



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL
HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA
ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y
SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Pedro Roberto Martínez Fuentes

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA
EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA
CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA
GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PEDRO ROBERTO MARTÍNEZ FUENTES

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de mayo de 2014.



Pedro Roberto Martínez Fuentes



Guatemala, 16 de septiembre de 2015
Ref.EPS.DOC.615.09.15

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Pedro Roberto Martínez Fuentes** con carné No. **20071414811**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ.**

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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



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

Guatemala,
23 de septiembre de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pedro Roberto Martínez Fuentes, con Carnet No. 200714811, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 ENSEÑADA TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua
/bbdeb.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala, 8 de Abril de 2016

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

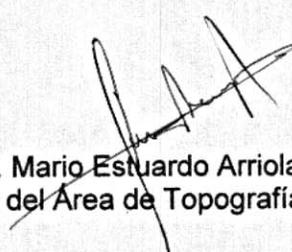
Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Pedro Roberto Martínez Fuentes con carné 2007-14811, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 18 de abril de 2016
Ref.EPS.D.171.04.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Pedro Roberto Martínez Fuentes, carné 200714811**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa del Rosario Classenede Pinto

Directora Unidad de EPS

DIRECCION
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

CdRCdP/ra



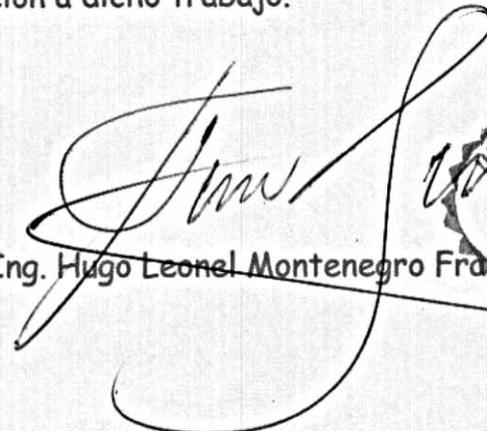
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Pedro Roberto Martínez Fuentes, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

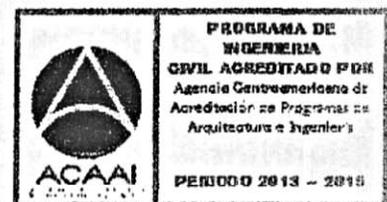

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2016.

/mrrm.

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





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ACANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA Y DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA ENTRE LA ALDEA SAN MATEO MILPAS ALTAS, ANTIGUA GUATEMALA Y SANTA LUCÍA MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Pedro Roberto Martínez Fuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Roberto Martínez, por su apoyo y experiencia, y a Camlin Fuentes, por su amor, confianza y apoyo hacia mí, gracias a cada uno por lo que aportó al logro de mis metas.

Mis hermanas

Clara y Lauren Martínez Fuentes, por ser mis amigas de toda la vida.

Mis primos

Quienes son como mis hermanos.

Mi esposa

Gabriela Castellanos, por su amor, amistad, alegrías, regaños y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todo lo que me ha dado.
Mis padres	Pedro Roberto Martínez Quevedo y Camlin del Rosario Fuentes Mijangos.
Mis hermanas	Clara y Lauren Martínez Fuentes.
Mis amigos	Por su apoyo a lo largo de la carrera.
Municipalidad de Antigua Guatemala	Por darme la oportunidad de realizar mi EPS con todo el apoyo necesario.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Localización y ubicación geográfica	2
1.1.2. Accesos y comunicaciones.....	3
1.1.3. Topografía del lugar.....	3
1.1.4. Aspectos climáticos	4
1.1.5. Servicios	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato, Sacatepéquez	7
2.1.1. Descripción del proyecto	7
2.1.2. Levantamiento topográfico	8
2.1.2.1. Altimetría.....	8
2.1.2.2. Planimetría.....	8
2.1.3. Partes del alcantarillado sanitario	9
2.1.3.1. Colector	9

2.1.3.2.	Pozos de visita	9
2.1.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	10
2.1.4.	Período de diseño	11
2.1.5.	Población futura	11
2.1.6.	Determinación de caudal.....	13
2.1.6.1.	Dotación	13
2.1.6.2.	Población tributaria.....	13
2.1.6.3.	Caudal domiciliar	13
2.1.6.4.	Caudal industrial.....	14
2.1.6.5.	Caudal comercial.....	14
2.1.6.6.	Caudal de conexiones ilícitas	15
2.1.6.7.	Caudal medio	15
	2.1.6.7.1. Factor de caudal medio	15
	2.1.6.7.2. Factor de Harmon	16
2.1.7.	Caudal de diseño	16
2.1.8.	Fundamento hidráulico.....	17
2.1.8.1.	Ecuación de Manning.....	17
2.1.8.2.	Relaciones hidráulicas	18
2.1.9.	Parámetros de diseño hidráulico	21
2.1.9.1.	Sección llena y parcialmente llena	21
2.1.9.2.	Velocidades máximas y mínimas	21
2.1.9.3.	Diámetro del colector	22
2.1.9.4.	Profundidad del colector.....	22
2.1.9.5.	Ancho de zanja.....	23
2.1.9.6.	Volumen de excavación	24
2.1.9.7.	Cotas invert	24
2.1.9.8.	Ubicación de pozos de visita	25
2.1.9.9.	Profundidad de los pozos de visita	25

2.1.9.10.	Características de las conexiones domiciliarias.....	25
2.1.9.11.	Diseño hidráulico	26
2.1.10.	Diseño de fosas sépticas.....	27
2.1.11.	Pozos de absorción	27
2.1.11.1.	Dimensionamiento de pozos de absorción	27
2.1.12.	Presupuesto del proyecto	28
2.1.13.	Evaluación socioeconómica.....	30
2.1.13.1.	Valor presente neto (VPN).....	30
2.1.13.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	31
2.1.14.	Cronograma de actividades.....	31
2.1.15.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	32
2.2.	Consideraciones para el diseño de la carretera entre la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala y Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.....	34
2.2.1.	Descripción del lugar	34
2.2.1.1.	Localización y descripción	34
2.2.1.2.	Vías de comunicación.....	35
2.2.1.3.	Condiciones ambientales.....	36
2.2.2.	Preliminares.....	36
2.2.2.1.	Levantamiento topográfico	36
2.2.2.1.1.	Planimetría	37
2.2.2.1.2.	Altimetría	37
2.2.3.	Diseño de carretera	37
2.2.3.1.	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	38
2.2.3.1.2.	Grado máximo de curvatura	40

	2.2.3.1.3.	Longitud de curva.....	40
	2.2.3.1.4.	Subtangente.....	40
	2.2.3.1.5.	Cuerda máxima.....	40
	2.2.3.1.6.	External.....	41
	2.2.3.1.7.	Cálculo de curva horizontal.....	41
2.2.3.2.		Cálculo de elementos de curva vertical.....	43
	2.2.3.2.1.	Diseño de curva vertical.....	44
	2.2.3.2.2.	Longitud mínima.....	47
	2.2.3.2.3.	Visibilidad de parada.....	48
	2.2.3.2.4.	Procedimiento de cálculo de curva vertical.....	50
2.2.3.3.		Capas que componen el pavimento	58
	2.2.3.3.1.	Subrasante.....	58
	2.2.3.3.2.	Subbase.....	58
	2.2.3.3.3.	Base.....	59
	2.2.3.3.4.	Carpeta de rodadura	59
2.2.3.4.		Análisis y determinación del volumen de tránsito.....	60
	2.2.3.4.1.	Volumen de tránsito	60
	2.2.3.4.2.	Clasificación de tránsito	60
	2.2.3.4.3.	Tránsito liviano	61
	2.2.3.4.4.	Tránsito medio	61
	2.2.3.4.5.	Tránsito pesado	61
2.2.4.		Movimiento de tierras	61

2.2.4.1.	Determinación de áreas por el método gráfico	62
2.2.4.2.	Cálculo de volúmenes	62
2.2.5.	Diseño de pavimento	64
2.2.5.1.	Pavimento rígido	65
2.2.5.2.	Pavimento flexible.....	65
2.2.6.	Estudio de suelos	65
2.2.6.1.	Límites de consistencia	66
2.2.6.2.	Análisis granulométrico.....	66
2.2.6.3.	Determinación de contenido de humedad.....	67
2.2.6.4.	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor).....	67
2.2.6.5.	Ensayo del valor soporte del suelo (CBR).....	67
2.2.7.	Estructura final del pavimento.....	68
2.2.7.1.	Diseño y dimensiones del espesor del pavimento	69
2.2.7.2.	Método simplificado	69
2.2.7.3.	Diseño de mezcla de concreto.....	75
2.2.8.	Juntas	80
2.2.8.1.	Juntas longitudinales	80
2.2.8.2.	Juntas transversales.....	81
2.2.8.3.	Juntas de expansión.....	81
2.2.8.4.	Juntas de construcción	81
2.2.9.	Diseño de cunetas	82
2.2.9.1.	Drenaje longitudinal	82
2.2.9.2.	Drenaje transversal.....	83

2.2.9.3.	Cunetas	86
2.2.10.	Presupuesto	89
2.2.10.1.	Resumen de presupuesto	89
2.2.11.	Cronograma ejecución física y financiera.....	90
2.2.12.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	91
CONCLUSIONES.....		93
RECOMENDACIONES		95
BIBLIOGRAFÍA.....		97
APÉNDICES.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio	2
2.	Ubicación de proyecto.....	7
3.	Pozo de visita.....	10
4.	Conexiones domiciliarias	11
5.	Ubicación de proyecto.....	35
6.	Componentes de curva horizontal.....	38
7.	Elementos de curva vertical	44
8.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa.....	47
9.	Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava.....	48
10.	Coefficiente de fricción según velocidad.....	50
11.	Tipos de secciones transversales	62
12.	Tipos de variaciones en secciones continuas	63
13.	Límites de Atterberg.....	66
14.	Detalle de cuneta	89

TABLAS

I.	Temperatura media en °C de estación: Suiza Contenta.....	4
II.	Precipitación en mm de estación: Suiza Contenta (1982-2010)	5
III.	Tasa de crecimiento poblacional	12
IV.	Relaciones hidráulicas para sección circular	19

V.	Velocidades máximas y mínimas	22
VI.	Profundidad mínima del colector para tubería de PVC en cm.....	23
VII.	Ancho de zanja.....	23
VIII.	Tabla resumen de datos y criterios utilizados para el diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea El Hato	26
IX.	Presupuesto general del proyecto de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato.....	29
X.	Cronograma ejecución física-financiera	32
XI.	Matriz de Leopold.....	33
XII.	Clasificación y características de las carreteras.....	39
XIII.	Resumen diseño geométrico.....	43
XIV.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	44
XV.	Resumen de diseño de curvas verticales.....	51
XVI.	Espesor de la base.....	59
XVII.	Calidad de subrasante en función del CBR.....	68
XVIII.	Análisis de resultados	68
XIX.	Categorías de tránsito en función de cargas por eje	70
XX.	Clasificación funcional de las carreteras regionales.....	71
XXI.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción.....	73
XXII.	Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción K y módulo de ruptura optado	75
XXIII.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	76
XXIV.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso	77
XXV.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	77
XXVI.	Relación de mezcla	79
XXVII.	Relación mezcla por volumen	79
XXVIII.	Valores de coeficiente de escurritía	83

XXIX.	Presupuesto carretera	90
XXX.	Cronograma ejecución física-financiera.....	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura entre cauce
A	Área
Q	Caudal a sección llena en tuberías
q_{dis}	Caudal de diseño
cm	Centímetro
C	Coefficiente de escorrentía superficial
n	Coefficiente de rugosidad
D	Diámetro hidráulico
Dist	Distancia
US\$	Dólar de Estados Unidos de América
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura).
Est	Estación
F	Factor de fricción
F_H	Factor de Harmon
H_{op}	Humedad óptima
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
km	Kilómetro
lb	Libra
lb/pie³	Libra por pie cúbico

LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
L	Longitud de cauce
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo
milímetros	Milímetro
milímetros/h	Milímetros por hora
min	Minutos
K	Módulo de ruptura del concreto
π	Número PI (3,141592654)
S	Pendiente
S%	Pendiente en porcentaje
pie³	Pie cúbico
PV	Pozo de visita
PU	Precio unitario
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PO	Punto observado
Q	Quetzal, moneda de Guatemala
a/A	Relación de área de flujo dividido área a sección llena.
q/Q	Relación de caudales caudal de diseño dividido caudal de Manning.

d/D	Relación de profundidad de flujo dividido profundidad a sección llena.
v/V	Relación de velocidad de fluidos dividido velocidad a sección llena.
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
St	Subtangente
¾ pulgadas	Tres cuartos de pulgada
Ha	Unidad de medida de hectáreas

GLOSARIO

AASHTO	Siglas en inglés de American Association of Highways and Transportation Officials.
Aforo vehicular	Método estadístico que tiene como finalidad la determinación del número de vehículos que transitan en un lugar determinado durante un tiempo estimado.
Agregado fino	Agregado del concreto que sus partículas tienen un diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros (arena).
Agregado grueso	Agregado que sus partículas tienen un diámetro que varía entre 4,77 y 19,10 milímetros. Normalmente es llamado pedrín o grava.
Agregado	Materiales inertes de determinadas características que conforman el concreto, excluyendo el agua.
Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.

Asentamiento	Descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la subbase.
Carril	Superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
Caudal de diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un diseño tramo de alcantarillado.
Caudal	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo, m ³ /s o l/s).
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir, que reacciona y fragua con agua, utilizada en el concreto y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
Cota invert	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.

Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas y el área en que se ubican.
Densidad	Relación entre la masa de un material y el volumen.
Factor de Harmon	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
Fórmula de Manning	Fórmula utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto; relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radio hidráulico de sección.
Fraguado concreto	Cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Losa	Estructura plana de concreto con grosor específico, utilizada para soportar cargas verticales.
Período de diseño	Período durante el cual la obra diseñada presentará un servicio eficiente y satisfactorio.

Receptor domiciliar	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Red de alcantarillado	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y demás obras accesorias, que sirven para drenar o desalojar las aguas negras o pluviales.
Sección típica	Representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.
Terraplén	Depósitos de material debidamente compactados que se realizan sobre terreno natural para alcanzar el nivel de subrasante.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
TPD	Tránsito promedio diario.
TPDA	Tránsito promedio diario anual.
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones.

RESUMEN

El trabajo de graduación que se presenta a continuación es la recopilación de toda la información de las actividades realizadas durante el tiempo establecido para el Ejercicio Profesional Supervisado en la Municipalidad de Antigua Guatemala, con el objetivo de plantear solución a dos problemas que se presentaron como necesidades. El trabajo se divide en dos fases o capítulos.

El primer capítulo trata de todo el aspecto de investigación referente a las aldeas en las que se realizaron las actividades. Se diagnosticó la necesidad de servicios básicos de los lugares así como de la infraestructura existente. Entre esta información está la ubicación geográfica, aspectos climáticos y servicios existentes.

En el segundo capítulo se desarrolla el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato y el diseño de carretera de San Mateo Milpas Altas a Santa Lucía Milpas Altas.

Para finalizar, se adjuntan los planos constructivos de ambos proyectos y se presentan las conclusiones y recomendaciones que se consideran relevantes, así como la bibliografía utilizada y los anexos, tales como tablas y costos unitarios.

OBJETIVOS

Generales

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato y de la carretera entre la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala y Santa Lucía Milpas Altas, del municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.

Específicos

1. Proveer un sistema de drenaje adecuado para la disposición de los desechos en la aldea El Hato.
2. Diseñar la carretera que conecta las aldeas San Mateo Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas.
3. Utilizar las normas adecuadas para cada proyecto.
4. Elaborar planos, presupuestos, cronogramas de actividades y de ejecución para ambos proyectos.

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia que cualquier comunidad de Guatemala posea como base los servicios necesarios para mantener un nivel de vida que sea sostenible.

Los factores determinantes para construir o no una carretera en determinado lugar son varios; entre ellos: la topografía del lugar, la necesidad de un buen paso vehicular o peatonal, el impacto ambiental y muchos otros. Pero se podría decir que el punto más importante o que recopila muchos de estos factores, es la viabilidad que determine la carretera en sí.

Una carretera proporciona desarrollo económico, tanto local como regional. Esto se logra facilitando la determinación de rutas de comercio en el área adyacente, lo que se refiere a disminución de tiempo y costo de viaje de un vehículo. También incentiva la inversión financiera en los alrededores de la vía, dando como resultado directo la generación de empleos y comercialización de productos en el área de influencia.

Además de las vías de comunicación, uno de los servicios más importantes es el de un drenaje sanitario, ya que la falta de este acarrea problemas graves de salud y de estética.

El buen manejo de las aguas negras es con el fin de mejorar la sanidad de un pueblo, es decir, eliminar las posibles fuentes de enfermedades transmitidas por vectores, entre los que están: zancudos, ratas, moscas, entre otros; los

cuales son portadores de enfermedades como el dengue, la rabia o la fiebre tifoidea, además hay otras enfermedades transmitidas por el agua.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Antigua Guatemala, Sacatepéquez

Antigua Guatemala es la cabecera del municipio del mismo nombre, y del departamento de Sacatepéquez, establecida en 1543. Se encuentra ubicada justo al centro del departamento. Es una de las más bellas ciudades coloniales y una de las principales ciudades de Guatemala. Es conocida como la “vieja” ciudad de Guatemala, ya que en 1773 fue casi destruida por los terremotos que azotaron el país y debido a que era la sede de la capital del Reino de Guatemala, tuvo que ser reubicada en lo que se conoce actualmente como la ciudad de Guatemala. La población de Antigua Guatemala, según censo de 2003, es de 44 097 habitantes.

“Originalmente Antigua Guatemala fue llamada Santiago de los Caballeros, nombre que cambió por el título a La muy noble y muy leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala según el rey Felipe II, en 1566”.¹

Debido a que el auge de esta ciudad se ubicó en el período renacentista, se puede observar una gran influencia española en su arquitectura, con fachadas de tipo barroco del Nuevo Mundo, como es llamado. Ya que la cultura española tenía como religión principal el catolicismo, también se pueden apreciar las ruinas de un gran número de iglesias esparcidas por toda la ciudad.

¹Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Antigua_Guatemala. Consulta: enero 2014.

Antigua Guatemala es una ciudad que fue designada como Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1979.

1.1.1. Localización y ubicación geográfica

Antigua Guatemala se encuentra localizada sobre las coordenadas geográficas 14° 34' latitud norte y 90° 44' longitud oeste, ubicada a 50 kilómetros de la capital actual, y a una altura sobre el nivel del mar de 1 530 metros.

Figura 1. Ubicación del municipio



Fuente: Municipios de Sacatepéquez. www.zonu.com. Consulta: enero 2014.

1.1.2. Accesos y comunicaciones

El principal acceso a la ciudad es el de la ruta Nacional 10, que comunica Antigua Guatemala con San Lucas Sacatepéquez. Es la principal debido a que es la que permite el acceso directo desde la ciudad de Guatemala. Además existe la entrada mediante la ruta Nacional 14, que se intersecta con la ruta Centroamericana 9 cerca de la ciudad de Escuintla. Esta ruta es de gran importancia, pero no se le ha dado el mantenimiento apropiado y es muy solitaria, por lo que es usada como punto de atraco por parte de ladrones y asaltantes.

También existen caminos de baja importancia y de poco uso, tales como la ruta Nacional 11 que conecta desde Parramos hacia Jocotenango, uniéndose a la ruta Nacional 14 que proviene desde El Tejar, Chimaltenango.

1.1.3. Topografía del lugar

Antigua Guatemala se encuentra ubicada en el valle de Panchoy, que colinda con una cadena de montañas proveyendo de una amplia diversidad de paisajes al municipio, pero, a pesar de ello, se pueden encontrar terrenos adecuados para cualquier tipo de actividad. La ciudad está justo a las faldas del volcán de Agua y muy cerca de los volcanes de Fuego y Acatenango, por lo que la actividad sísmica es muy alta. Ejemplos de los terremotos causados por esta actividad fueron los de Santa Marta, en 1773, en donde una gran parte de la ciudad quedó destruida.

1.1.4. Aspectos climáticos

El clima de Antigua Guatemala es constante y agradable todo el año. Las temperaturas varían desde los 18 hasta los 25 grados centígrados, por lo que se considera que es una región fresca, de clima fresco a frío, como se observa en la tabla I.

Tabla I. **Temperatura media en °C de estación: Suiza Contenta**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1997	***	***	***	22.0	19.6	20.0	20.4	19.6	***	***	***	20.0	20.3
1998	21.0	21.2	21.0	23.0	20.0	18.1	18.7	18.0	16.1	14.5	15.0	14.3	18.4
1999	12.0	20.1	20.5	21.6	20.9	18.6	18.2	19.3	18.5	17.2	16.5	20.2	18.6
2000	19.1	19.7	21.2	21.5	21.1	20.5	20.0	21.7	20.0	***	17.8	17.2	20.0
2001	18.5	***	20.1	20.7	19.8	19.6	19.2	18.3	18.1	18.0	18.3	19.1	18.5
2002	18.9	18.4	18.6	20.2	18.3	18.4	18.7	18.8	18.6	19.6	17.3	17.1	18.6
2003	17.5	18.0	20.5	21.1	19.2	18.8	19.0	19.6	19.8	18.6	***	***	19.2
2004	14.9	17.6	17.3	18	***	***	***	***	***	16.9	14.2	12.8	16.0
2005	12	14.2	15.9	17.8	18.6	17.6	17	17	17	16	14.5	15	16.1
2006	14	14	15	16	18	17.1	18	17.6	17	16.2	15.4	15.4	16.1

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

Tabla II. **Precipitación en mm de estación: Suiza Contenta (1982-2010)**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	135.0	193.9	193.3	32.1	565.3	26.8	1.2	0.0	1147.6
1983	5.6	80.0	32.6	0.0	8.9	252.4	148.8	71.9	115.3	60.5	35.1	0.0	811.1
1984	0.0	0.0	5.0	5.0	175.4	119.7	132.3	194.6	189.0	32.9	0.0	0.8	854.7
1985	0.0	7.0	17.2	0.0	233.9	199.2	42.9	165.8	257.7	64.1	0.2	0.0	988
1986	0.0	0.0	0.0	31.2	167.5	183.3	153.8	203.7	135.2	25.3	0.0	0.0	900
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	60.7	262.7	232.9	138.0	212.9	5.1	0.0	0.0	912.3
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	48.1	---	293.2	513.5	362.7	252.5	6.5	0.0	1476.5
1989	0.0	12.4	0.0	58.2	121.6	158.8	263.5	218.4	442.6	107.4	41.7	0.0	1424.6
1990	0.0	8.0	0.0	0.0	100.4	448.3	253.4	245.7	146.9	63.8	25.7	0.0	1292.2
1991	0.0	0.0	0.0	10.6	180.3	384.4	18.4	101.6	41.8	47.3	---	0.0	784.4
1992	0.0	0.0	59.8	22.2	36.3	344.4	99.8	116.5	259.5	120.1	19.0	0.0	1077.6
1993	0.0	0.0	22.8	16.2	148.4	299.1	207.8	395.7	102.9	171.0	0.0	0.0	1363.9
1994	3.9	9.9	52.0	3.7	193.0	136.4	125.6	284.3	126.4	118.4	9.0	8.0	1070.6
1995	0.0	0.0	5.3	43.8	99.5	237.8	232.5	276.2	374.3	92.6	30.6	15.9	1408.5
1996	24.4	6.6	1.5	93.2	181.4	273.7	264.2	222.2	272.4	32.3	44.2	4.9	1421
1997	11.8	9.1	1.7	24.8	64.9	273.2	55.2	101.3	399.7	67.2	---	0.0	1008.9
1998	0.0	0.0	4.3	0.0	71.0	272.8	291.2	271.4	179.5	364.8	298.7	0.0	1753.7
1999	0.0	0.0	8.0	17.0	70.4	359.0	398.4	274.4	214.4	92.3	5.1	7.4	1446.4
2000	0.0	0.0	23.5	20.0	188.0	232.0	97.8	177.9	180.8	24.2	2.5	4.4	951.1
2001	0.0	4.9	6.7	0.0	105.3	89.2	239.5	161.5	41.8	56.7	11.2	11.3	728.1
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	122.2	55.1	94.0	102.7	44.6	13.0	0.0	491.6
2003	0.0	13.0	2.3	27.5	229.7	231.7	240.2	103.5	271.5	145.3	11.5	0.0	1276.2
2004	4.4	6.9	6.9	35.3	---	---	---	---	---	176.1	9.2	1.1	239.9
2005	1.5	0.0	4.0	23.0	72.4	186.9	344.1	107.5	161.1	100.4	9.6	11.7	1022.2
2006	9.3	2.1	2.2	53.7	204.5	361.5	169.5	145.7	208.3	221.2	34.4	18.9	1431.3
2007	7.7	0.0	0.0	9.3	32.5	217.5	241.6	197.0	215.0	88.7	14.5	4.6	1028.4
2008	1.3	5.4	4.0	9.5	108.0	432.8	367.9	171.7	282.7	124.5	0.0	0.0	1507.8
2009	0.0	6.2	1.9	4.7	137.9	188.0	99.8	151.6	121.5	69.8	123.5	38.9	943.8
2010	0.6	0.0	0.3	40.5	307.5	227.6	222.7	353.9	253.4	---	---	---	1406.5

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

1.1.5. Servicios

El municipio de Antigua Guatemala posee, en su gran mayoría, los servicios básicos de drenaje sanitario y pluvial, sistemas de abastecimiento de agua potable, energía eléctrica, instituciones de educación pública y disposición de basura. Se le ha tomado como un servicio primario a este último, ya que por ser un patrimonio de la humanidad se le debe dar el mantenimiento adecuado para poder mantener el título otorgado.

Además de los servicios básicos, también se pueden disfrutar los servicios adicionales o secundarios, tales como las actividades recreativas, turismo, áreas verdes bien cuidadas, telefonía y servicio de internet.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato, Sacatepéquez

Lo principal para un buen diseño de un sistema de alcantarillado sanitario debe ser su eficiencia. Debe proveer servicio a la mayor cantidad de habitantes como sea posible y de la mejor manera.

2.1.1. Descripción del proyecto

Actualmente, la aldea El Hato no posee una buena disposición de las aguas negras, por lo que este diseño preliminar de una red sanitaria es para poder solventar ese problema. La red se ubicará dentro de la aldea y en ciertos sectores un poco alejados del centro de la misma.

Figura 2. Ubicación de proyecto



Fuente: *El Hato, Sacatepéquez*. Google Maps. Consulta: mayo 2014.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Para la realización de un proyecto de este tipo, la digitalización de la información es un punto extremadamente importante. El levantamiento topográfico ayuda a la visualización más precisa del área a trabajar para poder realizar un diseño preliminar, que posteriormente se replanteará.

2.1.2.1. Altimetría

En un sistema sanitario el levantamiento altimétrico es de gran importancia. Este sirve para determinar las pendientes o cambios de alturas que se presentan entre los pozos de visita. Se debe realizar un levantamiento de primer orden dando mayor importancia a la precisión de los datos levantados. Por ser un terreno que se encuentra a orillas de un barranco, este factor es de mayor importancia.

2.1.2.2. Planimetría

La planimetría se realiza para poder ubicar la red desde una perspectiva área y así tener facilidad en la colocación de los diferentes elementos de la red con respecto al posicionamiento de los modos habitacionales.

Para ambos tipos de levantamientos se utilizó una estación total Leica TC805, con dos prismas circulares (constante -30 mm), plomada de 16 onzas, cinta métrica de 5 m, clavos de lámina (fijados y marcados como bases) y martillo. Para la verificación de los puntos, también se utilizó como apoyo una libreta.

2.1.3. Partes del alcantarillado sanitario

Debido a que el concepto de un alcantarillado sanitario es el de recolectar las aguas servidas domiciliarias, comerciales e industriales; existen ciertos elementos que se utilizan para este fin. Solo se colocarán algunos, ya que el proyecto en la aldea El Hato será solamente de servicio domiciliar.

2.1.3.1. Colector

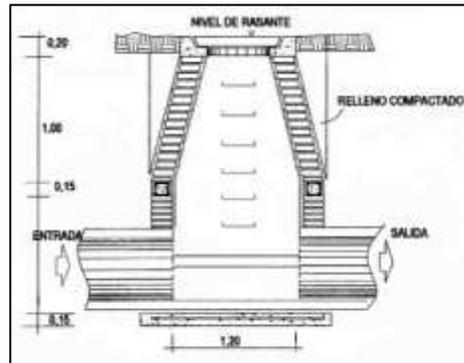
El colector es el elemento principal de un alcantarillado que conecta los ramales de una alcantarilla y que, generalmente se construye bajo tierra y al centro de las calles. Por la facilidad que permite en los cálculos, se colocan colectores de sección circular. La pendiente que debe tener cualquier tramo de alcantarillado debe ser la necesaria para que la velocidad de las aguas no sea ni menor a 0,6 m/s ni mayor a 3,0 m/s y siempre de forma hermética. Pueden ser de diferentes materiales, pero los más comunes son el concreto y el PVC.

2.1.3.2. Pozos de visita

Son los dispositivos que se utilizan para verificar e inspeccionar que un colector esté funcionando correctamente. También permiten el acceso de oxígeno a la tubería, pero una de sus principales funciones es conectar diversos ramales o hacer cambios de dirección o pendiente.

Son de sección circular, con el fondo reforzado, las paredes deben ser impermeables, con una tapadera de un diámetro aproximado de 60 u 80 cms y con su escalera apropiada para la entrada de una persona. El diámetro mínimo nominal de un pozo de visita es de 1,20 m.

Figura 3. **Pozo de visita**



Fuente: http://img02.bibliocad.com/biblioteca/image/00000000/2000/pozodevisita_2589.gif.

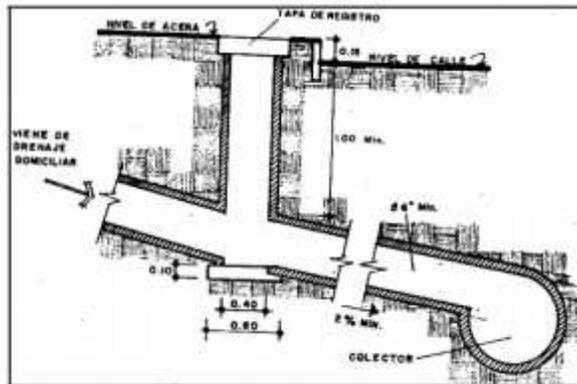
Consulta: mayo de 2014.

2.1.3.3. **Conexiones domiciliarias**

Son todos los ramales que se conectan al colector principal desde las edificaciones. Sus partes son:

- Receptor domiciliario: es el elemento que recolecta las aguas servidas de una casa o edificio. Debe tener una tapadera para poder inspeccionar el caudal y el fondo con una pequeña pendiente para que no permanezca estática el agua o los sedimentos del fondo. La profundidad tiene que ser, mínima, de 1 metro.
- Tubería: es la conexión que permite transportar desde receptor domiciliario hacia el colector. Generalmente se hacen a 45° aguas abajo y con un 2 % de pendiente mínima.

Figura 4. **Conexiones domiciliarias**



Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. p. 26.

2.1.4. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual la red sanitaria prestará un servicio adecuado antes de ampliarse o dejarse en desuso por ser inadecuada. Luego de este tiempo es necesario rehabilitar el sistema. Por normas del Instituto de Fomento Municipal (Infom), el período de diseño para un alcantarillado sanitario varía entre 30 a 40 años a partir de su construcción. Para el diseño de esta red sanitaria se analizó y se concluyó tomando como base los recursos económicos de la población y vida útil de los materiales, que 30 años sería suficiente, más 1 año de mantenimiento.

2.1.5. Población futura

Para adecuar el funcionamiento del sistema hay que tener en cuenta la población a la cual servirá durante el período de diseño. Esta población no se mantendrá igual durante los 30 años, por lo que se debe utilizar un método de incremento de población. Existen varios tipos, pero el que se utilizó en el

desarrollo de este proyecto fue el método geométrico por tasa nacional, ya que la población de El Hato es poca y la esperanza de crecimiento es relativamente baja.

Tabla III. **Tasa de crecimiento poblacional**

Años	Total República	Sacatepéquez
2009	2.48	2.21
2010	2.46	2.17
2011	2.45	2.13
2012	2.44	2.10
2013	2.42	2.06
2014	2.39	2.02

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE.

La fórmula utilizada en el método geométrico es la siguiente:

$$P_f = P_a \times (1 + t)^n$$

En donde:

- P_f = población futura (habitantes)
- P_a = población actual (1 814 habitantes²)
- n = período de diseño (más 1 de mantenimiento) en años
- t = tasa de crecimiento (0,9202)

² Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de la Antigua Guatemala y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial. "Plan de desarrollo Antigua Guatemala". Serie: PDM SEGEPLAN, CM 301. 106 pp. Guatemala. 2010.

$$P_f = 1\,814(1 + 0,9202)^{31} = 3\,368 \text{ personas}$$

2.1.6. Determinación de caudal

Se debe calcular el caudal que ha de fluir en el sistema para evitar, tanto las sobrecargas, como los asolvamientos por falta de velocidad en el flujo. Este caudal es la sumatoria de varios caudales que provienen de distintos orígenes. En la forma de calcularlo, se utiliza un factor de seguridad que permite conocer el caudal máximo, en una situación fortuita, en la que todos los accesorios sanitarios se activen al mismo momento.

2.1.6.1. Dotación

Es la cantidad de agua que se consume al día y es necesario conocerla para saber el caudal de diseño. El consumo de agua se ve afectado por el costo del agua, el nivel de vida poblacional y otros factores que son propios de cada comunidad. Para este proyecto se propuso un valor de 150 lts/hab/día.

2.1.6.2. Población tributaria

Es la cantidad de habitantes que se verán beneficiados por la red de drenaje. Este dato se consigue mediante el producto del número de casas en cada tramo por el número de personas en cada casa.

2.1.6.3. Caudal domiciliar

Este caudal es el agua que se utiliza en una vivienda y se desecha, varía en un rango del 70 al 80 % del agua total que se consume de la dotación diaria. El factor de retorno se utiliza como un indicador que el diseñador de la red lo

determina por criterio propio. Generalmente se utiliza un 0,75 en este tipo de comunidades.

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dot} \times \text{No hab.} \times f_r}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{150 \times 3\ 368 \times 0,75}{86\ 400} = 4,39 \text{ lts/s}$$

En donde:

f_r	= factor de retorno (0,75)
Dot	= dotación (150 lts/hab/día)
Núm. hab	= número de habitantes (3 368 personas)
Q_{dom}	= caudal domiciliar (litros por día)

2.1.6.4. Caudal industrial

Este caudal toma en cuenta toda el agua que evacúan las industrias de un área determinada. En la aldea El Hato no existe algún tipo de industria, por lo que este valor es nulo.

2.1.6.5. Caudal comercial

Es el que proviene de los comercios grandes, es decir, restaurantes, centros turísticos, hoteles y otros. El rango varía entre 600–3 000 lts/comercio/día. En la aldea El Hato se encuentra un hotel, una escuela, un centro de Salud y una pila comunal.

$$Q_{com} = \sum \frac{\text{dotación del comercio}}{86\ 400}$$

$$Q_{com} = \frac{1\,200 + 200 + 150 + 500}{86\,400} = 0,0237 \text{ lts/s}$$

2.1.6.6. Caudal de conexiones ilícitas

Toda el agua que proviene de las conexiones inadecuadas con el alcantarillado pluvial, los drenajes superficiales y cualquier otra entrada de agua adicional, que no esté contemplada en el diseño, se considera una conexión ilícita. Según el normativo del Infom, se puede utilizar entre un 0,5–2,5 % del caudal doméstico, pudiendo aumentar en áreas donde no existe drenaje pluvial. En este caso se utilizará un 1,0 %.

$$Q_{conexiones\ ilícitas} = Q_{dom} \times 1,0 \%$$

$$Q_{conexiones\ ilícitas} = 4,39 \times 0,01 = 0,0439 \text{ l/s}$$

2.1.6.7. Caudal medio

El caudal medio es un promedio de lo que cada habitante de un área aporta, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{conexiones\ ilícitas}$$

$$Q_{med} = 4,39 + 0 + 0,0237 + 0,0439 = 4,4576 \text{ l/s}$$

2.1.6.7.1. Factor de caudal medio

Para calcular el factor de caudal medio (f_{qm}) se debe distribuir el caudal medio entre el número total de habitantes de la aldea. El valor de este factor debe estar entre 0,902 y 0,905, de no ser así se utiliza el límite más cercano.

$$f_{qm} = \frac{Q_{med}}{\# \text{ Hab futuro}}$$

$$f_{qm} = \frac{4,4576}{3\ 368} = 0,0013$$

$$0,002 < f_{qm} < 0,005$$

Debido a que el valor se encuentra por debajo del límite menor, se utiliza el mismo, siendo 0,002.

2.1.6.7.2. Factor de Harmon

Este es un factor de seguridad que permite simular el uso simultáneo del sistema por el número de habitantes totales.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población futura acumulada en miles

$$FH = \frac{18 + \sqrt{3\ 368}}{4 + \sqrt{3\ 368}} = 1,23$$

2.1.7. Caudal de diseño

Para determinar este caudal, se calcula el producto del número de habitantes que habrá en un futuro, el factor de Harmon y el factor de caudal medio.

$$Q_{dis} = \text{Núm. hab} * FH * Fqm$$

En donde:

Núm. hab = número de habitantes futuros acumulados (3 368)

FH = factor de Harmon (1,23)

Fqm = factor de caudal medio (0,002)

$$Q_{dis} = 3\ 368 * 1,23 * 0,002 = 8,256 \text{ l/s}$$

2.1.8. Fundamento hidráulico

Para los sistemas de drenaje sanitario se utilizan, generalmente, canales cerrados de sección circular sin llenar completamente, en los que el agua se mantiene a una presión atmosférica constante, es por ello que, para determinar la velocidad del agua se utiliza la ecuación de Manning.

2.1.8.1. Ecuación de Manning

La ecuación de Manning es utilizada para calcular la velocidad del agua en canales con base en flujos constantes y canales abiertos.

$$V = \frac{1,486 \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

En donde

V = velocidad de flujo a sección llena (metros por segundo)

R = radio hidráulico

D = diámetro de la sección circular (metro)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (metros por milímetros)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

$n = 0,01$ para diseño de sistemas de alcantarillado sanitarios por gravedad usando tubería de PVC (Norma ASTM 3034).

Las Normas del Infom especifican que, para los drenajes sanitarios, el diámetro mínimo en las tuberías de PVC debe ser de 6 pulgadas y de 8 pulgadas para las de concreto. En este proyecto se utilizará tubería PVC.

2.1.8.2. Relaciones hidráulicas

Para la relación de caudales se necesita conocer las velocidades y caudal cuando la sección de la tubería está llena. Para ello existen tablas de la relación q/Q , los cuales son valores de caudal a sección parcial y a sección llena respectivamente. También hay que conocer la relación entre velocidades y tirantes, ambas similares a la relación de caudales.

Relación de caudales:

$$\frac{Q_{dis}}{Q_{sección\ llena}}$$

Relación de velocidades:

$$\frac{V_{dis}}{V_{sección\ llena}}$$

Relación de tirantes:

$$\frac{D_{dis}}{D_{sección\ llena}}$$

Tabla IV. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663

Continuación de la tabla IV.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,8262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para diseño de alcantarillado*. 2001.

2.1.9. Parámetros de diseño hidráulico

Los parámetros utilizados en el diseño son el tiempo de vida útil de la red, los diámetros de la tubería, las pendientes de los tramos y las velocidades del agua.

2.1.9.1. Sección llena y parcialmente llena

Las redes de drenaje sanitario son siempre diseñadas para funcionar a sección parcialmente llena. Esto se debe a que el uso de la misma no es constante.

En primer lugar se debe calcular la velocidad y el caudal que acarrearía una tubería a sección llena y determinar las relaciones respectivas. Con estos valores de relaciones se busca en el diagrama de curva de descarga la relación d/D . El tirante se obtiene multiplicando esta relación por el diámetro total de la tubería y de manera similar la velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

En la gráfica de relaciones hidráulicas, la velocidad máxima se ve reflejada cuando el tirante es el 80 % del diámetro, por lo que se diseña para que este sea el tirante máximo.

2.1.9.2. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena, v por norma debe ser mayor de

0,60 m/s, para que no exista sedimentación, y menor o igual que 3,00 m/s, para que no exista erosión o desgaste.

Las velocidades mínimas fijadas no permiten la decantación de los sólidos, pero también, las velocidades altas producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión hacen un efecto abrasivo a la tubería.

Tabla V. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidades mínimas (m/s)	Velocidades máximas (m/s)
Concreto	0,60	2,00
PVC	0,40	3,00

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para el diseño de alcantarillado*. 2001.

2.1.9.3. Diámetro del colector

Para los sistemas de drenaje sanitario que se diseñan con tubería de cemento se utiliza un diámetro de 8" mientras que para una de PVC con un diámetro de 6" basta.

El diámetro mínimo de tubería utilizado para el colector principal para este caso fue de 6 pulgadas y las conexiones domiciliarias fueron diseñadas con un diámetro de 4 pulgadas.

2.1.9.4. Profundidad del colector

Al calcular las cotas invert se procede a determinar la profundidad de la tubería tomando en cuenta los factores de seguridad necesarios. La

profundidad de la tubería en este caso será de 1 metro hasta el punto más alto de la tubería, ya que no hay muchas fuerzas que pudieran provocar daños en la tubería. Estas fuerzas son generalmente las de vehículos livianos que suelen pasar por las calles de la aldea o de los peatones.

Tabla VI. **Profundidad mínima del colector para tubería de PVC en cm**

Diámetros	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
Tránsito Pesado	90	90	90	110	110	120	120	120
Tránsito Liviano	60	60	60	90	90	90	90	90

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala. 2001.*

2.1.9.5. Ancho de zanja

El Infom posee una tabla para determinar el ancho de la zanja conforme al diámetro de la tubería, esta se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. **Ancho de zanja**

Diámetro	Para profundidades hasta 6 m
4"	0,50 - 0,70
6"	0,55 - 0,75
8"	0,60 - 0,80
10"	0,70 - 0,80
12"	0,80
15"	0,90
18"	1,00 - 1,10
24"	1,10 - 1,35

Fuente: Infom-Unepar. *Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala. 2001*

2.1.9.6. Volumen de excavación

Se refiere al volumen de tierra que se debe quitar para colocar la tubería, es decir de la tierra excavada para formar la zanja necesaria, los pozos de visita y otros elementos que se ubiquen bajo tierra. Para la zanja se calcula de la siguiente manera:

$$Vol = \frac{(H1 + H2)}{2} * d * z$$

Donde

Vol= volumen de excavación

H1= profundidad del primer pozo

H2 = profundidad del segundo pozo

d = distancia entre pozos

z= ancho de la zanja

2.1.9.7. Cotas invert

Se obtienen mediante el cálculo algebraico de las profundidades de los elementos de una red. Por ejemplo, el punto base es el nivel del terreno natural y la cota invert de un pozo de visita, ya sea en la boquilla de entrada o salida, es el punto más bajo donde fluye el agua.

