



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO
RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE
SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Álvaro Emilio Ramírez Posadas

Asesorado por el Ingeniero Silvio Rodríguez Serrano

Guatemala, enero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO
RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN
PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO ANTE LA JUNTA DIRECTIVA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ÁLVARO EMILIO RAMÍREZ POSADAS

ASESORADO POR EL INGENIERO CIVIL SILVIO RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

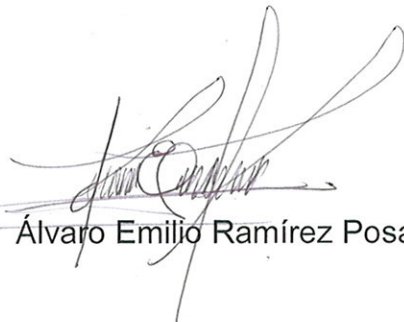
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
COMUNIDAD DE CHCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO
RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE
SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, el 11 de marzo de 2010.



Álvaro Emilio Ramírez Posadas



Guatemala 13 de octubre de 2010.
Ref.EPS.DOC.1033.10.10.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Álvaro Emilio Ramírez Posadas** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200413105**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ”**.

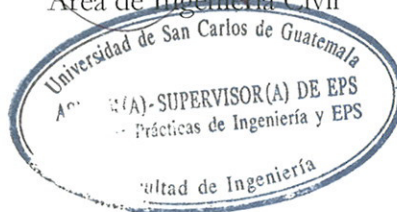
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
SJRS/ra



Guatemala, 13 de octubre de 2010.

Ref.EPS.D.645.10.10

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

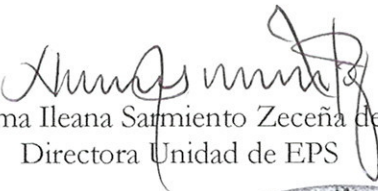
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Álvaro Emilio Ramírez Posadas**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





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



Guatemala,
21 de octubre de 2010

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

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Álvaro Emilio Ramírez Posadas, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



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



Guatemala,
27 de octubre de 2010

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Álvaro Emilio Ramírez Posadas, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

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

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Álvaro Emilio Ramírez Posadas, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOLIPAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2011

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COMUNIDAD DE CHOCOLÁ, SECTOR IAN TARRALES Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COMUNIDAD LA LADRILLERA, MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPILAS, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Álvaro Emilio Ramírez Posadas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 13 de enero de 2011

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por darme fuerzas y guiarme en el camino correcto para alcanzar mi meta.
- MI PADRE** Antonio Ramírez Jerez, por su gran amor, por su dedicación y paciencia.
- MI MADRE** Silvia Posadas de Ramírez, por darme la vida, por su amor y comprensión.
- MIS HERMANOS** Silvia Ramírez Posadas, José Antonio Ramírez Posadas y Cindy Ramírez Posadas por su gran apoyo incondicional.
- MIS SOBRINOS** Anthony y Tatiana, por todos esos momentos de felicidad.
- MI FAMILIA
EN GENERAL** Por todo el apoyo y cariño que me han brindado, DIOS los siga bendiciendo.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS NUESTRO SEÑOR

Por permitirme la vida y por guiarme por el camino de la verdad.

ING. SILVIO RODRÍGUEZ

Por el apoyo técnico, brindado de manera incondicional, por su paciencia y su valiosa asesoría en el presente trabajo de graduación.

ING. EDGAR LÓPEZ

Por su gran apoyo y ayuda brindada en la municipalidad de San Pablo Jocopilas

TODOS MIS CATEDRÁTICOS

Que con su dedicación transmitieron sus enseñanzas y permitieron el forjamiento sólido de mi persona y demás profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Pablo Jocopilas

1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Historia.....	1
1.1.3. Ubicación geográfica.....	2
1.1.4. Colindancias	4
1.1.5. Costumbres y tradiciones	4
1.1.6. Clima.....	4
1.1.7. Economía.....	5
1.1.8. Población	5

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la comunidad Chocolá y La ladrillera.

1.2.1. Descripción de las necesidades.....	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	7

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chocolá sector Ián Tarrales

2.1.1. Descripción general del proyecto.....	9
2.1.2. Levantamiento topográfico.....	10
2.1.2.1. Planimetría.....	10
2.1.2.2. Altimetría.....	10
2.1.3. Partes de un alcantarillado.....	11
2.1.3.1. Colector.....	11
2.1.3.2. Pozo de visita.....	11
2.1.3.3. Conexiones domiciliarias.....	12
2.1.4. Periodo de diseño.....	15
2.1.5. Población futura.....	15
2.1.6. Determinación de caudales.....	16
2.1.6.1. Dotación.....	16
2.1.6.2. Factor de retorno al sistema.....	17
2.1.6.3. Caudal sanitario.....	17
2.1.6.4. Caudal domiciliar.....	17
2.1.6.5. Caudal industrial.....	18
2.1.6.6. Caudal comercial.....	19
2.1.6.7. Caudal por conexiones ilícitas.....	20
2.1.6.8. Caudal por infiltración.....	21
2.1.6.9. Caudal máximo.....	22
2.1.6.10. Factor de caudal medio.....	22
2.1.6.11. Factor de Harmond.....	23
2.1.6.12. Caudal de diseño.....	24
2.1.7. Fundamentos hidráulicos.....	25

2.1.7.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales.....	25
2.1.7.2	Relación de diámetros y caudales.....	25
2.1.7.3.	Relaciones hidráulicas.....	26
2.1.8.	Parámetros de diseño hidráulico.....	29
2.1.8.1.	Coeficiente de rugosidad.....	29
2.1.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	29
2.1.8.3.	Velocidades máximas y mínimas.....	29
2.1.8.4	Diámetro del colector.....	30
2.1.8.5	Profundidad del colector.....	30
2.1.8.6.	Ancho de zanja.....	31
2.1.8.7.	Cotas invert.....	31
2.1.9.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	33
2.1.10.	Desfogue.....	34
2.1.11.	Selección del tipo de tratamiento.....	35
2.1.12.	Propuesta de tratamiento.....	41
	2.1.12.1 Diseño de fosas séptica.....	41
	2.1.12.2 Dimensionamiento de los pozos de absorción...43	43
2.1.13	Administración, operación y mantenimiento.....	44
2.1.14	Evaluación socioeconómica.....	47
	2.1.14.1. Valor presente neto.....	47
	2.1.14.2. Tasa interna de retorno.....	48
2.1.15.	Evaluación de impacto ambiental.....	50
	2.1.15.1. En construcción.....	50
	2.1.15.2. En operación.....	50
2.1.16.	Planos.....	53
2.1.17.	Presupuesto.....	53
2.1.18.	Cronograma de ejecución e inversión.....	54

2.2. Diseño de pavimento rígido para la comunidad La ladrillera

2.2.1	Periodo de diseño.....	55
2.2.2	Levantamiento topográfico.....	55
2.2.2.1	Planimetría.....	55
2.2.2.2	Altimetría.....	56
2.2.3.	Análisis tránsito de carretera.....	56
2.2.3.1.	Vehículos de diseño.....	56
2.2.3.2.	Los volúmenes de tránsito.....	59
2.2.3.2.1	El tránsito promedio diario anual (TPDA).....	59
2.2.3.2.2	Las velocidades.....	60
2.2.3.2.3	Velocidad de operación.....	61
2.2.3.2.4	Velocidad de diseño.....	61
2.2.3.2.5	Velocidad de ruedo.....	62
2.2.4	Estudio de suelos.....	62
2.2.4.1	Generalidades.....	62
2.2.4.1.1	Características físicas de los suelos.....	63
2.2.4.1.2	Capacidad de carga de los suelos.....	65
2.2.4.2.	Ensayos de laboratorio de suelos.....	66
2.2.4.2.1	Análisis granulométrico.....	67
2.2.4.2.2	Límites de consistencia.....	69
2.2.4.2.2.1.	Límite líquido (LL).....	68
2.2.4.2.2.2.	Límite plástico (LP).....	70
2.2.4.2.2.3	Índice de plasticidad (IP).....	70
2.2.4.2.3	Ensayo de compactación o proctor modificado.....	71
2.2.4.3.	Ensayo de razón soporte California (C.B.R.).....	75

2.2.4.4.	Análisis de resultados.....	77
2.2.5	Elementos estructurales de los pavimentos.....	77
2.2.5.1.	Sub-rasante.....	77
2.2.5.2.	Sub-base.....	79
2.2.5.3.	Sub-base estabilizada.....	80
2.2.5.4	Base.....	84
2.2.5.4.1.	Base de grava o piedra triturada.....	84
2.2.5.4.2.	Base estabilizada con cemento.....	86
2.2.5.5.	Capa de rodadura.....	86
2.2.5.5.1.	Capa de desgaste o sello.....	86
2.2.6.	Superficie rasante.....	86
2.2.7	Diseño del proyecto.....	87
2.2.7.1.	Generalidades.....	87
2.2.7.2.	Determinación de los factores de diseño utilizados.....	87
2.2.7.3.	Diseño del tramo carretero.....	89
2.2.7.4.	Informe técnico.....	105
2.2.7.5.	Informe de ejecución.....	107
2.2.8.	Evaluación de impacto ambiental.....	108
2.2.8.1.	Estudio de impacto ambiental.....	109
2.2.8.2	Medidas de mitigación recomendadas.....	112
2.2.8.3.	Medidas de mitigación para construcción.....	113
2.2.8.4.	Medidas de mitigación para operación y mantenimiento.....	114
2.2.9.	Presupuesto.....	115
2.2.10	Cronograma de ejecución e inversión.....	116
2.2.11	Planos.....	117

CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de San Pablo Jocopilas	3
2.	Pozo de visita	12
3.	Conexión domiciliar	14
4.	Caso especial de cota invert.....	32
5.	Fosa séptica	43
6.	Delta	91
7.	Grado de curvatura.....	92
8.	Elementos de una curva vertical.....	93
9.	Tipo de curvas verticales.....	97
10.	Cálculo de área.....	100
11.	Cálculo movimiento de tierras.....	101
12.	Cálculo de drenaje.....	103
13.	Relaciones aproximadas entre el tipo de suelo.....	127
14.	Ensayo de suelos.....	131

TABLAS

I.	Población urbana y rural.....	6
II.	Relaciones hidráulicas para sección circular	27
III.	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro.....	31
IV.	Profundidad mínima de cota invert (m)	33
V.	Tabulación de datos de operación proyecto Ica Tarrales.....	48
VI.	Matriz de Leopold.....	52
VII.	Presupuesto de drenaje sanitario.....	53
VIII.	Cronograma de ejecución de alcantarillado sanitario.....	54
IX.	Dimensiones de los vehículos de diseño (metros).....	58

X.	Radio mínimo de giro de los vehículos de diseños (metros.....)	59
XI.	Valores mínimos de C.B.R.....	76
XII.	Porcentajes por peso retenido en los tamices.....	81
XIII.	Graduación de granza determinado por el método AASHTO T 27.....	82
XIV.	Tipo, grado, especificación y temperatura de aplicaciones para materiales bituminoso a utilizarse como estabilizados.....	83
XV.	Tipos de graduación para material de capa de base de grava o piedra triturada.....	85
XVI.	Valores de “K”, según velocidad de diseño.....	98
XVII.	Relaciones para dibujos de taludes.....	99
XVIII.	Matriz de Leopold.....	111
XIX.	Presupuesto de pavimento rígido.....	115
XX.	Cronograma de ejecución de pavimento rígido.....	116
XXI.	Cálculo hidráulico.....	129

LISTA DE SIMBOLOS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	Sociedad Americana de ensayos y materiales
b	Base de elemento
C.B.R.	Razón soporte california, por sus siglas en inglés (California Bering Ratio)
Cd	Coeficiente de drenaje
cm	Centímetro
D	Espesor de pavimento de concreto, en milímetros
d	Tirante del flujo en tubería
D	Diámetro de tubería
d/D	Tirante de flujo / tirante de flujo a sección llena
DH	Distancia horizontal
EC	Módulo de elasticidad del concreto
FH	Factor de Harmond
Fqm	Factor de caudal medio
FS	Factor de seguridad
hab.	Habitantes
INFOM	Instituto de fomento municipal
J	Coeficiente de transmisión de cargas
k	Módulo de reacción, de la subrasante
kg	Kilogramos
Lts	Litros
Lts/hab/día	Litros por habitante por día
Lts/s	Litros por segundo
m	Metros

mm	Milímetros
Mr	Resistencia media del concreto a flexotracción
Msnm	Metros sobre nivel del mar
PU	Precio unitario
Pt	Índice de servicialidad o servicio final
PV	Pozo de visita
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
q	Caudal de diseño
Q	Caudal a sección llena
Qci	Caudal de conexiones ilícitas
Qcom	Caudal comercial
Qdom	Caudal domiciliar
Qind	Caudal industrial
Qinf	Caudal de infiltración
q/Q	Relación caudal / caudal a sección llena
s	Segundos
S	Pendiente
SCU	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
So	Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en
TPDA	Tránsito promedio diario anual
v	Velocidad del flujo expresado en m/s
V	Velocidad a sección llena de tubería
v/V	Relación velocidad / velocidad a sección llena
W82	Ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas
Zr	Desviación normal estándar
	la variación del comportamiento esperado
ΔPSI	Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

GLOSARIO

Agregados	Es un material granular inerte, significa que no reacciona con otros y que al mezclarse con la pasta de cemento, forma concreto o mortero.
Autopista	Son carreteras cuya función principal es dar movilidad facilitando el desplazamiento continuo e ininterrumpido a grandes distancias.
Base	Construida para absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos; además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.
Camino	Carretera cuya función es de acceso; es parte de una red bastante densa de vías con generosa accesibilidad por las propiedades colindantes o dentro de limitada área de influencia, modesta demanda de tránsito, y baja velocidad de operación.

Carretera	Vía de tránsito público construida dentro de los límites del derecho de vía.
Colector	Receptor que concentra y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga.
Compactación	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Criterios de diseño	Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, bases y límites que debe cumplir el

proceso de diseño, estructura o componente de un sistema.

Curva de nivel	Línea que une puntos de una misma elevación, sin pasar sobre otra.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las cuales pueden estar crudas o tratadas.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de Harmond	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.

Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de utilizada va al sistema de drenaje.
Factor de rugosidad	Factor que expresa qué tan lisa es una superficie.
Pavimento	Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de base de fundación o sub-rasante; formada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionar una superficie de rodadura suave para los vehículos y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y soporte estable.
Período de diseño	Período durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.
Pozo de visita	Es una obra accesoria de un sistema de alcantarillado, que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema, para que funcione eficientemente.

Red de alcantarillado	Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias, que sirven para desalojar aguas negras.
Sección típica	Sección transversal del trayecto vial, en donde se indica el ancho de calle, bordillos y espesores de las diferentes capas que intervienen en el pavimento.
Sub-base	Es la capa de material seleccionado que se coloca encima de la sub-rasante e inmediatamente debajo de la base, con el objeto de evitar que la humedad, cualquiera que sea su procedencia, debajo de la sub-rasante, afecte seriamente el material de base o para sustituir material no adecuado que exista en la sub-rasante.
Sub-rasante	Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento. Se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Tirante

Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.

Topografía

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

Una de las grandes necesidades que aquejan al municipio de San Pablo Jocopilas, en cuanto a infraestructura, es la carretera, ya que por falta de esta se hace costoso el transporte, tanto de personas como de cosechas, lo cual incrementa el precio de los productos y repercute en el costo de vida de las personas de este municipio. Además en varios sectores es necesaria la implementación de drenajes sanitarios para evitar distintos tipos de enfermedades gastrointestinales.

En este trabajo de graduación se desarrolla el diseño del pavimento rígido para la comunidad la Ladrillera y sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chocolá, sector Ian Tarrales, San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez.

En el sector Ian Tarrales se realizó el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para el cual se estudió el punto en donde se descarga el agua residual y el lugar en donde se puede colocar una planta de tratamiento para dichas aguas. Teniendo definidos los parámetros anteriormente mencionados, se procedió a los trabajos de topografía usando los métodos de planimetría y altimetría; el alcantarillado sanitario está integrado de la siguiente manera: posee una longitud total de 2176 m, 44 pozos de visita de diversas profundidades especificadas en los planos constructivos y fabricados de ladrillo tayuyo de punta, 148 conexiones domiciliarias, la tubería por utilizar será de PVC norma ASTM F-949 de 6" y 8", teniendo la certeza que con estos proyectos la población de dichas comunidades continuará con el desarrollo que demanda el crecimiento del municipio de San Pablo Jocopilas y así mejorar su calidad de vida.

Para el pavimento rígido de la comunidad La ladrillera se utilizó el sistema topográfico de medición, por los métodos de planimetría y altimetría, se definió una longitud de 2,210 metros y un ancho de 6.20 metros, incluyendo

media cuneta y bordillo; luego se procedió al muestreo del suelo para conocer sus propiedades por medio de los ensayos de laboratorio; luego se realizó el diseño del pavimento rígido utilizando el método AASHTO 1993.

INTRODUCCIÓN

A través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se determinó la realización de los presentes proyectos, con base en la urgencia de saneamiento y pavimentación que tiene estas comunidades.

Debido a la carencia de un drenaje, los pobladores utilizan pozos ciegos, ríos o, peor aún, usan la calle para descargar sus desechos y estos corren a flor de tierra; por ese motivo se procedió a la planificación y diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, para contrarrestar el alto índice de enfermedades gastrointestinales y contribuir a mejorar el estilo de vida de los habitantes del sector Ián Tarrales.

Al mismo tiempo se procedió a hacer un diagnóstico de las necesidades de otras comunidades y se observó que en la comunidad La Ladrillera urge una vía transitable en cualquier época del año, que los conduzca hacia el casco urbano, ya que una de sus principales fuentes de trabajo es el comercio; por eso se optó por realizar el diseño y planificación de un pavimento rígido que cumpla y satisfaga dichas necesidades, con base en las normas y técnicas de construcción.

Se presenta el diseño de los proyectos de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chocolá, sector Ián Tarrales y el de pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera, del municipio de San Pablo Jocopilas, del departamento de Suchitepéquez, con sus respectivos presupuestos, cronograma de ejecución y los planos.

OBJETIVOS

GENERAL

Mejorar la condición de vida de los habitantes de la comunidad de Chocolá, sector lan Tarrales y comunidad la Ladrillera, del municipio de San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez, a través del diseño de obras de infraestructura que abran una brecha hacia su desarrollo económico y social.

ESPECÍFICOS

- 1) Diseñar los proyectos de pavimento rígido para la comunidad La ladrillera y sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Chocolá, sector lan Tarrales, del municipio de San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez.

- 2) Realizar todo el proceso investigativo de los proyectos, para solucionar el problema de saneamiento y ornato del municipio, orientando y capacitando a la comunidad respecto del cuidado y mantenimiento de los mismos.

- 3) Transmitir conocimientos y criterios, acerca del diseño de pavimento rígido y drenaje sanitario, en la oficina municipal de planificación (OMP) de San Pablo Jocopilas Suchitepéquez.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del lugar

1.1.1 Antecedentes

En el orden cronológico, la historia presenta a San Pablo Jocopilas, un pueblo de fundación Franciscana de los comienzos de la segunda mitad del siglo XVI, y está situado al norte y este de Samayac, en el departamento de Suchitepéquez.

1.1.2. Historia

Este municipio pertenecía a la doctrina de Samayac, junto con éste y demás pueblos de Suchitepéquez, constituía el agrio mayor de los obispos y el armador de las sagradas religiones. Luego de un mandato superior al ordinario, sirvió de pretexto para despojarlo de todos los pueblos que administraban su orden en la región actual de Suchitepéquez. En esta coyuntura pasaron a manos del clero secular las doctrinas Franciscana de Suchitepéquez, entre las que contaba Samayac, con sus anexos en San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez.

En 1577 a merced de una tragicomedia ocurrida en Samayac, fueron devueltos a la orden seráfica este pueblo y sus anexos, siendo nombrado guardián de San Pablo el Padre Pedro Díaz, uno de los protagonistas de la mencionada tragicomedia. En el mismo año Monseñor Fernández de Córdova, deshaciendo los entuertos del Istmo, don Bernardino restituyó los pueblos de Suchitepéquez, a la jurisdicción de sus primitivos pastores, pero bajo la condición de residir en ellos uno en Quetzaltenango y Totonicapán, como había

ocurrido antes del despojo. El Padre provincial Antonio del Castillo y Andrés de las Navas, ambos con singular ingenio y amplio criterio, determinaron dirigir a San Pablo en cabecera de doctrinas, dándole Guardián y doctrinero propios, a partir del capítulo provincial del 07 de octubre de 1684 celebrado en San Francisco de Guatemala.

En 1689 San Pablo Jocopilas tenía 1800 personas, era una suma numerosa, por lo que el empeño por independizarse de la tutela de Samayac, provenía de motivos dignos y aspiraciones legítimas. Por consiguiente, después de varias luchas, quedaron independientes en el año de 1700 aproximadamente.

1.1.3. Ubicación geográfica

San Pablo Jocopilas es uno de los municipios del departamento de Suchitepéquez con un área aproximada de 68 kilómetros cuadrados, equivalente al 2.70% de la extensión territorial del Departamento, que comprende el casco urbano, cuatro comunidades y un microparciamiento, las cuales son: comunidad Chocolá, comunidad Madremía, comunidad La ladrillera y la comunidad Lolemi y microparciamiento las Piedritas. Su jurisdicción municipal comprende una población llamada San Pablo Jocopilas, que es la cabecera municipal, cuyas construcciones son de modesta apariencia; las principales calles que unen a sus poblados rurales entre sí, así como a las cuatro comunidades descritas anteriormente lucen adoquinadas y empedradas.

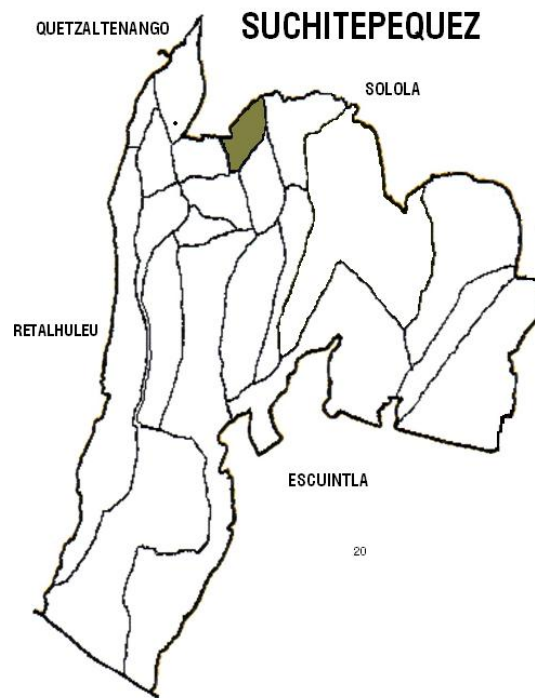
Saliendo de San Pablo Jocopilas por la ruta departamental SCH-02 al sur hay 1 kilómetro a la cabecera de Samayac; de allí rumbo sur-suroeste son 7

kilómetros hacia la cabecera departamental Mazatenango, donde enlaza con la carretera Internacional del Pacífico CA-2.

La cabecera está al este del río Bolas y al Oeste del río Zarza, en la ruta departamental SCH-02 que atraviesa el poblado. El banco de marca (BM) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ubicado entre la escuela e iglesia, indica 625 msnm, latitud norte $14^{\circ} 35' 13''$, longitud este $91^{\circ} 27' 10''$.

Caracterizan al municipio en su conjunto y por otro lado, por la importancia relativa de los servicios municipales, se ha estimado que el área urbana tiene 0.38 kilómetros cuadrados aproximadamente. (Informe Inicial Municipalidad de San Pablo Jocopilas Programa de Fomento del Sector Municipal Instituto de Fomento Municipal 2003).

Figura 1. Mapa de ubicación de San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez



1.1.4 Colindancias

Al norte	Con Santa Catarina Ixtahuacán, departamento de Sololá.
Al sur	Con los municipio de Samayac y San Antonio del departamento de Suchitepéquez.
Al este	Con el municipio de Santo Tomás la Unión, del departamento de Suchitepéquez.
Al oeste	Con el municipio de Samayac Suchitepéquez.

1.1.5 Costumbres y tradiciones

La feria titular de este municipio se celebra del 23 a 26 de enero de cada año, en honor a su patrono San Pablo Apóstol; y el 29 de junio de cada año, en honor a la conversión de San Pedro y San Pablo. En estas festividades se realizan actividades culturales, sociales, religiosas y deportivas. En las festividades religiosas se cuenta con la participación del pueblo católico. También participan en los bailes tradicionales de la conquista, de mexicanos, los tunes y moros.

1.1.6 Clima

En la cabecera municipal el clima es cálido durante el día, y la noche; en las comunidades rurales pertenecientes al municipio hay variedad de climas,

puesto que en las más alejadas de la cabecera, por el hecho de estar a una altura mayor sobre el nivel del mar, el clima tiende a ser templado.

1.1.7 Economía

Productividad de la región

La economía principal de este municipio depende grandemente de la agricultura, siendo sus principales cultivos:

- Café
- Banano
- Cacao
- Frutas tropicales

La producción ganadera la constituye la bovina, porcina y aves de corral, estas últimas se generan en pequeñas escalas y se destinan únicamente para el consumo local.

1.1.8 Población

Con el fin de facilitar el entendimiento e interpretación de los datos que se presentan a continuación se dice que:

- Población urbana es aquella que habita en un lugar que ha sido preparado y adecuado, delimitando convenientemente el terreno y preparándolo para la construcción de viviendas, abriendo calles y dotándolas de luz,

pavimento y otros servicios básicos municipales necesarios para tener una vida digna y adecuada.

- Población rural es aquella que habita en un lugar que se encuentra relativamente en el campo y que se dedica en su mayoría a las labores agrícolas que le son pertenecientes a este; generalmente en este tipo de poblaciones, los servicios básicos antes mencionados, para una población urbana son escasos y en algunos casos inexistentes.

En el municipio de San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez, es importante mencionar que se concentra el mayor porcentaje de la población en las comunidades y cantones rurales, aunque también es conveniente mencionar que se hace la clasificación tomando como referencia la cabecera municipal, por tal razón se muestra en la siguiente tabla las cifras que representa cada uno de los rubros antes mencionados.

Tabla I. Población urbana y rural

POBLACIÓN	NO. DE HABITANTES	%
Urbana	2,584	13.57
Rural	16,456	86.43
Total:	19,040	100

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la comunidad de Chicolá y La ladrillera

1.2.1 Descripción de las necesidades

El proceso de identificación de necesidades, alternativas de solución y priorización de los proyectos comunitarios se ha desarrollado a través de reuniones de los pobladores de las comunidades, quienes han manifestado la situación actual y futura de sus comunidades y han descrito los proyectos que deben ser atendidos por las autoridades para lograr el desarrollo comunitario. En la comunidad de Chicolá y La ladrillera, se expresaron las necesidades siguientes:

1. Implementación de un sistema general de alcantarillado sanitario
2. Construcción de un salón comunal
3. Pavimentación de sus calles

1.2.2 Evaluación y priorización de las necesidades

Uno de los problemas que es necesario resolver, es la evacuación de las aguas residuales de origen doméstico, por medio de un sistema de alcantarillado sanitario que pueda servir a todas las viviendas en las comunidades.

Se plantea la necesidad de planificar los sistemas de alcantarillado sanitario que recolecten las aguas provenientes de las viviendas y las conduzca a través de colectores, para luego ser vertidas a una planta de tratamiento.

La falta de vías de comunicación debidamente pavimentadas es una necesidad que se debe resolver. El acceso a las comunidades es difícil, principalmente en época de invierno, porque los caminos se vuelven intransitables, afectando el comercio y otras actividades.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad de Chocolá sector Ixmiquilpan

2.1.1. Descripción general del proyecto

El área urbana del municipio de San Pablo Jocopilas tiene los servicios básicos de energía eléctrica, red de telefonía, agua potable y drenajes combinados. Las calles generalmente están adoquinadas y asfaltadas.

En las aldeas y cantones, las vías de acceso son de caminos de tierra; sin embargo cuentan con energía eléctrica y servicio de agua potable, pero no poseen alcantarillado sanitario para aguas negras.

El proyecto para la comunidad de Chocolá consiste en diseñar el alcantarillado sanitario aplicando normas de diseño del INFOM para un período de diseño de 30 años, tomando en cuenta una dotación de 125 lts/hab/día, con un factor de retorno de 0.80. La cantidad actual de viviendas a servir es de 148, con una densidad poblacional de 7 habitantes por vivienda y una tasa de crecimiento de 3.00%.

El alcantarillado sanitario está integrado de la siguiente manera: posee una longitud total de 2176 ml, 44 pozos de visita de diversas profundidades especificadas en los planos constructivos y fabricados de ladrillo tayuyo de punta, 148 conexiones domiciliarias, la tubería que se utilizará será de PVC norma ASTM F-949 de 6" y 8".

2.1.2. Levantamiento topográfico

Una de las bases fundamentales en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar, antes de la ejecución de un proyecto determinado.

2.1.2.1. Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el Norte para su orientación.

En la medición de planimetría de los proyectos se utilizó el método de conservación del azimut, que consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando este con una vuelta de campana en la vista atrás, se toma la medida hacia la siguiente estación.

Se usó este método por ser muy exacto, utilizando para ello, un teodolito de precisión marca Sokkisha TM 20c, una plomada, estadal, trípode, cinta métrica y estacas.

2.1.2.2. Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano vertical la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario

medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente con base en un banco de marca o punto de referencia; a todo este procedimiento se le llama nivelación. Para el levantamiento se utilizó un nivel marca Leica modelo WILD NA20, un estadal, plomada y cinta métrica.

2.1.3. Partes de un alcantarillado

2.1.3.1. Colector

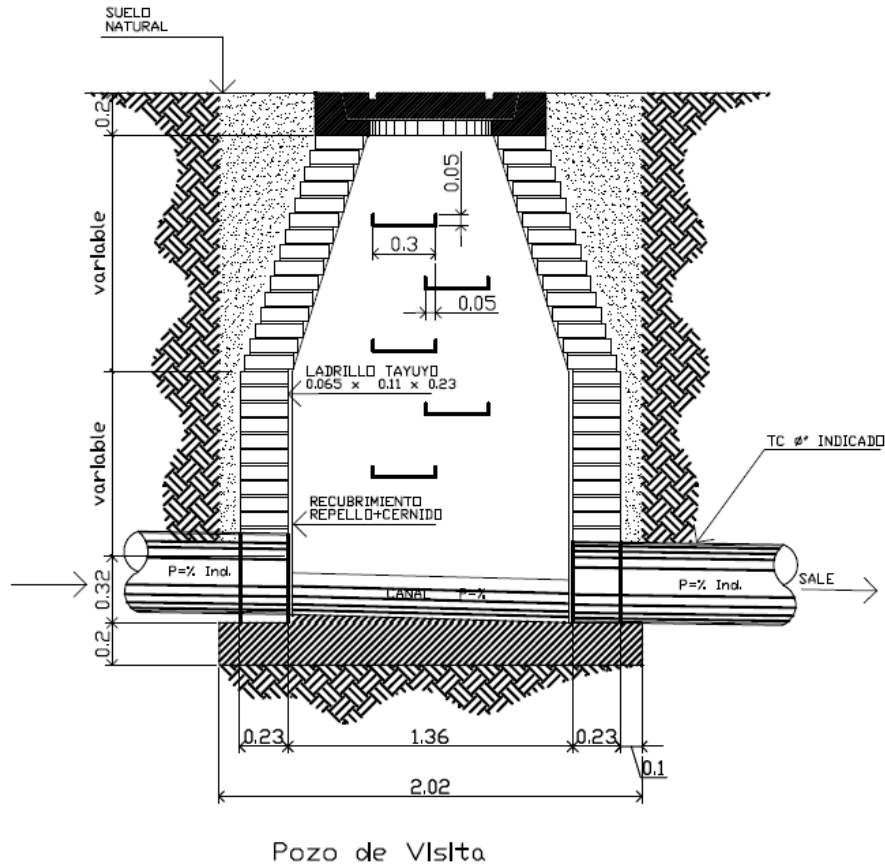
Es la tubería por la que se conduce el agua residual. La tubería que se utilizará en este proyecto será PVC de 6" y 8" de diámetro, bajo la norma constructiva ASTM F 949

2.1.3.2. Pozo de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza.

También se colocan cuando se tenga que desviar tubería o se encuentra un cambio de dirección y también, cuando se necesita unir tubería. La distancia recomendada es de 100 metros como máximo entre pozos; se acostumbra construirlo de ladrillo, debe ser impermeable, se debe identificar la tapadera y se le debe de colocar escalera. Algo muy importante es que no debe acumular desechos, se debe evacuarlos rápidamente.

Figura 2. Pozo de visita



2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al colector central. Se plantearán dos tipos de acometidas: individuales y conjuntas.

Acometidas individuales: tienen como finalidad transportar las aguas residuales originadas en las viviendas al drenaje secundario o cualquier otro drenaje, excepto a otra acometida domiciliar. Normalmente, se construye una caja de inspección para acometida; ésta tendrá una tapa removible a nivel de la

superficie con el objetivo de facilitar las labores de mantenimiento en la conexión.

Acometidas conjuntas: en el caso de viviendas unifamiliares, cuyo frente sea de seis metros o cuando las condiciones económicas lo requieran, se podrá construir una sola caja de empalme para cada dos viviendas, con el fin de tener una sola acometida a la red principal.

Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

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

El fondo tiene que ser fundido de concreto, y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y poder llevarlas al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.

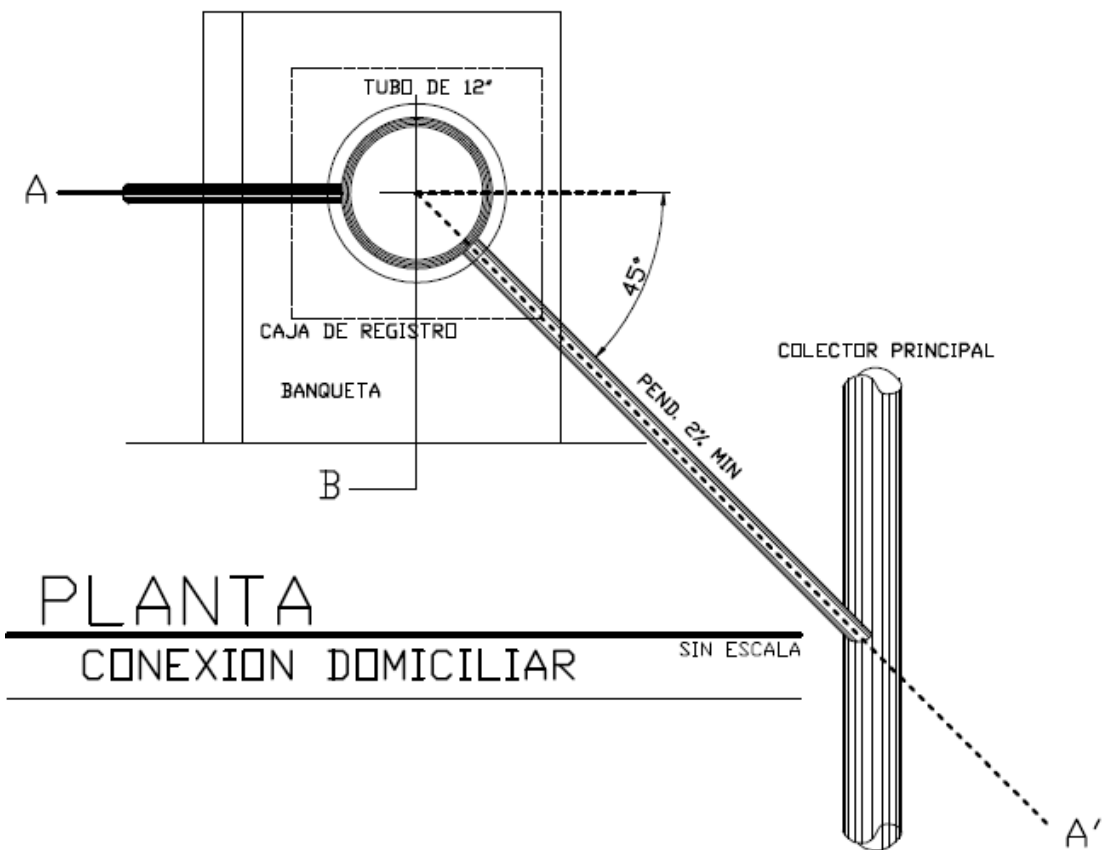
Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con el colector central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC, con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

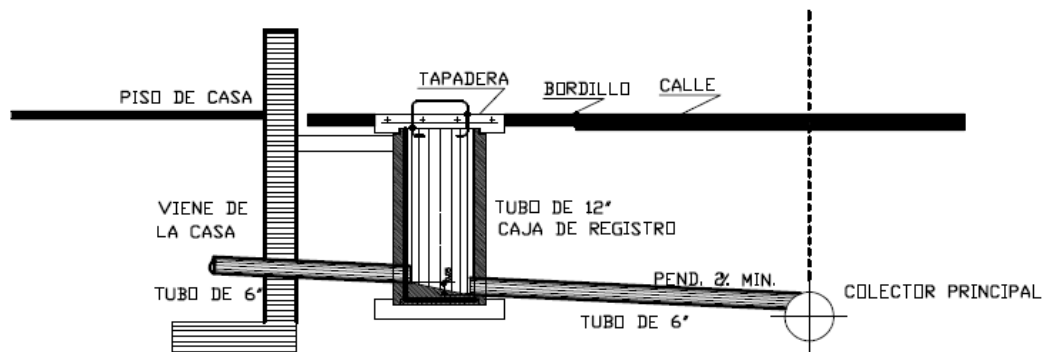
La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados; en el sector lan Tarrales se tomará un ángulo de 45 grados aguas abajo, uniendo el tubo de PVC de 6" con el tubo general con el accesorio silleta tipo Y.

Los sistemas que permiten un mejor funcionamiento del drenaje se emplearán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente; derivado de las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construya.

Algunos de estos sistemas son tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal y otros.

Figura 3. Conexión domiciliar





CONEXION DOMICILIAR
CORTE A - A SIN ESCALA

2.1.4. Periodo de diseño

Al momento de elaborar cualquier proyecto de alcantarillado, hay que tomar la decisión acerca del tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes de que deba abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuada. Es necesario, por lo tanto, estimar la población futura, así como las áreas probables de anexión a la comunidad que requieran de alcantarillado y su tipo probable de desarrollo.

La municipalidad de San Pablo Jocopilas adoptó para todos sus proyectos de infraestructura un período de diseño de 30 años, por lo cual en el presente trabajo se utilizó este dato.

2.1.5. Población futura

Debido a los datos con que se cuenta para poder estimar la población a servir, se utilizará el método de incremento geométrico, el cual por la forma de

obtención de estos datos y su facilidad de uso, es el más aconsejable para la estimación de poblaciones futuras para países en vías de desarrollo, el cual está dado por la fórmula siguiente:

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

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población último censo

r = Tasa de crecimiento

n = Tiempo transcurrido entre el último censo, el año correspondiente y el final del período de diseño

Ejemplo:

$$Pf = 1,036 (1 + 0.03) ^{30} = \mathbf{2,515 \text{ habitantes}}$$

La población futura a servir será de 2,515 habitantes.

2.1.6. Determinación de caudales

2.1.6.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día. De acuerdo con los datos obtenidos en la municipalidad de San Pablo Jocopilas, se estima una dotación de 125 litros por habitante por día.

2.1.6.2. Factor de retorno al sistema

El factor de retorno del sistema de alcantarillado sanitario es el porcentaje de la dotación inicial de agua que se espera que sea descargada al sistema. Se sabe que no todo el 100% de agua potable que ingresa a cada vivienda regresará a las alcantarillas; se estima un factor de retorno entre el 75% y 90%.

El área de influencia del proyecto cuenta con viviendas que en su mayoría poseen patios de tierra, por lo que se consideró un factor de retorno al sistema de drenaje del 80%.

2.1.6.3. Caudal sanitario

Es la suma del caudal doméstico, el caudal de infiltraciones, el caudal de conexiones ilícitas y el caudal comercial e industrial. El caudal sanitario indica la cantidad de flujo que circulará por la tubería del sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.6.4. Caudal domiciliar

Es el agua que, una vez ha sido utilizada por los usuarios, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje.

Para tal efecto la dotación de agua potable es afectada por el factor de retorno al sistema. De esta forma el caudal domiciliar o doméstico queda integrado así:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dotación} \times \text{No. Hab futuro} \times \text{Factor de retorno}}{86,400}$$

Ejemplo:

Dotación = 125 litros por habitante por día

FR = 80%.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{125 \text{ lts/Hab/Día} \times 2515 \text{ Hab} \times 0.80}{86,400} = 2.9105 \text{ Lts/s}$$

El caudal domiciliar será de 2.9105 litros/segundo.

2.1.6.5. Caudal industrial

Es el agua de desecho de la actividad productiva de las industrias, como plantas procesadoras de alimentos, licoreras, plantas procesadoras de materia prima, etc. Si no se cuenta con un dato de la dotación suministrada, se puede computar dependiendo el tipo de industria, entre 1,000 y 60,000 lts/industria/día.

$$Q_{\text{Ind}} = \frac{(\text{Caudal Industria}) \times (\# \text{ de Industrias})}{86,400}$$

Ejemplo:

de industrias = 2

Caudal industrial = 40,000 Lts/ind/Día

$$Q \text{ Ind} = \frac{(40,000 \text{ Lts/ind/Día}) * (2)}{86,400} = 0.9259 \text{ Lts/s}$$

Para el caudal industrial se tomaron 2 beneficios de café, por el cual se asumió un caudal de 40,000 Lts/ind/día, y dio un caudal industrial de 0.9259 Lts/s.

2.1.6.6. Caudal comercial

Son las aguas negras que resultan de las actividades de limpieza de los comercios (hoteles, tiendas, comedores, balnearios, etc.). Por lo general, la dotación comercial varía según el establecimiento considerado, el cual debe estimarse entre 450 y 3000 Lts/comercio/día.

Se estima que la actividad comercial en el fraccionamiento, se limita al funcionamiento de tiendas, en el caudal comercial se toma en cuenta únicamente la existencia de un hospitalito que cuenta con 25 camillas aproximadamente, y se le dio una dotación de 450 Lts/camilla/día.

$$Q \text{ com} = \frac{(\text{Dot. Comercio} * \# \text{ de comercios})}{86,400}$$

Ejemplo:

$$Q_{com} = \frac{(450 \text{ Lts/camilla/día} * 25 \text{ camillas})}{86,400} = 0.1302 \text{ Lts/s}$$

2.1.6.7. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para su cálculo se utiliza:

el método racional, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{ci} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q_{ci} = Caudal conexiones ilícitas

I= Intensidad de lluvia

C = Coeficiente de escorrentía
ilícitamente

A= Área que es factible conectar

Pero debido a que el INSIVUMEH no tiene información reciente y sólo tiene la suma total para toda la República, no es posible utilizar este método.

- a) Según criterio UNEPAR-INFOM, se toma para conexiones ilícitas un 10% del caudal domiciliar.

- b) Textos y otras publicaciones toman para posibles conexiones ilícitas 150 lts/hab/día.

Se utilizó para el diseño, el criterio UNEPAR-INFOM por considerar las otras opciones muy altas en comparación al caudal domiciliar.

$$QC_{ili} = 10\% * C. Dom$$

Ejemplo:

$$QC_{ili} = 10\% * 2.9105 \text{ Lts/s} = \mathbf{0.2910 \text{ Lts/s}}$$

2.1.6.8. Caudal por infiltración

Es considerado como la cantidad de agua que se filtra o penetra a través de las paredes de la tubería, esta depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca la tubería.

Como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día; su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros por kilómetro por día.

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

2.1.6.9. Caudal máximo

El caudal máximo o caudal sanitario se considera como la suma de todos los caudales anteriormente descritos.

Es importante mencionar que el caudal sanitario no es el mismo que el caudal de diseño.

2.1.6.10 Factor de caudal medio

Es el factor relacionado con la aportación media de agua por persona, que al ser integrado el caudal sanitario del área a drenar, que a su vez, se distribuye entre el número de habitantes, se obtiene el factor de caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor de caudal medio está entre estos dos límites, se utiliza el valor calculado; en cambio, si el cálculo del factor de caudal medio es menor o mayor a los límites, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso del valor calculado.

$$Q_{\text{sanitario}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c.ilicidas}} + Q_{\text{industrial}}$$

$$F_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{\text{Num.hab.}}$$

Donde:

Fqm = factor de caudal medio

Q_{sanitario} = Caudal sanitario

Núm. hab. = número de habitantes futuros **2.9105 Lts/s**

Ejemplo:

$$Q_{\text{sanitario}} = 2.9105 \text{ Lts/s} + 0.1302 \text{ Lts/s} + 0 + 0.291 \text{ Lts/s} + 0.9259 \text{ Lts/s} = \mathbf{4.2576 \text{ Lts/s}}$$

$$F_{qm} = \frac{4.2576 \text{ Lts/s}}{2515 \text{ Hab}} = \mathbf{0.002}$$

2.1.6.11 Factor de Harmond

El factor de Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado. Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas en que más se utiliza el sistema de drenaje. Se debe calcular para cada tramo de la red. Su fórmula es:

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

Donde:

P = población futura

FH = factor de Harmond

Ejemplo:

$$FH = \frac{18 + (2.515/1000)^{1/2}}{4 + (2.515/1000)^{1/2}} = \mathbf{3.5064}$$

2.1.6.12. Caudal de diseño

Es el caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario y será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir.

$$\mathbf{Q \text{ diseño actual} = (fqm)(FH \text{ actual})(Núm. Hab. Actual)}$$

$$\mathbf{Q \text{ diseño futuro} = (fqm)(FH \text{ futuro})(Núm. Hab. Futuro)}$$

Donde:

Fqm = Factor de caudal medio

FH = Factor de flujo instantáneo de Harmond

Es importante mencionar que el flujo que se encauzará y circulará dentro de las tuberías, al construirse el sistema con la población actual, será menor al que existirá en el sistema cuando a este se le incorporen futuras conexiones domiciliarias y otros caudales.

En este estudio, el caudal de diseño futuro será el caudal de diseño crítico, el cual se estima que sucederá al final del período de diseño, con la velocidad y el tirante de agua, para cada tramo. Se realizó también una verificación para el caudal actual, para evitar taponamientos por pequeños flujos.

2.1.7. Fundamentos hidráulicos

2.1.7.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de Manning en sistema métrico para secciones circulares, así:

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

Donde:

V = Velocidad de flujo a sección llena (m/seg)

D = Diámetro de la sección circular (plg)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad (0.010 para tubería de PVC)

Se deberá determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas, se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), donde q es el caudal de diseño entre el caudal a sección llena (Q); el resultado obtenido se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, donde se podrá encontrar las relaciones (v/V) y (d/D).

2.1.7.2. Relación de diámetros y caudales

La relación q/Q deberá ser menor o igual a 0.75, la relación d/D debe ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75 para alcantarillado sanitario. Por lo general cuando la velocidad de diseño chequea, no es necesario que la relación d/D cheque al cien por ciento, porque la misma fuerza que ejerce la velocidad de diseño hace que los desechos dentro de la tubería circulen sin ningún problema.

2.1.7.3. Relaciones hidráulicas

Para el diseño de secciones y pendientes se utilizarán secciones circulares funcionando como canales a sección parcialmente llena.

Tabla II. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

Continuación Tabla II. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

2.1.8. Parámetros de diseño hidráulico

2.1.8.1. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad para tubos de concreto es de 0.014 y para tubos de PVC es de 0.010.

2.1.8.2. Sección llena y parcialmente llena

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y poder agilizar de alguna manera los resultados de velocidad y caudal, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial.

El tirante debe de estar entre:

$$0.10 \leq d/D \leq 0.75$$

2.1.8.3. Velocidades máximas y mínimas

Se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo dentro del alcantarillado, para tuberías de PVC, trabajando a cualquier sección, sea por lo menos de 0.60 m/s.

No siempre es posible obtener esta velocidad mínima de diseño, debido a que existen ramales que sirven sólo a unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos; en tales casos, se acepta una velocidad mínima de 0.30 m/s; una velocidad menor permite que ocurra decantación de sólidos.

La velocidad máxima de diseño será de 2.50 m/s, ya que las velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedras, etc.) producen un efecto abrasivo en la tubería.

2.1.8.4. Diámetro del colector

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubos de PVC.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, utilizando en este último caso un reductor de 4" x 3" como protección de obstrucciones a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliario, la cual deberá ser de un mínimo de 12".

2.1.8.5 Profundidad del colector

La profundidad de la parte superior de la tubería, respecto del nivel de la superficie, se recomienda que sea de 1.20 metros como mínimo, para evitar que las cargas vivas dañen la tubería.

La pendiente en los tramos de la red de alcantarillado debe ajustarse para seguir un perfil similar al del terreno natural, evitándose así, excavaciones muy profundas.

2.1.8.6 Ancho de zanja

Tabla III. Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro (m)

Prof. De zanja (m)	De 0.0 a 1.30	De 1.31a 1.85	De 1.86a 2.35	De 2.36a 2.85	De 2.86a 3.35	De 3.36a 3.85	De 3.86a 4.35	De 4.36a 4.85	De 4.86a 5.35	De 5.36a 5.85	De 5.86a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12"		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15"		90	90	90	90	90	110	90	90	90	90
18"		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21"		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
24"		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
30"		135	155	155	155	155	175	155	155	155	155
36"			175	175	175	175	180	175	175	175	175
42"				190	190	190	210	180	180	190	190
48"				210	210	210	245	210	210	210	210
60"				245	245	245	280	245	245	245	245

2.1.8.7 Cotas invert

La cota invert es la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para calcularlas, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Al diseñar el sistema de drenaje sanitario, se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a las cotas invert de entrada y de salida de las tuberías en los pozos de visita:

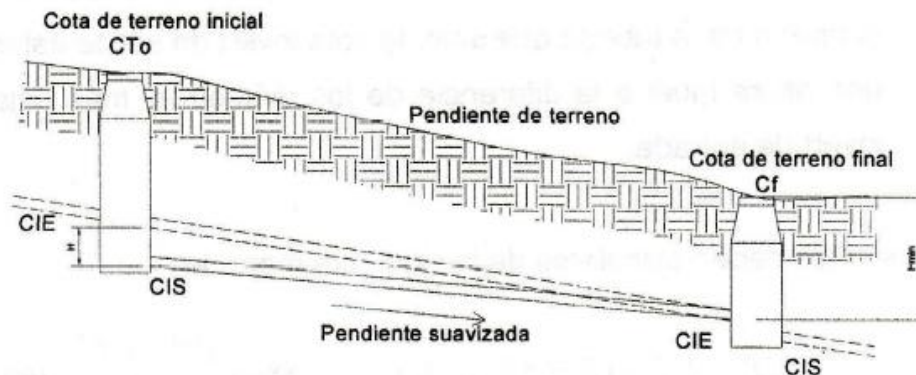
1.- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 centímetros debajo de la cota invert de entrada.

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

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

4.- Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es diferente diámetro a las que ingresan en este, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

Figura 4. Caso especial de cota invert



Continuaciòn figura 4.

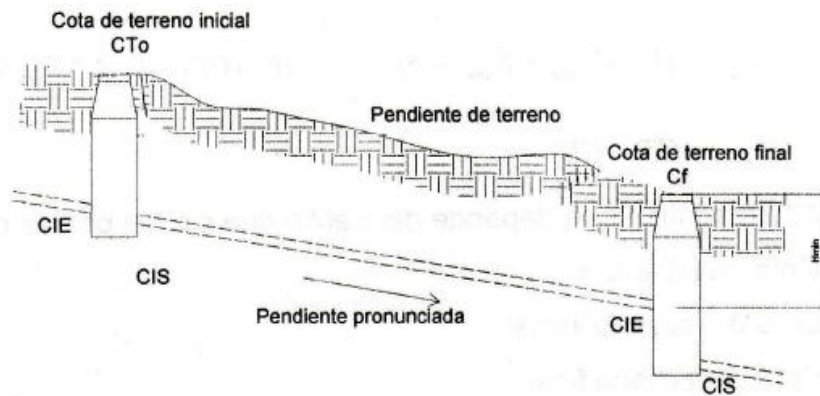


Tabla IV. Profundidad mínima de cota invert (m)

Díámetro	6"	8"	10"	12"
Tráfico normal	1.10	1.20	1.28	1.38
Tráfico pesado	1.20	1.40	1.58	1.61

2.1.9. Ejemplo de diseño de un tramo

Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se realiza en una hoja de cálculo, ver Tabla en los anexos. A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para el tramo entre los pozos 18 y 19.

Datos:

Cota del terreno inicial: 613.63 m

Cota del terreno final: 611.4 m

Longitud: 56.00 m

Factor de caudal medio: 0.002

Cota invert de salida anterior: 612.23 m

Pendiente del tubo: 3.89 %

Diámetro del tubo: 6 pulgadas

Pendiente del terreno natural = $(613.63 - 611.40) * 100 / 56.00 = 3.9821 \%$

Cota invert inicial = $612.23 - 0.05 = 612.18 \text{ m}$

Cota invert final = $612.18 - (3.89\% * 56.00) / 100 = 610.00 \text{ m}$

Altura pozo inicio = $613.63 - 612.18 = 1.45 \text{ m}$

Altura pozo final = $611.40 - 610.00 = 1.6132 \text{ m}$

Factor de Harmond = F.H. = $(18 + (1376/1000)^{(1/2)}) / (4 + (1376/1000)^{(1/2)})$
= 3.7063

Caudal de diseño = $(1367 \text{ hab}) * (0.002) * (3.7063) = 10.2016 \text{ Lt/s}$

Relación $q/Q = 10.2016 / 40.7353 = 0.250437$

Relación $v/V = 0.831531$

Relación $d/D = 0.34100$

Velocidad a sección llena = 2.2331 m/s

Velocidad relativa $2.2331 * 0.831531 = 1.85689 \text{ m/s}$.

La velocidad cumple con los rangos, mínimo y máximo, establecidos en las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados INFOM-2001 para tuberías de PVC.

2.1.10. Desfogue

Para el desfogue se escogió el lugar más bajo del terreno donde existe espacio para colocar una planta de tratamiento, el cual debe tener como mínimo un tratamiento primario, como una fosa séptica, para luego ser enviado al cuerpo receptor de la descarga.

2.1.11. Selección del tipo de tratamiento

Tanques sépticos

El tanque séptico con su sistema de eliminación de efluentes (sistema de infiltración), presenta muchas de las ventajas del alcantarillado tradicional. No obstante, es más costoso que la mayor parte de los sistemas de saneamiento in situ. También requiere agua corriente en cantidad suficiente para que arrastre todos los desechos a través de los desagües hasta el tanque.

