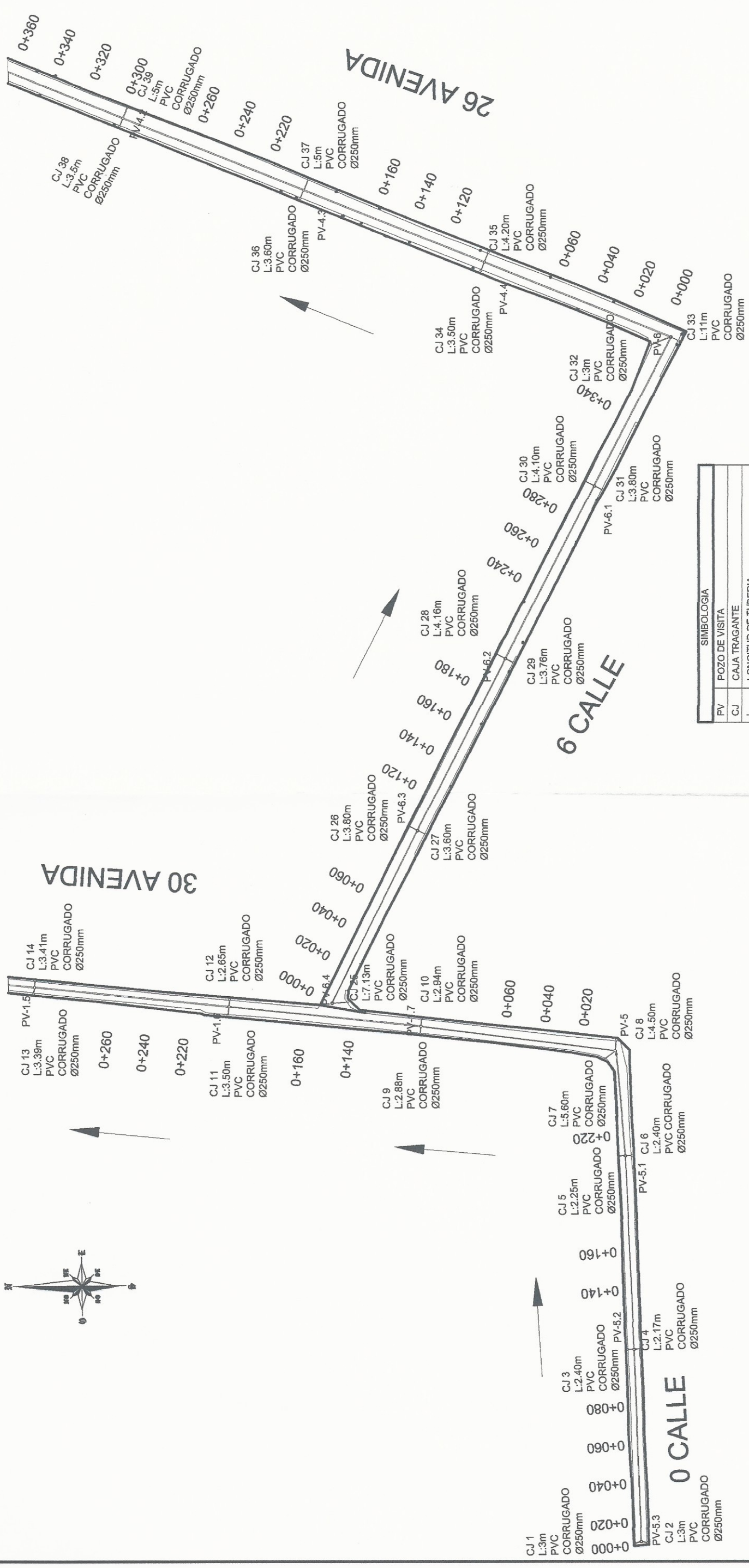
ESC: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Universidad de San Carlos de Guatemala
Instituto de Ingeniería y Tecnología
CARRILLO DE LA ROSA, SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Estudios de Ingeniería
ING. JORGE A. ROSA
20

CONSTRUCCION DE DRENAJE FLUVIAL
CALLES DE ZONA 4 DE MIQO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIQO, GUATEMALA
ASISTENTE DE DISEÑO
PLANTA Y PERFIL DE TIRAS DE DRENAJE FLUVIAL



SIMBOLOGIA	
PV	POZO DE VISITA
CJ	CAJA TRAGANTE
L	LONGITUD DE TUBERIA
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
PI	PUNTO DE INTERSECCION
S=	PENDIENTE
E-0	INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
—	RASANTE
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DE POZO DE VISITA
—	TUBERIA
—	DIRECCION DEL FLUJO

PLANTA GENERAL
 ESC: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Ing. Christian del Rosario Chirros de Pinto

PROYECTO: CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIMCO, GUATEMALA

UBICACION: ZONA 4 DE MIMCO, GUATEMALA

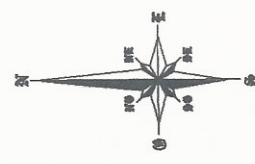
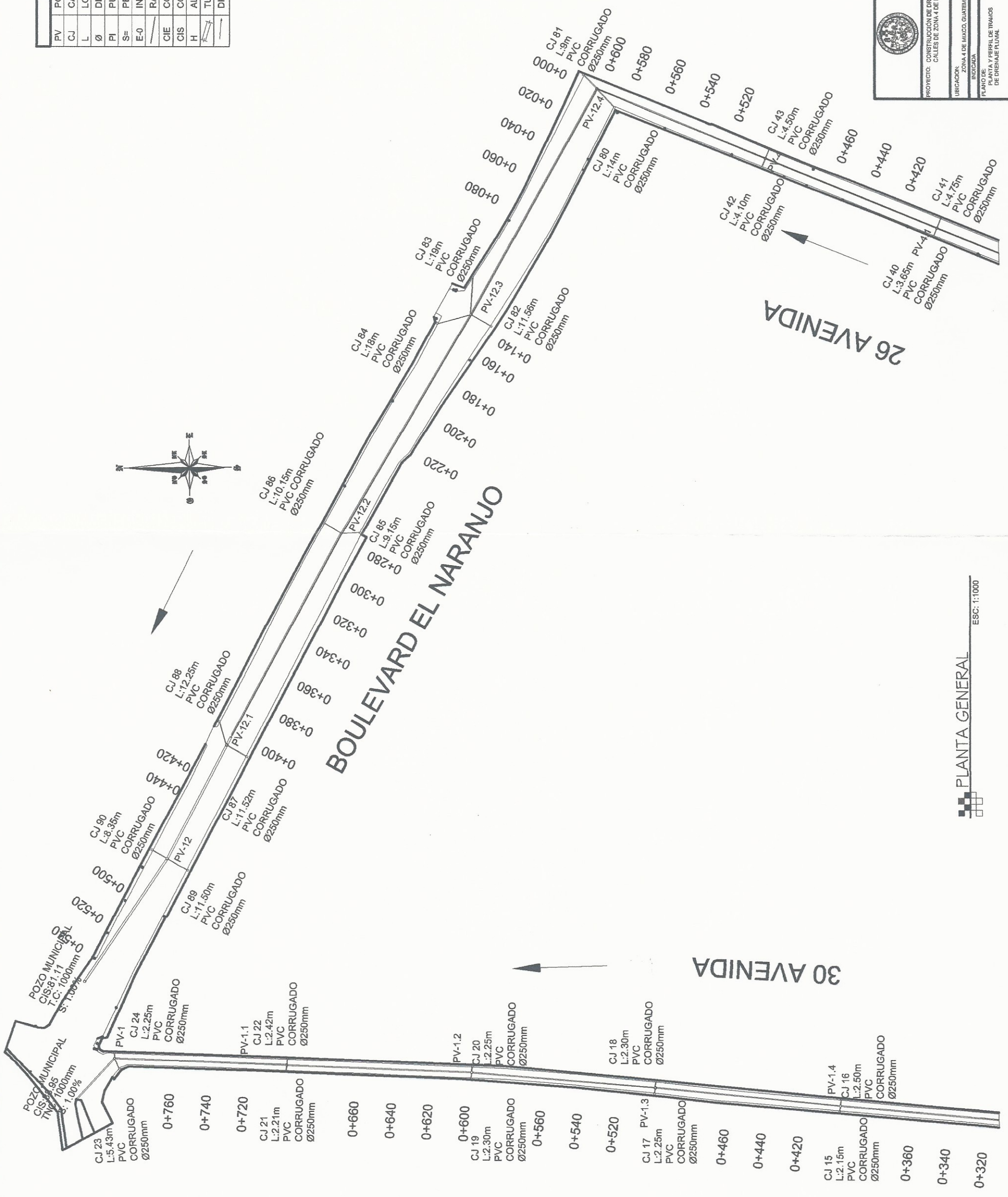
INDICADA

PLANO DE PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

H.D.U.A.

20

SIMBOLOGIA	
PV	POZO DE VISITA
CJ	CAJA TRAGANTE
L	LONGITUD DE TUBERIA
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
PI	PUNTO DE INTERSECCION
S=	PENDIENTE
E-0	INDICA ESTACION DE LEVANTAMIENTO
CIE	RASANTE
CIS	COTA INVERT DE ENTRADA
H	COTA INVERT DE SALIDA
	ALTURA DE POZO DE VISITA
	TUBERIA
	DIRECCIÓN DEL FLUJO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN LAS CALLES DE ZONA 4 DE MIQCO, GUATEMALA

UBICACION: ZONA 4 DE MIQCO, GUATEMALA

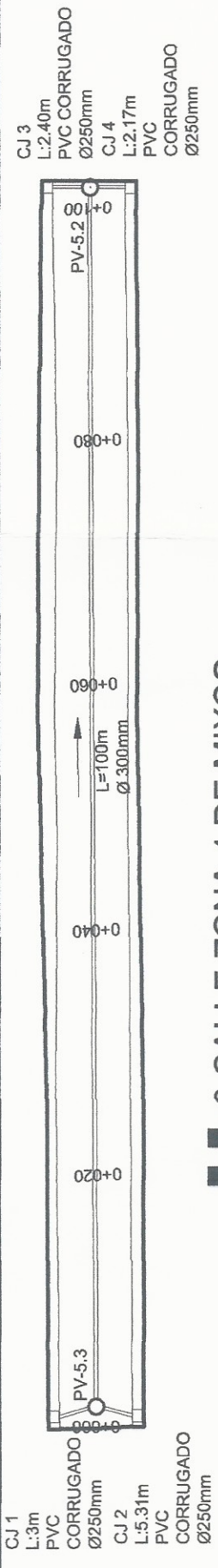
INDICADA: CALLE DE FRANCISCO TORRELLA

PLANO DE: PLANTA Y FERRIL DE TRABAJOS DE DRENAJE PLUVIAL

Ing. Christa del Rosario Cifuentes de Pinto
C.A. INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

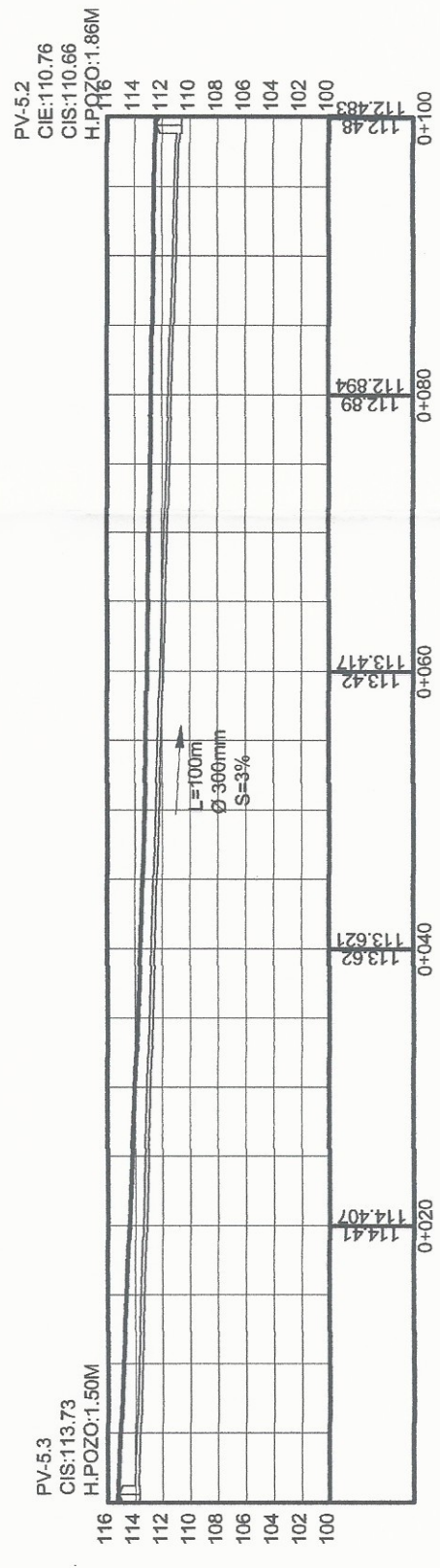
20

PLANTA GENERAL
ESC: 1:1000



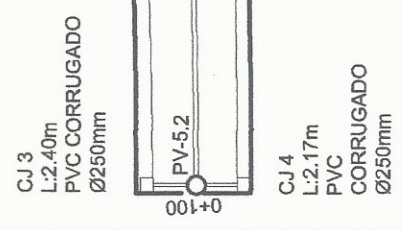
0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

ESC 1/250



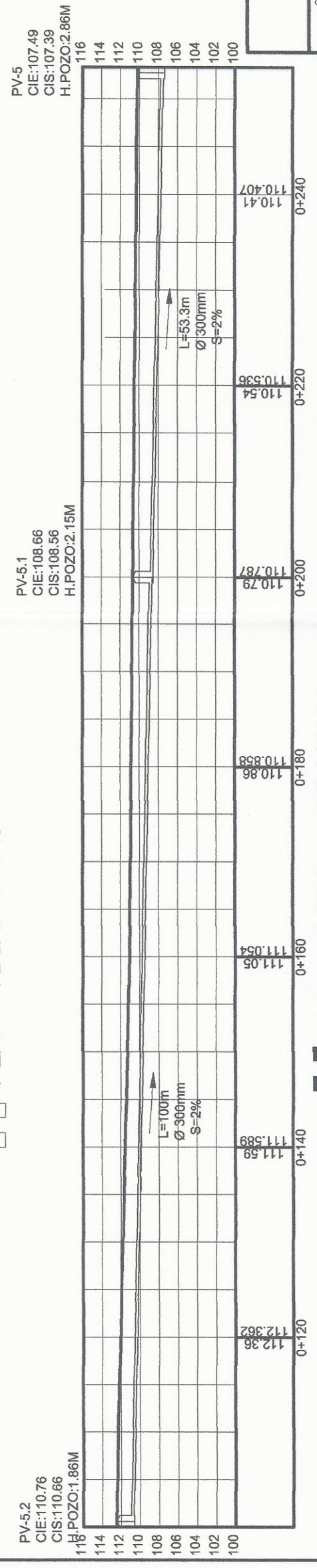
0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC H 1/250
ESC V 1/250



