



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE
PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS
BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Douglas Benjamín Estrada Pérez

Asesorado por el Ing. Óscar Argueta Hernández

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE
PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS
BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DOUGLAS BENJAMÍN ESTRADA PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. ÓSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Avila
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 Y DISEÑO
DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL
DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de octubre de 2010.


Douglas Benjamín Estrada Pérez



Guatemala, 19 de octubre de 2011
REF.EPS.DOC.1373.10.11

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Douglas Benjamín Estrada Pérez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200313423**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
OAH/ra



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



Guatemala,
27 de octubre de 2011

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 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Benjamín Estrada Pérez, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

bbdeb.



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



Guatemala,
23 de noviembre de 2011

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 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Benjamín Estrada Pérez, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



Guatemala, 24 de enero de 2012
Ref.EPS.D.47.01.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Douglas Benjamín Estrada Pérez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Douglas Benjamín Estrada Pérez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2012

/bbdeb.



DTG. 118.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE LA ALDEA MESILLAS BAJAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Douglas Benjamín Estrada Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 9 de marzo de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Ser Supremo y Divino que me brindó la vida, la oportunidad y capacidades para alcanzar este triunfo.
- Mis padres** Luis Manuel de Jesús Estrada Ronquillo y Magda Emperatriz Pérez de Estrada, por su amor, ayuda, consejos y apoyo que me han brindado incondicionalmente en cada momento de mi vida.
- Mis hermanas** Magda Esther Estrada Pérez, Moriah Emperatriz Estrada Pérez y Cesia Abigail Estrada Pérez, por su amistad, amor, y apoyo brindado siempre.
- Mi abuela materna** Luz Eluvia Pérez, por ser mi segunda madre, por todo su amor y cariño, oraciones, apoyo brindado siempre.
- Mi abuelo paterno** Manuel Estrada Ciudad Real, por su cariño, consejos y apoyo brindado.

Mis tías

Johana Rodas, Norma Rodas y María Rodas, con mucho aprecio, por su cariño y apoyo incondicional brindado en cada momento de mi vida.

Mis amigos y compañeros de estudio

A todos sin excepción alguna, por su valiosa amistad, ayuda y apoyo brindado siempre y durante el tiempo de estudios.

Mi país

Guatemala, hermosa tierra del quetzal que me vio nacer y crecer, que este logro contribuya a engrandecerla aún más.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ingeniero Oscar
Argueta Hernández**

Por su valiosa ayuda en el transcurso del EPS y asesoría en el trabajo de graduación.

**Municipalidad de
Amatitlán**

Por brindarme la oportunidad de realizar mi EPS en tan bello municipio como lo es Amatitlán, especialmente a la OMP de la municipalidad, a todas las personas que fueron mis compañeros por su buen recibimiento, amistad y apoyo, especialmente a la Arq. Ana María López y la Inga. Ligia Del Cid por la confianza, apoyo brindado y conocimientos compartidos durante mi periodo de EPS.

A todos aquellos que, de una u otra forma, colaboraron en la realización del presente trabajo. Que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Amatlán	1
1.1.1. Aspectos generales.....	1
1.1.2. Localización	2
1.1.3. Ubicación geográfica.....	3
1.1.4. Aspectos topográficos	4
1.1.5. Vías de acceso.....	4
1.1.6. Clima.....	5
1.1.7. Colindancias.....	5
1.1.8. Demografía	6
1.1.9. Población	6
1.1.10. Distribución de viviendas	7
1.1.11. Tipología de viviendas	7
1.1.12. Idioma	8
1.1.13. Aspectos económicos	8
1.1.14. Servicios existentes	11
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea mesillas bajas.	14

1.2.1.	Descripción de las necesidades	15
1.2.2.	Priorización de las necesidades	15
2.	DISEÑO DE SISTEMA SANITARIO.....	17
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Mesillas Bajas, del municipio de Amatitlan, departamento de Guatemala.....	17
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	17
2.1.2.	Levantamiento topográfico.....	17
2.1.2.1.	Altimetría.....	18
2.1.2.2.	Planimetría.....	19
2.1.3.	Diseño del sistema	19
2.1.4.	Descripción del sistema a utilizar.....	21
2.1.4.1.	Período de diseño.....	21
2.1.4.2.	Población de diseño.....	21
2.1.4.3.	Dotación.....	22
2.1.4.4.	Factor de retorno	22
2.1.4.5.	Factor de flujo instantáneo.....	23
2.1.4.6.	Caudal sanitario	23
2.1.4.6.1.	Caudal domiciliar	24
2.1.4.6.2.	Caudal de infiltración	24
2.1.4.6.3.	Caudal de conexiones ilícitas ...	25
2.1.4.6.4.	Caudal comercial e industrial ...	25
2.1.4.6.5.	Factor de caudal medio	26
2.1.4.7.	Caudal de diseño	26
2.1.4.8.	Selección de tipo de tubería	27
2.1.4.9.	Diseño de secciones y pendientes.....	27
2.1.4.10.	Velocidades máximas y mínimas.....	28
2.1.4.11.	Cotas invert.....	28

2.1.4.12.	Diámetro de tubería.....	31
2.1.4.13.	Pozos de visita	32
2.1.4.14.	Conexiones domiciliarias	33
2.1.4.15.	Profundidad de tubería	34
2.1.4.16.	Principios hidráulicos.....	35
2.1.5.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario.....	36
2.1.6.	Diseño de fosa séptica	40
2.1.7.	Dimensionamiento de pozos de absorción.....	60
2.1.8.	Planos	64
2.1.9.	Presupuesto del proyecto.....	64
2.1.10.	Evaluación del impacto ambiental.....	78
2.1.11.	Evaluación socio-económica.....	81
2.1.11.1.	Valor presente neto (VPN)	81
2.1.11.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	82
3.	DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN.....	85
3.1.	Diseño de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas, del municipio de Amatitlan, departamento de Guatemala	85
3.1.1.	Descripción de proyecto.....	85
3.1.2.	Estudios topográficos	86
3.1.3.	Levantamiento topográfico	86
3.1.3.1.	Altimetría	86
3.1.3.2.	Planimetría	87
3.1.4.	Consideraciones de diseño	87
3.1.4.1.	Ubicación y localización de tramo carretero... ..	87
3.1.4.2.	Aspecto del camino existente.....	88
3.1.4.3.	Factores de diseño.....	88
3.1.5.	Estudio de suelos	92

3.1.5.1.	Ensayo de laboratorio	93
3.1.5.2.	Análisis de resultados	99
3.1.6.	Diseño de pavimento	99
3.1.6.1.	Pavimento rígido	100
3.1.6.2.	Componentes estructurales	101
3.1.6.3.	Capa de rodadura	101
3.1.6.4.	Base.....	101
3.1.6.5.	Sub-rasante	102
3.1.6.6.	Bombeo	103
3.1.7.	Parámetros de diseño.....	104
3.1.7.1.	Periodo de diseño	104
3.1.7.2.	Diseño de la base	104
3.1.7.3.	Diseño de espesor de pavimento.....	104
3.1.7.4.	Tipos de juntas.....	111
3.1.8.	Estructura final del pavimento.....	113
3.1.9.	Diseño de mezcla de concreto.....	113
3.1.10.	Conformación y curado del concreto	119
3.1.11.	Elaboración de planos finales	120
3.1.12.	Evaluación de impacto ambiental	120
3.1.13.	Obras de protección	122
3.1.14.	Alineamiento horizontal y vertical	130
3.1.15.	Movimiento de tierra	138
3.1.16.	Elaboración de presupuesto	144
CONCLUSIONES.....		157
RECOMENDACIONES		159
BIBLIOGRAFÍA.....		161
APÉNDICES.....		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de aldea Mesillas Bajas, municipio de Amatitlán	3
2.	Cotas invert en pozos de visita.....	29
3.	Pozo de visita	32
4.	Esquema de conexiones domiciliarias	34
5.	Profundidad de tubería	35
6.	Planta de losa.....	44
7.	Diagrama de momentos	54
8.	Corte de viga de refuerzo	56
9.	Diagrama de corte de viga	58
10.	Sección típica	100
11.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	107
12.	Esquema de juntas en un pavimento	112
13.	Relación de ancho y altura de cuneta	127
14.	Elementos de la curva circular	131
15.	Elementos de curvas verticales.....	135
16.	Comportamiento del material de corte, suelto y relleno	139
17.	Factor de movimiento de tierra.....	140

TABLAS

I.	Parámetros de diseño	36
II.	Coeficiente de absorción del terreno para pozos	63
III.	Días de asueto y feriado.....	65

IV.	Días pagados no trabajados	65
V.	Calculo de días hábiles.....	66
VI.	Cálculo de porcentaje	66
VII.	Unitario de replanteo topográfico	67
VIII.	Unitario de excavación	68
IX.	Unitario de relleno.....	69
X.	Unitario de instalación de tubería	70
XI.	Unitario de conexiones domiciliarias	71
XII.	Unitario de pozos de 1,50 m.....	72
XIII.	Unitario de pozos de 2,00 m.....	73
XIV.	Unitario de pozos de 2,50 m.....	74
XV.	Unitario de pozos de 3,00 m.....	75
XVI.	Unitario de pozos de 4,00 m.....	76
XVII.	Presupuesto de sistema de drenaje sanitario.....	77
XVIII.	Matriz de Leopold para sistema de alcantarillado.....	80
XIX.	Valores típicos de resistencia de suelos.....	89
XX.	Tabla de crecimiento anual y periodo de 20 años	91
XXI.	Características de los suelos.....	97
XXII.	Clasificación de material según partículas.....	98
XXIII.	Calidad de sub-rasante en función del C.B.R.....	103
XXIV.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	106
XXV.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción	108
XXVI.	TTPD permisible, categoría de carga por eje No. 1.....	110
XXVII.	Asentamiento según estructura	115
XXVIII.	Relación agua – asentamiento	116
XXIX.	Relación agua- cemento.....	117
XXX.	Porcentaje de agregado fino.....	118
XXXI.	Matriz de Leopold de impacto ambiental de pavimentación	121
XXXII.	Coeficiente de escorrentía	124

XXXIII.	Tiempo de concentración	125
XXXIV.	Coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto	128
XXXV.	Datos de curvas horizontales	134
XXXVI.	Valores de K para velocidad de diseño	136
XXXVII.	Cálculo de elementos de curva vertical.....	137
XXXVIII.	Cálculo de volumen de acarreo	141
XXXIX.	Integración de unitarios de replanteo topográfico	145
XL.	Integración de unitario excavación no clasificada	146
XLI.	Integración de unitario excavación no clasificada de desperdicio ..	147
XLII.	Integración de unitario de sub-rasante.....	148
XLIII.	Integración de unitario de base de 10 cm	149
XLIV.	Integración de unitario de carpeta de rodadura	150
XLV.	Integración de unitario de cuneta	151
XLVI.	Integración de unitario de tubería transversal	152
XLVII.	Integración de unitarios de caja de caudales mampostería	153
XLVIII.	Integración de unitarios de sello de juntas	154
XLIX.	Integración de unitarios de acarreo.....	155
L.	Presupuesto de diseño de pavimento	156

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura entre cauce
A	Área
cm	Centímetro
D	Diámetro hidráulico
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura).
S	Espaciamiento entre juntas
F	Factor de fricción
Hop	Humedad óptima
IP.	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
km.	Kilómetro

kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo sobre centímetro cúbico
kg/m³	Kilogramo sobre metro cúbico
lb	Libra
lb/pe³	Libra sobre pie cúbico
ML	Ligera plasticidad de un suelo
LL.	Límite líquido
LP.	Límite plástico
L	Longitud de cauce
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	metros cúbicos por segundo
mm	Milímetro
mmh	Milímetros por hora

min	Minutos
K	Módulo de reacción de sub- rasante
Mr	Módulo de ruptura del concreto
US\$	Moneda dólar de Estados Unidos de América
Q.	Moneda quetzal de Guatemala
π	Número Pi, 3.141592654
PNH	Peso neto húmedo
PNS	Peso neto seco
PUH	Peso unitario húmedo
PUS	Peso unitario seco
pie³	Pie cúbico
%	Porcentaje
$\%$	Porcentaje de humedad

<i>f'c</i>	Resistencia a la compresión del concreto
TPPA	Tránsito pesado promedio anual
TPPD	Tránsito pesado promedio diario
$\frac{3}{4}$"	Tres cuartos de pulgada
Ha	Unidad de medida de hectárea.

GLOSARIO

AASHTO	<i>American Association of Highways and Transportation Officials.</i>
Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.
Arena	Partículas de suelo de diámetro entre 0,074 y 4,76 mm.
Arcilla	Partículas de suelo de diámetro menor de 0,002 mm.
Agregado	Materiales inertes de determinadas características que conforman el concreto, excluyendo el agua.
Agregado fino	Agregado del concreto que sus partículas tienen un diámetro entre 0,074 y 4,76 mm. (Arena)
Agregado grueso	Agregado que sus partículas tienen un diámetro que varía entre 4,77 y 19,10 mm. Normalmente es llamado pedrín o grava.
Asentamiento	Es el descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.

Abrasió	Es el desgaste producido a un material por acción de fricción.
Aforo vehicular	Método estadístico que tiene como finalidad la determinación del número de vehículos que transitan en un lugar determinado durante un tiempo estimado.
Aguas negras	El agua que se desecha, después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la sub-base.
Bombeo	Pendiente transversal descendente de la corona o sub corona, a partir de su eje o línea central, hacia ambos lados en tangente horizontal
CA	Carretera interamericana
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

Caudal	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo m ³ /s o l/s).
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
Concreto	Mezcla de materiales inertes, cemento y agua.
Cota invert	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
CBR.	Por sus iniciales <i>California Bearing Ratio</i> , ensayo de laboratorio utilizado para determinar la resistencia de corte de un suelo en condiciones de compactación y humedad.
Compactación	Densificación suelo por medios mecánicos, con el objetivo de mejorar resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad, como consecuencia del proceso de densificación del suelo.
Curado del concreto	Mantener en condiciones adecuadas de humedad y temperatura al concreto durante el proceso de fraguado para obtener un concreto endurecido con características de resistencia deseadas.

Costo directo	Costo de un trabajo en el cual están incluidos los gastos por materiales y de mano de obra.
Costo indirecto	Costo económico en el cual están incluidos los gastos administrativos, impuestos, imprevistos y utilidad que se tenga que cubrir en el proyecto.
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir que reacciona y fragua con agua, utilizado en el concreto y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
COCODE	Consejo comunitario de desarrollo.
Densidad	Relación entre la masa de un material y el volumen.
Desógar	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
DGC	Especificaciones generales para el diseño geométrico de carreteras
Estabilizació de suelo	Método utilizado para mejorar las características mecánicas de un suelo.
Escala	Proporción entre la realidad y lo representado en un dibujo o relieve.

Faguado del concreto	Es el cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.
Endició	Colocado del concreto en la formaleta o lugar donde será construido.
Granulometría	Estudia la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos así como la distribución de dichas partículas en el mismo suelo.
INE	Instituto nacional de estadística de Guatemala.
Junta	Pequeño corte en las estructuras para contrarrestar los efectos de cambios en la temperatura y humedad.
Losa	Estructura plana de concreto con grosor específico, utilizada para soportar cargas verticales.
Material selecto	Material que cumple con propiedades mecánicas establecidas en los parámetros del diseño.
Nivelación	Término general que se aplica a cualquiera de los diversos procedimientos altimétricos por medio de los cuales se determinan elevaciones o niveles de puntos determinados.

Pavimento	Estructura vial destinada para soportar y transmitir las cargas de tránsito así como permitir un tránsito seguro.
PCA	<i>Portland Cement Association</i>
Superficie de rodadura	Capa que se construye sobre la base o sub-base y que está libre al tránsito.
Tamiz	Red con aberturas de distinto tamaño utilizada para separar las partículas de un material en el estudio granulométrico.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), tiene como principal objetivo el identificar y proponer la solución más adecuada a las necesidades que presenten las comunidades de Amatitlán, departamento de Guatemala.

El trabajo de graduación está dividido en tres partes, la primera parte el estudio y análisis general del municipio de Amatitlán, en esta se hace una descripción de Amatitlán sobre sus actividades económicas, clima, datos de la población y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos que afectan a Amatitlán.

El capítulo dos comprende el estudio técnico del diseño de sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Mesillas Bajas, describiendo los conceptos y detallando los cálculos y formulas que conlleva el diseño de un proyecto de este tipo.

El tercer capítulo, consta del diseño de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas, dicho proyecto fue seleccionado y diseñado en base al diagnóstico en conjunto con la municipalidad y la población beneficiada.

Para el diseño del pavimento anteriormente descrito se realizaron levantamientos topográficos, estudios de suelo y visitas al lugar, el pavimento fue diseñado con el método simplificado de la PCA, siendo todo el diseño basado en normas AASHTO y normas del RGC-2001.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Mesillas Bajas, y diseño del pavimento rígido para la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre los problemas de infraestructura y las necesidades de servicios básicos existentes en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.
2. Desarrollar dos proyectos completos que contengan juegos de planos, que detallen la cantidad, características y las dimensiones del sistema de alcantarillado sanitario, y diseño de pavimento rígido para la aldea Mesillas Bajas, que contribuirá a mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que en muchas comunidades de Guatemala sufre carencias de servicios básicos y de infraestructura, el presente trabajo de graduación es una contribución a la problemática de las aldeas del municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala.

Se integra por dos proyectos: el primero es el diseño de sistema de alcantarillado y el segundo es el diseño de pavimentación de la carretera de acceso principal, para la aldea Mesillas Bajas.

El diseño de los dos proyectos comprende de varios estudios previos al diseño de los mismos, dichos estudios abarcan desde estudios previos de topografía, suelos y datos poblacionales para poder realizar un diseño con especificaciones técnicas de diseño y construcción, esto se hace pensando en el desarrollo de la aldea y así mismo al municipio de Amatitlán.

Con el alcantarillado sanitario se tiene la eliminación de aguas residuales, que fluyen sobre la superficie del suelo, eliminando con esto la posibilidad de contaminación y proliferación de enfermedades.

También se diseñara un pavimento rígido cuyo objetivo es brindar a la población una mejor comunicación, seguridad y comodidad a la hora de transitar de un lugar a otro.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Amatitlán

Amatitlan posee una trayectoria histórica y recursos que son factibles de ser explotados para el progreso socio-económico de dicho municipio.

1.1.1. Aspectos generales

Se considera el 24 de junio de 1549 como la fecha de fundación de San Juan Amatitlán, durante el mandato del presidente Alonzo López de Cerrato.

- Durante la colonia, formó parte de la quinta provincia integrada por Sacatepéquez y los Amatitanes. Por real cédula del 20 de mayo de 1680 fue elevado a la categoría de Villa.
- Después de la Independencia, por decreto legislativo del 28 de agosto de 1835 se le otorgó la categoría de ciudad y por un período de aproximadamente cuatro años llegó a ser capital del estado de Guatemala, hasta que por acuerdo gubernativo del 31 de mayo de 1839 se resolvió que el mando del corregimiento de la capital lo reasumiera la Comandancia General.
- Por decreto legislativo 315 de 6 de noviembre de 1839, Amatitlán, Palín, Petapa, Santa Inés Petapa (Villa Canales) y Villa Nueva, así como los lugares anexos a dichas poblaciones, se integraron en el Distrito Independiente de Amatitlán. El acuerdo gubernativo del 8 de mayo de

1866 dispuso que al entonces conocido como corregimiento de Amatitlán se le otorgó la categoría de Departamento, el cual tuvo vigencia durante 69 años.

- Por decreto legislativo 2081 del 29 de abril de 1935, durante el gobierno del General Jorge Ubico, se suprimió el Departamento de Amatitlán y se agregó como municipio al Departamento de Guatemala, del cual forma parte actualmente.

Amatitlán, es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala, tiene una extensión territorial de 204 Kilómetros cuadrados. Esta formado por una ciudad, catorce aldeas y trece caseríos.¹

1.1.2. Localización

El municipio de Amatitlán está ubicado en la parte sur del departamento de Guatemala, a 28 kilómetros de la ciudad capital (distancia entre parques centrales).²

Los proyectos de drenaje y pavimento se realizaran en la aldea Mesillas Bajas la cual se ubica a 14 Km. del casco urbano de Amatitlán.³

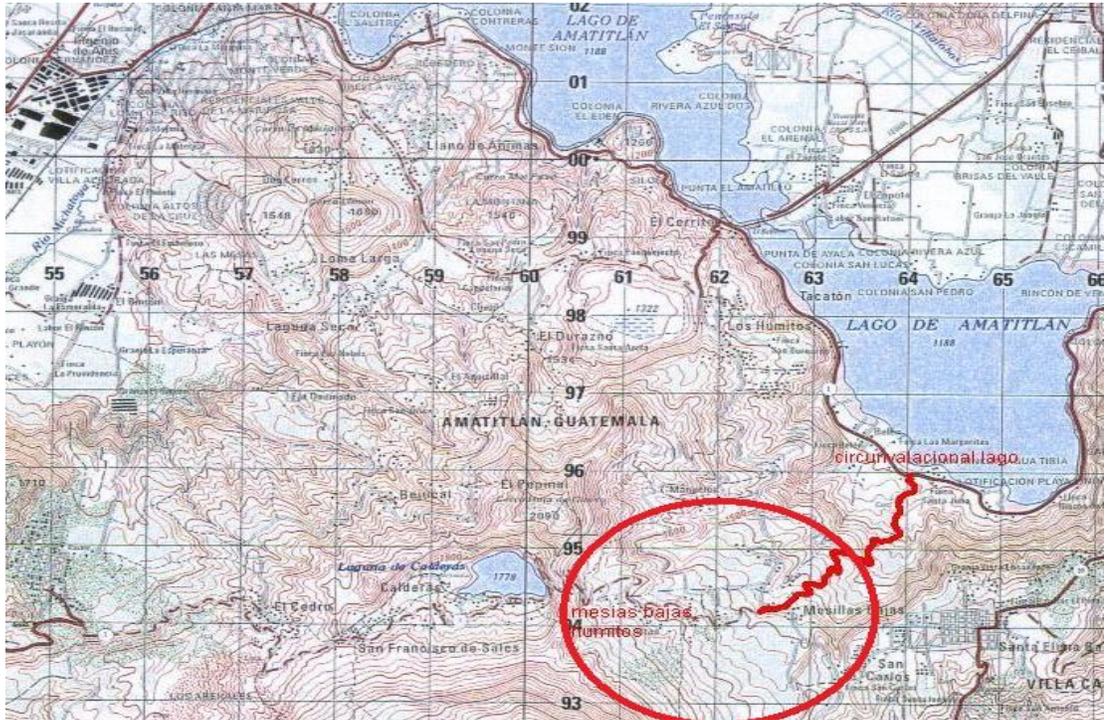
Vea figura 1.

¹ Monografía del municipio de Amatitlán, obra no publicada. Año 2003. p. 4.

² Monografía del municipio de Amatitlán, obra no publicada. Año 2003. p. 5.

³ Municipalidad de Amatitlán. Diagnóstico Socio-ambiental del Municipio de Amatitlán de 2002. p. 12.

Figura 1. Localización de aldea Mesillas Bajas, municipio de Amatitlán



Fuente: Mapa proporcionado por la municipalidad de Amatitlán.

1.1.3. Ubicación geográfica

La aldea Mesillas Bajas se encuentra al oriente de Amatitlán, municipio del departamento de Guatemala, dicho departamento se ubica en el inferior del mapa geográfico de Guatemala. El departamento de Guatemala se ubica en la latitud $14^{\circ} 38' 29''$ y longitud $90^{\circ} 30' 47''$. Limita al Norte con los municipios de Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, al Sur con el municipio de Palín del departamento de Escuintla y Santa María de Jesús del departamento de Sacatepéquez, al Este, con los municipios de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla y Villa Canales del departamento de Guatemala, al

Oeste con el municipio Magdalena Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.⁴

1.1.4. Aspectos topográficos

El municipio de Amatitlán está situada a 1200 metros de altura sobre el nivel del mar, tiene una topografía irregular, quebrada en un 65%; con pequeños valles, el mayor de los cuales es ocupado por la cabecera municipal. Las alturas van desde 1150 hasta 2565 msnm.⁵

1.1.5. Vías de acceso

Existen, por lo menos, cuatro rutas de acceso:

- Autopista al Pacífico o Carretera CA-9
Carretera asfaltada de doble carril en ambas vías, comunica a Amatitlán con Villa Nueva (10 Kms) y Guatemala (28 Kms) hacia el norte, y con Palín (12 Kms) y Escuintla (30 Kms) hacia el sur.
- Carretera CA-2
Carretera asfaltada de un carril en ambas vías, también conocida como vuelta al lago o Circunvalación. Comunica a Amatitlán con Villa Canales, pasando por las aldeas El Cerrito y Tacatón.
- Carretera Vieja o del Pasamano
Prolongación de la Autopista CA-9, un carril asfaltado en ambas vías, 6 Kms. pasando por Parque Naciones Unidas.

⁴ Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2004.

⁵ Monografía del municipio de Amatitlán, obra no publicada. Año 2003. p. 5.

- Camino de la Barca

Carretera asfaltada estrecha de un carril en ambas vías, comunica Amatitlán con Villa Nueva, 7,5 Kms. entre parques centrales.⁶

1.1.6. Clima

El municipio de Amatitlán pertenece a la zona climática de meseta y altiplanos, actualmente no existe ninguna estación meteorológica cercana al municipio, se tienen registros de que la última estación estuvo durante los años de 1967 a 1989 con el nombre de Jardín mil Flores, siendo la más cercana la del INSIVUMEH.

El clima del municipio es templado con dos subtipos. Uno con verano acentuado y otro con invierno acentuado, la época lluviosa se marca de mayo a octubre y la seca de noviembre a abril.

Los vientos predominantes en el día son noreste, y en las madrugadas el viento sur, con temperaturas promedio de 26 a 30 grados centígrados.⁷

1.1.7. Colindancias

Norte: municipio de Villa Nueva y Sacatepéquez, Sur: Villa Canales, Este: Villa Canales y Lago de Amatitlán, Oeste: Alta Verapaz.⁸

⁶ Monografía del municipio de Amatitlán, obra no publicada. Año 2003. p. 30.

⁷ Dato proporcionado por INSIVUMEH.

⁸ http://www.inforpressca.com/municipal/mapas_web/guatemala/guatemala.php, [consulta: 13 de noviembre de 2010]

1.1.8. Demografía

Desde 1990 el crecimiento de la población de Amatitlán se ha visto influenciado por la migración y el surgimiento de diversos proyectos residenciales (lotificaciones y colonias). Según datos proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística), la población en el municipio de Amatitlán asciende a 82 870 habitantes, censo efectuado en el año 2002 a nivel nacional.

1.1.9. Población

Determinar actualmente el número de habitantes del municipio de Amatitlán es una tarea bastante compleja. Primero porque no existe un censo reciente o estudios confiables. A partir de 1980 el crecimiento de la población se ha visto influenciado por la migración de pobladores del interior del país hacia las proximidades de la capital, y el surgimiento de diversos proyectos residenciales. Tómese en cuenta, por ejemplo, que Guzmán Monasterio en su libro Amatitlán 432 hacía referencia a 25 colonias en 1981, mientras que un estudio reciente de Relaciones Públicas de la Municipalidad identifica 144 colonias en octubre 2002. En base con lo anterior, se estima un aproximado de 110 000 (ciento diez mil) habitantes, en 2002.⁹

Según datos proporcionados por el INE (Instituto Nacional de Estadística), la población en el municipio de Amatitlán asciende a 82 870 habitantes, censo efectuado en el 2002 a nivel nacional.