Los desechos de las letrinas con arrastre hidráulico, y quizás también de las cocinas y de los baños, llegan a través de desagües a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial. Tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración. Muchos de los problemas que plantean los tanques sépticos se deben a que no se tiene suficientemente en cuenta la eliminación del efluente procedente del tanque séptico.

Uno de los principales objetivos del diseño del tanque séptico es crear dentro de este una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser grande.

Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados.

La grasa, el aceite y otros materiales menos densos que flotan en la superficie del agua formando una capa de espuma pueden llegar a endurecerse considerablemente. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos.

Consideraciones que se deben tomar en cuenta

Ventajas

- Es apropiado para comunidades rurales, edificaciones, condominios, hospitales, etc.
- Su limpieza no es frecuente.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Presenta un mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento, si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.

Desventajas

- Es de uso limitado para un máximo de 350 habitantes.
- También de uso limitado debido a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo.
- Requiere equipo para la remoción de lodos (bombas, camiones con bombas de vacío, etc.).

Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5,000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que

integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión de lodos
- Área de ventilación y acumulación de natas

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueve gran parte de los sólidos sedimentables; estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y entierran, o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

Consideraciones que se deben tomar en cuenta:

Ventajas

- Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales.
- El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos; esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes.

Desventajas

- Son estructuras profundas (>6m).
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados.

Laguna de estabilización

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realizará en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias; y así sucesivamente las lagunas de estabilización se pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, etc. A las lagunas de grado más allá del segundo, también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.

El proceso que se lleva a cabo en las lagunas facultativas es diferente del que ocurre en las lagunas anaerobias. Sin embargo, ambos son útiles y efectivos

en la estabilización de la materia orgánica y en la reducción de los organismos patógenos originalmente presentes en las aguas residuales. La estabilización de la materia orgánica se llevará a cabo a través de la acción de organismos aerobios cuando hay oxígeno disuelto; estos últimos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de la materia orgánica que están degradando. Existen algunos organismos con capacidad de adaptación a ambos ambientes, los cuales reciben el nombre de facultativos. La estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales se puede realizar en forma aeróbica o anaeróbica, según haya o no oxígeno disuelto en el agua.

Consideraciones tener en cuenta

Ventajas

- Pueden recibir y retener grandes cantidades de agua residual, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tratamientos.
- Formación de biomasa más efectiva y variada que en los procesos de tratamiento con tanque séptico y tanque imhoff.
- No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.
- Debido a los tiempos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.

Desventajas

- Requieren de grandes áreas de terreno para su implantación.
- Es un sistema sensible a las condiciones climáticas.
- Puede producir vectores.
- No permite modificaciones en las condiciones de proceso.

2.1.12. Propuesta de tratamiento

En la propuesta de tratamiento para las aguas residuales del sector lan Tarrales existen varios factores importantes que se deben tomar en cuenta para la determinación del mismo. Dichos factores van asociados con:

- Eficiencia
- Economía
- Operación y mantenimiento
- Factibilidad

Con base en lo anteriormente expuesto, se optó por elegir un sistema de tratamiento primario, siendo este una fosa séptica.

2.1.12.1. Diseño de fosas sépticas

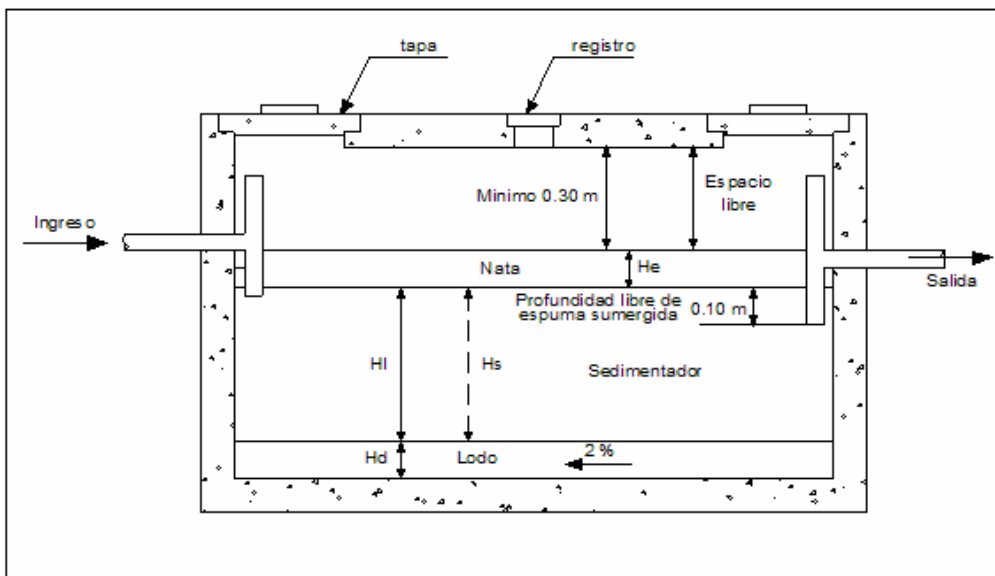
A continuación se presentan los siguientes criterios a seguir para el diseño de una fosa séptica.

- a) Entre el nivel superior de natas y la superficie inferior de la losa de cubierta deberá quedar un espacio libre de 300 mm, como mínimo.
- b) El ancho del tanque deberá ser de 0,60 m, por los menos, ya que ese es el espacio más pequeño en que puede trabajar una persona durante la construcción o las operaciones de limpieza.
- c) La profundidad neta no deberá ser menor a 0,75 m.
- d) La relación entre el largo y ancho deberá ser como mínimo de 2:1.

- e) En general, la profundidad no deberá ser superior a la longitud total.
- f) El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100 mm (4").
- g) El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05 m por debajo de la tubería de entrada.
- h) Los dispositivos de entrada y salida de agua residual al tanque séptico estarán constituidos por Tees o pantallas.
- i) Cuando se usen pantallas, éstas deberán estar distanciadas de las paredes del tanque a no menos de 0,20 m ni mayor a 0,30 m.
- j) La prolongación de los ramales del fondo de las Tees o pantallas de entrada o salida, serán calculadas por la fórmula $(0,47/A+0,10)$.
- k) La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque séptico.
- l) Cuando el tanque tenga más de un compartimiento, las interconexiones entre compartimientos consecutivos se proyectarán de tal manera que evite el paso de natas y lodos.
- m) Si el tanque séptico tiene un ancho W , la longitud del primer compartimiento debe ser $2W$ y la del segundo W .

- n) El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2%, orientada al punto de ingreso de los líquidos.
- o) El techo de los tanques sépticos deberá estar dotado de losas removibles y registros de inspección de 150 mm de diámetro.

Figura 5. Fosa séptica



2.1.12.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción

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

$$H = \frac{K1 * N}{3.1416 * D}$$

H= Profundidad del pozo (m)

K = Coeficiente de absorción (M²/hab/día)

N= Número de persona servidas

D= Diámetro del pozo (m)

2.1.13. Administración, operación y mantenimiento

Consiste en la aplicación de técnicas para mantener el alcantarillado en buenas condiciones y así garantizar el funcionamiento normal del sistema. El tiempo recomendado para inspeccionar el funcionamiento del sistema debe ser en espacios no mayores a los 3 meses.

Algunos de los elementos que necesitan inspección y mantenimiento en el alcantarillado se mencionan a continuación:

- Conexión domiciliar

Posibles problemas:

Tapadera de la candela en mal estado

Tubería parcialmente tapada

Tubería totalmente tapada

Conexiones de agua de lluvia en la tubería

Soluciones y reparaciones

Reparar la tapadera de la candela o en su efecto cambiarla por una nueva, ya que de no hacerlo corre peligro de que se introduzca tierra y basura a la tubería y provocar taponamientos en la misma.

La tubería parcialmente tapada puede ser provocada por la introducción de basura o tierra en esta, se verifica en la candela que cuando se vierta agua no corra libremente. Se vierte una cantidad suficiente de agua en forma brusca para que el taponamiento se despeje y corra el agua sin mayor problema.

Si la tubería esta totalmente tapada, no corre nada de agua en la tubería y se estanca en la candela, se vierte una cantidad de agua en forma brusca para que el taponamiento sea despejado. Si el taponamiento persiste, introducir una guía metálica para tratar de quitar el taponamiento y luego introducir nuevamente una cantidad de agua para que el taponamiento desaparezca. Si persiste el problema; se introduce nuevamente la guía, se verifica la distancia donde se encuentra el taponamiento, luego se excava en el lugar marcado, se descubre el tubo para poder destaparlo y repararlo, para que las aguas corran libremente.

Las conexiones de agua de lluvia provocan que se saturen las tuberías ya que no fueron diseñadas para llevar esta agua. Se procede a cancelar la conexión de agua de lluvia a la conexión domiciliar.

- Línea central

Posibles problemas

Tubería parcialmente tapada

Tubería totalmente tapada

Soluciones y reparaciones: para descubrir los taponamientos se pueden hacer dos pruebas para identificarlos.

Prueba de reflejo:

Consiste en colocar una linterna en un pozo de visita y chequear el reflejo de la misma en el siguiente pozo de visita, si no es percibido claramente existe un taponamiento parcial, y si no se percibe en lo absoluto significa que existe un taponamiento total.

Solución: se vierte agua en el pozo de visita a presión, luego se hace de nuevo la prueba de reflejo y se verifica si el taponamiento se despejó y deja ver claramente el reflejo.

Prueba de corrimiento de flujo: se vierte una cantidad determinada de agua en un pozo de visita y se verifica el corrimiento de agua en el siguiente pozo y que la corriente sea normal. Si es un corrimiento muy lento existe un taponamiento parcial y si no sale nada de agua en el pozo es que existe un taponamiento total.

Solución: se logra despejar el taponamiento por la presión de agua, se introduce una guía para localizarlo y se procede a excavar y descubrir la tubería para sacar la basura o tierra que provoca el taponamiento.

- Pozo de visita
- Posibles problemas
- Acumulación de residuos y lodos
- Deterioro de pozo
- Tapadera del pozo en mal estado

Soluciones y reparaciones:

Al inspeccionar los pozos de visita se puede constatar que no existan lodos ni desechos acumulados que puedan obstruir el paso de las aguas negras. Se procede a quitar los lodos y residuos para dar paso libre a las aguas.

2.1.14. Evaluación socioeconómica

2.1.14.1. Valor presente neto

El valor presente neto (V.P.N.) es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión vale la pena o no realizarla, y no hacer una mala inversión que provoque pérdidas en el futuro. El valor presente neto da tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$\text{VPN} < 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} > 0$$

- Cuando el $\text{VPN} < 0$, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable.
- Cuando el $\text{VPN} = 0$ indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.
- Cuando el $\text{VPN} > 0$, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el % de utilidad. Para los proyectos que se están realizando, el valor presente neto es un número negativo, que no produce ninguna utilidad, cumpliendo son su objetivo de carácter social.

Para el caso del drenaje sanitario de la comunidad Chocolá, sector Ian Tarrales se pretende invertir Q 1,529,158.66 en la ejecución del mismo, el cual consta de 148 conexiones domiciliarias y un costo mensual de mantenimiento de Q1,200.00; además se estima tener los siguientes ingresos: La instalación de la acometida corresponde a un pago único de Q120.00 por vivienda; también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q6.00. Suponiendo una tasa del 14%

anual, al final de los 30 años de vida útil, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

Tabla V. Tabulación de datos de operación proyecto lan Tarrales

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo inicial		Q 1,529,158.65
Ingreso inicial	(Q120/viv*148viv)	Q 17,760.00
Costos anuales	(Q1200.00)*(12meses)	Q 14,400.00
Ingreso anual	(Q6.00/viv)*(148Viv)*(12meses)	Q 10,656.00
Vida útil		30 años

Para analizar este proyecto se utiliza el método de línea de tiempo ya que es el más práctico, situando los ingresos y egresos y trasladándolos posteriormente al valor presente; se usará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, entonces se tiene que:

$$VPN = - 1,529,158.65 + 17,760 - 14,400 (1 + 0.14)^{-30} + 10,656 (1 + 0.14)^{-30}$$

$$VPN = - 1,702,156.20$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social.

2.1.14.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno se define como la tasa en la cual el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene pérdidas ni ganancias. El cálculo de la tasa interna de retorno se puede realizar proponiendo dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a encontrar las respectivas cantidades que representen el valor presente neto.

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

Para el caso del proyecto de diseño de alcantarillado sanitario en la comunidad de Chocolà sector Ian Tarrales:

a) Se utiliza una tasa de interés del 12%

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -1,529,158.65 + 17,760 - 14,400 (1 + 0.12)^{30} + 10,656 (1 + 0.12)^{30} \\ \text{VPN} &= -1,623,568.55 \end{aligned}$$

b) Se utiliza una tasa de interés del 14%

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= -1,529,158.65 + 17,760 - 14,400 (1 + 0.14)^{30} + 10,656 (1 + 0.14)^{30} \\ \text{VPN} &= -1,702,156.20 \end{aligned}$$

Se usa la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca.

$$12\% \rightarrow -1,623,568.55$$

$$i\% \rightarrow 0$$

$$14\% \rightarrow -1,702,156.20$$

Se utiliza la proporción entre diferencias que se correspondan:

$$\frac{14 - i}{14 - 12} = \frac{1,623,568.55}{1,623,568.55 - (-1,623,568.55)}$$

$$i = -20.65\%$$

2.1.15. Evaluación de impacto ambiental

2.1.15.1. En construcción

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

- El suelo
- El agua
- El aire

Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo las que deberán llenarse en el tiempo más corto posible, compactándose, adecuadamente, las mismas, para evitar el arrastre de partículas por el viento.

2.1.15.2. En operación

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

- Deberá de capacitarse a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.
- Los trabajadores que se encargan de darle mantenimiento al sistema deben tener conocimientos sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evita la creación de basureros clandestinos.

Matriz de Leopold

Para identificar y valorar los impactos positivos y negativos que producirá el proyecto propuesto como la construcción de una carretera de pavimento rígido, se utilizará el método de la matriz de Leopold.

En resumen, analizando la tabla XVI, las actividades prioritarias que tendrán que atenderse con medidas de prevención, mitigación y/o compensación, son ordenadamente de mayor a menor ponderación las siguientes: habitantes de la zona de influencia especialmente aquellos que se encuentran ocupando el derecho de vía, geología y geomorfología, seguridad vial, suelos, hidrogeología, vegetación, paisaje y calidad del aire. Se estima la generación de cien impactos significativos distribuidos de la siguiente manera: treinta y dos impactos negativos, cincuenta y tres que pueden ser negativos o positivos y cincuenta y tres impactos positivos.

Aparentemente, el balance de impactos es positivo, ya que la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario trae mucho beneficio al medio ambiente en dicha comunidad.

Tabla VI. Matriz de Leopold

FACTORES IMPACTADOS CON MAYOR INTENSIDAD	ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																			
	FASE DE IMPLEMENTACION				FASE DE CONSTRUCCION								FASE DE FUNCIONAMIENTO							
	a. TRABAJOS PRELIMINARES	b. EXCAVACION	c. SENALIZACION	a. CONSTRUCCION DE POZOS DE VISITA	b. CONSTRUCCION DE ACOMETIDAS	c. INTRODUCCION DE TUBERIA PRINCIPAL	d. INTRODUCCION DE TUBERIA SECUNDARIA	e. TRANSPORTE DE MATERIALES	f. CONSTRUCCION DE PLANTA DE TRATAMIENTO	g. RELLENO	h. RECONFORMACION Y COMPACTACION	i. DESALJO	a. UTILIZACION DEL DRENAJE	b. MANTENIMIENTO DE L DRENAJE Y PLANTA DE TRATAMIENTO	c. UTILIZACION DE PLANTA DE TRATAMIENTO					
1	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
NO SE PRODUCE NINGUN EFECTO																				
FACTORES AMBIENTALES																				
a. SUELOS	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
b. GEOMORFOLOGIA	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
c. GEOLOGIA	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
d. HIDROLOGIA	2	2		2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
e. HIDROGEOLOGIA				2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
f. CALIDAD DEL AIRE				2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
g. TEMPERATURA																				
h. VEGETACION		3				2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
i. FAUNA		3				2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
j. AGRICULTURA	2	3				2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
k. ZONA COMERCIAL			2																	
l. PAISAJES	2	2	2			3	3				3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
m. ESTILO DE VIDA DE LOS HABITANTES DE LA ZONA	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
n. EMPLEO				2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
o. SEGURIDAD VIAL		3																		
p. RED DE TRANSPORTES																				
q. RUIDO																				

2.1.16. Planos

Los planos se encontrarán en anexos

2.1.17. Presupuesto

Tabla VII. Presupuesto de drenaje sanitario

DRENAJE SANITARIO CHOCOLÁ - SECTOR IAN TARRALES MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPILAS, SUCHITEPÉQUEZ
--

RESUMEN DE PRESUPUESTO GENERAL POR RENGLÓN

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	Preliminares	2,176	ml	Q 5.29	Q 11,512.12
3	Colector principal 8"	340	ml	Q 472.39	Q 160,613.60
4	Colector principal 6"	1,836	ml	Q 411.34	Q 755,218.40
5	Pozos de visita	44	unidad	Q 9,514.25	Q 418,627.00
6	Conexiones domiciliarias	148	unidad	Q 1,237.75	Q 183,187.54

Total Proyecto	Q 1,529,158.65
-----------------------	-----------------------

Valor por Kilómetro	Q 702,738.35
----------------------------	---------------------

MI COLECTOR

2.176

Km

2.1.18. Cronograma de ejecución e inversión

Tabla VIII. Cronograma de ejecución de alcantarillado sanitario

CRONOGRAMA DE EJECUCION E INVERSION DESGLOSADO

Proyecto: **ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR IAN TARRALES**
 Municipio: **SAN PABLO JOCOPILAS**
 Departamento: **SUCHITEPEQUEZ**
 Tiempo de Ejecución: **5 MESES**

CRONOGRAMA DE EJECUCION E INVERSION

No.	REGLONES DE TRABAJO	INVERSION	M															E					S						
			1			2			3			4			5			4			3			2			1		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5	
1.00	MANO DE OBRA Y MATERIALES																												
1.1	PRELIMINARES	Q. 11,512.12																											
1.2	COLECTOR PRINCIPAL 6"	Q. 755,218.40																											
1.3	COLECTOR PRINCIPAL 8"	Q. 160,613.60																											
1.4	POZOS DE VISITA	Q. 418,627.00																											
1.5	CONEXIONES DOMICILIARES	Q. 183,187.64																											
	COSTO TOTAL PROYECTO	Q. 1,529,158.65	Q. 2,878.03	Q. 2,878.03	Q. 111,834.01	Q. 111,834.01	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 108,955.98	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	Q. 53,510.84	
	INVERSION SEMANAL																												
																												Q. 1,529,158.65	

2.2. Diseño de pavimento rígido para la comunidad la Ladrillera

2.2.1. Periodo de diseño

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar los costos, a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período; así se invertiría menos en dos dispositivos cuyos periodos de diseño sumen el período del primer dispositivo.

La municipalidad de San Pablo Jocopilas, departamento de Suchitepéquez adoptó para este proyecto de infraestructura, un período de diseño de 20 años; por lo cual, en el presente trabajo se utilizó este dato.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Una de las bases fundamentales en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar antes de la ejecución de un proyecto determinado.

2.2.2.1. Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el Norte para su orientación.

En la medición de planimetría de los proyectos se utilizó el método de conservación del azimut, que consiste en tomar un azimut inicial referido al

norte y fijando este con una vuelta de campana en la vista atrás; se toma la medida hacia la siguiente estación.

Se utilizó éste método por ser muy exacto, utilizando para ello, un teodolito de precisión marca Sokkisha TM 20c, una plomada, estadal, trípode, cinta métrica y estacas.

2.2.2.2. Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano vertical la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente con base en un banco de marca o punto de referencia, a todo este procedimiento se le llama nivelación. Para el levantamiento se utilizo un nivel marca Leica modelo WILD NA20, un estadal, plomada y cinta métrica.

2.2.3. Análisis de tránsito de carretera

2.2.3.1. Vehículos de diseño

Los vehículos automotores que circulan por las carreteras regionales admiten que, en primer término, se ubiquen en un extremo los vehículos livianos que son los más numerosos en la corriente vehicular e incluyen los automóviles compactos y subcompactos, los jeeps, las camionetas agrícolas y los pick-ups, siendo todos ellos representados por el automóvil tipo; mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación, no admiten una sola representación sino requieren ser desglosados para su correcta

identificación, como elementos condicionantes de algunos aspectos de diseño geométrico de las carreteras.

Mención aparte por sus características muy propias, merecen las combinaciones de vehículos que operan en el transporte de la caña de azúcar hacia los ingenios de temporada de zafra, operando en las carreteras dentro de áreas restringidas a su zona de influencia. Se trata de la combinación de una unidad de tracción de gran potencia, arrastra enganchados dos pesados remolques hasta de 40 pies de longitud, provisto cada uno de cuatro ejes, o un semirremolque con un remolque. La configuración de la sección transversal de estos remolques se ensancha desde la base hacia arriba, para facilitar la operación de carga de las unidades e incrementar su capacidad de carga viva, reduciendo de paso el espacio libre de los carriles contiguos y, con su movimiento bamboleante, aportando su cuota de inseguridad a la circulación del tránsito general por dichas carreteras.

En correspondencia con la simbología que utiliza la AASHTO, en su manual de diseño geométrico, cabría seleccionar cinco vehículos tipo para el diseño de las carreteras regionales. El vehículo tipo P corresponde a la categoría de vehículos livianos, que representa el automóvil. El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo, representado por el autobús sencillo, corresponde al tipo BUS. El camión de tres ejes no aparece en la clasificación de la AASHTO, pero puede asemejarse al camión sencillo de dos ejes identificado como SU, por ser más restrictivo que los vehículos articulados de carga, se puede escoger para diseño, por semejanza, el vehículo tipo WB-19 (Semirremolque interestatal), que utiliza su semirremolque de 14.6 metros de largo (48 pies) y fue adoptado como vehículo de diseño según la ley federal Norteamérica de transporte por Superficie de 1982, aunque igualmente se puede considerar un vehículo tipo WB-20 que está provisto de

un semirremolque de 16.2 metros de longitud (53 pies), que en algunas esporádicas ocasiones ha hecho presencia en la carretera de la región.

En un rango intermedio entre los tipos extremos de vehículos para el transporte de carga, se puede considerar el vehículo identificado como WB-15, que puede cargar contenedores de 6.1 y 9.1 metros de longitud (20 y 30 pies). Conforme la tabla I de las AASHTO, siendo oportuno destacar que los vehículos pesados, de pasajeros o de carga, tienen ya un ancho máximo de diseño de 2.6 metros, mientras el Acuerdo Centroamericano sobre Circulación por Carreteras de 1958, en proceso de revisión, limita el mismo a 2.5 metros.

Tabla IX. Dimensiones de los vehículos de diseño (metros)

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Ancho	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Longitud	5.8	12.1	9.1	16.7	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9	2.1	1.2	0.9	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5	2.4	1.8	0.6	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4	7.6	6.1	6.1	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1	12.8	14.3

Tabla X. Radio mínimo de giro de los vehículos de diseños (metros)

VEHÍCULOS - TIPO	RADIO INTERIOR (M)	RADIO DE DISEÑO (M)
Automóvil, P	4.2	7.3
Autobús sencillo, BUS	7.4	12.8
Camión sencillo, SU	8.5	12.8
Camión articulado, WB-15	5.8	13.7
Camión articulado, WB-19	2.8	13.7
Camión articulado, WB-20	0	13.7

Los radios mínimos de giro para dicho vehículo de diseños, giros que deben realizarse a velocidades menores de 15 kilómetros por hora.

2.2.3.2. Los volúmenes de tránsito

Se refiere a la cantidad de vehículos de motor que transita por un camino en determinado tiempo. Las unidades comúnmente utilizadas son: vehículos por hora o vehículos por día. Se llama Tránsito Promedio Diario (T.P.D.) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo. Normalmente este período es el de un año.

2.2.3.2.1 El tránsito promedio diario anual (TPDA)

Unos de los elementos primarios para el diseño de las carreteras es el volumen del tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período determinado, que es mayor de

un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

Tratándose de un promedio simple, el TPDA no refleja las variaciones extremas que, por el límite superior, pueden llegar a duplicar los volúmenes promedios del tránsito en algunas carreteras, razón por la cual en las estaciones permanentes de registro de volúmenes se deben medir y analizar las fluctuaciones del tránsito a lo largo de los diferentes períodos del año, sean estos semanales, mensuales o estacionales. No obstante, se ha tomado el TPDA como un indicador numérico para diseño, tanto por constituir una medida característica de la circulación de vehículos, como por su facilidad de obtención. Constituye así el TPDA un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transportes de personas y de mercancía), que se sirven de la carretera existente como su tránsito normal y que continuarán haciendo uso de la misma una vez sea mejorada o ampliada, o que se estima utilizarán la carretera nueva al entrar en servicio para los usuarios.

2.2.3.2.2 Las velocidades

La velocidad de una carretera guarda directa relación de dependencia de cuatro factores, distintos a los que particularizan al conductor y su vehículo, que son las características físicas de dicha carretera, las condiciones climáticas en su entorno, la presencia o indiferencia de otros vehículos en la corriente del tránsito y los límites vigentes de velocidad, sean estos de carácter legal o relacionados con el empleo de los dispositivos usuales para el control del flujo vehicular.

En la práctica vial se hace referencia usualmente a tres tipos de velocidades: de operaciones, de diseño y de ruedo.

2.2.3.2.3 Velocidad de operación

La velocidad de operación es la máxima velocidad a la cual un conductor puede viajar por una carretera dada, bajo condiciones climáticas favorables y las condiciones prevalecientes del tránsito, sin que en ningún momento se excedan los límites de seguridad que determinan la velocidad de diseño, sección por sección, de dicha carretera.

2.2.3.2.4 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

En principio, las carreteras deben diseñarse para las mayores velocidades que sean compatibles con los niveles deseados de seguridad vial, movilidad y eficiencia, tomando en cuenta las restricciones ambientales, económicas, estéticas y los impactos sociales y políticos de tales decisiones. La velocidad de diseño debe ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio. En una carretera secundaria, con condiciones topográficas favorables, por ejemplo, donde los conductores operan a velocidades relativamente altas, dada su percepción de las condiciones físicas y operativas de la vía, es impropio aplicar una baja velocidad de diseños por los riesgos que acarrearía en materia de seguridad.

2.2.3.2.5. Velocidad de ruedo

La velocidad de ruedo es la velocidad promedio de un vehículo en un determinado tramo de carretera, obtenida mediante la relación de la distancia recorrida a lo largo de dicho tramo con el tiempo efectivo de ruedo del vehículo, esto, sin incluir paradas; constituyen una buena medida del servicio que la carretera referida brinda al usuario.

En carreteras de bajos volúmenes de tránsito, las velocidades promedio de ruedo se aproximan a las velocidades de diseño y llegan a representar entre 90 y 95 por ciento de estas. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan, aumenta igualmente la fricción entre los vehículos en la corriente vehicular y se reducen sensiblemente las velocidades de ruedo, hasta que en su mínima expresión los volúmenes alcanzan niveles de congestionamiento que, deseablemente, deben evitarse por todos los medios disponibles en un proyecto vial.

2.2.4 Estudio de suelos

2.2.4.1 Generalidades

En la construcción de vías terrestres es indispensable la aplicación de los principios de la mecánica de suelos, ya que la investigación de las propiedades de los suelos, no puede ser ajena a ninguna de las etapas de su proyecto.

En la construcción de carreteras, para economizar recursos, es esencial proyectar basándose en el conocimiento de las propiedades de los suelos encontrados en el lugar donde esta se construirá.

2.2.4.1.1 Características físicas de los suelos

a. Tamaños de las partículas

El tamaño de las partículas es básico para hacer una clasificación de suelo. El tamaño de las partículas lo determina la composición minera-lógica que posee un determinado suelo.

b. Peso específico

El peso específico de un material es la relación que existe entre el peso de los sólidos del material y el peso del volumen de agua que dicho sólido desalojado.

c. Estructura

La estructura de un suelo es determinada en su comportamiento mecánico, sobre todo cuando se trata de arcillas, ya que estas bajo condiciones de humedad y la acción de fuerzas exteriores, pueden modificar su estructura y alterar el volumen de vacíos, dando como resultado una desestabilidad del suelo.

d. Distribución de las diferentes partículas

De la distribución de las diferentes partículas que componen un suelo, como piedra, grava, arena, limos y arcillas, determinar los diferentes

porcentajes de material granular y fino que contiene un suelo se denomina: análisis granulométrico, el cual se lleva a cabo por medio de tamices.

e. Contenido de humedad

Es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra seca.

f. Porosidad y contenido vacío

Además de las partículas sólidas, los suelos contienen un porcentaje de vacío que pueden estar llenos de aire y/o agua.

g. Dureza o porcentaje de desgaste

Es muy importante conocer la forma como se comportan los agregados bajo la acción del tránsito, por lo que rocas trituradas, las gravas naturales y las gravas trituradas, deben de someterse a una prueba de desgaste, la que se efectúa con el equipo denominado máquina de desgaste Los Ángeles.

h. Permeabilidad

Es la propiedad que tiene un suelo de permitir el paso del agua por sus poros.

i. Capilaridad

Esta se basa en el principio de ascensión capilar, caracterizada porque dicha ascensión es inversamente proporcional al diámetro de los tubos formados por los vacíos del suelo y en la construcción o mantenimiento de pavimentos.

Estas condiciones se deben tomar en cuenta, ya que un gran porcentaje de suelos, está formado por arcillas o limos arcillosos.

2.2.4.1.2 Capacidad de carga de los suelos

Para construir una capa de sub-rasante debe cumplirse con los requisitos siguientes:

1.- Hacer un estudio de suelos para determinar las características del terreno natural y la posibilidad de utilizarlo como material de relleno.

2.- Adaptar las características geométricas de las capas de apoyo, ancho, profundidad y pendiente lateral, a las características del suelo que se va utilizar.

3.- Se deben considerar los efectos de humedad, ya que una condición esencial para la estabilidad del suelo y la capa de apoyo, es que estén libres de humedad excesiva.

4.- La condición gradual de humedad durante el proceso de compactación disminuye la tensión superficial entre los granos del suelo, permitiendo que las partículas se consoliden más estrechamente aumentando la densidad y la estabilidad del suelo, con mayor resistencia al corte y menos espacio para la humedad. Agregando agua después de una cantidad ideal de humedad, se llega a un punto en que las partículas se separan, dando lugar a una capa menos densa y menos estable.

5.- Diseñar un buen sistema de drenaje, ya que este es sin duda el factor más importante que contribuye a la estabilidad, debido a que se requiere que el agua se mantenga lejos de la estructura de la capa de apoyo.

Es necesario entonces colocar alcantarillas, cunetas revestidas y sub-drenajes, para evacuar el agua rápidamente, evitándose estancamientos cercanos que pueden provocar saturación en la estructura de apoyo del pavimento.

2.2.4.2. Ensayos de laboratorio de suelos

Los ensayos de suelo están muy asociados con los proyectos de carreteras.

Un buen programa de estudio de suelo deberá abarcar:

- a. Tomar muestra de materiales representativos
- b. Realización de los ensayos respectivos y,
- c. Proveer los datos obtenidos para el proyecto.

Es importante identificar los suelos, porque se logrará mucho si los materiales están adecuadamente identificados desde el principio.

La persona encargada del estudio, decidirá los tipos de suelos de los que han de tomarse muestras, su número, cómo y cuándo han de ser tomados.

Los procedimientos de ensayo se hacen para la clasificación general de los suelos, para el control de la construcción y para determinar la resistencia del suelo.

Los ensayos generales, se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados, adecuadamente. Estos ensayos son:

ensayos del peso específico, análisis granulométrico y ensayos de consistencia.

Los ensayos para inspección o control, se usan para asegurar que los suelos se compacten adecuadamente, durante la construcción, de modo que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto; estas son: ensayos del contenido de humedad, determinación del peso unitario o densidad y ensayo de compactación para el contenido de humedad.

Los ensayos de resistencia se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y son adecuados para usarlos en la construcción; el más importante es el California Bearing Ratio, C.B.R.

2.2.4.2.1 Análisis granulométrico

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Los resultados de este análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

Los análisis granulométricos se realizarán mediante ensayos en el laboratorio con tamices de diferente enumeración, dependiendo de la separación de los cuadros de la maya. Los granos que pasen o se queden en el tamiz tienen sus características ya determinadas. Para el ensayo o el análisis de granos gruesos será muy recomendado el método del Tamiz; pero cuando se trata de granos finos este no es muy preciso, porque se le es más difícil a la muestra pasar por una maya tan fina; Debido a esto, para el análisis granulométrico de granos finos será bueno utilizar otro método.

La ASTM adopta las siguientes divisiones para clasificar los suelos; en esta escala las gravas corresponden a la sección de las partículas más gruesas, que incluye todos los granos mayores que el tamiz No. 4 (4.76 mm).

La arena incluye todas las partículas menores que el tamiz No. 4 y mayores que el No. 200 (0.074 mm). Los granos menores que el tamiz No. 200 son los finos.

Esta última sección se subdivide algunas veces en limos que son partículas mayores que 0.002 mm y arcillas, que son las menores que 0.002 mm; sin embargo no se puede clasificar la arcilla por el tamaño de las partículas, porque hay suelos más finos que 0.002 mm y que no contienen arcillas y en otros casos algunos granos de minerales arcillosos son mayores de 0.002 mm.

El tamaño efectivo es el diámetro por el cual pasa el 10% de las partículas de un suelo y se determina gráficamente de la curva granulométrica. La uniformidad de un suelo se puede definir por la siguiente relación:
 $C_u = D_{60}/D_{10}$

Los suelos que tienen C_u menor que 4 se dice que son uniformes; los suelos con C_u mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica.

Los porcentajes de grava, arena y finos se determinan a partir de la curva granulométrica o bien de los resultados de los porcentajes acumulativos que pasan por cada tamiz, con base en los siguientes criterios:

Grava: partículas con diámetros entre 3" y 2 mm.

Arena: partículas con diámetros entre 2 mm y 0.075 mm.

Finos: partículas de limo y arcilla con diámetros menores a 0.075 mm.

2.2.4.2.2 Límites de consistencia o de Atterberg

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.

Los límites de consistencia de los suelos están representados por su contenido de humedad.

2.2.4.2.2.1. Límite líquido (LL)

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia de estado líquido al estado plástico. El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que hayan cruzado la malla No. 40, si el espécimen es arcilloso es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores de su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

Donde:

$$L.L. = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

L.L. = límite líquido

W = % de humedad

N = número de golpes

2.2.4.2.2.2. Límite plástico (LP)

Es el estado límite del suelo ya un poco endureciendo, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm (1/8 de pulgadas) de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

2.2.4.2.2.3. Índice de plasticidad (IP)

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico según AASHTO T-90, tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico

Índice plástico = 7 entonces, el suelo tiene baja plasticidad

Índice plástico $7 \leq I.P. \leq 17$, el suelo es medianamente plástico

Dado que el índice plástico, es de cero según el resultado obtenido en el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como un suelo no plástico.

2.2.4.2.3 Ensayo de compactación o proctor modificado

Compactación es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos, para efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen disminuyendo sus vacíos. Por medio de la compactación del suelo en condiciones controladas, casi puede eliminarse el aire de los poros y llevar el terreno a unas condiciones en las que será menor la tendencia a que se produzcan posteriores cambios de humedad.

Al compactar un suelo se obtienen las siguientes ventajas:

- a) Se establece un contacto más firme entre las partículas.

- b) Las partículas de menor tamaño son forzadas a ocupar los vacíos formados por los de mayor dimensión.

- c) Cuando el suelo está compactado, aumenta su valor soporte y se hace más estable.

- c) Como quiera que las partículas se hallan firmemente adheridas después de la compactación, la masa del suelo será más densa y su volumen de vacíos quedará reducido a un mínimo. Por lo tanto, la capacidad absorbente (de agua) de un suelo quedará grandemente reducida por efecto de la compactación.

En resumen, se puede decir que el objetivo principal de la compactación de un suelo es mejorar sus propiedades y, en particular, aumentar su resistencia y su capacidad de carga, reducir su compresibilidad y disminuir su aptitud para absorber carga.

Métodos para determinar la humedad óptima y densidad máxima

Se determina la densidad seca de un suelo después de haberle aplicado una misma intensidad de compactación para varios contenidos diferentes de humedad. Para obtener la humedad óptima y la densidad máxima, existen diferentes métodos, que se pueden resumir en dos grupos, así:

a) Dinámicos: son aquellos, en los que la energía de compactación se aplica por medio de golpes de pisón (mazo o martillo) dinámicamente. (PROCTOR).

b) Estáticos: son aquellos métodos en que la energía de compactación se aplica por medio de presión (prensas hidráulicas) (Estático de California).

Los más usados son los dinámicos, y para el proceso de obtención de la densidad máxima y la humedad óptima sólo se describirá en detalle uno de ellos: Método AASHTO Standard T-180 (Proctor modificado), en el entendido que el llamado Proctor estándar (AASHTO T-99) difiere, casi sólo en que se usa un mazo más pequeño (de 5.5 libras de peso y 12" de caída) y se compacta en 3 capas.

AASHTO Standard T-180-Proctor modificado

- Molde de 4"
Volumen 1/30 pie cúbico (944 cm³)
Diámetro = 4" (10.16 cm.)
Altura (h) = 4.6" (11.68 cm.)

- Molde de 6"
Volumen= 1/(13.33) pie cúbico
Diámetro = 6"
Altura = 5

- Martillo:

Diámetro = 2"

Caída = 18"

Peso = 10 lbs.

Hay cuatro procedimientos alternativos:

Método A: se usa el molde de 4" con material que pasa tamiz N° 4, en cinco capas, dando 25 golpes por capa.

Método B: molde de 6". Material pasa tamiz No.4, con 5 capas; 56 golpes por capa.

Método C: molde de 4". Material pasa tamiz No.3/4", 5 capas, con 25 golpes cada una.

Método D: molde de 6". Material pasa 3/4", 5 capas con 56 golpes cada una.

Procedimiento de ensayo

a) Se amasa a fondo la muestra con agua suficiente para formar una mezcla húmeda que se desmenuza cuando se suelta, después de haber sido estrujada en la mano. Procúrese no hacer esta mezcla inicial demasiado húmeda. La experiencia indica a qué humedad aproximada debe compactarse el primer punto del Proctor.

b) Se divide la mezcla húmeda en cinco porciones aproximadamente iguales.

c) Se pesa el molde de compactar de 6" en la balanza de 20 Kg. con una aproximación de 1 gramo o en la de 35 lb con aproximación de 0.01 lb; luego se le une la placa de base y el anillo de extensión y se le coloca sobre un apoyo firme.

d) Se pone una porción de la mezcla húmeda en el molde, nivelando la superficie con la mano o con una cuchara de albañil.

e) Se coloca el pisón de compactar con guía sobre el material, dentro del molde, se eleva luego sobre el mango hasta que el mismo alcance la parte superior de la guía, entonces se suelta aquél, permitiendo que el pisón caiga libremente sobre la muestra, sin darle impulso adicional con la mano.

f) Se cambia la posición de la guía y otra vez se deja caer el pisón. Se repite el proceso cubriendo sistemáticamente la superficie entera de la muestra hasta que el pisón haya caído 56 veces.

g) Se saca el pisón del molde, se pone otra porción de la muestra en él, y se apisona como antes. Se repite todo el proceso con las otras porciones que quedan. Cada capa compactada debe ser de 2.54 cm (una pulgada) aproximadamente y la muestra compactada entera debe extenderse 1.27 cm (1/2") dentro del anillo de extensión, como mínimo. El peso de la muestra necesario para este objeto se determina por tanteo y variará con los diferentes suelos.

h) Se quita el anillo y con un cuchillo se recorta la muestra hasta enrasar con los bordes del molde de compactación. Comprobar la nivelación con la regla de acero.

i) Se quita la placa de base y se pesa el molde que contiene la muestra compactada con una aproximación de 1 gr o 0.01 Lb.

j) Se toman 2 muestras con contenido de humedad (10 ó 25 gramos cada una) del centro del material extraído del molde. Para los cálculos se usa el valor medio, si salen muy distantes habrá que descartar uno de los dos.

k) Se saca el suelo compactado del molde, se vuelve a pulverizar con el rodillo y se le coloca en un recipiente.

2.2.4.3 Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)

El valor relativo de soporte de un suelo (C.B.R) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad; se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración, en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así, poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa.

Para cilindros compactos se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión, y el porcentaje de CBR. El porcentaje analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Expansión:

A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 lb. Sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Luego se sumergen en el agua durante cuatro días, tomando lecturas a cada 24 hrs., controlando la expansión del material.

Determinación de la resistencia a la penetración

Después de haber tenido la muestra en saturación durante cuatro días, se saca del agua escurriendo durante quince minutos, se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente sobre la muestra, el peso, el extensómetro ajustado a cero con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, y se procede a tomar las lecturas de deformación.

Ya con las lecturas tomadas, se procede a encontrar por medio de fórmulas, la carga correspondiente a cada una de estas, haciendo por último el gráfico que representa nuestro suelo.

Tabla XI. Valores mínimos de C.B.R.

C.B.R.	Clasificación
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Sub-base buena
50 – 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

2.2.4.4 Análisis de resultados

Para determinar las características físicas y mecánicas de una muestra representativa del suelo de fundación o sub-rasante, es necesario que el ingeniero constructor, tenga los resultados de laboratorio de cada uno de los ensayos practicados, para que posteriormente, se proceda al análisis de los resultados obtenidos, lo cual le servirá de base para tomar las precauciones necesarias en la construcción de su obra en ejecución y aplicar criterios y métodos adecuados al tipo de suelo encontrado.

A continuación se analizan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los suelos en los que se realizarán los pavimentos.

Clasificación: S.C.U. SP-SM

Descripción = Arena limosa color café con grava.

Densidad seca máxima = 103.4 lb. / pie³

Humedad óptima = 14.7%

C.B.R. = 45.9 %

L.L. = material no plástico

I.P. = material no plástico

2.2.5 Elementos estructurales de los pavimentos

2.2.5.1. Sub-rasante

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

Los materiales que forman la sub-base deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad, dichos requisitos

dependen de las propiedades de los materiales que se determinan por ensayos debidamente normalizados, por la American Society for Testing Materials ASTM y por la American Association of State Highways Officials AASHTO.

Compactación

La sub-rasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad, hasta lograr el 95% de compactación con respecto a la densidad máxima, AASHTO T 180. La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia según AASHTO T 191; con la aprobación escrita del ingeniero, se pueden usar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

Funciones de la capa sub-rasante

Las funciones principales que se espera cumpla la capa son:

- 1) Recibir y resistir las cargas del tránsito.
- 2) Transmitir y distribuir de modo uniforme las cargas de tránsito al cuerpo del terraplén formado.
- 3) Evitar que los materiales finos-plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento. El tamaño de las partículas debe estar entre las finas correspondientes al cuerpo del terraplén y las granulares del pavimento.
- 4) Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodadura.
- 5) Uniformar los espesores del pavimento, sobre todo cuando varían los materiales de terracería a lo largo del tramo del proyecto.
- 6) Economizar espesores de pavimento, sobre todo cuando los materiales de las terracerías requieran un espesor grande.

2.2.5.2 Sub-base

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

Las principales funciones de la sub-base son:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base o en el caso de un pavimento rígido de la carpeta de rodadura.
- Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.
- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas, para que estas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

Espesores estimados de bases según su uso

Tipo de base	Usos	Espesor (cm)
Granular	Carretera	10 – 15 cm
Estabilizada	Carretera	10 – 15 cm

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

- Valor soporte: el material debe tener un C.B.R. según AASHTO T-193, mínimo de 30%, efectuado sobre una muestra saturada a 95% de compactación según AASHTO T-180, o bien un valor de plasticidad según AASHTO T-90 de mayor a 50%.
- Piedras grandes y excesos de finos: el tamaño máximo de las piedras que contengan material de sub-base no debe exceder de 7 centímetros, el material de sub-base no deber tener más del 50% en peso de partículas que pasen el tamiz No. 200 (0.075mm).
- Plasticidad y cohesión: debe tener las características siguientes: la porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425mm) no debe tener un índice de plasticidad según AASHTO T-90 mayor a 6. en el límite según AASHTO T-89 mayor de 25, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo según AASHTO T-146; cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor que 8.

2.2.5.3. Sub-base estabilizada

Es la capa de sub-base preparada y construida aplicando la técnica de estabilización de suelo, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada; suelos seleccionados de bancos aprobados, para utilizarse, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la sub-rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 centímetros, materiales vegetales, basura, terrones de arcilla sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

Los materiales estabilizadores pueden ser: cal, cemento Portland, materiales bituminosos y otros productos que llenen los requisitos siguientes:

Cal hidratada. De preferencia debe utilizarse cal hidratada que llene los requisitos de AASHTO M 216, TIPO I.

La lechada de cal, debe llenar los requisitos siguientes.

1. Composición química. El contenido de sólidos debe consistir de un mínimo de 70% en peso, de óxidos de calcio y magnesio.
2. Residuo. Es el porcentaje por peso del residuo retenido en los tamices indicados, para el contenido de sólidos de la lechada, no debe ser mayor de los límites siguientes:

Tabla XII. Porcentajes por peso retenido en los tamices

TAMIZ Núm.	ESTÁNDAR MM	MÁXIMO RESIDUO
6	3.35	0.00%
10	2	1.00%
30	0.6	2.50%

Grado de la lechada. Debe corresponder a uno de los grados siguientes:

Grado 1. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 31% del peso total de la lechada.

Grado 2. El contenido de sólidos secos no debe ser mayor de 35% del peso total de la lechada.

Granza de cal. Si se usa granza de cal, que consiste en una mezcla de cal hidratada no refinada con partículas de arena y polvillo, debe llenar los requisitos siguientes: por lo menos el 50% en peso.

Debe ser cal hidratada de conformidad con AASHTO M 216 tipo I; y la graduación de la granza determinada por el método AASHTO T 27 debe estar dentro de los límites siguientes.

**Tabla XIII. Graduación de la granza
determinado por el método AASHTO T 27**

TAMIZ Núm.	ESTÁNDAR MM	PORCENTAJE POR PESO, QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA
3/8	9.5	100
Núm. 40	0.425	60
Núm.200	0.075	45

Cal viva. Si las disposiciones especiales así lo establecen expresamente y en casos especiales, puede utilizarse cal viva, debiéndose efectuar previamente la preparación correspondiente de la misma, pulverizándola e hidratándola

adecuadamente. El tamaño máximo de los grumos no debe ser mayor de $\frac{1}{4}$ pulgadas (6.3 mm). El proceso de hidratación no debe durar menos de 24 horas.

Cemento Portland. Debe utilizarse cemento Portland que llene los requisitos de la norma AASHTO M 85 – 63 para el tipo especificado. Con la aprobación previa por escrito del ingeniero, pueden utilizarse otras clases de cementos o cementos granel.

Tabla XIV. Tipo, grado, especificación y temperatura de aplicaciones para el material bituminoso a utilizarse como estabilizador

TIPO Y GRADO DE MATERIALES BITUMINOSO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN	
		Grados Fahrenheit	Grados centígrados
1. asfaltos líquidos RC 250	AASHTO M81	80 -150	27 – 65
MC 250, SC 250	AASHTO M82 M141	140 - 170	60 – 77
RC 800, MC 800, SC 800	AASHTO M82, M 82 M 141	150 - 200	65 – 93
2. emulsiones asfálticas SS-1, CSS-1	AASHTO M 140, M208	75 - 130	24 – 55
SS 1h, CSS 1h	AASHTO M 140, M 208	75 - 130	24 – 55
3. Alquitranes RT – 5, RT – 6	AASHTO M 52	80 - 150	27 – 65
RT – 7, RT – 8, RT – 9	AASHTO M 52	150 - 225	65 – 105

2.2.5.4 Base

Sobre esta se coloca la carpeta de rodadura; las cargas transmitidas directamente de la capa de revestimiento, son distribuidas a las capas inferiores con menor intensidad.

2.2.5.4.1. Base de grava o piedra triturada

Este tipo de base debe consistir en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada con materiales de relleno, de manera que el producto obtenido corresponda a uno de los tipos de graduaciones aquí estipulados y llene además los requisitos siguientes:

a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturadas a 95% de compactación AASHTO T 180, o bien un valor R, AASHTO T 190 mayor de 85.

b. Abrasión. La porción de agregado, retenida en el tamiz No. 4 (4.75 mm.), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, según AASHTO T 96.

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

d. Impurezas. El material de base de grava o piedra triturada debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o

sustancias que incorporadas dentro de la capa de base, pueden causar fallas en el pavimento.

e. Graduación. El material para capa de base de grava o piedra trituradas, debe llenar los requisitos de graduación, determinada según AASHTO T 27 Y T 11, para uno de los tipos que se establecen a continuación.

Tabla XV. Tipos de graduación para material de capa de base de grava o piedra triturada

TAMIZ Núm.	STANDARD MM	PORCENTAJE POR PESO QUE PASA UN TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA AASHTO T 27					
		TIPO "A" 2" máximo		TIPO "B" 1 ½ "máximo		TIPO "C" 1" máximo	
		A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
2	50	100	100				
1 ½	37.5			100	100		
1	25.0	65-85	70-90	70-95	70-100	100	100
¾	19.0	50-80	50-75	55-85	60-90	70-100	70-100
3/8	9.5				45-75		50-80
No. 4	4.75	30-60	29-60	30-60	30-60	35-65	35-65
10	2.00				20-50		25-50
40	0.425	10-25	7-30	10.25	10-30	15-25	15-30
200	0.075	3-10	0-15	3-10	5-15	3-10	5-15

f. Plasticidad y cohesión. El material de base de grava o piedra triturada, en el momento de ser colocado en la carretera, debe tener en la fracción que pasa el tamiz No. 4(4.75 mm.), incluyendo el material de relleno.

2.2.5.4.2. Base estabilizada con cemento

Es la capa de base, constituida por materiales pétreos y/o suelo mezclado con cemento Portland y agua, aplicando la técnica de estabilización, con el objeto de mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, proporcionando una mejor distribución de las cargas de tránsito, a la estructura del pavimento.

2.2.5.5. Capa de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente, las capas del tránsito; se colocan encima de la base y esta formada por una mezcla bituminosa si el pavimento es flexible y por una losa de concreto si es pavimento rígido.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.2.5.5.1 Capa de desgaste o sello

Es la capa que se coloca sobre la capa de rodadura y está formada por un riesgo bituminoso con arena o piedra menuda; esta capa es optativa, no se coloca si la de rodadura es resistente al desgaste.

2.2.6. Superficie rasante

Es la que soporta el tránsito de los vehículos automotores, no siempre un pavimento se compone de todas las capas anteriormente indicadas, la ausencia

de una o varias de ellas, depende de la capacidad soporte de la sub-rasante de la clase de material a usarse, del tipo de pavimento, de la intensidad del tránsito, de la carga de diseño, etc.

2.2.7 Diseño del proyecto

2.2.7.1. Generalidades

La mayor parte de los métodos de diseño de pavimento tienen como base pruebas de laboratorio o un conjunto de pruebas, que se supone sirven como índice para presentar el comportamiento real de los pavimentos por medio de alguna correlación o conjunto de correlaciones más o menos razonables y seguras, que deben existir entre el comportamiento de los materiales en el laboratorio y en la estructura del proyecto.

Para realizar el diseño de este tramo de pavimento se aplicó el método de la AASHTO revisión 1993.

2.2.7.2. Determinación de los factores de diseño utilizados

El fin de analizar los factores de diseño es de proveer métodos que determinen los factores apropiados para la introducción del tránsito en el diseño estructural de pavimentos. Los primeros que se considerarán son el número (TPDA) y carga sobre eje que se espera aplicar al pavimento durante un período de tiempo dado.

Estudios realizadas han demostrado que los efectos en la conformación del pavimento de un eje de carga de cualquier masa, puede ser representando por un número equivalente a la aplicación de 18 KIP (18,000 lbs.) por eje simple de carga. (ESAL)

- a) Se determina por medio de análisis de estimaciones obtenidas del número de vehículos de diferentes tipos como: autobuses, camiones sencillos y camiones múltiples de varias clases, que espera usen la nueva carretera.
- b) Es el período de tiempo seleccionado, en años, para el cual el pavimento se diseña y que podrá soportar los efectos acumulativos del tránsito. Al final del período de diseño se puede esperar que el pavimento requiera una rehabilitación para mantener el alto nivel de servicialidad. Sin embargo, el período de diseño no debe confundirse con la vida útil del pavimento ni con el período de análisis.

La vida del pavimento puede extenderse indefinidamente a través de medidas de rehabilitación, hasta que la carretera se convierta en obsoleta debido a cambios en orden, posibilidades u otros factores.

1. El material de la base debe ser de textura granular y dar un ensayo C.B.R. mínimo de 30%, efectuado sobre una muestra saturada al 95% de compactación.
2. El período de diseño utilizado es de 20 años, durante el cual se aplicarán únicamente políticas de mantenimiento.

2.2.7.3. Diseño del tramo carretero

Para el diseño de un tramo carretero hay que tomar varios factores, los cuales son: un buen diseño de pavimento y un buen diseño geométrico de carretera.

Se supondrá una carretera colectora rural de dos carriles de tránsito, que tenga un tránsito promedio diario anual (TPDA) de 41 vehículos, y será diseñado por el procedimiento **AASHTO 1993** con los criterios que a continuación se presentan:

1. El tránsito inicial promedio diario anual (TPDA) de 41 vehículos
2. Factor de dirección 0.5
3. Factor de Carril de 1
4. El espesor de la losa será de 6 pulgadas
5. El índice de servicialidad inicial es de 4.5 para pavimentos rígidos
6. El índice de servicialidad final es de 2 para pavimentos rígidos
7. El período de diseño es de 20 años
8. Se obtuvo un cálculo de 124,837 ESAL'S por carril de diseño
9. Se tomó un módulo de reacción de la subrasante (k) de 120 Mpa.
10. Coeficiente de drenaje (Cd) de 1 asumiendo que pasará del 5 al 25 de porcentaje de tiempo expuesto a saturación
11. Resistencia media del concreto a flexotracción (Mr) de 4.5 Mpa.
12. Módulo elasticidad del concreto (Ec) 20,636.9 Mpa. (4,000 Psi). A los 28 días.
13. Coeficiente de transmisión de carga (J) de 3.7, para concreto hidráulico sin hombro.
14. Nivel de Confiabilidad (R) de 50% mínimo para una carretera colectora rural, porque el tránsito por el carril de diseño es menor a

5 millones de ejes equivalentes, según el manual centroamericano para diseño de pavimentos de SIECA 2001.

15. Desviación normal estándar (Z_r) de 0, para un nivel de confianza de 50%

16. Error estándar combinado (S_o) de 0.35 para pavimentos rígidos.

17. Se propuso una sub-base de 4 plg. (10 cm. Aprox.)

18. Se propuso un espesor de losa de concreto de 6 pl. (15 cm. aprox.)

19. Se aplicó la fórmula de diseño de AASHTO a continuación:

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W82 = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas

Zr = Desviación normal estándar

So = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt = Índice de servicialidad o servicio final

Mr = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexotracción a los 28 días

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transmisión de cargas

EC = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie de la subrasante.