0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

ESC 1/250



0 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC H 1/250
ESC V 1/250

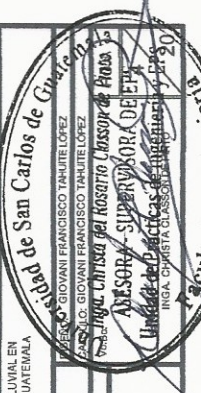


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

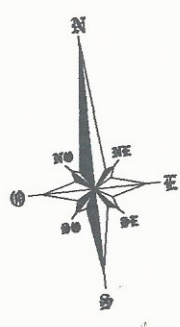
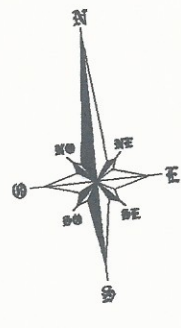
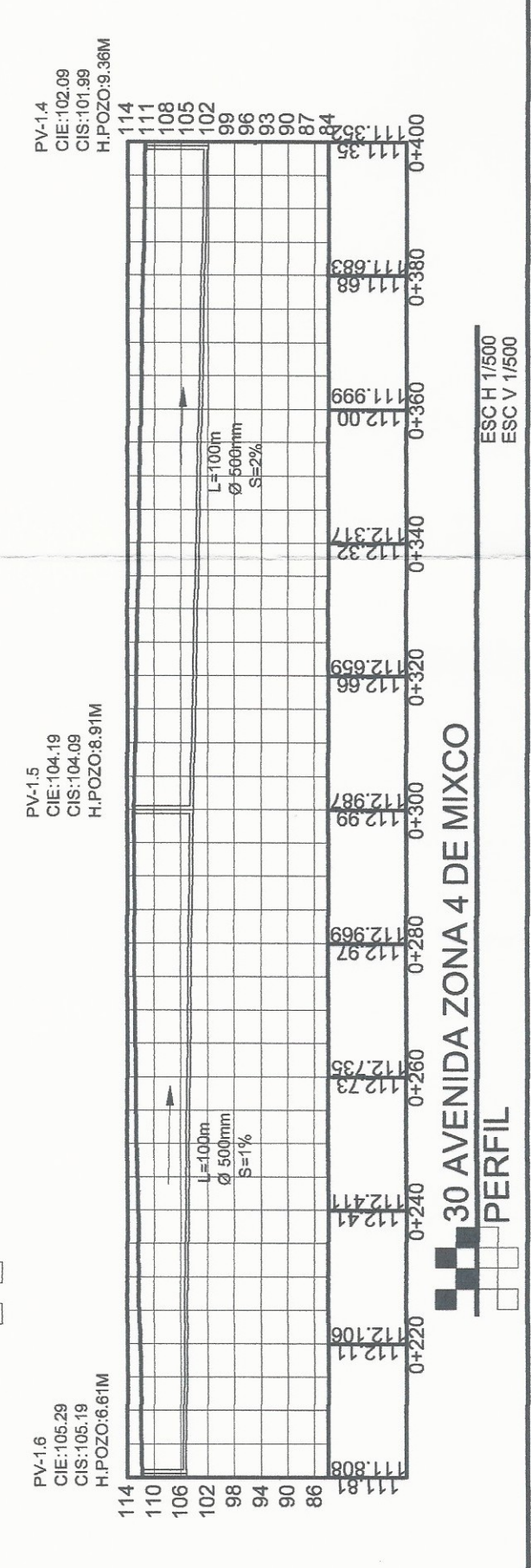
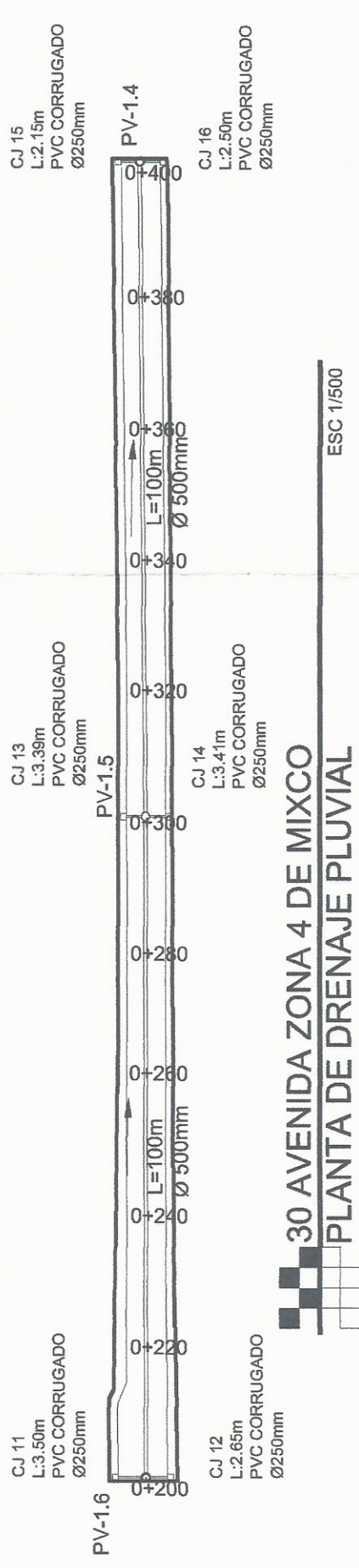
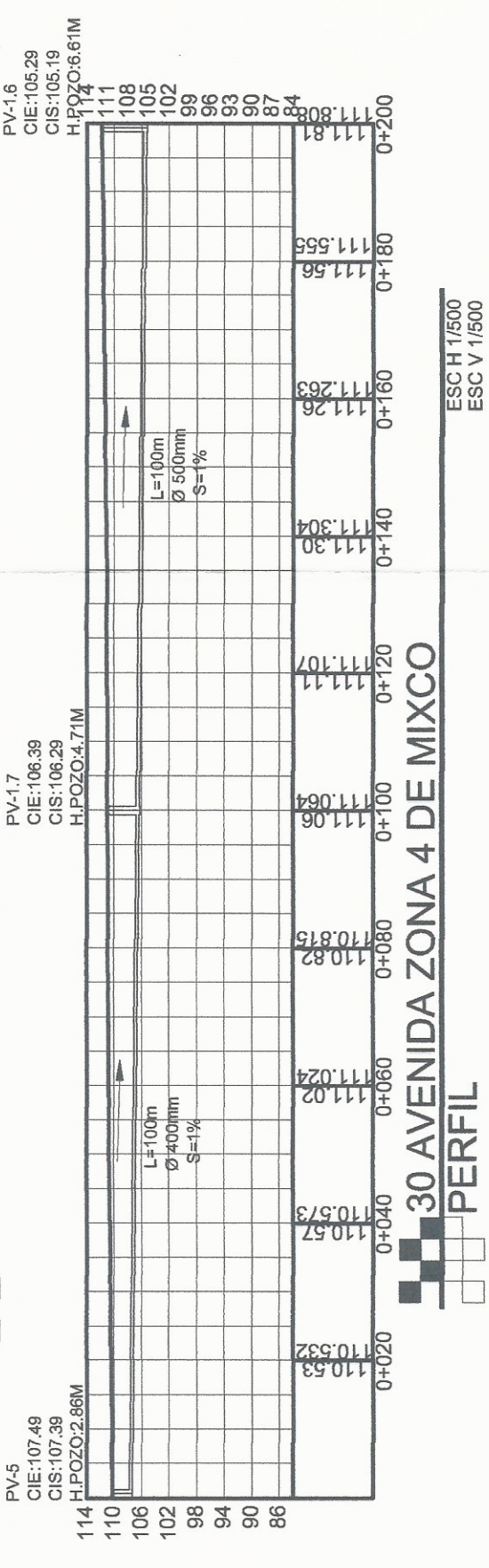
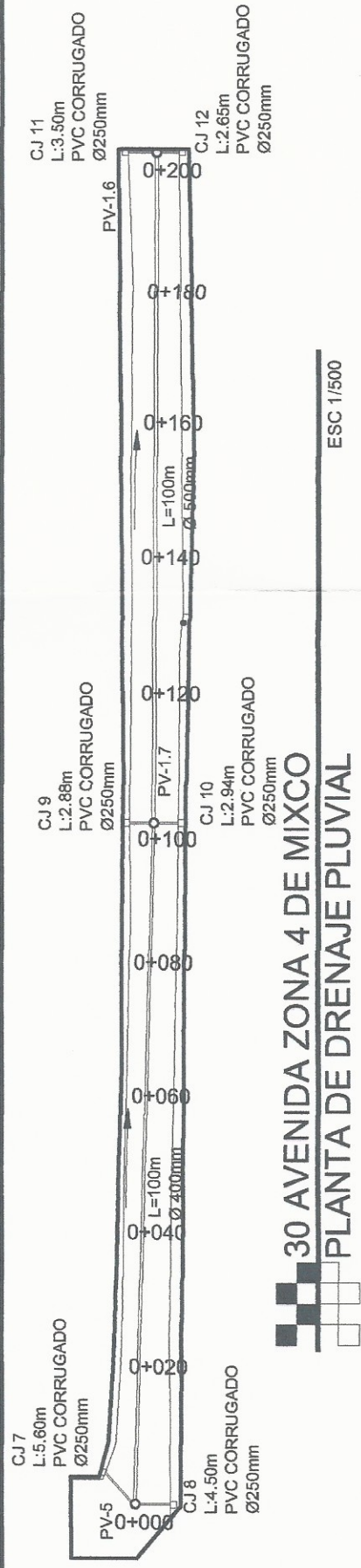
CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE PLUVIAL EN
CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TUBOS
DE DRENAJE PLUVIAL



Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ing. Christa del Rosario Chisson de Pinto
DISEÑADORA SUPERVISORA DE PDS
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

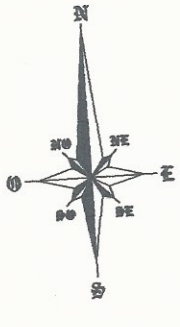
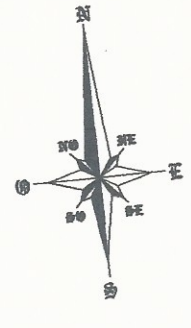
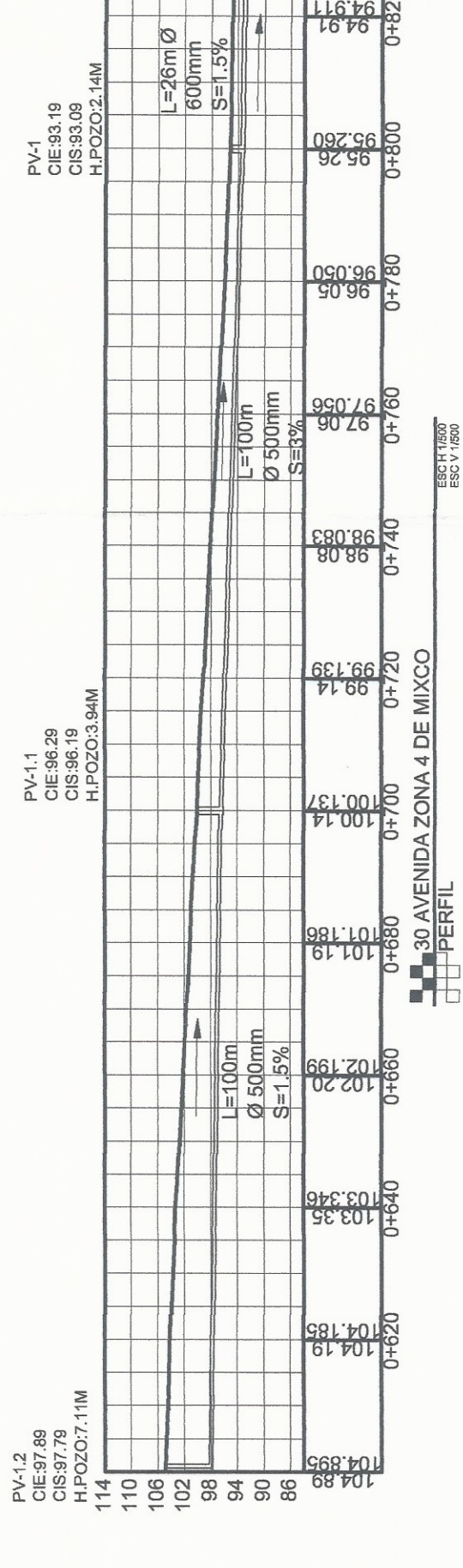
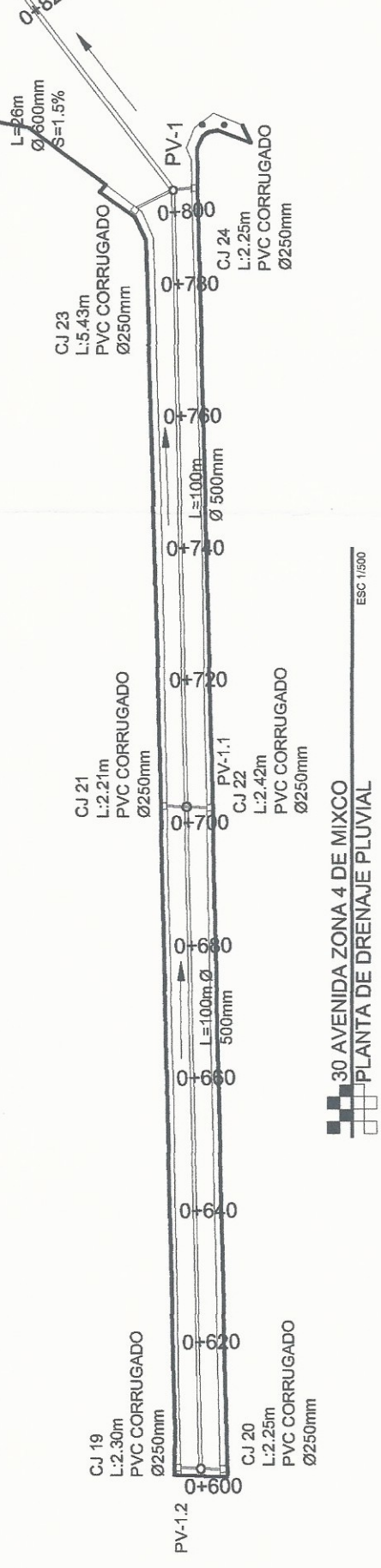
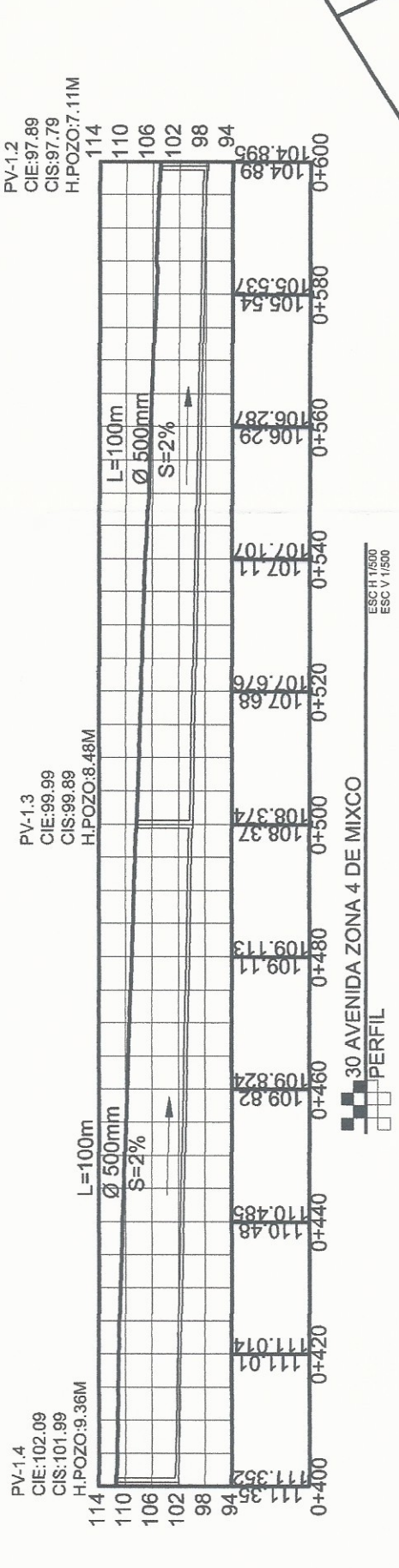
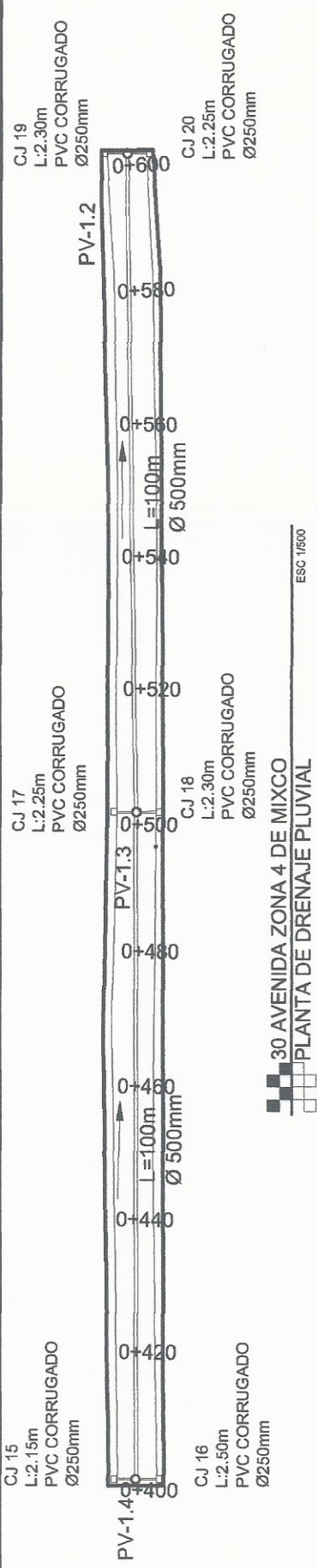
CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL
CALLE DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

