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

DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

Sandra Anaité de León Romero
Asesorado por el Ing. Juan Merk Cos

Guatemala, enero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha julio de 2008.

Sandra Anaité de León Romero

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de enero de 2012
Ref.EPS.DOC.768.05.12

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.), de la estudiante universitaria **Sandra Anaité de León Romero** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200130541,** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO, PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN".**

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. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
JMC/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de mayo de 2012
Ref.EPS.D.537.05.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO, PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Sandra Anaité de León Romero,** quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCION
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

NISZ/ra

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

Guatemala,
12 de marzo de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN,** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Sandra Anaité de León Romero, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

ESCUELA INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

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

bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
PERÍODO 2009 - 2012

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

Guatemala,
16 de mayo de 2012

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 DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Sandra Anaité de León Romero, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

ESCUELA INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
PERÍODO 2009 - 2012

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. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Sandra Anaité de León Romero, titulado **DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN** , da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

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

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, enero 2013

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
PERÍODO 2009 - 2012

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 031.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN,** presentado por la estudiante universitaria: **Sandra Anaité de León Romero,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 29 de enero de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, su amor misericordioso que siempre me ha dado y nunca me ha desamparado.
Mis padres	Miguel Antonio de León Cifuentes y Zandra Leticia Romero Obando De de León. Por sus sabios consejos y su derroche de amor que día a día emana de ellos y este logro no fuese posible sin ellos.
Mi esposo	Roberto Rudy Ochoa García, por todo el amor que me da día a día, desde el momento en que nos conocimos.
Mis hijos	Roberto D´Marco y Dylan Oleksander, por ser mi inspiración de vida.
Mis Hermanos	Verónica y Horacio, por sus consejos y amor que me dan incondicionalmente y sé que cuento con ellos toda la vida, que este logro los motive a igualar y superar.

Mis sobrinos	Eddy Chan de León, Rodrigo Chan de León, Valeria de León García y Allan de León de León que disfruten y vivan a plenitud cada etapa de su vida
Mis abuelos	Angélica Amezquita (q.e.p.d.), Julia Cifuentes y Horacio de León, Antonieta Obando y Manuel Romero, porque son mi ejemplo a seguir, y siempre creyeron en mi apoyándome incondicionalmente
Mi familia	Tíos, primos por ser parte fundamental en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Juan Merck Cos	Por compartir sus conocimientos, por su apoyo y su asesoría al presente trabajo de graduación.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
La Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán, Totonicapán	Por el apoyo proporcionado y la oportunidad de compartir mis conocimientos para realizar este trabajo de graduación..

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES VII
LISTA DE SÍMBOLOS IX
GLOSARIO XI
RESUMEN XV
OBJETIVOS XVII
INTRODUCCIÓN XIX

1. FASE DE INVESTIGACIÓN 1
   1.1. Monografía del cantón San Ramón municipio de San Cristóbal Totonicapán 1
      1.1.1. Aspectos generales 1
      1.1.2. Ubicación geográfica 2
      1.1.3. Situación demográfica 3
      1.1.4. Aspectos climáticos 3
      1.1.5. Aspectos económicos y actividad productiva 3
      1.1.6. Servicios básicos 4
   1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Cristóbal Totonicapán 4
      1.2.1. Descripción de las necesidades 4
      1.2.2. Priorización de las necesidades 5

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL 7
   2.1. Diseño de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, San Cristóbal Totonicapán 7

2.1.1. Descripción del proyecto 7
2.1.2. Preliminar de campo 8
2.1.2.1. Reconocimiento 8
2.1.2.2. Levantamiento topográfico preliminar 9
2.1.2.2.1. Altimetría 9
2.1.2.2.2. Planimetría 10
2.1.2.2.3. Secciones transversales 10
2.1.2.2.4. Curvas de nivel 11
2.1.3. Dibujo preliminar 11
2.1.3.1. Planimétrico 11
2.1.3.2. Altimétrico 12
2.1.3.3. Curvas de nivel 12
2.1.4. Cálculo de localización 13
2.1.4.1. Cálculo de PI de localización 13
2.1.4.2. Cálculos de elementos de curva y estacionamientos 14
2.1.5. Diseño de drenajes 15
2.1.5.1. Estudio hidráulico o hidrológico 16
2.1.5.2. Drenaje transversal 17
2.1.5.3. Drenaje longitudinal 21
2.1.6. Diseño de localización 22
2.1.6.1. Corrimiento de línea 24
2.1.6.2. Cálculos de elementos de curva horizontal 28
2.1.6.3. Determinación de curva vertical 33
2.1.7. Movimiento de tierras 36
2.1.7.1. Áreas de secciones transversales 37
2.1.7.2. Volúmenes de tierra 38

2.1.7.3. Curva de masas 48
2.1.8. Determinación de la calidad del suelo 50
2.1.8.1. Pruebas de laboratorio 50
2.1.8.2. Criterios para definir la capa de rodadura 51
2.1.9. Diseño de la carpeta de rodadura 51
2.1.10. Elaboración de planos del proyecto 60
2.1.11. Presupuesto 61
2.1.11.1. Cuantificación de materiales y mano de obra 62
2.1.11.2. Integración de presupuesto 62
2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán 65
2.2.1. Descripción del proyecto 65
2.2.2. Dotación y tipo de servicio 65
2.2.3. Tasa de crecimiento poblacional 66
2.2.4. Período de diseño, población futura 66
2.2.5. Factores de consumo y caudales 68
2.2.5.1. Caudal medio diario 69
2.2.5.2. Caudal máximo diario 70
2.2.5.3. Caudal máximo horario 70
2.2.5.4. Caudal de bombeo 71
2.2.6. Calidad del agua y sus normas 71
2.2.6.1. Análisis bacteriológico 72
2.2.6.2. Análisis fisicoquímico 73
2.2.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías 73
2.2.8. Presiones y velocidades 75
2.2.9. Levantamiento topográfico 76

2.2.9.1. Planimetría 77
2.2.9.2. Altimetría 77
2.2.10. Diseño hidráulico del sistema 77
2.2.10.1. Tipo de fuente 78
2.2.10.2. Perfil estratigráfico y niveles del pozo .. 78
2.2.10.3. Aforo del pozo 78
2.2.10.4. Línea de conducción por bombeo 78
2.2.10.5. Cálculo potencia de la bomba 85
2.2.10.6. Verificación del golpe de ariete 86
2.2.10.7. Especificaciones del equipo de bombeo 87
2.2.11. Tanque de almacenamiento 87
2.2.11.1. Cálculo del volumen 88
2.2.12. Diseño estructural del tanque de distribución 89
2.2.13. Diseño de la red de distribución 102
2.2.14. Sistema de desinfección 108
2.2.15. Obras hidráulicas 110
2.2.16. Conexiones domiciliares 111
2.2.17. Programa de operación y mantenimiento 111
2.2.17.1. Propuesta de tarifa 115
2.2.18. Planos del sistema de abastecimiento de agua potable 117
2.2.19. Presupuesto 117
2.2.20. Cronograma de ejecución 119
2.2.21. Evaluación de impacto ambiental 119
2.2.22. Evaluación socioeconómica 126
2.2.22.1. Valor Presente Neto (VPN) 126
2.2.22.2. Tasa Interna de Retorno (TIR) 126

CONCLUSIONES 129
RECOMENDACIONES 131
BIBLIOGRAFÍA 133
ANEXOS 135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Camino existente 7
2. Se pueden observar algunas de las casas existentes a la orilla del camino existente 9
3. Curvas de nivel 12
4. Localización del PI 14
5. Área de la cuenca a drenar 19
6. Corrimiento de línea preliminar 25
7. Coordenadas totales del PI de la línea de localización 26
8. Elementos que componen una curva horizontal 28
9. Tipos de curvas verticales 34
10. Tipos de secciones transversales 39
11. Volumen entre secciones del mismo tipo 39
12. Volumen entre secciones de diferente tipo 40
13. Diagrama de masas…….. 49
14. Planta de la cubierta de la losa 89
15. Diagrama de momentos 93
16. Diagrama de refuerzo 95
17. Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro 96

TABLAS

I. Características geométricas 23
II. Elementos de curva horizontal 32

III. Valores de K para curvas cóncavas y convexas 35
IV. Tabla de relaciones para dibujo de taludes 38
V. Resumen secciones transversales 38
VI. Volúmenes de tierra 41
VII. Clasificación de vehículos por categoría de cargas por eje 54
VIII. Determinación del módulo de reacción K según el CBR 55
IX. Calidad de la subrasante 56
X. Espesor de pavimento con módulos de ruptura 57
XI. Clases de concreto 58
XII. Proporción del concreto con base en la relación 59
XIII. Presupuesto general del proyecto 63
XIV. Dotación de agua recomendada 66
XV. Factor de día máximo 68
XVI. Factor de hora máximo 69
XVII. Costo total para diámetro económico 82
XVIII. Acero para los momentos 94
XIX. Integración de cargas 97
XX. Diseño de red de distribución 107
XXI. Presupuesto del diseño del sistema de abastecimiento de 118
XXII. Cronograma de avance físico 119
XXIII. Evaluación inicial de impacto ambiental 120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Asmáx	Área de acero máximo permitido
Asmin	Área de acero mínimo permitido
At	Área tributaria
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
Q	Caudal
Qm	Caudal medio
PVC	Cloruro de polivinilo
C	Coeficiente de fricción en la tubería
s	Espaciamiento del acero de refuerzo
smín	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
t	Espesor de la losa
gal	Galones
HG	Hierro galvanizado
psi	Libras por pulgada cuadrada
L/hab/día	Litros habitante día
L/s	Litros por segundo
L	Longitud del elemento

m	Metro
m.c.a	Metros columna de agua
M(+)	Momento positivo
M(-)	Momento negativo
H	Peralte total del elemento en sección
γagua	Peso específico del agua
γconcreto	Peso específico del concreto
γsuelo	Peso específico del suelo
Pf	Población futura
F’c	Resistencia a la compresión del concreto
Fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
r	Tasa de crecimiento poblacional

GLOSARIO

Accesorios Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, tees, coplas, etc.

ACI American Concrete Institute

Aforo Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

Agregado Material granular, como arena, grava, piedra chancada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio aglomerante para formar hormigón o mortero.

Agua potable Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.

Altimetría Parte de la topografía que enseña a medir alturas.

Análisis de agua Son los parámetros que tienen por objeto definir la calidad del agua, al relacionarlos con normas, las cuales establecen los valores de las concentraciones máximas aceptables y/o permisibles.

Carga muerta Cargas permanentes soportadas por un elemento, según se define en la ordenanza general de construcción, sin mayorar.

Carga viva Consiste, principalmente, en cargas de ocupación en edificios. Éstas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación.

Caudal Cantidad de agua que corre en un tiempo determinado.

Consumo Volumen de agua que es utilizado. Está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece, por lo que varía de una población a otra.

Demanda Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades.

Desinfección Eliminar a una cosa la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.

Dotación Cantidad de agua asignada por habitante por día para satisfacer sus necesidades, afectado por factores tales como el clima, condiciones sociales y económicas, tipo de abastecimiento.

EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
INE	Instituto Nacional de Estadística
Momento	Producto de una fuerza por la distancia perpendicular a la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
Muro	Elemento, generalmente vertical, empleado para encerrar o separar espacios.
Piezométrica	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de la tubería.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción terrestre. Conjunto de las operaciones necesarias para obtener esta proyección horizontal.
Presión	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
Tanque	Es un recipiente de gran tamaño, normalmente cerrado a contener líquidos o gases.
Topografía	Parte de la geodesia que tiene por objeto representar el terreno sobre papel de la manera más exacta posible. Los dibujos que representan un terreno se llaman “planos topográficos”, y el conjunto de

	operaciones que hay que realizar para ejecutarlos “levantamientos topográficos o de planos”.
Viga	Miembro horizontal usado principalmente para soportar cargas.

RESUMEN

El presente informe contiene el resultado de los diseños de la carretera y pavimento y un sistema de abastecimiento de agua potable desarrollados durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el cantón San Ramón y el barrio Santiago Parte Alta respectivamente, del municipio de San Cristóbal Totonicapán, departamento de Totonicapán.

- El diseño de la carretera y pavimento hacia cantón San Ramón contiene lo siguiente:

Tiene una longitud total de 4,64 kilómetros, la velocidad de diseño es de 40,0 kilómetros por hora, para una carretera tipo E, con un ancho de calzada de 5,50 metros de concreto, cunetas tipo L de 0,75 metros por lado y drenajes transversales

- El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta está conformado por:

Línea de conducción por bombeo, el cual se abastecerá de un pozo existente con una longitud de 231,0 metros, red de distribución por ramales abiertos compuestos por dos ramales 1 y 2 con longitudes de 299 y 292 metros respectivamente; tanque de distribución de 40,50 metros cúbicos y una caseta de bombeo. El proyecto se diseñó para 56 conexiones domiciliares.

OBJETIVOS

General

Diseño de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón y del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, municipio de San Cristóbal Totonicapán, departamento de Totonicapán.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura del cantón de San Ramón, municipio de San Cristóbal Totonicapán, departamento de Totonicapán.

2. Capacitación a miembros del comité del barrio Santiago Parte Alta sobre aspectos de mantenimiento de sistemas de agua potable.

3. Capacitar a los miembros del comité del barrio Santiago Parte Alta sobre aspectos de operación y mantenimiento del acueducto.

INTRODUCCIÓN

La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tiene como finalidad llevar desarrollo a las comunidades, realizando un estudio pro-desarrollo de la región. Como en toda región es necesaria la implementación de vías de comunicación o vías de acceso, por lo que se tomó como prioridad el diseño de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, así también debido al crecimiento poblacional se tiene problemas en el sistema de agua potable en la cabecera municipal, razón por la cual se determinó diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, de la cabecera municipal de San Cristóbal Totonicapán, estas necesidades surgieron luego de realizar un diagnóstico sobre las necesidades de la población.

En la primera parte del trabajo de graduación, se presenta una breve monografía del cantón San Ramón. La segunda parte, contiene la fase de servicio técnico profesional, que incluye los diseños, planos y presupuestos de los proyectos antes mencionados, así como un programa de operación y mantenimiento para el buen funcionamiento del sistema de agua potable, al final del trabajo se adjuntan las conclusiones y recomendaciones, planos y presupuestos correspondientes.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del cantón San Ramón municipio de San Cristóbal Totonicapán

Se consultó la bibliografía relacionada al municipio de San Cristóbal Totonicapán, personas de edad avanzada del cantón San Ramón y de la cabecera municipal, registros de la Iglesia Católica y el Centro de Salud obteniendo los siguientes resultados.

1.1.1. Aspectos generales

El cantón San Ramón, es uno de los cantones más importantes del municipio ya que la concentración de la población es bastante fuerte. Esta comunidad forma parte del valle de Urbina teniendo costumbres muy peculiares entre las que se mencionan:

Ch´ab´enik (visita entre parientes, vecinos y amigos), se realiza en dos momentos: a) General, es en la semana santa, navidad y la fiesta de la comunidad y b) Privado, en el nacimiento de un niño, bautizo, primera comunión, confirmación, presentación del niño al altar de la parroquia, boda, cumpleaños, acción de gracias, la cofradía, el recibimiento de un cargo o puesto de autoridad en la comunidad o municipio.

En el caso de las actividades de carácter general, las familias intercambian el tipo de comida que se sirvió, ese encuentro es un espacio de dialogo o conservatorio. Las actividades de carácter privado, la familia de la

fiesta envía a los demás familiares, vecinos y amigos que no pudieron estar en la fiesta o no se les invitó, la comida que se sirvió.

Tob´ik (ayuda mutua y solidaridad) actividad de costumbre de la comunidad, ocurre cuando hay una fiesta, los invitados llegan a colaborar tanto en mano de obra como en especie.

El día del Ub´en (tayuyo) consiste en un tamal de masa de maíz y frijol enrollado, se celebra en el mes de mayo, coincide con el día de la Cruz, la forma del tayuyo se toma de la forma de las hojas de las plantas, en esa fecha del año las hojas del encino o roble se enrollan y cosmogónicamente es el espiral del tiempo, principio y fin.

1.1.2. Ubicación geográfica

Se encuentra ubicado al sur de la cabecera municipal, colinda al norte con la Aldea Xecanchavox, de San Cristóbal Totonicapán y cantón Paxtoca de Totonicapán; al este con los cantones Chuanoj, Vásquez y Chuatroj de Totonicapán; al sur con los cantones Chirijquiac y Urbina de Cantel, Quetzaltenango y al oeste con las aldeas Curruchique y Santa Rita del municipio de Salcajá, Quetzaltenango.

Tiene una distancia de 7 kilómetros a la cabecera municipal siendo 2 kilómetros de carretera asfaltada sobre la CA-1 y los restantes de terracería; cuenta además con una red de 25 kilómetros de terracería, transitables en épocas de verano no así en invierno ya que hay tramos que no son transitables.

El cantón cuenta con ocho sectores o parajes que son: Centro, Xecalxikin, Patziquiche, Xepopabaj, Urbina, Chilaguna I, Chilaguna II, Chitaracena y Pabeya.

1.1.3. Situación demográfica

La población asciende a un total de 5 445 habitantes, de los cuales 2 543 son hombres y 2 902 son mujeres.

Siendo de 0 a 7 años, 1 774 habitantes; de 7 a 55 años, 3 199 habitantes y de 55 años y más, 472 habitantes, de acuerdo al censo efectuado en el 2006 por el personal del Centro de Salud del municipio.

1.1.4. Aspectos climáticos

El clima es frio, con las estaciones de invierno y verán definidas; cabe mencionar que durante la época de verano por estar ubicada en una planicie el polvo es un problema bastante fuerte.

1.1.5. Aspectos económicos y actividad productiva

En su mayoría los habitantes son agricultores y artesanos, siendo propietarios del 100 por ciento de la extensión territorial de la aldea.

En la agricultura predominan los cultivos de maíz, frijol, verduras, frutas y plantas medicinales que llevan al mercado de San Cristóbal Totonicapán y Salcajá.

En la artesanía se dedican a la elaboración de cortes típicos para el mercado local y la preparación de hilos

1.1.6. Servicios básicos

Cuenta con los siguientes servicios básicos que cubren a la totalidad de la población.

- Agua potable
- Energía eléctrica
- Centro de salud
- 5 escuelas para educación primaria y un instituto de educación básica
- Transporte de pasajeros para el municipio y Salcajá

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Cristóbal Totonicapán

La Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán efectuó, por medio de la Unidad Técnica Municipal un estudio sobre las principales necesidades del municipio, este fue realizado con la participación de los COCODES y otras organizaciones comunitarias.

1.2.1. Descripción de las necesidades

De acuerdo al estudio realizado se obtuvieron las siguientes necesidades:

- Construcción de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, San Cristóbal Totonicapán.

- Construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán.

- Construcción infraestructura tratamiento de desechos sólidos, cabecera municipal.

- Construcción redes y líneas eléctricas de distribución, para pozo mecánico Barrio La Independencia.

- Mejoramiento camino rural, parajes Pasuc y Pasajcab, Cantón Patachaj.

- Mejoramiento calle, 2a. calle zona 9, San Sebastián.

- Mejoramiento calle, centro histórico, Barrio Santiago.

1.2.2. Priorización de las necesidades

Sobre la base del estudio realizado, se priorizaron las principales necesidades:

- Construcción del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán.

- Construcción de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, San Cristóbal Totonicapán

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, San Cristóbal Totonicapán

Para el diseño de la carretera se tomó con gran importancia el ancho, pendientes mínimas y máximas del trazo actual, la posible obtención de derechos de paso para mejorar su trazo y ancho de la sección.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de la carretera y pavimento hacia el cantón San Ramón, municipio de San Cristóbal Totonicapán. El cual tiene una longitud de 4,64 kilómetros, con una sección típica E, con las siguientes características para región ondulada: ancho de calzada de 5,50 metros, velocidad de diseño de 40 kilómetros por hora, un radio mínimo de 18,5 metros y una pendiente máxima de 9 por ciento. En la figura 1 se puede observar parte del camino existente.

Figura 1. **Camino existente**

Fuente: Cantón San Ramón.

2.1.2. Preliminar de campo

Se desarrolla de la siguiente forma: con un clinómetro se determinó la pendiente en campo, así como el ancho de la vía, drenajes de obra menor y obras especiales.

2.1.2.1. Reconocimiento

El propósito de un reconocimiento es determinar si existe una ubicación para un fácil levantamiento topográfico, determinar los principales puntos de control y fijar alternativas para el diseño de la carretera.

Se realizó una visita de campo al camino existente, para determinar los lugares con mayor pendiente, y las curvas con radios más pequeños a los aceptables; se determinaron los lugares donde podrían hacerse los cambios de línea necesarios, para darle una mayor longitud de desarrollo a las pendientes y menor grado de curvatura a la geometría de la carretera, para que el diseño geométrico cumpliera con la velocidad de diseño.

Además se observaron los puntos obligados del camino, que es donde no se pueden hacer cambios al eje central de la carretera, estos se localizan en donde existen estructuras que no se pueden mover, como casas y puentes, en la intersección de caminos, etc.

En la figura 2 se muestran algunas de las estructuras existentes a orilla del camino existente.

Figura 2. **Se pueden observar algunas de las casas existentes a la orilla del camino existente**

Fuente: Cantón San Ramón.

2.1.2.2. Levantamiento topográfico preliminar

Esta es fundamental para el trabajo de la ingeniera civil, pues mediante ésta podremos medir las distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medir ángulos entre rectas, localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados.

2.1.2.2.1. Altimetría

Es la diferencia de niveles existentes entre puntos de un terreno, consiste en medir las distancias verticales a partir de una superficie de nivel o plano de referencia arbitraria. Para la realización de los trabajos de altimetría se utilizó

una estación total y a través de su *software* exclusivo se obtuvo las curvas a nivel. Se midieron las alturas de la línea central del camino a cada 20 metros.

2.1.2.2.2. Planimetría

El levantamiento topográfico planimétrico, se realizó como una poligonal abierta, utilizando el método de conservación de azimut, entre estación y estación se dejaron marcas de trompos en la línea central y estacas a un lado de las mismas, en las cuales se marcó el kilometraje, tomando información de puntos a cada 20 metros. Para el replanteo de la línea central, se dejaron referencias con estacas. Para la realización de los trabajos de planimetría se utilizó el equipo siguiente:

- Estación total Leica TCR 307
- Trípode
- Brújula
- Cinta métrica de 30,0 metros
- Prismas
- Trompos
- Estacas

2.1.2.2.3. Secciones transversales

Los trabajos de seccionamiento se realizaron a cada 20,0 metros a lo largo de todo el camino, midiendo las alturas en cada cambio de pendiente, para definir la topografía del lugar, que incluye: orilla del camino existente, cuneta, contra cuneta y el terreno natural.

2.1.2.2.4. Curvas de nivel

Esta es la curva que une los puntos de igual cota, las cuales representan el relieve del terreno. Estos puntos son llamados puntos de cota redonda. El dibujo de las curvas se obtuvo a través de *AutoDesk Land.*

2.1.3. Dibujo preliminar

Antes de realizar los cálculos topográficos de planimetría y altimetría, se debe revisar la libreta de campo, para ver que la información sea coherente y no existan errores.

2.1.3.1. Planimétrico

Para el cálculo se utilizó el método Pensilvania usando una hoja de cálculo excel, dando como resultado las coordenadas totales de la línea central preliminar. Con los datos obtenidos se procedió a migrar la información al programa *AutoDesk Land* para hacer el dibujo.

Se dibuja en un plano cartesiano por medio de las coordenadas totales de las estaciones, es la representación gráfica en planta de la carretera. Para dibujar la planta de la carretera, se importaron los datos de la topografía, que incluían coordenadas totales al programa *AutoDesk Land*. El dibujo de la línea central en planta, de la carretera existente, sirve para el cálculo de los azimut y distancias de la línea de localización.

2.1.3.2. Altimétrico

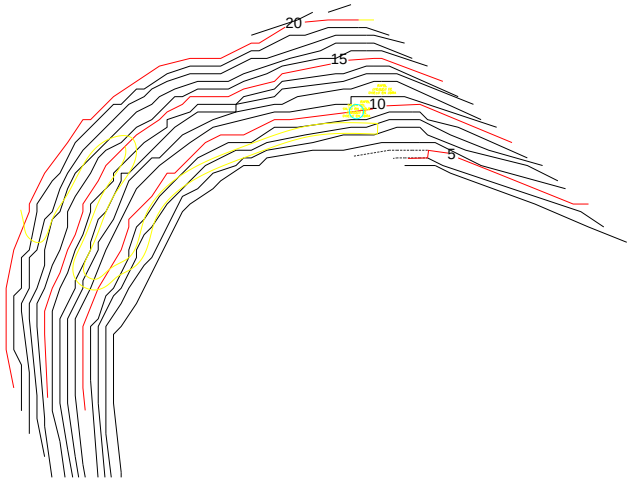
Para el cálculo de las cotas, se partió de un valor asumido, en este caso fue mil, luego se obtuvieron los datos necesarios para representar gráficamente el perfil a través del programa *AutoDesk Land* para hacer el dibujo.

2.1.3.3. Curvas de nivel

Es la representación gráfica de los niveles de la carretera, pueden localizarse por interpolación, de acuerdo con las distancias obtenidas en el levantamiento planimétrico y los niveles del levantamiento altimétrico.

Las curvas de nivel del levantamiento sirven para determinar las pendientes del terreno. Estas fueron dibujadas por medio del programa para carreteras *AutoDesk Land* a cada metro.

Figura 3. **Curvas de nivel**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Cálculo de localización

Consiste en calcular la línea final, conocida como línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realizará con toda la información que se recabe en campo según el levantamiento topográfico.

Dicha línea debe ser transferida al terreno a fin de comprobar su adaptación al mismo y, si fuese necesario, poder efectuar pequeños ajustes en los alineamientos y pendientes. Esta oportunidad se aprovecha para tomar los volúmenes de tierra, para efectuar los levantamientos requeridos para el diseño de las estructuras de drenaje, para establecer los detalles geométricos del proyecto, definir el derecho de vía y dejar referenciado el trazado para la construcción.

2.1.4.1. Cálculo de PI de localización

En esta etapa queda establecida una línea, que define el eje tentativo de la carretera, de acuerdo a los requisitos planimétricos y altimétricos impuestos a la carretera.

El eje de la carretera en planta y perfil longitudinal, está definido por una serie de tramos rectos (tangentes y pendientes) conectados por curvas. Antes de entrar a estudiar en detalle el replanteo de la carretera, es necesario analizar la geometría de las diferentes curvas, formando parte del eje de la carretera.

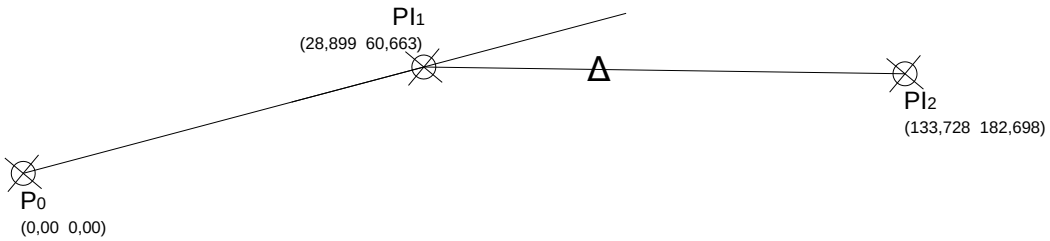
Calcular una intersección consiste en encontrar las distancias y las coordenadas del punto de intersección entre dos rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección.

La intersección de las dos tangentes o vértices de la curva se designa punto de intersección P.I; el ángulo de deflexión en el PI formado por la prolongación de una tangente y la siguiente, se designa con la letra “Delta” (también “Alfa”) y tiene por valor el ángulo al centro subtendido por la curva.

Ejemplo Curva 1

Punto de salida	Punto PI1	Punto PI2
X0 = 0,00	X1 =28,899	X2 = 133,728
Y0 = 0,00	Y1 =60,663	Y2 =182,698

Figura 4. **Localización del PI**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.2. Cálculos de elementos de curva y estacionamientos

Los estacionamientos son a cada 20,0 metros, también se calcularon para los principios de curva y principios de tangente. Para el cálculo de los elementos de las curvas, se midió en campo la sub tangente y la deflexión.

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

Los estacionamiento se calculan con base a las distancias entre los PI, calculando también la estación para cada PI, restando la estación del PI menos la subtangente que ubicará el principio de curva PC. Sumando el PC más la longitud de curva, se ubicará el principio de tangente PT, final de la curva.

$$\mathrm{Pc} = \mathrm{PI} - \mathrm{St}$$

$$\mathrm{Pc} = (\mathrm{Dh} - \mathrm{St}) \approx \mathrm{Pt}_{\mathrm{anterior}} + \mathrm{tg}$$

$$\mathrm{Pt} = \mathrm{Lc} + \mathrm{Pc}$$

2.1.5. Diseño de drenajes

Los drenajes se diseñan específicamente para la recepción, canalización y evacuación de las aguas, que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes, estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben de tener mantenimiento constante.

En la inspección de campo se deberá anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas y anotar lo siguiente: creciente máxima (visual), condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta, tamaño), vegetación de la cuenca (clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque), esviaje con respecto de la carretera, parámetros cuantificables como longitud,

perímetro, área y un dibujo de forma del lecho, socavación, si se lleva rocas grandes y árboles y los puntos en donde el paso del agua provoca erosión.

Para el proyecto no se contempla obras de drenaje mayor, únicamente drenajes transversales los cuales se analizaran posteriormente.

2.1.5.1. Estudio hidráulico o hidrológico

El estudio hidráulico permite determinar el tipo de estructura necesaria para drenar un punto determinado de la carretera. Por medio de este, se determinan, las dimensiones necesarias de las obras hidráulicas que se requieren en las evacuaciones de las excedencias en una carretera como: puentes, alcantarillas, bóvedas, badenes, cunetas, contra cunetas, etc.

En la inspección de campo y en el levantamiento topográfico, se deben ubicar los puntos donde será necesario colocar los drenajes. En la misma, se deben anotar todos los pasos de agua existentes con sus coordenadas y anotar los datos siguientes:

- Creciente máxima (visual).
- Vegetación de la cuenca (clase de cultivos, monte bajo o alto, bosque).
- Condiciones del lecho (ancho, angosto, rocoso, arenoso, piedra suelta, tamaño).
- Esviaje u oblicuidad con relación al eje de la carretera.
- Grado de socavación o erosión y sus puntos críticos.
- Arrastre de rocas y árboles en crecientes.
- Parámetros que puedan cuantificarse como: longitud, perímetro, área.
- Dibujar la forma o el esquema del lecho.
- Establecer la existencia de nacimientos de agua y filtraciones.

2.1.5.2. Drenaje transversal

La presencia de una carretera interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno; laderas, cauces, arroyos, ríos, por lo que debe diseñarse un drenaje transversal. Permitiendo el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por la infraestructura viaria, de forma que no se produzcan destrozos en esta última. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como puentes o viaductos.

Uno de los métodos para calcular el área de descarga de los drenajes, es el método racional, en donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la precipitación máxima (caudal de diseño) debe prolongarse durante un período mayor o igual, al que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado, en otras palabras el tiempo de concentración. El método racional está representado por la fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{3{,}6}$$

Q = caudal pico (m^3/s)
A = área drenada de la cuenca tributaria en km^2
I = intensidad de lluvia (mm/hr) con una duración igual a tc
C = coeficiente de escorrentía

Para la intensidad de lluvia, se consulta la información del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, está dada por las fórmulas:

$$I = \frac{a}{(tc + B)^n}$$

El tiempo de concentración se obtiene por la fórmula de Kirpich

$$tc = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

a, B y n = datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal en metros

H = desnivel de dicho cauce

El caudal se determina por la fórmula de Manning

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

$$Q = V * A$$

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

$A = \frac{\pi * \emptyset^2}{4}$ (tubería circular)

$R = \frac{\emptyset}{4}$ (a sección llena)

V = velocidad (m/s)

R = radio

S = pendiente

N = coeficiente de rugosidad

Coeficiente de rugosidad para tuberías de concreto:

n = 0,013 para diámetros mayores de 24”

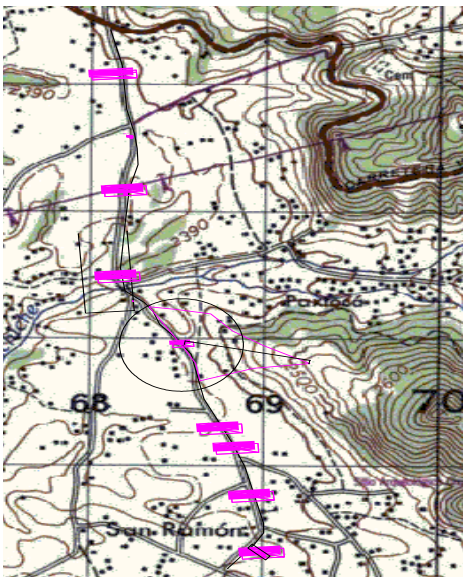
n = 0,015 para diámetros menores de 24”

Coeficiente de rugosidad para tubería de PVC

n = 0,009

Ejemplo de cálculo drenaje No. 5 estación 2+040:

Figura 5. **Área de la cuenca a drenar**



Fuente: Hoja 1/50,000 correspondiente a mapa de San Cristóbal Totonicapán.

A = área a drenar 0,22 km^2

L = longitud del cauce 745,85 m

H = diferencia de elevaciones 130 metros

P = pendiente 17,43%

C = coeficiente de escorrentía 0,5

Tiempo de concentración en minutos

$$\mathrm{tc} = \frac{3 * 745{,}85^{1{,}15}}{154 * 130^{0{,}38}}$$

$$\mathrm{tc} = 6{,}16 \text{ minutos}$$

Los valores de a y b proporcionados por el INSIVUMEH, para el cálculo de intensidad con un tiempo de retorno de 25 años.

$$\mathrm{I} = \frac{24\ 690}{(6{,}16 + 30)^{1{,}430}}$$

$$\mathrm{I} = 145{,}94 \text{ mm/hora}$$

Caudal

$$\mathrm{Q} = \frac{\mathrm{C} * \mathrm{I} * \mathrm{A}}{3{,}6}$$

$$\mathrm{Q} = \frac{0{,}50 * 145{,}94 * 0{,}22}{3{,}6}$$

$$\mathrm{Q} = 4{,}46 \ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}$$

Diámetro de la tubería necesaria para desfogar el caudal

$$\mathrm{D} = \left(\frac{\mathrm{Q} * 4^{\frac{5}{3}} * \mathrm{n}}{\mathrm{S}^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = \left(\frac{4{,}45 * 4^{\frac{5}{3}} * 0{,}013}{0{,}17^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0{,}45 \text{ m}$$

Se utilizará tubería de 30 pulgadas de tubería de cemento.

2.1.5.3. Drenaje longitudinal

Canaliza el agua de escorrentía superficial sobre la plataforma de la carretera y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Es decir, actúa a modo de by-pass, ofreciendo al agua un camino alternativo para que no interfiera con la carretera. Para ello se emplean elementos como las cunetas, colectores, sumideros, arquetas y bajantes. Se optó por una cuneta tipo L.

Ejemplo de cálculo de cuneta:

Con el caudal

$$Q = 1{,}417 * h^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 4{,}46 \ \frac{m^3}{s}$$

$$\emptyset = 90° \text{ y } C = 0{,}60$$

Se obtiene:

$$H = \left(\frac{Q}{1{,}417} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$H = \left(\frac{\left(\frac{4{,}46}{1\,000} \right)}{1{,}417} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$H = 0{,}10 \text{ m}$$

La sección será de 0,60 metros de ancho por 0,10 metros más 0,25 metros altura de bordillo.

2.1.6. Diseño de localización

La mejor ruta es la que permita enlazar dos puntos extremos o terminales, de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas, y de drenaje, ofreciendo el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética. Para este proyecto, no se encontraron inconvenientes u obstáculos que ameritaran cambios en la línea preliminar, por lo que ésta coincidió con la línea de localización final.

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

Primero se debe determinar qué tipo de carretera se requiere diseñar, esto según el tránsito promedio diario anual (TPDA), tomando en cuenta la composición del tránsito y la velocidad que se quiere que lleve este tránsito, pero ésta depende de varios factores entre los que se puede mencionar la topografía del lugar y el clima.

Para este proyecto se escogió una carretera Tipo “E”, ya que el tránsito promedio diario actual, es aproximadamente de 340 vehículos, la región es ondulada por lo que la velocidad de diseño será de 40 KPH. A continuación en la tabla No. I se describen las características geométricas, que deben tener las diferentes clasificaciones de carreteras, según el tránsito promedio diario y el tipo de región:

Tabla I. **Características geométricas**

VALORES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (mts.)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VÍA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (mts.)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (mts.)	RELLENO (mts.)				MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)	MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)
	TIPO "A"		2x7,20	25	24	50						
3,000	REGIONES											
A	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
5,000	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
	TIPO "B"		7,20	13	12	25						
1,500	REGIONES											
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
3,000	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "C"		6,50	12	11	25						
900	REGIONES											
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
1,500	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "D"		6,00	11	10	25						
500	REGIONES											
A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
900	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "E"		5,50	9.50	8.50	25						
100	REGIONES											
A	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
500	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
	TIPO "F"		5,50	9.50	8.50	15						
10 A	REGIONES											
100	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Continuación de la tabla I.

Notas:

1 T.P.D. = Promedio de Tráfico Diario

2 La sección típica para carreteras Tipo "A", incluyen isla central de 1,50 mts. De ancho

3 La calidad de la capa de recubrimiento de la calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": hormigón, concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial múltiple; para Tipo "B" y "C": concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para Tipo "D" tratamiento superficial doble; para tipo "E" tratamiento superficial doble y para Tipo "F" recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde el tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

Fuente: Dirección General de Caminos.

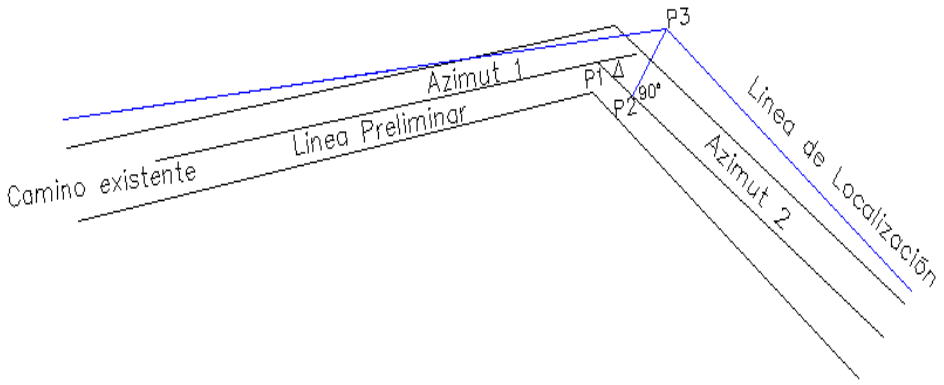
En función de lo anterior, para el tipo de carretera escogida, carretera tipo “E” región ondulada, se tendrán las siguientes características geométricas: velocidad de diseño 40 kilómetros por hora; ancho de calzada 5,50 metros; ancho de terracería: corte 9,50 metros, relleno 8,50 metros; derecho de vía 25 metros; radio mínimo 18,0 metros; pendiente máxima 9 por ciento; distancia de visibilidad de parada: mínima 40 metros, recomendada 50 metros; distancia de visibilidad de paso: mínima 180 metros, recomendada 200 metros.

2.1.6.1. Corrimiento de línea

La línea de localización se diseña de acuerdo a la topografía del terreno, ubicando puntos fijos como puentes, casas, poblaciones, ríos, rellenos, roca, etc. La carretera deberá pasar obligatoriamente por ellos. Para este proyecto se tienen puntos fijos como lo son un puente, y algunas casas.

En este caso la línea de localización coincide con la línea preliminar. En estos tramos en donde la línea de localización no coincide con la preliminar de la carretera, se establecen puntos de control que ayudan a realizar el corrimiento de línea preliminar.

Figura 6. **Corrimiento de línea preliminar**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 6, se muestra un ejemplo de corrimiento de línea. La línea preliminar es la línea central del camino existente. Las coordenadas totales de los puntos de intersección (PI) de la línea de localización, se obtienen por medio de las coordenadas totales de la línea preliminar. Los cálculos de PI se realizan de la siguiente manera:

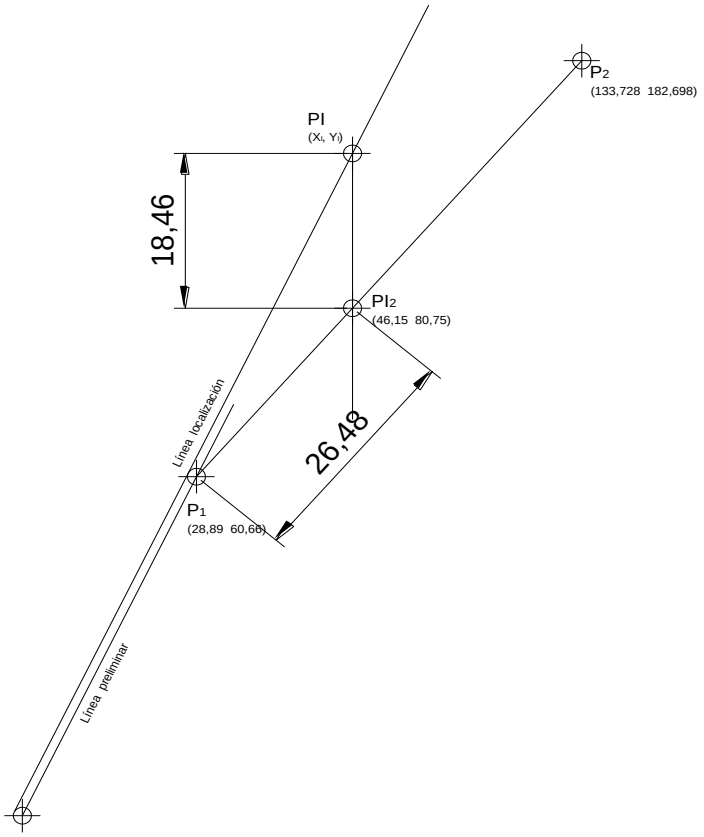
- Dibujar una línea perpendicular a la línea preliminar en el punto P2 hasta interceptarla con el PI de la línea de localización, que es el punto P3, medir la distancia entre los puntos P3 y P2 y entre los puntos P1, que es el PI de la línea preliminar y P2.

- Con la coordenadas totales ya calculadas del PI de la línea preliminar (P1), el azimut invertido y la distancia de P1 a P2, calcular las coordenadas del punto P2, ubicados en el punto P2, con el azimut invertido restar 90º para el nuevo azimut de la línea P2 – P3.

- Con la coordenadas del punto P2, el azimut de la línea P2-P3 y la distancia P2 - P3 se calculan las coordenadas del punto P3, PI de la línea de localización.

Las distancias entre P1-P2 y P2-P3, se denominan puntos de control, estas amarran las líneas de preliminar y localización y son importantes pues se pueden verificar en campo. Este procedimiento se aplica en todos los puntos de la línea de localización usando relación de triángulos y ley de senos y cosenos, se calculan coordenadas totales.

Figura 7. **Coordenadas totales del PI de la línea de localización**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se tiene:

distancia entre P1 y P2 = D (1-2) = 26,48

distancia entre P3 (PI) y P2 = D (2-3) = 18,46

coordenadas de P1 = (X1, Y1)

azimut 2 – azimut 1 = Δ

Δ= 40°39´47" - 25°28´19"= 15,19

$azimut_{(1-2)} = azimut_{(0-1)} + \Delta$

$azimut_{(1-2)}$ = 25°28´19"+15,19

$azimut_{(1-2)}$ = 40,66

coordenadas totales de P2 (X2, Y2):

$$X_2 = X_1 + \lfloor D(1-2) * \sin(azimut_{(0-1)} + \Delta) \rfloor$$

$$X_2 = 28{,}89 + \lfloor 26{,}48 * \sin(40{,}66) \rfloor$$

$$X_2 = 46{,}15$$

$$Y_2 = Y_1 - \lfloor D(1-2) * \cos(azimut_{(0-1)} + \Delta) \rfloor$$

$$Y_2 = 60{,}66 + \lfloor 26{,}48 * \cos(40{,}66) \rfloor$$

$$Y_2 = 80{,}75$$

Coordenadas totales del PI (XI, YI):

$X_I =$ se encuentra a noventa grados de X_2 por lo que no cambia

$$X_I = X_2$$

$$X_I = 46{,}15$$

$$Y_I = Y_2 + \lfloor D(2-3) \rfloor$$

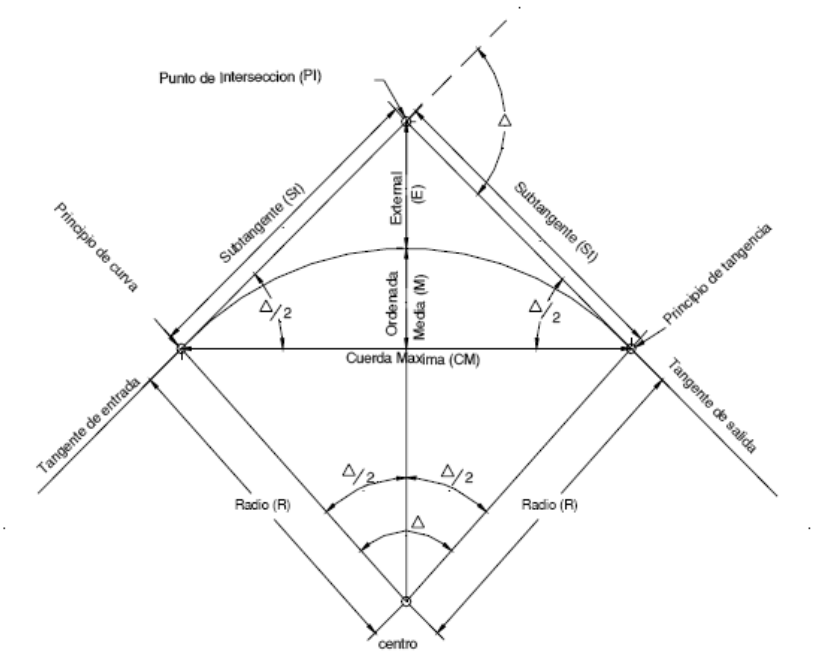
$$Y_I = 80{,}75 + \lfloor 18{,}46 \rfloor$$

$$Y_I = 99{,}21$$

2.1.6.2. Cálculos de elementos de curva horizontal

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera, son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos (figura 8):

Figura 8. **Elementos que componen una curva horizontal**



Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. Guía de cálculo para carreteras. p. 23.