⁹ <http://www.amatitlan.gob.gt/monografia.html>, [consulta: 16 de agosto de 2010]

1.1.10. Distribución de viviendas

En el centro original de la ciudad de Amatlán (13 avenidas y 13 calles) se estiman 4250 unidades habitacionales, mientras que en las más de cien colonias y zonas residenciales que se localizan afuera de ese centro, pero dentro del límite urbano, se calculan 7250 unidades habitacionales. A partir de 1990 se incrementaron los proyectos habitacionales, tales como: Residenciales Valle de la Mariposa (2500 UH), Mi Ilusión I y II (1500 UH), Lomas del Capitán, Villas del Río y Santa Marta (500 UH), Santa Luisa (500 UH), Progreso I y II, Valle Verde II (500 UH).¹⁰

1.1.11. Tipología de viviendas

Mayoritariamente el tipo de construcción es de cimientos y soleras de cemento fundido, paredes de block, ladrillo o planchas prefabricadas, piso de cemento, granito o cerámico, techo de terraza de concreto fundido, electro malla o lámina de zinc.

En el área rural se calculan 5850 unidades habitacionales, incluyendo aldeas y caseríos. El tipo de construcción es más precario: las paredes pueden ser de block o de madera, piso de cemento o ladrillo, techo de lámina de zinc y en menor grado terraza de concreto fundido. Para todo el municipio se estiman 17 350 viviendas o unidades habitacionales.¹¹

¹⁰ Monografía del municipio de Amatlán, obra no publicada. Año 2003. p. 34.

¹¹ Dato proporcionado por la Oficina Municipal de Planificación.

1.1.12. Idioma

El idioma oficial es el español, pero en algunas aldeas, una mínima cantidad de pobladores habla *poqomam* y *kaqchikel*.¹²

1.1.13. Aspectos económicos

La principal actividad económica de los habitantes de Amatitlán ha variado con el paso de los años. Históricamente han tenido relevancia el cultivo de la grana para producción de cochinilla, el cultivo de la caña de azúcar, la pesca artesanal, la producción y el comercio de sal proveniente del lago.

Aún durante la primera parte del siglo XX, los amatitlanecos se dedicaban a la producción agropecuaria de subsistencia, oficios como albañilería y carpintería, comercio en pequeña escala, además de actividades relacionadas con la atención al turismo (venta de comidas y dulces típicos). Aproximadamente a partir de 1950 se establecieron industrias dedicadas a la producción de textiles, herramientas de mano, etiquetas, así como estructuras metálicas; sin embargo, entre 1975 y 1985, los movimientos obreros que exigían mejoras laborales provocaron la persecución de dirigentes sindicalistas y el cierre de fábricas.

La demanda de empleos superó la oferta de puestos de trabajo, actualmente la principal actividad de los amatitlanecos tienen que ver con emplearse en oficinas, empresas o industrias instaladas en la ciudad capital y otros lugares como Villa Nueva y Escuintla, hacia donde se transportan a bordo de buses extraurbanos o vehículos particulares; el viaje de ida en horario de

¹² <http://www.viajeaguatemala.com/Guatemala/105820293342.htm>. [consulta: 27 de Noviembre de 2010]

5:00 a 9:00 AM y el retorno entre 5:00 y 22:00 PM. Este diario desplazamiento, junto al de numerosos estudiantes que estudian en la capital, ha convertido a Amatitlán en una especie de “ciudad dormitorio”.¹³

- **Especies forestales**

Por sus características ambientales, en Amatitlán se encuentran presentes las especies forestales propias de la región central de Guatemala. Son características del lugar: Amatlé (*Ficus glabrata*), Timboque (*Tecoma stans*), Jacaranda, Falso Pimiento o Pimiento del Perú, Conacaste, Gravilea. Entre los árboles frutales podemos mencionar: cítricos, mango, guayaba, guanaba, acerola, nance, anona, caspirol, paternas, cushines, nísperos, matagusano, granada.

Como producto de la reforestación, a lo largo de muchos años, se han establecido lotes de pino, eucalipto, ciprés y casuarina, los cuales predominan en bosques artificiales como el del Parque Naciones Unidas.

- **Agricultura**

En el municipio de Amatitlán, como ocurre en la mayor parte del territorio nacional, la mayoría de agricultores se dedica al cultivo de maíz y frijol. Aunque también tiene importancia económica la producción de: café, tabaco, maní, tomate, chile, banano, plátano, jocote de corona y de piña, hortalizas y legumbres, naranja, limón, mandarina. Su producción agrícola satisface el consumo interno y algunos excedentes se destinan al comercio con otros municipios.

¹³ Monografía del municipio de Amatitlán, obra no publicada. Año 2003. p. 19.

- Ganadería

Existen pequeñas crianzas de bovinos, principalmente de razas lecheras: Holstein, Brown Swiss, Salmeco y cruces, en hatos generalmente no mayores de 50 cabezas. También hay crianzas de porcinos y granjas.

- Comercio

Otro aspecto para tomar en cuenta es que, a partir de 1990, se ha incrementado considerablemente el número de establecimientos comerciales, muchos de ellos sucursales o agencias de cadenas nacionales: Los Gauchitos, Dominos Pizza, Despensa Familiar, Superpan, Calzado Cobán, QueDely, Al Macarone, Pollo Campero, Calzado Magus.

El censo efectuado en noviembre de 2001, por la Oficina de Servicios Públicos de la Municipalidad, reportó un total de dos mil cuarenta y seis establecimientos comerciales (2046), de los cuales el 79% cuenta con registro municipal y el 21% no tiene registro. Los rubros más relevantes son: 43 abarroterías, 36 almacenes de electrodomésticos, 25 bares y restaurantes, 84 cafeterías, casetas, comedores y ventas de comida preparada, 32 farmacias, 22 ferreterías, 40 librerías, 26 molinos, 81 panaderías, pastelerías y ventas de pan, 54 peluquerías, barberías, salones de belleza y estética, 114 talleres mecánicos, 605 tiendas o pulperías, 162 tortillerías, 47 ventas de ropa usada.¹⁴

- Industrias y Agroindustrias

Establecidas en el municipio de Amatlán se encuentran veinte empresas industriales y agroindustriales, dedicadas al procesamiento o producción de: materiales para construcción, agroquímicos, semillas y follajes ornamentales, estufas, refrigeradoras y batería de cocina, pinturas, estructuras metálicas, materiales ornamentales, procesamiento de café en grano, químicos

¹⁴ Dato proporcionado por la Oficina Municipal de Planificación de Amatlán.

industriales. Debe hacerse mención de la presencia de cinco maquiladoras de ropa, dirigidas por empresarios asiáticos.¹⁵

1.1.14. Servicios existentes

La información sobre los servicios existentes que se describen a continuación fue proporcionada por la Oficina Municipal de Planificación de Amatitlán.

- Agua

El sistema municipal de agua para consumo humano abastece a 5855 usuarios de la ciudad de Amatitlán, para lo cual recurre a 8 pozos mecánicos y el manantial del Barretal.

Sin embargo, la tarifa actual de Q10,00/30 000 litros/mes no cubre los costos de operación del sistema. Por aparte, varias empresas particulares, por medio de pozos propios, abastecen a otros 3827 usuarios de diversas colonias de la ciudad, quienes pagan tarifas que oscilan entre los Q18,00 y los Q58,00, aunque reciben el servicio solo durante algunas horas.

Otros 1500 usuarios de varias aldeas son abastecidos por el sistema de agua rural que ellos mismos administran, pagando Q20,00 a Q24,00 mensuales, pero reciben el servicio durante varias horas una vez por semana. Otras fuentes de agua, empleadas por usuarios particulares, son: pozos artesanales, laguna Calderas, e incluso el lago de Amatitlán.

¹⁵ Dato proporcionado por la Oficina Municipal de Planificación de Amatitlán.

- Recolección de basura

El servicio municipal de recolección de basuras atiende a 1612 usuarios en la ciudad de Amatitlán, una vez por semana, con una tarifa de Q8,00/mes. Existen 3 empresas privadas que también se dedican a la recolección de basura en la ciudad, cobrando tarifas que van desde Q10,00 hasta Q20,00/mes.

- Energía Eléctrica

Es difícil tener un dato exacto de usuarios del servicio de energía eléctrica, pero es posible estimar que la cobertura en la ciudad de Amatitlán es al menos del 95%. Mientras que en las aldeas y caseríos puede oscilar entre el 60 y el 70 %. Por cierto, como dato histórico, vale la pena mencionar que fue en 1902 cuando se introdujo la energía eléctrica en la ciudad de Amatitlán.

- Cementerio

El uno de enero de 1852 fue inaugurado el cementerio general de Amatitlán, de acuerdo a los planos presentados por don Miguel Rivera. Contaba entonces con una capilla y cinco clases de sepultura a lo largo y ancho de cuatro manzanas de terreno, donadas por la municipalidad. En dicho terreno se construyeron mausoleos, nichos que circularon el cementerio, tramos de sepulturas, tramos de nichos, así como nichos para personas muy pobres.

Durante 150 años, en este cementerio han sido sepultadas las personas fallecidas del municipio de Amatitlán así como de otras poblaciones ubicadas al sur del departamento de Guatemala y al norte del departamento de Escuintla. De acuerdo a un reciente estudio, efectuado por los departamentos de Servicios Públicos y Relaciones Públicas de la Municipalidad, entre enero de 1976 y

agosto de 2002, han sido sepultadas once mil ochenta y una personas (11 081), incluyendo hombres y mujeres adultos, así como niñas y niños. El espacio físico se ha reducido considerablemente, dificultando la ubicación de nuevas sepulturas.

Por eso, la corporación municipal 2000-2004 adquirió en propiedad un terreno de una manzana para ampliación del cementerio. Se solicitó a la Dirección de Catastro de Bienes Inmuebles el correspondiente avalúo, además de los dictámenes de Salud Pública, y Contraloría General de Cuentas de la Nación; de esa manera, en absoluto cumplimiento de las leyes del país, se efectuó el proceso de compra-venta del mencionado terreno por un monto de un millón trescientos mil quetzales en varios pagos programados. Actualmente, la Unidad Técnica de la municipalidad se encarga del diseño y desarrollo de los planos de distribución de las distintas áreas destinadas para nichos y lotes para sepulturas, así como las áreas de servicios generales.

- Bienes Inmuebles

La oficina municipal del Impuesto Único Sobre Inmuebles –IUSI- reporta 14 117 propiedades inscritas, hasta el 11 de diciembre de 2001.

- Vivienda

Mayoritariamente el tipo de construcción es de cimientos y soleras de cemento fundido, paredes de block, ladrillo o planchas prefabricadas, piso de cemento, granito o cerámico, techo de terraza de concreto fundido, electro malla o lámina de zinc. En el área rural se calculan 5850 unidades habitacionales, incluyendo aldeas y caseríos. El tipo de construcción es más precario: las paredes pueden ser de block o de madera, piso de cemento o

ladrillo, techo de lámina de zinc y en menor grado terraza de concreto fundido. Para todo el municipio se estiman 17 350 viviendas o unidades habitacionales.

- Correos y Telégrafos

El 3 de mayo de 1868 se transmitieron los primeros mensajes telegráficos entre la ciudad de Amatitlán y la ciudad capital. El 15 de marzo de 1873 quedó establecido formalmente el servicio telegráfico entre dichas ciudades. Por Acuerdo Gubernativo del 25 de abril de 1918 fue adquirido un local para el funcionamiento de la Oficina de Correos y Telégrafos. Actualmente, la oficina de servicio telegráfico y postal de El Correo funciona en la 2ª avenida entre 7ª y 8ª calles del barrio San Antonio. Es oportuno comentar que el viejo sistema de postes, cables y código morse ha sido sustituido por mensajes electrónicos entre las agencias de El Correo en donde se imprime y son entregados al destinatario en un formato escrito sobre papel. Adicionalmente funcionan agencias de correos privados: King Express, y otras que brindan el servicio de mensajes, carga y encomienda.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Mesillas Bajas

La aldea Mesillas Bajas padece una serie de necesidades para continuar con su desarrollo tanto de servicios básicos como de infraestructura.

1.2.1. Descripción de las necesidades

En la aldea Mesillas Bajas, se determino las siguientes necesidades:

- Arreglo de salón comunal
- Mejoramiento del sistema de distribución de agua
- Asfalto de calle principal de acceso
- Mejoramiento de escuela
- Arreglo de alumbrado público
- Introducción de sistema de alcantarillado¹⁶

1.2.2. Priorización de las necesidades

La evaluación y priorización de las necesidades, se realizó por medio de entrevistas a los alcaldes auxiliares de las comunidades, además de tomar en cuenta la opinión de la directora de la Oficina Municipal de Planificación y se opto por lo siguiente:

Sistema de alcantarillado sanitario y diseño de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea mesillas bajas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, por las siguientes razones:

Los habitantes se ven obligados a utilizar letrinas y perforar pozos de absorción para desfogar las aguas residuales o evacuarlas hacia afuera. Este sector presenta gran cantidad de población infantil debido a que es un área rural, se considera el aumento de habitantes y por lo mismo, la cantidad de

¹⁶ Visita de campo y entrevistas informales a pobladores de la aldea. 17 mayo de 2010. a las 10:00 a 14:30

aguas servidas será mayor, afectando el ambiente que les rodea y poniendo en riesgo la salud de los habitantes del lugar.¹⁷

Así mismo la aldea Mesillas Bajas no cuenta con una carretera pavimentada que permita transitar de una forma fácil y cómoda a los habitantes de la población y aldeas vecinas. Por tal motivo los productos que los vecinos cosechan no pueden ser trasladados con facilidad al mercado, lo cual ocasiona pérdidas para los pobladores y no les permite mejorar sus condiciones de vida.¹⁸

Con la pavimentación de este tramo de carretera se beneficiará en forma directa a todos los pobladores de esta aldea, que en su mayoría se dedican a la agricultura y de forma indirecta a los pobladores de las aldeas y caseríos vecinos.

¹⁷ Visita de campo. 12 Y 14 mayo de 2010. a las 8:30 a 15:00 horas

¹⁸ Visita de campo y entrevistas informales a pobladores de la aldea. 17 mayo de 2010. a las 10:00 a 14:30

2. Diseño de drenaje sanitario

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Mesillas Bajas, del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala

Se diseñara un sistema de alcantarillado sanitario en la aldea Mesillas Bajas para desfogar las aguas residuales de los habitantes de esta aldea.

2.1.1. Descripción del proyecto

Consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario colector principal de 2148 metros, y 62 pozos de visita, el diseño se realizo de acuerdo a las especificaciones del INFOM-UNEPAR, la tubería a utilizar será PVC de un diámetro de 6" norma ASTM 3034. El diseño se realizo por sistema de gravedad, para ello se tomo las pendientes del terreno, cuidando que dichas pendientes no provoquen que las velocidades dentro de las alcantarillas estén fuera de especificaciones. El desfogue será a un terreno donde se construirá una planta de tratamiento, donde se realizara un tratamiento primario, construyendo fosas sépticas y pozos de absorción para el tratado de las aguas residuales.

2.1.2. Levantamiento topográfico

La topografía ha sido favorecida por los adelantos de la ciencia, con instrumentos y dispositivos que superan tanto en precisión como en rapidez a los sistemas tradicionales de medición, para lograrlo han combinado las técnicas más avanzadas en óptica y electrónica, y desarrollar los trabajos de

campo en forma más rápida y precisa (Distanciómetros, Estación Total, niveles electrónicos, niveles con rayo láser y GPS). Lo que ha permitido mejorar las técnicas de elaboración de planos (sistemas de autocad, civil cad, etc.)¹⁹

El levantamiento topográfico se realizó con estación total marca sokkia® el levantamiento consistió en una poligonal abierta para situar la línea central, radiando para tomar las cotas de todas la viviendas, calles principales, callejones, postes de luz, orilla de calle, cercos de terrenos, elevaciones y depresiones.

2.1.2.1. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía de superficie, que trata de los métodos de campo y gabinete, necesarios para obtener la posición altimétrica de puntos del terreno. (coordenada “z”)

A los puntos del terreno con posición altimétrica se refiere a elevaciones, alturas o cotas. Una elevación es una distancia vertical medida desde un plano horizontal hasta un punto o banco de nivel del terreno.²⁰

En este trabajo se realizó la nivelación usando una estación total marca sokkia® mediante el método taquimétrico, como cota de salida se fijo una arbitraria, entera de 1000 metros para no tener cotas negativas.

La libreta de campo obtenida en el levantamiento se descarga a una PC y se convierte en formato rpn, para después importar los puntos en el programa Land Desktop Companion® 2009.

¹⁹ Ing. Lucio Durán Celis, Apuntes de topografía, p. 4.

²⁰ Ing. Lucio Durán Celis, Apuntes de topografía, p. 58.

2.1.2.2. Planimetría

La distancia es lo que existe entre dos puntos cualesquiera, ubicados en un espacio tridimensional.

La medición de distancias es la base de toda la topografía, la distancia entre dos puntos significa su distancia horizontal. Si los puntos están a diferente elevación, su distancia es la longitud horizontal.²¹

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias. En este trabajo se realizó el levantamiento usando una estación total marca sokkia® aplicando el método de deflexiones.

2.1.3. Diseño del sistema

Según el tipo de caudal a drenar existen 3 tipos de alcantarillado, la selección de cada sistema, depende del estudio de diversos factores, como lo son topográficos, de funcionalidad y el económico.

En general y excepto razones especiales, en poblaciones que no cuenten con ningún sistema anterior al que se está diseñando, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.²²

²¹ Ing. Lucio Durán Celis, Apuntes de topografía, p. 9.

²² INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 17.

Los sistemas se diseñarán como sistemas por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos. Sin embargo en los casos en que sea indispensable que el sistema tenga en parte un sistema de bombeo se diseñarán los colectores como sistemas por gravedad con conductos parcialmente llenos hasta la fosa de succión del equipo de bombeo. La línea de descarga del equipo de bombeo se diseñará como conducto a presión.²³

- Alcantarillado sanitario: su fin es recoger y transportar las aguas servidas domiciliarias; residuos comerciales como restaurantes y aguas negras producidas por la industria, pero no ésta diseñado para las aguas provenientes de las lluvias.
- Alcantarillado pluvial: su fin es recoger únicamente las aguas de lluvia, que concurren al sistema por medio de tragantes, ya sea de acera o de rejilla.
- Alcantarillado combinado: en este sistema se trabaja con el caudal de los alcantarillados sanitario y pluvial, por lo que regularmente se requieren diámetros grades de colector principal.
- Alcantarillado separativo: este sistema se diseña para dos redes independientes tanto las aguas servidas como pluviales, es el sistema más eficiente, pero no es muy utilizado por motivos económicos, ya que se necesita de un colector principal para aguas servidas y otro para aguas pluviales, así como los pozos de visita para cada red.

²³ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p.17.

2.1.4. Descripción del sistema a utilizar

Se diseñara un sistema de alcantarillado sanitario para la ladea Mesillas Bajas. Las calles de esta aldea son de terracería, los caudales pluvia de techos y otras superficies, no serán incluidos.

2.1.4.1. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante el período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.²⁴

Para el diseño de este proyecto se optó un período de 30 años.

2.1.4.2. Población de diseño

Para el diseño del sistema de alcantarillado se hace necesario conocer la población que se va a servir, al inicio y al final de su período de vida.

En sistemas sanitarios combinados, la población que tributarán caudales en el sistema al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los siguientes métodos:

- Incremento geométrico.
- Incremento aritmético.
- Incremento o porcentaje decreciente.
- Proyección gráfica a ojo.²⁵

²⁴ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 17.

²⁵ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 17.

La tasa de crecimiento que se tomó es 3,92% aplicable al municipio de Amatitlán, según la municipalidad. La fórmula de crecimiento geométrico se expresa de la siguiente forma:

$$Pf = P0 * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

Pf= población futura

Po= población inicial

r= factor de crecimiento (tasa)

n= período de diseño (años)

2.1.4.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, para este proyecto por tratarse de una municipalidad de 2do orden, se utilizó 150 lts/hab/día según información de la municipalidad.

2.1.4.4. Factor de retorno

Es el porcentaje de agua que después de ser utilizada regresa al drenaje, este porcentaje oscila entre el 70% al 90%.²⁶

Para este diseño se adoptará un promedio de estos valores 80%.

²⁶ Samuel Eduardo Valiente Leiva, Diseño de la edificación de dos niveles para el mercado municipal no. 1 y sistema de alcantarillado sanitario para aldea Llano de Ánimas, municipio de Amatitlán, Guatemala, 2010. p. 111.

2.1.4.5. Factor de flujo instantáneo

Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia, regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Se calcula por medio de la fórmula de Harmond:

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

FH = Factor de Harmond

P = Población en miles de habitantes

2.1.4.6. Caudal sanitario

Es el cálculo de los diferentes tipos de caudales que componen el flujo de aguas negras, se efectúa con la aplicación de diferentes factores como: la población, dotación de agua potable por habitante por día, utilización del agua en las viviendas, usos del agua en el sector industrial y su dotación, usos de agua en el sector comercial y su dotación, estimación de las conexiones ilícitas, cantidad de agua que puede infiltrarse en el drenaje y las condiciones socioeconómicas de la población.²⁷

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de:

- Caudal máximo de origen doméstico.
- Caudal de infiltración.

²⁷ Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC, Tubos Flexibles, S.A. de C.V. p. 1.

- Caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos por error; por este concepto se agregará un 10 por ciento del caudal doméstico. Sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.²⁸

2.1.4.6.1. Caudal domiciliar

Aguas residuales que solo contienen los desechos de una comunidad, compuestas por aguas grises, provenientes de las tinajas y duchas, lavaplatos y otros similares. y aguas negras que son las que contienen excretas.²⁹

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{dom} = \frac{No.Habitantes * Dotación * F.R}{86\ 400}$$

2.1.4.6.2. Caudal de infiltración

El caudal aportado por agua de infiltración tendrá en cuenta, entre otros, la permeabilidad del terreno, la altura del nivel freático, si es que llega a alcanzar las tuberías, el tipo de tubería y juntas empleadas, la forma de unión de las conexiones domiciliarias y conexiones de la cámara de inspección, tomándose en consideración la posibilidad de fisuras y roturas de juntas debida a temblores de tierra.³⁰

²⁸INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 20.

²⁹Ingeniería sanitaria - alcantarillado de aguas residuales – diseño y calculo de redes. Proyecto de norma en consulta pública, Chile 1999. p. 2.

³⁰ Ingeniería sanitaria - alcantarillado de aguas residuales – diseño y calculo de redes. Proyecto de norma en consulta pública, Chile 1999. p. 8.

Para tuberías que quedarán sobre el nivel friático:

a.1) Tuberías de cemento: $q_i = 0,025 * \text{diámetro en pulgadas}$

a.2) Tuberías de PVC: $q_i = 0,01 * \text{diámetro en pulgadas}$

b) Para tuberías que quedarán bajo el nivel friático

a.1) Tuberías de cemento: $q_i = 0,15 * \text{diámetro en pulgadas}$

a.2) Tuberías de PVC: $q_i = 0,02 * \text{diámetro en pulgadas}$ ³¹

2.1.4.6.3. Caudal por conexiones ilícitas

Deben considerarse los aportes de aguas de lluvia al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias. La información existente en la localidad sobre conexiones erradas debe utilizarse en la estimación de los aportes correspondientes. En caso de que el área del proyecto no disponga de un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias, deben considerarse aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario a la red sanitaria.³²

El caudal ilícito se calcula con la siguiente fórmula:

$$q_{\text{ilic.}} = 0,10 * q_{\text{dom}}$$

2.1.4.6.4. Caudal comercial e industrial

El consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo y tamaño de la industria, y los aportes de aguas residuales varían con el grado de recirculación de aguas y los procesos de tratamiento. En consecuencia, los aportes de aguas

³¹ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 20.

³² Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales de la Urbanización Luz Amanda. Municipio de Guaranda – Departamento de Sucre. 2009, p. 26.

residuales industriales QI deben ser determinados para cada caso en particular, con base en consumos industriales y estimativos de ampliaciones y consumos futuros. En cada caso, debe considerarse la naturaleza de los residuos industriales, y su aceptación al sistema de alcantarillado.

Para zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales QC debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos diarios por persona, densidades de población en estas áreas y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico.³³

2.1.4.6.5. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se considera como la suma de los caudales domestico, de infiltración, por conexión ilícita, comercial e industrial dividido entre el número de habitantes a servir por tramo. Este factor según el INFOM debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005. Si da un valor menor se tomará 0,002, y si fuera mayor se tomará 0,005. Se calcula de la siguiente forma:

$$f_{Q_{medio}} = \frac{Q_{medio}}{No. HAb}$$

$$0,002 \leq f_{Q_{medio}} \leq 0,005$$

2.1.4.7. Caudal de diseño

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de:

- Caudal máximo de origen doméstico

³³ Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales de la Urbanización Luz Amanda. Municipio de Guaranda – Departamento de Sucre. 2009, p. 23.

- Caudal de infiltración
- Caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos por error; por este concepto se agregará un 10 por ciento del caudal doméstico. Sin embargo en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.³⁴

2.1.4.8. Selección del tipo de tubería

En México los alcantarillados, usando tubería de PVC, han tenido aplicaciones satisfactorias, en Europa y EE.UU., su uso es muy generalizado, ya que se aprovecharon las grandes ventajas que tiene este material tales como, resistencia química, hermeticidad, ligereza, impermeabilidad, pared interior lisa, larga vida útil, etc., lo cual permite a iguales condiciones de pendiente y diámetro, transportar un mayor gasto que las tuberías sucedáneas.

Tomando en cuenta las ventajas que ofrece la tubería PVC en cuanto a costo mayor paredes interiores más finas evitando la depositación o incrustación en la sección interior, mayor caudal para el mismo valor de diámetro exterior, ligereza que facilita transporte, manipulación e instalación, disminuyendo su coste, y es el más utilizado en la actualidad.³⁵

2.1.4.9. Diseño de secciones y pendientes

En general se usarán en el diseño secciones circulares de pvc, funcionando como canales.

³⁴ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 20.

³⁵ Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC, Tubos Flexibles, S.A. de C.V. p. 1.