Se deben considerar ciertos criterios:

- Cuando la tubería de salida es de mayor diámetro que la de entrada, la cota invert de salida debe estar por debajo de la de entrada a una altura igual a la diferencia de diámetros de las tuberías.

- La cota invert de llegada debe ser 3 cms más alta que la de salida en un pozo cuando se tiene tuberías del mismo diámetro.
- Para calcular la cota invert de llegada, se utiliza un procedimiento trigonométrico.

$$Dist. vertical = \frac{pendiente}{100} \times largo de tubería$$

2.1.9.8. Ubicación de pozos de visita

Los pozos de visita se colocan cuando hay un cambio de dirección, de diámetro o de pendiente. También en las intersecciones entre dos o más tuberías y en distancias no mayores a 30 metros.

2.1.9.9. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita al inicio del tramo se define por la cota invert de salida:

$$H_{PV} = \text{cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo}$$

2.1.9.10. Características de las conexiones domiciliarias

Para las conexiones domiciliarias se utiliza entre 2–6 % desde el receptor domiciliar hacia la línea principal a 45° en sentido paralelo al cauce del colector. Si son de PVC se utiliza un diámetro de 4 pulgadas, y 6 pulgadas si fuera de concreto.

Debido a su simplicidad y su bajo costo, se utiliza mampostería para los receptores domiciliarios. Sus dimensiones, generalmente son de 45 centímetros del lado menor y con una altura mínima de 1 metro del nivel del suelo, pero en este caso se utilizarán medidas muy variables por causa del terreno.

2.1.9.11. Diseño hidráulico

Las normas utilizadas para el diseño de este proyecto son las establecidas por Infom y la ASTM D3034.

Tabla VIII. **Tabla resumen de datos y criterios utilizados para el diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea El Hato**

Período de diseño	31 años
Viviendas actuales	302 viviendas
Viviendas futuras	562 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes por vivienda
Población actual	1 814 habitantes
Tasa de crecimiento	2,02 %
Población futura	3 368 habitantes
Dotación	150 l/hab./día
Factor de retorno	0,75
Velocidades máximas y mínimas	0,60 m/s < V ≤ 3,0 m/s
Tipo y diámetro de tubería mínimo	PVC de 4", n = 0,910
Conexión domiciliar	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4", n = 0,910
Receptor domiciliar	Concreto de 12"
Pozo de visita	
Altura de cono	0,90 m
Diámetro superior mínimo	0,75 m
Diámetro inferior mínimo	1,20 m

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Diseño de fosas sépticas

Debido a que es una red relativamente pequeña, se propone desfogar las aguas transportadas en fosas sépticas. Estas son unidades de tratamiento que retienen las aguas residuales. Funcionan por medio de sedimentación de sólidos, lo que permite retener las grasas que pudiera contener el agua. Esto se lleva a cabo para lograr que las aguas residuales sean más simples y estables a la hora de desfogar.

Se deben inspeccionar estas fosas semestralmente y limpiar cada dos años, dejando un 10 % de los lodos existentes, que servirán como inoculadores.

2.1.11. Pozos de absorción

Es un elemento de la red de drenaje, con forma de cilindro profundo, que permite que el agua se filtre lentamente al terreno. Pueden llenarse con piedras grandes y grava, además de arena y grava fina en el fondo para ayudar a que se disperse el flujo en el suelo.

Al filtrarse el agua residual en el suelo, los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos que se encuentran en el terreno. Es por ello, que al existir un suelo con buenas propiedades de absorción, los pozos de absorción son la mejor opción.

2.1.11.1. Dimensionamiento de pozos de absorción

Al dimensionar un pozo, la altura del mismo se determina mediante la relación entre el área filtrante y el área de la tubería. Conocido el coeficiente de absorción, la profundidad se determina con base en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\text{Área filtrante}}{d \times \pi}$$

Donde

Área filtrante = área requerida para la infiltración

d = diámetro del pozo

El área filtrante se define como:

$$\text{Área filtrante} = \frac{\text{Aporte de aguas residuales} \times \text{núm. habitantes}}{q}$$

En donde

Aporte de aguas residuales = dotación de agua potable * f_r

q = capacidad de absorción del suelo

2.1.12. Presupuesto del proyecto

El presupuesto de un proyecto se divide en costos directos e indirectos. Los primeros integran la mano de obra junto a las prestaciones laborales y los materiales y su transporte. Se tomaron como costos indirectos la supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad; este valor se asume en un 40 %. Para la mano de obra se estimó con base en el salario mínimo establecido por la ley. De la misma manera, los precios de los materiales se tomaron en cuenta los que publica la Cámara del Comercio.

Tabla IX. **Presupuesto general del proyecto de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato**

DRENAJE SANITARIO					
COSTO TOTAL					
	NOMBRE DEL RENGLÓN	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
1	Bodega 4x4x2,5	1	m2	Q367,49	Q367,49
2	Trazo de preliminar	452,57	ml	Q1 080,31	Q488 917,55
3	Demolición de concreto	452,57	ml	Q138,97	Q62 895,33
4	Excavación de línea de evacuación	855,07	m3	Q495,90	Q424 030,35
5	Extracción de ripio	855,07	m3	Q370,28	Q316 612,06
6	Colocado y ensamblaje de tubería de PVC 6"	79,69	ml	Q211,45	Q16 850,46
7	Colocado y ensamblaje de tubería de PVC 8"	320,42	ml	Q300,10	Q96 158,43
8	Colocado y ensamblado de tubería de PVC 10"	52,46	ml	Q452,68	Q23 747,34
9	Relleno y compactación	1 111,59	ml	Q85,16	Q94 665,31
10	Pozo de visita altura 1,00 – 1,50 metros	0	unidad	Q5 978,23	-
11	Pozo de visita altura 1,50 – 2,00 metros	23	unidad	Q7 906,87	Q181 857,96
12	Pozo de visita altura 2,00 – 2,50 metros	8	unidad	Q8 879,00	Q71 032,00
13	Pozo de visita altura 2,50 – 3,00 metros	6	unidad	Q9 851,12	Q59 106,73
14	Pozo de visita altura 3,00 – 3,50 metros	2	unidad	Q10 823,24	Q21 646,49
15	Pozo de visita altura 3,50 – 4,00 metros	0	Unidad	Q13 491,87	-
16	Pozo de visita altura 4,00 – 4,50 metros	33	Unidad	Q14 463,99	Q477 311,63
17	Pozo de visita altura 4,50 – 5,00 metros	10	Unidad	Q15 436,11	Q154 361,11
19	Guardiania	1	Global	Q15 456,00	Q15 456,00
20	Domiciliares	32	Unidad	Q2 202,06	Q70 465,81
	SUBTOTAL				Q2 575 482,06
	TOTAL				Q2 575 482,06

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Evaluación socioeconómica

Esta evaluación indica la rentabilidad social a través de un análisis en el que se determina una relación entre beneficio y costo. Los recursos que se utilizan en el proyecto conforman el costo, estos se comparan con el beneficio que genera el mismo a la comunidad para determinar la viabilidad de la obra.

2.1.13.1. Valor presente neto (VPN)

El VPN se utiliza para determinar si se maximiza la inversión en proyectos de inversión a largo plazo, es decir si se incrementa, reduce o continúa igual el valor del proyecto en cuestión.

Las ecuaciones del VPN son:

$$P = F \left[\frac{1}{(1 - i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \left[\frac{(1 - i)^n - 1}{i(1 - i)^n} \right]$$

En donde

P = valor presente

F = valor de pago futuro

A = amortización

i = tasa de interés de cobro

n = período de tiempo de operación

En el caso de la ejecución de este proyecto, el beneficio monetario será cero, por lo que el valor de VPN será el costo total inicial.

2.1.13.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se utiliza como un criterio para avalar la ejecución de un proyecto de inversión. Si la TIR excede la tasa de corte, un valor previamente determinado, se acepta la inversión; de otro modo, se rechaza.

La ecuación para determinar la tasa interna de retorno es la siguiente:

$$(P - L) \times \left(\frac{R}{P}, i\%, n \right) + (L \times i) + D = I$$

En donde

P = inversión inicial

L = valor de rescate

D = serie uniforme de todos los costos

I = ingresos anuales

2.1.14. Cronograma de actividades

El proyecto se debe realizar con la mejor programación posible, por lo tanto hay que hacer un cronograma de ejecución con tiempos y precios reales. En la tabla X se muestra de forma gráfica.

Tabla X. **Cronograma ejecución física-financiera**

No.	ACTIVIDADES	MESES																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
1	Trazo y estaqueado	█																											
2	Excavación de zanjas			█																									
3	Construcción de pozos de visita					█																							
4	Colocación de tubería											█																	
5	Relleno y compactación																			█									
7	Entrega de proyecto																								█				
8	Mantenimiento (continuo después del último mes)																								█				

No.	ACTIVIDADES	PRESUPUESTO																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	Trazo y estaqueado	Q2 575 482,06																												8%
2	Excavación de zanjas			Q206 038,56																						18%				
3	Construcción de pozos de visita					Q463 586,77																						37%		
4	Colocación de tubería											Q952 928,36														19%				
5	Relleno y compactación																			Q489 341,59				11%						
7	Entrega de proyecto																								Q283 303,03	1%				
8	Mantenimiento (continuo después del último mes)																								Q154 528,92	6%				
		TOTAL																							100%					

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

El impacto ambiental que tendrá el proyecto se puede determinar mediante varios métodos, pero en este caso se utilizará la matriz de Leopold, esto debido a su facilidad y practicidad. Toma en cuenta las actividades del proyecto y algunos factores ambientales a considerar. Se hace una numeración con valores entre -10 y +10 para magnitud y de 1 a 10 para importancia del impacto ambiental según el factor.

Tabla XI. **Matriz de Leopold**

			Planificación	Construcción					Operación			
			Trazo	Instalaciones provisionales	Movimiento de tierras	Instalación de tubería	Instalación de conexiones domiciliarias	Operación del sistema	Mantenimiento del sistema	Impacto en ambiente	Importancia del impacto	
Medio físico	Aire	Ruido	0	0	-2	2	3	1	2	6		
			4	4	4	4	5	4	5		30	
		Gases	1	1	-1	2	4	5	4	16		
			4	4	5	3	2	5	4		27	
		Polvo	0	0	-1	0	2	2		3		
			2	4	5	2	5	5	5		28	
	Tierra	Calidad del suelo	0	1	0	-1	0	0	3	3		
			2	3	5	2	5	5	5		27	
		Erosión	1	1	1	-1	-1	0	1	2		
			2	3	5	4	4	4	5		27	
	Agua	Subterránea	0	-1	-1	-1	0	2	3	2		
			3	4	3	4	4	3	4		25	
Ríos		2	-1	3	0	1	0	2	7			
		3	3	4	3	5	5	3		26		
Medio biológico	Fauna	-1	-1	-1	0	2	2	1	2			
		5	2	3	3	2	2	2		19		
	Flora	-1	0	0	1	3	3	3	9			
		4	3	4	3	4	5	4		27		
	Paisaje	1	1	0	2	0	0	1	5			
		4	4	4	3	5	5	5		30		
Medio socio económico	Calidad de vida	0	0	0	0	0	0	0	0			
		0	1	1	2	3	5			12		

Fuente: elaboración propia.

Según la matriz de Leopold, el proyecto no tendrá un gran impacto ambiental, sin embargo, se hace notorio que el proyecto pudiera tener un impacto negativo en las aguas subterráneas de los alrededores del proyecto; esto se pretenderá evitar por medio de la adecuada utilización de las fosas sépticas, sumado a ello se deberá tener especial atención al mantenimiento de las mismas.

2.2. Consideraciones para el diseño de la carretera entre la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala y Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez

Se deben tomar ciertas medidas para el diseño de una carretera, las cuales consideran aspectos importantes del lugar, entre ellos, la ubicación, el número de vehículos que transita, el tipo de vehículo, entre otros.

2.2.1. Descripción del lugar

La aldea San Mateo Milpas Altas es una comunidad de carácter tranquilo y con un tránsito vehicular medio, muy parecida a Santa Lucía Milpas Altas. La comunicación actual entre ambas aldeas se da mediante un camino de terracería con cultivos de verduras a los lados.

2.2.1.1. Localización y descripción

El camino se encuentra justo sobre la falda de una montaña ubicada entre los dos pueblos, en el mismo se puede observar un barranco en gran parte del tramo. Es una pequeña conexión entre Santa Lucía Milpas Altas y San Mateo Milpas Altas, que le permite, a la población de ambas aldeas, el movimiento

entre ellas y la salida hacia Antigua Guatemala, Santo Tomás Milpas Altas o a la ciudad de Guatemala.

En algunas ocasiones, este camino se utiliza como vía ciclística, ya que posee pendientes fuertes que retan a los deportistas mientras disfrutan de una bonita vista de Antigua Guatemala y de los alrededores.

Figura 5. Ubicación de proyecto



Fuente: San Mateo Milpas Altas. Google Maps. Consulta: agosto de 2014.

2.2.1.2. Vías de comunicación

Existen dos accesos hacia la aldea San Mateo Milpas Altas, una ubicada al final de la bajada de Las Cañas, justo antes de la entrada a Antigua Guatemala, y la otra es en dirección al Cerro de la Cruz, atravesando la aldea El Hato y avanzando unos 15 kilómetros por la carretera que dirige hacia Chimaltenango. La ruta que se propone mejorar es una vía que actualmente

tiene uso únicamente de los habitantes de la región para el transporte de su producto agrícola.

2.2.1.3. Condiciones ambientales

Debido a la ubicación alejada de las aldeas, el ambiente se mantiene libre de gases y humo, en parte también por la baja cantidad de vehículos que transitan por el área. Además, por estar ubicado sobre una montaña, el clima es frío en su mayoría del día y nublado en ciertas épocas del año. El único problema ambiental que existe actualmente es la excesiva cantidad de polvo que se levanta con el paso vehicular, ya que el material que se encuentra en el tramo es limo seco en forma de polvillo.

2.2.2. Preliminares

Se debe realizar un levantamiento topográfico dentro de los límites del derecho de vía y hacer un estudio del suelo para determinar las características del mismo. De manera simultánea se debe realizar una investigación de los terrenos aledaños para comenzar a gestionar los derechos de paso necesarios.

2.2.2.1. Levantamiento topográfico

Es importante realizar un levantamiento del tramo para generar un modelo tridimensional mediante curvas de nivel. Los puntos obligatorios son el inicio y el final de la carretera propuesta, así como los puntos de varias secciones transversales, tratando de adquirir la mayor cantidad de información posible.

Para este proyecto se utilizó una estación total Trimble, un prisma Leica con una constante de -30 mm, cinta métrica, plomada y trompos de madera marcados con clavos y señalizados con marcas de pintura acrílica para los puntos de referencia. Además se realizaron croquis preliminares en una libreta de campo para una revisión posterior.

2.2.2.1.1. Planimetría

Es la representación de un terreno real sobre un plano horizontal o en vista en planta. Se realiza para detallar las distancias y ángulos sin tomar en cuenta los relieves, es decir las altitudes.

2.2.2.1.2. Altimetría

A diferencia de la planimetría, la altimetría se centra en los procesos de representación de las alturas de los puntos observados según su distancia a un plano de referencia. En otras palabras, representa a detalle los relieves de un terreno.

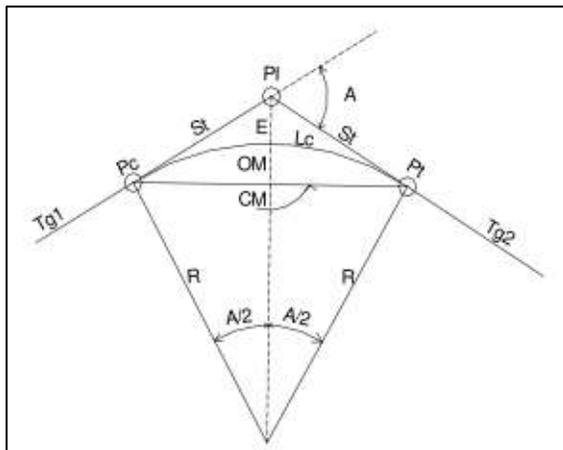
2.2.3. Diseño de carretera

El diseño geométrico de una carretera se basa en la unión de rectas mediante curvas; estas se diseñan en las situaciones en las que existen diferentes pendientes o en cambios de dirección.

2.2.3.1. Cálculo de elementos de curva horizontal

Para el diseño adecuado de las curvas horizontales se debe tomar en cuenta algunos parámetros, tales como la visibilidad, el confort o la economía, siempre considerando las especificaciones técnicas correspondientes.

Figura 6. Componentes de curva horizontal



Fuente: HICKERSON, Thomas. *Levantamientos y trazados de caminos*, 5ta edición. 1965.

Al clasificar las carreteras de acuerdo con su tránsito diario promedio anual, existen varios tipos:

- Tipo "A"
 - Tipo "A1" (5 000 a 20 000 vehículos)
 - Tipo "A2" (3 000 a 5 000 vehículos)
- Tipo "B" (1 500 a 3 000 vehículos)
- Tipo "C" (500 a 1 500 vehículos)
- Tipo "D" (100 a 500 vehículos)

2.2.3.1.2. Grado máximo de curvatura

El grado máximo de curvatura de una curva es la propiedad que permite a un vehículo a velocidad máxima permitida, recorrer con seguridad la curva. Se determina con la relación siguiente:

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

2.2.3.1.3. Longitud de curva

Es la longitud del arco que se forma entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT). El ángulo central es la deflexión de la proyección de la tangente.

$$L_c = \frac{A^\circ * 20}{G}$$

2.2.3.1.4. Subtangente

Es un elemento de una curva que comprende la longitud entre el punto de intersección (PI) y el principio de curva (PC):

$$St = R * \tan(A^\circ/2)$$

2.2.3.1.5. Cuerda máxima

Es la distancia medida en línea recta, desde el principio de curva PC al principio de tangente PT, está relacionada con el radio de curva y el ángulo de deflexión entre tangentes.

$$C_m = 2 * R * \sin(A^\circ/2)$$

2.2.3.1.6. External

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

$$E = R * \frac{1 - \cos\left(\frac{A^\circ}{2}\right)}{\cos\left(\frac{A^\circ}{2}\right)}$$

2.2.3.1.7. Cálculo de curva horizontal

A continuación, se presenta un ejemplo con fines demostrativos. Se calculará cada uno de los elementos de una curva horizontal.

Datos para ejemplo

$$A^\circ = 45^\circ 30'$$

$$R = 100 \text{ m}$$

- Grado de curvatura

$$G = \frac{1\,145,9156}{100} = 11,4592^\circ$$

- Longitud de curva:

$$L_c = \frac{45^\circ 30' * 20}{11,4592^\circ} = 79,4122 \text{ m}$$

- Subtangente

$$St = 100 * \tan\left(\frac{45^\circ 30'}{2}\right) = 41,9335 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$Cm = 2 * 100 * \sin\left(\frac{45^\circ 30'}{2}\right) = 77,3422 \text{ m}$$

- External

$$E = 100 * \frac{1 - \cos\left(\frac{45^\circ 30'}{2}\right)}{\cos\left(\frac{45^\circ 30'}{2}\right)} = 8,4363 \text{ m}$$

Tabla XIII. Resumen diseño geométrico

No.	Tipo	Delta (°)	G	Longitud Lc	Subtangente St	Radio R	Cuerda máxima Cmax	External E	e%	Longitud de transición Ls	Sa
1	IZQUIERDA	21,748	11,4592	37,957m	19,2099	100	37,7300	1,8284	e=10% max	13,0m	1,10m
2	IZQUIERDA	9,8721	7,6394	25,845m	12,9546	150	25,8131	0,5584		13,0m	0,90m
3	DERECHA	0,5304	11,4592	0,926m	0,4629	100	0,9257	0,0011		13,0m	1,10m
4	DERECHA	12,9493	4,5837	56,502m	28,3719	250	56,3818	1,6048		17,0m	0,65m
5	IZQUIERDA	4,0351	11,4592	7,042m	3,5227	100	7,0411	0,0620		13,0m	1,10m
6	DERECHA	41,3528	67,4068	12,270m	6,4158	17	12,0050	1,1704		38,0m	2,40m
7	DERECHA	7,5465	8,8147	17,122m	8,5736	130	17,1101	0,2824		13,0m	0,90m
8	IZQUIERDA	54,8063	11,4592	95,655m	51,8421	100	92,0497	12,6392		13,0m	1,10m
9	DERECHA	22,7851	19,0986	23,860m	12,0900	60	23,7036	1,2059		20,0m	1,40m
10	IZQUIERDA	22,228	38,1972	11,639m	5,8934	30	11,5657	0,5734		31,0m	2,40m
11	IZQUIERDA	9,6717	16,3702	11,816m	5,9222	70	11,8022	0,2501		17,0m	1,30m
12	DERECHA	11,7779	16,3702	14,389m	7,2202	70	14,3641	0,3714		17,0m	1,30m
13	IZQUIERDA	63,7301	19,0986	66,738m	37,2960	60	63,3504	10,6469		20,0m	1,40m
14	DERECHA	0,1418	45,8366	0,062m	0,0309	25	0,0619	0,0000		38,0m	2,40m
15	DERECHA	19,5178	38,1972	10,220m	5,1597	30	10,1702	0,4405		31,0m	2,40m
16	IZQUIERDA	18,9311	22,9183	16,520m	8,3362	50	16,4455	0,6902		23,0m	1,60m
17	IZQUIERDA	20,2296	11,4592	35,307m	17,8394	100	35,1242	1,5788		13,0m	1,10m
18	DERECHA	9,7127	7,6394	25,428m	12,7444	150	25,3974	0,5404		9,0m	0,90m
19	IZQUIERDA	40,1878	16,3702	49,099m	25,6079	70	48,0984	4,5370		17,0m	1,30m
20	IZQUIERDA	16,0275	14,3239	22,379m	11,2628	80	22,3057	0,7889		15,0m	1,30m
21	DERECHA	38,3426	52,0871	14,722m	7,6489	22	14,4493	1,2917		38,0m	2,40m
22	IZQUIERDA	62,508	19,0986	65,458m	36,4146	60	62,2600	10,1856		20,0m	1,40m
23	IZQUIERDA	29,7971	22,9183	26,3m	13,3026	50	25,7108	1,7393		23,0m	1,60m
24	DERECHA	16,4212	57,2958	5,732m	2,8858	20	5,7125	0,2071		38,0m	2,40m
25	IZQUIERDA	0,1403	38,1972	0,073m	0,0367	30	0,0735	0,0000		31,0m	2,40m
26	IZQUIERDA	7,6016	38,1972	3,980m	1,9930	30	3,9773	0,0661		31,0m	2,40m
27	DERECHA	56,0758	57,2958	19,574m	10,6512	20	18,8022	2,6594		38,0m	2,40m

NOTA: Se utilizó los valores de sobre ancho según las Especificaciones Técnicas de la Dirección General de Caminos

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.2. Cálculo de elementos de curva vertical

Las curvas verticales son parábolas que pueden ser cóncavas o convexas dependiendo de su orientación en el eje vertical. Se calculan a partir de su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes que une. Minimizan el cambio de pendiente y pueden ser circulares o parabólicas.

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

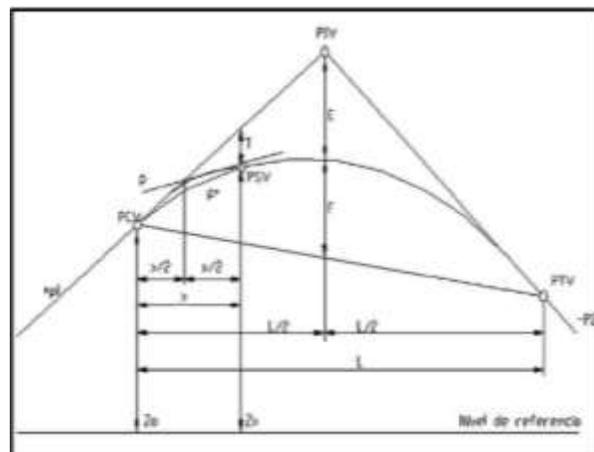
Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 31.

2.2.3.2.1. Diseño de curva vertical

Cuando una curva vertical tiene concavidad se considera que es una curva vertical en columpio. De manera análoga, se le llama curva vertical en cresta cuando es convexa.

Figura 7. **Elementos de curva vertical**



Fuente: HICKERSON, Thomas. *Levantamiento y trazado de caminos*. p. 26.

Donde

PIV = punto de intersección de las tangentes verticales

PCV = punto en donde comienza la curva vertical

PTV = punto en donde termina la curva vertical

PSV = punto cualquiera sobre la curva vertical

p1 = pendiente de la tangente de entrada, en m/m

p2 = pendiente de la tangente de salida, en m/m

A = diferencia algebraica de pendientes

L = longitud de la curva vertical, en metros

x = distancia del PCV a un PSV, en metros

p = pendiente en un PSV, en m/m

p' = pendiente de una cuerda, en m/m

E = externa, en metros

F = flecha, en metros

T = desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

Zo = elevación del PCV, en metros

Zx = elevación de un PSV, en metros

Para determinar la longitud de las curvas verticales, se utilizan como apoyo ciertos parámetros. En cada uno de ellos se repite un elemento, el delta o diferencia de pendientes:

$$\Delta = P_s - P_e$$

En donde

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

A continuación se presentan los parámetros mencionados con anterioridad:

- Criterio de apariencia

Cuando existe visibilidad completa en curvas verticales cóncavas, este criterio ayuda al conductor a evitar la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30$$

- Criterio de comodidad

Se utiliza en las curvas en columpio cuando la fuerza centrífuga sumada al peso propio del vehículo al cambiar de dirección afecta al usuario.

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

- Criterio de drenaje

Se toma en consideración en ambos tipos de curvas verticales cuando se encuentran en sección de corte. Permite el escurrimiento del agua en cualquier punto de la curva.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 43$$

- Criterio de seguridad

Este criterio es muy importante, ya que permite que, a lo largo de la curva, la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada.

$$LCV = K * \Delta$$

2.2.3.2.2. Longitud mínima

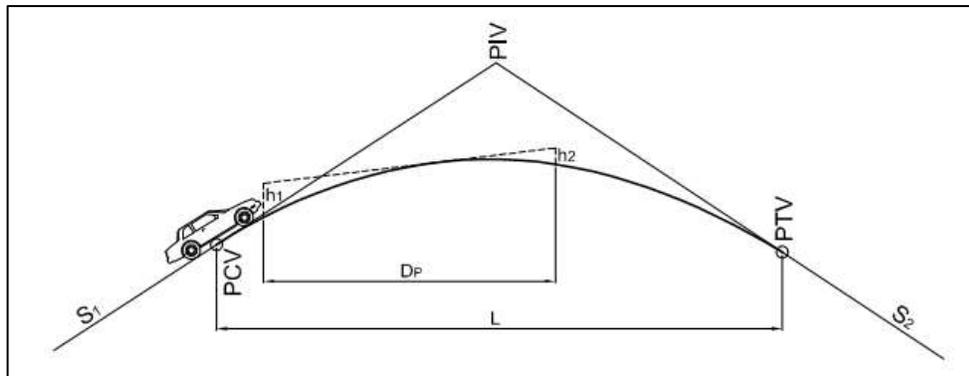
La longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones que relacionan la distancia de visibilidad de parada D_p y las distintas alturas en relación al usuario y al vehículo:

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

Donde

- L_{min} = longitud mínima de la curva
- A = diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (porcentaje)
- D_p = distancia de visibilidad de parada, asociada a la velocidad específica de la curva vertical (VCV)
- h_1 = altura del ojo del conductor
- h_2 = altura del obstáculo

Figura 8. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical convexa**



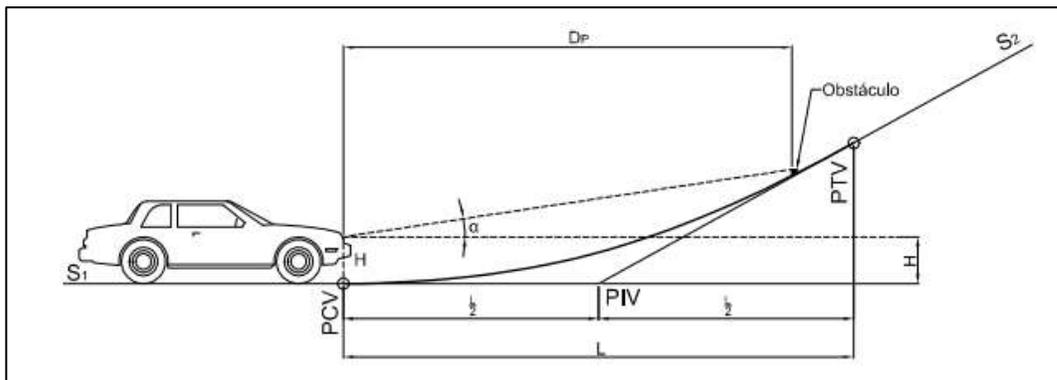
Fuente: HICKERSON, Thomas. *Levantamiento y trazado de caminos*. p. 39.

$$L_{min} = \frac{A * (D_p)^2}{200 * (H + D_p * \tan \alpha)}$$

Donde

- D_p = distancia de visibilidad de parada
- H = altura de los faros delanteros del vehículo
- α = ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros
- A = diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (porcentaje)
- L_{min} = longitud mínima de curva vertical

Figura 9. **Elementos para determinar la longitud mínima de la curva vertical cóncava**



Fuente: *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Instituto Nacional de Vías, Colombia. p. 49.

2.2.3.2.3. Visibilidad de parada

Es la distancia mínima necesaria para que al momento de que un conductor, que se moviliza a la velocidad de diseño, vea un objeto adelante, se pueda detener antes de llegar a él.

Se compone por dos elementos, la distancia recorrida por el vehículo desde que el conductor ve el objeto hasta que coloca su pie en el pedal de freno o distancia de reacción y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos o distancia de frenado.

$$D_p = d + d'$$

Donde

D_p = distancia de visibilidad

d = distancia de reacción

d' = distancia de frenado

La distancia de reacción se calcula mediante la fórmula:

$$d = 0,278Vt$$

Donde

V = velocidad del vehículo en km/h

t = tiempo de reacción en segundos (generalmente 2,5 seg)

La distancia de frenado se obtiene según la siguiente ecuación:

$$d' = \frac{V^2}{254(f \pm p)}$$

Donde

f = coeficiente de fricción

p = pendiente de la carretera

Para determinar el coeficiente de fricción se utiliza el siguiente criterio:

Figura 10. **Coeficiente de fricción según velocidad**

$f = 0.40 - 0.0020 (V - 30)$	para: $30 \text{ km/hr} \leq V < 60 \text{ km/hr.}$
$f = 0.34 - 0.0015 (V - 60)$	para: $60 \text{ km/hr} \leq V \leq 110 \text{ km/hr.}$

Fuente: NAVARRO, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de vías*. p. 11.

La determinación de la elevación en cualquier estación está determinada según la fórmula general siguiente:

$$Elev = elev_{ant} + d \times \sin S_o$$

Donde

Elev = elevación deseada

$elev_{ant}$ = elevación de estación anterior

d= distancia horizontal

S_o = pendiente de la carretera

Las estaciones generalmente se presentan en intervalos de 20 metros, pero si se requiere la elevación en cualquier estación se puede utilizar la fórmula anterior.

2.2.3.2.4. Procedimiento de cálculo de curva vertical

Para cada curva vertical se calculó los puntos geométricos respectivos y se realizó una tabla resumen que se presenta a continuación.

Tabla XV. **Resumen de diseño de curvas verticales**

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	0+053,30	Elevación:	1 943,193 m
PIV estación:	0+093,30	Elevación:	1 943,453 m
PTV estación:	0+133,30	Elevación:	1 939,425m
Punto más alto:	0+058,14	Elevación:	1 943,209 m
Pendiente ent:	0,65%	Pendiente sal:	-10,07 %
A:	10,72%	K:	7,464 m
LCV:	80,000m	Radio:	746,437 m
Distancia de rebase:	89,235m	Distancia de parado:	71,363 m
Ordenada máxima: 1,072 m			
Información de curva vertical:(curva convexa)			
PCV estación:	0+227,71	Elevación:	1 929,920 m
PIV estación:	0+302,00	Elevación:	1 922,440 m
PTV estación:	0+376,29	Elevación:	1 930,356 m
Punto más bajo:	0+299,89	Elevación:	1 926,286 m
Pendiente ent:	-10,07 %	Pendiente sal:	10,66 %
A:	20,72 %	K:	7,169 m
LCV:	148,574 m	Radio:	716,914 m
Distancia de visión:	67,507 m		
Ordenada máxima: 3,849 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	0+435,71	Elevación:	1 936,688 m
PIV estación:	0+570,00	Elevación:	1 950,998 m
PTV estación:	0+704,29	Elevación:	1 954,226 m
Punto más alto:	0+704,29	Elevación:	1 954,226 m
Pendiente ent:	10,66 %	Pendiente sal:	2,40 %
A:	8,25 %	K:	32,549 m
LCV:	268,584 m	Radio:	3 254 856 m
Distancia de rebase:	185,338 m	Distancia de parado:	149 019 m
Ordenada máxima: 2,063 m			
Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	0+830,90	Elevación:	1 957,248 m
PIV estación:	0+860,90	Elevación:	1 957,970 m
PTV estación:	0+890,90	Elevación:	1 957,223 m
Punto más alto:	0+859,48	Elevación:	1 957,603 m
Pendiente ent:	2,40 %	Pendiente sal:	-2,49 %
A:	4,89 %	K:	12,262 m
LCV:	60,900 m	Radio:	1 226,215 m
Distancia de rebase:	137,84 1m	Distancia de parado:	99,717 m
Ordenada máxima: 0,367 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	0+998,19	Elevación:	1 954,530 m
PIV estación:	1+048,19	Elevación:	1 953,285 m
PTV estación:	1+098,19	Elevación:	1 954,673 m
Punto más bajo:	1+045,47	Elevación:	1 953,941 m
Pendiente ent:	-2,49%	Pendiente sal:	2,78 %
A:	5,26%	K:	18,996 m
LCV:	100,900 m	Radio:	1 899,556 m
Distancia de visión:	131,638 m		
Ordenada máxima: 0,658 m			
Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	1+214,48	Elevación:	1 957,900 m
PIV estación:	1+286,76	Elevación:	1 959,906 m
PTV estación:	1+359,05	Elevación:	1 959,662 m
Punto más alto:	1+343,37	Elevación:	1 959,689 m
Pendiente ent:	2,78 %	Pendiente sal:	-0,34 %
A:	3,11 %	K:	46,441 m
LCV:	144,563 m	Radio:	4 644,135 m
Distancia de rebase:	241,800 m	Distancia de parado:	181,871 m
Ordenada máxima: 0,562 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	1+450,42	Elevación:	1 959,354 m
PIV estación:	1+500,42	Elevación:	1 959,185 m
PTV estación:	1+550,42	Elevación:	1 958,128 m
Punto más alto:	1+450,42	Elevación:	1 959,354 m
Pendiente ent:	-0,34 %	Pendiente sal:	-2,12 %
A:	1,78 %	K:	56,258 m
LCV:	100,900 m	Radio:	5 625,783 m
Distancia de rebase:	346,861 m	Distancia de parado:	241,914 m
Ordenada máxima: 0,222 m			
Información de curva vertical:(curva convexa)			
PCV estación:	1+646,14	Elevación:	1 956,103 m
PIV estación:	1+696,14	Elevación:	1 955,046 m
PTV estación:	1+746,14	Elevación:	1 957,532 m
Punto más bajo:	1+675,98	Elevación:	1 955,788 m
Pendiente ent:	-2,12%	Pendiente sal:	4,97 %
A:	7,09%	K:	14,108 m
LCV:	100,900 m	Radio:	1 410,829 m
Distancia de visión:	103,771 m		
Ordenada máxima: 0,886 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	1+938,76	Elevación:	1 967,111 m
PIV estación:	2+026,49	Elevación:	1 971,474 m
PTV estación:	2+114,22	Elevación:	1 967,260 m
Punto más alto:	2+028,01	Elevación:	1 969,330 m
Pendiente ent:	4,97 %	Pendiente sal:	-4,80 %
A:	9,78 %	K:	17,948 m
LCV:	175,456 m	Radio:	1 794,797 m
Distancia de rebase:	137,628 m	Distancia de parado:	110,658 m
Ordenada máxima: 2,144 m			
Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	2+231,99	Elevación:	1 961,603 m
PIV estación:	2+332,65	Elevación:	1 956,769 m
PTV estación:	2+433,30	Elevación:	1 946,171 m
Punto más alto:	2+231,99	Elevación:	1 961,603m
Pendiente ent:	-4,80 %	Pendiente sal:	-10,53 %
A:	5,73 %	K:	35,148 m
LCV:	201,302 m	Radio:	3 514,822 m
Distancia de rebase:	192,598 m	Distancia de parado:	154,856 m
Ordenada máxima: 1,441 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva convexa)			
PCV estación:	2+463,20	Elevación:	1 943,022 m
PIV estación:	2+507,78	Elevación:	1 938,328 m
PTV estación:	2+552,36	Elevación:	1 944,853 m
Punto más bajo:	2+500,50	Elevación:	1 941,058 m
Pendiente ent:	-10,53 %	Pendiente sal:	14,64 %
A:	25,17 %	K:	3,543 m
LCV:	89,164m	Radio:	354,303 m
Distancia de visión:	44,335 m		
Ordenada máxima:2,805 m			
Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	2+615,68	Elevación:	1 954,120 m
PIV estación:	2+646,68	Elevación:	1 958,657 m
PTV estación:	2+677,68	Elevación:	1 959,339 m
Punto más alto:	2+677,68	Elevación:	1 959,339 m
Pendiente ent:	14,64 %	Pendiente sal:	2,20 %
A:	12,44 %	K:	4,985 m
LCV:	61,994 m	Radio:	498,538 m
Distancia de rebase:	73,431 m	Distancia de parado:	58,321 m
Ordenada máxima: 0,964 m			

Continuación de la tabla XV.

Información de curva vertical:(curva cóncava)			
PCV estación:	2+803,73	Elevación:	1 962,114 m
PIV estación:	2+887,02	Elevación:	1 963,947 m
PTV estación:	2+970,31	Elevación:	1 951,931 m
Punto más alto:	2+825,78	Elevación:	1 962,356 m
Pendiente ent:	2,20 %	Pendiente sal:	-14,43 %
A:	16,63 %	K:	10,918 m
LCV:	166,579 m	Radio:	1 001,845 m
Distancia de rebase:	102,825m	Distancia de parado:	82,675 m
Ordenada máxima: 3,462 m			
Información de curva vertical:(curva convexa)			
PCV estación:	3+000,70	Elevación:	1 947,547 m
PIV estación:	3+050,70	Elevación:	1 940,333 m
PTV estación:	3+100,70	Elevación:	1 941,041 m
Punto más bajo:	3+091,77	Elevación:	1 940,978 m
Pendiente ent:	-14.43 %	Pendiente sal:	1,42 %
A:	15,84 %	K:	6,312 m
LCV:	100,900 m	Radio:	631,245 m
Distancia de visión:	62,461 m		
Ordenada máxima: 1,980 m			

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3. Capas que componen el pavimento

Un pavimento se construye con el objetivo de disminuir lo más posible las cargas vehiculares sobre la carpeta de rodadura. A continuación se describen los diferentes componentes del mismo.

2.2.3.3.1. Subrasante

Es la capa de un pavimento que se coloca sobre la terracería y está construida con un mejor material de material. Los espesores de las diferentes capas del pavimento dependen de la capacidad soporte de la subrasante.

El ensayo de CBR que se le hizo a la muestra de material presentó un resultado de 32,5 % al compactarse en un 95 %, por lo que se considera un suelo apropiado para utilizarse como subrasante.

2.2.3.3.2. Subbase

La principal función de esta capa es transmitir y distribuir con uniformidad las cargas del tránsito para que la subrasante las pueda soportar. Se conforma de material estabilizado y compactado con un espesor no menor a 10 ni mayor a 70 cm. No debe encontrarse ningún tipo de materia vegetal, bloques de arcilla o basura.

Su límite líquido debe ser menor al 35 % y su índice plástico menor a 6, el CBR debe ser mayor a 15 %. Al utilizarse esta capa como drenaje, hay que pensar en un material granular, con material fino que pase el tamiz 200 menor al 8 %, ya que la calidad de la subrasante es excelente, se procederá a colocar

una capa de subbase con el mínimo de espesor de 10 centímetros por estabilidad, drenaje y optimización de costos.

2.2.3.3.3. Base

Esta capa se construye sobre la subbase; permite drenar el agua dentro de la estructura de pavimento hacia las cunetas y transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura. Además, tiene que resistir cambios climáticos, así como los físicos producidos por el paso vehicular.

La base debe ser de un material con un mínimo de CBR de 16 a un 95 % (AASHTO T-180).

Tabla XVI. **Espesor de la base**

Valor del espesor de la base				
Subrasante valores de K PSI	4"	6"	9"	12"
	subbase valores de K PSI			
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3.4. Carpeta de rodadura

Consiste en un diseño de losas de concreto simples o reforzadas, que soportan las cargas de la circulación vehicular y permiten el traslado adecuado de los mismos. Además, provee impermeabilidad y protección a la erosión y desgastes físicos.

2.2.3.4. Análisis y determinación del volumen de tránsito

El TPDA es el instrumento que se utiliza para determinar el volumen de tránsito en una vía durante un año calendario. Esto se logra con el cálculo continuo de un promedio de cualquier actividad de tránsito.

2.2.3.4.1. Volumen de tránsito

De manera similar al caudal de un fluido, el volumen de tránsito se calcula con el número de vehículos que pasan por un punto de una vía en un tiempo determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{t}$$

Donde

Q= vehículos que pasan por unidad de tiempo

N = número total de vehículos

t = período de tiempo

2.2.3.4.2. Clasificación de tránsito

Al existir un sinnúmero de tipos de vehículos que pasan sobre un pavimento, se debe establecer una media o clasificar el tránsito para caracterizar el tránsito usuario y determinar el pavimento necesario. Esta medida consiste en tres grupos, clasificados según peso y número de ejes en contacto con la carpeta de rodadura: tránsito liviano, medio y pesado.