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

En nuestro país se define un grado de curvatura, como el ángulo central, subtendido por un arco de 20 metros. De esta definición se obtienen las fórmulas de los diferentes elementos de curva circular.

Grado de curvatura**.** Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud.

$$G/360 = 20/(211R) = G = (20*360)/(211R) = 1\ 145,9156/R$$

$$R = \frac{1\ 145,9156}{G} \text{ ó } G = \frac{1\ 145,9156}{R}$$

Longitud de curva**.** Es la longitud de arco, comprendida entre el PC y PT, cuyo ángulo central es la deflexión (Δ).

$$Lc = (20*\Delta)/G$$

Subtangente. Es la distancia entre el PC y PI o entre el PI y PT.

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

Cuerda máxima. Es la distancia en la línea recta desde el PC al PT.

$$CM = 2R*Sen(\Delta/2)$$

External. Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

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

Ordenada media. Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R*(1 – Cos\ (\Delta/2))$$

En el diseño de este proyecto, las curvas horizontales se adaptaron a los parámetros de diseño de una carretera tipo “E”.

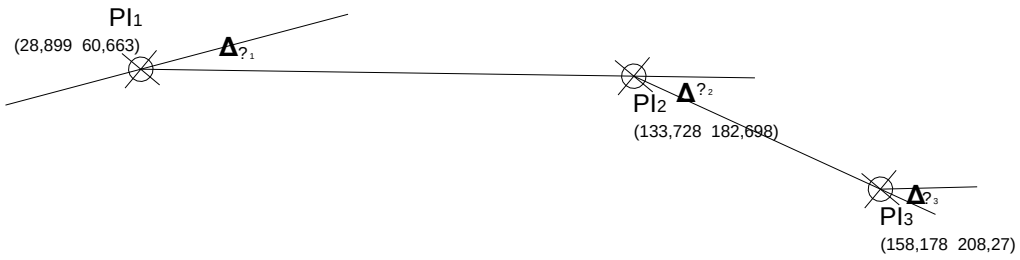
Además de los elementos descritos anteriormente, las curvas horizontales deben contar con los siguientes:

- Peralte (e%): es la sobre elevación que se le da a las curvas horizontales para contrarrestar una parte de la fuerza producida en el vehículo en movimiento alrededor de la curva. Este está en función de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.

- Sobre ancho (SA): ancho adicional proporcionado en las curvas, para mantener al vehículo en el centro del carril, debido a que al circular en ellas los vehículos ocupan mayor espacio que el ocupado en tangente.

- Corrimiento: se utiliza para convertir curvas espiraladas a partir de curvas circulares.

Ejemplo cálculo para curva 2



Cálculo de azimut

$$dx = (158{,}178 - 133{,}728)$$
$$dx = 24{,}45$$
$$dy = (208{,}27 - 182{,}698)$$
$$dy = 25{,}572$$

$$\mathrm{Ru} = \mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{24{,}45}{25{,}572}\right)$$

$$\mathrm{Ru} = \mathrm{N43{,}715E} \cong 43°42´51"$$

$$\Delta = |\mathrm{Az}_1 - \mathrm{Az}_2|$$

$$\Delta = |40°39´47" - 43°42´51"|$$

$$\Delta = 3{,}051$$

Grado curva = 22°

Radio

$$\mathrm{R} = \frac{1\ 145{,}9156}{\mathrm{G}}$$

$$\mathrm{R} = \frac{1\ 145{,}9156}{22}$$

$$\mathrm{R} = 52{,}09$$

Subtangente

$$\mathrm{St} = \mathrm{R} * \mathrm{tg}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$\mathrm{St} = 52{,}09 * \mathrm{tg}\left(\frac{3{,}051}{2}\right)$$

$$\mathrm{St} = 1{,}387\ \mathrm{m}$$

Longitud de curva

$$\mathrm{Lc} = \frac{2\pi \mathrm{R} * \Delta}{360}$$

$$\mathrm{Lc} = \frac{2\pi 52{,}09 * 3{,}05}{360}$$

$$\mathrm{Lc} = 2{,}773\ \mathrm{m}$$

Tangente

$$\mathrm{tg} = \mathrm{Dh} - \mathrm{St} - \mathrm{St}_{\mathrm{anterior}}$$
$$\mathrm{tg} = 160{,}88 - 1{,}387 - 6{,}95$$
$$\mathrm{tg} = 152{,}54\ \mathrm{m}$$

Principio de curva

$$\mathrm{Pc} = (\mathrm{Dh} - \mathrm{St}) \approx \mathrm{Pt}_{\mathrm{anterior}} + \mathrm{tg}$$
$$\mathrm{Pc} = 74{,}05 + 152{,}543$$
$$\mathrm{Pc} = 226{,}59\ \mathrm{m}$$

Principio de tangencia

$$Pt = Lc + Pc$$
$$Pt = 2{,}773 + 226{,}59$$
$$Pt = 229{,}36\ \text{m}$$

Tabla II. **Elementos de curva horizontal**

Pto.	No. C.	COOD. PI X	Y	DATOS DE CURVA G	R	D	St.	LC	PC	PT	Tg.	AZIMUT gra	min	seg
1		0,000	0.000											
2	1	28,899	60,663	22	52,09	15,19	6,95	13,81	60,24	74,05	60,24	25	28	19
3	2	133,728	182,698	22	52,09	3,05	1,39	2,77	226,59	229,36	152,54	40	39	47
4	3	158,178	208,270	22	52,09	9,14	4,16	8,31	259,19	267,50	29,83	43	42	51
5	4	188,794	231,461	19	60,31	39,07	21,40	41,13	280,35	321,48	12,85	52	51	27
6	5	202,347	286,697	11	104,17	12,23	11,16	22,24	345,79	368,03	24,31	13	47	7
7	6	204,190	354,472	11	104,17	9,22	8,40	16,76	416,27	433,03	48,24	1	33	29
8	7	191,418	449,362	11	104,17	7,30	6,65	13,27	513,73	527,00	80,70	352	20	4
9	8	173,331	517,006	11	104,17	3,11	2,83	5,65	587,54	593,19	60,54	345	1	48
10	9	144,860	604,207	11	104.17	2,26	2,05	4,11	680,04	684,15	86,85	341	55	5
11	10	93,857	784,239	11	104,17	5,28	4,80	9,60	864,42	874,02	180,27	344	10	58
12	11	47,590	904,153	11	104.17	6,47	5,89	11,76	991,86	1 003,62	117,84	338	54	6
13	12	14,463	1 031,048	8	143,24	18,51	23,34	46,28	1 105,54	1 151,82	101,92	345	22	8
14	13	-156,025	1 292,159	12	95,49	27,04	22,96	45,07	1 417,36	1 462,43	265,54	326	51	29
15	14	-163,625	1 363,293	12	95,49	5,33	4,44	8,88	1 506,57	1 515,45	44,14	353	54	6
16	15	-171,220	1 400,855	12	95,49	10,12	8,46	16,87	1 540,87	1 557,74	25,42	348	34	10
17	16	-171,765	1 424,751	20	57,30	14,96	7,52	14,96	1 565,66	1 580,62	7,92	358	41	31
18	17	-182,538	1 461,678	12	95,49	5,27	4,39	8,78	1 607,18	1 615,96	26,56	343	44	9
19	18	-201,230	1 557,899	12	95,49	11,22	9,38	18,70	1 700,21	1 718,91	84,25	349	0	25
20	19	-200,964	1 626,379	20	57,30	25,42	12,92	25,42	1 765,09	1 790,51	46,18	0	13	21
21	20	-214,796	1 655,776	20	57,30	18,64	9,40	18,64	1 800,68	1 819,32	10,17	334	48	6
22	21	-246,635	1 688,935	20	57,30	19,20	9,69	19,20	1 846,20	1 865,40	26,88	316	9	48
23	22	-306,537	1 819,547	12	95,49	12,14	10,15	20,23	1 989,25	2 009,48	123,85	335	21	45
24	23	-384,230	1 923,499	12	95,49	15,83	13,28	26,38	2 115,83	2 142,21	106,35	323	13	33
25	24	-445,701	1 970,492	15	76,39	26,46	17,96	35,28	2 188,34	2 223,62	46,13	307	23	50
26	25	-466,884	2 013,650	15	76,39	9,31	6,22	12,41	2 247,52	2 259,93	23,90	333	51	25
27	26	-497,176	2 113,792	22	52,09	40,21	19,07	36,56	2 339,26	2 375,82	79,33	343	10	11
28	27	-572,522	2 162,652	11	104,17	15,05	13,76	27,36	2 432,79	2 460,15	56,97	302	57	44

Continuación de la tabla II.

29	28	-693,393	2 296,932	15	76,39	19,32	13,00	25,76	2 614,06	2 639,82	153,91	318	0	30
30	29	-722,757	2 367,220	15	76,39	21,28	14,35	28,37	2 688,65	2 717,02	48,83	337	19	35
31	30	-728,100	2 587,111	15	76,39	7,12	4,75	9,49	2 917,88	2 927,37	200,86	358	36	29
32	31	-707,202	2 795,582	15	76,39	8,53	5,70	11,37	3 126,44	3 137,81	199,07	5	43	28
33	32	-714,948	2 953,657	6	190,99	7,44	12,42	24,80	3 277,95	3 302,75	140,14	357	11	40
34	33	-707,118	3 050,312	6	190,99	4,74	7,90	15,80	3 379,40	3 395,20	76,65	4	37	54
35	34	-694,230	3 128,363	6	190,99	1,71	2,85	5,70	3 463,56	3 469,26	68,36	9	22	35
36	35	-676,826	3 217,160	6	190,99	2,52	4,20	8,40	3 552,70	3 561,10	83,44	11	5	21
37	36	-650,839	3 324,500	15	76,39	20,93	14,11	27,91	3 653,23	3 681,14	92,13	13	36	34
38	37	-657,470	3 376,141	15	76,39	7,94	5,30	10,59	3 713,80	3 724,39	32,66	352	41	0
39	38	-681,349	3 463,671	15	76,39	4,92	3,28	6,56	3 806,54	3 813,10	82,15	344	44	26
40	39	-706,515	3 532,141	15	76,39	13,50	9,04	18,00	3 873,73	3 891,73	60,63	339	49	9
41	40	-723,230	3 674,945	15	76,39	6,40	4,27	8,53	4 022,20	4 030,73	130,47	353	19	25
42	41	-729,462	3 701,774	15	76,39	3,69	2,46	4,92	4 051,54	4 056,46	20,81	346	55	29
43	42	-761,243	3 894,152	15	76,39	2,90	1,93	3,87	4 247,06	4 250,93	190,60	350	37	9
44	43	-793,937	4 044,387	15	76,39	4,19	2,79	5,59	4 399,96	4 405,55	149,03	347	43	21
45	44	-806,081	4 085,461	15	76,39	2,85	1,90	3,80	4 443,69	4 447,49	38,14	343	31	49
46	FIN	-851,050	4 271,010	15										

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.3. Determinación de curva vertical

Las curvas verticales tienen como finalidad, suavizar los cambios en el alineamiento vertical, ya que a través de su longitud, se efectúa un paso gradual, de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida; proporcionando características para un drenaje adecuado y confortabilidad para su tránsito.

Si la diferencia de pendientes es menor al 0,5 por ciento, no es necesario proyectar una curva vertical, pues el cambio de pendiente es muy pequeño y se pierde durante la construcción. El tipo de curva vertical utilizada por la Dirección General de Caminos de Guatemala, es la parabólica simple, debido a

la facilidad del cálculo y adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

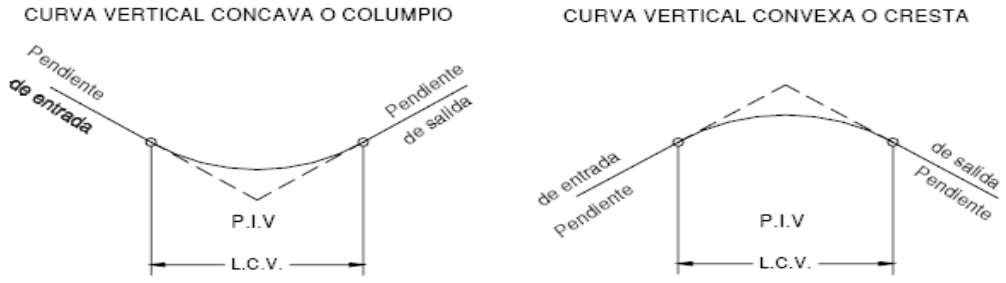
Para diseñar las curvas verticales se deben considerarse sus longitudes mínimas permisibles, con el fin de evitar traslape entre las mismas y permitir mejor visibilidad al conductor. Para el cálculo se debe tomar en cuenta la visibilidad de parada, que es la longitud mínima de las curvas verticales,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

$$L = K*A$$

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

En la figura 9 se muestran los dos tipos de curvas existentes:

Figura 9. **Tipos de curvas verticales**



Fuente: YLLESCAS PONCE, Álvaro Danilo. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 30.

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

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

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

Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. Guía de cálculo para carreteras. p 62.

Además existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Este es:

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_S - P_e$$

Ps = pendiente de salida y Pe = pendiente de entrada

Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo. Este es:

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{LCV}}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente. Este es:

$$\mathrm{K} = \frac{\mathrm{LCV}}{\Delta} \leq 43$$

Criterio de seguridad: que es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

2.1.7. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras, es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes, en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes, conformación de terracería entre otros. Se debe tomar en cuenta que el movimiento de tierras se encuentra directamente enlazado con el diseño de la subrasante, por lo tanto deberá ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fije.

2.1.7.1. Áreas de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales, de la línea de localización, primero se dibujan estas a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera Tipo “E” para regiones onduladas. La forma de medir las áreas de las secciones transversales son gráfica y analítica.

La forma gráfica mide las áreas, por medio de un planímetro graduado, sobre las secciones transversales dibujadas en papel milimetrado. El procedimiento consiste en marcar las áreas para delinearlas con el planímetro, partiendo de un punto y llegando a ese mismo en la dirección de las agujas del reloj; esto dará un área en metros cuadrados.

La forma analítica, requiere que las secciones transversales se plotean en papel milimetrado, determinando las coordenadas para cada punto, referidas a la línea central de la misma y luego por el método de los determinantes se encuentra el área de manera exacta.

En la actualidad se hace por medio del software *Autocad* y cualquier programa de la familia CAD, siendo más exacto y de fácil manejo.

Otro factor a tomar en cuenta para el cálculo de secciones transversales es la inclinación del talud de la carretera, que está en función de las propiedades de los materiales. Sin embargo, cuando no se tienen mayores datos y para fines de cálculo de volúmenes de movimiento de tierras, es recomendable usar la siguiente tabla:

Tabla IV. **Tabla de relaciones para dibujo de taludes**

CORTE			RELLENO	
ALTURA (m)	H – V		ALTURA (m)	H – V
0 – 3	1 – 1		0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2		> 3	3 – 2
> 7	1 – 3			

Fuente**:** PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el cálculo de carreteras. p.62.

Donde:

H = Horizontal; V = Vertical

Se utilizó el programa *Autocad* para el cálculo de las áreas. Se detallan datos de los primeros 80 metros de las secciones transversales.

Tabla V. **Resumen secciones transversales**

Caminamiento	relleno	Corte	cortes(+)	rellenos(-)
0	0,11	0,7	0,7	-0,11
20	0,11	0,7	0,7	-0,11
40	0,04	0,53	0,53	-0,04
60	0,83	0,03	0,03	-0,83
80	0,55	0,03	0,03	-0,55

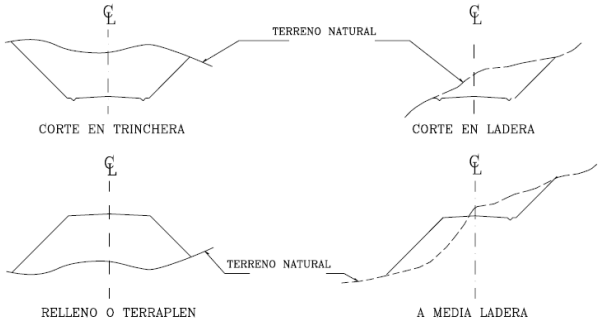
Fuente: elaboración propia.

2.1.7.2. Volúmenes de tierra

Este se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 metros Las secciones

transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera. En la figura 10 se tienen gráficamente los diferentes tipos de secciones transversales.

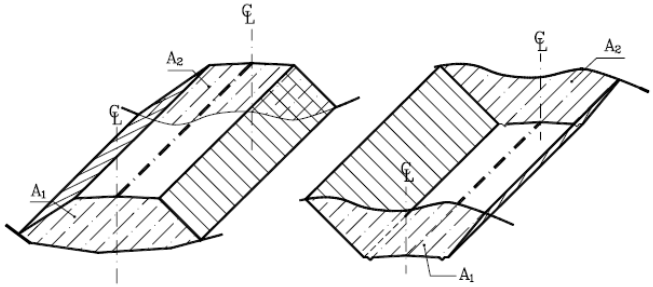
Figura 10. **Tipos de secciones transversales**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de Geometría**.** p. 1-24.

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de las áreas medias y el método del prismoide.

Figura 11. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de Geometría. p. 1-25.

$$V = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) * d$$

Donde:

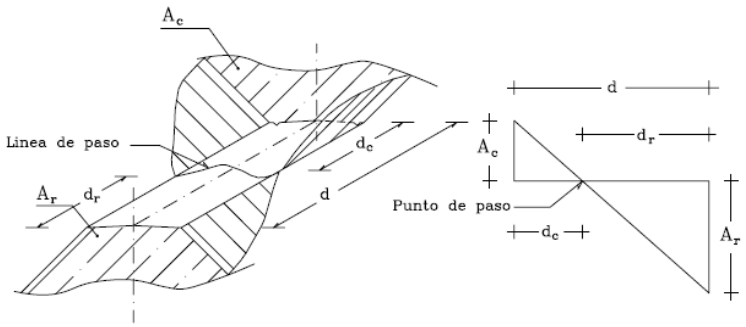
V= volumen entre ambas secciones en m^3.

A_1, A_2 = áreas de secciones consecutivas en m^2.

d= Distancia entre secciones en metros.

Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 12).

Figura 12. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de Geometría**.** p. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte "Ac" y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno "Ar" y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{1}{2}(A_C + A_0) * d_C \quad , \quad V_R = \frac{1}{2}(A_R + A_0) * d_R$$

Donde:

V_C, V_R = volumen de corte y de relleno en m^3.

A_C, A_R = áreas de las secciones en corte y relleno en m^2.

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0.

d_C, d_R = distancias de corte y relleno en m.

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de dc y dr, ver figura 12, de la siguiente manera:

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d \quad , \qquad d_R = \frac{A_R}{A_C + A_R} * d$$

Tabla VI. **Volúmenes de tierra**

Estación	Distancia	Cortes (+)	Rellenos (-)	volumen		Factor	volumen		Balance
				cortes	rellenos		cortes	rellenos	
0 + 00	0	0,7	-0,11	0	0	0,9	0	0,000	10 000,00
0 + 20	20	0,7	-0,11	12,3	-1,5	0,9	12,3	-1,667	10 010,63
0 + 40	20	0,53	-0,04	5,6	-8,7	0,9	5,6	-9,667	10 006,57
0 + 60	20	0,03	-0,83	0,6	-13,8	0,9	0,6	-15,333	9 991,83
0 + 80	20	0,03	-0,55	0,3	-11,9	0,9	0,3	-13,222	9 978,91
0 + 100	20	0	-0,64	0,2	-12,1	0,9	0,2	-13,444	9 965,67
0 + 120	20	0,02	-0,57	0,6	-9,6	0,9	0,6	-10,667	9 955,60
0 + 140	20	0,04	-0,39	1,5	-5,6	0,9	1,5	-6,222	9 950,88
0 + 160	20	0,11	-0,17	2,5	-1,7	0,9	2,5	-1,889	9 951,49
0 + 180	20	0,14	0	2,3	-0,4	0,9	2,3	-0,444	9 953,34
0 + 200	20	0,09	-0,04	2,8	-1,7	0,9	2,8	-1,889	9 954,26
0 + 220	20	0,19	-0,13	12,1	-1,3	0,9	12,1	-1,444	9 964,91
0 + 240	20	1,02	0	18,6	0	0,9	18,6	0,000	9 983,51
0 + 260	20	0,84	0	37,7	0	0,9	37,7	0,000	10 021,21
0 + 280	20	2,93	0	47	0	0,9	47	0,000	10 068,21

Continuación de la tabla VI.

0 + 300	20	1,77	0	31,6	0	0,9	31,6	0,000	10 099,81
0 + 320	20	1,39	0	21,1	0	0,9	21,1	0,000	10 120,91
0 + 340	20	0,72	0	8,8	-2,2	0,9	8,8	-2,444	10 127,27
0 + 360	20	0,16	-0,22	3,3	-3	0,9	3,3	-3,333	10 127,23
0 + 380	20	0,17	-0,08	3,5	-2,6	0,9	3,5	-2,889	10 127,84
0 + 400	20	0,18	-0,18	3,1	-3,3	0,9	3,1	-3,667	10 127,28
0 + 420	20	0,13	-0,15	1,3	-6	0,9	1,3	-6,667	10 121,91
0 + 440	20	0	-0,45	0	-6	0,9	0	-6,667	10 115,24
0 + 460	20	0	-0,15	0	-8,8	0,9	0	-9,778	10 105,47
0 + 480	20	0	-0,73	0	-20,4	0,9	0	-22,667	10 082,80
0 + 500	20	0	-1,31	0	-21,9	0,9	0	-24,333	10 058,47
0 + 520	20	0	-0,88	6,1	-10,2	0,9	6,1	-11,333	10 053,23
0 + 540	20	0,61	-0,14	13,6	-1,6	0,9	13,6	-1,778	10 065,06
0 + 560	20	0,75	-0,02	11,9	-0,2	0,9	11.9	-0,222	10 076,73
0 + 580	20	0,44	0	4,5	-2,4	0,9	4,5	-2,667	10 078,57
0 + 600	20	0,01	-0,24	0,1	-10,9	0,9	0,1	-12,111	10 066,56
0 + 620	20	0	-0,85	0	-16,9	0,9	0	-18,778	10 047,78
0 + 640	20	0	-0,84	0	-13,1	0,9	0	-14,556	10 033,22
0 + 660	20	0	-0,47	0,8	-5,2	0,9	0,8	-5,778	10 028,24
0 + 680	20	0,08	-0,05	9,3	-0,5	0.9	9,3	-0,556	10 036,99
0 + 700	20	0,85	0	22,3	0	0,9	22,3	0,000	10 059,29
0 + 720	20	1,38	0	35,4	0	0,9	35,4	0,000	10 094,69
0 + 740	20	2,16	0	37,1	0	0,9	37,1	0,000	10 131,79
0 + 760	20	1,55	0	22,1	-0,7	0,9	22,1	-0,778	10 153,11
0 + 780	20	0,66	-0,07	9,8	-8	0,9	9,8	-8,889	10 154,02
0 + 800	20	0,32	-0,73	4,3	-16,7	0,9	4,3	-18,556	10 139,77
0 + 820	20	0,11	-0,94	1,1	-19,8	0,9	1,1	-22,000	10 118,87
0 + 840	20	0	-1,04	0	-19,4	0,9	0	-21,556	10 097,31
0 + 860	20	0	-0,9	0	-18	0,9	0	-20,000	10 077,31
0 + 880	20	0	-0,9	0	-18,2	0,9	0	-20,222	10 057,09
0 + 900	20	0	-0,92	0	-16,7	0,9	0	-18,556	10 038,53
0 + 920	20	0	-0,75	0	-16,3	0,9	0	-18,111	10 020,42
0 + 940	20	0	-0,88	0	-13,5	0,9	0	-15,000	10 005,42
0 + 960	20	0	-0,47	0	-13,2	0,9	0	-14,667	9 990,76
0 + 980	20	0	-0,85	0,2	-18,3	0,9	0,2	-20,333	9 970,62
1 + 00	20	0,02	-0,98	0,2	-26,7	0,9	0,2	-29,667	9 941,16

Continuación de la tabla VI.

1 + 20	20	0	-1,69	0	-32,9	0,9	0	-36,556	9 904,60
1 + 40	20	0	-1,6	0	-24,3	0,9	0	-27,000	9 877,60
1 + 60	20	0	-0,83	0,5	-9,9	0,9	0,5	-11,000	9 867,10
1 + 80	20	0,05	-0,16	25,4	-2,6	0,9	25,4	-2,889	9 889,61
1 + 100	20	2,49	-0,1	24,9	-9,7	0,9	24,9	-10,778	9 903,73
1 + 120	20	0	-0,87	1	-19,8	0,9	1	-22,000	9 882,73
1 + 140	20	0,1	-1,11	1	-16,7	0,9	1	-18,556	9 865,18
1 + 160	20	0	-0,56	0,1	-10,1	0,9	0,1	-11,222	9 854,06
1 + 180	20	0,01	-0,45	0,7	-7	0,9	0,7	-7,778	9 846,98
1 + 200	20	0,06	-0,25	7,4	-3	0,9	7,4	-3,333	9 851,04
1 + 220	20	0,68	-0,05	7,3	-1,8	0,9	7,3	-2,000	9 856,34
1 + 240	20	0,05	-0,13	3,6	-1,3	0,9	3,6	-1,444	9 858,50
1 + 260	20	0,31	0	10,3	0	0,9	10,3	0,000	9 868,80
1 + 280	20	0,72	0	19,1	0	0,9	19,1	0,000	9 887,90
1 + 300	20	1,19	0	27,9	0	0,9	27,9	0,000	9 915,80
1 + 320	20	1,6	0	31,8	0	0,9	31,8	0,000	9 947,60
1 + 340	20	1,58	0	22,1	0	0,9	22,1	0,000	9 969,70
1 + 360	20	0,63	0	6,3	-10.4	0,9	6,3	-11,556	9 964,44
1 + 380	20	0	-1,04	0	-37	0,9	0	-41,111	9 923,33
1 + 400	20	0	-2,66	0	-55.5	0,9	0	-61,667	9 861,67
1 + 420	20	0	-2,89	0	-35.3	0,9	0	-39,222	9 822,44
1 + 440	20	0	-0,64	8,4	-6.4	0,9	8,4	-7,111	9 823,73
1 + 460	20	0,84	0	12,4	-1.9	0,9	12,4	-2,111	9 834,02
1 + 480	20	0,4	-0,19	6,9	-2.9	0,9	6,9	-3,222	9 837,70
1 + 500	20	0,29	-0,1	9,7	-1	0,9	9,7	-1,111	9 846,29
1 + 520	20	0,68	0	11,8	0	0,9	11,8	0,000	9 858,09
1 + 540	20	0,5	0	8,6	-0.6	0,9	8,6	-0,667	9 866,02
1 + 560	20	0,36	-0,06	9	-1.7	0,9	9	-1,889	9 873,13
1 + 580	20	0,54	-0,11	11,9	-1.1	0,9	11,9	-1,222	9 883,81
1 + 600	20	0,65	0	11,4	0	0,9	11,4	0,000	9 895,21
1 + 620	20	0,49	0	5,5	-1.3	0,9	5,5	-1,444	9 899,27
1 + 640	20	0,06	-0,13	0,6	-9.3	0,9	0,6	-10,333	9 889,53
1 + 660	20	0	-0,8	1,4	-15.4	0,9	1,4	-17,111	9 873,82
1 + 680	20	0,14	-0,74	3,2	-7.4	0,9	3,2	-8,222	9 868,80
1 + 700	20	0,18	0	15,5	0	0,9	15,5	0,000	9 884,30
1 + 720	20	1,37	0	48,5	0	0,9	48,5	0,000	9 932,80

Continuación de la tabla VI.

1 + 740	20	3,48	0	93,7	0	0,9	93,7	0,000	10 026,50
1 + 760	20	5,89	0	113	0	0,9	113	0,000	10 139,50
1 + 780	20	5,41	0	75,3	0	0,9	75,3	0,000	10 214,80
1 + 800	20	2,12	0	42,3	0	0,9	42,3	0,000	10 257,10
1 + 820	20	2,11	0	43	0	0,9	43	0,000	10 300,10
1 + 840	20	2,19	0	36,3	0	0,9	36,3	0,000	10 336,40
1 + 860	20	1,44	0	33,1	0	0,9	33,1	0,000	10 369,50
1 + 880	20	1,87	0	74,7	0	0,9	74,7	0,000	10 444,20
1 + 900	20	5,6	0	127,8	0	0,9	127,8	0,000	10 572,00
1 + 920	20	7,18	0	138,8	0	0,9	138,8	0,000	10 710,80
1 + 940	20	6,7	0	127,7	0	0,9	127,7	0,000	10 838,50
1 + 960	20	6,07	0	78,1	0	0,9	78,1	0,000	10 916,60
1 + 980	20	1,74	0	17,4	-27,7	0,9	17,4	-30,778	10 903,22
2 + 00	20	0	-2,77	0	-107,3	0,9	0	-119,222	10 784,00
2 + 20	20	0	-7,96	0	-160,1	0,9	0	-177,889	10 606,11
2 + 40	20	0	-8,05	0	-133,6	0,9	0	-148,444	10 457,67
2 + 60	20	0	-5,31	0	-87	0,9	0	-96,667	10 361,00
2 + 80	20	0	-3,39	0	-52,3	0,9	0	-58,111	10 302,89
2 + 100	20	0	-1,84	0	-27,5	0,9	0	-30,556	10 272,33
2 + 120	20	0	-0,91	0	-19,8	0,9	0	-22,000	10 250,33
2 + 140	20	0	-1,07	0,5	-19,9	0,9	0,5	-22,111	10 228,72
2 + 160	20	0,05	-0,92	2,8	-15,5	0,9	2,8	-17,222	10 214,30
2 + 180	20	0,23	-0,63	11,4	-8,1	0,9	11,4	-9,000	10 216,70
2 + 200	20	0,91	-0,18	16,5	-2,8	0,9	16,5	-3,111	10 230,09
2 + 220	20	0,74	-0,1	13,8	-3,3	0,9	13,8	-3,667	10 240,22
2 + 240	20	0,64	-0,23	7	-4,5	0,9	7	-5,000	10 242,22
2 + 260	20	0,06	-0,22	6,2	-4,1	0,9	6,2	-4,556	10 243,87
2 + 280	20	0,56	-0,19	5,7	-7,6	0,9	5,7	-8,444	10 241,12
2 + 300	20	0,01	-0,57	0,1	-24,4	0,9	0,1	-27,111	10 214,11
2 + 320	20	0	-1,87	0	-24,8	0,9	0	-27,556	10 186,56
2 + 340	20	0	-0,61	13,4	-6,1	0,9	13,4	-6,778	10 193,18
2 + 360	20	1,34	0	19,9	0	0,9	19,9	0,000	10 213,08
2 + 380	20	0,65	0	10,8	-1,4	0,9	10,8	-1,556	10 222,32
2 + 400	20	0,43	-0,14	12,1	-10,1	0,9	12,1	-11,222	10 223,20
2 + 420	20	0,78	-0,87	7,8	-27,7	0,9	7,8	-30,778	10 200,22
2 + 440	20	0	-1,9	0	-34,3	0,9	0	-38,111	10 162,11

Continuación de la tabla VI.

2 + 460	20	0	-1,53	1,6	-15,5	0,9	1,6	-17,222	10 146,49
2 + 480	20	0,16	-0,02	49,9	-0,2	0,9	49,9	-0,222	10 196,17
2 + 500	20	4,83	0	74,8	0	0,9	74,8	0,000	10 270,97
2 + 520	20	2,65	0	38	0	0,9	38	0,000	10 308.97
2 + 540	20	1,15	0	15,1	-0,7	0,9	15,1	-0,778	10 323,29
2 + 560	20	0,36	-0,07	3,6	-30,6	0,9	3,6	-34,000	10 292,89
2 + 580	20	0	-2,99	0	-59,8	0,9	0	-66,444	10 226,44
2 + 600	20	0	-2,99	0	-55	0,9	0	-61,111	10 165,33
2 + 620	20	0	-2,51	0	-41,8	0,9	0	-46,444	10 118,89
2 + 640	20	0	-1,67	0	-24	0,9	0	-26,667	10 092,22
2 + 660	20	0	-0,73	0,6	-10	0,9	0,6	-11,111	10 081,71
2 + 680	20	0,06	-0,27	25,2	-2,7	0,9	25,2	-3,000	10 103,91
2 + 700	20	2,46	0	46,1	0	0,9	46,1	0,000	10 150,01
2 + 720	20	2,15	0	34,6	0	0,9	34,6	0,000	10 184,61
2 + 740	20	1,31	0	13,8	-1,6	0,9	13,8	-1,778	10 196,63
2 + 760	20	0,07	-0,16	0,7	-8,3	0,9	0,7	-9,222	10 188,11
2 + 780	20	0	-0,67	0	-18,2	0,9	0	-20,222	10 167,89
2 + 800	20	0	-1,15	0,1	-26,2	0,9	0,1	-29,111	10 138,88
2 + 820	20	0,01	-1,47	5,6	-15	0,9	5,6	-16,667	10 127,81
2 + 840	20	0,55	-0,03	23,2	-0,3	0,9	23,2	-0,333	10 150,68
2 + 860	20	1,77	0	47,8	0	0,9	47,8	0,000	10 198,48
2 + 880	20	3,01	0	66,8	0	0,9	66,8	0,000	10 265,28
2 + 900	20	3,67	0	68,8	0	0,9	68,8	0,000	10 334,08
2 + 920	20	3,21	0	53,3	0	0,9	53,3	0,000	10 387,38
2 + 940	20	2,12	0	42,7	0	0,9	42,7	0,000	10 430,08
2 + 960	20	2,15	0	33,4	0	0,9	33,4	0,000	10 463,48
2 + 980	20	1,19	0	18,8	-0,4	0,9	18,8	-0,444	10 481,83
3 + 00	20	0,69	-0,04	11,9	-2,4	0,9	11,9	-2,667	10 491,07
3 + 20	20	0,5	-0,2	8,3	-2	0,9	8,3	-2,222	10 497,14
3 + 40	20	0,33	0	6,1	0	0,9	6,1	0,000	10 503,24
3 + 60	20	0,28	0	15,4	0	0,9	15,4	0,000	10 518,64
3 + 80	20	1,26	0	37,3	0	0,9	37,3	0,000	10 555,94
3 + 100	20	2,47	0	51,6	0	0,9	51,6	0,000	10 607,54
3 + 120	20	2,69	0	53,5	0	0,9	53,5	0,000	10 661,04
3 + 140	20	2,66	0	54	0	0,9	54	0,000	10 715,04
3 + 160	20	2,74	0	42	0	0,9	42	0,000	10 757,04

Continuación de la tabla VI.

3 + 180	20	1,46	0	14,6	-6,5	0,9	14,6	-7,222	10 764,42
3 + 200	20	0	-0,65	0	-19,5	0,9	0	-21,667	10 742,76
3 + 220	20	0	-1,3	0	-29,1	0,9	0	-32,333	10 710,42
3 + 240	20	0	-1,61	0	-31,7	0,9	0	-35,222	10 675,20
3 + 260	20	0	-1,56	0	-26,9	0,9	0	-29,889	10 645,31
3 + 280	20	0	-1,13	1,5	-15,6	0,9	1,5	-17,333	10 629,48
3 + 300	20	0,15	-0,43	13,3	-4,3	0,9	13,3	-4,778	10 638,00
3 + 320	20	1,18	0	32,9	0	0,9	32,9	0,000	10 670,90
3 + 340	20	2,11	0	44,9	0	0,9	44,9	0,000	10 715,80
3 + 360	20	2,38	0	44,6	0	0,9	44,6	0,000	10 760,40
3 + 380	20	2,08	0	31,3	0	0,9	31,3	0,000	10 791,70
3 + 400	20	1,05	0	11,5	-0,1	0,9	11,5	-0,111	10 803,09
3 + 420	20	0,1	-0,01	1	-2,4	0,9	1	-2,667	10 801,42
3 + 440	20	0	-0,23	2,8	-2,3	0,9	2,8	-2,556	10 801,67
3 + 460	20	0,28	0	6	0	0,9	6	0,000	10 807,67
3 + 480	20	0,32	0	15	-0,4	0,9	15	-0,444	10 822,22
3 + 500	20	1,18	-0,04	18,8	-1,4	0,9	18,8	-1,556	10 839,47
3 + 520	20	0,7	-0,1	8,4	-5,8	0,9	8,4	-6,444	10 841,42
3 + 540	20	0,14	-0,48	1,4	-15,7	0,9	1,4	-17,444	10 825,38
3 + 560	20	0	-1,09	0	-21,8	0,9	0	-24,222	10 801,16
3 + 580	20	0	-1,09	0	-21,3	0,9	0	-23,667	10 777,49
3 + 600	20	0	-1,04	0	-20,6	0,9	0	-22,889	10 754,60
3 + 620	20	0	-1,02	0	-18,8	0,9	0	-20,889	10 733,71
3 + 640	20	0	-0,86	0	-15,5	0,9	0	-17,222	10 716,49
3 + 660	20	0	-0,69	0	-14,1	0,9	0	-15,667	10 700,82
3 + 680	20	0	-0,72	0	-17,7	0,9	0	-19,667	10 681,16
3 + 700	20	0	-1,05	0	-22,8	0,9	0	-25,333	10 655,82
3 + 720	20	0	-1,23	0	-25	0,9	0	-27,778	10 628,04
3 + 740	20	0	-1,27	0	-33,6	0,9	0	-37,333	10 590,71
3 + 760	20	0	-2,09	0	-38	0,9	0	-42,222	10 548,49
3 + 780	20	0	-1,71	0	-32,8	0,9	0	-36,444	10 512,04
3 + 800	20	0	-1,57	0,4	-19,4	0,9	0,4	-21,556	10 490,89
3 + 820	20	0,04	-0,37	2,8	-5,2	0,9	2,8	-5,778	10 487,91
3 + 840	20	0,24	-0,15	2,4	-9,6	0,9	2,4	-10,667	10 479,64
3 + 860	20	0	-0,81	0	-17	0,9	0	-18,889	10 460,76
3 + 880	20	0	-0,89	0,2	-13,9	0,9	0,2	-15,444	10 445,51

Continuación de la tabla VI.

3 + 900	20	0,02	-0,5	0,3	-11,1	0,9	0,3	-12,333	10 433,48
3 + 920	20	0,01	-0,61	0,1	-17,8	0,9	0,1	-19,778	10 413,80
3 + 940	20	0	-1,17	0	-20,2	0,9	0	-22,444	10 391,36
3 + 960	20	0	-0,85	0	-15,8	0,9	0	-17,556	10 373,80
3 + 980	20	0	-0,73	0	-13,3	0,9	0	-14,778	10 359,02
4 + 00	20	0	-0,6	0	-10,1	0,9	0	-11,222	10 347,80
4 + 20	20	0	-0,41	0	-12,3	0,9	0	-13,667	10 334,13
4 + 40	20	0	-0,82	0	-15,2	0,9	0	-16,889	10 317,24
4 + 60	20	0	-0,7	0	-14,1	0,9	0	-15,667	10 301,58
4 + 80	20	0	-0,71	0	-13,3	0,9	0	-14,778	10 286,80
4 + 100	20	0	-0,62	4,5	-13,7	0,9	4,5	-15,222	10 276,08
4 + 120	20	0,45	-0,75	16,4	-16,9	0,9	16,4	-18,778	10 273,70
4 + 140	20	1,19	-0,94	34	-14,3	0,9	34	-15,889	10 291,81
4 + 160	20	2,21	-0,49	54,8	-4,9	0,9	54,8	-5,444	10 341,17
4 + 180	20	3,27	0	72,1	0	0,9	72,1	0,000	10 413,27
4 + 200	20	3,94	0	65,7	0	0,9	65,7	0,000	10 478,97
4 + 220	20	2,63	0	45	0	0,9	45	0,000	10 523,97
4 + 240	20	1,87	0	43,7	0	0,9	43,7	0,000	10 567,67
4 + 260	20	2,5	0	59,5	0	0,9	59,5	0,000	10 627,17
4 + 280	20	3,45	0	74,8	0	0,9	74,8	0,000	10 701,97
4 + 300	20	4,03	0	82,5	0	0,9	82,5	0,000	10 784,47
4 + 320	20	4,22	0	80,6	0	0,9	80,6	0,000	10 865,07
4 + 340	20	3,84	0	63,5	0	0,9	63,5	0,000	10 928,57
4 + 360	20	2,51	0	33,4	0	0,9	33,4	0,000	10 961,97
4 + 380	20	0,83	0	8,5	-5,7	0,9	8,5	-6,333	10 964,13
4 + 400	20	0,02	-0,57	0,2	-15	0,9	0,2	-16,667	10 947,67
4 + 420	20	0	-0,93	0	-13,3	0,9	0	-14,778	10 932,89
4 + 440	20	0	-0,4	0	-13	0,9	0	-14,444	10 918,44
4 + 460	20	0	-0,9	1,9	-11,5	0,9	1,9	-12,778	10 907,57
4 + 480	20	0,19	-0,25	3,5	-3,1	0,9	3,5	-3,444	10 907,62
4 + 500	20	0,16	-0,06	2,2	-4,6	0,9	2,2	-5,111	10 904,71
4 + 520	20	0,06	-0,4	0,9	-12,5	0,9	0,9	-13,889	10 891,72
4 + 540	20	0,03	-0,85	0,6	-17	0,9	0,6	-18,889	10 873,43
4 + 560	20	0,03	-0,85	0,3	-33,8	0,9	0,3	-37,556	10 836,18
4 + 580	20	0	-2,53	0	-57,8	0,9	0	-64,222	10 771,96
4 + 600	20	0	-3,25	24,9	-32,5	0,9	24,9	-36,111	10 760,74
4 + 620	20	2,49	0	49,8	0	0,9	49,8	0,000	10 810,54
4 + 636,43	16,43	2,49	0	20,45535	0	0,9	20,45535	0,000	10 831,00

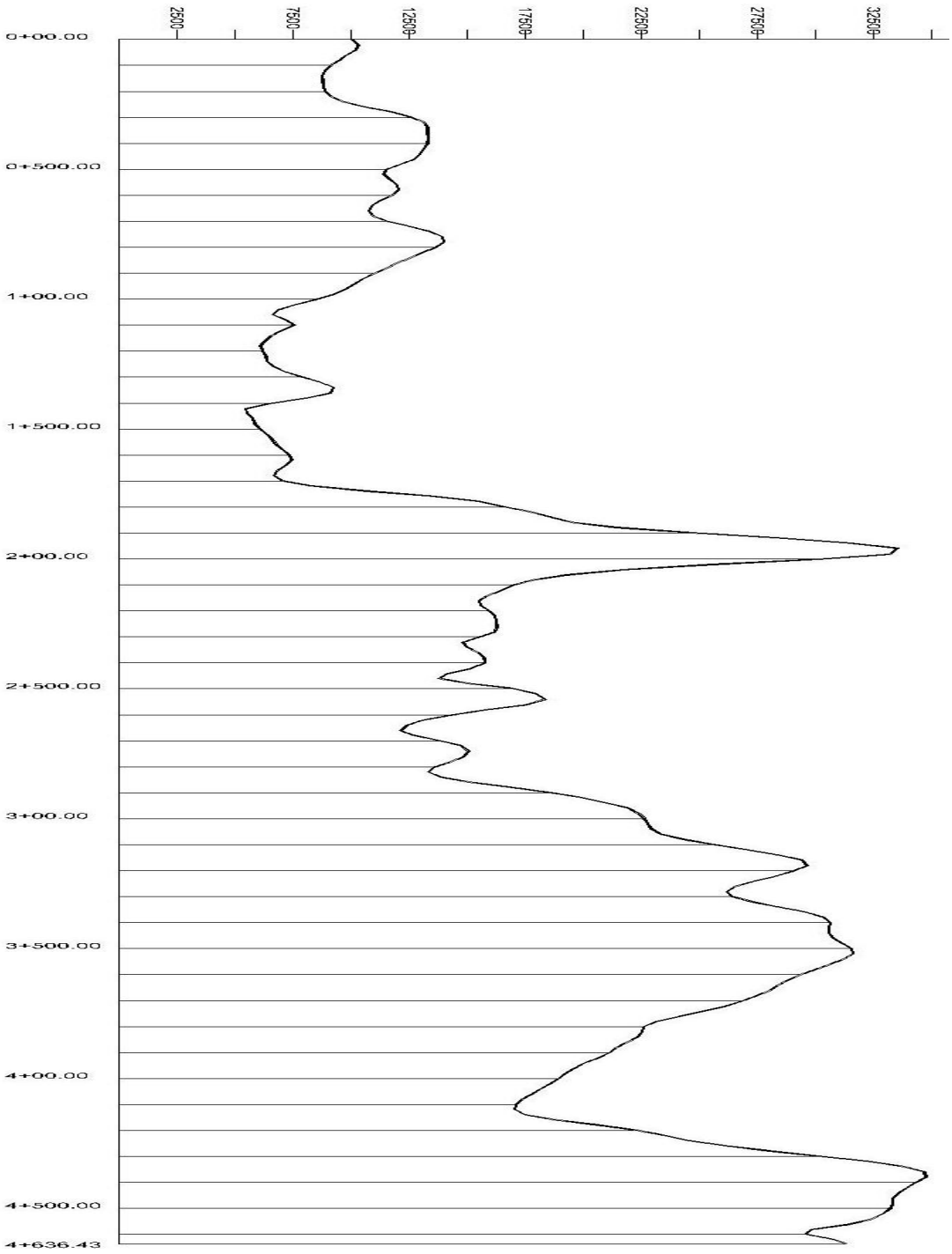
Fuente: elaboración propia.

2.1.7.3. Curva de masas

Es una representación gráfica, del volumen de corte contra el de relleno. Para proyectos de carreteras en regiones montañosas, los cortes de material sobrepasan en gran medida a los rellenos, la curva de balance se utiliza únicamente en regiones semiplanas donde el material de corte se utiliza en los rellenos de la carretera; siendo este el caso para el proyecto.

Para establecer el balance de tierras se debe distinguir dentro del volumen excavado, el material apto para la formación de terraplenes del que no lo es. En este balance no se contempla la tierra vegetal, que irá a vertedero o se acopiará para uso posterior.

Figura 13. **Diagrama de masas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Determinación de la calidad del suelo

El suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, se comporta como una estructura más con características físicas propias (densidad, porosidad, ángulo de fricción interna, etc.), que le otorgan ciertas propiedades resistentes ante diversas solicitaciones (compresión, corte, etc.); por esto es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico, en este caso una carretera.

2.1.8.1. Pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio son procedimientos científicos que permiten caracterizar suelos en función de sus propiedades físicas, químicas o mecánicas para establecer una división sistemática, según similitud de carácteres físicos y propiedades mecánicas. Una adecuada clasificación permite una idea del comportamiento del suelo como cimiento del pavimento.