ING. CHRISTA DEL ROSARIO CHISSON DE PINTO

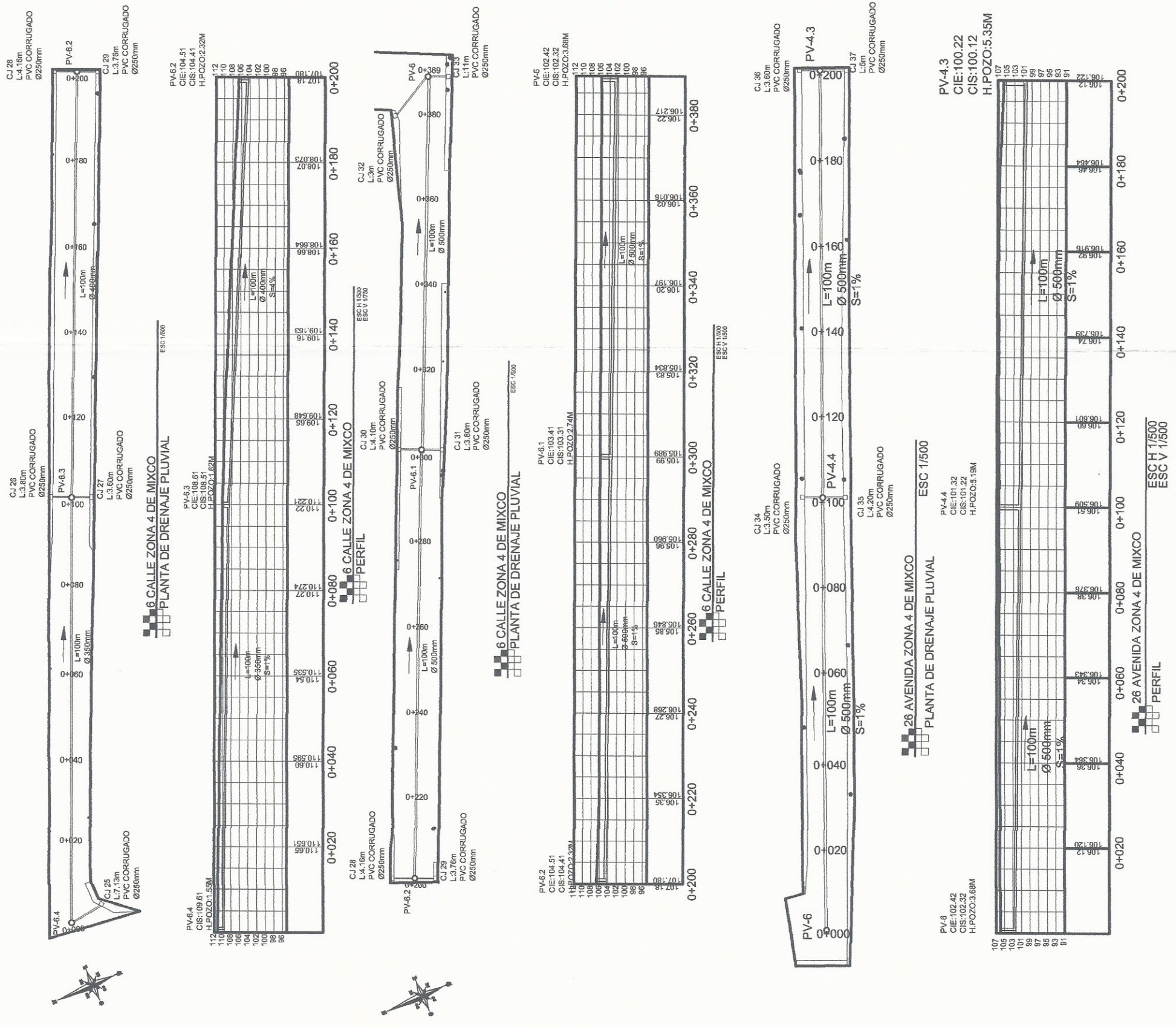
20

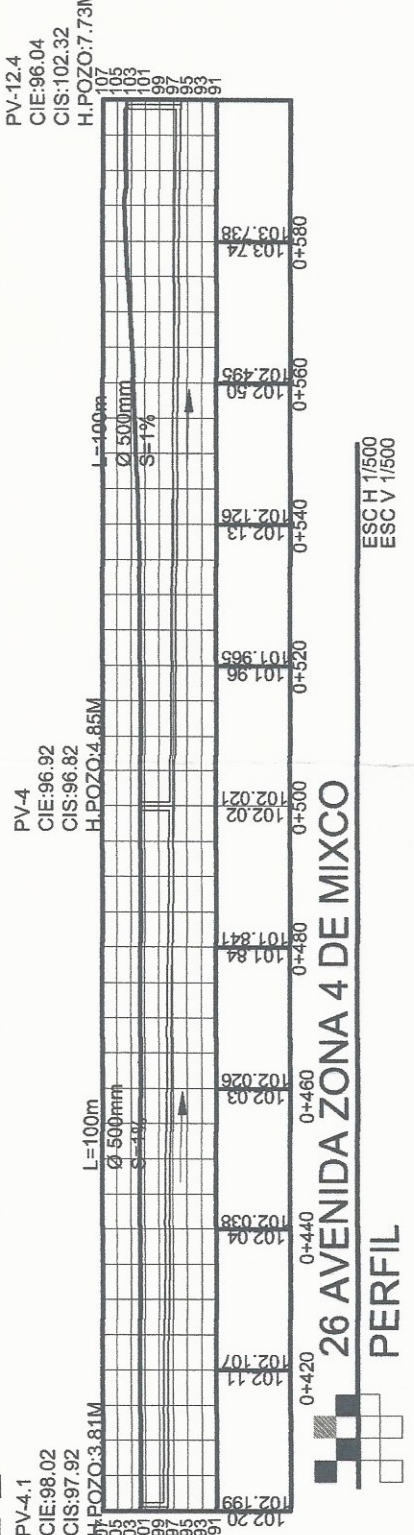
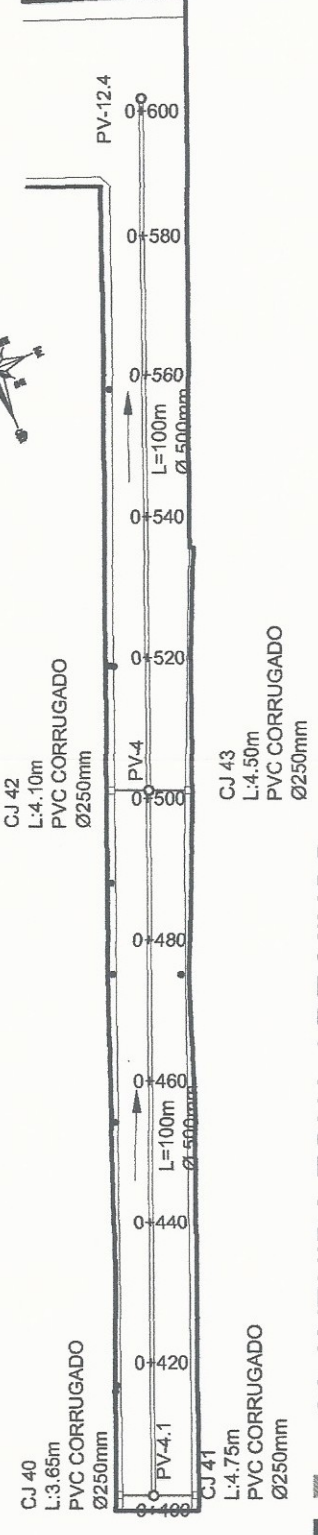
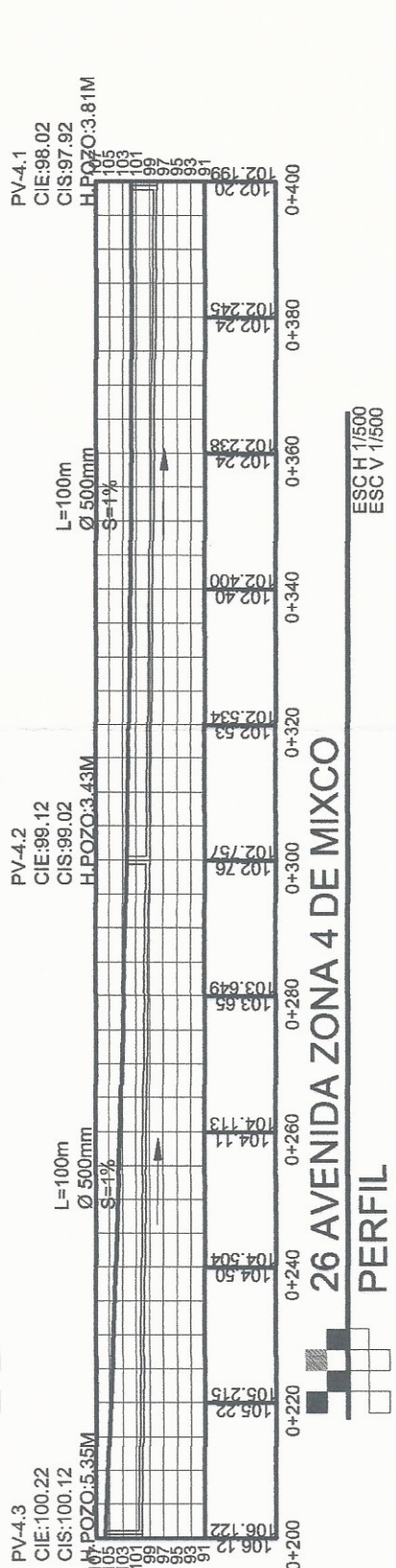
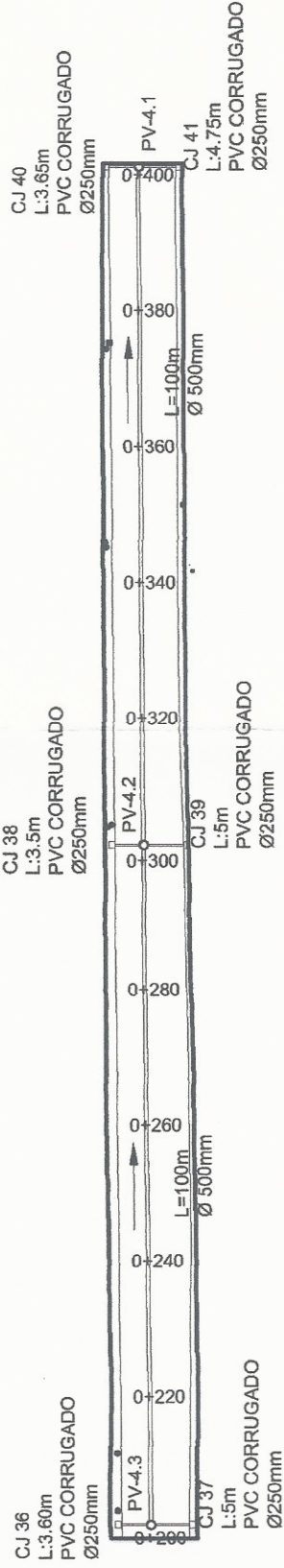


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 Ing. Christian del Rosario Chason de Pinto
 ASESORA - SUPERVISORA
 Unidad de Ingeniería de San Carlos de Guatemala
 C.A. Ing. Christian del Rosario Chason de Pinto
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA DE INGENIERIA CIVIL

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL
 ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

20



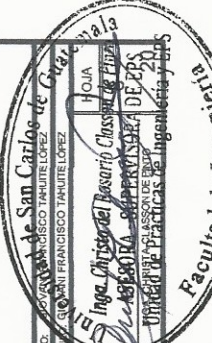


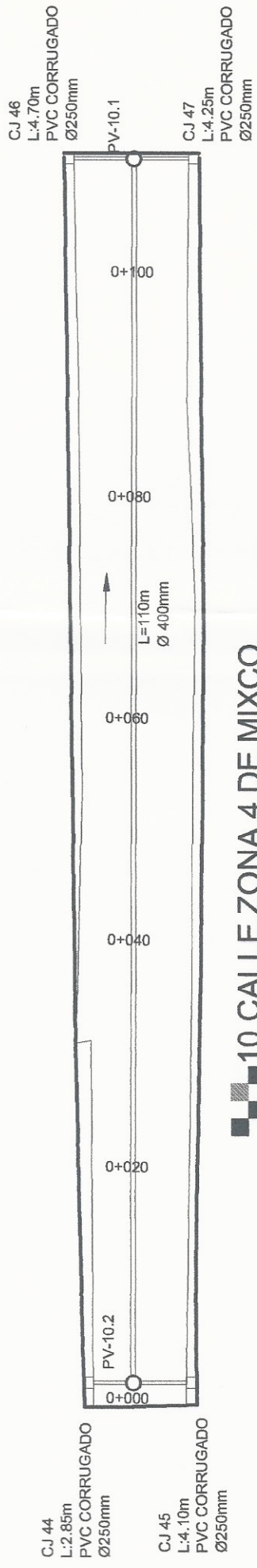
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN
 CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

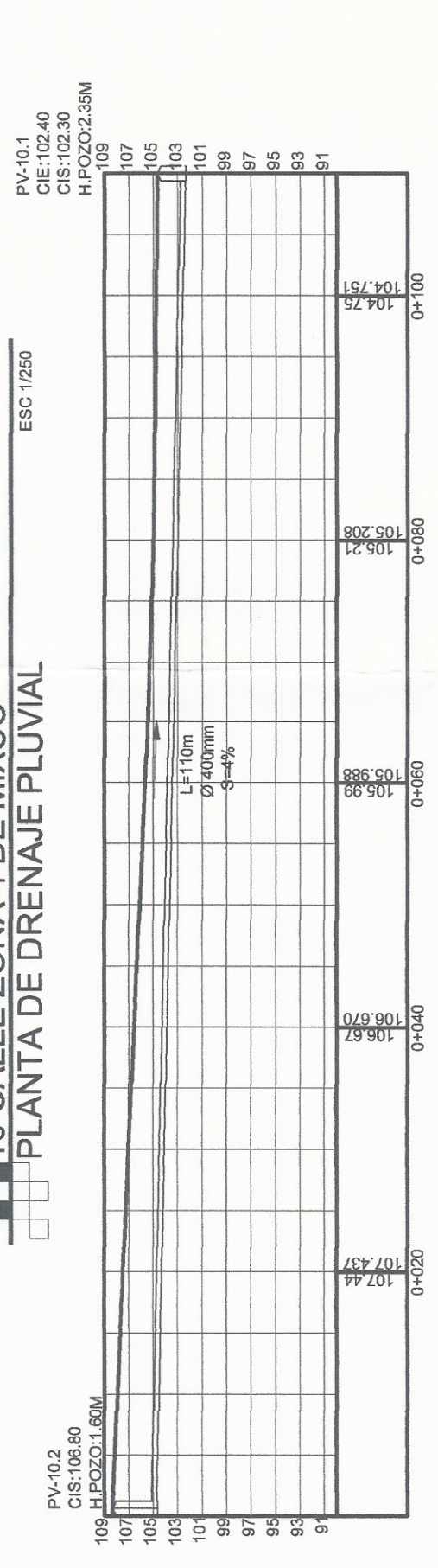
ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS
 DE DRENAJE PLUVIAL

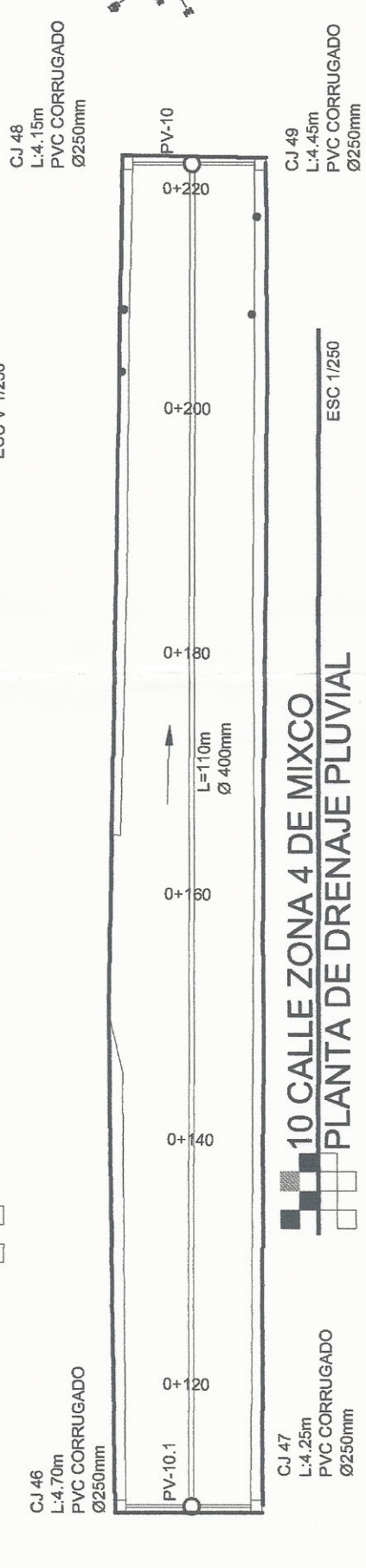




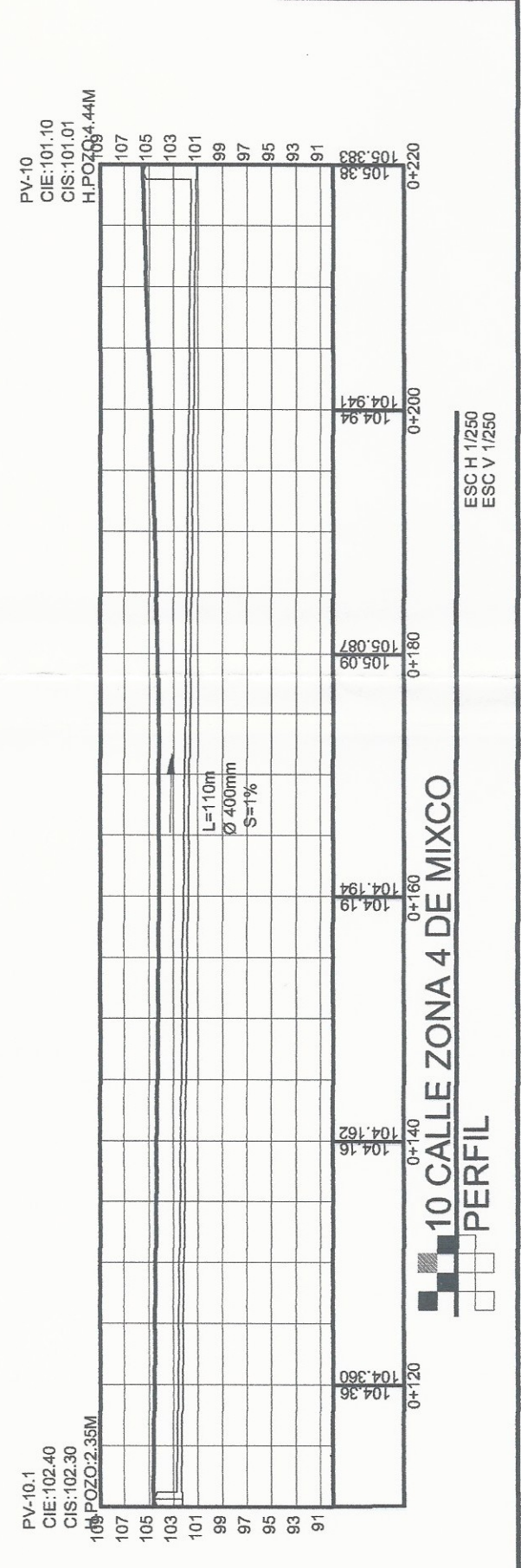
10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL