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

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

En la cual:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = diámetro de la sección circular (metros)

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

n = coeficiente de rugosidad Manning o kutter

= 0,010 para tubos de pvc.³⁶

2.1.4.10. Velocidades máximas y mínimas

- La velocidad máxima con el caudal de diseño será de 2,50 m/seg.
- La velocidad mínima con el caudal de diseño será de 0,60 m/seg.³⁷

2.1.4.11. Cotas invert

Es la distancia vertical que existe entre la cota en la rasante del terreno y la cota inferior de la tubería, se debe verificar siempre que se asegure el recubrimiento mínimo necesario en la tubería. Para calcular la cota invert se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.³⁸

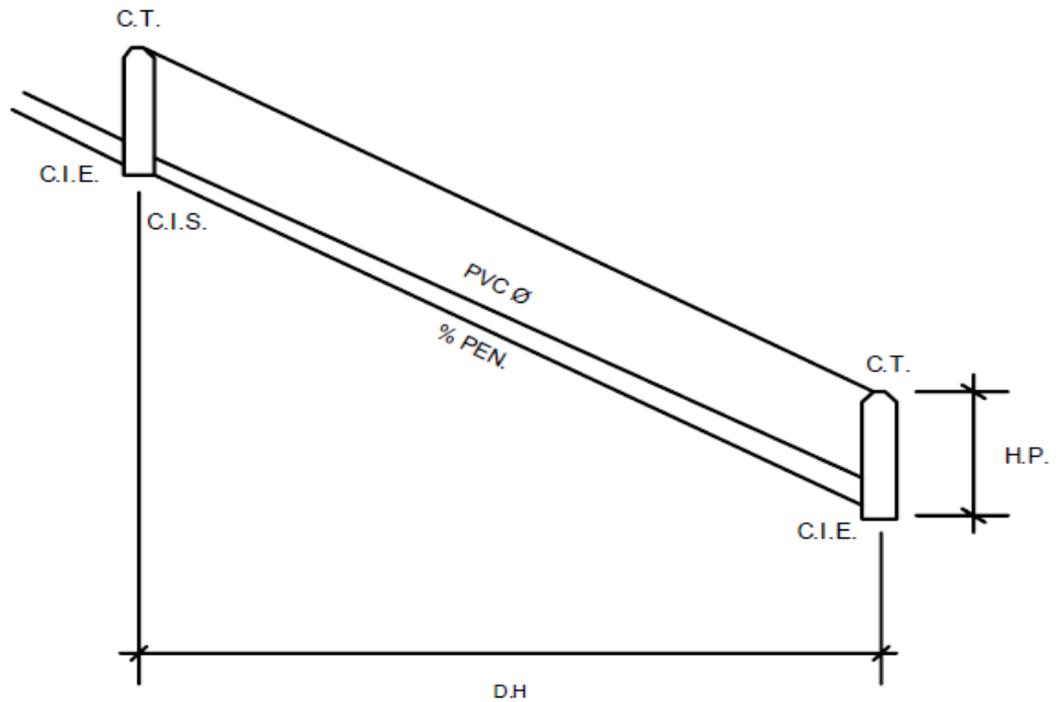
Vea figura 2.

³⁶ Anuario del Colegio de Ingenieros, Normas Generales para Diseño de Redes de Alcantarillado. 1987, p. 146.

³⁷ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 21.

³⁸ Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC, Tubos Flexibles, S.A. de C.V. p. 16.

Figura 2. Cotas invert en pozos de visita



Fuente: elaboración propia.

Es de importancia tomar en cuenta las siguientes reglas:

- La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y la que sale de un pozo de visita será como mínimo de 0,03 m.
- Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert, será como mínimo la diferencia de los diámetros.

- Siempre que la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale en el pozo de visita sea mayor de 0,70 m., deberá diseñarse un accesorio especial que encause el caudal con un mínimo de turbulencia.³⁹

Fórmula:

$$NTf = NTi - (D.H * Sterreno\%)$$

$$Sterreno\% = \frac{NTi - NTf}{D.H} * 100$$

$$CISinicial = NTi - (Htrafico + Etubo + \emptyset)$$

$$CIA tramo = CIE - 0,03 m$$

$$CIE = CIE - D.H * Stubo\%$$

$$Hpozo inicial = CTi - CIS - 0,15m$$

$$Hpozo final = CTf - CIE - 0,15m$$

Donde:

NTf= nivel o cota del terreno final

NTi= nivel o cota del terreno inicial

D.H.= distancia horizontal entre pozos de visita

S%= pendiente

CISinicial= cota invert de salida de tramo inicial

CIStramo= cota invert de salida de tramo de continuidad

CIE= cota invert de entrada

Hpozo inicial= altura de pozo de visita inicial

Hpozo final= altura de pozo de visita final

³⁹ Anuario del Colegio de Ingenieros, Normas Generales para Diseño de Redes de Alcantarillado, 1987, p. 146.

En este diseño se obtiene siete pozos de visita en los que la diferencia de la cota invert de entrada y cota invert de salida es mayor a 0,70 m, por lo que se diseñan pozos con disipadores de energía.

Los pozos con disipadores son PV-26, PV-27, PV-32, PV-34, PV-35, PV-37 Y PV-40, todos los demás pozos son típicos. El detalle de los pozos se detalla en los planos.

2.1.4.12. Diámetro de tubería

Las Normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8" en el caso de tubería de concreto y de 6" para tubería de PVC, esto si el sistema de drenaje es sanitario, se utilizan estos diámetros debido a requerimientos de limpieza, flujo y evitar obstrucciones. Para las conexiones domiciliarias, se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal.

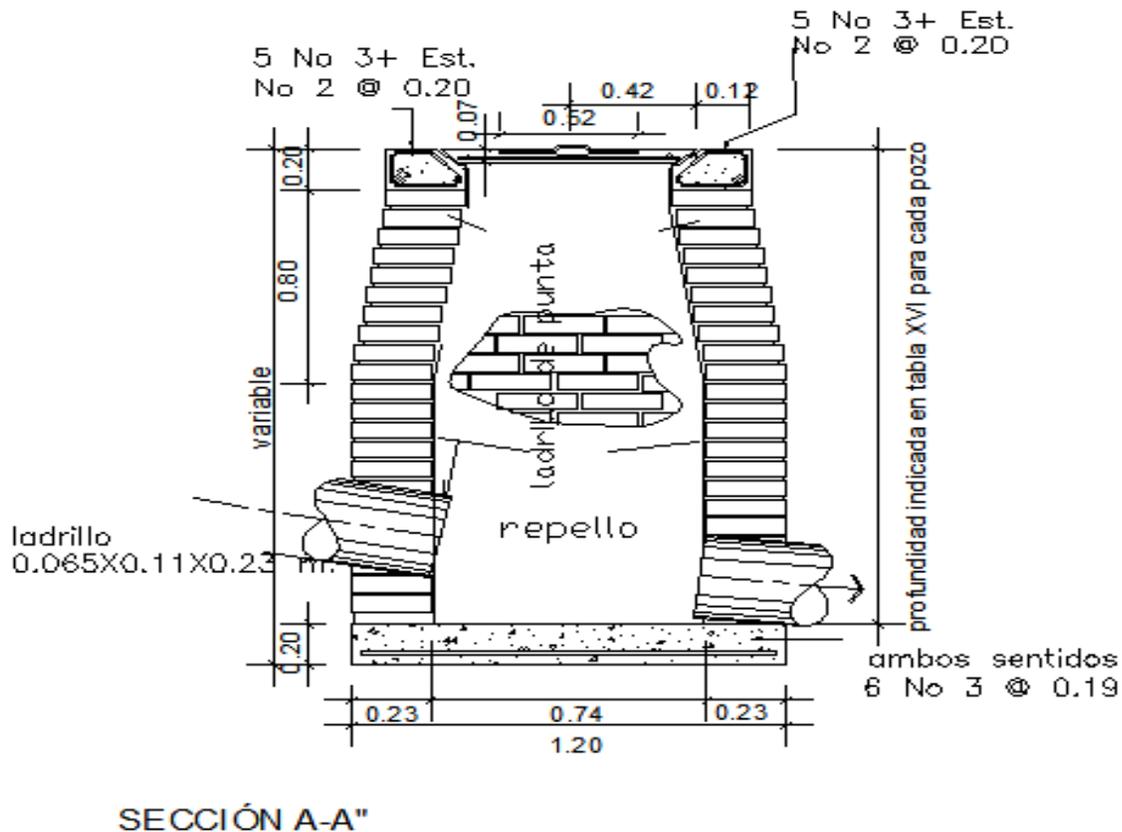
Para este diseño se propone tubería PVC, el diámetro mínimo que se va a utilizar para el proyecto es de 6" pulgadas para el colector principal, según la norma ASTM 3034, y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias, ya que con ese diámetro se cumple con los parámetros mínimos de diseño.

2.1.4.13. Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección y limpieza de las redes sanitarias. Se utilizan en: la unión de varias tuberías, en los cambios de diámetro, de dirección y de pendiente.⁴⁰

En la figura 3 se detalla el diseño de los pozo de visita tradicionales.

Figura 3. Pozo de visita



Fuente: elaboración propia.

⁴⁰ Manual para las Instalaciones de Agua Potable, Agua Tratada, Drenaje Sanitario y Drenaje Pluvial de los Fraccionamientos y Condominios de la Cd. De Querétaro, CEA, Querétaro. p. 18.

Se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetro menores de 24".
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24".
- A distancias no mayores de 300 m en diámetros superiores a 24".⁴¹

2.1.4.14. Conexiones domiciliarias

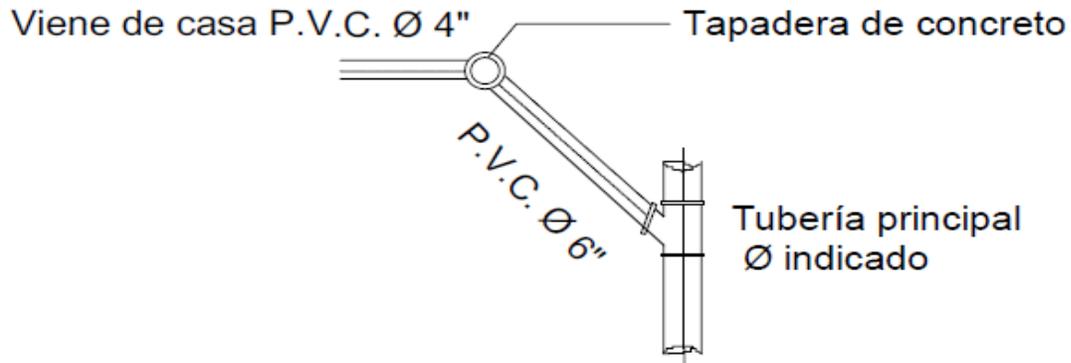
Tuberías usadas para conectar el sistema interno de desagüe de viviendas con el colector central, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC según norma ASTM 3034, usando en este último caso un reductor de 4" x 3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliario, la cual será un diámetro mínimo de 12".⁴²

Vea figura 4.

⁴¹ Anuario del Colegio de Ingenieros, Normas Generales para Diseño de Redes de Alcantarillado, 1987, p. 146.

⁴² INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 21.

Figura 4. **Esquema de conexiones domiciliarias**



Planta candela domiciliar

Escala 1/20

Fuente: elaboración propia.

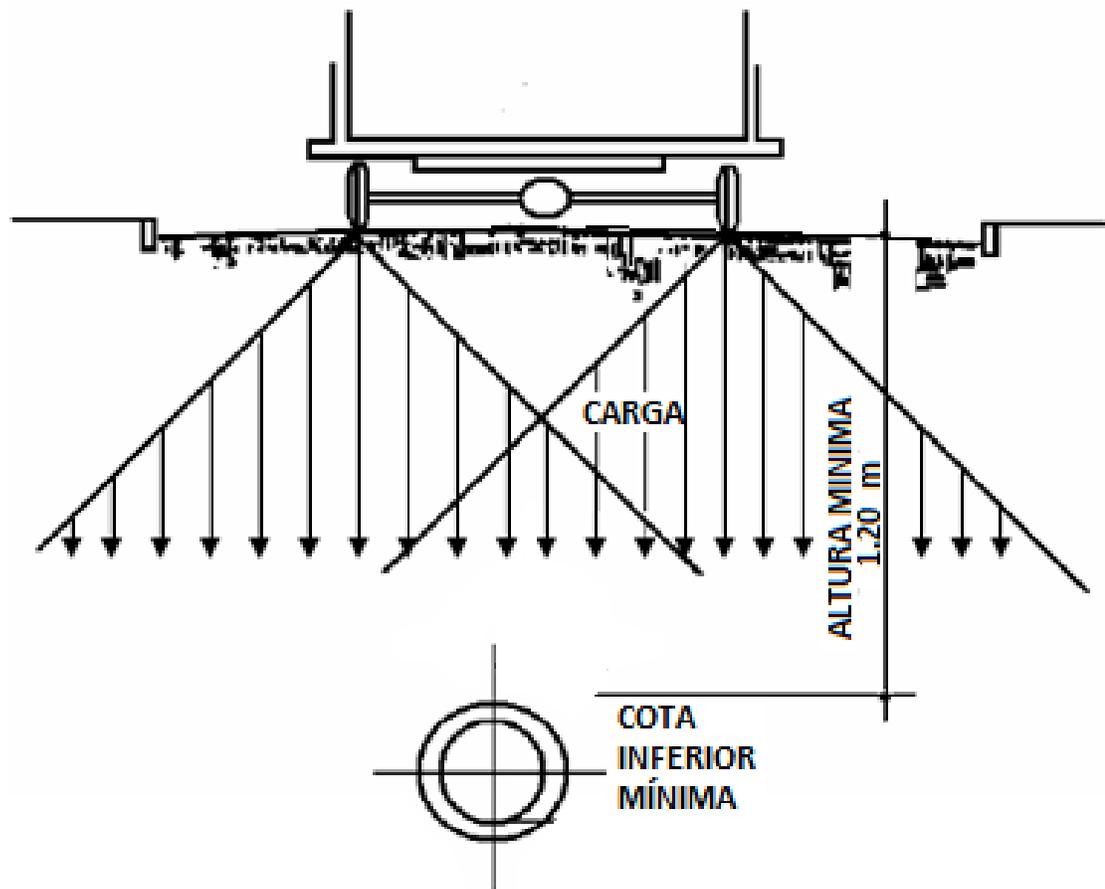
Para este proyecto se utilizó tubería PVC de 4" de diámetro norma ASTM 3034, así como silleta "Y" o "T" 6" x 4" ASTM 3034, para la candela se utilizó tubo de concreto de 12" de diámetro.

2.1.4.15. Profundidad de la tubería

- La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,20 metros como se muestra en la figura 5.
- Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de 3,00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar, sobre la principal para las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.⁴³

⁴³ INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001, p. 21.

Figura 5. Profundidad de tubería



Fuente: CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. Diseño de Pavimento Rígido de la Calzada principal al Municipio de El Progreso. p. 38.

2.1.4.16. Principios hidráulicos

La función de los sistemas de alcantarillados es transportar los desechos por medio de tuberías, en donde la superficie de agua está sometida a presión atmosférica y eventualmente sometida a presiones de gases que se produzcan en el sistema. El flujo se determina por la pendiente y la superficie del tubo con el que se realiza el diseño.

2.1.5. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se realizó de acuerdo a las normas del Instituto de Fomento Municipal INFOM. El diseño se realizó en el programa Autocad® Civil 3D Land Desktop Companion® 2009, con los parámetros de diseño que se presentan en la tabla I:

Tabla I. **Parámetros de diseño**

Alcantarillado sanitario de aldea Mesillas Bajas	
Periodo de diseño	30 años
Viviendas actuales	149 viviendas
Viviendas futuras	475 viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes/vivienda
Población actual	894 habitantes
Tasa de crecimiento	3,92%
Población futura	2850 habitantes
Dotación	150 lts/hab/día
Factor de retorno	80%
Velocidad de diseño	$0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$
Tipo de evacuación	Por gravedad
Colector principal	
Tipo y diámetro de tubería	PVC Ø 6" n = 0,010
Pendiente	variable cada tramo

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de diseño de un tramo

Como ejemplo se diseñará el tramo entre los pozos de visita PV-2 a PV-3 con los siguientes datos:

Características

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Distancia	84,39 mts.
Número de casas del tramo 2	Número de casas acumuladas: 8
Densidad de vivienda	6 hab. / Vivienda
Total de habitantes a servir	actuales: 48 futuros: 154
Dotación	150 lts/hab/día
Cotas del terreno	Inicial 1125,02 Final 1119,30

Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{NTi - NTf}{D. H} * 100$$

$$S = \frac{1125,02 - 1119,30}{84,39} * 100 = 6,77\%$$

Caudal medio

$$Q_{\text{medio}} = q_{\text{dom}} + q_{\text{ilic}} + q_{\text{inf}}$$

$$q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. hab}}{86400} * F. R$$

$$q_{\text{dom}} = \frac{150 * 154}{86400} * 0,8 = 0,214 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$q_{\text{ilic.}} = 0,10 * q_{\text{dom}}$$

$$q_{\text{ilic.}} = 0,10 * 0,214 = 0,0214$$

Por ser tubería PVC se tomara $q_{inf} = 0$

$$Q_{medio} = q_{dom} + q_{ilic} + q_{inf}$$

$$Q_{medio} = 0,214 + 0,014 + 0 = 0,2354 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

$$F_{qmed} = \frac{Q_{medio}}{\text{No. Hab}}$$

$$F_{qmed} = \frac{0,2354}{154} = 0,00153$$

- Como 0,00153 es menor que 0,0020 se toma $F_{qmed} = 0,002$

Factor de Harmond

$$F.H = \frac{18 + \sqrt[2]{P}}{4 + \sqrt[2]{P}}$$

$$F.H = \frac{18 + \sqrt[2]{0,154}}{\sqrt[2]{0,154}} = 4,19$$

Caudal de diseño $Q_{diseño} = F_{qm} * F.H * \text{No. Hab.}$

$$Q_{diseño} = 0,002 * 4,19 * 154 = 1,29 \text{ l/s}$$

Diámetro 6" (Tubo PVC)

Pendiente tubería 6,77 %

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0.3429 * (D)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$V = \frac{0,3429 * (6 * 0.0245)^{\frac{2}{3}} * 6,77^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 2,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Caudal a sección llena $Q_{\text{sección llena}} = A * V$

$$Q_{\text{sección llena}} = \frac{\pi}{4} (6 * 0,0254^2) * 2,5 * 1000 = 45,60 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Relación de caudales $q_{\text{dis}} / Q_{\text{sección llena}} = 1,29 / 45,60$

$$q_{\text{dis}} / Q_{\text{sección llena}} = 0,02828$$

Con la relación q/Q buscamos los siguientes datos:

Relación de velocidad $v/V = 0,4381$

Relación de tirante $d/D = 0,115$

Velocidad a sección parcial $v = V * v/V$

$$V = 2,5 * 0,4381 = 1,09 \text{ m/s}$$

Revisión de parámetros hidráulicos

- Caudales $q_{\text{dis}} < Q_{\text{sección llena}}$ $1,29 \text{ l/s} < 45,60 \text{ l/s}$ Cumple
- Velocidad $0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$ $0,6 \text{ m/s} \leq 1,09 \text{ m/s} \leq 3,00 \text{ m/s}$
Cumple
- Tirante $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ $0,10 \leq 0,115 \leq 0,75$ Cumple

Distancia horizontal efectiva

Diámetro del pozo: 1,20 m.

Grosor de paredes Ladrillo tayuyo 21*12,5*6,5

$DH_{efec.} = \text{distancia entre pozos} - ((\emptyset_{PV2} + \text{grosor paredes PV2})/2 + (\emptyset_{PV3} + \text{grosor paredes PV3})/2)$

$DH_{efec.} = 84,39 - ((1,2 + 0,46)/2 + (1,2 + 0,46)/2) = 82,73 \text{ m.}$

Cota invert de salida PV-2

$CIS_{PV2} = CIE_{PV2} - 0,03$

$CIS_{PV2} = 1122,36 - 0,03 = 1123,33$

Cota invert de salida PV-3

$CIE_{PV3} = CIS_{PV2} - (S_{tubería} \% * DH_{efec.})$

$CIE_{PV3} = 1117,32 - (0,0677 * 82,73) = 1112,12$

Profundidad pozo de visita PV-2

$H_{PV2} = CT_{PV2} - CIS_{PV2}$

$H_{PV2} = 1125,02 - 1123,33 = 1,69 \text{ m.}$

Profundidad pozo de visita PV-3

$H_{PV3} = CT_{PV3} - CIS_{PV3}$

$H_{PV3} = 1119,30 - 1117,69 = 1,61 \text{ m.}$

Los datos y resultados del cálculo para todos los ramales, realizado con el procedimiento anteriormente descrito, se presentan en las tablas XLII, y XLIII:

2.1.6. Diseño de fosa séptica

Al final del sistema de drenaje se construirá un pozo de visita, previsto para conectarse directamente a la planta de tratamiento. Previo a ello, se introducirá el efluente a una caja separadora de sólidos, componente propio del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Un sistema séptico convencional que fluye por gravedad consiste en una serie de tanques o un tanque con compartimientos, seguido por un sistema de distribución. Los tanques sépticos son utilizados para asentar los sólidos y tratar parcialmente las aguas negras antes de que lleguen al sistema de distribución. El sistema de distribución puede ser una de las opciones de campo de drenaje subterráneo. Estos consisten en fosas llenas de grava, cámaras de plástico o tubería de plástico instalada bajo tierra para retener las aguas negras que salen de los tanques hasta que puedan filtrarse al suelo de su alrededor.

La tierra proporciona la mayoría del tratamiento de las aguas negras. Las partículas de la tierra filtran la materia orgánica y los sólidos de las aguas negras. Los microbios que viven en la tierra, procesan los sólidos y matan la bacteria y los patógenos que contienen las aguas negras.⁴⁴

Ventajas

El sistema séptico convencional que fluye por gravedad es usualmente el sistema más económico de instalar y operar para el desecho de las aguas negras producidas en la casa.

Desventajas

Los sistemas sépticos convencionales por gravedad no pueden ser instalados en suelos arcillosos, suelos con subsuelo somero, suelos rocosos, suelos que llegan a saturarse de agua durante los períodos lluviosos del año, ni en suelos con un nivel hidrostático alto. Se debe mantener una separación de

⁴⁴ Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras, sistema universitario de Texas. p. 1.

dos pies entre el fondo del sistema de distribución y los suelos saturados o suelos restrictivos como los arcillosos o rocosos.⁴⁵

Características de un tanque séptico

Una fosa séptica construida sobre el terreno tiene un formato rectangular o cilíndrico. Para funcionar correctamente, deben tener unas dimensiones determinadas según un proyecto de ingeniería específico. La ejecución de este tipo de fosa séptica comienza con la excavación del pozo en el terreno donde la fosa va a quedar enterrada.⁴⁶

Debe dársele un mantenimiento periódico. Este tipo de sistema de tratamiento de aguas negras tiene dos componentes: tanque séptico y sistema de campo de absorción.

Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención es como mínimo de 12 horas
- Relación largo-ancho de la fosa L/A; de 2/1 a 4/1
- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, es de 30 a 60 l/hab/año
- La capacidad máxima recomendable para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas.⁴⁷

⁴⁵ Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras, sistema universitario de Texas, p. 2.

⁴⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Fosa_s%C3%A9ptica, [consulta: 27 de Noviembre de 2010]

⁴⁷ Samuel Eduardo Valiente Leiva, Diseño de la edificación de dos niveles para el mercado municipal no. 1 y sistema de alcantarillado sanitario para aldea llano de ánimas, municipio de amatitlán, Guatemala, 2010, p. 131.

Procedimiento para cálculo de dimensiones:

A= Ancho

L=Largo

H= Altura

- Datos para cálculo de fosa

Periodo de retención asumimos 24 Hrs

Dot (q) =150 l/h/día

No. Hab (N)=360 Hab

Lodos= 30 l/hab/año

Relación =2/1

Periodo de limpieza = 5 años

Factor de retorno = 0,80

- Volumen de líquidos

$Q = q \cdot N \cdot F \cdot R = 150 \text{ l/Hab/día} \cdot 360 \text{ hab} \cdot 0,80 = 43200 \text{ l/día}$

$Q = 43,20 \text{ m}^3/\text{día}$

$\text{Vol} = Q \cdot T = 43,20 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 24 \text{ hrs} \cdot 1 \text{ día} / 24 \text{ hrs} = 43,2 \text{ m}^3$

- Volumen de lodos

$V = N \cdot \text{lodos gasto anual}$

$V = 360 \text{ hab} \cdot 30 \text{ l/hab/año} = 10800 \text{ l/año} = 10,8 \text{ m}^3/\text{año}$

$V = 10,8 \text{ m}^3/\text{año} \cdot 5 \text{ años (periodo de limpieza)}$

$V = 54 \text{ m}^3$

$\text{Volumen total} = 43,2 + 54,0 \text{ m}^3 = 97,2 \text{ m}^3$

$V = A \cdot L \cdot H = 97,2 \text{ m}^3$

- Si $L/A = 2$ entonces $L = 2A$

Asumimos $H = 2,5 \text{ m}$

$V = 2 \cdot A^2 \cdot H$

$A^2 = V/2H$

$$A^2 = 97,2 \text{ m} / (2 \cdot 2,50) = 19,44$$

$$A = 4,41 \text{ aproximamos a } 4,50 \text{ m}^2$$

$$\text{Entonces } L = 2 (4,5) = 9,00 \text{ m}$$

Las dimensiones son: $A = 4,5$ $L = 9,0$ $H = 2,5$

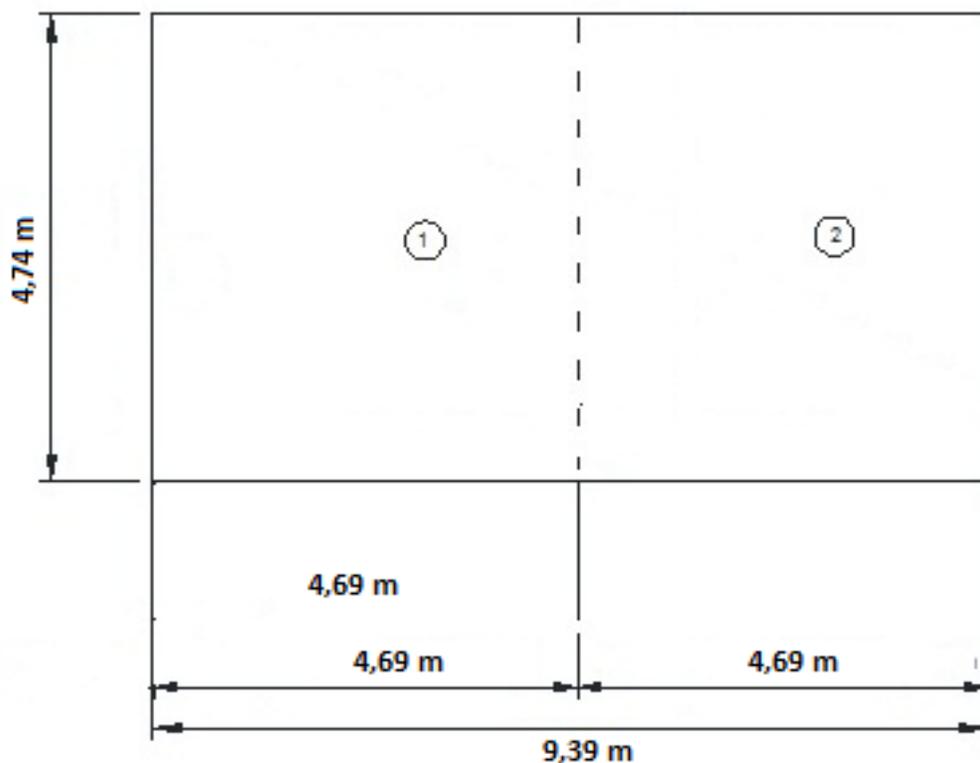
Se necesita 3 fosas y para un periodo de 30 años se necesitara 8 fosas.

Diseño de la losa superior del tanque

Fosa séptica de dos compartimientos:

El primer compartimiento será $2/3$ de largo y el segundo será $1/3$ de largo como se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Planta de losa**



Fuente: elaboración propia.