Los ensayos que definen las principales propiedades de los suelos en carreteras son:

- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Equivalente arena
- Proctor normal y modificado
- Determinación de la capacidad portante mediante el índice de CBR

Se realizaron los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR para poder clasificar la subrasante y determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Según los resultados de los ensayos de

suelos se determinó que la subrasante es un limo areno gravoso color café oscuro, con una clasificación ML, un limo arenoso no plástico según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos norma AASHTO T-89, T-90 y T-146. Su densidad optima es de 1,63 toneladas/metro cubico = 1 630,7 kilogramos/metro cubico con una humedad óptima de 17.8 por ciento. El índice de CBR al 95 por ciento de compactación se encuentra entre 20 por ciento. Ver resultados del estudio de suelos elaborados en el laboratorio central del Centro Tecnológico de Cementos Progreso en anexos.

2.1.8.2. Criterios para definir la capa de rodadura

Las propiedades de la subrasante tanto físicas como mecánicas son necesarias, ya que por medio de ellas y otros factores como el tránsito, el clima y los materiales disponibles en el lugar se determinarán las capas a utilizar con sus espesores del pavimento.

2.1.9. Diseño de la carpeta de rodadura

La carpeta de rodadura se coloca después de haber conformado la subrasante, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura para ayudar a prolongar la vida útil de la carretera.

El pavimento, es un conjunto de capas superpuestas horizontalmente, formadas por diversos materiales sueltos o tratados con una sustancia aglomerante, cuya misión es transmitir adecuadamente las cargas generadas por el tránsito, de tal forma que las capas inferiores no se deformen de manera inadmisible, al menos durante el período de diseño adoptado.

Los aspectos que determinan las características estructurales a corto y largo plazo, de un pavimento son los materiales y espesores de las capas que lo componen, éstas se dimensionan con base a diversos métodos y procedimientos de cálculo. Los métodos pueden ser analíticos o empíricos para diseñar pavimentos rígidos y flexibles, su fin es que sea capaz de servir como soporte a la rodadura de los vehículos, durante el período de diseño.

Carpeta de rodadura para un pavimento rígido

La carpeta de rodadura es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa que recibe las cargas directamente y de las adyacentes que trabajan en conjunto.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a deformaciones de las capas inferiores sin que se presente falla estructural, aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de subbase o base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla de la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de concreto hidráulico y la base, que se construyen sobre la capa subrasarte.

Para el diseño y pre dimensionamiento del espesor de pavimento rígido, se aplicó el método simplificado o método de la PCA, usando las tablas de diseño simple, basadas en distribuciones compuestas de carga de eje, que representan diferentes categorías de carretera y tipos de calles.

Para determinar el espesor de la losa, son necesarios los esfuerzos combinados de la subrasante y subbase, ya que mejoran la estructura del pavimento. A continuación se detalla el procedimiento de diseño:

- Se determina la categoría de la vía principal del proyecto

Se realizó un conteo de tránsito promedio de vehículos que circulan por la carretera, determinándose que el tránsito promedio diarios de vehículos en ambas direcciones es de 300 y la cantidad de vehículos pesados es de 40.

Tránsito promedio diario (TPD) = 340 vehículos ambos sentidos.
Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = 40 vehículos
Período de diseño= 21 años

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones, se clasifica la vía según la tabla VII, y se concluye que debe clasificarse en la categoría 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias, ya que se considera un incremento del 1 al 2 por ciento por año.

Tabla VII. **Clasificación de vehículos por categoría de cargas por eje**

Categoría	Descripción	Trafico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	%	TPDC por día	Sencillo	Tandem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200 a 800 (340)	1 A 3	arriba de 25 (40)	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 A 10	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 Para 4 carriles o mas	8 A 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o Mas	8 A 30	de 1500 a 8000	34	60

Fuente: GÓMEZ LEPE. Fredy Benjamín. Planificación y diseño de pavimento para la vía principal del municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango**.** p. 28

- La junta de dilatación-contracción tendrán un corte de al menos D/3 y un ancho mínimo de 1/8 pulgadas, la cual se deberá de realizar por lo memos 6:00 horas después de colocado el concreto para evitar agrietamiento y desportillamiento, utilizándose una cortadora de concreto con disco de diamante.

- Incorporación de hombros a la estructura

Se incorporan los hombros a la cuneta por motivos de espacio cuya sección será tipo L.

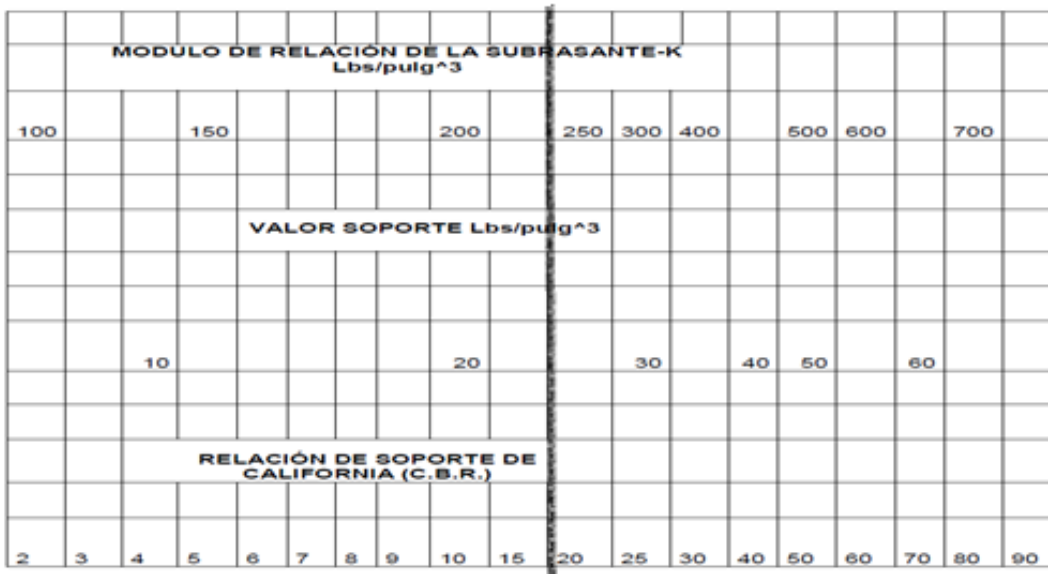
- Determinar el módulo de ruptura del concreto.

El módulo se estimó como el 15 por ciento de la resistencia del concreto a compresión f´c, el valor aproximado se toma como 0,15 x 4 000 psi = 600 psi.

- Determinar el módulo de reacción K de la subrasante

Se determinó de acuerdo al estudio de suelos un CBR de la subrasante de 20, y se localiza el valor del módulo de reacción de la subrasante, en la tabla VIII, el cual equivale a 250 libras por pulgada cuadrada.

Tabla VIII. **Determinación del módulo de reacción K según el CBR**



Fuente: GÓMEZ LEPE. Fredy Benjamín. Planificación y diseño de pavimento para la vía principal del municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango**.** p. 27

- Determinación de la base

El valor del suelo como subrasante es bastante alto, pero se colocará una base de selecto de 10 centímetros para uniformizar la superficie y darle mayor soporte a la capa de rodadura.

- Determinar el valor soporte del suelo.

Según la tabla IX, se determina que el tipo de suelo de subrasante es regular a buena, datos obtenidos de la subrasante:

Clasificación S.C.U = A – 4
Descripción del suelo = limo areno gravoso color café oscuro
Límite líquido = material no plástico
Índice plástico = material no plástico
Densidad seca óptima = 1,63 ton/pie3
Humedad óptima = 17,8 %
C.B.R. = al 95 por ciento de compactación alcanzo un 20 por ciento. Ver resultados de laboratorio en anexo.

Tabla IX. **Calidad de la subrasante**

C.B.R	CALIDAD DE LA SUB-RASANTE
0% - 3%	Muy mala
3% - 5%	Mala
5% - 20%	Regular a buena
20% - 30%	Excelente

Fuente: GÓMEZ LEPE. Fredy Benjamín. Planificación y diseño de pavimento para la vía principal del municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango. p. 25

- Determinar el espesor de la losa

Para una vía de categoría 1, se utiliza la tabla X. Se busca el lado derecho incluyendo cuneta tipo L con bordillo en el diseño de la losa. El soporte subrasante-subbase tiene un carácter alto, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi y el valor que contenga el valor del módulo de la subrasnte k, se obtiene que el espesor de la losa será a 6 pulgadas (15,24 centímetros).

Tabla X. **Espesor de pavimento con módulos de ruptura**

MR	Espesor de losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte subrasante-subbase				Espesor de losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte subrasante-subbase			
		Bajo	Mediano	Alto	Muy alto		Bajo	Mediano	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5,5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6,5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5,5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8,5	560	2200			7,5	1100			
	9	2400								

Fuente: GÓMEZ LEPE. Fredy Benjamín. Planificación y diseño de pavimento para la vía principal del municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango. p. 30

Se propone un espesor de 6 pulgadas para el pavimento: en toda la sección de la vía. El tamaño de las losas considerado será de 3,0 x 2,75 metros.

Cuando se diseña una mezcla se consideran algunos factores fundamentales para que el concreto cumpla con las exigencias a las que será sometido. Según sea su utilización final. Entre estos se pueden mencionar: trabajabilidad y consistencia adecuadas, para un fácil manejo y colocación, además resistencia a aguas o suelos agresivos, durabilidad, resistencia, módulo de ruptura de concreto (f'c.), etc.

El concreto debe cumplir con las siguientes condiciones: resistencia a flexo tracción del concreto 280 kilogramos por centímetros cuadrados (4 000 psi a compresión) con 90 por ciento de nivel de confianza a 28 días.

Tabla XI. **Clases de concreto**

CLASE DE CONCRETO		**RESISTENCIA A 28 DIAS** (1)	
		MPa	**lb./pulg²**
42	(6000)	42	(6000)
38,5	(5500)	38,5	(5500)
35	(5000)	35	(5000)
31,5	(4500)	31,5	(4500)
28	(4000)	28	(4000)
24,5	(3500)	24,5	(3500)
21	(3000)	21	(3000)
17,5	(2500)	17,5	(2500)
14	(2000)	14	(2000)

(1) A menos que en las Disposiciones Especiales se estipule otra edad en días.

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

Tabla XII. **Proporción del concreto con base en la relación agua/cemento máxima y del contenido de cemento mínimo**

CONCRETOS SIN AIRE INCLUIDO

Clase de Concreto [1]	Relación agua/cemento máxima [2] Agua/Cemento	Litros/Saco	Contenido de Cemento Mínimo. Sacos de 42.5kg/m³ de Concreto.
14 (2000)	0,71	30,0	6,5
17,5 (2500)	0,62	26,5	7
21 (3000)	0,58	24,5	7,5
24,5 (3500)	0,53	22,5	8
28 (4000) [3]	0,44	19,0	8,5

CONCRETOS CON AIRE INCLUIDO [4]

Clase de Concreto [1]	Relación agua/cemento máxima [2] Agua/Cemento	Litros/Saco	Contenido de Cemento Mínimo. Sacos de 42.5kg/m³ de Concreto.
14 (2000)	0,58	24,5	7,5
17,5 (2500)	0,53	22,5	8
21 (3000)	0,49	21	8,5
24,5 (3500)	0,44	19	9
[3] ---	---	---	---

(1) Resistencia a compresión a 28 días, expresada en MPa (lb./pulg²).

(2) La cantidad de agua requerida para el asentamiento o revenimiento queda fija y se varía la cantidad de cemento para cumplir con los requisitos de esta tabla.

(3) Las proporciones para mezclas de mayor resistencia, deberán establecerse basadas en 551.11 (c).

(4) El contenido de aire del concreto con aire incluido no debe sobrepasar los límites de 551.11 (e) (1).

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones Generales para Carreteras y Puentes p. 551-14.

Se usará una proporción 1:2:3, por 9,6 sacos de cemento, 0,6 metros de arena, 0,9 metros de piedrín.

En la Subrasante, el diseño considera un suelo limo areno gravoso, el cual deberá conformarse a una profundidad de 20 centímetros compactado con un mínimo de 95 por ciento de la densidad máxima según AASHTO T 180, y de acuerdo a las especificaciones de reacondicionamiento de subrasante (sección 301) del libro azul de la Dirección General de Caminos, edición 2002.

Para que el espesor de las losas de concreto hidráulico de 6 pulgadas obtenido del método simplificado de la PCA, funcione correctamente durante su período de diseño, es necesario que los materiales de las capas subyacentes al mismo (base de selecto de 10 centímetros de espesor y reacondicionamiento de subrasante), deben cumplir con lo establecido por las normas AASHTO y el libro azul de la Dirección General de Caminos, edición 2002, así mismo es importante garantizar que no existan cambios volumétricos en la subrasante.

2.1.10. Elaboración de planos del proyecto

Para este proyecto se elaboraron los siguientes planos constructivos:

- Planta de conjunto: contiene la planta general del proyecto.

- Planta – perfil: dibujo de la planta y el perfil de la carretera, indicando la geometría (curvas horizontales y verticales, pendientes, anchos, etc.), localización de drenajes y cunetas.

- Tablas y detalles: se dibujaron los detalles de drenaje y de los pavimentos rígido y flexible.

2.1.11. Presupuesto

Se elaboró a base de precios unitarios, tomando en cuenta lo siguiente:

Costo directo: ésta conformado por el costo de:

- Maquinaria y equipo: contempla herramientas como lo son palas, piochas, azadones, etc., y toda la maquinaria a utilizar en el proyecto.

- Materiales: son todos los materiales a utilizar para la conformación de la subrasante, producción del pavimento y su colocación.

- Transporte de materiales: incluye el traslado de todos los materiales, equipo y maquinaria.

- Mano de obra: contempla la mano de obra calificada y no calificada.

Se tomaron como base los precios de los materiales y mano de obra que se trabajan en la cabecera municipal.

Costo indirecto: en este se incluyen un 30 por ciento del costo directo. Integrándose de la siguiente manera:

- Gastos indirectos = 10%
- Administración = 5%
- Gastos legales = 2%
- Imprevistos = 3%
- Utilidad = 10%

2.1.11.1. Cuantificación de materiales y mano de obra

La cuantificación de los materiales contempla las herramientas y maquinarias, materiales, transporte y mano de obra con prestaciones incluidas.

2.1.11.2. Integración de presupuesto

Primero se integraron los costos por renglón para determinar el costo unitario de cada renglón; se realiza con base a rendimientos, precios de materiales, mano de obra, equipo, herramienta y maquinaria, aplicando también factores de costos indirectos. En la tabla XIII se presenta la integración de costos por renglón.

Tabla XIII. **Presupuesto general del proyecto**

FACULTAD DE INGENIERIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN

SAN CRISTÓBAL TOTONICAPÁN

MUNICIPIO DE SAN SAN CRISTÓBAL TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

MAYO DE 2010

No.	Renglon	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Renglón
1	152.03	Levantamiento topografico para construcción	ML.	4,640.00	Q 4.60	Q 21,344.00
2	203.01.a	Excavación No clasificada	M³.	3,922.00	Q 69.60	Q 272,971.20
3	301.01	Reacondicionamiento de Sub-rasante existente	M².	32,480.00	Q 25.26	Q 820,444.80
4	303.03	Capa de Sub base Comun "material tipo selecto de 0.10 m. de espesor"	M³	3,248.00	Q 122.76	Q 398,724.48
5	501.18.a	Pavimento de concreto de cemento hidraulico por superficie "espesor 0.16 m."	M².	25,520.00	Q 305.38	Q 7,793,297.60
6	608.04	Cunetas de concreto simple fundidas en sitio "sección tipo L, espesor 0.10 m. 2000 PSI"	M².	1,763.20	Q 214.15	Q 377,589.28
7	609.0	Bordillos "de concreto de 0.125 x 0.30 m."	Ml.	9,280.00	Q 93.16	Q 864,524.80
8	607.07	Cajas y Cabezales para alcantarillas, concreto ciclopeo clase 2500 PSI	M³	45.00	Q 851.69	Q 38,326.05
9	601.0	Alcantarillas de tubo de concreto reforzado Ø 30"	Ml.	85.00	Q 899.01	Q 76,415.85
					Costo total del proyecto:	**Q10,663,638.06**

EL PRESENTE ASCIENDE A LA CANTIDAD DE: **DIEZ MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS TREINTA Y OCHO QUETZALES CON SEIS CENTAVOS (Q.10$_1$663,638.06).**

A RAZON DE Q.417.85 EL METRO CUADRADO.

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán

Para lograr un buen diseño, es aconsejable recopilar toda o la mayor información posible, relacionada con todas y cada una de las partes del proyecto. Para la selección del sistema a utilizar se tomó en cuenta la mayor altura para la ubicación del tanque elevado, verificando las condiciones del terreno para realizar el sistema.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable. Este estará compuesto por dos sistemas diferentes: por bombeo y gravedad (mixto). Los componentes del proyecto son pozo mecánico, caseta de bombeo, línea de conducción de 231 metros, tanque de distribución de 40,50 metros cúbicos, red de distribución de 590,87 metros y 45 conexiones domiciliares.

2.2.2. Dotación y tipo de servicio

Es la asignación establecida en función de aspectos importantes, como son la demanda de la comunidad, la cual está afectada por sus costumbres, que están regidas por la cultura y el clima que afecta a la zona; otro aspecto es la disponibilidad del caudal de la fuente, la capacidad económica de la comunidad para costear el mantenimiento y operación del sistema. En nuestro medio existen varias instituciones dedicadas al diseño y ejecución de acueductos, cada una de ellas proponen diferentes especificaciones o criterios, que pueden servir de apoyo para seleccionar una dotación. Para el proyecto se tomó una dotación de 120 litros habitante día con conexiones domiciliares.

Tabla XIV. **Dotación de agua recomendada**

DOTACIÓN	TIPO DE SERVICIO
De 30 a 40	Pozo excavado y bomba manual
De 40 a 50	Llena cántaros en el clima frío
De 50 a 60	Llena cántaros en clima cálido
De 60 a 80	Conexión predial en clima frío
De 100 a 150	Conexión domiciliar en clima frío y en zonas urbanas marginales
De 150 a 200	Conexión domiciliar en clima cálido y colonias no residenciales
De 200 a 250	Colonias residenciales

Fuente: MARTÍNEZ CANO, Ricardo Francisco. Evaluación de normas de diseño para acueductos rurales. p 34.

2.2.3. Tasa de crecimiento poblacional

Se obtienen datos oficiales de la comunidad en estudio, consultando los censos de población. Se investiga la población existente en el año inicial del período de diseño o bien la más cercana al inicio del período de diseño y las de años anteriores para obtener la tasa de crecimiento poblacional. Para este caso la tasa de crecimiento es del 3,01 por ciento para el área urbana del municipio según el instituto nacional de estadística INE.

2.2.4. Período de diseño, población futura

El período de diseño es el número de años para el cual, el sistema va proporcionar un servicio satisfactorio a la población y no deberá de ser menor a 20 años. Además se debe de contemplar un período adicional por concepto de planificación, financiamiento, diseño y construcción de aproximadamente de 1 año.

Este período de diseño, también es afectado por los parámetros que solicitan algunas fuentes de financiamiento, tal es el caso del Banco Mundial, el cual pide que el período no sea menor a 30 años.

En conclusión, de acuerdo al convenio inter institucional entre el Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), el Reino del Pueblo de España y el Banco Mundial, acordaron dar el financiamiento a proyectos de agua y saneamiento ambiental a los municipios de la parte alta de la cuenca del Río Samalá donde se encuentra el municipio de San Cristóbal Totonicapán, de tal forma se adoptó el período de diseño de treinta años que usa el Banco mundial para desarrollar el proyecto.

La población futura es la población para la cual se va a diseñar el proyecto, para determinarla es indispensable saber la población actual, tasa de crecimiento poblacional, el período de diseño. Por medio del método geométrico determinar la población futura de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Pf} = \mathrm{Po} * (1+\mathrm{r})^{\mathrm{n}}$$

Pf = Población al final del período de diseño (habitantes)
Po= Población en el año inicial del período de diseño (habitantes)= 336 habitantes
r = Tasa de crecimiento anual (%) = 3,01
n = Período de diseño (años) =31 años
De acuerdo con lo anterior para barrio Santiago Parte Alta se tiene:

$$\mathrm{Pf} = \mathrm{Po} * (1+\mathrm{r})^{\mathrm{n}}$$
$$\mathrm{Pf} = 336 * (1+3{,}01/100)^{31}$$
$$\mathrm{Pf} = 843 \text{ hab}$$

2.2.5. Factores de consumo y caudales

En un sistema público de abastecimiento de agua, el consumo es afectado por una serie de factores que van de acuerdo al tiempo, costumbres de la región, condiciones climáticas y condiciones económicas que son propias de una comunidad y que varían de una a otra.

Factor de día máximo (FDM)

Éste incremento porcentual se utiliza, cuando no se cuenta con datos de consumo máximo diario. A continuación se presenta una tabla donde se indican los diferentes valores de dicho factor y la aplicación.

Tabla XV. **Factor de día máximo**

	FDM min.	**FDM max.**
Área rural	1,2	1,8
Área urbana	1,8	2,0
Área metropolitana	2	3

Fuente: MARTÍNEZ CANO, Ricardo Francisco. Evaluación de normas de diseño para acueductos rurales. p 34.

Para el proyecto, se utilizó un factor de día máximo de 1,8 ya que la población actual es de 336 habitantes en área urbana.

Factor de hora máxima (FHM)

Depende de la población que se está estudiando y de sus respectivas costumbres. El factor de hora máxima sirve para compensar las variaciones en las horas de mayor consumo. A continuación se presenta una tabla donde se indica los diferentes valores de dicho factor y la aplicación según sea el caso.

Tabla XVI. **Factor de hora máximo**

	FHM	**FHM**
Área rural	1,8	2
Área urbana	2	3
Área metropolitana	3	4

Fuente: MARTÍNEZ CANO, Ricardo Francisco. Evaluación de normas de diseño para acueductos rurales. p 34.

Para el proyecto, se utilizó un factor de día máximo de 2.

2.2.5.1. Caudal medio diario

También conocido como consumo medio diario, es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diarios, se puede calcular en función de la población futura y la dotación asignada en un día. Implementando la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Qm} = \frac{\text{Población futura} * \text{dotación}}{86{,}400\ \text{s/día}}$$

Donde:

Qm = consumo medio diario o caudal medio

$$\mathrm{Qm} = \frac{843 * 120\text{lts/hab}}{86{,}400\ \text{s/día}}$$

$\mathrm{Qm} = 1{,}17$ l/s/d

2.2.5.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario o consumo máximo diario es conocido también como caudal de conducción, ya que es el que se utiliza para diseñar la línea de conducción, y es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, éste se puede calcular incrementándole un porcentaje denominado factor día máximo.

$$\mathrm{Qc} = \mathrm{Qm} * \mathrm{FDM}$$

Donde:
Qc = Caudal máximo diario o caudal de conducción
Qm = Consumo medio diario o caudal medio
FDM = Factor día máximo

$$\mathrm{Qc} = 1{,}17\ \mathrm{l/s/d} * 1{,}8$$
$$\mathrm{Qc} = 2{,}11\ \mathrm{l/s}$$

El caudal de conducción para el barrio Santiago Parte Alta es el siguiente:

El caudal de diseño es Qc = 2,11 l/s;

2.2.5.3. Caudal máximo horario

Es conocido también como caudal de distribución, debido a que es el que se utiliza para diseñar la red de distribución; es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

Qd =Consumo máximo horario o caudal de distribución (l/s)

$$\mathrm{Qd} = \mathrm{Qm} * \mathrm{FHM}$$
$$\mathrm{Qd} = 1{,}17 * 2$$
$$\mathrm{Qd} = 2{,}34\ \mathrm{l/s}$$

2.2.5.4. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo, es la cantidad de agua que debe conducirse desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento y depende de la cantidad de horas al día, que se conectará la bomba, en este caso será un periodo de 12 horas al día.

El caudal de bombeo se determina con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Qb} = \left(\frac{24}{\mathrm{t}}\right) * \mathrm{Qc}$$
$$\mathrm{Qb} = \left(\frac{24}{12}\right) * 2{,}11\ \mathrm{l/s}$$
$$\mathrm{Qb} = 4{,}21\ \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{seg}} = 66{,}74\ \mathrm{GPM}$$

2.2.6. Calidad del agua y sus normas

La calidad del agua se exige de acuerdo con el uso que se le asignará. En este caso, se trata de agua para consumo humano, por lo que debe ser sanitariamente segura; se debe cumplir para ello, con las normas de calidad físico-químico y bacteriológica, lo cual debe demostrarse con un certificado emitido por un laboratorio.

La calidad del agua varía de un lugar a otro, de acuerdo con las diferencias climáticas, clases de suelos que el agua remueve y las sustancias que la misma absorbe en su recorrido.

Para determinar la calidad sanitaria del agua, es necesario efectuar un análisis físico-químico y un examen bacteriológico, bajo las normas COGUANOR NGO 29001; mientras que los muestreos para los mismos deben realizarse bajo las especificaciones COGUANOR NGO 29002 h18 y 29002 h19, respectivamente.

Cuando las aguas no llenan los requisitos de potabilidad, según especificaciones COGUANOR NGO 29001, éstas deberán ser tratadas mediante procesos adecuados, entre los que se pueden mencionar: el desarenamiento, sedimentación, filtración y desinfección. Este último debe adoptarse en todos los sistemas públicos, para asegurar la calidad del agua, principalmente si se determina que existe contaminación bacteriológica.

2.2.6.1. Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico se hace con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos, ya que estos pueden transmitir enfermedades al consumirla, tales como: salmonella, shigellas, eberthellas amebas, etc. Este análisis es necesario como información complementaria para recomendar y seleccionar el o los tipos de tratamiento para que el agua sea apta para el consumo humano. Según los resultados el agua es apta para el consumo humano, ver anexo.

2.2.6.2. Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico tiene como objetivo conocer las propiedades del agua, tales como: el color, el olor, el sabor, su pH, dureza, así como la cantidad de materia mineral y orgánica que se encuentra en el agua, pudiendo afectar su calidad. Toda la información obtenida consiste en considerar toda la gama de soluciones para obtener en la localidad una óptima calidad del agua cruda y esta sea para el consumo humano. Según los resultados el agua es apta para el consumo humano, ver anexo.

2.2.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y continuo durante el período de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y los diámetros adecuados, a través del cálculo hidráulico, con fórmulas como la de Darcy-Weisbach o Hazen & Williams. Para este proyecto, se aplicó Hazen & Williams, se obtienen resultados más aproximados:

$$\mathrm{Hf} = \frac{1743{,}811141 * \mathrm{L} * \mathrm{Q}^{1{,}85}}{\mathrm{C}^{1{,}85} * \mathrm{D}^{4{,}87}}$$

$$\mathrm{D} = \left[\frac{1743{,}811141 * \mathrm{L} * \mathrm{Q}^{1{,}85}}{\mathrm{Hf} * \mathrm{C}^{1{,}85}}\right]^{1/4{,}87}$$

Dónde:

Hf = Pérdida de carga (m)

Q = Caudal en la tubería (lt/s)

L = Longitud de la tubería (m)

D = Diámetro (pulgadas)

C = Coeficiente de rugosidad en la tubería

Para optimizar diámetros mayores en tramos de tubería, en función a la carga disponible, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$L_{\emptyset 2} = \frac{L * (Hf - Hf_{\emptyset 1})}{Hf_{\emptyset 2} - Hf_{\emptyset 1}}$$

$$L_{\emptyset 1} = L - L_{\emptyset 2}$$

Dónde:
Hf = Pérdida de carga permisible
HfΦ1 = Pérdida de carga provocada por el diámetro mayor
HfΦ2 = Pérdida de carga provocada por el diámetro menor
LΦ1 = Longitud de tubería de diámetro mayor
LΦ2 = Longitud de tubería de diámetro menor

- Tipo de tuberías

En sistemas de acueductos, se utiliza generalmente tubería de cloruro de polivinilo rígido (pvc) y de hierro galvanizado (HG).

La tubería pvc, es una tubería plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar, pero es necesario protegerla de la intemperie.

La tubería HG es de acero, recubierta tanto en su interior como en su exterior por zinc, es utilizada en lugares donde la tubería no se puede enterrar, donde se requiera una presión mayor de 175 metros columna de agua, o 250 PSI, en pasos de zanjón o aéreos. Para altas presiones, se recomienda utilizar en cuanto sea posible tubería PVC de alta presión y HG sólo donde el PVC no

soportará la presión, o donde las características del terreno no permitan su empleo, ya que su costo es alto.

- Diámetro de tuberías

Para el diseño hidráulico, el diámetro de la tubería se calcula de acuerdo con el tipo de sistema que se trate; cuando se diseña, se utiliza el diámetro interno de la tubería.

- Coeficiente de fricción

Cuando se emplea la fórmula de Hazen & Williams, para el diseño hidráulico con tubería pvc, se puede utilizar un coeficiente de fricción (C), 140 a 160, y se recomienda un C = 140 cuando se duda de la topografía C = 150, para levantamientos topográficos de primero y segundo orden. Para tuberías de HG, puede utilizarse un C = 100. En caso de utilizar otras fórmulas, se deben utilizar coeficientes de fricción equivalentes a las mismas.

2.2.8. Presiones y velocidades

La presión hidrostática en la línea de conducción no excederá al 80 por ciento de la presión de trabajo de la tubería.

Entre los límites recomendables para verificar la presión y velocidad del líquido dentro de las tuberías de distribución, se tiene que la presión hidrostática no debe sobrepasar los 60 metros columna de agua ya que después de alcanzarse una presión de 50 metros columna de agua se corre el riesgo de que fallen los empaques de los chorros.

En cuanto a la presión hidrodinámica en la red de distribución, ésta debe estar entre 40 y 10 metros columna de agua. Aunque en algunas regiones por la topografía irregular, se hace difícil mantener esta presión, por lo se podría aceptar hasta una presión mínima de 6 metros columna de agua.

Según UNEPAR la velocidad del líquido en conducciones forzadas, para que no existan sedimentación o desgastes, la velocidad mínima recomendable es de 0,6 metros por segundo, la velocidad máxima recomendable es de 2 metros/segundo, y para conducciones por gravedad la mínima es de 0,4 metros/segundo y la máxima es de 3 metros/segundo.

Para el cálculo de las velocidades en la línea de distribución se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = Q/A$$

Dónde:
V= velocidad del fluido dentro de la tubería (m/seg)
Q= caudal (l/seg)
A= área de la tubería (m²)

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

2.2.9. Levantamiento topográfico

La topografía para un proyecto de agua potable define el diseño del sistema, ya que tiene por objeto medir las extensiones del terreno para

determinar la posición planimetríca y elevación de puntos situados sobre y bajo la superficie del terreno altimetría.

Después de realizar un recorrido por el proyecto para conocer las condiciones topográficas del lugar, la dispersión de viviendas, el posible recorrido de la línea de conducción y la red de distribución, se procedió el levantamiento topográfico.

Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó el equipo siguiente: estación total marca LEICA modelo TCR300, plomada, estacas, prismas.

2.2.9.1. Planimetría

El levantamiento topográfico se realizó con una poligonal abierta, tomando información de puntos a cada 10 metros aproximadamente.

2.2.9.2. Altimetría

Para la realización de los trabajos de altimetría se utilizó la estación total, se midieron las alturas aproximadamente a cada 10 metros.

2.2.10. Diseño hidráulico del sistema

El diseño hidráulico se divide en dos partes fundamentales las cuales son: línea de conducción y red de distribución, también se debe tomar en cuenta que para diseñar se debe conocer la resistencia de la tubería.

2.2.10.1. Tipo de fuente

La fuente será un pozo mecánico de 300 pies de profundidad y 8 pulgadas de diámetro.

2.2.10.2. Perfil estratigráfico y niveles del pozo

Contempla la información obtenida cuando se perforo el pozo indicando los estratos de suelo, sus alturas, y la ubicación de la tubería ranurada. Esta información es útil para la ubicación de la bomba. Ver apéndice.

2.2.10.3. Aforo del pozo

El aforo de una fuente de agua es la medición de cuánta agua produce en determinado tiempo, conociéndo como caudal. Es una de las partes más importantes, ya que éste indicará si la fuente es suficiente para abastecer a toda la población.

Se tomará como producción efectiva del pozo, el 70 por ciento después de 48 horas de bombeo continuo, el revestimiento deberá sellarse con un mortero hasta una profundidad mínima de 3 metros (sello sanitario). Para este caso se obtubo un caudal de 185 galones por minuto después de 24 horas de bombeo.

2.2.10.4. Línea de conducción por bombeo

Se diseña para conducir el caudal máximo diario durante el período de bombeo adoptado. El diámetro de la tubería de bombeo ó impulsión se

determina por pérdidas utilizando Hazen Williams. Se debe de determinar el diámetro económico de la siguiente forma.

Primero: con el caudal de bombeo, determinar el diámetro para: V=0,60 m/s y V=2,0 m/s. con la siguiente fórmula:

$$D = \left(\frac{1{,}975 x Qb}{V}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Con Qb = 4,21 para V=0,60 Con Qb = 4,21 para V=2,00

$D = \left(\frac{1{,}975 x 4{,}21}{0{,}60}\right)^{\frac{1}{2}} = 3{,}72 \sim 3"$ $D = \left(\frac{1.975 x 4{,}21}{2{,}00}\right)^{\frac{1}{2}} = 2{,}04 \sim 2\ ½"$

Los diámetros comerciales se obtienen en la franja de 2,04 a 3,72.

Segundo: se calcula las pérdidas de carga para para los diámetros obtenidos: D_{max} =3" y D_{min}=2 ½" con la siguiente formula :

$$Hf = \frac{1743{,}811\ xL\ xQ^{1{,}85}}{C^{1{,}85}\ x\ D^{4{,}87}}$$

Con los siguientes valores L=225.5 m, Q=4.21 l/s, C=150

$Hf_{3"} = \frac{1743{,}811\ x225{,}5\ x4{,}21^{1.85}}{150^{1{,}85}\ x\ 3^{4{,}87}} = 2{,}51$ $Hf_{2{,}5"} = \frac{1743{,}811\ x225{,}5\ x4{,}21^{1{,}85}}{150^{1{,}85}\ x\ 2{,}5^{4{,}87}} = 6{,}11$

Tercero: se calcula la potencia para $Hf_{3"}$ = 2,51 y $Hf_{2{,}5"}$ = 6,11" con la siguiente fórmula :

$$\text{Pot} = \frac{\text{H}_\text{f}\,\text{x}\,\text{Q}}{76 * \text{e}}$$

Con los siguientes valores Q=4,21 y e = 70%

Con $Hf_{3"}$ = 2,51 Con $Hf_{2,5"}$ = 6,11”

$\text{Pot}_{3"} = \frac{2,51\ \text{x}\ 4,21}{76*0,7} = 0,19\ \text{Hp}$ $\text{Pot}_{2,5"} = \frac{6,11\ \text{x}\ 4,21}{76*0,7} = 0,48\text{Hp}$

Cuarto: se pasa la potencia a kilowatts, de acuerdo a: 1,0 HP = 0,746 Kw.

$$Pot_{3"} = 0,19\ Hp * 0,746 = 0,14Kw$$
$$Pot_{2,5"} = 0,48Hp * 0,746 = 0,36Kw$$

Quinto se calcula las horas de bombeo al mes y con esto se obtiene el consumo de energía al mes, con la siguiente fórmula:

$$\text{t}_{\text{b}"} = \frac{6,0\ \text{h}}{\text{dia}}\text{x}\frac{30,0\ \text{xdia}}{1\ \text{mes}} = 180,0\ \text{horas/mes}$$

Consumo de energía al mes:

$$\text{Pot}_{2,5"} = 0,36\ \text{x}\ 180 = 64,8\ \text{kw}.\frac{\text{h}}{\text{mes}}.$$
$$\text{Pot}_{3"} = 0,14\ \text{x}\ 180 = 25,2\ \text{kw}.\frac{\text{h}}{\text{mes}}.$$

Sexto: de acuerdo a la región se obtiene el costo de energía siendo para la región de interés Q.1,96 Kw.h, obteniendo los siguientes resultados:

$$Costo_{2,5"} = \ 64{,}8\ kw.\frac{h}{mes}\ x\ Q.1{,}96\ kw.hora = Q.127.00/mes$$

$$Costo_{3"} = \ 25{,}2\ kw.\frac{h}{mes}\ x\ Q.1{,}96\ kw.hora = Q.49.39/mes$$

Séptimo: costo de instalación de tubería PVC 160 PSI para diámetro 2,5" = Q.244,36 y para diámetro 3"= Q.365,44, se obtiene los siguientes resultados:

$$\text{Costo}_{2,5"} = \left(\frac{255{,}5}{6}\right)\text{tubos x Q.}\,244.36 = \text{Q.}\,10{,}405.66$$

$$\text{Costo}_{3"} = \left(\frac{255{,}5}{6}\right)\text{tubos x Q.}\,365.44 = \text{Q.}\,15{,}561.65$$

Octavo: cálculo de amortización para i= 11% y t= 10 años, con la siguiente fórmula:

$$\text{R} = \frac{0{,}11}{12\ \text{meses}} = 9.17\text{E}^{-3}\ \text{y} \qquad \text{n} = 10\ \text{años x}\frac{12\ \text{meses}}{1\ \text{año}} = 13{,}77\text{E}^{-3}$$

$$\Delta = \frac{\text{R(R+1)}^{\text{n}}}{\text{(R+1)}^{\text{N}}-1} \qquad \Delta = \frac{9{,}17\text{E}^{-3}\left(9{,}17\text{E}^{-3}+1\right)^{120}}{\left(9{,}17\text{E}^{-3}+1\right)^{120}-1} = 0{,}013775001129$$

Noveno: costo real del tubo:

$$\text{Costo}_{2,5"} = \text{Q.}\,10{,}405.66\ \text{x}\ 0.013775001129 = \text{Q.}\,136.47$$

$$\text{Costo}_{3"} = \text{Q.}\,15{,}561.65\ \text{x}\ 0.013775001129 = \text{Q.}\,204.09$$

Décimo: costo total:

Tabla XVII. **Costo total para diámetro económico**

Φ	**Costo energía**	**Costo Tubería**	**Costo Total**
2 1/2"	Q 127.00	Q 136.47	Q 263.47
3"	Q 49.39	Q 204.09	Q 253.48

Fuente: elaboración propia.

El diámetro económico es el de 3”.

- Velocidad del fluido

La velocidad que el fluido alcance, es importante para determinar que en la tubería, no se formen sedimentaciones y no existan desgastes.

Según UNEPAR la velocidad del líquido en conducciones forzadas, para que no existan sedimentación o desgastes, está entre 0,6 metros por segundos como mínimo y 2,0 metros por segundo como máximo.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = 1{,}974 * Qb/Ø$$

$$V = 1{,}974 * 4{,}21/3^2$$

$$V = 0{,}92\ m/s$$

La velocidad es aceptable ya que se encuentra entre 0,6 metros/segundos y 2,0 metros/segundos y garantiza que no existirá erosión ni sedimentación.

- Integración de pérdidas

Es la suma de todas las pérdidas, dentro de la línea de conducción.

  - Altura entre nivel dinámico a boca del pozo (hf1)

Es la diferencia de altura entre el nivel dinámico y el brocal del pozo donde se coloca el sello sanitario, en nuestro caso es de 44 metros, y se designa como:

$$\mathrm{Hf1} = 44\mathrm{m}$$

  - Pérdidas de carga en columna – tubo (hf2)

Es la pérdida que se tiene por fricción en la tubería dentro del pozo, se calcula con la fórmula Hazen & Williams. El coeficiente c de Hazen-Williams adoptado para tubería nueva de hierro galvanizado es de 130.

$$\mathrm{Hf2} = \frac{1743{,}811141 * \mathrm{L} * \mathrm{Q}^{1{,}85}}{\mathrm{C}^{1{,}85} * \mathrm{D}^{4{,}87}}$$

$$\mathrm{Hf2} = \frac{1743{,}811141 * 44 * 4{,}21^{1{,}85}}{130^{1{,}85} * 1{,}9^{4{,}87}}$$

$$\mathrm{Hf2} = 5{,}91\ \mathrm{m}$$

  - Altura desde la boca del pozo a la descarga (hf3)

Es la diferencia de altura entre el sello sanitario del pozo y el tanque de distribución.

$$Hf3 = 53{,}26\ m$$

  - Pérdidas en la tubería de impulsión (hfi)

Las pérdidas en la tubería de impulsión, son las pérdidas por fricción en la tubería, se determinan de igual forma que las pérdidas en la columna.

$$\mathrm{Hfi} = \frac{1743{,}811141 * \mathrm{L} * \mathrm{Q}^{1{,}85}}{\mathrm{C}^{1{,}85} * \mathrm{D}^{4{,}87}}$$

Con los datos siguientes; Q=4,21 l/Seg; L=231.m; D=3 Plg y El coeficiente c de Hazen-Williams adoptado para tubería de PVC es de C=150.

Se obtiene:

$$\mathrm{Hfi} = \frac{1743{,}811141 * 231 * 4{,}21^{1{,}85}}{150^{1{,}85} * 2{,}9^{4{,}87}}$$

$$\mathrm{Hfi} = 3{,}03\ \mathrm{m}$$

- Pérdidas por velocidad (hfv)

Las pérdidas por velocidad, son debidas principalmente a la velocidad y a la gravedad que actúa sobre el líquido. Se determina con la fórmula siguiente:

$$\mathrm{Hfv} = \frac{\mathrm{V}^2}{2 * \mathrm{g}}$$

$$\mathrm{Hfv} = \frac{0{,}923^2}{2 * 9{,}81}$$

$$\mathrm{Hfv} = 0{,}04\ \mathrm{m}$$

- Pérdidas menores (hfm)

Las pérdidas menores, se atribuyen a pérdidas en accesorios, que se utilizan en la línea de conducción. La fórmula que se utiliza en laboratorios de Hidráulica para el cálculo es la siguiente:

$$\mathrm{Hfm} = 0{,}2\ (\mathrm{hf2} + \mathrm{hfi})$$

$$\mathrm{Hfm} = 1{,}78\ \mathrm{m}$$

- Carga dinámica total (CDT)

Es la suma de todas las cargas que se calcularon anteriormente, se determina con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{CDT} = \mathrm{Hf1} + \mathrm{Hf2} + \mathrm{Hf3} + \mathrm{Hfi} + \mathrm{Hfv} + \mathrm{Hfm}$$

$$\mathrm{CDT} = 44\mathrm{m} + 5{,}91\mathrm{m} + 53{,}26\mathrm{m} + 3{,}03\mathrm{m} + 0{,}04\mathrm{m} + 1{,}78\mathrm{m}$$

$$\mathrm{CDT} = 108{,}2\ \mathrm{m}$$

2.2.10.5. Cálculo potencia de la bomba

La potencia de la bomba, garantiza el buen funcionamiento del sistema ya que es parte importante del rendimiento del sistema. Para obtener la potencia de la bomba se utiliza la fórmula siguiente:

$$\mathrm{Pot} = \frac{\mathrm{CDT} * \mathrm{Qb}}{76 * \mathrm{e}}$$

e = eficiencia

e = 0,7*cte*.

Sustituyendo valores

$$\mathrm{Pot} = \frac{108{,}20\mathrm{m} * 4{,}21\mathrm{l/s}}{76 * 0{,}7}$$

$$\mathrm{Pot} = 8{,}74\ \mathrm{HP}$$

Para cálculos del proyecto, se tomará la bomba comercial que es de 10 HP ya que en el mercado no existe la potencia obtenida y la que más se aproxima es esa.

2.2.10.6. Verificación del golpe de ariete

El golpe de ariete es una sobre presión que existe en la tubería debido a una onda expansiva que se crea en un instante determinado, en el cual la bomba deja de impulsar agua y crea espacios con aire y cierta cantidad de agua, se precipita por efecto de la gravedad y llega a la bomba con una gran cantidad de energía que daña la bomba, para evitar estos daños se puede colocar llaves de retracción.

El golpe de ariete se calcula con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{h} = \frac{145 * \mathrm{V}}{\sqrt{1 + \frac{\mathrm{Ea} * \mathrm{D}}{\mathrm{Et} * \mathrm{e}}}}$$

h = sobre presión por golpe de ariete (m)
V = velocidad del agua en la tubería (m/seg)
D = diámetro interno de la tubería (cm)
e = espesor de la tubería (cm)
Et = módulo de elasticidad del material (Kg/cm²)
Ea = módulo de elasticidad del agua (Kg/cm²)

Sustituyendo valores

$$V = \frac{1{,}974 * 4{,}21}{3{,}23^2} = 0{,}8$$

$$h = \frac{145 * 0{,}8}{\sqrt{1 + \frac{2{,}07^4 * 8{,}204}{3^4 * 0{,}343}}}$$

$$h = 27{,}73m$$

Presión = CDT + h
Presión = 53,26 + 6,58+1,32+27,73 m
Presión = 88,89 m.c.a.

Este valor como es mayor al 80 por ciento de la presión de trabajo de la tubería de 160 psi = 160 /1 422 x 80 por ciento = 84,38 metros columna de agua, se deberá colocar una válvula de cheque horizontal.

2.2.10.7. Especificaciones del equipo de bombeo

Se instalará una bomba sumergible de 10 caballos de fuerza (hp), capacidad de 67 galones por minuto, 305,70 pies de carga dinámica total; que incluya motor sumergible de 10hp.

2.2.11. Tanque de almacenamiento

En todo sistema, incluyendo aquellos con abastecimiento por gravedad durante las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque como mínimo, con las siguientes funciones:

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.

- Almacenar agua en horas de poco consumo como reserva para contingencias.

- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.

- Regular presiones en la red de distribución.

- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

En este caso por ser sistema por bombeo, la reserva mínima deberá ser del 40 por ciento al 65 por ciento de un día de consumo medio. Salvo en los casos en que se necesite proveer una capacidad adicional para contingencias o incendios.

2.2.11.1. Cálculo del volumen

Se asume un 40 por ciento del consumo máximo diario.

$$V = \frac{40\% * Qm * 86\,400\ s}{1\,000}$$

$$V = \frac{0{,}40 * 1{,}17 \frac{l}{s} * 86\,400\ s}{1\,000}$$

$$V = 40{,}44\ m^3$$

Para efectos de diseño, el volumen del tanque será de 40,50 m³ con las siguientes dimensiones: 4,50m. x 4,50m. x 2,0m. =40,5 m.