10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL



10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL



10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingenieros Civiles

Inga. Christian del Rosario Chasson de Pineda
DISEÑADORA Y EJECUTORA DE OBRAS DE INGENIERIA CIVIL
CALIFICACION FRANCISCO TAMAYO LOPEZ
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA CIVIL

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL
CALLE DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

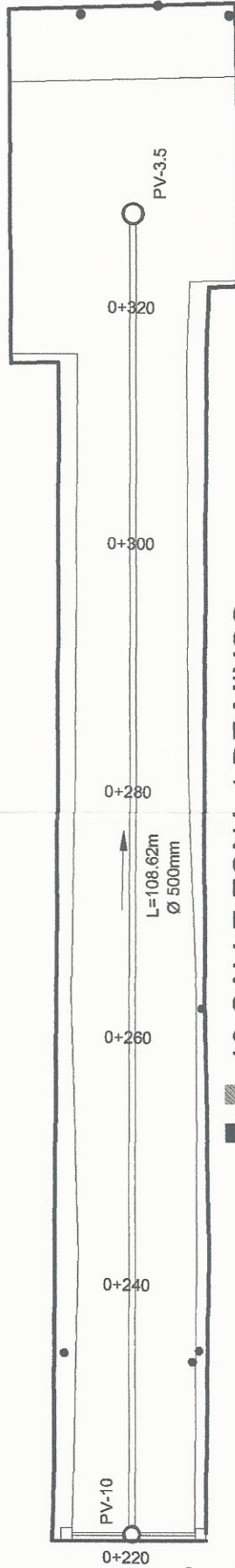
ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TUBOS DE DRENAJE PLUVIAL

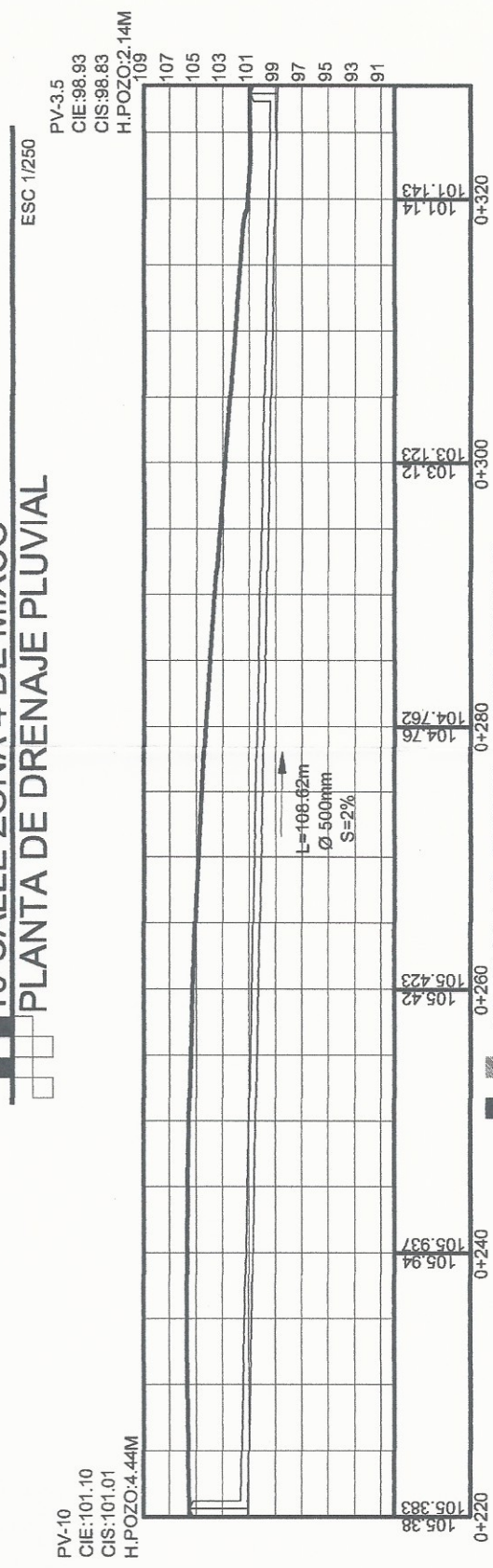
20

CJ 48
L: 4.15m
PVC CORRUGADO
Ø250mm

CJ 49
L: 4.45m
PVC CORRUGADO
Ø250mm



10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

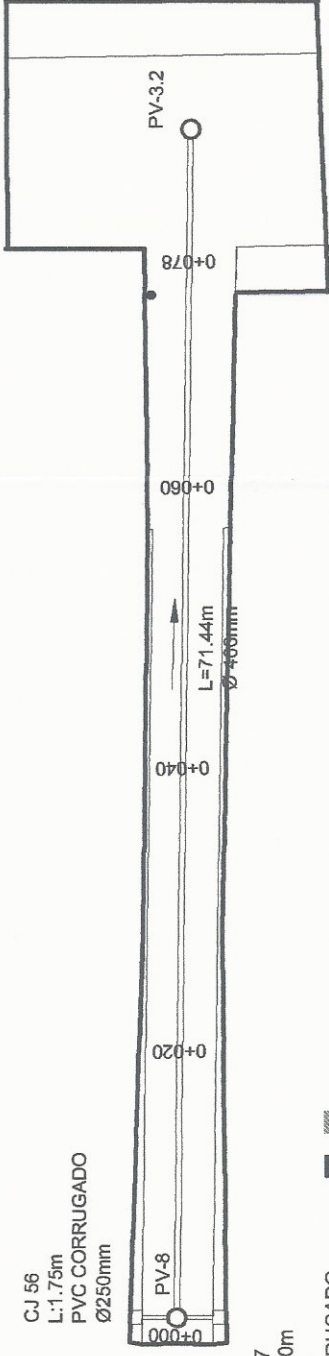


PV-10
CIE: 101.10
CIS: 101.01
H. POZO: 4.44M

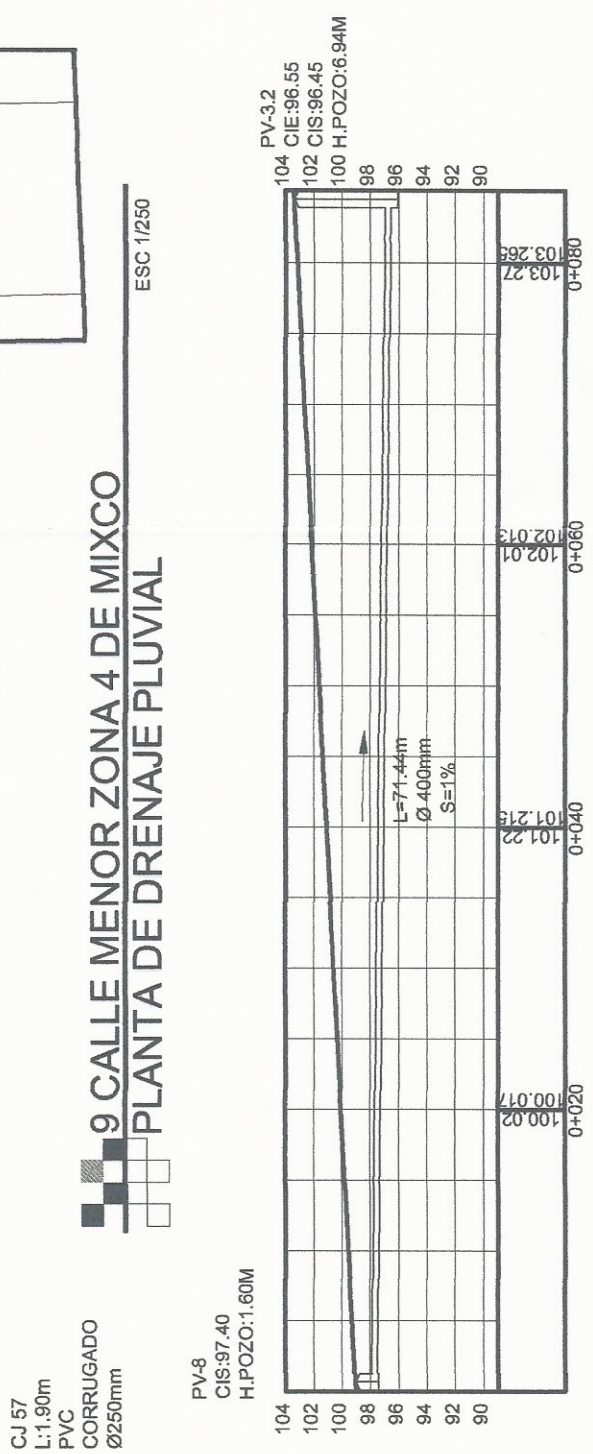
PV-3.5
CIE: 98.93
CIS: 98.83
H. POZO: 2.14M

10 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

CJ 56
L: 1.75m
PVC CORRUGADO
Ø250mm



9 CALLE MENOR ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL



CJ 57
L: 1.90m
PVC
CORRUGADO
Ø250mm

PV-8
CIS: 97.40
H. POZO: 1.60M

PV-3.2
CIE: 96.55
CIS: 96.45
H. POZO: 6.94M

9 CALLE MENOR ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC H 1/250
ESC V 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingenieria Civil

Inge. Christa del Rosario Clusson de Pinto

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

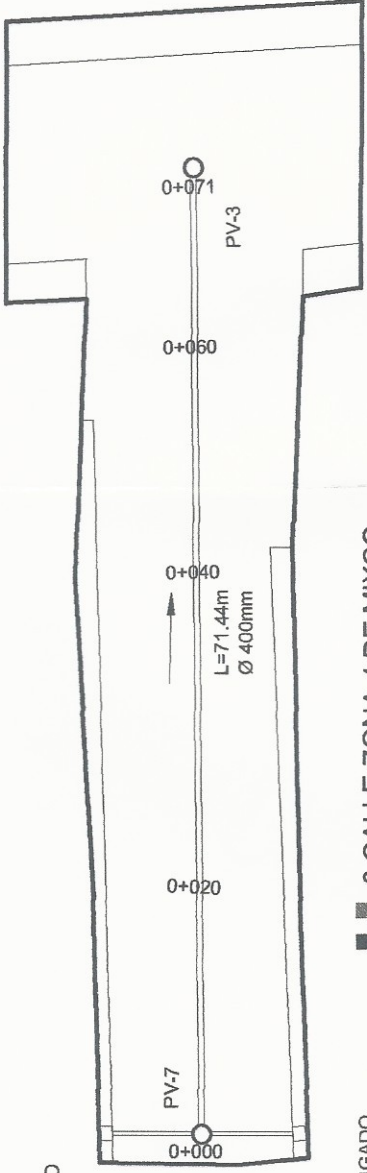
FIG. A. CRISTINA

20

CJ 58
L: 5.65m
PVC CORRUGADO
Ø 250mm



CJ 59
L: 5.76m
PVC CORRUGADO
Ø 250mm

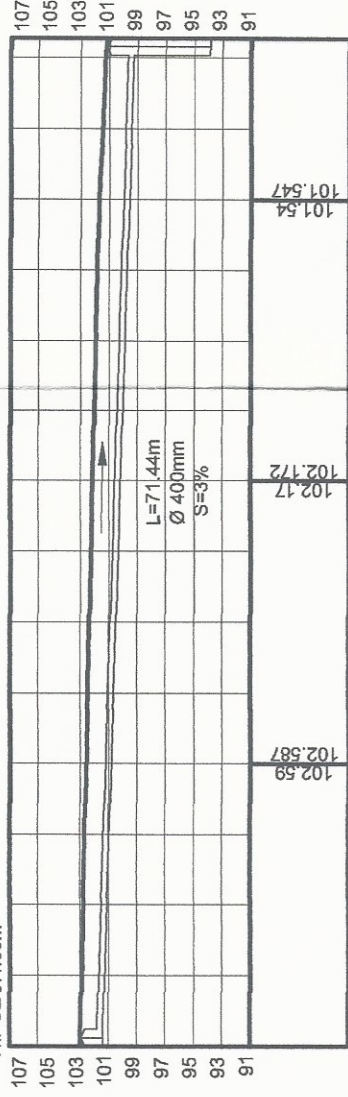


8 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

ESC 1/250

PV-7
CIS: 103.70
H. POZO: 1.60M

PV-3
CIE: 103.80
CIS: 103.70
H. POZO: 2.06M



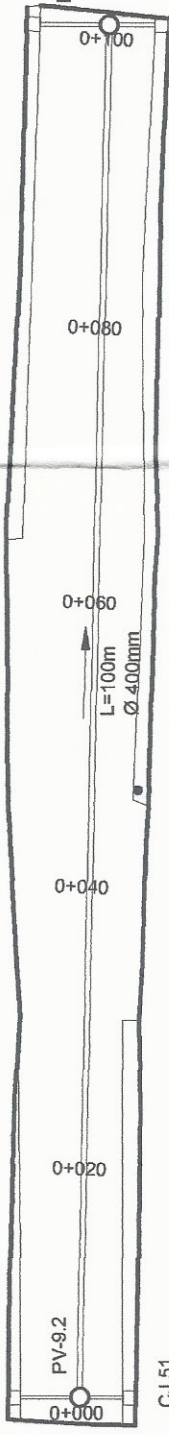
8 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC H 1/250
ESC V 1/250