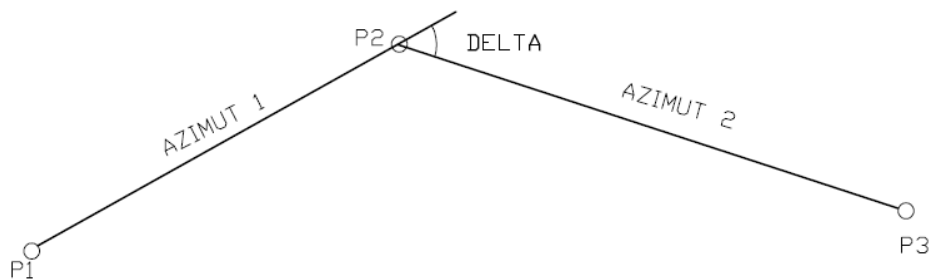
Cálculo de elementos de curva horizontal

Para el cálculo de elementos de curva horizontal es necesario tener las distancias entre los (PI) de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador.

- **Cálculo de delta (Δ)**

Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular, la forma de calcularlo es restando el azimut 2 del azimut 1. El Δ sirve para escoger el tipo de curvatura que se utilizará, mientras más grande es él, se utiliza un grado de curvatura mayor.

Figura 6. Delta



$$\text{Azimut 1} = 35^{\circ}52'59''$$

$$\text{Azimut 2} = 30^{\circ}09'30''$$

Ejemplo:

$$\Delta = \text{Azimut 2} - \text{Azimut 1}$$

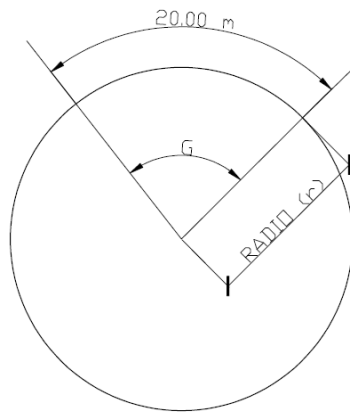
$$\Delta = 35^{\circ}52'59'' - 30^{\circ}09'30''$$

$$\Delta = 5^{\circ}41'29''$$

- **Grado de curvatura (G)**

Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

Figura 7. Grado de curvatura



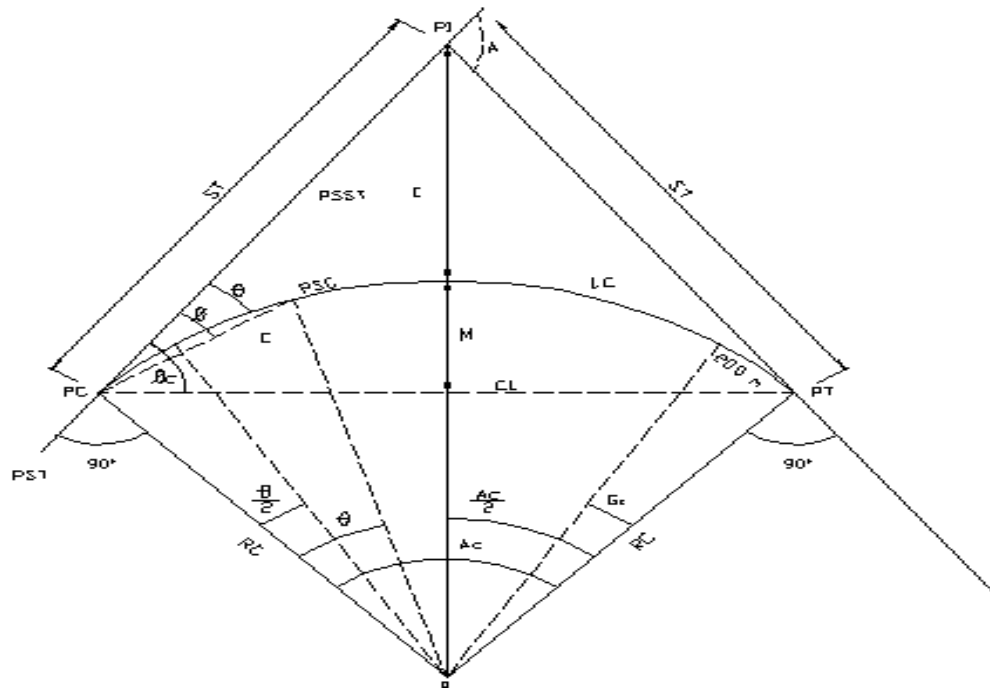
$$\frac{G}{20} = \frac{360}{2\pi R}$$

$$G = \frac{1145.9156}{R} \quad \text{y} \quad R = \frac{1145.9156}{G}$$

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con sobre elevación máxima a la velocidad del proyecto.

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

Figura 8. Elementos de una curva vertical



- **Longitud de curva (Lc)**

Es la distancia desde el principio de curva (PC) hasta el principio de tangente (PT), medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20 m.

$$\frac{Lc}{(2\pi)R} = \frac{\Delta}{360}$$

$$Lc = \frac{(2\pi)(R)(\Delta)}{360}$$

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

Ejemplo:

De la primera curva del proyecto, se tiene $\Delta = 5^\circ 41' 29''$ $G = 4^\circ$

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

$$Lc = 24.98$$

- **Sub-tangente (St)**

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT) es igual, en curvas circulares simples que forman un ángulo de 90° con el radio.

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

Ejemplo:

De la primera curva, se tiene $\Delta = 5^\circ 41' 29''$ $G = 4^\circ$ $R = 250$

$$St = R * \tan(\Delta / 2) = 12.50$$

- **Cuerda máxima (Cm)**

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

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

Ejemplo:

De la primera curva, se tiene $\Delta = 5^\circ 41' 29''$ $G = 4^\circ$ $R = 250$

$$Cm = 2 * R * \text{Sen}(\Delta / 2) = 24.97$$

- **External (E)**

Es la distancia entre el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

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

Ejemplo:

De la primera curva, se tiene $\Delta = 5^{\circ}41'29''$ $G = 4^{\circ}$ $R = 250$

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

$$E = 0.312$$

- **Ordenada media (Om)**

Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda máxima y el punto medio de la curva.

$$Om = \frac{R * (1 - \cos(\Delta))}{2}$$

Ejemplo:

De la primera curva, se tiene $\Delta = 5^{\circ}41'29''$ $G = 4^{\circ}$ $R = 250$

$$Om = \frac{R * (1 - \cos(\Delta))}{2}$$

$$Om = 0.312$$

Los estacionamientos se calculan con base en las distancias entre los PI de localización; se calcula una estación para cada PI, se resta la estación del PI menos la subtangente, se ubicará el principio de la curva (PC); al sumar el PC, más la longitud de curva, se ubicará el principio de tangente (PT) al final de la curva, y así se calculan los demás datos de las siguientes curvas.

Para la curva No.1 se tiene:

$$PC = PI - St$$

$$PC = 68.62 - 12.50$$

$$PC = 0+ 056.12$$

$$PT = PC + Lc$$

$$PT = 0+ 056.12 + 24.98$$

$$PT = 0+081.05$$

▪ **Determinación de curva vertical**

Son utilizadas en el perfil de la subrasante, sirven para unir la pendiente de entrada con la de salida y para suavizar los cambios de pendiente, puesto que a través de su longitud, se efectúa un cambio gradual de concavidad, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo del vehículo.

Cuando la diferencia de pendientes es menor al 0.5%, no es necesario proyectar una curva vertical, pues el cambio de pendiente es muy pequeño y se pierde durante la construcción.

Existen varios tipos de curvas verticales, la que usa la Dirección General de Caminos de Guatemala, es la parabólica simple, debido a la facilidad del cálculo y adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Para el diseño deben considerarse las longitudes mínimas permisibles de las curvas, con el fin de evitar traslape entre las mismas y permitir mejor visibilidad al conductor. Para el cálculo de las curvas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Longitud mínima**

La longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la expresión siguiente:

$$L = k \cdot A$$

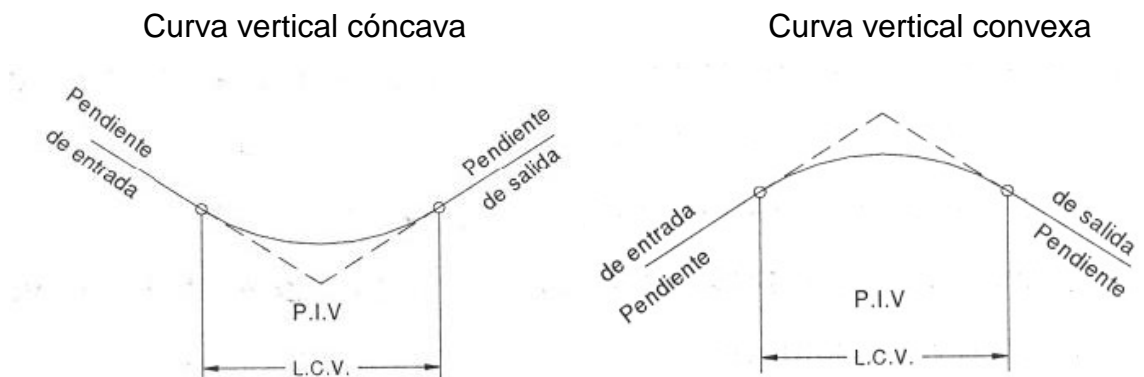
Donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje.

k = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la figura siguiente:

Figura 9. Tipo de curvas verticales



La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla XVI. Valores de “K”, según velocidad de diseño.

VELOCIDAD DE DISEÑO K.P.H	VALOR DE K CÓNCAVA	VALOR DE K 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

Ejemplo de diseño de curva vertical:

Datos:

Curva convexa

% P. ent = 3.395% % P. sal = 0.505%

Cálculo:

$$A = (3.395 - 0.505)$$

$$A = 2.89 \quad k = 7$$

$$L = k \cdot A = 20.23$$

- **Movimiento de tierra**

Cálculo de áreas de secciones transversales:

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera, determina el volumen de movimiento de tierra necesario en la construcción de un proyecto carretero. Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, marcando con esta área de relleno y debajo del terreno natural, el área de corte a partir de la cual, se habrá de trazar la sección típica, complementando del ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 2%, o el peralte que sea apropiado si corresponde a un caminamiento en curva horizontal, al ancho del bombeo de la carretera, con su pendiente; taludes, de corte y relleno, según se presente el caso, determinando su pendiente en razón del tipo de material del terreno y la altura que precise.

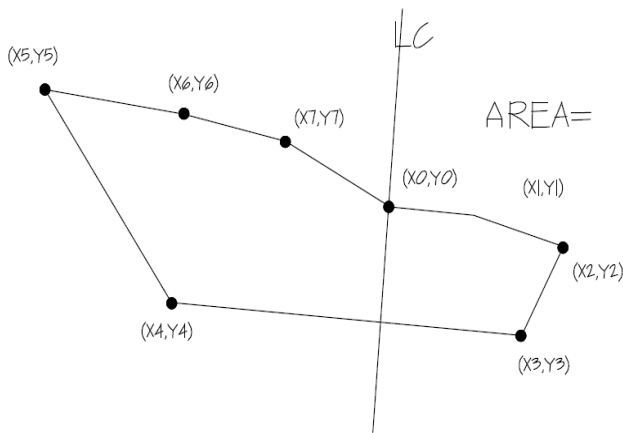
Tabla XVII. Relaciones para dibujos de taludes

CORTE		RELLENO	
Altura	H-V	Altura	H-v
0-3	1-1	0-3	2-1
3-7	1-2	>3	3-2
>7	1-3		

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar a través de un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área,

asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área.

Figura 10. Cálculo de área



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

$$\text{Área} = \frac{\sum(X1 \cdot Y1 + 1) - \sum(Y1 \cdot X1 + 1)}{2}$$

$$\text{Área} = \frac{\text{ABS}(a - b)}{2}$$

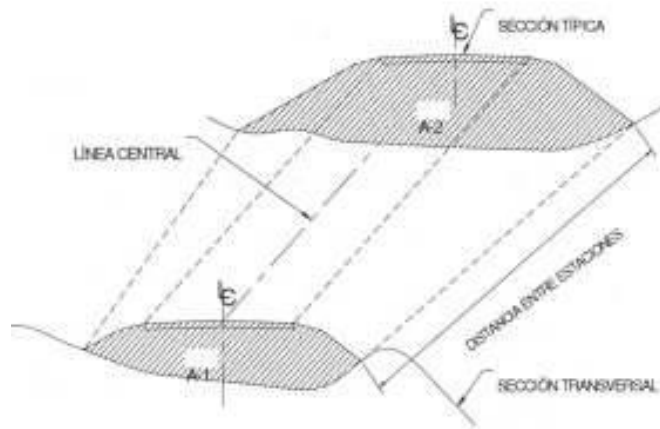
Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra

Cada una de las áreas calculadas anteriormente se constituye en un lado de un prisma de terreno que debe llenarse o cortarse. Asumiendo que el terreno se comporta de manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio

de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{área 1} + \text{área 2}) * \text{distancia}}{2}$$

Figura 11. Cálculo movimiento de tierras



$$V = \frac{(A1 + A2) * D}{2}$$

Cuando en un extremo la sección tenga sólo área de corte y la otra solamente de relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser de corte relleno. Esto se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas. Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes;

$$\text{Volumen corte} = \frac{(C1+C2)^2}{(2 * (C1 + C2 + R1 + R2)) * D}$$

$$\text{Volumen relleno} = \frac{(R1+R2)^2}{(2 * (C1 + C2 + R1 + R2)) * D}$$

Donde:

C1 = Área de corte en la primera sección

C2 = Área de corte en la segunda sección

R1 = Área de relleno en la primera sección

R2 = Área de relleno en la segunda sección

Diseño de drenaje transversal

Area= 1.4 Ha.

C= 0.85

I = 235.78 mm/h

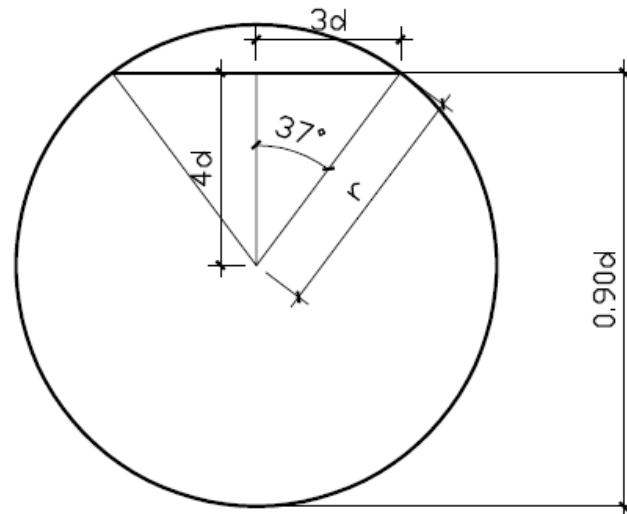
Para un aguacero de 10 minutos de duración y una frecuencia de ocurrencia de 20 años. Se usa la fórmula racional:

$$Q_{ci} = \frac{CIA}{360}$$

Q = 0.78 m³/s

- Condiciones de diseño;
 - S = 3%
 - Lleno al 90%
 - Q = caudal

Figura. 12. Cálculo de drenaje



Fórmula de radio hidráulico

$$R = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{0.4 d}{0.5 d} = 37^\circ = 0.6435 \text{ rad}$$

$$R = \frac{0.74 d}{2.50 d} = 0.298 d$$

- Usando la fórmula de Manning

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

$$Q = V * A$$

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

$$n = 0.012$$

$$R = 0.298 \text{ d}$$

$$S = 3 \%$$

$$A = 0.74 \text{ d}$$

$$Q = 0.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Despejando la fórmula en función del diámetro:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A = d = 21''$$

2.2.7.4 Informe técnico

Entrada de datos

TRÁNSITO

Ejes equivalentes (W18) : 124,837

SERVICIABILIDAD

Índice serv. inicial (pi): 4.50

Índice serv. final (pf): 2.00

SUELOS

CBR subrasante: 45.90 %

Subbase Selecto con CBR de 50% mínimo

k (módulo reacc sub-rasante): 120.00 Mpa/m

coef. Drenaje (Cd): 1.00

CONCRETO

resist.flexo-tracción(Rmf) : 4.50 Mpa

módulo elástico (E): 20,636.90 Mpa

TRANSFERENCIA DE CARGA

coef. Trans. carga(J): 3.70

CONFIANZA

nivel de confianza : 50.00 %

nivel confianza (Zr): 0.00

desv.estándar comb.(So): 0.35

PAVIMENTO

espesor hormigón: 15.00 cm 150.00 mm

espesor sub-base: 10.00 cm 100.00 mm

Diseño de pavimento de concreto hidráulico**Memoria de cálculo****Diseño AASHTO**

Proyecto :	TRABAJO DE GRADUACION
Tramo :	COMUNIDAD LA LADRILLERA, SAN PABLO JOCOPILAS
Fecha :	MARZO DE 2010

a) Datos**a.1) Tránsito**

Años de Servicio:	20	
E. Equivalentes:	124,837	

a.2) Servicialidad

Nivel Inicial :	4.50	
Nivel Final :	2.00	

a.3) Suelos

CBR Subrasante:	45.9	%
Espesor Sub-base:	10.00	cm.
Coef. Drenaje:	1.00	

a.4) Nivel de confianza:

50.00	%
-------	---

a.5) Concreto

Módulo Elástico :	20,636.90	Mpa
Resistencia FlexoTracción:	4.50	Mpa

b) Resultados

Espesor Sub-base :	10.00	cm.
Espesor Concreto :	15.00	cm.

c) Verificación

E.Equiv. Finales :	41,965,736
	Ok

2.2.7.5 Informe de ejecución

El proyecto de pavimentación tiene una longitud de 2,210 metros de longitud y un ancho de 5 metros, para el cual se hacen las siguientes recomendaciones para su ejecución:

a) Materiales de construcción:

Para la ejecución del proyecto se propuso utilizar materiales del lugar, para evitar el alto costo de transportarlo desde lugares muy lejanos, Para la sub-base se recomienda material selecto de bancos, ubicado en el mismo camino al proyecto o hacia la comunidad la Ladrillera.

El pedrín puede ser extraído de algún río o bien puede ser piedra triturada.

El cemento debe ser tipo Portland que cumpla especificaciones de calidad.

El agua se puede tomar del tanque del pueblo.

La disposición de los materiales provenientes de corte podrán ser depositados en el área final del proyecto, para habilitar calles de terracería pues presenta buenas condiciones para su uso.

b) Mano de obra

La mano de obra que se utilizará se propone que se integre por los mismos habitantes del lugar.

c) Maquinaria y equipo

La empresa que se contrate para realizar los trabajos deber preparar un área o habilitar un predio en el lugar para ubicar la maquinaria y equipo, para evitar interrumpir las vías cuando no esté en uso.

2.2.8. Evaluación de impacto ambiental

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad.

Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe. Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como “ambiente”.

El impacto ambiental (IA) es la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

En Guatemala, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la institución pública encargada de formular y ejecutar las políticas relativas a cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

2.2.8.1. Estudio de impacto ambiental

En los proyectos existen diferentes fases de ejecución, donde cada uno tiene sus respectivos impactos ambientales adversos, entonces deberá considerarse el establecimientos de política o estrategia ambiental, la aplicación adicional de equipo, si el caso así lo amerita; sistemas acciones y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios de la opción del proyectos, dando prioridad a aquellas particularmente significativas.

Para un proyectos de carreteras se pueden utilizar diversas medidas de mitigación, que van desde obras de infraestructura, u otras sencillas construidas con materiales propios del lugar.

Método de la matriz de Leopold

Para identificar y valorar los impactos positivos y negativos que producirá el proyecto propuesto que se refiere a la construcción de una carretera de pavimento rígido, se utilizará el método de la matriz de Leopold, la misma que consiste en una matriz formada por factores ambientales (filas) y acciones que se realicen en la construcción, operación y mantenimiento (columnas), ver tabla XVI.

En resumen, analizando la tabla XVI, las actividades prioritarias que tendrán que atenderse con medidas de prevención, mitigación y/o compensación, son ordenadamente de mayor a menor ponderación las siguientes: habitantes de la zona de influencia especialmente aquellos que se encuentran ocupando el derecho de vía, geología y geomorfología, seguridad vial, suelos, hidrogeología, vegetación, paisaje y calidad del aire. Se estima la generación de cien impactos significativos. Distribuidos de la siguiente manera: cincuenta y uno impactos negativos, veinticinco impactos que pueden ser negativos o positivos y veinticuatro impactos positivos.

Aparentemente, el balance de impactos es negativo, pero esto se interpreta, como el grado, de agresividad que el proyecto tiene en el medio ambiente, lo que permite identificar precisamente las acciones del proyecto que tienen que tener medidas de mitigación, tanto generales como específicas, con el fin de minimizar los impactos y reducir o prevenir otros que ya han sido particularizados.

Tabla XVIII. Matriz de Leopold

FACTORES IMPACTADOS CON MAYOR INTENSIDAD	ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES														
	FASE DE IMPLEMENTACIÓN			FASE DE CONSTRUCCIÓN							FASE DE FUNCIONAMIENTO				
	a. BANCO DE MATERIALES	b. DESMONTAR Y REAPLICACION	c. REUBICACION DE VIVIENDAS	a. PREPARACION DE LA MA	b. EXPLORACION DE BANCOS	c. CORTES DE MATERIALES	d. BOTADEROS	e. TRANSPORTE DE MATERIALES	f. PLANTA DE CONCRETO	g. CONSTRUCCION DE TRANSVERSALES	h. COLOCACION DE CARPETA DE CONCRETO	i. SERIALIZACION	a. UTILIZACION DE LA MA	b. MANTENIMIENTO DE LA MA	c. CONTROL DE MALEZA Y VEGETACION SILVESTRE
a. SUELOS	3	3	2		3	3				3					
b. GEOMORFOLOGIA	3	3	2				3								
c. GEOLOGIA	3	3	2												
d. HIDROLOGIA	2	2		3	3	3	3	3	3	3			1		
e. HIDROGEOLOGIA				3	3	3	3	3	3	3					
f. CALIDAD DEL AIRE	3	3			3	3		3	3	3					
g. TEMPERATURA															
h. VEGETACION					2	2	2								2
i. FAUNA					2	2	2								2
j. AGRICULTURA					2	2			2			1			
k. ZONA COMERCIAL			2							1	1	1			
l. PAISAJES	2	2	2		3	3	3					1	1	1	
m. ESTILO DE VIDA DE LOS HABITANTES DE LA ZONA	2	3	3					2				1			
n. EMPLEO				1				1	1	1			1	1	
o. SEGURIDAD VIAL					3	3	3	3	3				1	1	1
p. RED DE TRANSPORTES													1	1	1
q. RUIDO				3	3	3		3	3	3	1	1			

1	IMPACTO POSITIVO
2	IMPACTO POSITIVO O NEGATIVO
3	IMPACTO NEGATIVO
	NO SE PRODUCE NINGUN EFECTO

FACTORES AMBIENTALES

Esta matriz Leopold no considera con suficiente exactitud la problemática de la actividad que interesa en un determinado ambiente, por decir los proyectos de riesgo. Este carácter “no selectivo”, dificulta la atención del evaluador en los puntos de interés más sobresalientes y además carecen de capacidad para considerar la dinámica interna de los sistemas ambientales. No obstante, esta carencia puede enmendarse si la matriz utilizada se acompaña de una matriz de iteraciones”.

2.2.8.2 Medidas de mitigación recomendadas

La mitigación está constituida por la organización estructural y las medidas defensivas y preventivas que se desarrollan con el fin de modificar el impacto de los fenómenos naturales o las características intrínsecas de un sistema biológico, físico o social. El propósito de la mitigación es la reducción de los riesgos, es decir, la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes.

Las medidas de acción que deben tomarse en la mitigación son:

- Políticas legislativas para el ordenamiento del uso del suelo.
- Promover el desarrollo económico en lugares apropiados.
- Creación de infraestructura para el desarrollo en zonas propicias con políticas a largo plazo.
- Crear programas de educación y capacitación comunitaria a todo nivel en zonas propensas a desastres.

- Comunicación y capacitación pública, a través de programas de emergencia.

2.2.8.3. Medidas de mitigación para construcción

Todo el material de corte del terreno, se deberá depositar en sitios ubicados a más de 100 m. de un cuerpo de agua superficial, en caso que se deposite en sitio donde esté expuesto nuevamente a erosión, se recomienda la construcción de obras complementarias como taludes, y/o gaviones de piedra sostenidos con malla de alambre para que desempeñen la función de muro de retención y que se establezcan especies vegetales locales o gramíneas sobre el suelo depositado.

La manipulación del suelo y agregados, deberá ser con los contenidos adecuados de humedad, a fin de no contaminar la atmósfera con partículas sólidas que podrían causar problemas de salud a la población asentada en el área, a usuarios de la carretera durante su construcción, y los propios trabajadores del proyecto.

La construcción de estructuras de drenajes transversales es importante, debido a que el tipo de terreno, o parte de la sub-cuenca, drena el agua de lluvia hacia la carretera, dando lugar al arrastre de material fino hacia la superficie de rodadura. La tubería de drenaje transversal será de diámetro adecuado y a intervalos convenientes, con un mínimo de 3 por Km.

Se debe hacer pozos de absorción en la entrada de la tubería, para ayudar a contener el material que arrastre el agua. En la salida de la tubería se recomienda construir disipadores y/o zampeados de piedra ligados con mortero de cemento o disipadores con gramíneas, muros de piedra, bambú, o cualquier

material propio del lugar, ayudando con esto a la protección de la tubería, y a evitar la formación de cárcavas si la pendiente del terreno es fuerte.

2.2.8.4. Medidas de mitigación para operación y mantenimiento

Debe de considerarse la habilitación de sitio para parqueo, destinado a la reparación de vehículos durante su recorrido, o para el descanso de los automovilistas.

El proceso de erosión es fácil de controlar mediante la conservación de la cubierta vegetal existente, estableciendo nuevas plantas o vegetación, en lugares escasos o desprovistos de los mismos.

Es necesario que la proporción de corte de los taludes sea el adecuado de acuerdo con su altura, no excediéndose en el mismo. Cuando el suelo tenga problemas de estabilidad, o presente dificultad en lograr el ángulo de corte indicado, se puede conseguir mediante el establecimiento de plantas y la aplicación de cemento inyectado.

Se recomienda, cuando los taludes sean mayores de 4 metros, hacer terrazas provistas de cubierta vegetal.

2.2.9. Presupuesto

Tabla XIX. Presupuesto de pavimento rígido

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN COMUNIDAD LA LADRILLERA MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPILAS, SUCHITEPÉQUEZ
--

RESUMEN DE PRESUPUESTO GENERAL POR RENGLÓN

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	Preliminares	1.4	Ha	Q8,487.00	Q11,881.80
2	Excavación y acarreo	9,672	m ³	Q 70.56	Q 682,425.59
3	Bordillos	4468	ml	Q 82.51	Q 368,658.26
4	Media cuneta	4468	ml	Q 81.72	Q 365,135.87
5	Pavimento hidráulico	11170	m ²	Q 169.39	Q1,892,061.91
6	Rótulo	2	UNIDAD	Q4,612.50	Q 9,225.00
7	Reacondicionamiento de la Sub-rasante	11170	m ²	Q 13.95	Q 155,815.13
8	Capa de sub-base (compra de banco, conformación, compactación de selecto)	11170	m ²	Q 39.78	Q 444,322.49
7	Drenaje transversal	5	UNIDAD	Q8,040.88	Q 40,204.38

Total Proyecto	Q3,969,730.44
-----------------------	----------------------

Valor por Kilómetro	Q1,776,960.81
----------------------------	----------------------

2.2.11. Planos

Los planos se encontrarán en anexos

CONCLUSIONES

- 1) Con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario se beneficiará a más de 148 familias, las cuales no contaban con un drenaje sanitario, el mismo tiene una longitud de 2,176 metros lineales de tubería de 6" y 8" de diámetro, será Novafort de PVC Norma ASTM F-949. Este proyecto tendrá un costo total de Q 1,529,158.65.
- 2) Se diseñó un pavimento rígido que beneficiará a 500 familias y con el mejoramiento de este tramo carretero se incrementará el movimiento comercial. Tiene una longitud de 2,210 metros lineales y un ancho total de 6.20 metros, cuenta con bordillos y media cuneta, el espesor del pavimento es de 6", con un costo total de Q3,969,730.44
- 3) Aparentemente el balance de impactos ambientales es negativo, pero esto se interpreta, como el grado de agresividad que el proyecto tiene en el medio ambiente, lo que permite identificar precisamente las medidas de mitigación, especialmente los suelos y la hidrología del lugar.
- 4) El diseño del pavimento rígido cumplió con los estándares propuestos por el método AASHTO 1993, y aunque ha resultado complicado establecer una correlación sencilla, este método ha demostrado ser eficaz en el momento de ser utilizado para el diseño de pavimentos. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se hizo con base en las normas del INFOM; los criterios y especificaciones se aplicaron para satisfacer las necesidades de diámetro, materiales, pendientes y demás variables que el diseño del sistema requirió.

RECOMENDACIONES

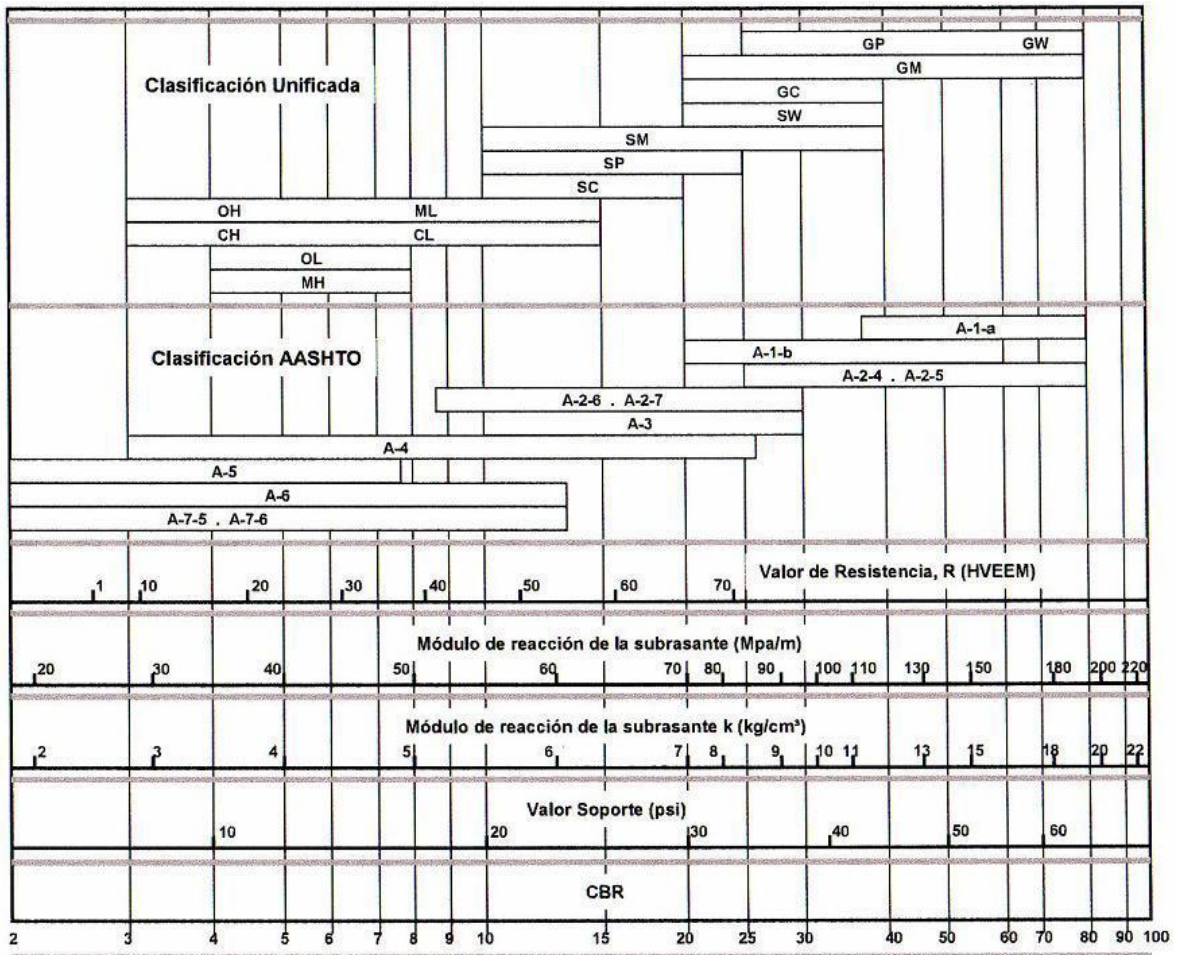
- 1) La oficina municipal de planificación (OMP) deberá exigir el cumplimiento de las especificaciones contenidas en el estudio a la entidad ejecutora de los proyectos.
- 2) Dar el mantenimiento necesario a los drenajes para no tener problemas en el futuro; además se debe capacitar a los usuarios acerca de lo que no se debe introducir dentro del drenaje.
- 3) Se debe tomar muy en cuenta la colocación de una planta de tratamiento antes de llegar al lugar de desfogue, ya que es muy importante darle un tratamiento a las aguas negras antes de conducir las a un cuerpo receptor.
- 4) Analizar la conformación y compactación de la sub-rasante y la base, así como la calidad de los agregados que se utilizarán para el concreto, ya que de esto depende el buen funcionamiento del proyecto del tramo carretero.
- 5) Aplicar el plan de limpieza de cunetas y tuberías transversales para el proyecto de pavimentación, antes de la época de invierno, ya que si estos se encuentran obstruidos o tapados con basura, es difícil que el agua pluvial evacue por ellos, lo cual puede traer como consecuencia taponamientos e inundaciones en el lugar.
- 6) Gestionar ante diferentes instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, el financiamiento para la ejecución de los proyectos, en el menor tiempo posible.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Trabajo de graduación de ingeniero civil. Guatemala 1996. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 2) González Morasso, Rodolfo. **Normas generales para diseño de redes de alcantarillado.** Guatemala, diciembre de 1967.
- 3) Instituto de Fomento Municipal (INFOM). **Normas generales para diseño de alcantarillados,** Guatemala, 2001.
- 4) **Manual Centroamericano de Normas para el Diseño y Construcción y Mantenimiento de Carreteras.** Secretaría de Integración Económica Centroamericana –SIECA-USAID. Guatemala; noviembre de 2002.
- 5) Paz Valenzuela, Jorge Raúl. Diseño de pavimento rígido para la aldea el Rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento el Naranjo, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Trabajo de graduación de Ingeniería civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.

ANEXOS

Figura 13. Relaciones aproximadas entre el tipo de suelo valor relativo soporte y módulo de reacción



CALCULO HIDRAULICO DRENAJE SANITARIO
 EJERCICIO PROFECIONAL SUPERVISADO
 ASESOR: ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ
 COMUNIDAD DE CHOCOLA, SECTOR IAN TARRALES
 DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ

DE P.V.	A P.V.	COTA DEL TERRENO		D.H. (m.)	S.(%) Terreno	S.(%) Tubería	# CASAS		HAB. SERVIR		F.C.MED. Lt/s/hab	FACTOR DE HARMOND		Qdis (lt/s)		DIAMETRO P.V.C. (plg)	SECCIÓN LLENA		RELACIÓN (q/Q)		RELACIÓN (v/v)		RELACIÓN (d/d)		V (m/s)		COTAS INVERT		PROF. POZO		ANCHO ZANJA	EXCAVACIÓN m³	RELLENO m³	RETIRO m³
		Inicio	Final				Local	Acumulada	Actual	Futura		Actual	Futuro	Actual	Futuro		Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro				
1	2	650	647.43	54.9	4.6812	4	2	2	14	34	0.002	4.3994	4.3458	0.1232	0.2954	6	2.2645	41.3072	0.002982	0.007150	0.222095	0.289359	0.040000	0.060000	0.50293	0.65524	648.2300	646.0340	1.77	1.40	0.90	78.22	77.21	1.00
2	3	647.43	644.035	29.6	11.4696	6	6	8	56	136	0.002	4.3045	4.2046	0.4821	1.1430	6	2.7734	50.5908	0.009529	0.022594	0.316466	0.408730	0.100000	0.10300	0.87768	1.13357	644.4140	642.6380	3.02	1.40	0.90	58.78	58.24	0.54
3	4	644.035	640.035	57.94	6.9037	4.5	3	11	77	187	0.002	4.2729	4.1586	0.6580	1.5545	6	2.4018	43.8129	0.015019	0.035480	0.364475	0.470746	0.100000	0.12900	0.87540	1.13065	641.2380	638.6307	2.80	1.40	0.90	109.54	108.48	1.06
4	5	640.035	638.32	81	2.1173	2.11	6	17	119	289	0.002	4.2221	4.0854	1.0049	2.3601	6	1.6447	30.0011	0.033494	0.078668	0.516790	0.664370	0.159000	0.22800	0.84994	1.09266	638.6007	636.8916	1.43	1.43	0.90	104.35	102.87	1.48
8	7	638.355	635.245	56.25	5.5289	3	14	14	98	238	0.002	4.2460	4.1196	0.8322	1.9599	6	1.9611	35.7731	0.023264	0.054787	0.416210	0.535578	0.106000	0.15900	0.81622	1.05031	635.5350	633.8475	2.82	1.40	0.90	106.76	105.73	1.03
7	6	635.245	636.605	54.28	-2.5055	1	4	18	126	306	0.002	4.2147	4.0749	1.0621	2.4925	6	1.1322	20.6536	0.051425	0.120680	0.525206	0.676000	0.154000	0.23500	0.59465	0.76539	633.8175	633.2747	1.43	3.33	0.90	116.21	115.22	0.99
5	6	638.32	636.605	31.38	5.4653	3.5	7	24	168	408	0.002	4.1747	4.0182	1.4027	3.2771	6	2.1182	38.6394	0.036302	0.084811	0.473014	0.609553	0.130000	0.19700	1.00194	1.29116	635.3916	634.2933	2.93	2.31	0.90	74.00	73.42	0.57
6	9	636.605	632.305	37.9	11.3456	6.2	0	42	294	714	0.002	4.0822	3.8897	2.4003	5.5515	6	2.8192	51.4271	0.046674	0.107950	0.510407	0.654108	0.147000	0.22200	1.43896	1.84408	633.2433	630.8935	3.36	1.41	0.90	81.41	80.72	0.69
9	10	632.305	629.74	65.9	3.8923	3.89	11	53	371	901	0.002	4.0375	3.8289	2.9958	6.8959	6	2.2331	40.7353	0.073543	0.169286	0.575528	0.733498	0.179000	0.27100	1.28522	1.63798	630.8635	628.3000	1.44	1.44	0.90	85.45	84.25	1.20
10	11	629.74	626.07	54.65	6.7155	6	5	58	406	985	0.002	4.0191	3.8041	3.2635	7.4976	6	2.7734	50.5908	0.064508	0.148201	0.539682	0.689329	0.161000	0.24300	1.49675	1.91178	627.9400	624.6610	1.80	1.41	0.90	78.92	77.92	1.00
14	13	626.55	625.63	81.95	1.1226	2	3	3	21	51	0.002	4.3776	4.3130	0.1839	0.4397	6	1.6012	29.2086	0.006295	0.015053	0.279709	0.364475	0.060000	0.10000	0.44787	0.58360	625.1500	623.5110	1.40	2.12	0.90	129.77	128.28	1.49
13	12	625.63	624.33	81.95	1.5863	1.5	3	6	42	102	0.002	4.3294	4.2413	0.3637	0.8648	6	1.3867	25.2954	0.014377	0.034186	0.356302	0.461593	0.100000	0.12500	0.49408	0.64009	623.4810	622.2518	2.15	2.08	0.90	155.89	154.40	1.49
11	12	626.07	624.33	36.95	4.7091	4	4	68	476	1155	0.002	3.9851	3.7587	3.7938	8.6854	6	2.2645	41.3072	0.091844	0.210263	0.624138	0.791539	0.205000	0.31100	1.41334	1.79241	624.4110	622.9330	1.66	1.40	0.90	50.81	50.14	0.67
12	15	624.33	621.88	49.55	4.9445	5	4	72	504	1223	0.002	3.9724	3.7418	4.0042	9.1551	6	2.5317	46.1829	0.086704	0.198236	0.613230	0.778967	0.199000	0.30200	1.55254	1.97215	622.2230	619.7455	2.11	2.13	0.90	94.58	93.67	0.90
15	16	621.88	618.53	73.84	4.0000	3.5	4	76	532	1291	0.002	3.9602	3.7257	4.2137	9.6219	6	2.1182	38.6394	0.109051	0.249019	0.655830	0.830244	0.223000	0.34000	1.38919	1.75863	619.7155	617.1311	2.16	1.40	0.90	118.41	117.06	1.35
16	17	618.53	616.04	36.58	6.8070	6	1	77	539	1308	0.002	3.9572	3.7217	4.2659	9.7382	6	2.7734	50.5908	0.084321	0.192490	0.608623	0.772572	0.196000	0.29800	1.68795	2.14264	616.7511	614.5563	1.78	1.48	0.90	53.71	53.04	0.67
17	18	616.04	613.6300	55.33	4.3557	4.15	2	79	553	1342	0.002	3.9513	3.7139	4.3702	9.9702	6	2.3065	42.0746	0.103867	0.236966	0.646354	0.818521	0.217000	0.33100	1.49083	1.88794	614.5263	612.2301	1.51	1.40	0.90	72.54	71.54	1.01
18	19	613.6300	611.4	56	3.9821	3.89	2	81	567	1376	0.002	3.9455	3.7063	4.4742	10.2016	6	2.2331	40.7353	0.109836	0.250437	0.657546	0.831531	0.224000	0.34100	1.46837	1.85690	612.1801	610.0017	1.45	1.40	0.90	71.77	70.75	1.02
19	20	611.4	613.35	60.7	-3.2125	1	2	83	581	1410	0.002	3.9398	3.6988	4.5780	10.4323	6	1.1322	20.6536	0.221658	0.505109	0.803842	1.002535	0.320000	0.50300	0.91013	1.13510	609.9717	609.3647	1.43	3.99	0.90	147.87	146.77	1.11
20	21	613.35	613.37	60.7	-0.0329	1	2	85	595	1444	0.002	3.9342	3.6914	4.6817	10.6624	6	1.1322	20.6536	0.226675	0.516248	0.809225	1.008062	0.324000	0.51000	0.91623	1.14136	609.3347	608.7277	4.02	4.64	0.90	236.48	235.38	1.11
21	35	613.37	613.4	62.3	-0.0482	1	2	87	609	1478	0.002	3.9286	3.6841	4.7851	10.8918	6	1.1322	20.6536	0.231682	0.527357	0.814062	1.014259	0.330000	0.51600	0.92171	1.14838	608.6977	608.0747	4.67	5.33	0.90	280.28	279.15	1.14
22	23	637.88	633.66	73.32	5.7556	4.5	5	5	35	85	0.002	4.3436	4.2623	0.3041	0.7242	6	2.4018	43.8129	0.006940	0.016529	0.289158	0.375193	0.060000	0.09000	0.69451	0.90115	635.5600	632.2606	2.32	1.40	0.90	122.72	121.38	1.34
23	24	633.66	631.32	37.86	6.1807	4.5	4	9	63	153	0.002	4.2933	4.1883	0.5410	1.2809	6	2.4018	43.8129	0.012347	0.029236	0.342408	0.445252	0.100000	0.10600	0.82240	1.06942	631.6206	629.9169	2.04	1.40	0.90	58.65	57.96	0.69
24	25	631.32	630.96	36.64	0.9825	1	4	13	91	221	0.002	4.2546	4.1320	0.7743	1.8254	6	1.1322	20.6536	0.037491	0.088380	0.477526	0.616886	0.132000	0.20100	0.54067	0.69846	629.8869	629.5205	1.43	1.44	0.90	47.36	46.70	0.67
25	26	630.96	628.17	40.2	6.9403	5.5	3	16	112	272	0.002	4.2298	4.0964	0.9475	2.2272	6	2.6553	48.4370	0.019561	0.045982	0.393487	0.508265	0.100000	0.14600	1.04483	1.34960	628.9805	626.7695	1.98	1.40	0.90	61.14	60.41	0.73
26	27	628.17	626.47	36.49	4.6588	4.65	2	18	126	306	0.002	4.2147	4.0749	1.0621	2.4925	6	2.4415	44.5371	0.023848	0.055964	0.418683	0.537633	0.107000	0.16000	1.02223	1.31265	626.7395	625.0427	1.43	1.43	0.90	46.93	46.26	0.67
24	28	631.32	629.11	39.16	5.6435	5.64	5	5	35	85	0.002	4.3436	4.2623	0.3041	0.7242	6	2.6889	49.0496	0.006199	0.014765	0.279709	0.361764	0.070000	0.10000	0.75211	0.97275	629.9200	627.7114	1.40	1.40	0.90	49.32	48.60	0.71
28	29	629.11	627.39	38.09	4.5156	3	2	7	49	119	0.002	4.3165	4.2222	0.4230	1.0043	6	1.9611	35.7731	0.011825	0.028075	0.339587	0.440505	0.100000	0.11600	0.66596	0.86387	627.1314	625.9887	1.98	1.40	0.90	57.93	57.24	0.69
29	27	627.39	626.47	38.85	2.3681	2.36	2	9	63	153	0.002	4.2933	4.1883	0.5410	1.2809	6	1.7394	31.7287	0.017050	0.040371	0.377842	0.488920	0.100000	0.13800	0.65721	0.85041	625.9587	625.0418	1.43	1.43	0.90	49.99	49.28	0.71
27	30	626.47	624.74	43.85	3.9453	3.89	2	29	203	493	0.002	4.1457	3.9775	1.6831	3.9197	6	2.2331	40.7353	0.041319	0.096223	0.493076	0.634871	0.139000	0.21100	1.10109	1.41774	625.0127	623.3070	1.46	1.43	0.90	57.09	56.29	0.80
30	31	624.74	620.41	84.8	5.1061	5.1	2	31	217	527	0.002	4.1349	3.9625	1.7946	4.1742	6	2.5569	46.6424	0.038475	0.089494	0.482007	0.618706	0.134000	0.20200	1.23246	1.58199	623.2770	618.9522	1.46	1.46	0.90	111.46	109.91	1.55
32	31	620.29	620.41	20.1	-0.5970	1.5	2	2	14	34	0.002	4.3994	4.3458	0.1232	0.2954	6	1.3867	25.2954	0.004870	0.011676	0.256893	0.336751	0.050000	0.76000	0.41006	0.46697	618.8900	618.5885	1.40	1.82	0.90	29.14	28.77	0.37
31	33	62																																

Figura 14. Ensayo de suelo

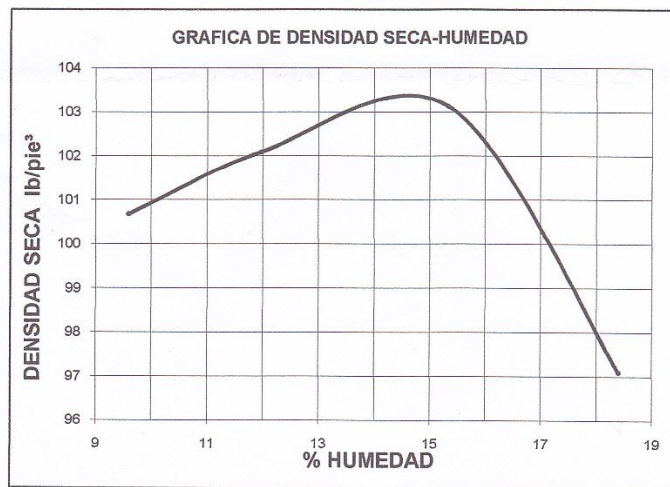


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 12630

INFORME No. 069 S.S. O.T. No.: 26,666
 Interesado: Alvaro Emilio Ramírez Posadas
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: EPS-Pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera.
 Ubicación: Municipio de San Pablo Jocopilas, Suchitépéquez.
 Fecha: 18 de febrero de 2010



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena limosa color café con grava.
 Densidad seca máxima γ_d : 1,656 Kg/m³ 103.4 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 14.7 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

[Handwritten Signature]
 Inga. Telma Maricela Caño Morales
 DIRECTORA CII/USAC



[Handwritten Signature]
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Continuación **Figura 14. Ensayo de suelo**



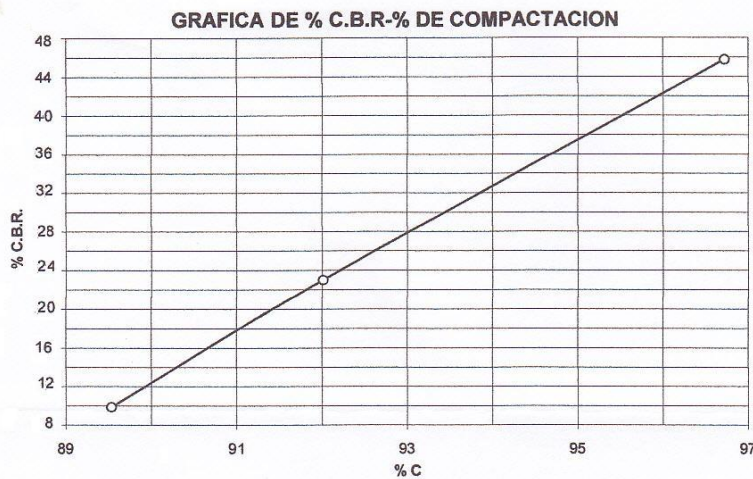
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 12631

INFORME No.: 070 S.S. O.T. No.: 26,666
 Interesado: Alvaro Emilio Ramírez Posadas
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS-Pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera.
 Ubicación: Municipio de San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez.
 Descripción del suelo: Arena limosa color café con grava.
 Muestra No.: 1
 Fecha: 18 de febrero de 2010

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/ pie ³			
1	10	14.60	92.6	89.5	0.00	9.7
2	30	14.60	95.1	92.0	0.00	22.8
3	65	14.60	100.0	96.7	0.00	45.9



Atentamente,

Vo. Bo.: *[Signature]*
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CI/USAC

[Signature]
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Continuación **Figura 14. Ensayo de suelo**



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



Nº 12632

INFORME No. 072 S. S. O.T.: 26,666

Interesado: Alvaro Emilio Ramírez Posadas
Proyecto: EPS-Pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera.
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez.
FECHA: 18 de febrero de 2010

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	ML	Arena limosa color café con grava.