2.2.12. Diseño estructural del tanque de distribución

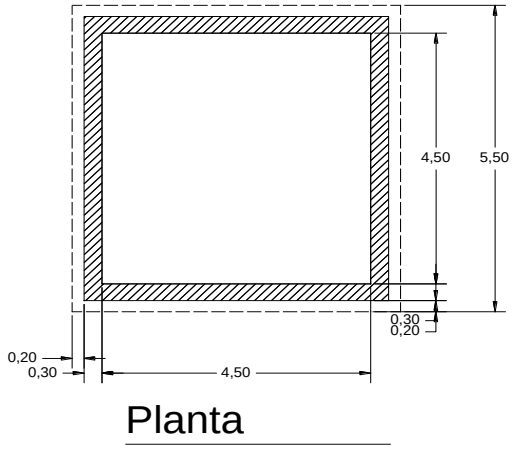
Se utilizara un tanque semi enterrado de concreto ciclópeo, cuyo propósito principal será proveer un almacenamiento de agua que pueda suplir la demanda de la población.

El presente análisis se realizará para el caso crítico, es decir, cuando el tanque está vacío.

Diseño estructural de la cubierta

La estructura de cubierta se diseñará como una losa de concreto reforzado, con las siguientes dimensiones internas 4,50 metros x 4,50 metros ver figura 14.

Figura 14. **Planta de la cubierta de la losa**



Fuente: elaboración propia.

Dimensiones de la losa

Las dimensiones de la losa se muestran a continuación:

Longitud =4,50 m

Ancho = 4,50 m

Haciendo uso del código ACI y el método 3 que dice:

Coeficiente de momentos

- Cálculo del coeficiente de momentos (m) a usar en el código ACI, que es la relación entre el lado menos y lado mayor.

$$\mathrm{m} = \frac{\mathrm{a}}{\mathrm{b}} = \frac{4{,}5}{4{,}5} = 1 > 0{,}5$$

Como 1 > 0,50, entonces la losa se diseña en dos sentidos.

Espesor de la losa

- Cálculo del espesor de la losa (t)

$$\mathrm{t} = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$\mathrm{t} = \frac{2(4{,}5 + 4{,}5)}{180}$$

$$\mathrm{t} = 0{,}10\ \mathrm{m}$$

Integración de cargas

- Cálculo de cargas

Carga muerta

Peso propio de toda la estructura.

$$\text{CM} = \text{Pplosa} + \text{sobre peso}$$

$$\text{Pplosa} = 2{,}400\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \text{t} * 1{,}00\ \text{m}$$

$$\text{Pplosa} = 2{,}400\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \ 0{,}10\text{m} * 1{,}00\ \text{m}$$

$$\text{Pplosa} = 240\,\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Sobre peso} = 90\ \text{kg/m}$$

$$\text{CM} = 240\,\frac{\text{kg}}{\text{m}} + \ 90\ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{CM} = 330\,\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Carga viva

$$\text{CV} = 100\,\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cargas últimas (CU)

Es la integración de cargas vivas y muertas, multiplicadas por un factor de seguridad. El factor para carga muerta es un 40 por ciento más, y para carga viva un 70 por ciento.

$$\text{CU} = \text{CM} * 1.\,, + \text{CV} * 1{,}7$$

$$\text{CU} = 330\,\frac{\text{kg}}{\text{m}} * 1{,}40 + 100\,\frac{\text{kg}}{\text{m}} * 1{,}7$$

$$\text{CU} = 632\,\frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Momentos que actúan en la losa

- Cálculo de momentos

Los momentos pueden ser positivos o negativos, conforme se aplique la integración de la carga en la losa y de acuerdo a la posición de giro.

$$\mathrm{CMu} = 462\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} \qquad\qquad \mathrm{CVu} = 170\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}}$$

$$\mathrm{MA}_{(+)} = \mathrm{C} * \mathrm{CMUu} * \mathrm{A}^2 + \mathrm{C} * \mathrm{CVUu} * \mathrm{A}^2$$

$$\mathrm{MA}_{(+)} = 0{,}036 * 462\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} * 4{,}5^2\mathrm{m}^2 + 0{,}036 * 170\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} * 4{,}5^2\mathrm{m}^2$$

$$\mathrm{MA}_{(+)} = 460{,}73\ \mathrm{kg} - \mathrm{m}$$

$$\mathrm{MA}_{(-)} = \frac{\mathrm{MA}_{(+)}}{3}$$

$$\mathrm{MA}_{(-)} = \frac{460\mathrm{kg} - \mathrm{m}}{3}$$

$$\mathrm{MA}_{(-)} = 153{,}58\ \mathrm{kg} - \mathrm{m}$$

$$\mathrm{MB}_{(+)} = \mathrm{C} * \mathrm{CMUu} * \mathrm{B}^2 + \mathrm{C} * \mathrm{CVUu} * \mathrm{B}^2$$

$$\mathrm{MB}_{(+)} = 0{,}036 * 462\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} * 4{,}5^2\mathrm{m}^2 + 0.{,}036 * 170\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} * 4{,}5^2\mathrm{m}^2$$

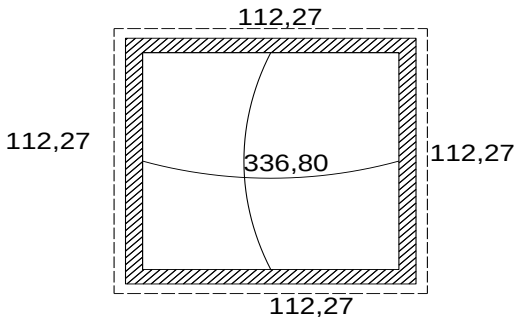
$$\mathrm{MB}_{(+)} = 460\ \mathrm{kg} - \mathrm{m}$$

$$\mathrm{MB}_{(-)} = \frac{\mathrm{MB}_{(+)}}{3}$$

$$\mathrm{MB}_{(-)} = \frac{460\mathrm{kg} - \mathrm{m}}{3}$$

$$\mathrm{MB}_{(-)} = 153{,}58\ \mathrm{kg} - \mathrm{m}$$

Figura 15. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia.

Acero mínimo y espaciamiento

Cálculo de acero mínimo ($As_{mín}$)

$$As_{min} = 14 * \frac{b * d}{f_y}$$

b = 1,00 Franja unitaria

d = t - recubrimiento

d = 10 – 2,5 cm

d = 7,5 cm

$$As_{min} = 14 * \frac{100 * 7,5}{2800}$$

$$As_{min} = 3,75\ cm^2$$

Cálculo del espaciamiento:

Calculando por regla de tres

3,75 cm_____ 100 cm

0,71 cm^2 _____ X S

S = 18,93 cm

Pero $S_{máx} = 2 * t$

$S_{máx} = 2 * 10cm$

$S_{máx} = 20\ cm$

Calculando el acero para los momentos:

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0{,}003825 * f'_c}} \right] * 0{,}85 * \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Mu = momento último (Kg-m)

b y d = en cm

f'$_c$ y f_y = en kilogramos/centímetros cuadrados

As = cm2

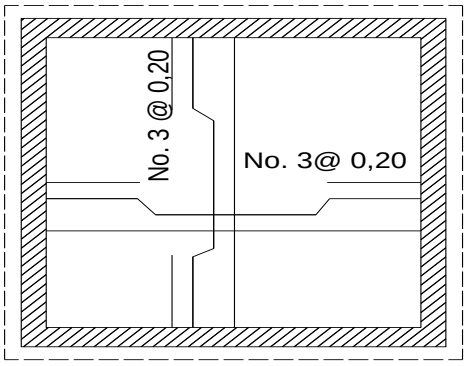
Tabla XVIII. **Acero para los momentos**

Momento	**As**	**S**	**S_{max}**	**No. varilla**
460 kg - m	2,5 cm^2	28,4 cm	18	3
153,58 kg - m	0,52 cm^2	86,59 cm	18	3

Fuente: elaboración propia.

Para este caso serán varillas No. 3 @ 0.18.

Figura 16. **Diagrama de refuerzo**



Fuente: elaboración propia.

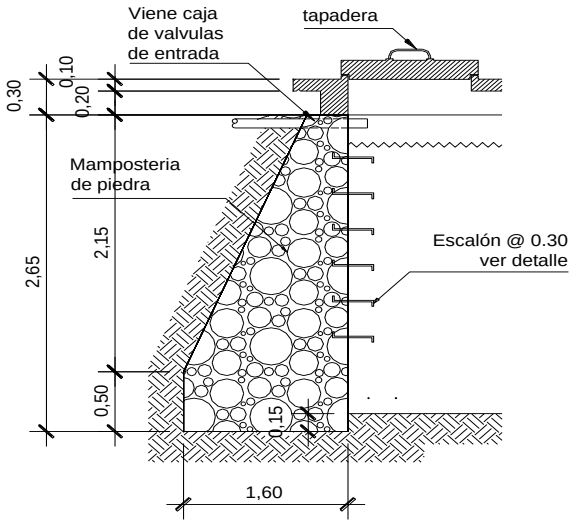
Diseño estructural del muro

El muro se puede construir de mampostería de piedra, concreto ciclópeo, concreto reforzado y de acero; en este caso, se optó por utilizar el material predominante en la comunidad, como es la piedra, por lo que éste se diseñara como muros de gravedad de concreto ciclópeo.

Para evitar la excesiva excavación para la construcción del tanque, se determinó diseñar un tanque semi enterrado, cuya condición crítica se da cuando el tanque se encuentra completamente vacío.

El diseño del tanque consiste en verificar que las presiones que se ejercen, sobre las paredes del tanque y sobre el suelo, no afectarán la estabilidad del tanque.

Figura 17. **Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro**



Fuente: elaboración propia.

El muro tendrá una altura de 2,20 m

Peso específico del agua γagua = 1 000 kg/m^3

Peso específico del concreto γconcreto = 2 400 kg/m^3

Peso específico del suelo γsuelo = 1 600 kg/m^3

Valor soporte del suelo Vs = 12 ton/m^2 (asumido)

B base = 1,6 m

H base = 0,30 m

B tierra = 1,30 m

H mojada = 2,0 m

L largo = 4,5

A ancho = 4,5 m

B pared = 0,30 m

H pared = 2,20 m

Carga viva = 100 kg/m^2

Integración de cargas que soportan los muros: La tabla con los datos de la integración de cargas se presenta a continuación:

Tabla XIX. **Integración de cargas**

Figura No.	**W (ton) = γ * Área**	**Brazo (m)**	**M = (ton – m)**
1	1,6*(1/2*1,3*2,2) =2,29	2/3*1,3+0,3 = 1,17	2,29*1,17=2,67
2	2,4*(1/2*1,3*2,2) =3,43	1/3*1,3+0,3 = 0,73	3,43*0,73=2,52
3	2,4*0,30*2,20 = 1,58	1/2 *0,3 = 0,15	1,58*0,15=0,24
4	2,4*1,60*0,40 = 1,54	1/2 *1,60 = 0,80	1,54*0,80=1,23
	∑wr = 8,84 ton		∑mr =6,66ton -m

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de cargas sobre el muro

Carga uniformemente distribuida que ejerce la viga del lado menor sobre el muro.

carga última=CU = 632 kg/m^2

área tributaria

$$\text{área} = \frac{(4{,}5 * 4{,}5)}{4} = 5{,}06 \text{ m}^2$$

Suma de cargas uniformemente distribuidas (Wlv)

$$\text{Wlv} = \frac{\text{peso del área tributaria losa}}{\text{longitud del muro}} + \frac{\text{peso propio viga}}{1 \text{ m}} * \text{fcu}$$

$$W_{losa+viga} = \frac{\frac{632\ kg}{m^2} * 5{,}06 m^2}{4{,}50\ m} + \left(2\ 400\ \frac{kg}{m^3} * 0{,}30m * 0{,}30m\right) * 1{,}4$$

$$W_{losa+viga} = 1013{,}05\ \frac{kg}{m} \cong 1{,}01\ \frac{ton}{m}$$

Peso total del muro

$$Wt = Wr + Wc$$

$$Wt = 8{,}84\ ton + 1{,}01\ \frac{ton}{m}$$

$$Wt = 9{,}85\ \frac{ton}{m}$$

Momento que ejerce la carga concentrada respecto al punto @

$$Mc = Wlv * (Brazo\ al\ punto\ @)$$

$$Mc = 1{,}01\ \frac{ton}{m} * \left(\frac{1}{2} * 0{,}30m\right)$$

$$Mc = 0{,}16\ ton - m$$

Diseño del muro del tanque

En el muro del tanque se presentan dos casos aquí se analizará el caso crítico, el tanque se encuentra vacío con empuje del suelo.

Coeficiente de la teoría de Rankine

Coeficiente del empuje activo del suelo Ka

$$Ka = \frac{(1 - sen\ 30)}{(1 + sen30)}$$

$$Ka = 0{,}3333$$

Coeficiente de empuje pasivo del suelo Kp

$$\mathrm{Kp} = \frac{1}{\mathrm{Ka}}$$

$$\mathrm{Kp} = \frac{1}{0{,}3333}$$

$$\mathrm{Kp} = 3{,}0$$

Empuje del suelo

$$\mathrm{Ps} = \frac{1}{2}\mathrm{Ka} * \gamma\mathrm{suelo} * \mathrm{H}^2$$

$$\mathrm{Ps} = \frac{1}{2} * 0{,}3333 * 1{,}6\,\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}} * 2{,}20^2\mathrm{m}^2$$

$$\mathrm{Ps} = 1{,}29\ \mathrm{Ton} - \mathrm{m}$$

Momento de empuje del suelo (Ms) con respecto al punto @

$$\mathrm{Ms} = \frac{\mathrm{Ps} * \mathrm{H}}{3}$$

$$\mathrm{Ms} = \frac{1{,}29\mathrm{ton} - \mathrm{m} * 2{,}20\mathrm{m}}{3}$$

$$\mathrm{Ms} = 0{,}95\ \mathrm{ton} - \mathrm{m}$$

Chequeos

- Estabilidad contra volteos: (FSV)

$$\mathrm{FSV} = \frac{\mathrm{Mr} + \mathrm{Mc}}{\mathrm{Ms}}$$

$$\mathrm{FSV} = \frac{6{,}66\,\frac{\mathrm{ton}}{\mathrm{m}} + 0{,}16\mathrm{ton} - \mathrm{m}}{0{,}95\mathrm{ton} - \mathrm{m}}$$

$$\mathrm{FSV} = 7{,}18 > 1{,}5$$

Por lo tanto si chequea contra volteo

- Estabilidad contra deslizamiento: (Fsd)

$Fsd = \frac{mu*Wt}{Ps}$, donde mu= coeficiente de fricción

$$Fsd = \frac{0{,}40 * 9{,}85 \frac{ton}{m}}{1{,}29\ Ton - m}$$

$$Fsd = 3{,}05 > 1{,}5$$

Por lo tanto si chequea contra deslizamiento

- Presión en la base del suelo

La distancia a partir del punto “C” donde actúan las cargas verticales es:

$$\mathrm{a} = \frac{\sum \mathrm{Mc}}{\sum \mathrm{W}}$$

$$\mathrm{a} = \frac{\mathrm{Mr} + \mathrm{Mc} - \mathrm{Ms}}{\mathrm{Wt}}$$

$$\mathrm{a} = \frac{6{,}66 + 0{,}16 - 0{,}95}{9{,}85}$$

$$\mathrm{a} = 0{,}60\ \mathrm{m}$$

Longitud en la base del muro Ao donde actúa la presión positiva (+)

$$\mathrm{Ao} = 3 * \mathrm{a} \geq \mathrm{B}$$

$$\mathrm{Ao} = 3 * 0{,}60\mathrm{m} \geq 1{,}60$$

$$\mathrm{Ao} = 1{,}80\mathrm{m} \geq 1{,}60$$

Como la distancia total de la presión positiva (Ao), es mayor que la base del muro (Bm), entonces debajo del muro no existe presión negativa.

Cálculo de presión sobre el suelo

- Excentricidad

$$e_x = \frac{Bm}{2} - a$$

$$e_x = \frac{1{,}60}{2} - 0{,}60$$

$$e_x = 0{,}20$$

- Módulo de sección por metro lineal (Sx)

$$Sx = \frac{1}{6} * Bm^2 * L$$

$$Sx = \frac{1}{6} * (1{,}60m)^2 * 1{,}0m$$

$$Sx = 0{,}43m^3$$

- Presión máxima

$$q = \frac{Wt}{Bm * l} \pm \frac{Wt * e_x}{Sx}$$

$$q = \frac{9{,}85\frac{ton}{m}}{1{,}60m * 1{,}0m} \pm \frac{9{,}85\frac{ton}{m} * 0{,}20m}{0{,}43m^3}$$

$$q = 6{,}16\frac{ton}{m^2} \pm 4{,}58\frac{ton}{m^2}$$

$$qmax = 6{,}16 + 4{,}58 = 10{,}74\ \frac{ton}{m^2}\ < 12\ \frac{ton}{m^2}$$

$$\text{qmin} = 6{,}16 - 4{,}58 = 1{,}58 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0$$

Como qmáx < Vs y qmin >0, las dimensiones propuestas del muro resisten las cargas a que serán sometidas.

2.2.13. Diseño de la red de distribución

Una red de distribución, es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento hasta el consumidor, su función sanitaria es brindar un servicio en forma continua, en cantidad suficiente y desde luego con calidad aceptable, por lo que se debe tratar antes de entrar a la misma.

Para el diseño de redes de distribución, es necesario considerar los siguientes criterios:

- El diseño se hará para el caudal de máximo consumo horario, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para garantizar el periodo de diseño.

- La distribución debe hacerse, mediante criterios que estén de acuerdo con el consumo real de la comunidad.

- La red de distribución se debe dotar de accesorios y de obras de arte necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo con las normas establecidas, para facilitar así su mantenimiento.

Por la forma y principio hidráulico de diseño, las redes pueden ser:

- Red ramificada o abierta

Es la que se construye en forma de árbol, se recomienda cuando las viviendas están dispersas. Los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia alimentando a los ramales secundarios.

Para el diseño de la red de distribución, se aplican las fórmulas descritas en el diseño de la línea de conducción.

- Red en forma de malla o de circuito cerrado

Es cuando las tuberías están en forma de circuitos cerrados intercomunicados entre sí. Esta técnica funciona mejor que la red ramificada, ya que elimina los extremos muertos, y permite la circulación del agua. En una red en forma de malla, la fórmula de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross, que se considera balanceado cuando la corrección del caudal es menor del 1 por ciento del caudal que entra.

Para este proyecto, el diseño de la red de distribución, por la ubicación de las viviendas, será abierta.

Cálculo hidráulico de la red de distribución

Para el diseño hidráulico el caudal de consumo por tramo, se compara con el caudal instantáneo y el caudal de distribución y el valor más alto se utiliza para determinar el diámetro de la tubería y la pérdida de carga en cada tramo. Para este cálculo se utiliza la fórmula de Hazen & Williams.

Caudal de distribución

Es el máximo consumo en una hora observado en el período de un año; se calcula mediante la fórmula:

$$\mathrm{Qd} = \mathrm{Qm} * \mathrm{FHM}$$
$$\mathrm{Qd} = 1{,}17\ \mathrm{l/s} * 2$$
$$\mathrm{Qd} = 2{,}34\ \mathrm{l/s}$$

Caudal por vivienda (Qv)

El caudal por vivienda es la cantidad de agua que consume una familia en un día, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\mathrm{Qv} = \frac{\mathrm{Qd}}{\mathrm{No.\ viviendas\ futuras}}$$
$$\mathrm{Qv} = \frac{2{,}34\mathrm{l/s}}{56\ \mathrm{viviendas}}$$
$$\mathrm{Qv} = 0{,}04179\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}}$$

Caudal de consumo por tramo

Es el caudal que consume todo un tramo de viviendas en un día, se determina con la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Qc} = \mathrm{Qv} * \mathrm{No.\ viviendas\ futuras}$$
$$\mathrm{Qc} = 0{,}04179\,\frac{\mathrm{l}}{\mathrm{s}} * \mathrm{viviendas\ del\ tramo}$$

Diseño hidráulico

El diseño hidráulico, se hará con base a la perdida de presión del agua que corre a través de la tubería. En la línea de distribución la máxima presión estática permitida es de 60 metros columna de agua, ya que a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería.

Diámetro de la tubería

Para determinar el diámetro de la tubería en la red de conducción, se hace uso de la fórmula de Hazen & Williams.

Velocidades del agua en la tubería

La velocidad del agua en la tubería es importante, ya que muy poca velocidad origina acumulación de sedimentos, en caso contrario sí la velocidad es muy alta genera erosión en la tubería. Según UNEPAR la velocidad en la red de distribución debe estar entre 0,6 y 3,00 metros/segundos, para distribuciones por gravedad.

Cota piezométrica (Cp)

Es la forma de representar gráficamente los cambios de presión en la tubería.

$$\mathrm{Cp} = \text{Cota de salida} - \text{Pérdida de carga}$$

$$\mathrm{Cp}_{\mathrm{tanque-E2}} = 1\,055{,}74 - 6{,}92$$

$$\mathrm{Cp}_{\mathrm{tanque-E2}} = 1\,048{,}81$$

Presión dinámica (PD)

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática, modifica su valor disminuyéndose por la resistencia o fricción de la paredes de la tubería, lo que era altura de carga estática, ahora se convierte en altura de presión más

pequeña, debido al consumo de presión que se llama pérdida de carga; que no es más que la energía consumida respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería. La presión del punto O es la diferencia entre la cota piezométrica del punto O y la cota del terreno de ese punto.

$$\mathrm{Pd} = \text{Cota piezométrica} - \text{Cota terreno}$$

$$\mathrm{Cp}_{\mathrm{tanque-E2}} = 1\,048{,}81 - 1\,019{,}80$$

$$\mathrm{Cp}_{\mathrm{tanque-E2}} = 29{,}01\ \mathrm{m.c.a}$$

Aplicando la fórmula de Hazen & Williams y sustituyendo valores, se obtiene el diámetro adecuado para la longitud de tubería indicada en los datos anteriores:

Tabla XX. **Diseño de red de distribución**

Pob. Inicial	336				
Pob. Futura	843		Vmax	3	
Dotacion:	120.00 lit./hab./dia		Vmin	0.6	
Qmd :	1.17 Lts./Seg.=				
Qhm :	2.34 Lts./Seg.=		COTA DEL TERRENO "Brocal del pozo "1" =		1003.98
No. De conexiones	56.00		COTA DEL TERRENO "Tanque distribucion "a" =		1057.24
Factor flujo/vivenda	0.0417857		COEFICIENTE HIDRAULICO PVC =		150.00
Altura de tanque de distribucion:	0.5		COEFICIENTE HIDRAULICO HG =		140

Tramo		Long.	Poblacion	Caudal Dis	Cota terreno		Perd*Fric.	Ø Teorico	Ø Adoptado	Perd*Fric.	Veloc.	Cota Piezometrica		Presión	# de tubos	#	Presión
Inicio	Final	Mts.	Diseño	Lits./Seg.	salida	Llegada	Hf(Mts) disp	Pulg.	Pulg.	Hf(Mts) Real	Mts./Seg.	salida	Llegada	m.c.a.	Teoricos	Tubos	de Trabajo
*Tanque de distribución "1" c/Cota terreno:					1057.24	1055.74	1055.74					mca	mca				
				Cota de salida		1055.74											
	SECTOR UNO																
	RAMAL UNO																
Tanque	E2	135.35	557	1.55	1055.74	1019.80	35.9400	1.069791608	1.5	6.9295	1.36	1055.74	1048.81	29.01	22.56	23	PVC 160 PSI
E2	6	71.28	151	0.42	1019.80	1006.73	49.0100	0.536099411	1	2.3535	0.83	1048.81	1046.46	39.73	11.88	12	PVC 160 PSI
E2	202	65.07	211	0.59	1019.80	1013.53	42.2100	0.615722954	1	3.9785	1.16	1048.81	1044.83	31.30	10.85	11	PVC 160 PSI
202	207	27.32	120	0.33	1013.53	1016.93	38.8100	0.423384374	0.75	2.3966	1.17	1044.83	1042.44	25.51	4.55	5	PVC 250 PSI
	.	299.02															

Tramo		Long.	Poblacion	Caudal	terreno	terreno	Perd*Fric.	Diam.	Diam.	Perd*Fric.	Veloc.	Cota		Presión	# de tubos	#	Presión
Inicio	Final	Mts.	Diseño	Lits./Seg.	Terreno	Terreno	Hf(Mts)	Pulg.	Pulg.	Hf(Mts)	Mts./Seg.	Piezometrica		m.c.a.	Teoricos	Tubos	de Trabajo
*Tanque de distribución "1" c/Cota terreno:					Mts	Mts	1057.24			1055.74							
				Cota de salida			1055.7400			1054.7400							
	SECTOR DOS																
	RAMAL DOS																
Tanque	46	58.57	286	0.79	1055.74	1028.78	26.9600	0.741469332	1	6.2817	1.57	1055.74	1049.46	20.68	9.76	10	PVC 160 PSI
46	48	28.90	286	0.79	1028.78	1026.94	28.8000	0.632721065	1	3.0995	1.57	1049.46	1046.36	19.42	4.82	5	PVC 160 PSI
48	61	123.95	286	0.79	1026.94	1020.04	35.7000	0.816403566	1	13.2937	1.57	1046.36	1033.07	13.03	20.66	21	PVC 160 PSI
61	66	80.43	135	0.38	1020.04	1007.00	48.7400	0.52753423	0.75	8.7841	1.32	1033.07	1024.28	17.28	13.41	14	PVC 250 PSI
		291.85															

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados, el tramo estará formado por dos sectores uno y dos con la siguiente tubería: 23 tubos de diámetro de 1 ½ pulgadas de pvc 160 libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi), 59 tubos con diámetro de 1 pulgada de pvc 160 libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) y 19 tubos con diámetro de ¾ pulgadas pvc 160 libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi), con una longitud total de 574,00 metros.

2.2.14. Sistema de desinfección

La desinfección, es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos. La filtración es un método físico, aunque por sí sólo no garantiza la calidad del agua. La ebullición destruye microorganismos patógenos que suele encontrarse en el agua. Rayos ultra violeta es un método de muy alto costo. Los métodos químicos más empleados son: el yodo, la plata y cloro.

El cloro es un poderoso desinfectante con capacidad de penetrar las células y de combinarse con las sustancias celulares vivas; siendo el más común es sistemas de acueductos rurales, usando cloro o alguno de sus derivados (hipocloritos de calcio o sodio y tabletas de tricloro).

Tabletas de tricloro

Es una forma de presentación del cloro, la cual consiste en pastillas o tabletas, tienen un tamaño de 3 pulgadas de diámetro, por 1 pulgada de espesor, con una solución de cloro al 90 por ciento y un 10 por ciento de estabilizador, el peso de la tableta es de 200 gramos y la velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas. Para ello se utiliza un recipiente en forma de termo que alberga tabletas, las que se disuelven mediante el paso del agua en el mismo; estos alimentadores vienen en

diferentes capacidades de tabletas, las que depende del caudal requerido para el proyecto.

De entre los tres derivados de cloro se eligió las tabletas a través del alimentador automático, dado que este método es mucho más económico en cuanto a su costo y operación, comparado con el hipoclorito que necesita de un operador experimentado y a tiempo completo, sin mencionar el costo y operación del gas cloro, que es otra opción en el mercado.

Para determinar la cantidad de tabletas para clorar el caudal de agua para el proyecto, se hace mediante la fórmula que se utiliza para hipocloritos, la cual es la siguiente:

$$G = \frac{C * M * D}{\%C}$$

G = Gramos de tricloro
C = Miligramos por litro
M = Litros de agua a tratarse por día
D = Número de días que durará
%C = Concentración de cloro

Para el diseño de este proyecto se determina la cantidad de tabletas de tricloro que se necesita para clorar el agua, para un período de 30 días.

$$G = \frac{0{,}001 * 101088 * 30}{0{,}90}$$

$$G = 3\,369{,}60 \text{ gr}$$

Esto significa, que se necesitan 3 370 gramos de tricloro, el equivalente a 17 tabletas por los 30 días, para lo cual se requiere de un alimentador automático modelo C-250CF, con capacidad para 20 tabletas máximo.

2.2.15. Obras hidráulicas

Con este nombre se conocen las partes indispensables, para que funcione un sistema de agua, sin intervenciones constantes por parte de una cuadrilla de fontanería.

Caja de válvulas

Son las obras de mampostería y tapadera de concreto reforzado o toda de concreto. Las cuales sirven para proteger las válvulas de la mala manipulación o sabotaje y el medio ambiente. Entre las válvulas podemos mencionar: válvulas de compuerta, válvula de aire, válvula de cheque horizontal.

Antes de seleccionar las válvulas, se deben considerar los siguientes factores: tipo de válvula, materiales de construcción, capacidad de presión y temperatura, costo y disponibilidad.

Válvula de compuerta

Estas válvulas se colocarán al principio de la red de distribución o en los lugares donde se considere necesario, para controlar el flujo de agua y para sectorizar o hacer reparaciones en determinados puntos de la red. Son de mayor uso en los sistemas de distribución, principalmente por su costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están abiertas totalmente. Ver plano diagrama de válvulas.

Válvula de aire

El objetivo de esta válvula es extraer el aire que se va acumulando dentro de la tubería; debe colocarse en la línea de conducción después de una depresión, en la parte más alta, donde el diseño hidráulico lo indique. La válvula se adaptara a la tubería a través de una abrazadera domiciliar PVC del diámetro de la tubería a ¾ de pulgada.

Válvula de cheque horizontal

El objetivo de esta válvula es detener el peso del agua cota arriba y con esto evitar sobrepasar la presión de trabajo de la tubería y daños a equipo de impulsión, en el proyecto se colocó dos válvulas de cheque una en el brocal y la otra a mitad de la línea de conducción.

Caja rompe presión

Son dispositivos que se utilizan tanto en líneas de conducción como en redes de distribución, para reducir la presión del agua y evitar el rompimiento de la tubería, siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad exijan el diseño de más de una red. Ver diagrama de válvulas.

2.2.16. Conexiones domiciliares

Lo componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua de la red de distribución al interior de la vivienda. El tipo de distribución es domiciliar en su totalidad y se construirá conforme lo especifican los planos.

2.2.17. Programa de operación y mantenimiento

El sistema de agua potable se puede comparar con una máquina donde el buen funcionamiento depende de que cada una de sus partes funcione bien.

No es solo un sistema de tuberías por donde entra, pasa y sale el agua a las conexiones. Existen tres razones importantes para efectuar la operación:

- La cantidad y calidad del agua de las fuentes, sean estas de lagos, laguna, ríos o aguas subterráneas, constituye el primer factor para el buen funcionamiento del sistema, cuidar las fuentes, una buena captación, pozos perforados constituye la base fundamental del sistema.

- Un tanque lleno es la primera condición para que se conduzca el agua hasta los lugares más altos y apartados de la comunidad.

- La presión del agua se logra con el manejo de válvulas. El abrir o cerrar válvulas permiten que se acumulen presiones suficientes en la tubería para que el agua llegue a todas las conexiones del sistema, tanto en los lugares bajos como altos.

Importancia del mantenimiento del sistema de agua potable para lo cual existen dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

Mantenimiento preventivo:

Se entenderá como mantenimiento preventivo a todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, éste se realizará con el propósito de disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse. Recomendaciones para dar mantenimiento a algunas partes del sistema

En la captación de la fuente:

Durante el invierno, se recomienda visitar el brocal del pozo una vez al mes, esto se hará para detectar desperfectos y el estado de limpieza de la misma y corregir algún problema encontrado. Se limpiará alrededor de este, la maleza y vegetación, suelo, piedra o cualquier otro material que dé lugar a obstrucción o represente un peligro de contaminación por infiltración de escorrentía de lluvia. Si existiera empozamiento de agua, deberá hacer canales de desagüe para drenar el agua y evitar contaminación.

Revisión de la línea de conducción por bombeo:

- Observar si hay deslizamiento o hundimiento en el suelo.

- Ver si existen áreas húmedas anormales sobre la línea; si es así, explorar la línea enterrada para controlar posibles fugas de agua.

- Verificar el buen estado y funcionamiento del cheque horizontal, válvulas de aire, de tal manera que permita la salida de aire.

Revisión de válvulas en la red de distribución:

Esta actividad se puede hacer cada tres meses.

- Revisar el buen funcionamiento de las válvulas, abrir y cerrar las válvulas lentamente para evitar daños a la tubería debido a las altas presiones.

Observar que no haya fuga, ruptura o falta de limpiezas, si existieran deben repararse o cambiarse.

Revisión del tanque de almacenamiento:

- Es importante realizar inspecciones cada tres meses y observar que el tanque no tenga grietas o filtraciones.

- Revisar que la escalera que conduce a la parte superior, se encuentre en buenas condiciones.

- Inspeccionar que la tapadera de visita esté en buenas condiciones.

- Verificar que el tanque esté limpio y con suficiente agua.

- Vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución se encuentren en buen estado.

Mantenimiento correctivo:

Son todas aquellas acciones que se ejecuten para reparar daños en el equipo e instalaciones, ya sean estos causados por accidentes o deterioro a causa del uso, dentro del mantenimiento correctivo se encuentran:

Reparación de tubería de hierro galvanizado

Si existe fuga por rotura, hay que excavar un metro a cada lado si en caso estuviera enterrado, por donde pasa la tubería y luego cortar el tubo, quitar el pedazo dañado, hacer una rosca con la tarraja, seleccionar o hacer el niple según la parte dañada, ponerle una camisa de dos pulgadas y una unión universal de 2 pulgadas, usar pegamento o cinta de teflón, camisa de dos pulgadas, niple de hierro galvanizado (hg), etc.

Reparación de tubería PVC

Si en la tubería de PVC existe fuga, hay que excavar 2 metros a la izquierda y 2 metros a la derecha, y luego hacer un niple con un traslape de 2 pulgadas y eliminar el agua de la zanja y tubería (trabajar en seco), esperar media hora para hacer circular el agua y probar las presión en las uniones.

Otras reparaciones

Para reparaciones complejas o más difíciles de realizar, es necesario contar con fontaneros con un poco más de experiencia, por lo que se recomienda a los comités, coordinar con las municipalidades o con UNEPAR-INFOM. Herramientas básicas para la operación y mantenimiento de los sistemas de agua: palas, piochas, marcos para sierra, sierra para metales, llaves cangrejo de 18 pulgadas, llave inglesa de 18 pulgadas, tenazas, carretillas, tarrajas, martillo.

2.2.17.1. Propuesta de tarifa

Para que un sistema de agua potable cumpla con su cometido y sea sostenible, durante el período para el que se diseña, se requiere de un fondo para operar el sistema y darle mantenimiento. Para esto se determinó una tarifa que cada una de las viviendas como usuarios deben cancelar, en función de los costos de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva.

Costo de operación (O)

Representa el pago al fontanero por revisión de la tubería y conexiones domiciliares. Asumiendo que el fontanero recorrerá 3 kilómetros de línea al día revisándola minuciosamente revisando 20 conexiones al día, contempla un factor que representa prestaciones como aguinaldo, bono 14 e indemnización.

$$O = \left(\left(\text{Long. tuberia} * \frac{1}{3} * \text{jornal}\right) + \left(\text{No. conexiones} * \frac{1}{20} * \text{jornal}\right)\right) * 1{,}43$$

$$O = \left(\left(0{,}574 * \frac{1}{3} * Q75.00\right) + \left(56 * \frac{1}{20} * Q75.00\right)\right) * 1{,}43$$

$$O = Q.\,320{,}82$$

El costo de operación es de Q. 320.82 por mes.

Costo de mantenimiento (M)

Este costo servirá para la compra de materiales del proyecto, en caso de que sea necesario cambiar los ya instalados o para la ampliación de los mismos. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0{,}004 * \text{costo total del proyecto}}{\text{Tiempo vida proyecto}}$$

$$M = \frac{0{,}004 * Q.\,512{,}000.00}{30}$$

$$M = Q.\,68.30$$

Costo de tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de tabletas de tricloro, que es el método seleccionado para la desinfección del agua, el cual se hará mensualmente.

$$T = 18 \text{ tabletas} * 22.5$$

$$T = 405.00/\text{mes}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{O + M + T}{\text{No. de viviendas}}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{320.82 + 68.3 + 405}{56}$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q}14.18 \cong \text{Q}.14.25$$

La tarifa se puede ajustar de conformidad con las características del proyecto.

2.2.18. Planos del sistema de abastecimiento de agua potable

Para este proyecto se elaboraron los siguientes planos constructivos:

- Planta de conjunto: contiene la planta general del proyecto, en el cual se indica la cantidad de viviendas, ubicación de captación, tanque de distribución, pasos especiales y obras complementarias.

- Planta – perfil: dibujo de la planta y el perfil del ramal principal y secundario.

- Tablas y detalles: se dibujaron los detalles de la captación, de tanque de distribución, de obras complementarias, etc.

2.2.19. Presupuesto

Se elaboró a base de precios unitarios, aplicando los criterios del caso del proyecto de carretera, en cuanto a indirectos se aplicó el 30 por ciento.

Tabla XXI. **Presupuesto del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable**

PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán

MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN

ENERO DEL 2011

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor Renglón
1.0	Replanteo topográfico	Ml	822.00	Q 1.50	Q 1,233.00
2.0	Línea de conducción: tubería Ø 3" PVC 160 PSI	Ml	231.00	Q 207.62	Q 47,960.22
3.0	Red de distribución: Sector uno	Ml	301.00		
3.1	Tubería Ø 3/4 PVC 250 PSI	Ml	28.00	Q 119.84	Q 3,355.52
3.2	Tubería Ø 1" PVC 160 PSI	Ml	137.00	Q 122.93	Q 16,841.41
3.3	Tubería Ø 1 1/2" PVC 160 PSI	Ml	136.00	Q 154.65	Q 21,032.40
4.0	Red de distribución: sector dos	Ml	293.00		
4.1	Tubería Ø 3/4 PVC 250 PSI	Ml	81.00	Q 119.84	Q 9,707.04
4.2	Tubería Ø 1" PVC 160 PSI	Ml	212.00	Q 121.22	Q 25,698.64
5.0	Tanque de distribución de 40.50 M^3	M^3	40.50	Q 2,045.11	Q 82,826.96
6.0	Conexiones domiciliares	U	45.00	Q 851.30	Q 38,308.50
7.0	Caseta de Bombeo	M^2	4.00	Q 6,354.24	Q 25,416.96
8.0	Banco de transformación trifasico	Global	1.00	Q 105,710.00	Q 105,710.00
9.0	Suministro de equipo de bombeo de 10.0 HP + accesorio	Global	1.00	Q 89,100.00	Q 89,100.00
10.0	Sistema de cloracion	U	1.00	Q 12,943.70	Q 12,943.70
11.0	Valvulas con caja de concreto	U	9.00	Q 3,119.04	Q 28,071.36
			Sub-Total Ejecución:		**Q 508,205.71**
13	Rotulo	Global	1.00	Q 1,794.29	**Q 1,794.29**
			Costo total del proyecto:		**Q 510,000.00**

EL PRESENTE ASCIENDE A LA CANTIDAD DE: **QUINIENTOS DIEZ MIL QUETZALES**

CON 00/100 (Q.510,000.00)

Fuente: elaboración propia.

2.2.20. Cronograma de ejecución

Sirven para definir la duración de la ejecución del proyecto, programando cada uno de los renglones durante el tiempo que se tiene para entregar la obra.

Tabla XXII. **Cronograma de avance físico**

Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta, San Cristóbal Totonicapán

CRONOGRAMA DE AVANCE FISICO

		1er. Mes				2do. Mes				3er. Mes			
No.	RENGLON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.0	Replanteo topográfico												
2.0	Línea de conducción: tubería Ø 3" PVC 160 PSI												
3.0	Red de distribución: Sector uno												
3.1	Tubería Ø 3/4 PVC 250 PSI												
3.2	Tubería Ø 1" PVC 160 PSI												
3.3	Tubería Ø 1 1/2" PVC 160 PSI												
4.0	Red de distribución: sector dos												
4.1	Tubería Ø 3/4 PVC 250 PSI												
4.2	Tubería Ø 1" PVC 160 PSI												
5.0	Tanque de distribución de 40.50 M³												
6.0	Conexiones domiciliares												
7.0	Caseta de Bombeo												
8.0	Banco de transformación trifasico												
9.0	Suministro de equipo de bombeo de 10.0 HP + accesorios												
10.0	Sistema de cloracion												
11.0	Valvulas con caja de concreto												
13.0	Rotulo												
14.0	Entrega del proyecto												

Fuente: elaboración propia.

2.2.21. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA), es el estudio de todos los impactos relevantes, positivos y negativos, de una acción propuesta sobre el medio ambiente. Se empleará el formato de evaluación ambiental proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Tabla XXIII. **Evaluación inicial de impacto ambiental**

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

REPUBLICA DE GUATEMALA.

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

(Formato propiedad del MARN)

Instrucciones	**Para uso interno del MARN**
El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario Ventanilla Única no lo aceptará. • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial (EAI), colocando una X en las casillas donde corresponda y **debe** ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información **debe** ser completada, utilizando letra de **molde legible** o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.	No. Expediente: Clasificación del Listado Taxativo Firma y Sello de Recibido MARN
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad: *Construcción sistema de agua potable para el barrio Santiago Parte Alta San Cristóbal Totonicapán.*	
I.2. Información legal: **A) Nombre del Proponente o Representante Legal:** Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán **De la empresa:** Razón social: Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán. Nombre Comercial:	

Continuación de la tabla 23.

No. De Escritura Constitutiva: l_____

Fecha de constitución: _____

Patente de Sociedad Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

Patente de Comercio Registro No._____ Folio No. _____ Libro No. _____

No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____

de_____

_____ donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.

Número de Identificación Tributaria (NIT):

I.3 Teléfono 53184-9725 Correo electrónico: _munisancristoto@hotmail.com

I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto:

Barrio Santiago Parte Alta, Cabecera Municipal San Cristóbal Totonicapán.

Especificar Coordenadas UTM o Geográficas

Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84	
1643567	

I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)

2da. Avenida 5-54 Zona 1 San Cristóbal Totonicapán.

I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo:

II. INFORMACION GENERAL

Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes**:**

Etapa de:

II.1 Etapa de Construcción**	**Operación**	**Abandono**
Se instalara equipo de bombeo de 10 HP en el pozo existente La línea de conducción asi como los ramales 1 y 2 se instalara tubería de PVC y accesorios necesarios para el buen funcionamiento. ** Adjuntar planos	Actividades o procesos Materia prima e insumos Maquinaria Productos y subproductos (bienes o servicios) Horario de trabajo Otros de relevancia	- acciones a tomar en caso de cierre

Continuación de la tabla 23.

II.3 Área

Área total de terreno en m2._____10,800.00_____Longitud total del proyecto en ml:_____574.00_____

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE_____Área de Cultivo y Viviendas_____ SUR_____Área de Viviendas_____

ESTE _____Área de Cultivo y Viviendas_____ OESTE _____Área de Cultivo y Viviendas

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO
El área es Cultivo y Viviendas	**Norte**	**Dentro del área**
El área es Cultivo y Viviendas	**Sur**	**Dentro del área**
El área es Cultivo y Viviendas	**Este**	**Dentro del área**
El área es Cultivo y Viviendas	**Oeste**	**Dentro del área**

II.5 Dirección del viento: Noreste

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (**x**) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras_____

b)Número de empleados por jornada___10__ Total empleados ___10__otros datos laborales, especifique_____

II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS…

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...

	tipo	si/no	cantidad/ (mes, dia, hora)	proveedor	uso	especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
agua	servicio público						
	pozo						
	agua superficial	X	0.5 ton. Día	empresa	exclusivo proyecto	Compactar zanjas	toneles
	otro						
combustibles*	gasolina	X	5 gal. Día	empresa	transporte	para transportar personal	vehiculo
	diesel						
	bunker						
	glp						
	Otro						
lubricantes	Solubles	X	2 lt. Sem.	Empresa	transporte		galones
	no solubles						
refrigerantes							
OTROS							

*NOTA: Si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenamiento de combustibles, adjuntar copia

Continuación de la tabla 23.

III. TRANSPORTE
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: Número de vehículos _____1_____ Tipo de vehículo_____pick-up_____ sitio para estacionamiento y área que ocupa _____área de proyecto_____
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIAD

IV. 1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

No.	**Aspecto Ambiental**	**impacto ambiental**	**Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)**	**Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales**	**Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.**
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Polvo por movimiento de tierra, en poca proporción.	Dentro del área del proyecto	Se humedecerá para evitar el levantamiento de polvo.
		Ruido	No aplica, no se generará		
		Vibraciones	Cuando se compacte el suelo.	Afecta solo el área del proyecto	
		Olores	No aplica no se generará.		
2	Agua	Abastecimiento de agua	Ninguna afección		
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas	Cantidad: no aplica		
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: no aplica	Descarga:	
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: no aplica	Descarga:	
		Agua de lluvia	Captación: no aplica.	Descarga	

Continuación de la tabla 23.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: no aplica.		
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: no aplica.	Disposición	
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	no aplica.		
		Modificación del relieve o topografía del área	no aplica. Todo esta establecido y delimitado.		
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	No se dañará		
		Fauna (animales)	No se dañará		
		Ecosistema	No se dañará		
5	Visual	Modificación del paisaje	Ningún cambio		
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Cambio social y económico positivo.		
7	Otros				

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA

CONSUMO

V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)_____

V. 2 Forma de suministro de energía

a) Sistema público _____No se utilizara_____

b) Sistema privado _____

c) generación propia _____

V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI_____ NO_____X_____

V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

No se utilizara

VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD

Continuación de la tabla 23.

VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:

la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio

la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores

la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores

Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:

Ninguna actividad de riego a la población, porque está lejano a sitios de residencias.

VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?

a) inundación ( ) b) explosión ( ) c) deslizamientos (x)

d) derrame de combustible ( ) e) fuga de combustible ( ) d) Incendio ( )

e) Otro ( )

Detalle la información explicando el por qué? dentro del área del proyecto se tiene un porcentaje de pendiente elevado quedando expuesto a derrumbes cuando se realicé el zanjeo.

VI.3 riesgos ocupacionales:

Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores

La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores

La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores

No existen riesgos para los trabajadores

Ampliar información: *Se considera que no se tiene riesgo alguno porque no existe áreas peligrosas*.

VI.4 Equipo de protección personal

VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ( )

VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

Casco, guantes, botas.

VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Con el equipo que se tiene no se tendrá problema

Vo.Bo. Ing. Carlos Abel Noriega Velásquez

Directos General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales

Fuente: elaboración propia.

2.2.22. Evaluación socioeconómica

Es básicamente investigar si los fondos que cuesta el proyecto, van a beneficiar a la población, si cumple con los objetivos socioeconómicos nacionales planteados para el desarrollo del País; aunque ciertos proyectos sociales no cumplen con la rentabilidad financiera mínima, pero son básicos para solventar necesidades de la población, permitiendo efectuar una priorización de alternativas de proyectos de acuerdo a su valor social.

2.2.22.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es la diferencia entre el valor presente de los ingresos esperados de una inversión y el valor presente de los egresos que la misma ocasione.