2.2.3.4.3. Tránsito liviano

Este rango incluye todo tipo de automóviles, motocicletas, paneles, microbuses pequeños, picop con o sin remolque y con peso bruto máximo de hasta 1,8 toneladas métricas.

2.2.3.4.4. Tránsito medio

Se considera dentro del tránsito medio toda clase de automóviles o vehículos automotores, como picops cargados o microbuses, de hasta 6,8 toneladas métricas de peso bruto máximo.

2.2.3.4.5. Tránsito pesado

Se consideran aquí los vehículos de transporte y de carga de más de 13,6 toneladas métricas de peso bruto máximo como transporte colectivo y extraurbano, camiones con o sin remolque, trailers, entre otros.

2.2.4. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras comprende el corte, utilización de los materiales extraídos en los cortes, incluyendo el de desperdicio; y el relleno, construcción de terraplenes, compactación y acabado del trabajo de terracería.

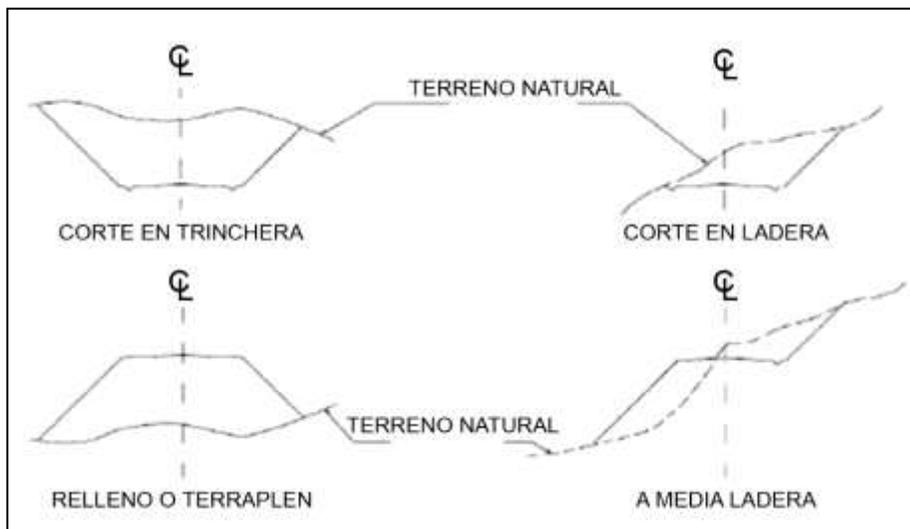
2.2.4.1. Determinación de áreas por el método gráfico

El método gráfico permite medir las áreas mediante la medida de las secciones dibujadas en papel milimetrado. Dibujar la sección típica de la carretera a cada 20 metros y se determinan los taludes de corte y relleno.

2.2.4.2. Cálculo de volúmenes

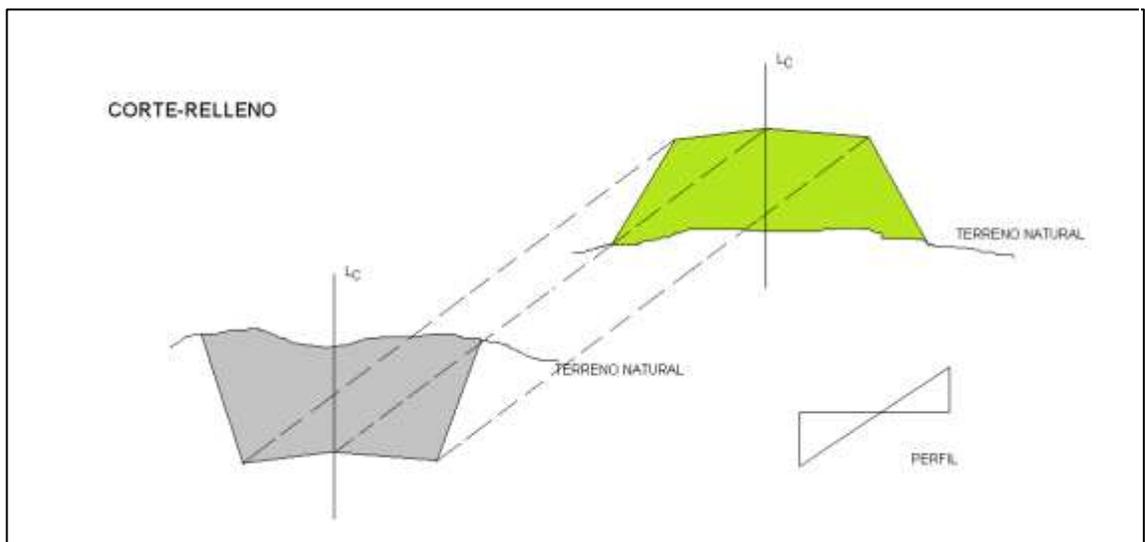
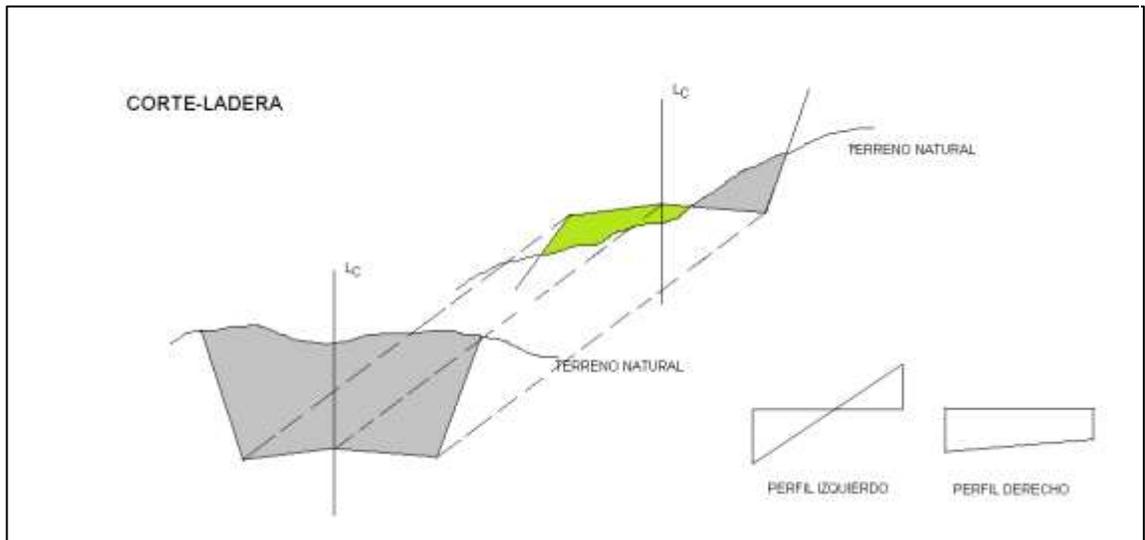
Usando como base el cálculo de las áreas por el método gráfico, se hace la equivalencia de las áreas proyectadas sobre la carretera a lo largo de 20 metros entre sección y sección. Hay que promediar las áreas para poder determinar los prismas que forman ambas secciones y así determinar el volumen aproximado de corte o de relleno.

Figura 11. Tipos de secciones transversales

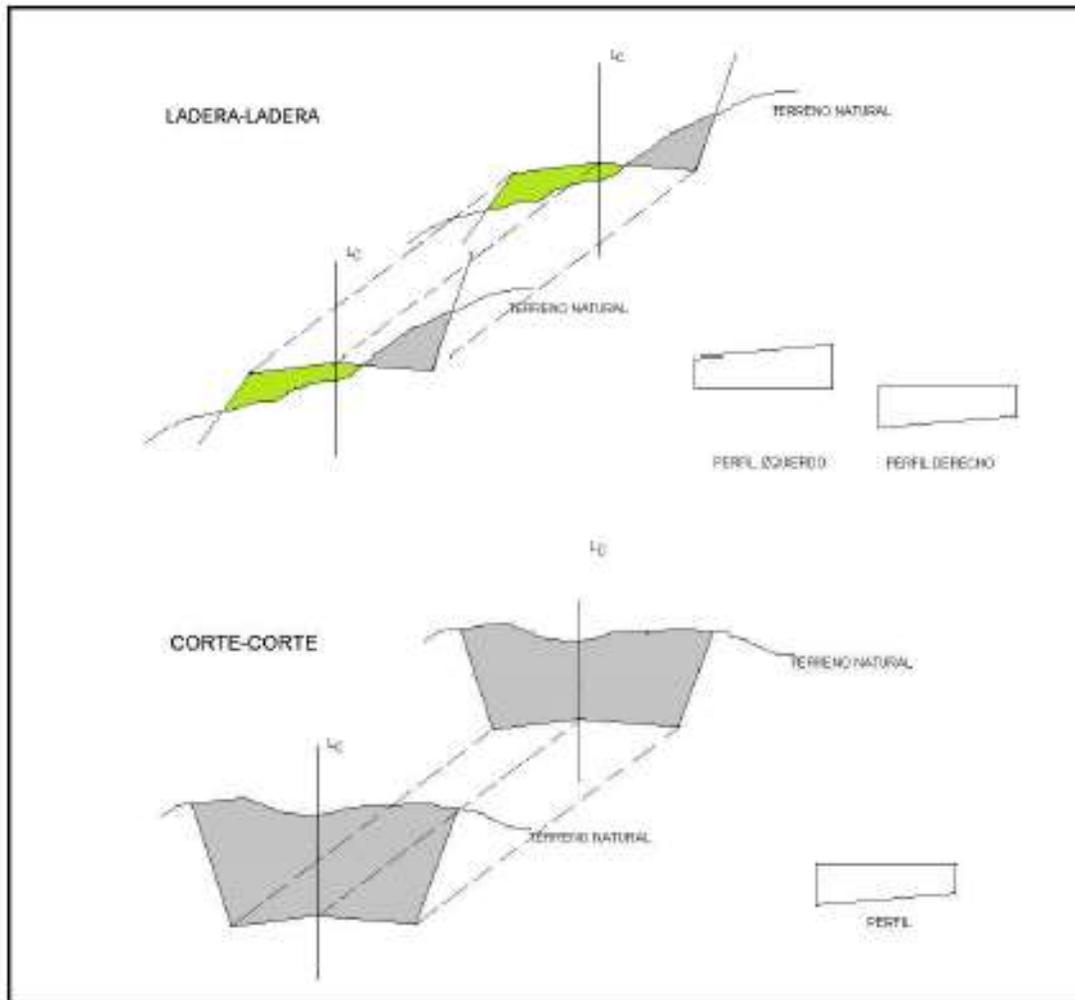


Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-24.

Figura 12. Tipos de variaciones en secciones continuas



Continuación de la figura 12.



Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Diseño de pavimento

La estructura de un pavimento debe ser diseñada conforme al material que se utilizará y la vida útil del proyecto, con la finalidad de soportar las cargas a las que será sometida.

2.2.5.1. Pavimento rígido

La capa de rodadura está construida de losas de concreto simple o reforzado, conformado por cemento Portland con arena, agregado grueso (piedra triturada o grava) y agua o también conocido como concreto hidráulico. Los esfuerzos que actúan sobre este tipo de pavimentos son los abrasivos, los directos de compresión y acortamiento, y los esfuerzos de compresión y tensión por cambios de temperatura.

2.2.5.2. Pavimento flexible

Estos pavimentos son en los que existe una deflexión al haber un tránsito de cargas sobre él. La distribución de estas cargas es regida por las características del conjunto de capas que conforma la estructura, a mayor grosor en la capa, mayor la resistencia. Se utilizan generalmente en donde existirá un gran aforo vehicular. La mezcla asfáltica se compone de asfalto como aglomerante y agregados pétreos con granulometrías específicas para cada diseño de mezcla.

Se recomendó el uso de concreto hidráulico para este proyecto debido a las condiciones climáticas del área y para evitar el fenómeno de hidropilano, ya que es una zona muy húmeda en ciertas temporadas del año.

2.2.6. Estudio de suelos

Para determinar un pavimento adecuado para una carretera, hay que conocer las características del suelo, por lo que se debe realizar un estudio de suelos. A continuación, se presentan algunas de las pruebas más relevantes.

2.2.6.1. Límites de consistencia

Los límites de consistencia o de Atterberg, sirven para determinar el estado (sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido) de un suelo fino, como se encuentra en la naturaleza, según su contenido de agua. Mediante estos límites se pueden determinar los índices de plasticidad para poder clasificar los suelos. Las Normas para estos ensayos son las AASHTO T-89 y T-90.

Figura 13. Límites de Atterberg

Límites	Contracción (LC)→	Plástico (LP)		←Líquido (LL)
Estado	Sólido	Semisólido	Plástico	Líquido
Porcentaje de agua	0 %			100 %

Fuente: elaboración propia.

El material del tramo proyectado se clasificó como una arena limosa pomez color beige, ML según carta de plasticidad, el cual no posee índice de plasticidad.

2.2.6.2. Análisis granulométrico

Es un ensayo en el que se determina el porcentaje de material que pasa ciertos tamices, los que clasifican por tamaño de partícula para luego representarlos en una gráfica. La Norma de clasificación utilizada fue la ASTM D6913-04 y resultó en una curva continua, lo que significa que el material analizado es homogéneo. Ver anexos.

2.2.6.3. Determinación de contenido de humedad

El contenido de humedad de una muestra de un suelo se puede determinar en porcentajes mediante la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el de la muestra secada al horno.

2.2.6.4. Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)

Es uno de los ensayos más importantes, ya que indica la humedad óptima y densidad máxima de un suelo. El porcentaje de humedad indica la cantidad de agua exacta que debe tener el suelo para que al compactar se obtenga la densidad máxima. Existen dos tipos: el Proctor estándar y el modificado. Se diferencia uno del otro en el peso del pistón y la altura de la caída del mismo, aplicados en la prueba.

El suelo analizado presentó una humedad óptima del 36,9 % y una densidad máxima de 66,6 libras sobre pie cúbico.

2.2.6.5. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

Este ensayo sirve para determinar la resistencia de un suelo a los esfuerzos cortantes a determinados niveles de compactación y humedad. El CBR es la relación entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón en la muestra de suelo y el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. Se encuentra regulado por la Norma AASHTO T-193. El suelo analizado para el proyecto presentó un CBR de 33,5 para una compactación del 95 %.

Tabla XVII. **Calidad de subrasante en función del CBR**

CBR (%)	Calidad de subrasante
0 - 3	Muy mala
3 - 5	Mala
5 - 20	Buena
20 - 30	Excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

2.2.7. Estructura final del pavimento

El diseño de la estructura del pavimento se realiza tomando en cuenta las propiedades del suelo, pero también los valores de TPDA que se hayan registrado. Dependiendo de qué tipo de material se va a utilizar, es decir si será un pavimento flexible o rígido, se determina el número estructural (SN) o el espesor de la losa de concreto respectivamente.

Tabla XVIII. **Análisis de resultados**

Ensayo	Clasificación
USCS	ML
AASHTO	A-4
Descripción del suelo	Arena limosa pómez color beige
Límite de consistencia	Índice de plasticidad: -
Peso unitario máximo	1 063,93 kg/m ³ (66,6 lb/pie ³)
Humedad óptima	36,9 %
CBR	33,5 de CBR al 95 % de compactación

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.1. Diseño y dimensiones del espesor del pavimento

Existen dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos: (1) método de capacidad y (2) método simplificado (según Portland Cement Association (PCA)). Por motivos de practicidad en este proyecto se utilizó el método simplificado.

2.2.7.2. Método simplificado

Este método es utilizado cuando no se cuenta con algún aforo vehicular, para este método la PCA proporciona tablas con rangos de tránsito, así como también tablas con distribución de cargas para distintas categorías de calles y carreteras, estas tablas están diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1 a la 4 respectivamente. El período de diseño que este método considera es de 20 años.

El procedimiento de este método consiste en tres pasos:

- Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario).

Dado que el tramo carretero se encuentra en una zona rural y es un camino secundario, con un tránsito pesado medio, ya que se transportarán las cosechas de los habitantes, su clasificación fue la categoría 1 según la tabla XIX.

Tabla XIX. **Categorías de tránsito en función de cargas por eje**

Categoría por carga	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
			%	Por día	Sencillo	Doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio)	200 - 800	1-3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos), arterias principales y	700 - 5000	5-18	40 - 1 000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio)	3 000 - 12 000 en 2 carriles, 3 000 - 50 000 en 4 carriles	8-30	500 - 1 000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos), carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto)	3 000 - 20 000 en 2 carriles, 3 000 - 150 000 4 carriles o más	8-30	1 500 - 8 000	34	60

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

La descripción del soporte corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino; es decir, bajo para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de bajo para un camino secundario.

Para poder determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario) con la tabla XIX es necesario conocer el TPDA (tránsito pesado promedio anual), el cual puede ser estimado con la ayuda de la tabla XX.

Tabla XX. **Clasificación funcional de las carreteras regionales**

TPDA	> 20 000		20 000 – 10 000		10 000 – 3 000		3 000 – 500	
	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.	# carriles	Sup. Rod.
AR-Autopistas regionales	6 - 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS-Troncales suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR-Troncales rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS-Colectoras suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR-Colectoras rurales					2	Pav.	2	Pav.

*Sup. Rod.: superficie de rodadura; Pav.: pavimento.

Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 36.

Por el tipo de vía que es el tramo carretero de dos carriles, puede ser clasificado como CR (colectoras rurales), tomando como estimación un TPDA de 700.

Una vez obtenido el TPDA se procedió a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla XIX, el TPPD está dado como un porcentaje del TPDA para este proyecto se tomó un porcentaje del 3 por ciento, dando como resultado un TPPD de 21, siendo esto la cantidad de vehículos pesados que transitan en el día.

- Determinar el módulo de reacción k de la subrasante para determinar la condición de apoyo y espesor de base.

El módulo de reacción de la subrasante k es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto del esfuerzo. Este módulo puede ser determinado por un ensayo en el lugar, pero dadas las condiciones, se logró determinar este módulo de reacción en función de la capacidad soporte del suelo (CBR) de 33,95 con la siguiente fórmula:

$$k = \left[\frac{(1\,500 \times CBR)}{26} \right]^{0,7788} \quad (k \text{ en libras cúbicas por pulgada})^3$$

Lo que resulta en 366 lbs/pulg². Una vez conocido el módulo de reacción k se procedió a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la tabla XXI.

³ Según programa FAARFIELD (cumple con regulaciones FAA para diseño de pavimentos para aeropuertos) de la Airport Design Software: "In cases where CBR data are available, the conversion from CBR to k-value for the subgrade can be achieved using the following formula". El programa utiliza el módulo elástico E para hacer todas las computaciones estructurales.

Tabla XXI. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción K P&SI
Limos y arcillas plásticas	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	180 - 220
Subbases estabilizadas con cemento	Muy alto	250 - 400

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

Dado que el módulo de reacción es de 366 libras por pulgada cuadrada, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XXI es muy alta.

Para este proyecto se diseñó una resistencia del concreto de 4 000 libras por pulgada cuadrada utilizando agregados, cemento y agua de buena calidad estimando un módulo de ruptura del concreto de 600 libras por pulgada cuadrada.

- Determinar el espesor de la losa de concreto con ayuda de los datos anteriores y el uso de la tabla correspondiente a la categoría de la carretera.

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje núm. 1, la tabla que le corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XXII, esta tabla presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Debido a que la condición de apoyo del terreno es muy alto según la tabla XXI, se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno alto ubicada del lado izquierdo de la tabla XXI, luego se procedió a ubicarse en la parte que corresponde a un $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$; se ubicó el número de tráfico pesado promedio (TPPD) igual a 21, el cual fue determinado anteriormente; se determina el valor próximo el cual tiene un TPPD permisible de 98, por lo tanto el espesor de la losa debe de ser de 15 centímetros.

En algunos casos, el espesor de la losa calculada debe ser menor a lo permitido, por lo que se debe utilizar los valores mínimos para solventar cualquier problema que se pueda ocasionar por delgadez de la carpeta de rodadura.

También existe la posibilidad de otro problema relacionado con las losas, el de la relación de rigideces en las diferentes capas de la estructura del pavimento. Este es un problema muy difícil de observar en la teoría, ya que se presenta en el momento de la construcción. Los materiales, al no ser completamente homogéneos en el área a construir, suelen tener puntos específicos en donde su rigidez puede ser mayor o menor a la que se tenía prevista en el diseño de la estructura de pavimento. El problema puede llegar a presentarse es el agrietamiento inducido desde una capa inferior. En estos casos, se debe tomar en consideración las decisiones del superintendente en conjunto con el delegado residente encargados del tramo.

Tabla XXII. **Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción K y módulo de ruptura optado**

	Sin Acotamiento ni guarnición				Acotamiento o guarnición			
	Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de base			Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
$M_r = 46$ Kg/cm ²					10		0.2	0.9
	11.5			0.1	11.5	2	8	25
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14	3	15	45	14.5	320		
	15	40	160	430				
	16.5	330						
$M_r = 42$ Kg/cm ²	12.5		0.1	0.4	10			0.1
	14	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15	610		
$M_r = 39$ Kg/cm ²	14	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	16.5	13	60	160	14	13	57	150
	17.8	110	400		15	130	480	
	19	620						

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

2.2.7.3. Diseño de mezcla de concreto

El objetivo del diseño de mezcla es determinar la cantidad de materiales para la elaboración de un concreto que satisfaga los requerimientos de uso, teniendo en cuenta economía y cumpliendo con las especificaciones exigidas

en determinada obra. Para la proporción de los ingredientes de una mezcla de concreto se ha sugerido el método americano del ACI.

Para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 psi), a los 28 días de curado, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla.

El valor de sobre diseño se estimará en la resistencia a la compresión $f'c$ incrementada en 1 000 libras por pulgada cuadrada; este valor es de resistencia promedio a la compresión requerida $f'c = 5 000$ libras por pulgada cuadrada. El revenimiento para pavimentos es de 7,5 centímetros como máximo. El tamaño máximo del agregado es de 6 centímetros pero se usará un agregado grueso con un tamaño nominal de 2,54 centímetros.

Para un revenimiento de 7,5 centímetros y tamaño máximo de agregado de 1 pulgada, la cantidad de agua por volumen de concreto es 195 litros por metro cúbico según la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Asentamiento (cm)	Cantidad de agua en litros por metro cúbico de concreto				
	3/8 pulg.	1/2 pulg.	3/4 pulg.	1 pulg.	1 1/2 pulg.
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 11-14.

Debido a que la proporción de arena para la mezcla, también está dada en relación con el tamaño del agregado, se toma un 42 por ciento de arena sobre agregado total según tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

Tamaño máximo de agregado	% de arena sobre agregado total
3/8 pulg.	48
1/2 pulg.	46
3/4 pulg.	44
1 pulg.	42
1 1/2 pulg.	40

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 11-14.

Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire. Como se mencionó anteriormente, la mezcla para este proyecto no incluirá aire, por lo que se utiliza un valor de 48 % como dicta la tabla XXV.

Tabla XXV. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Resistencia a la compresión a los 28 días	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire	Concreto con aire
6 000 psi	0,41	0,33
5 000 psi	0,48	0,40
4 000 psi	0,57	0,48
3 000 psi	0,68	0,59
2 000 psi	0,82	0,74

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 11-14.

Para calcular la cantidad de cemento, se debe dividir la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua pesa un kilogramo. El cemento se divide por 0,48 para concretos sin aire incluido con una resistencia de 5 000 libras fuerza por pulgada cuadrada según tabla XXV.

$$\text{Cemento} = (195 \text{ l/m}^3) / 0,48 = 406,25 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de agregados se calcula restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto:

$$\text{Peso de agregados} = \text{peso total} - \text{peso (agua + cemento)}$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (195 + 406,25) = 1\,798,75 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente, que para este caso es 42 % según la tabla XXIV.

$$\text{Contenido de arena} = 0,42 \times 1\,798,75 \text{ kg/m}^3 = 755,48 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de pedrín será la cantidad total de agregado menos la cantidad de arena.

$$\text{Contenido de pedrín} = 1\,798,75 - 755,48 = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3$$

Para encontrar las relaciones entre el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua; es necesario dividir el peso específico de cada elemento dentro del peso específico de cemento.

$$\text{Cemento-arena} = \frac{755,48}{406,25} = 1,86$$

$$\text{Cemento-piedrín} = \frac{1\ 043,27}{406,25} = 2,57$$

Tabla XXVI. **Relación de mezcla**

Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	1,86	2,57	0,57

Fuente: elaboración propia.

Relación de mezcla por volumen

$$1 \text{ saco} = 1 \text{ pie}^3 = 42,5 \text{ kg}$$

$$\text{Peso específico cemento} = 1\ 428 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = \frac{406,25 \text{ kg}}{1\ 428 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,2845 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 195 \text{ lts} = 195 \text{ kg} = 0,195 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{(755,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{1\ 400 \text{ kg}} = 0,5396 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{(1\ 043,27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}{1\ 600 \text{ kg}} = 0,6520 \text{ m}^3$$

Tabla XXVII. **Relación mezcla por volumen**

Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	1,90	2,30	0,68

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Juntas

Las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa. Según la forma en que se diseñan las juntas, estas podrán transmitir la carga del tránsito de una losa hacia la siguiente.

Para el proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros o con forme el terreno lo pida y longitudinal al centro de la vía. Estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado, como un sello elastómero para evitar la filtración del agua a la subrasante.

2.2.8.1. Juntas longitudinales

Estas se colocan paralelamente al eje longitudinal del pavimento, para prevenir la formación de las grietas longitudinales; pueden ser en forma mecánica o unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12,5 pies (3,81m) y es la que determina qué ancho tendrá el carril.

Las juntas longitudinales son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas, siendo este el efecto de pandeo de la losa causado por los cambios de temperatura y humedad. En lugares con mucha lluvia hay que tener un especial cuidado en el corte de las juntas, ya que si no se deja una salida de agua de las mismas, esta se acumula entre las losas y, sumado al impacto que producen los neumáticos, se erosiona de manera abrupta la esquina de la losa.

2.2.8.2. Juntas transversales

La función de estas es la de controlar las grietas causadas por la retracción del secado del concreto. Las juntas transversales deberán de tener una ranura que tenga la profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se deberán de construir perpendicularmente al tráfico. Se pueden llamar también juntas de contracción, ya que controlarán el agrietamiento transversal que produce la contracción del concreto. Se deberán separar a una distancia no mayor de 15 pies (4,57m). Para este proyecto el espaciamiento de juntas transversales será de 3 metros.

2.2.8.3. Juntas de expansión

Son necesarias, únicamente, cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, entre otras. Se dejará una separación de dos centímetros, donde sea necesario. Su función es disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Es obligatoria su colocación frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias. El ancho de estas juntas debe ser de 12-25 milímetros. Dicha abertura debe ser rellena con un material no absorbente ni reactivo.

2.2.8.4. Juntas de construcción

Son necesarias cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el

desempeño general del pavimento. Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central.

2.2.9. Diseño de cunetas

Son los canales situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre fundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

2.2.9.1. Drenaje longitudinal

Para el cálculo del caudal se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para este proyecto se tiene en promedio un ancho de calzada de 5,00 metros, las juntas longitudinales serán colocadas al centro de la carretera, por lo que los drenajes se ubicarán a una separación de 2,50 metros del eje central de la carretera.

Un factor que ayuda en el drenaje del agua, es la pendiente promedio que tiene el camino. Esta es tan fuerte, que el agua fluye naturalmente, así que lo más necesario es ubicar los drenajes en donde la pendiente pasa de tener valores negativos a positivos. También es recomendable colocar drenaje longitudinal en los tramos donde exista corte de material, ya que aquí, generalmente el agua tiende a quedarse atrapada.

2.2.9.2. Drenaje transversal

La función de este elemento es evitar que el agua de lluvia, proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca en el sentido perpendicular a la carretera, no pase por la estructura de la misma.

Para este proyecto se utilizó el método racional para determinar el caudal de lluvia y se colocaron los drenajes transversales en los puntos más bajos del tramo o en puntos intermedios donde el tramo era muy largo y pudiera generar un caudal muy alto.

Tabla XXVIII. Valores de coeficiente de escorrentía

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: *National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972.*

Datos

Área a drenar: 5 Ha

Longitud de cauce: 0,60 km

Pendiente: 2,25 % (promedio)

Coefficiente de escorrentía: 0,52

Elevación entre cauce: 13,5 m

Factor de rugosidad: 0,013

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca dicho tiempo se encuentra por medio de la siguiente fórmula:

$$t = \left(\frac{(0,886 * L^3)}{H} \right)^{0,385} \times 60$$

$$t = \left(\frac{(0,886 * L^3)}{H} \right)^{0,385} \times 60 = 11,65 \text{ min}$$

$$I = \frac{4604}{t + 24}$$

$$I = \frac{4604}{11,65 + 24} = 129,14$$

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procede a encontrar el caudal a drenar, por medio del método racional.

$$Q = CIA/360$$

$$Q = \left(\frac{0,52 * 129,14 * 5}{360} \right)$$

$$Q = 0,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego se encontró el diámetro hidráulico con el caudal calculado mediante una variación de la fórmula de Manning.

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

Donde

n = coeficiente de rugosidad del material (Rib Loc© = 0,013)

$$D = \left(\frac{0,93 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,0225^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,22 \text{ m}$$

Posteriormente, se encuentra el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

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

$$A = \left(\frac{\pi * 0,22^2}{4} \right) = 0,040 \text{ m}^2$$

Debido a que el área a cubrir es menor que 0,45 metros cuadrados, se utilizará el diámetro mínimo de tubo para drenaje transversal que corresponde a

30 pulgadas de concreto. Con un diámetro de 30 pulgadas el área es 0,45 metro cuadrado el cual cubre el área requerida.

2.2.9.3. Cunetas

Las cunetas son canales abiertos que se calculan por el método de Manning:

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

Donde

V = velocidad media (metros por segundo)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado).

S = pendiente del canal en metros por metro

Para el diseño de la cuneta se utilizó la pendiente crítica, en el tramo en el que el drenaje transversal crítico se ubica, en la estación 2+140. El área de la cuenca es de 1 hectárea aproximadamente (determinado por medio de un complemento del software Civil3D), con una diferencia de alturas de 2 metros a través de 600 metros. El caudal resultante es de 0,17 metros cúbicos por segundo.

Datos:

S = 2,5 %

Q = 0,17 m³/s

Pendiente talud 1:2

Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} Y * Y\right) + bY$$
$$A = \frac{1}{2} Y^2 + bY$$

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} Y\right)^2 + Y^2} + b$$
$$P = 2,236Y + b$$

Se iguala el radio hidráulico a $Y/2$

$$\left(\frac{\frac{1}{2} Y^2 + bY}{2,236Y + b}\right) = \frac{Y}{2}$$

$$2\left(\frac{1}{2} Y^2 + bY\right) = Y(2,236Y + b)$$

$$b = 1,236Y$$

Para el área

$$A = \frac{1}{2} Y^2 + bY = \frac{1}{2} Y^2 + (1,236Y) * Y = 1,736Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, se despejará el valor de Y necesario para el caudal a drenar. El valor Y es el tirante hidráulico, es decir, la

profundidad del flujo o la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.

$$Q = A * \frac{1}{n} (R_h)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Donde

$n = 0,016$ (concreto revestido)

$Q =$ caudal en metros cúbicos por segundo

$A =$ área de la sección transversal del flujo en m^2

$R_h = 1,736Y^2$

$S = 0,025$ m/m

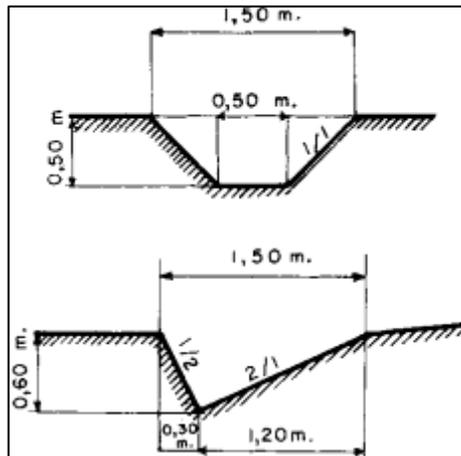
$$0,17 = \left(\frac{1}{0,016}\right) * 1,736Y^2 * \left(\frac{Y}{2}\right)^{2/3} * (0,025)^{1/2}$$

$$0,035 = 1,736(Y)^{4/3}$$

$$Y = 0,30 \text{ m}$$

$$b = (1,236 * 0,30) = 0,37 \text{ m}$$

Figura 14. **Detalle de cuneta**



Fuente: LE RAY, Jean. *Las carreteras de explotación forestal*.
<http://www.fao.org/3/a-g3200s/g3200s07.htm>. Consulta: julio de 2014.

2.2.10. Presupuesto

Es la cuantificación del precio del trabajo que se debe realizar con base en los precios de la región, agrupándolos en renglones de trabajo estipulados por el libro de especificaciones generales de la Dirección General de Caminos en el caso de la carretera. Para el presupuesto de la red de drenaje sanitario se realizará una tabla similar en la que se deriven los materiales y mano de obra cada cual con su monto variable en el que se pueda determinar con claridad los subtotales, para poder calcular luego los totales de la misma manera.

2.2.10.1. Resumen de presupuesto

A continuación, se presenta el resumen del costo por unidad y total de los materiales y actividades a realizar para la construcción de la carretera.

Tabla XXIX. Presupuesto carretera

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PRELIMINARES Y DERECHO DE VÍA				
PLANOS FINALES DE CONSULTORÍA	8,00	UNIDAD	Q4 060,20	Q32 481,62
ADQUISICIÓN DE TERRENOS	7 000,00	M2	Q80,00	Q560 000,00
MOVIMIENTO DE TIERRA				
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	80,00	Ha	Q3 863,10	Q309 048,13
EXCAVACION NO CLASIFICADA	74 838,00	M3	Q44,23	Q3 310 023,64
EXCAVACION NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO	68 742,00	M3	Q39,12	Q2 688 995,73
EXCAVACION NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE PRESTAMO	6 096,20	M3	Q76,05	Q463 624,14
EXCAVACION ESTRUCTURAL PARA CAJAS Y CABEZALES	600,00	M3	Q121,82	Q73 093,43
DRENAJES Y SUBDRENAJES				
ALCANTARILLA DE METAL CORRUGADO DIAMETRO 30"	200,00	ML	Q1 874,05	Q374 810,26
CAJAS Y CABEZALES DE CONCRETO CICLÓPEO	215,00	M3	Q1 448,07	Q311 335,86
CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO SIMPLE (2 000 PSI)	250,00	M2	Q945,33	Q236 331,88
CAPA DE SUBBASE				
SUBBASE COMÚN	3 064,16	M3	Q142,86	Q437 733,32
CAPA DE SUPERFICIE PARA PAVIMENTO				
PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO	1 304,74	M3	Q1 936,30	Q2 526 363,62
			TOTAL	Q11 323 841,63

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Cronograma ejecución física y financiera

La buena planificación en las actividades, es la base fundamental de un proyecto de este tipo, por lo que hay que hacer una programación lo más real posible.

- Controlar cualquier fuga de lubricantes que se puedan observar y hacerlos disponibles en lugares adecuados cuando se deba hacer un cambio.
- No realizar tareas de mantenimiento mecánico cerca de fuentes de agua.

CONCLUSIONES

1. Se realizó un diseño preliminar del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Hato, tomando en consideración todas las especificaciones necesarias para su buen funcionamiento. El costo promedio por metro lineal es de Q5 700,00 aproximadamente, para la comunidad es considerado alto, aun tomando en cuenta que el cálculo del presupuesto se hizo minimizando todos los gastos innecesarios y cobros profesionales de asesoramiento que pudieran ser necesarios en la construcción y supervisión de la obra.
2. Se propuso un diseño para la carretera entre la aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala y Santa Lucía Milpas Altas, del municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Esta carretera entra en la clasificación como una tipo E, pudiendo ser clasificada más rigurosamente como un camino de penetración. El costo promedio por kilómetro para este proyecto de 3 163 kms es de Q3 800 000,00. En la actualidad no hay un parámetro que se considere normal para un kilómetro de construcción de un tramo carretero, pero en años anteriores se hicieron estudios en los que se determinó que Q1 000 000,00 era un valor teórico que se ajustaba muy bien al valor real, por lo que se concluyó que para el costo actual de los productos, por motivos de inflación y otros factores económicos, el costo promedio expuesto anteriormente cabe dentro de lo razonable, así que se consideró el proyecto como una propuesta rentable y de beneficio para las comunidades vecinas.

3. El sistema de drenaje propuesto es el adecuado para la disposición de los desechos en la aldea El Hato. Esto de manera teórica, ya que es un proyecto muy costoso a la hora de su ejecución, debido a que la aldea es de muy bajos recursos y los precios utilizados de los materiales pueden aumentar debido a lo retirada que se encuentra la aldea de los puntos de venta. Otro factor en contra, y que está directamente ligado a la dificultad del proyecto, es la topografía del lugar, la cual es demasiado quebrada como para realizar un sistema de tubería sanitaria adecuada dentro de lo razonable, económicamente hablando, por lo que se consideró que un alcantarillado no es la solución idónea, sino que la utilización de fosas sépticas podría ser una alternativa viable para la disposición de desechos.

4. La carretera que conecta la aldea San Mateo Milpas Altas con la aldea Santa Lucía Milpas Altas, se diseñó con las normas adecuadas y cumpliendo con todas las especificaciones dictaminadas por la Dirección General de Caminos.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Antigua Guatemala, Sacatepéquez

1. Implementar un sistema de educación sanitaria para la comunidad de El Hato, para disminuir los problemas que puedan surgir luego de la construcción de una red sanitaria, y así poder mantener en buen estado la misma durante su vida útil. Esto se debería realizar inicialmente a toda la comunidad, por lo menos durante dos semanas, y luego mantener un control minucioso del funcionamiento de las fosas mediante una entidad especializada como una cooperativa de vecinos.
2. Proponer un plan de mantenimiento adecuado para los proyectos, en especial el drenaje sanitario, ya que es más probable que se tengan complicaciones con la población con este tipo de obra.
3. La construcción de la carretera debe ser lo más apegado al diseño propuesto, ya que en él se utilizaron las especificaciones AASHTO, las cuales proveen de la serviciabilidad, seguridad y confort adecuados.
4. Tomar en cuenta que los costos indirectos, así como la mano de obra variará con los precios que se utilicen. Los presupuestos son una referencia estimada, no se deben tomar como costos definitivos, ya que están sujetos a variaciones, como costos de materiales y trabajos no contemplados dentro de la planificación. Debido a estas variaciones en los costos, es importante que la Municipalidad obtenga donaciones o patrocinio externo para ayudarse a la ejecución del proyecto.

5. La estimación de los costos deberá tomarse como una referencia o una ayuda para determinar los costos reales del proyecto, ya que se utilizaron los precios de ciudad y los de la Cámara de la Industria, por lo que variarán dependiendo de la fecha en que se realice la obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. CONTRERAS LINARES, Joan Carlo Roberto. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 183 p.
2. CRESPO Villalaz, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Litografía Artística, 1968. 32 p.
3. CRUZ ARRIOLA, Algedy Rocío. *Diseño del drenaje sanitario y pavimento rígido del asentamiento La Isla, zona 13, ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 148 p.
4. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC-MCIV, 2001.

5. GALICIA ORDÓÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km. de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del cantón Utzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 181 p.
6. Infom-Unepar. *Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala.* 2001.
7. LOPEZ LEIVA, Rolando Adolfo. *Diseño de tramo carretero Tiquisate-aldea Pinula y diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Juan La Noria, Tiquisate, Escuintla.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 231 p.
8. NOGUERA MORALES, Julio Adolfo. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Majada y diseño del puente vehicular de la aldea Escalón, San Jacinto, Chiquimula.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 185 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados de los ensayos de suelos

INFORME No. 000 S.S.				O.T.: 0	
Interesado:	Pedro Martinez				
Proyecto:	EPS "Diseño tramo carretero Santa Lucia, San Mateo"				
Asunto:	ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG				
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90				
Ubicación:	Santa Lucía, San Mateo				
FECHA:	lunes, 26 de mayo de 2014				
RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	IP (%)	CLASIFICACIÓN *	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	arena limosa pomez color beige

(*) CLASIFICACIÓN SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Fuente: elaboración propia.