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. X

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIMUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación **Figura 14. Ensayo de suelo**



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

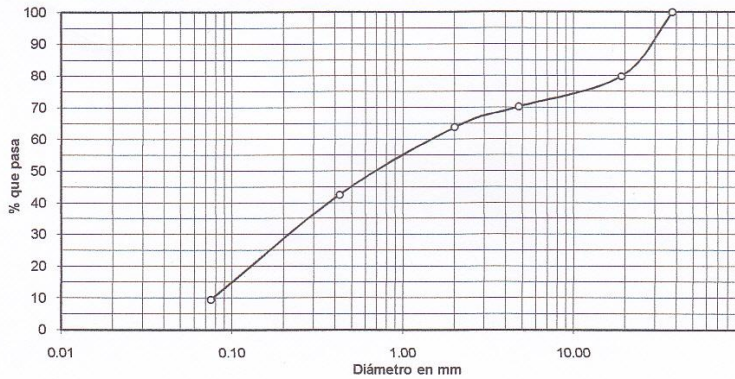


Nº 12633

INFORME No. 071 S.S. O.T. No. 26,666
 Interesado: Alvaro Emilio Ramírez Posadas
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: EPS-Pavimento rígido para la comunidad La Ladrillera.
 Ubicación: Municipio de San Pablo Jocopilas, Suchitépéquez.
 Fecha: 18 de febrero de 2010

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19	79.78
4	4.75	70.21
10	2	63.83
40	0.425	42.55
200	0.075	9.57

% de Grava: 29.79
 % de Arena: 60.64
 % de finos: 9.57

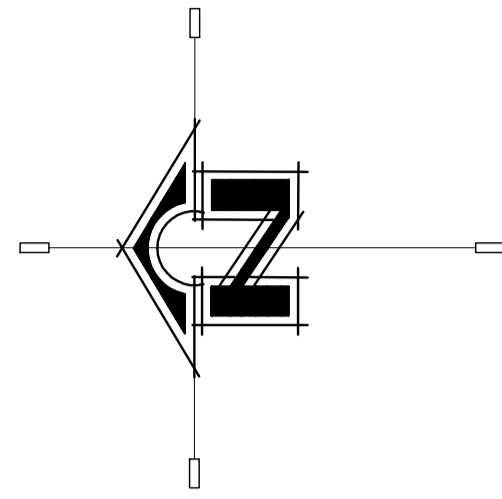


Descripción del suelo: Arena limosa color café con grava.
 Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-1-b
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,
 Vo. Bo. 
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CIIUSAC




 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



ANOTACIONES DE DISEÑO DEL INFORM

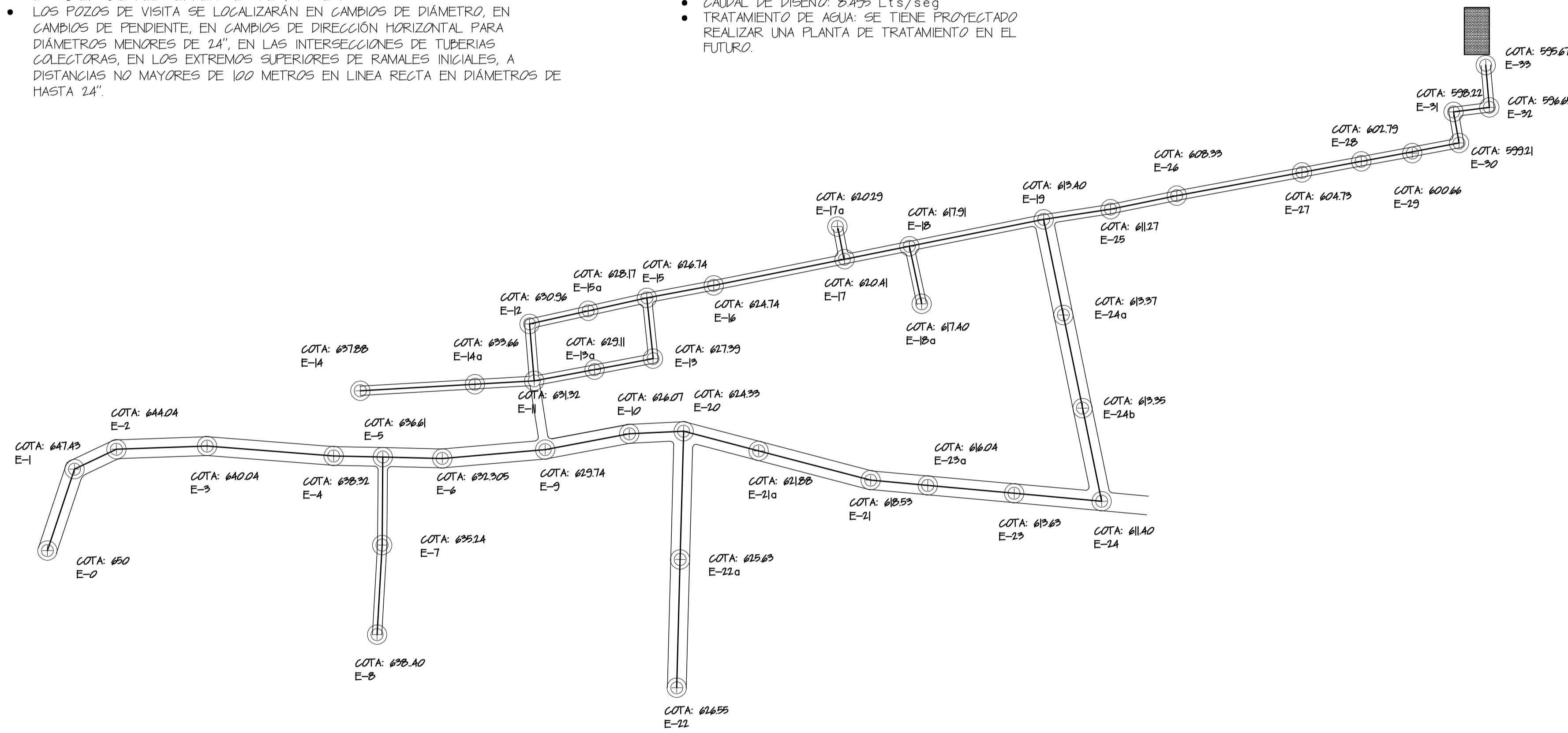
- LOS SISTEMAS DE DRENAJE SERÁN PROYECTADOS PARA UN PERIODO DE DISEÑO DE 30 A 40 AÑOS.
- LA POBLACIÓN QUE TRIBUTARÁ CAUDALES EN EL SISTEMA PODRÁ SER ESTIMADA POR EL MÉTODO DEL INCREMENTO GEOMÉTRICO.
- SE USARÁ EN EL DISEÑO SECCIONES CIRCULARES FUNCIONANDO COMO CANALES A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA HASTA UN MÁXIMO DE 74% DEL DIÁMETRO DEL TUBO.
- EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD, VELOCIDAD, DIÁMETRO Y PENDIENTE SE HARÁ APLICANDO LA FÓRMULA DE MANNING EN SISTEMA MÉTRICO PARA SECCIONES CIRCULARES.
- CON LOS GRÁFICOS DE RELACIONES HIDRÁULICAS DE SECCIÓN PARCIAL SE CALCULARÁN LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS DE LOS TUBOS PARCIALMENTE LLENOS.
- CADA TRAMO SE CALCULARÁ CON EL CAUDAL QUE TENGA EN SU EXTREMO MÁS BAJO.
- EL DIÁMETRO MÍNIMO QUE SE UTILIZARÁ EN LOS DRENAJES PARA TUBERÍA DE PVC ES DE 6".
- EN LAS CONEXIONES DOMICILIARES EL DIÁMETRO MÍNIMO ES DE 4" EN PVC UTILIZANDO UN REDUCIDOR DE 4"x3" PARA EVITAR EL TAPONAMIENTO, LA CANDELA DE REGISTRO DOMICILIAR ES DE 12".
- LA VELOCIDAD MÁXIMA CON EL CAUDAL DE DISEÑO ES DE 250 M/SEG Y LA VELOCIDAD MÍNIMA CON EL CAUDAL DE DISEÑO ES DE 0.60 M/SEG.
- LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE CORONAMIENTO DE LA TUBERÍA CON RESPECTO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO ES DE 120 METROS.
- LOS POZOS DE VISITA SE LOCALIZARÁN EN CAMBIOS DE DIÁMETRO, EN CAMBIOS DE PENDIENTE, EN CAMBIOS DE DIRECCIÓN HORIZONTAL PARA DIÁMETROS MENORES DE 24", EN LAS INTERSECCIONES DE TUBERÍAS COLECTORAS, EN LOS EXTREMOS SUPERIORES DE RAMALES INICIALES, A DISTANCIAS NO MAYORES DE 100 METROS EN LÍNEA RECTA EN DIÁMETROS DE HASTA 24".

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO

- TUBERÍA CON DIÁMETRO DE 6" Y 8" SERÁ NOVAFORT DE PVC, NORMA ASTM F-349
- TIPO DE RED: ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD.
- POBLACIÓN ACTUAL: 1036 HAB. EN 148 FAMILIAS.
- MÉTODO DE POBLACIÓN FUTURA: GEOMÉTRICO
- CRECIMIENTO POBLACIONAL: 3.00%
- PERIODO DE DISEÑO: 30 AÑOS.
- POBLACIÓN FUTURA: 2,515 HABITANTES.
- DOTACIÓN: 125L/HAB/DÍA
- FACTOR DE CAUDAL MEDIO: 0.001
- FACTOR DE HARMONÍ: 3.7656
- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA PVC: 0.010
- FÓRMULA DE DISEÑO: MANNING

$$V = 0.09429 \frac{2.49}{S} \left(\frac{1}{N} \right)$$

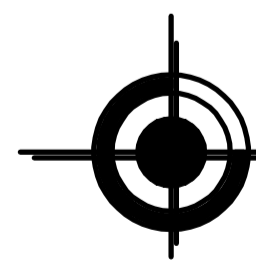
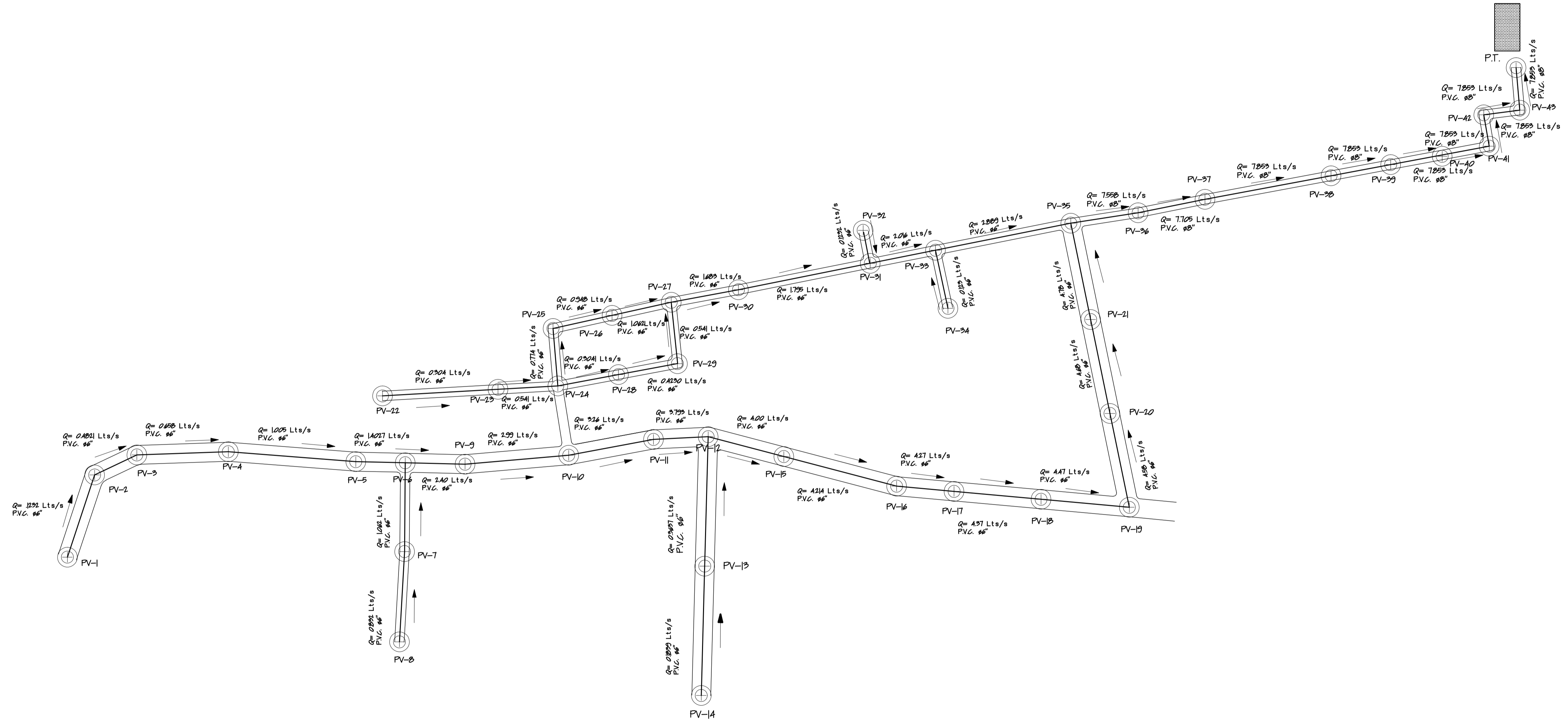
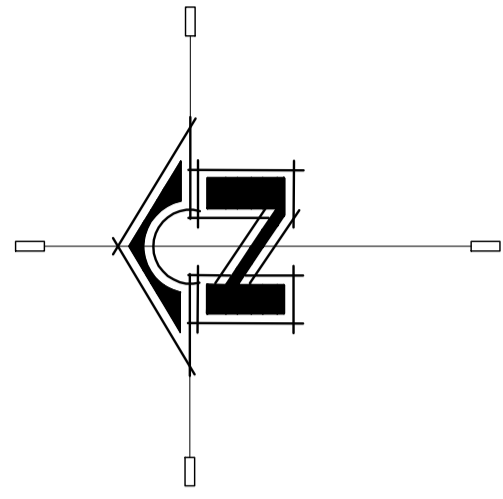
- RELACIONES HIDRÁULICAS: $Q=AV$
- CAUDAL DE DISEÑO: 8.495 Lts/seg
- TRATAMIENTO DE AGUA: SE TIENE PROYECTADO REALIZAR UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL FUTURO.



LIBRETA TOPOGRAFICA			
EST.	PD	AZIMUT	DISTANCIA
E-0	E-1	108 22 42	54.9
E-1	E-2	154 35 30	29.6
E-2	E-3	178 1 34	57.94
E-3	E-4	184 27 26	81.00
E-4	E-5	181 10 25	31.38
E-5	E-6	181 23 30	37.90
E-5	E-7	270 29 14	56.25
E-7	E-8	273 14 25	54.28
E-6	E-9	175 5 10	65.90
E-9	E-10	169 25 10	54.65
E-10	E-20	177 9 22	34.66
E-20	E-21a	194 41 13	49.55
E-21a	E-21	194 41 13	73.84
E-20	E-22a	271 31 43	81.95
E-22a	E-22	271 31 43	81.95
E-21	E-23a	185 11 59	36.58
E-23a	E-23	185 11 59	55.33
E-23	E-24	185 11 59	56.00
E-9	E-11	80 59 14	44.40
E-11	E-12	84 74 36	36.54
E-11	E-14a	356 45 38	37.86
E-14a	E-14	356 45 38	73.32
E-11	E-13a	169 22 21	39.16
E-13a	E-13	169 22 21	38.09
E-12	E-15a	167 31 27	40.20
E-15a	E-15	167 31 27	36.49
E-15	E-16	169 22 05	43.35
E-16	E-17	168 41 07	84.80
E-17	E-17a	78 57 55	20.10
E-17	E-18	168 41 07	42.5
E-18	E-18a	257 53 01	37.60
E-18	E-19	168 41 07	87.42
E-19	E-24a	258 22 22	62.30
E-24a	E-24b	258 22 22	60.70
E-24b	E-24	258 22 22	60.70
E-19	E-25	171 16 15	43.13
E-25	E-26	168 33 18	43.15
E-26	E-27	169 25 50	81.30
E-27	E-28	169 25 50	38.40
E-28	E-29	169 25 50	28.70
E-29	E-30	169 25 50	34.80
E-30	E-31	80 05 15	20.20
E-31	E-32	172 43 30	23.00
E-32	E-33	85 05 10	27.00

DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES
PLANTA GENERAL TOPOGRAFICA
 ESC. 1:2000

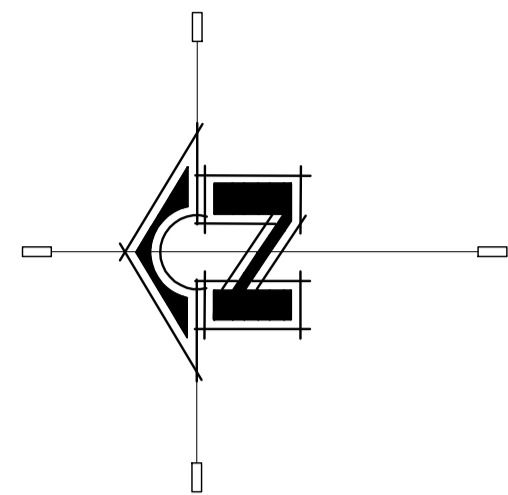
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO	DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES
EPS	PLANO DE	PLANTA GENERAL TOPOGRAFICA
PROPIEDAD DE	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ	ESPEJISTA:	ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS
ESCALA: INDICADA	FECHA:	2004-10-05
FECHA: DICIEMBRE 2009	NO. 0110 RODRIGUEZ RESERVA	ALVARO RAMIREZ ESPEJISTA



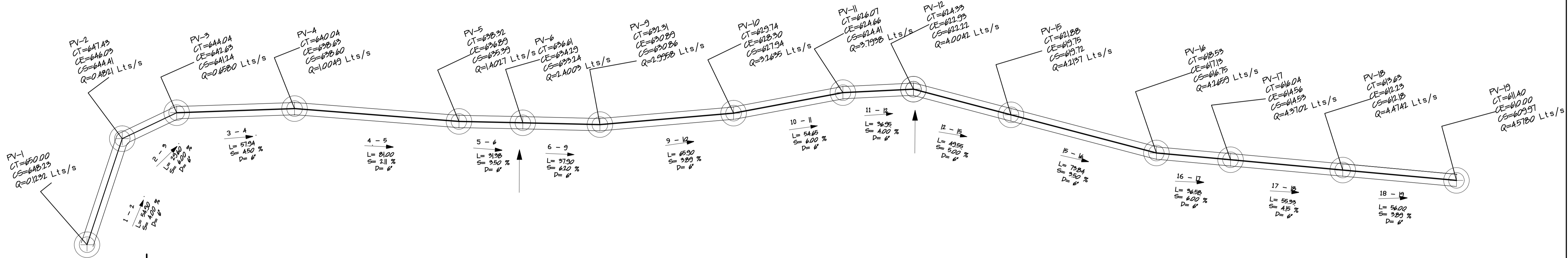
PLANTA GENERAL DE DISTRIBUCION DE POZOS

ESC. 1:500

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES	
	PLANO DE: PLANTA DE DISTRIBUCION DE POZOS DE VISITA	
	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALLEJO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ	PROYECTISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS No. 2004-19105	C.M.
ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2009	No. SILVIO RODRIGUEZ ASESOR	ALVARO RAMIREZ DISEÑISTA
		Hoja: 2 Total: 9

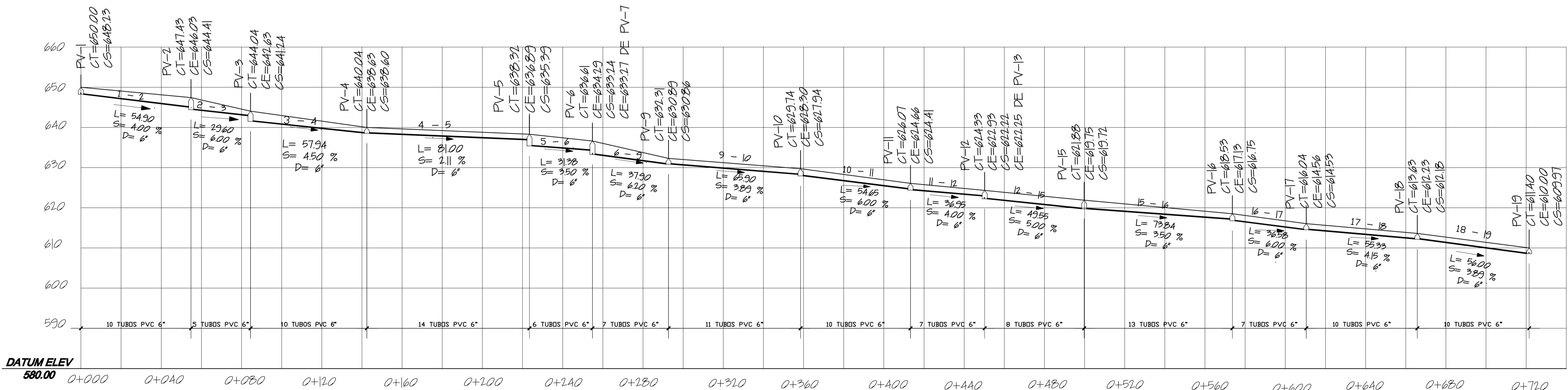


SIMBOLOGIA EN PLANTA		SIMBOLOGIA EN PERFIL	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE		INDICA NORTE
	INDICA TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO		INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA POZO DE VISITA		INDICA TUBERIA
PV-00	INDICA NUMERO POZO DE VISITA		INDICA POZO DE VISITA
	INDICA TUBERIA A COLGAR	C.T.	INDICA COTA DEL TERRENO
	INDICA BORDE DE CALLE	CE*	INDICA COTA INVER DE ENTRADA
	INDICA DIRECCION DE FLUJO	CS*	INDICA COTA INVER DE SALIDA
Q= Lts/seg	INDICA CAUDAL EN TRAMO	S %	INDICA % PENDIENTE TUBERIA
D= 6"	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA		INDICA DIRECCION DE FLUJO
			INDICA CAUDAL QUE ENTRA
			INDICA CAUDAL QUE SALE



PLANTA DRENAJE SANITARIO

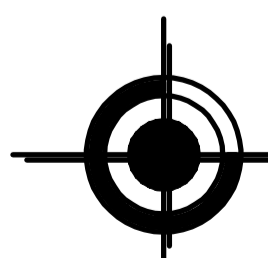
ESC. 1:1000



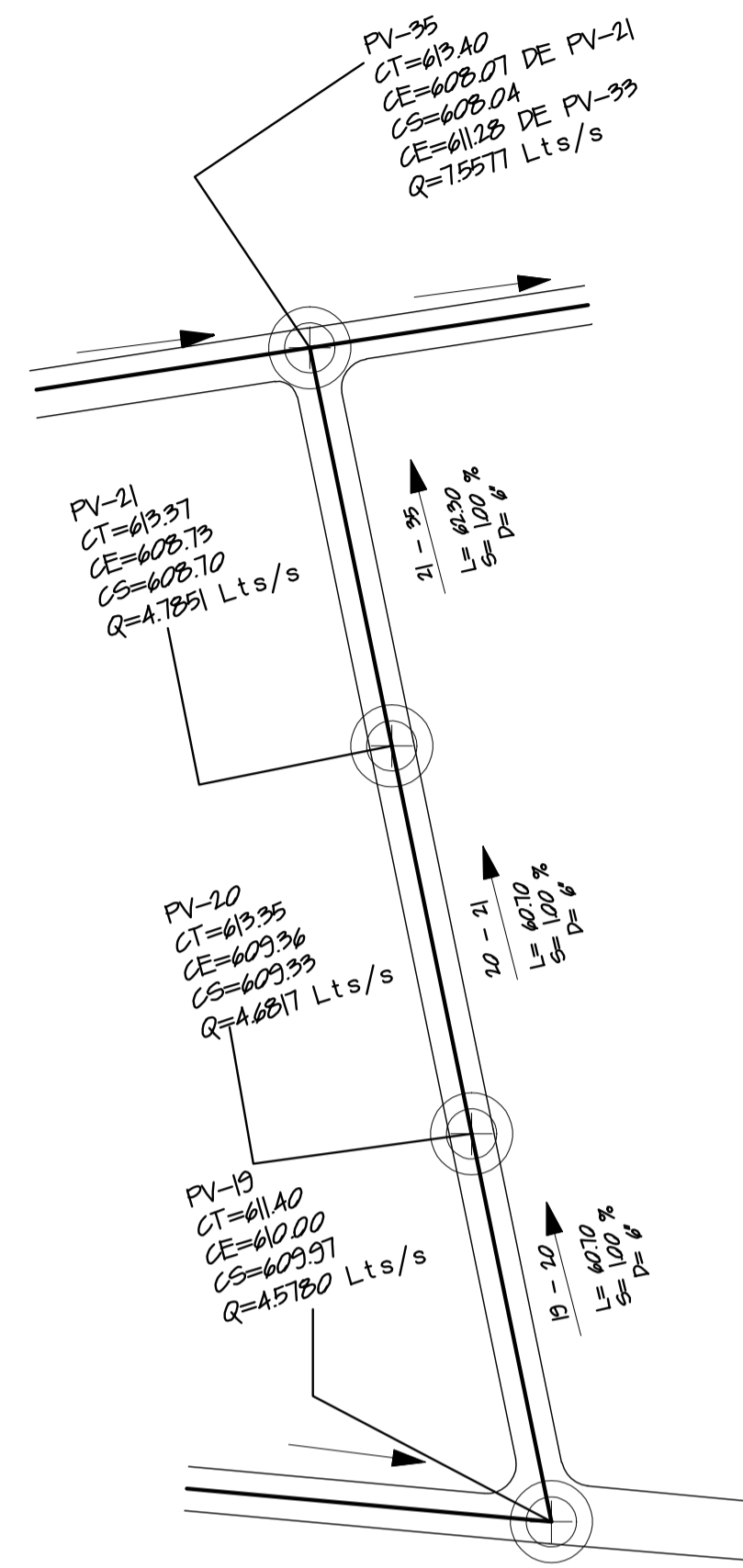
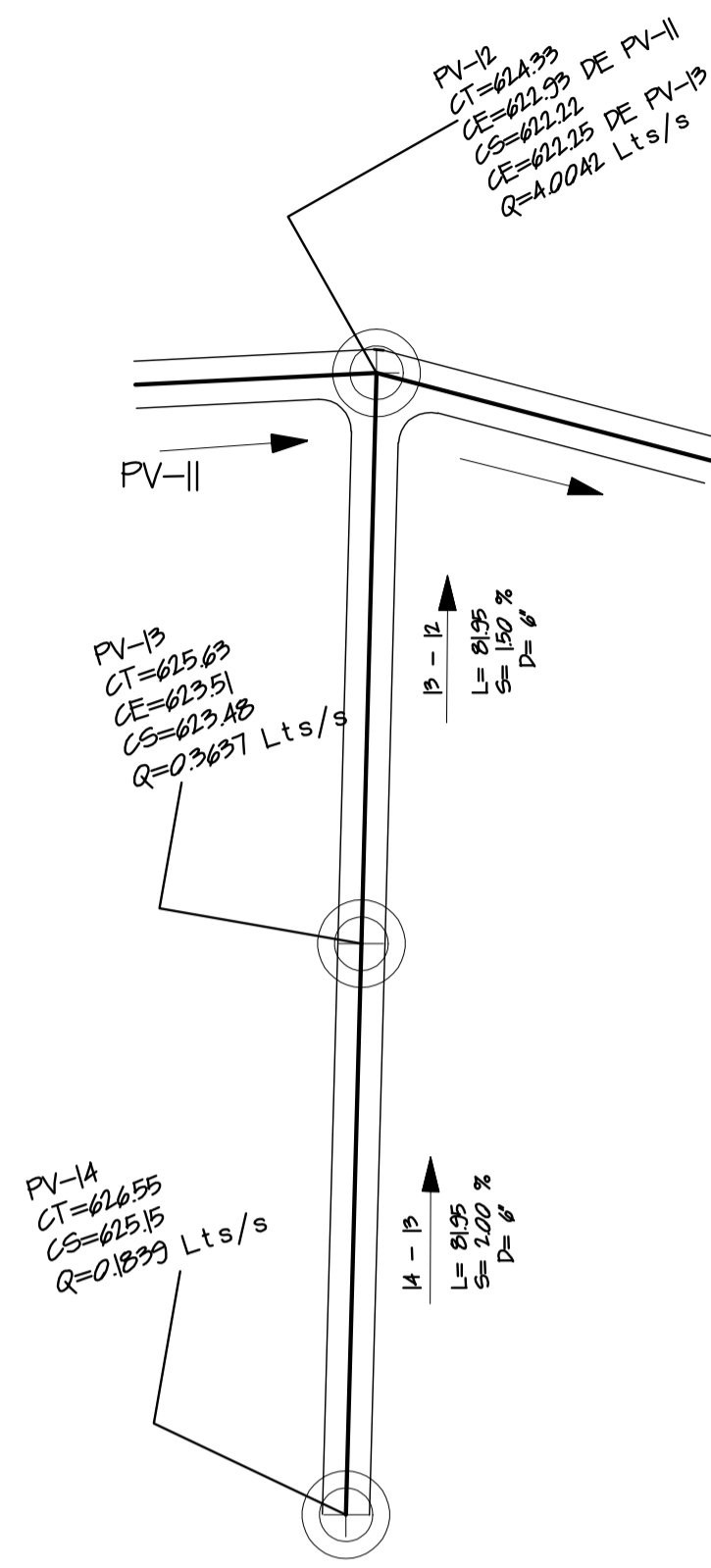
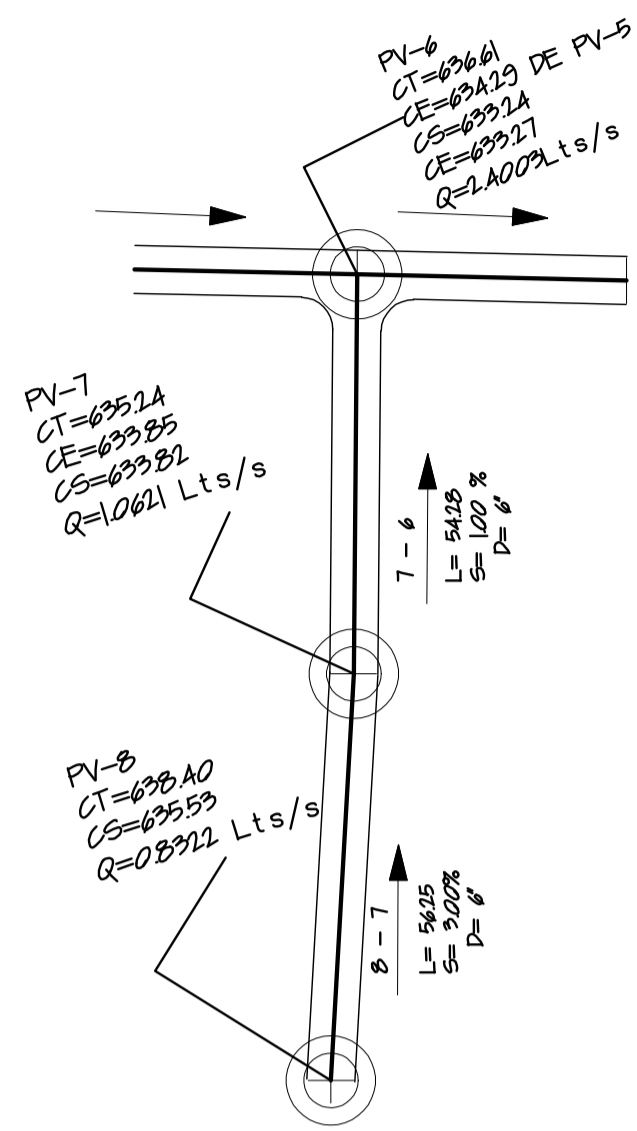
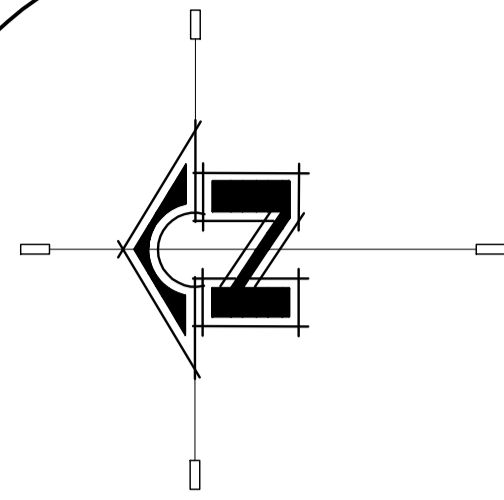
DATUM ELEV
580.00

PERFIL LONGITUDINAL DE PV-1 A PV-19

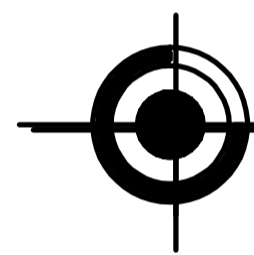
ESCALA VERT 1/500 ESCALA HORT 1/1000



<p>EPS</p>	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
	<p>PROYECTO: DRENAJE SANITARIO SECTOR SAN TARRALES</p>	
<p>PROYECTO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ</p>	<p>PLANO DE: PLANTA Y PERFIL</p>	
<p>PROYECTO DE: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS</p>	<p>FECHA: 2004-10-05</p>	<p>NO. 3</p>
<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>FECHA: DICIEMBRE 2009</p>	<p>NO. 9</p>

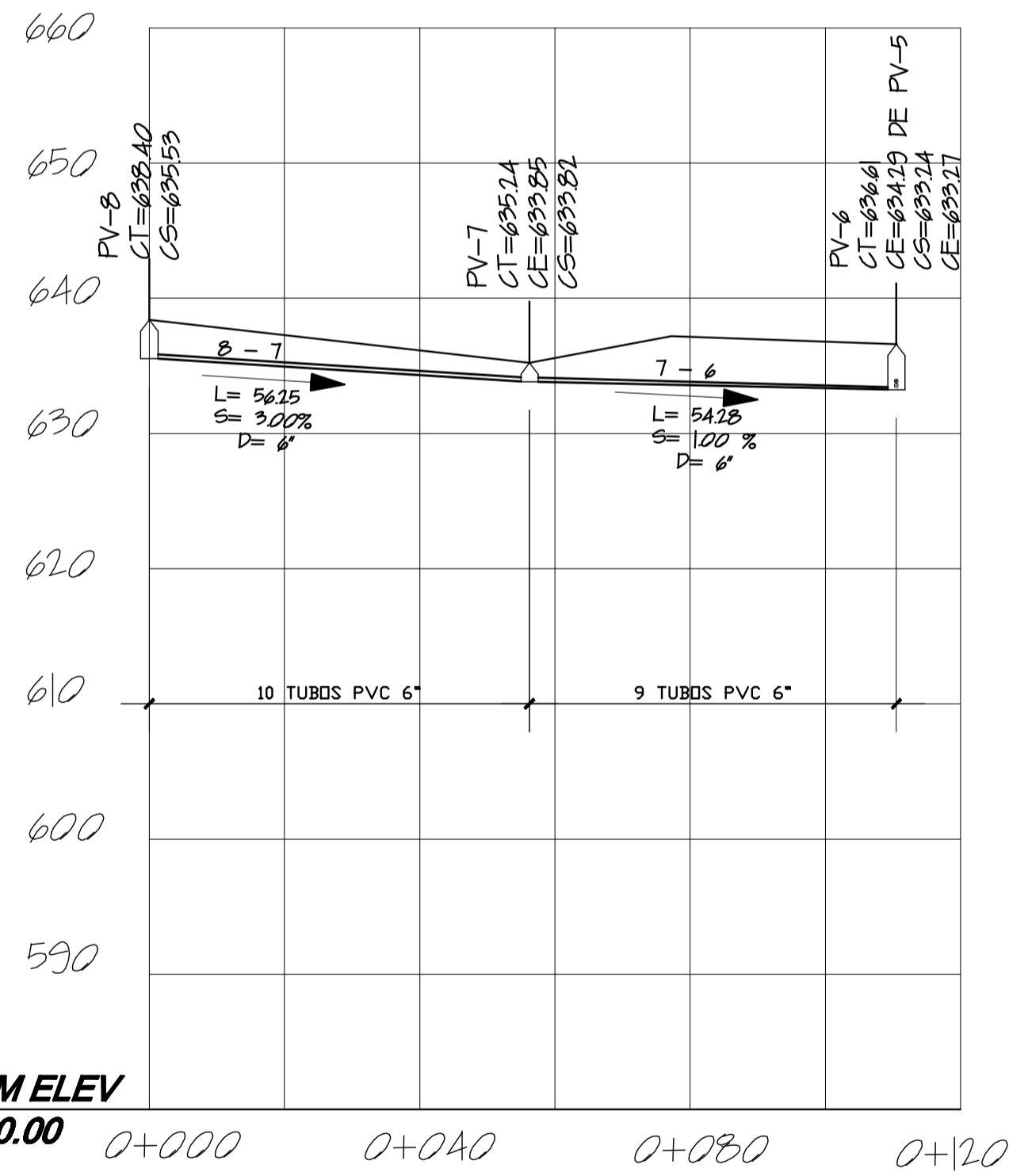


SIMBOLOGIA EN PLANTA		SIMBOLOGIA EN PERFIL	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE		INDICA NORTE
	INDICA TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO		INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA POZO DE VISITA		INDICA TUBERIA
PV-00	INDICA NUMERO POZO DE VISITA		INDICA POZO DE VISITA
	INDICA TUBERIA A COLOCAR	PV-00	INDICA NUMERO POZO DE VISITA
	INDICA BORDE DE CALLE	C.T.	INDICA COTA DEL TERRENO
	INDICA DIRECCION DE FLUJO	CE+	INDICA COTA INVER DE ENTRADA
Q= Lts/seg	INDICA CAUDAL EN TRAMO	CS+	INDICA COTA INVER DE SALIDA
D= "	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA	S %	INDICA % PENDIENTE TUBERIA
			INDICA DIRECCION DE FLUJO
			INDICA CAUDAL QUE ENTRA
			INDICA CAUDAL QUE SALE



PLANTA DRENAJE SANITARIO

ESC. 1:1000

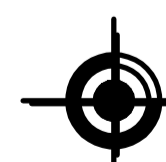
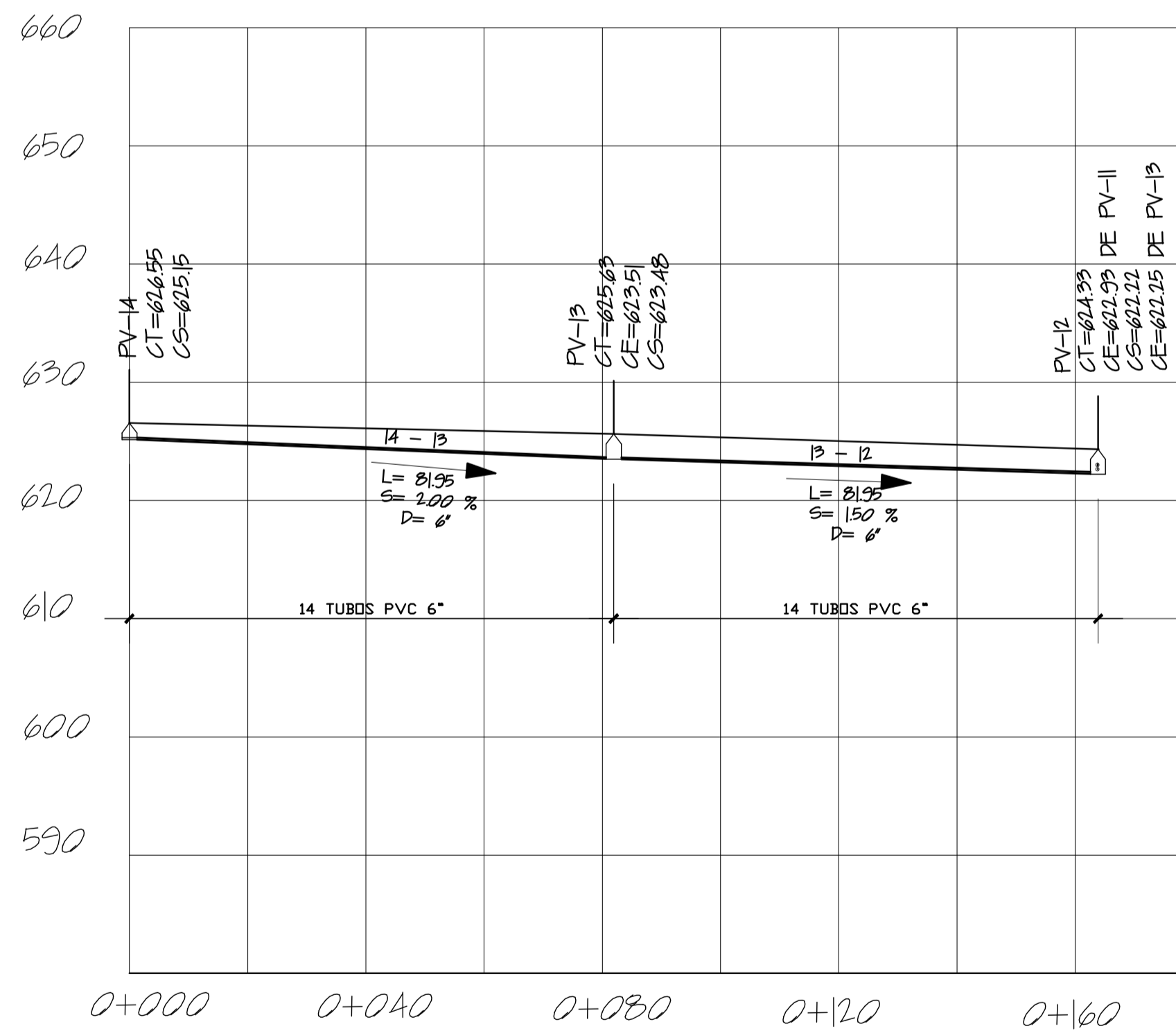


DATUM ELEV
580.00



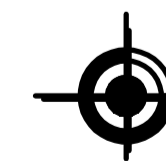
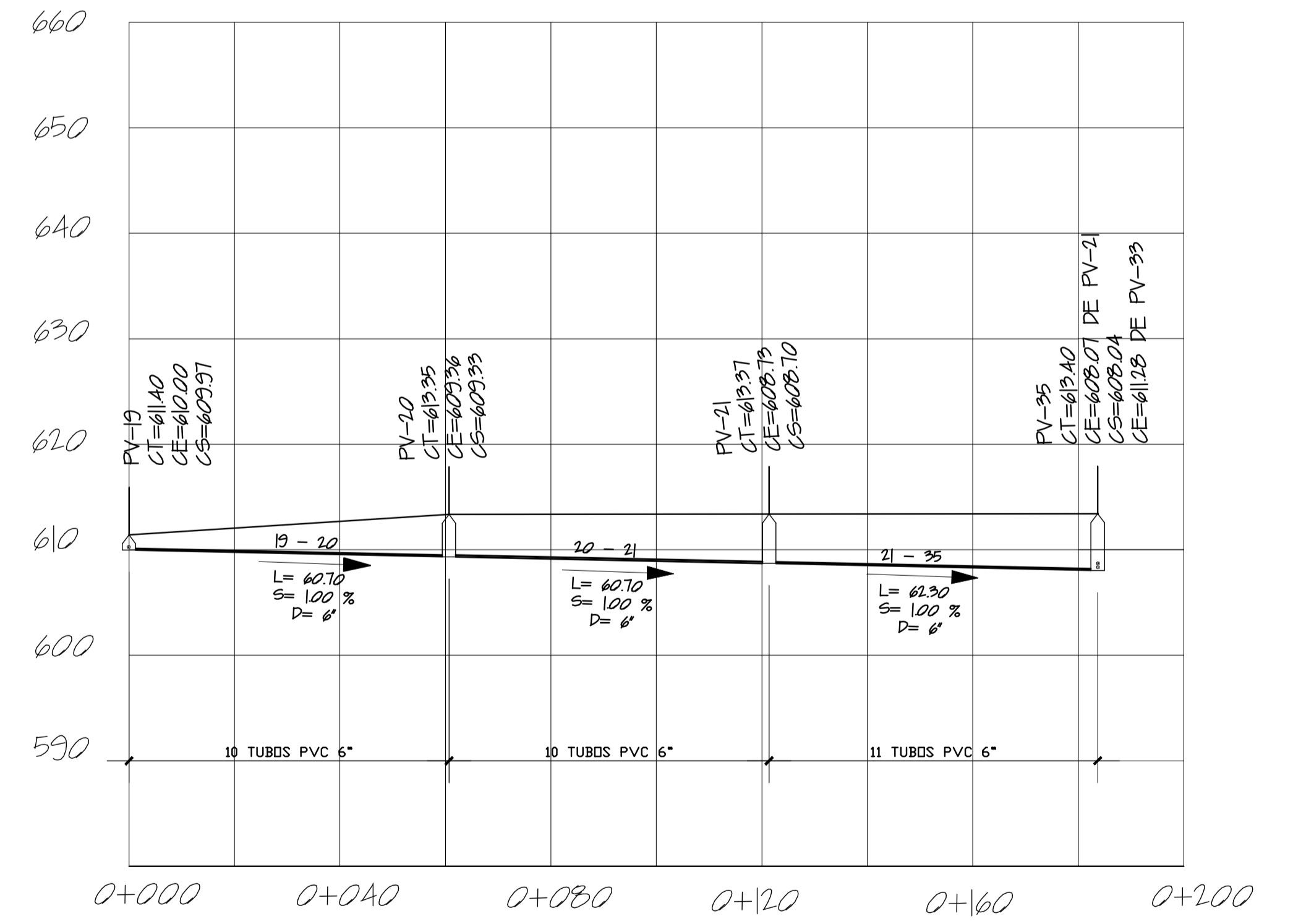
PERFIL LONGITUDINAL DE PV-8 A PV-6

ESCALA VERT 1/500 ESCALA HORIZ 1/2000



PERFIL LONGITUDINAL DE PV-14 A PV-12

ESCALA VERT 1/500 ESCALA HORIZ 1/2000



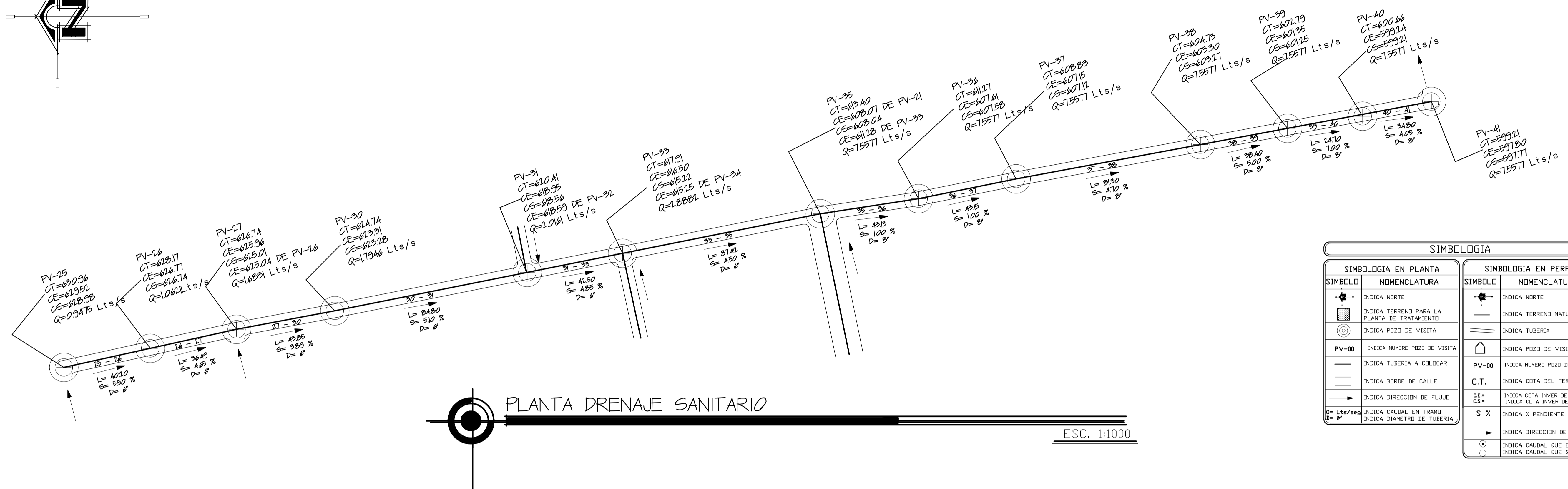
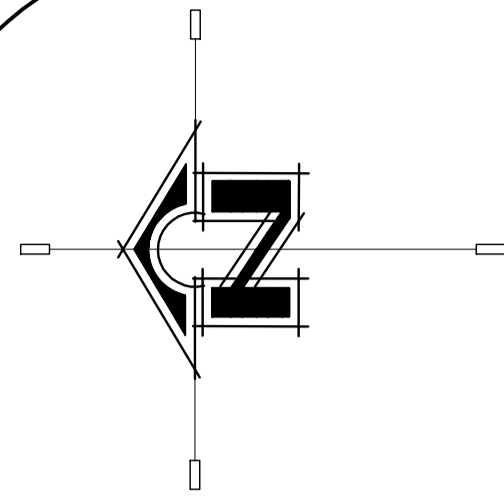
PERFIL LONGITUDINAL DE PV-19 A PV-35

ESCALA VERT 1/500 ESCALA HORIZ 1/2000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

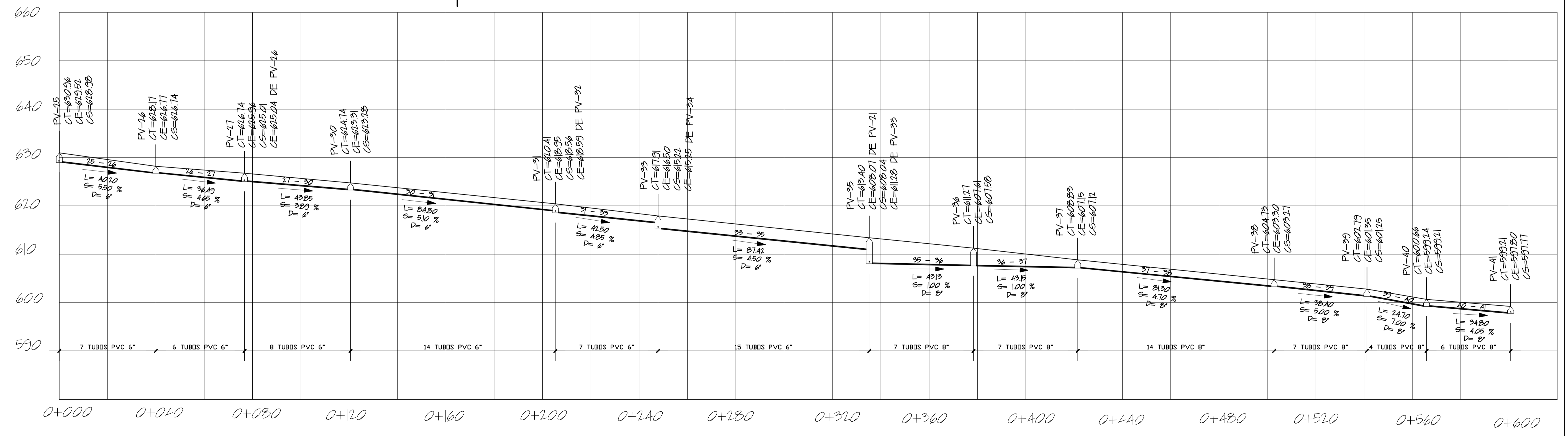
PROYECTO	DRENAJE SANITARIO SECTOR SAN TARRALES	
PLANO DE	PLANTA Y PERFIL	
PROPIEDAD DE	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPULAN, SUCHITEPEQUEZ	
INGENIERO	ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS	Civil
FECHA	2004-10-05	
NO. SILVIO RAMIREZ	ALVARO RAMIREZ	4
ESPESORA	ESPESORA	9



SIMBOLOGIA EN PLANTA		SIMBOLOGIA EN PERFIL	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE		INDICA NORTE
	INDICA TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO		INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA POZO DE VISITA		INDICA TUBERIA
	INDICA NUMERO POZO DE VISITA		INDICA POZO DE VISITA
	INDICA TUBERIA A COLGAR		INDICA NUMERO POZO DE VISITA
	INDICA BORDE DE CALLE		INDICA COTA DEL TERRENO
	INDICA DIRECCION DE FLUJO		INDICA COTA INVER DE ENTRADA INDICA COTA INVER DE SALIDA
	INDICA CAUDAL EN TRAMO INDICA DIAMETRO DE TUBERIA		INDICA % PENDIENTE TUBERIA
			INDICA CAUDAL QUE ENTRA
			INDICA CAUDAL QUE SALE

PLANTA DRENAJE SANITARIO

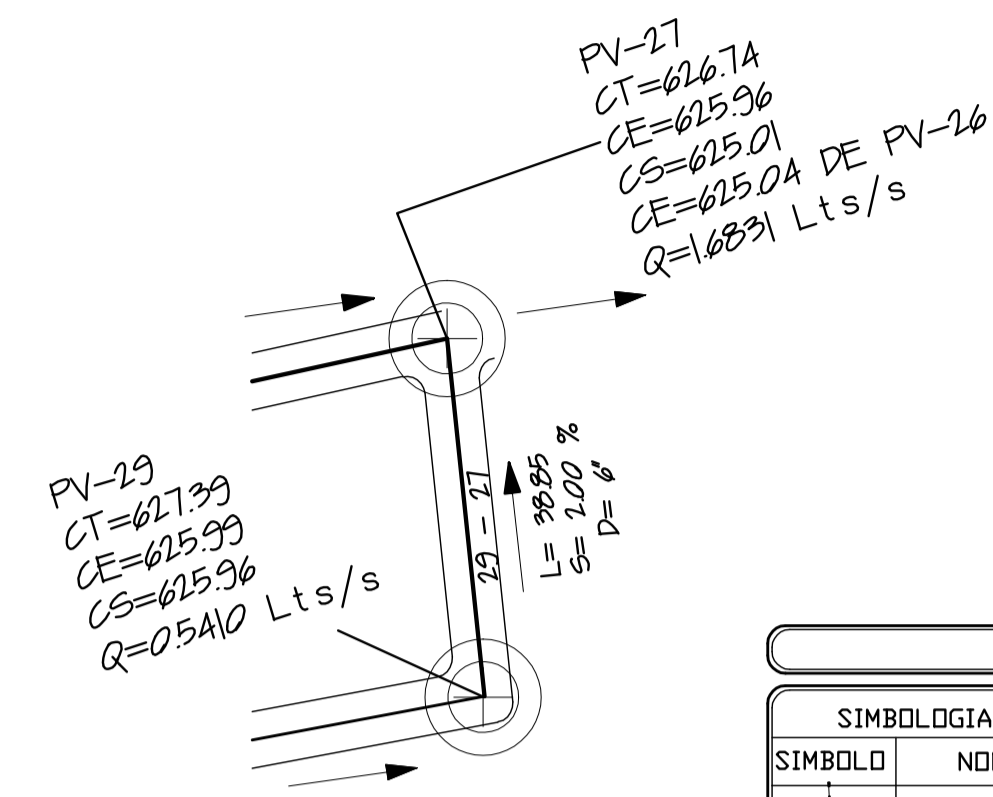
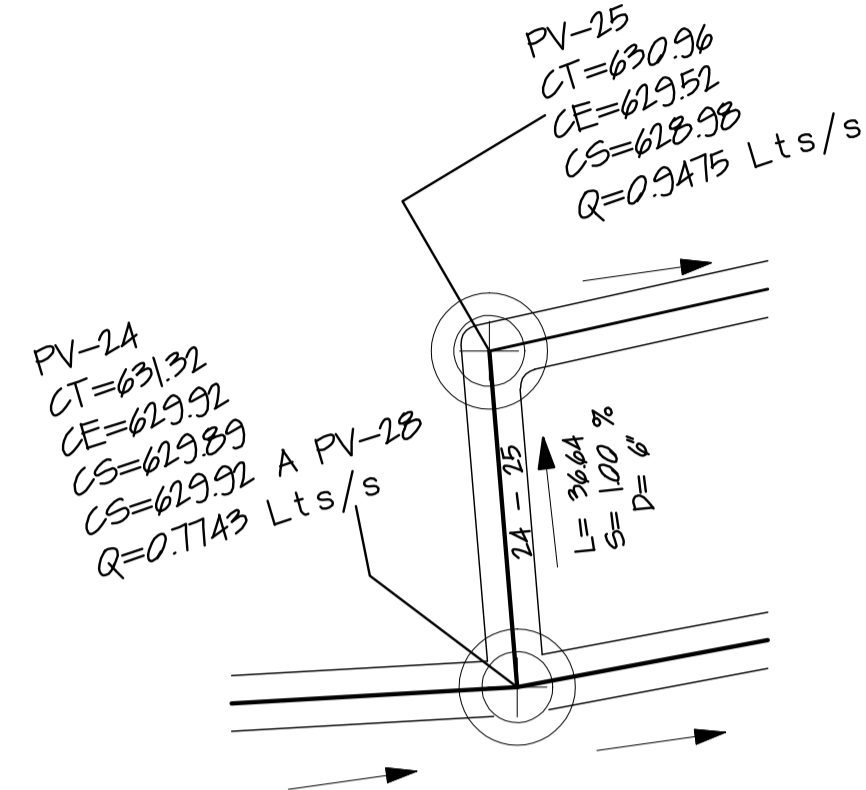
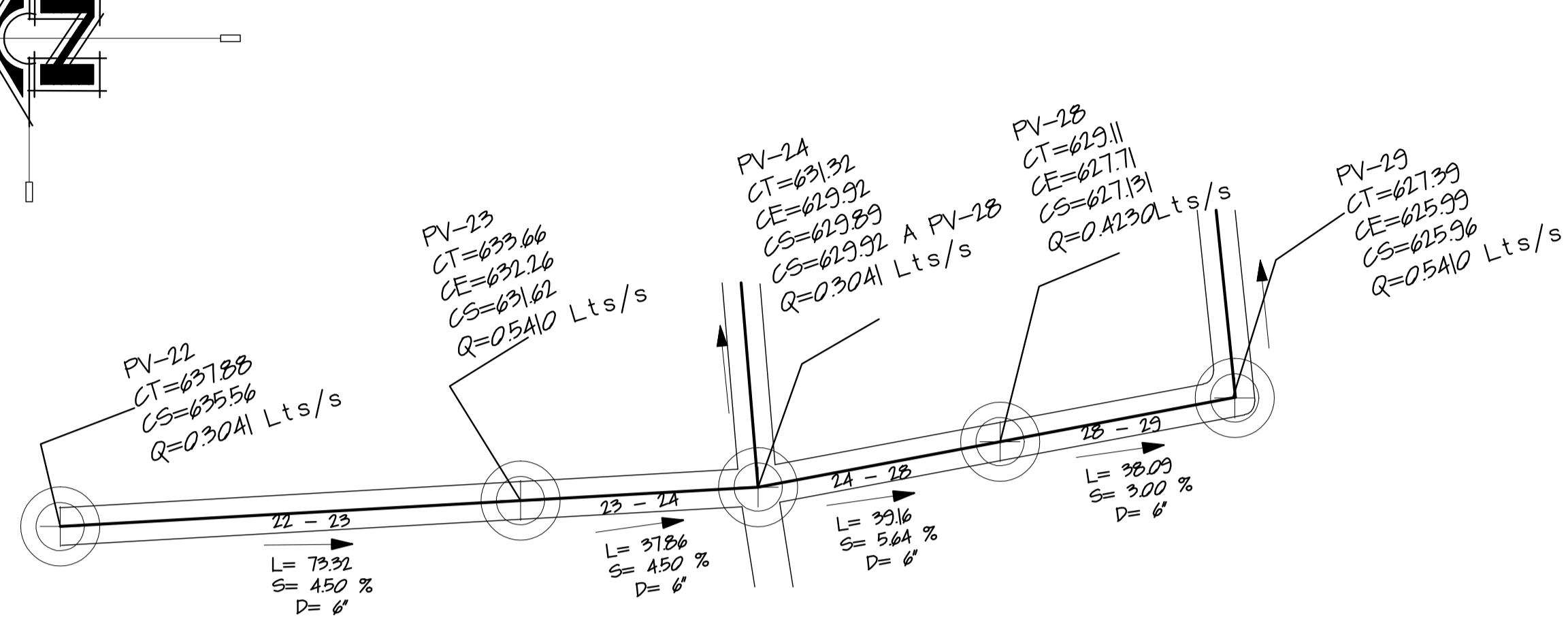
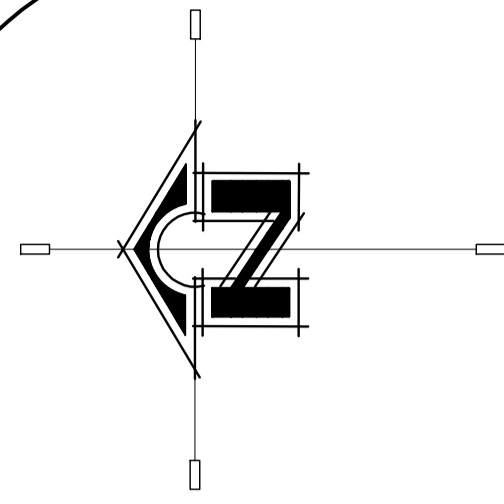
ESC. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL DE PV-25 A PV-41