2.2.22.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés con la cual el valor presente neto es igual a cero. Siendo un criterio de rentabilidad y no de ingreso monetario neto como el valor presente neto. Para este tipo de proyecto no aplican las evaluaciones cuantitativas, solamente las evaluaciones cuantitativas para proyectos sociales, por lo que se hace un análisis de costo – eficiencia.

$$\text{Costo} - \text{eficiencia actual} = \frac{\text{Costo total}}{\text{No. de beneficiarios}}$$

$$\text{Costo} - \text{eficiencia actual} = \frac{\text{Q. } 510\ 000{,}00}{336\ \text{Hab.}}$$

$$\text{Costo} - \text{eficiencia actual} = \text{Q. } 1\ 517{,}86$$

El costo-eficiencia actual, es de Q 1 517,86 por beneficiario. El costo-eficiencia anual, para una vida útil de 30 años es de 50,60 por beneficiario.

$$\text{Costo} - \text{eficiencia Proyectado} = \frac{\text{Q. } 510\ 000{,}00}{843\text{hab.}}$$

$$\text{Costo} - \text{eficiencia actual} = \text{Q. } 604{,}98$$

El costo-eficiencia proyectado, es de Q 604,98 por beneficiario.

CONCLUSIONES

1. Para poder pavimentar la carretera que conduce al cantón San Ramón es necesario que la municipalidad asigne la cantidad de diez millones cuatrocientos mil quetzales, con lo cual se mejorará su conformación, trazo y carpeta de rodadura, con lo cual se mejorara la viabilidad en toda época del año.

2. Construyendo la carretera traerá desarrollo económico, social, pero sobre todo se elevará la calidad de vida de sus pobladores del cantón.

3. El proyecto de agua potable para la parte alta del Barrio Santiago, se puede ejecutar ya que existen las condiciones técnicas para su construcción debido a que cuenta con un pozo perforado y únicamente se necesita equiparlo con equipo de bombeo y red de distribución, para lo cual se deberá de asignar la cantidad de quinientos diez mil quetzales.

RECOMENDACIONES

1. Debido al crecimiento poblacional del cantón San Ramón es indispensable desarrollar un reglamento municipal de construcción previendo el futuro crecimiento de nuevas calles y avenidas, ya que actualmente se están instalando lotificadoras, a las cuales se les debe de exigir áreas verdes, recreativas y la conexión de sus calles y avenidas con el resto del cantón.

2. La municipalidad debe de velar porque se respete el derecho de vía de la carretera de ingreso al cantón San Ramón ya que apenas se logra llegar a 7,0 metros el ancho de la vía.

3. Las conexiones de agua potable de la cabecera municipal carecen medidores de consumo, lo que provoca una carencia del vital líquido por el mal uso que se le da. De tal forma que la municipalidad debe de implementar el sistema de medidores.

4. Si no fuese posible implementar el sistema de medidores por parte de la municipalidad por la negativa de la población que actualmente tienen títulos de propiedad, las autoridades municipales deberán emitir el acuerdo municipal legalizando todas las conexiones ilícitas las cuales pasaran a ser conexiones nuevas, las cuales deberán llevar su respectivo medidor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*, Guatemala: MCVI, 2001. 724 p.

2. GÁLVEZ GONZÁLEZ, Nestor Daniel. *Diseño de pavimento rígido para el caserío Navidad, aldea Las Lagunas y diseño del alcantarillado sanitario para el cantón El Centro, aldea La Federación, San Marcos, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 177 p.

3. MARTINEZ CANO, Ricardo Francisco. *Evaluación de normas de diseño para acueductos rurales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS. 1996. 55 p.

4. YLLESCAS PONCE, Álvaro Danilo. *Diseño de tramo carretero comprendido desde el Entronque del km. 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Senamit, del municipio de Nahualá departamento de Sololá.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2003. 94 p.

ANEXOS

Laboratorio Central
Centro Tecnológico

15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 22864178 Fax: 22864181

SUELOS

NORMA
AASHTO T-11 y T-27

CLIENTE:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL
CONTACTO:	ING. GEOVANNY RODRIGUEZ / ING. WILLIAM OLIVERO
MUESTRA:	SUELO MUESTRA M4 Y M5 (LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO)
PROCEDENCIA	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN

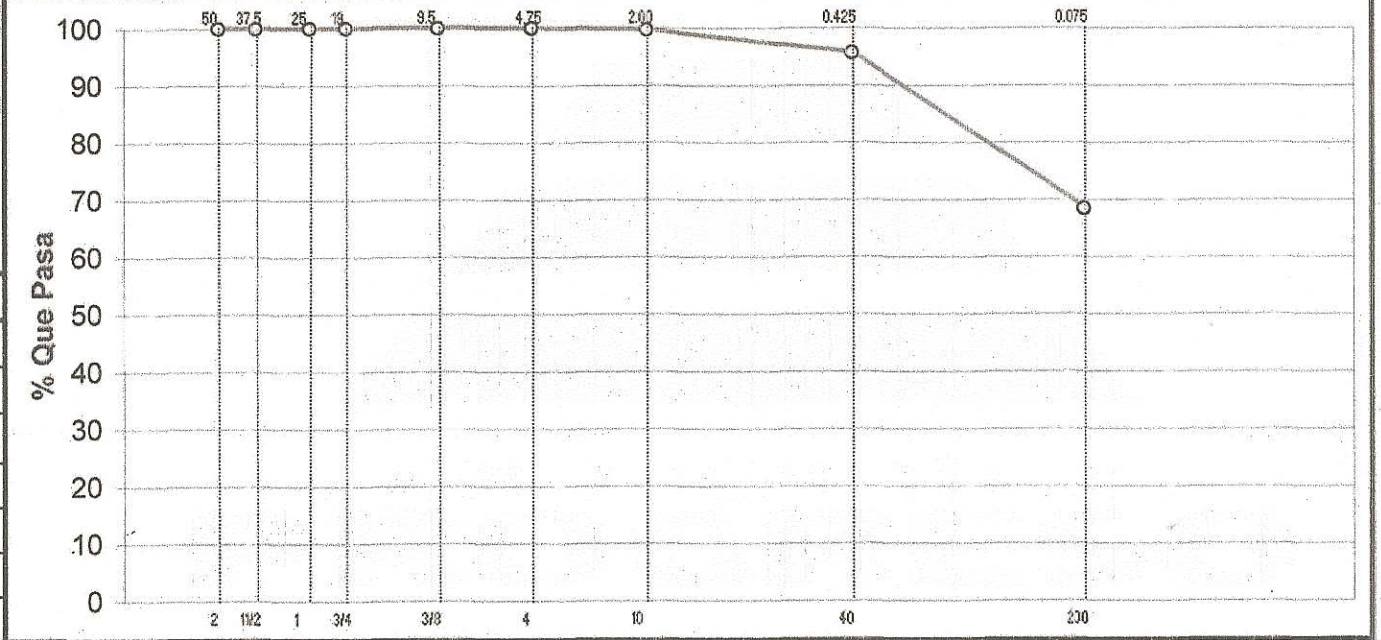
Ing. Mario de León M.
Jefe de Laboratorio

INFORME

OT:	11885
Fecha:	2008-11-04
Laboratorio:	SUELOS
Analista:	ER
Fecha Ensayo:	2008-11-17
Supervisor:	MDL
Fecha impresión:	2008-11-24

ENSAYO DEL AGREGADO

Grava %	0.30
Arena %	31.30
Limos %	68.40
Arcillas %	-
Clasificación SCU:	ML
PRA:	A-4
MUS kg/m3	894



TAMIZ (mm)	50	37.5	25	19	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
TAMIZ (")	2	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200
% Que Pasa	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	95.7	68.4

Tipo de Ensayo:
CON TAMICES Y LAVADO PREVIO

Descripción del Suelo:
LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

cementos PROGRESO

Laboratorio Central
Centro Tecnológico
15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 22864178 Fax: 22864181

Cliente:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL	OT:	11885	Fecha	
Contacto:	ING. GEOVANNY RODRIGUEZ / ING. WILLIAM OLIVERO	Fecha:	2008-11-04	Impresión:	2008-11-24
Muestra:	SUELO MUESTRA M4 Y M5 (LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO)	Laboratorio:	SUELOS		
Procedencia:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN	Analista:	ER		
		Supervisor:	MDL	*Ing. Mario de León M.* Jefe de Laboratorio	

INFORME

ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

NORMA AASHTO T-89, T-90 Y T-146

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL %	IP %	SCU	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	SUELO	NO PLASTICO	ML	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

Laboratorio Central
Centro Tecnológico

15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 22864178 Fax: 22864181

Cliente:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL	OT:	11885	Fecha	
Contacto:	ING. GEOVANNY RODRIGUEZ / ING. WILLIAM OLIVERO	Fecha:	2008-11-04	Impresión:	2008-11-24
Muestra:	SUELO MUESTRA M4 Y M5 (LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO)	Laboratorio:	SUELOS		
Procedencia:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN	Analista:	ER		
		Supervisor:	MDL	*Ing. Mario de León M.* Jefe de Laboratorio	

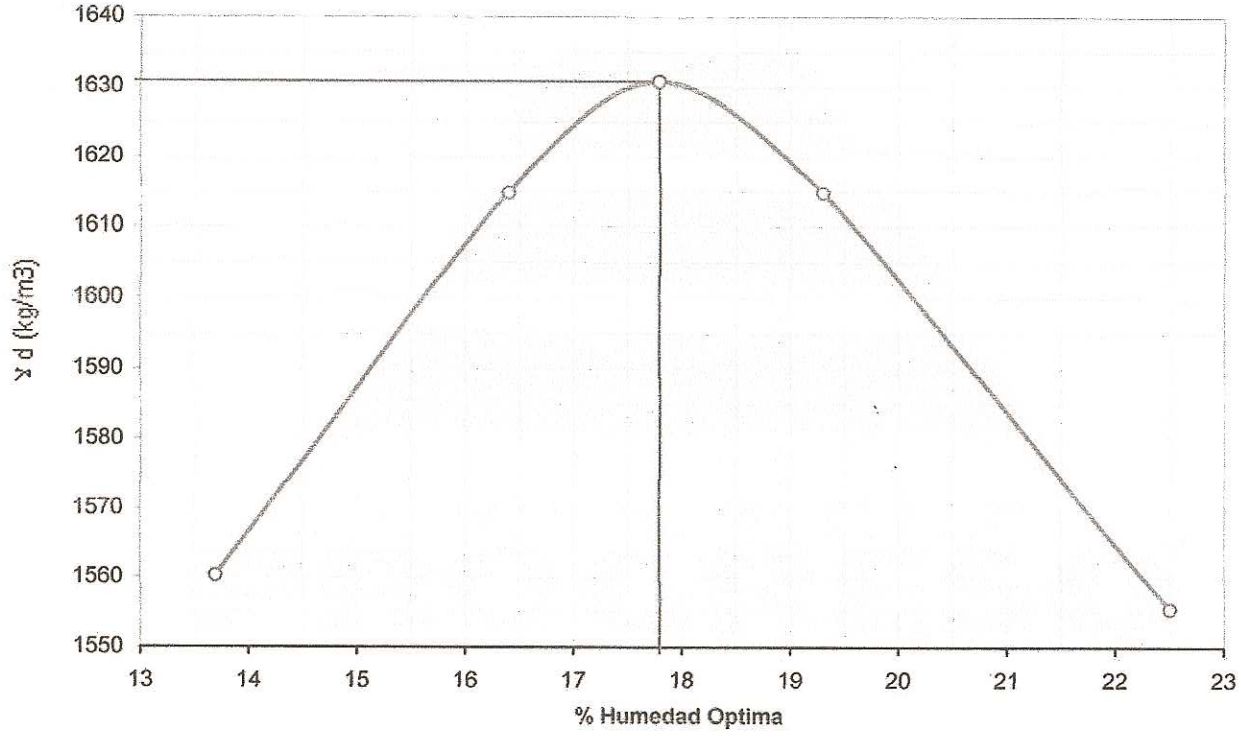
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO NORMA AASHTO T-180

DESCRIPCION SUELO: LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO

DENSIDAD SECA OPTIMA: 1.63 t/m³. 1630.7 kg/m³.

HUMEDAD OPTIMA %: 17.8

Gráfica de Densidad Seca-Humedad Relativa



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

Laboratorio Central
Centro Tecnológico

15 Ave. 18-01, zona 6 La Pedrera
Tel: 22864178 Fax: 22864181

Cliente:	ASESORIA TECNICA DIVISION COMERCIAL	OT:	11885	Fecha	
Contacto:	ING. GEOVANNY RODRIGUEZ / ING. WILLIAM OLIVERO	Fecha:	2008-11-04	Impresión:	2008-11-24
Muestra:	SUELO MUESTRA M4 Y M5 (LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO)	Laboratorio:	SUELOS		
Procedencia:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN	Analista:	ER		
		Supervisor:	MDL	*Ing. Mario de León M.* Jefe de Laboratorio	

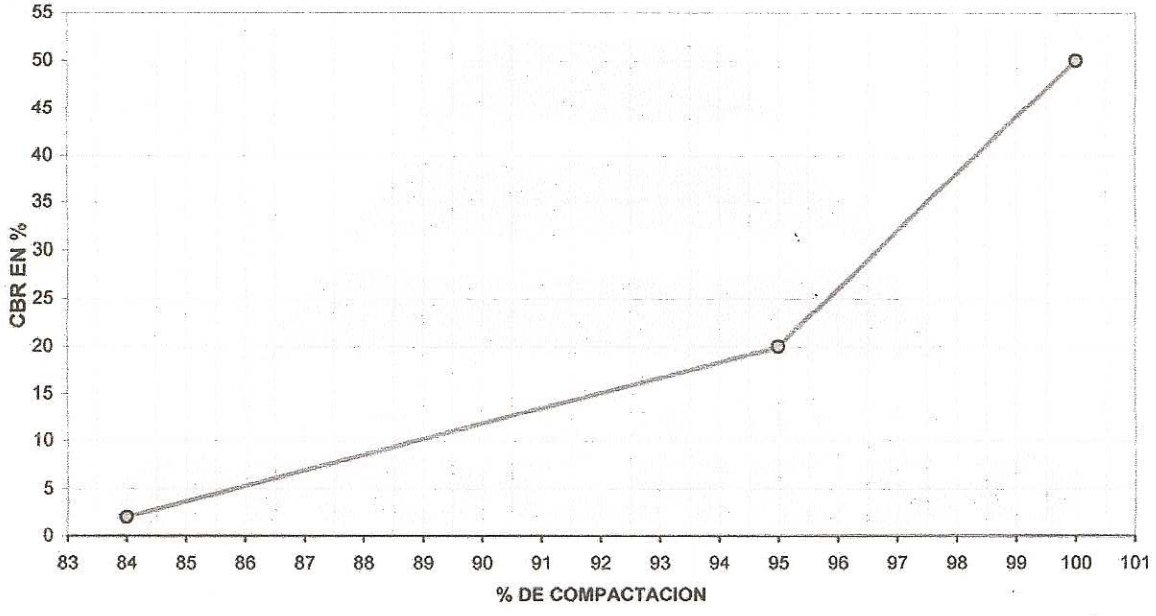
ENSAYO DE PENETRACION-C B R NORMA
AASHTO T-193

RESULTADOS:

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	CBR
	No.	W (%)	ɣ d (kg/m^3)	%	%	%
1	10	17.8	1375.5	84.0	0.8	2.0
2	30	17.8	1552.5	95.0	0.7	20.0
3	65	17.8	1674.6	100.0	0.6	50.0

DESCRIPCION SUELO: LIMO ARENO GRAVOSO COLOR CAFÉ OSCURO

ENSAYO DE PENETRACION - C B R



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

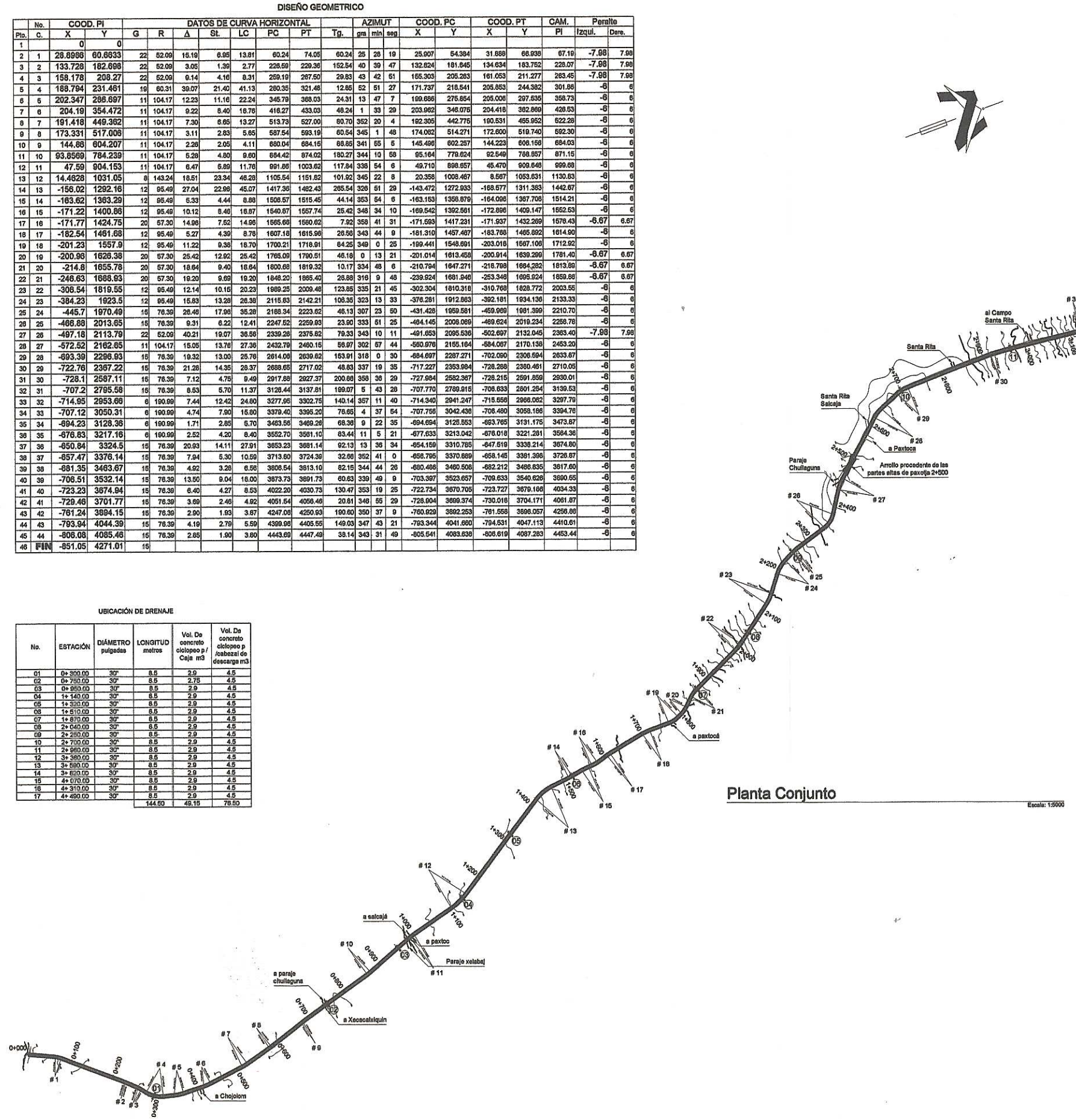
Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

DISEÑO GEOMETRICO

	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
1		0	0																		
2	1	28.6666	60.6633	22	52.09	15.19	6.95	13.81	60.24	74.05	60.24	25	26	19	25.907	54.384	31.889	66.936	97.19	-7.98	7.98
3	2	133.728	182.698	22	52.09	3.05	1.39	2.77	226.69	229.36	152.54	40	39	47	132.824	181.645	134.634	183.752	228.07	-7.98	7.98
4	3	158.178	208.27	22	52.09	9.14	4.16	8.31	259.19	267.50	29.83	43	42	51	155.303	205.263	161.053	211.277	263.45	-7.98	7.98
5	4	188.794	231.461	19	60.31	39.07	21.40	41.13	260.35	321.48	12.65	52	51	27	171.737	216.541	205.853	244.382	301.66	-6	6
6	5	202.347	286.697	11	104.17	12.23	11.16	22.24	345.79	368.03	24.31	13	47	7	199.686	276.654	205.006	297.535	358.73	-6	6
7	6	204.19	354.472	11	104.17	9.22	8.40	16.76	416.27	433.03	48.24	1	33	29	203.962	346.076	204.418	352.869	428.53	-6	6
8	7	191.418	449.362	11	104.17	7.30	6.65	13.27	513.73	527.00	60.70	352	20	4	192.305	442.775	190.531	455.952	522.28	-6	6
9	8	173.331	517.006	11	104.17	3.11	2.83	5.65	587.54	593.19	60.54	345	1	48	174.062	514.271	172.600	519.740	592.30	-6	6
10	9	144.86	604.207	11	104.17	2.26	2.05	4.11	680.04	684.15	88.85	341	55	5	145.496	602.257	144.223	606.156	684.03	-6	6
11	10	93.8569	784.239	11	104.17	5.26	4.80	9.60	684.42	874.02	180.27	344	10	58	95.164	779.624	92.549	788.857	871.15	-6	6
12	11	47.59	904.153	11	104.17	6.47	5.89	11.76	991.86	1003.62	117.84	336	54	6	49.710	898.657	45.470	909.648	999.68	-6	6
13	12	14.4628	1031.05	8	143.24	18.51	23.34	46.28	1105.54	1151.82	101.92	345	22	8	20.358	1008.467	8.567	1053.631	1130.83	-6	6
14	13	-156.02	1292.16	12	95.49	27.04	22.98	45.07	1417.36	1462.43	265.54	326	51	29	-143.472	1272.933	-168.577	1311.383	1442.67	-6	6
15	14	-163.62	1363.29	12	95.49	5.33	4.44	8.88	1506.57	1515.45	44.14	353	54	6	-163.153	1358.979	-164.096	1367.708	1514.21	-6	6
16	15	-171.22	1400.86	12	95.49	10.12	8.46	16.87	1540.87	1557.74	25.42	348	34	10	-169.542	1392.561	-172.896	1409.147	1552.53	-6	6
17	16	-171.77	1424.75	20	57.30	14.96	7.52	14.98	1565.66	1580.62	7.92	358	41	31	-171.693	1417.231	-171.937	1432.269	1576.43	-6.67	6.67
18	17	-182.54	1461.68	12	95.49	5.27	4.39	8.78	1607.18	1615.96	28.50	343	44	9	-181.310	1457.467	-183.768	1465.892	1614.90	-6	6
19	18	-201.23	1557.9	12	95.49	11.22	9.38	18.70	1700.21	1718.91	84.25	349	0	25	-199.441	1548.691	-203.016	1567.106	1712.92	-6	6
20	19	-200.98	1626.38	20	57.30	25.42	12.92	25.42	1765.09	1790.51	46.16	0	13	21	-201.014	1613.459	-200.914	1639.299	1781.40	-6.67	6.67
21	20	-214.8	1655.78	20	57.30	18.64	9.40	18.64	1800.68	1819.32	10.17	334	48	6	-210.794	1647.271	-216.798	1664.282	1813.99	-6.67	6.67
22	21	-246.63	1668.93	20	57.30	19.20	9.69	19.20	1846.20	1865.40	28.88	316	9	48	-239.924	1681.946	-253.346	1695.924	1859.68	-6.67	6.67
23	22	-308.54	1819.55	12	95.49	12.14	10.15	20.23	1989.25	2009.48	123.85	335	21	45	-302.304	1810.318	-310.768	1828.772	2003.55	-6	6
24	23	-384.23	1923.5	12	95.49	15.83	13.28	26.38	2115.83	2142.21	106.35	323	13	33	-376.281	1912.863	-392.181	1934.136	2133.33	-6	6
25	24	-445.7	1970.49	15	76.39	26.46	17.98	35.28	2188.34	2223.62	46.13	307	23	50	-431.428	1959.581	-459.969	1981.399	2210.70	-6	6
26	25	-466.88	2013.65	15	76.39	9.31	6.22	12.41	2247.52	2259.93	23.90	333	51	25	-464.145	2009.089	-469.624	2019.234	2256.76	-6	6
27	26	-497.18	2113.79	22	52.09	40.21	19.07	36.58	2339.28	2375.82	79.33	345	10	11	-491.653	2095.536	-502.697	2132.045	2363.40	-7.98	7.98
28	27	-572.52	2162.65	11	104.17	15.05	13.76	27.36	2432.79	2460.15	56.97	302	57	44	-560.976	2155.164	-584.067	2170.136	2453.20	-6	6
29	28	-693.39	2296.93	15	76.39	19.32	13.00	25.76	2614.06	2639.82	153.91	318	0	30	-684.697	2287.271	-702.090	2306.694	2633.67	-6	6
30	29	-722.76	2367.22	15	76.39	21.26	14.35	28.37	2688.65	2717.02	48.83	337	19	35	-717.227	2353.984	-726.288	2380.461	2710.05	-6	6
31	30	-728.1	2587.11	15	76.39	7.12	4.75	9.49	2917.88	2927.37	200.66	358	36	29	-727.984	2582.367	-726.215	2591.859	2930.01	-6	6
32	31	-707.2	2795.58	15	76.39	8.53	5.70	11.37	3128.44	3137.81	199.07	5	43	28	-707.770	2789.916	-706.633	2801.264	3139.53	-6	6
33	32	-714.95	2953.66	6	190.99	7.44	12.42	24.80	3277.96	3302.75	140.14	357	11	40	-714.340	2941.247	-715.556	2966.062	3297.79	-6	6
34	33	-707.12	3050.31	6	190.99	4.74	7.90	15.80	3379.40	3395.20	76.65	4	37	54	-707.756	3042.436	-706.480	3058.166	3394.76	-6	6
35	34	-694.23	3128.36	6	190.99	1.71	2.85	5.70	3463.56	3469.26	68.36	9	22	35	-694.694	3125.553	-693.765	3131.175	3473.87	-6	6
36	35	-676.83	3217.16	6	190.99	2.52	4.20	8.40	3552.70	3561.10	83.44	11	5	21	-677.633	3213.042	-676.018	3221.281	3564.36	-6	6
37	36	-650.84	3324.5	15	76.39	20.93	14.11	27.91	3653.23	3681.14	92.13	13	36	34	-654.159	3310.765	-647.519	3338.214	3674.80	-6	6
38	37	-657.47	3376.14	15	76.39	7.94	5.30	10.59	3713.60	3724.39	32.66	352	41	0	-658.795	3370.689	-658.145	3381.396	3726.97	-6	6
39	38	-681.35	3463.67	15	76.39	4.92	3.28	6.56	3806.54	3813.10	82.15	344	44	26	-680.466	3460.508	-682.212	3466.835	3817.60	-6	6
40	39	-706.51	3532.14	15	76.39	13.50	9.04	18.00	3873.73	3891.73	60.63	339	49	9	-703.397	3523.657	-709.633	3540.628	3890.55	-6	6
41	40	-723.23	3674.94	15	76.39	6.40	4.27	8.53	4022.20	4030.73	130.47	353	19	25	-722.734	3670.705	-723.727	3679.166	4034.33	-6	6
42	41	-729.46	3701.77	15	76.39	3.69	2.46	4.92	4051.54	4056.46	20.81	346	55	29	-728.904	3699.374	-730.018	3704.171	4061.87	-6	6
43	42	-761.24	3894.15	15	76.39	2.90	1.93	3.87	4247.06	4250.93	190.60	350	37	9	-760.929	3892.253	-761.558	3896.057	4256.88	-6	6
44	43	-793.94	4044.39	15	76.39	4.19	2.79	5.59	4399.96	4405.55	149.03	347	43	21	-793.344	4041.660	-794.531	4047.113	4410.61	-6	6
45	44	-806.08	4085.46	15	76.39	2.85	1.90	3.80	4443.69	4447.49	38.14	343	31	49	-805.541	4083.838	-806.619	4087.283	4453.44	-6	6
46	FIN	-851.05	4271.01	15																	

UBICACIÓN DE DRENAJE

No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p / Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
01	0+300.00	30"	8.5	2.9	4.5
02	0+760.00	30"	8.5	2.75	4.5
03	0+950.00	30"	8.5	2.9	4.5
04	1+140.00	30"	8.5	2.9	4.5
05	1+320.00	30"	8.5	2.9	4.5
06	1+510.00	30"	8.5	2.9	4.5
07	1+870.00	30"	8.5	2.9	4.5
08	2+040.00	30"	8.5	2.9	4.5
09	2+250.00	30"	8.5	2.9	4.5
10	2+700.00	30"	8.5	2.9	4.5
11	2+950.00	30"	8.5	2.9	4.5
12	3+360.00	30"	8.5	2.9	4.5
13	3+580.00	30"	8.5	2.9	4.5
14	3+820.00	30"	8.5	2.9	4.5
15	4+070.00	30"	8.5	2.9	4.5
16	4+310.00	30"	8.5	2.9	4.5
17	4+490.00	30"	8.5	2.9	4.5
			144.50	49.15	76.50



Planta Conjunto

Escala: 1:5000

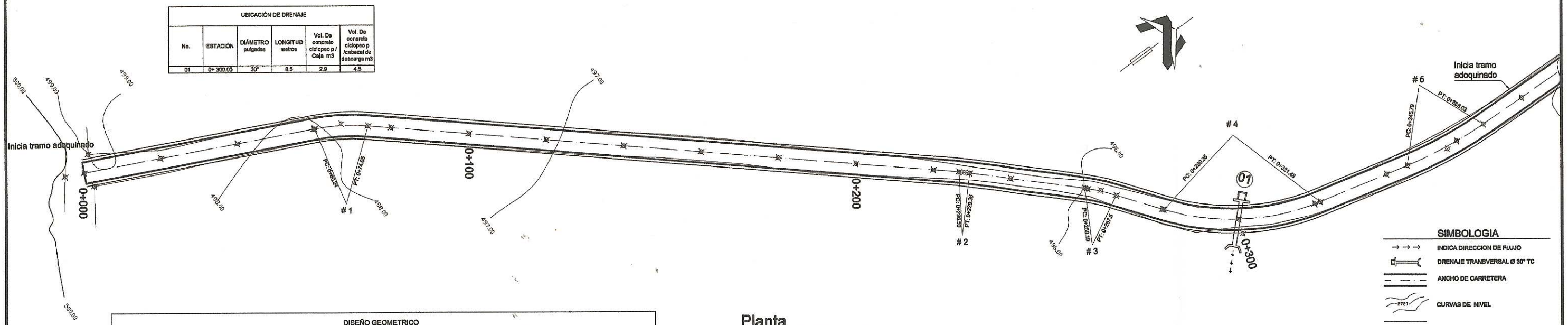
SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- CURVAS DE NIVEL (2720)
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA: 1:5000
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA: MAYO 2012
		DIBUJO: S.A.D.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESOR: Ing. JUAN MERCK COS	CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO		Hoja No. 01/19

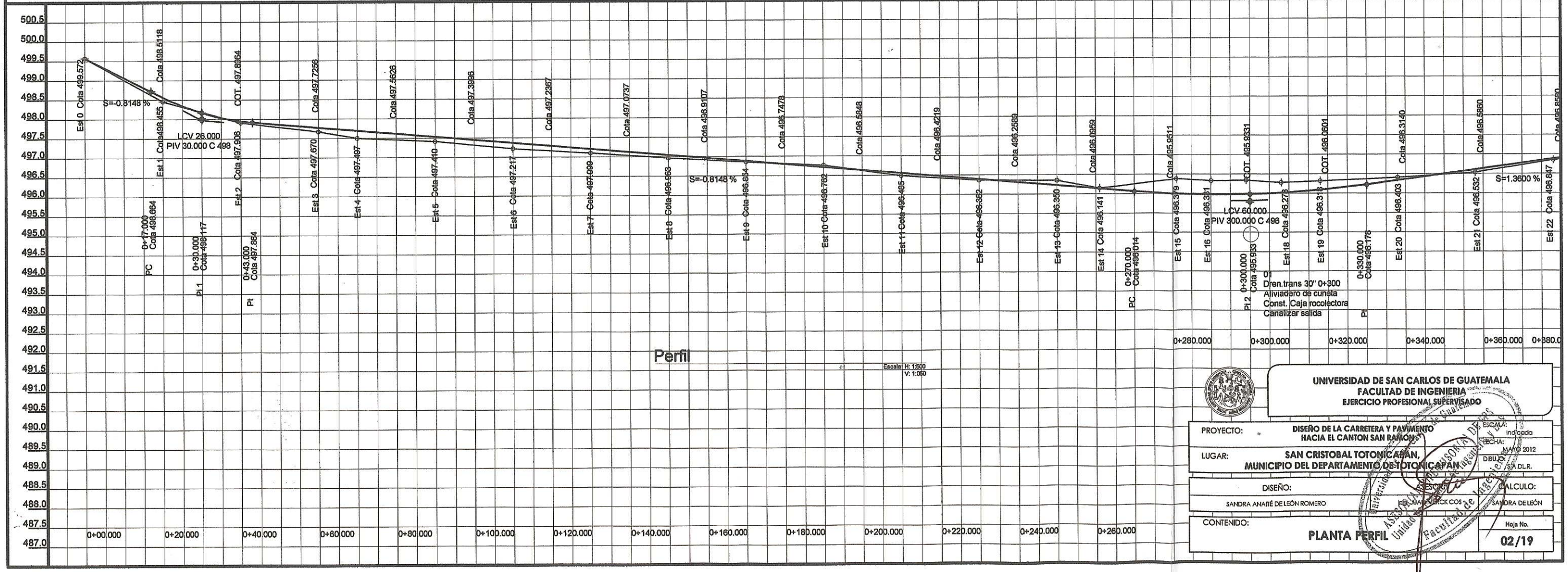
UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
01	0+ 300.00	30"	8.5	2.9	4.5



Planta

Escala: 1:500

DISEÑO GEOMETRICO																				
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL							AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
1		0	0																		
2	1	28.6986	60.6633	22	52.09	15.19	6.95	13.81	60.24	74.05	60.24	25	28	19	25.907	54.384	31.888	68.938	67.19	-7.98	7.98
3	2	133.728	182.698	22	52.09	3.05	1.39	2.77	229.59	229.36	162.54	40	39	47	132.824	181.645	134.634	183.752	228.07	-7.98	7.98
4	3	156.178	208.27	22	52.09	9.14	4.16	8.31	259.19	267.50	29.83	43	42	51	155.303	205.263	161.053	211.277	263.45	-7.98	7.98
5	4	168.794	231.461	19	60.31	39.07	21.40	41.13	280.35	321.48	12.85	52	51	27	171.737	218.541	205.853	244.382	301.86	-6	6
6	5	202.347	286.697	11	104.17	12.23	11.16	22.24	345.79	368.03	24.31	13	47	7	199.669	275.654	205.006	297.535	358.73	-6	6



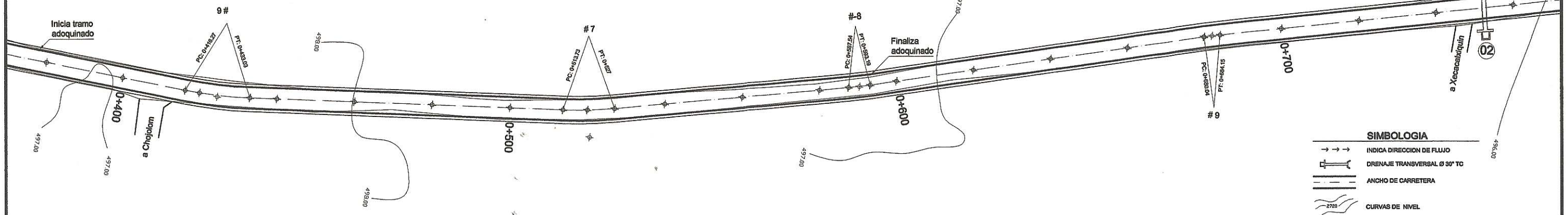
Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:100

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ING. JUAN ERICK COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	02/19

UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
02	0+ 750.00	30"	8.5	2.75	4.5



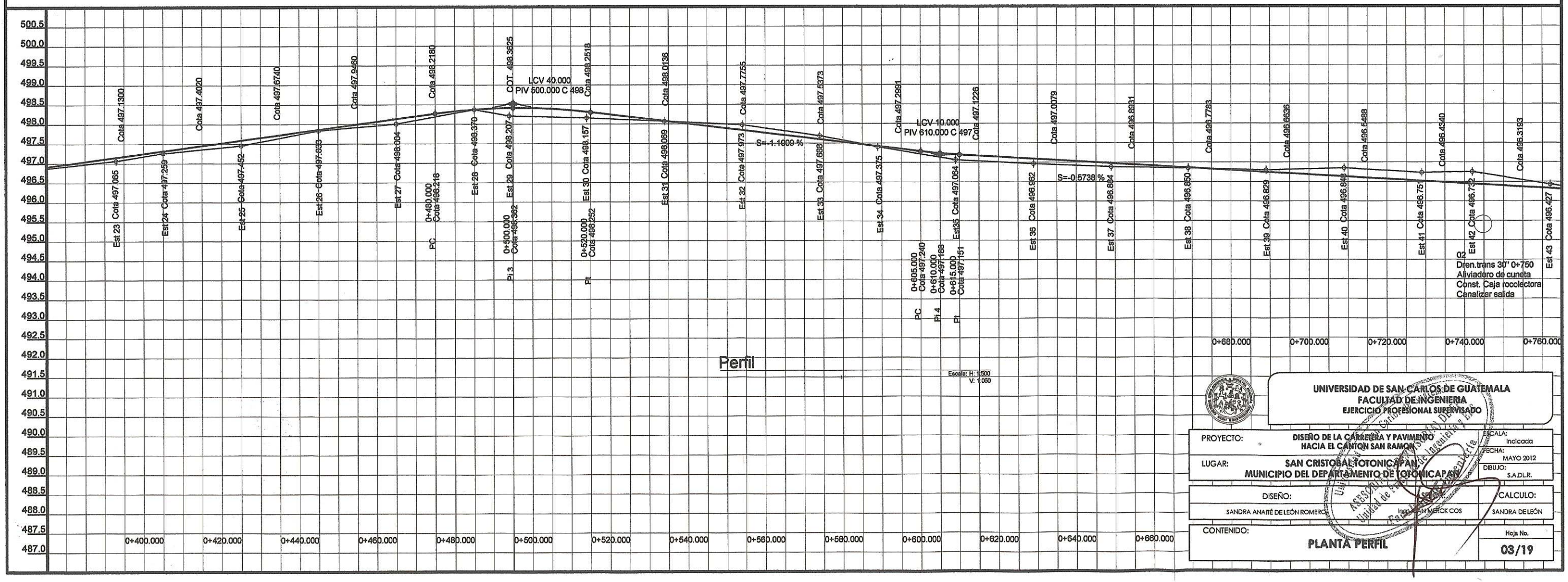
Planta

Escala: 1:500

DISEÑO GEOMETRICO																					
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
7	6	204.19	354.472	11	104.17	9.22	8.40	16.76	416.27	433.03	48.24	1	33	29	203.962	346.075	204.418	362.669	426.53	-6	6
8	7	191.418	449.362	11	104.17	7.30	6.65	13.27	513.73	527.00	60.70	352	20	4	192.305	442.775	190.531	455.952	522.28	-6	6
9	8	173.331	517.006	11	104.17	3.11	2.83	5.65	587.54	593.19	60.54	345	1	46	174.062	514.271	172.600	519.740	592.30	-6	6

SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- 2720 CURVAS DE NIVEL
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- #1 INDICA NUMERO DE CURVA



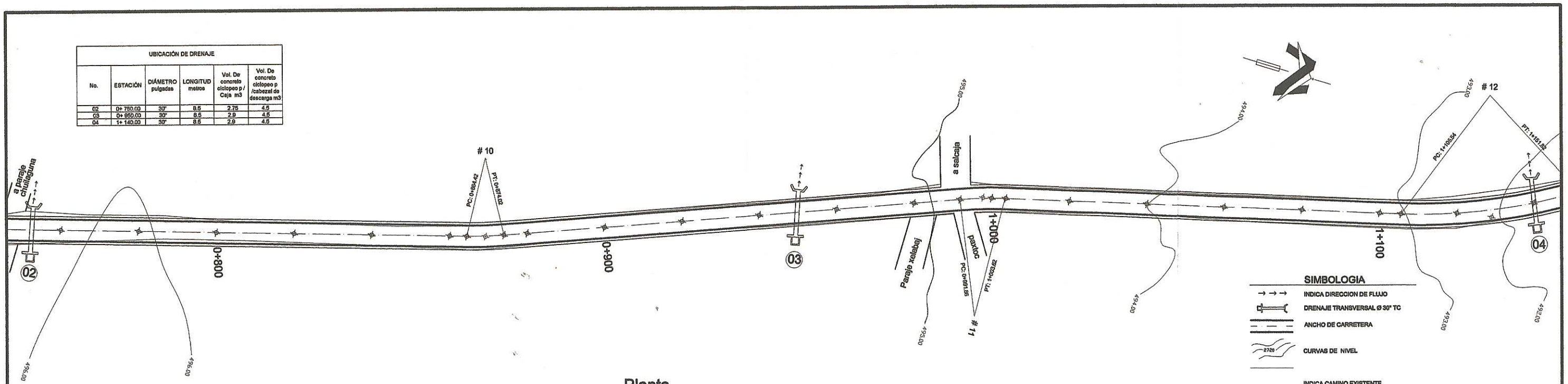
Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:050

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESOR: Ing. JUAN MERCK COS	CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL		Hoja No. 03/19

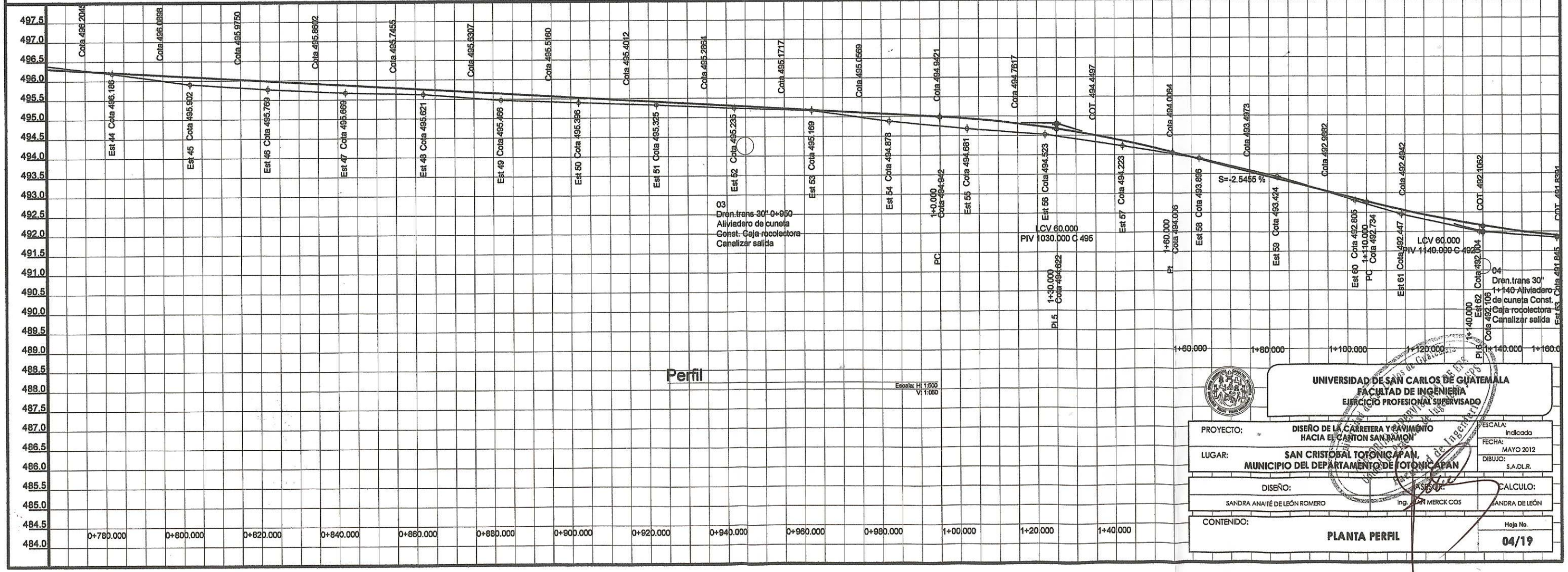
UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p /Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
02	0+ 780.00	30"	8.6	2.75	4.5
03	0+ 950.00	30"	8.6	2.9	4.6
04	1+ 140.00	30"	8.6	2.9	4.6



Planta

Escala: 1:500

DISEÑO GEOMETRICO																				
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	c.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	grs	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
11	10	93.8569	784.239	11	104.17	5.28	4.60	9.60	984.42	874.02	180.27	344	10	58	95.164	779.624	92.549	788.657	671.15	-6	6
12	11	47.59	904.153	11	104.17	6.47	5.89	11.76	991.86	1003.62	117.64	338	54	6	49.710	898.657	45.470	909.646	999.68	-6	6
13	12	14.4628	1031.05	8	143.24	16.51	23.34	46.28	1105.54	1151.82	101.92	345	22	8	20.356	1008.467	8.567	1053.631	1130.63	-6	6



Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:050

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

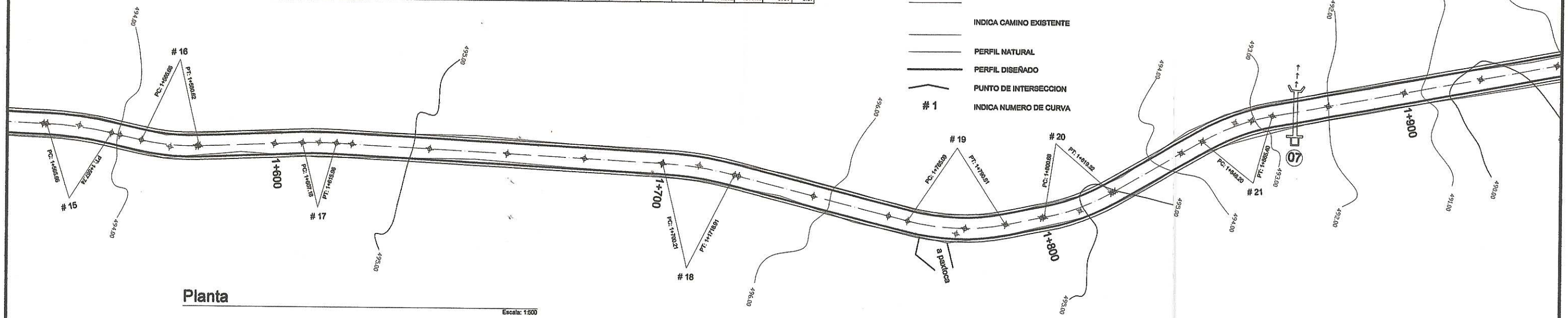
PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. JUAN MERCK COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	04/19

UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
07	1+ 870.00	30"	8.5	2.9	4.5

DISEÑO GEOMETRICO																					
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	c.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
16	15	-171.22	1400.86	12	95.49	10.12	8.46	16.87	1540.87	1557.74	25.42	348	34	10	-169.542	1392.561	-172.899	1409.147	1552.53	-6	6
17	16	-171.77	1424.75	20	57.30	14.96	7.52	14.98	1565.68	1580.62	7.92	356	41	31	-171.593	1417.231	-171.937	1432.269	1576.43	-6.67	6.67
18	17	-162.54	1461.68	12	95.49	5.27	4.39	8.78	1607.18	1615.96	29.56	343	44	9	-161.310	1457.467	-163.766	1465.892	1614.90	-6	6
19	18	-201.23	1557.9	12	95.49	11.22	9.38	18.70	1700.21	1718.91	64.25	349	0	25	-199.441	1548.691	-203.018	1567.106	1712.92	-6	6
20	19	-200.96	1628.38	20	57.30	25.42	12.92	25.42	1765.09	1790.51	46.18	0	13	21	-201.014	1613.458	-200.914	1639.299	1761.40	-6.67	6.67
21	20	-214.8	1655.78	20	57.30	18.64	9.40	18.64	1800.68	1819.32	10.17	334	46	6	-210.794	1647.271	-210.799	1664.282	1813.69	-6.67	6.67

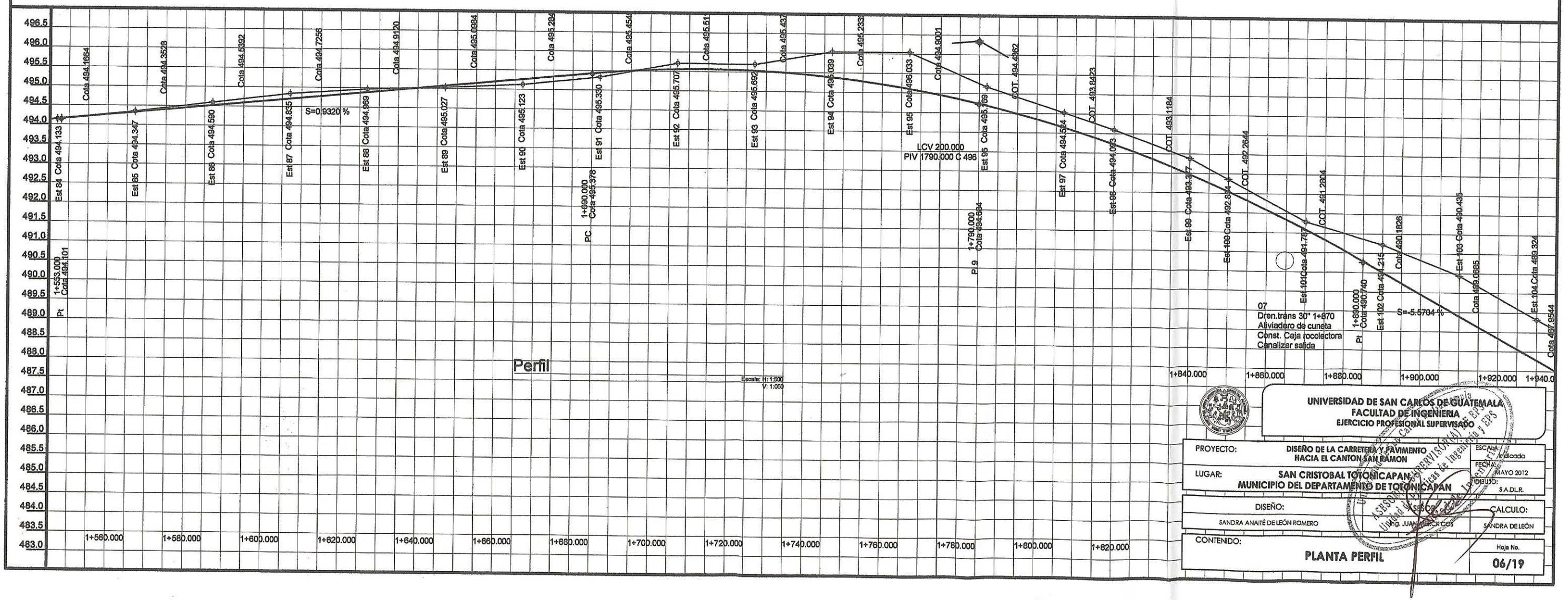
SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- 2720 CURVAS DE NIVEL
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA



Planta

Escala: 1:500



Perfil

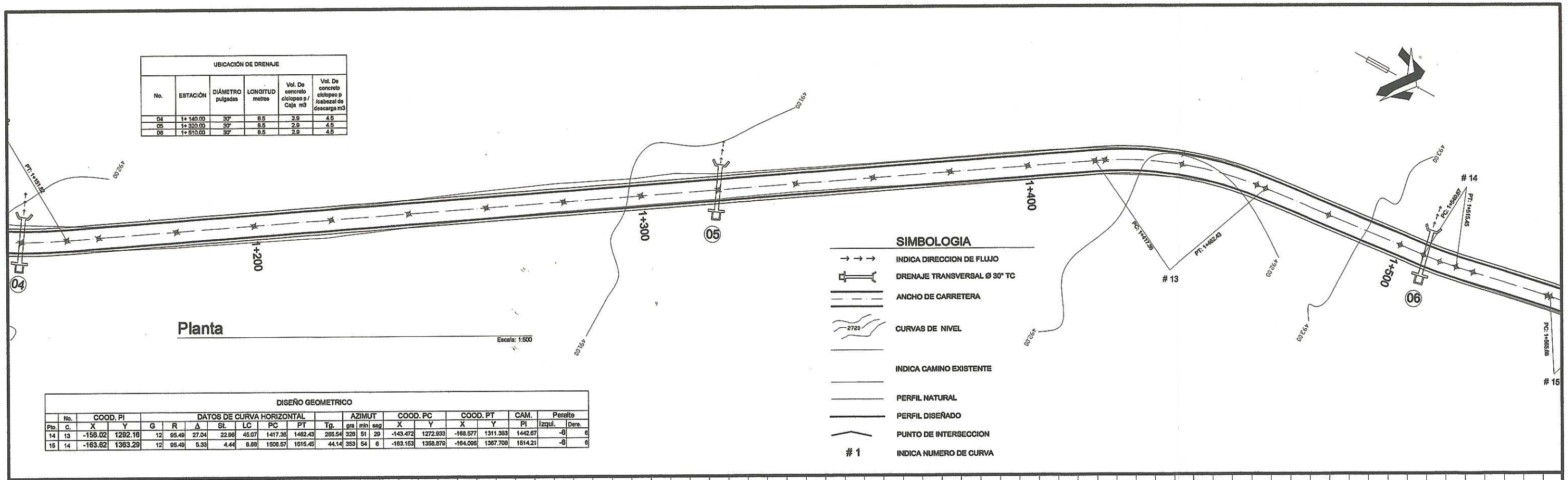
Escala: H: 1:500
V: 1:100

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

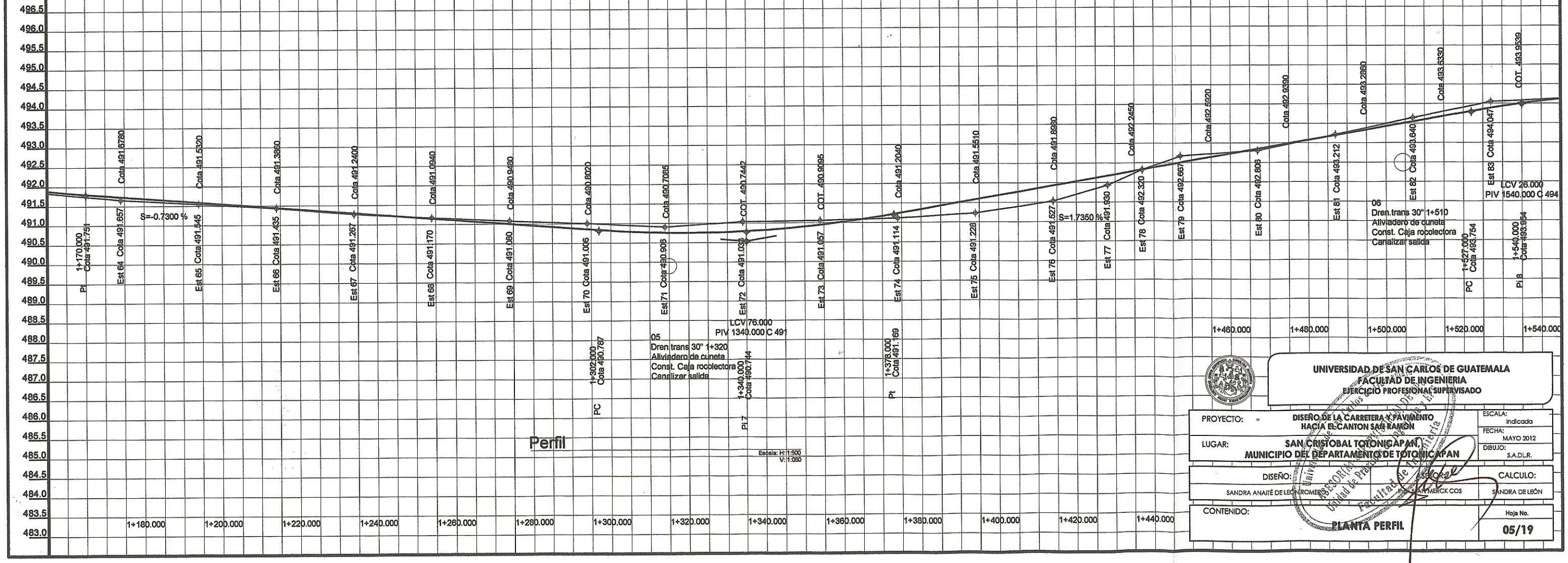
PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA: Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA: MAYO 2012
		DIBUJO: S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. JUAN GARCIA COS	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No. 06/19

UNIDAD DE EPS
ASESORIA Y SUPERVISION DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p / Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
04	1+ 140.00	30"	8.5	2.9	4.5
05	1+ 320.00	30"	8.5	2.9	4.5
06	1+ 510.00	30"	8.5	2.9	4.5

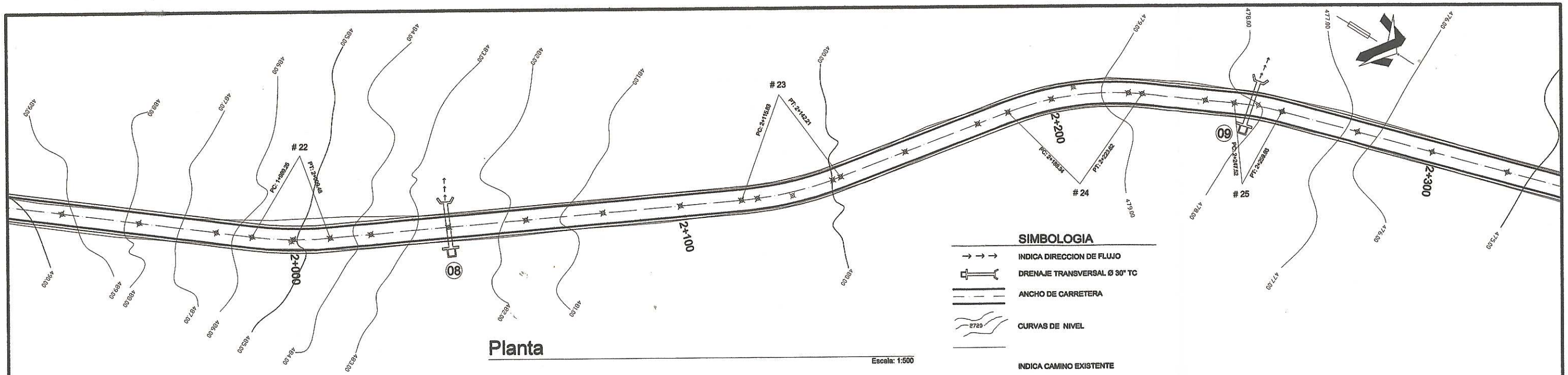


DISEÑO GEOMETRICO																				
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
14	13	-156.02	1292.16	12	95.49	27.04	22.98	45.07	1417.36	1462.43	265.54	326	51	29	-143.472	1272.933	-168.577	1311.383	1442.67	-6	6
15	14	-163.62	1363.29	12	95.49	5.33	4.44	8.88	1506.57	1515.45	44.14	353	54	6	-163.153	1358.879	-164.096	1367.709	1514.21	-6	6



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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESORA:	INGA. MERCK COS
		CALCULO:	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	05/19



Planta

Escala: 1:500

SIMBOLOGIA

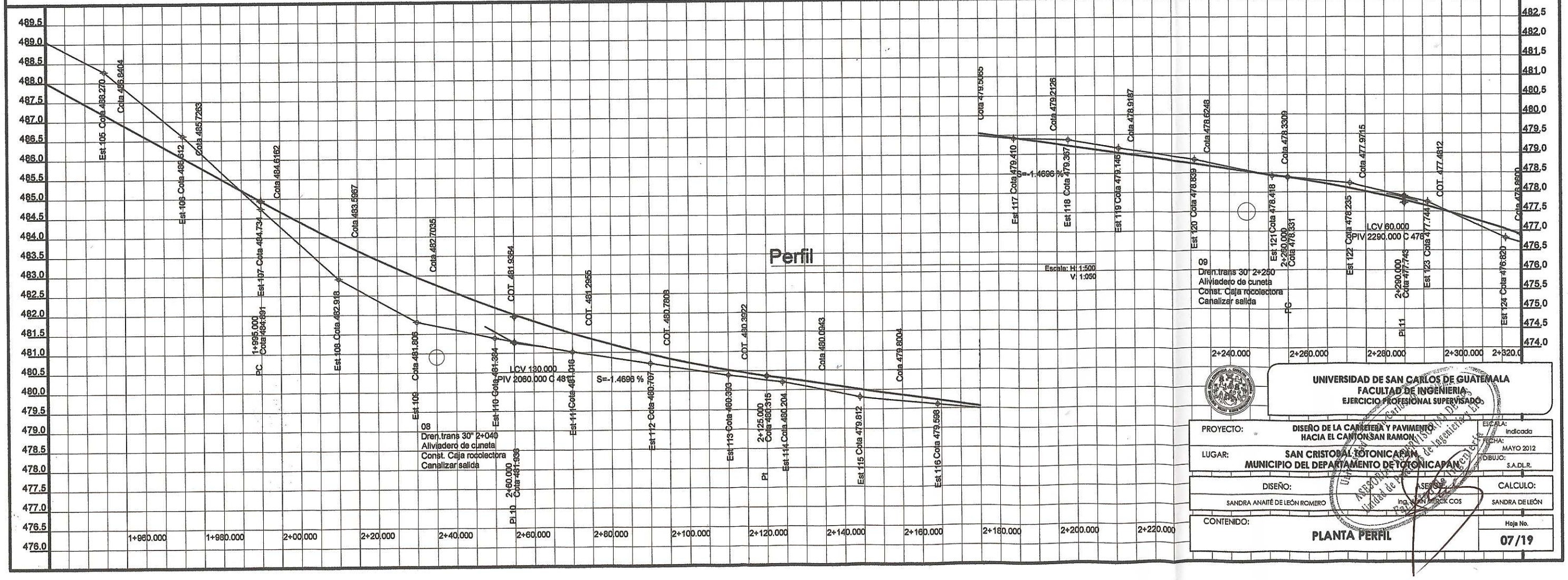
- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- CURVAS DE NIVEL
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA

DISEÑO GEOMETRICO

No.		COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
23	22	-306.54	1819.55	12	95.46	12.14	10.15	20.23	1989.25	2009.46	123.85	335	21	45	-302.304	1810.316	-310.768	1828.772	2003.55	-6	6
24	23	-384.23	1923.5	12	95.46	15.83	13.28	26.38	2115.83	2142.21	108.35	323	13	33	-376.281	1912.683	-392.181	1934.136	2133.33	-6	6
25	24	-445.7	1970.49	15	76.39	26.46	17.66	35.28	2188.34	2223.62	46.13	307	23	50	-431.428	1959.591	-459.969	1981.399	2210.70	-6	6
26	25	-466.68	2013.65	15	76.39	9.31	6.22	12.41	2247.52	2259.93	23.90	333	51	25	-464.145	2008.069	-469.824	2019.234	2258.76	-6	6

UBICACIÓN DE DRENAJE

No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
08	2+ 040.00	30"	8.5	2.9	4.5
09	2+ 260.00	30"	8.5	2.9	4.5



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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. Juan Merck COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	07/19

DISEÑO GEOMETRICO

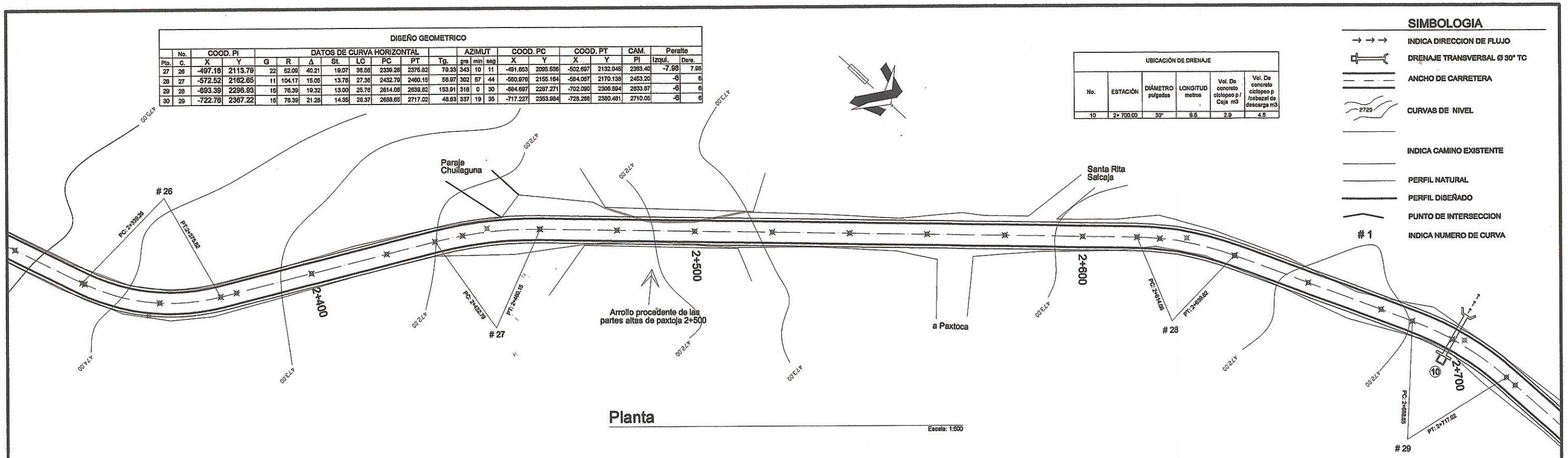
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	c.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
27	26	-497.16	2113.79	22	62.09	40.21	19.07	36.56	2339.26	2375.82	79.33	343	10	11	-491.653	2095.536	-502.697	2132.045	2363.40	-7.98	7.98
28	27	-572.52	2162.65	11	104.17	15.05	13.76	27.36	2432.79	2460.15	56.97	302	57	44	-560.976	2155.164	-564.087	2170.138	2453.20	-6	6
29	28	-693.39	2286.93	15	76.39	19.32	13.00	25.76	2614.05	2639.82	153.91	316	0	30	-684.697	2287.271	-702.090	2306.594	2633.67	-6	6
30	29	-722.76	2367.22	15	76.39	21.28	14.35	28.37	2688.65	2717.02	48.83	337	19	35	-717.227	2363.984	-728.288	2380.481	2710.05	-6	6

UBICACIÓN DE DRENAJE

No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p / Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
10	2+ 700.00	30"	8.5	2.9	4.5

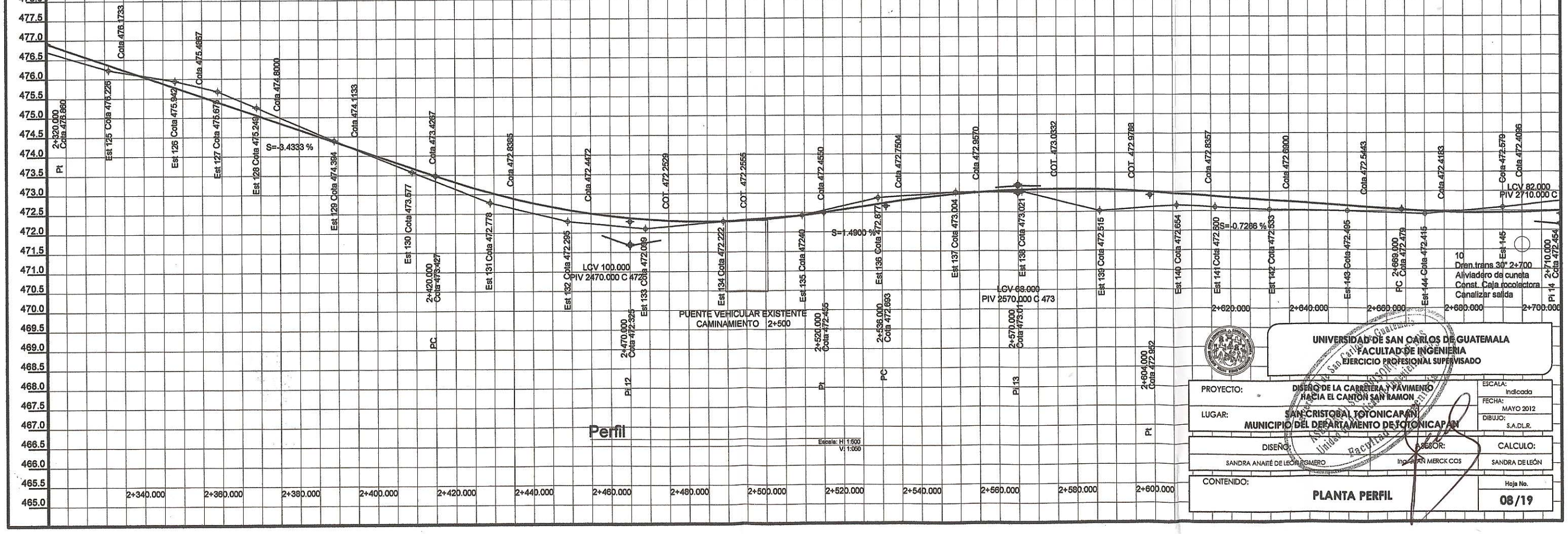
SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- 2720 CURVAS DE NIVEL
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA



Planta

Escala: 1:500



Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:050

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA: Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA: MAYO 2012
		DIBUJO: S.A.D.L.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESOR: Ing. JUAN MERCK COS	CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA PERFIL		Hoja No. 08/19

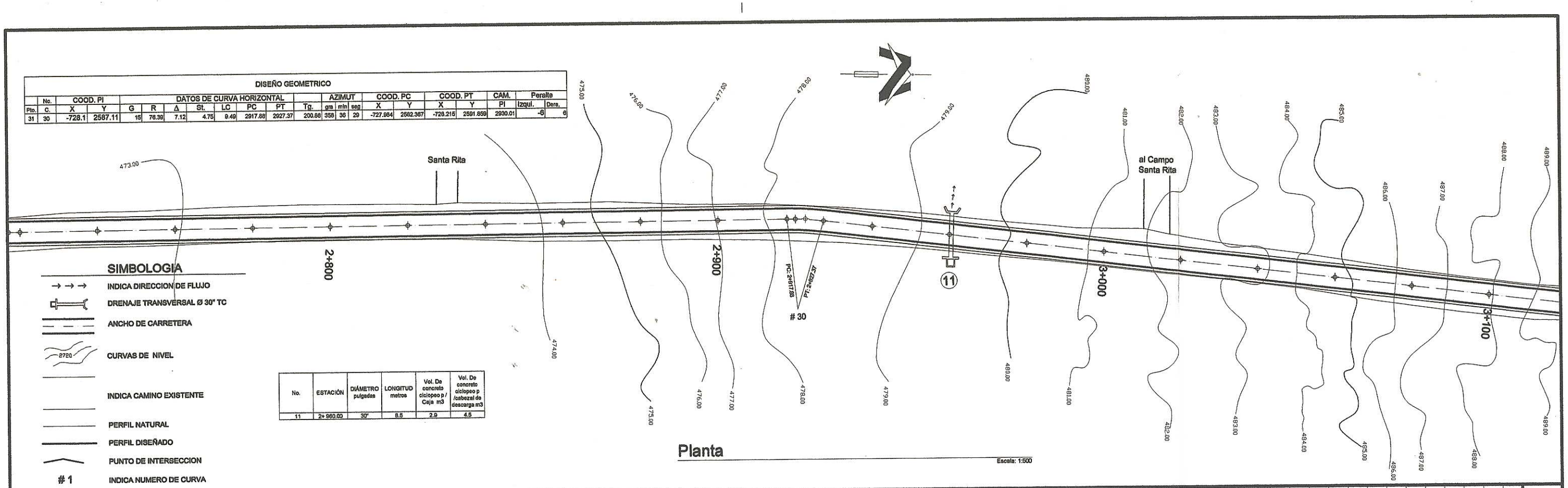
DISEÑO GEOMETRICO

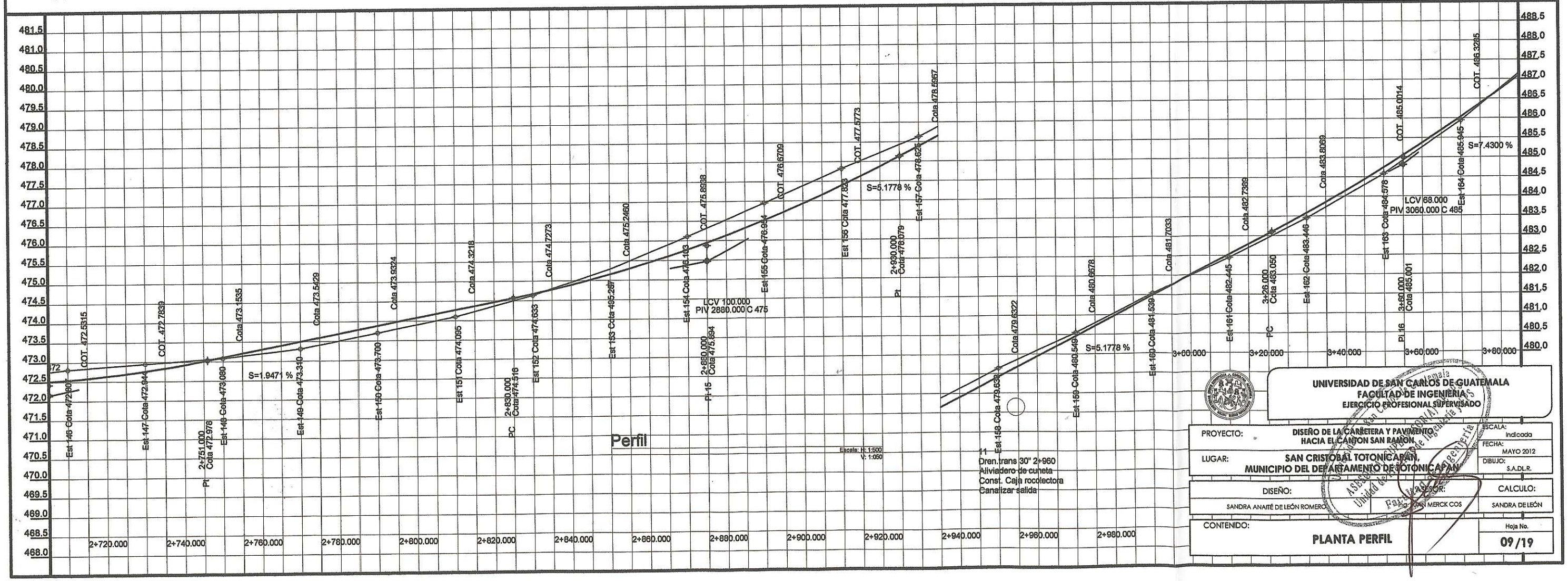
	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	grs	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
31	30	-728.1	2587.11	15	76.39	7.12	4.75	9.49	2917.68	2927.37	200.66	358	36	29	-727.984	2582.367	-728.215	2591.859	2930.01	-6	6

SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- CURVAS DE NIVEL
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- #1 INDICA NUMERO DE CURVA

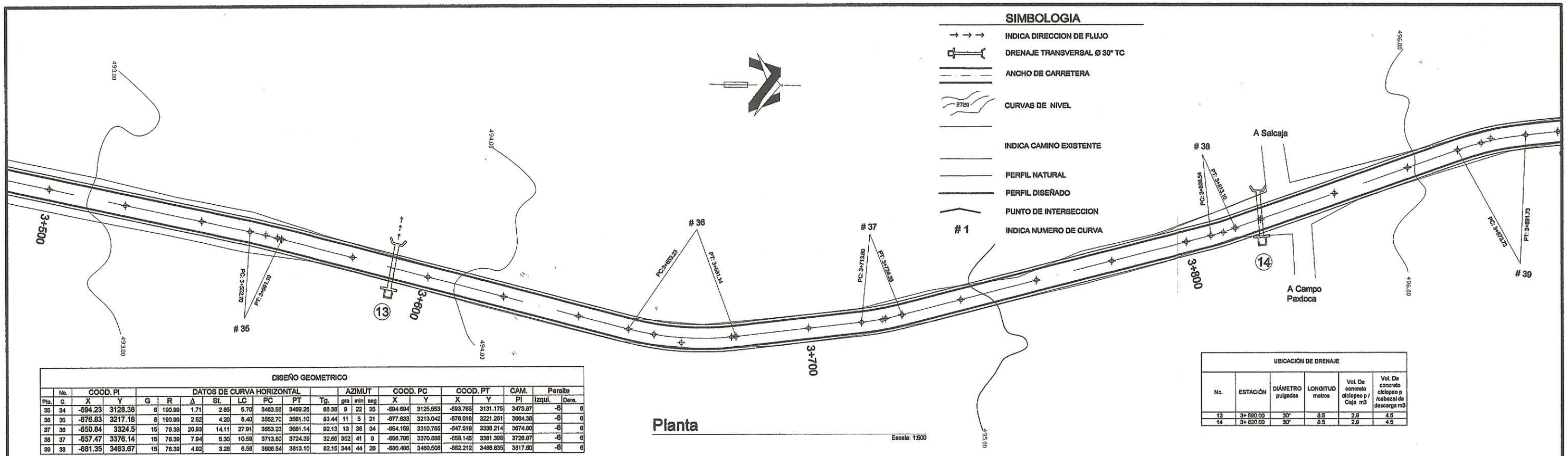
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p / Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
11	2+ 960.00	30"	8.5	2.9	4.5





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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESOR:	Ing. JUAN MERCK COS
		CALCULO:	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	09/19



Planta

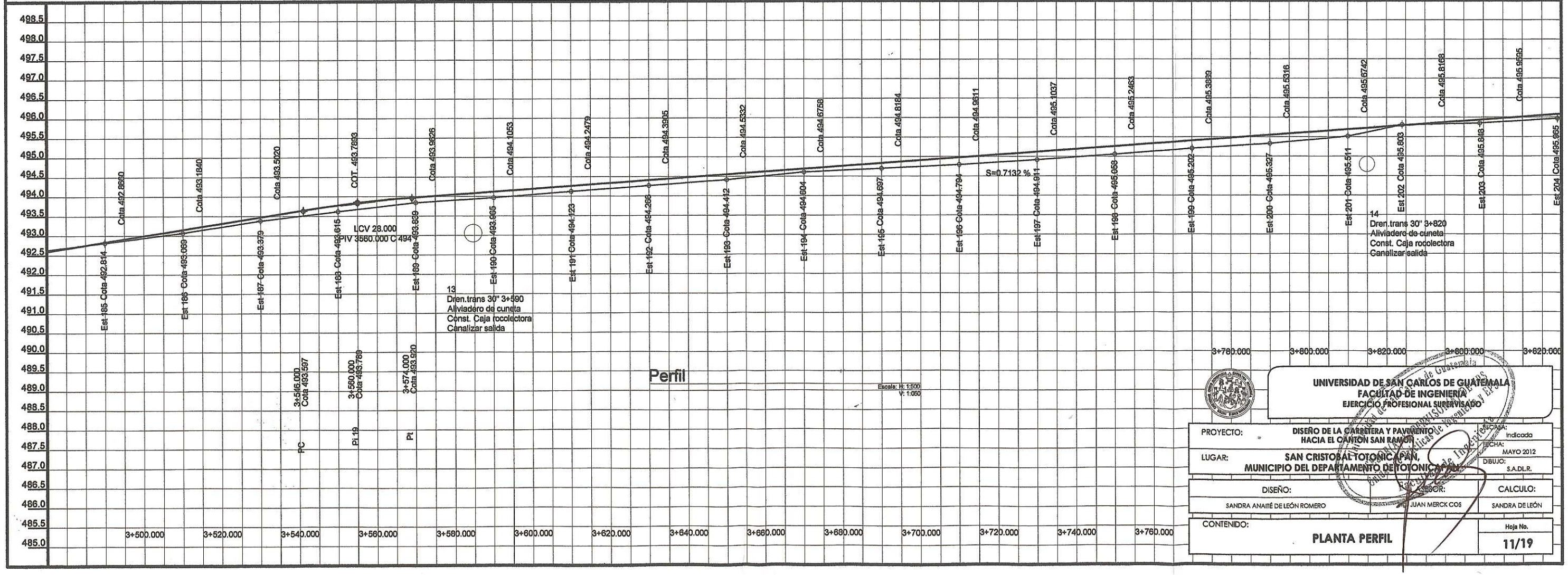
Escala: 1:500

DISEÑO GEOMETRICO

	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
35	34	-694.23	3128.36	6	190.99	1.71	2.85	5.70	3463.58	3469.28	68.38	9	22	35	-694.694	3125.653	-693.765	3131.175	3473.87	-6	6
36	35	-676.83	3217.16	6	190.99	2.52	4.20	8.40	3552.70	3561.10	83.44	11	5	21	-677.633	3213.042	-676.018	3221.281	3564.36	-6	6
37	36	-650.84	3324.5	15	76.39	20.93	14.11	27.91	3653.23	3681.14	92.13	13	35	34	-654.169	3310.785	-647.519	3339.214	3674.60	-6	6
38	37	-657.47	3376.14	15	76.39	7.94	5.30	10.59	3713.80	3724.39	32.66	352	41	0	-656.795	3370.889	-658.145	3381.398	3726.87	-6	6
39	38	-681.35	3463.67	15	76.39	4.92	3.28	6.56	3806.54	3813.10	82.15	344	44	28	-680.486	3460.509	-682.212	3466.635	3817.60	-6	6

UBICACIÓN DE DRENAJE

No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p / Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
13	3+ 580.00	30"	8.5	2.9	4.5
14	3+ 820.00	30"	8.5	2.9	4.5



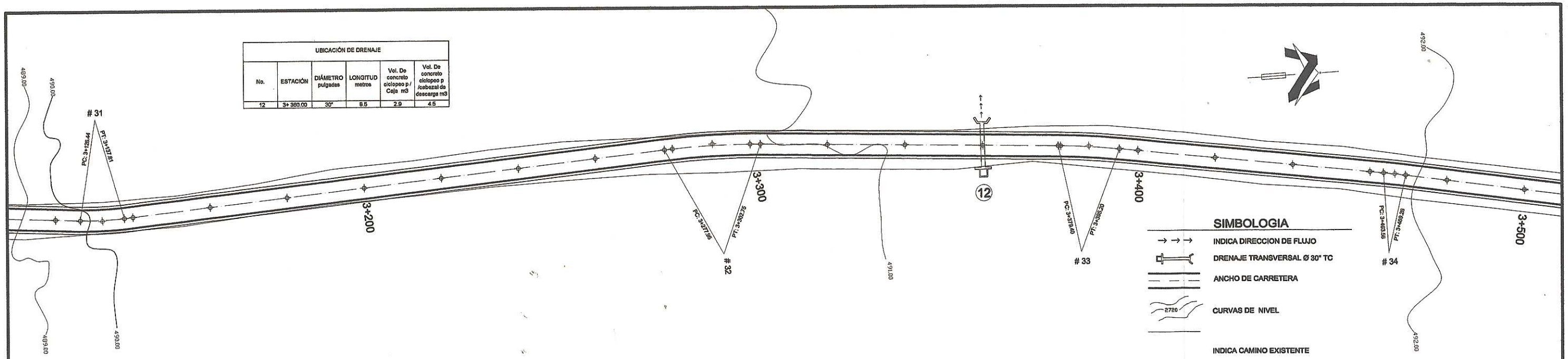
Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:050

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMON	ESCALA: Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA: MAYO 2012
		DIBUJO: S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	JUAN MERCK COS	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA PERFIL		Hoja No. 11/19

UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
12	3+ 360.00	30"	9.5	2.9	4.5



SIMBOLOGIA

- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- CURVAS DE NIVEL (2720)
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA

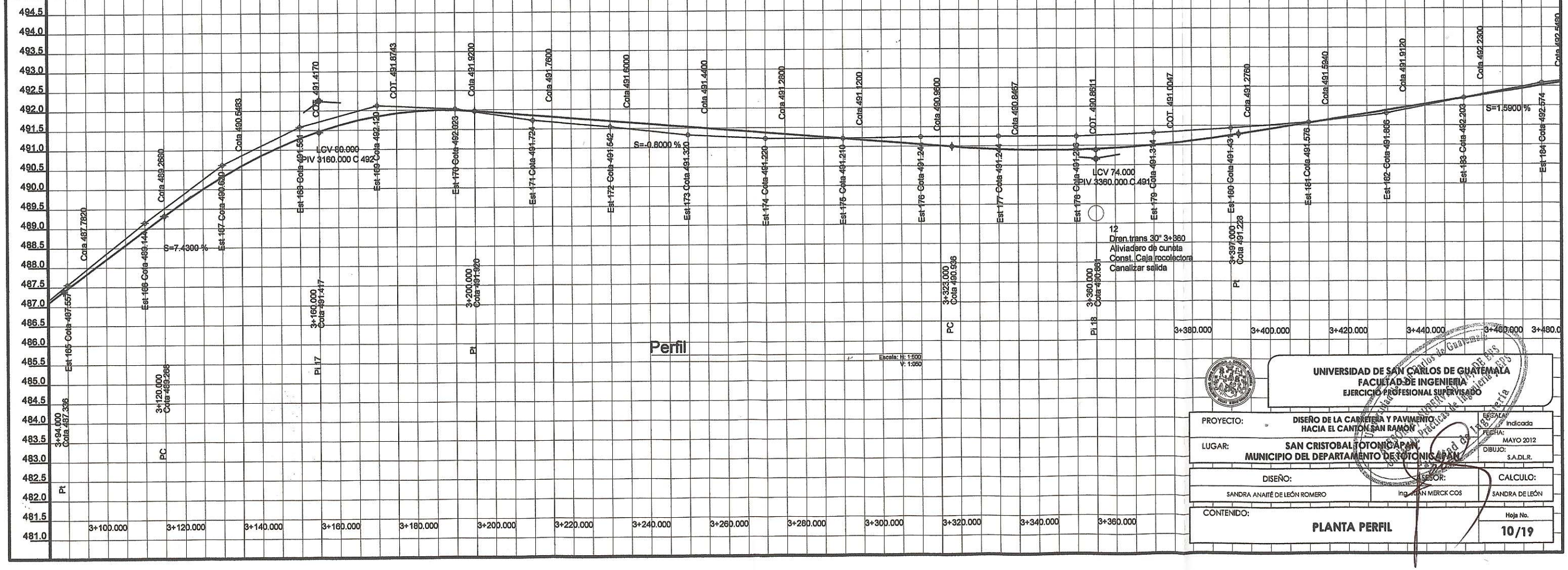
DISEÑO GEOMETRICO

	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	grs	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izquí.	Dere.
32	31	-707.2	2795.58	15	76.39	8.53	5.70	11.37	3128.44	3137.81	199.07	5	43	28	-707.770	2789.915	-706.633	2801.254	3139.53	-6	6
33	32	-714.95	2953.66	6	190.99	7.44	12.42	24.80	3277.95	3302.75	149.14	357	11	40	-714.340	2941.247	-715.556	2966.062	3297.79	-6	6
34	33	-707.12	3050.31	6	190.99	4.74	7.90	15.80	3379.40	3395.20	76.65	4	37	54	-707.756	3042.436	-706.480	3058.166	3394.76	-6	6
35	34	-694.23	3128.36	6	190.99	1.71	2.85	5.70	3463.56	3469.26	68.36	9	22	35	-694.694	3125.553	-693.765	3131.175	3473.87	-6	6

Planta

Escala: 1:500

Perfil



Escala: H: 1:500
V: 1:050

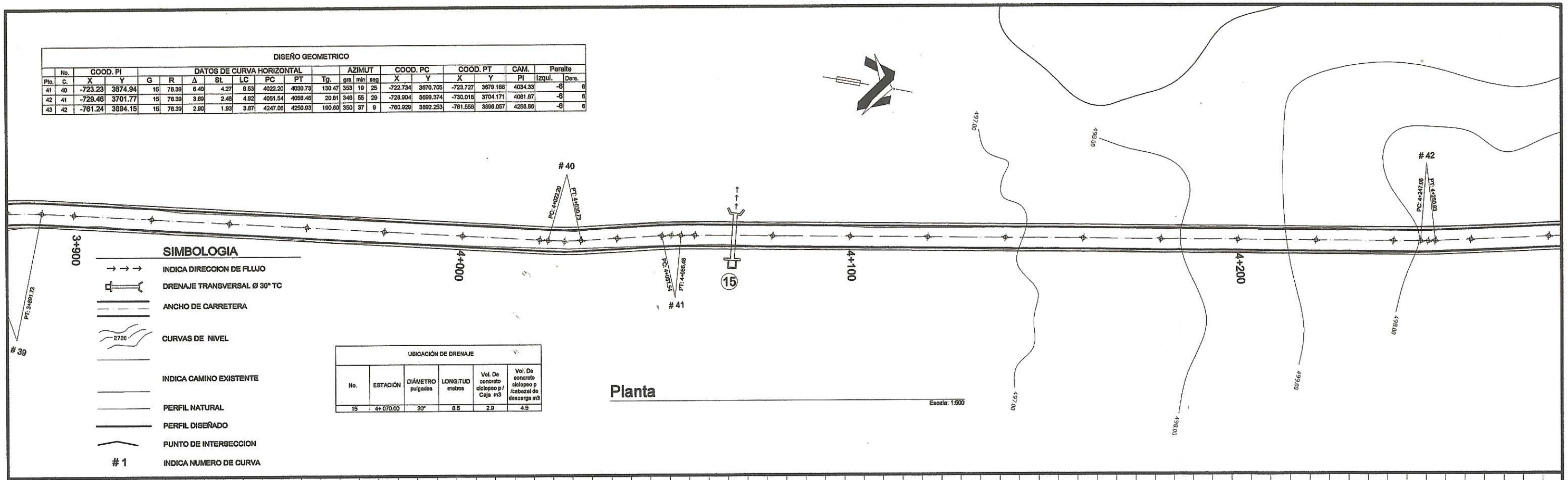
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. JUAN MERCK COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	10/19

Facultad de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
Universidad de San Carlos de Guatemala

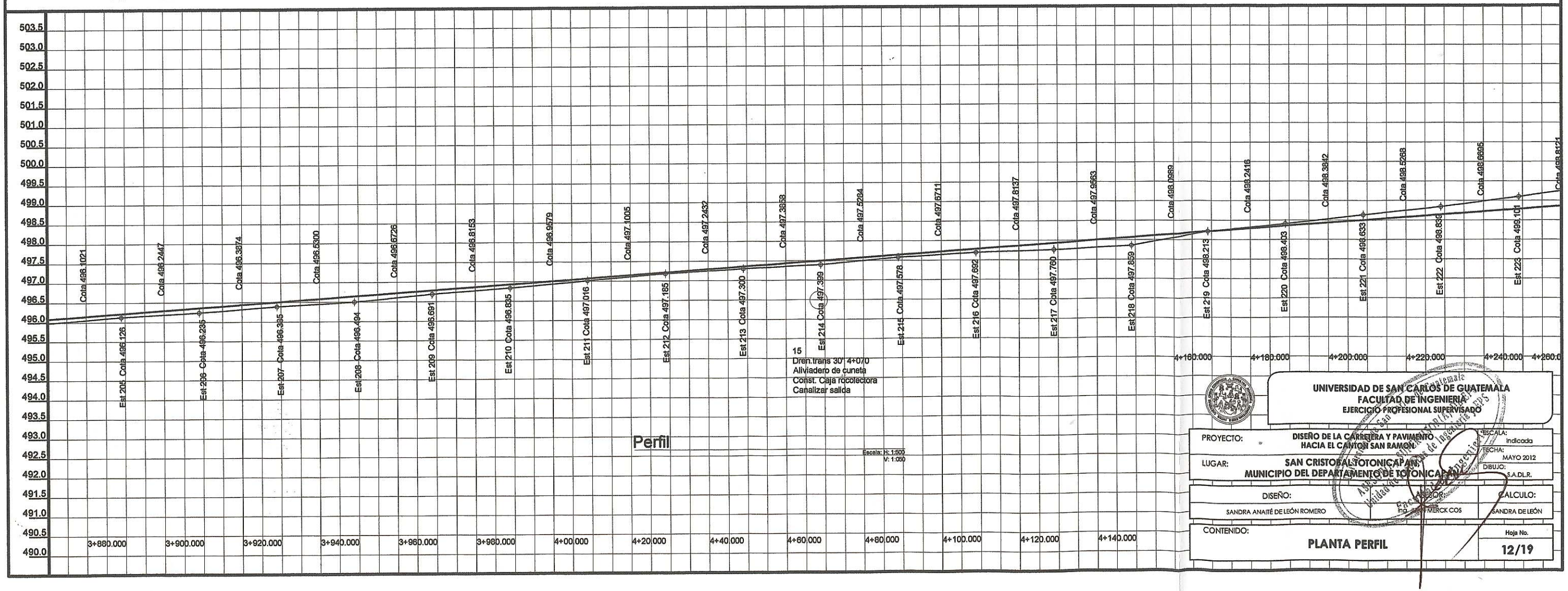
DISEÑO GEOMETRICO

	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	grs	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
41	40	-723.23	3674.94	15	76.39	6.40	4.27	8.53	4022.20	4030.73	130.47	353	19	25	-722.734	3670.705	-723.727	3679.168	4034.33	-6	6
42	41	-729.46	3701.77	15	76.39	3.69	2.46	4.92	4051.54	4056.46	20.81	346	55	29	-728.904	3699.374	-730.016	3704.171	4061.67	-6	6
43	42	-761.24	3894.15	15	76.39	2.90	1.93	3.87	4247.06	4250.93	190.60	350	37	9	-760.929	3892.253	-761.558	3896.057	4256.86	-6	6