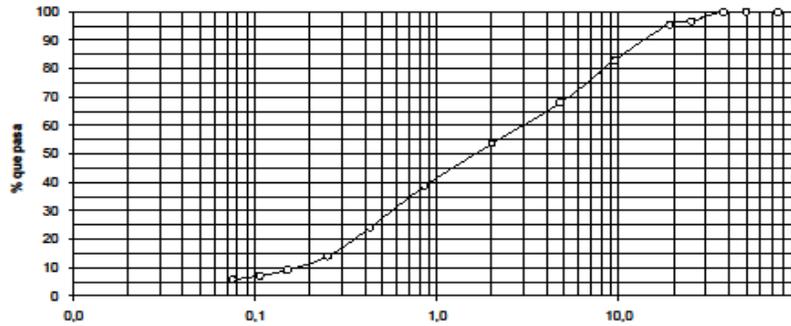
Apéndice 2. Resultados ensayo de límites de Atterberg

INFORME No. 000 S.S. O.T. No. 0

Interesado: Pedro Martínez
 Tipo de ensayo: análisis granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño tramo carretero Santa Lucia, San Mateo"

Ubicación: 0
 Fecha: lunes, 26 de mayo de 2014 Muestra: 1

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2,00 mm	53,75
2"	50 mm	100,00	20	850 .m	38,79
1 1/2"	37,5 mm	100,00	40	425 .m	24,21
1"	25 mm	98,72	80	250 .m	14,05
3/4"	19,0 mm	95,50	100	150 .m	9,15
3/8"	9,5 mm	82,81	140	106 .m	7,17
4	4,75 mm	68,12	200	75 .m	5,81



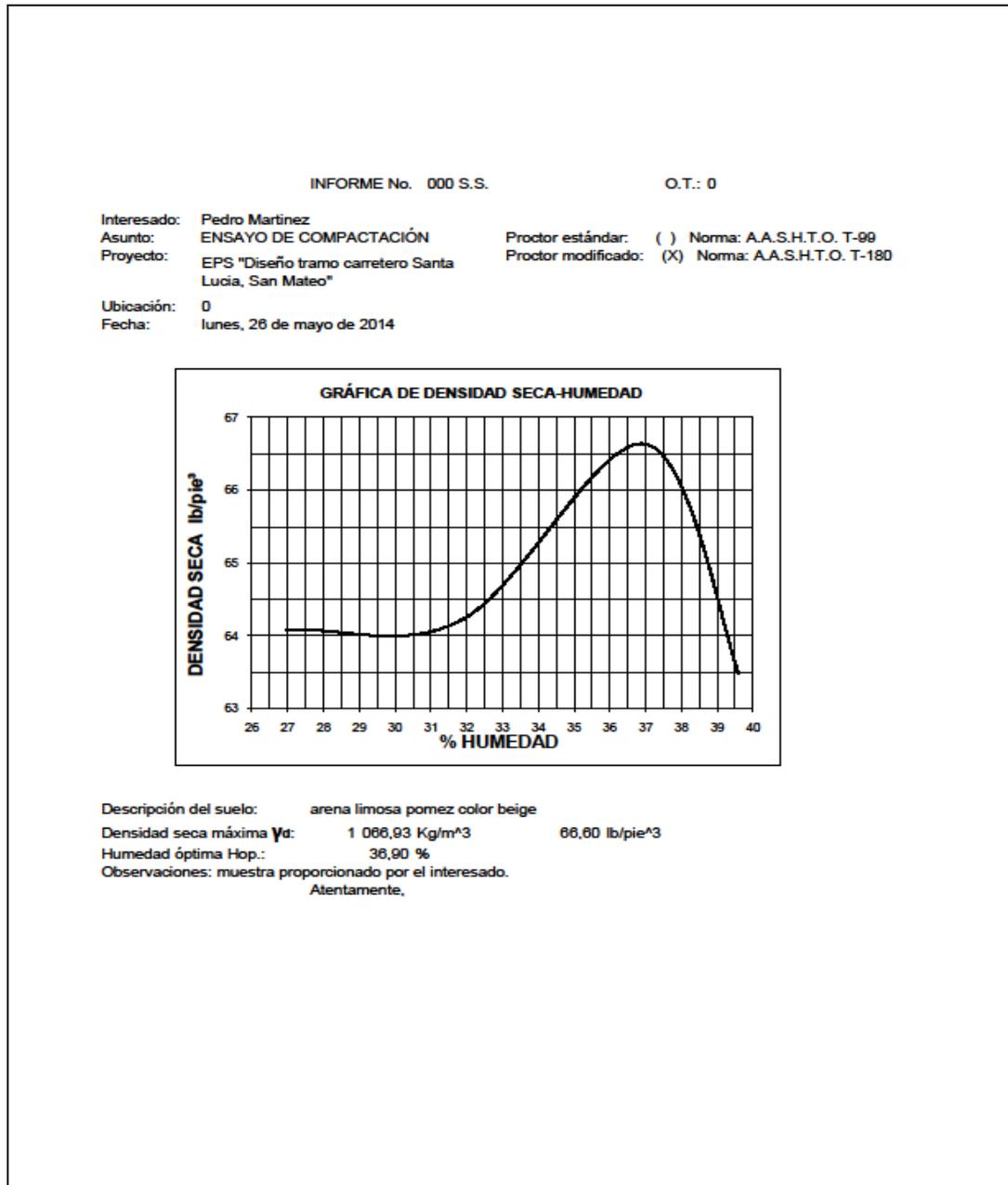
Descripción del suelo: arena limosa pomez color beige
 Clasificación: S.C.U.: SP-SM % de grava: 31,88 D10: 0,18 mm
 P.R.A.: A-1-b % de arena: 62,31 D30: 0,54 mm
 % de finos: 5,81 D60: 2,95 mm

Observaciones: muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Resultados ensayo de análisis granulométrico



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Resultados ensayo de compactación

INFORME No. 000 S.S.

O.T. No. 0

Interesado: Pedro Martinez

Asunto: Ensayo de razón soporte California (C.B.R.)

Norma: A.A.S.H.T.O.T-193

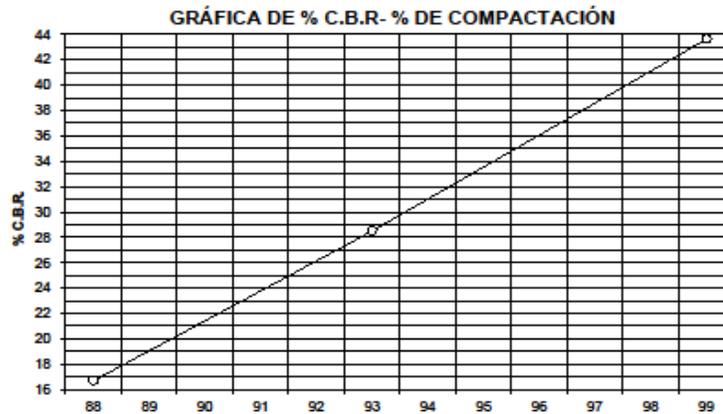
Proyecto: EPS "Diseño tramo carretero Santa Lucia, San Mateo"

Ubicación: 0

Descripción del suelo: arena limosa pomez color beige

Fecha: lunes, 26 de mayo de 2014

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	Ψ_d (Lb/pie ³)			
1	10	36,90	58,83	88,3	0,04	16,74
2	30	36,90	62,26	93,5	0,02	28,53
3	65	36,90	66,34	99,6	0,00	43,66



Observaciones: muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Precios unitarios de drenaje sanitario para aldea El Hato

REGLÓN 1
Preliminares, BODEGA

Bodega 4x4x2,5				
1 DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
MATERIALES				
Madera	180	pie-tablar	Q6,20	Q1 116,00
Clavo	12	libras	Q5,90	Q70,80
Lámina 8'	12	unidad	Q120,00	Q1 440,00
MANO DE OBRA				
Sueldo	1	global	Q800,00	Q800,00
Prestaciones (41%)	1	global	Q328,00	Q328,00
Transporte de material (10%)	1	global	Q262,68	Q262,68
HERRAMIENTA				
Martillo	0,003	UNIDAD	Q65,00	Q0,20
Uña	0,003	UNIDAD	Q125,00	Q0,38
Serrucho	0,003	UNIDAD	Q175,00	Q0,53
Nivel	0,003	UNIDAD	Q70,00	Q0,21
Machete	0,003	UNIDAD	Q65,00	Q0,20
Escalera	0,003	UNIDAD	Q375,00	Q1,13
Lima	0,003	UNIDAD	Q95,00	Q0,29
Subtotal				Q4 020,39

∑ Costo directo	Q4 020,39
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q281,43
Administración 10%				Q402,04
Fianzas 4%				Q160,82
Imprevistos 4%				Q160,82
Utilidades 0%				Q0,00
∑ Costo directo				Q1 005,10

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q5 025,49
--	------------------

Impuestos 17%	Q854,33
----------------------	----------------

Total	Q5 879,82
Total/m2	Q367,49

Continuación de apéndice 5.

REGLÓN 2
Línea de evacuación

Trazo de preliminar					
2	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
MANO DE OBRA					
	Topógrafo	1	día	Q500,00	Q500,00
	Cadenero	2	ml	Q1,10	Q2,20
	Ayudante	3	ml	Q3,51	Q10,53
	Prestaciones (41%)	1	global	Q210,22	Q210,22
EQUIPO					
	Estación total	0,0001	gobal	Q75 000,00	Q7,50
	Prisma, bastón, trípode	0,0001	global	Q2 400,00	Q0,24
HERRAMIENTA					
	Plomada	0,02	global	Q35,00	Q0,70
	Machete	0,02	global	Q65,00	Q1,30
	Cinta métrica	0,02	global	Q150,00	Q3,00
	Pincel	0,02	global	Q5,50	Q0,11
	Nivel	0,02	global	Q25,00	Q0,50
	Martillo	0,02	global	Q55,00	Q1,10
MATERIALES					
	Libreta	0,02	global	Q15,00	Q0,30
	Pincel	0,02	global	Q6,25	Q0,13
	Pintura	0,02	global	Q25,00	Q0,50
	Lápiz	0,02	global	Q2,00	Q0,04
	Clavo	0,02	global	Q0,35	Q0,01
	Tiner	0,02	global	Q15,00	Q0,30
Subtotal					Q738,68
∑ Costos directos					Q738,68
Costos indirecto					
	Supervisión 7%				Q51,71
	Administración 10%				Q73,87
	Fianzas 4%				Q29,55
	Imprevistos 4%				Q29,55
	Utilidades 0%				Q0,00
∑ Costos indirectos					Q184,67
∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos					Q923,35

Continuación de apéndice 5.

Impuestos 17%	Q156,97
----------------------	----------------

Total/ml	Q1 080,31
-----------------	------------------

REGLÓN 3
Demolición de concreto

Línea de evacuación					
3	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
	DEMOLICIÓN				
	Equipo				
	Retroexcavadora	1	ml	Q9,50	Q9,50
	MANO DE OBRA				
	Operario	1	ml	Q3,73	Q3,73
	Ayudante	3	ml	Q0,87	Q2,60
	Maestro de obra	1	ml	Q2,33	Q2,33
	Prestaciones	1	global	Q3,55	Q3,55
	HERRAMIENTA				
	Carreta	1	ml	Q0,76	Q0,76
	Pala	1	ml	Q0,48	Q0,48
	Almódana	1	ml	Q1,15	Q1,15
	Cinzel	1	ml	Q0,35	Q0,35
	MATERIALES				
	Cal	1	ml	Q0,57	Q0,57
	Diesel	2	gal	Q35,00	Q70,00
	Subtotal				Q95,02

∑Costo directo	Q95,02
-----------------------	---------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q6,65
Administración 10%				Q9,50
Fianzas 4%				Q3,80
Imprevistos 4%				Q3,80
Utilidades 0%				Q0,00

∑Costo directo	Q23,76
-----------------------	---------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q118,78
--	----------------

Continuación de apéndice 5.

Impuestos 17%	Q20,19
---------------	--------

Total/ml	Q138,97
-----------------	----------------

REGLÓN 4
Excavación de línea de evacuación

Línea de evacuación					
4	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
EXCAVACIÓN					
Equipo					
	Equipo de topografía	0,0001	global	Q75 000,00	Q7,50
	Retroexcavadora	1	m3	Q9,50	Q9,50
MANO DE OBRA					
	Topógrafo	1	global	Q6,25	Q6,25
	Operario	1	global	Q3,73	Q3,73
	Ayudante	6	global	Q1,63	Q9,75
	Maestro de obra	1	global	Q1,25	Q1,25
	Prestaciones	1	global	Q8,60	Q8,60
HERRAMIENTA					
	Carreta	1	unidad	Q0,76	Q0,76
	Nivel	1	unidad	Q0,30	Q0,30
	Serrucho	1	unidad	Q0,74	Q0,74
	Plomada	1	unidad	Q0,14	Q0,14
	Cinta métrica	1	unidad	Q0,68	Q0,68
	Pala	1	unidad	Q0,36	Q0,36
	Almádana	1	unidad	Q0,86	Q0,86
	Piocha	1	unidad	Q0,50	Q0,50
	Azadón	1	unidad	Q0,60	Q0,60
	Cinzel	1	unidad	Q0,35	Q0,35
MATERIALES					
	Madera	1	global	Q39,00	Q39,00
	Clavo	1	global	Q1,97	Q1,97
	Pintura	1	global	Q0,46	Q0,46
	Lapiz	1	global	Q0,04	Q0,04
	Papel/libreta	1	global	Q0,20	Q0,20
	Hilo	1	global	Q0,35	Q0,35
	Diesel	7	galón	Q35,00	Q245,00

Continuación de apéndice 5.

Cal	1	global	Q0,20	Q0,20
Subtotal				Q339,08

Σ Costo directo				Q339,08
Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q23,74
Administración 10%				Q33,91
Fianzas 4%				Q13,56
Imprevistos 4%				Q13,56
Utilidades 0%				Q0,00
Σ Costo directo				Q84,77

Σ Costos directos + Σ Costos indirectos				Q423,85
--	--	--	--	----------------

Impuestos 17%				Q72,05
----------------------	--	--	--	---------------

Total /m3	Q495,90
------------------	----------------

RENGLÓN 5
Extracción de ripio

Línea de evacuación					
5	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
EXTRACCIÓN					
Equipo					
	Cargador frontal	1	m3	Q52,96	Q52,96
	Camión	1	m3	Q40,00	Q40,00
MANO DE OBRA					
	Operario	2	m3	Q3,73	Q7,47
	Ayudante	3	ml	Q0,87	Q2,60
	Maestro de obra	1	ml	Q2,33	Q2,33
	Prestaciones	1	global	Q5,08	Q5,08
HERRAMIENTA					
	Carreta	1	ml	Q0,76	Q0,76
	Pala	1	ml	Q0,48	Q0,48
	Almádana	1	ml	Q1,15	Q1,15
	Cinzel	1	ml	Q0,35	Q0,35
MATERIALES					
	Diesel	4	gal	Q35,00	Q140,00

Continuación de apéndice 5.

Subtotal	Q253,18
-----------------	----------------

∑ Costo directo	Q253,18
------------------------	----------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q17,72
Administración 10%				Q25,32
Fianzas 4%				Q10,13
Imprevistos 4%				Q10,13
Utilidades 0%				Q0,00
∑ Costo indirecto				Q63,30

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q316,48
--	----------------

Impuestos 17%	Q53,80
----------------------	---------------

Total /m3	Q370,28
------------------	----------------

RENLÓN 6
TUBERÍA PARA DRENAJE
NORMA 3034
PVC ASTM F-949

Colocado y ensamblado de tubería de PVC 6"					
6	Descripción	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
Ensamble de tubería					
Materiales					
	Tubería PVC 6"	1,00	ml	Q108,82	Q108,82
	Empaque	1,00	UNIDAD	Q5,65	Q5,65
	Pegamento	1,00	galón	Q2,61	Q2,61
	Lija	0,30	pliego	Q5,90	Q1,77
	Lazo	1,00	global	Q0,67	Q0,67
Mano de obra					
	Albañil	0,08	días	Q140,00	Q11,67
	Ayudante	0,08	días	Q65,00	Q5,42
	Prestaciones	1,00	global	Q7,00	Q7,00
Herramienta					
	Sierra	1,00	global	Q0,10	Q0,10

Continuación de apéndice 5.

Escalera	1,00	global	Q0,79	Q0,79
Arco	1,00	global	Q0,09	Q0,09
Subtotal				Q144,58

∑ Costo directo	Q144,58
------------------------	----------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q10,12
Administración 10%				Q14,46
Fianzas 4%				Q5,78
Imprevistos 4%				Q5,78
Utilidades 0%				Q0,00

∑ Costo indirecto	Q36,15
--------------------------	---------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q180,73
--	----------------

Impuestos 17%	Q30,72
----------------------	---------------

Total/ml.	Q211,45
------------------	----------------

RENLÓN 7
TUBERÍA PARA DRENAJE
NORMA 3034
PVC ASTM F-949

Colocado y ensamblado de tubería de PVC 8"					
7	Descripción	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
Ensamble de tubería					
Materiales					
	Tubería PVC 8"	1,00	ml	Q166,79	Q166,79
	Empaque	1,00	UNIDAD	Q8,30	Q8,30
	Pegamento	1,00	galón	Q2,61	Q2,61
	Lija	0,30	pliego	Q5,90	Q1,77
	Lazo	1,00	global	Q0,67	Q0,67
Mano de obra					
	Albañil	0,08	días	Q140,00	Q11,67
	Ayudante	0,08	días	Q65,00	Q5,42
	Prestaciones	1,00	global	Q7,00	Q7,00
Herramienta					

Continuación de apéndice 5.

Sierra	1,00	global	Q0,10	Q0,10
Escalera	1,00	global	Q0,79	Q0,79
Arco	1,00	global	Q0,09	Q0,09
Subtotal				Q205,20

∑ Costo directo	Q205,20
------------------------	----------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q14,36
Administración 10%				Q20,52
Fianzas 4%				Q8,21
Imprevistos 4%				Q8,21
Utilidades 0%				Q0,00
∑ Costo directo				Q51,30

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q256,50
--	----------------

Impuestos 17%	Q43,60
----------------------	---------------

Total/ml	Q300,10
-----------------	----------------

RENGLÓN 8
TUBERÍA PARA DRENAJE NORMA 3034
PVC ASTM F-949

Colocado y ensamblado de tubería de PVC 10"					
8	Descripción	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
Ensamble de tubería					
Materiales					
	Tubería PVC 10"	1,00	ml	Q260,12	Q260,12
	Empaque	1,00	UNIDAD	Q13,27	Q13,27
	Pegamento	1,00	galón	Q2,61	Q2,61
	Lija	0,30	pliego	Q5,90	Q1,77
	Lazo	1,00	global	Q0,67	Q0,67
Mano de obra					
	Albañil	0,10	días	Q140,00	Q14,58
	Ayudante	0,10	días	Q65,00	Q6,77
	Prestaciones	1,00	global	Q8,76	Q8,76
Herramienta					

Continuación de apéndice 5.

Sierra	1,00	global	Q0,10	Q0,10
Escalera	1,00	global	Q0,79	Q0,79
Arco	1,00	global	Q0,09	Q0,09
Subtotal				Q309,52

∑ Costo directo	Q309,52
------------------------	----------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q21,67
Administración 10%				Q30,95
Fianzas 4%				Q12,38
Imprevistos 4%				Q12,38
Utilidades 0%				Q0,00

∑ Costo indirecto	Q77,38
--------------------------	---------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q386,90
--	----------------

Impuestos 17%	Q65,77
----------------------	---------------

Total/ml	Q452,68
-----------------	----------------

REGLÓN 9

Relleno y compactación

Línea de evacuación					
9	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
	RELLENO				
	Equipo				
	Motoniveladora	1	ml	Q43,75	Q43,75
	MANO DE OBRA				
	Operario	1	ml	Q3,73	Q3,73
	Ayudante	3	ml	Q1,08	Q3,25
	Prestaciones	1	global	Q2,86	Q2,86
	HERRAMIENTA				
	Carreta	1	global	Q0,76	Q0,76
	Pala	1	global	Q0,48	Q0,48
	Almádana	1	global	Q1,15	Q1,15
	Azadón	1	global	Q0,60	Q0,60

Continuación de apéndice 5.

Cinzel	1	global	Q0,35	Q0,35
MATERIALES				
Cal	1	ml	Q0,57	Q0,57
Gasolina	0,0208	gal	Q35,00	Q0,73
Subtotal				Q58,23

∑ Costo directo	Q58,23
------------------------	---------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q4,08
Administración 10%				Q5,82
Fianzas 4%				Q2,33
Imprevistos 4%				Q2,33
Utilidades 0%				Q0,00
∑ Costo indirecto				Q14,56

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q72,79
--	---------------

Impuestos 17%	Q12,37
----------------------	---------------

Total/ ml	Q85,16
------------------	---------------

Pozos de visita

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL	
PISO 0,07m de espesor					
Material del piso para 1 m2					
Cemento	0,072	saco	Q55,00	Q3,97	
Arena de río	0,072	m3	Q175,00	Q12,62	
Piedrín	0,072	m3	Q190,00	Q13,70	
Hierro 3	4,00	ml	Q6,50	Q25,99	
Alambre	3,00	libra	Q5,90	Q17,70	Cos./m2 Q73,98
LEVANTADO DE PARED					
Material para levantado					
Madera	3,00	Pt	Q6,50	Q19,50	
Alambre de amarre	0,10	libra	Q5,90	Q0,59	
Clavo	0,20	libra	Q5,90	Q1,18	
Ladrillo tayuyo	89,00	unidad	Q1,95	Q173,55	

Continuación de apéndice 5.

Cemento	0,40	saco	Q55,00	Q22,00	
Arena de río	0,40	m3	Q175,00	Q70,00	Cos./m2 Q286,82
ESLABONES					
Material para eslabones en 1 ml					
Hg. 3	9,10	ml	Q6,50	Q59,13	
Madera	0,50	Pt	Q6,50	Q3,25	
Alambre	0,40	libra	Q5,90	Q2,36	Cos./ml Q64,74
TAPADERA					
Material para tapadera D 0,75m, Esp. 0,1					
Hg. 3	12,80	ml	Q6,50	Q83,18	
Cemento	0,90	saco	Q55,00	Q49,50	
Arena de río	0,05	m3	Q175,00	Q8,75	
Piedrín	0,05	m3	Q190,00	Q9,50	
Madera	4,00	Pt	Q6,50	Q26,00	
Alambre	0,95	libra	Q5,90	Q5,60	
Clavo	0,40	libra	Q5,90	Q2,36	Cos./u Q184,89
BATIENTE					
Material para batiente 1,2m x 1,2m, esp. 0,2 m.					
Hierro 2	12,360	ml	Q2,87	Q35,52	
Hierro 3	4,944	ml	Q6,50	Q32,13	
Alambre de amarre	0,900	libra	Q5,90	Q5,31	
Madera	1,600	Pt	Q6,50	Q10,40	
Cemento	0,080	saco	Q55,00	Q4,40	
Arena de río	0,005	m3	Q175,00	Q0,88	
Piedrín	0,005	m3	Q190,00	Q0,95	Cos./u Q89,59
HERRAMIENTA					
Carreta	1	m3	Q1,52	Q1,52	
Nivel	1	m3	Q0,60	Q0,60	
SERRUCHO	1	m3	Q1,44	Q1,44	
Plomada	1	m3	Q0,28	Q0,28	
Cinta métrica	1	m3	Q1,32	Q1,32	
Pala	1	m3	Q0,72	Q0,72	
Almádana	1	m3	Q1,72	Q1,72	
Piocha	1	m3	Q1,00	Q1,00	
Azadón	1	m3	Q1,20	Q1,20	
Cinzel	1	m3	Q0,69	Q0,69	Cos Her Q10,49
ACABADOS					
Material para acabados 1m2					

Continuación de apéndice 5.

Cemento	0,3	saco	Q55,00	Q16,50	
Arena de río	0,2	m3	Q175,00	Q35,00	
Piedrín	0,2	m3	Q190,00	Q38,00	
Madera	5	Pt	Q6,50	Q32,50	
Clavo	0,2	libra	Q5,90	Q1,18	
Alambre de amarre	0,3	libra	Q5,90	Q1,77	Cos/m2 Q126,84

Pozo de 1 a 1,5m de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,131	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	5,655	m2	Q286,82	Q1 621,93
ESLABONES	1,5	ml	Q64,74	Q97,12
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q126,84	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q2 000,00	Q2 000,00
Subtotal				Q4 087,68

∑ Costo directo	Q4 087,68
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q286,14
Administración 10%				Q408,77
Fianzas 4%				Q163,51
Imprevistos 4%				Q163,51
Utilidades 0%				Q0,00

∑ Costo directo	Q1 021,92
------------------------	------------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q5 109,60
--	------------------

Impuestos 17%	Q868,63
----------------------	----------------

Total/ pozo	Q5 978,23
--------------------	------------------

Continuación de apéndice 5.

Pozo de 1,5m a 2m. de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	7,5398	m2	Q286,82	Q2 162,57
ESLABONES	2	ml	Q64,74	Q129,49
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q126,84	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q2 000,00	Q2 000,00
Subtotal				Q4 660,69

∑ Costo directo	Q4 660,69
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q326,25
Administración 10%				Q466,07
Fianzas 4%				Q186,43
Imprevistos 4%				Q186,43
Utilidades 20%				Q932,14

∑ Costo directo	Q2 097,31
------------------------	------------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q6 758,01
--	------------------

Impuestos 17%	Q1 148,86
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q7 906,87
--------------------	------------------

Pozo de 2m. A 2,5m de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	9,4248	m2	Q286,82	Q2 703,22
ESLABONES	2,50	ml	Q64,74	Q161,86
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q126,84	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q2 000,00	Q2 000,00
Subtotal				Q5 233,72

Continuación de apéndice 5.

Σ Costo directo	Q5 233,72
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q366,36
Administración 10%				Q523,37
Fianzas 4%				Q209,35
Imprevistos 4%				Q209,35
Utilidades 20%				Q1 046,74
Σ Costo directo				Q2 355,17

Σ Costos directos + Σ Costos indirectos	Q7 588,89
--	------------------

Impuestos 17%	Q1 290,11
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q8 879,00
--------------------	------------------

Pozo de 2,5m a 3m. de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	11,3098	m2	Q286,82	Q3 243,87
ESLABONES	3	ml	Q64,74	Q194,23
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q126,84	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q2 000,00	Q2 000,00
Subtotal				Q5 806,73

Σ Costo directo	Q5 806,73
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q406,47
Administración 10%				Q580,67
Fianzas 4%				Q232,27
Imprevistos 4%				Q232,27
Utilidades 20%				Q1 161,35
Σ Costo directo				Q2 613,03

Continuación de apéndice 5.

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q8 419,76
--	------------------

Impuestos 17%	Q1 431,36
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q9 851,12
--------------------	------------------

Pozo de 3m. A 3,5m de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	13,1947	m2	Q286,82	Q3 784,51
ESLABONES	3,5	ml	Q64,74	Q226,61
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q0,00	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q2 000,00	Q2 000,00
Subtotal				Q6 379,75

∑ Costo directo	Q6 379,75
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q446,58
Administración 10%				Q637,97
Fianzas 4%				Q255,19
Imprevistos 4%				Q255,19
Utilidades 20%				Q1 275,95

∑ Costo directo	Q2 870,89
------------------------	------------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q9 250,64
--	------------------

Impuestos 17%	Q1 572,61
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q10 823,24
--------------------	-------------------

Continuación de apéndice 5.

Pozo de 3,5m a 4m. de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	15,0797	m2	Q286,82	Q4 325,15
ESLABONES	4	ml	Q64,74	Q258,98
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q0,00	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q3 000,00	Q3 000,00
Subtotal				Q7 952,77

∑ Costo directo	Q7 952,77
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q556,69
Administración 10%				Q795,28
Fianzas 4%				Q318,11
Imprevistos 4%				Q318,11
Utilidades 20%				Q1 590,55
∑ Costo directo				Q3 578,74

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q11 531,51
--	-------------------

Impuestos 17%	Q1 960,36
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q13 491,87
--------------------	-------------------

Pozo de 4m. A 4,5m de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	16,9646	m2	Q286,82	Q4 865,80
ESLABONES	4,5	ml	Q64,74	Q291,35
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q0,00	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q3 000,00	Q3 000,00
Subtotal				Q8 525,78

Continuación de apéndice 5.

∑Costo directo	Q8 525,78
-----------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q596,80
Administración 10%				Q852,58
Fianzas 4%				Q341,03
Imprevistos 4%				Q341,03
Utilidades 20%				Q1 705,16
∑Costo directo				Q3 836,60

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q12 362,38
--	-------------------

Impuestos 17%	Q2 101,61
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q14 463,99
--------------------	-------------------

Pozo de 4,5m a 5m. de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	18,8496	m2	Q286,82	Q5 406,44
ESLABONES	5	ml	Q64,74	Q323,72
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q0,00	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q3 000,00	Q3 000,00
Subtotal				Q9 098,80

∑Costo directo	Q9 098,80
-----------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q636,92
Administración 10%				Q909,88
Fianzas 4%				Q363,95
Imprevistos 4%				Q363,95
Utilidades 20%				Q1 819,76
∑Costo directo				Q4 094,46

Continuación de apéndice 5.

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q13 193,26
--	-------------------

Impuestos 17%	Q2 242,85
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q15 436,11
--------------------	-------------------

Pozo de 5m a 5,5m. de altura				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUBTOTAL
PISO 0,07m de espesor	1,1310	m2	Q73,98	Q83,66
LEVANTADO DE PARED	20,7346	m2	Q286,82	Q5 947,09
ESLABONES	5,5	ml	Q64,74	Q356,09
TAPADERA	1	unidad	Q184,89	Q184,89
BATIENTE	1	unidad	Q89,59	Q89,59
ACABADOS	0	m2	Q0,00	Q0,00
HERRAMIENTA	1	global	Q10,49	Q10,49
MANO DE OBRA	1	global	Q3 000,00	Q3 000,00
Subtotal				Q9 671,81

∑ Costo directo	Q9 671,81
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q677,03
Administración 10%				Q967,18
Fianzas 4%				Q386,87
Imprevistos 4%				Q386,87
Utilidades 20%				Q1 934,36

∑ Costo directo	Q4 352,32
------------------------	------------------

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q14 024,13
--	-------------------

Impuestos 17%	Q2 384,10
----------------------	------------------

Total/ pozo	Q16 408,23
--------------------	-------------------

Continuación de apéndice 5.

REGLÓN 20
Domiciliar

Línea de Evacuación				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	SUB TOTAL
DEMOLICIÓN				
MANO DE OBRA				
Albañil	1	global	Q43,75	Q43,75
Ayudante	1	global	Q24,38	Q24,38
Prestaciones	1	global	Q27,93	Q27,93
HERRAMIENTA				
Carreta	1	global	Q2,53	Q2,53
Pala	1	global	Q1,20	Q1,20
Almádana	1	global	Q2,87	Q2,87
Azadón	1	global	Q1,50	Q1,50
Cinzel	1	global	Q0,87	Q0,87
EXCAVACIÓN				
Albañil	1	global	Q35,00	Q35,00
Ayudante	1	global	Q16,25	Q16,25
Prestaciones	1	global	Q21,01	Q21,01
COLOCACIÓN DE CANDELA, ACCESORIOS, TUBERÍA Y TAPADERA				
MATERIALES				
Tubería de concreto 12"	1	ml	Q63,00	Q63,00
Tubería de PVC. 6"	3,5	ml	Q110,70	Q387,44
T de PVC. 45°	1	unidad	Q324,57	Q324,57
Pegamento	0,003	gal	Q783,53	Q2,35
Lija	0,09	pliego	Q5,90	Q0,53
Cemento	1	saco	Q55,00	Q55,00
Arena de Rio	0,06	m3	Q175,00	Q10,50
Madera	2	Pt	Q6,50	Q13,00
Piedrín	0,06	m3	Q190,00	Q11,40
MANO DE OBRA				
Albañil	1	global	Q87,50	Q87,50
Ayudante	1	global	Q40,63	Q40,63
Prestaciones	1	global	Q52,53	Q52,53
RELLENO COMPACTACIÓN A MANO				
Albañil	1	global	Q35,00	Q35,00
Ayudante	1	global	Q16,25	Q16,25
Prestaciones	1	global	Q21,01	Q21,01

Continuación de apéndice 5.

Subtotal	Q1 298,00
-----------------	------------------

∑ Costo directo	Q1 298,00
------------------------	------------------

Costos indirectos				
Supervisión 7%				Q90,86
Administración 10%				Q129,80
Fianzas 4%				Q51,92
Imprevistos 4%				Q51,92
Utilidades 20%				Q259,60
∑ Costo directo				Q584,10

∑ Costos directos + ∑ Costos indirectos	Q1 882,10
--	------------------

Impuestos 17%	Q319,96
----------------------	----------------

Total/ u	Q2 202,06
-----------------	------------------

**DRENAJE SANITARIO
COSTO TOTAL DEL SISTEMA**

Renglón	NOMBRE DEL RENGLÓN	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Subtotal
1	Bodega 4x4x2,5	1	m2	Q367,49	Q367,49
2	Trazo de preliminar	452,57	ml	Q1 080,31	Q488 917,55
3	Demolición de concreto	452,57	ml	Q138,97	Q62 895,33
4	Excavación de línea de evacuación	855,07	m3	Q495,90	Q424 030,35
5	Extracción de ripio	855,07	m3	Q370,28	Q316 612,06
6	Colocado y ensamblado de tubería de PVC 6"	79,69	ml	Q211,45	Q16 850,46
7	Colocado y ensamblado de tubería de PVC 8"	320,42	ml	Q300,10	Q96 158,43
8	Colocado y ensamblado de tubería de PVC 10"	52,46	ml	Q452,68	Q23 747,34
9	Relleno y compactación	1111,59	ml	Q85,16	Q94 665,31
10	Pozo de visita altura 1,00 - 1,50 metros	0	unidad	Q5 978,23	Q0,00
11	Pozo de visita altura 1,50 - 2,00 metros	23	unidad	Q7 906,87	Q181 857,96

Continuación de apéndice 5.

12	Pozo de visita altura 2,00 - 2,50 metros	8	unidad	Q8 879,00	Q71 032,00
13	Pozo de visita altura 2,50 - 3,00 metros	6	unidad	Q9 851,12	Q59 106,73
14	Pozo de visita altura 3,00 - 3,50 metros	2	unidad	Q10 823,24	Q21 646,49
15	Pozo de visita altura 3,50 - 4,00 metros	0	unidad	Q13 491,87	Q0,00
16	Pozo de visita altura 4,00 - 4,50 metros	33	unidad	Q14 463,99	Q477 311,63
17	Pozo de visita altura 4,50 - 5,00 metros	10	unidad	Q15 436,11	Q154 361,11
19	Guardianía	1	global	Q15 456,00	Q15 456,00
20	Domiciliares	32	unidad	Q2 202,06	Q70 465,81
SUBTOTAL				Q2 575 482,06	
TOTAL				Q2 575 482,06	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para aldea El Hato**

Planos del sistema de alcantarillado sanitario para aldea El Hato

1. Planta general
2. Planta-perfil tramo 1: PV 17 – PV 1
3. Planta-perfil tramo 2: PV 30E – PV 25
4. Planta-perfil tramo 3: PV 83 – PV 85
5. Planta-perfil tramo 4: PV 56 – PV 48
6. Planta-perfil tramo 5: PV 64 – PV 48
7. Planta-perfil tramo 6: PV 70 – PV 77
8. Planta-perfil tramo 7: PV 48 – PV 33
9. Detalles según Norma ASTM D3034

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Tabla de volúmenes de los movimientos de tierra para carretera entre San Mateo Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas**

ESTACIÓN	ÁREA CORTE	VOLUMEN CORTE	ÁREA RELLENO	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO NETO
0+020,000	9,06	0	0	0	0	0	0
0+040,000	11,06	201,13	0	0	201,13	0	201,13
0+050,000	9	100,28	0	0	301,41	0	301,41
0+060,000	5,99	74,29	0,57	2,88	375,7	2,88	372,82
0+070,000	7,3	64,74	0,59	6,01	440,44	8,89	431,55
0+080,000	7,98	74,35	2,28	15,02	514,79	23,91	490,87
0+090,000	7,2	73,76	3,4	29,77	588,54	53,68	534,86
0+100,000	7,9	73,34	1,89	27,69	661,88	81,37	580,51
0+110,000	12,09	98,31	0,03	9,84	760,19	91,22	668,98
0+120,000	17,22	146,55	0	0,14	906,74	91,35	815,39
0+130,000	20,37	187,17	0	0	1093,91	91,35	1002,56
0+140,000	22,44	211,47	0	0	1305,39	91,35	1214,03
0+150,000	24,22	230,15	0	0	1535,54	91,35	1444,19
0+160,000	23,05	233,17	0	0	1768,71	91,35	1677,35
0+170,000	22,74	227,2	0	0	1995,9	91,35	1904,55
0+180,000	23,16	229,49	0	0	2225,4	91,35	2134,04
0+200,000	26,91	501,52	0	0	2726,92	91,35	2635,56
0+210,000	31,95	299,15	0	0	3026,07	91,35	2934,72
0+220,000	35,61	340,88	0	0,03	3366,95	91,39	3275,56
0+240,000	46,68	822,82	0	0,07	4189,78	91,46	4098,32
0+250,000	50,5	485,86	0	0	4675,64	91,46	4584,18
0+260,000	54,32	529,15	0	0	5204,79	91,46	5113,33
0+270,000	53,81	547,25	0	0	5752,03	91,46	5660,58
0+280,000	49,27	521,58	0	0	6273,62	91,46	6182,16
0+290,000	51,49	510,09	0	0	6783,71	91,46	6692,25
0+300,000	47,52	501,6	0	0	7285,3	91,46	7193,84
0+310,000	37,1	428,62	0	0	7713,92	91,46	7622,46
0+320,000	28,47	331,69	0	0	8045,61	91,46	7954,16
0+330,000	22,08	252,78	8,52	42,59	8298,4	134,05	8164,35
0+340,000	16,54	193,12	7,02	77,68	8491,52	211,73	8279,79
0+360,000	19,55	360,91	0	70,19	8852,43	281,92	8570,51
0+380,000	16,18	357,26	0	0	9209,69	281,92	8927,77
0+400,000	8,31	244,87	10,13	101,3	9454,56	383,22	9071,34
0+420,000	11,54	198,53	0	101,3	9653,1	484,52	9168,57
0+430,000	21,44	163,02	0	0	9816,12	484,52	9331,6

Continuación de apéndice 7.

0+440,000	28,32	244,49	0	0	10 060,61	484,52	9576,09
0+460,000	11,92	402,32	0	0	10 462,93	484,52	9978,4
0+470,000	7,9	98,53	0,25	1,29	10 561,46	485,82	10075,64
0+480,000	7,04	70,52	2,84	17,24	10 631,98	503,06	10128,93
0+490,000	14,67	102,73	0	16,68	10 734,71	519,74	10214,98
0+500,000	46,76	321,11	0	0	11 055,83	519,74	10536,09
0+510,000	100,8	805,58	0	0	11 861,41	519,74	11341,67
0+520,000	143,79	1351,14	0	0	13 212,55	519,74	12692,81
0+530,000	166,9	1684,03	0	0	14 896,58	519,74	14376,84
0+540,000	137,68	1580,61	0	0	16 477,19	519,74	15957,45
0+560,000	78,9	2165,73	0	0	18 642,92	519,74	18123,18
0+570,000	60,87	698,85	0	0	19 341,77	519,74	18822,03
0+580,000	49,42	561,43	0	0	1 9903,2	519,74	19383,46
0+590,000	51,45	516,49	0	0	20 419,69	519,74	19899,95
0+600,000	76,26	653,25	0	0	21 072,94	519,74	20553,2
0+620,000	76,15	1524,08	0	0	22 597,02	519,74	22077,28
0+630,000	55,17	638,31	0	0	23 235,33	519,74	22715,59
0+640,000	45,22	484,51	0	0	23 719,84	519,74	23200,1
0+650,000	40,49	414,7	0	0	24 134,54	519,74	23614,8
0+660,000	34,37	363,12	0	0	24 497,66	519,74	23977,92
0+670,000	31,11	317,99	0	0	24 815,65	519,74	24295,91
0+680,000	27,62	285,89	0	0	25 101,54	519,74	24581,8
0+690,000	26,53	264,19	0	0	25 365,73	519,74	24845,99
0+700,000	27,51	262,96	0	0	25 628,68	519,74	25108,95
0+710,000	29,04	274,42	0	0	25 903,11	519,74	25383,37
0+720,000	32,9	300,32	0	0	26 203,42	519,74	25683,68
0+730,000	35,79	335,59	0	0	26 539,01	519,74	26019,27
0+740000	25,67	307,26	0	0	26 846,27	519,74	26326,54
0+760,000	1,35	270,15	8,68	86,83	27 116,43	606,57	26509,86
0+780,000	1,33	26,8	11,24	199,27	27 143,22	805,84	26337,39
0+800,000	23,35	246,84	0	112,44	27 390,07	918,28	26471,79
0+820,000	32,12	554,71	0	0	27 944,77	918,28	27026,49
0+840,000	29,27	613,9	0	0	28 558,67	918,28	27640,39
0+860,000	29,61	588,85	0	0	29 147,52	918,28	28229,24
0+880,000	40,41	700,25	0	0	29 847,77	918,28	28929,49
0+900,000	36,1	765,1	0	0	30 612,88	918,28	29694,59
0+920.000	29,24	654,01	0	0	31266,89	918,28	30348,61
0+930.000	21,42	255,18	0	0	31522,07	918,28	30603,79

Continuación de apéndice 7.

0+940,000	15,55	187,19	0	0	31 709,26	918,28	30 790,98
0+950,000	9,56	127,67	0	0	31 836,94	918,28	30 918,65
0+960,000	7,48	85,73	0	0	31 922,66	918,28	31 004,38
0+970,000	7,18	73,09	0	0	31 995,76	918,28	31 077,47
0+980,000	3,42	52,97	0,46	2,32	32 048,72	920,6	31 128,12
0+990,000	4,2	37,33	1,07	7,96	32 086,05	928,56	31 157,48
1+000,000	6,6	51,97	0	5,77	32 138,02	934,33	31 203,69
1+010,000	10,66	83,1	0	0	32 221,11	934,33	31 286,79
1+020,000	11,01	103,75	0	0	32 324,87	934,33	31 390,54
1+030,000	12,31	113,26	0	0	32 438,13	934,33	3 1503,8
1+040,000	12,69	123,76	0	0	32 561,89	934,33	31 627,57
1+060,000	10,9	235,64	0	0	32 797,54	934,33	31 863,21
1+080,000	9,02	199,23	0	0	32 996,77	934,33	32 062,44
1+100,000	7,28	163,07	0	0	33 159,83	934,33	32 225,51
1+120,000	7	142,83	0	0	33 302,66	934,33	32 368,34
1+140,000	7,73	147,3	0	0	33 449,97	934,33	32 515,64
1+160,000	5,93	136,59	0	0	33 586,55	934,33	32 652,23
1+170,000	4,39	51,52	0	0	33 638,07	934,33	32 703,74
1+180,000	3,57	39,17	0,22	1,14	33 677,24	935,46	32 741,78
1+190,000	4,07	37,13	0,38	3,17	33 714,37	938,63	32 775,74
1+200,000	5,32	46,28	0	2	33 760,65	940,63	32 820,03
1+220,000	3,77	90,78	0	0	33 851,44	940,63	32 910,81
1+230,000	3,84	38,35	0	0	33 889,78	940,63	32 949,16
1+240,000	6,63	52,71	0	0	33 942,49	940,63	33 001,87
1+250,000	9,86	82,97	0	0	34 025,46	940,63	33 084,83
1+260,000	12,56	112,77	0	0	34 138,23	940,63	3 3197,6
1+280,000	17,11	296,67	0	0	3 4434,9	940,63	33 494,28
1+300,000	9,95	270,56	0	0	34 705,47	940,63	33 764,84
1+320,000	3,61	135,6	4,16	41,59	34 841,07	982,22	33 858,85
1+340,000	5,02	86,28	0,57	47,29	34 927,36	1 029,51	33 897,85
1+360,000	17,94	229,57	0	5,7	35 156,93	1 035,21	34 121,72
1+380,000	19,87	378,07	0	0	35535	1 035,21	34 499,79
1+400,000	16,73	366	0	0	35 900,99	1 035,21	34 865,79
1+420,000	10,94	276,7	0	0	3 6177,7	1 035,21	35 142,49
1+440,000	9,31	202,44	0	0	36 380,14	1 035,21	35 344,93
1+460,000	10,62	199,27	0	0	3 6579,4	1 035,21	3 5544,2
1+480,000	11,89	225,06	0	0	36 804,46	1 035,21	35 769,25
1+500,000	10,92	227,73	0	0	37 032,19	1 035,21	35 996,98

Continuación de apéndice 7.