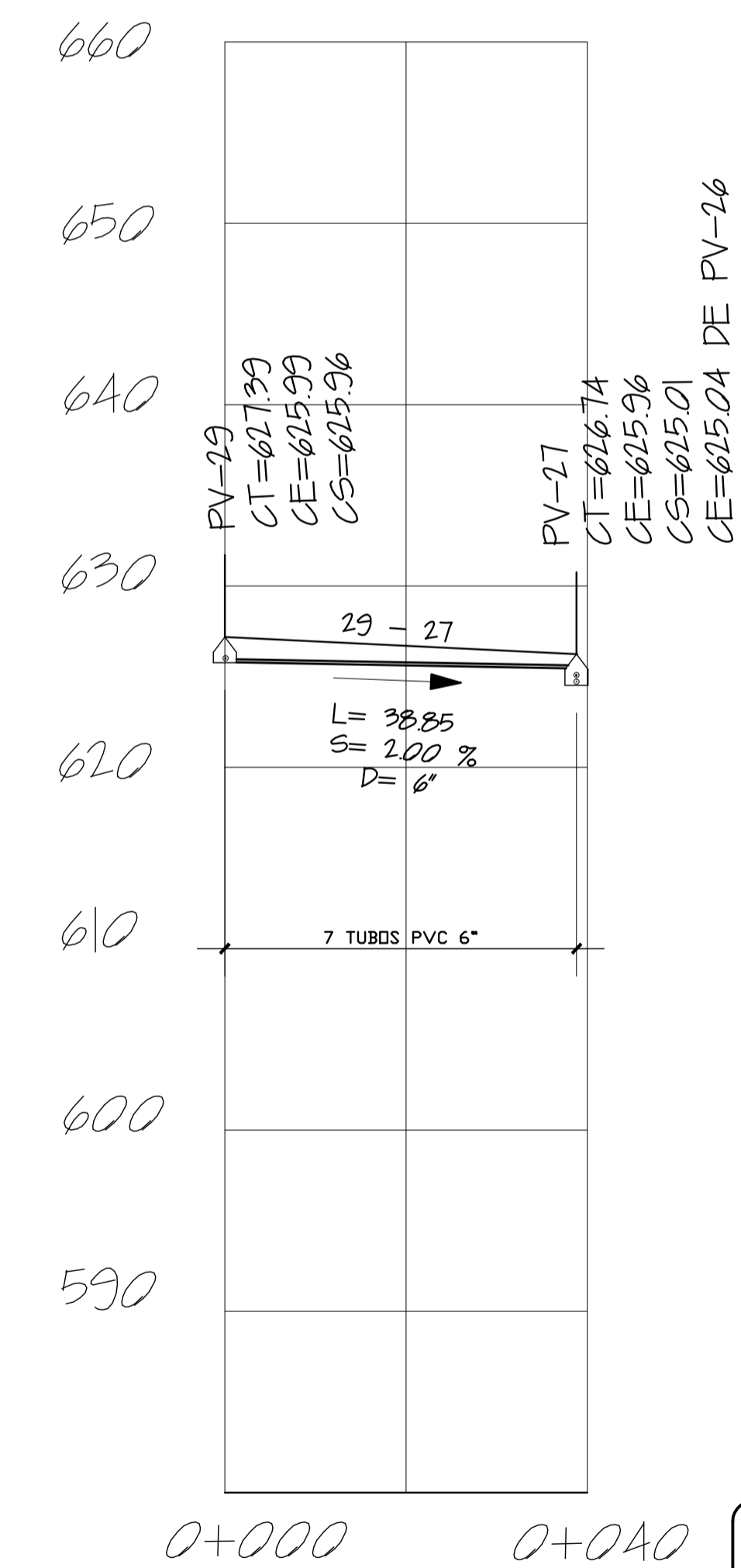
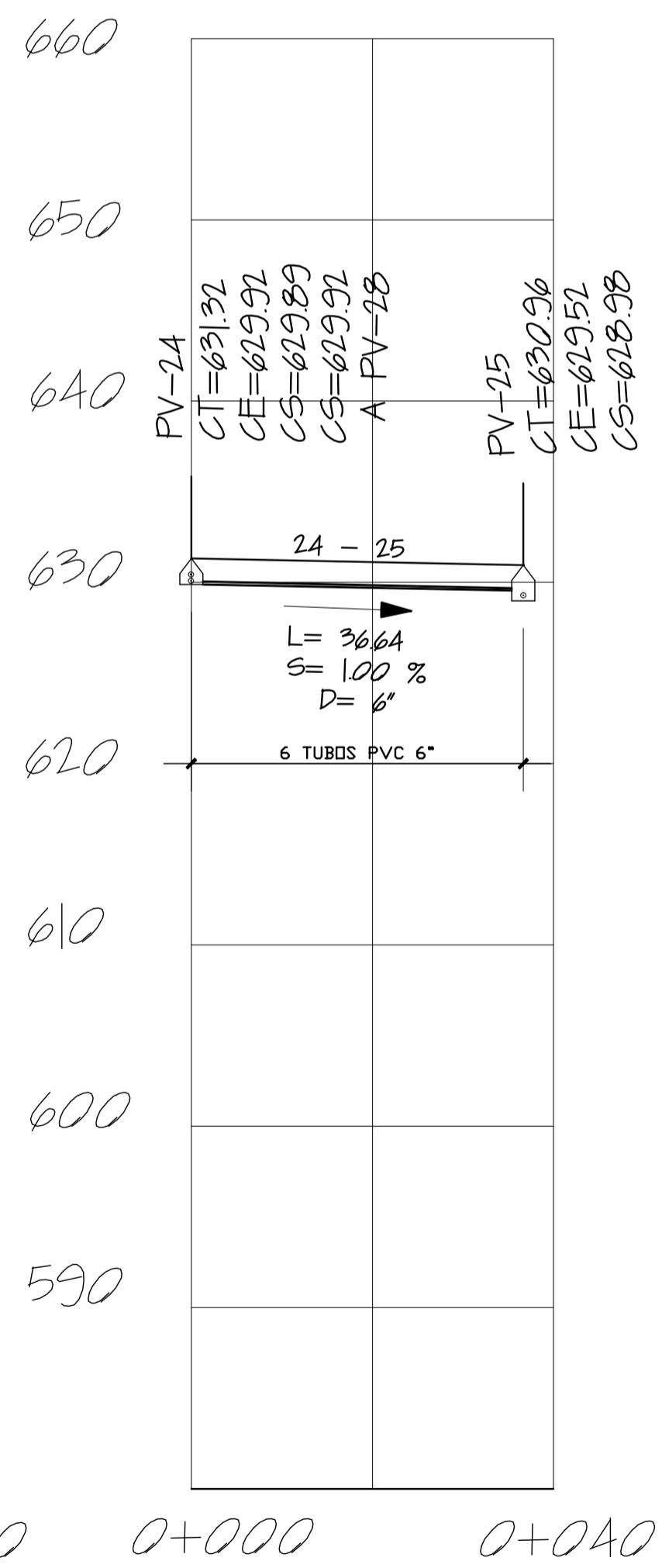
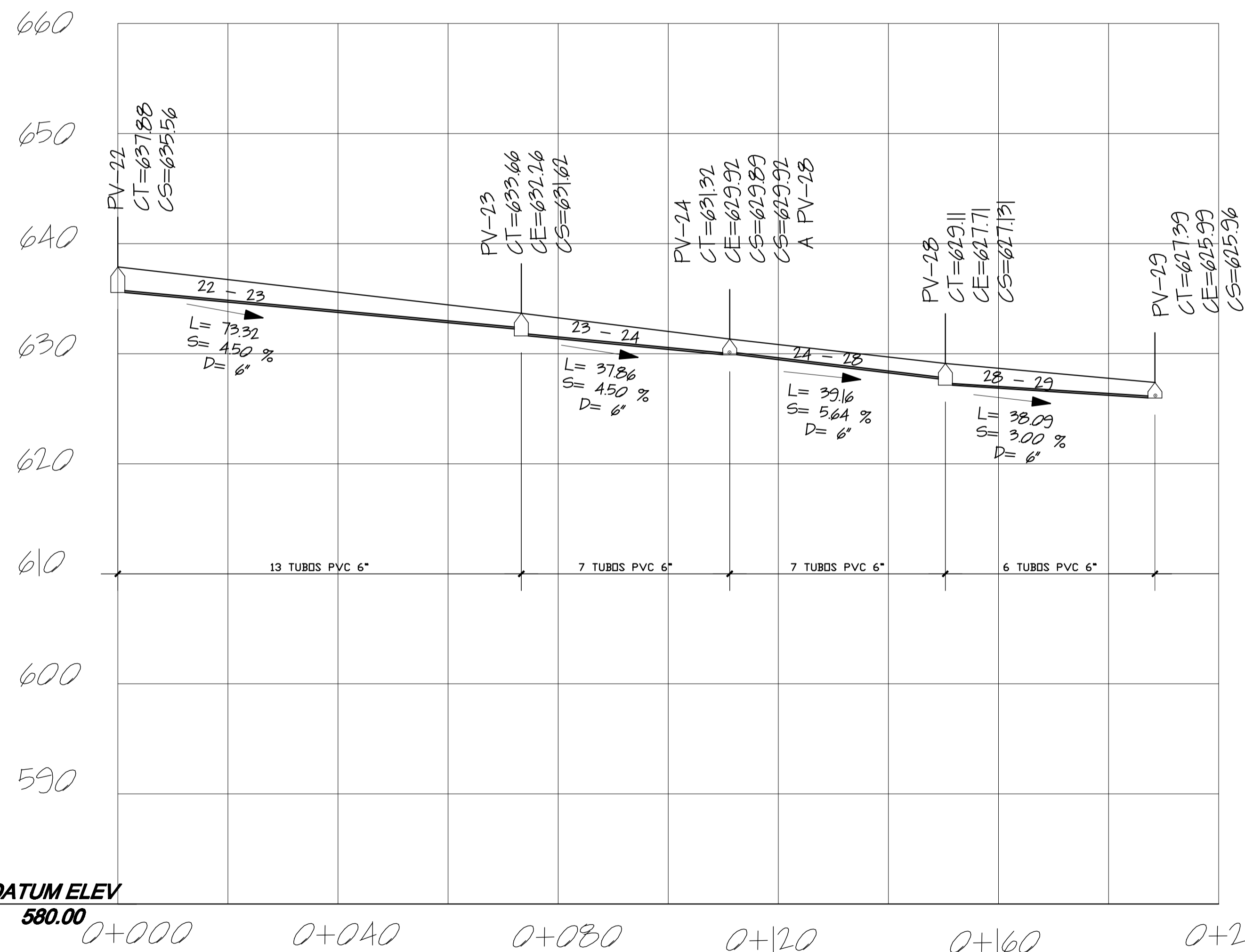
ESCALA VERT 1/500 ESCALA HORT 1/1000

<p>EPS</p>	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERVISADO</p>
	<p>PROYECTO: DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES</p>
<p>DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2009</p>	<p>PLANO DE: PLANTA Y PERFIL</p> <p>PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ</p> <p>ESPEJISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS</p> <p>VOBO: _____</p>
<p>2004-1905</p>	<p>12/14</p> <p>5</p>



SIMBOLOGIA EN PLANTA		SIMBOLOGIA EN PERFIL	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE		INDICA NORTE
	INDICA TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO		INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA POZO DE VISITA		INDICA POZO DE VISITA
PV-00	INDICA NUMERO POZO DE VISITA	PV-00	INDICA NUMERO POZO DE VISITA
	INDICA TUBERIA A COLOCAR	C.T.	INDICA COTA DEL TERRENO
	INDICA BORDE DE CALLE	CE*	INDICA COTA INVER DE ENTRADA
	INDICA DIRECCION DE FLUJO	CS*	INDICA COTA INVER DE SALIDA
Q= lts/seg D= 6"	INDICA CAUDAL EN TRAMO INDICA DIAMETRO DE TUBERIA	S %	INDICA % PENDIENTE TUBERIA
			INDICA DIRECCION DE FLUJO
			INDICA CAUDAL QUE ENTRA
			INDICA CAUDAL QUE SALE

PLANTA DRENAJE SANITARIO
 ESC. 1:1000



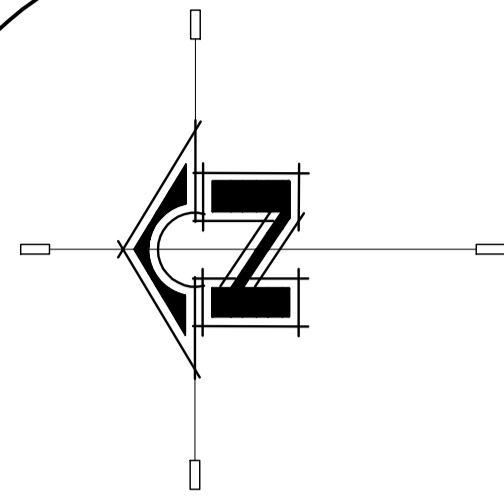
DATUM ELEV
580.00

PERFIL LONGITUDINAL DE PV-22 A PV-29
 ESCALA VERT 1/200 ESCALA HORT 1/1000

PERFIL LONGITUDINAL DE PV-24 A PV-25
 ESCALA VERT 1/200 ESCALA HORT 1/1000

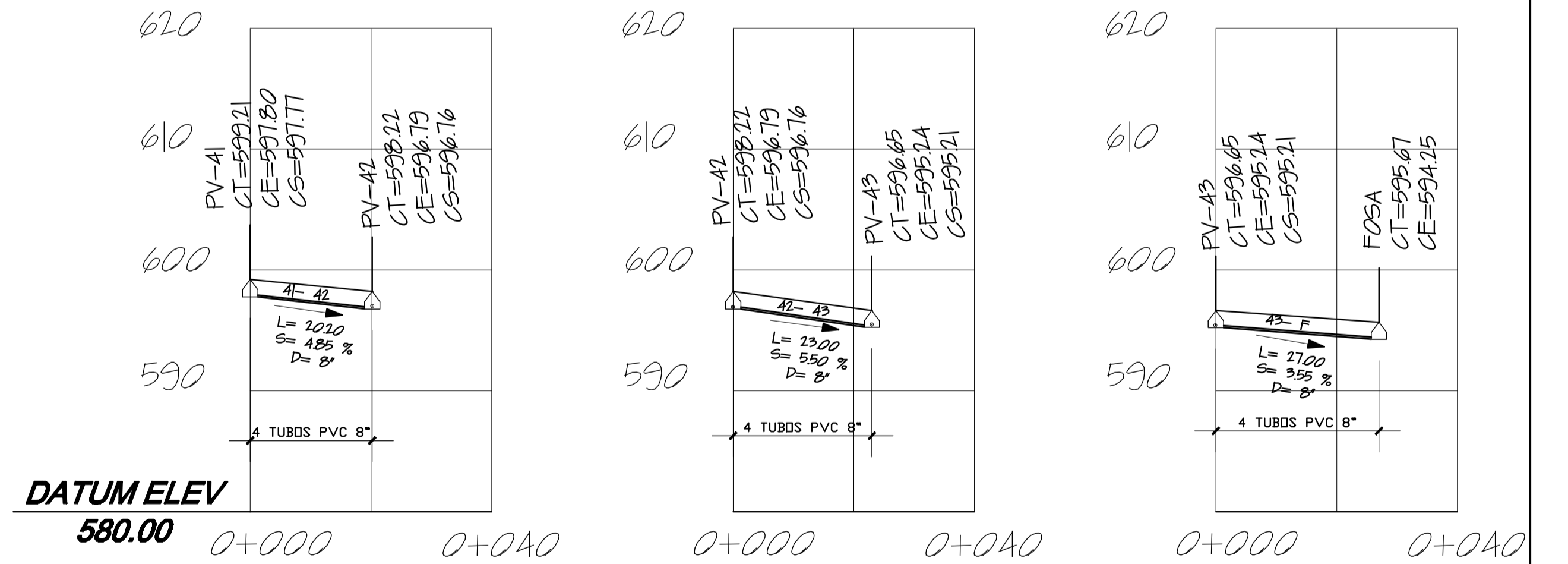
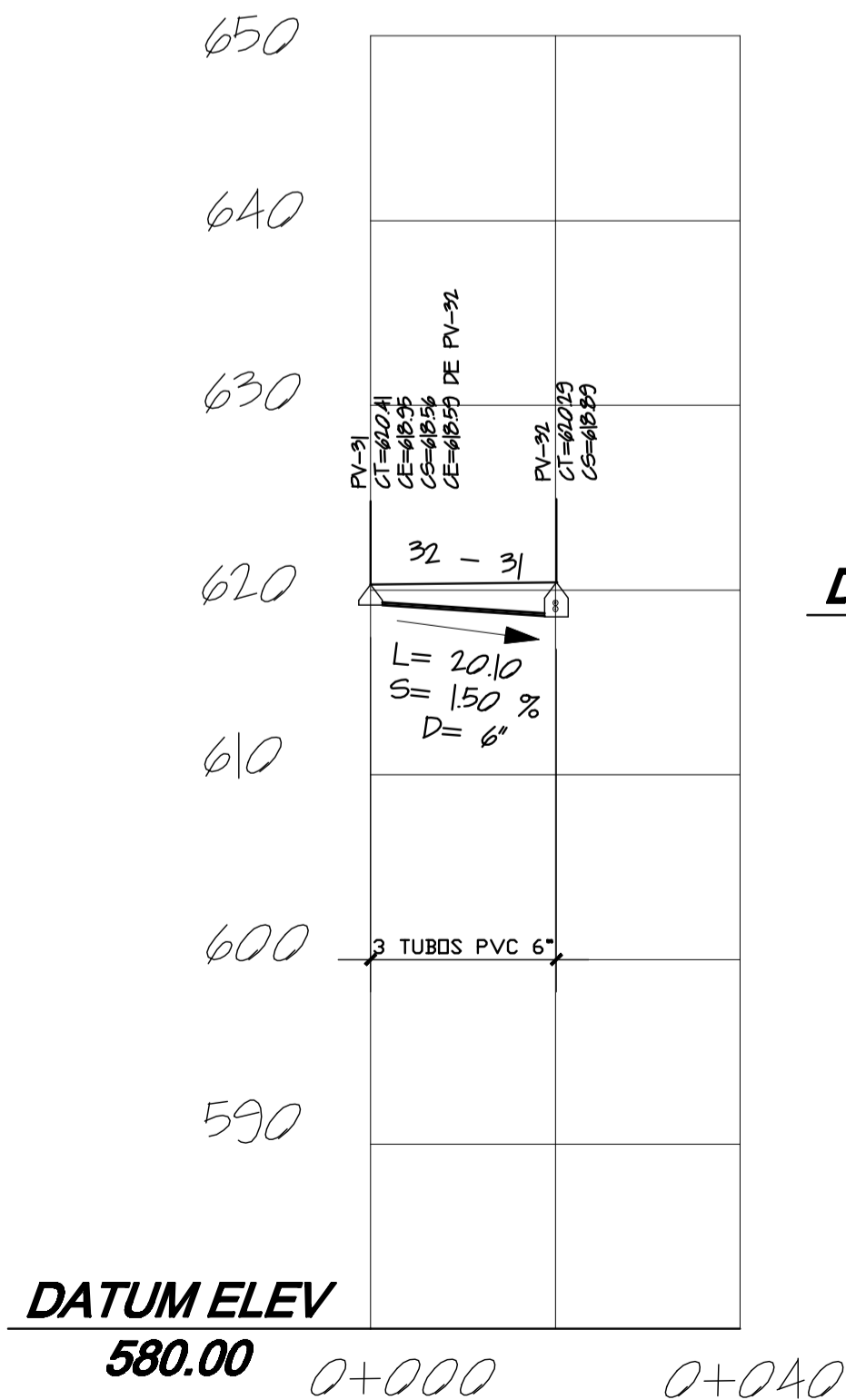
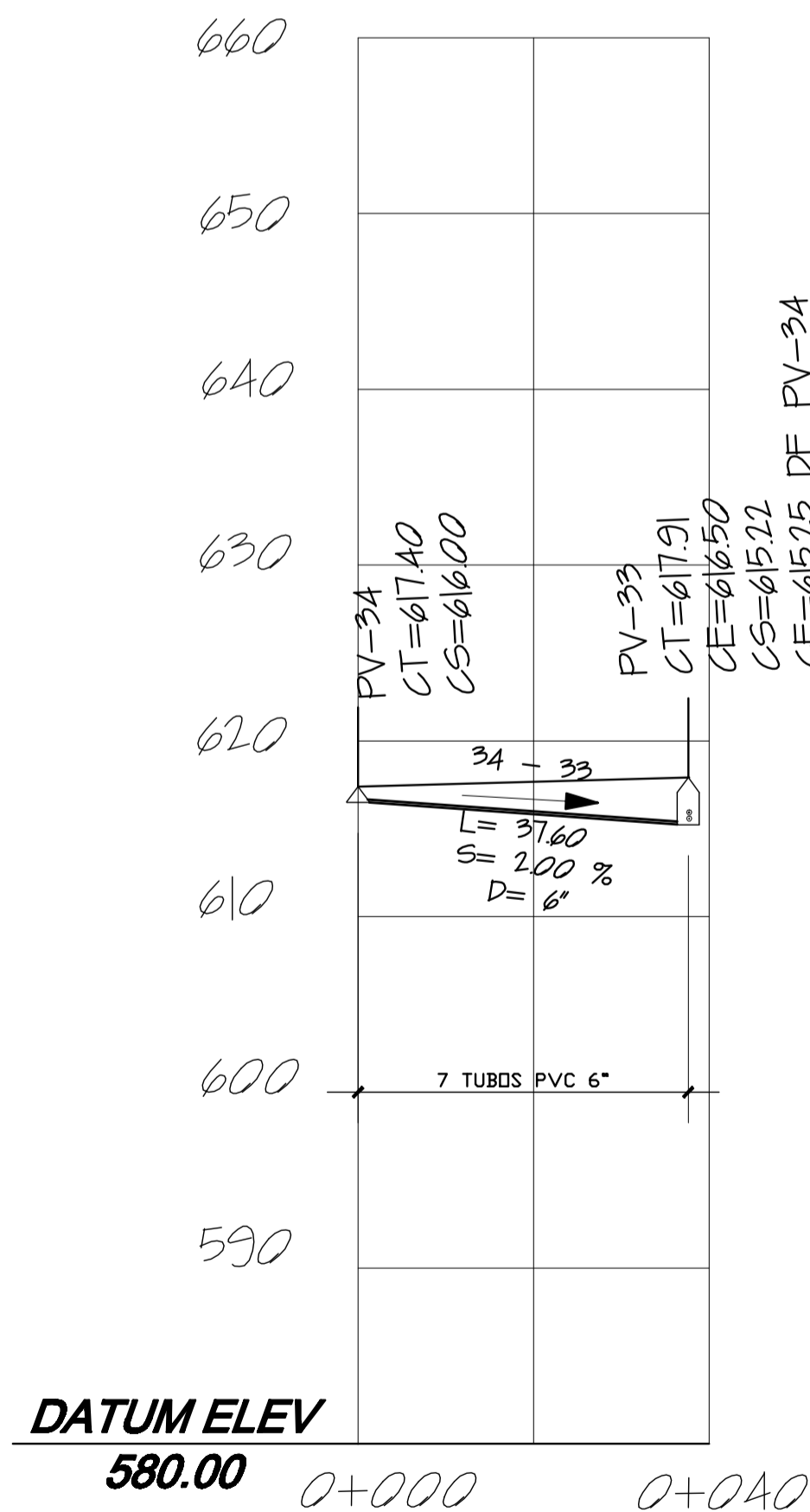
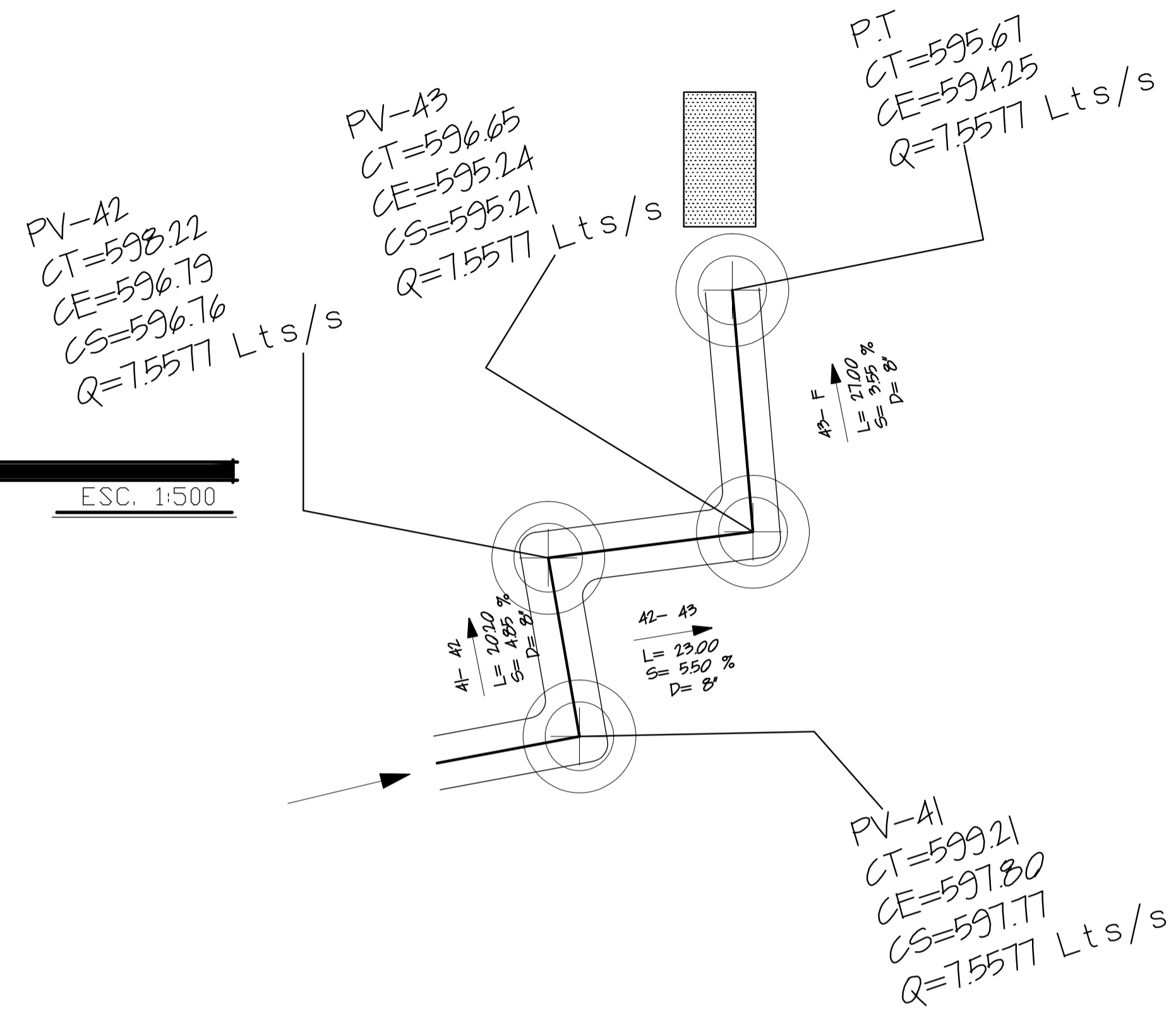
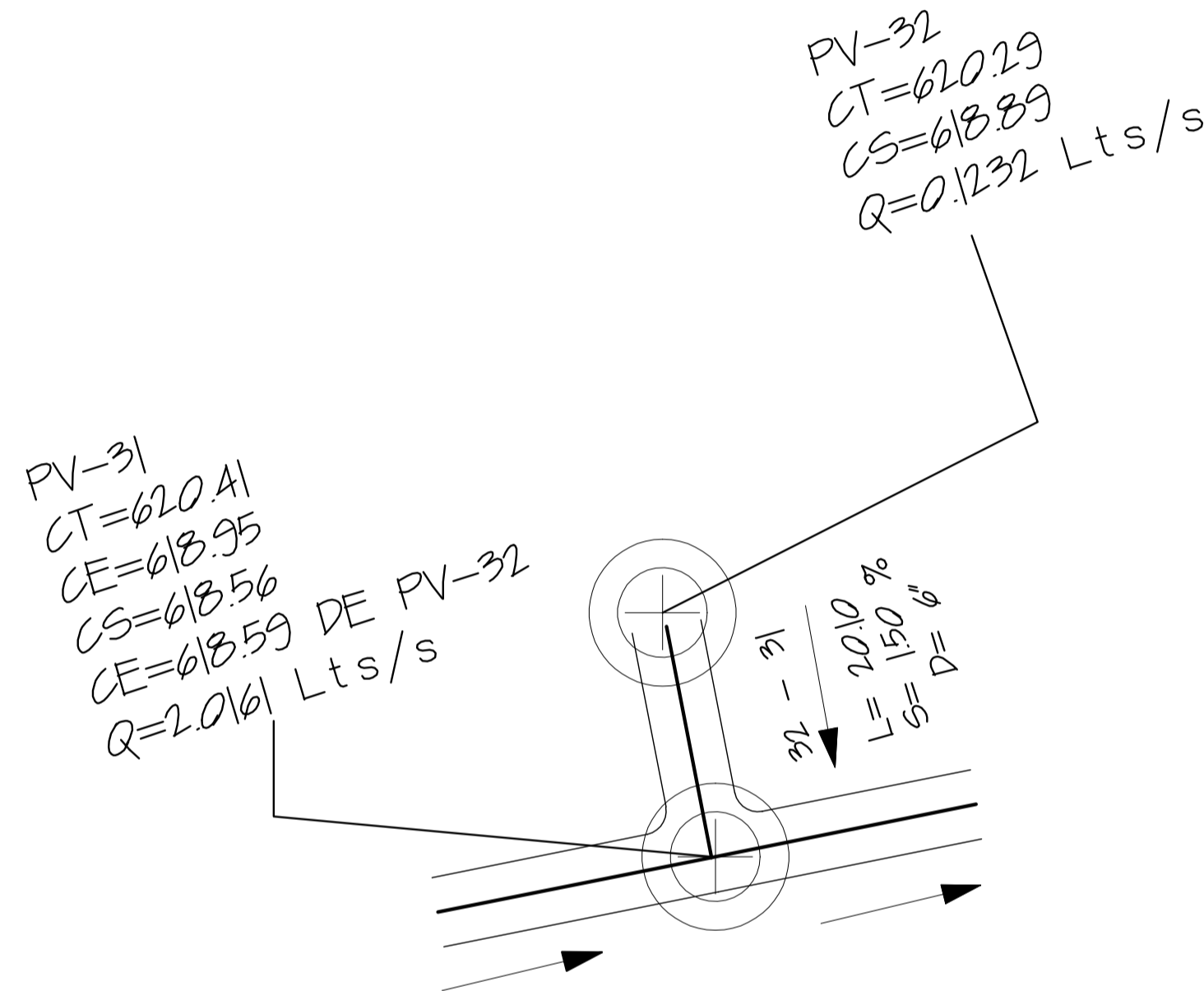
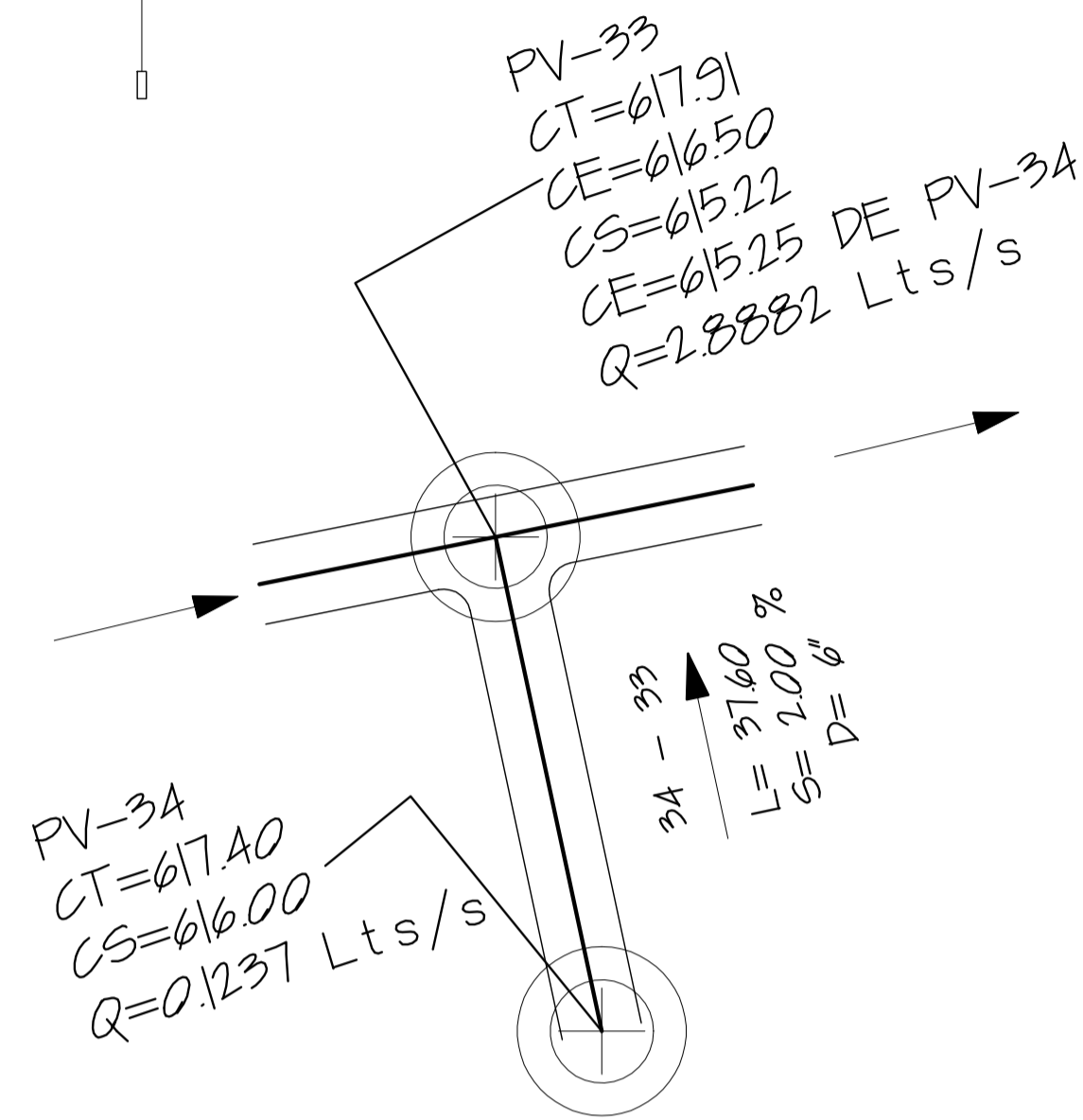
PERFIL LONGITUDINAL DE PV-29 A PV-27
 ESCALA VERT 1/200 ESCALA HORT 1/1000

 EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL	
	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2009	DISEÑO: ALVARO RAMIREZ POSADAS FECHA: 2009-12-05	Hoja 6 9



SIMBOLOGIA EN PLANTA		SIMBOLOGIA EN PERFIL	
SIMBOLO	NOMENCLATURA	SIMBOLO	NOMENCLATURA
	INDICA NORTE		INDICA NORTE
	INDICA TERRENO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO		INDICA TERRENO NATURAL
	INDICA POZO DE VISITA		INDICA TUBERIA
	INDICA NUMERO POZO DE VISITA		INDICA POZO DE VISITA
	INDICA TUBERIA A COLOCAR		INDICA NUMERO POZO DE VISITA
	INDICA BORDE DE CALLE		INDICA COTA DEL TERRENO
	INDICA DIRECCION DE FLUJO		INDICA COTA INVER DE ENTRADA INDICA COTA INVER DE SALIDA
	INDICA CAUDAL EN TRAMO INDICA DIAMETRO DE TUBERIA		INDICA % PENDIENTE TUBERIA
			INDICA DIRECCION DE FLUJO
			INDICA CAUDAL QUE ENTRA
			INDICA CAUDAL QUE SALE

PLANTA DRENAJE SANITARIO

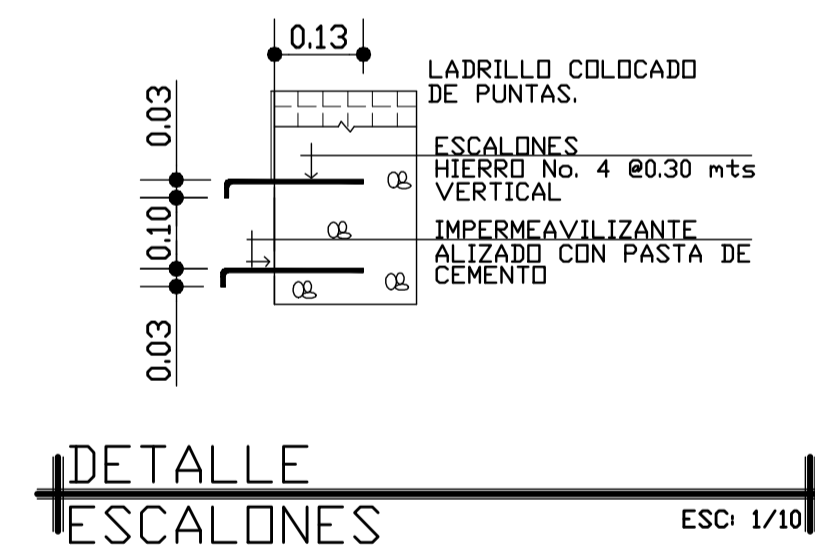
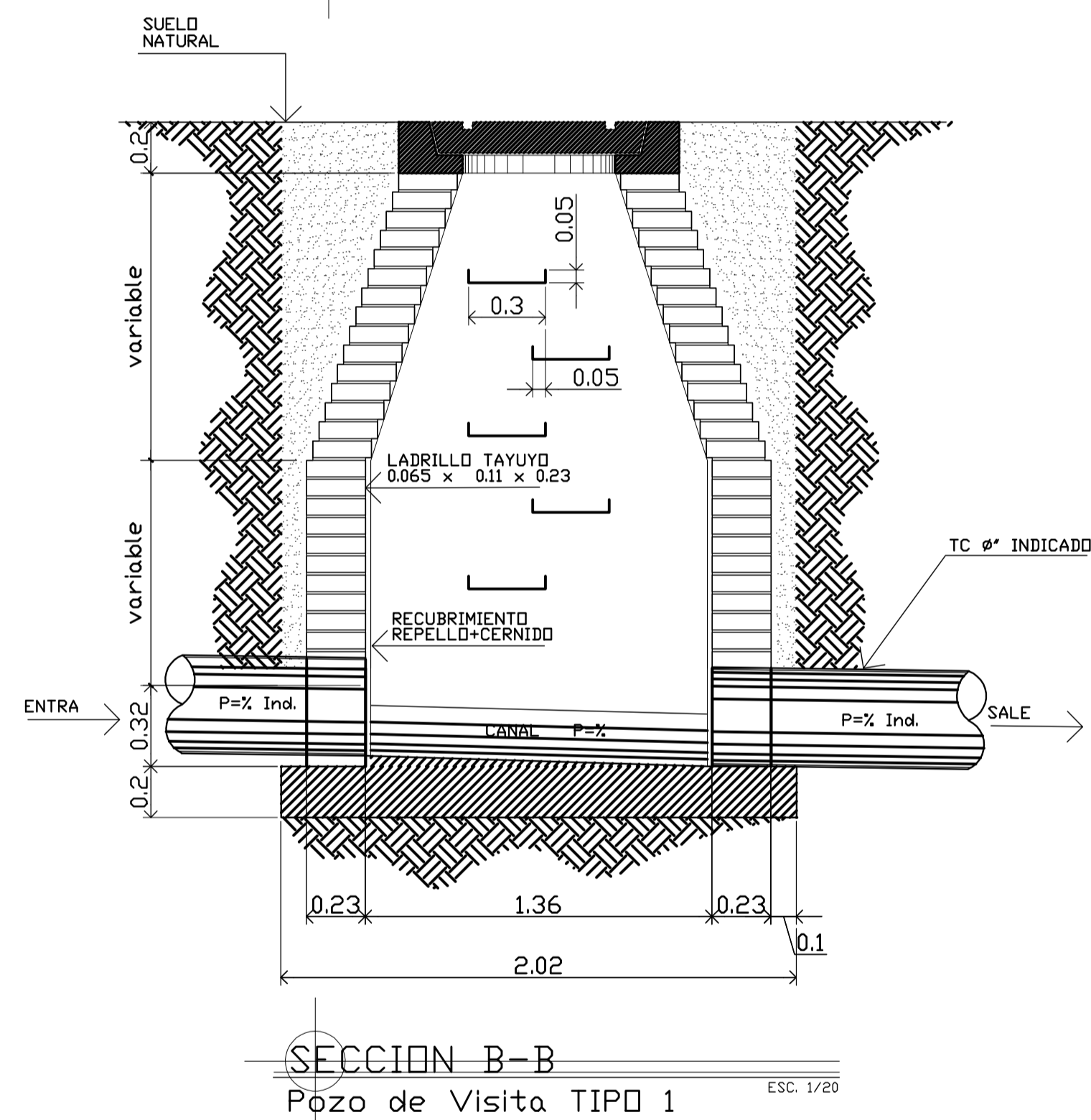
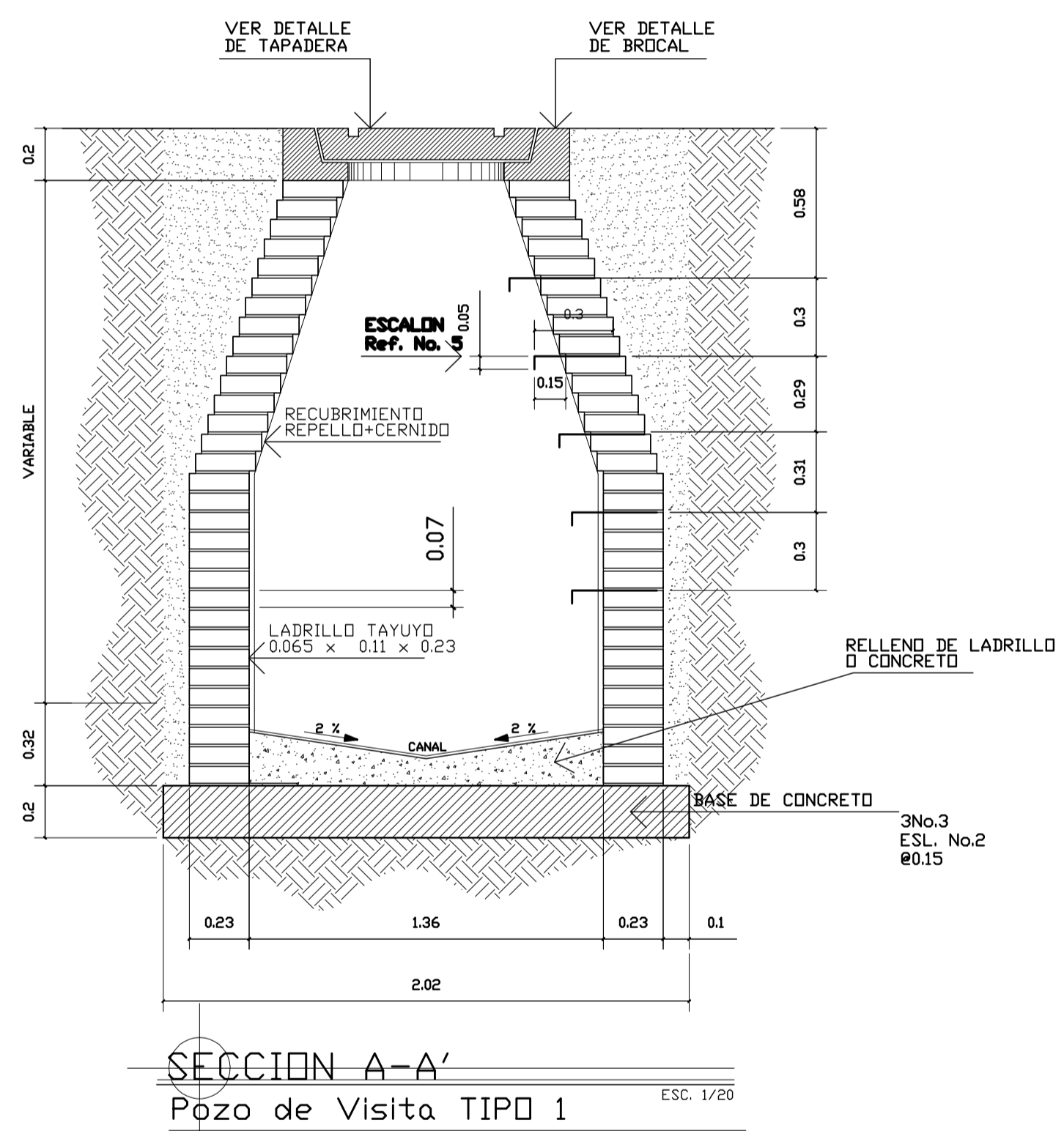
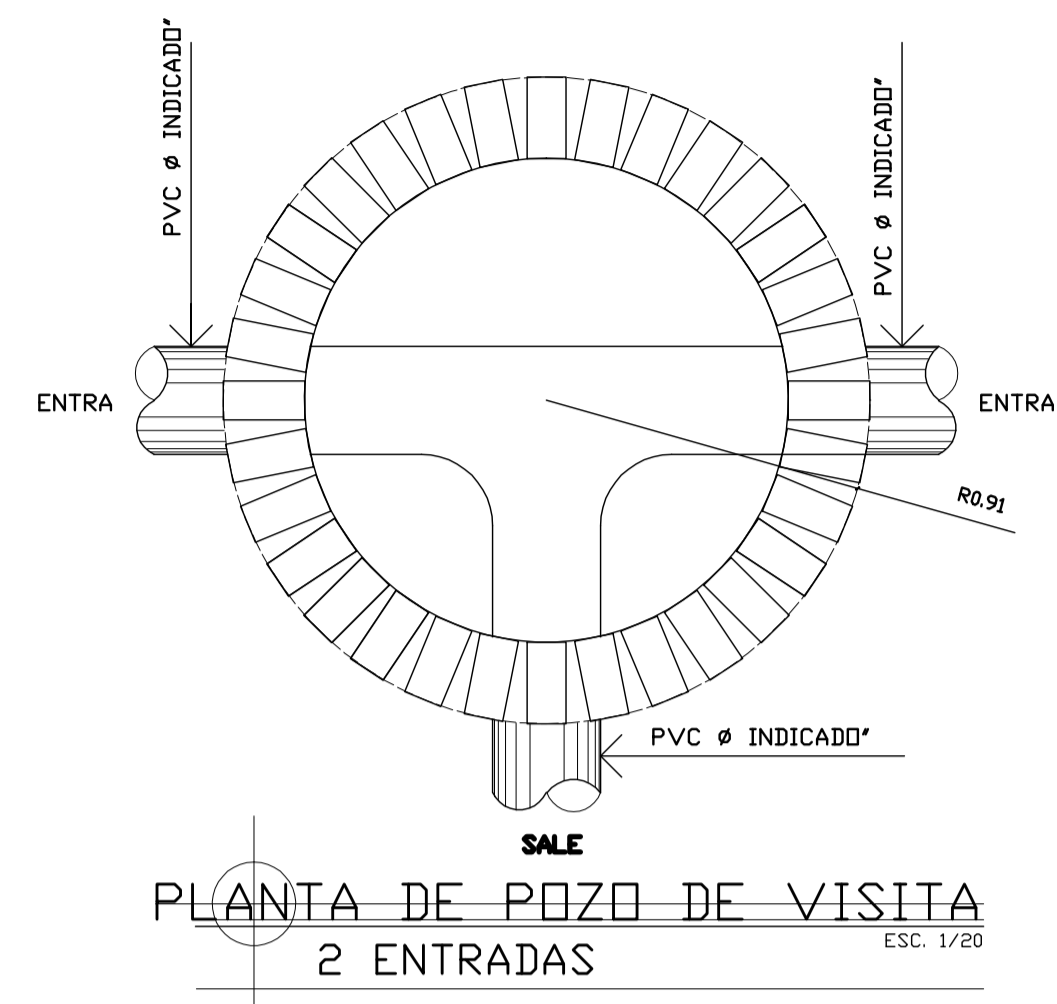
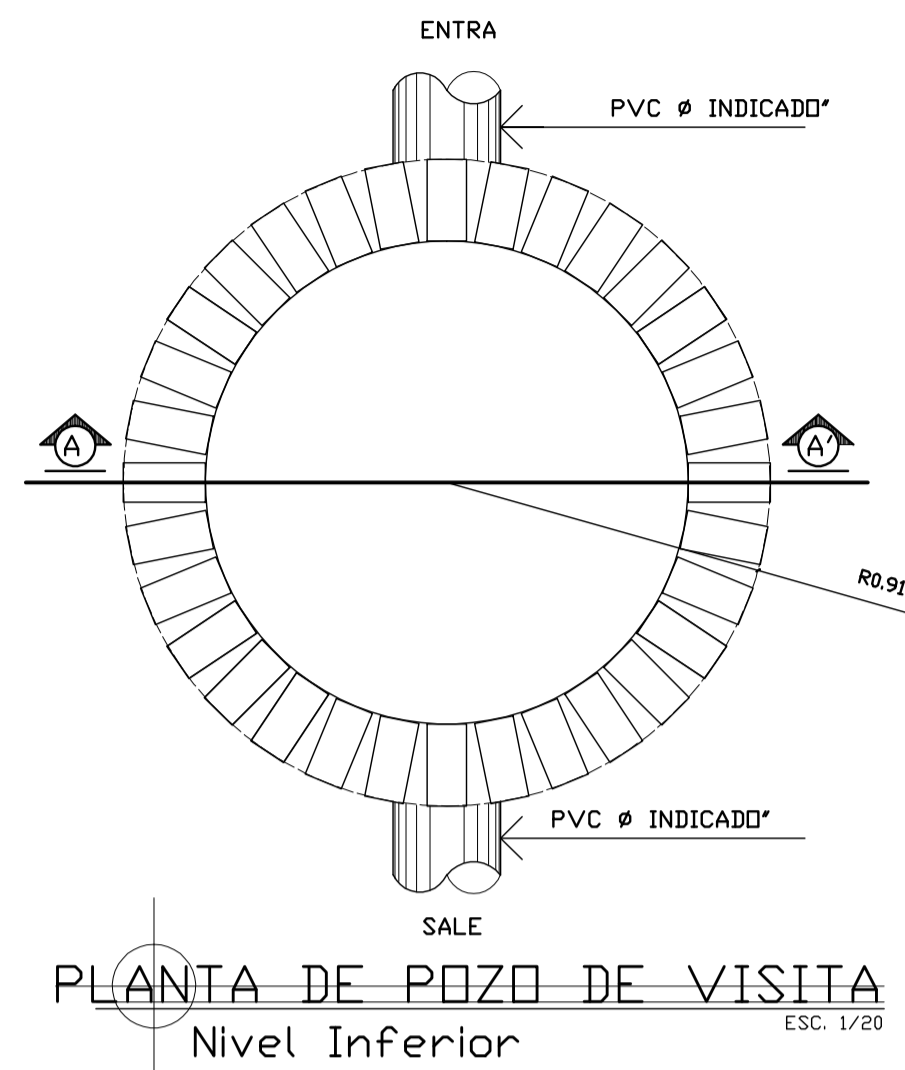
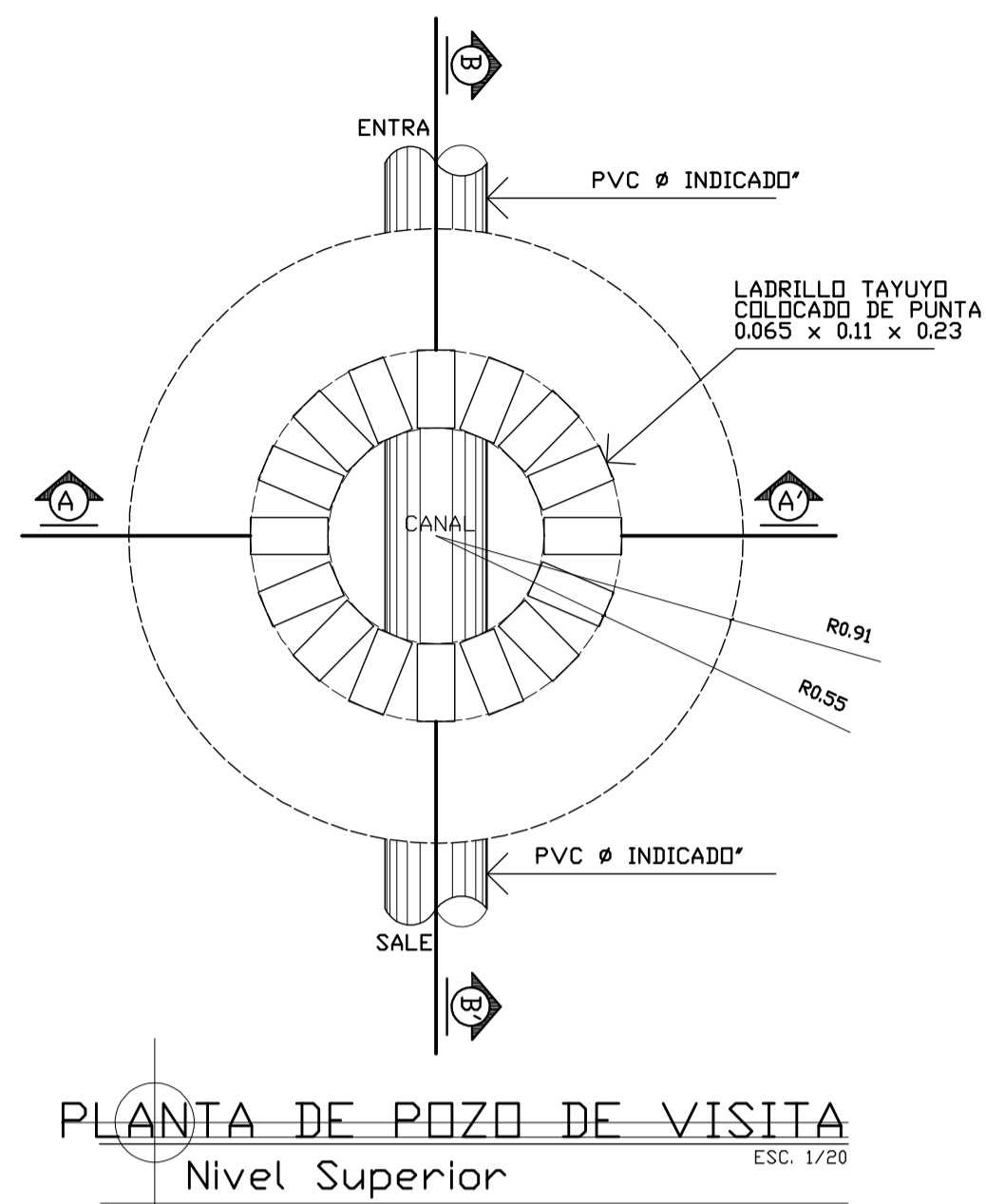


PERFIL LONGITUDINAL DE PV-34 A PV-33
ESCALA HORT 1/500 ESCALA HORT 1/1000

PERFIL LONGITUDINAL DE PV-31 A PV-32
ESCALA HORT 1/500 ESCALA HORT 1/1000

PERFIL LONGITUDINAL DE PV-A1 A FOSA
ESCALA HORT 1/500 ESCALA HORT 1/1000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO	DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES
EPS	PLANO DE	PLANTA Y PERFIL
PROYECTO DE	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPULAS, SUCHITEPEQUEZ	
PROYECTISTA	ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS	FECHA
ESCALA:	INDICADA	FECHA
NO. SILVIO RAMIREZ INGENIERO	ALVARO RAMIREZ INGENIERO	7 9



ACERO:
1. EL ACERO DEBERÁ TENER UN FY DE 2800 KG/CM²

CONCRETO:
1. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN FC DE 210 KG/CM²
2. EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA LA BASE SERÁ DE 7 CENTÍMETROS, EL BROCAL Y LA TAPADERA SERÁN DE 3 A 5 CENTÍMETROS.