Planta

UBICACIÓN DE DRENAJE					
No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
15	4+ 070.00	30"	8.6	2.9	4.5

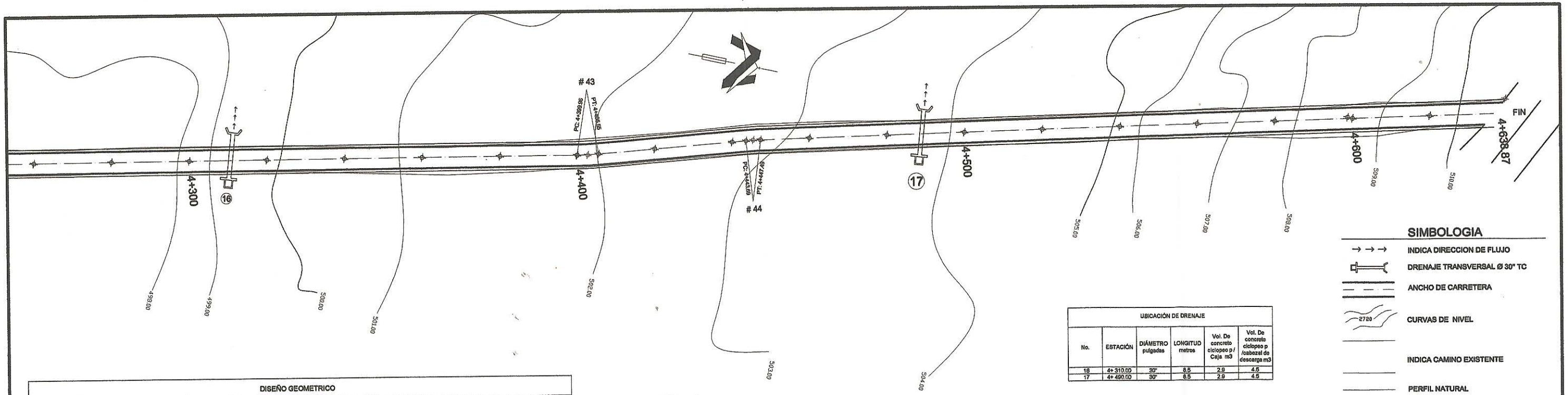


Perfil

Escala: H: 1:500
V: 1:050

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. [illegible] MERCK COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	12/19



Planta

Escala: 1:500

SIMBOLOGIA

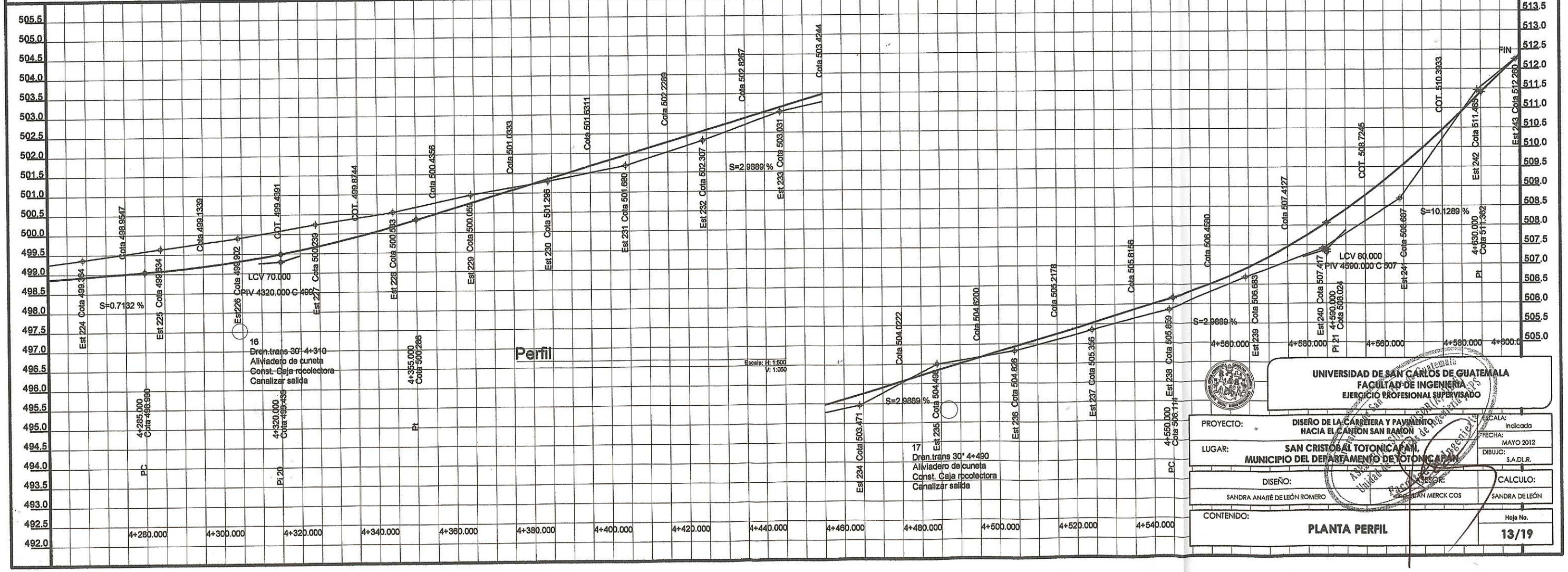
- INDICA DIRECCION DE FLUJO
- DRENAJE TRANSVERSAL Ø 30" TC
- ANCHO DE CARRETERA
- CURVAS DE NIVEL (2720)
- INDICA CAMINO EXISTENTE
- PERFIL NATURAL
- PERFIL DISEÑADO
- PUNTO DE INTERSECCION
- # 1 INDICA NUMERO DE CURVA

UBICACIÓN DE DRENAJE

No.	ESTACIÓN	DIÁMETRO pulgadas	LONGITUD metros	Vol. De concreto ciclopeo p/ Caja m3	Vol. De concreto ciclopeo p /cabezal de descarga m3
16	4+ 310.00	30"	8.5	2.9	4.5
17	4+ 490.00	30"	8.5	2.9	4.5

DISEÑO GEOMETRICO

	No.	COOD. PI		DATOS DE CURVA HORIZONTAL								AZIMUT			COOD. PC		COOD. PT		CAM.	Peralte	
Pto.	C.	X	Y	G	R	Δ	St.	LC	PC	PT	Tg.	gra	min	seg	X	Y	X	Y	PI	Izqui.	Dere.
43	42	-761.24	3894.15	15	76.39	2.90	1.93	3.87	4247.06	4250.93	190.60	350	37	9	-760.929	3892.253	-761.558	3896.057	4256.88	-6	6
44	43	-793.94	4044.39	15	76.39	4.19	2.79	5.59	4399.96	4405.55	149.03	347	43	21	-793.344	4041.660	-794.531	4047.113	4410.61	-6	6
45	44	-806.08	4085.46	15	76.39	2.65	1.90	3.80	4443.69	4447.49	38.14	343	31	49	-805.541	4083.638	-806.619	4087.283	4453.44	-6	6
46	FIN	-851.05	4271.01	15																	



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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	REVISIÓN:	JUAN MERCK COS
		CALCULO:	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL	Hoja No.	13/19

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTÓN SAN RAMÓN
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN
DIBUJO:	S.A.D.L.R.
FECHA:	MAYO 2012
CALCULO:	SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO
DISEÑO:	JUAN MERCK COS
CONTENIDO:	SECCIONES TRASVERSALES
Hoja No.	14/19

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

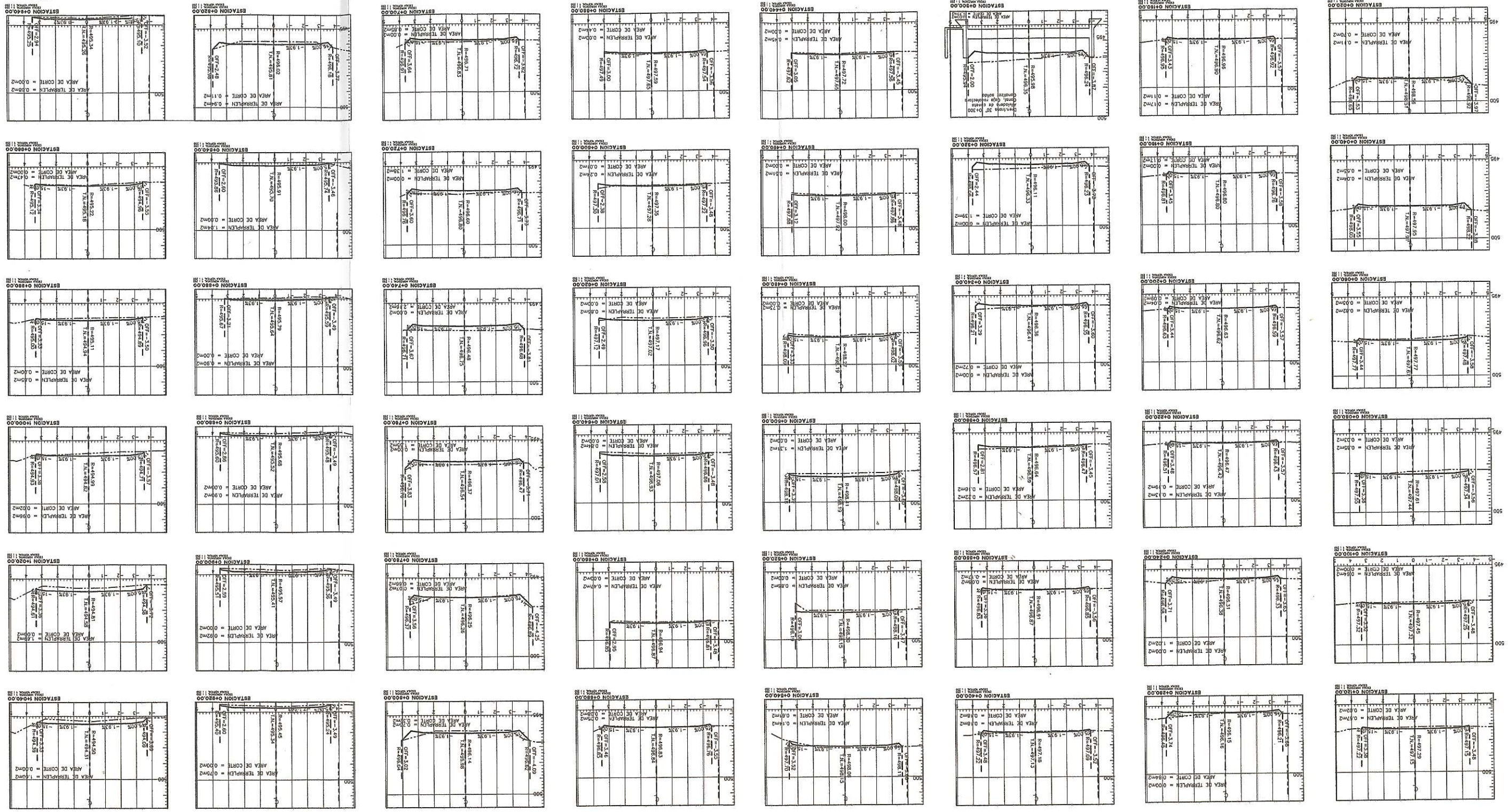
SIMBOLOGIA

DRENAJE TRANSVERSAL

AREA DE TERRAPLEN = 15.58m2

AREA DE CORTE = 17.65m2

SECCION TIPICA



SIMBOLOGIA

DRENAJE TRANSVERSAL

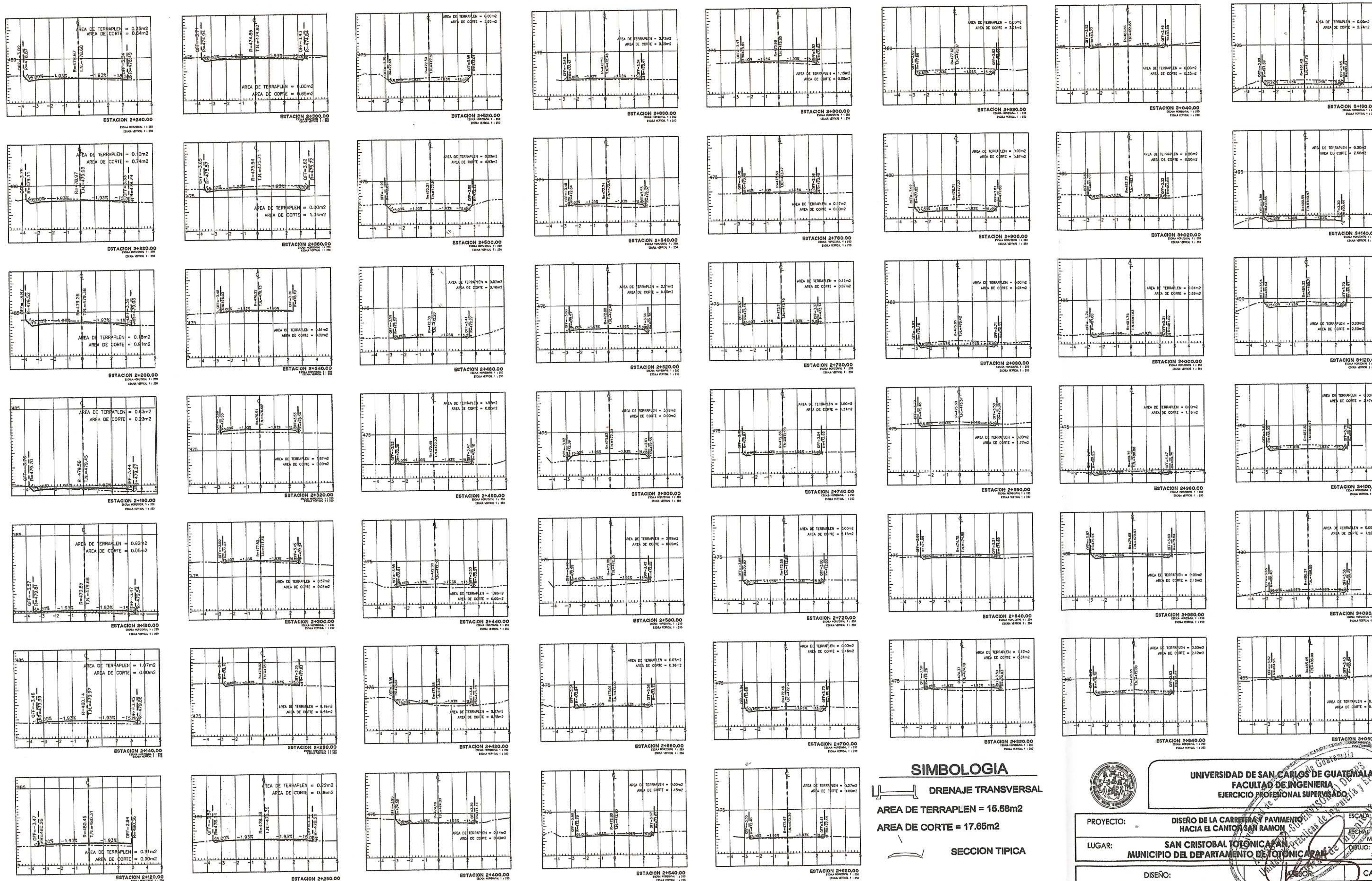
AREA DE TERRAPLEN = 15.58m2

AREA DE CORTE = 17.65m2

SECCION TIPICA

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.DL.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ASESOR: Ing. JUAN MERCK COS		CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	SECCIONES TRASVERSALES		Hoja No. 15/19



SIMBOLOGIA

DRENAJE TRANSVERSAL

AREA DE TERRAPLEN = 15.58m2

AREA DE CORTE = 17.65m2

SECCION TIPICA

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:		ASESOR:	CALCULO:
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO		... MERCK COS	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	SECCIONES TRASVERSALES		Hoja No. 16/19

CONTENIDO:	SECCIONES TRASVERSALES
	Hoja No. 17/19

DISEÑO:	SANDRA ANAITÉ DELEÓN ROMERO
REVISOR:	JUAN MERCK COS
CALCULO:	SANDRA DELEÓN

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CAMPO SAN RAMÓN
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN
FECHA:	MAYO 2012
ESCALA:	Indicada
DIBUJO:	S.A.D.R.

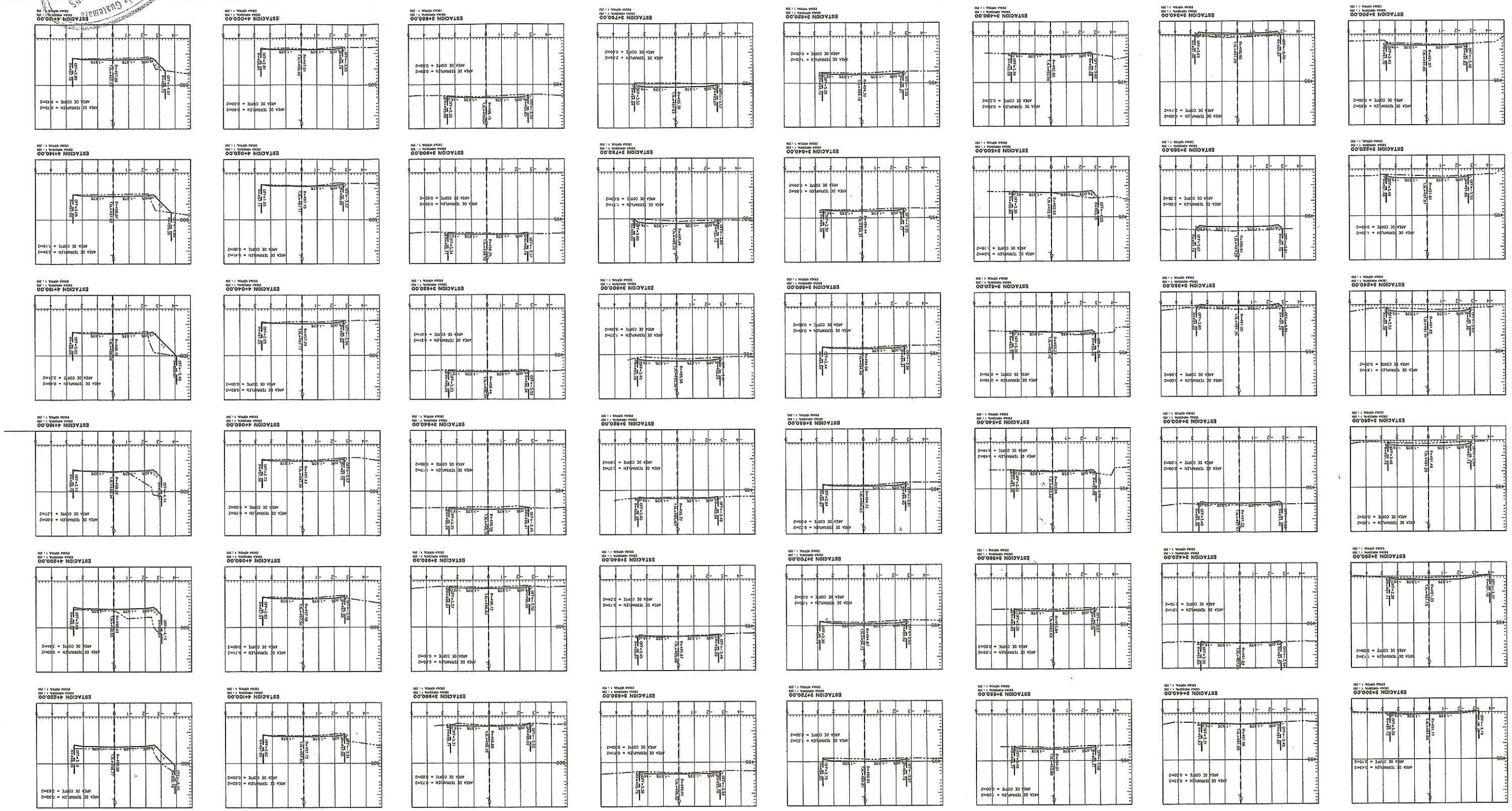
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

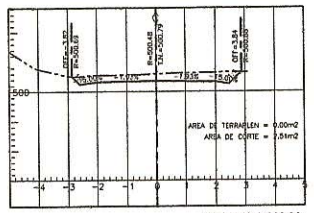
DRENAJE TRANSVERSAL

AREA DE TERRAPLEN = 15.58M2
AREA DE CORTE = 17.65M2

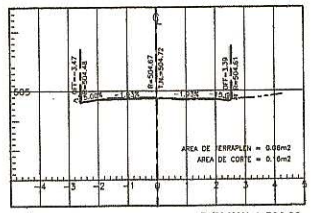
SECCION TIPICA

SIMBOLOGIA

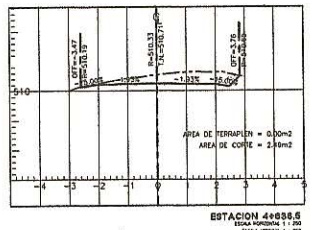




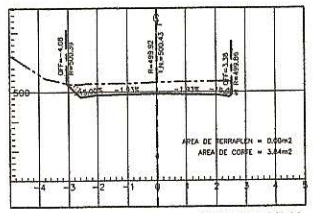
ESTACION 4+360.00



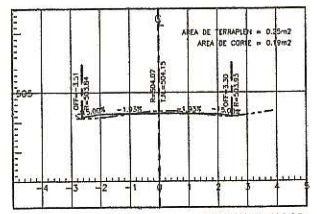
ESTACION 4+500.00



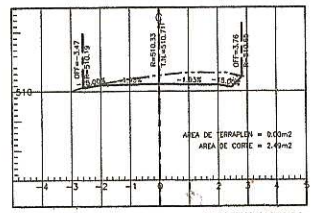
ESTACION 4+636.5



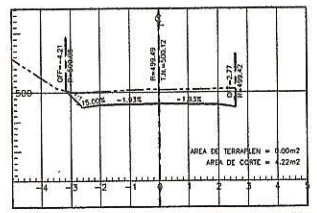
ESTACION 4+340.00



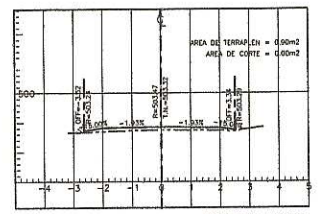
ESTACION 4+460.00



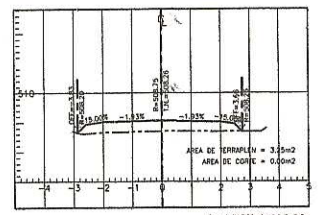
ESTACION 4+620.00



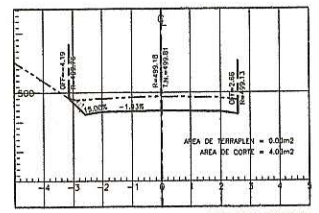
ESTACION 4+320.00



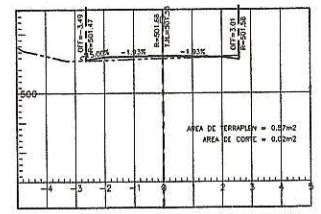
ESTACION 4+480.00



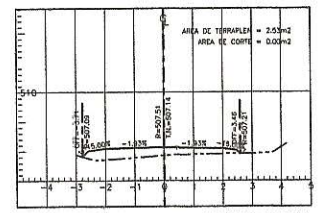
ESTACION 4+500.00



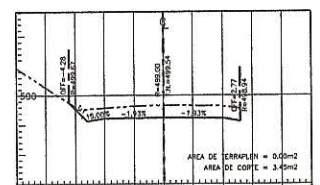
ESTACION 4+300.00



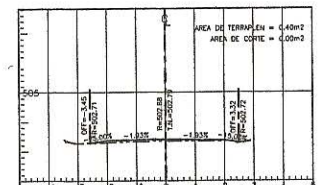
ESTACION 4+440.00



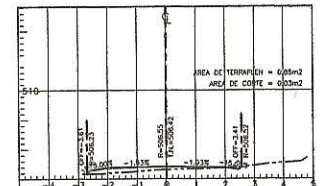
ESTACION 4+580.00



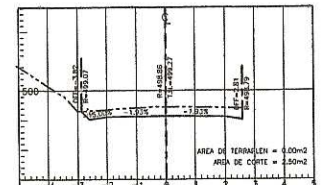
ESTACION 4+280.00



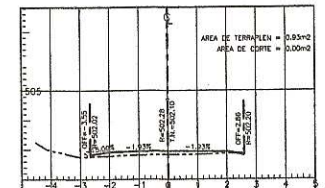
ESTACION 4+440.00



ESTACION 4+560.00

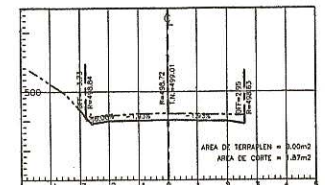


ESTACION 4+260.00

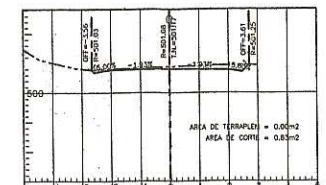


ESTACION 4+420.00

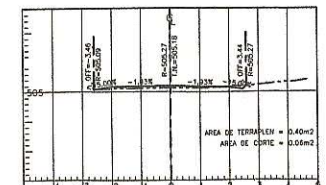
ESTACION 4+540.00



ESTACION 4+240.00



ESTACION 4+280.00



ESTACION 4+520.00

SIMBOLOGIA

DRENAJE TRANSVERSAL

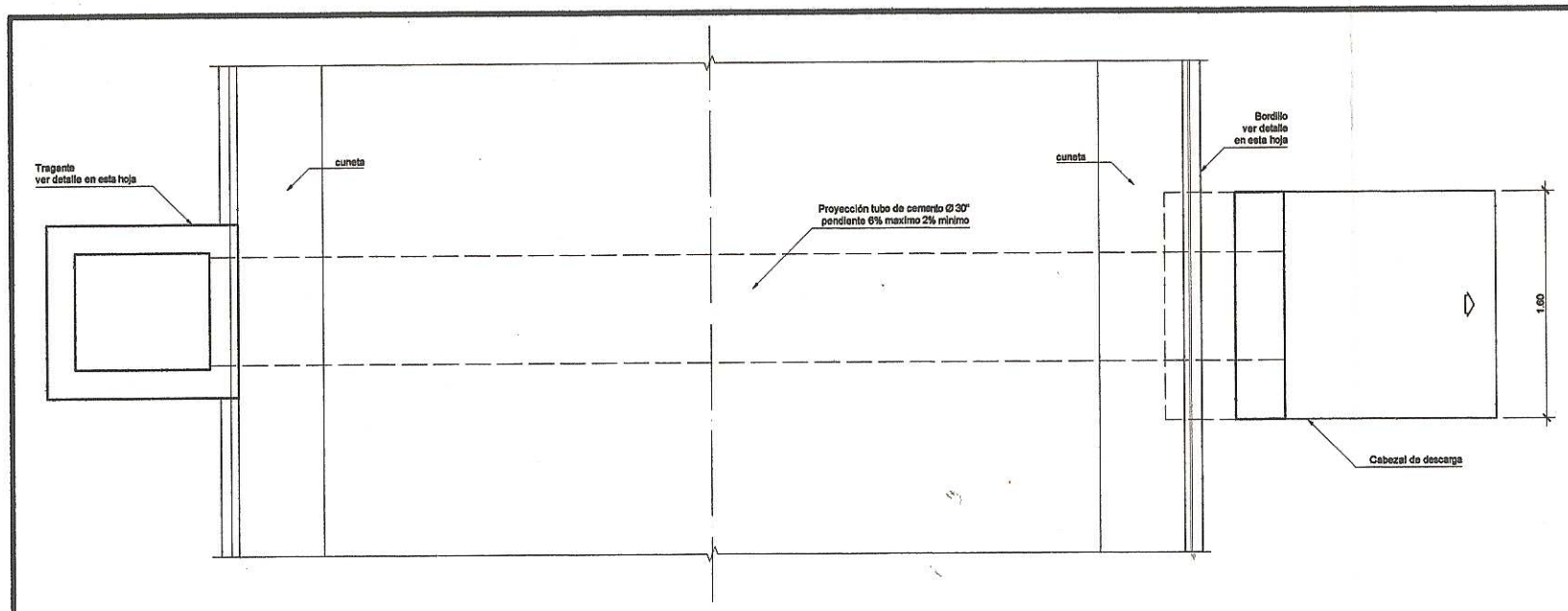
AREA DE TERRAPLEN = 15.58m2

AREA DE CORTE = 17.65m2

SECCION TIPICA

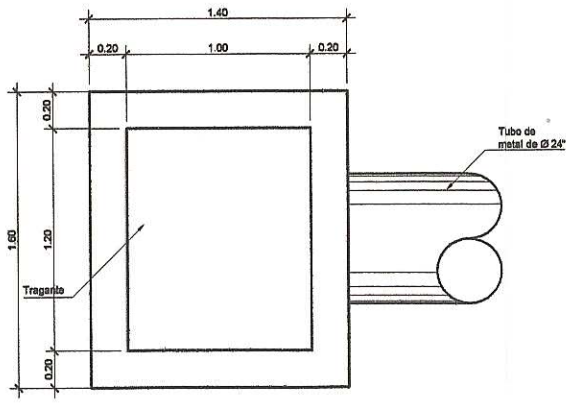
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	JUAN MERCK COS	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	SECCIONES TRASVERSALES	Hoja No.	18/19



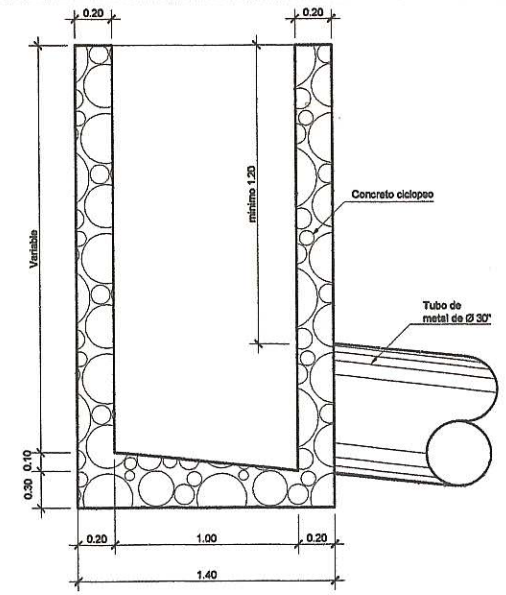
Planta
Paso de Drenaje

Escala: 1:25



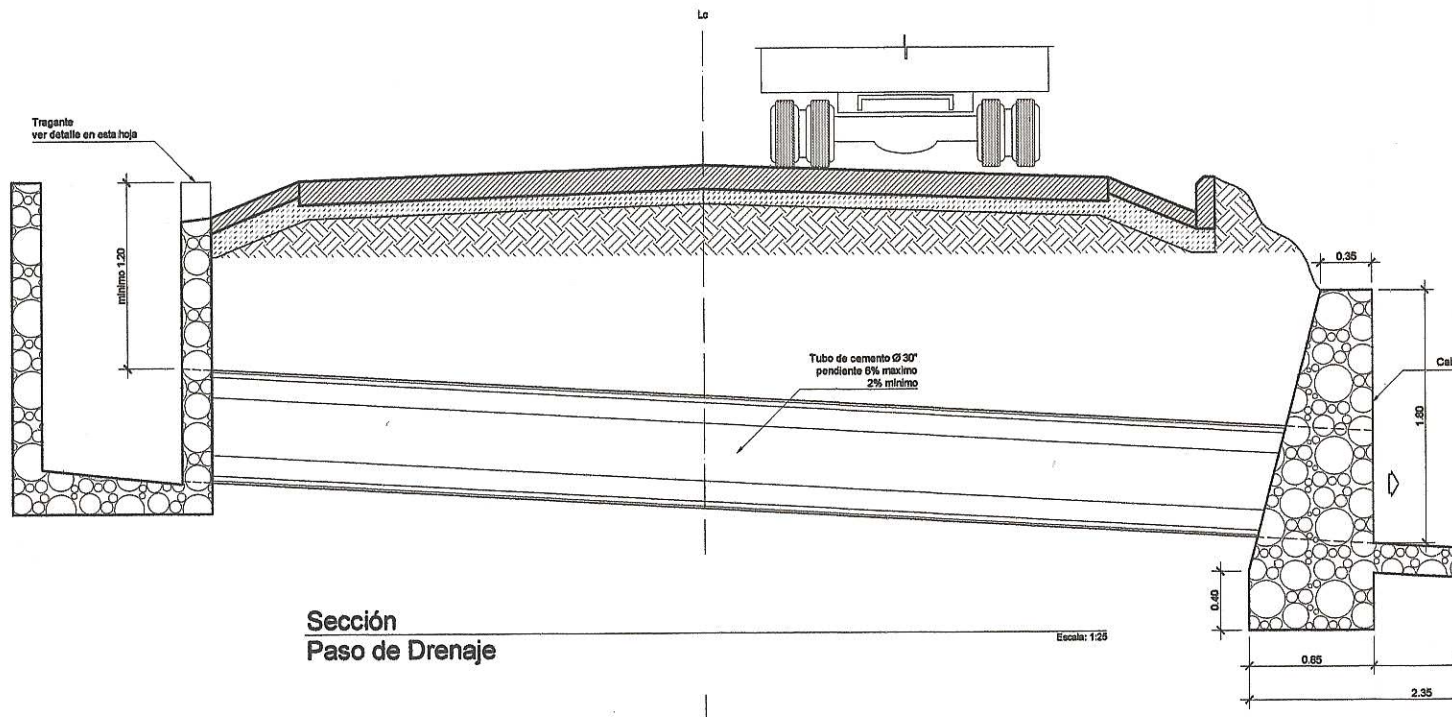
Planta de Tragante

Sin escala



Elevacón de Tragante

Sin escala

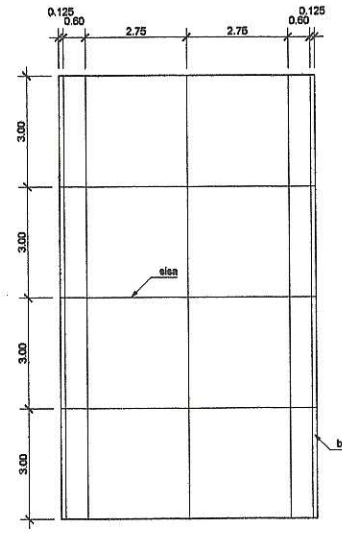


Sección
Paso de Drenaje

Escala: 1:25

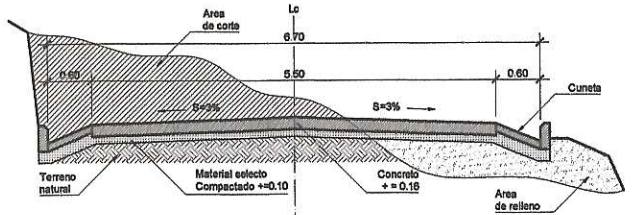
Sección
Cabezal De Descarga

Escala: 1:25



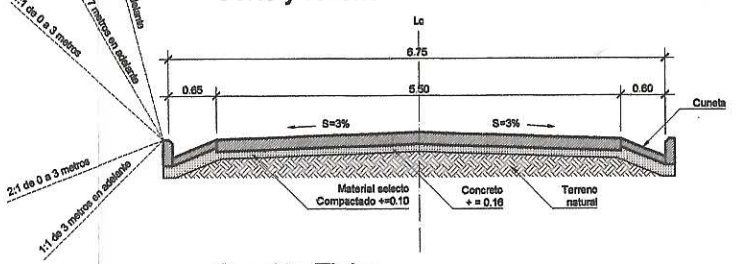
Detalle De Distribución
Planchas De Concreto

Escala: 1:100



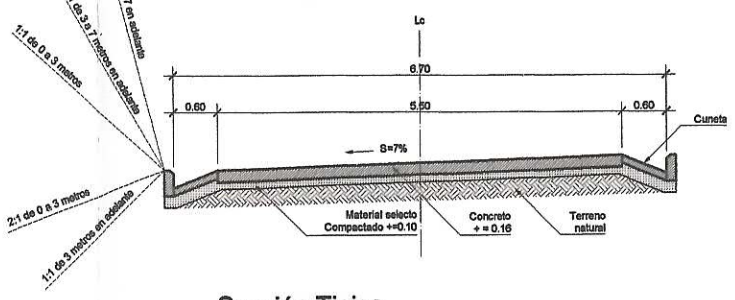
Sección Tipica
Corte y relleno

Escala: 1:50



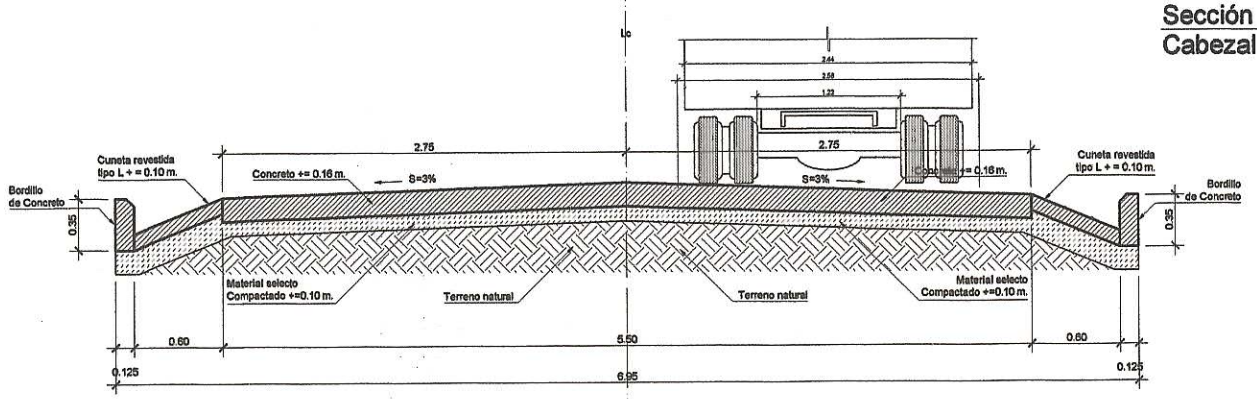
Sección Tipica
Alineación Recta

Escala: 1:50



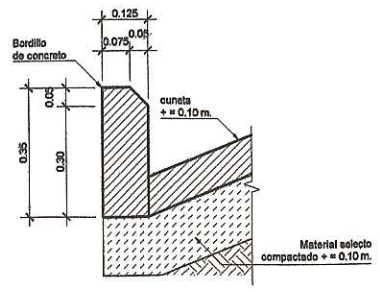
Sección Tipica
Alineación Curva

Escala: 1:50



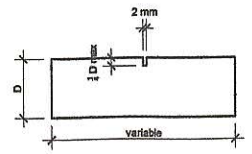
Detalle de Garavito

Escala: 1:25



Detalle de Bordillo

Escala: 1:10

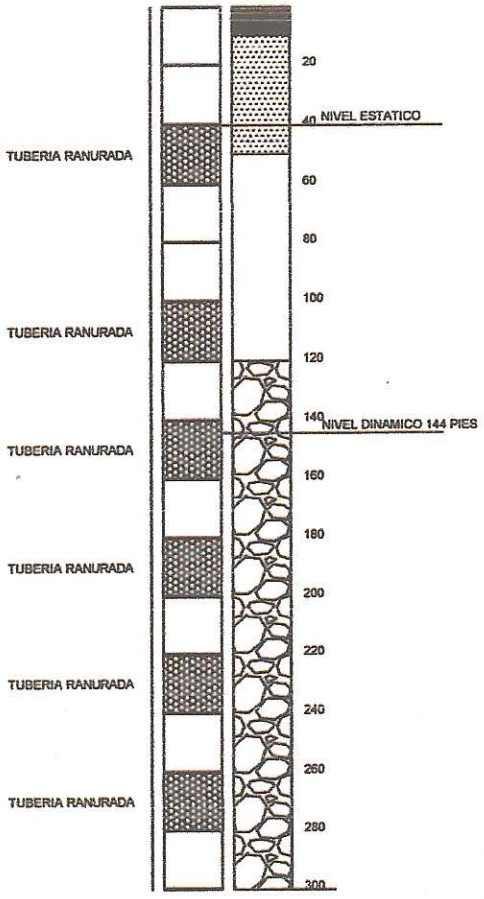


Sección Losa De Concreto
Inducción De Falla

Escala: 1:100

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

PROYECTO:	DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTO HACIA EL CANTON SAN RAMON	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:	
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	ING. JUAN MERCK COC	SANDRA DE LEÓN	
CONTENIDO:	DETALLES GENERALES	Hoja No.	19/19



DATOS
Pozo UBICADO EN EL PATIO CENTRAL DEL EDIFICIO MUNICIPAL CABECERA MUNICIPAL SAN CRISTOBAL TOTONICPAN
Perforador RROG
Metodo de Perforado RotoPercución
Máquina 30 k
Entubado PVC 250 PSI
Profundidad Total 300 pies
Diametro 8 pulgadas
Bomba Usada Para Aforo 60 HP 6 CLC
Nivel Estatico 40 PIES
Nivel Dinamico 144 PIES
Duración de Prueba 24 horas
Bomba Instalada a 140 PIES
Pichachas 6 (VER DIAGRAMA)
Producción del Pozo 210 GPM
FECHA DE LA PERFORACION MARZO DE 2008

PERFORO:

ORZIBAL GEOVANY LOPEZ VASQUEZ
INGENIERO CIVIL COL NO. 6836
ITCA CONSTRUCTORES

Orzibal Jeovany Lopez Vasquez
INGENIERO CIVIL
COL 6836

I.T.C.A.
CONSTRUCTORES
12 Avenida 3-33 Zona 3, Quetzaltenango
Teléfono (502) 7761-9435

ALCALDIA MUNICIPAL
SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN
RECIBIDO
12 MAR 2009
HOY A LAS: 11 HORAS: 30 POR:

ANASERQUIM

6TA. Avenida 6-56 zona 1
Tel-Fax: 2440-8396
Guatemala ciudad

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE

Fecha: marzo 2008

Nombre: Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán

Dirección: San Cristóbal Totonicapán

Persona que solicita: Sandra Anaité de León Romero

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de recepción: 17/03/2008

Punto de Captación: Pozo San Cristóbal Totonicapán

Tipo de Muestra: Agua de Pozo

Análisis solicitado: Análisis Bacteriológico

Responsable del muestreo: Sandra de León

Descripción de la muestra: Muestra tomada en envase plástico de 50ml.

Sabor: Aceptable

Sustancias en suspensión: no hay

Olor: inodora aceptable

Aspecto: Clara

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)

Pruebas Normales	Prueba Presuntiva	Prueba confirmativa Formación de gas	
Cantidad sembrada	Formación de gas-35°C	Total	Fecal 44.5°C
10.00cm^3	+++++	+++++	+++++
01.00cm^3	+++++	+++++	+++++
00.10cm^3	++++-	++++	++++
Resultado: Numero más probable de gérmenes coliformes /100cm^3		1600	1600

*Observaciones: Bacteriológicamente el agua se encuentra en la clasificación I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección.

Revisado
Jefe de Laboratorio
Licda. Scarlette A. Cano S.
Colegiado 2492

ALCALDIA MUNICIPAL
SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN
RECIBIDO
26 FNE 2008
HOY A LAS: 13 HORAS: 00 POR:

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DE ANASEQUIM,

ANASERQUIM

6TA. Avenida 6-56 zona 1
Tel-Fax: 2440-8396
Guatemala ciudad

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE

Fecha: marzo 2008

Nombre: Municipalidad de San Cristóbal Totonicapán

Dirección: San Cristóbal Totonicapán

Persona que solicita: Sandra Anaité de León Romero

ALCALDIA MUNIC.. SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN
RECIBIDO
26 ENE 2009
HOY A LAS: 13 HORAS: 00 POR:

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de recepción: 17/03/2008

Punto de Captación: Pozo San Cristóbal Totonicapán

Tipo de Muestra: Agua de Pozo

Análisis solicitado: Análisis Fisicoquímico

Responsable del muestreo: Sandra de León

Descripción de la muestra: Muestra tomada en envase plástico de 50ml.

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA

Parámetro	Resultado	Limite Máximo aceptable	Limite Máximo Permisible
Olor	Aceptable	No rechazable	
Sabor	Aceptable	No rechazable	
Ph (unidades)	7.20	7-7.5	6.5-8.5
Cloro Residual (ppm)	0.0	0.5	1
Alcalinidad total (mg/L $CaCO_3$)	34.0	------	------
Dureza total (mg/L $CaCO_3$/L)	85.5	100	500
Hierro (mg/L)	0.10	0.1	1.0
Turbidez (Unt)	3.90	5	15
Cloruros (mg/L)	10.0	100	250
Sulfatos (mg/LSO_4)	15.0	100	250
Sólidos totales (mg/L)	70.0	500	1000

*Observaciones: El cloro residual se encuentra fuera de los límites permitidos. Se recomienda clorar el agua a una concentración entre 0.5 y 1.0 ppm.
Los limites fueron tomados de la norma COGUANOR 29 001:99 para parámetros fisicoquímicos de agua. Se recomienda la colocación de filtros para disminuir la turbidez.

*Nomenclatura
Mg/L= Miligramos por litro
Ppm = partes por millón
Unt = Unidades nefelometrías d turbidez

Revisado

Jefe de Laboratorio
Licda. Scarlette A. Cano S.
Colegiado 2492

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DE ANASEQUIM,

Cota 1057.24

Q: 4.21 Lts./Seg.

Cota Piezometrica
1061.73 m.c.a.