Relación para losa 1 $a/b = 4,695/4,75 = 0,98$

Como $a/b > 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos.

Espesor $t = 2 * (a + b) / 180 \text{ metros} = 2 * (4,69 + 4,75) / 180$

$t = 0,11 \text{ m}$

Relación para losa 2 $a/b = 4,695/4,75 = 0,98$

Como $a/b > 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos.

Espesor $t = 2 * (a + b) / 180 \text{ metros} = 2 * (4,69 + 4,75) / 180$

$t = 0,11 \text{ m}$

Según el ACI, para losas en dos sentidos: $0,09 < t < 0,15$

Se utilizará $t = 0,15 \text{ metros}$ para ambas losas, para tener simetría con los muros de concreto reforzado

Cargas:

Carga muerta (Cm):

Peso propio de la losa: $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,15 \text{ m} = 360 \text{ kg/m}^2$

Peso de acabados $= \underline{70 \text{ kg/m}^2}$

Cm $= 430 \text{ kg/m}^2$

Carga viva (Cv) $= 100 \text{ kg/m}^2$

Carga última (Cu) $= 1,4 * Cm + 1,7 * Cv$

$Cu = 1,4 * 430 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 100 \text{ kg/m}^2$

$Cu = 772,00 \text{ kg/m}^2$

Se utiliza el método 3 para el cálculo de los momentos positivos y negativos, se diseña como caso 1, según el Instituto Americano del Concreto ACI, por ser una losa discontinua en los cuatro lados:

$M(+)_a = C_{a,d}w_dL_a^2 + C_{a,l}w_lL_a^2$

$M(+)_b = C_{b,d}w_dL_b^2 + C_{b,l}w_lL_b^2$

$M(+)_a = (0,032 * 170,00 \text{ kg/m}^2 * (4,69 \text{ m})^2) + (0,032 * 602,00 \text{ kg/m}^2 * (4,69 \text{ m})^2)$

$= 543,39 \text{ kg-m}$

$$M(+)_b = (0,035 * 170,00 \text{ kg/m}^2 * (4,74 \text{ m})^2) + (0,035 * 602,00 \text{ kg/m}^2 * (4,74 \text{ m})^2)$$

$$= 607,07 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_a = M(+)_a / 3$$

$$M(-)_b = M(+)_b / 3$$

$$M(-)_a = 543,39 \text{ kg-m} / 3 = 181,13 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_b = 607,07 \text{ kg-m} / 3 = 202,36 \text{ kg-m}$$

Calculo de peralte d:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \varnothing / 2$$

$$d = 15,00 - 2,00 - 0,5 = 12,50 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo:

Datos:

Resistencia a compresión del concreto: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero: $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$t = 15 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 3/8" = 0,95 \text{ cm}$$

Asumiendo: $\varnothing = 3/8"$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / Fy) * b * d$$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / 2810) * 100 * 12,50$$

$$As_{\text{mín}} = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{\text{máx}} = 3 * t = 3 * 0,15 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$

$$As = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c}} \right] * \frac{0,85 * F'c}{Fy}$$

$$As = \left[(100 * 12,5) - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{607,07 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As = 1,94 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máx.}} = 0,5 * \rho_b * b * d = 0,5 * 0,03694 * 100 * 12,5 = 23,08 \text{ cm}^2$$

Diseñamos con $A_{s \text{ min}} = 6,27 \text{ cm}^2$ y se calcula el es espaciamiento S:

Se sabe que en 100 cm se necesita $4,76 \text{ cm}^2$

$$6,27 - 100$$

$$0,71 - S$$

$$S = 11,32 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx}} = 3t = 3 * 15 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

$$12,00 < S_{\text{máx.}}$$

Cálculo de momento que resiste con $A_{s \text{ min}}$.

$$M_{A_{s \text{ min}}} = 0,9 * \left[A_s * f_y \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 f_y * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s \text{ min}}} = 0,9 * \left[6,27 * 2810 \left(12,5 - \frac{6,27 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 1903,84 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero por temp.:

$$A_{st} = 0,002b * t = 0,002 * 100 * 15 = 3,00 \text{ cm}^2$$

$$3,00 - 100$$

$$0,71 - S$$

$$S = 23,66 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm} \quad S_{\text{máx}} = 25,00 \text{ cm}$$

$$25,00 \text{ cm} < 45,00 \text{ cm}$$

El refuerzo será varillas de hierro corrugado No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) @ 0,12 m con tenciones el L/5 y bastones a L/4 en cada sentido en una losa de espesor 0,15 m.

Diseño de muro de concreto para fosa séptica

Para el diseño del tanque, en este caso enterrado, la condición crítica se da cuando el mismo está vacío y actúa sobre los muros el empuje del suelo.

Se diseña como una losa en voladizo buscando mantener el mismo grosor de la losa superior para tener simetría en la estructura.

Datos:

Peso específico del suelo (S_s) = 1,6 ton/m³

Peso específico del concreto (S_c) = 2,4 ton/m³

Valor soporte del suelo (V_s) = 14,0 ton/m³

Relación para losa 1 $a/b = 3,02 / 4,62 = 0,65$

Como $a/b > 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos.

Espesor $t = 2 * (a + b) / 180$ metros = $2 * (3,02 + 4,62) / 180$

$t = 0,084$ m

Según el ACI, para losas en dos sentidos: $0,09 < t < 0,15$

Por simetría se utilizará $t = 0,15$ metros para los muros de concreto reforzado.

Cargas:

Carga muerta (C_m):

Peso propio de la losa: $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,15 \text{ m} = 360 \text{ kg/m}^2$

Peso de acabados = 70 kg/m²

$C_m = 430 \text{ kg/m}^2$

Carga viva (C_v) = 529,8 kg/m²

Carga última (C_u) = $1,4 * C_m + 1,7 * C_v$

$C_u = 1,4 * 430 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 529,8 \text{ kg/m}^2$

$C_u = 1502,66 \text{ kg/m}^2$

Se utiliza el método 3 para el cálculo de los momentos positivos y negativos, se diseña como caso 1, según el Instituto Americano del Concreto ACI, por ser una losa discontinua en los cuatro lados:

$$M(+)_a = C_{a,d}W_dL_a^2 + C_{a,l}W_lL_a^2$$

$$M(+)_b = C_{b,d}W_dL_b^2 + C_{b,l}W_lL_b^2$$

$$M(+)_a = (0,059 * 900,66 \text{ kg/m}^2 * (3,02 \text{ m})^2) + (0,044 * 602,00 \text{ kg/m}^2 * (3,02 \text{ m})^2)$$

$$= 726,23 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_b = (0,011 * 900,66 \text{ kg/m}^2 * (4,62 \text{ m})^2) + (0,009 * 602,00 \text{ kg/m}^2 * (4,62 \text{ m})^2)$$

$$= 327,10 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_a = C_a * wL_a^2$$

$$M(-)_b = C_b * wL_b^2$$

$$M(-)_a = 0,074 * 1502,66 \text{ kg/m}^2 * 3,02 \text{ m}^2 = 1014,16 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_b = 0,024 * 1502,66 \text{ kg/m}^2 * 4,62 \text{ m}^2 = 769,76 \text{ kg-m}$$

Calculo de peralte d:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \emptyset / 2$$

$$d = 15,00 - 2,00 - 0,5 = 12,50 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo:

Datos:

Resistencia a compresión del concreto: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero: $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 15 \text{ cm}$

$\emptyset = 3/8" = 0,95 \text{ cm}$

asumiendo: $\emptyset = 3/8"$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / Fy) * b * d$$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / 2810) * 100 * 12,50$$

$$As_{\text{mín}} = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{\text{máx}} = 3 * t = 3 * 0,15 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$

$$As = [b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c}}] * \frac{0,85 * F'c}{Fy}$$

$$A_s = \left[(100 \cdot 12,5) - \sqrt{(100 \cdot 12,5)^2 - \frac{1414,16 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2810}$$

$$A_s = 4,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máx.}} = 0,5 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d = 0,5 \cdot 0,03694 \cdot 100 \cdot 12,5 = 23,8 \text{ cm}^2$$

Diseñamos con $A_{s \text{ min}} = 6,27 \text{ cm}^2$ y calculamos es espaciamiento S:

Sabemos que en 100 cm se necesita $6,27 \text{ cm}^2$

$$\begin{array}{r} 6,27 - 100 \\ 0,71 - S \end{array}$$

$$S = 11,32 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx}} = 3t = 3 \cdot 15 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

$$12,00 < S_{\text{máx.}}$$

Calculo de momento que resiste con $A_{s \text{ min}}$.

$$M_{A_{s \text{ min}}} = 0,9 \cdot \left[A_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_y \cdot b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s \text{ min}}} = 0,9 \cdot \left[6,27 \cdot 2810 \left(12,5 - \frac{6,27 \cdot 2810}{1,7 \cdot 210 \cdot 100} \right) \right] = 1903,84 \text{ kg-m}$$

El refuerzo será varillas de hierro corrugado No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) @ 0,12 m en cada sentido y un espesor de losa de 0,15 m.

Diseño de la losa inferior del tanque

$$\text{Relación para losa 1 } a/b = 4,50/9,15 = 0,50$$

Como $a/b = 0,5$ la losa debe diseñarse en un sentido.

$$\text{Espesor } t = (L) / 28 \text{ metros} = (4,59) / 28$$

$$t = 0,16 \text{ m} > 0,15 \text{ m se debe trabajar con losa nervada}$$

$$\text{entonces se aproxima la relación } a/b = 4,5 / 9,15 \approx 0,5$$

La losa debe diseñarse en dos sentidos.

$$\text{Espesor } t = 2 \cdot (a + b) / 180 \text{ metros} = 2 \cdot (4,50 + 9,15) / 180$$

$$t = 0,15 \text{ m}$$

Se diseñara la losa con espesor $t = 15 \text{ cm}$

Cargas:

Carga muerta (Cm):

$$\text{Peso propio de la losa: } 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,15 \text{ m} = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso de acabados} = \underline{70 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Cm} = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva (Cv)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última (Cu)} = 1,4 * \text{Cm} + 1,7 * \text{Cv}$$

$$\text{Cu} = 1,4 * 430 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Cu} = 772 \text{ kg/m}^2$$

Se utiliza el método 3 para el cálculo de los momentos positivos y negativos, se diseña como caso 1, según el Instituto Americano del Concreto ACI, por ser una losa discontinua en los cuatro lados:

$$M(+)\text{a} = C_{a,d}W_dL_a^2 + C_{a,l}W_lL_a^2$$

$$M(+)\text{b} = C_{b,d}W_dL_b^2 + C_{b,l}W_lL_b^2$$

$$\begin{aligned} M(+)\text{a} &= (0,066 * 170,00 \text{ kg/m}^2 * (4,50 \text{ m})^2) + (0,037 * 602,00 \text{ kg/m}^2 * (4,50 \text{ m})^2) \\ &= 678,25 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(+)\text{b} &= (0,042 * 170,00 \text{ kg/m}^2 * (9,15 \text{ m})^2) + (0,002 * 430,00 \text{ kg/m}^2 * (9,15 \text{ m})^2) \\ &= 128,93 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$M(-)\text{a} = C_{a,d}WL_a^2$$

$$M(-)\text{b} = C_{b,l}WL_b^2$$

$$M(-)\text{a} = (0,086 * 772,00 \text{ k/m}^2 * 4,5\text{m})^2 = 1344,43 \text{ kg-m}$$

$$M(-)\text{b} = (0,006 * 772,00 \text{ kg/m}^2 * 9,15 \text{ m})^2 = 387,80 \text{ kg-m}$$

Calculo de peralte d:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \emptyset / 2$$

$$d = 15,00 - 2,00 - 0,5 = 12,50 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo:

Datos:

Resistencia a compresión del concreto: $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero: $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 15 \text{ cm}$

$\emptyset = 3/8" = 0,95 \text{ cm}$

Asumiendo: $\emptyset = 3/8"$

$As_{\text{mín}} = (14,1 / Fy) * b * d$

$As_{\text{mín}} = (14,1 / 2810) * 100 * 12,50$

$As_{\text{mín}} = 6,27 \text{ cm}^2$

Espaciamiento máximo:

$S_{\text{máx}} = 3 * t = 3 * 0,15 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$

$$As = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c}} \right] * \frac{0,85 * F'c}{Fy}$$

$$As = \left[(100 * 12,5) - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1344,43 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$As = 4,37 \text{ cm}^2$

$As_{\text{máx.}} = 0,5 * \rho_b * b * d = 0,5 * 0,03694 * 100 * 9,5 = 17,54 \text{ cm}^2$

Se diseña con $As = 6,27 \text{ cm}^2$ y se calcula el espaciamento S:

Se sabe que en 100 cm se necesita $6,27 \text{ cm}^2$

$$6,27 - 100$$

$$0,71 - S$$

$S = 11,32 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$

$S_{\text{máx}} = 3t = 3 * 15 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$

$12,00 < S_{\text{máx}}$

Entonces el área de acero será 6,27 cm² por metro lineal, en ambas direcciones.

Cálculo de momento que resiste con As.

$$M_{As_{min}} = 0,9 * \left[As * fy \left(d - \frac{As * fy}{1,7fy * b} \right) \right]$$

$$M_{As_{min}} = 0,9 * \left[6,27 * 2810 \left(12,5 - \frac{6,27 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 1903,84 \text{ kg-m}$$

Calculo de acero por temp.:

$$As_t = 0,002b * t = 0,002 * 100 * 15 = 3,00 \text{ cm}^2$$

$$3,00 - 100$$

$$0,71 - S$$

$$S = 23,66 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm} \quad S_{m\acute{a}x} = 45,00 \text{ cm}$$

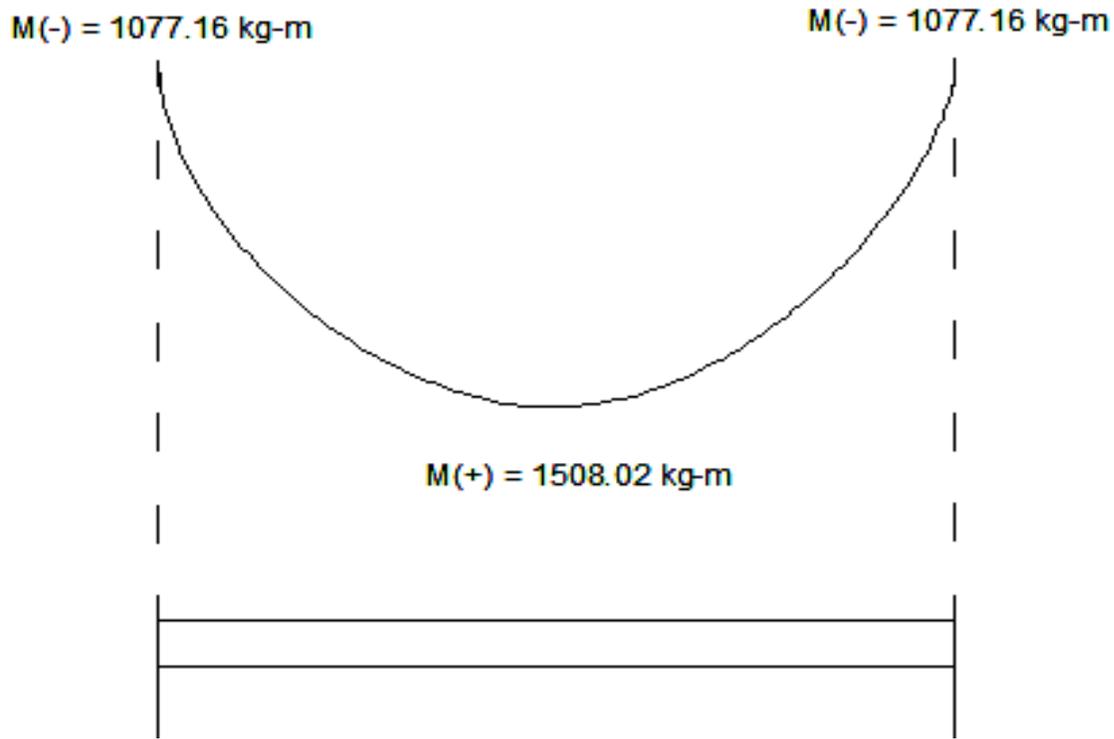
El refuerzo será varillas de hierro corrugado No. 3 ($\varnothing = 3/8''$) @ 0,12 m en cada sentido y un espesor de losa de 0,15 m.

Diseño de viga

Cálculo de momentos de la viga que soportara la losa superior de la fosa séptica.

Vea figura 7.

Figura 7. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia.

Dimensiones propuestas $15 * 30 \text{ cm}$

Datos:

$$As(-) = \left[(15 * 26) - \sqrt{(15 * 26)^2 - \frac{1077,16 * 15}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As(-) = 1,69 \text{ cm}^2$$

$$As(+) = \left[(15 * 26) - \sqrt{(15 * 26)^2 - \frac{1508,02 * 15}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As(+) = 2,41 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{(1,95 * 2810)}{(0,85 * 210 * 15)}$$

$$a = 2,04$$

$$c = (0,85 \cdot 210 \cdot 2,04 \cdot 15) = 5479,50$$

$$t = A_s \cdot f_y$$

$$t = 2,04 \cdot 2810 = 5479,5$$

Se comprueba que: $c = t$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \Phi \cdot f_c(6090)}{f_y(6090 + 2810)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \Phi \cdot 210(6090)}{2810(6090 + 2810)} = 0,0369$$

$$\rho_{\max} = 0,5 \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,5 \cdot 0,0369 = 0,01845$$

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,01845 \cdot 15 \cdot 26 = 7,20 \text{ cm}^2$$

Sumatoria de momentos

F(ka)	distancia	momento
C=5479,50	13,98	76 603,41
T=5479,50	12,50	<u>68 493,75</u>
Sumatoria de momentos		145 097,16

Momento ultimo = 0,9 (momento interno)

$$M_u = 0,9 (145 097,16 \text{ kg-cm}) = 130 587,44$$

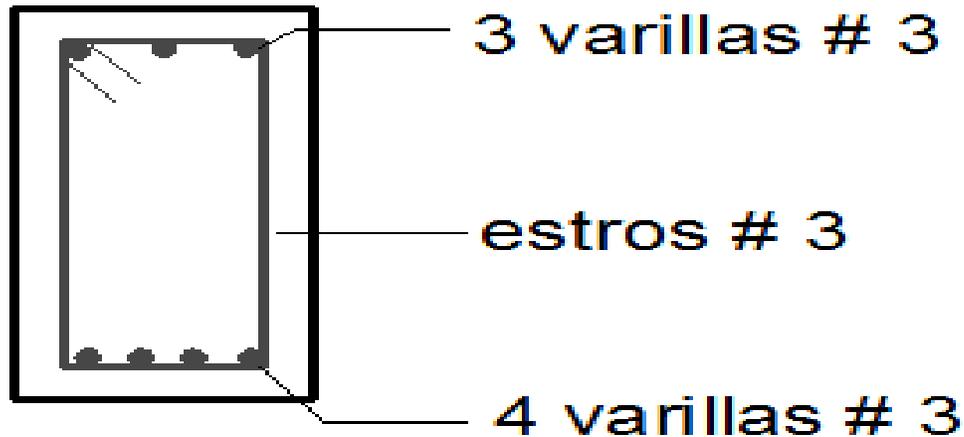
$$M_u = 130 587 \text{ kg- m}$$

La cama superior necesita un área de acero de $1,69 \text{ cm}^2$ y la inferior $2,41 \text{ cm}^2$, se propone 3 varillas # 3 y 4 # 3 respectivamente.

de esa forma $A_s(-) = 2,13 \text{ cm}^2$ y $A_s(+) = 2,84 \text{ cm}^2$

Vea figura 8.

Figura 8. Corte de viga de refuerzo



Fuente: elaboración propia.

Diseño de espaciamiento de estribos

Cálculo de corte que resiste el concreto

$$V_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} * b d$$

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 15 * 30 \quad V_{cu} = 2,54 \text{ Ton} > V_u$$

Entonces colocar estribos

Calcular a que distancia resiste corte el concreto

Con triángulos semejantes obtenemos que $x' \text{ \& } x'' = 0,51 \text{ mts}$

Calcular el espaciamiento de estribos para cortes $V = 17,37 \text{ Ton}$.

$$U_a = V_a / b d = 17\,370 / 15 * 26$$

$$U_a = 44,53 \text{ kg / cm}^2$$

$$U_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

$$U_{cu} = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{Av*fy}{(ua-ucu)*b}$$

$$S = \frac{2*0,71*2810}{(44,5-6,52)*15}$$

$$S = 7,00 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$$

El primer estribo se coloca a $S / 2 = 3,5 \text{ cm}$, usar 5 estribos con espaciamiento de 7 cm y luego calcular espaciamiento para otros 5.

Calcular el corte a 31,50 cm

Por triángulos se sabe que:

$$17,37 - V_a$$

$$3,55 - 3,24$$

$$V_a = 15,85 \text{ ton}$$

Calcular cortante a 31,50 cm, $V_a = 15,85 \text{ ton}$

$$U_a = V_a / bd = 15850 / 15 * 26$$

$$U_a = 40,64 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$U_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

$$U_{cu} = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{Av*fy}{(ua-ucu)*b}$$

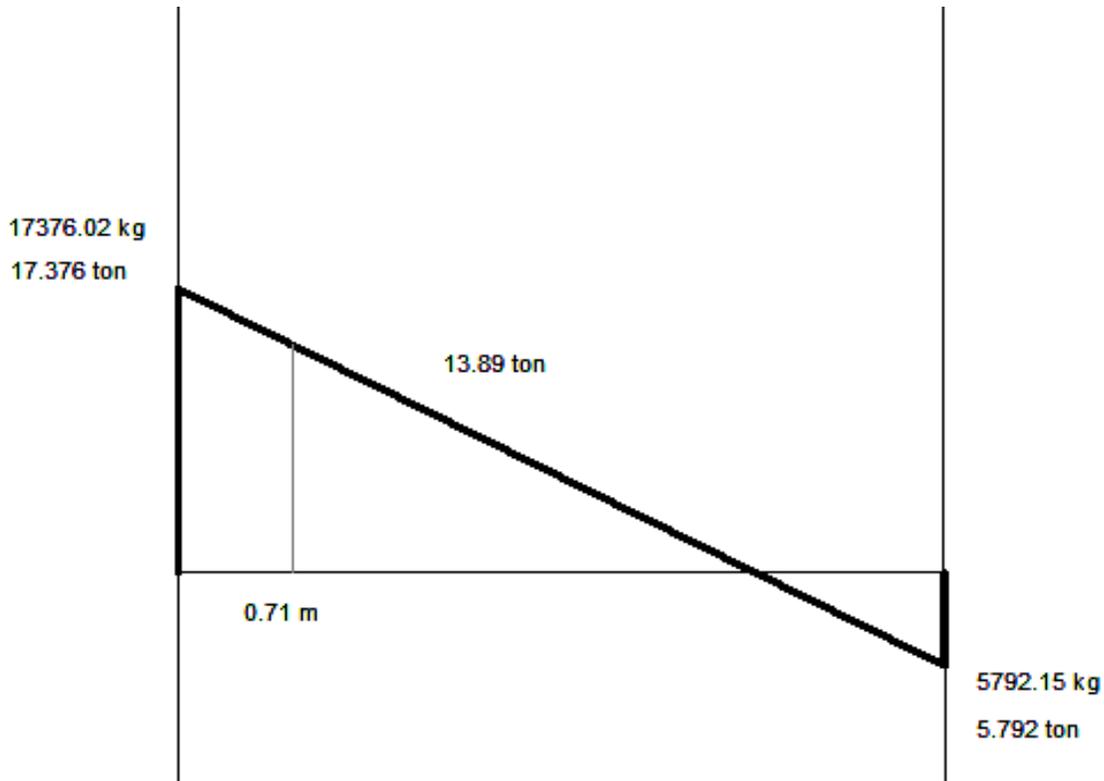
$$S = \frac{2*0,71*2810}{(40,64-6,52)*15}$$

$$S = 7,82 \text{ cm} \approx 0,08 \text{ m}$$

Colocar 5 estribos con espaciamiento de 8 cm y luego se calcula el cortante a 71,50 cm

Vea figura 9.

Figura 9. Diagrama de corte de viga



Fuente: elaboración propia.

Por triángulos se sabe que:

$$17,37 - V_a$$

$$3,55 - 2,84$$

$$V_a = 13,89 \text{ ton}$$

Calcular cortante a 71,50 cm, $V_a = 13,89 \text{ ton}$

$$U_a = V_a / bd = 13\,890 / 15 * 26$$

$$U_a = 35,61 \text{ kg / cm}^2$$

$$U_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

$$U_{cu} = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{(u_a - u_{cu}) \cdot b}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2810}{(35,61 - 6,52) \cdot 15}$$

$$S = 9,15 \text{ cm} \approx 0,09 \text{ m}$$

Se colocan otros 5 estribos a un espaciamiento de 9 cm y se calcula el cortante a 1,165 m

Por triángulos se sabe que:

$$17,37 - V_a$$

$$3,55 - 2,385$$

$$V_a = 11,67 \text{ ton}$$

Calcular cortante a 1,165 m, $V_a = 11,67 \text{ ton}$

$$U_a = V_a / b d = 11,67 / 15 \cdot 26$$

$$U_a = 29,92 \text{ kg / cm}^2$$

$$U_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot 14,49$$

$$U_{cu} = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{(u_a - u_{cu}) \cdot b}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2810}{(29,92 - 6,52) \cdot 15}$$

$$S = 11,36 \text{ cm} \approx 0,11 \text{ m}$$

Se coloca otros 5 estribos a un espaciamiento de 11 cm y se calcula el cortante a 1,715 m.

Por triángulos se sabe que:

$$17,37 - V_a$$

$$3,55 - 1,835$$

$$V_a = 8,97 \text{ ton}$$

Calcular cortante a 1,715 m, $V_a = 8,97 \text{ ton}$

$$U_a = V_a / bd = 8970 / 15 * 26$$

$$U_a = 23 \text{ kg / cm}^2$$

$$U_{cu} = \phi 0,53 \sqrt{f_c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

$$U_{cu} = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{A_v * f_y}{(u_a - u_{cu}) * b}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2810}{(23,00 - 6,52) * 15}$$

$$S = 16,14 \text{ cm} \approx 0,16 \text{ m}$$

$$16 \text{ cm } S_{\text{max}}$$

Entonces los estribos tendrán espacio de 13 cm.

2.1.7. Dimensionamiento de pozos de absorción

Los pozos de absorción podrán usarse cuando no se cuente con área suficiente para la instalación del campo de percolación o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad.

- El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro (excluyendo el fondo). Para el cálculo se considerará el diámetro exterior del muro y la altura quedará fijada por la distancia entre el punto de ingreso de los líquidos y el fondo del pozo.
- La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se hagan en cada estrato, usándose el promedio ponderado de los resultados para definir la superficie de diseño.