1+510,000	9,28	99,39	0	0	37 131,58	1 035,21	36 096,37
1+520,000	7,36	80,83	0	0	3 7212,4	1 035,21	36 177,2
1+530,000	7,06	69,39	2,33	12,38	37 281,79	1 047,59	36 234,2
1+540,000	11,06	86,77	3,48	31,36	37 368,56	1 078,95	36 289,62
1+550,000	6,9	86,43	2,92	35,35	37 454,99	1 114,29	36 340,7
1+560,000	3,98	52,67	17,29	113,62	37 507,66	1 227,92	36 279,74
1+570,000	2,98	33,44	24,3	231,48	3 7541,1	1459,4	36 081,71
1+580,000	2,98	28,43	29,51	298,65	37 569,53	1 758,05	35 811,48
1+590,000	3,52	31,53	22,14	280,7	37 601,06	2 038,75	35 562,31
1+600,000	3,87	36,73	7,24	150,89	37 637,79	2 189,64	35 448,15
1+620,000	18,55	224,29	0	72,36	37 862,08	2262	35 600,08
1+640,000	11,15	297,06	3,64	36,38	38 159,15	2 298,38	35 860,77
1+660,000	7,03	181,81	3,93	75,7	38 340,96	2 374,08	35 966,88
1+680,000	3,84	108,73	0,74	46,68	38 449,69	2 420,76	36 028,93
1+690,000	9,7	67,74	0	3,68	38 517,43	2 424,44	36 092,99
1+700,000	9,7	95,8	1,12	5,7	38 613,23	2 430,14	36 183,09
1+710,000	33,53	216,88	0	5,78	38 830,11	2 435,93	36 394,18
1+720,000	48,05	412,16	0	0	39 242,27	2 435,93	36 806,35
1+730,000	81,7	657,14	0	0	39 899,41	2 435,93	37 463,49
1+740,000	126,06	1060,87	0	0	40 960,29	2 435,93	38 524,36
1+750,000	174,1	1529,13	0	0	42 489,42	2 435,93	40 053,49
1+760,000	194,9	1856,3	0	0	44 345,72	2 435,93	41 909,79
1+780,000	85,62	2805,12	0	0	47 150,85	2 435,93	44 714,92
1+800,000	17,5	1032,27	3,95	39,33	48 183,11	2 475,26	45 707,85
1+810,000	2,38	102,29	8,17	58,39	48 285,41	2 533,65	45 751,76
1+820,000	0	12,85	15,19	111,77	48 298,26	2 645,41	45 652,84
1+830,000	5,16	28,46	4,42	94,76	48 326,71	2 740,17	45 586,54
1+840,000	25,69	167,67	2,42	33,26	48 494,39	2 773,43	45 720,95
1+850,000	49,5	394,31	0,6	13,95	4 8888,7	2 787,39	46 101,31
1+860,000	65,71	586,95	0	2,85	49 475,64	2 790,24	46 685,41
1+880,000	56,88	1225,94	0	0	50 701,58	2 790,24	47 911,34
1+890,000	34,42	450	0,1	0,54	51 151,58	2 790,77	48 360,81
1+900,000	16,08	244,11	0,54	3,42	51 395,69	2 794,19	4 8601,5
1+910,000	7,58	111,94	0,08	3,31	51 507,63	2797,5	48 710,12
1+920,000	3,9	54,52	2,25	12,4	51 562,15	2809,9	48 752,25
1+930,000	4,07	38,94	2,83	26,11	51 601,09	2 836,01	48 765,08
1+940,000	4,98	45,21	2,47	26,47	51 646,29	2 862,48	48 783,81
1+960,000	10,11	150,89	0	24,71	51 797,18	2 887,19	48 909,99

Continuación de apéndice 7.

1+980,000	18,22	283,34	0	0,02	52080,52	2 887,21	49193,31
1+990,000	20,16	190,21	0	0	52270,73	2 887,21	49383,52
2+000,000	21,28	203,99	0	0	52474,72	2 887,21	49587,51
2+010,000	19,11	198,39	0	0	52673,11	2 887,21	49785,9
2+020,000	16,8	176,34	0	0	52849,45	2 887,21	49962,24
2+030,000	12,08	142,31	0	0	52991,77	2 887,21	50104,56
2+040,000	7,2	95,97	0	0	53087,74	2 887,21	50200,52
2+060,000	1,83	90,3	3,12	31,18	53178,04	2 918,39	50259,64
2+080,000	0	18,31	9,78	128,95	53196,34	3 047,34	50149
2+100,000	0	0	8,34	181,15	53196,34	3 228,49	49967,85
2+120,000	0,09	0,88	4,86	131,96	53197,23	3 360,45	49836,78
2+140,000	2,95	30,42	1,08	59,37	53227,64	3 419,82	49807,82
2+160,000	4,14	70,94	0,37	14,47	53298,59	3 434,29	49864,3
2+180,000	4,88	90,22	0,14	5,07	53388,81	3 439,36	49949,45
2+200,000	5,58	104,65	0,04	1,8	53493,46	3 441,16	50052,3
2+210,000	5,59	55,8	0	0,22	53549,26	3 441,38	50107,88
2+220,000	5,73	56,46	0,43	2,1	53605,72	3 443,48	50162,24
2+230,000	7,08	64,1	0,15	2,8	53669,82	3 446,28	50223,54
2+240,000	8,57	78,51	0	0,74	53748,33	3 447,02	50301,31
2+260,000	16,26	248,34	0	0	53996,67	3 447,02	50549,65
2+280,000	18,36	346,16	0	0	54342,83	3 447,02	50895,81
2+290,000	19,13	187,16	0	0	54529,99	3 447,02	51082,97
2+300,000	18,77	189,3	0	0	54719,29	3 447,02	51272,28
2+310,000	20,04	193,7	0	0	54913	3 447,02	51465,98
2+320,000	18,94	193,39	0	0	55106,39	3 447,02	51659,37
2+330,000	15,13	167,91	0	0	55274,3	3 447,02	51827,29
2+340,000	4,3	95,25	0	0,01	55369,55	3 447,03	51922,52
2+350,000	0,23	22,05	6,58	34,06	55391,61	3 481,09	51910,52
2+360,000	0	1,14	15,69	113,37	55392,75	3 594,46	51798,29
2+380,000	0,93	9,3	6,18	218,72	55402,05	3 813,18	51588,87
2+400,000	0,64	15,69	2,62	88,05	55417,74	3 901,24	51516,5
2+420,000	0,39	10,32	2,08	47	55428,06	3 948,24	51479,82
2+430,000	2,52	14,2	1,38	17,57	55442,25	3 965,81	51476,45
2+440,000	9,74	59,45	0,08	7,51	55501,7	3 973,31	51528,39
2+450,000	11,88	105,83	0	0,38	55607,53	3973,7	51633,84
2+460,000	5,55	85,57	9,62	51,64	55693,1	4 025,34	51667,76
2+470,000	1,93	37,13	27,22	189,02	55730,24	4 214,36	51 515,88
2+480,000	0,49	12,27	21,16	229,37	55742,5	4 443,73	51 298,77

Continuación de apéndice 7.

2+490,000	0,17	3,39	6,53	123,51	55 745,89	4 567,24	51 178,65
2+500,000	0	0,91	8,66	74,28	55 746,8	4 641,52	51 105,28
2+510,000	0	0	11,86	102,57	55 746,8	4 744,09	51 002,71
2+520,000	0	0	12,64	123,04	55 746,8	4 867,13	50 879,67
2+530,000	2,67	13,14	3,85	79,02	55 759,95	4 946,15	50 813,8
2+540,000	61,5	351,73	0	16,78	56 111,68	4 962,93	51 148,75
2+550,000	87,16	786,16	0	0	56 897,84	4 962,93	51 934,91
2+560,000	80,26	853,22	0	0	57 751,06	4 962,93	52 788,13
2+580,000	35,36	1 156,13	0	0	58 907,19	4 962,93	53 944,26
2+590,000	27,7	315,28	0	0	59 222,47	4 962,93	54 259,54
2+600,000	27,79	271,14	0	0	59 493,61	4 962,93	54 530,68
2+610,000	31,8	285,83	0	0	59 779,44	4 962,93	54 816,51
2+620,000	22,82	262,44	0	0	60 041,88	4 962,93	55 078,95
2+630,000	16,59	189,91	0	0	60 231,78	4 962,93	55 268,85
2+640,000	17,13	162,54	0	0	60 394,33	4 962,93	55 431,4
2+650,000	16,82	163,99	0	0	60 558,32	4 962,93	55 595,39
2+660,000	18,02	168,54	0	0	60 726,86	4 962,93	55 763,93
2+670,000	15,79	163,86	0	0	60 890,73	4 962,93	55 927,8
2+680,000	17,24	161,67	0	0	61 052,39	4 962,93	56 089,46
2+690,000	15,85	164,4	0	0	61 216,8	4 962,93	56 253,87
2+700,000	12,71	142,8	0	0	61 359,6	4 962,93	56 396,67
2+720,000	6,56	192,7	0,05	0,55	61 552,3	4 963,48	56 588,82
2+730,000	4,74	56,53	0,14	0,96	61 608,83	4 964,43	56 644,4
2+740,000	3,98	43,19	0,9	5,33	61 652,02	4 969,76	56 682,26
2+750,000	2,72	32,55	2,56	18,32	61 684,57	4 988,08	56 696,49
2+760,000	2,02	22,69	2,72	28,4	61 707,26	5 016,49	56 690,77
2+770,000	2,49	21,42	0,96	19,83	61 728,68	5 036,31	56 692,36
2+780,000	7,52	47,27	0,34	6,95	61 775,95	5 043,26	56 732,69
2+790,000	13,54	102,4	0,29	3,24	61 878,35	5 046,5	56 831,85
2+800,000	17,68	155,24	0	1,45	62 033,59	5 047,95	56 985,63
2+810,000	20,97	194,19	0	0	62 227,78	5 047,95	57 179,82
2+820,000	26,41	239,81	0	0	62 467,59	5 047,95	57 419,63
2+830,000	31,84	295,76	0	0	62 763,34	5 047,95	57 715,39
2+840,000	29,48	311,61	0	0	63 074,95	5 047,95	58 027
2+850,000	28,32	292,22	0	0	63 367,17	5 047,95	58 319,22
2+860,000	24,88	270,98	0	0	63 638,15	5 047,95	58 590,19
2+870,000	21,63	237,76	0	0	63 875,91	5 047,95	58 827,95
2+880,000	18,05	201,02	0	0	64 076,93	5 047,95	59 028,97

Continuación de apéndice 7.

2+900,000	17,93	359,21	0	0	64 436,14	5 047,95	59 388,19
2+910,000	15,25	164,63	0	0	64 600,78	5 047,95	59 552,82
2+920,000	17,99	168,18	0	0	64 768,96	5 047,95	59 721
2+930,000	20,06	189,82	0	0	64 958,78	5 047,95	59 910,82
2+940,000	16,56	179,35	0	0	65 138,13	5 047,95	60 090,17
2+950,000	13,14	146,6	0	0	65 284,73	5 047,95	60 236,78
2+960,000	10,24	116,89	0	0	65 401,63	5 047,95	60 353,67
2+980,000	5,66	159,04	0,48	4,75	65 560,66	5 052,71	60 507,96
2+990,000	10,47	80,47	0,21	3,43	65 641,13	5 056,14	60 584,99
3+000,000	7,83	89,92	5,68	31	65 731,05	5 087,14	60 643,91
3+010,000	1,8	45,45	33,45	229,52	6 5776,5	5 316,65	60 459,85
3+020,000	1,33	14,06	27,4	379,9	65 790,57	5 696,56	60 094,01
3+030,000	4,89	28,18	4,61	188,25	65 818,75	5 884,81	59 933,94
3+040,000	27,19	156,85	0	23,85	6 5975,6	5 908,66	60 066,94
3+060,000	63,43	903,94	0	0	66 879,54	5 908,66	60 970,88
3+070,000	103,73	853,64	0	0	67 733,17	5 908,66	61 824,52
3+080,000	163,71	1 385,28	0	0	69 118,45	5 908,66	63 209,79
3+090,000	167,77	1 728,52	0	0	70 846,97	5 908,66	64 938,31
3+100,000	131,5	1 577,37	0	0	72 424,34	5 908,66	66 515,69
3+110,000	70,77	1 045,29	0	0	73 469,63	5 908,66	67 560,98
3+120,000	37,06	540,42	0	0	74 010,05	5 908,66	68 101,4
3+130,000	0	186,08	17,02	80,69	74 196,13	5 989,34	68 206,79
3+140,000	12,79	67,58	2,71	94,08	74 263,71	6 083,42	68 180,29
3+150,000	29,16	214,12	0	12,78	74 477,83	6 096,2	68 381,62
3+160,000	42,96	360,61	0	0	74 838,43	6 096,2	68 742,23

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Precios unitarios de carretera entre San Mateo Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas

REGLÓN: PLANOS FINALES DE CONSULTORÍA

CANTIDAD 8 UNIDADES

CANTIDAD	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
8,00	Material	Q2 500,00	Q20 000,00
SUB-TOTAL		Q2 500,00	Q20 000,00

PRODUCCIÓN=UNIDAD/HORA 0,25 UNIDADES

CANTIDAD	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO PRESTACIONES POR DÍA
1,00	Encargado	Q118,00	Q118,00	1,72	Q202,96
1,00	Dibujante calculista	Q160,20	Q160,20	1,72	Q275,54
1,00	Ayudantes	Q70,80	Q70,80	1,72	Q121,78
3,00	SUB TOTAL		Q349,00		Q600,28

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN / PRODUCCIÓN	32
MANO DE OBRA * NO. DE HORAS / 8	Q2 401,12

RESUMEN	
MATERIALES	Q20 000,00
MANO DE OBRA	Q2 401,12
COSTO DIRECTO	Q22 401,12
COSTO IND.	Q10 080,50
COSTO TOTAL	Q32 481,62
COSTO UNITARIO	Q4 060,20

REGLÓN: LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE

ÁREA = 80 Ha

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Tractor D-6	Q301,49	Q301,49	Q488,95	Q32,73	Q4,91	Q150,75
2,00	Camiones de volteo	Q83,45	Q166,90	Q244,47	Q25,13	Q3,77	Q83,45
1,00	Cargador 930	Q206,86	Q206,86	Q285,22	Q23,80	Q3,57	Q103,43
SUB-TOTAL			Q675,25	Q1 018,64	Q81,66	Q12,25	Q337,63

PRODUCCIÓN = M3/HORA 0,5

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Operador de tractor	Q110,00	Q110,00	1,72	Q189,20
1,00	Operador de cargador	Q95,00	Q95,00	1,72	Q163,40
2,00	Chofers de camión	Q85,00	Q170,00	1,72	Q292,40
2,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q100,00	1,72	Q172,00
8,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q376,00	1,72	Q646,72
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
SUB-TOTAL			Q1 048,00	1,72	Q1 802,56

Continuación de apéndice 8.

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	160
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * NÚM. HORAS	Q108 040,00
MANT, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * NUM. HORAS	Q69 045,44
MANO DE OBRA * NÚM. HORAS / 8 HORA EXTRA	Q36 051,20

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q108 040,00
MAN, COM, LUB	Q69 045,44
MANO OBRA	Q36 051,20
COSTO DIRECTO	Q213 136,64
COSTO INDIRECTO	Q95 911,49
COSTO TOTAL	Q309 048,13
COSTO UNITARIO	Q3 863,10

RENGLÓN: EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA

VOLUMEN = 74 838,00 M3

CAN T.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANT./HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Tractor D-8	Q413,07	Q413,07	Q488,95	Q488,95	Q73,34	Q206,54
1,00	Rodillo pata de cabra	Q341,02	Q341,02	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q170,51
1,00	Mototrailla	Q323,80	Q323,80	Q468,57	Q468,57	Q70,29	Q161,90
1,00	Patrol 140G	Q290,27	Q290,27	Q224,10	Q224,10	Q33,62	Q145,14
3,00	Regadora (2 000 gls)	Q65,62	Q196,86	Q162,98	Q488,95	Q73,34	Q98,43
3,00	Bomba 4"	Q11,69	Q35,07	Q50,93	Q152,80	Q22,92	Q17,54
1,00	Compact. Neum. (25 Ton)	Q146,69	Q146,69	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q73,35
1,00	Vibro compactadora	Q182,74	Q182,74	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q91,37
	SUB-TOTAL		Q1 929,52	Q2 006,72	Q2 434,55	Q365,18	Q964,76

PRODUCCIÓN = 200 M3/HORA

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Operador de tractor	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Operador de patrol	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Operador de mototrailla	Q120,00	Q120,00	1,72	Q206,40
2,00	Operadores de compactadora	Q90,00	Q180,00	1,72	Q309,60
1,00	Ayudante de operador	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
3,00	Choferes de regadora	Q85,00	Q255,00	1,72	Q438,60
1,00	Operador de bomba	Q59,00	Q59,00	1,72	Q101,48
6,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q300,00	1,72	Q516,00
10,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q470,00	1,72	Q808,40
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q1 891,00		Q3 252,52

Continuación de apéndice 8.

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	374,19
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q722 007,09
MANT, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q1 408 635,28
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8 HORA EXTRA	Q152 132,56

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q722 007,09
MAN, COM, LUB	Q1 408 635,28
MANO OBRA	Q152 132,56
COSTO DIRECTO	Q2 282 774,92
COSTO INDIRECTO	Q1 027 248,72
COSTO TOTAL	Q3 310 023,64
COSTO UNITARIO	Q44,23

REGLÓN: EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO

VOLUMEN = 68 742,00 M3

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA	
					COMB.	LUB.
1,00	Tractor D-8	Q413,07	Q413,07	Q488,95	Q488,95	Q73,34
1,00	Patrol 140G	Q290,27	Q290,27	Q224,10	Q224,10	Q33,62
1,00	Cargador 944	Q199,62	Q199,62	Q285,22	Q285,22	Q42,78
1,00	Camiones de volteo 10 m3	Q83,45	Q83,45	Q244,47	Q244,47	Q36,67
	SUB-TOTAL		Q986,41	Q1 242,74	Q1 242,74	Q186,41

PRODUCCIÓN = M3/HORA 120,00

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Operador de patrol	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Operador de tractor D8	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Operador de cargador	Q95,00	Q95,00	1,72	Q163,40
5,00	Choferes de camión	Q90,00	Q450,00	1,72	Q774,00
1,00	Ayudantes de operador	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
2,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q100,00	1,72	Q172,00
8,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q376,00	1,72	Q646,72
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q1 528,00		Q2 628,16

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	572,85
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q565 064,97
MANT, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q1 101 222,16
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q188 192,68

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q565 064,97
MAN, COM, LUB	Q1 101 222,16
MANO OBRA	Q188 192,68
COSTO DIRECTO	Q1 854 479,81
COSTO INDIRECTO	Q834 515,92
COSTO TOTAL	Q2 688 995,73
COSTO UNITARIO	Q39,12

Continuación de apéndice 8.

RENLÓN: EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE PRÉSTAMO

VOLUMEN 6 096,20 M3

LIMPIA DE BANCO DE MATERIALES

CANT.	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
0,10	Hectárea de Banco	Q19 042,44	Q1 904,24
6 096	Adquisición	Q5,00	Q30 481,00
	SUB-TOTAL	Q19 047,44	Q32 385,24

CORTE Y COMPACTACION

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Tractor D8	Q413,07	Q413,07	Q488,95	Q488,95	Q73,34	Q206,54
1,00	Rodillo pata de cabra	Q341,02	Q341,02	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q170,51
1,00	Camión de volteo	Q83,45	Q83,45	Q244,47	Q244,47	Q36,67	Q41,73
1,00	Patrol 140 G	Q290,27	Q290,27	Q224,10	Q224,10	Q33,62	Q145,14
1,00	Regadora (2 000 g/s)	Q65,62	Q65,62	Q162,98	Q162,98	Q24,45	Q32,81
1,00	Bomba 4"	Q11,69	Q11,69	Q50,93	Q50,93	Q7,64	Q5,85
1,00	Compact. Neum. (25 Ton.)	Q146,69	Q146,69	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q73,35
1,00	Vibrocompactadora	Q182,74	Q182,74	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q91,37
	SUB-TOTAL		Q1 534,55	Q1 782,62	Q1 782,62	Q267,39	Q767,28

PRODUCCIÓN=M3/HORA 100,00

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Operador de tractor	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Operadores de Patrol	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
1,00	Chóferes de camión	Q90,00	Q90,00	1,72	Q154,80
2,00	Operadores de compactadora	Q95,00	Q190,00	1,72	Q326,80
1,00	Ayudante de operador	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
2,00	Chóferes de regadora	Q85,00	Q170,00	1,72	Q292,40
1,00	Operador de bomba	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
6,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q300,00	1,72	Q516,00
8,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q376,00	1,72	Q646,72
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q1 683,00		Q2 894,76

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	60,96
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q93 549,24
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q171 747,51
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q22 058,79

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q93 549,24
MAN, COM, LUB	Q171 747,51
MANO OBRA	Q22 058,79
MATERIAL	Q32 385,24

COSTO DIRECTO	Q319 740,79
COSTO INDIRECTO	Q143 883,35
COSTO TOTAL	Q463 624,14
COSTO UNITARIO	Q76,05

Continuación de apéndice 8.

REGLÓN: EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA CAJAS Y CABEZALES

VOLUMEN = 600,00 M3

CANT	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Retroexcavadora 416	Q139,23	Q139,23	Q183,36	Q183,36	Q27,50	Q69,62
SUB-TOTAL			Q139,23	Q183,36	Q183,36	Q27,50	Q69,62

PRODUCCIÓN = M3/HORA 700,00

CANT	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Operador de retroexcavadora	Q110,00	Q110,00	1,72	Q189,20
10,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q470,00	1,72	Q808,40
SUB-TOTAL			Q580,00		Q997,60

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	0,86
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q119,34
MANT, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q240,41
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q106,89

RESTITUCIÓN DE MATERIAL

VOLUMEN comp = VOLUMEN * 65% 390,00

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
4,00	Vibrocompactadoras manuales	Q5,39	Q21,56	Q40,75	Q162,98	Q24,45	Q10,78
0,50	Regadora de agua (2 000 gls)	Q65,62	Q32,81	Q162,98	Q81,49	Q12,22	Q16,41
SUB-TOTAL			Q54,37	Q203,73	Q244,47	Q36,67	Q27,19

PRODUCCIÓN = M3/HORA 4,00

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado de grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
4,00	Operadores de vibrocomp. manual	Q85,00	Q340,00	1,72	Q584,80
0,50	Chofer de regadora	Q85,00	Q42,50	1,72	Q73,10
4,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q188,00	1,72	Q323,36
SUB-TOTAL			Q695,50		Q1 196,26

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	97,50
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q5 301,08
MANT, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q30 062,14
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q14 579,42

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q5 420,42
MAN, COM, LUB	Q30 302,55
MANO OBRA	Q14 686,30
COSTO DIRECTO	Q50 409,27
COSTO INDIRECTO	Q22 684,17
COSTO TOTAL	Q73 093,43
COSTO UNITARIO	Q121,82

Continuación de apéndice 8.

RENGLÓN: ALCANTARILLA DE METAL CORRUGADO DIÁMETRO 30"

MATERIALES	200,00	ML
------------	--------	----

CANT.	EQUIPO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
200,00	Tubos	Q912,00	Q182 400,00
	SUB-TOTAL		Q182 400,00

TRANSPORTE AL PROYECTO

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEP./HORA	COSTO COMBUSTIBLES UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO DE MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Cabezal (35Ton) plataforma	Q99,33	Q99,33	Q285,22	Q285,22	Q42,78	Q49,67
	SUB-TOTAL		Q99,33	Q285,22	Q285,22	Q42,78	Q49,67

PRODUCCIÓN= 10,00 TUBOS/HORA

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE/DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Chofer de cabezal	Q110,00	Q110,00	1,72	Q189,20
2,00	Ayudantes	Q47,00	Q94,00	1,72	Q161,68
	SUB-TOTAL		Q204,00		Q350,88

TIEMPO DE EJECUCIÓN = CANTIDAD/PRODUCCIÓN	20,00
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q1 986,60
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q7 553,34
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q877,20

PRODUCCIÓN= 10,00 TUBOS/HORA

COLOCACIÓN

CANT	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE/DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Albañiles "A"	Q90,00	Q90,00	1,72	Q154,80
1,00	Albañiles "A"	Q85,00	Q85,00	1,72	Q146,20
4,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q188,00	1,72	Q323,36
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q560,00		Q963,20

PRODUCCIÓN= ML/HORA 1,00

TRANSPORTE EN EL PROYECTO

CANT	EQUIPO	DEP. UNITARIA	DEPRECIACIÓN/HORA	COSTO COMBUSTIBLES UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO DE MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
0,50	Camión grúa	Q47,93	Q23,97	Q122,24	Q61,12	Q9,17	Q11,98
0,50	Camión de volteo	Q55,71	Q27,86	Q244,47	Q122,24	Q18,34	Q13,93
	SUB-TOTAL		Q51,82	Q366,71	Q183,36	Q27,50	Q25,91

Continuación de apéndice 8.

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE/DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Chofer de camión	Q85,00	Q85,00	1,72	Q146,20
2,00	Ayudantes	Q50,00	Q100,00	1,72	Q172,00
	SUB-TOTAL		Q185,00		Q318,20

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	200,00
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * NUMERO DE HORAS	Q10 364,00
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. DE HORAS	Q47 353,70
MANO DE OBRA * No. DE HORAS / 8	Q7 955,00

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q12 350,60
MAN, COM, LUB	Q54 907,04
MANO OBRA	Q8 832,20
MATERIALES	Q182 400,00
COSTO DIRECTO	Q258 489,84
COSTO INDIRECTO	Q116 320,43
COSTO TOTAL	Q374 810,26
COSTO UNITARIO	Q1 874,05

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
1,00	Operador de mezcladora	Q85,00	Q85,00	1,72	Q146,20
1,00	Ayudante de operador de mez.	Q70,00	Q70,00	1,72	Q120,40
1,00	Operador de bomba	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
5,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q235,00	1,72	Q404,20
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q637,00		Q1 095,64

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	107,50
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q4 546,18
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q18 643,71
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q14 722,66

TRANSPORTE MATERIAL DIST. DE ACARREO =

Q12,00

CANT.	CONCEPTO	VOL. SUELTO C/DESPERDICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 377	M3 de material a 12 km	Q5 576,85	Q3,00	Q16 730,55
	SUB-TOTAL	Q5 576,85	Q3,00	Q16 730,55

Continuación de apéndice 8.

EJECUCIÓN

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Vibradores de concreto	Q5,39	Q5,39	Q40,75	Q43,00	Q6,45	Q2,70
	SUB-TOTAL		Q5,39	Q40,75	Q43,00	Q6,45	Q2,70

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado general	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
8,00	Operadores de Patrol	Q130,00	Q1 040,00	1,72	Q1 788,80
8,00	Operadores de compactadora	Q95,00	Q760,00	1,72	Q1 307,20
8,00	Choferes de regadora	Q85,00	Q680,00	1,72	Q1 169,60
2,00	Operador de bomba	Q50,00	Q100,00	1,72	Q172,00
6,00	Ayudantes de maquinaria	Q50,00	Q300,00	1,72	Q516,00
3,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q141,00	1,72	Q242,52
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q3 218,00		Q5 534,96

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	107,50
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * NUMERO DE HORAS	Q579,43
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. DE HORAS	Q5 605,59
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q74 376,03

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q5 125,60
MAN, COM, LUB	Q24 249,30
MANO DE OBRA	Q89 098,69
MATERIAL	Q96 240,80
COSTO DIRECTO	Q214 714,39
COSTO INDIRECTO	Q96 621,47
COSTO TOTAL	Q311 335,86
COSTO UNITARIO	Q1 448,07

REGLÓN: CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO SIMPLE (2 000 PSI)

CANT.	EQUIPO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
175,00	Piedrín	Q159,30	Q27 877,50
1 750,00	Sacos de cemento	Q63,72	Q111 510,00
87,50	Arena	Q88,50	Q7 743,75
	SUB-TOTAL	Q311,52	Q147 131,25

PRODUCCIÓN = M2/HORA 7,00

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado	Q118,00	Q118,00	1,72	Q202,96
10,00	Albañiles "A"	Q82,60	Q826,00	1,72	Q1 420,72
10,00	Albañiles "B"	Q70,80	Q708,00	1,72	Q1 217,76
10,00	Peones ordinarios	Q41,30	Q413,00	1,72	Q710,36
	SUB-TOTAL		Q2 065,00		Q3 551,80

Continuación de apéndice 8.

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN / PRODUCCIÓN	35,71
MANO DE OBRA = No. DE HORAS * MANO DE OBRA / 8	Q15 856,25

RESUMEN GENERAL	
MANO DE OBRA	Q15 856,25
MATERIALES	Q147 131,25

COSTO DIRECTO	Q162 987,50
COSTO INDIRECTO	Q73 344,38
COSTO TOTAL	Q236 331,88
COSTO UNITARIO	Q945,33

RENGLÓN: SUBBASE COMÚN

ADQUISICION DE MATERIAL CANTIDAD 3 064,16 M3

CANT.	CONCEPTO	VOL. SUELTO C/DESPERDICIO	COSTO	COSTO TOTAL
3 064	M3 de material de subbase	4 136,62	Q7,00	Q28 956,31
	SUB-TOTAL	4 136,62	Q7,00	Q28 956,31

LIMPIA Y EXPLOTACION DE SUBBASE

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Tractor D-8	Q413,07	Q413,07	Q488,95	Q488,95	Q38,70	Q206,54
2,00	Cargadores 966	Q306,27	Q612,54	Q285,22	Q570,44	Q35,48	Q306,27
	SUB-TOTAL		Q1 025,61	Q774,17	Q1 059,39	Q74,18	Q512,81

PRODUCCIÓN= M3/HORA	100,00
---------------------	--------

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Operador de tractor	Q130,00	Q130,00	1,72	Q223,60
2,00	Operadores de cargador	Q95,00	Q190,00	1,72	Q326,80
3,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q150,00	1,72	Q258,00
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q542,00		Q932,24

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	30,64
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q31 426,33
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q50 447,28
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q3 570,67

TRANSPORTE MATERIAL DE SUBBASE

DIST. DE ACARREO = 3,00 km

CANT.	CONCEPTO	VOL. SUELTO C/DESPERDICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
4 137	M3 de material de subbase a Km.	4 136,62	Q5,00	Q20 683,08
	SUB-TOTAL	4 136,62		Q20 683,08

Continuación de apéndice 8.

COLOCACION Y COMPACTACION DE SUBBASE

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					C O M B.	LUB.	
1,00	Compactadoras C-550	Q157,02	Q157,02	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q78,51
2,00	Patroles 140G	Q290,27	Q580,54	Q224,10	Q448,20	Q67,23	Q290,27
1,00	Vibrocompactadoras RAYGO 440	Q178,58	Q178,58	Q203,73	Q203,73	Q30,56	Q89,29
1,00	Regadoras (2,000 Gal.)	Q65,62	Q65,62	Q162,98	Q162,98	Q24,45	Q32,81
1,00	Bomba de Agua 4"	Q11,69	Q11,69	Q50,93	Q50,93	Q7,64	Q5,85
1,00	Camión de estacas	Q50,55	Q50,55	Q122,24	Q122,24	Q18,34	Q25,28
	SUB-TOTAL		Q1 044,00	Q967,71	Q1 191,81	Q178,77	Q522,00

PRODUCCIÓN=M3/HORA

60,00

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado de grupo	Q125,00	Q125,00	1,72	Q215,00
2,00	Operadores de Patrol	Q130,00	Q260,00	1,72	Q447,20
1,00	Operadores de compactadora	Q95,00	Q95,00	1,72	Q163,40
2,00	Choferes de regadora	Q85,00	Q170,00	1,72	Q292,40
1,00	Operador de bomba	Q50,00	Q50,00	1,72	Q86,00
1,00	Chofer de camión	Q85,00	Q85,00	1,72	Q146,20
6,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q300,00	1,72	Q516,00
8,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q376,00	1,72	Q646,72
1,00	Guardián	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q1 533,00		Q2 636,76

Continuación de apéndice 8.

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	51,07
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * NUMERO DE HORAS	Q53 316,38
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. DE HORAS	Q96 652,81
MANO DE OBRA * No. DE HORAS /8	Q16 832,20

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q84 742,72
MAN, COM, LUB	Q147 100,08
MANO DE OBRA	Q20 402,86
MATERIAL	Q28 956,31
TRANSPORTE MATERIAL	Q20 683,08

COSTO DIRECTO	Q301 885,05
COSTO INDIRECTO	Q135 848,27
COSTO TOTAL	Q437 733,32
COSTO UNITARIO	Q142,86

REGLÓN: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

ADQUISICION DE MATERIAL	1 304,74 M3
-------------------------	-------------

MATERIALES

CANT.	CONCEPTO	VOL. SUELTO C/DESPERDICIO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 305	Material pétreo para c. hidráulico	1 369,98	Q173,89	Q238 230,78
33	Rieles de metal para fundición		Q500,00	Q16 500,00

Continuación de apéndice 8.

11 743	Sacos de cemento 4 000 psi		Q63,72	Q748 263,96
1,00	Otros		Q105 015,43	Q105 015,43
	SUB-TOTAL		Q105 753,04	Q1 108 010,17

PREPARACION DE LA
MEZCLA

CANT.	EQUIPO	DEPRECIACIÓN UNITARIA	DEPRECIACIÓN POR HORA	COSTO COMBUSTI BLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/H ORA (0.5 * DEP)
					COMB.	LUB.	
1,00	Planta de mezcla de concreto	Q698,53	Q698,53	Q488,95	Q488,95	Q73,34	Q349,27
1,00	Báscula plataforma	Q14,46	Q14,46				Q7,23
1,00	Cargadoras 966	Q200,77	Q200,77	Q285,22	Q285,22	Q42,78	Q100,39
1,00	Generador	Q123,08	Q123,08	Q285,22	Q285,22	Q42,78	Q61,54
12,00	Camiones (chompipas)	Q136,77	Q1 641,24	Q244,47	Q2 933,68	Q440,05	Q820,62
	SUB-TOTAL		Q2 678,08	Q1 303,86	Q3 993,07	Q598,96	Q1 339,04

PRODUCCIÓN = M3/HORA	25,00
-----------------------------	--------------

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado	Q450,00	Q450,00	1,72	Q774,00
1,00	Operadores de planta	Q250,00	Q250,00	1,72	Q430,00
2,00	Ayudantes de Op.	Q60,00	Q120,00	1,72	Q206,40
1,00	Operadores de cargador	Q95,00	Q95,00	1,72	Q163,40
12,00	Chofer de camión	Q95,00	Q1 140,00	1,72	Q1 960,80
1,00	Operadores de bascula	Q80,00	Q80,00	1,72	Q137,60
2,00	Peones de maquinaria	Q50,00	Q100,00	1,72	Q172,00
10,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q470,00	1,72	Q808,40
1,00	Guardianes	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q2 777,00		Q4 776,44

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	52,19
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * No. HORAS	Q139 767,92
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. HORAS	Q309 540,12

Continuación de apéndice 8.

COLOCACIÓN Y TEXTURIZADO

CANT.	EQUIPO	DEP. UNITARIA	DEP. POR HORA	COSTO COMBUSTIBLE UNITARIO	COSTO DE OPERACIÓN/HORA		COSTO MANTO/HORA (0.5 * DEP)
					COMB. (66.6%)	LUB.	
1,00	Pavimentadora deslizante	Q513,29	Q513,29	Q290,25	Q193,50	Q29,03	Q256,65
1,00	Precolocadora	Q301,49	Q301,49	Q164,25	Q109,50	Q16,43	Q150,75
1,00	Talladora (flotchanel)	Q182,74	Q182,74	Q137,60	Q91,73	Q12,90	Q91,37
1,00	Cortadora (Bontcooper)	Q178,00	Q178,00	Q171,20	Q114,13	Q16,05	Q89,00
1,00	Texturizadora	Q83,45	Q83,45	Q133,50	Q89,00	Q13,35	Q41,73
	SUB-TOTAL		Q1 258,97	Q896,80	Q597,87	Q87,75	Q629,49

PRODUCCIÓN = M3/HORA	25,00
----------------------	--------------

CANT.	PERSONAL	SALARIO UNITARIO	SALARIO BASE POR DÍA	FACTOR DE PRESTACIONES	SALARIO TOTAL POR DÍA
1,00	Encargado general	Q250,00	Q250,00	1,72	Q430,00
1,00	Operador de pavimentadora	Q180,00	Q180,00	1,72	Q309,60
2,00	Operador de precolocadora	Q125,00	Q250,00	1,72	Q430,00
2,00	Operador de talladora	Q110,00	Q220,00	1,72	Q378,40
2,00	Operador de texturizadora	Q95,00	Q190,00	1,72	Q326,80
4,00	Ayudantes	Q50,00	Q200,00	1,72	Q344,00
8,00	Peones ordinarios	Q47,00	Q376,00	1,72	Q646,72
1,00	Guardianes	Q72,00	Q72,00	1,72	Q123,84
	SUB-TOTAL		Q1 738,00		Q2 989,36

TIEMPO DE EJECUCIÓN = VOLUMEN/PRODUCCIÓN	52,19
DEPRECIACIÓN = DEPRECIACIÓN * NUMERO DE HORAS	Q65 705,14
MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES * No. DE HORAS	Q68 634,63
MANO DE OBRA * No. HORAS / 8	Q19 501,69

RESUMEN GENERAL	
DEPRECIACIÓN	Q205 473,06
MAN, COM, LUB	Q378 174,75
MANO DE OBRA	Q50 661,75
MATERIAL	Q1 108 010,17
COSTO DIRECTO	Q1 742 319,74
COSTO INDIRECTO	Q784 043,88
COSTO TOTAL	Q2 526 363,62
COSTO UNITARIO	Q1 936,30

Continuación de apéndice 8.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PRELIMINARES Y DERECHO DE VÍA				
PLANOS FINALES DE CONSULTORÍA	8,00	UNIDAD	Q4 060,20	Q32 481,62
ADQUISICIÓN DE TERRENOS	7 000,00	M2	Q80,00	Q560 000,00
MOVIMIENTO DE TIERRA				
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	80,00	Ha	Q3 863,10	Q309 048,13
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	74 838,00	M3	Q44,23	Q3 310 023,64
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE DESPERDICIO	68 742,00	M3	Q39,12	Q2 688 995,73
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE MATERIAL DE PRÉSTAMO	6 096,20	M3	Q76,05	Q463 624,14
EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA CAJAS Y CABEZALES	600,00	M3	Q121,82	Q73 093,43
DRENAJES Y SUBDRENAJES				
ALCANTARILLA DE METAL CORRUGADO DIÁMETRO 30"	200,00	ML	Q1 874,05	Q374 810,26
CAJAS Y CABEZALES DE CONCRETO CICLÓPEO	215,00	M3	Q1 448,07	Q311 335,86
CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO SIMPLE (2 000 PSI)	250,00	M2	Q945,33	Q236 331,88
CAPA DE SUBBASE				
SUBBASE COMÚN	3 064,16	M3	Q142,86	Q437 733,32
CAPA DE SUPERFICIE PARA PAVIMENTO				
PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	1 304,74	M3	Q1 936,30	Q2 526 363,62
			TOTAL	Q11 323 841,63

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Planos de carretera entre San Mateo Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas**

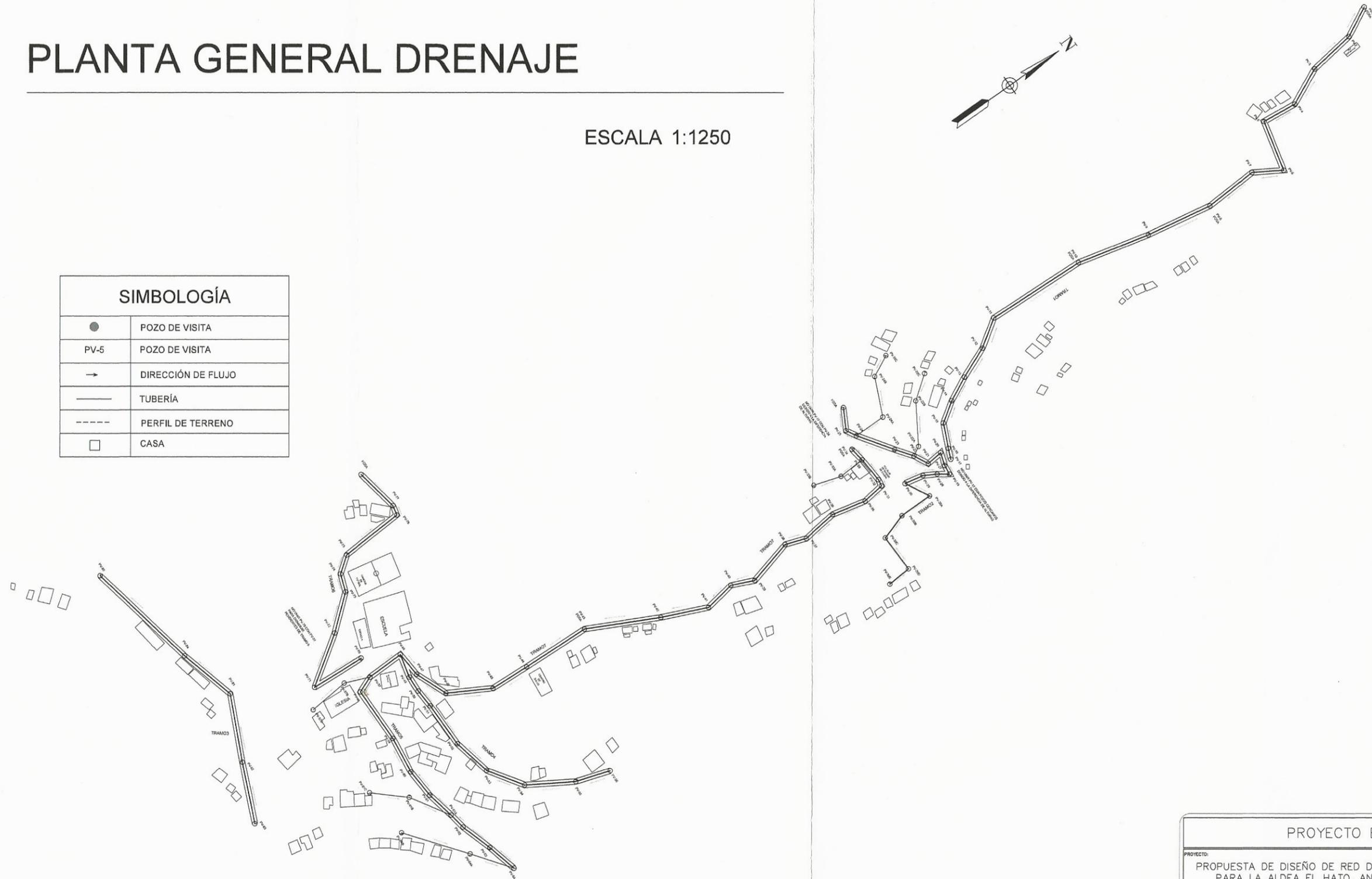
1. Planta general de EST. 0+000 a EST. 3+163.00
2. Sección típica y drenajes
3. Planta-perfil de EST. 0+000 a EST. 0+800.00
4. Planta-perfil de EST. 0+800 a EST. 1+600.00
5. Planta-perfil de EST. 1+600 a EST. 2+400.00
6. Planta-perfil de EST. 2+400 a EST. 3+163.00
7. Secciones
8. Secciones
9. Secciones
10. Secciones

Fuente: elaboración propia.