37 Cota 1055.24

38 Cota 1049.19

34 Cota 1042.29

33 Cota 1041.43

32 Cota 1036.63

valvula de cheque Ø 3"

30 Cota 1035.59

E3 Cota 1032.51

24 Cota 1030.01

23 Cota 1027.39

22 Cota 1025.39

21 Cota 1023.40

E2 Cota 1019.80

15 Cota 1018.06

12 Cota 1015.76

9 Cota 1011.70

7 Cota 1009.70

6 Cota 1006.73

Cota 1003.98

valvula de cheque Ø 3"

Pozo y caseta de Bombeo

231 M. 39 tubos Ø3" PVC 160 PSI

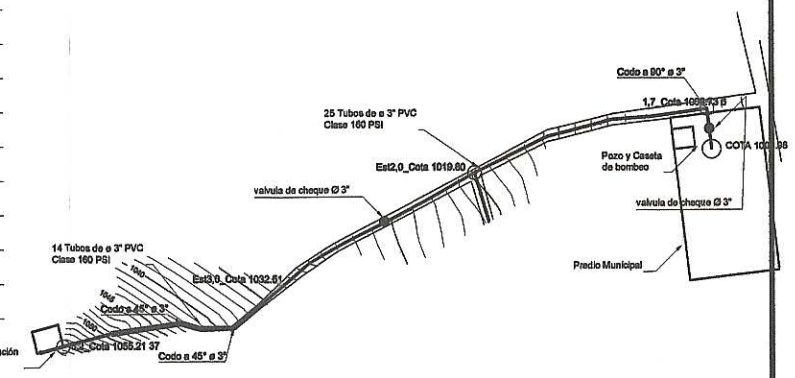
Perfil, Linea de Conduccion por Bombeo

Escala: H: 1:1000
V: 1:200

Tanque de Almacenamiento y Distribución
Volumen: 40.50 m³

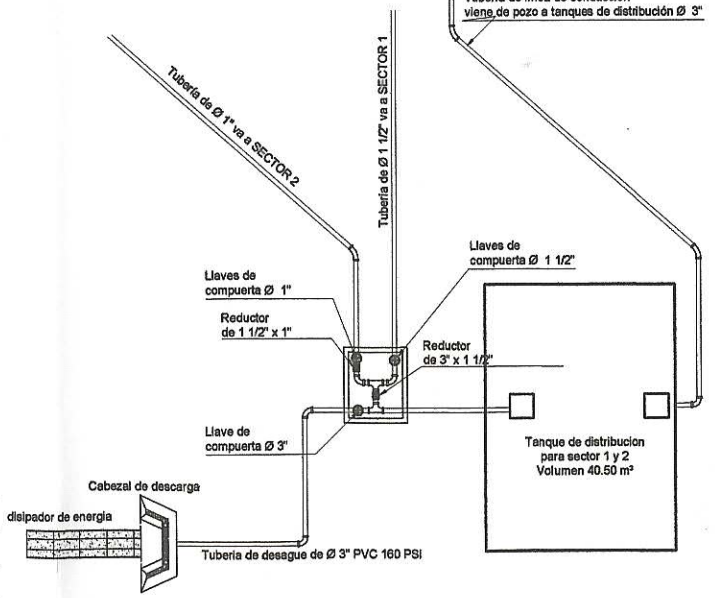
SIMBOLOGIA	
SIGNO	SIGNIFICADO
	INDICA PUNTO Y COTA DEL TERRENO
12	INDICA CONEXION Y NUMERO DE CASA
	INDICA BROCAL DE POZO
	INDICA TANQUE DE DISTRIBUCION
	INDICA LINEA DE CONDUCCION
	INDICA TUBERIA
	INDICA CURVAS DE NIVEL
	INDICA CAMINO
	INDICA CARRETERA ASFALTADA

Nota:
Toda la acometida alla casas será de 1/2"



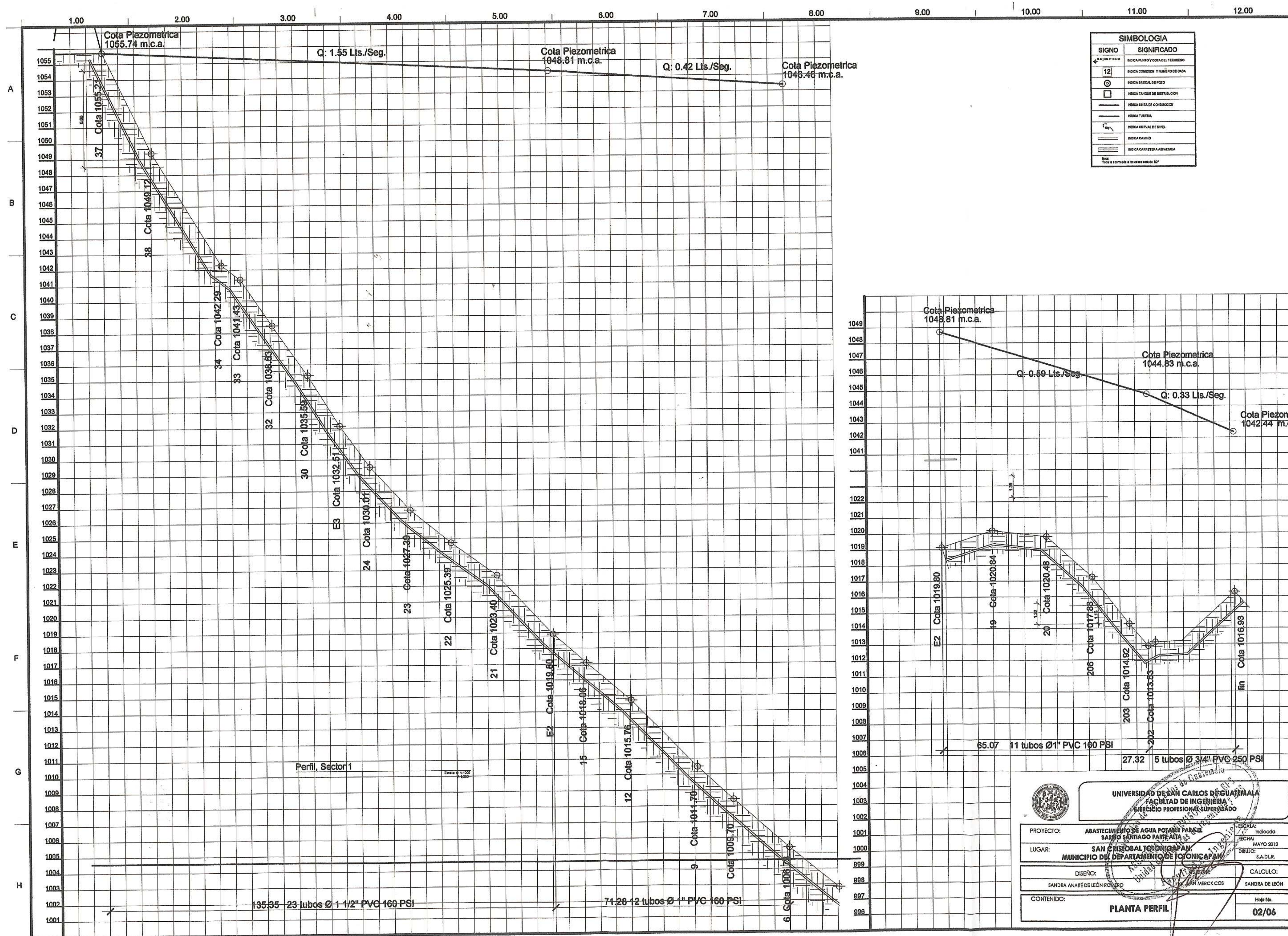
PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO

Escala: 1:1000

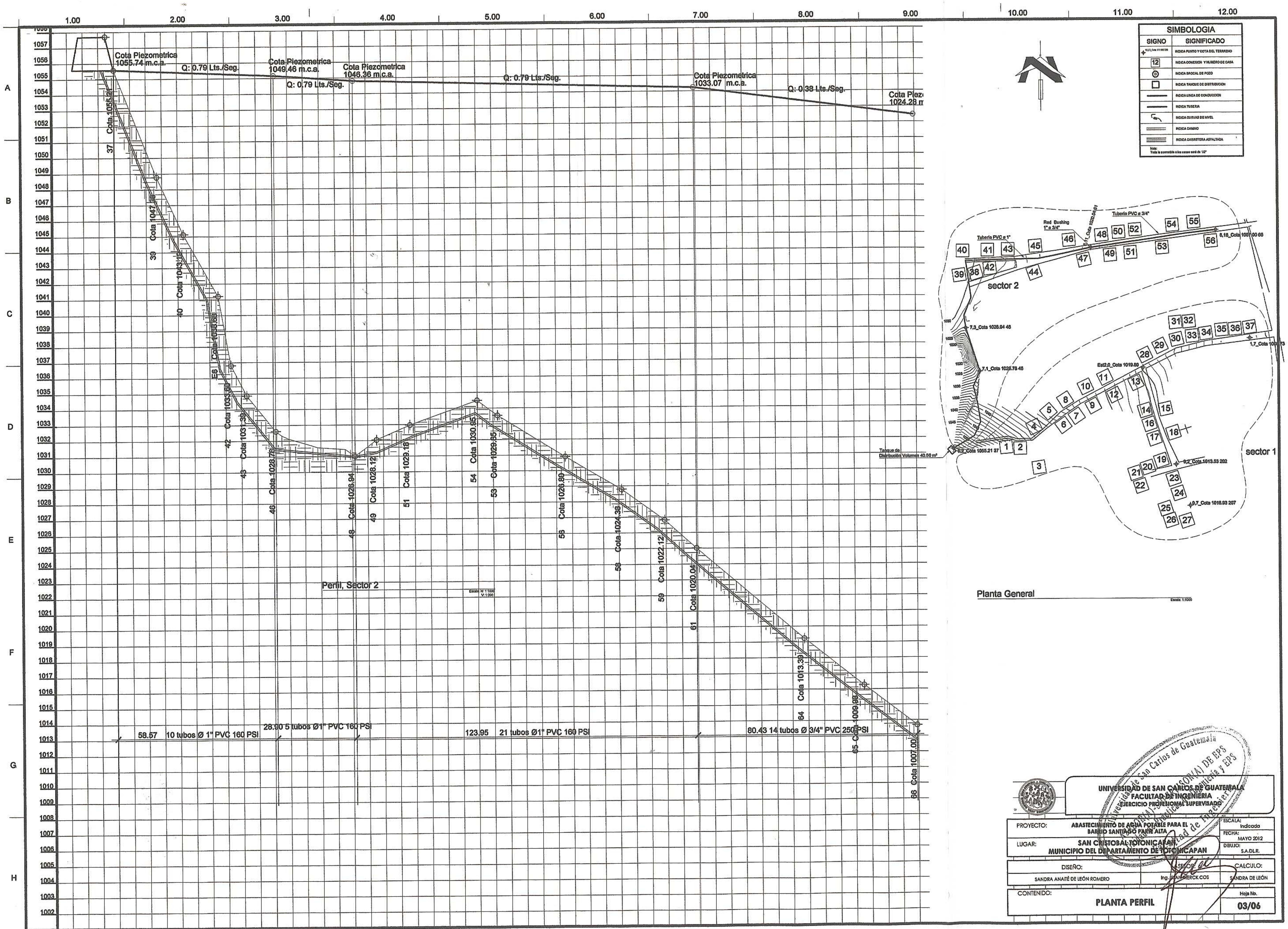


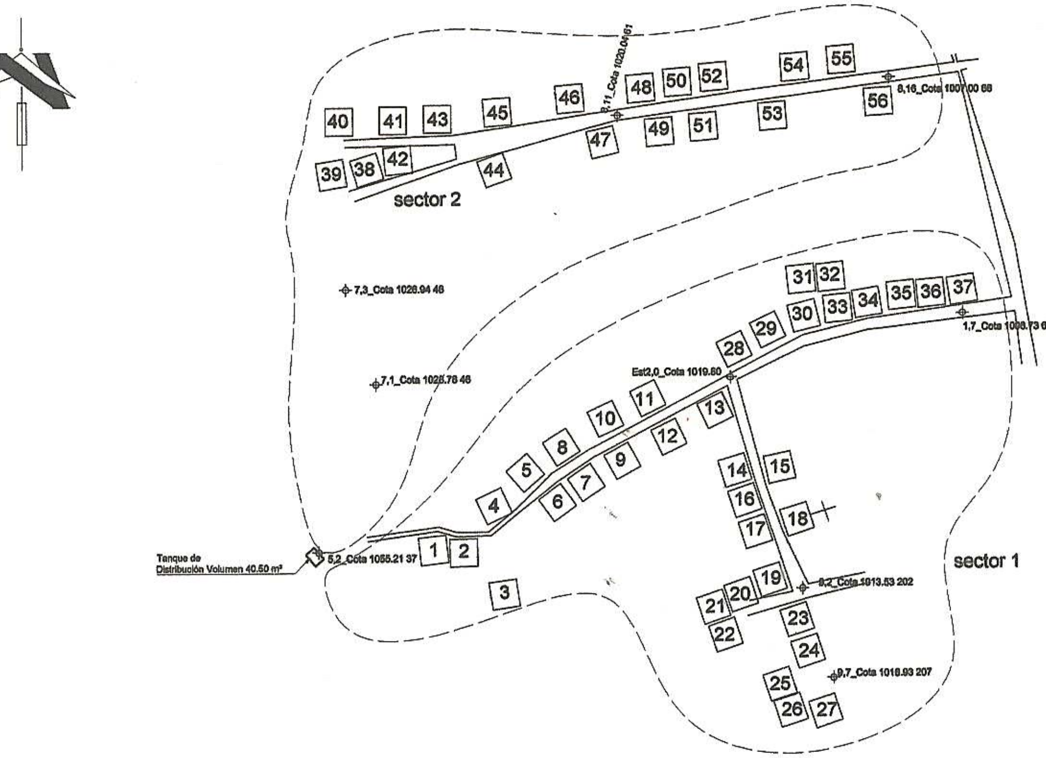
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA	ESCALA: Indicada
LUGAR: SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA: MAYO 2012
	DIBUJO: S.A.D.L.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA PERFIL	Hoja No. 01/06



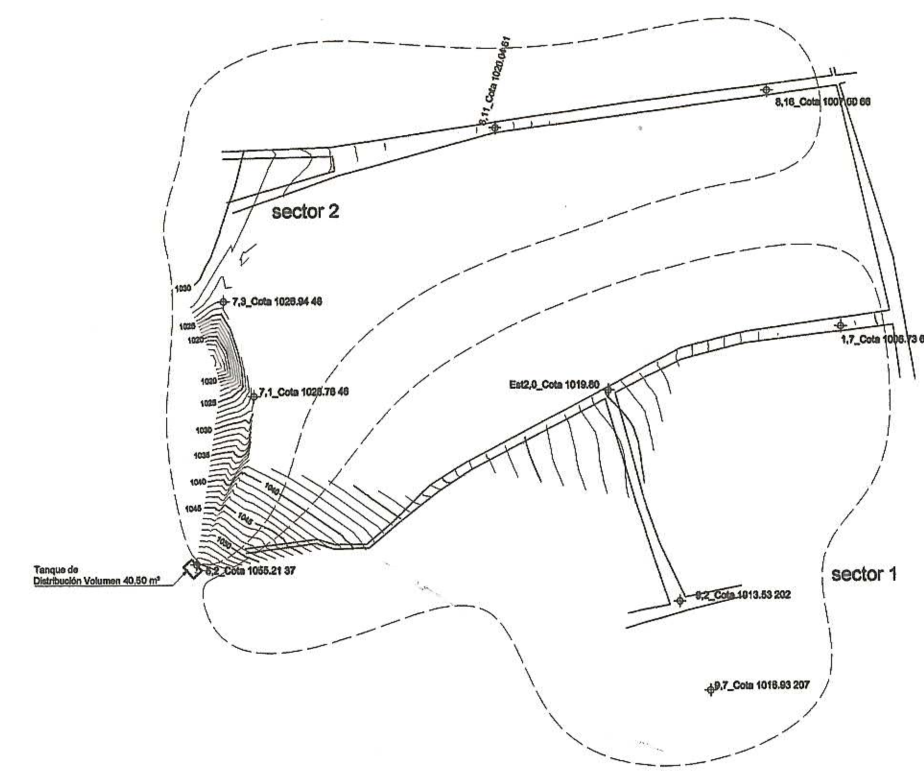
SIMBOLOGIA
SIGNO
SIGNIFICADO
Cota Piezometrica 1055.74 m.c.a.
Q: 1.55 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1048.81 m.c.a.
Q: 0.42 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1046.46 m.c.a.
37 Cota 1055.21
38 Cota 1049.12
34 Cota 1042.29
33 Cota 1041.43
32 Cota 1038.63
30 Cota 1035.59
E3 Cota 1032.51
24 Cota 1030.01
23 Cota 1027.39
22 Cota 1025.39
21 Cota 1023.40
E2 Cota 1019.80
15 Cota 1018.06
12 Cota 1015.76
9 Cota 1011.70
Cota 1009.70
6 Cota 1006.7
Perfil, Sector 1
135.35 23 tubos Ø 1 1/2" PVC 160 PSI
71.28 12 tubos Ø 1" PVC 160 PSI
Cota Piezometrica 1048.81 m.c.a.
Q: 0.59 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1044.83 m.c.a.
Q: 0.33 Lts./Seg.
Cota Piezome 1042.44 m.c
E2 Cota 1019.80
19 Cota 1020.84
20 Cota 1020.48
206 Cota 1017.88
203 Cota 1014.92
202 Cota 1013.53
fin Cota 1016.93
65.07 11 tubos Ø1" PVC 160 PSI
27.32 5 tubos Ø 3/4" PVC 250 PSI
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA
LUGAR: SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN
ESCALA: Indicada
FECHA: MAYO 2012
DIBUJO: S.A.D.L.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO
CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA PERFIL
Hoja No. 02/06


SIMBOLOGIA
SIGNO
SIGNIFICADO
INDICA PUNTO Y COTA DEL TERRENO
INDICA CONEXION Y NUMERO DE CASA
INDICA BROCAL DE POZO
INDICA TANQUE DE DISTRIBUCION
INDICA LINEA DE CONDUCCION
INDICA TUBERIA
INDICA CURVAS DE NIVEL
INDICA CAMINO
INDICA CARRETERA ASFALTADA
Cota Piezometrica 1055.74 m.c.a.
Q: 0.79 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1049.46 m.c.a.
Q: 0.79 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1046.36 m.c.a.
Q: 0.79 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1033.07 m.c.a.
Q: 0.38 Lts./Seg.
Cota Piezometrica 1024.28 m
37 Cota 1055.21
39 Cota 1047.38
40 Cota 1043.18
E6 Cota 1038.68
42 Cota 1033.60
43 Cota 1031.39
46 Cota 1028.78
48 Cota 1026.94
49 Cota 1028.12
51 Cota 1029.18
54 Cota 1030.95
53 Cota 1029.85
56 Cota 1026.80
58 Cota 1024.38
59 Cota 1022.12
61 Cota 1020.04
64 Cota 1013.39
65 Cota 1009.98
66 Cota 1007.00
58.57 10 tubos Ø 1" PVC 160 PSI
28.90 5 tubos Ø1" PVC 160 PSI
123.95 21 tubos Ø1" PVC 160 PSI
80.43 14 tubos Ø 3/4" PVC 250 PSI
Perfil, Sector 2
Planta General
sector 1
sector 2
Tuberia PVC ø 1"
Tuberia PVC ø 3/4"
Red Bushing 1" a 3/4"
Tanque de Distribución Volumen 40.50 m³
7,3_Cota 1028.94 48
7,1_Cota 1028.78 46
Est2,0_Cota 1019.80
1,7_Cota 1007.73
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA
LUGAR: SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN
ESCALA: Indicada
FECHA: MAYO 2012
DIBUJO: S.A.DL.R.
DISEÑO: SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO
ASESOR: Ing. JUAN MERCK COS
CALCULO: SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTA PERFIL
Hoja No. 03/06



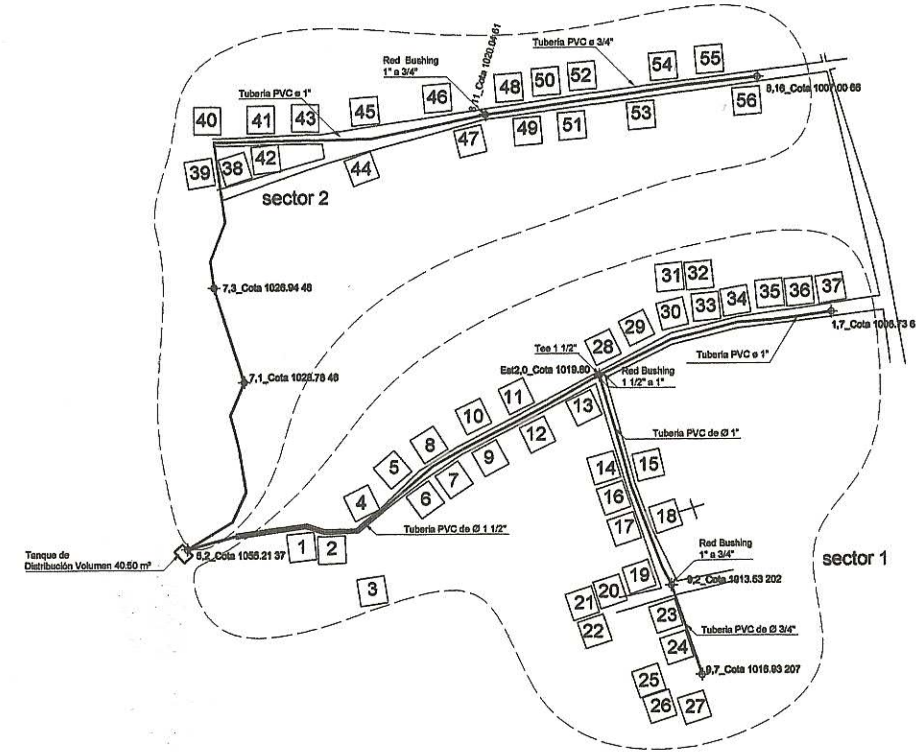
Planta Densidad De Vivienda

Escala: 1:1000



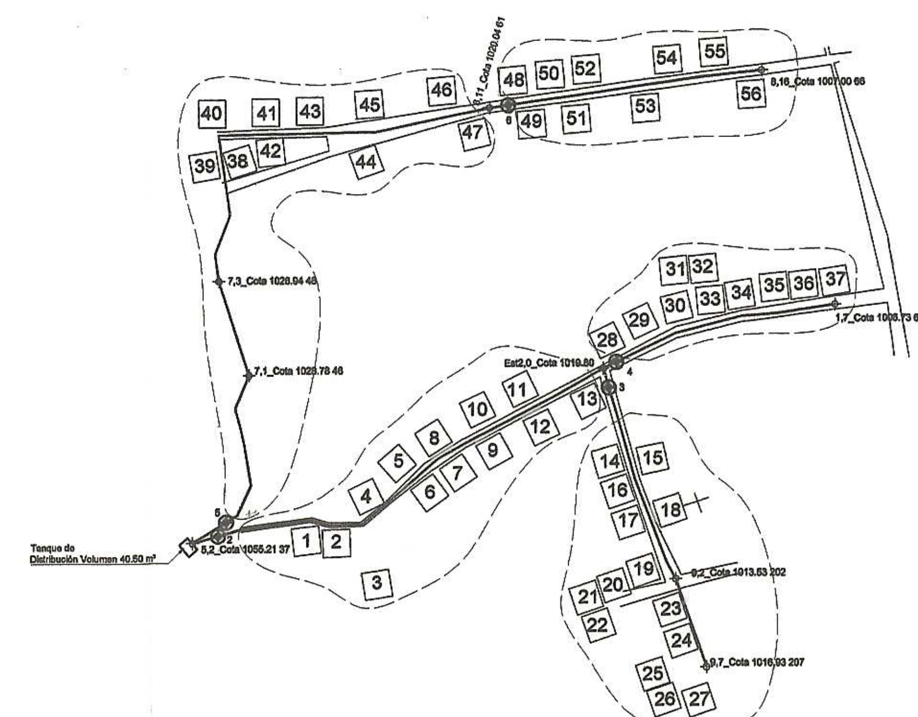
Planta De Curvas a Nivel

Escala: 1:1000



Planta Red De Distribución

Escala: 1:1000



Planta De Válvulas

Escala: 1:1000

SIMBOLOGIA	
SIGNO	SIGNIFICADO
	INDICA PUNTO Y COTA DEL TERRENO
12	INDICA CONEXION Y NUMERO DE CASA
	INDICA BROCAL DE POZO
	INDICA TANQUE DE DISTRIBUCION
	INDICA LINEA DE CONDUCCION
	INDICA TUBERIA
	INDICA CURVAS DE NIVEL
	INDICA CAMINO
	INDICA CARRETERA ASFALTADA

Nota:
Toda la acometida a las casas será de 1/2"

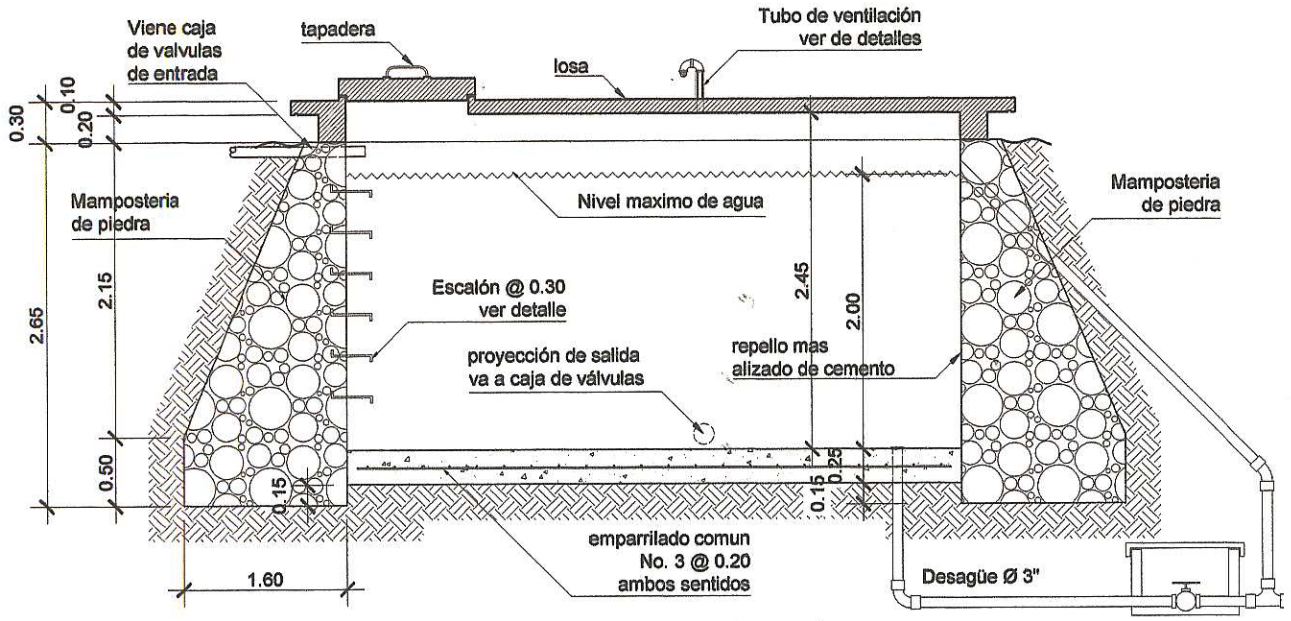
Tabla de diametros de llaves

Llave No.	Ø	Llave No.	Ø
1	3"	5	1"
2	1 1/2"	6	3/4"
3	1"	Desagüe	
4	1"	7	3"

Nota:
Llave 7 es para limpieza del tanque
Llave 1 controla línea de conducción.

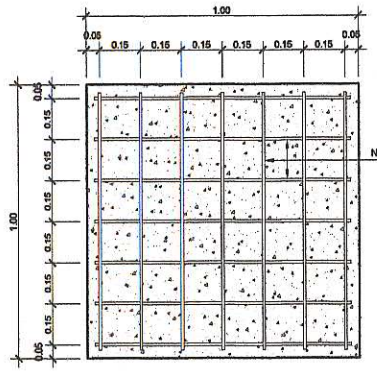
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA	ESCALA: Indicada
		FECHA: MAYO 2012
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	DIBUJO: S.A.DL.R.
DISEÑO:	ASESOR:	CALCULO:
SANDRA ANAITÉ DE LEÓN ROMERO	Ing. JUAN MERCK COS	SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO: PLANTAS GENRALES		Hoja No. 04/06



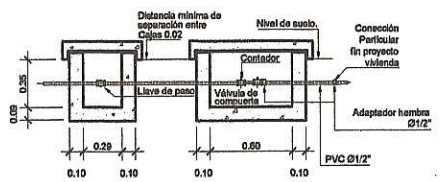
Sección Longitudinal
Tanque de Distribución Volumén 40.5 m³

Escala: 1:50



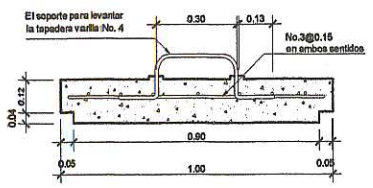
Planta Tapadera

Escala: 1:12.5



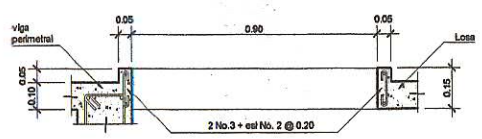
Elevación
Detalle de Conexion Domiciliar

Escala: 1:25



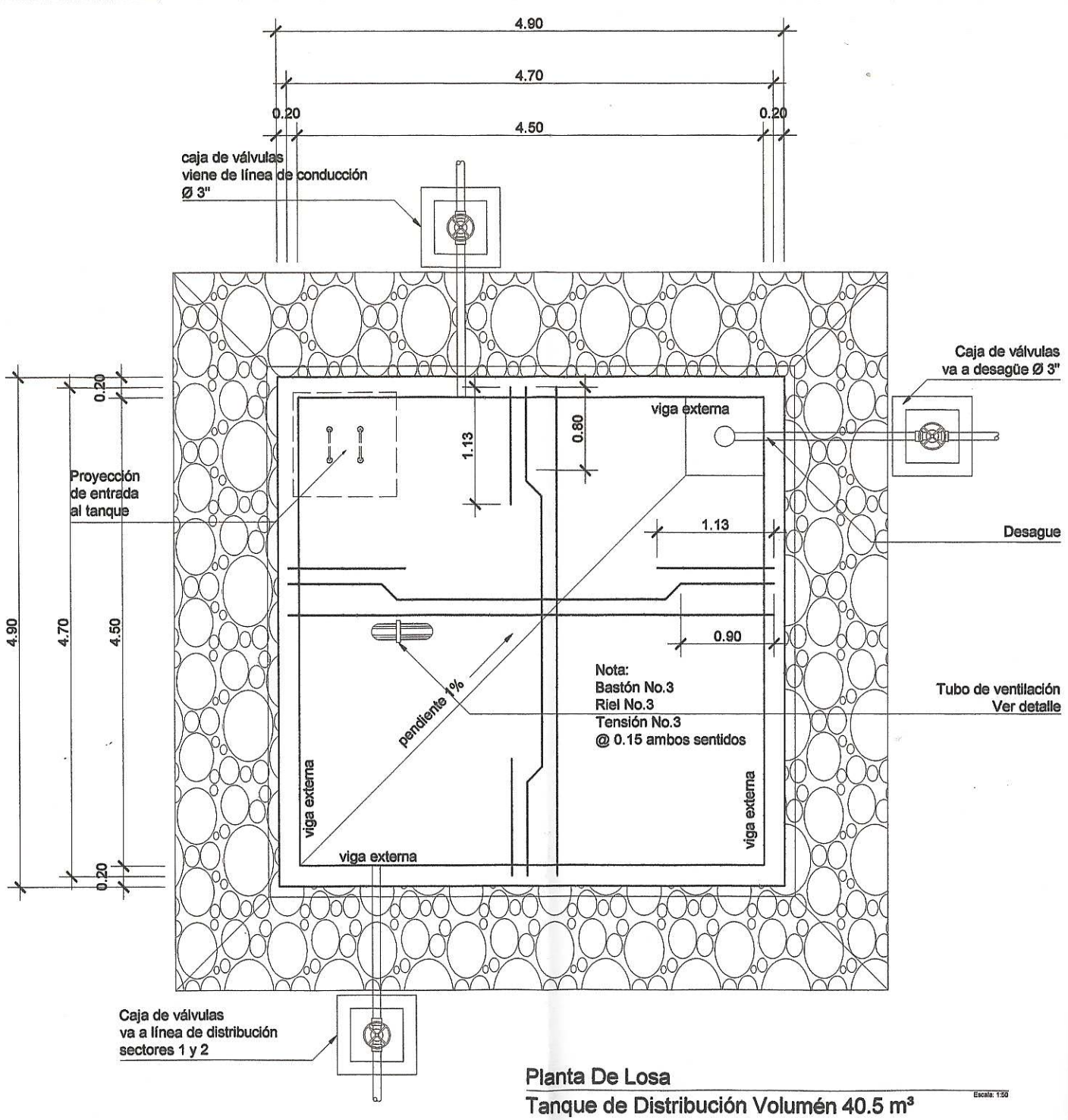
Sección de Tapadera,
Acceso al Tanque

Escala: 1:12.5



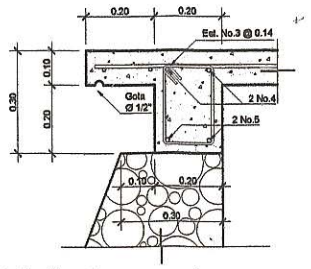
Sección de Brocal
Acceso al tanque

Escala: 1:5



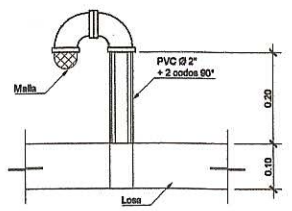
Planta De Losa
Tanque de Distribución Volumén 40.5 m³

Escala: 1:50



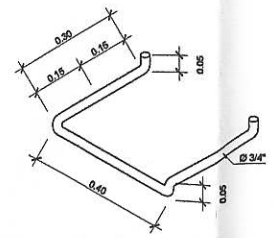
Detalle de armado
Viga perimetral

Escala: 1:10



Tubo de Ventilación

Escala: 1:7.5



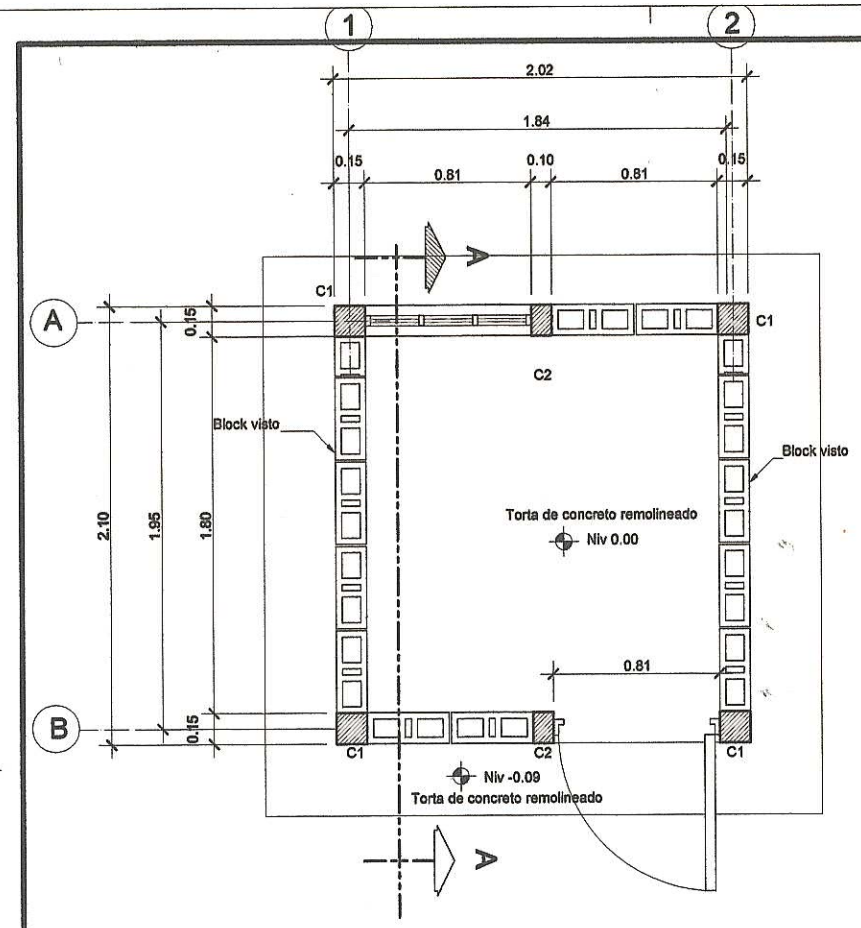
Detalle de escalon

Escala: 1:10

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

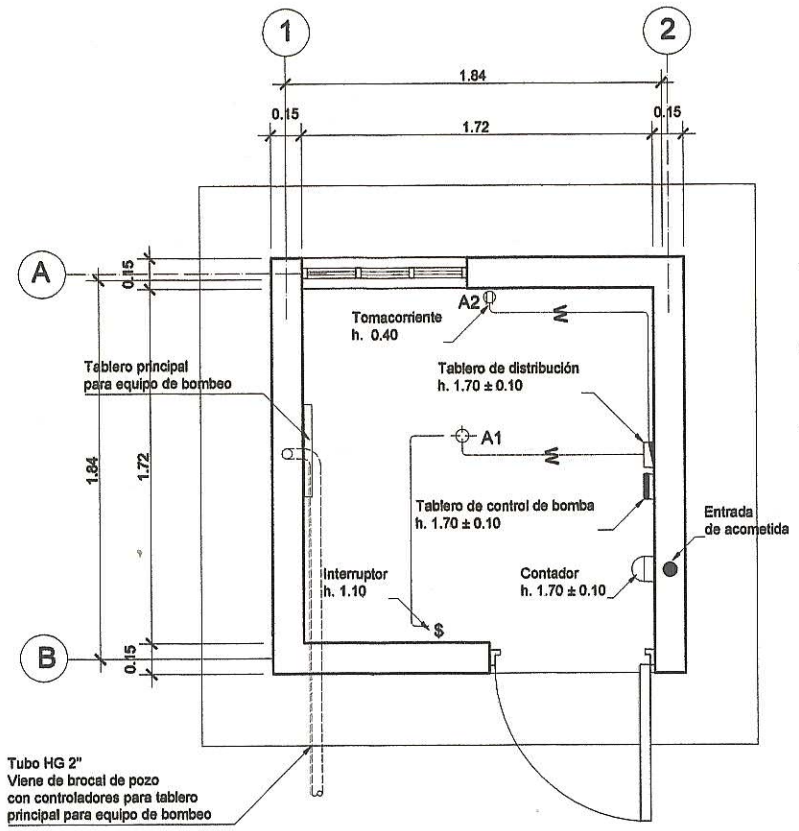
PROYECTO:	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
DISEÑO:	SANDRA ANARTÉ DE LEÓN ROMERO	REVISO:	ING. OSCAR MERIDA
		CALCULO:	S.A.D.L.R.
			SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	Detalles Generales	Hoja No.	05/06

Asesores y Supervisores Diversos
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

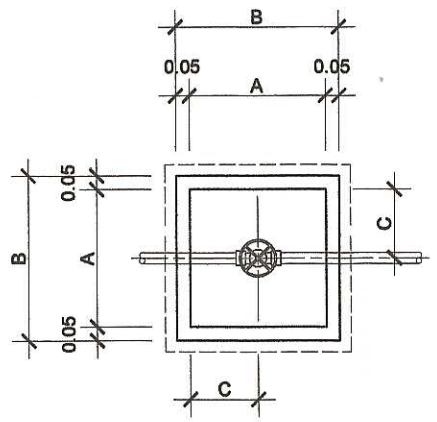


Planta Caseta de Bombeo. Escala: 1:25

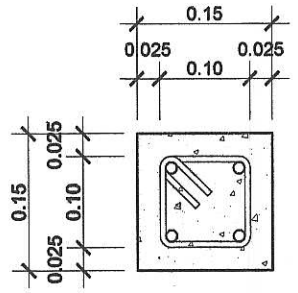
Columna C1: 0.15 x 0.15, 4 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.20
Columna C2: 0.15 x 0.10, 2 No. 3 + Esl. No. 2 @ 0.20



Planta de Eléctricidad Caseta de Bombeo. Escala: 1:25

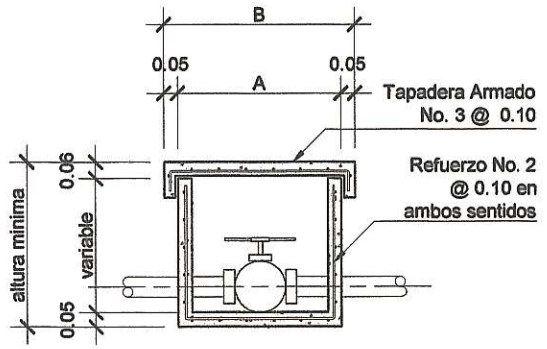


Planta Caja de valvulas Escala: 1:25

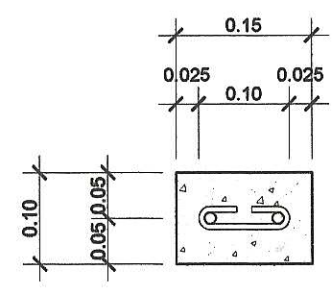


4 No.3+ Est. No.2 @ 0.15

Tabla de Dimenciones				
Diametro B	A	B	C	altura minima
3/4"	0.30	0.40	0.15	0.30
1"	0.35	0.45	0.175	0.45
1 1/2"	0.40	0.50	0.20	0.50
3"	0.70	0.80	0.35	0.60



Sección Tipica Caja de valvulas Escala: 1:25



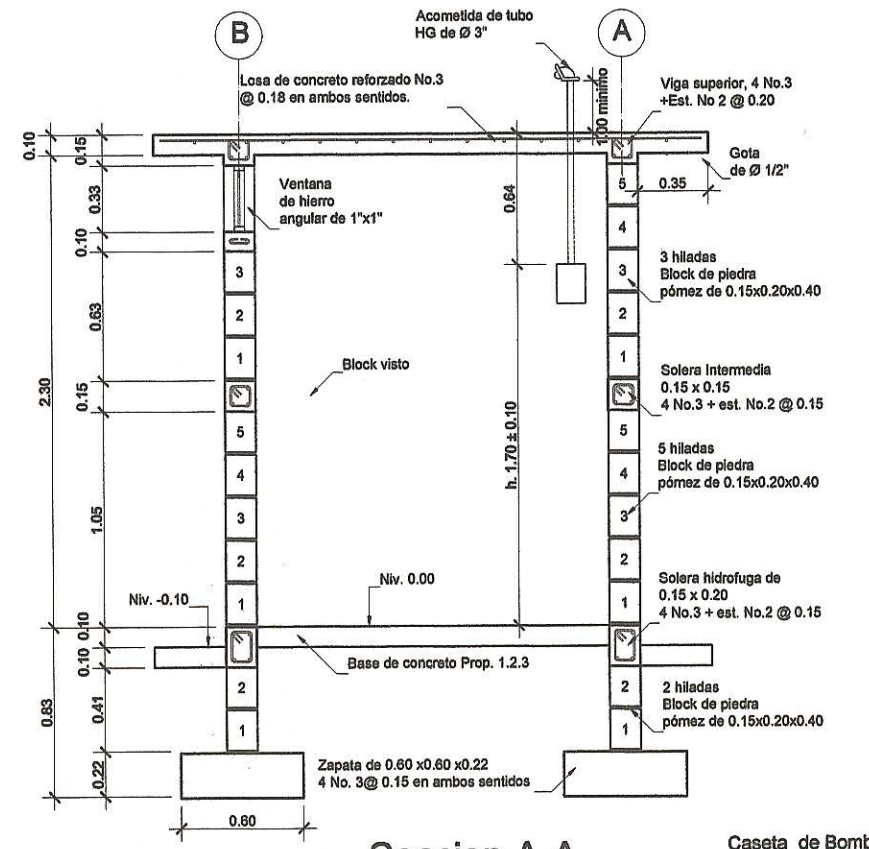
2 No.3+ Esl. No.2 @ 0.15

Columna C-1

Escala: 1:7.5

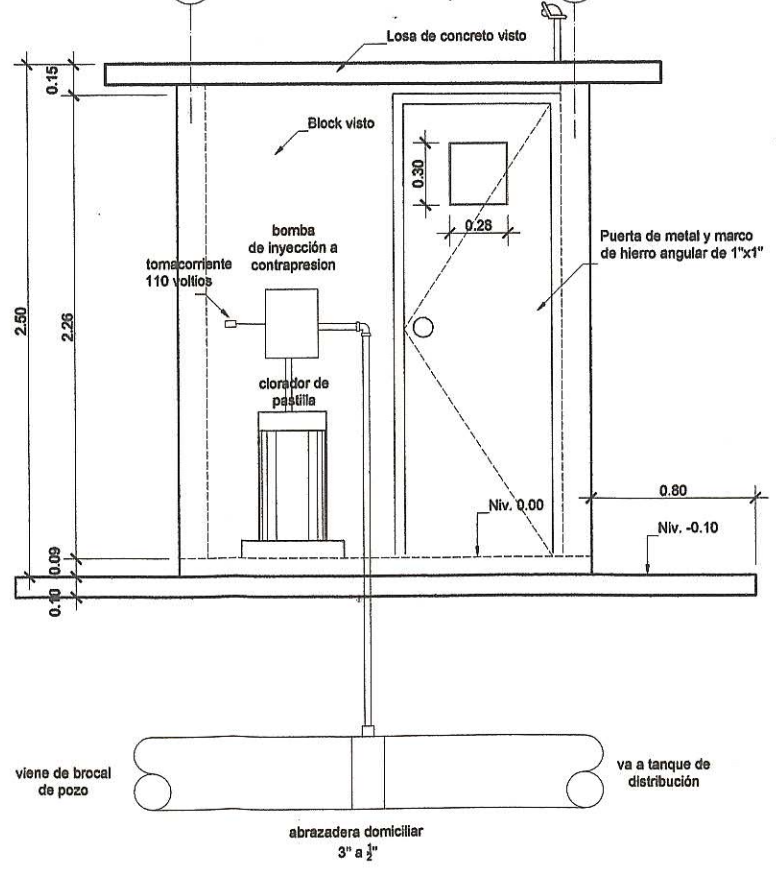
Columna C-2

Escala: 1:7.5



Seccion A-A

Caseta de Bombeo. Escala 1:25



Elevacion Frontal. Caseta de Bombeo. Escala 1:25 Sistema de Cloración

SIMBOLOGÍA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CASA O VIVIENDA
	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
	PERFIL DEL TERRENO
	PIEZOMÉTRICA
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
E-1	NÚMERO DE ESTACIÓN

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

PROYECTO:	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO SANTIAGO PARTE ALTA	ESCALA:	Indicada
LUGAR:	SAN CRISTOBAL TOTONICAPAN, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN	FECHA:	MAYO 2012
		DIBUJO:	S.A.D.L.R.
DISEÑO:	ASESOR:		CALCULO:
SANDRA ANARÉ DE LEÓN ROMERO	ING. EDGAR AMERCK CIFUENTES		SANDRA DE LEÓN
CONTENIDO:	Detalles Caseta de Cloracion	Hoja No.	06/06