- Todo pozo de absorción deberá introducirse por lo menos 2 m en la capa filtrante, siempre y cuando el fondo del pozo quede por lo menos a 2 m sobre el nivel máximo de la capa freática.
- El diámetro mínimo del pozo de absorción será de 1 m.⁴⁸
- El primer paso en el diseño es determinar si el suelo es apropiado para la absorción del afluente de la fosa séptica y, si tal es el caso, cuánta área se requiere. El suelo debe tener una velocidad de filtración aceptable, sin interferencia del agua freática o de estratos impermeables bajo el nivel del sistema de absorción.⁴⁹
- Prueba de infiltración para diseñar la profundidad del pozo de absorción

Se recomienda que el suelo donde se haga la prueba no este saturado, si la prueba se realiza en época lluviosa, se deben esperar como mínimo dos días sin lluvia para poder realizarla y el procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

- Se abre un agujero que tenga 0,30 metros por lado y 0,35 metros de profundidad en el lugar donde se pretende perforar el pozo de infiltración.
- Se raspa cuidadosamente el fondo y las paredes del agujero perforado, para remover cualquier superficie de suelo compactado y que pueda filtrarse el agua. Se colocan 5 centímetros de arena gruesa o gravilla para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos.

⁴⁸ OPS:CEPIS, Especificaciones técnicas para el diseño de tanques sépticos, lima, 2003. p. 14.

⁴⁹ <http://amarengo.org/construccion/normas/rne/edificaciones/sanitarias/is020/tanques-septicos>, [consulta: 20 de Diciembre de 2010]

- Llenar con agua todo el agujero y dejar que se consuma totalmente.
- Llenar nuevamente de agua hasta una altura de 15 centímetros a partir del fondo y tomar el tiempo en que el agua baja 2,5 centímetros, este tiempo se denominara Tiempo de infiltración.
- Si el tiempo de infiltración es mayor de 30 minutos, significa, que es un terreno inadecuado, por lo que no se recomienda la implementación del pozo de absorción en ese tipo de terreno y se sugiere la instalación de una zanja de infiltración o campo de riego.
- Con el tiempo de infiltración se determinara el Coeficiente de absorción del suelo medido en m²/persona/día.

Profundidad del pozo = Altura de filtración + 0,50 + altura del broquel de absorción.⁵⁰

Cálculo de dimensiones de pozo de absorción

Considérese un pozo de absorción para una fosa con capacidad de 101,25 m³, sobre un suelo con tasa de filtración de 2,5 centímetros en 10,15 minutos.

De la tabla II se obtiene el coeficiente K1

⁵⁰ Unidad de Salud Ambiental Ministerio de Salud Pública, Diseño y construcción de prototipo de fosa séptica para el tratamiento y disposición final de aguas residuales en viviendas de zonas rurales, salvador, 2010, p. 3.

Tabla II. **Coefficiente de absorción del terreno para pozos**

TIEMPO DE DESCENSO DE 1"(min.)	SUP. DE FILTRACIÓN REQUERIDA (K1) HAB/DÍA	ÁREA TOTAL REQUERIDA
1	0,88 m ²	13,33 m ²
2	1,08 m ²	16,37 m ²
5	1,44 m ²	21,83 m ²
10	2,25 m ²	34,11 m ²
30	4,5 m ²	68,21 m ²

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. Tesis Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. p. 128

El tiempo de descenso se aproxima a 10 minutos y se determina el coeficiente de absorción y área de absorción.

De acuerdo a la siguiente fórmula se establecen las dimensiones del pozo.

$$\pi * D * H = A_{\text{abs.}}$$

$$\text{Despejando: } H = A_{\text{abs.}} / \pi * D$$

Donde:

H = profundidad del pozo en metros

D = diámetro del pozo = 1,50 metros, propuesto

A_{abs.} = Área de absorción

$$\pi = 3,1416$$

$$H = 34,11 / (3,1416 * 1,50)$$

$$H = 7,23 \text{ mts.}$$

Las dimensiones del pozo son las siguientes:

Diámetro = 1,5 metros

Profundidad = 7,50 metros.

2.1.8. Planos

Para este proyecto se elaboraron un total de nueve planos, como se describen a continuación:

- Densidad de vivienda
- Planta general
- Planta– perfil de PV0-PV21
- Planta – perfil de PV21-PV44
- Planta – perfil de callejones
- Detalles de pozos de visita
- Detalles de conexión domiciliar
- Planta – perfil de fosa séptica
- Planta – perfil de pozo de absorción

2.1.9. Presupuesto del proyecto

Los precios de los materiales fueron tomados de acuerdo con cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas a la materia en el lugar, el presupuesto se realizó en quetzales y en dólares.

El cálculo del porcentaje de prestaciones y la integración de precios unitarios se muestra en las siguientes tablas.

Tabla III. **Días de asueto y feriado**

Día	ASUETO
1	1 de enero
2	jueves santo
3	Viernes santo
4	Sábado de gloria
5	1 de mayo
6	30 de junio
7	15 de septiembre
8	20 de Octubre
9	1 de Noviembre
10	24 de Diciembre, 1/2 día
11	25 de Diciembre
12	31 de Diciembre, 1/2 día
Día	FERIADO
13	3 de mayo

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Días pagados no trabajados**

Días	MOTIVO
30	Aguinaldo
30	Bono 14
30	Indemnización
15	Vacaciones
11	Asuetos
1	Feriado
52	Domingos
26	Sábados (52 medios días)
195	TOTAL

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Cálculo de días hábiles**

CÁLCULO DE DÍAS HÁBILES	
Días de año	365
Días no trabajados	105
Días hábiles	365-105 = 260

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Cálculo de porcentaje**

PRESTACIONES	195/260 = 0,75
% de prestaciones	75%
IGSS PATRONAL	10,67%
% TOTAL DE PRESTACIONES	85,67%

Fuente: elaboración propia.

Datos:

Salario mínimo mensual	Q2161,00
Bonificación	Q250,00
Salario sin bonificación	Q1911,00
Salario/ Día	Q63,70

Tabla VII. Unitario de replanteo topográfico

REGLÓN					
Replanteo topográfico					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Estacas	global	1	100,00	100,00	12,63
Pintura	galón	0,25	45,00	11,25	1,42
Subtotal				111,25	14,05
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cadenero	día	4	65,00	260,00	32,84
Topógrafo	día	4	150,00	600,00	75,78
Subtotal				860,00	108,62
Prestaciones			0,86	736,76	93,05
Total de mano de obra				1 596,76	201,67
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, machete, martillo	Global	1	200,00	200,00	25,26
Alquiler de estación total	Día	4	505,00	2 020,00	255,12
Subtotal				2 220,00	280,38
Costo directo			FACTORES	3 928,01	496,11
Imprevisto			0,03	117,84	14,88
Administración			0,10	392,80	49,61
Utilidad			0,20	785,60	99,22
IVA			0,12	471,36	59,53
Total				5 695,62	719,35
COSTO UNITARIO	Q/ml			2,28	0,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Unitario de excavación

REGLÓN 1					
Excavación					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cadenero	día	3	65,00	195,00	24,63
Topógrafo	día	3	150,00	450,00	56,83
Subtotal				645,00	81,46
Prestaciones			0,86	552,57	69,79
Total de mano de obra				1 197,57	151,25
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Retro excavadora	Hora	53	576,50	30 554,50	3 859,01
Camión de volteo 10 m3	Hora	18	180,25	3 244,50	409,78
Equipo de topografía	global	1	5 000,00	5 000,00	631,50
Subtotal				38 799,00	4 900,29
Costo directo			FACTORES	39 996,57	5 051,54
Imprevisto			0,03	1 199,90	151,55
Administración			0,10	3 999,66	505,15
Utilidad			0,20	7 999,31	1 010,31
IVA			0,12	4 799,59	606,18
Total				57 995,03	7 324,73
COSTO UNITARIO	Q/m3			26,97	3,41

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Unitario de relleno

REGLÓN 1					
Relleno					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
MANO DE OBRA POR TRATO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Ayudante	día	6	64,00	384,00	48,50
Albañil	día	6	140,00	840,00	106,09
Ayudante de maquinaria	hora	23	20,00	460,00	58,10
Ayudante de maquinaria	hora	23	20,00	460,00	58,10
Subtotal				1 224,00	154,59
Prestaciones			0,86	1 048,60	132,44
Subtotal				2 272,60	287,03
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cargador frontal	hora	22	578,80	12 733,60	1 608,24
Camión de volteo 10 m3	hora	23	180,25	4 145,75	523,61
Motoniveladora	hora	21	425,80	8 941,80	1 129,34
Vibrocompactadora	hora	21	235,65	4 948,65	625,01
Distribuidora de agua	hora	23	140,00	3 220,00	406,68
Subtotal				33 989,80	4 292,89
Costo directo			FACTORES	36 262,40	4 579,92
Imprevisto			0,03	1 087,87	137,40
Administracion			0,10	3 626,24	457,99
Utilidad			0,20	7 252,48	915,98
IVA			0,12	4 351,49	549,59
Total				52 580,48	6 640,88
COSTO UNITARIO	Q/m3			24,46	3,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Unitario de instalación de tubería

Renglón 2					
Cantidad ml	2 148,00	Instalación de tubería			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
TUBO PVC ϕ DE 6" ASTM 3034	370,00	unidades	342,00	126 540,00	15 981,91
PEGAMENTO TANGIT	6,00	gal	600,00	3 600,00	454,68
ACCESORIOS	323,00	unidades	105,00	33 915,00	4 283,44
TOTAL DE MATERIALES				164 055,00	20 720,03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	2 148,00	m3	40,00	85 920,00	10 851,64
INSTALACIÓN DE TUBO DE ϕ 6"	370,00	unidades	25,00	9 250,00	1 168,27
RELLENO	1 719,00	m3	15,00	25 785,00	3 256,63
SUBTOTAL				120 955,00	15 276,53
PRESTACIONES			0,86	103 622,15	13 087,41
TOTAL DE MANO DE OBRA				224 577,15	28 363,94
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				224 577,15	28 363,94
TOTAL DE MATERIALES				164 055,00	20 720,03
SUB TOTAL				388 632,15	49 083,97
IMPREVISTO			0,03	11 658,96	1 472,52
ADMINISTRACIÓN			0,10	1 165,90	147,25
UTILIDAD			0,20	77 726,43	9 816,79
IVA			0,12	26 949,26	3 403,67
Total				506 132,70	63 924,21
PRECIO UNITARIO				235,63	29,76

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Unitario de conexiones domiciliarias

REGLÓN 2					
Conexiones domiciliarias					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Yee de 6"x4"	Unidad	300	145,00	43 500,00	5 494,02
Tubo de concreto de ϕ 12"	unidad	30	95,45	2 863,50	361,66
Tubo PVC ϕ 4" ASTM 3034	Unidad	27	196,80	5 313,60	671,10
Cemento	saco	140	67,00	9 380,00	1 184,69
Arena	m3	7,5	95,00	712,50	89,99
Piedrín	m3	9,5	195,00	1 852,50	233,97
Hierro de 3/8"	qq	34	382,50	13 005,00	1 642,52
Alambre de amarre	lb	25	6,00	150,00	18,94
Subtotal				46 363,50	5 855,68
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Albañil	día	70	140,00	9 800,00	1 237,73
Albañil	día	70	140,00	9 800,00	1 237,73
Ayudante	día	70	64,00	4 480,00	565,82
Ayudante	día	70	64,00	4 480,00	565,82
Subtotal				28 560,00	3 607,11
Prestaciones			0,86	24 467,35	3 090,21
Total de mano de obra				53 027,35	6 697,32
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, tenaza	Global	1	2 500,00	2 500,00	315,75
Subtotal				2 500,00	315,75
Costo directo			FACTORES	101 890,85	12 868,74
Imprevisto			0,03	3 056,73	386,06
Administración			0,10	10 189,09	1 286,87
Utilidad			0,20	20 378,17	2 573,75
IVA			0,12	12 226,90	1 544,25
Total				147 741,74	18 659,68
COSTO UNITARIO	Q/u			991,56	125,23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Unitario de pozos de 1,50 m

Renglón 3					
Cantidad	14,00	unidad Pozos de visita profundidad 1.50 m			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
LADRILLO TAYUYO	72,00	ciento	270,00	19 440,00	2 455,26
CEMENTO PORTLAND	4,50	sacos	67,00	301,50	38,08
ARENA DE RÍO	0,23	m3	95,00	21,85	2,76
PIEDRÍN DE 1/2"	0,30	m3	195,00	58,50	7,39
ACERO NUMERO 2 (1/4")	0,10	qq	217,50	21,75	2,75
ACERO NUMERO 3 (3/8")	0,33	qq	382,50	126,23	15,94
ALAMBRE DE AMARRE	0,20	lb	6,00	1,20	0,15
TOTAL DE MATERIALES				19 971,03	2 522,33
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	3,40	m3	25,00	85,00	10,74
LEVANTADO MAS ACABADO	1,50	m2	85,00	127,50	16,10
ARMADO DE HIERRO 1/4"	3,00	ml	25,00	75,00	9,47
ARMADO DE HIERRO 3/8"	4,00	ml	35,00	140,00	17,68
FUNDICIÓN	1,35	m3	65,00	87,75	11,08
RELLENO	0,38	m3	15,00	5,63	0,71
SUBTOTAL				520,88	65,79
PRESTACIONES			0,86	446,23	56,36
TOTAL DE MANO DE OBRA				967,11	122,15
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				967,11	122,15
TOTAL DE MATERIALES				19 971,03	2 522,33
SUB TOTAL				20 938,13	2 644,47
IMPREVISTO			0,03	628,14	79,33
ADMINISTRACIÓN			0,10	2 093,81	264,45
UTILIDAD			0,20	4 187,63	528,89
IVA			0,12	2 512,58	317,34
Total				23 660,09	2 988,25
PRECIO UNITARIO				1 690,01	213,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Unitario de pozos de 2,00 m

Renglón 3					
Cantidad	24,00	unidad Pozos de visita profundidad 2.00 m			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
LADRILLO TAYUYO	96,00	ciento	270,00	25 920,00	3 273,68
CEMENTO PORTLAND	6,00	sacos	67,00	402,00	50,77
ARENA DE RÍO	0,31	m3	95,00	29,45	3,72
PIEDRÍN DE 1/2"	0,40	m3	195,00	78,00	9,85
ACERO NUMERO 2 (1/4")	0,14	qq	217,50	30,45	3,85
ACERO NUMERO 3 (3/8")	0,45	qq	382,50	172,13	21,74
ALAMBRE DE AMARRE	0,30	lb	6,00	1,80	0,23
TOTAL DE MATERIALES				26 633,83	3 363,83
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	4,60	m3	25,00	115,00	14,52
LEVANTADO MAS ACABADO	2,00	m2	85,00	170,00	21,47
ARMADO DE HIERRO 1/4"	4,00	ml	25,00	100,00	12,63
ARMADO DE HIERRO 3/8"	5,50	ml	35,00	192,50	24,31
FUNDICIÓN	1,80	m3	65,00	117,00	14,78
RELLENO	0,50	m3	15,00	7,50	0,95
SUBTOTAL				702,00	88,66
PRESTACIONES			0,86	601,40	75,96
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 303,40	164,62
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 303,40	164,62
TOTAL DE MATERIALES				26 633,83	3 363,83
SUB TOTAL				27 937,23	3 528,45
IMPREVISTO			0,03	838,12	105,85
ADMINISTRACIÓN			0,10	2 793,72	352,85
UTILIDAD			0,20	5 587,45	705,69
IVA			0,12	3 196,06	403,66
Total				39 766,89	5 022,53
PRECIO UNITARIO				1 681,36	212,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Unitario de pozos de 2,50 m

Renglón 3					
Cantidad	12,00	unidad Pozos de visita profundidad 2.50 m			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
LADRILLO TAYUYO	121,00	ciento	270,00	32 670,00	4 126,20
CEMENTO PORTLAND	7,50	sacos	67,00	502,50	63,47
ARENA DE RÍO	0,40	m3	95,00	38,00	4,80
PIEDRÍN DE 1/2"	0,50	m3	195,00	97,50	12,31
ACERO NUMERO 2 (1/4")	0,17	qq	217,50	36,98	4,67
ACERO NUMERO 3 (3/8")	0,55	qq	382,50	210,38	26,57
ALAMBRE DE AMARRE	0,34	lb	6,00	2,04	0,26
TOTAL DE MATERIALES				33 557,39	4 238,28
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	5,70	m3	25,00	142,50	18,00
LEVANTADO MAS ACABADO	2,50	m2	85,00	212,50	26,84
ARMADO DE HIERRO 1/4"	5,00	ml	25,00	125,00	15,79
ARMADO DE HIERRO 3/8"	6,68	ml	35,00	233,80	29,53
FUNDICIÓN	2,25	m3	65,00	146,25	18,47
RELLENO	0,65	m3	15,00	9,75	1,23
SUBTOTAL				869,80	109,86
PRESTACIONES			0,86	745,16	94,11
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 614,96	203,97
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 614,96	203,97
TOTAL DE MATERIALES				33 557,39	4 238,28
SUB TOTAL				35 172,35	4 442,24
IMPREVISTO			0,03	1 055,17	133,27
ADMINISTRACIÓN			0,10	3 517,23	444,22
UTILIDAD			0,20	7 034,47	888,45
IVA			0,12	193,79	24,48
Total				46 199,58	5 834,97
PRECIO UNITARIO				3 914,42	494,39

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Unitario de pozos de 3,00 m

Renglón 3					
Cantidad	10,00	unidad Pozos de visita profundidad 3.00 m			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
LADRILLO TAYUYO	144,00	ciento	270,00	38 880,00	4 910,52
CEMENTO PORTLAND	9,00	sacos	67,00	603,00	76,16
ARENA DE RÍO	0,46	m3	95,00	43,70	5,52
PIEDRÍN DE 1/2"	0,60	m3	195,00	117,00	14,78
ACERO NUMERO 2 (1/4")	0,20	qq	217,50	43,50	5,49
ACERO NUMERO 3 (3/8")	0,66	qq	382,50	252,45	31,88
ALAMBRE DE AMARRE	0,40	lb	6,00	2,40	0,30
TOTAL DE MATERIALES				39 942,05	5 044,65
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	6,80	m3	25,00	170,00	21,47
LEVANTADO MAS ACABADO	3,00	m2	85,00	255,00	32,21
ARMADO DE HIERRO 1/4"	6,00	ml	25,00	150,00	18,94
ARMADO DE HIERRO 3/8"	8,00	ml	35,00	280,00	35,36
FUNDICIÓN	2,70	m3	65,00	175,50	22,17
RELLENO	0,75	m3	15,00	11,25	1,42
SUBTOTAL				1 041,75	131,57
PRESTACIONES			0,86	892,47	112,72
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 934,22	244,29
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 934,22	244,29
TOTAL DE MATERIALES				39 942,05	5 044,65
SUB TOTAL				41 876,27	5 288,94
IMPREVISTO			0,03	1 256,29	158,67
ADMINISTRACIÓN			0,10	4 187,63	528,89
UTILIDAD			0,20	8 375,25	1 057,79
IVA			0,12	232,11	29,31
Total				55 927,54	7 063,61
PRECIO UNITARIO				5 592,75	706,36

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Unitario de pozos de 4,00 m

Renglón 3					
Cantidad	2,00	unidad Pozos de visita profundidad 4.00 m			
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
LADRILLO TAYUYO	120,24	ciento	270,00	32 464,80	4 100,28
CEMENTO PORTLAND	7,52	sacos	67,00	503,51	63,59
ARENA DE RÍO	0,38	m3	95,00	36,49	4,61
PIEDRÍN DE 1/2"	0,50	m3	195,00	97,70	12,34
ACERO NUMERO 2 (1/4")	0,17	qq	217,50	36,32	4,59
ACERO NUMERO 3 (3/8")	0,55	qq	382,50	210,80	26,62
ALAMBRE DE AMARRE	0,33	lb	6,00	2,00	0,25
TOTAL DE MATERIALES				33 351,61	4 212,29
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	COSTO DIRECTO	COSTO (\$)
EXCAVACIÓN	5,68	m3	25,00	141,95	17,93
LEVANTADO MAS ACABADO	2,51	m2	85,00	212,93	26,89
ARMADO DE HIERRO 1/4"	5,01	ml	25,00	125,25	15,82
ARMADO DE HIERRO 3/8"	6,68	ml	35,00	233,80	29,53
FUNDICIÓN	2,25	m3	65,00	146,54	18,51
RELLENO	0,63	m3	15,00	9,39	1,19
SUBTOTAL				869,86	109,86
PRESTACIONES			0,86	745,21	94,12
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 615,07	203,98
INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
TOTAL DE MANO DE OBRA				1 615,07	203,98
TOTAL DE MATERIALES				33 351,61	4 212,29
SUB TOTAL				34 966,68	4 416,27
IMPREVISTO			0,03	1 049,00	132,49
ADMINISTRACIÓN			0,10	3 496,67	441,63
UTILIDAD			0,20	6 993,34	883,25
IVA			0,12	193,81	24,48
Total				39 706,16	5 014,86
PRECIO UNITARIO				19 853,08	2 507,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Presupuesto de sistema de drenaje sanitario

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	Renglón	
						Total(Q)	Total (\$)
1	TRABAJOS PRELIMINARES						
	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ml	2 148,00	2,28	4 893,67		
	EXCAVACIÓN	m3	2 150,00	26,97	57 995,03		
	RELLENO	m3	1 825,80	24,46	44 651,83	107 540,54	13 582,29
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA						
	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	ml	2 148,00	235,63	506 132,70		
	CONEXIÓN DOMICILIAR	unidades	149,00	991,56	147 741,74	653 874,43	82 583,89
3	POZO DE VISITA						
	POZO DE VISITA DE 1.30 -150 DE PROFUNDIDAD	unidades	14,00	1 690,01	23 660,09		
	POZO DE VISITA DE 1.51 -2.00 DE PROFUNDIDAD	unidades	24,00	1 681,36	40 352,57		
	POZO DE VISITA DE 2.01 -2.50 DE PROFUNDIDAD	unidades	12,00	3 914,42	46 973,02		
	POZO DE VISITA DE 2.51 -3.00 DE PROFUNDIDAD	unidades	10,00	5 592,75	55 927,54		
	POZO DE VISITA DE 3.01 -4.00 DE PROFUNDIDAD	unidades	2,00	19 853,08	39 706,16	206 619,38	26 095,88
4	SISTEMA DE TRATAMIENTO						
	FOSA SÉPTICA	unidades	8,00	148 568,64	1 188 549,12		
	POZO DE ABSORCIÓN	unidades	8,00	16 410,08	131 280,60		
	DERIVADOR DE CAUDAL	unidades	2,00	14 859,79	29 719,58	1 349 549,30	
					TOTAL	2 317 583,65	292 709,20

Fuente: elaboración propia.

Notas:

Imprevisto 3%

Administración 10%

Utilidad 20%

IVA 12%

Cambio de dólar al 1/02/2011, 1 US\$= Q7,92

En letras: Dos millones trescientos diecisiete mil quinientos ochenta y tres quetzales con sesenta y cinco centavos.

Equivalentes a: Dos cientos noventa y dos mil setecientos nueve dólares y veinte centavos.

2.1.10. Evaluación del impacto ambiental

En primer lugar se señalan a las comunidades que son las más afectadas cuando hay un proyecto de carácter ambiental, ya que implica una serie de cambios. Actualmente se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente

El método de Leopold es el más conocido, fue diseñado para la evaluación de impactos asociados con casi cualquier tipo de proyectos de construcción. Es importante como precursor de trabajos posteriores y porque su método a menudo es utilizado para el análisis de impactos ambientales en una primera instancia, o sea, para la evaluación preliminar de los impactos que puedan derivarse de ciertos proyectos.

La base del sistema es una matriz, en la cual las entradas de las columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio y las entradas de las filas son los factores ambientales susceptibles de alterarse, con estas entradas en columnas y filas se pueden definir las interacciones existentes.

El método consiste en un cuadro que presenta como son afectados los factores ambientales por las acciones resultantes del proyecto así como el impacto que estas acciones presentan, los factores ambientales presentados son:

- Físico-químicos
- Condiciones biológicas

- Factores culturales
- Relaciones ecológicas

Para este proyecto, se procedió a dar valores en el rango de -5 a 5 al resultado de cada acción sobre cada factor ambiental, los valores muestran si el impacto fue positivo o negativo, el color rojo representa el impacto negativo el color amarillo representa el impacto positivo y el color blanco representa impacto neutro.

Luego a cada factor ambiental se le asignó un valor de importancia de 0 a 5, después se procedió a sumar los números asignados, la suma de los valores de las filas muestran el impacto e importancia sobre los factores ambientales y la suma de los valores de las columnas indican el impacto e importancia de las acciones producidas por el proyecto.

Vea tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Matriz de Leopold para sistema de alcantarillado**

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS							Impacto en ambiente	Importancia de impacto		
			modificación del regimen			Transformacion del territorio		Operación y mantenimiento					
			Alteracion cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Excavacion de zanjas	Drenaje pluvial	Tratamiento de aguas negras	Operación de conduccion en tuberia	Eliminacion de aguas residuales				
FACTORES AMBIENTALES	Físico químicas	Tierra	Suelos	0	0	-1	2	3	1	3	8	27	
		Agua	Calidad	1	0	2	5	5	5	5			
		Atmosfera	Calidad	3	2	3	5	5	4	5	33	45	
				1	-1	0	4	4	4	4			
			Inundaciones	2	2	3	2	4	3	5	9	21	
				0	0	2	5	3	4	3			
		Procesos	Compactacion	5	2	1	5	3	5	3	3	3	
				1	0	-2	3	3	2	2			
		Condiciones biológicas	Flora	Arboles	3	2	4	4	2	3	3	13	47
					0	0	0	-1	2	0	2		
	Cosechas			5	3	2	2	2	2	2	7	23	
				-1	0	-1	3	3	3	3			
	Fauna		Macro fauna	4	4	2	5	5	4	5	3	3	
				0	-1	0	1	2	2	3			
	Factores culturales		Uso del territorio	Agricultura	3	3	3	4	3	4	3	40	57
					2	2	0	5	5	4	5		
				Zona residencial	2	-3	-2	5	5	5	5	27	84
					5	4	4	5	5	5	5		
		Nivel cultural	Culturas o formas de vida	-2	-2	-2	4	4	4	4	8	51	
				3	3	3	5	5	4	4			
Salud y seguridad			1	0	0	4	4	4	4	2	2		
			3	4	5	5	5	5	5				
Empleo		0	0	0	0	0	0	0	1	1			
		3	2	3	5	4	4	4					
Servicio e infraestructura	Red de transporte	-2	-2	0	2	0	1	1	3	4			
		5	3	5	3	3	2	2					
Servivios	Servivios	-2	-1	-2	3	3	3	4	4	4			
		4	3	4	5	4	4	4					
Impacto de la acción		1	-8	-6	45	46	42	48					
Importancia de la acción		56	42	47	65	59	58	60					

Fuente: elaboración propia.

Según la matriz de Leopold, este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, este solo sucederá durante el periodo de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo.

Como impacto ambiental positivo, se tiene la eliminación de aguas residuales, que fluyen sobre la superficie del suelo, eliminando con esto la posibilidad de contaminación de la napa freática y además la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades.

Todo esto conlleva una notable mejora en la calidad de vida, para los pobladores de la aldea Mesillas Bajas.

2.1.11. Evaluación socio-económica

Es de suma importancia el análisis objetivo de la realidad financiera y de los beneficios que conlleva la realización del proyecto propuesto.

2.1.11.1. Valor presente neto (VPN)

Es el modelo o método de mayor aceptación, ya consiste en la actualización de los flujos netos de fondos a una tasa conocida y que no es más que el costo medio ponderado de capital, determinado sobre la base de los recursos financieros programados con antelación.