CJ 50
L: 3.45m
PVC CORRUGADO
Ø 250mm



CJ 52
L: 4.15m
PVC CORRUGADO
Ø 250mm

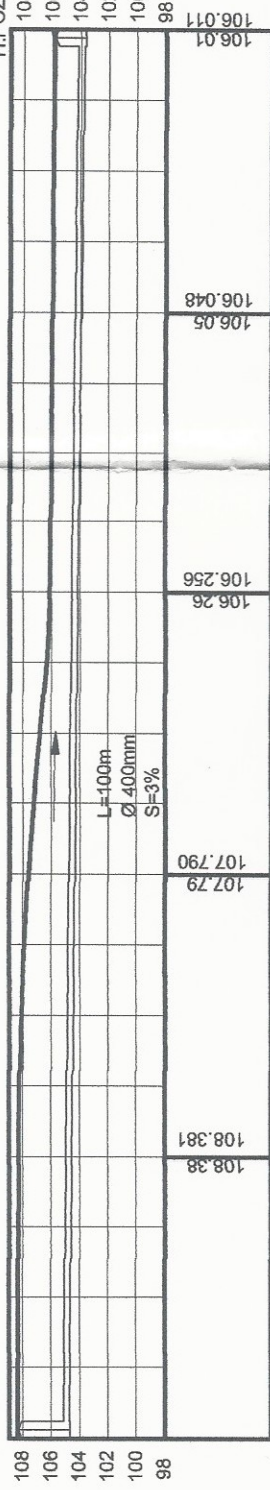


9 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

ESC 1/250

PV-9.2
CIS: 102.40
H. POZO: 1.60M

PV-9.1
CIE: 103.80
CIS: 103.70
H. POZO: 2.22M

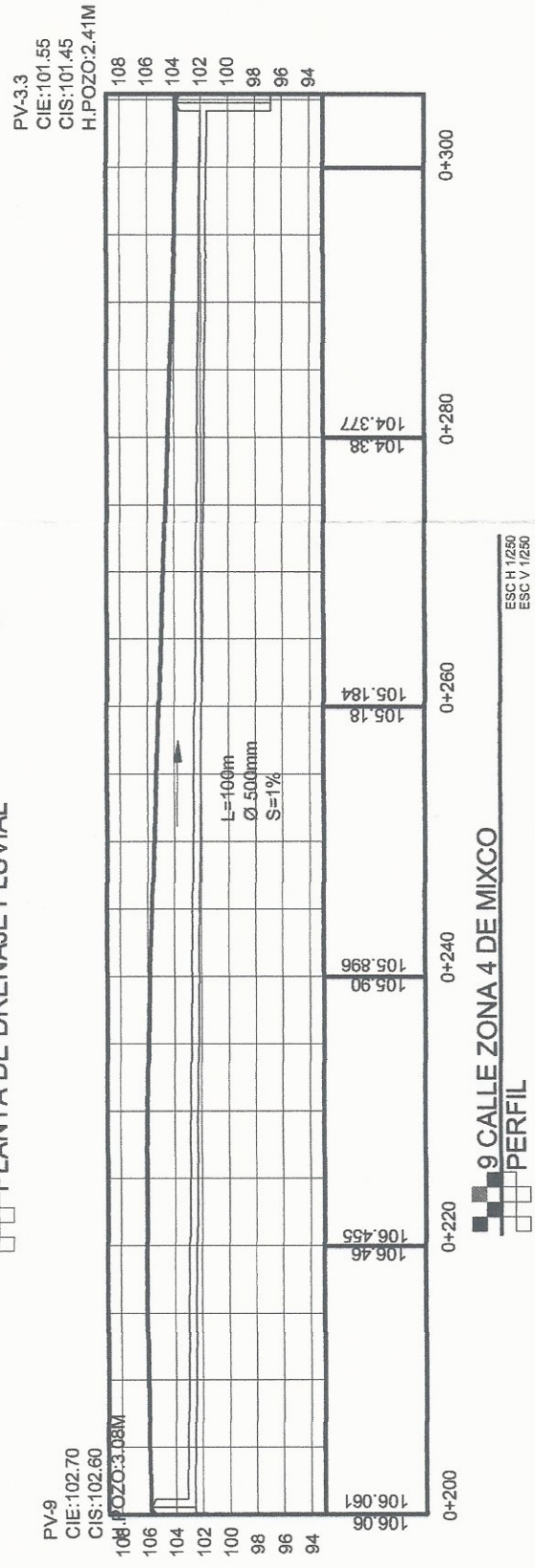
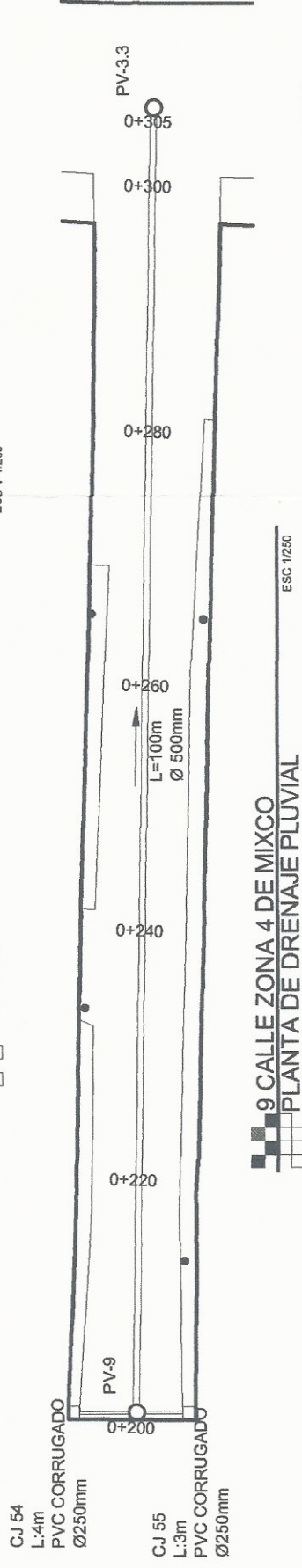
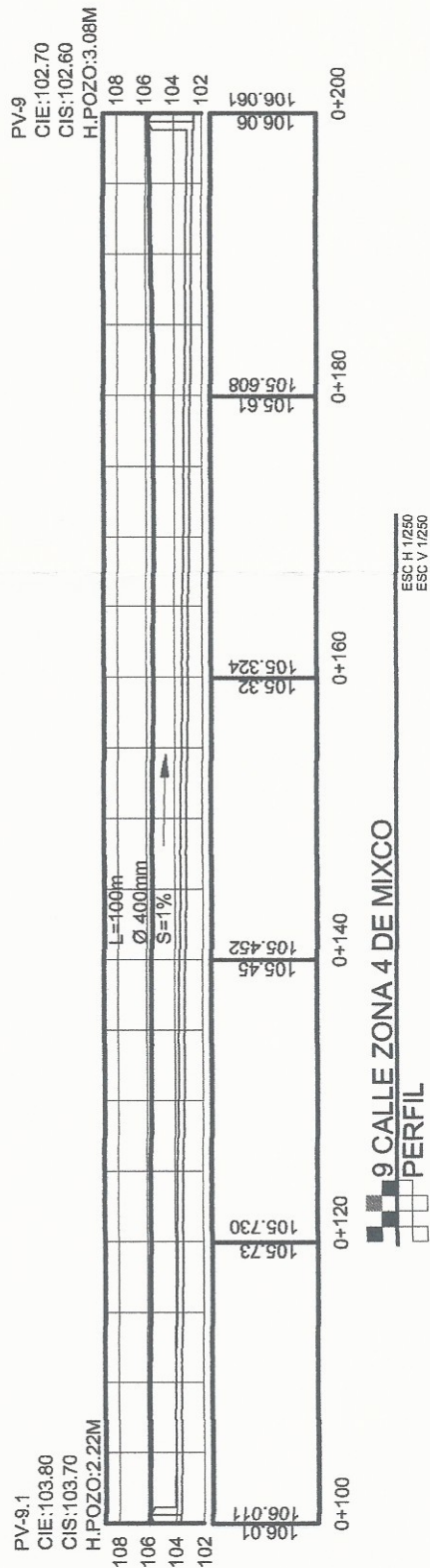
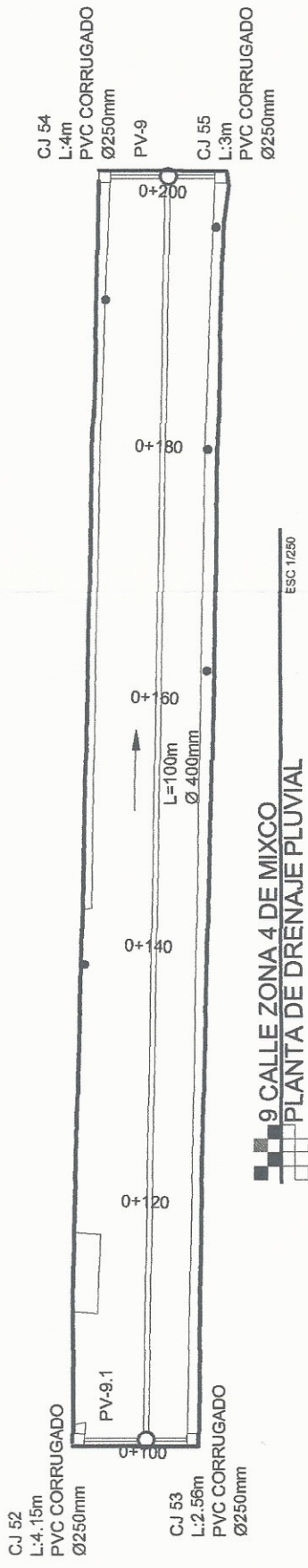


9 CALLE ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC H 1/250
ESC V 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE DRENAJE
CALLE SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA
ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA
PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

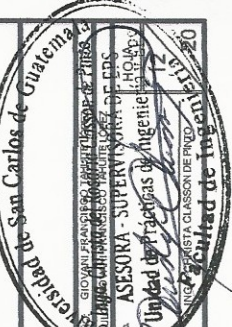


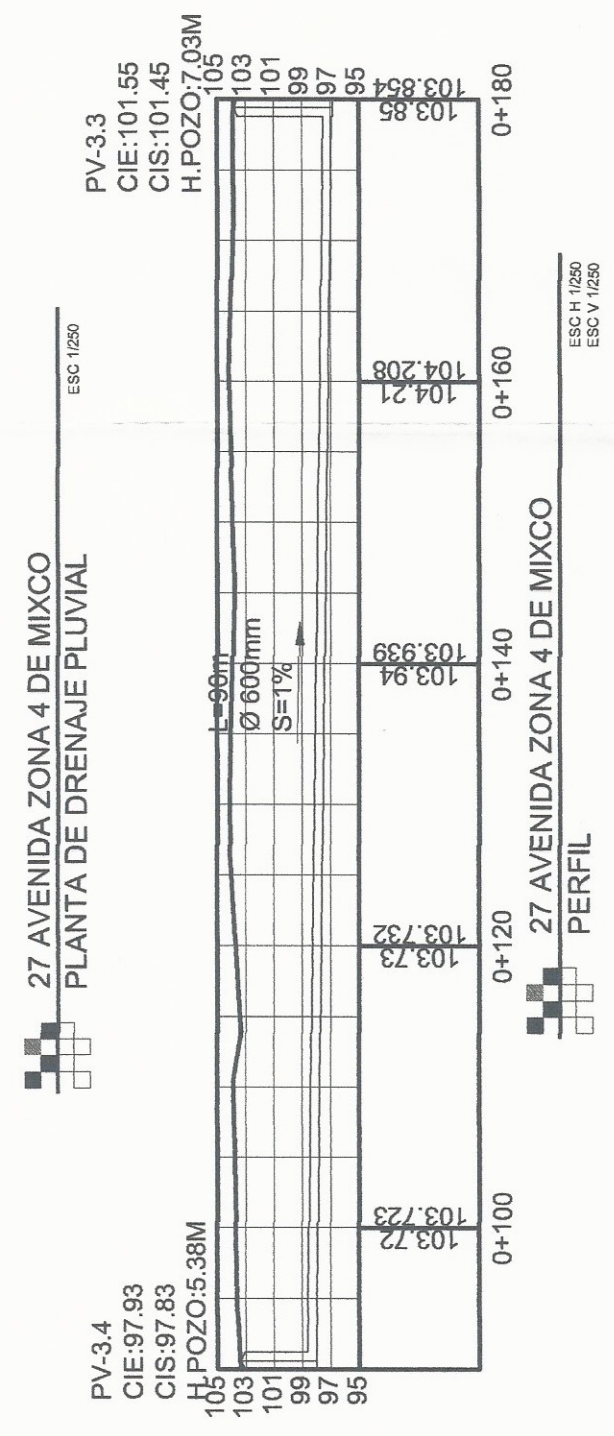
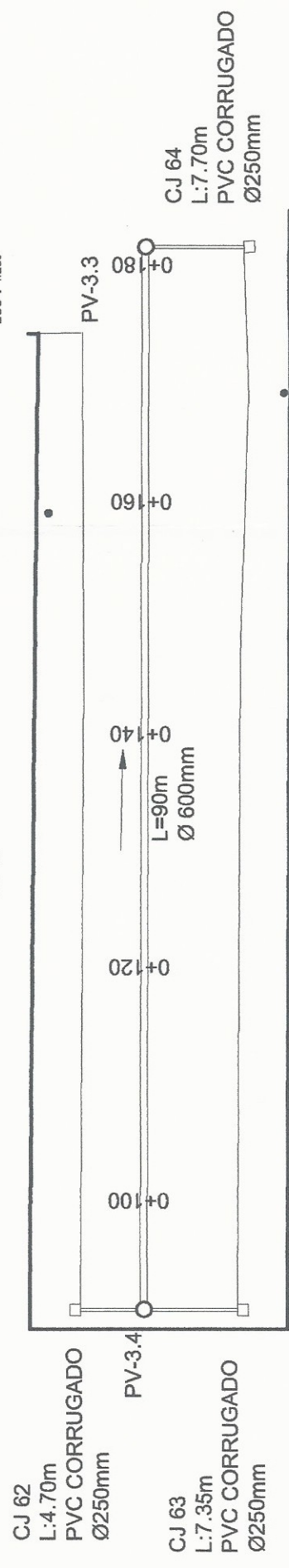
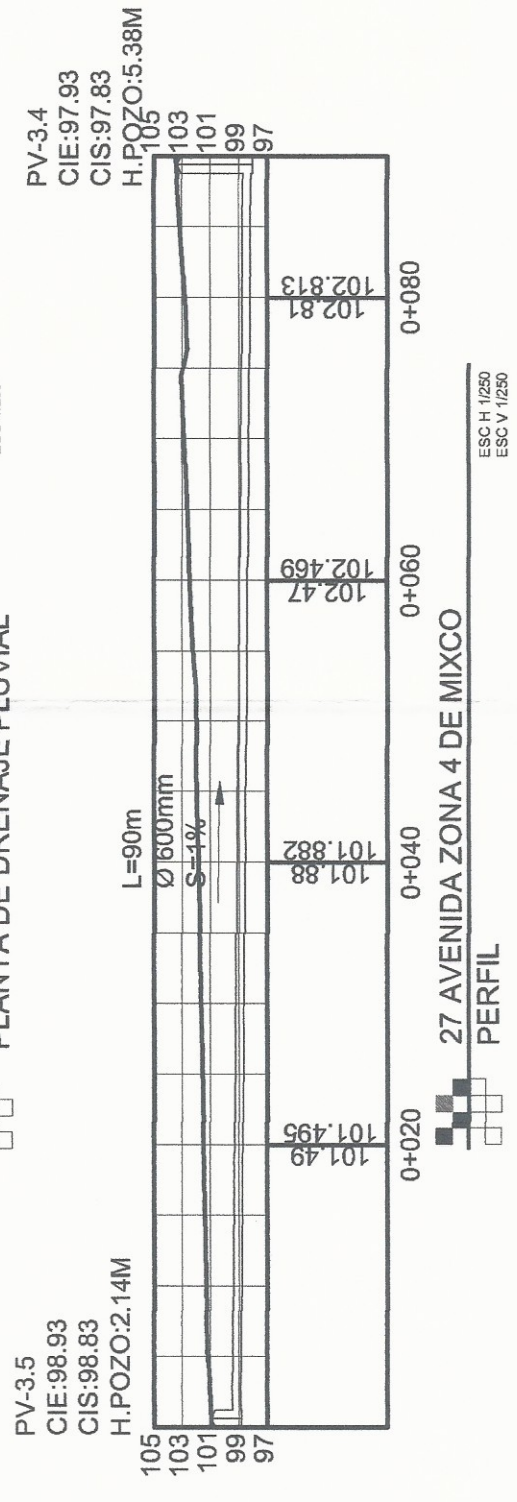
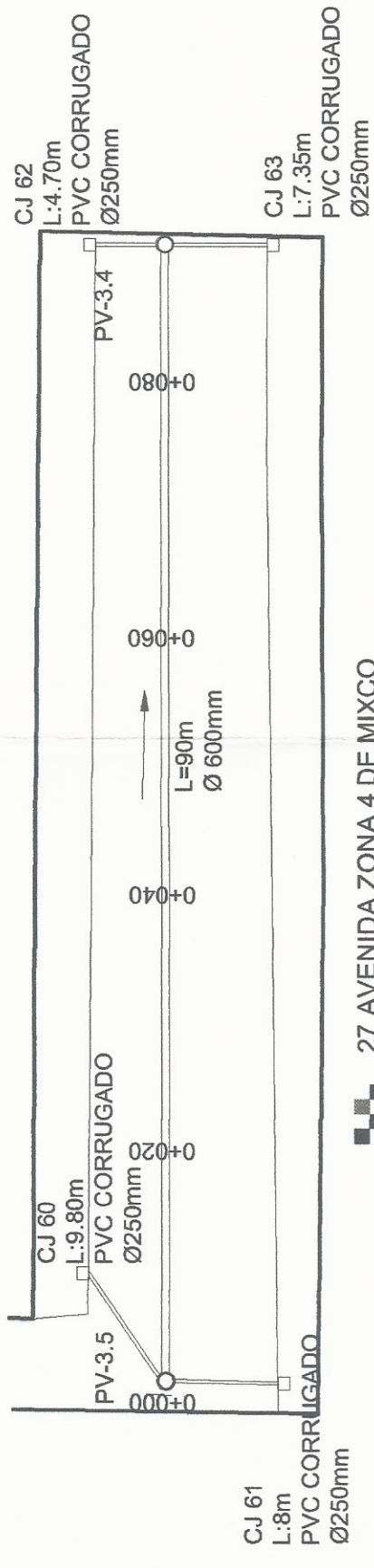
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