PLANTA GENERAL DRENAJE

ESCALA 1:1250

SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-5	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
□	CASA

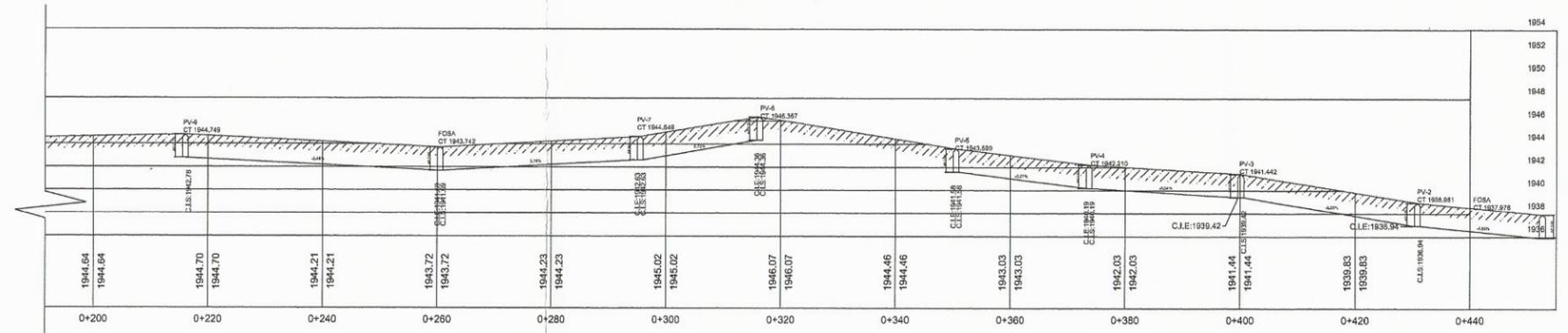
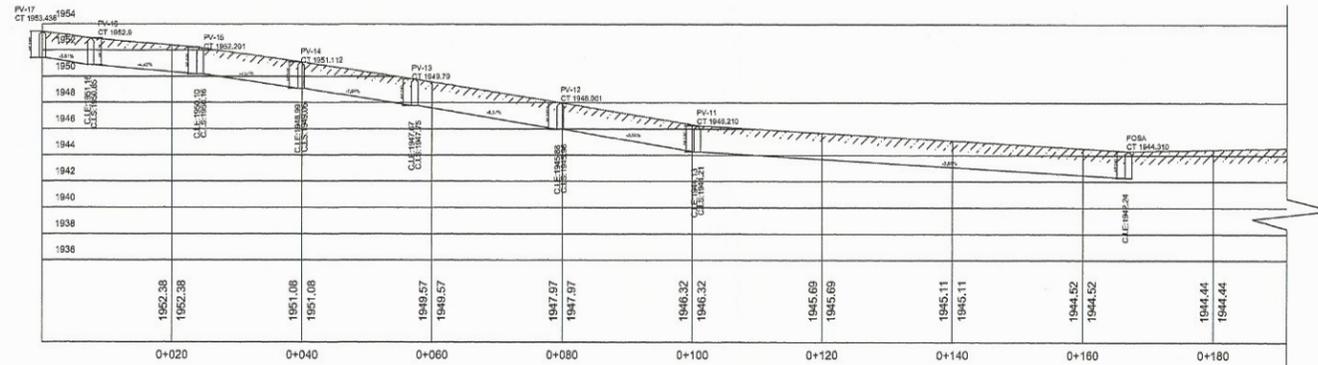


PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: PLANTA GENERAL			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
 V. G. B.			FECHA: AGO/2015 ESCALA: INDICADA HOJA No. 1 9

PERFIL DRENAJE

PV 17 - PV 1

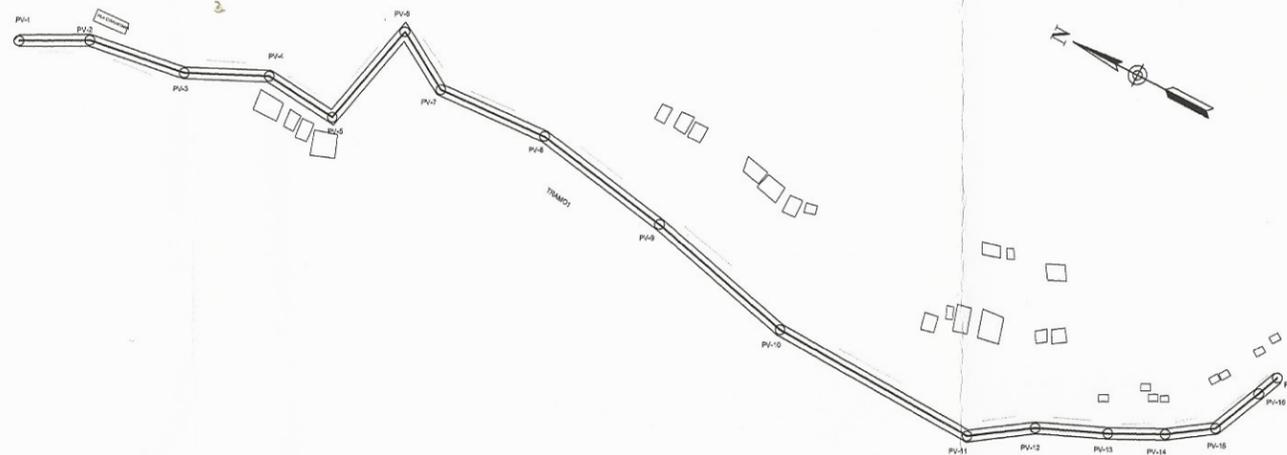
ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/100



PLANTA DRENAJE

PV 17 - PV 1

ESCALA 1/100



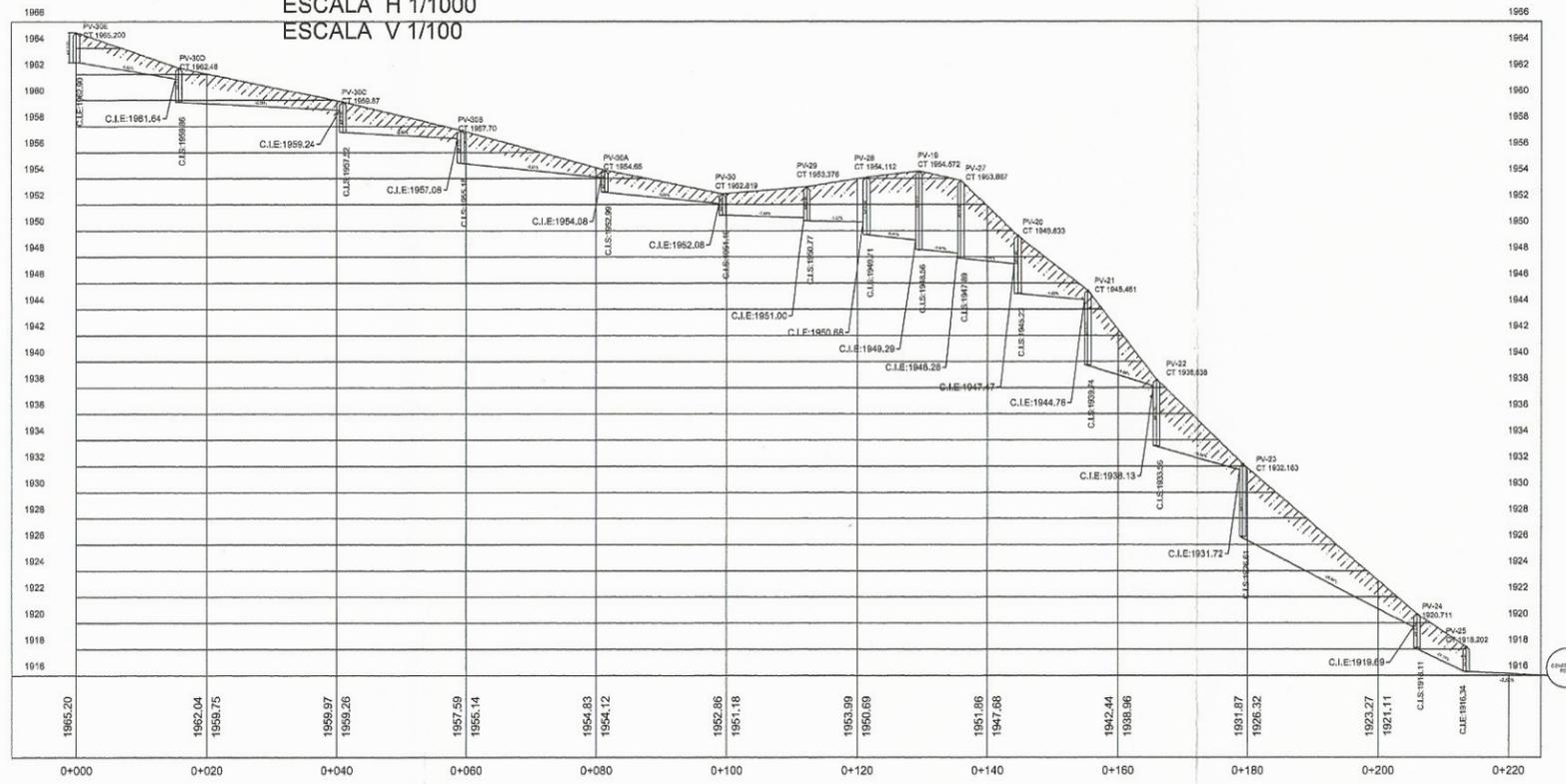
SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
↓	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
— A —	SECCIÓN DE CORTE

PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 1: PV-17 AL PV-1			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA: AGO/2015
		ESCALA: INDICADA	HOJA No. 2 9

PERFIL DRENAJE

PV 30E - PV 25

ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/100

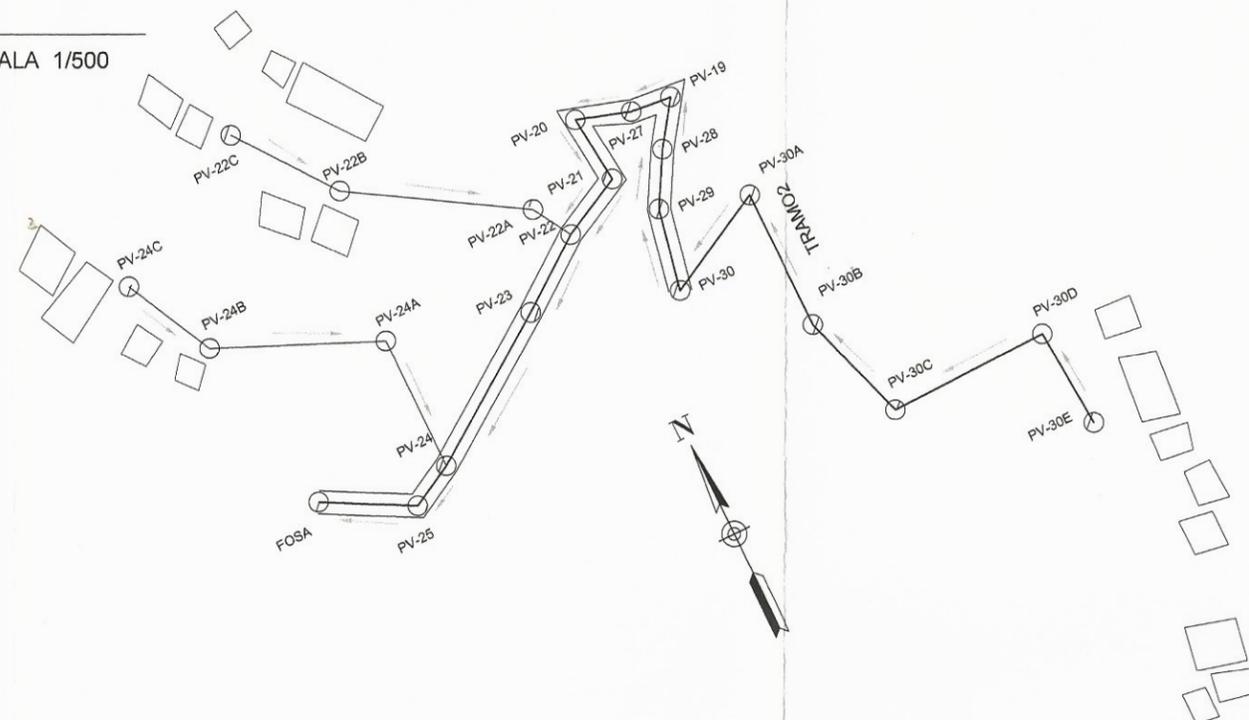


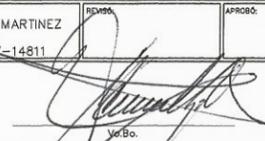
SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
⊕	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
A	SECCIÓN DE CORTE

PLANTA DRENAJE

PV 30E - PV 25

ESCALA 1/500

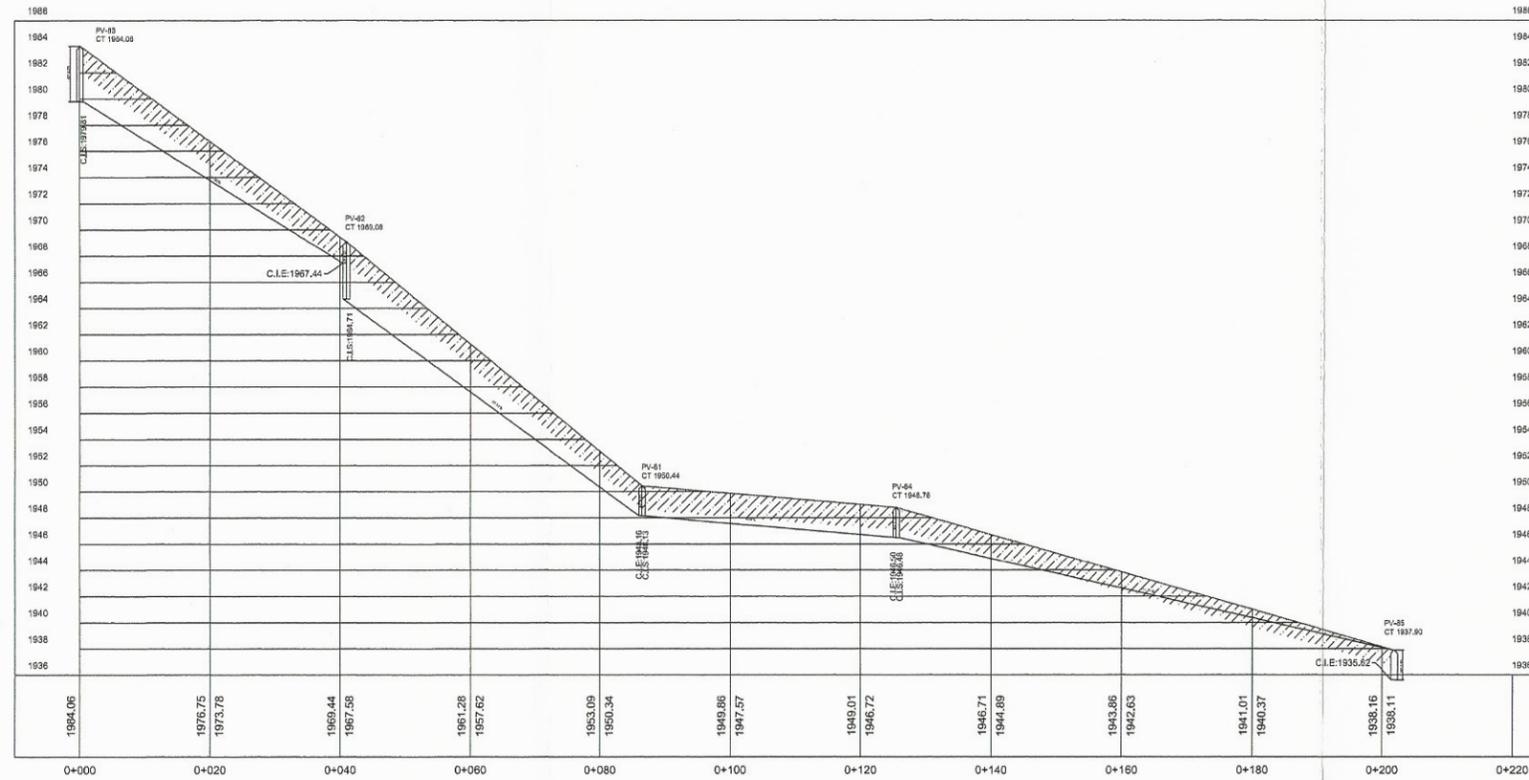


PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 2: PV-30E AL PV-25			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
 Ver.Bo.		FECHA: AGO/2015	HOJA No. 3
		ESCALA: INDICADA	9

PERFIL DRENAJE

PV 83 - PV 85

ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/100

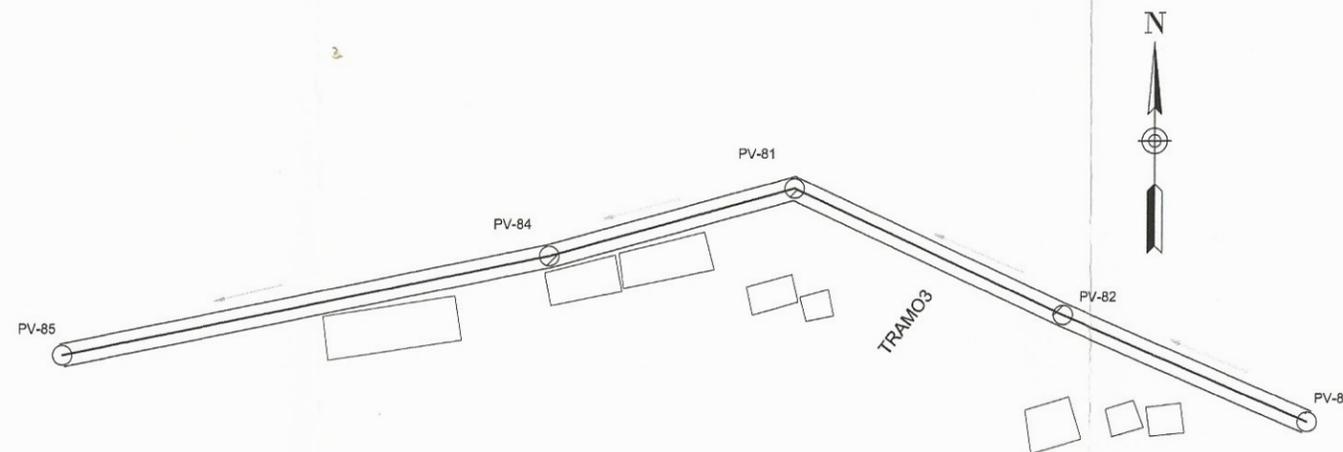


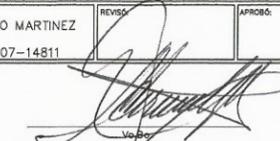
SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
⊕	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
A-A	SECCIÓN DE CORTE

PLANTA DRENAJE

PV 30E - PV 25

ESCALA 1/500

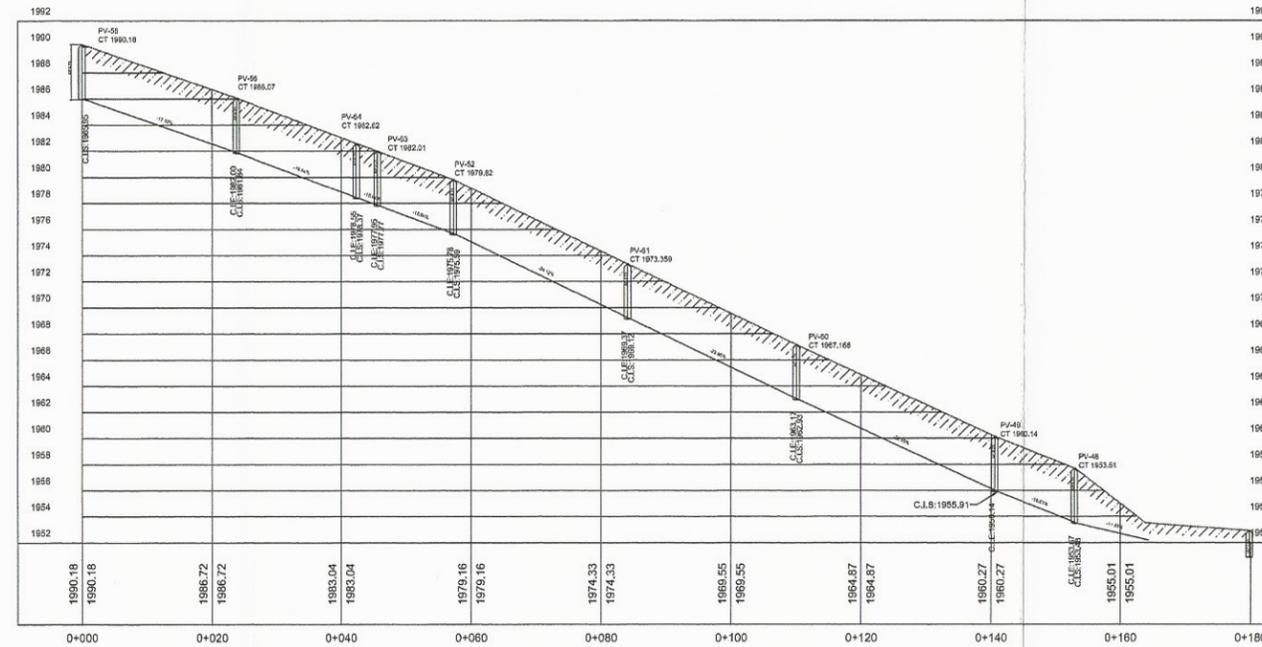


PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 3: PV-83 AL PV-85			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
 Vo. Bo.		FECHA: AGO/2015	HOJA No. 4
		ESCALA: INDICADA	9

PERFIL DRENAJE

PV 56 - PV 48

ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/500

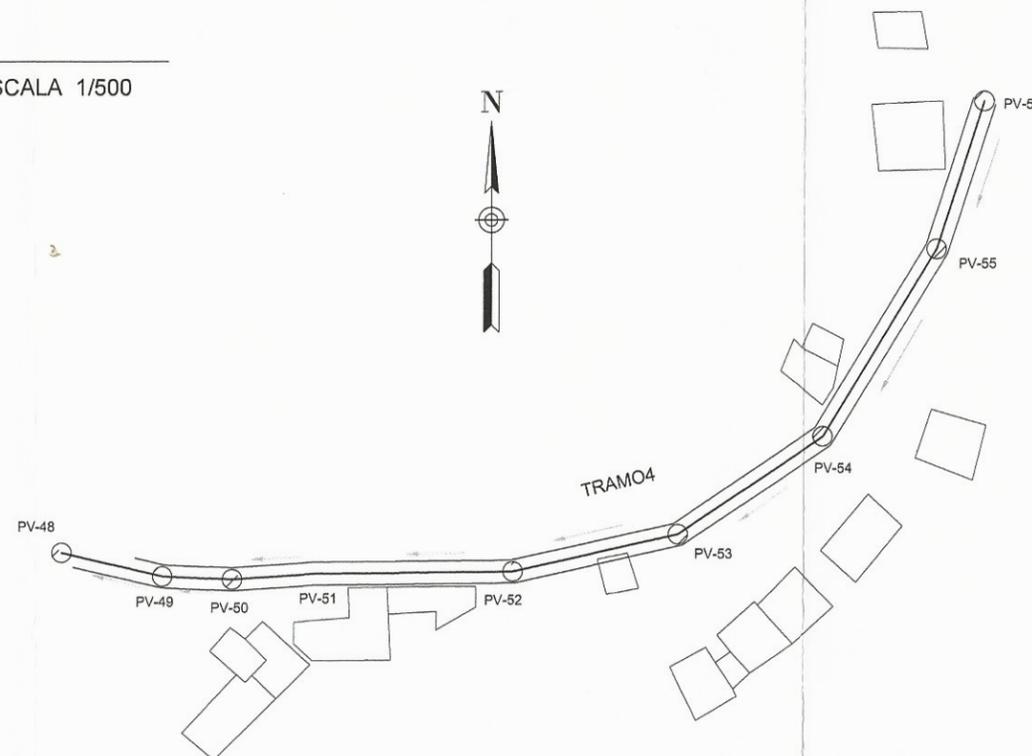


SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
⊥	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
↑	SECCIÓN DE CORTE

PLANTA DRENAJE

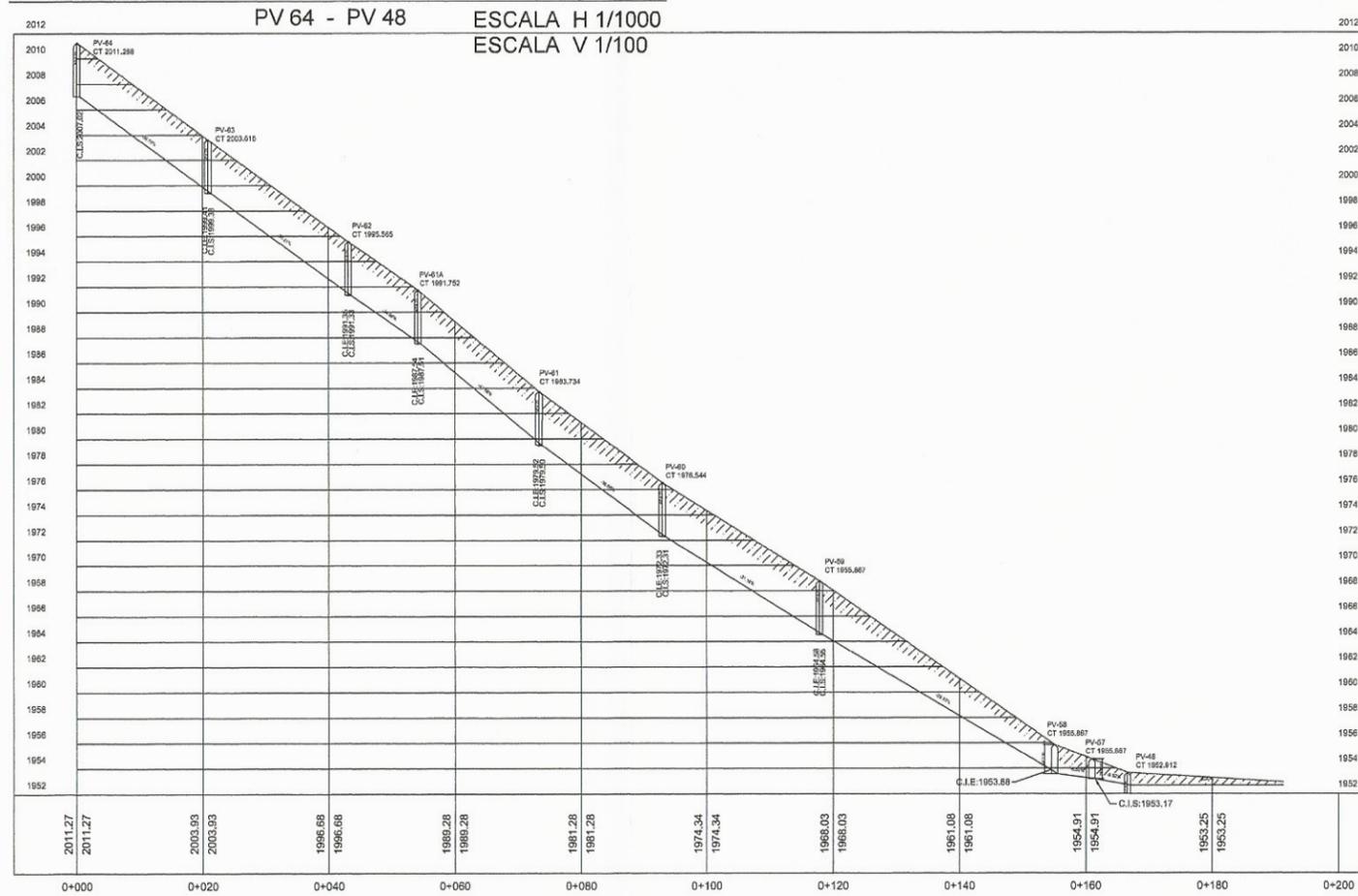
PV 30E - PV 25

ESCALA 1/500



PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 4: PV-56 AL PV-48			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
		FECHA: AGO/2015	HOJA No. 5
		ESCALA: INDICADA	9

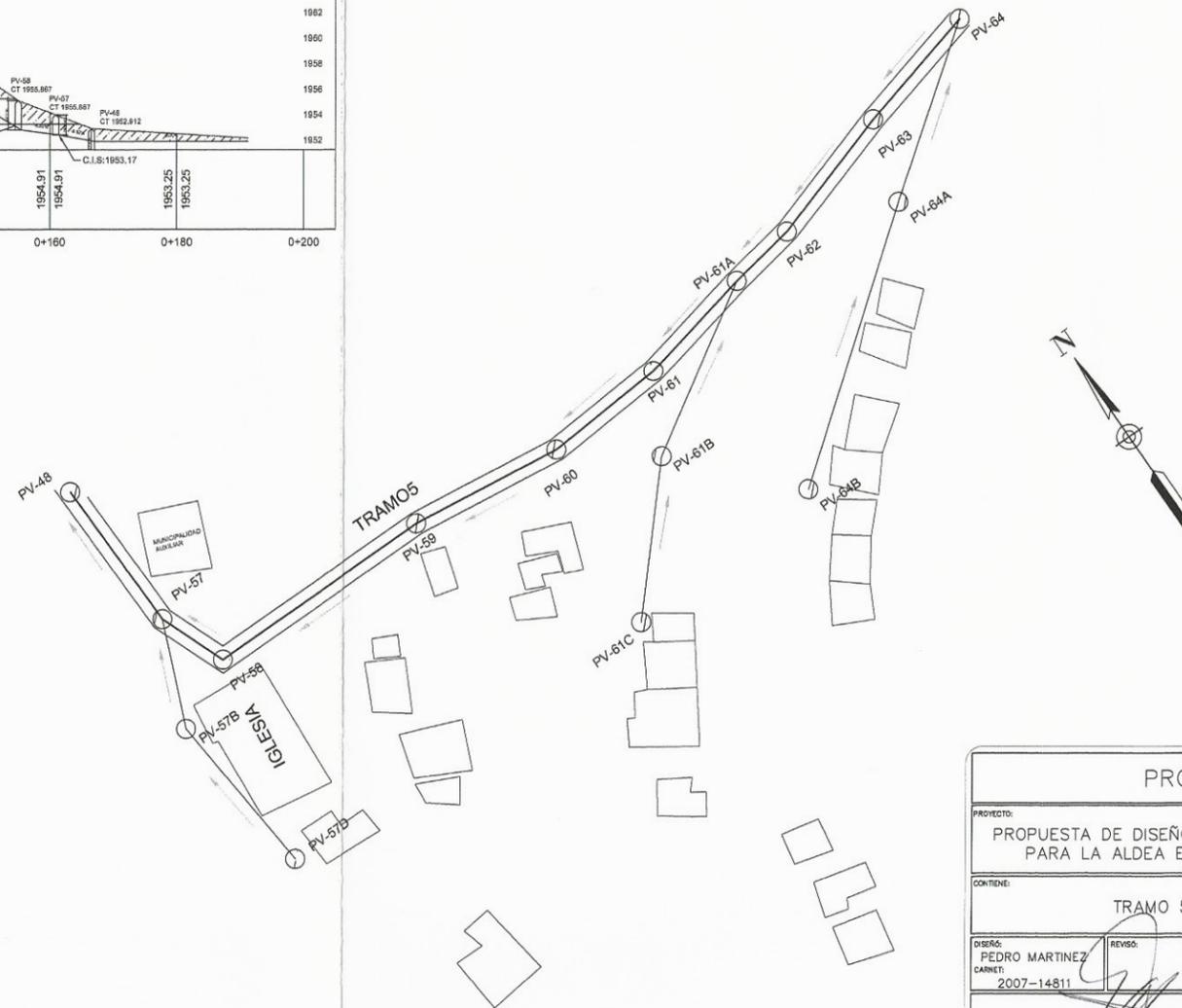
PERFIL DRENAJE



SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
⊥	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
↑	SECCIÓN DE CORTE

PLANTA DRENAJE

PV 64 - PV 48 ESCALA 1/500

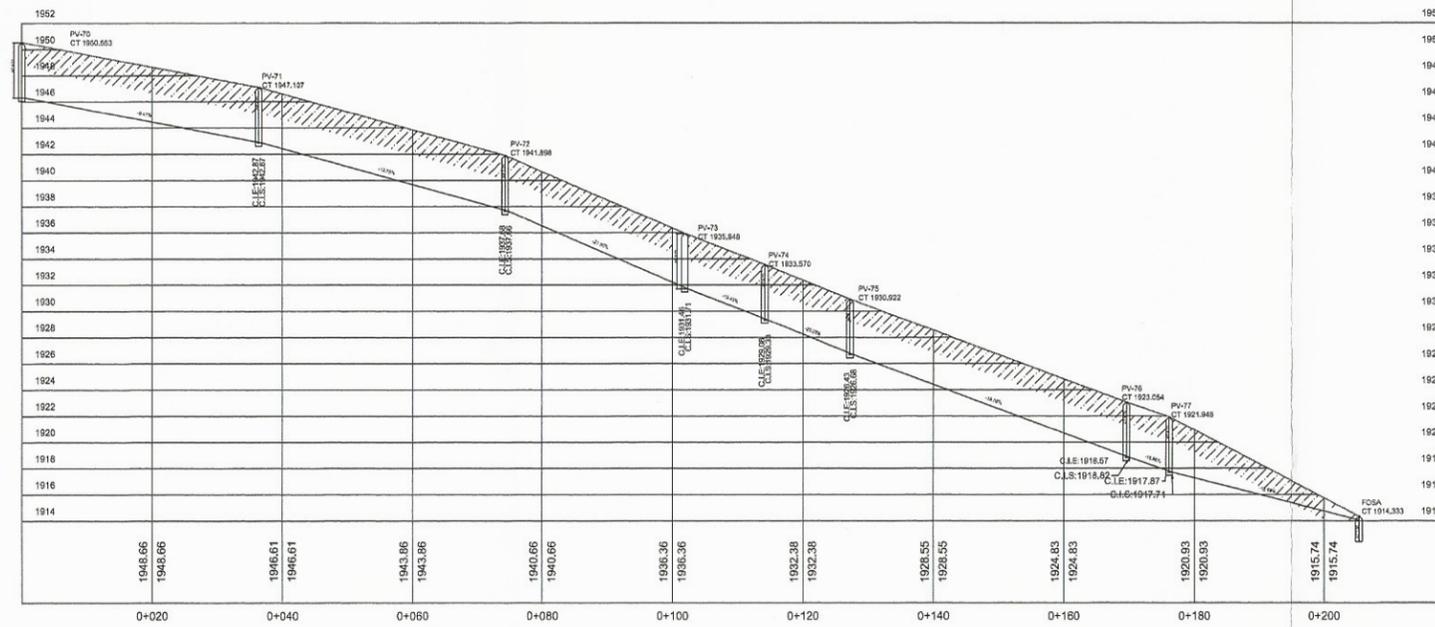


PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 5: PV-64 AL PV-57			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
FECHA: AGO/2015		HOJA No. 6	
ESCALA: INDICADA		9	

PERFIL DRENAJE

PV 70 - PV 77

ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/100

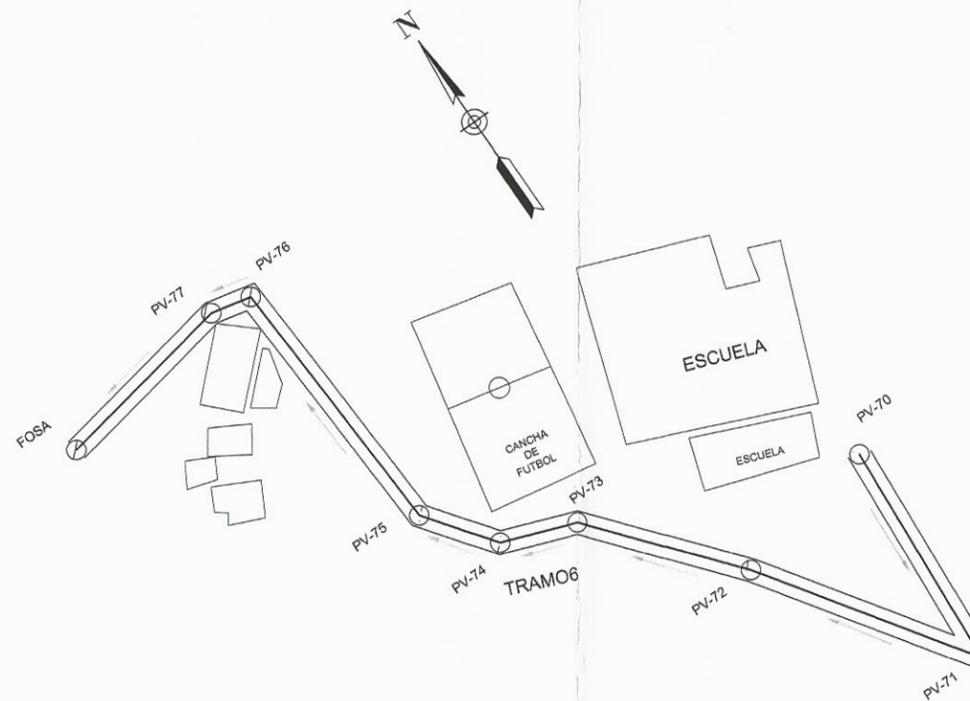


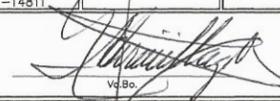
SIMBOLOGÍA	
●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
↓	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
↔	SECCIÓN DE CORTE

PLANTA DRENAJE

PV 70 - PV 77

ESCALA 1/500

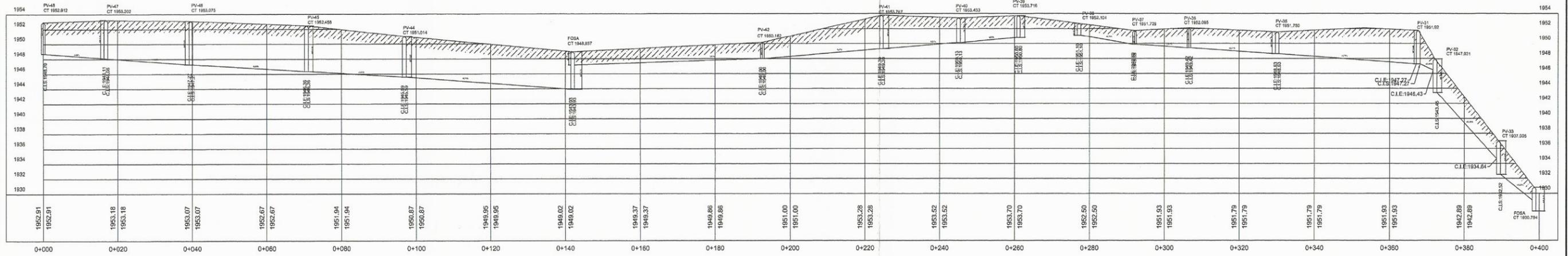


PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: TRAMO 6: PV-70 AL PV-77			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	
 Vd.Bo.		FECHA: AGO/2015	HOJA No. 7 9
		ESCALA: INDICADA	

PERFIL DRENAJE

PV 48 - PV 33

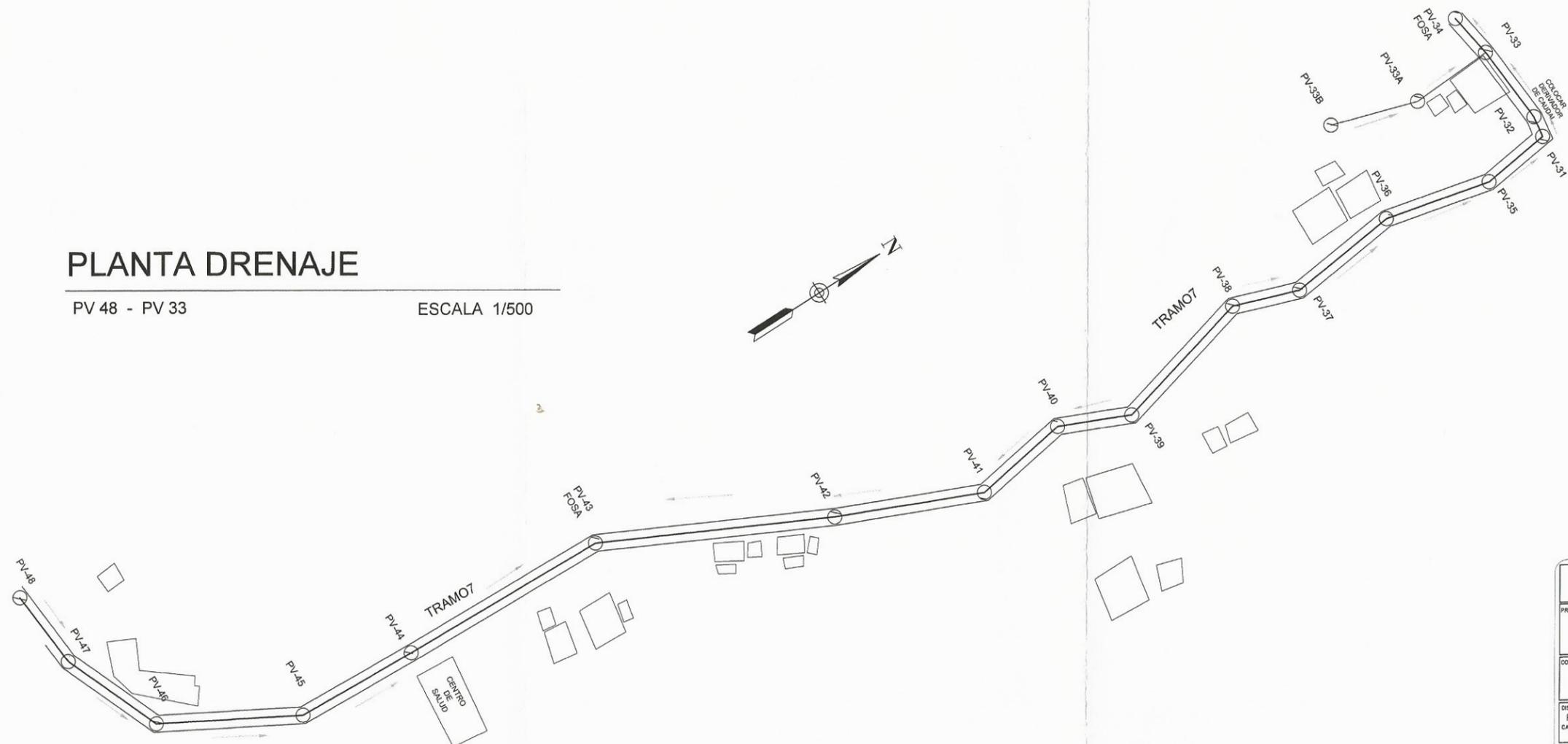
ESCALA H 1/1000
ESCALA V 1/100



PLANTA DRENAJE

PV 48 - PV 33

ESCALA 1/500



SIMBOLOGÍA

●	POZO DE VISITA
PV-1	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	ELEVACIÓN DE TERRENO EN PV
—	TUBERÍA
- - -	PERFIL DE TERRENO
⊥	POZOS DE VISITA
□	CASA
AP	ALTURA POZO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
⊥	SECCIÓN DE CORTE

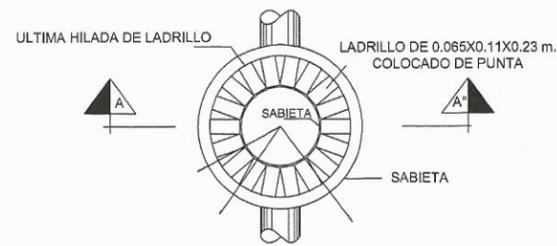
PROYECTO EPS

PROYECTO:
PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO
PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA

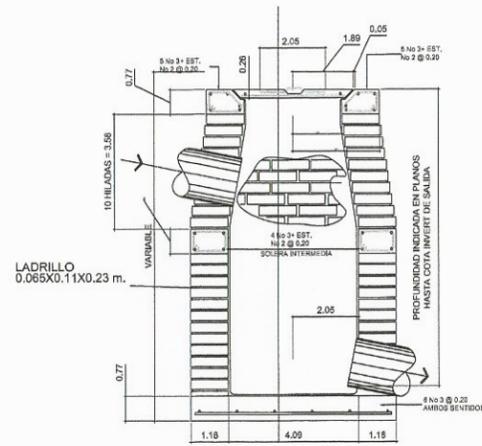
CONTIENE:
TRAMO 7: PV-48 AL PV-33

DISEÑO: PEDRO MARTINEZ
CARNET: 2007-14811

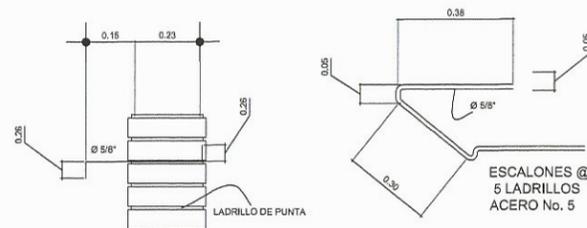
FECHA: AGO/2015
ESCALA: INDICADA
HOJA No. 8
9



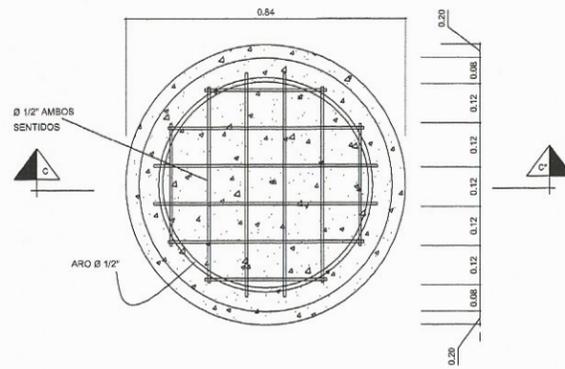
PLANTA POZO DE VISITA
ESCALA 1/20



SECCION A-A'
POZO DE VISITA ESCALA 1/20



DETALLE DE ESCALON
POZO DE VISITA ESCALA 1/10



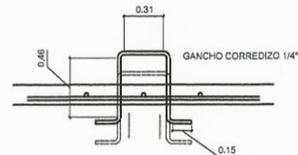
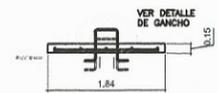
TAPADERA POZO DE VISITA
PLANTA+SECCION ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS POZO DE VISITA

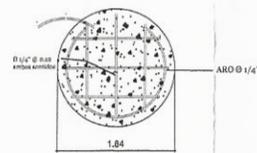
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $F'c = 165 \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCIÓN 1:2:3. (CEMENTO, ARENA, PIEDRIN).
3. EL MORTERO PARA EL PECADO DE LADRILLOS DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3.
4. RESISTENCIA DEL ACERO SERÁ $Fy = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$.
5. LA MANERA DE CONECTAR AL COLECTOR PRINCIPAL ESTARÁ BASADO DE LA SIGUIENTE MANERA: SERÁ "Y" CUANDO LA TUBERÍA NO SEA MAYOR DE 8" Y SERÁ BILETA "Y" O "T" CON DIÁMETRO IGUAL O MAYOR A 10".
6. SE UTILIZARÁ UN CODO DE 45° Y UN CODO DE 90° CUANDO LA PROFUNDIDAD DE LA TUBERÍA SEA MAYOR A 2 m.

ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

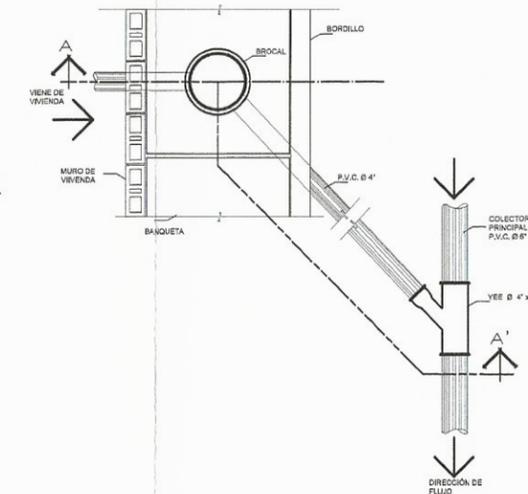
1. LA TUBERÍA PARA LA CONEXIÓN DOMICILIAR DEBE SER DE 4" PVC PARA ALCANTARILLADO SANITARIO SEGÚN NORMA ASTM D3034
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $F'c = 165 \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCIÓN 1:2:3. (CEMENTO, ARENA, PIEDRIN).
3. LA CANDELA DOMICILIAR SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE 12" DE DIÁMETRO CON SU RESPECTIVA TAPADERA BROCAL LA CUAL DEBE TENER UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 0.50 m.
4. RESISTENCIA DEL ACERO SERÁ $Fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
5. LA MANERA DE CONECTAR AL COLECTOR PRINCIPAL ESTARÁ BASADO DE LA SIGUIENTE MANERA: SERÁ "Y" CUANDO LA TUBERÍA NO SEA MAYOR DE 8" Y SERÁ BILETA "Y" O "T" CON DIÁMETRO IGUAL O MAYOR A 10".
6. SE UTILIZARÁ UN CODO DE 45° Y UN CODO DE 90° CUANDO LA PROFUNDIDAD DE LA TUBERÍA SEA MAYOR A 2 m.



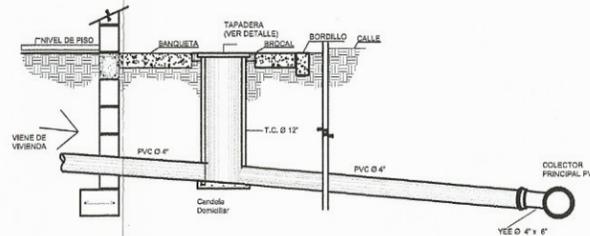
DETALLE DE GANCHO
ESCALA 1/5



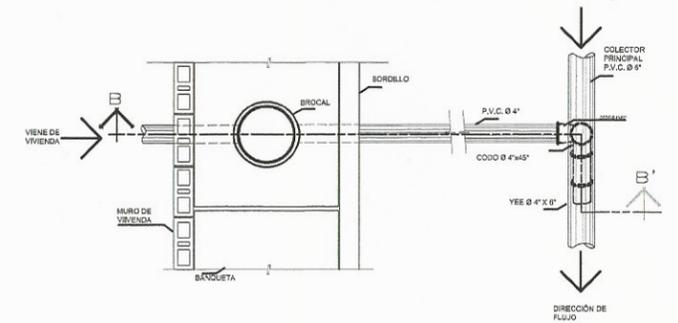
DETALLE DE TAPADERA
ESCALA 1/10



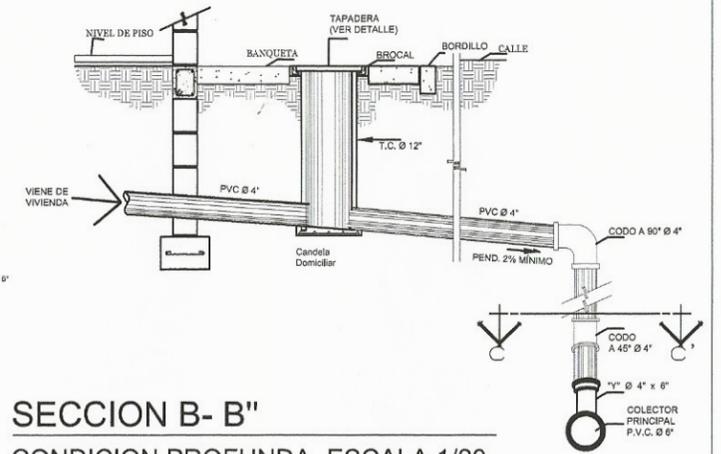
PLANTA (CONDICION NORMAL)
 $H < 2 \text{ M}$ ESCALA 1/25



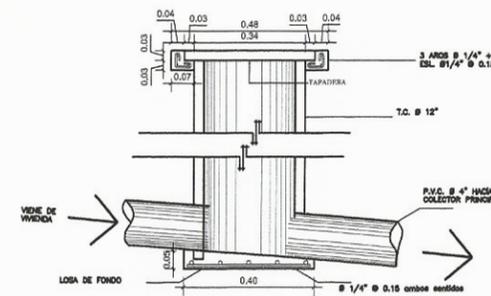
SECCION A-A'
CONDICION NORMAL ESCALA 1/25



PLANTA (CONDICION PROFUNDA)
 $H > 2 \text{ M}$ ESCALA 1/25



SECCION B-B'
CONDICION PROFUNDA ESCALA 1/20



DETALLE - CANDELA
ESCALA 1/10

PROYECTO EPS			
PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL HATO, ANTIGUA GUATEMALA			
CONTIENE: DETALLES SEGÚN NORMA ASTM D3034			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CABINET 2007-14811	REVISADO:	APROBADO:	FECHA: AGO/2015
			HOJA No. 9
			ESCALA: INDICADA
			9

MEMORIA DE CÁLCULO DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO EL HATO, SACATEPÉQUEZ

De P.V.	A P.V.	Cotas Terreno		D.H.	S% Terreno	No. Casas		Habitantes a Servir		F.H.		Fqm	Q Diseño (lit/seg)		Diám. (pulg.)	S% Tubo	Sec. Llena		Rel q/Q		v/v		Vel		d/D		Cota Invert		Prof. Pozo		Vol. Excav m3
		Inicio	Final			Local	Acum.	Actual	Futuro	Actual	Futuro		Actual	Futuro			Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Inicio	Final	Inicio	Final	
17	16	1953.44	1952.90	7.43	7.27	2	2	12	22.31	4.41	4.37	0.002	0.11	0.20	6	3.51	2.12	38.69	0.003	0.005	0.214766	0.260223	0.46	0.55	0.038	0.051	1951.42	1951.16	2.02	2.03	12.78
16	15	1952.90	1952.20	16.86	4.15	2	4	24	44.61	4.37	4.32	0.002	0.21	0.39	6	4.42	2.38	43.42	0.005	0.009	0.256893	0.307527	0.61	0.73	0.100	0.066	1950.85	1950.10	2.05	2.02	29.17
15	14	1952.20	1951.10	15.50	7.10	0	4	24	44.61	4.37	4.32	0.002	0.21	0.39	6	7.57	3.12	56.83	0.004	0.007	0.236362	0.282879	0.74	0.88	0.044	0.058	1950.16	1948.99	2.04	2.02	26.75
14	13	1951.10	1949.79	17.52	7.48	3	7	42	78.07	4.33	4.27	0.002	0.36	0.67	6	7.94	3.19	58.20	0.008	0.011	0.276517	0.3339	0.88	1.07	0.056	0.075	1949.06	1947.67	2.04	2.02	30.23
13	12	1949.79	1948.00	22.38	8.00	1	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	8.37	3.28	59.75	0.007	0.013	0.286029	0.345215	0.94	1.13	0.059	0.079	1947.75	1945.88	2.04	2.02	38.62
12	11	1948.00	1946.26	21.06	8.26	3	11	66	122.68	4.29	4.22	0.002	0.57	1.04	8	8.68	4.04	131.05	0.004	0.008	0.246749	0.298427	1.00	1.21	0.047	0.063	1945.96	1944.13	2.04	2.03	36.44
11	FOSA	1946.26	1944.31	66.26	2.94	9	20	120	223.06	4.22	4.13	0.002	1.01	1.84	8	2.98	2.37	76.78	0.013	0.024	0.348007	0.41621	0.82	0.99	0.080	0.106	1944.21	1942.24	2.05	2.02	114.61
9	FOSA	1944.80	1943.71	44.42	2.45	4	24	144	267.67	4.20	4.10	0.002	1.21	2.19	8	2.45	2.15	69.62	0.017	0.032	0.37842	0.452307	0.81	0.97	0.100	0.121	1942.78	1941.69	2.02	2.02	76.23
7	FOSA	1943.71	1944.65	35.01	- 2.68	3	27	162	301.13	4.18	4.08	0.002	1.35	2.46	8	2.76	2.28	73.90	0.018	0.033	0.383103	0.459284	0.87	1.05	0.093	0.124	1941.69	1940.72	2.02	2.02	60.12
6	7	1944.65	1946.38	20.83	- 8.31	0	27	162	301.13	4.18	4.08	0.002	1.35	2.46	8	8.73	4.05	131.42	0.010	0.019	0.322342	0.385717	1.31	1.56	0.071	0.094	1942.62	1940.80	2.03	2.02	35.85
5	4	1943.60	1942.21	23.13	6.01	0	27	162	301.13	4.18	4.08	0.002	1.35	2.46	8	6.27	3.43	111.38	0.012	0.022	0.33958	0.406216	1.17	1.40	0.077	0.102	1941.58	1940.13	2.02	2.03	39.80
4	3	1942.21	1941.44	28.39	2.92	4	31	186	345.75	4.16	4.05	0.002	1.55	2.80	8	3.04	2.39	77.55	0.020	0.036	0.393487	0.470746	0.94	1.13	0.097	0.129	1940.16	1939.36	2.05	2.02	45.64
3	2	1941.44	1938.96	30.70	8.08	0	31	186	345.75	4.16	4.05	0.002	1.55	2.80	10	8.35	4.60	233.04	0.007	0.012	0.282879	0.33661	1.30	1.55	0.058	0.076	1939.40	1936.84	2.04	2.02	52.97
2	FOSA	1938.96	1937.95	21.76	4.64	1	32	192	356.90	4.15	4.05	0.002	1.60	2.89	10	4.89	3.52	178.34	0.009	0.016	0.307527	0.369859	0.40	1.30	0.066	0.088	1936.92	1935.86	2.04	2.02	37.55
30E	30D	1965.20	1962.48	15.94	17.07	8	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	8.53	3.31	60.32	0.007	0.013	0.286029	0.342408	0.95	1.13	0.059	0.078	1962.90	1961.54	2.30	0.84	21.27
30D	30C	1962.48	1959.87	25.41	10.27	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	2.55	1.81	32.98	0.013	0.023	0.342408	0.411234	0.62	0.74	0.078	0.104	1959.86	1959.21	2.62	0.63	35.09
30C	30B	1959.87	1957.70	18.33	11.84	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	2.59	1.82	33.24	0.012	0.023	0.342408	0.411234	0.62	0.75	0.100	0.104	1957.52	1957.05	2.35	0.65	23.41
30B	30A	1957.70	1954.65	22.33	13.66	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	5.21	2.58	47.14	0.009	0.016	0.307527	0.369859	0.79	0.96	0.066	0.088	1955.18	1954.02	2.52	0.63	29.93
30A	30	1954.65	1952.84	18.16	9.97	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	5.35	2.62	47.77	0.009	0.016	0.307527	0.367173	0.40	0.40	0.066	0.087	1952.99	1952.02	1.66	0.82	19.15
30	29	1952.84	1953.37	12.92	- 4.10	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	6	1.59	1.43	26.04	0.016	0.029	0.367173	0.442883	0.41	0.41	0.087	0.117	1951.19	1950.98	1.65	2.39	22.16
29	28	1953.37	1954.11	9.16	- 8.08	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	1.07	1.42	46.01	0.009	0.017	0.310524	0.372532	0.44	0.53	0.067	0.089	1950.77	1950.67	2.60	3.44	23.51
28	19	1954.11	1954.56	8.05	- 5.59	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	5.91	3.33	108.13	0.004	0.007	0.239853	0.286029	0.80	0.95	0.045	0.059	1949.71	1949.23	4.40	5.33	33.27
19	27	1954.56	1953.87	6.39	10.79	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	4.97	3.06	99.16	0.004	0.008	0.243315	0.295356	0.74	0.90	0.046	0.062	1948.55	1948.23	6.01	5.64	31.64
27	20	1953.87	1949.63	8.71	48.66	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	5.44	3.20	103.74	0.004	0.007	0.239853	0.289158	0.42	0.93	0.045	0.060	1947.90	1947.43	5.97	2.20	30.27
20	21	1949.63	1945.46	10.71	38.94	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	4.82	3.01	97.65	0.004	0.008	0.246749	0.295356	0.41	0.89	0.047	0.062	1945.23	1944.71	4.40	0.75	23.42
21	22	1945.46	1938.64	10.58	64.44	0	8	48	89.22	4.32	4.26	0.002	0.41	0.76	8	16.86	5.63	182.64	0.002	0.004	0.203503	0.243315	1.15	1.37	0.035	0.046	1939.75	1937.97	5.71	0.67	28.72
22	23	1938.64	1932.18	13.38	48.29	7	15	90	167.30	4.26	4.18	0.002	0.77	1.40	10	14.98	6.16	312.14	0.002	0.004	0.207295	0.250157	1.28	1.54	0.036	0.048	1933.55	1931.55	5.09	0.63	32.54
23	24	1932.18	1920.70	26.69	43.02	4	19	114	211.91	4.23	4.14	0.002	0.96	1.75	10	26.94	8.26	418.59	0.002	0.004	0.203503	0.243315	1.68	2.01	0.035	0.046	1926.61	1919.42	5.57	1.28	77.69
24	25	1920.70	1918.20	7.52	33.23	4	23	138	256.52	4.20	4.11	0.002	1.16	2.11	10	27.14	8.29	420.14	0.003	0.005	0.214766	0.260223	1.78	2.16	0.038	0.051	1918.41	1916.37	2.29	1.91	13.43
25	FOSA	1918.20	1903.26	15.25	97.99	4	27	162	301.13	4.18	4.08	0.002	1.35	2.46	10	2.50	2.52	127.52	0.011	0.019	0.325255	0.390908	0.82	0.98	0.100	0.096	1916.29	1915.91	1.91	3.00	31.81
22C	22B	1938.90	1938.70	18.76	1.07	5	5	30	55.77	4.35	4.30	0.002	0.26	0.48	6	2.86	1.92	34.94	0.007	0.014	0.292267	0.353551	0.56	0.68	0.100	0.082	1935.87	1935.33	3.03	3.37	51.01
22B	22A	1938.70	1937.99	29.81	2.38	2	7	42	78.07	4.33	4.27	0.002	0.36	0.67	6	6.13	2.80	51.13	0.007	0.013	0.289158	0.348007	0.81	0.98	0.060	0.080	1935.30	1933.48	3.40	4.51	100.22
22A	22	1937.99	1938.64	6.96	- 9.34	0	7	42	78.07	4.33	4.27	0.002	0.36	0.67	6	2.38	1.74	31.83	0.011	0.021	0.3339	0.401157	0.58	0.70	0.100	0.100	1933.48	1933.31	4.51	5.33	29.10
24C	24B	1920.85	1920.80	15.59	0.32	4	4	24	44.61	4.37	4.32	0.002	0.21	0.39	6	1.67	1.46	26.69	0.008	0.014	0.298427	0.356302	0.44	0.52	0.063	0.083	1915.49	1915.23	5.36	5.57	72.40
24B	24A	1920.80	1920.74	27.04	0.22	0	4	24	44.61	4.37	4.32	0.002	0.21	0.39	6	4.04	2.28	41.53	0.005	0.009	0.260223	0.313504	0.59	0.71	0.051	0.068	1915.20	1914.11	5.60	6.63	140.59
24A	24	1920.74	1920.70	21.21	0.19	0	4	24	44.61	4.37	4.32	0.002	0.21	0.39	6	1.16	1.22	22.24	0.009	0.017	0.313504	0.37842	0.41	0.43	0.068	0.091	1919.74	1919.49	1.00	1.21	19.88
56	55	1990.18	1986.07	23.73	17.32	2	2	12	22.31	4.41	4.37	0.002	0.11	0.20	6	17.33	4.71	85.98	0.001	0.002	0.167398	0.203503	0.79	0.96	0.026	0.035	1985.95	1981.84	4.23	4.23	85.32
55	54	1986.07	1979.82	33.52	18.65	3	5	30	55.77	4.35	4.30	0.002	0.26	0.48	6	18.64	4.89	89.17	0.003	0.005	0.218448	0.263528	1.07	1.29	0.039	0.052	1981.84	1975.59	4.23	4.23	120.49
54	53	1979.82	1973.36	26.80	24.10	5	10	60	111.53																						

PROYECTO EPS

PROYECTO:
PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS-
SANTA LUCIA MILPAS ALTAS

CONTIENE:
PLANTA GENERAL
DE EST. 0+000.00 A EST. 3+163.00

USUARIO:
PEDRO MARTINEZ
CARNET:
2007-14811

REVISOR:

APROBADO:

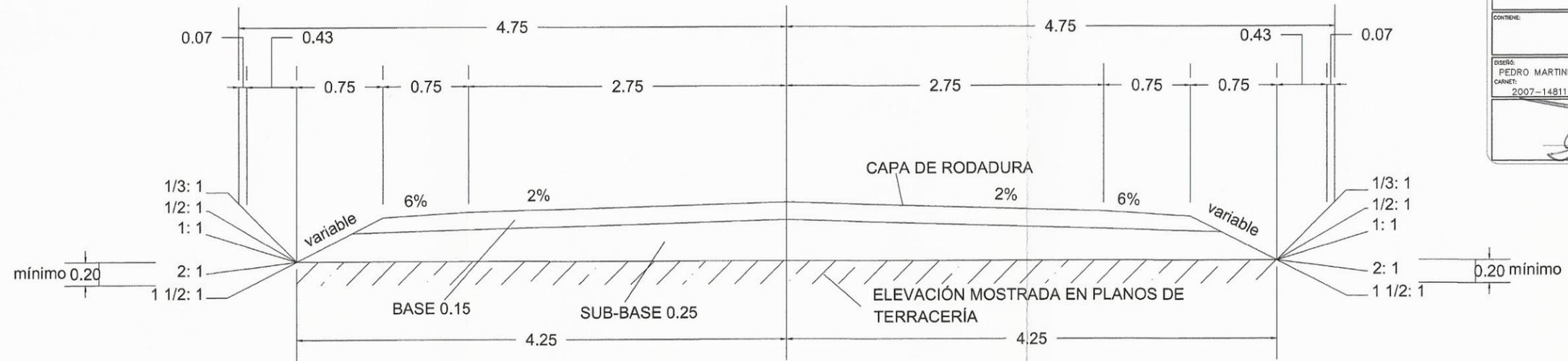
FECHA:
AGO/2015
ESCALA:
1/2000
HOJA No.
1
10



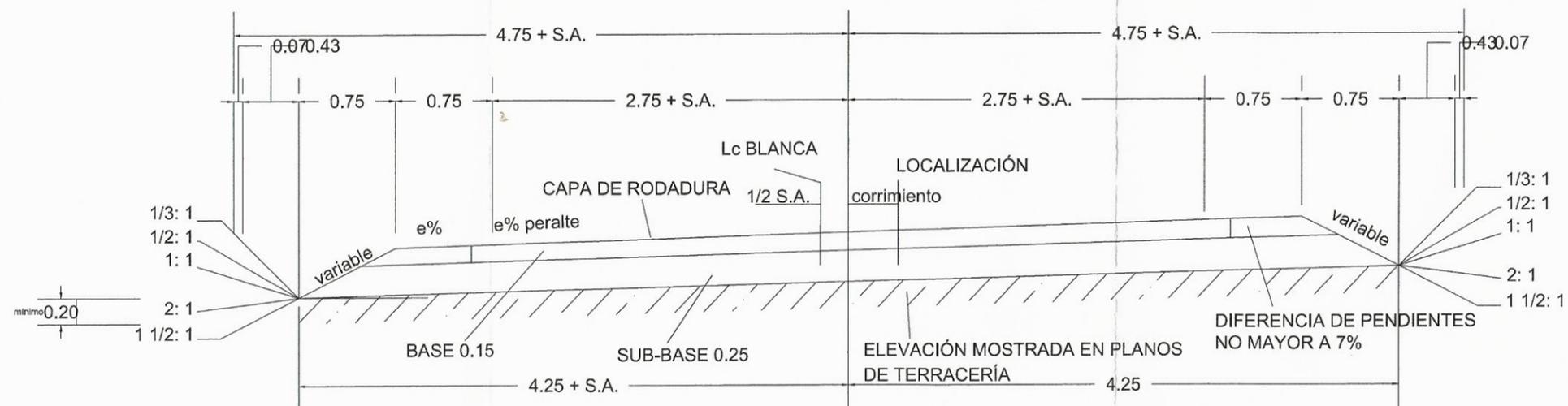
EST	PO	AZIMUT	DIST
0	1	180°00'0.000"	21.98
1	2	049°3'127.781"	83.49
2	3	022°19'49.502"	66.91
3	4	006°52'37.155"	100.58
4	5	026°10'21.873"	168.30
5	6	040°14'37.392"	77.91
6	7	176°49'43.281"	80.83
7	8	212°34'28.163"	31.50
8	9	184°19'2.841"	54.36
9	10	157°19'18.738"	75.54
10	11	126°46'54.796"	38.49
11	12	148°28'42.863"	61.86
12	13	142°28'12.616"	51.87
13	14	139°12'1.349"	71.82
14	15	190°56'46.194"	48.19
15	16	105°34'2.113"	62.98
16	17	097°25'39.217"	130.60
17	18	062°47'55.740"	28.03
18	19	104°28'3.054"	65.33
19	20	098°39'14.456"	54.83
20	21	108°47'0.830"	58.83
21	22	097°39'42.790"	123.46
22	23	060°04'49.522"	37.83
23	24	023°29'44.988"	102.63
24	25	023°06'29.534"	43.30
25	26	128°43'12.448"	53.47
26	27	055°59'30.191"	49.17
27	28	117°08'48.514"	31.91
28	29	187°45'25.458"	59.02
29	30	143°10'31.073"	120.20
30	31	111°35'22.428"	222.05
31	32	127°34'13.110"	66.55
32	33	106°16'52.409"	46.43
33	34	044°5'134.836"	36.61
34	35	093°43'25.142"	33.42
35	36	069°32'3.035"	52.57
36	37	047°26'28.057"	62.49
37	38	167°55'23.570"	140.74
38	39	110°14'29.229"	52.28
39	40	093°35'34.781"	67.11
40	41	067°49'9.357"	6.51
41	42	070°47'30.347"	76.62
42	43	146°47'55.331"	2.95
43	44	160°54'36.021"	54.09
44	45	138°5'140.201"	1.76
45	46	111°47'49.871"	82.69
46	47	098°09'29.523"	1.43
47	48	086°57'36.687"	37.40
48	49	022°27'4.079"	27.06



PROYECTO EPS			
PROYECTO: PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS- SANTA LUCIA MILPAS ALTAS			
CONTIENE: DETALLES SECCION TIPICA Y DRENAJES			
DISENYO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	REVISADO:	APROBADO:	FECHA: AGO/2015
			HOJA No. 2/10
Mo. Bo.			ESCALA: SI ESCALA



ALINEACION RECTA

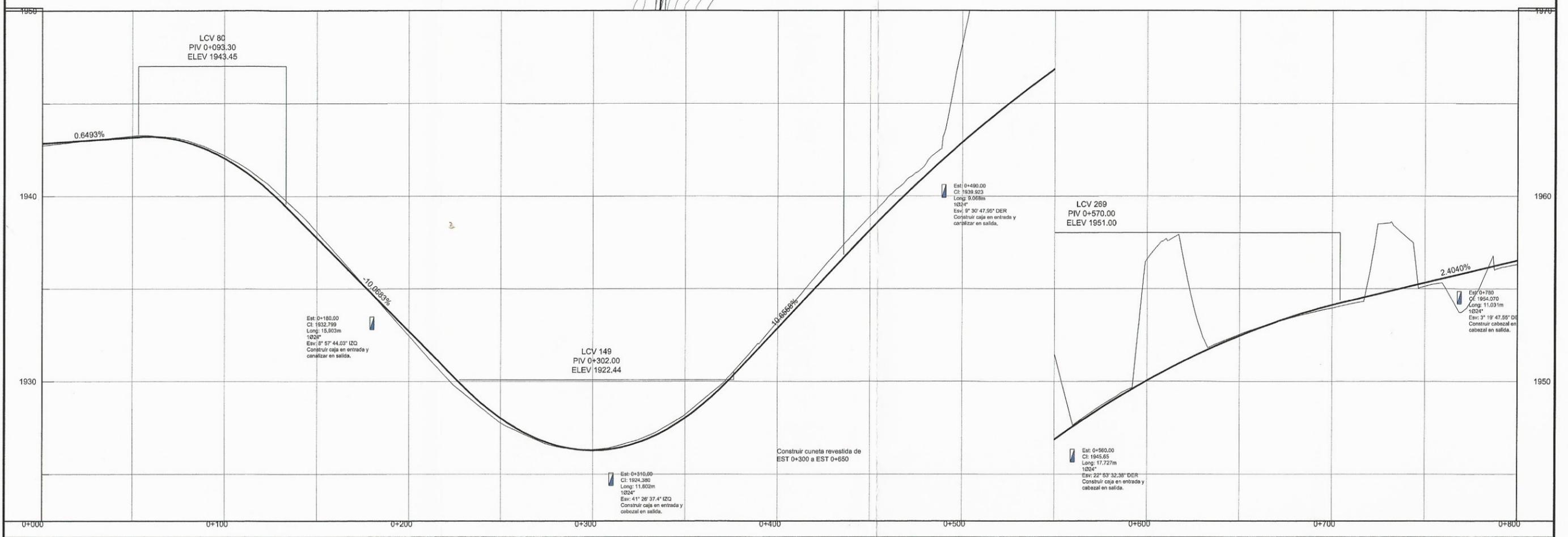
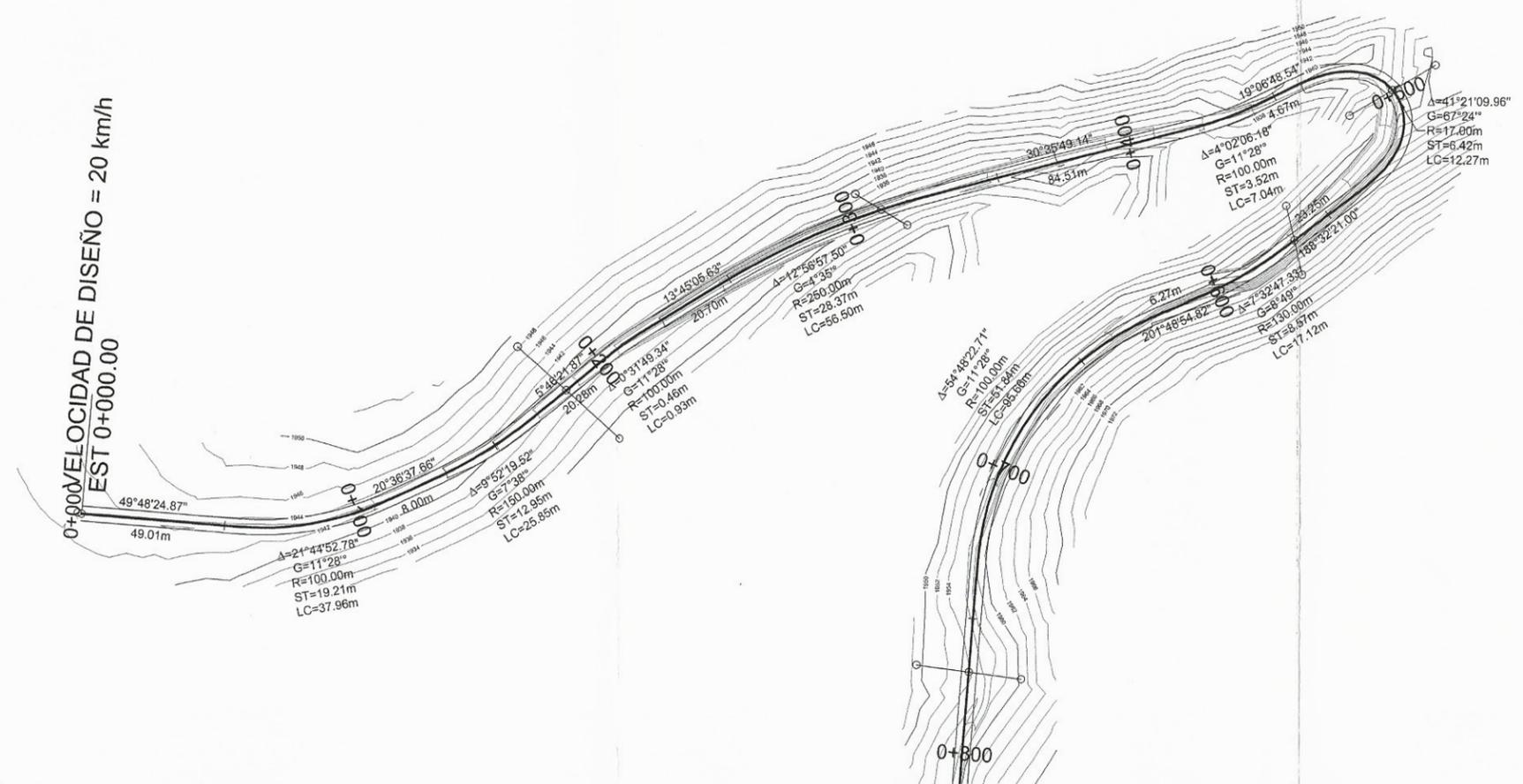


ALINEACION CURVA

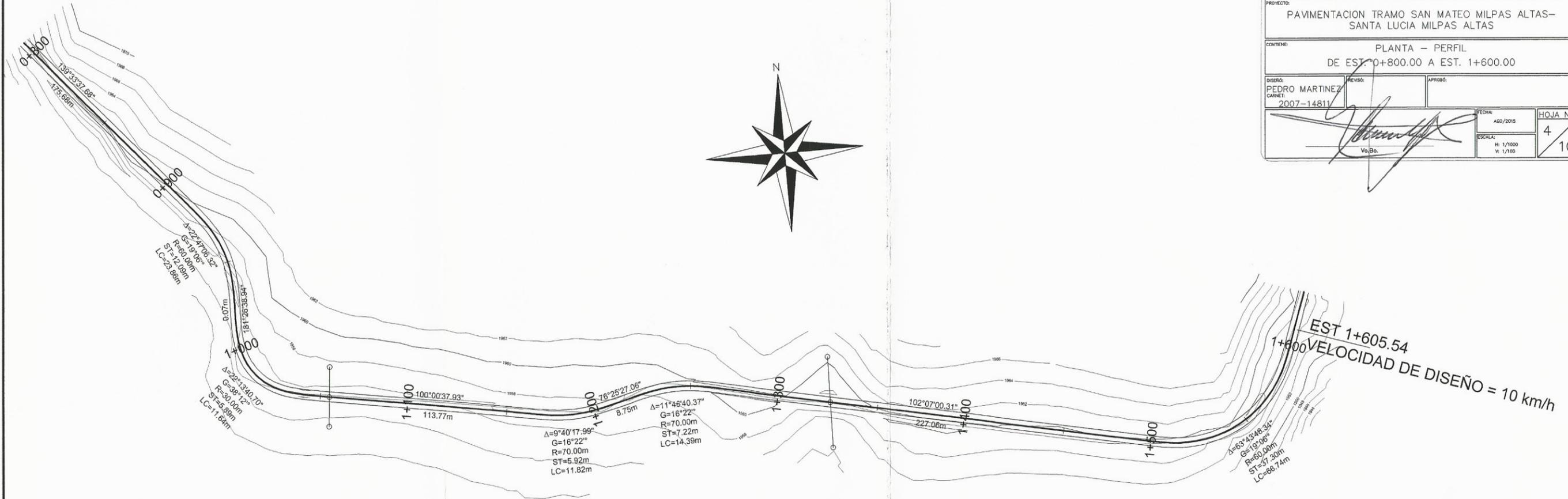
PROYECTO EPS

PROYECTO:		PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS- SANTA LUCIA MILPAS ALTAS	
CONTIENE:		PLANTA - PERFIL DE EST. 0+000.00 A EST. 0+800.00	
DISEÑO:	REVISÓ:	APROBÓ:	
CARNET:			
2007-14811			
FECHA:		HOJA No.	
AGO/2015		3	10
ESCALA:			
H. 1/1000 V. 1/100			

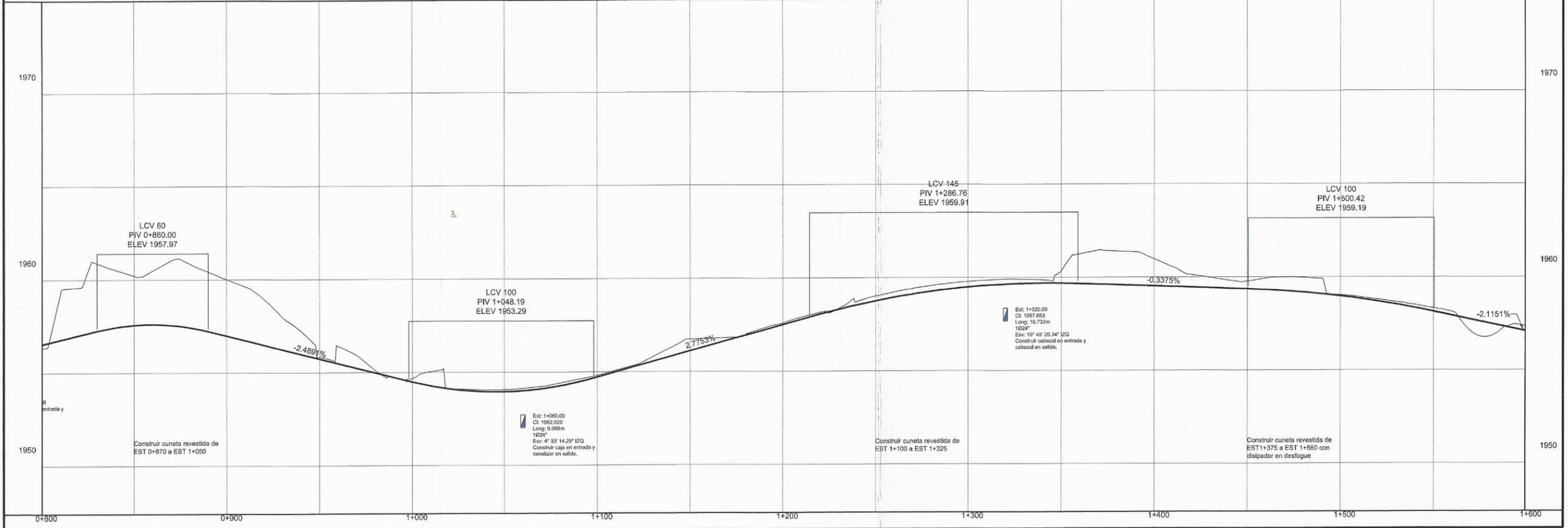
0+00 VELOCIDAD DE DISEÑO = 20 km/h
EST 0+000.00



PROYECTO EPS			
PROYECTO: PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS- SANTA LUCIA MILPAS ALTAS			
CONTIENE: PLANTA - PERFIL DE EST. 0+800.00 A EST. 1+600.00			
DISEÑO: CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA: AGO/2015
 Vo.Bo.			HOJA No. 4 de 10

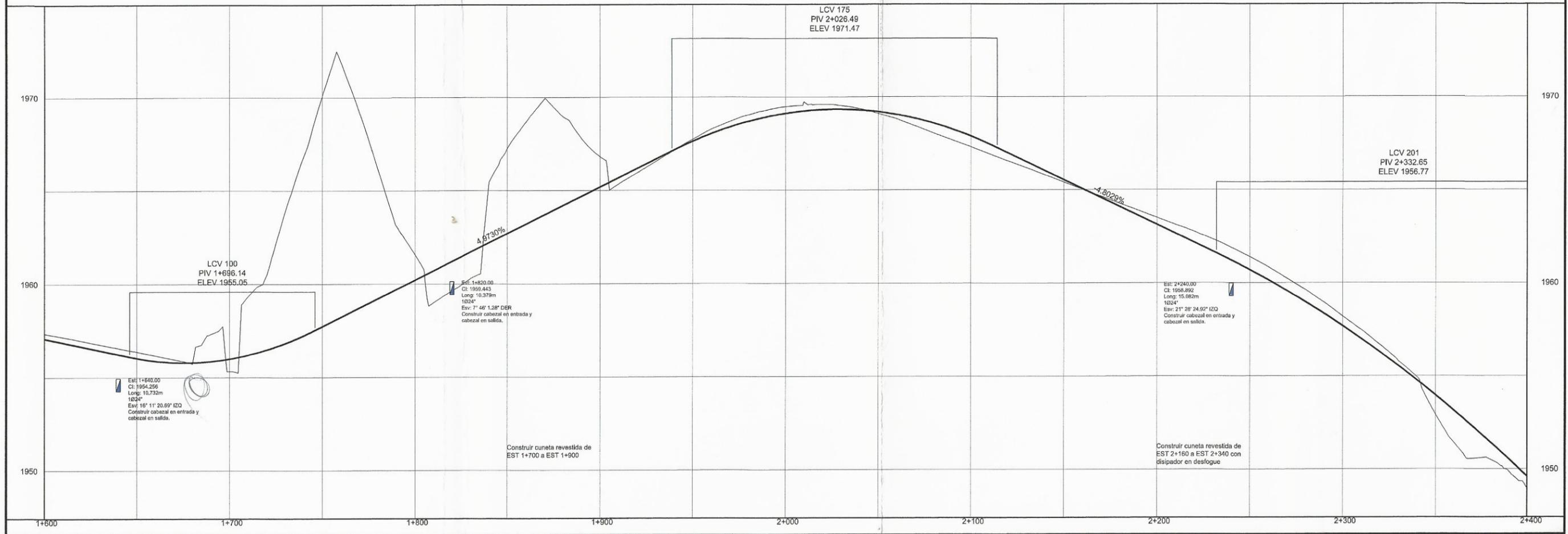
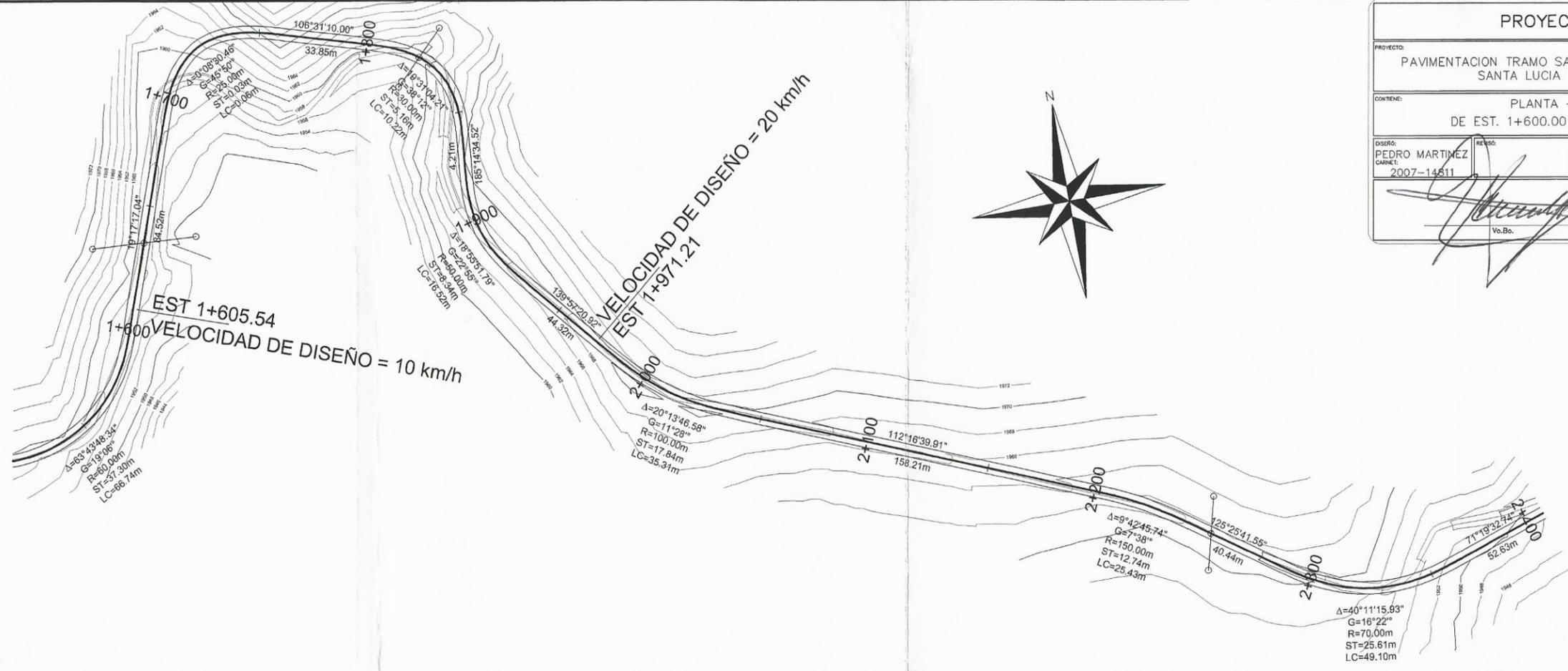


EST 1+605.54
 VELOCIDAD DE DISEÑO = 10 km/h



PROYECTO EPS

PROYECTO:		PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS- SANTA LUCIA MILPAS ALTAS	
CONTIENE:		PLANTA - PERFIL DE EST. 1+600.00 A EST. 2+400.00	
DISEÑO:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA:
PEDRO MARTINEZ			AGO/2015
CARNET:			HOJA No.
2007-14511			5 / 10
Vo.Bo.			