Esto descansa en el criterio ya esbozado en anteriores oportunidades; las decisiones de inversión deben aumentar el valor total de la empresa, como parte de una sana política administrativa. En ciertos casos, es pertinente usar lo que se usa como tasa de descuento, que no es otra cosa que la tasa que se usa en el mercado para determinar la factibilidad financiera de los proyectos de inversión.⁵¹

⁵¹ ALTUVE, José Germán. El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión, Venezuela, 2004. p. 15.

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Es una forma fácil de visualizar si los egresos son mayores que los egresos.

$$VPN = VP_{\text{beneficios}} - VP_{\text{costos}}$$

Para la anterior fórmula se tienen tres resultados posibles:

- $VPN > 0$
 - $VPN = 0$
 - $VPN < 0$
-
- Cuando es mayor que cero, se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad además de una ganancia que es igual al valor presente.
 - Cuando es igual a cero, se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
 - Cuando es menor que cero, se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario es un beneficio para la comunidad de carácter social, no se contempla algún tipo de utilidad, los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - Q 2 317 583,65$$

$$VPN = - Q 2 317 583,65$$

2.1.11.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.⁵²

⁵² ALTUVE, José Germán. El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión, Venezuela, 2004. p. 12.

Si se usa con valor presente es la tasa donde el valor presente es igual a cero $VP= 0$.

Se requieren de un valor de ingreso, y para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevé ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR mediante el uso de estas fórmulas. Lo que procede para este caso, es tomar el valor de la TIR igual a 4,5%, la cual representa el costo que el estado debe desembolsar para la ejecución de dicho proyecto.

Esta tasa fue calculada tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala que corresponde a la inversión en títulos públicos que actualmente pagan esa cantidad y es lo que le cuesta al Estado captar esos fondos para invertirlos en obra pública.

3. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN

3.1. Diseño de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas, del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala

Es importante considerar la planificación y ejecución de construcciones de comunicación vial y así contribuir con el desarrollo de la aldea Mesillas Bajas.

3.1.1. Descripción de proyecto

Un diseño geométrico óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple con las características de seguridad y comodidad del vehículo. El proyecto de diseño del pavimento rígido de la aldea Mesillas Bajas, considera pavimentar un tramo de 2,5 Km. de la carretera de acceso principal, con un ancho de 5,50 metros, con cuneta ambos lados, con el cual se pretende contribuir al desarrollo de la misma. Se realizó estudios topográficos, toma de muestras de suelos para ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

El diseño se basa en una carretera tipo E, clasificación según la Dirección General de Caminos; con un T.P.D.A (tráfico promedio diario anual) de 400 vehículos y ancho de calzada de 5,50 metros.

3.1.2. Estudios topográficos

La topografía se utiliza para obtener la información necesaria para diseñar la calle que se va a pavimentar; para este proyecto se realizó un estudio topográfico de planimetría y altimetría, que son bases fundamentales para todo proyecto vial, su aplicación es determinante para obtener la libreta de campo y planos que reflejen la conformación del lugar en donde se realizará la pavimentación.

3.1.3. Levantamiento topográfico

En el levantamiento topográfico de la carretera se realizó con estación total, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección.

3.1.3.1. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía de superficie, que trata de los métodos de campo y gabinete, necesarios para obtener la posición altimétrica de puntos del terreno (coordenada “z”). A los puntos del terreno con posición altimétrica se refiere a elevaciones, alturas o cotas.

Una elevación es una distancia vertical medida desde un plano horizontal hasta un punto o banco de nivel del terreno.⁵³

En este proyecto se realizó la nivelación usando una estación total marca sokkia® mediante el método taquimétrico, como cota de salida se fijó una arbitraria, entera de 1000 metros para no tener cotas negativas.

⁵³ Ing. Lucio Durán Celis, Apuntes de topografía, p. 58.

3.1.3.2. Planimetría

La distancia es lo que existe entre dos puntos cualesquiera, ubicados en un espacio tridimensional.

La medición de distancias es la base de toda la topografía, la distancia entre dos puntos significa su distancia horizontal. Si los puntos están a diferente elevación, su distancia es la longitud horizontal.⁵⁴

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias.

Aplicando el método de deflexiones se radiaron los puntos esenciales como los postes de luz, el ancho de calle, los cercos de la orilla de la carretera y línea central de la carretera.

3.1.4. Consideraciones de diseño

Para el diseño de un proyecto es necesario conocer los factores que afectan, antes y después de la ejecución para garantizar un diseño óptimo.

3.1.4.1. Ubicación y localización del tramo carretero

El proyecto de diseño de pavimento rígido se encuentra en el acceso principal de la aldea Mesillas Bajas, ubicada al oriente de la cabecera municipal, a una distancia de 12 kilómetros.

⁵⁴ Ing. Lucio Durán Celis, Apuntes de topografía, p. 9.

3.1.4.2. Aspecto del camino existente

El camino se encuentra en malas condiciones, ya que es un camino de balastro al cual no se le ha dado mantenimiento, y por lo tanto cuenta con muchos agujeros provocados por el agua de lluvia que se drena por gravedad.

3.1.4.3. Factores de diseño

Los factores que se tomaran en cuenta para el diseño de pavimento rígido son los que se detallan a continuación.

- Módulo de ruptura del concreto (MR)

La caracterización del concreto a emplear será a través de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura. Este valor deberá ser el medio obtenido a los 28 días, utilizando una viga simple con carga a cada tercio de su longitud (AASHTO T 97, ASTM e 78).

Debido al carácter estadístico de la ecuación para el dimensionamiento de pavimentos rígidos, y a que se introduce el término confiabilidad dentro de la ecuación, la AASHTO recomienda que no se utilice como dato de entrada el valor indicado en el proyecto del módulo de ruptura, Mr. Esto se debe a que en el campo se deben tener resistencias iguales o mayores que la especificada. Sólo un pequeño porcentaje quedará por abajo de este valor.⁵⁵

⁵⁵ Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, "Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, C.A, 1997 p. 119.

- Módulo de reacción del suelo (kc)

Para el diseño de pavimento rígido se emplea el módulo de reacción de la capa de apoyo, K_c , es usual correlacionar MR con K_c . En la tabla XIX se muestran algunos valores típicos de K_c para diferentes suelos.

Tabla XIX. **Valores típicos de resistencia de suelos**

Tipo de suelo	Resistencia de la capa subrasante	K_c , en kpa/cm	Módulo de elasticidad dinámico o de resiliencia, en Mpa	en kg/cm^2
Limos y arcillas de alta compresibilidad	Muy baja	135-270	6,9-13,11	<3
Suelos finos de baja compresibilidad	Baja	270-405	131-200	3,0-5,5
Arenas poco limosas arcillosas mal graduadas	Media	405-594	20-30	5,5-12
Gravas, arenas bien graduadas y mezo clas de arena y grao va con pocos finos	Alta	594-675	30-33,5	>12

Fuente: Adoptado de: Ing. Aurelio Salazar Rodríguez. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 115.

Alta compresibilidad para LL ~50 %

Baja compresibilidad indica LL < 50 %

LL = límite líquido, según la ASTM D-423

Para tomar en cuenta la interacción de las capas con diferentes rigideces que componen al cuerpo del pavimento, es recomendable usar en las cartas de diseño un k combinado, tal como se obtiene de la tabla XIX.

También se puede usar la correlación aproximada entre módulos de reacción y valores del Valor Relativo Soporte (VRS o CBR) para diferentes suelos.⁵⁶

- Tráfico y cargas de diseño

No son más que los valores bajo los cuales se diseña el pavimento considerando para toda su vida, surgen del tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos que circulan en el lugar llamado TPD y cuyo valor se determina por tablas, más el tránsito promedio diario de camiones siempre en ambas direcciones denominado TPDC.

Este es el parámetro que influye más en el cálculo de espesores. Para determinarlo se toma en cuenta lo siguiente:

- La distribución de pesos por eje por cada 1000 vehículos
- Las tasas de crecimiento
- Los factores de distribución del tránsito. Se relaciona a como se distribuye el tránsito pesado en el carril de diseño en un camino.

Normalmente los tránsitos promedios diarios anuales, T.P.D.A., pueden ser conocidos a partir de aforos vehiculares. Estos valores, sin embargo deberán ser afectados por los factores distribución por carril y los direccionales, así como los de crecimiento.

Vea tabla XX

⁵⁶ Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, "Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, C:A, 1997, p. 115.

Tabla XX. **Tabla de crecimiento anual y periodo de 20 años**

Crecimiento anual, en%	Período de diseño 20 años	Período de diseño 40 años
1,0	1,1	1,2
1,5	1,2	1,3
2,0	1,2	1,5
2,5	1,3	1,6
3,0	1,3	1,8
3,5	1,4	2,0
4,0	1,5	2,2
4,5	1,6	2,4
5,0	1,6	2,7
5,5	1,7	2,9
6,0	1,8	3,2

Fuente: Adoptado de: Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 98.

Los factores por los que se deberán multiplicar los TPDA's actuales para reflejar las tasas de crecimiento anuales son los que se muestran en la tabla XIX. En ella aparecen para períodos de diseño de 20 y 40 años. Téngase en cuenta que el factor de crecimiento se ve influenciado por los siguientes factores:

- Impacto de obra nueva: el tránsito se desviará a la nueva vialidad o tramo carretero sabiendo de la existencia de una superficie de rodamiento más segura y cómoda.
- Crecimiento normal de usuarios: corresponde al incremento normal del número de usuarios, debido sencillamente a que la población y número de vehículos aumentan.

- Tránsito inducido: es aquel tránsito que viene a la nueva instalación por recomendación de usuarios ordinarios o comunes a la misma. Este tránsito no se hubiese generado de no existir esta obra.
- Tránsito nuevo generado: este tránsito es el que nace ante la nueva redistribución del uso de suelo al construir la vialidad.

Será conveniente entonces que las dependencias encargadas de la planeación y ejecución de carreteras o vialidades realicen estudios de impacto vial, a fin de obtener un factor de crecimiento realista.⁵⁷

3.1.5. Estudio de suelos

Conocidos los principales tipos de suelos existentes, el siguiente paso es establecer una serie de procedimientos científicos que permitan caracterizarlos en función de diferentes propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Los ensayos que definen las principales propiedades de los suelos en carreteras son: análisis granulométrico, límites de Atterberg, equivalente de arena, Proctor Modificado y la determinación de la capacidad cortante mediante el índice CBR.⁵⁸

Para el diseño de un pavimento rígido es necesario conocer las características del suelo, que soportara cargas como el peso de la losa y el tránsito de vehículos. Para ello se realizó la toma de muestra a cielo abierto en un área de excavación aproximadamente de un metro cuadrado y una

⁵⁷ Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, "Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, C:A,1997, p. 137.

⁵⁸ BLÁZQUEZ, Luis Bañón, Manual de carreteras 2, p. 5.

profundidad de cincuenta centímetros, se extrajo cerca de 150 libras de suelo, para realizar los ensayos correspondientes.

3.1.5.1. Ensayo de laboratorio

Los ensayos realizados para saber las características del suelo son:

- Ensayo de compactación (Proctor modificado)
- Ensayo de Valor soporte del suelo (CBR)
- Límites de Atterberg
- Granulometría

Los cuales se definen a continuación.

Ensayo de compactación (Proctor modificado)

Como ya se ha demostrado, la relación existente entre la densidad seca de un suelo –su grado de compactación- y su contenido en agua es de gran utilidad en la compactación de suelos. Su regulación se realiza mediante el Ensayo Proctor en sus dos variantes, Normal (NLT-107) y Modificado (NLT-108), que seguidamente veremos.

Este ensayo, persigue la determinación de la humedad óptima de compactación de una muestra de suelo. La diferencia entre las dos variantes existentes Proctor Normal (PN) y Modificado (PM)- radica únicamente en la energía de compactación empleada, del orden de 4,5 veces superior en el segundo caso que en el primero. Esta diferencia es debido a que existe material que no logra una buena compactación con el Proctor normal.

El procedimiento de ensayo consiste en apisonar en 3 tongadas consecutivas (5 en el caso del PM) una cantidad aproximada de 15 kg. de suelo (35 kg. si se trata del PM) previamente tamizada y dividida por cuarteo en 4 partes aproximadamente iguales.

La muestra se humecta y se introduce en un molde metálico de dimensiones normalizadas (1000 cm para el PN y 2320 cm para el PM). Para llevar a cabo el apisonado se emplea una maza también normalizada, de forma que su peso y altura de caída no varíen, lo que asegura una energía de compactación constante. La normativa estipula una cantidad de 26 golpes de maza por tongada en el caso del Proctor Normal y de 60 golpes en el caso del Modificado.

Se realizan de 4 a 6 determinaciones con diferente grado de humedad, construyéndose la curva humedad-densidad seca.⁵⁹

Según el resultado del ensayo Proctor modificado el suelo posee una densidad seca máxima de 1562 Kg/m³ ó 97,5 lb/pie³ y una humedad óptima de 22,5%.

Ensayo de Valor soporte del suelo (CBR)

Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras contempladas en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2,54 mm.

⁵⁹ BLÁZQUEZ, Luis Bañón. Manual de carreteras tomo 2, p. 14 y 15.

Para calcular el Valor Soporte Relativo del suelo de fundación, se efectuarán ensayos de California Bearing Ratio (CBR) para cada tipo de suelo y de control cada 2 km de espaciamiento como máximo.

Para la obtención del valor CBR diseño, se debe considerar lo siguiente:

- Cuando existan 6 o más valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, determinar el valor de CBR de diseño en base al percentil 75%, valor que es el menor al 75% del total de los valores analizados.
- Cuando existan menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo por sección de características homogéneas de suelos, considerar lo siguiente:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (más bajo).
- Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de sub rasante pertenece el sector.⁶⁰

⁶⁰ Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Perú, 2008, Pág. 115 y 116

Según el resultado del ensayo C.B.R. el suelo posee un valor soporte de 40% al 95% de compactación, expansión 2,09% a 65 golpes. Siendo el suelo apto para una sub-rasante.

Límites de Attenberg

La plasticidad de un suelo depende no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites.

A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC).

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Vea tabla XXI.

Tabla XXI. **Características de los suelos**

Índice de plasticidad	Característica
IP = 0	Suelos exentos de arcilla
17 > IP	Suelos arcillosos
17 > IP > 7	Suelos poco arcillosos
IP > 17	Suelos muy arcillosos

Fuente: BOWLES, Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. p. 21.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.⁶¹

Según el resultado del ensayo de Límites de attemberg, el suelo tiene un L.L. de 34,5% y un I.P. de 7,2 %, teniendo una clasificación ML, dicha clasificación indica que presenta una ligera plasticidad y que tiene un L.L. menor de 50%.

Granulometría

A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

⁶¹Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. p. 113.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.⁶²

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos de la tabla XXII.

Tabla XXII. **Clasificación de material según partículas**

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa 2 mm – 0,2 mm Arena fina: 0,2 mm – 0,05 mm
Limo	0,05 mm – 0,005 mm
Arcilla	Menor a 0,005 mm

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. p. 113.

Según los resultados obtenidos del ensayo de granulometría el suelo posee 9,50 % de grava, 62,00 % de arena y 28,50 % de finos. El suelo se clasificó como arena limosa color café.

⁶² Ministerio de transportes y comunicaciones, Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. p. 112.

3.1.5.2. Análisis de resultados

Los resultados del estudio de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en los anexos.

Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación P.R.A.: A-2-4
- Descripción del suelo: Arena limosa color café.
- Limite liquido: 34,5%
- Índice plástico: 7,2%
- Densidad seca máxima: 1562 Kg/m³ ó 97,5 lb/pie³.
- Humedad óptima (Hop): 22,5%
- C.B.R. al 95% de compactación: 40,10% aprox.
- C.B.R. critico: 21,50%

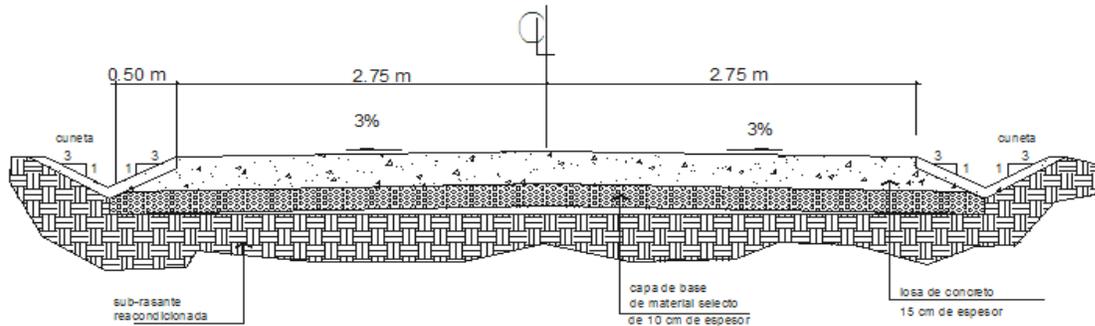
Como se puede observar el suelo cumple con las condiciones para una sub-rasante ya que su C.B.R. es mayor del 5%, y su Límite líquido no es mayor del 50%.

3.1.6. Diseño de pavimento

Con los datos obtenidos de los ensayos del suelo se procede al diseño de pavimento, los pavimentos se pueden clasificar como rígidos y flexibles. En este caso se realizara de concreto con topes y cuneta.

Vea figura 10.

Figura 10. **Sección típica**



Fuente: elaboración propia.

3.1.6.1. Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya superficie de rodadura es de concreto hidráulico de cemento Pórtland, y generalmente están asentadas sobre una capa de material de sub-base (CBR > 40%) y está a su vez sobre la sub-rasante nivelada y compactada.

Para el diseño de pavimentos rígidos en carreteras el proyectista recurrirá al manual de la American Association of State Highway and Transportation Officials- AASHTO (Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte) o similares.⁶³

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en pavimentos de concreto simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero.

⁶³ Verónica Zavala Lombardi, Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. p. 134.

Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos:

- Pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia
- Pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros.⁶⁴

3.1.6.2. Componentes estructurales

Los pavimentos están constituidos por diferentes componentes, como capa de rodadura, base, sub-rasante y bombeo.

3.1.6.3. Capa de rodadura

Superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las terracerías. Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico o hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones, en este diseño la capa de rodadura será de concreto.

3.1.6.4. Base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la sub-base. Generalmente se la usa en los pavimentos flexibles. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además

⁶⁴ Dirección general de caminos ministerio de comunicaciones, Infraestructura y vivienda, Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. p. 501-1.

cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

3.1.6.5. Sub-rasante

Los materiales que se utilicen como capa sub-rasante deberán ser de preferencia, del tipo: GW, GW, SW, SM, ML, siempre que la porción fina, o sea la arcilla, no sea de alta plasticidad. Este material deberá ser compactado del 95 al 100 % de la prueba de compactación AASHTO T-99 o estándar. Cuando los materiales sean del tipo CI, MH, CH, CIML y cuando su límite líquido, LL, esté comprendido entre 50% y 100%, se analizará la posibilidad de mejorarlos, con la finalidad de reducir los valores del LL y, en consecuencia, del IP. Cuando el terreno de apoyo sea del tipo MH, CH YOH con LL = 100%, serán desechados como material de apoyo.

Para ello se recomienda una sustitución del material en espesores mínimos de 30 cm. En todos los casos en que se encuentren bolsas de material con alto contenido de materia orgánica se deberá proceder a su sustitución total con material limoso mezclado con arena y/o grava. Cuando en el corte de suelos naturales afloren fragmentos de roca, éstos no serán admitidos como lecho de apoyo. De ser así, se deberá proceder a la remoción de estos fragmentos endurecidos.⁶⁵

La siguiente tabla muestra la clasificación de suelo según el porcentaje de C.B.R.

Vea tabla XXIII

⁶⁵ SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.. p. 6.

Tabla XXIII. **Calidad de sub-rasante en función del C.B.R.**

C.B.R (%)	Calidad de Sub-rasante
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.

3.1.6.6. Bombeo

En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0,5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%. Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.⁶⁶

El bombeo transversal es la pendiente necesaria para evacuar el agua hacia las orillas de la carretera y llevarla a los tragantes o cunetas. La pendiente de bombeo en este caso será del 3% en ambos lados.⁶⁷

⁶⁶ ZAVALA LOMBARDI, Verónica. Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, 2008, p. 39.

⁶⁷ ZAVALA LOMBARDI, Verónica. Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, 2008, p. 134.

3.1.7. Parámetros de diseño

Sirven como punto de partida para realizar un diseño que cumpla con las condiciones necesarias para prestar un servicio óptimo en el periodo de vida para el que fue diseñado.

3.1.7.1. Periodo de diseño

El período de diseño utilizado en la pavimentación de la calle principal de la aldea Mesillas Bajas, será de 20 años, por considerar que aproximadamente la vida útil de los materiales empleados es de 20 años.

3.1.7.2. Diseño de la base

Para la base se consideraron los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio y se determinó que el suelo tiene un valor medio para utilizarlo como sub-rasante, por lo tanto se determinará el espesor de la base según las especificaciones correspondientes.

3.1.7.3. Diseño de espesor del pavimento

El diseño del espesor de pavimentos rígido por no contar con datos de aforo vehicular, se realiza por el método simplificado elaborado por la Portland Cement Association (PCA). Se estimó el TPDA asumiendo que el 65 % de hogares cuenta con vehículo, por tanto para 300 viviendas, se estima 195 vehículos que transitarán por lo menos 2 veces al día. El total de vehículos será 390, aproximadamente 400.

- 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, diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El periodo de diseño considerado es de 20 años.⁶⁸

El método consiste en los siguientes pasos:

- a. Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD.
- b. Determinar el módulo de reacción k de la sub-rasante para determinar la condición de apoyo y espesor de Base.
- c. 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.

- Procedimiento:

- Clasificación de la vía y determinación del TPPD

Dado que el tramo carretero se encuentra en zona rural y es un camino con un tránsito pesado de bajo a medio, su clasificación fue Categoría 1 según la tabla XXIV.

⁶⁸ SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 148.

Tabla XXIV. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría de ejes	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima / eje	
		Cargados	%	Por día	Eje sencillo	Eje 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	700 - 5000	5 – 18	40 - 1000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas (de bajo a medio*)	3000 – 12 000 en 2 carriles, 3000 - 50 000 en 4 carriles	8 – 30	500 - 1000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), Carreteras y vías urbanas y rurales (medios a alto*)	3000 - 20 000 en 2 carriles, 3000 - 15 000	8 – 30	1500 - 8000	34	60

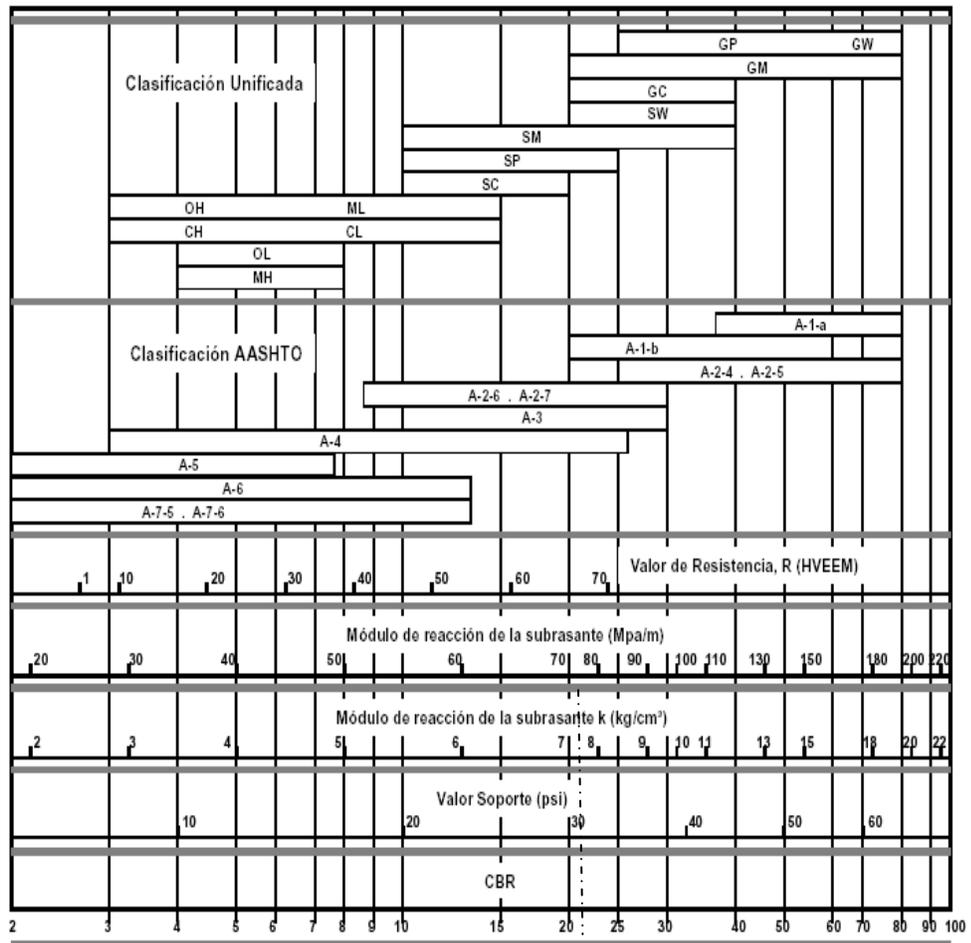
Fuente: adoptado de: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 148.

Tomando como estimación un TPDA de 400, se procedió a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla XXIV, el TPPD está dado como un porcentaje del TPDA para este proyecto se tomó un porcentaje de 3% de 400 según la tabla: $TPPD = 400 * 3/100 = 12$, el número de camiones que pasan en el día son 12.

- Determinación del módulo de reacción k de sub-rasante y espesor base

Este módulo de reacción se determina por medio de la figura 11, que está en función del C.B.R.

Figura 11. **Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos**



Fuente: LONDOÑO, Cipriano. Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto. p. 13.

Tomamos el C.B.R. de la sub-rasante de 21,5% y con una línea vertical imaginaria se puede observar en la figura que el módulo de reacción de la sub-rasante es de 7,5 kg/cm³ aproximadamente.

Una vez conocido el módulo de reacción k se procedió a encontrar la condición de apoyo de la sub-rasante con la ayuda de la tabla XXV:

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

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción kg/cm³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2,0 – 3,35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3,6 – 4,7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5,0 – 6,0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6,9 – 11,0

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

Con el módulo de reacción aproximado de 7,5 kg/cm³, la condición de apoyo de la sub-rasante según la tabla XXV es muy alto, debido a que la condición de apoyo de la sub-rasante es muy alta se podría omitir la construcción de la capa sub-base, pero para este proyecto se utilizará una sub-base con el espesor mínimo de 10 cm, lo cual aumentará la condición de apoyo para el pavimento.

Para este proyecto se estimó un módulo de ruptura del concreto mínimo de 42 Kg/cm^2 debido a que si se utilizan agregados, cemento y agua de buena calidad para el concreto se estima que el módulo de ruptura se encuentre en el rango de $42 - 46 \text{ Kg/cm}^2$.

- Determinación del espesor de la losa de concreto

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje No. 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 XXVI, que presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Para determinar el espesor de la losa se estimó para este pavimento la utilización de cunetas de concreto para darle un mejor confinamiento al pavimento por lo que se utilizaron los datos del lado derecho de la tabla XXVI.