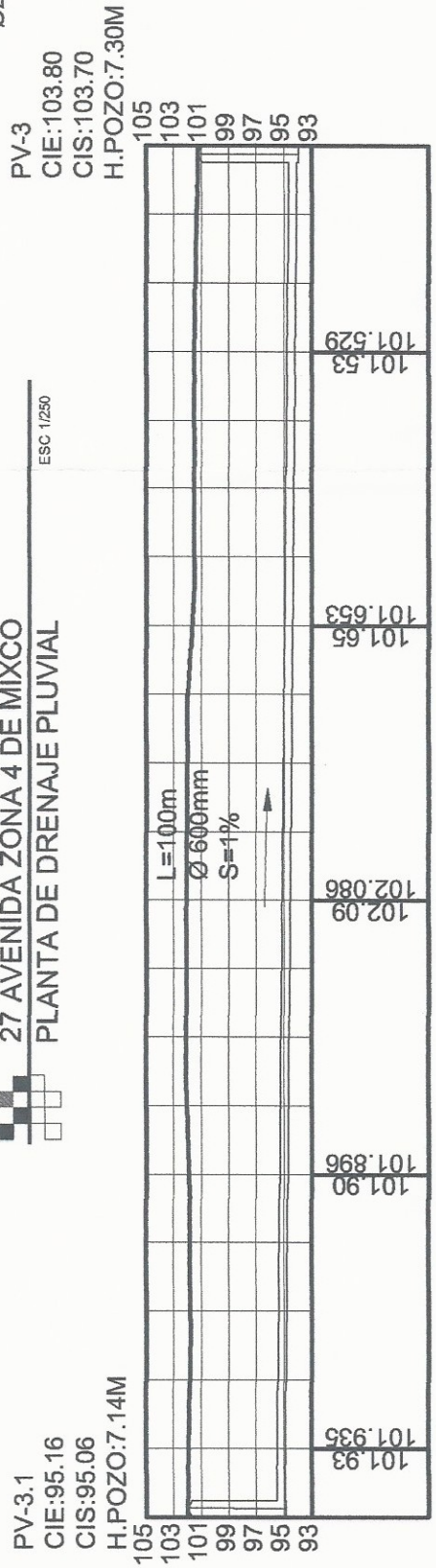
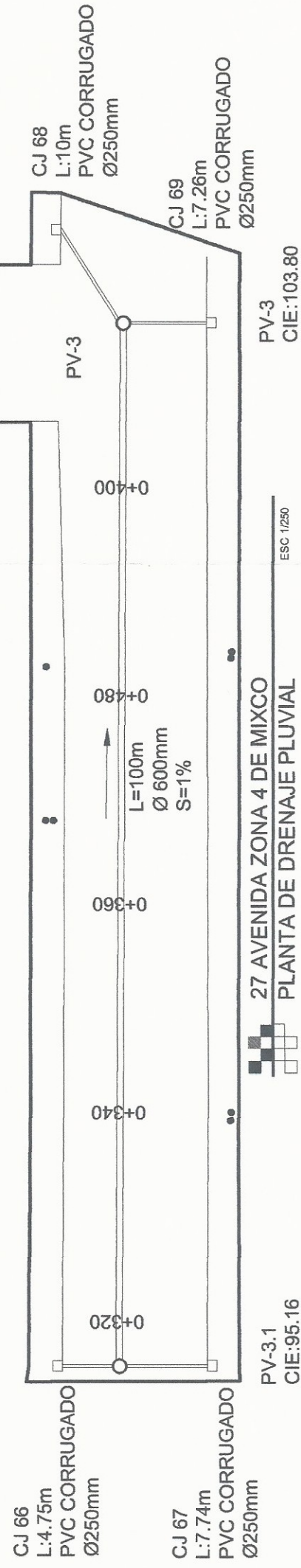
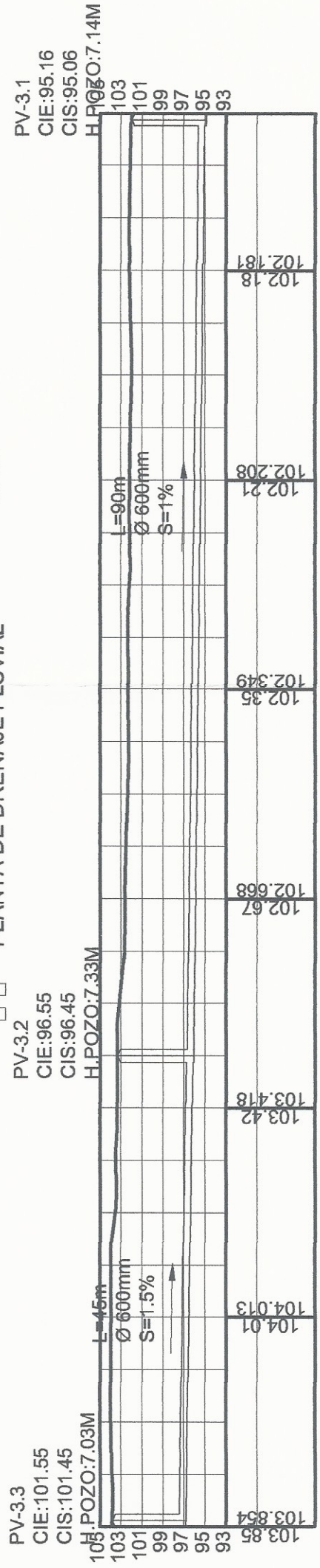
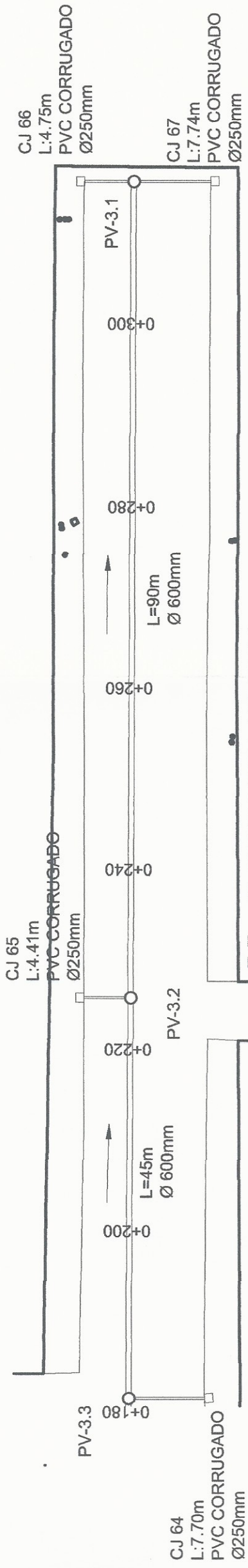
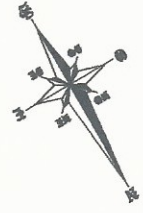
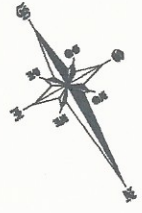
CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN
CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

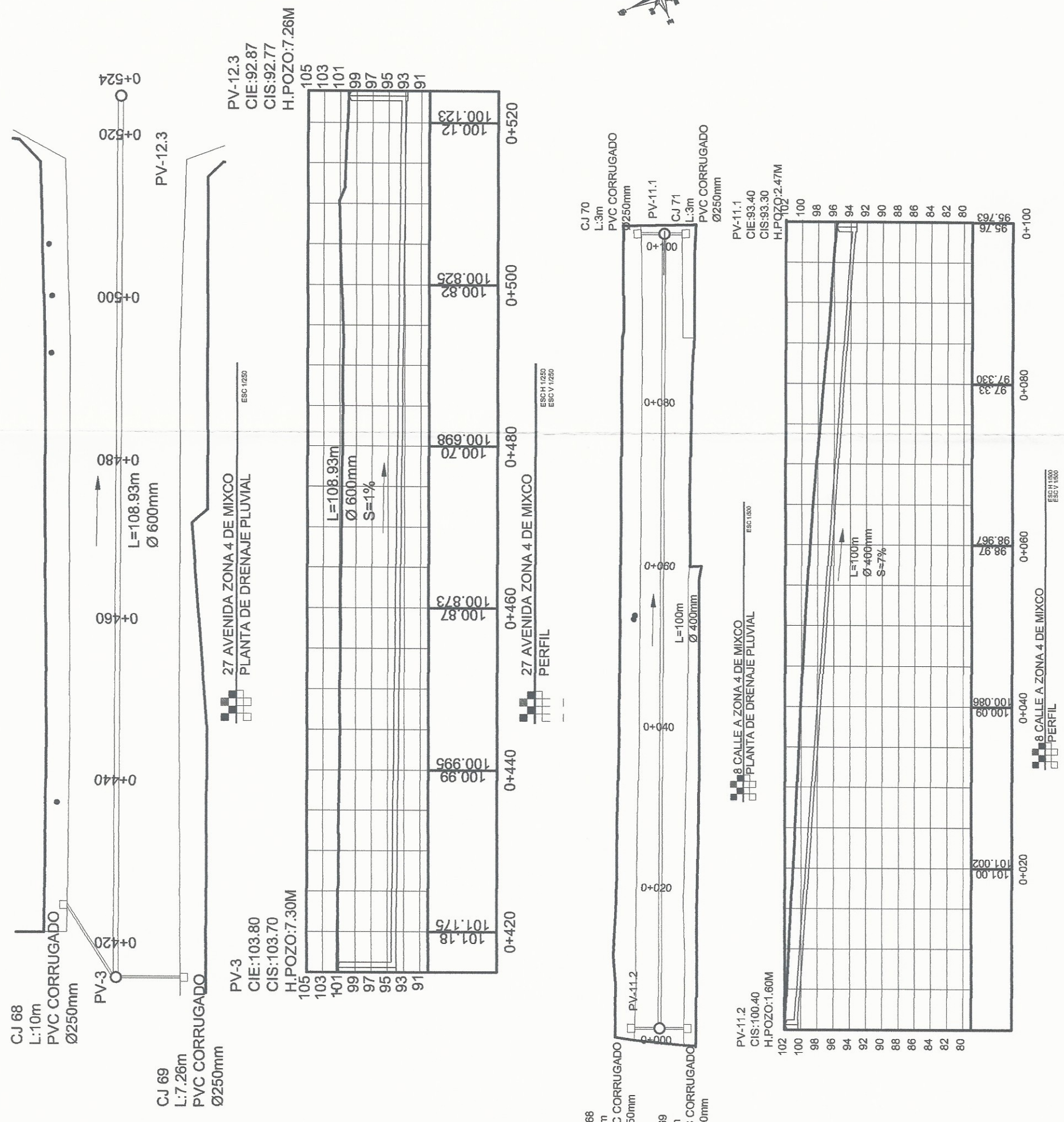
ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS
DE DRENAJE PLUVIAL









PV-12.3
 CIE: 92.87
 CIS: 92.77
 H. POZO: 7.26M

PV-3
 CIE: 103.80
 CIS: 103.70
 H. POZO: 7.30M

PV-11.2
 CIE: 100.40
 CIS: 93.30
 H. POZO: 1.60M

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

UNIDAD DE PROYECTO DE INGENIERIA CIVIL

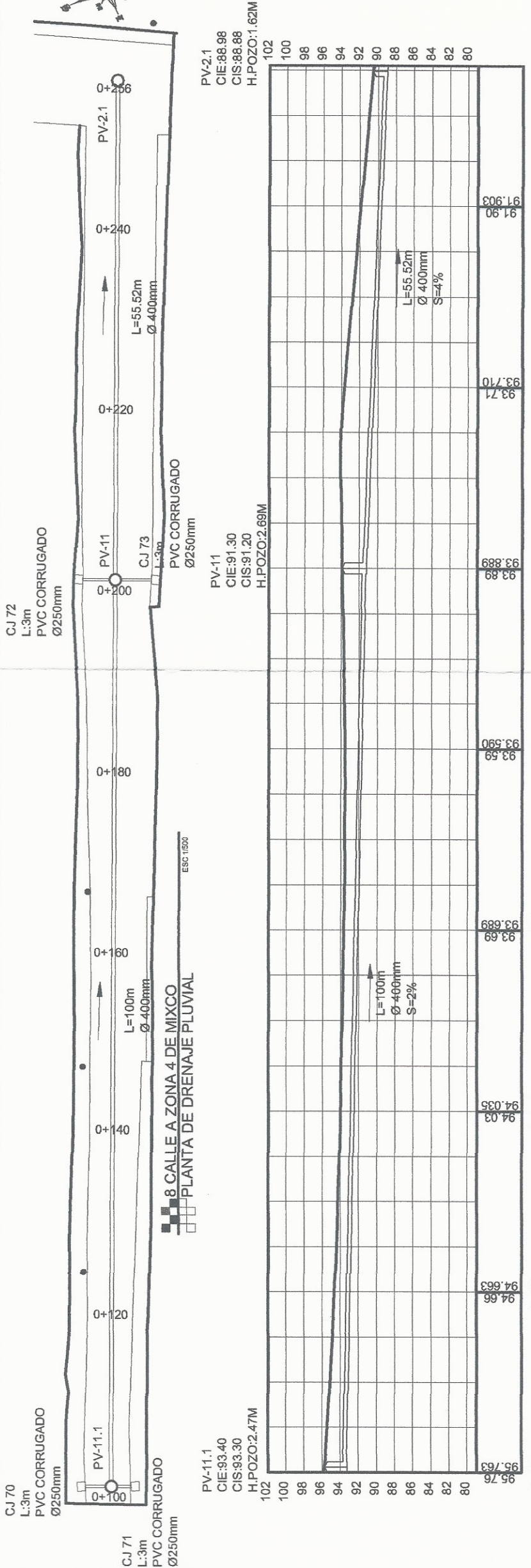
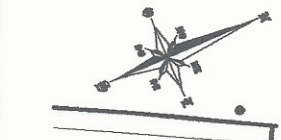
PROFESOR: GIOVANNI FRANCISCO TABATE LOPEZ

ASESORA - SUPERVISORA DE EMPLEO: MARIANA PATRICIA GONZALEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

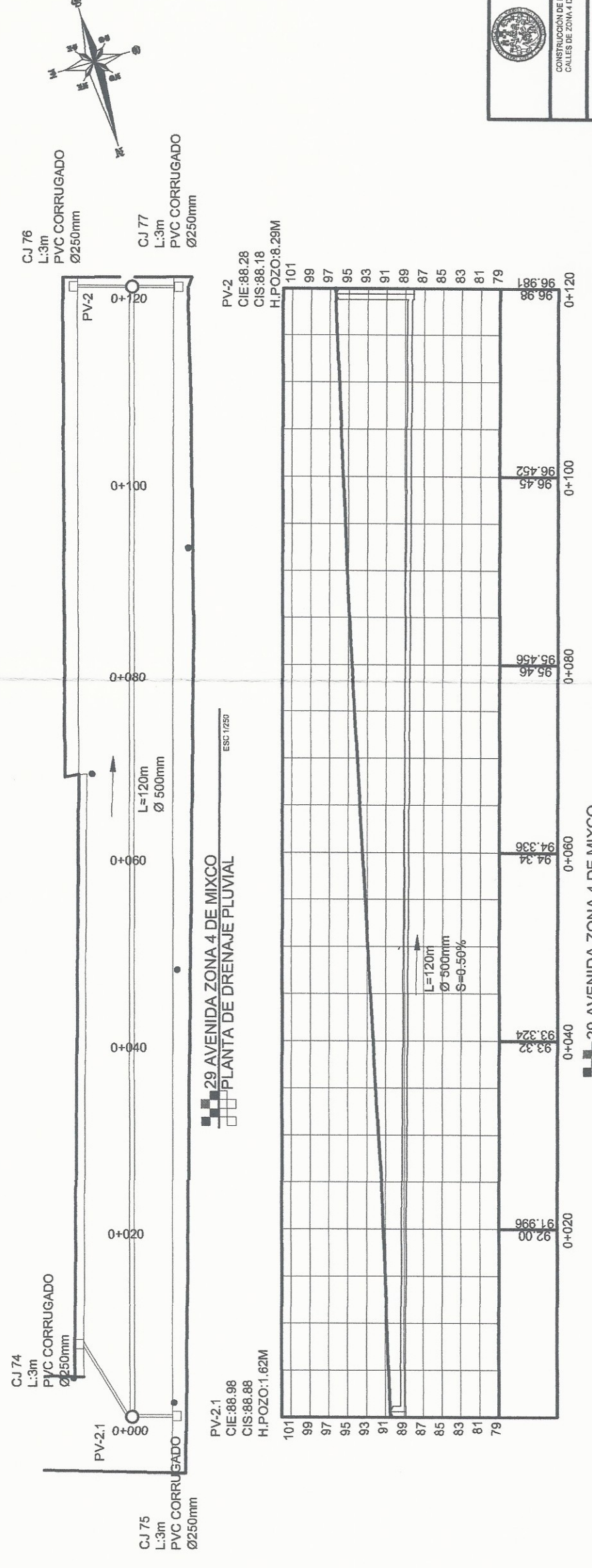
Escuela de Ingeniería Civil

20



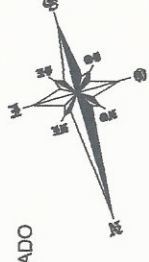
8 CALLE A ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC 1/500