PROYECTO EPS

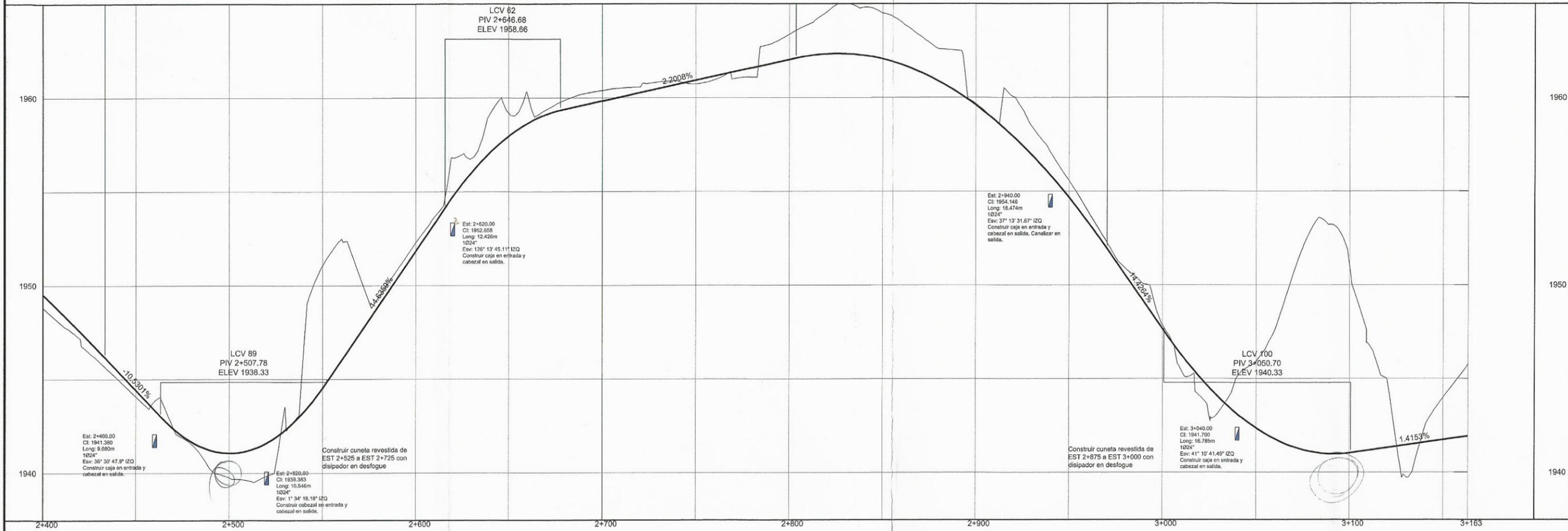
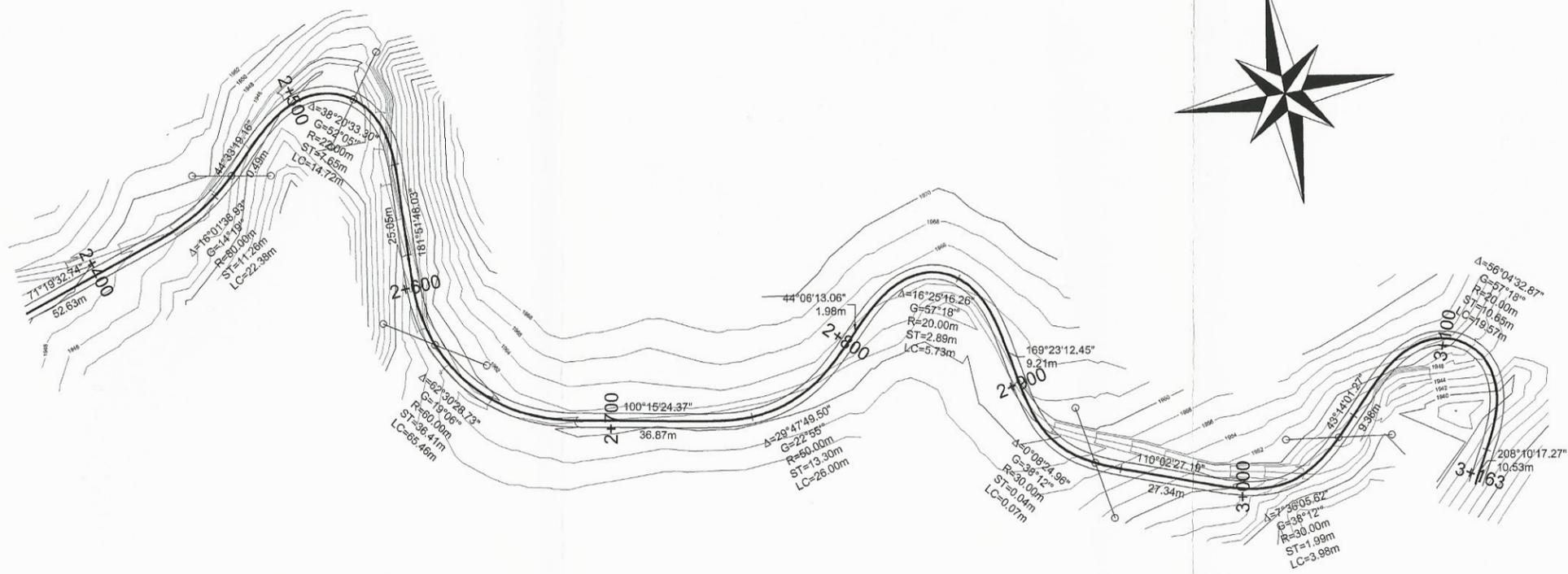
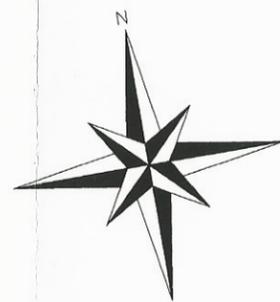
PROYECTO:
PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS-
SANTA LUCIA MILPAS ALTAS

CONTIENE:
PLANTA - PERFIL
DE EST. 2+400.00 A EST. 3+163.00

DISENO:
PEDRO MARTINEZ
CARNET:
2007-14811

APROBADO:
[Signature]
Yo.Bo.

FECHA:
AGO/2015
ESCALA:
H: 1/1000
V: 1/100
HOJA No.
6
10



PROYECTO EPS

PROYECTO:
PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS-
SANTA LUCIA MILPAS ALTAS

CONTIENE:
SECCIONES

DISEÑO:
PEDRO MARTINEZ
CARNET:
2007-14811

REVISO:

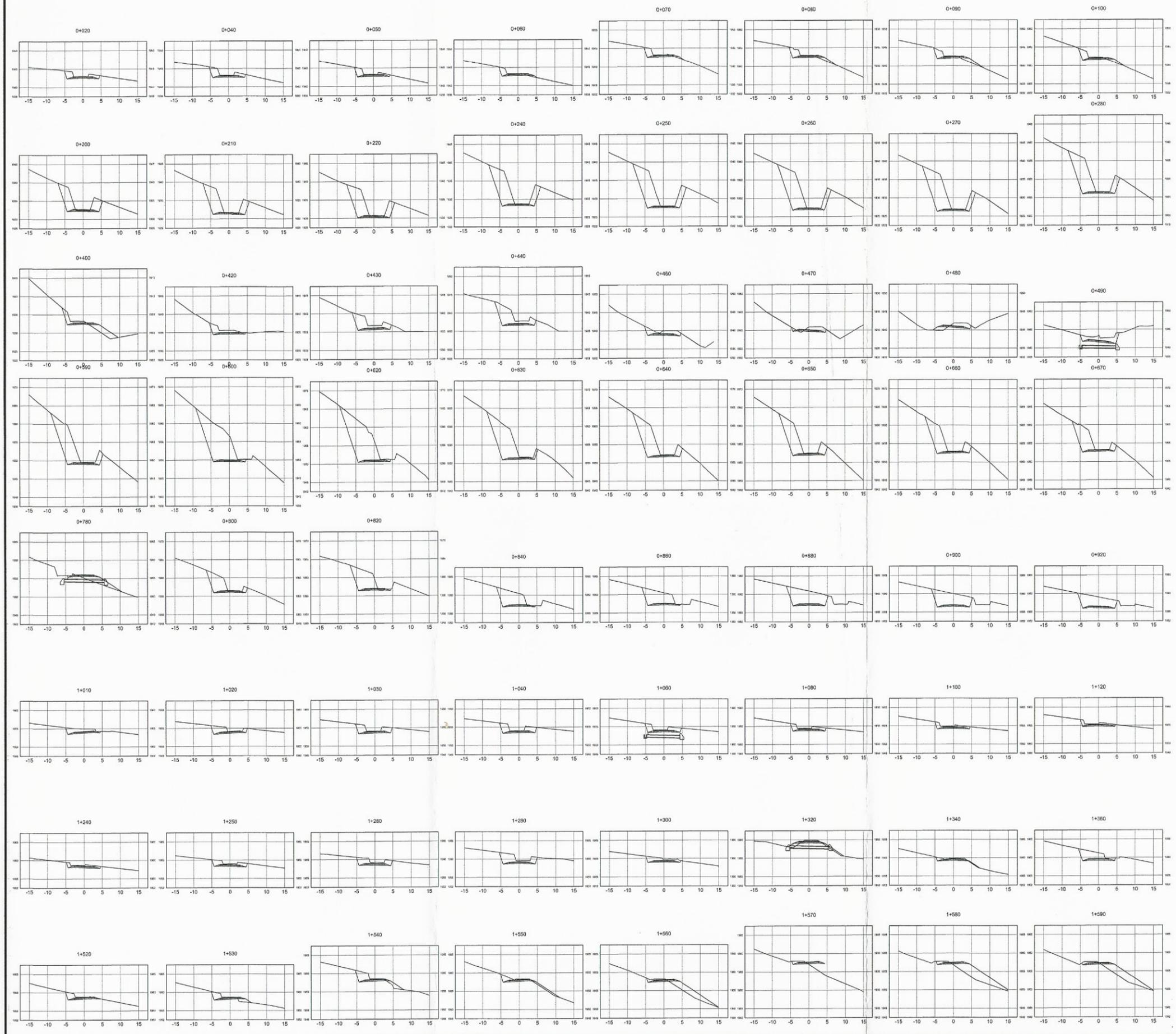
APROBO:

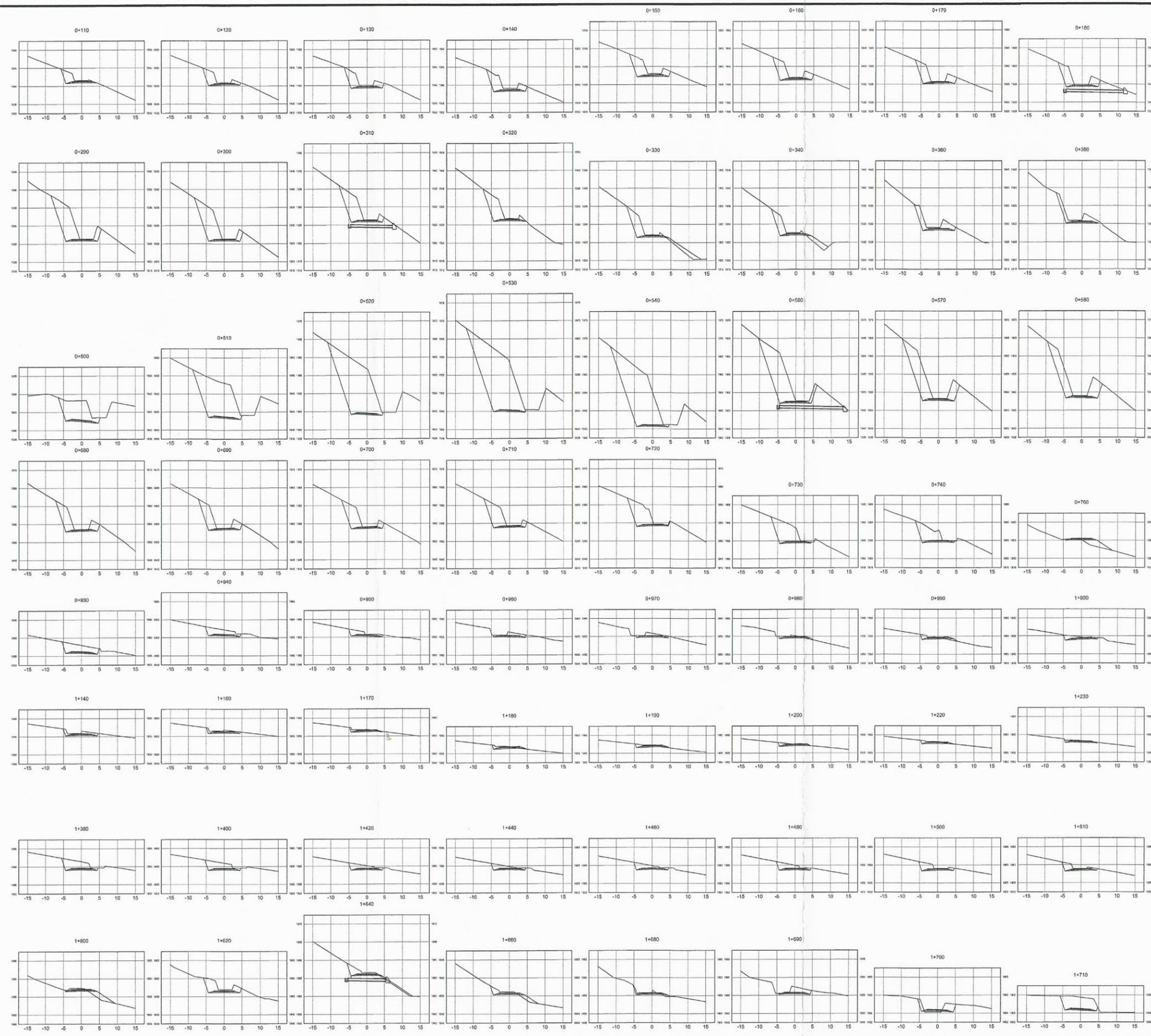
FECHA:
AGO/2014

ESCALA:
SIN ESCALA

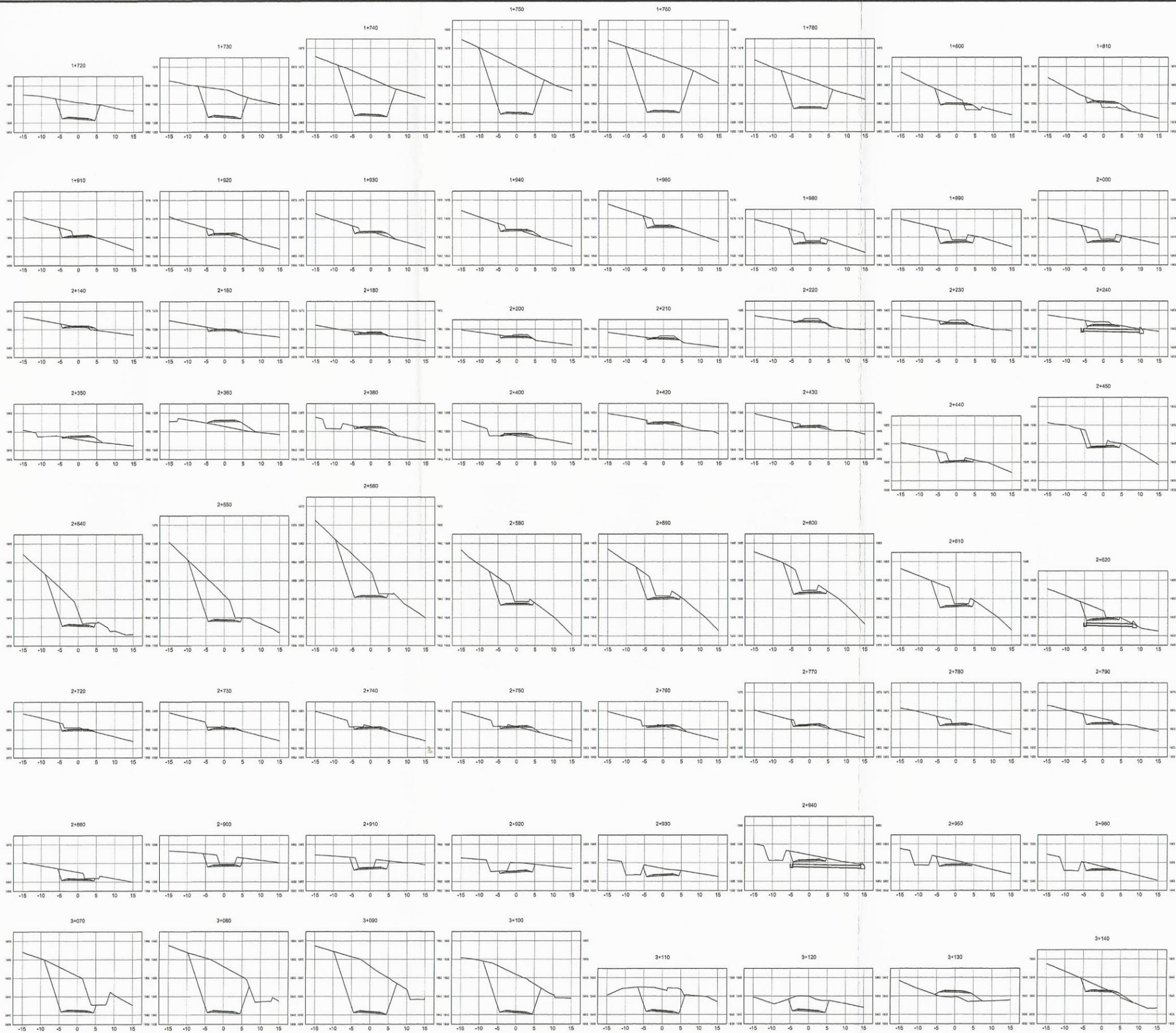
HOJA No.

7 / 10





PROYECTO EPS	
PROYECTO: PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS- SANTA LUCIA MILPAS ALTAS	
CONTIENE: SECCIONES	
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARNET: 2007-14811	APROBADO:  Vo.Bo.
FECHA: AGO/2014	HOJA No. 8 / 10
ESCALA: 1/50 ESCALA	



PROYECTO EPS			
PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS - SANTA LUCIA MILPAS ALTAS			
CONTIENE: SECCIONES			
DISEÑO: PEDRO MARTINEZ CARTEL: 2007-148/1	REVISO:	APROBO:	FECHA: AGO/2014
 Vo.Bo.			ESCALA: SIN ESCALA
			HOJA No. 9 10

PROYECTO EPS

PROYECTO:
PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS-
SANTA LUCIA MILPAS ALTAS

CONTIENE:
SECCIONES

DESIGNADO:
PEDRO MARTINEZ
CARNET:
2007-14811

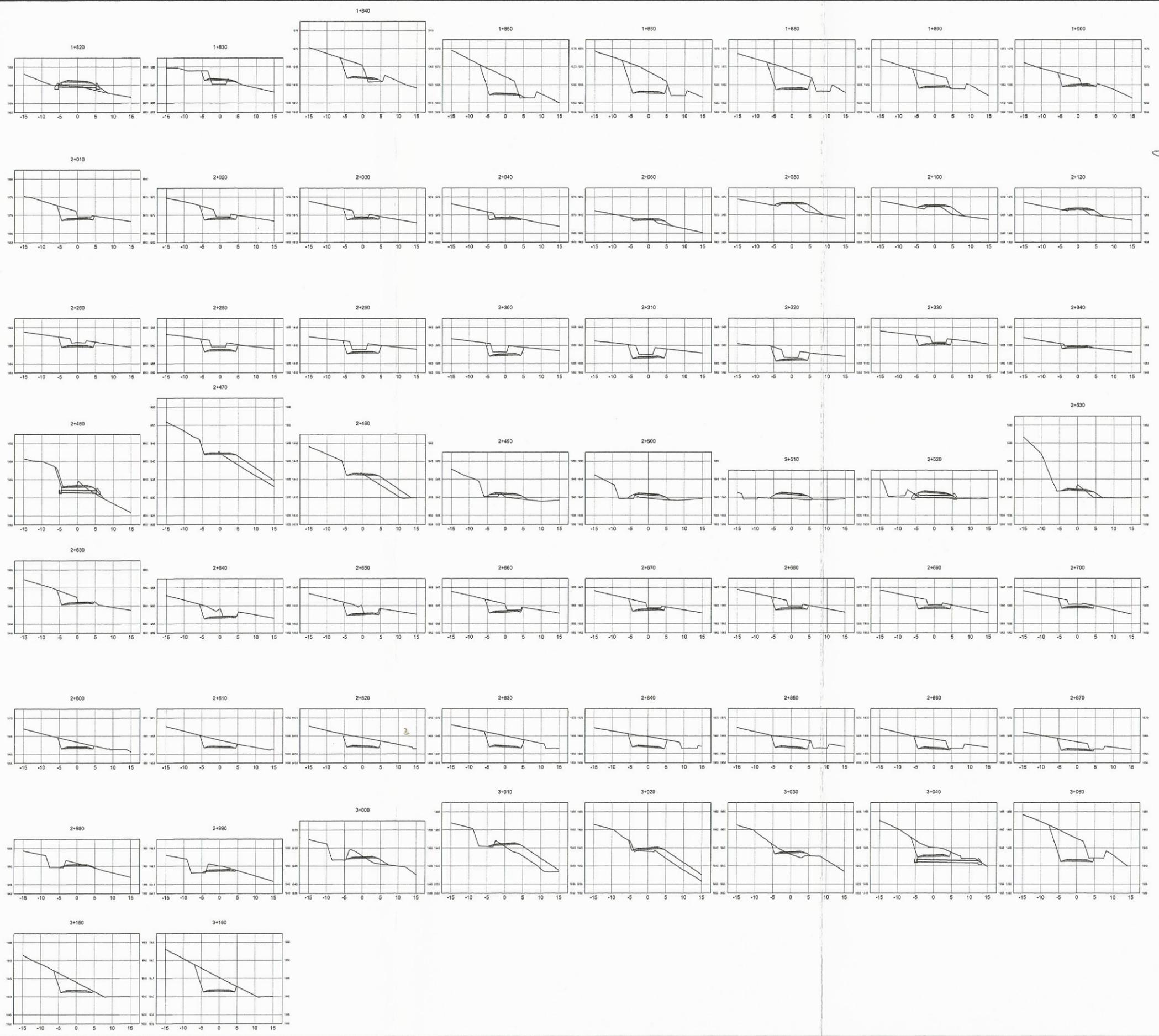
REVISADO:
[Signature]

APROBADO:
[Signature]

FECHA:
A00/2014

ESCALA:
SIN ESCALA

HOJA No
10
10



PROYECTO EPS

PAVIMENTACION TRAMO SAN MATEO MILPAS ALTAS-
SANTA LUCIA MILPAS ALTAS

MUROS CABEZALES RECTOS PARA TUBERIAS

DISEÑO: CARNET: 2007-14811	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA: AGO/2014	HOJA No. 1/1
Vo.Bo.			ESCALA: SIN ESCALA	

FORMULARIO

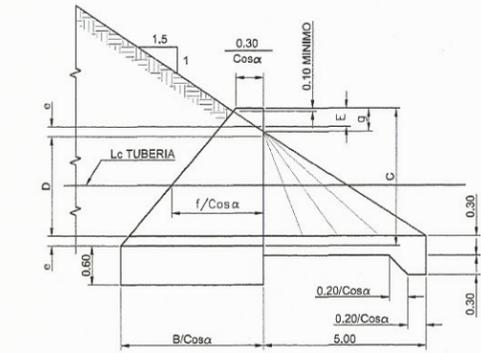
- ① $C = E + D + 2e$
- ② $H = C + 60$
- ③ $W = 1.5(C - g - e) + \frac{D}{2 \cos \alpha}$
- ④ $F = 1.5(C - g - e) + \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right) + \frac{D}{\cos \alpha}$
- ⑤ $V = \left[\frac{0.30 + B}{2} C + 0.60B\right] F - \frac{\pi(D + 2e)^2 f}{4 \cos \alpha}$
- ⑥ $V_L = 0.84N \cos \alpha$
- ⑦ $V'' = \left[\frac{0.30 + B}{2} C + 0.60B\right] F'' - \frac{\pi(D + 2e)^2 f}{4 \cos \alpha}$
- ⑧ $V_L'' = 0.84N'' \cos \alpha$
- ⑨ $F'' = 1.5(C - g - e) + \left(1 + \frac{1}{\cos \alpha}\right) + \frac{2(D + 2e) + S}{\cos \alpha}$
- ⑩ $W'' = 1.5(C - g - e) + \frac{D + e + S/2}{2 \cos \alpha}$

NOTA: EN LAS FORMULAS 5, 6, 7 Y 8 LOS VALORES DEBEN DE VALUARSE EN METROS, PARA OBTENER EL VOLUMEN EN METROS CUBICOS.

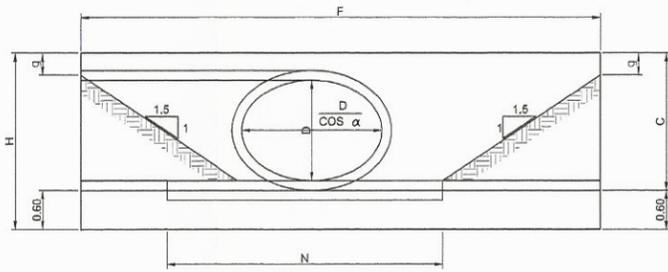
- V = VOLUMEN DEL CABEZAL PARA UN TUBO
- V' = VOLUMEN DE LA LOSA DEL CABEZAL PARA UN TUBO
- V'' = VOLUMEN DEL CABEZAL PARA DOS TUBOS
- V'' = VOLUMEN DE LA LOSA DEL CABEZAL PARA DOS TUBOS

NOTAS GENERALES:

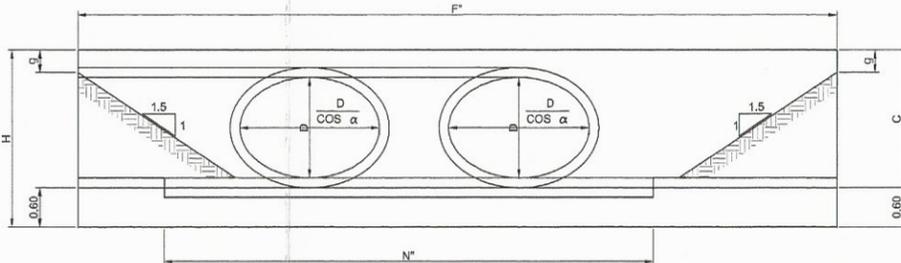
- 1.- PARA LA CONSTRUCCION SE USARAN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA D.G.C. EDICION MAYO DE 1975.-
- 2.- CONCRETO CICLOPEO: SE USARA CONCRETO CLASE 2,500 CON PIEDRAS GRANDES COMO SE ESPECIFICA EN LA SECCION 507 DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.-
- 3.- ZAMPEADO: SE USARA EL ZAMPEADO DE PIEDRA, COLOCADO A MANO Y LIGADO CON MORTERO DE CEMENTO, SEGUN LAS ESPECIFICACIONES EN LA SECCION 610.06
- 4.- EL MATERIAL QUE SE USARA EN EL MURO SERA CONCRETO CICLOPEO SEGUN SE INDICA EN LA NOTA NUMERO 2.-
- 5.- EL DELEGADO RESIDENTE DECIDIRA SI ES NECESARIO COLOCAR LA LOSA DEL PISO EN CADA CASO PARTICULAR.- TAMBIEN DECIDIRA EL MATERIAL QUE SE EMPLEARA EN ELLA: CONCRETO CLASE "C" O ZAMPEADO DE PIEDRA.-
- 6.- LOS CABEZALES DEBERAN SER PARALELOS A LA RASANTE DE LA CARRETERA Y TENER LA MISMA PENDIENTE QUE ESTA.-
- 7.- EL CONCRETO DEBERA PRODUCIRSE Y COLOCARSE DE ACUERDO A LA SECCION 504 DE LAS ESPECIFICACIONES.-
- 8.- LOS CABEZALES HAN SIDO DISEÑADOS CON LOS SIGUIENTES DATOS: A) RESISTENCIA DEL TERRENO 1.5 Kg/cm² (3,000 lbs/pie²), B) PESO DEL RELLENO 1,066 Kg/cm³.
- 9.- TODAS LAS DIMENSIONES LINEALES ESTAN DADAS EN METROS Y LOS VOLUMENES EN METROS CUBICOS.-
- 10.- TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS, DEBERAN SER BISELADAS 2 CENTIMETROS.-
- 11.- EL DELEGADO RESIDENTE, EN CASO PARTICULAR, PODRA HACER SU PROPIO DISEÑO DE MUROS-CABEZALES DISTINTO A ESTE PLANO.-



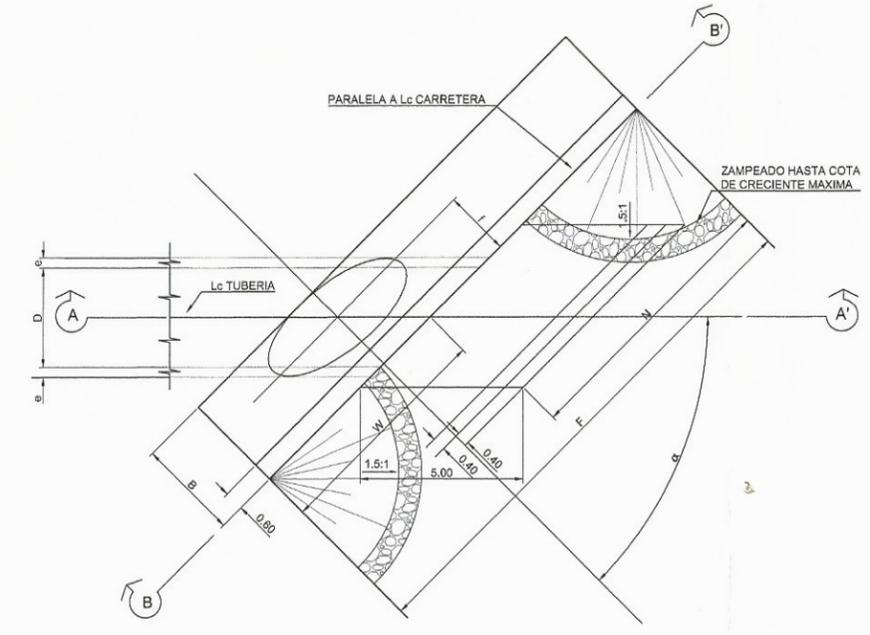
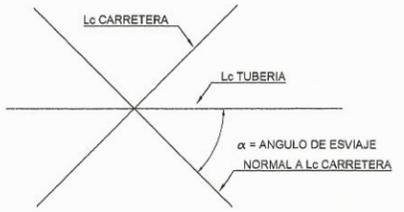
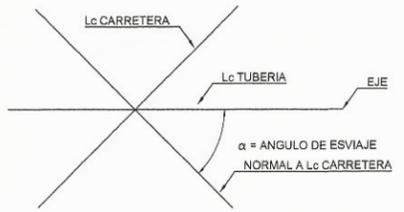
SECCION A-A" ESCALA 1/50



VISTA B-B' ESCALA 1/50

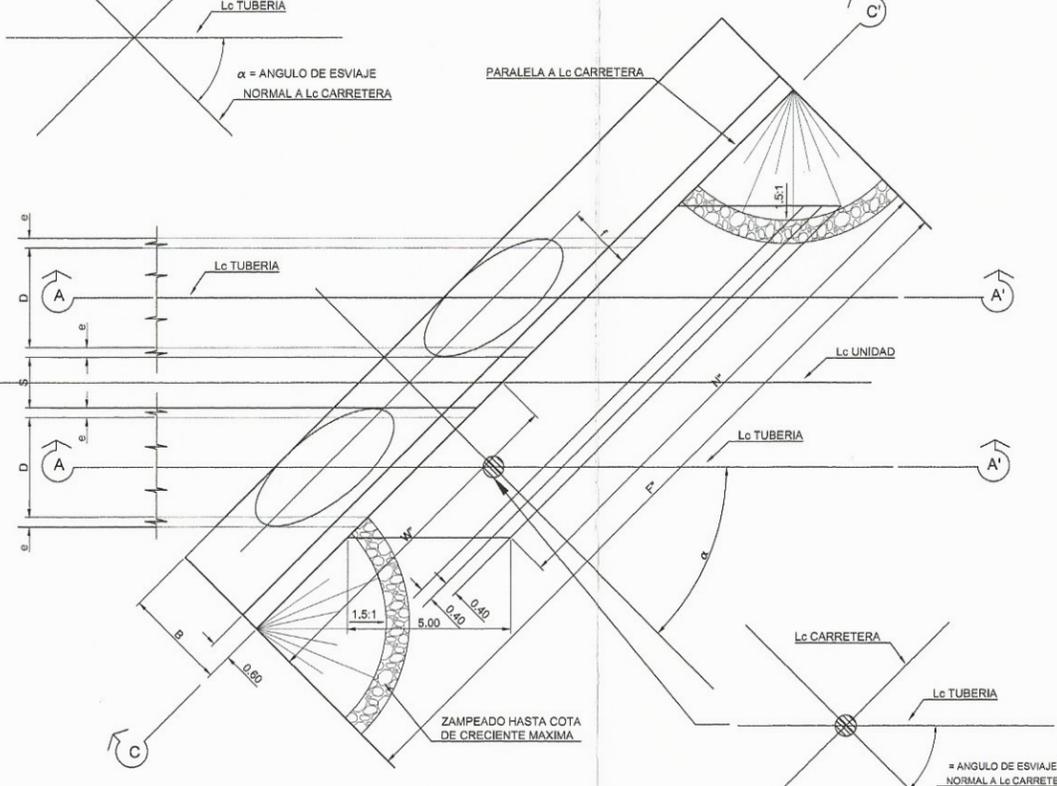


VISTA C-C' ESCALA 1/50



CABEZAL PARA UN TUBO

PLANTA ESCALA 1/50



CABEZAL PARA DOS TUBOS

PLANTA ESCALA 1/50

DIAMETRO	CABEZAL PARA UNO Y DOS TUBOS										CABEZAL PARA UN TUBO										CABEZAL PARA DOS TUBOS										LOSA PARA UN TUBO					LOSA PARA DOS TUBOS							
											$\alpha = 0^\circ$					$\alpha = 15^\circ$					$\alpha = 30^\circ$					$\alpha = 45^\circ$																	
	Pulg.	m.	e	E	B	C	H	g	f	S	F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	F	W	V	V _L	N	N	N	N	V _L	N	N	N	N		
24	0.61	0.075	0.29	0.60	1.05	1.65	0.32	0.491	2.58	1.29	1.93	2.64	1.30	1.97	2.82	1.34	2.08	3.24	1.42	2.38	0.30	3.64	1.82	2.58	3.73	1.65	2.64	4.04	1.95	2.66	4.74	2.17	3.32	1.01	1.20	1.24	1.39	1.70	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97
30	0.76	0.09	0.31	0.75	1.25	1.85	0.33	0.581	3.26	1.63	3.20	3.32	1.64	3.25	3.56	1.70	3.47	4.08	1.78	3.94	0.38	4.58	2.29	4.26	4.69	2.32	4.36	5.09	2.45	4.70	5.95	2.72	5.44	1.26	1.50	1.55	1.73	2.12	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82
36	0.91	0.10	0.29	0.90	1.40	2.00	0.33	0.662	3.82	1.91	4.63	3.90	1.93	4.72	4.16	1.98	5.03	4.80	2.10	5.71	0.46	5.40	2.70	6.17	5.53	2.74	6.30	6.00	2.89	6.80	7.03	3.21	7.89	1.51	1.80	1.86	2.08	2.56	2.69	3.20	3.31	3.70	4.53
42	1.07	0.115	0.30	1.05	1.60	2.20	0.33	0.745	4.54	2.27	6.77	4.64	2.29	6.91	4.96	2.35	7.38	5.70	2.49	8.35	0.54	6.38	3.19	8.93	6.54	3.24	9.13	7.10	3.41	9.86	8.30	3.79	11.39	1.76	2.10	2.17	2.42	2.97	3.11	3.70	3.83	4.27	5.23
48	1.22	0.125	0.28	1.20	1.75	2.35	0.33	0.822	5.11	2.55	8.98	5.22	2.58	9.17	5.60	2.65	9.77	6.42	2.81	11.08	0.61	7.19	3.59	11.80	7.37	3.65	12.07	8.00	3.84	13.00	9.36	4.27	15.05	2.02	2.40	2.48	2.77	3.39	3.61	4.30	4.45	4.97	6.08
54	1.37	0.14	0.30	1.35	1.95	2.55	0.33	0.906	5.82	2.91	12.14	5.94	2.93	12.36	6.36	3.01	13.14	7.30	3.19	14.92	0.68	8.14	4.07	15.82	8.35	4.14	16.19	9.06	4.36	17.44	10.60	4.84	20.16	2.27	2.70	2.80	3.12	3.82	4.03	4.80	4.97	5.54	6.79
60	1.52	0.15	0.28	1.55	2.10	2.70	0.34	1.008	6.36	3.18	15.65	6.48	3.20	15.90	6.96	3.29	16.96	7.98	3.49	19.21	0.76	8.94	4.47	20.43	9.16	4.54	20.88	9.94	4.78	22.49	11.63	5.32	25.99	2.52	3.00	3.11	3.46	4.24	4.45	5.30	5.49	6.12	7.50