La condición de apoyo del terreno es muy alto según la tabla XXV anteriormente vista se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno alto ubicada del lado derecho de la tabla XXVI, luego se procedió a ubicarse en la parte que corresponde a un $M_r = 42 \text{ Kg/cm}^2$ el cual fue el módulo de ruptura asumido para el concreto de este pavimento y buscamos la fila donde se encuentre el valor que se aproxime al número de TPPD.

Tabla XXVI. **TTPD permisible, categoría de carga por eje No. 1
pavimento con junta de trabazón de agregado**

Sin acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
Espesor de losa (cm)		Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Mr = 46 Kg/cm ²					10,0		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
	14,0	3	15	45	14,5	320		
	15,0	40	160	430				
	16,5	330						
Mr = 42 Kg/cm ²	12,5		0,1	0,4	10,0			0,1
	14,0	0,5	3	9	11,5	0,2	1	5
	15,0	8	36	98	12,5	6	27	75
	16,5	76	300	760	14,5	73	290	730
	17,8	520			15,0	610		
Mr = 39 Kg/cm ²	14,0	0,1	0,3	1	11,5		0,2	0,6
	15,0	1	6	18	12,5	0,8	4	13
	16,5	13	60	160	14,0	13	57	150
	17,8	110	400		15,0	130	480	
	19,0	620						

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

Observando así que el espesor de losa que resistirá el TPPD de 12 estimado para este proyecto corresponde a 12,5 cm el cual tiene un TPPD permisible de 75 según la tabla XXVI, para fines constructivos se dejará un espesor de losa de 13 cm.

3.1.7.4. Tipos de juntas

Dado que el concreto experimenta cambios volumétricos debidos al cambio de la temperatura y en sus contenidos de agua, ellos hacen que las losas que lo constituyen tiendan a sufrir esfuerzos de tensión que en ocasiones rebasan a los que las losas pueden soportar.

Los esfuerzos de tensión generados por cambios volumétricos se ven incrementados por los del tipo friccionante o de arrastre, generados en la interface losa-capa de apoyo, pues esta última se opone a que las losas se expandan o sufran contracción producida por agentes ambientales y por la disminución del agua dentro del concreto al secarse. Cuando no se toman en cuenta estos esfuerzos, aparecen grietas sin control.

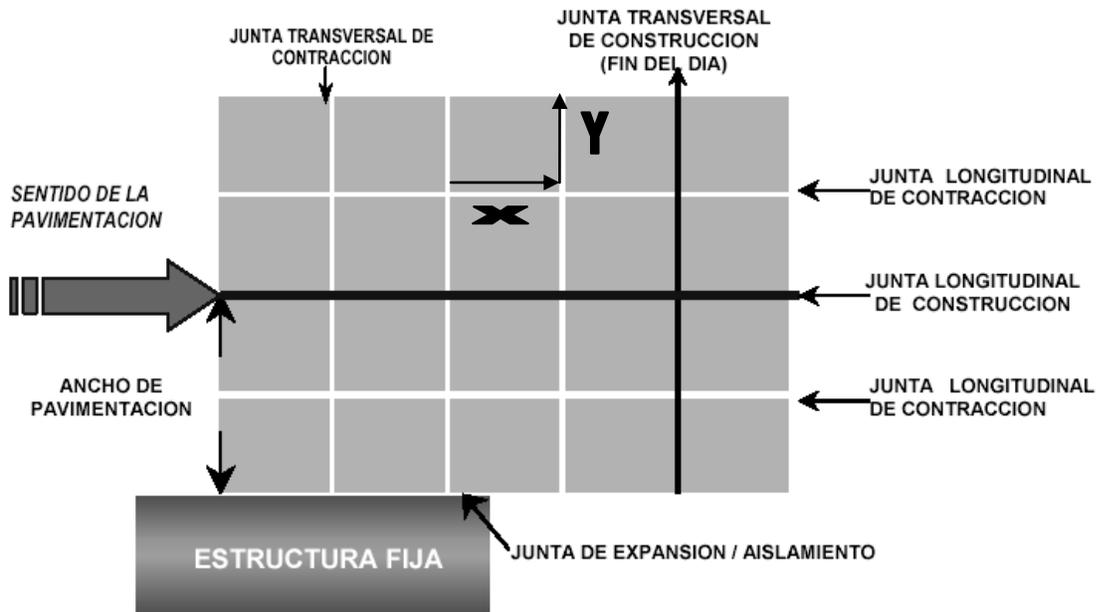
La manera de evitar el agrietamiento sin control es justamente mediante una planeación de cortes, que alivien los esfuerzos antes citados de manera programada.⁶⁹

En la siguiente figura se observa un esquema de los tipos de juntas en un pavimento.

Vea figura 12.

⁶⁹ SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 59.

Figura 12. Esquema de juntas en un pavimento



Fuente: <http://www.cemexmexico.com/co/pdf/41Juntas.pdf>. (Consulta: 22 de mayo de 2011)

Las juntas transversales y longitudinales se deben cortar con disco a una profundidad de $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ de espesor de la losa tan pronto como lo permita el curado después de la colocación de la carpeta de concreto, para este caso usaremos $\frac{1}{4}$ del espesor, con un ancho de corte de $\frac{1}{4}$ ".

Profundidad de corte = $\frac{1}{4} * 0,13m$

Profundidad de corte = 0,0325m

La separación entre juntas puede ser de 21 a 24 veces el espesor de losa, para cuestiones de diseño usaremos un factor intermedio de 23 veces el espesor.

Separación = $23 * 0,13$

Separación = 3 m

Y la relación entre largo y ancho de los tableros debe ser $0,71 < x / y < 1,40$.⁷⁰

Tomando la mitad del ancho de la carretera la junta transversal será de 2,75 m.

Y la relación será $3,00 / 2,75 = 1,10$

3.1.8. Estructura final del pavimento

Diseño para 20 años

- No se tiene aforo de circulación de vehículos en el sector
- Según el tipo de suelo, de la tabla XXV se puede concluir que es un suelo con soporte muy alto.
- Se propone un espesor de base mínimo = 10 cm.
- Tomando un concreto de resistencia = 600 psi, el espesor de losa con cuneta en ambos lados es de 13 cm.
- Juntas transversales a cada 3,00 mts.
- Juntas longitudinales de 2,75 mts.

3.1.9. Diseño de mezcla de concreto

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre si:

- a. Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).

⁷⁰ <http://www.scribd.com/doc/2539829/Pavimentos-Diseño-y-Construcción-de-Juntas> .[consulta: 27 de Noviembre de 2010]

- b. Determinación de sus cantidades relativas o proporcionamiento, para producir concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.⁷¹

- Información requerida para el diseño de mezclas
 - Análisis granulométrico de los agregados
 - Peso unitario compactado de lo agregados (fino y grueso)
 - Peso específico de los agregados (fino y grueso)
 - Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
 - Perfil y textura de los agregados
 - Tipo y marca del cemento
 - Peso específico del cemento
 - Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

- Pasos para el proporcionamiento

Se puede resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- a. Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- b. Elección de la resistencia promedio.
- c. Elección del asentamiento (Slump)
- d. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.

⁷¹ Samuel Laura Huanca, Diseño de Mezclas de Concreto, Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2006, pág. 2

- e. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
 - f. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
 - g. Cálculo del contenido de cemento.
 - h. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
 - i. Ajustes por humedad y absorción.
 - j. Cálculo de proporciones en peso.
 - k. Cálculo de proporciones en volumen.
 - l. Cálculo de cantidades por tanda.⁷²
- Determinamos el tipo de asentamiento según la estructura

Determinación de estructura

Para determinar el asentamiento utilizamos la siguiente tabla:

Tabla XXVII. **Asentamiento según estructura**

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm.
Paredes reforzadas y columnas	10 cm.
Pavimentos y losas	8 cm.
Concreto masivo	5 cm.

Fuente: material de apoyo de curso de materiales de construcción. Primer semestre 2008.

Según la tabla XXVII, para pavimentos utilizamos un asentamiento de 8 cm. Se necesita un concreto de un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, con un agregado de 1”.

⁷² HUANCA, Samuel Laura. Diseño de Mezclas de Concreto. p. 4.

Asentamiento de concreto

Tabla XXVIII. **Relación agua – asentamiento**

Asentamientos	Cantidad de agua lt/metro cúbico				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
En centímetros					
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: material de apoyo de curso de materiales de construcción. Primer semestre 2008.

- Con los datos de asentamiento y tamaño de agregado, se obtiene de la tabla XXVIII la cantidad de agua, que es 195 lt/m³.
- Se procede a buscar en la tabla siguiente la relación A/C para una resistencia de 210 Kg/cm² y así hallar la cantidad de cemento.

Relación agua-cemento

Tabla XXIX. **Relación agua- cemento**

Resistencia	Relación
Kg/cm²	A/C
246	0.47
210	0.50
176	0.54

Fuente: material de apoyo de curso de materiales de construcción. Primer semestre 2008.

De la tabla XXIX, determinamos la relación A/C =0,50 para encontrar la cantidad de materiales.

Cantidad de cemento = agua/0,50

Cemento = 195 / 0.50

Cemento = 390 Kg/m³

- Determinando el peso de los agregados

peso de concreto es de 2400 Kg/m³

peso de agregados = peso de concreto – (peso de agua + peso de cemento)

peso de agregados = 2400 – (390 + 195)

peso de agregados = 1815

- Con la tabla de porcentajes de agregados, se obtiene el porcentaje de arena, para el agregado grueso de 1”.

Porcentaje de agregado

Para calcular el porcentaje de agregado fino se utiliza la tabla XXX.

Tabla XXX. **Porcentaje de agregado fino**

Tamaño máximo agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado total
3/8”	48
1/2”	46
3/4”	44
1”	42
1 1/2”	40

Fuente: material de apoyo de curso de materiales de construcción. Primer semestre 2008.

Porcentaje de arena total = 42% del agregado total

Entonces:

$$\text{arena} = 1815 * 42\% = 762,3$$

$$\text{pedrín} = 1815 - 762,3 = 1052,7$$

Resumen de datos obtenidos:

$$\text{agua} = 195 \text{ Kg}$$

$$\text{cemento} = 390 \text{ Kg}$$

arena = 762,3 Kg

piedrín = 1052,7 Kg

- Calculando la proporción:

Cemento: $390/390 = 1$

Arena: $762,3/390 = 1,95$

Piedrín: $1052,7/390 = 2,69$

Proporción del concreto por peso será: 1:2:2,7

3.1.10. Conformación y curado del pavimento

Inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se debe proceder al curado del concreto por alguno de los siguientes métodos:

- Carpetas o esteras de algodón, lona o brines empapadas con agua. La superficie del concreto debe ser recubierta en su totalidad con esteras. Las esteras deben tener longitudes (o anchos) tales, que salgan por lo menos dos veces el espesor de la losa de concreto. La estera se colocará de forma tal, que la superficie total y ambos bordes de la losa queden completamente recubiertos. Antes de la colocación, se empaparán con agua las esteras. Las esteras se colocarán y se sujetarán con pesos, para que estén en contacto directo con la superficie revestida y se deben mantener mojadas y colocadas durante 72 horas.
- Aplicación de compuestos líquidos formadores de membrana de curado. El Contratista debe aplicar un compuesto líquido de curado con pigmento blanco que llene los requisitos de 551.08 (f) y en la forma como se indica en 553.18.

El compuesto de curado, se aplicará a presión en la proporción de un litro por 3,00 metros cuadrados de pavimento de concreto hidráulico, mediante distribuidores mecánicos. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos a la aplicación.

Se emplearán medios aprobados, para asegurar el curado adecuado de las juntas cortadas con sierra durante por lo menos 72 horas y para evitar la penetración de material extraño en la junta antes de terminar el sellado.⁷³

3.1.11. Elaboración de planos finales

Los planos que se elaboraron en este diseño se describen a continuación:

- Planta general
- Planta-perfil de carretera de 0+340-1+180
- Planta-perfil de carretera de 1+180-2+020
- Planta-perfil de carretera de 2+020-2+840
- Secciones transversales de 0+340-1+640
- Secciones transversales de 1+680-2+840
- Detalle de pavimentación

3.1.12. Evaluación de impacto ambiental

Para este método la asignación de valores es subjetiva y no existe una fórmula o método que indique los valores a asignarse. La siguiente tabla muestra la evaluación de impacto ambiental para el proyecto de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas.

⁷³ Dirección general de caminos ministerio de comunicaciones, Infraestructura y vivienda, Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. p. 501-12.

Tabla XXXI. Matriz de Leopold de impacto ambiental de pavimentación

				ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS							Impacto en ambiente	Importancia de impacto
				modificación del regimen			Transformacion del territorio		Extraccion de recursos			
				Alteracion cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Contaminacion de humo	Superficie o pavimento	Drenaje pluvial	Desmonte y rellenos	Arbustos y plantas		
FACTORES AMBIENTALES	Físico químicas	Tierra	Suelos	-1	-3	0	5	3	1	1	6	27
				5	3	3	5	1	5	5		
		Agua	Calidad	0	0	0	0	3	0	0		3
			Temperatura	0	0	0	0	0	0	0		
				5	0	5	3	3	5	5		41
		Atmosfera	Calidad	-3	-2	0	5	4	-1	-1		11
				5	5	5	1	3	2	3		
			0	0	0	4	5	0	0		32	
			0	0	0	1	3	2	2			
	Procesos	Compactacion	5	0	0	5	3	1	0		14	
			5	2	0	5	3	3	2		20	
	Condiciones biológicas	Flora	Arboles	-2	0	-2	0	2	0	-2		4
				5	2	3	1	0	2	5		
				-3	0	0	5	4	0	-2		14
				5	0	3	2	0	2	2		
	Fauna	Macro fauna		0	-4	-2	0	0	0	-3		-9
				5	3	3	3	1	3	5		23
	Factores culturales	Uso del territorio	Agricultura	-1	0	-1	4	4	0	-1		11
				5	3	5	2	3	3	5		
				3	-3	-1	5	4	-1	-1		56
				4	4	4	5	5	3	5		
Nivel cultural		Culturas o formas de vida	-3	-3	-1	5	5	0	0		16	
			5	5	5	5	4	2	3			
		Salud y seguridad	-1	-1	-1	3	3	0	0			76
			4	4	4	4	5	2	3			
			3	-1	0	5	3	0	0			
			3	3	3	3	3	3	3			
Servicio e infraestructura	Red de transporte		0	0	0	5	3	0	0		21	
			5	3	3	5	5	3	3			
			2	1	0	5	5	0	0		50	
		3	3	4	4	4	2	3				
		Impacto de la acción	-1	-16	-8	56	51	0	-9			
		Importancia de la acción	69	40	55	49	48	42	54			

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla XXXI, el impacto ambiental será positivo para la población de la aldea Mesillas Bajas, salvo en el factor de flora y fauna los cuales presentan valores negativos por las acciones de Ruido y vibraciones, causados por los trabajos de construcción y tránsito vehicular, y contaminación de humo causados por los vehículos que lleguen a transitar por la carretera, siendo estos problemas mínimos comparados con los beneficios debido a que las acciones muestran un impacto positivo y de gran importancia, beneficiando a los pobladores en los aspectos de mayor comodidad de transporte, mejor salud por la eliminación de polvo y aumento de las actividades económicas y agrícolas.

3.1.13. Obras de protección

Las obras de protección son estructuras auxiliares de una carretera, las cuales se detallan en los planos. Para el diseño de pavimento rígido, las obras de protección son las siguientes:

- 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.⁷⁴

La cuneta se diseñó junto con el drenaje transversal y las dimensiones se especifican en el plano detalles de carretera en los anexos.

⁷⁴ Dirección general de caminos ministerio de comunicaciones, Infraestructura y vivienda, Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, Guatemala, 2000, pág. 608.01

- Juntas

En el proceso de la construcción, también es un paso muy importante la instalación de los diferentes tipos de juntas que se pueden utilizar en un pavimento de concreto. Es común que una parte del proceso de construcción de las juntas requeridas, que podemos llamar la instalación de ensambles de las juntas, tenga lugar entre el acabado final de la sub rasante y el principio de las operaciones reales de la colocación del concreto. Puede ser que tales ensambles no sean requeridos, como en el caso de un pavimento simple de concreto en el cual las juntas transversales se cortan y no se usan clavijas. Deberá ponerse un cuidado extremo en todas las operaciones que acompañan la construcción de juntas si se quiere que funcionen de manera apropiada.⁷⁵

En el diseño se construirán juntas de construcción en la cota 0+340 donde se une la pavimentación nueva con el pavimento de concreto existente.

Juntas transversales: estas se cortaran a una distancia de 3,00 mts y una profundidad de 3,30 cm, con un ancho de corte de 6 mm.

Juntas longitudinales: se cortaran a una distancia de 2,75 mts, sirviendo de límite entre carriles y con un corte de 3,75 cm de profundidad y 6 mm de ancho.

- Drenaje longitudinal

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 periodo de precipitación máxima. Para lograr

⁷⁵ WRIGHT, Paul H. y PAQUETTE, Radnor J. Ingeniería de Carreteras.p. 10.

esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Ejemplo cuneta de estación 0+640 a estación 1+180

Datos:

Área 54 000 m² = 5,4 Ha

Longitud 540 mts= 0,54 Km

Pendiente promedio 9%

H = 45 m

Coefficiente tomado de la siguiente tabla.

Tabla XXXII. **Coefficiente de escorrentía**

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Techos	0.70-0.90
Pavimentos	0.85-0.90
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (buenas condiciones)	0.75-0.85
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (malas condiciones)	0.40-0.70
Calles	
Terracería	0.25-0.60
De arena	0.15-0.30
Parques, jardines, prados, etc	0.05-0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01-0.20

Fuente: material de apoyo de sanitaria II, segundo semestre 2009.

Ya que la mayoría de área que drenara es tierra cultivada y con vegetación se tomo un C= 0,20.

Cálculo de t

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

donde,

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal en km.

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros.

$$t = \left(\frac{0,886 * 0,54^3}{45} \right)^{0,385} * 60 = 6,5 \text{ min}$$

Calculo de intensidad

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Los valores de a y b los tomamos de la siguiente tabla:

Tabla XXXIII. **Tiempo de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera Izabal	5771.5/t+48.98	7103.95/t+53.80	7961.65/t+56.63	8667.77/t+58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t+3.80	1128.5/t+3.24	1323.5/t+3.48	-----
El Pito Chicolá, Suchitepequez	11033.6/t+101.10	11618.7/t+92.19	13455.2/t+104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t+50.69	3990.5/t+41.75	4049.0/t+37.14	-----

Fuente: datos proporcionados por INSIVUMEH.

De la tabla XXXIII, el territorio más cercano es la ciudad de Guatemala y el tiempo de concentración se toma para 20 años.

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

donde,

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

a y b = Varían en cada región, datos proporcionados por INSIVUMEH.

t = Tiempo de concentración en minutos

El tiempo de concentración esta dada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{4604}{6,5 + 24} = 150,95$$

Cálculo del caudal Q

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

donde,

Q = Caudal de diseño en m^3 / seg.

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

C = Coeficiente de escorrentía

Se calcula el caudal que pasa por el punto de estudio

$$Q = \frac{0,2 * 150,95 * 5,4}{360} = 0,46 \frac{m^3}{s}$$

Calculo de profundidad de cuneta con fórmula de Manning - Strickler:

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

donde,

k = coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto

R = Radio hidráulico

S = Pendiente

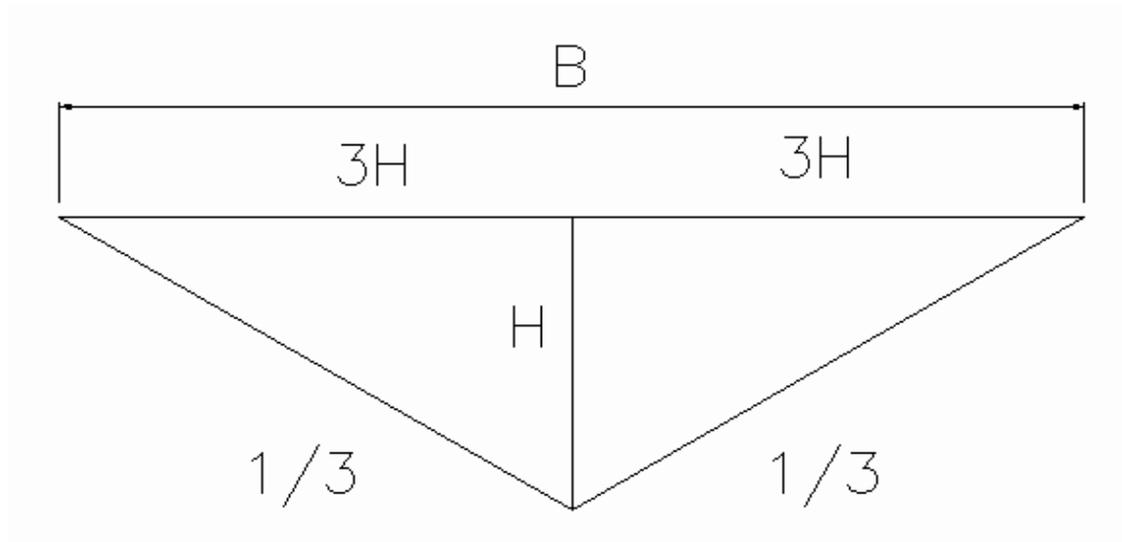
Q = Caudal

$A = \text{área transversal de cuneta (m}^2\text{)}$

Sabiendo que el caudal de referencia es $0,46 \text{ m}^3/\text{s}$, determinamos las dimensiones, tomando un resguardo de 15 %.

Tanto el área A como el perímetro P que define el radio hidráulico puede ponerse en función de la profundidad H de la cuneta y así encontrar el ancho B . En la figura 13 se observa la relación entre largo y ancho para el diseño de cuneta triangular.

Figura 13. **Relación de ancho y altura de cuneta**



Fuente: elaboración propia.

Se sabe que el área de un triángulo es $\frac{1}{2} bh$ de la figura se tiene que la base es $6H$ y la profundidad es H entonces sustituyendo $A = \frac{1}{2} (6H)(H)$

$$A = \frac{1}{2} 6H^2$$

$$A = 3H^2$$

De igual forma se sustitui para encontrar el perímetro (P) y queda que:

$$A = 3 H^2, P = 4 H \text{ sabiendo que } R = A/P$$

$$R = \frac{3H^2}{4H}$$

$$R = \frac{3H}{4}$$

Obteniendo el coeficiente k de la tabla XXXIV:

Tabla XXXIV. **Coficiente de rugosidad para cunetas de concreto**

Material	Características	k (m ^{1/3} /s)
Tierra desnuda	Superficie uniforme	40-50
	Superficie irregular	30-50
Tierra genérica	Ligera vegetación	25-30
	Vegetación espesa	20-25
Roca	Superficie uniforme	30-35
	Superficie irregular	20-30
revestimiento bituminoso		65-75
Tubo corrugado	Sin revestir	30-40
	Revestido	35-50
cuneta de hormigón		60-75

Fuente: BLÁSQUEZ, Luis Bañón. El agua y la carretera. p. 22.

Se elige el más desfavorable k=60

Sustituyendo y despejando H en la fórmula

$$0,46 \text{ m}^2/\text{s} = 60 * 3H^2 * (3H/4)^{2/3} * 0,02^{1/2}$$

$$0,46 = 8,48 * (3H^2 * 3H^{2/3} / 16)$$

$$0,46 = 8,48 * 9/16 H^{4/3}$$

$$0,46/8,48/0,56 = H^{4/3}$$

0,1729=H H = 17,30 cm y calculamos H con el 15% de resguardo

$$H = 1,15*(17,30) = 19,20 \approx 20,00 \text{ cm}$$

$$B = 2 * 3(20,00) = 120 \text{ cm.}$$

- Drenaje transversal

Como ejemplo se calcula el drenaje transversal ubicado en el estacionamiento 01+180, que transportara el caudal de la cuneta que se diseño.

Del ejemplo anterior tenemos el cálculo de caudal

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

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/ seg.

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

C = Coeficiente de escorrentía

Se calcula el caudal que pasa por el punto de estudio

$$Q = \frac{0,2 * 150,95 * 5,4}{360} = 0,46 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo de diámetro de caudal

$$Q = V * A$$

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

$$Q = \frac{1}{n} * \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} * S^{\frac{1}{2}} * \frac{\pi * D^2}{4}$$

despejamos D:

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

$$D = \left(\frac{0,46 * 4^{\frac{5}{3}} * 0,013}{0,02^{\frac{1}{2}} * 3,14} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,473 \text{ m}$$

0,473 m \approx 19" por cuestiones de diseño utilizaremos un diámetro de 30" tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera.

Con un diámetro de 30" el área es 0,45 m², y la tubería trabajara en un 40%.

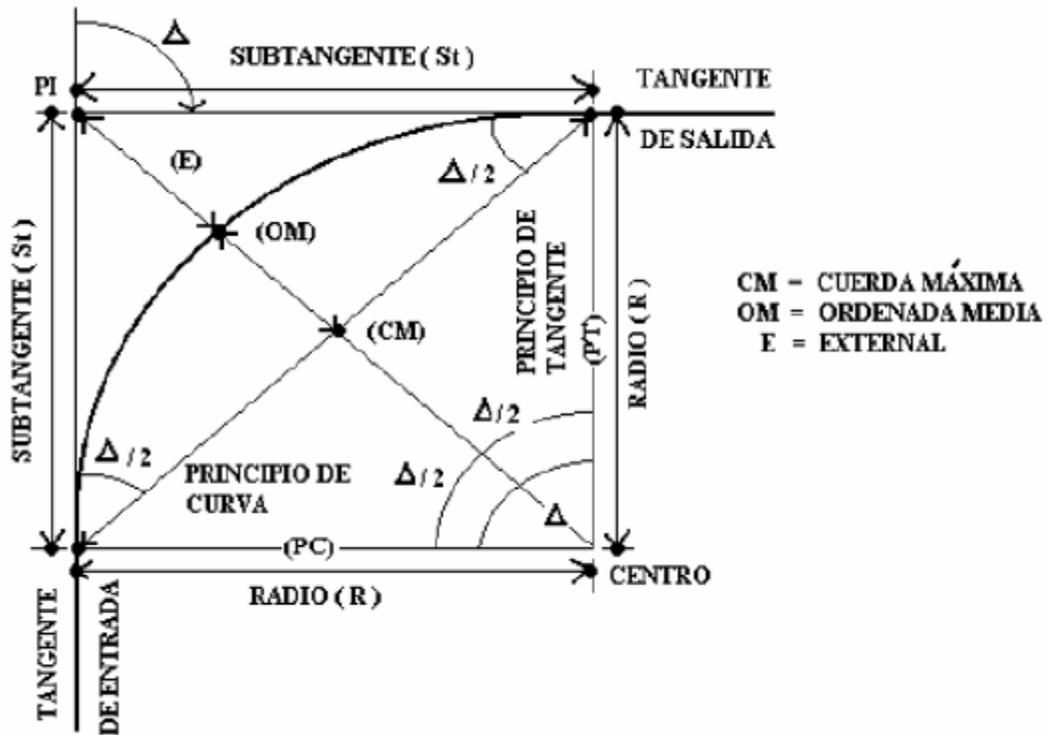
3.1.14. Alineamiento horizontal y vertical

Diseño de curva horizontal

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener el radio, las distancias entre los (PI) de localización, los deltas (A) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador para encontrar los elementos más importantes que forman los segmentos circulares de una carretera.