29 AVENIDA ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL

ESC 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

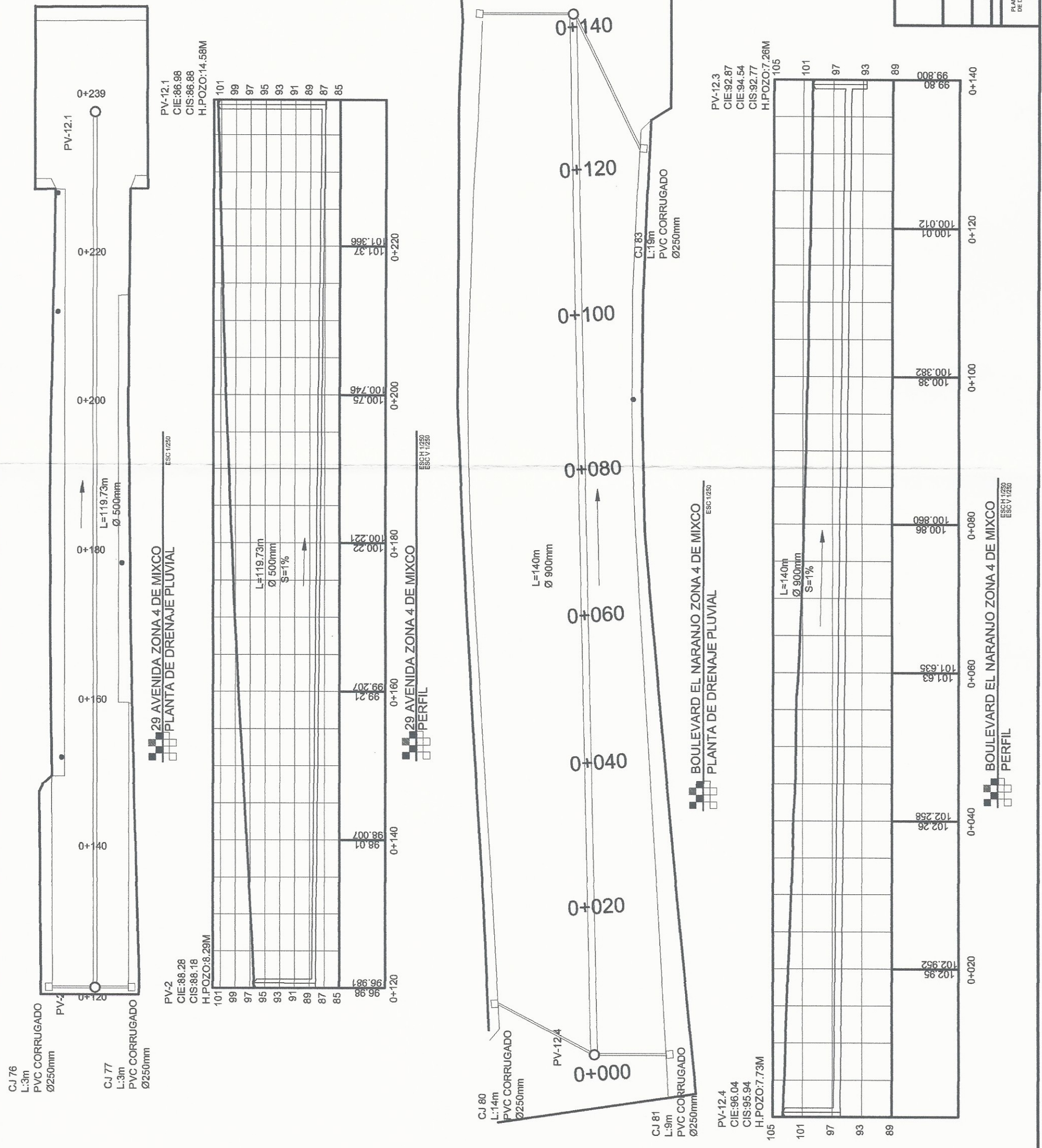
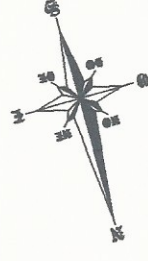
Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería Civil
Clase de Ingeniería de San Carlos de Guatemala

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

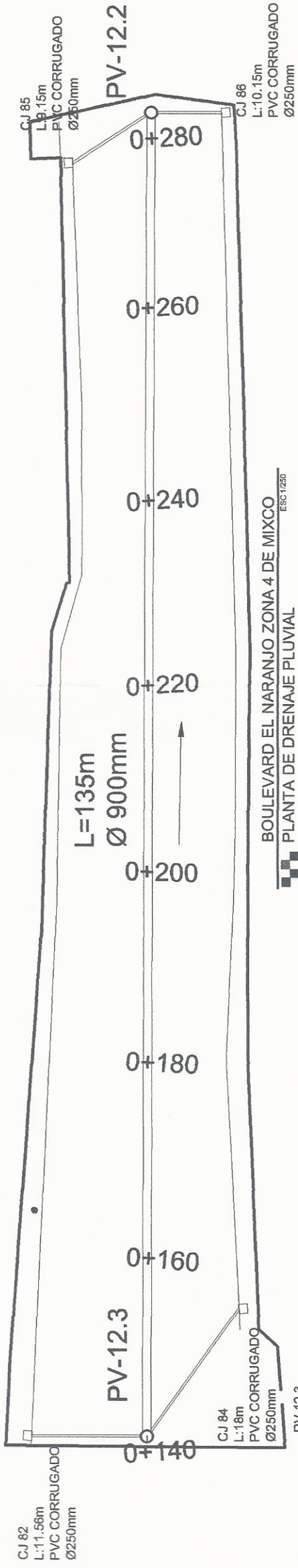
20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA DE INGENIERIA EN OBRAS DE OBRAS DE SANEAMIENTO

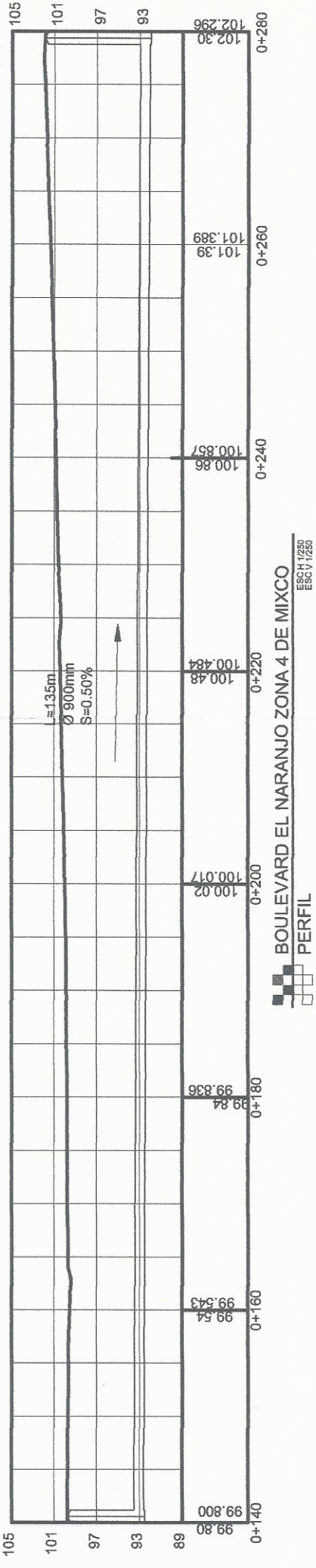
Ing. Christian del Rosario Cason de Pinto
 CARRERA DE INGENIERIA EN OBRAS DE SANEAMIENTO
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y Diseño

ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA
 PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL

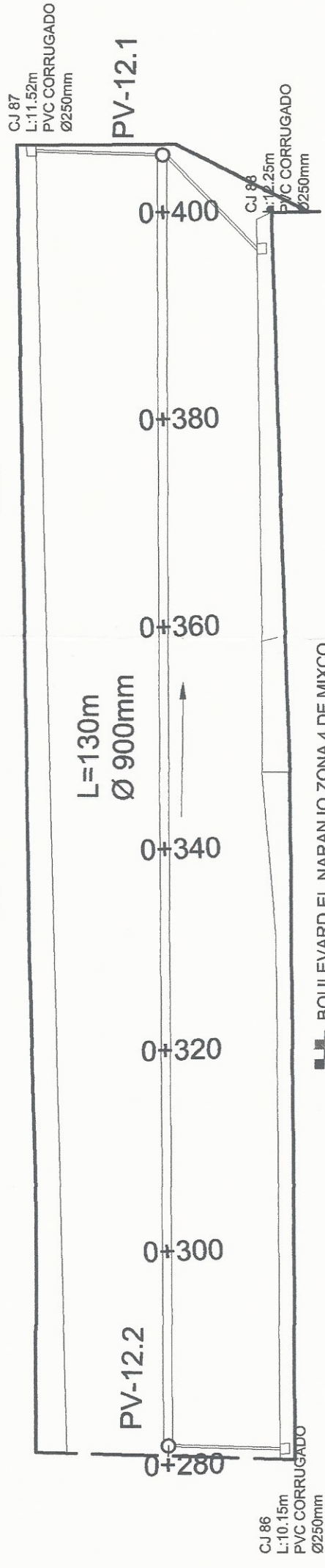


BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL
ESC 1/250

PV-12.3
CIE:92.87
CIE:94.54
CIS:92.77
H.POZO:7.26M

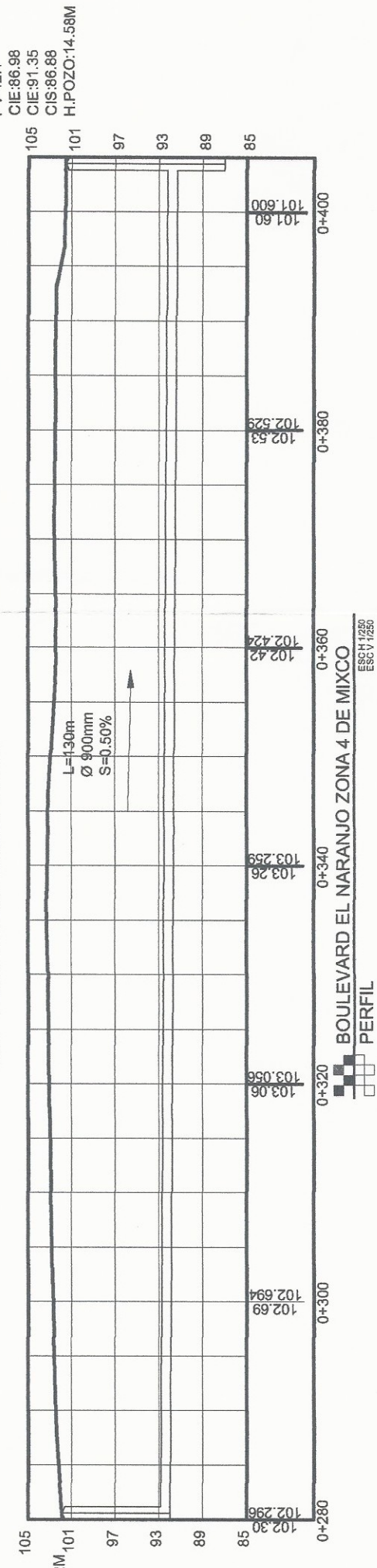


BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC 1/250



BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL
ESC 1/250

PV-12.4
CIE:92.10
CIS:92
H.POZO:9.92M



BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
ESC 1/250

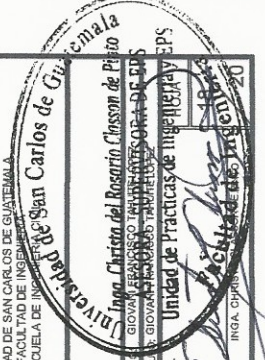


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CONSTRUCCION DE DRENAJE PLUVIAL EN CALLES DE ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

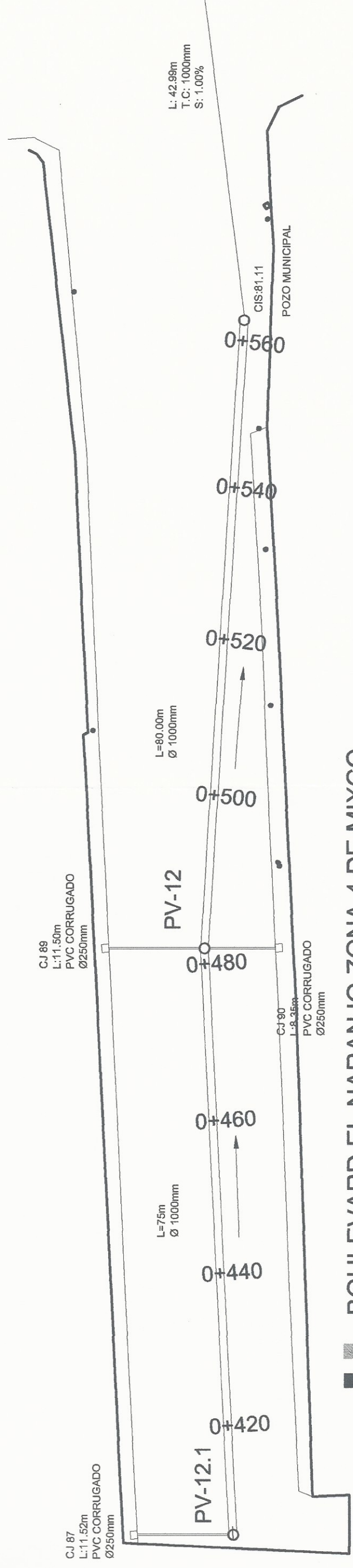
ZONA 4 DE MIXCO, GUATEMALA

PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL



Juan Carlos del Rosario, Cincosom de Pineda
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA CIVIL

ING. CIVIL

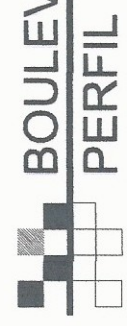
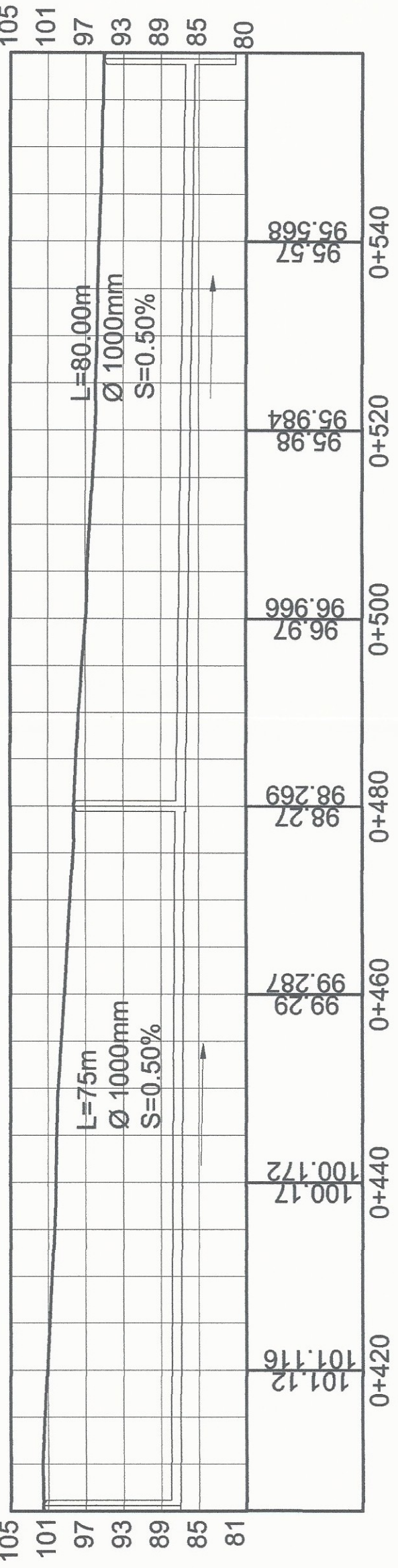


BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL
 ESC 1/250

PV MUNICIPAL
 C.I.E: 85.45
 C.I.S: 80.78
 H. POZO: 14M

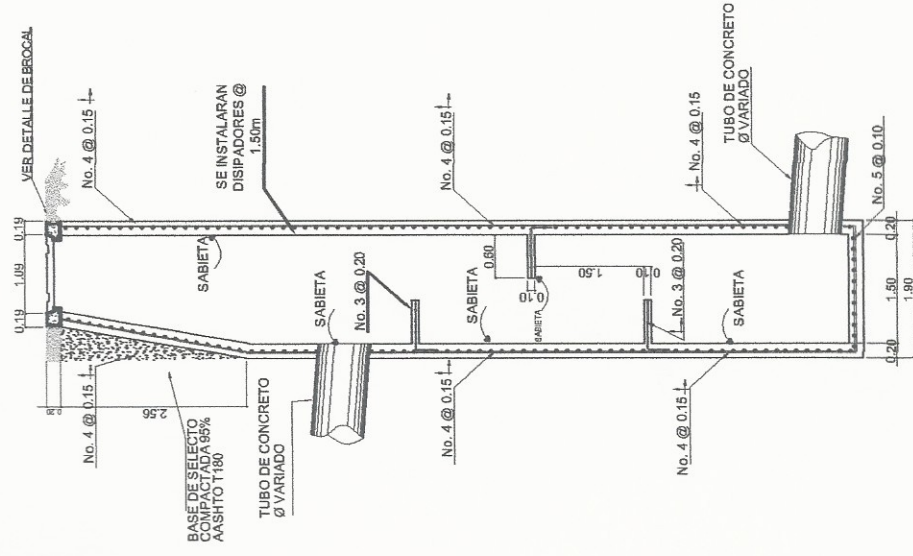
PV-12.
 C.I.E: 86.51
 C.I.S: 86.41
 H. POZO: 11.89M