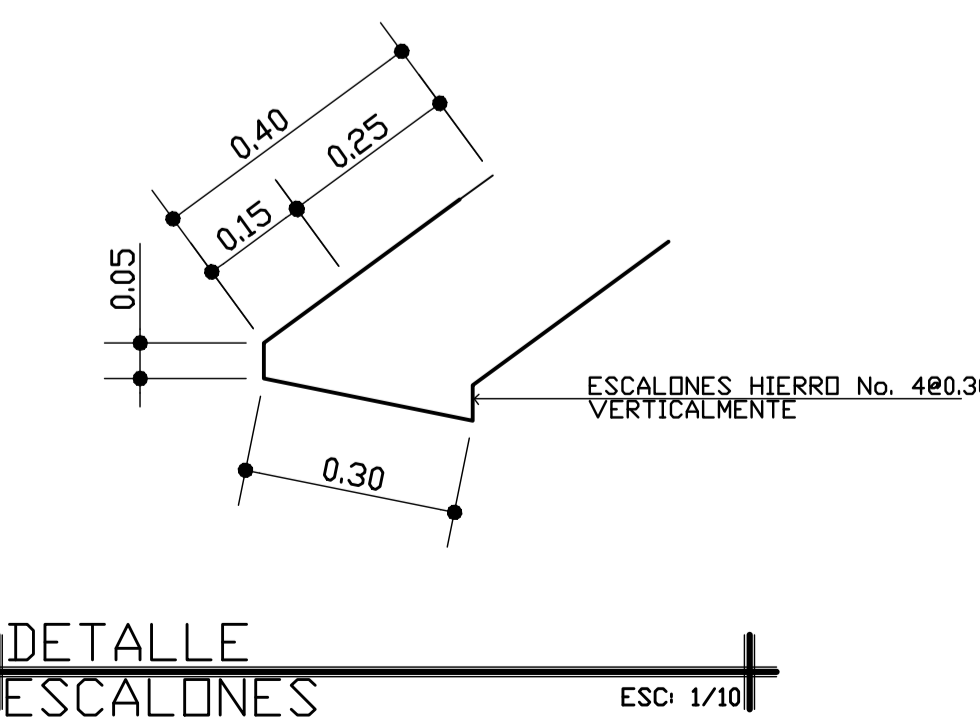
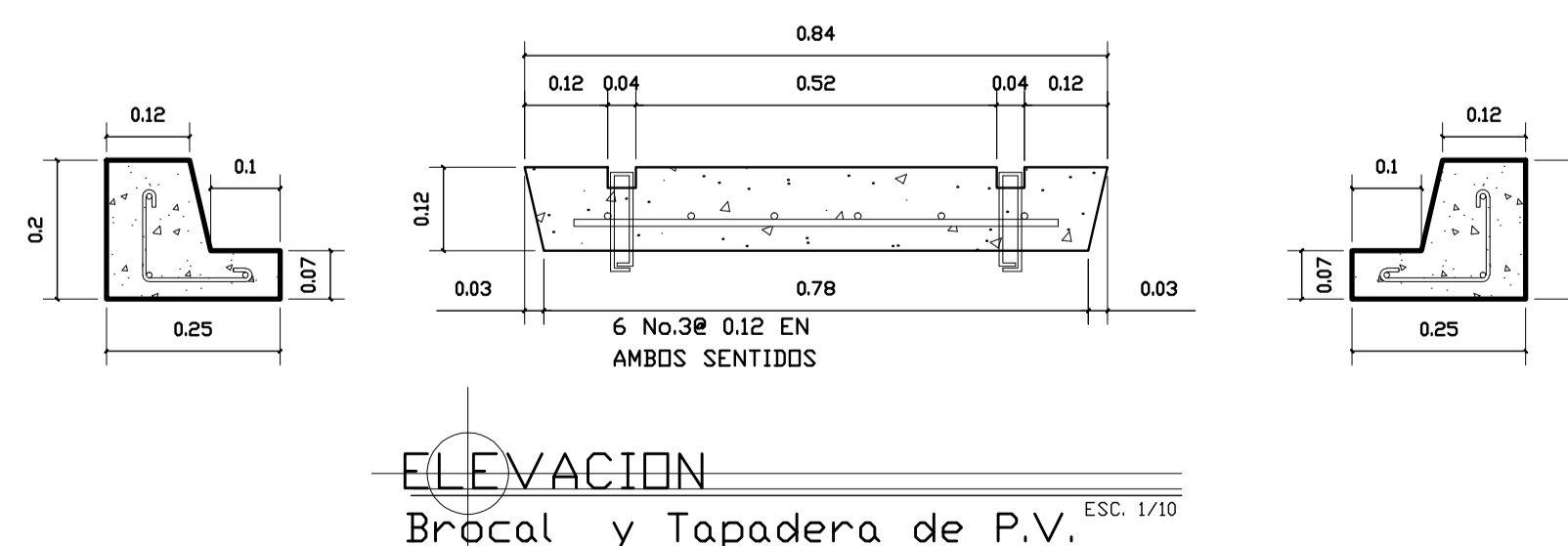
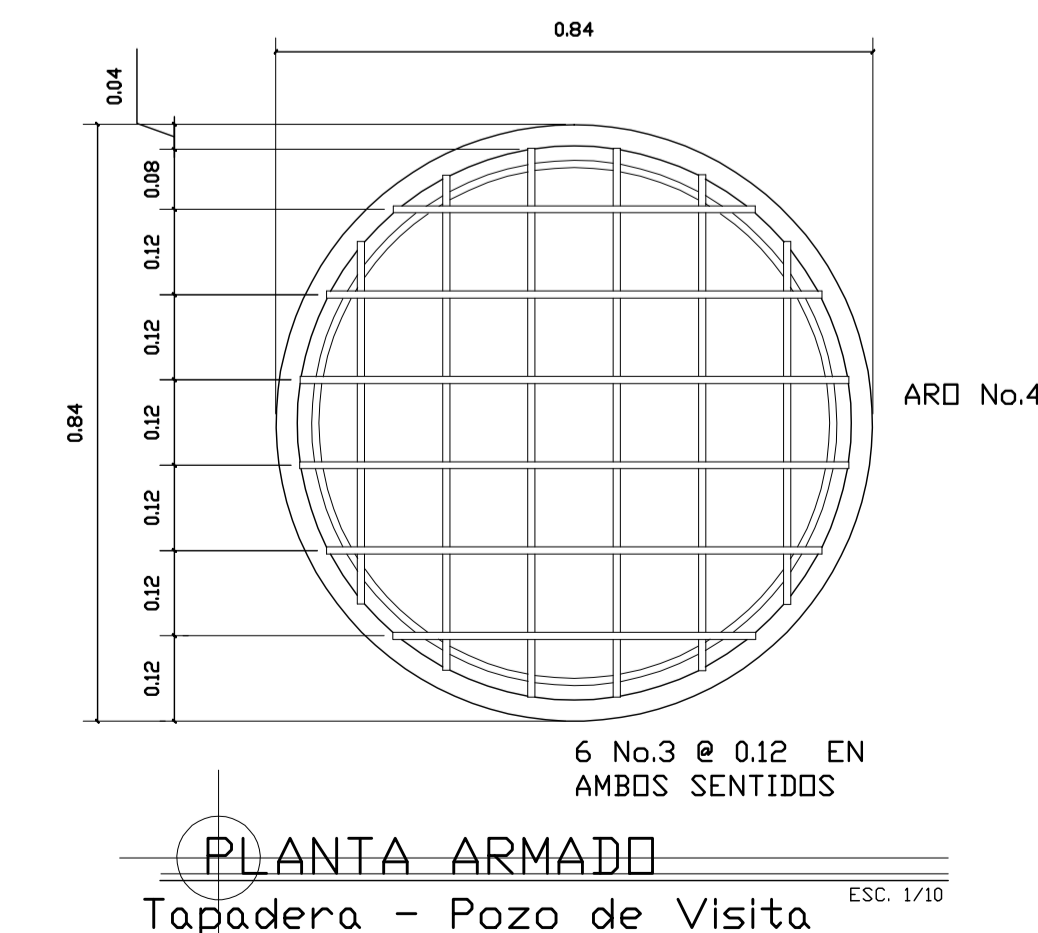
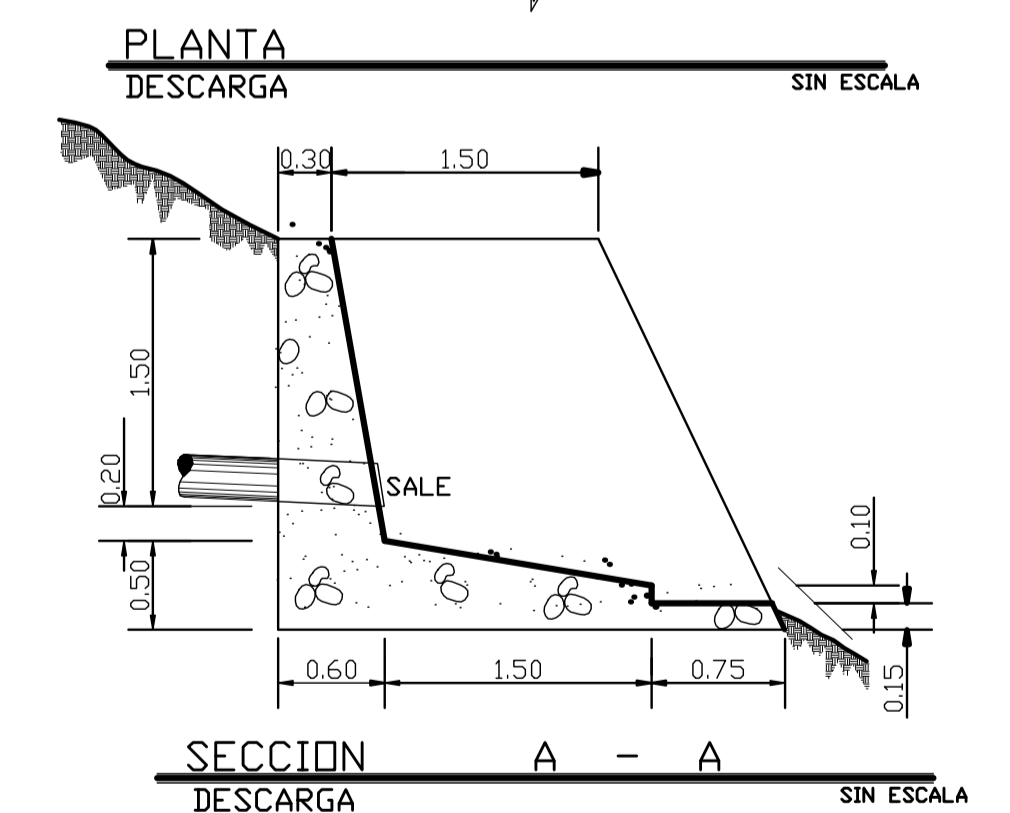
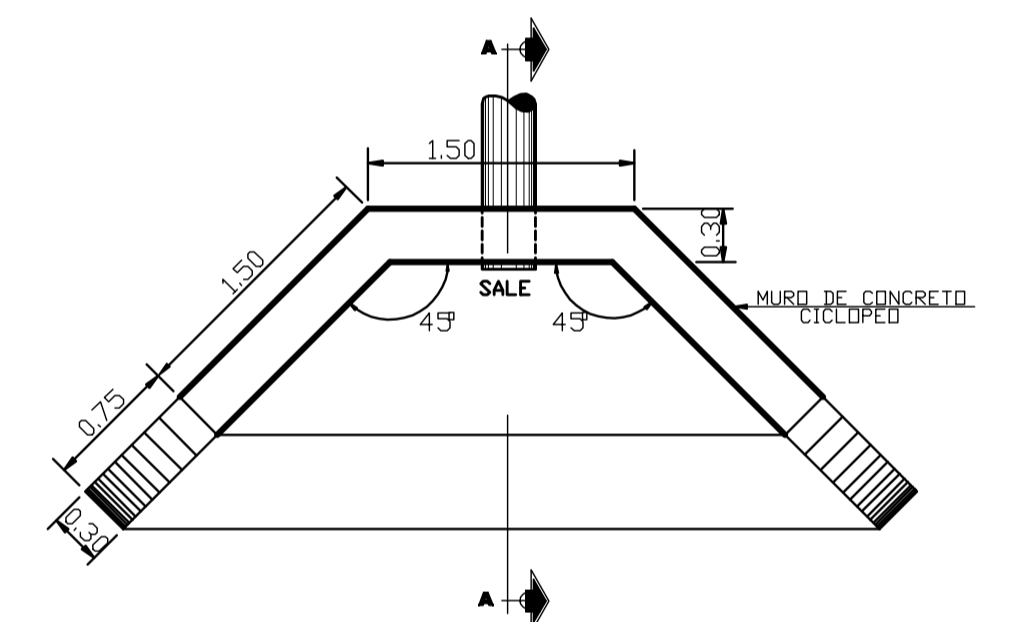
CARGAS (RESISTENCIA)
CONCRETO 2.100 KG/CM²
CÓDIGOS DE DISEÑO ACI 318 / 2005

MAMPOSTERIA
1. LA MAMPOSTERIA SERÁ DE ACUERDO A LA NORMA C-62 DE LA ASTM.
2. SE UTILIZARÁ LADRILLO TAYUYO DE 0.065 X 0.11 X 0.23 O LADRILLO PERFORADO DE IGUAL DIMENSIÓN
3. EL ÁREA DE VACIOS EN LADRILLOS PERFORADOS, NO DEBERÁ SER MAYOR DEL 25% DEL ÁREA TOTAL
4. EL LADRILLO TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 84 KG/CM²

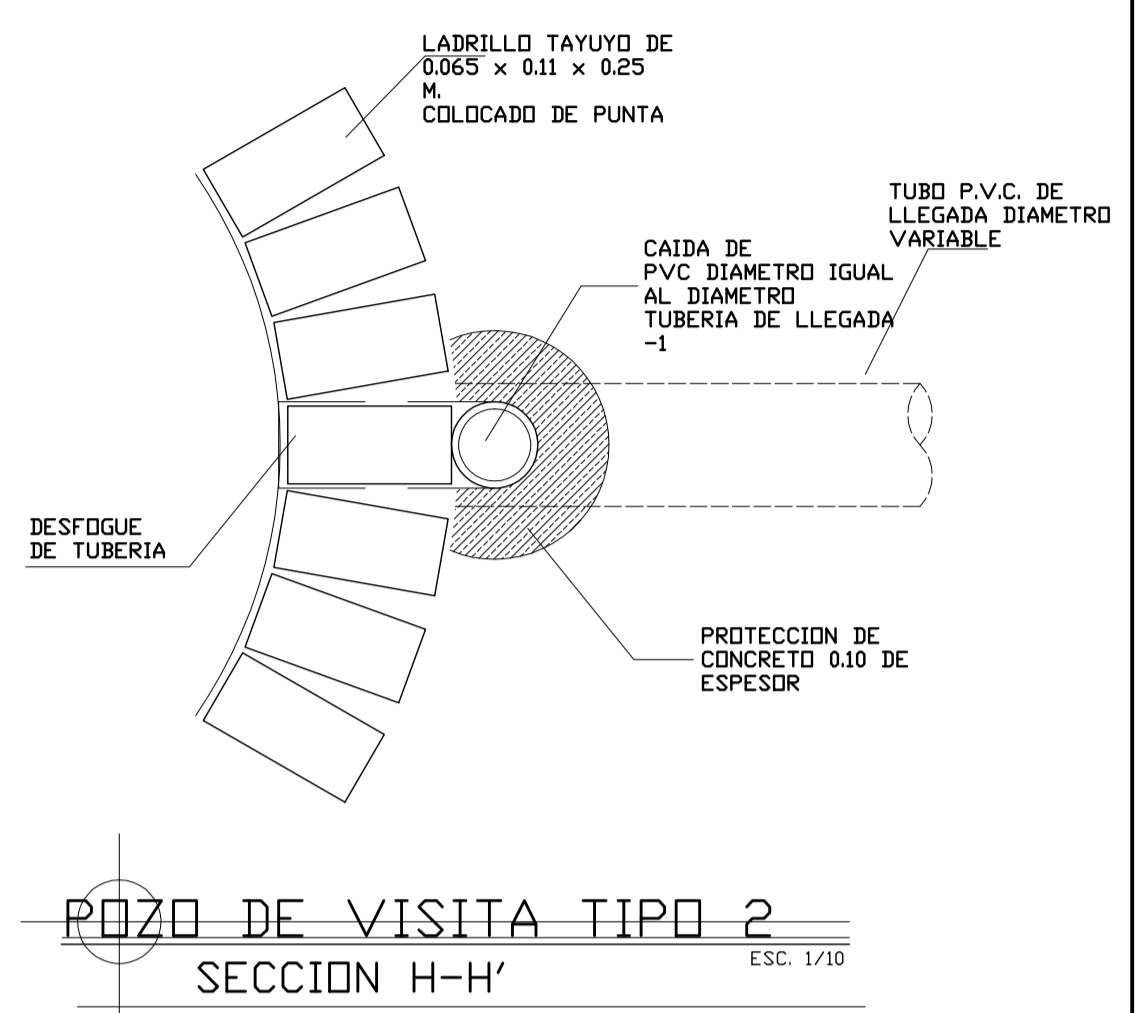
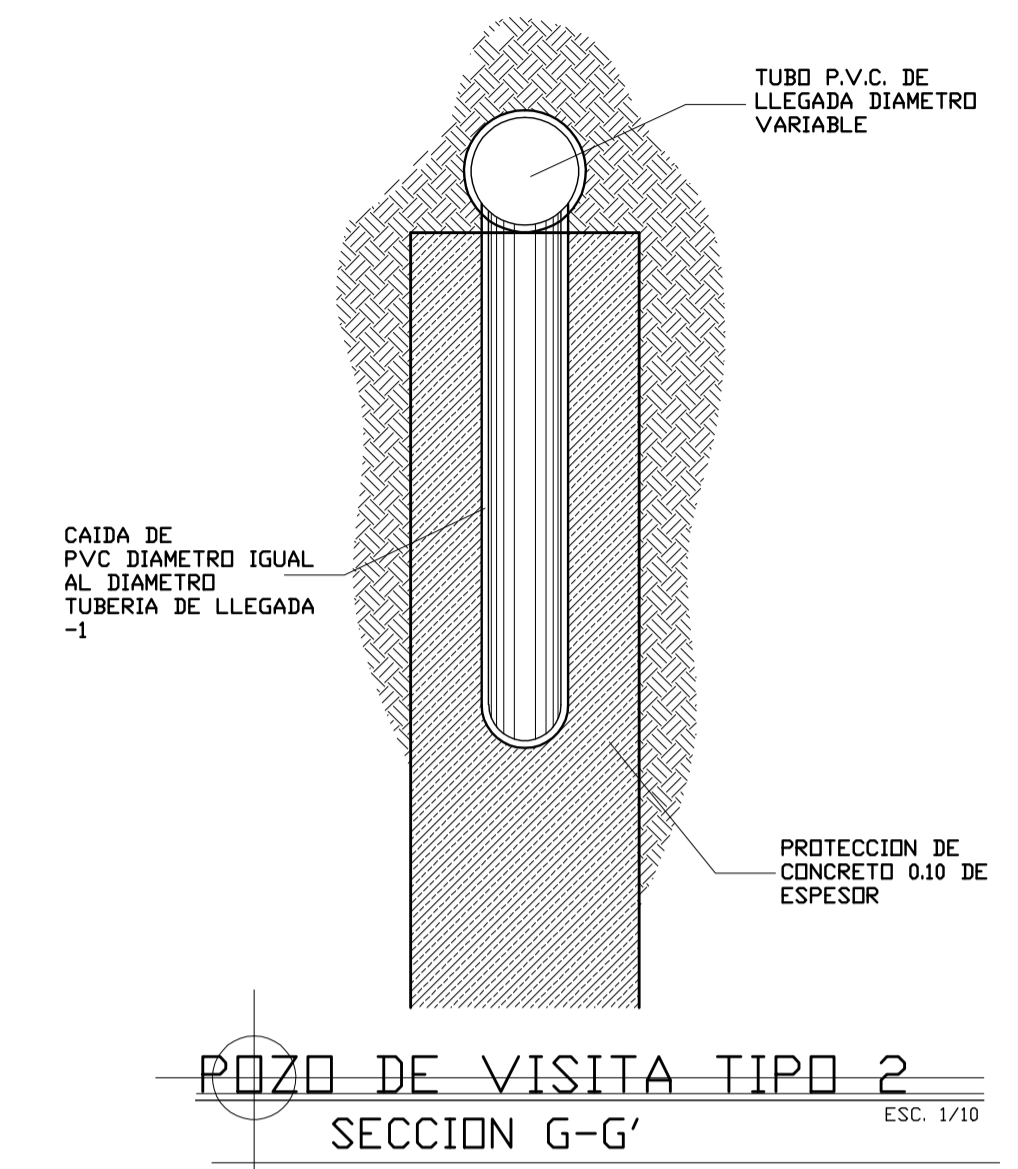
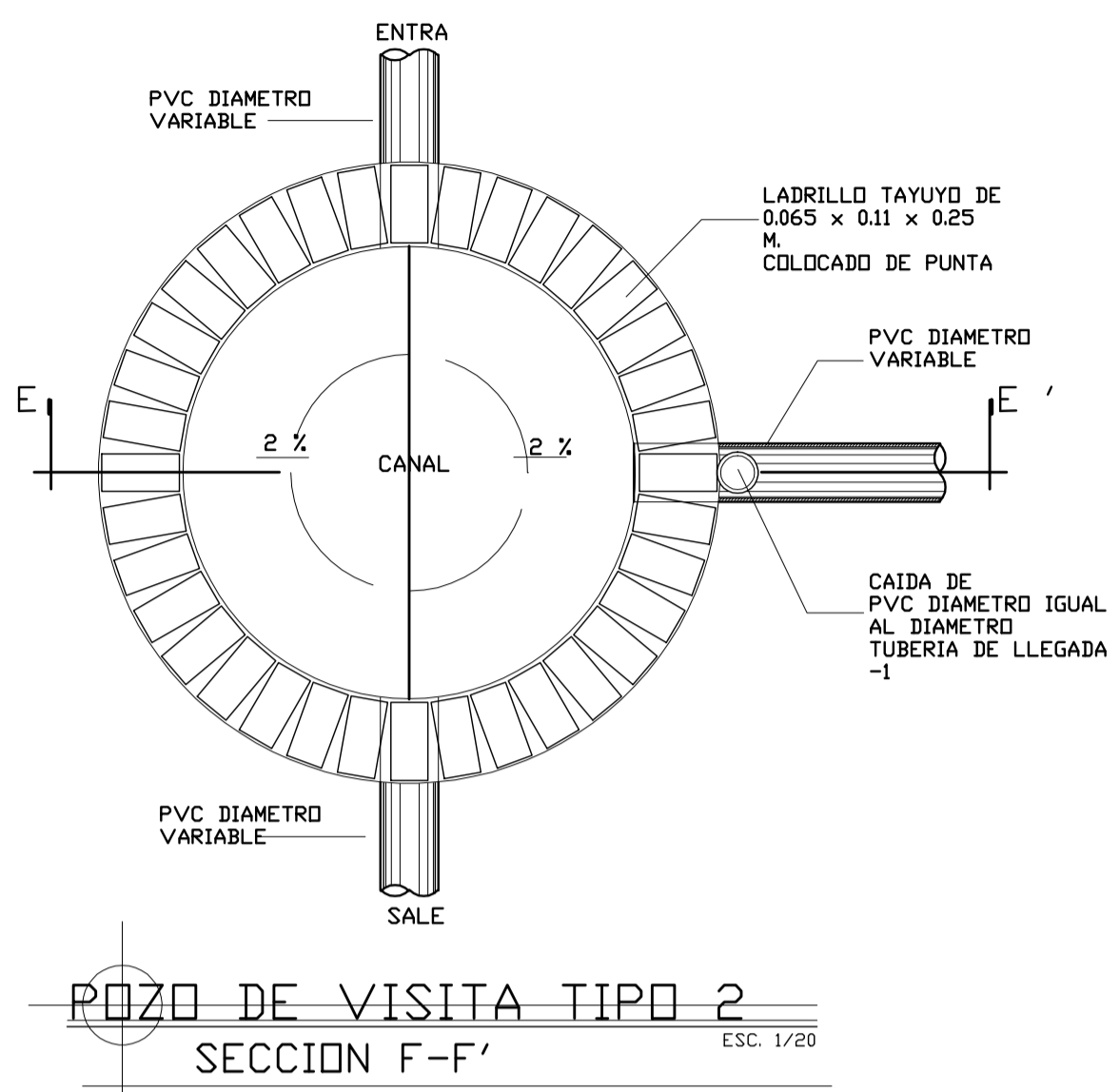
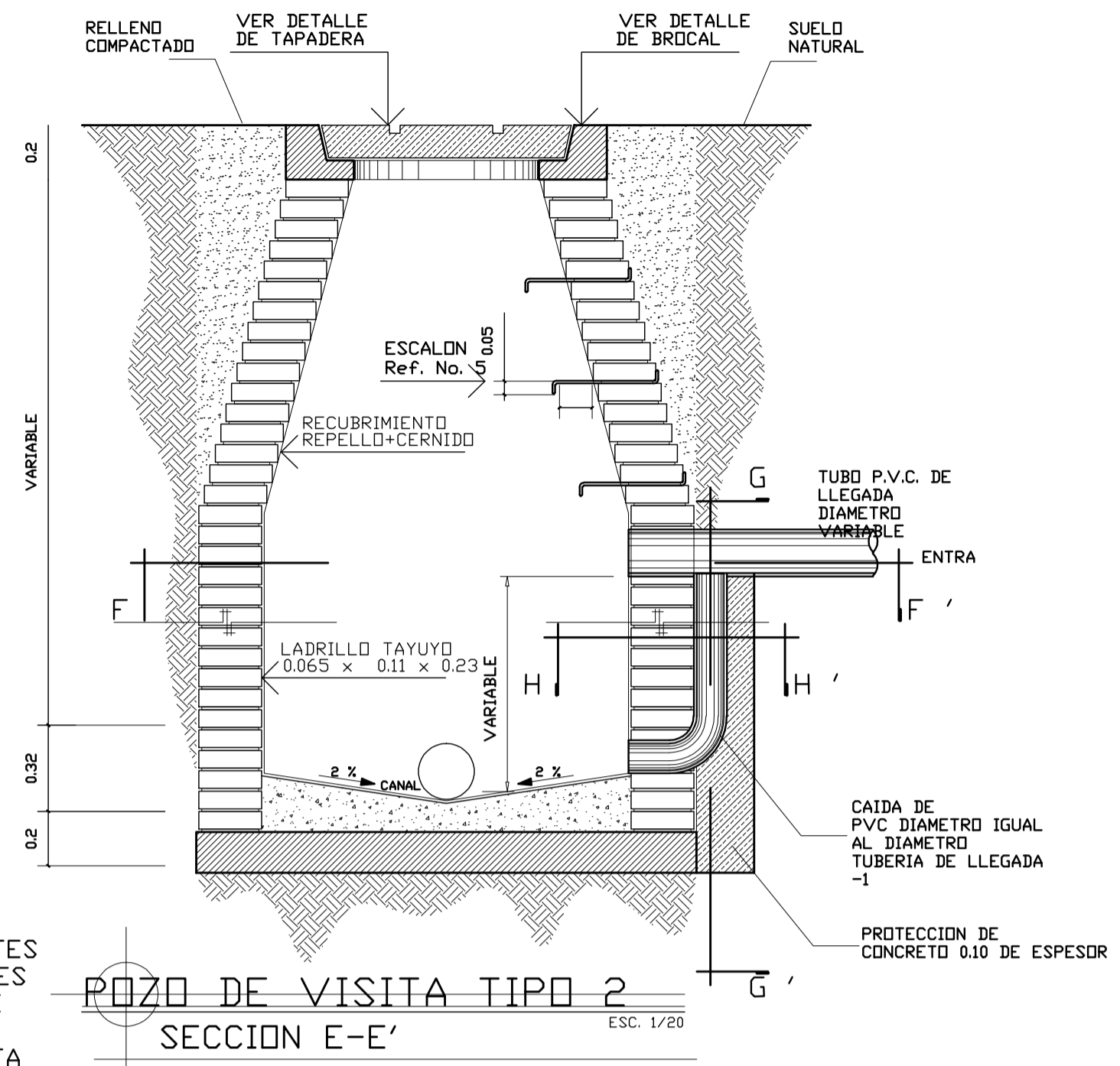
MORTERO (SABIETA)
1. PROPORCIÓN 1:3 (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RÍO)
2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACEITE, SAL Y SUSTANCIAS DAÑINAS
3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PORTLAND TIPO I CONFORME LA NORMA C-144C DE LA ASTM

TUBERÍA DE PVC
1. LA TUBERÍA DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA DE FABRICACIÓN ASTM F-949, NO DEBE USARSE TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR A LA INDICADA EN LOS PLANOS
2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA CON EL DESNIVEL INDICADO EN LOS PLANOS

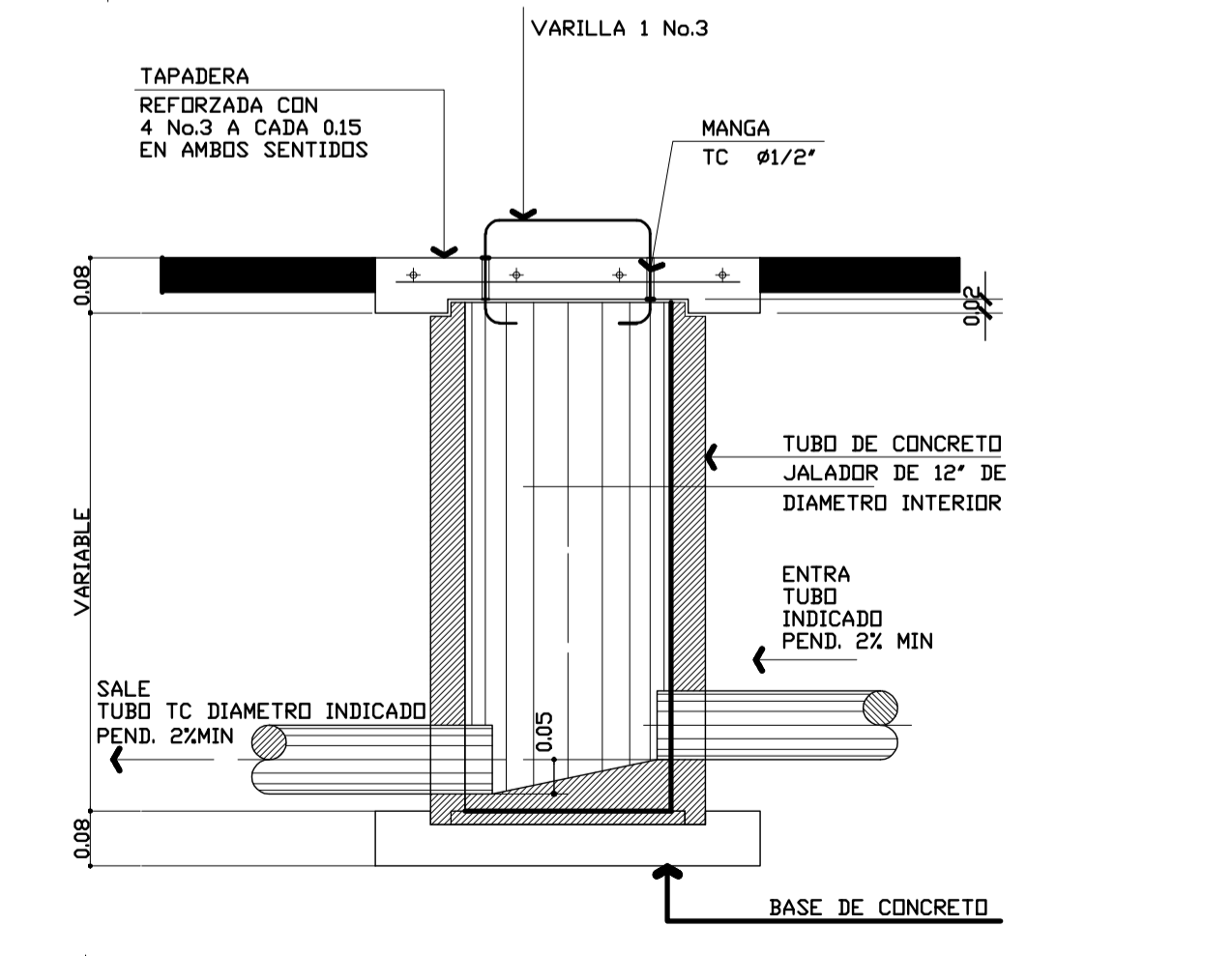
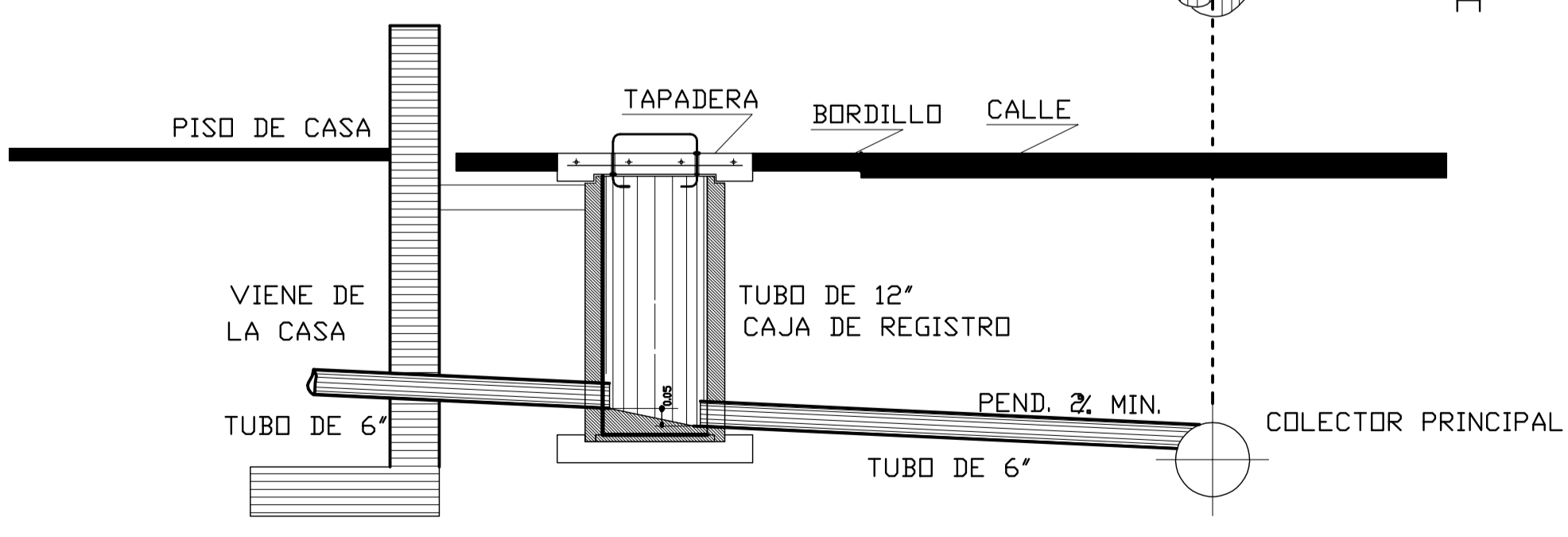
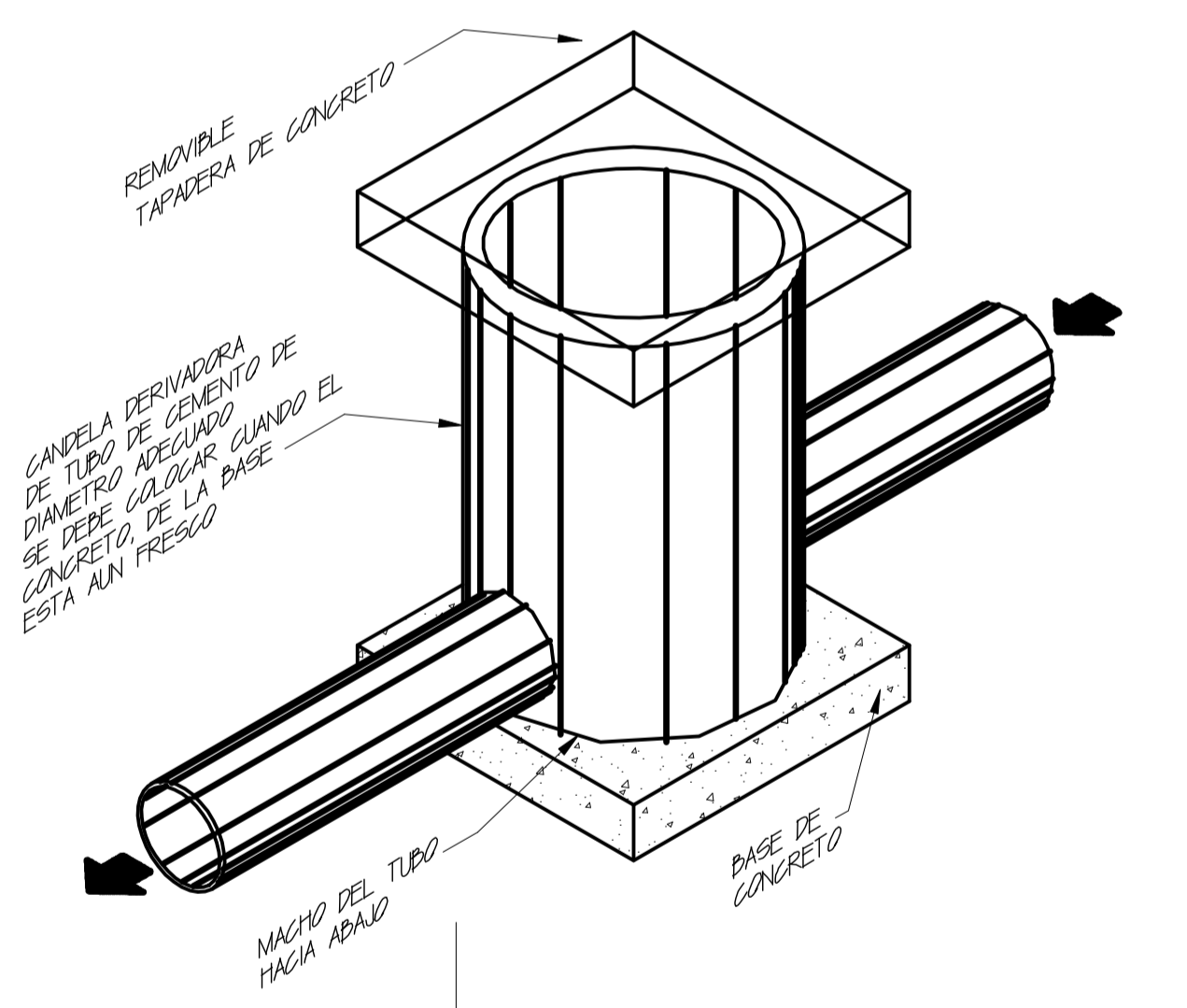
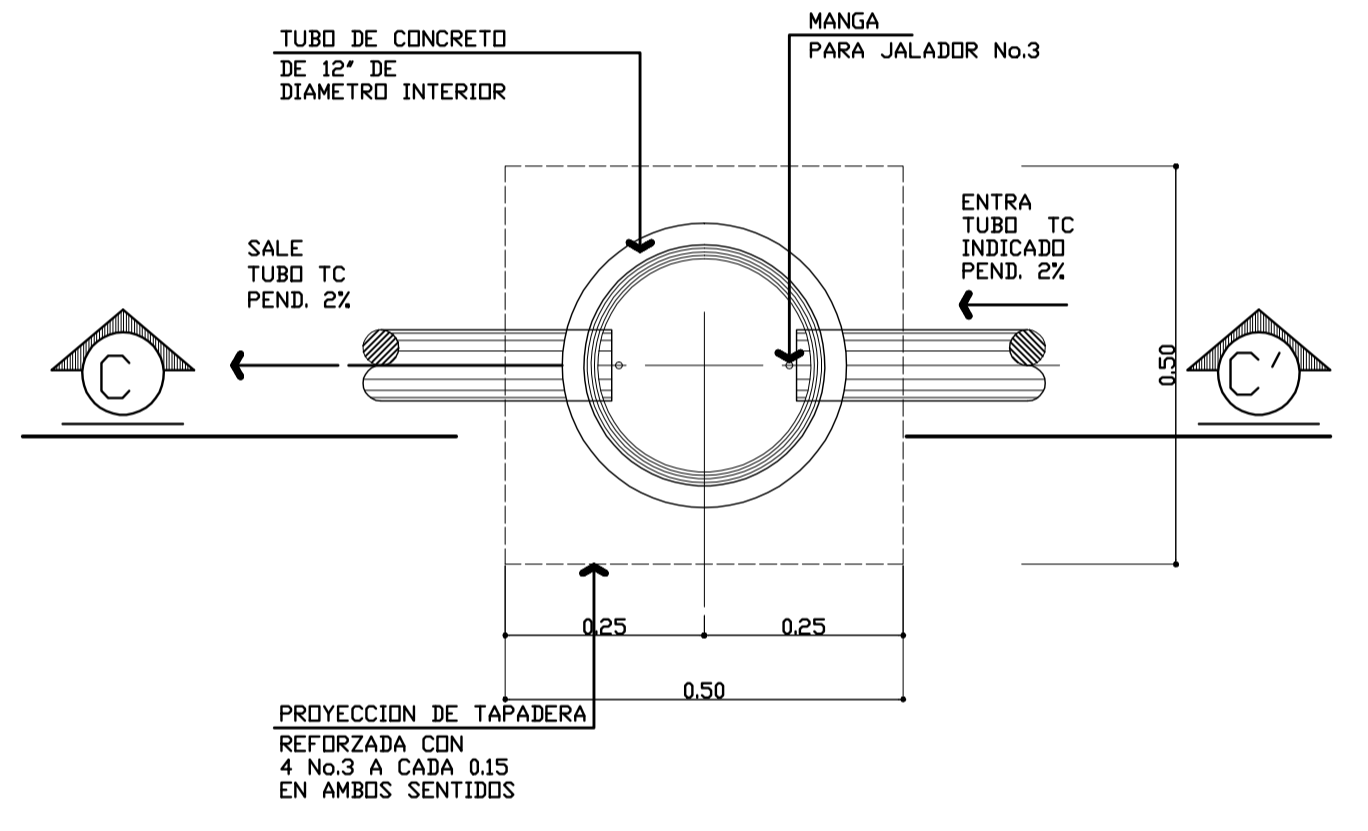
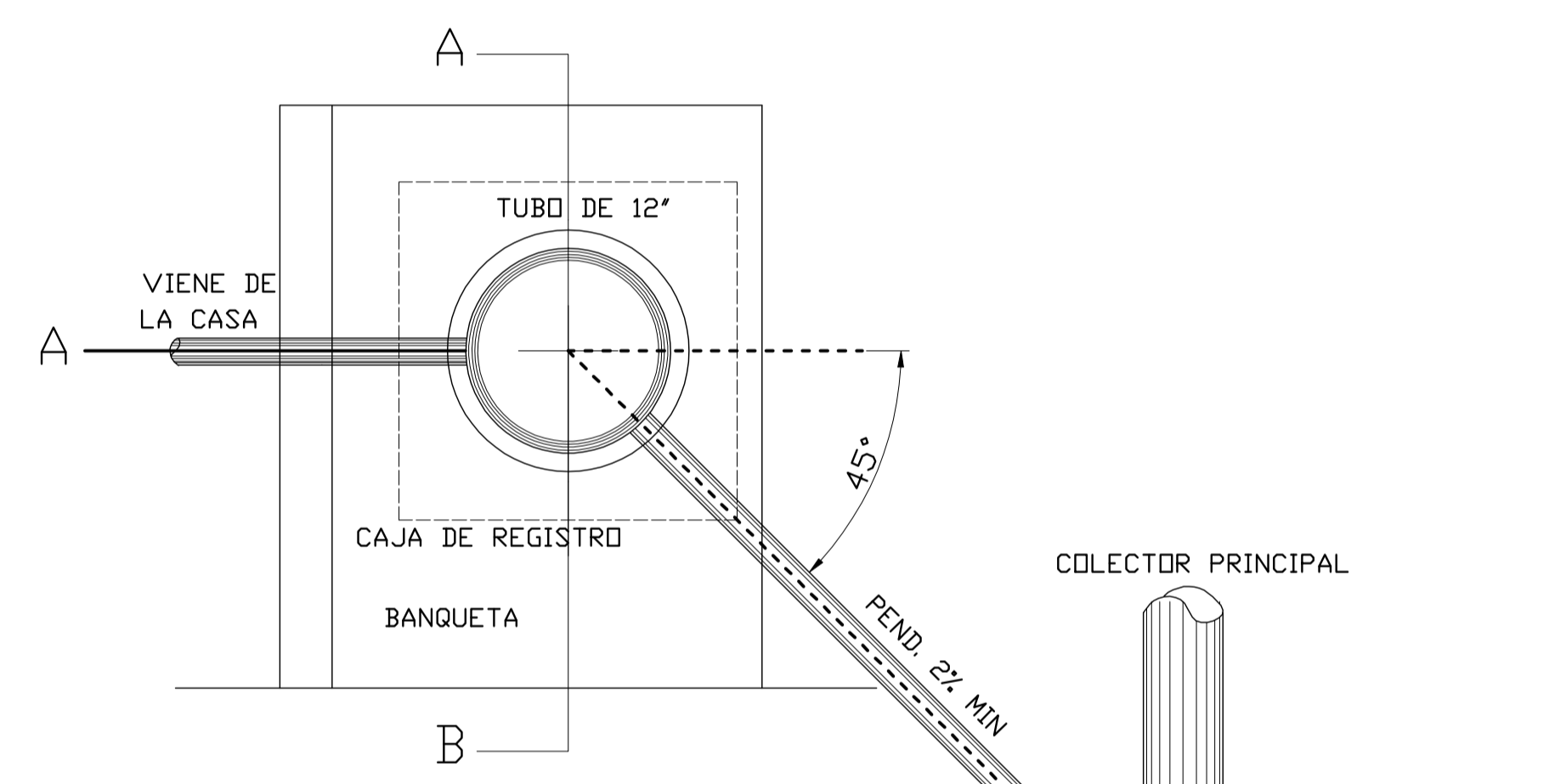
NOTAS
LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI ANTES DE SU INSTALACIÓN, ADEMÁS COLOCARLES NOMENCLATURA



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO	DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES
EPS	PLANO DE	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE POZOS DE VISITA
DISEÑO	PROPELDO DE	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ
CALCULO	ALVARO RAMIREZ	
DISEÑO	ALVARO RAMIREZ	
ESCALA	INDICADA	
FECHA	12 DE DICIEMBRE 2009	
	No. ALVARO RAMIREZ REVISOR	ALVARO RAMIREZ EJECUTA
		12/14
		8
		9



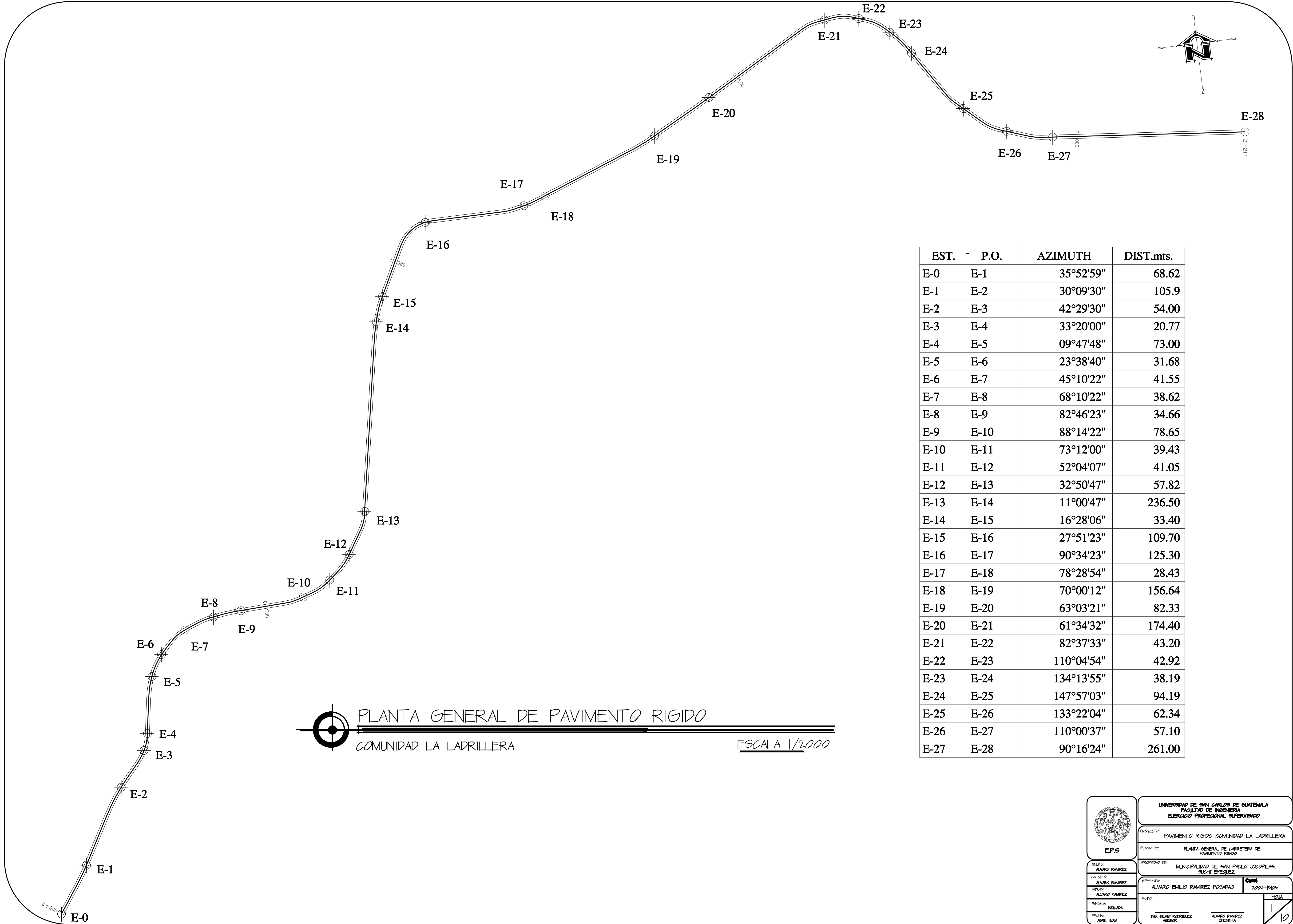
NOTA:
ESTOS POZOS SE UBICARÁN EN PENDIENTES DE LLEGADA SUPERIORES A 15%, Y EN POZOS DE VISITA DONDE LA DIFERENCIA DE LA COTA INVERT DE ENTRADA Y LA COTA INVERT DE SALIDA ES MAYOR A 0.60M



CONEXION DOMICILIAR CORTE A - A SIN ESCALA

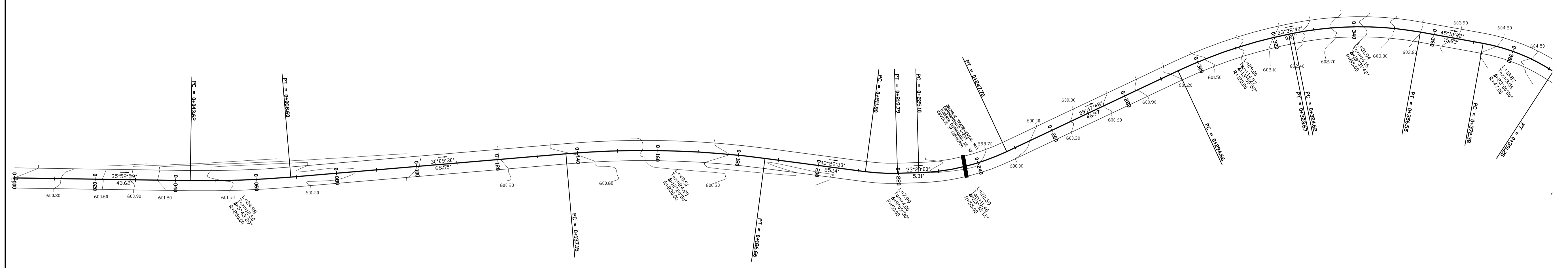
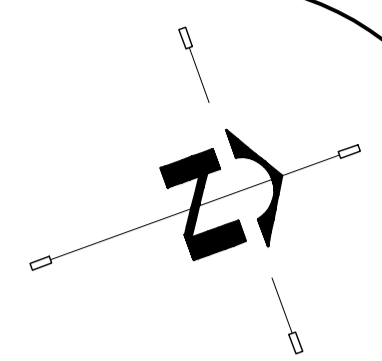
SECCION C-C' CANDELA DOMICILIAR ESC. 1/10

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO	DRENAJE SANITARIO SECTOR IAN TARRALES
PLANO DE	DETALLES CONSTRUCTIVOS DE POZOS DE VISITA TIPO 2 Y CONEXION DOMICILIAR	
PROFESOR DE	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPULAN, SUCHITEPEQUEZ	
PROYECTO	ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS	2004-1905
ESCALA:	INDICADA	1/20
FECHA:	19 DE DICIEMBRE 2009	9
	NO. ALVARO RAMIREZ RAMIREZ	ALVARO RAMIREZ RAMIREZ



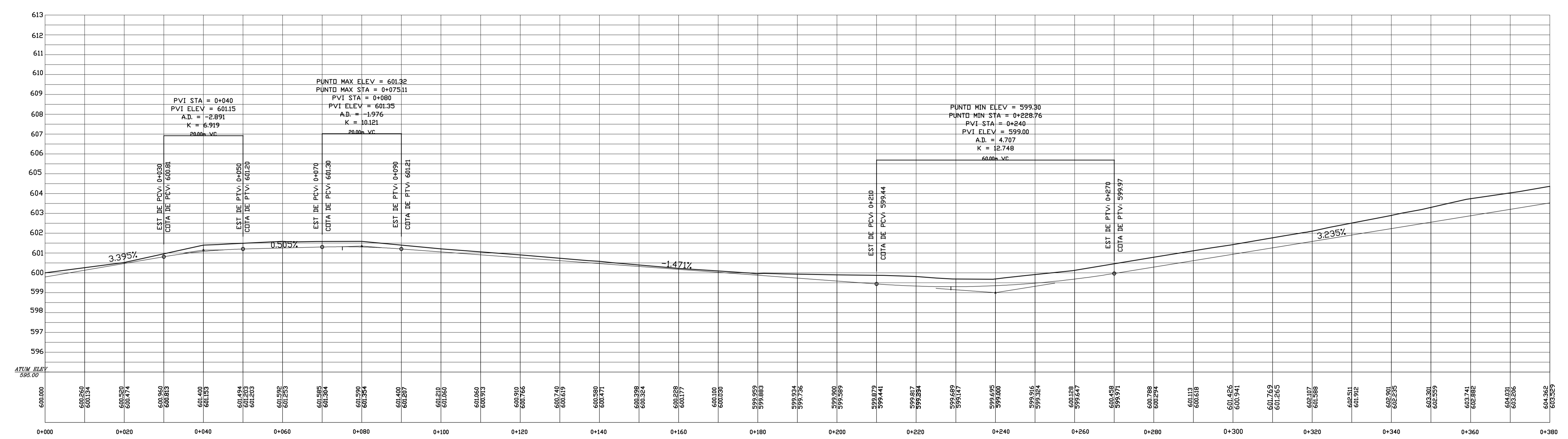
EST.	P.O.	AZIMUTH	DIST.mts.
E-0	E-1	35°52'59"	68.62
E-1	E-2	30°09'30"	105.9
E-2	E-3	42°29'30"	54.00
E-3	E-4	33°20'00"	20.77
E-4	E-5	09°47'48"	73.00
E-5	E-6	23°38'40"	31.68
E-6	E-7	45°10'22"	41.55
E-7	E-8	68°10'22"	38.62
E-8	E-9	82°46'23"	34.66
E-9	E-10	88°14'22"	78.65
E-10	E-11	73°12'00"	39.43
E-11	E-12	52°04'07"	41.05
E-12	E-13	32°50'47"	57.82
E-13	E-14	11°00'47"	236.50
E-14	E-15	16°28'06"	33.40
E-15	E-16	27°51'23"	109.70
E-16	E-17	90°34'23"	125.30
E-17	E-18	78°28'54"	28.43
E-18	E-19	70°00'12"	156.64
E-19	E-20	63°03'21"	82.33
E-20	E-21	61°34'32"	174.40
E-21	E-22	82°37'33"	43.20
E-22	E-23	110°04'54"	42.92
E-23	E-24	134°13'55"	38.19
E-24	E-25	147°57'03"	94.19
E-25	E-26	133°22'04"	62.34
E-26	E-27	110°00'37"	57.10
E-27	E-28	90°16'24"	261.00

 EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
PLANO DE: PLANTA GENERAL DE CARRETERA DE PAVIMENTO RIGIDO		CANT:
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ		PROPIEDAD DE: MUNICIPIO DE SAN PABLO JOCOPULAN, SUCHITEPEQUEZ
DIBUJO: ALVARO RAMIREZ		ESPECIALISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS
ESCALA: INGENIERIA		FECHA: 2024-11-05
FECHA: ABRIL 2020		VOTO:
INGENIERO: ALVARO RAMIREZ		INGENIERO: ALVARO RAMIREZ
TECNICO:		TECNICO:



PLANTA DE CARRETERA

ESCALA 1/500

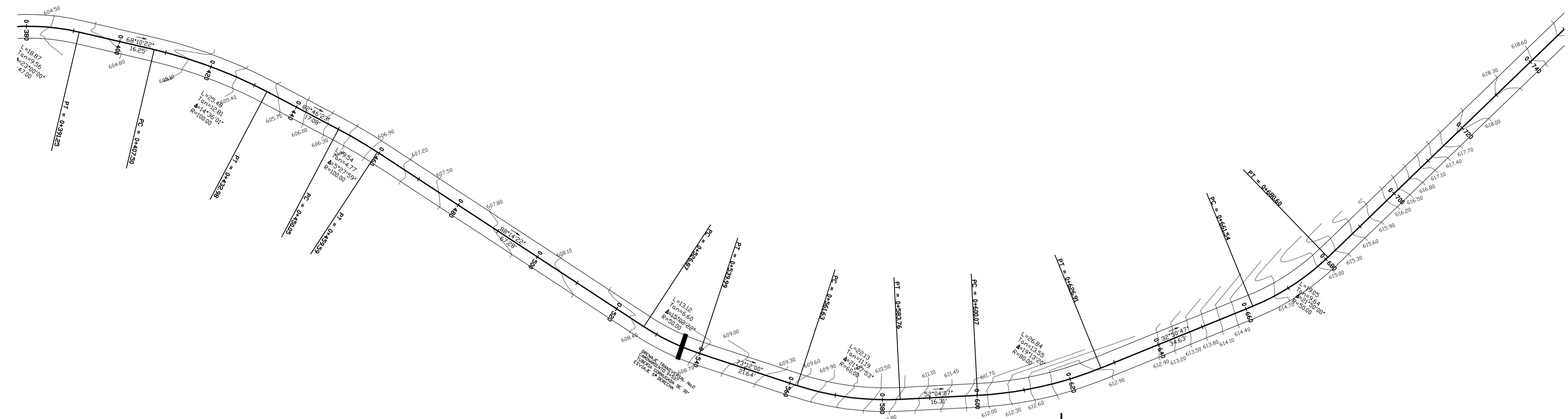
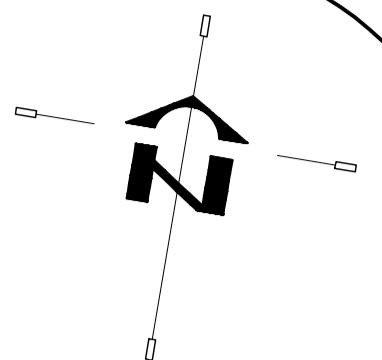


SIMBOLOGIA	
L =	LONGITUD DE CURVA
TAN =	MEDIDA DE PROLONGACION DE LAS TANGENTES
R =	RADIO DE CURVA
PC =	CAMINAMIENTO DEL PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT =	CAMINAMIENTO DEL PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
EST. PCV =	CAMINAMIENTO DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
CDTA PCV =	ELEVACION DEL PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
EST. PTV =	CAMINAMIENTO DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
CDTA PTV =	ELEVACION DEL PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PUNTO MAX. ELEV =	ELEVACION DEL PUNTO MAXIMO SOBRE UNA CURVA VERTICAL
PUNTO MAX. STA =	CAMINAMIENTO DEL PUNTO MAXIMO SOBRE UNA CURVA VERTICAL
PVI STA =	CAMINAMIENTO DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
PIV ELEV =	ELEVACION DEL PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
AD =	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
K =	VALDR DE K PARA LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL
n. VC	LONGITUD HORIZONTAL DE CURVA VERTICAL EN METROS
PUNTO MIN ELEV =	ELEVACION DEL PUNTO MINIMO SOBRE LA CURVA VERTICAL
PUNTO MIN. STA =	CAMINAMIENTO DEL PUNTO MINIMO SOBRE LA CURVA VERTICAL
	PUNTO DE REFERENCIA ESTABLECIDA EN CAMPO, AZIMUTH Y DISTANCIA HORIZONTAL
	COLLOCACION DE TUBERIA PARA DESCARGA EN PLANTA

PERFIL DE CARRETERA

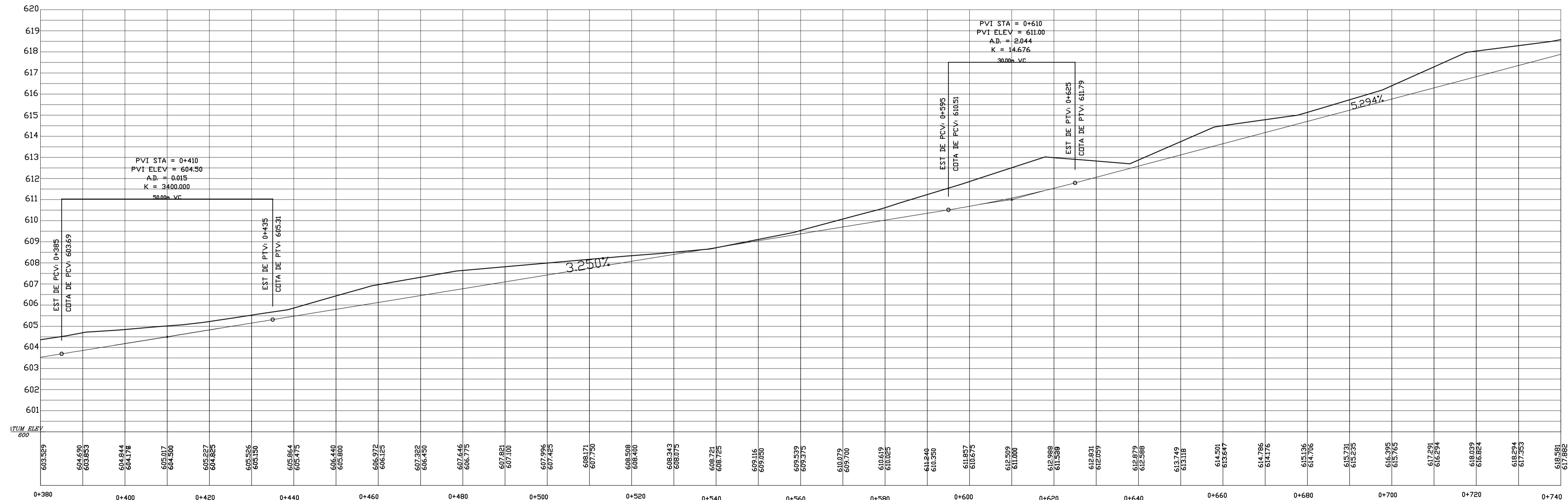
ESCALA HORIZONTAL: 1/500
ESCALA VERTICAL: 1/100

 EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 0+000 A 0+380	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 2010	PROPELDO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, GUATEMALA EJECUTIVO: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS VOBO:	No. 2004-19105 H214 2 10



PLANTA DE CARRETERA

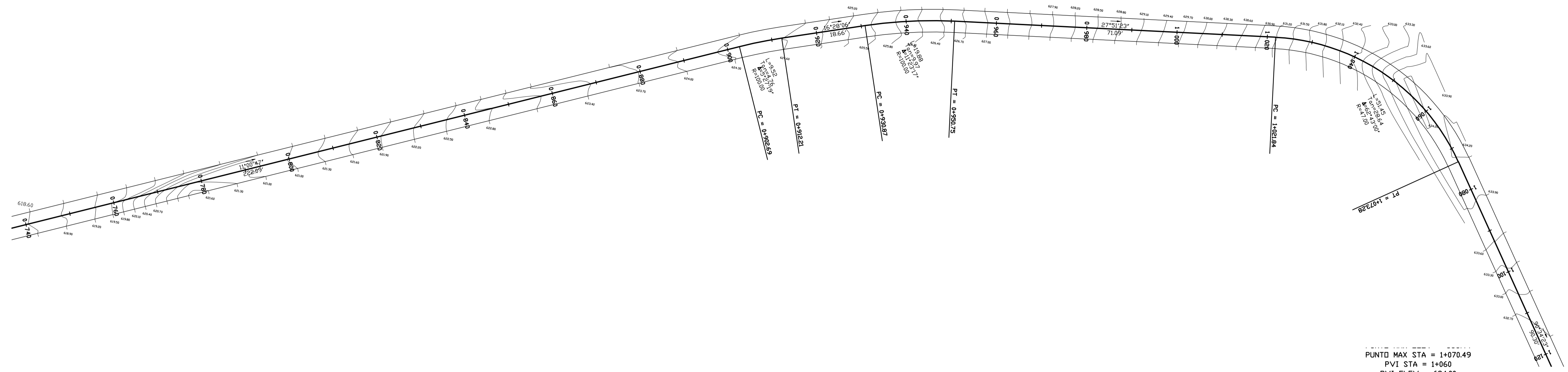
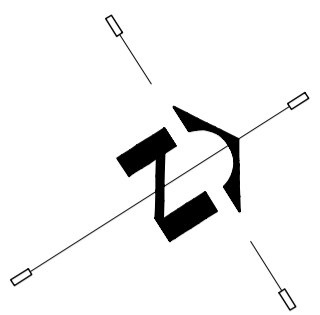
ESCALA 1/500



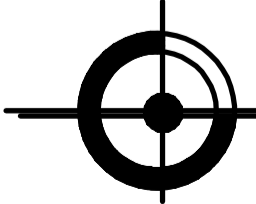
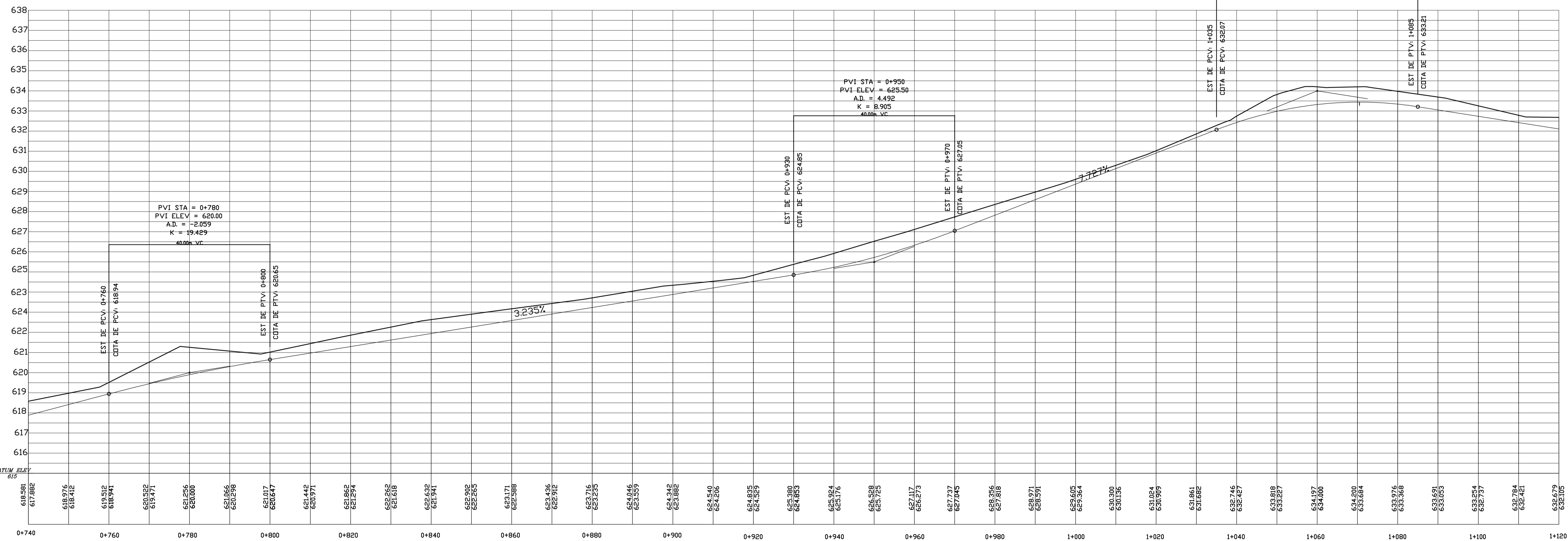
PERFIL DE CARRETERA

ESCALA HORIZONTAL: 1/500
ESCALA VERTICAL: 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LAPRILLERA	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 0+380 A 0+740	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ	PROPELDO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPULAN, GUICHITTEPEQUEZ	
	EPESISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS	
ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 120	No. 3 NO. 10 ALVARO RAMIREZ EPESISTA	



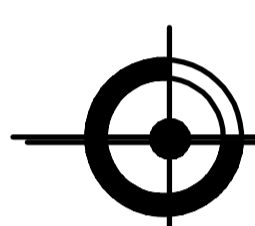
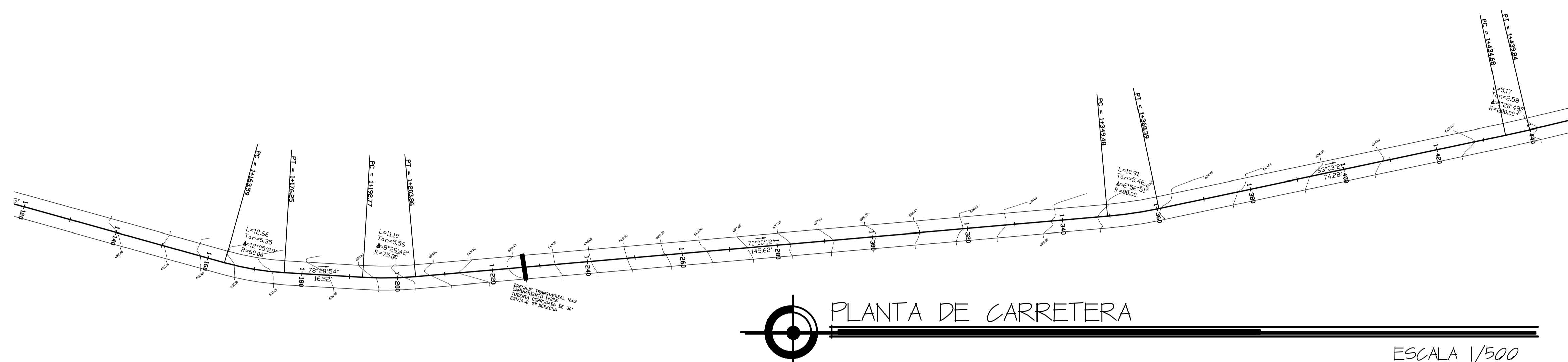
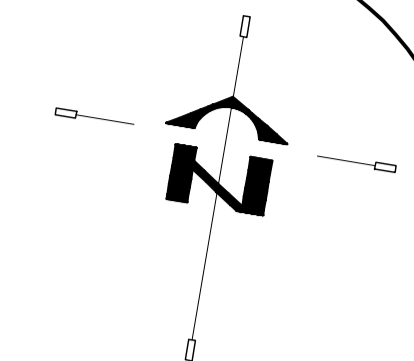
PUNTO MAX STA = 1+070.49
 PVI STA = 1+060
 PVI ELEV = 634.00
 A.D. = -10.885
 K = 4.593



PERFIL DE CARRETERA

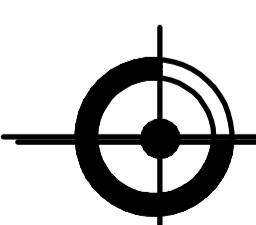
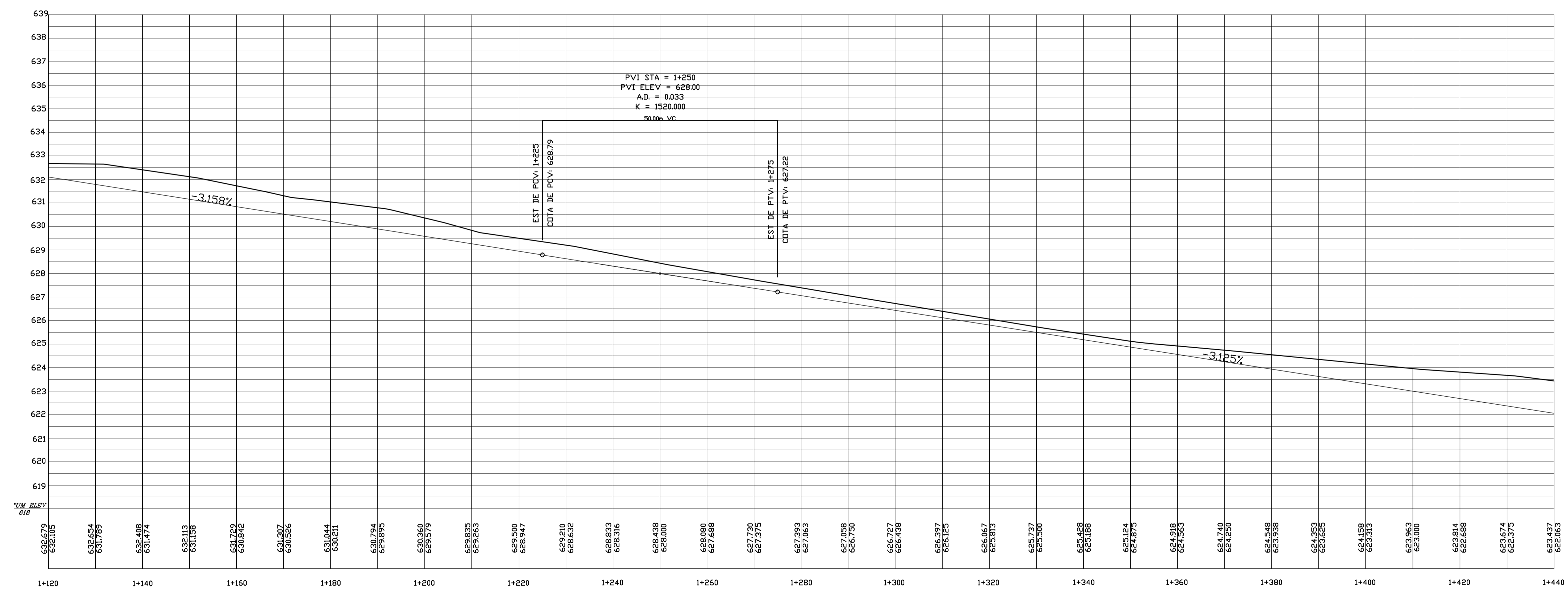
ESCALA HORIZONTAL: 1/500
 ESCALA VERTICAL: 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 0+740 A 1+120	
DISEÑO: CALZADO: DISEÑO: ESCALA: FECHA:	PROPELDO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ DISEÑO: ALVARO RAMIREZ POSADAS ESCALA: INGENIERIA FECHA: ABRIL 2010	
	No. 1224 4/10	No. ALVARO RAMIREZ ASESOR ALVARO RAMIREZ INGENIERO



PLANTA DE CARRETERA

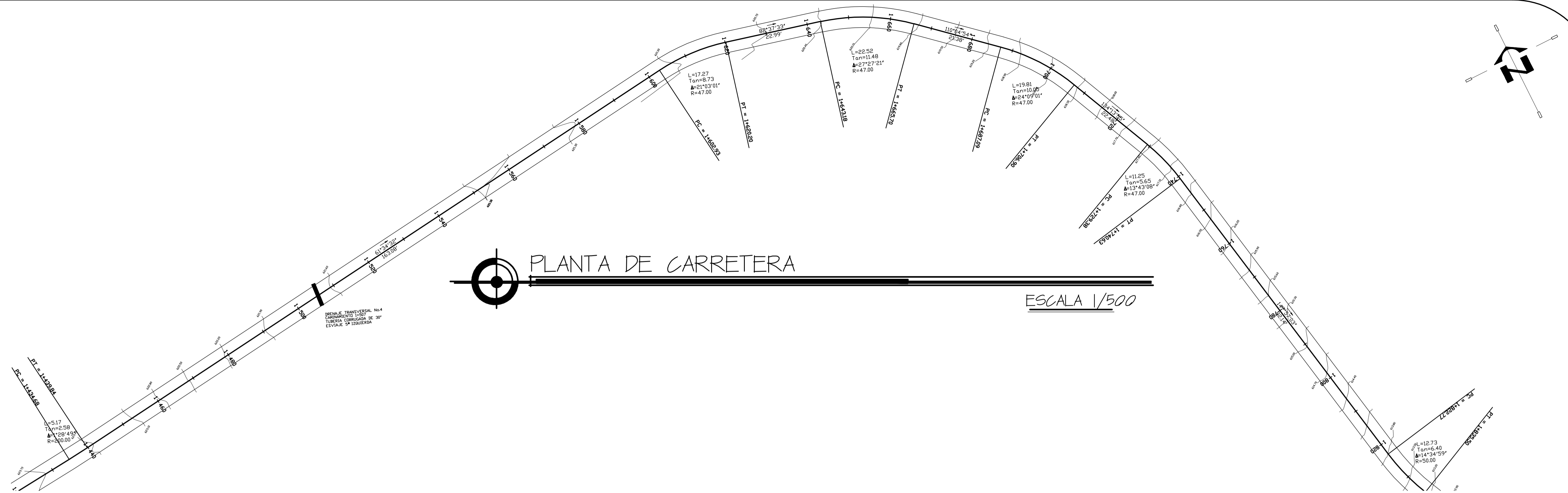
ESCALA 1/500



PERFIL DE CARRETERA

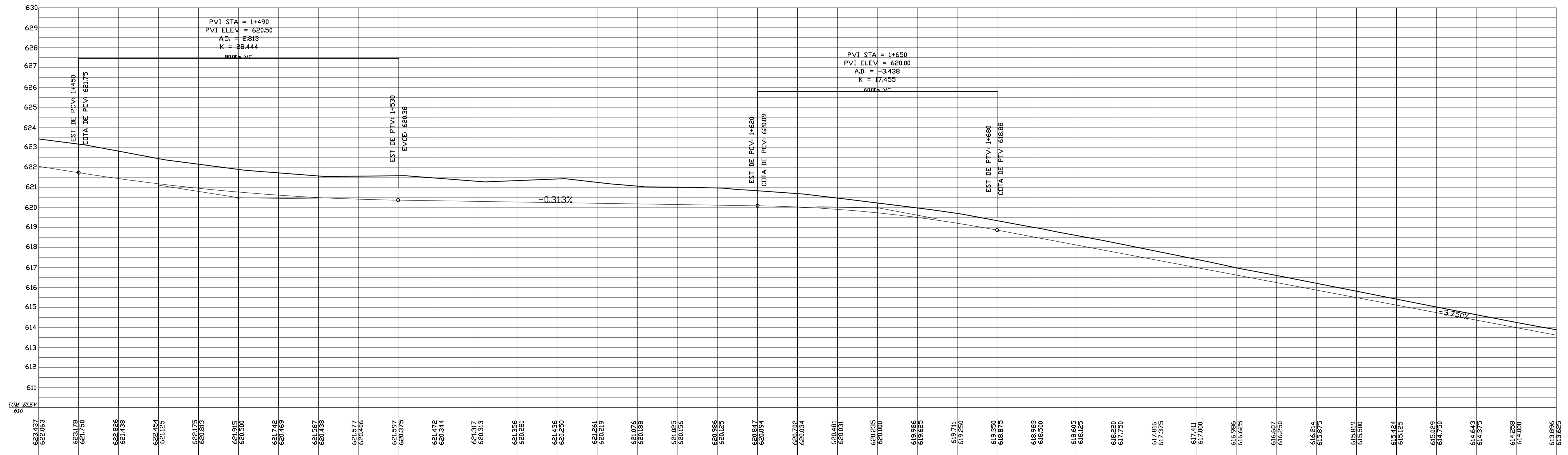
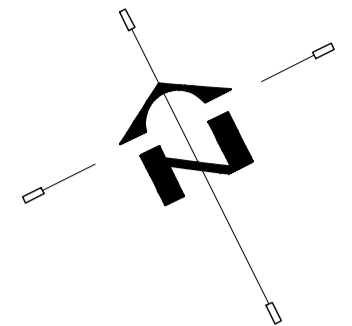
ESCALA HORIZONTAL: 1/500
ESCALA VERTICAL: 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
BORGEO PROTECCIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 1+120 A 1+440	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 2010	PROPELIDO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPULAS, SUCHITEPEQUEZ	
	EPESITA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS No: 2004-19105 H21A	
No: SILVO RODRIGUEZ ASESOR		No: ALVARO RAMIREZ EPESITA
		5 10



PLANTA DE CARRETERA

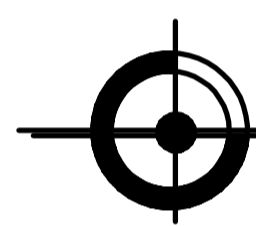
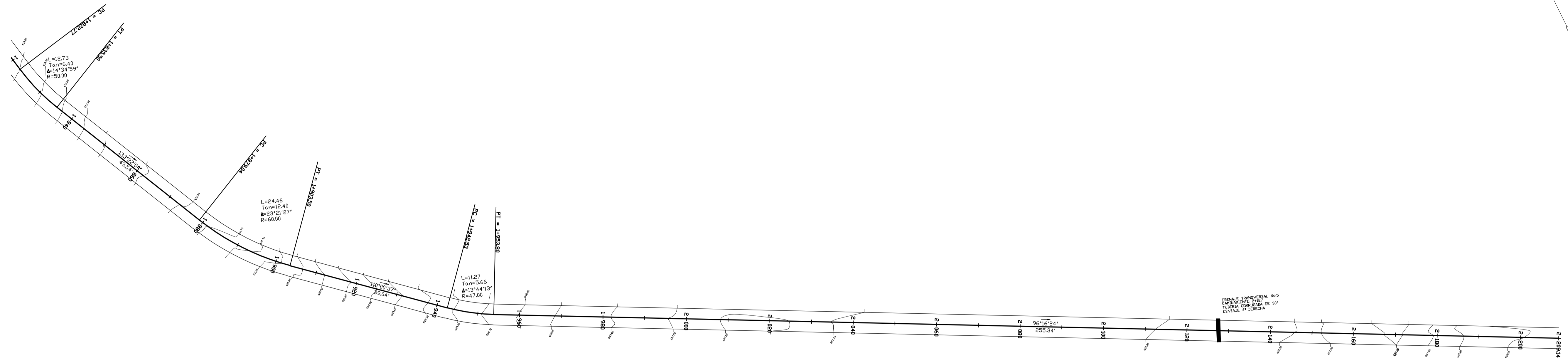
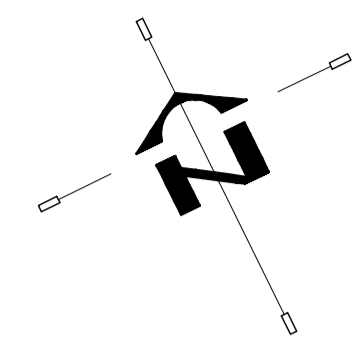
ESCALA 1/500



PERFIL DE CARRETERA

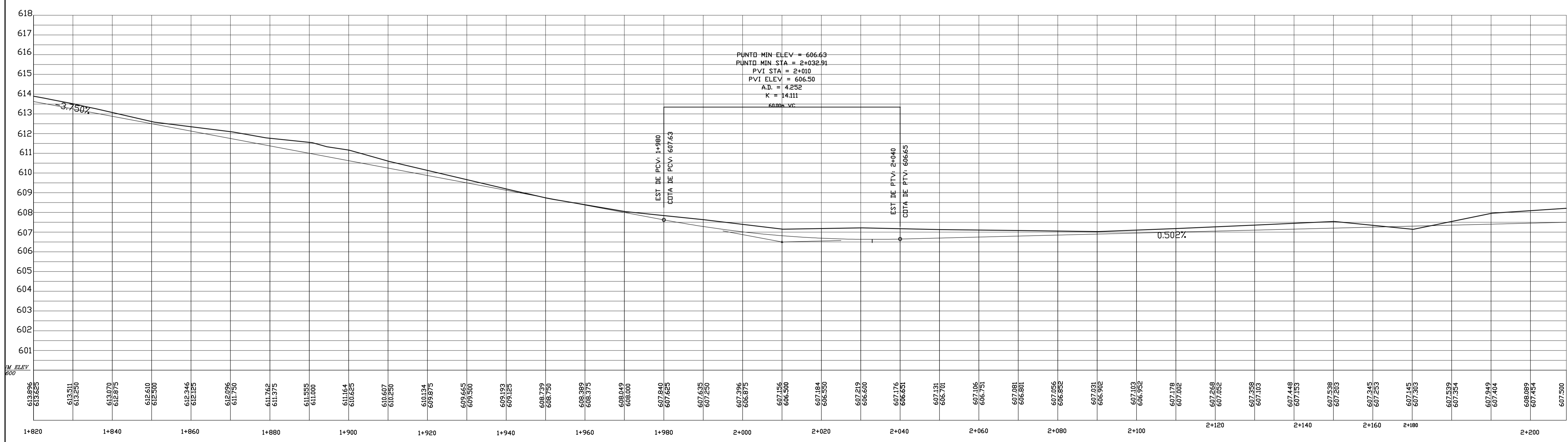
ESCALA HORIZONTAL: 1/500
ESCALA VERTICAL: 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 1+440 A 1+820	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALCULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INCLADA FECHA: ABRIL 2010	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ	
	EPSONOTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS No. 2004-19105 Hoja: 12/14 No. Silvio RIVERA ALVARO RAMIREZ	

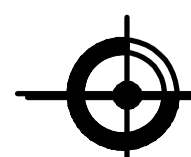
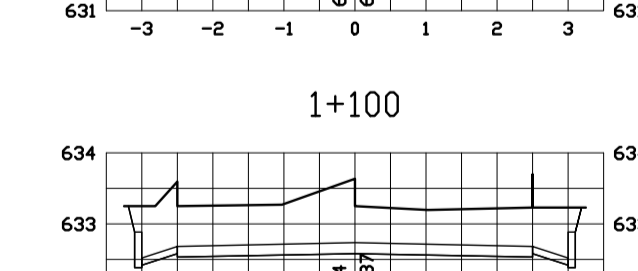
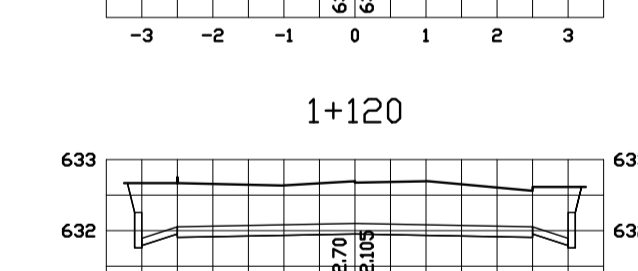
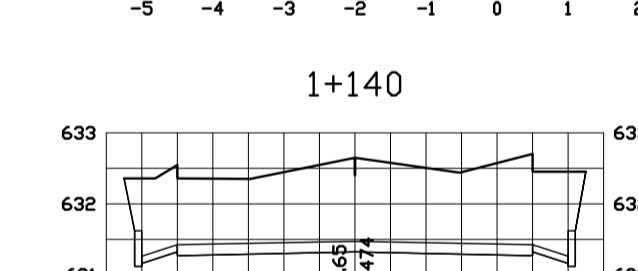
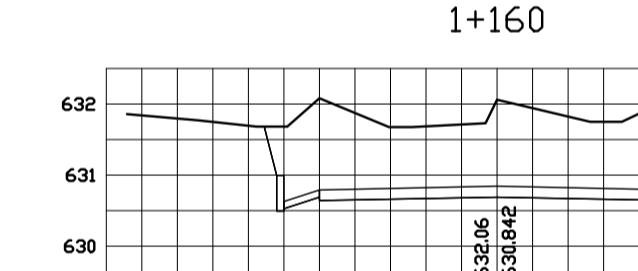
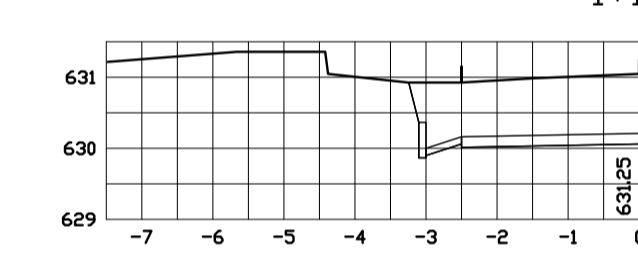
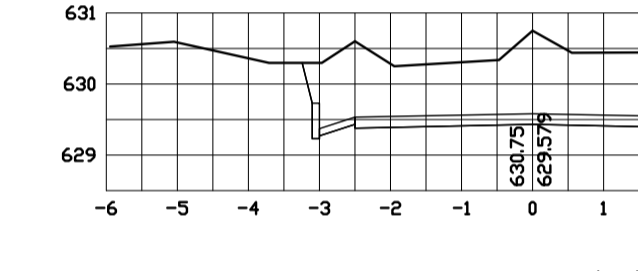
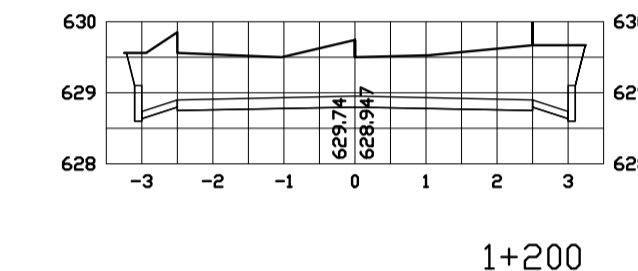
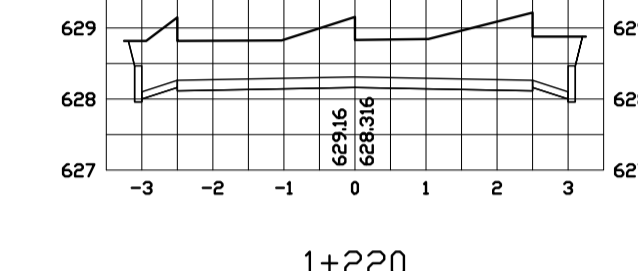
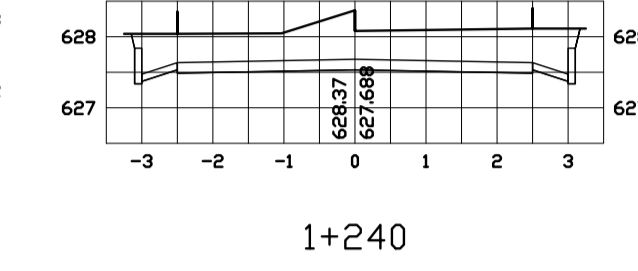
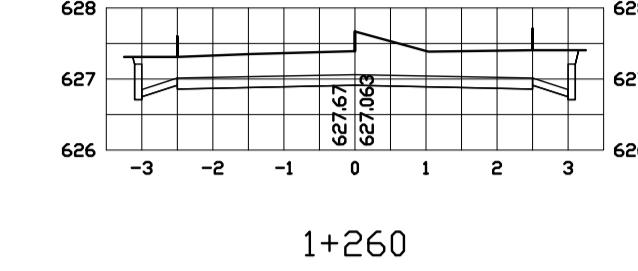
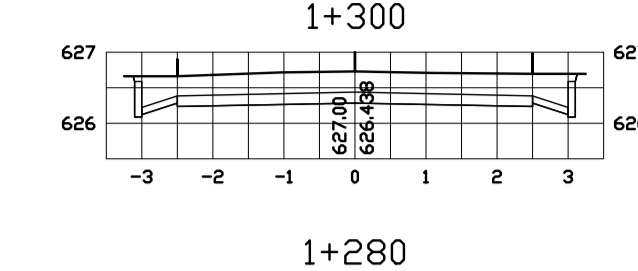
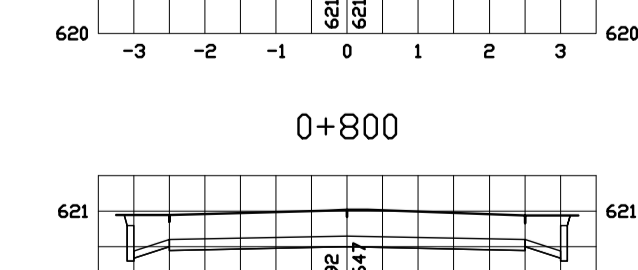
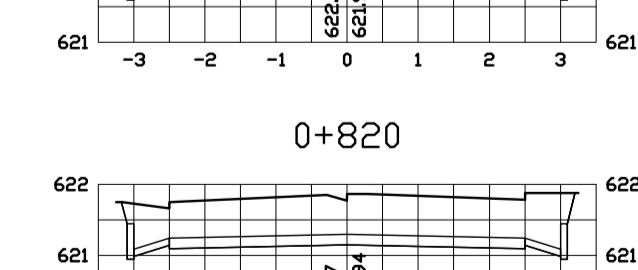
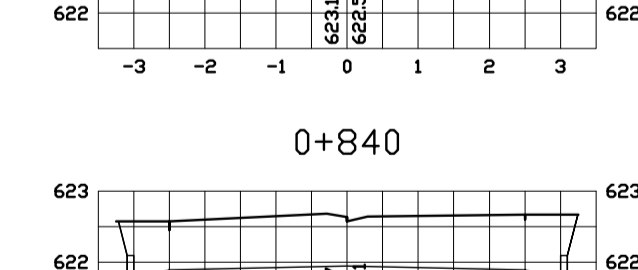
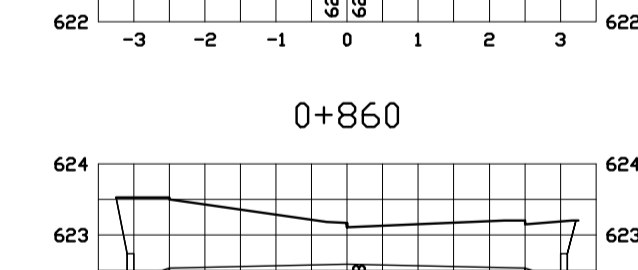
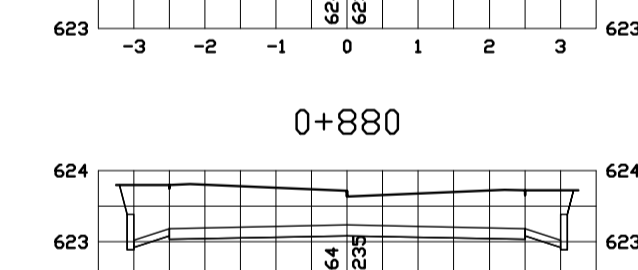
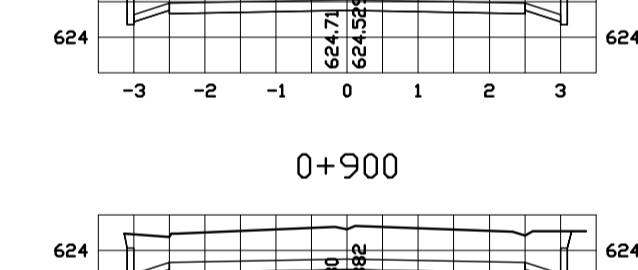
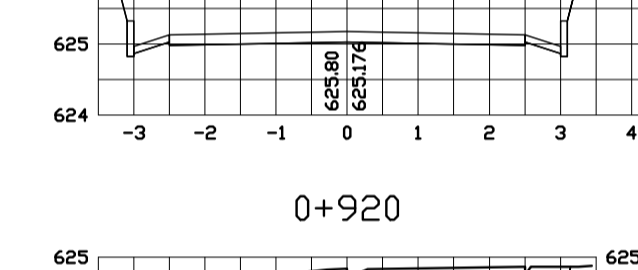
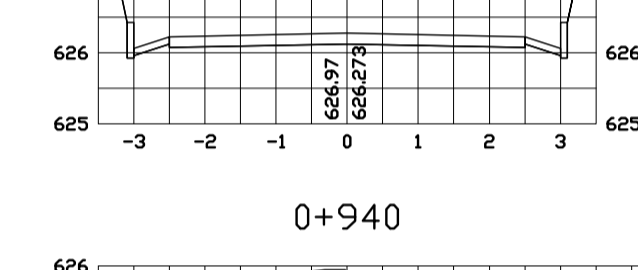
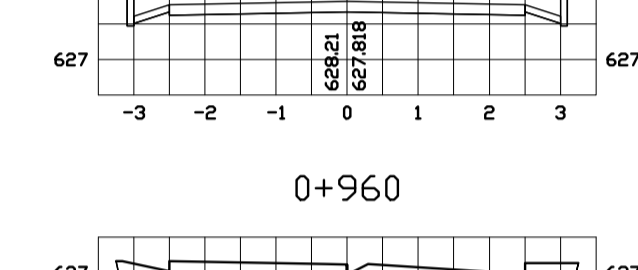
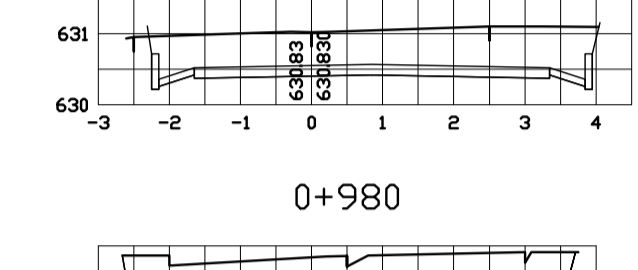
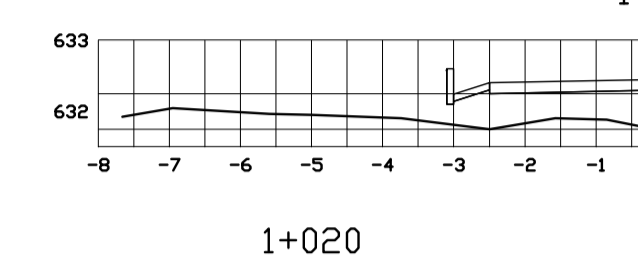
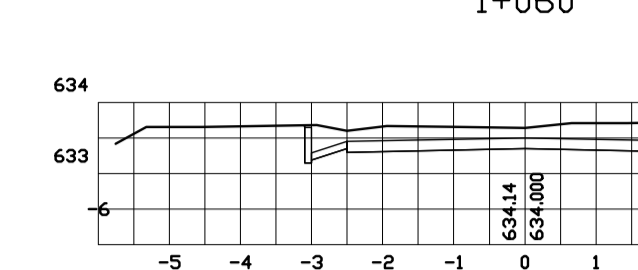
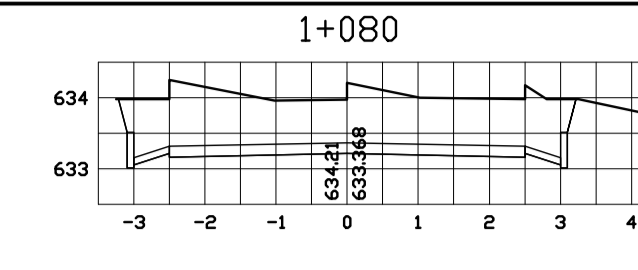
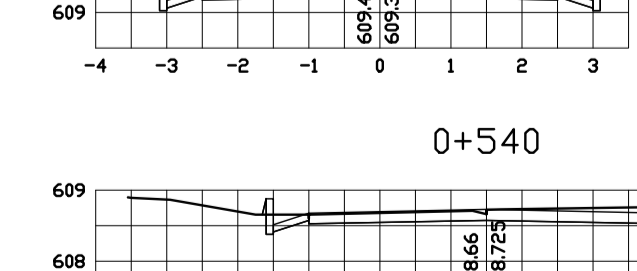
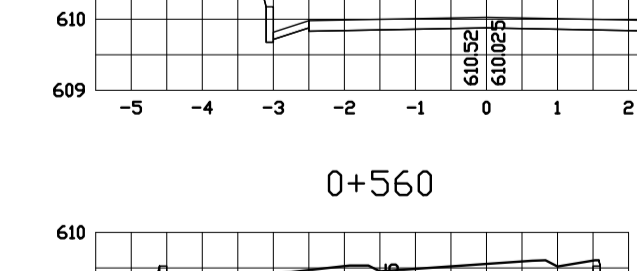
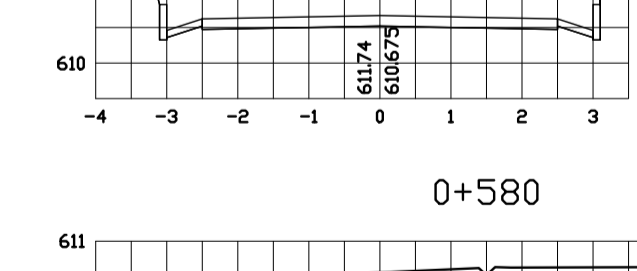
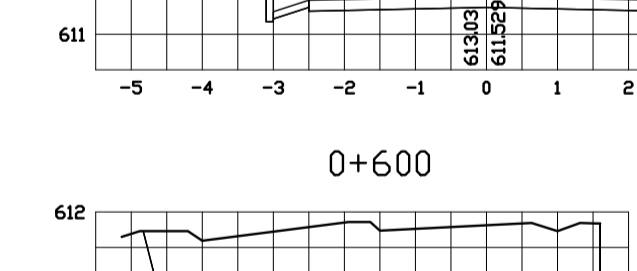
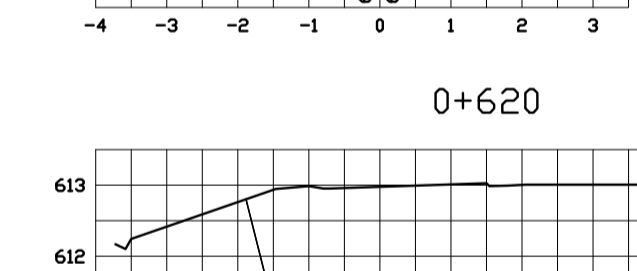
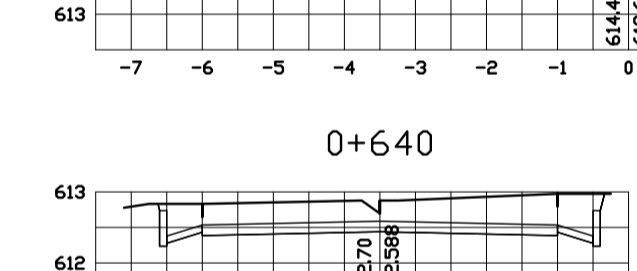
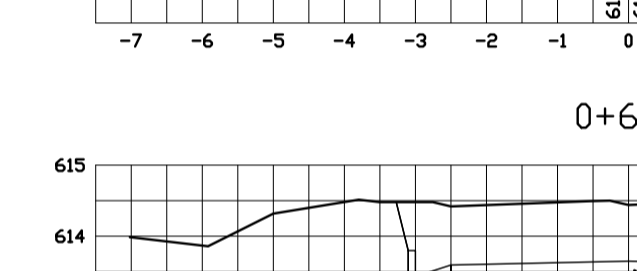
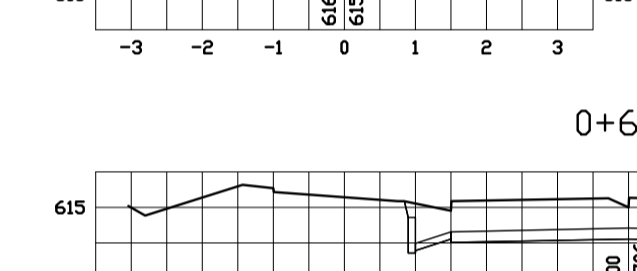
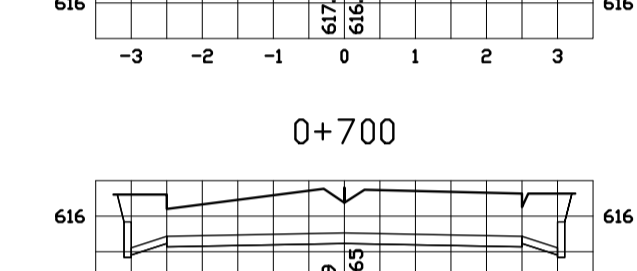
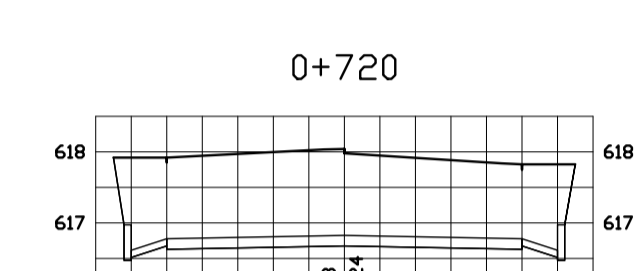
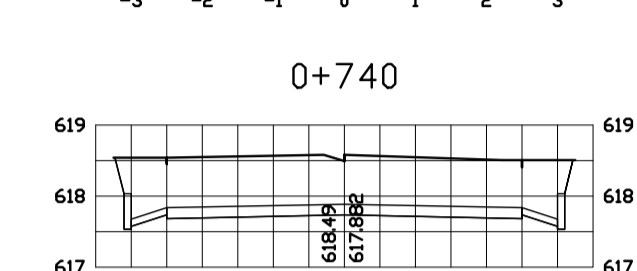
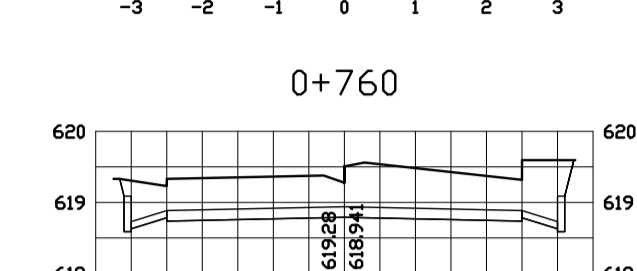
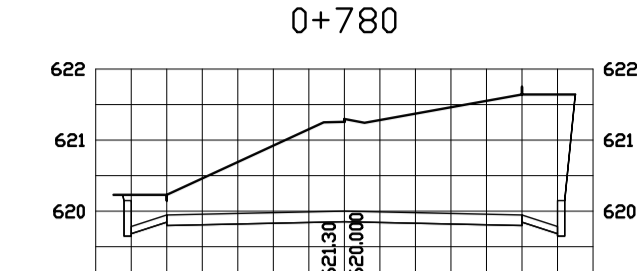
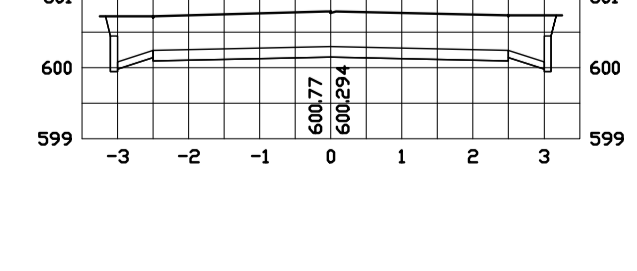
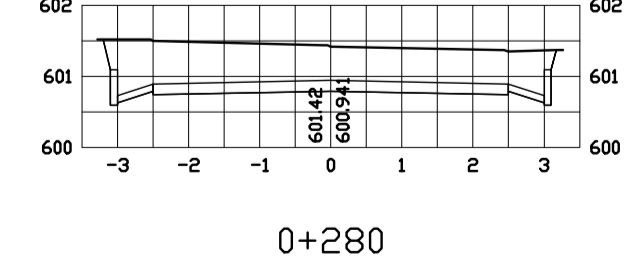
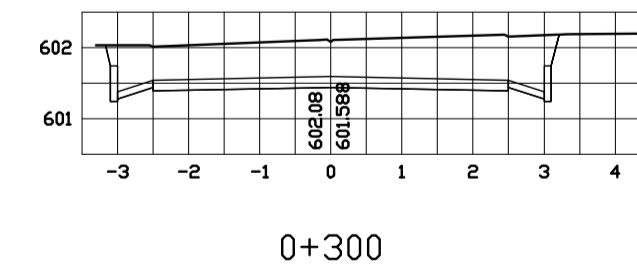
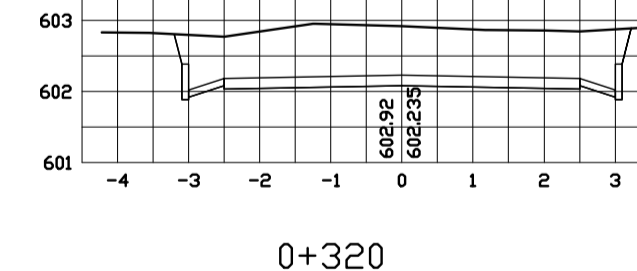
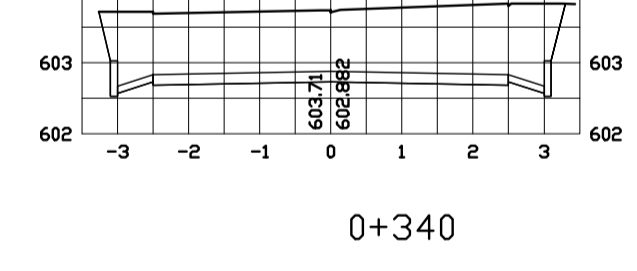
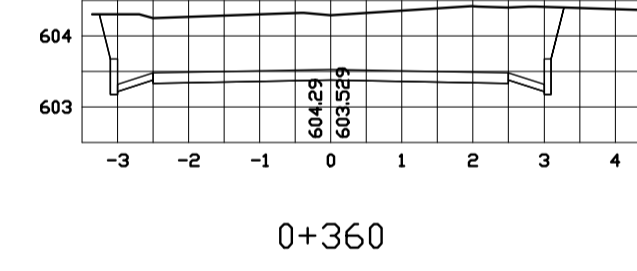
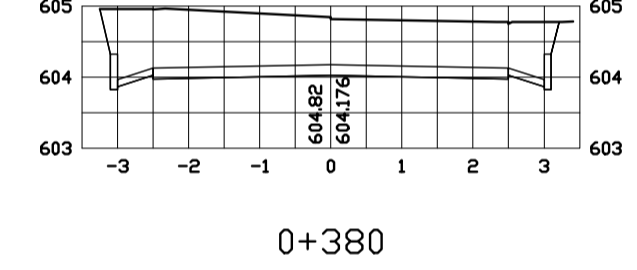
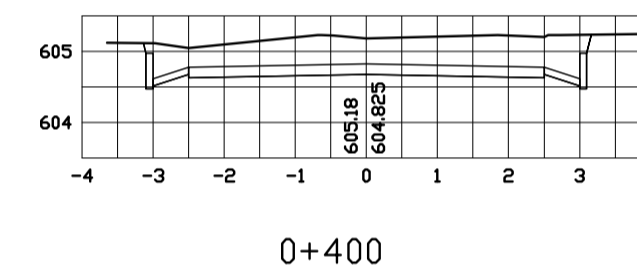
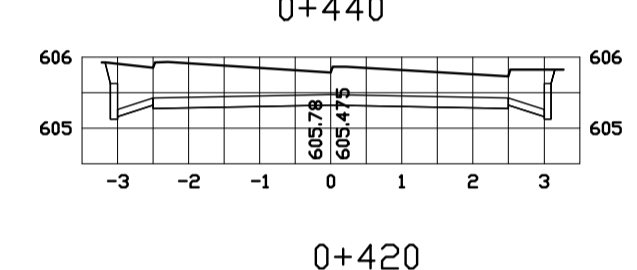
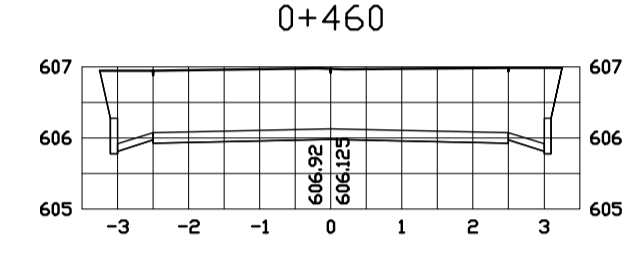
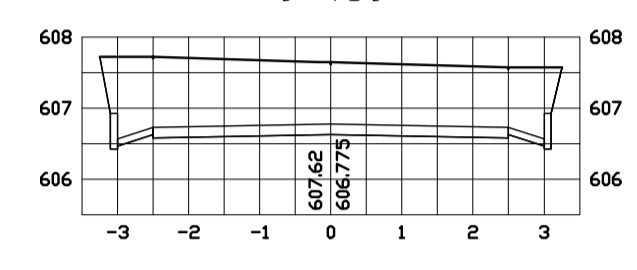
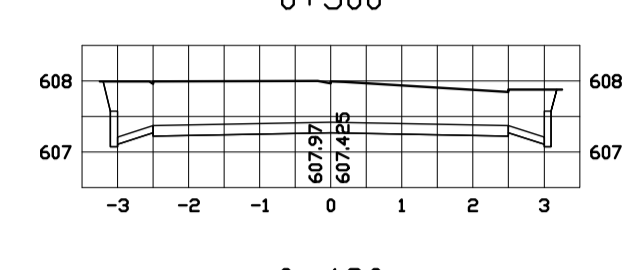
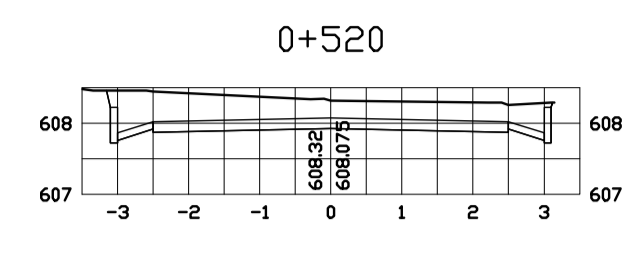
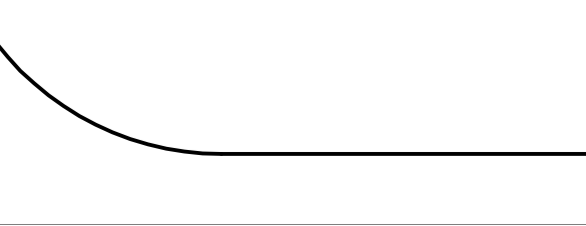
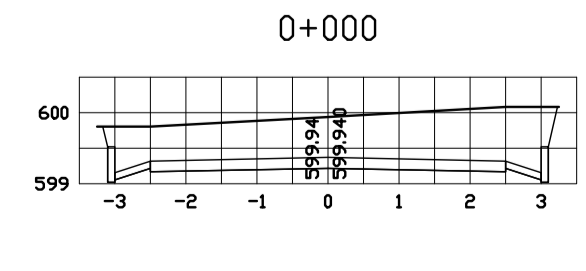
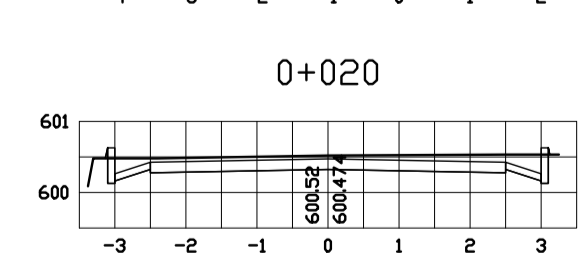
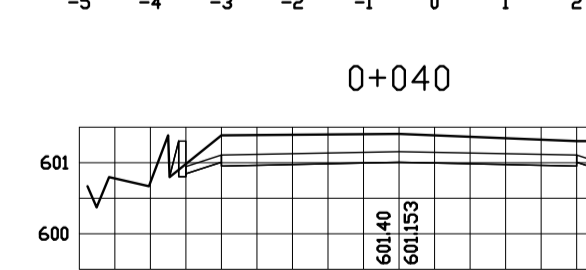
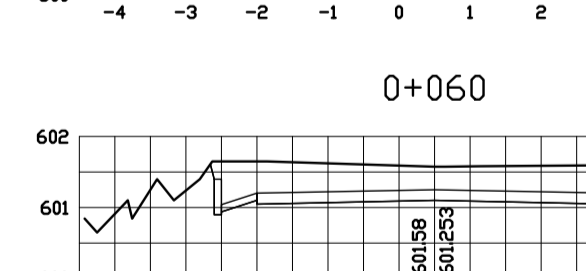
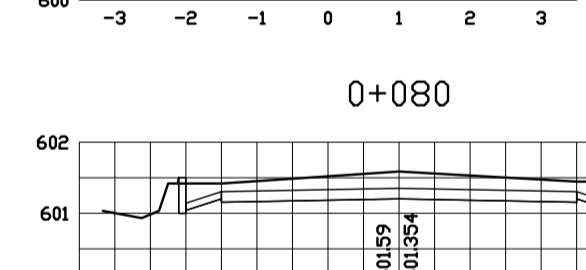
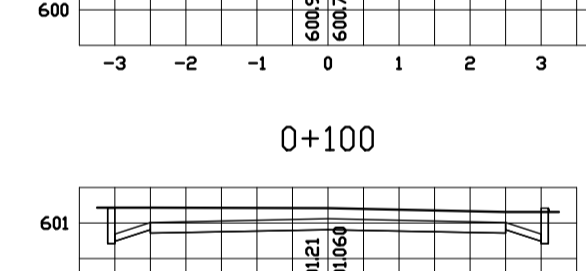
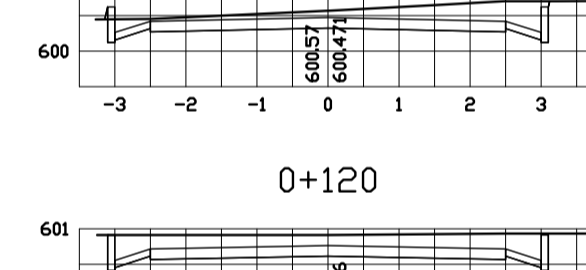
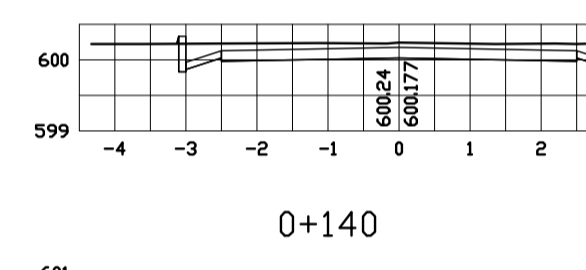
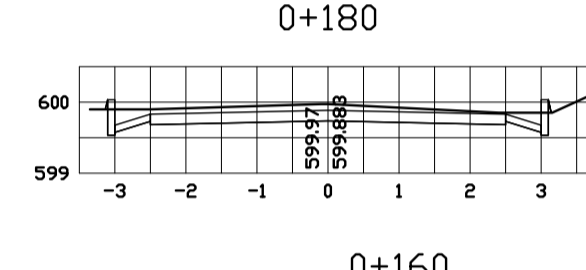
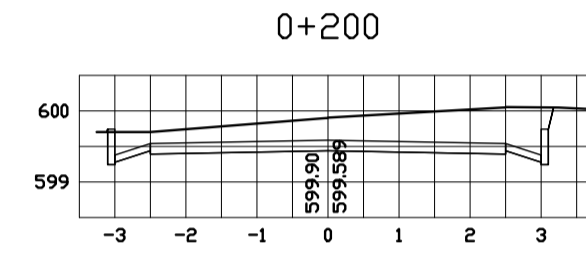
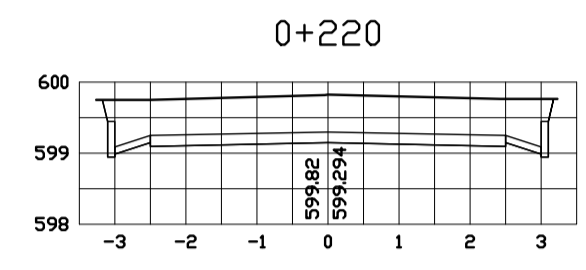
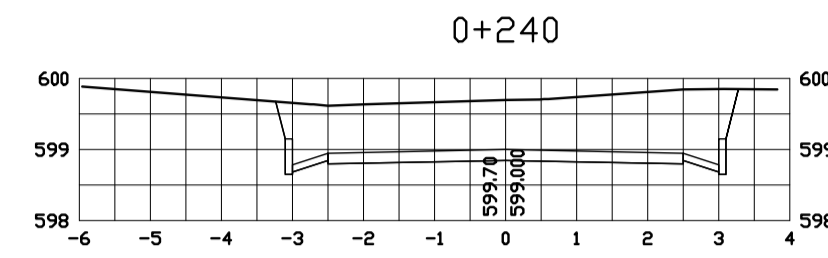
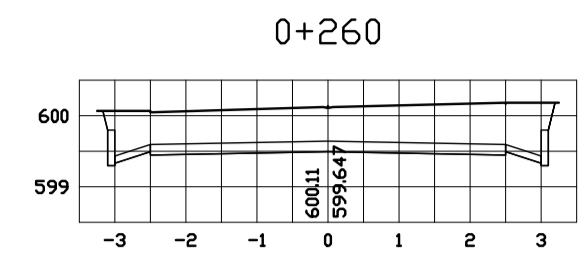