PV-12.1
 C.I.E: 86.98
 C.I.E: 91.35
 C.I.S: 86.88
 H. POZO: 14.58M

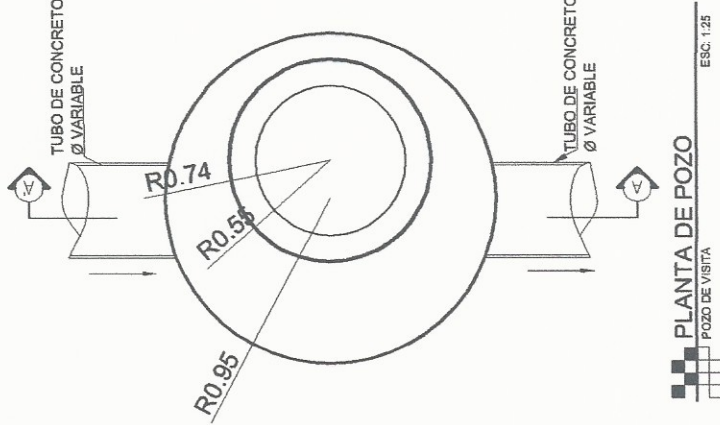


BOULEVARD EL NARANJO ZONA 4 DE MIXCO
PERFIL
 ESC H 1/250
 ESC V 1/250

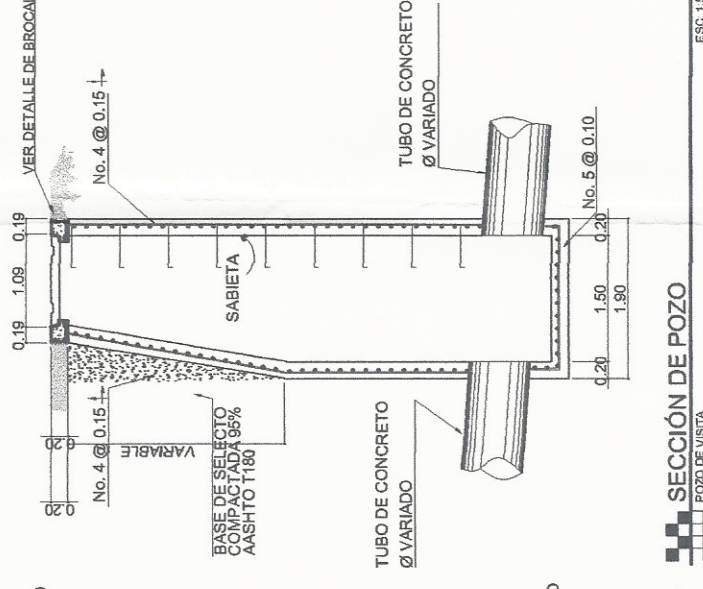
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERAS DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Ing. Christian del Rosario Chason de Pinto la Cruz
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA
 Unidad de Prácticas de Ingeniería
 Ing. Christian del Rosario Chason de Pinto la Cruz
 PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS DE DRENAJE PLUVIAL



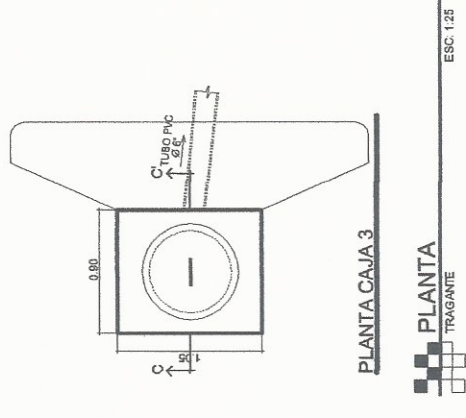
SECCIÓN POZO DE CAIDA > 1.50 M.
POZO DE VISITA
ESC. 1:50



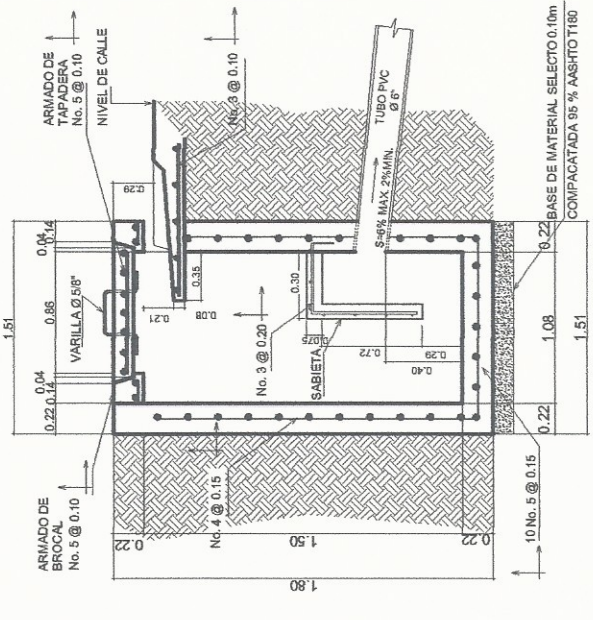
PLANTA DE POZO
POZO DE VISITA
ESC. 1:25



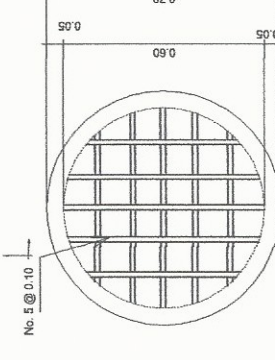
SECCIÓN DE POZO
POZO DE VISITA
ESC. 1:50



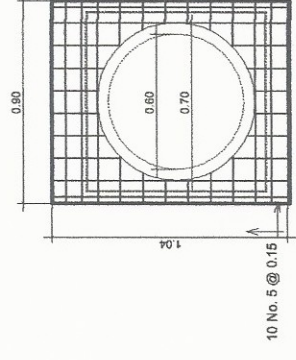
PLANTA CAJA 3
TRAGANTE
ESC. 1:25



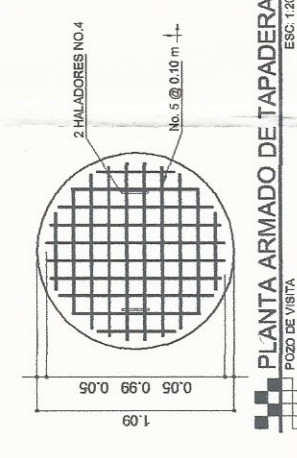
SECCIÓN C-C'
TRAGANTE
ESC. 1:25



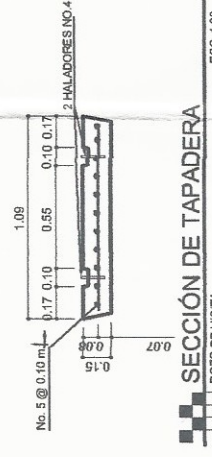
PLANTA DE TAPADERA
ESTRUCTURA DE TRAGANTE
ESC. 1:10



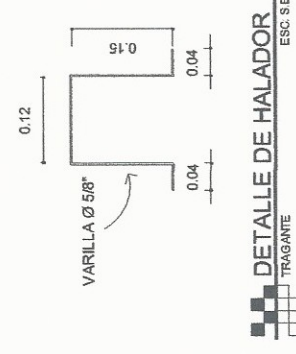
PLANTA DE ESTRUCTURA
BATEANTE DE TRAGANTE
ESC. 1:20



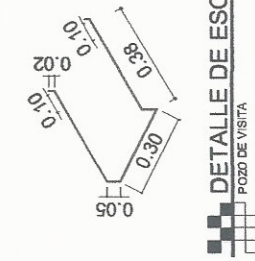
PLANTA ARMADO DE TAPADERA
POZO DE VISITA
ESC. 1:20



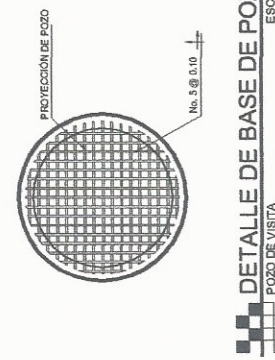
SECCIÓN DE TAPADERA
POZO DE VISITA
ESC. 1:20



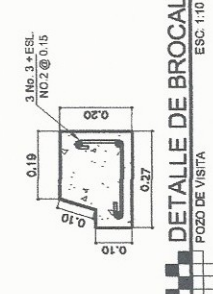
DETALLE DE HALADOR
TRAGANTE
ESC. 5:1



DETALLE DE ESCALON
POZO DE VISITA
ESC. 3:1



DETALLE DE BASE DE POZO
POZO DE VISITA
ESC. 1:50



DETALLE DE BROCAL
POZO DE VISITA
ESC. 1:10

ESPECIFICACIONES

TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTOS PLANOS ES ESPECÍFICA PARA ESTE PROYECTO. EL PROYECTO DEBERÁ CUMPLIR OBLIGATORIAMENTE CON LAS ESPECIFICACIONES PRESENTADAS EN EL EXPEDIENTE.

DIMENSIONALES

POZO DE VISITA Y TRAGANTE

CONCRETO PREMEZCLADO CLASE 28 CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE 4,000 PSI (281.2 KG/CM²)

ACERO DE REFUERZO CORRUGADO DE LINGOTES DE ACERO GRADO 40, BAJO NORMAS AASHTO M 31, ASTM A 615 O COGOLANOR NGO 36911

ACERO PARA REJILLAS, DEBERÁ SER EL TIPO A-36, CON LAS DIMENSIONES INDICADAS

LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DEBERÁN CURSARSE ANTES DE SU INSTALACIÓN

LA SAVIETA PARA PEGAR LOS LADRILLOS TENDRÁ UNA PROPORCIÓN DE 1:5 Y 1 CM. DE ESPESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Universidad de San Carlos de Guatemala

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE PARA LA CALLE DE ZONA 4 DE MIQUIC, GUATEMALA

UBICACIÓN: ZONA 4 DE MIQUIC, GUATEMALA

INDICADA: ANEXO SUPERVISORIAL DE OBRAS

PLANO DE: Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS-HA

DETALLE DE POZO DE VISITA

DETALLE DE TRAGANTE

20

ANEXOS



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



INFORME No. 549 S.S.

O.T.: 33,711 No. 1333

Interesado: Giovani Francisco Tahite López

Proyecto: EPS "Diseño de Pavimento Rígido de Calle (S) en Zona 4 de Mixco, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de Mixco

FECHA: martes, 30 de septiembre de 2014

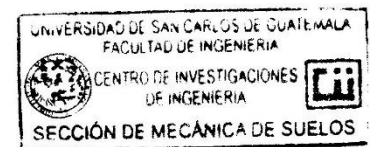
RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa con Grava Color Café Grisaseo

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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

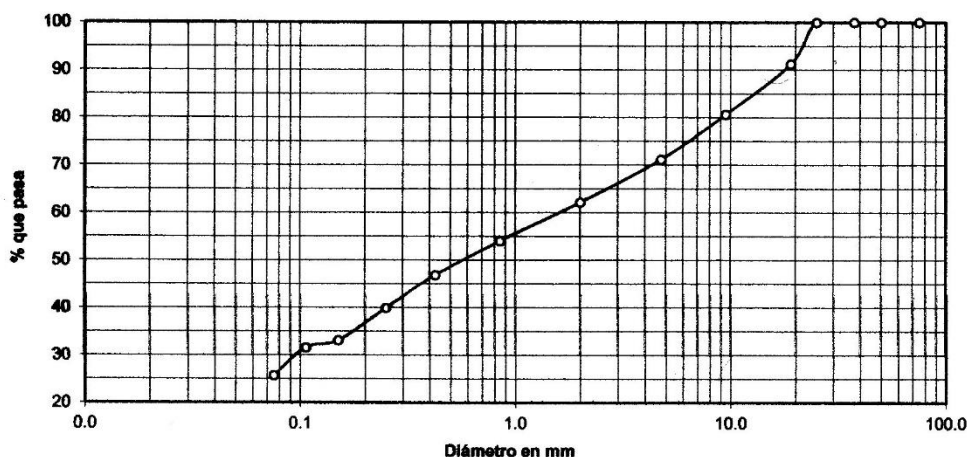


INFORME No. 550 S.S. O.T. No. 33,711

No. 1341

Interesado: Giovani Francisco Tahuite López
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Pavimento Rígido de Calle (S) en Zona 4 de Mixco, Guatemala"
 Ubicación: Municipalidad de Mixco
 Fecha: martes, 30 de septiembre de 2014

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pesa	Tamiz	Abertura	% que pesa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	62.12
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	54.00
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	46.84
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	39.90
3/4"	19.0 mm	91.25	100	150 µm	33.10
3/8"	9.5 mm	80.67	140	106 µm	31.56
4	4.75 mm	71.17	200	75 µm	25.70



Descripción del suelo: Arena Limosa con Grava Color Café Grisaseo
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 28.83 D10: *
 P.R.A.: A-1-b % de Arena: 45.47 D30: 0.095 mm
 % de finos: 25.70 D60: 1.75 mm

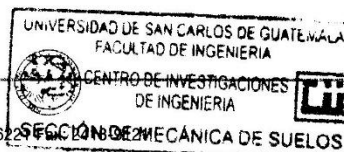
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo no aplica

Atentamente,

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

Omar Enrique Mediano Méndez
 Ing. Omar Enrique Mediano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86220
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>





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



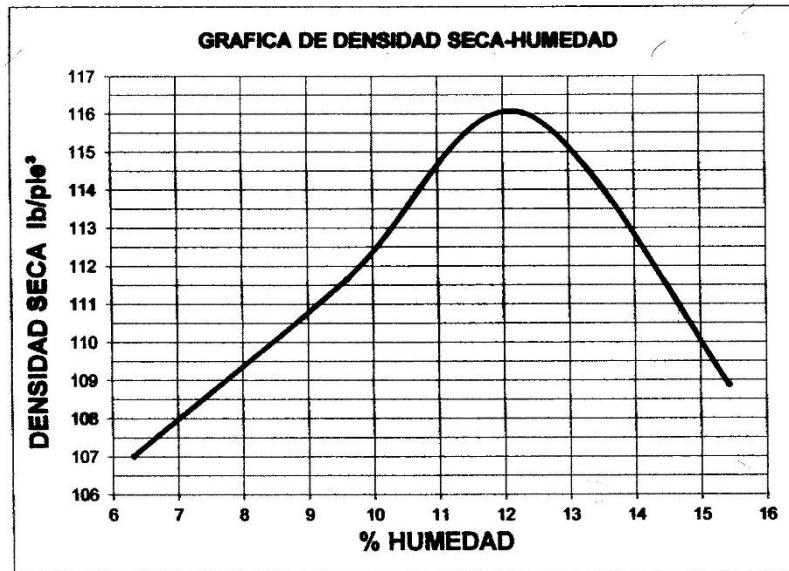
INFORME No. 551 S.S.

O.T.: 33,711

No. 1335

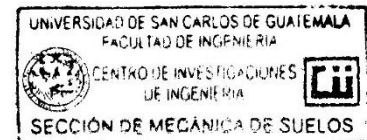
Interesado: Giovani Francisco Tahuite López
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
Proyecto: EPS "Diseño de Pavimento Rígido de
Calle (S) en Zona 4 de Mixco,
Guatemala"
Ubicación: Municipalidad de Mixco
Fecha: martes, 30 de septiembre de 2014

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180



Descripción del suelo: Arena Limosa con Grava Color Café Grisaseo
Densidad seca máxima γ_d : 1,859.92 Kg/m³ 116.10 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 12.10 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 552 S.S.

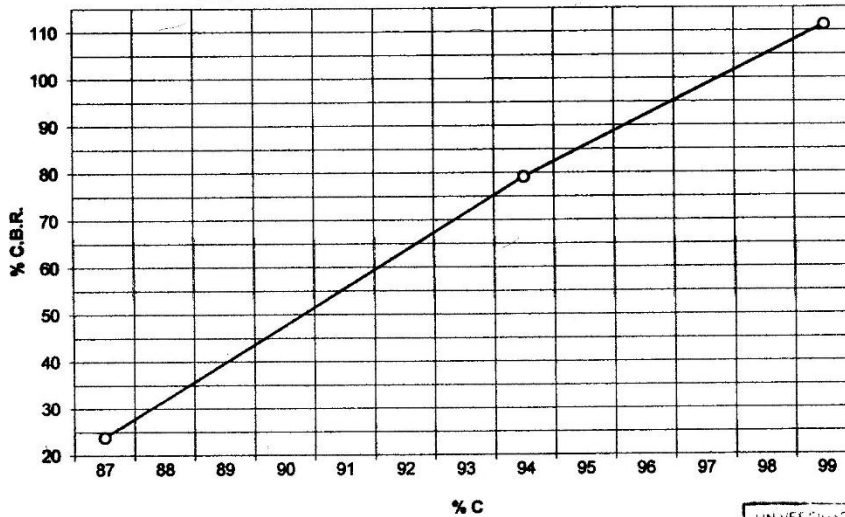
O.T.: 33,711 No. **1336**

Interesado: **Giovani Francisco Tahuite López**
 Asunto: **Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)** Norma: **A.A.S.H.T.O.T-193**
 Proyecto: **EPS "Diseño de Pavimento Rígido de Calle (S) en Zona 4 de Mixco, Guatemala"**

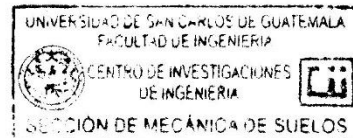
Ubicación: **Municipalidad de Mixco**
 Descripción del suelo: **Arena Limosa con Grava Color Café Grisaseo**
 Fecha: **martes, 30 de septiembre de 2014**

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	V _d (Lb/plie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	12.10	101.64	87.5	0.16	23.86
2	30	12.10	110.06	94.8	0.15	79.17
3	65	12.10	115.33	99.3	0.17	111.30

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: **Muestra proporcionada por el interesado.**
Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. **Telma Marcela Cano Morales**
DIRECTORA CII/USAC

Omar E. Medrano Méndez
 Ing. **Omar Enrique Medrano Méndez**
Jefe Sección Mecánica de Suelos