PLANTA DE CARRETERA

ESCALA 1/500



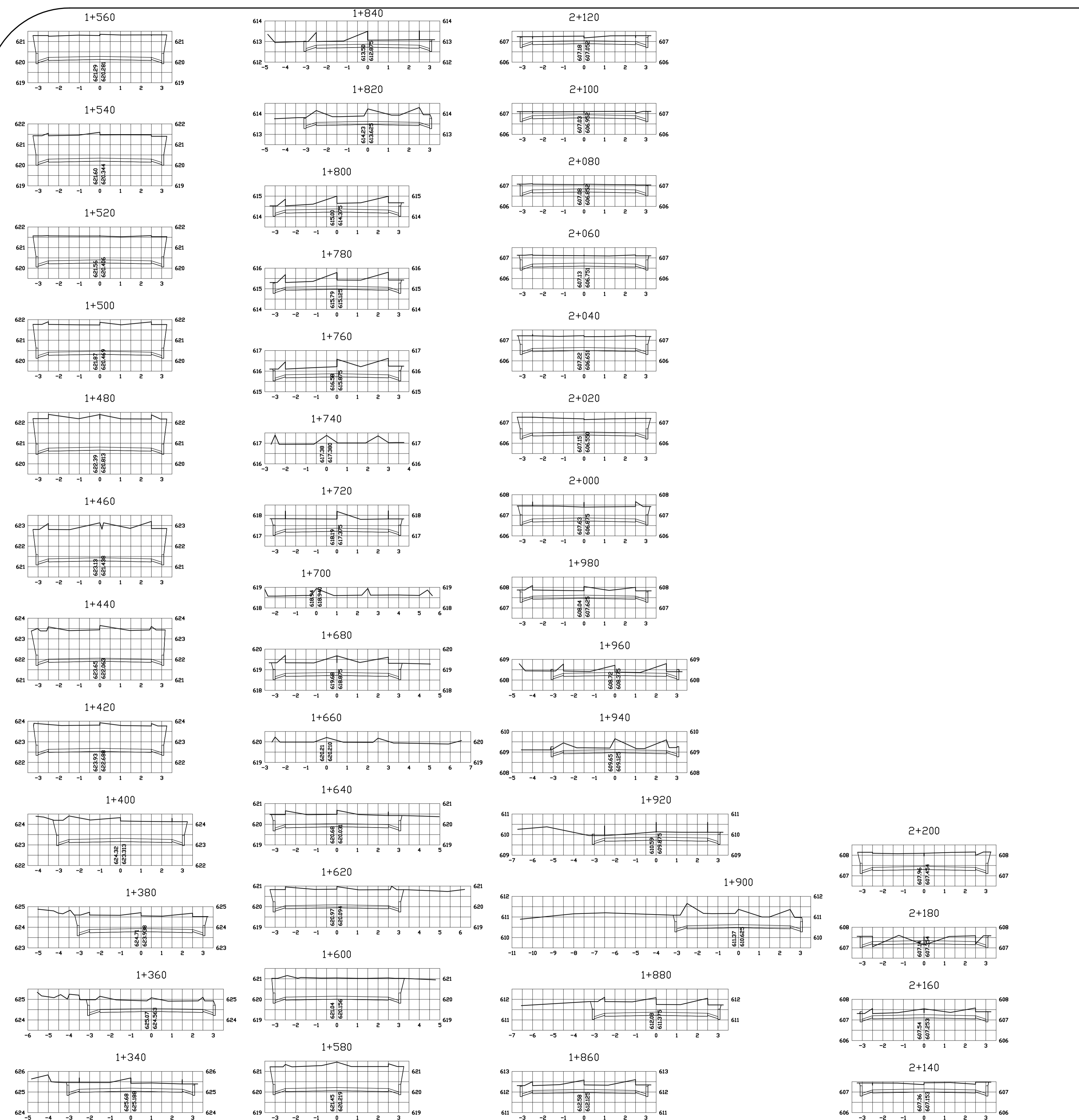
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LAGRILLERA PLANO DE: PLANTA Y PERFIL DE EST 1+820 A 2+200	
DISEÑO: CALCULO: DIBUJO: ESCALA: FECHA:	ALVARO RAMIREZ ALVARO RAMIREZ ALVARO RAMIREZ INGENIERIA ABRIL 2010	
EPS	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCCHITEPEQUEZ DISEÑISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS FECHA:	
No.	2004-19105	Hoja 7/10
No.	SILVIO BARRUECO INGENIERO	ALVARO RAMIREZ INGENIERO



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA HORIZONTAL: 1/100
ESCALA VERTICAL: 1/100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL SUPERVISANDO	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
	PLANO DE: SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 A 1+300	
	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, CUCHUTEPEQUEZ	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALLEJO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 2010	ESPECIALISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS VOBO:	CANT: 2004-19105 H214 8 10



STATION	AREAS		VOLUMES		CUMULATIVE VOLUMES	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	0.000	0.000	14.077	0.037	14.077	0.037
0+020	1.408	0.004	37.521	0.295	51.598	0.332
0+040	2.344	0.026	57.253	0.257	108.850	0.589
0+060	3.381	0.000	54.447	0.013	163.298	0.602
0+080	2.064	0.001	40.956	0.016	204.254	0.617
0+100	2.032	0.000	41.391	0.003	245.644	0.621
0+120	2.107	0.000	39.171	0.037	284.815	0.658
0+140	1.810	0.004	33.175	0.059	317.990	0.717
0+160	1.511	0.002	28.790	0.085	346.780	0.802
0+180	1.367	0.006	43.946	0.065	390.726	0.867
0+200	3.028	0.000	72.417	0.002	463.143	0.869
0+220	4.214	0.000	99.586	0.000	562.729	0.868
0+240	5.730	0.000	98.855	0.000	661.584	0.868
0+260	4.155	0.000	81.815	0.000	743.399	0.868
0+280	4.026	0.000	82.705	0.000	826.105	0.868
0+300	4.244	0.000	86.297	0.000	912.401	0.868
0+320	4.385	0.000	95.794	0.000	1008.195	0.868
0+340	5.203	0.000	119.261	0.000	1127.456	0.868
0+360	6.730	0.000	130.072	0.000	1257.528	0.868
0+380	6.277	0.000	117.467	0.000	1374.995	0.868
0+400	5.463	0.000	88.418	0.000	1463.414	0.868
0+420	3.379	0.000	68.264	0.000	1531.678	0.868
0+440	3.428	0.000	98.379	0.000	1629.857	0.868
0+460	6.410	0.000	130.501	0.000	1760.358	0.868
0+480	6.840	0.000	111.567	0.000	1871.925	0.868
0+500	4.516	0.000	74.087	0.000	1946.012	0.868
0+520	2.892	0.000	39.175	0.075	1985.186	0.943
0+540	1.023	0.008	28.447	0.098	2013.634	1.041
0+560	1.822	0.002	66.081	0.021	2079.714	1.062
0+580	4.753	0.000	128.270	0.000	2207.985	1.062
0+600	8.074	0.000	187.158	0.000	2395.142	1.062
0+620	10.636	0.000	134.821	0.000	2529.963	1.062
0+640	2.846	0.000	90.610	0.000	2620.573	1.062
0+660	6.215	0.000	95.617	0.000	2716.191	1.062
0+680	3.363	0.000	78.521	0.000	2794.712	1.062
0+700	4.489	0.000	125.673	0.000	2920.385	1.062
0+720	8.078	0.000	131.655	0.000	3052.040	1.062
0+740	5.088	0.000	92.145	0.000	3144.185	1.062
0+760	4.127	0.000	120.170	0.000	3264.355	1.062
0+780	7.890	0.000	109.413	0.000	3373.769	1.062
0+800	3.051	0.000	74.547	0.000	3448.315	1.062
0+820	4.403	0.000	97.803	0.000	3546.118	1.062
0+840	6.377	0.000	108.254	0.000	3654.372	1.062
0+860	5.448	0.000	97.414	0.000	3751.786	1.062
0+880	4.293	0.000	79.865	0.000	3831.651	1.062
0+900	3.673	0.000	64.065	0.000	3895.615	1.062
0+920	2.744	0.000	81.041	0.000	3976.556	1.062
0+940	5.360	0.000	117.349	0.000	4093.905	1.062
0+960	6.373	0.000	108.128	0.000	4202.033	1.062
0+980	4.440	0.000	44.395	0.000	4246.428	1.062
+000	0.000	0.000	0.000	0.000	4246.428	1.062
+020	0.000	0.000	20.352	0.013	4266.780	1.075
+040	2.035	0.001	42.857	0.015	4309.637	1.090
+060	2.255	0.000	76.252	0.003	4385.890	1.093
+080	5.375	0.000	103.088	0.000	4488.977	1.093
+100	4.934	0.000	95.661	0.000	4584.638	1.093
+120	4.632	0.000	121.896	0.000	4706.535	1.093
+140	7.557	0.000	148.928	0.000	4855.463	1.093
+160	7.336	0.000	139.659	0.000	4995.122	1.093
+180	6.823	0.000	127.606	0.000	5122.728	1.093
+200	6.137	0.000	115.162	0.000	5237.890	1.093
+220	5.379	0.000	103.416	0.000	5341.306	1.093
+240	4.963	0.000	91.965	0.000	5432.970	1.093
+260	4.194	0.000	79.043	0.000	5511.913	1.093
+280	3.710	0.000	69.055	0.000	5580.968	1.093
+300	3.195	0.000	63.547	0.000	5644.515	1.093
+320	3.160	0.000	63.506	0.000	5708.021	1.093
+340	3.191	0.000	68.234	0.000	5776.255	1.093
+360	3.644	0.000	89.418	0.000	5865.674	1.093
+380	5.298	0.000	122.450	0.000	5988.123	1.093
+400	6.947	0.000	153.735	0.000	6141.858	1.093
+420	8.427	0.000	184.780	0.000	6326.637	1.093
+440	10.051	0.000	207.566	0.000	6534.204	1.093
+460	10.705	0.000	209.835	0.000	6744.039	1.093
+480	10.278	0.000	197.820	0.000	6941.859	1.093
+500	9.504	0.000	179.434	0.000	7121.292	1.093
+520	8.440	0.000	167.226	0.000	7288.518	1.093
+540	8.283	0.000	159.591	0.000	7448.109	1.093
+560	7.676	0.000	155.289	0.000	7603.398	1.093
+580	7.853	0.000	145.963	0.000	7749.361	1.093
+600	6.744	0.000	127.534	0.000	7876.895	1.093
+620	6.006	0.000	103.341	0.000	7980.236	1.093
+640	4.328	0.000	43.297	0.000	8023.533	1.093
+660	0.000	0.000	47.209	0.000	8070.742	1.093
+680	4.721	0.000	47.191	0.000	8117.933	1.093
+700	0.000	0.000	45.088	0.000	8163.022	1.093
+720	4.509	0.000	45.117	0.000	8208.139	1.093
+740	0.000	0.000	36.452	0.000	8244.591	1.093
+760	3.845	0.000	71.833	0.000	8316.424	1.093
+780	3.538	0.000	67.448	0.000	8383.872	1.093
+800	3.207	0.000	66.172	0.000	8450.044	1.093
+820	3.410	0.000	63.526	0.000	8513.570	1.093
+840	2.923	0.000	57.658	0.000	8571.228	1.093
+860	2.843	0.000	71.119	0.000	8642.347	1.093
+880	4.269	0.000	77.213	0.007	8808.819	1.101
+900	4.680	0.000	52.720	0.041	8861.539	1.141
+920	3.042	0.001	41.141	0.057	8902.879	1.188
+940	2.230	0.003	48.511	0.025	8951.190	1.223
+960	1.880	0.002	79.229	0.000	9030.419	1.223
+980	2.971	0.000	102.519	0.000	9132.938	1.223
2+000	4.951	0.000	99.143	0.000	9232.082	1.223
2+040	4.614	0.000	80.553	0.000	9312.634	1.223
2+060	3.441	0.000	59.441	0.000	9372.075	1.223
2+080	2.503	0.000	45.271	0.000	9417.346	1.223
2+100	2.024	0.000	43.942	0.000	9461.288	1.223
2+120	2.370	0.000	52.633	0.000	9513.921	1.223
2+140	2.894	0.000	50.942	0.012	9564.863	1.235
2+160	2.201	0.001	38.455	0.249	9603.918	1.484
2+180	1.645	0.024	68.559	0.237	9671.877	1.722
2+200	5.211	0.000	0.000	0.000	9671.877	1.722

SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA HORIZONTAL: 1/100
 ESCALA VERTICAL: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
BERGARIO PROTEAGAL SUPERVISADO

PROYECTO: PAVIMENTO RIBIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA

PLANO DE: SECCIONES TRANSVERSALES
 H-320 A 2+200

PROFESOR DE: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS

ESPECIALISTA: ALVARO RAMIREZ

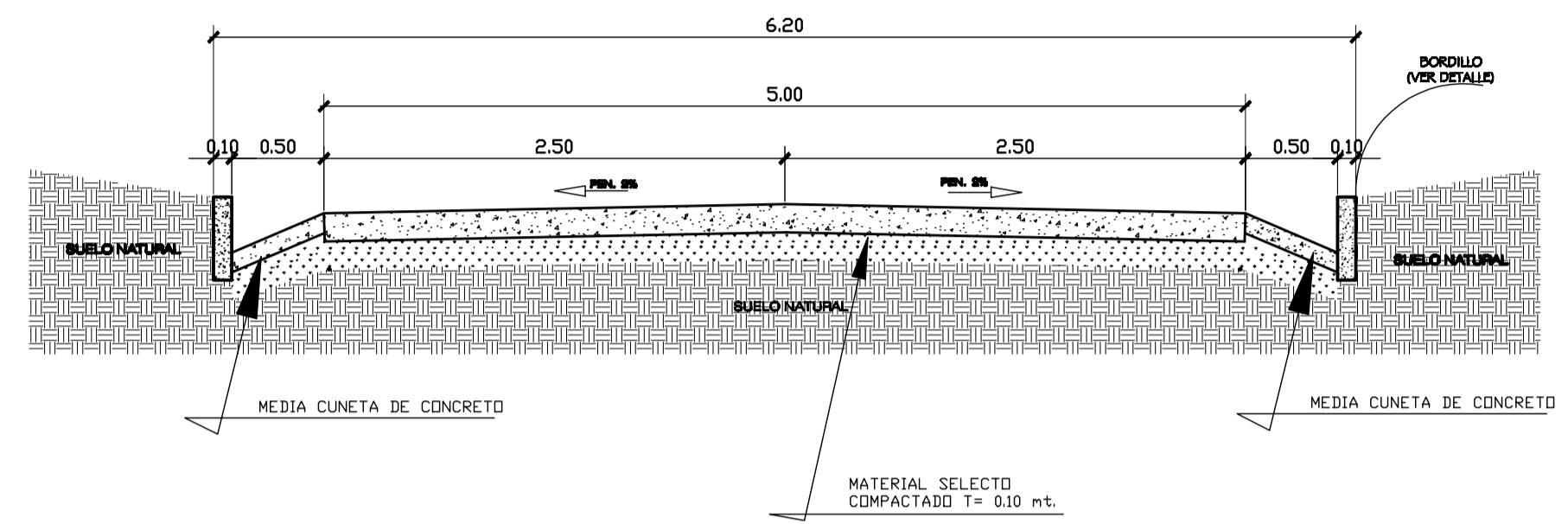
ESCALA: INDICADA

FECHA: ABRIL 2009

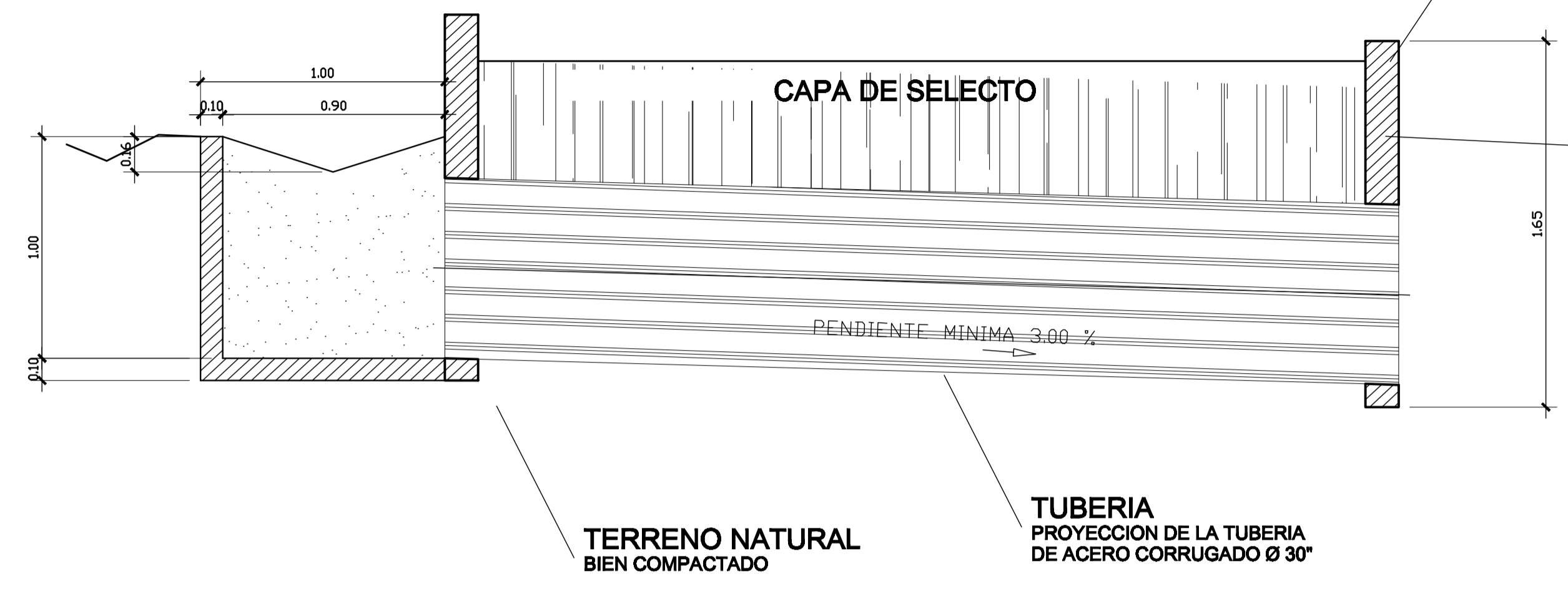
Cant
2004-1905

Vol: 1024

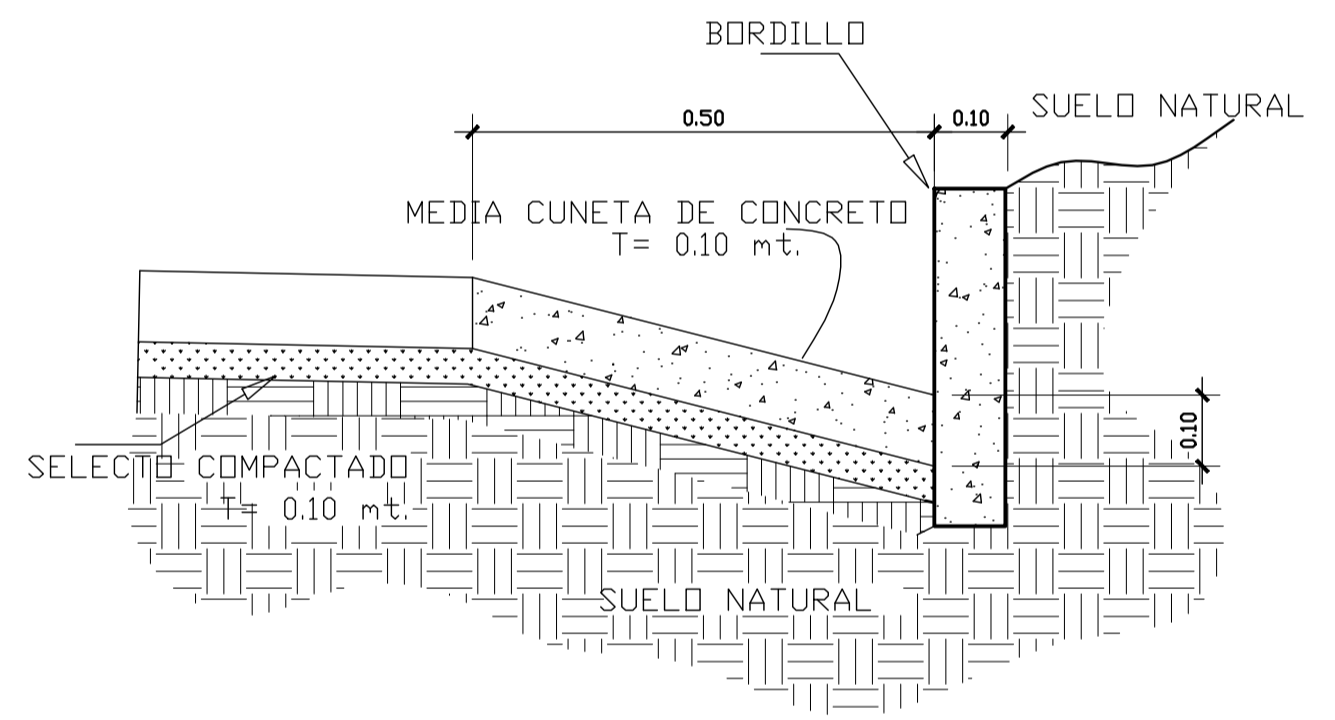
9/10



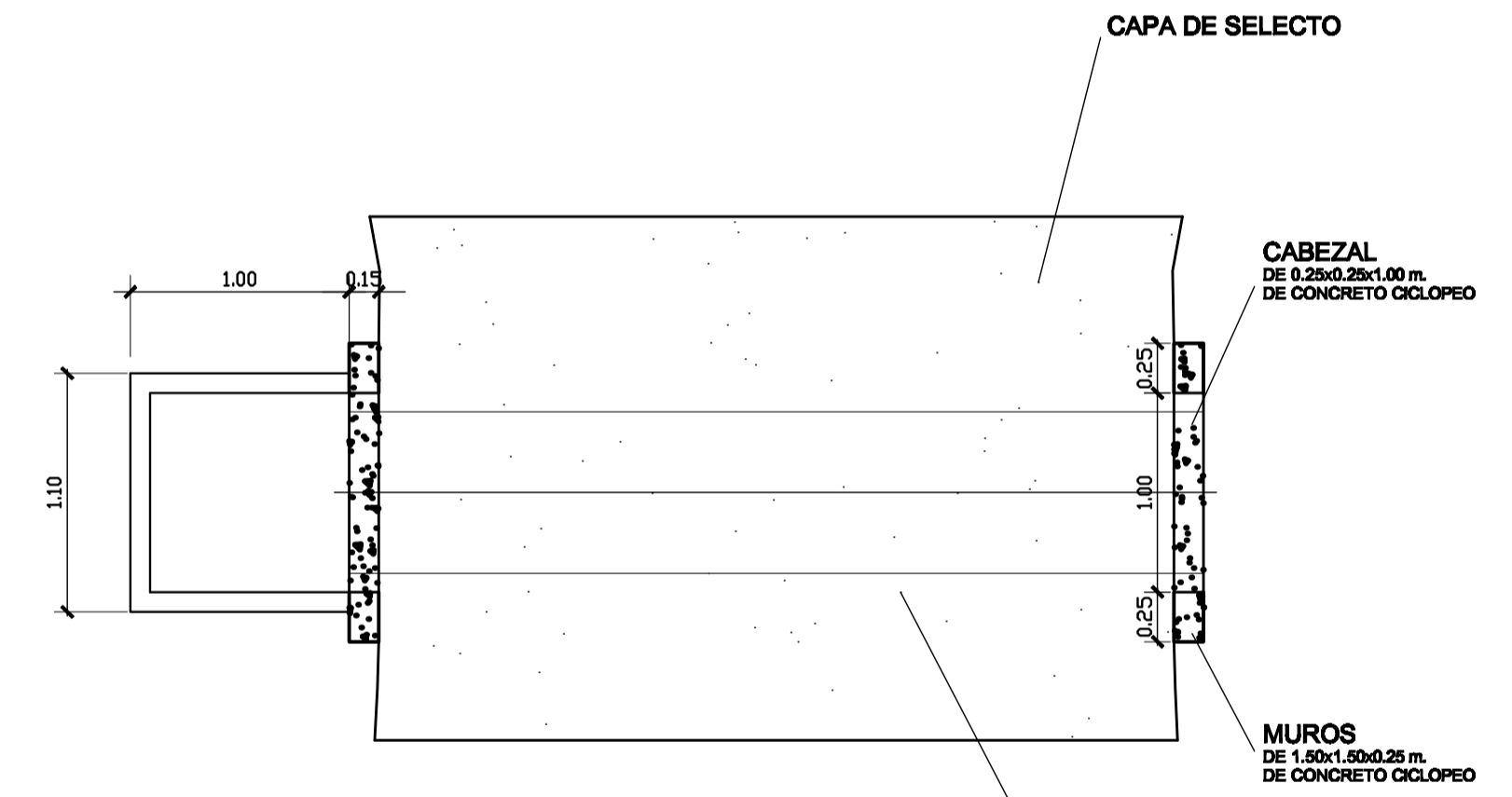
SECCION TRANSVERSAL DE PAVIMENTO
ESCALA 1:30



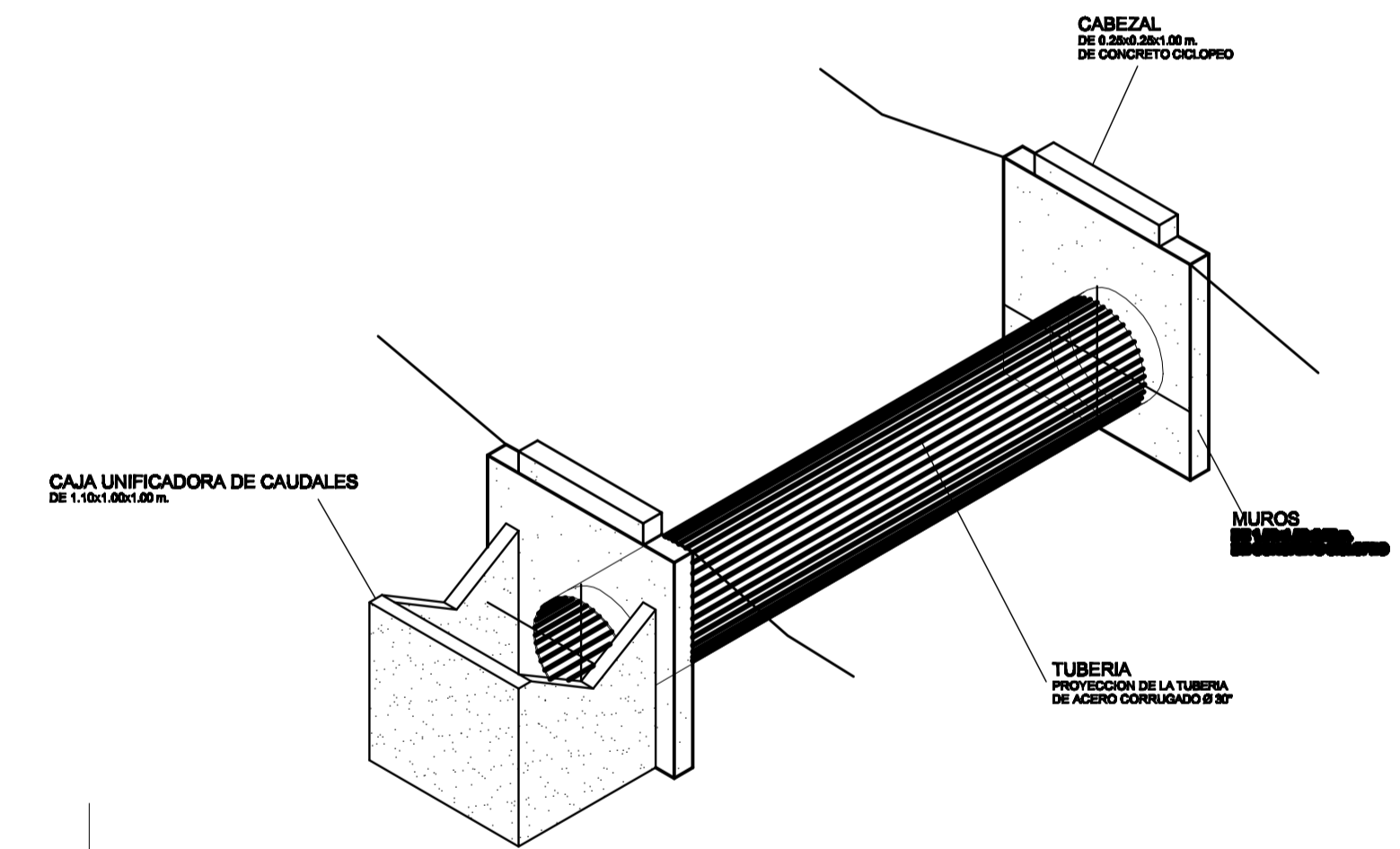
SECCION (TRANSVERSAL) DEL DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA 1:20



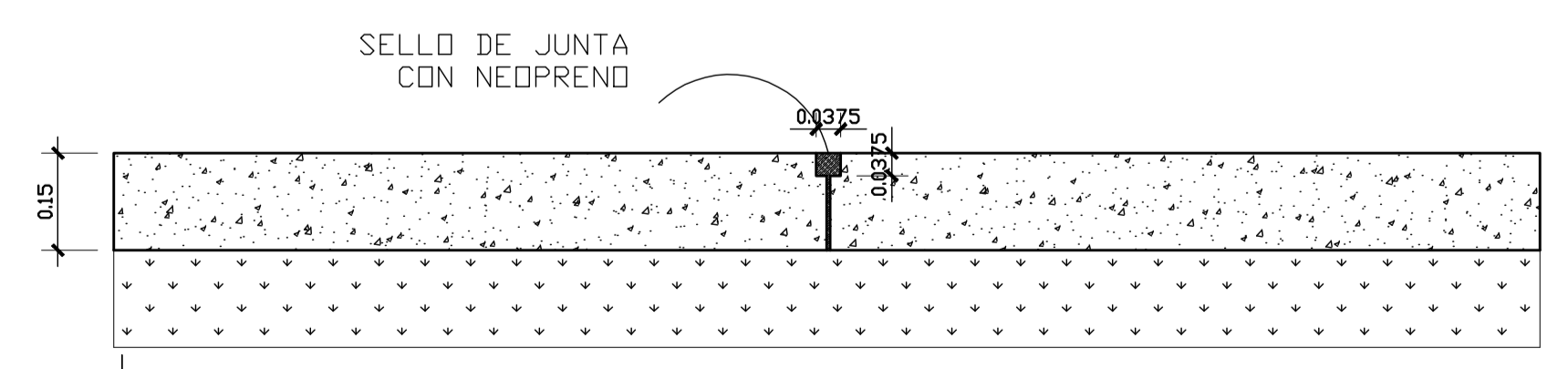
DETALLE DE MEDIA CUNETTA
ESCALA 1:10



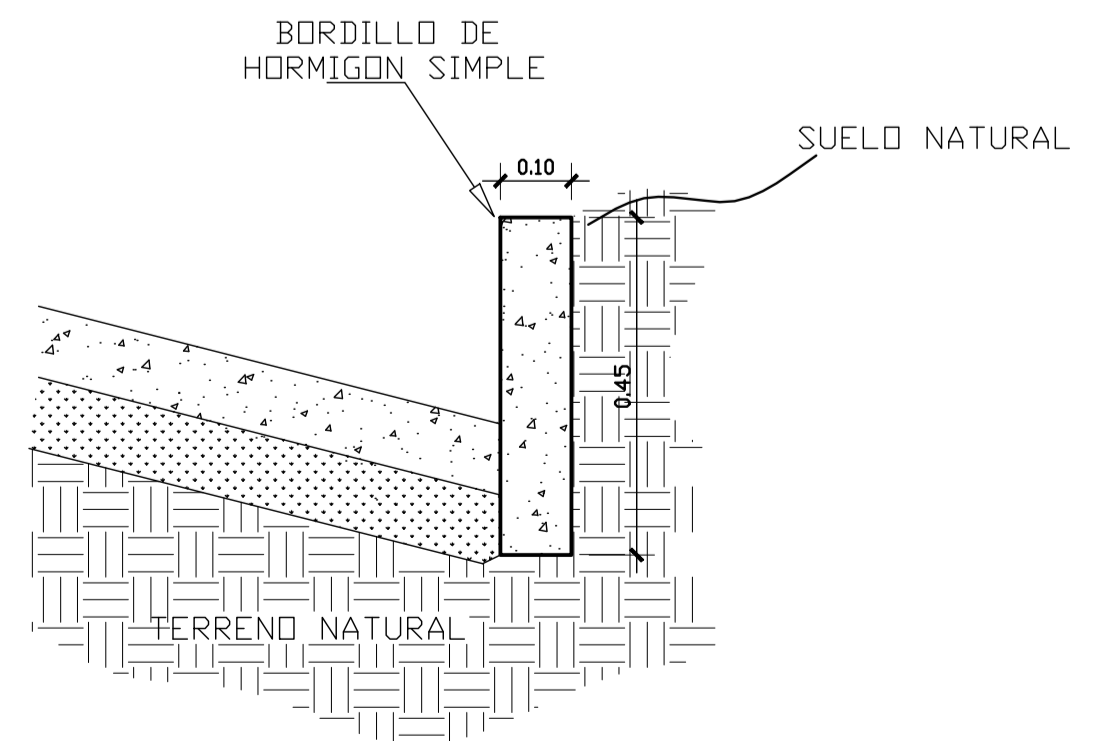
PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL
ESCALA 1:20



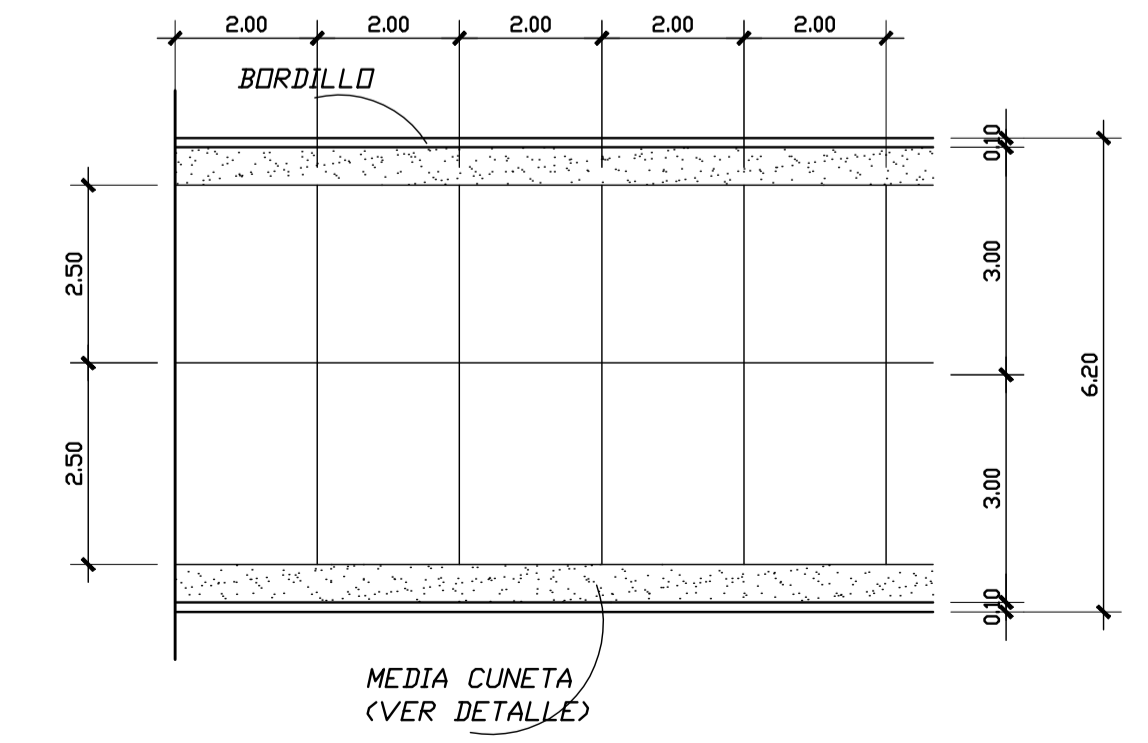
ISOMETRICO PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL



DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL
ESCALA 1:10



DETALLE DE BORDILLO
ESCALA 1:10



DETALLE EN PLANTA DE PAVIMENTO

ESPECIFICACIONES:
 SUB-RASANTE: SUELO NATURAL DEL CUAL DEBERA DE COMPACTARSE A UNA HUMEDAD MAXIMA (45%) ANTES DE COLOCAR EL MATERIAL DE SUB-BASE (SELECTO).
 SUB-BASE: MATERIAL SELECTO CON UN ESPESOR DE 0.10 MTS. CON UNA COMPACTACION DEL 95 %
 CONCRETO: EL CEMENTO A USAR DEBERA SER CEMENTO PORTLAND, 4,000 PSI. AGREGADOS: LOS AGREGADOS DEBERAN DE ESTAR LIMPIOS Y BIEN GRADUADOS, LIBRES DE IMPUREZA Y MATERIA ORGANICA. EL TAMAÑO DE LOS AGREGADOS GRANES SERA DE 1/2". AGUA: EL AGUA EMPLEADA EN EL MEZCLADO DEL CONCRETO DEBERA SER LIMPIA Y LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE ACEITES, ACIDOS, ALCALIS, SALES, MATERIAL ORGANICO U OTRAS SUBSTANCIAS QUE PUEDAN SER NOCIVAS AL CONCRETO.
 JUNTAS DE DILATACION: LAS JUNTAS DE DILATACION TRANSVERSALES SE HARAN A CADA 2.00 METROS, ESTAS SE SELLARAN CON NEOPRENO.
 NOTA: LA RELACION PIEDRA-CONCRETO PARA LOS DRENAJES TRANSVERSALES SERA DE 65 % DE PIEDRA Y 35 % DE CONCRETO LA PROPORCION DE LA SAVIETA SERA 1 DE CEMENTO, 2 ARENA Y 3 DE PIEDRA.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO COMUNIDAD LA LADRILLERA	
DISEÑO: ALVARO RAMIREZ CALULO: ALVARO RAMIREZ DIBUJO: ALVARO RAMIREZ ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL 2010	PLANO DE: DETALLE DE BORDILLO Y DETALLES DE DRENAJE TRANSVERSAL DE TUBERIA DE 30" CORRUGADO	
	PROPELIDO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO JOCOPUL, SUCHITEPEQUEZ	
EPESISTA: ALVARO EMILIO RAMIREZ POSADAS VOBO:	No. 2004-19105 10/10	10/10
	No. 9150 RAMIREZ No. 9150 RAMIREZ	