Vea figura 14.

Figura 14. Elementos de la curva circular



Fuente: GONZÁLEZ IXÉN, Gemeli Suriel. Diseño de la pavimentación de la calle principal de la aldea Agua de la Mina y diseño del alcantarillado sanitario de la Aldea las trojes, municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala. p. 20.

Ejemplo de diseño de curva C-1

Cálculo de delta (A).

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

Azimut 1 = $48^{\circ}00' 58''$

Azimut 2 = $75^{\circ}45' 22''$

$$A = 75^{\circ}45' 22'' - 48^{\circ}00' 58''$$

$$A = 27^{\circ}44'24''$$

Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (PC) o principio de tangente (PT) hacia el centro. Por ser carretera tipo E, el radio mínimo es de 30 m, así que diseñamos con el radio mínimo porque el espacio es reducido y si el terreno lo permite el radio puede proponerse más grande.

$$R = 30 \text{ m.}$$

Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. Es decir, que el grado de curva (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

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

$$G = 1145,9156/30 \quad G = 38,20$$

Longitud de curva (LC)

Es la distancia medida desde el principio de la curva (PC), al principio de tangente (PT), sobre la curva diseñada.

$$LC = \frac{(20 \times \Delta)}{G}$$

$$Lc = (20 * 27^{\circ}44'24'')/38,20$$

$$Lc = 14,52 \text{ m.}$$

Sub-tangente (St)

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

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

$$St = R * \tan(20 * 27^{\circ} 44' 24'' / 2)$$

$$St = 7,41 \text{ m.}$$

Principio de curva (Pc)

Es la distancia de donde inicia la curva y es la diferencia entre la distancia del punto de intersección y la sub tangente

$$Pc = Pi - St$$

$$Pc = 50,00 - 7,41$$

$$Pc = 42,59 \text{ m.}$$

Externál (E)

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

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

$$E = 30 * \sec(27^{\circ} 44' 24'' / 2) - 30$$

$$E = 0,90 \text{ m.}$$

De esa forma se calculan los datos para las demás curvas y se obtienen los valores de la tabla XXXV.

Tabla XXXV. Datos de curvas horizontales

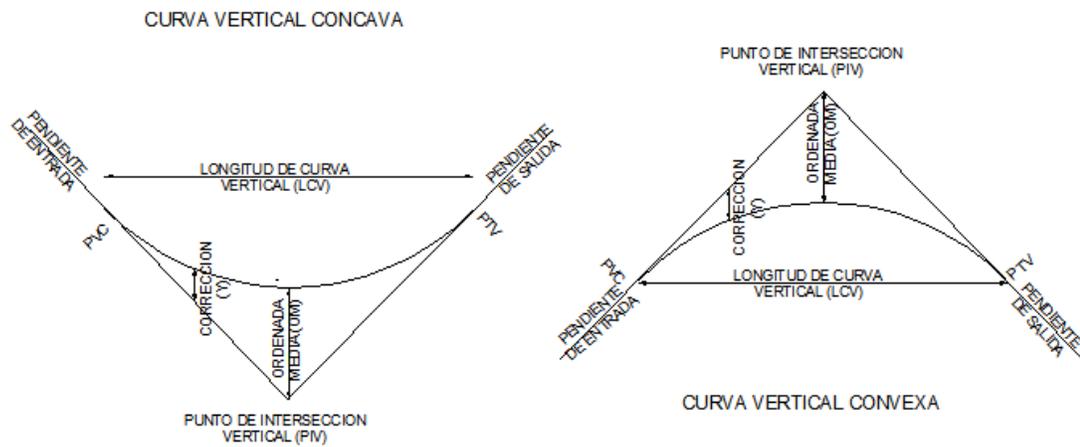
Curva	A	R	G	Pi	LC	ST	Pc	E
1	27°44'24"	30,00	38,20	50,000	14,525	7,408	42,592	0,901
2	132°12'36"	30,00	38,20	90,000	69,220	67,700	22,300	44,050
3	44°49'48"	30,00	38,20	45,000	23,473	12,374	32,626	2,452
4	102°12'00"	30,00	38,20	110,000	53,512	37,179	72,821	17,774
5	136°27'36"	30,00	38,20	85,000	71,450	75,119	9,881	50,888
6	75°30'36"	40,00	28,65	55,000	52,716	30,977	24,023	10,592
7	75°21'36"	50,00	22,92	60,000	65,764	38,617	21,383	13,176
8	23°09'36"	50,00	22,92	45,000	20,211	10,245	34,755	1,039
9	49°27'00"	30,00	38,20	45,000	25,892	13,814	31,186	3,028
10	123°19'12"	30,00	38,20	60,000	64,570	55,623	4,377	33,197
11	95°12'48"	30,00	38,20	55,000	49,862	32,871	22,129	14,503
12	100°14'24"	30,00	38,20	55,000	52,486	35,905	19,095	16,789
13	47°39'36"	50,00	22,92	40,000	41,591	22,084	17,916	4,660
14	53°07'12"	55,00	20,83	30,000	50,992	27,494	2,506	6,489
15	55°39'36"	40,00	28,65	25,000	38,858	21,116	3,884	5,232
16	58°12'00"	50,00	22,92	28,000	50,789	27,830	0,170	7,223
17	89°54'00"	40,00	28,65	85,000	62,762	39,930	45,070	16,519
18	86°15'36"	30,00	38,20	40,000	45,166	28,103	11,897	11,107
19	84°54'36"	30,00	38,20	40,000	44,485	27,471	12,529	10,677
20	47°00'00"	50,00	22,92	70,000	41,015	21,741	48,259	4,522
21	50°39'36"	60,00	19,10	50,000	53,051	28,400	21,600	6,382
22	45°52'12"	90,00	12,73	45,000	72,052	38,082	6,918	7,725
23	120°01'12"	30,00	38,20	52,000	62,842	51,982	0,018	30,018
24	95°12'00"	30,00	38,20	48,000	49,847	32,854	15,146	14,490
25	62°18'00"	30,00	38,20	32,000	32,620	18,133	13,867	5,054
26	37°06'36"	70,00	16,37	35,000	45,338	23,496	11,504	3,838
27	47°00'36"	40,00	28,65	28,000	32,819	17,397	10,603	3,619
28	97°10'48"	30,00	38,20	32,000	50,883	34,016	-2,016	15,355
29	33°16'12"	55,00	20,83	53,000	31,937	16,433	36,567	2,402
30	91°35'24"	40,00	28,65	55,000	63,942	41,126	13,874	17,370
31	89°30'00"	30,00	38,20	34,000	46,862	29,739	4,261	12,242
32	60°39'00"	45,00	25,46	52,000	47,634	26,322	25,678	7,133
33	35°30'00"	70,00	16,37	44,000	43,371	22,407	21,593	3,499
34	76°42'00"	40,00	28,65	46,000	53,547	31,647	14,353	11,005

Fuente: elaboración propia.

Diseño de curvas verticales

Para el diseño de estas curvas se debe de considerar no solo la curva vertical si no también los volúmenes y distancias de paso como se describe a continuación en la figura 15.

Figura 15. Elementos de curvas verticales



Fuente: material de apoyo Vías terrestres I, primer semestre 2009.

La longitud de curva vertical se calcula de la siguiente forma:

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

LCV= longitud de curva vertical

K= constante de velocidad de diseño

A= Diferencia de pendientes (S1-S2)

Ejemplo de curva vertical Cv-10

$$A = (S1-S2)$$

$$S1= 10,0\%$$

$$S2= 6,2 \%$$

$$A= 10,0-6,2$$

A= 3,8%

El valor de k lo tomamos de la tabla XXXVI según la velocidad, por ser carretera tipo E la velocidad de diseño es de 30 K.P.H y las pendientes no serán mayores de 10%.

Tabla XXXVI. **Valores de K para velocidad de diseño**

VELOCIDAD DE DISEÑO	VALOR DE K, SEGÚN TIPO DE CURVA	
	K.P.H.	CÓNCAVA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	22	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Material de apoyo Vías terrestres I, primer semestre 2009.

La curva será convexa ya que la pendiente de salida es menor que la de entrada y el valor de K recomendado es 2.

$$LCV = 2 * 3,80$$

$$LCV = 7,60 \text{ m.}$$

Calculo de OM

$$OM = (A/800) * LCV$$

$$OM = (3,80/800) * 7,60$$

$$OM = 0,037 \text{ m.}$$

La ordenada media es muy pequeña ya que las pendientes son positivas y la diferencia de pendientes es muy pequeña.

De esa forma se calculan las demás curvas verticales y se obtiene la siguiente tabla:

Tabla XXXVII. Cálculo de elementos de curva vertical

Curva	Pendiente1 %	Pendiente2 %	A	Tipo	k	Lc	OM	Lc2
1	10,00	9,10	0,90	convexa	2	1,80	0,0020	0,81
2	9,10	8,30	0,80	convexa	2	1,60	0,0016	0,64
3	8,30	8,50	0,20	cóncava	4	0,80	0,0002	0,16
4	8,50	8,80	0,30	cóncava	4	1,20	0,0005	0,36
5	8,80	9,50	0,70	cóncava	4	2,80	0,0025	1,96
6	9,50	9,00	0,50	convexa	2	1,00	0,0006	0,25
7	9,00	8,30	0,70	convexa	2	1,40	0,0012	0,49
8	8,30	8,00	0,30	convexa	2	0,60	0,0002	0,09
9	8,00	10,00	2,00	cóncava	4	8,00	0,0200	16,00
10	10,00	6,20	3,80	convexa	2	7,60	0,0361	14,44
11	6,20	7,50	1,30	cóncava	4	5,20	0,0085	6,76

Fuente: elaboración propia.

3.1.15. Movimiento de tierra

Ejemplo de movimiento de tierra

Calculo de volumen de corte

Estación 0+340 área de corte 0,973 m²

Estación 0+360 área de corte 0,847 m²

Volumen de corte =

$$\frac{\text{área 1} + \text{área 2}}{2} * \text{distancia}$$

$$\frac{0,973 \text{ m}^2 + 0,847 \text{ m}^2}{2} * 20 \text{ m}$$

Volumen de corte = 19,452 m³

Calculo de volumen de relleno

Estación 0+340 área de relleno 0,00 m²

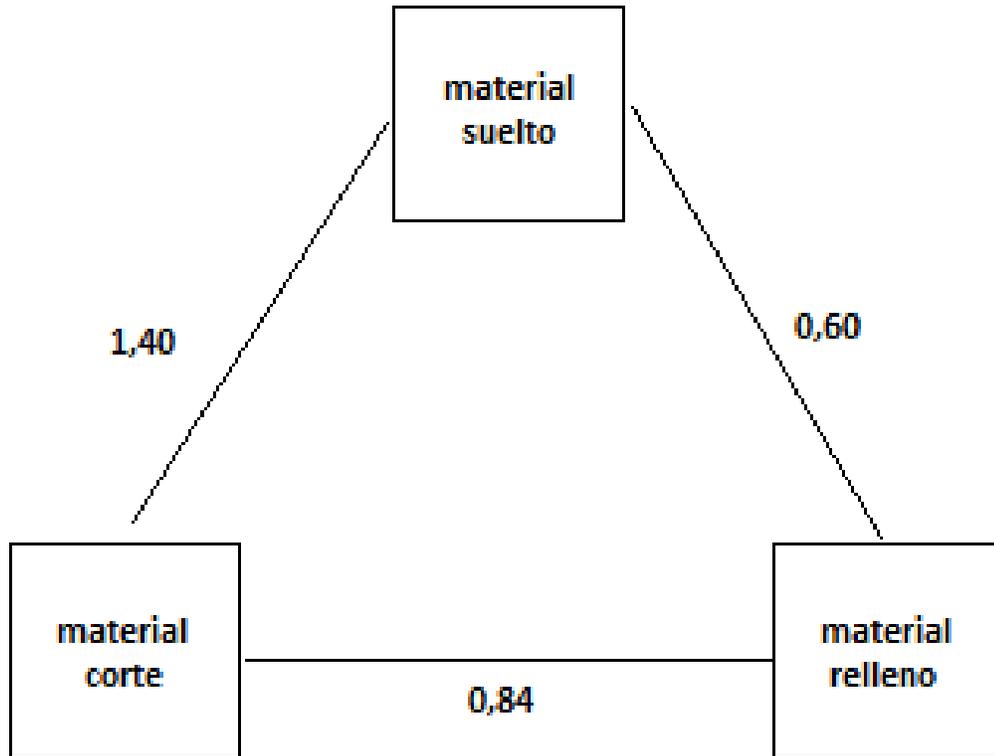
Estación 0+360 área de relleno 0,00 m²

Volumen de relleno=

$$\frac{\text{área 1} + \text{área 2}}{2} * \text{distancia}$$

Volumen de relleno= 0,00 m³

Figura 16. **Comportamiento del material de corte, suelto y relleno**



Fuente: elaboración propia.

La figura 16 muestra el cambio que sufre el material de su estado compacta a suelto y sus respectivos factores.

Factor de hinchamiento 1,40

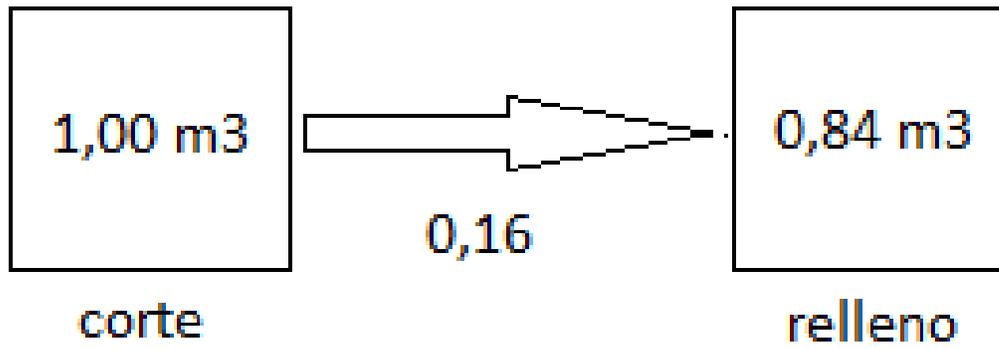
Factor de contracción 0,60

Factor = Factor de hinchamiento * Factor de contracción

Factor = 1,40 * 0,60

Factor de movimiento de tierra = 0,84

Figura 17. Factor de movimiento de tierra



Fuente: elaboración propia.

La figura 17 muestra el cambio del material de corte a relleno, lo que significa que 1,00 m³ de corte rinde 0,84 m³ de relleno, entonces %C = 0,16
 $B_i = B_a + C - R/(1-\%C)$

Donde :

B_i = balance

B_a = balance anterior

C= volumen de corte

R= volumen de relleno

%C= porcentaje de corte

Calculo de balance

Se toma un balance anterior asumido = 10 000,00

Balance = 10 000,00 + 19,452 – 0,00/(1-0,16)

Balance= 10 019,45 m³

Tabla XXXVIII. Cálculo de volumen de acarreo

ESTACIÓN	ÁREA		VOLUMEN		BALANCE
	corte	relleno	corte	relleno	
0+340	0,973	0,000	19,452	0,000	10 000,00
0+360	0,847	0,000	16,938	0,000	10 036,39
0+380	0,926	0,000	18,522	0,000	10 054,91
0+400	0,777	0,000	15,540	0,000	10 070,45
0+420	1,206	0,891	24,114	17,820	10 073,35
0+440	0,706	0,000	14,112	0,000	10 087,46
0+460	0,678	0,000	13,554	0,000	10 101,02
0+480	0,701	0,000	14,022	0,000	10 115,04
0+500	0,709	0,000	14,184	0,000	10 129,22
0+520	0,758	0,000	15,156	0,000	10 144,38
0+540	0,717	0,000	14,334	0,000	10 158,71
0+560	0,743	0,000	14,868	0,000	10 173,58
0+580	0,707	0,005	14,142	0,100	10 187,60
0+600	0,684	0,000	13,674	0,000	10 201,28
0+620	0,671	0,000	13,428	0,000	10 214,71
0+640	0,705	0,001	14,106	0,020	10 228,79
0+660	0,805	0,000	16,092	0,000	10 244,88
0+680	0,726	0,000	14,526	0,000	10 259,41
0+700	0,758	0,000	15,162	0,000	10 274,57
0+720	0,695	0,000	13,902	0,000	10 288,47
0+740	0,805	0,000	16,104	0,000	10 304,57
0+760	0,807	0,000	16,140	0,000	10 320,71
0+780	1,362	0,000	27,240	0,000	10 347,95
0+800	0,765	0,000	15,300	0,000	10 363,25
0+820	0,735	0,000	14,694	0,000	10 377,95
0+840	0,813	0,000	16,260	0,000	10 394,21
0+860	0,821	0,000	16,428	0,000	10 410,64
0+880	0,735	0,000	14,700	0,000	10 425,34
0+900	0,756	0,000	15,120	0,000	10 440,46
0+920	0,695	0,000	13,890	0,000	10 454,35
0+940	0,741	0,000	14,820	0,000	10 469,17
0+960	2,007	0,000	40,140	0,000	10 509,31
0+980	0,864	0,000	17,286	0,000	10 526,59
1+000	0,669	0,000	13,380	0,000	10 539,97
1+020	0,912	0,000	18,240	0,000	10 558,21
1+040	0,735	0,000	14,700	0,000	10 572,91
1+060	0,825	0,000	16,500	0,000	10 589,41
1+080	0,715	0,000	14,304	0,000	10 603,72
1+100	1,128	0,000	22,560	0,000	10 626,28
1+120	0,789	0,000	15,780	0,000	10 642,06
1+140	0,912	0,000	18,240	0,000	10 660,30
1+160	1,149	0,000	22,980	0,000	10 683,28
1+180	0,726	0,000	14,520	0,000	10 697,80
1+200	0,759	0,081	15,180	1,620	10 711,05
1+220	1,047	0,000	20,940	0,000	10 731,99
1+240	0,709	0,000	14,184	0,000	10 746,17
1+260	0,812	0,000	16,242	0,000	10 762,41
1+280	0,498	0,480	9,960	9,600	10 760,95
1+300	0,876	0,000	17,520	0,000	10 778,47
1+320	0,699	0,000	13,974	0,000	10 792,44
1+340	0,731	0,000	14,622	0,000	10 807,06
1+360	1,056	0,000	21,120	0,000	10 828,18
1+380	0,841	0,000	16,824	0,000	10 845,01
1+400	0,800	0,282	15,996	5,640	10 854,29
1+420	0,661	0,000	13,224	0,000	10 867,51
1+440	0,805	0,000	16,092	0,000	10 883,60
1+460	0,779	0,000	15,588	0,000	10 899,19
1+480	0,564	0,430	11,280	8,600	10 900,23
1+500	0,708	0,000	14,160	0,000	10 914,39
1+520	0,672	0,000	13,446	0,000	10 927,84
1+540	1,405	0,058	28,098	1,160	10 954,56
1+560	0,794	0,000	15,870	0,000	10 970,43
1+580	2,533	0,000	50,652	0,000	11 021,08

Continuación de la tabla XXXVIII.

1+600	0,803	0,000	16,068	0,000	11 037,15
1+620	0,831	0,591	16,620	11,820	11 039,69
1+640	0,939	0,000	18,780	0,000	11 058,47
1+660	2,400	0,000	47,994	0,000	11 106,47
1+680	0,701	0,000	14,022	0,000	11 120,49
1+700	0,775	0,000	15,498	0,000	11 135,99
1+720	0,674	0,000	13,488	0,000	11 149,48
1+740	0,777	0,000	15,540	0,000	11 165,02
1+760	1,340	1,211	26,802	24,220	11 162,99
1+780	0,739	0,246	14,778	4,920	11 171,91
1+800	0,000	4,536	0,000	90,720	11 063,91
1+820	0,669	0,024	13,380	0,480	11 076,72
1+840	0,705	0,000	14,106	0,000	11 090,82
1+860	0,668	0,000	13,362	0,000	11 104,18
1+880	0,694	0,000	13,872	0,000	11 118,06
1+900	1,011	0,026	20,220	0,520	11 137,66
1+920	0,864	0,000	17,280	0,000	11 154,94
1+940	0,685	0,000	13,692	0,000	11 168,63
1+960	0,681	0,000	13,626	0,000	11 182,25
1+980	0,632	0,000	12,630	0,000	11 194,88
2+000	0,990	0,000	19,806	0,000	11 214,69
2+020	0,697	0,000	13,932	0,000	11 228,62
2+040	0,170	1,941	3,402	38,820	11 185,81
2+060	0,844	0,000	16,872	0,000	11 202,68
2+080	0,988	0,061	19,752	1,220	11 220,98
2+100	0,869	0,000	17,388	0,000	11 238,37
2+120	0,656	0,000	13,110	0,000	11 251,48
2+140	0,732	0,000	14,640	0,000	11 266,12
2+160	0,746	0,000	14,922	0,000	11 281,04
2+180	0,662	0,000	13,236	0,000	11 294,28
2+200	0,618	0,000	12,354	0,000	11 306,63
2+220	0,633	0,019	12,660	0,380	11 318,84
2+240	0,603	0,046	12,066	0,920	11 329,81
2+260	0,689	0,000	13,788	0,000	11 343,60
2+280	0,624	0,007	12,480	0,140	11 355,91
2+300	0,746	0,003	14,910	0,060	11 370,75
2+320	0,619	0,000	12,384	0,000	11 383,13
2+340	0,629	0,000	12,582	0,000	11 395,72
2+360	0,583	0,056	11,652	1,120	11 406,03
2+380	0,676	0,010	13,518	0,200	11 419,31
2+400	0,651	0,004	13,026	0,080	11 432,24
2+420	0,700	0,000	13,992	0,000	11 446,24
2+440	0,754	0,000	15,072	0,000	11 461,31
2+460	0,599	0,000	11,976	0,000	11 473,28
2+480	0,686	0,000	13,716	0,000	11 487,00
2+500	0,681	0,000	13,620	0,000	11 500,62
2+520	0,578	0,037	11,556	0,740	11 511,30
2+540	0,740	0,000	14,808	0,000	11 526,10
2+560	0,465	0,008	9,300	0,160	11 535,21
2+580	0,657	0,000	13,146	0,000	11 548,36
2+600	0,693	0,000	13,860	0,000	11 562,22
2+620	0,910	0,000	18,204	0,000	11 580,42
2+640	0,699	0,000	13,986	0,000	11 594,41
2+660	0,700	0,000	13,992	0,000	11 608,40
2+680	0,698	0,000	13,950	0,000	11 622,35
2+700	0,834	0,000	16,674	0,000	11 639,03
2+720	0,738	0,000	14,760	0,000	11 653,79
2+740	0,744	0,000	14,874	0,000	11 668,66
2+760	0,718	0,000	14,352	0,000	11 683,01
2+780	0,733	0,000	14,664	0,000	11 697,68
2+800	0,707	0,000	14,130	0,000	11 711,81
2+820	0,690	0,000	13,806	0,000	11 725,61
2+840	0,697	0,000	13,932	0,000	11 739,54
Suma:			2 002,734	221,080	

Fuente: elaboración propia.

El volumen de acarreo según la tabla XXXVIII es 1739,54 m³

Numero de camionadas para trasportar el material suelto.

$$\text{Camionadas} = \frac{\text{diferencia} * \text{factor de hinchamiento}}{12 \text{ m}^3 * \text{viaje}}$$

$$\text{Camionadas} = \frac{1739,45 * 1,40}{12 \text{ m}^3 * \text{viaje}}$$

$$\text{Camionadas} = 202,93 \approx 203 \text{ camionadas}$$

Excavación

$$\text{Sumatoria de relleno} = 2002,734 \text{ m}^3$$

$$\text{Sumatoria de corte} = 221,080 \text{ m}^3$$

$$\text{Corte} = 221,080 / 0,84$$

$$\text{Corte} = 263,190$$

$$\text{Excavación no clasificada} = 263,190 \text{ m}^3$$

$$\text{Excavación no clasificada de desperdicio} = 2002,73 \text{ m}^3 - 263,19 \text{ m}^3$$

$$\text{Excavación no clasificada de desperdicio} = 1739,54 \text{ m}^3$$

El acarreo será el material de excavación no clasificada de desperdicio

El sitio donde se transportara el volumen de desecho esta a 3,50 Km de donde finaliza el tramo carretero, el balance esta en estación 1+590 y la carretera termina en estación 2+840

Entonces la distancia total de transporte será

$$2840 \text{ m} - 1590 \text{ m} = 1250 \text{ m}$$

$$1250 \text{ m} + 3500 \text{ m} = 4750 \text{ m}$$

a esto le restamos 1000 m de acarreo libre que no se paga

$$4750 - 1000 = 3750 \text{ m} \text{ ó } 3,75 \text{ Km.}$$

El volumen de excavación no clasificada de desperdicio aumentara debido a que el material estará suelto, por tanto se debe afectar el volumen por el factor de hinchamiento de 1,40

Acarreo = Excavación no clasificada de desperdicio*1,40*distancia

Acarreo = 1739,54 m³*1,40* 3,75 km

Acarreo = 9132,11 m³-km

3.1.16. Elaboración de presupuesto

Los precios de los materiales fueron tomados de acuerdo con cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas a la materia en el lugar, el presupuesto se realizó en quetzales y en dólares.

El cálculo del porcentaje de prestaciones se muestra en la tabla VI y la integración de precios unitarios se muestra en las siguientes tablas.

Tabla XXXIX. Integración de unitarios de replanteo topográfico

REGLÓN 1					
Replanteo topográfico					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Estacas	global	1,00	100,00	100,00	12,63
Pintura	galón	0,25	45,00	11,25	1,42
Subtotal				111,25	14,05
MANO DE OBRA POR TRATO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cadenero	día	4,00	65,00	260,00	32,84
Topógrafo	día	4,00	150,00	600,00	75,78
Subtotal				860,00	108,62
Prestaciones			0,86	736,76	93,05
Total de mano de obra				1 596,76	201,67
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, machete, mart	Global	1,00	200,00	200,00	25,26
Alquiler de estación total	día	4,00	505,00	2 020,00	255,12
Subtotal				2 220,00	280,38
Costo directo			FACTORES	3 928,01	496,11
Imprevisto			0,03	117,84	14,88
Administración			0,10	392,80	49,61
Utilidad			0,20	785,60	99,22
IVA			0,12	471,36	59,53
Total				5 695,62	719,35
COSTO UNITARIO	Q/ml			2,28	0,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Integración de unitario excavación no clasificada

REGLÓN 2					
Excavación no clasificada					
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Tractor D6D	horas	20,00	500,00	10 000,00	1 262,99
Camión 12 m3	horas	20,00	400,00	8 000,00	1 010,39
Moto niveladora	horas	16,00	450,00	7 200,00	909,35
Rodo pata de cabra	horas	16,00	247,50	3 960,00	500,15
Regado de agua	horas	16,00	115,00	1 840,00	232,39
Bomba de agua	horas	16,00	150,00	2 400,00	303,12
Subtotal				18 000,00	2 273,39
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Peones	día	4,00	65,00	260,00	32,84
Subtotal				260,00	32,84
Prestaciones			0,86	222,74	28,13
Total de mano de obra				482,74	60,97
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
Costo directo			FACTORES	18 482,74	2 334,36
Imprevisto			0,03	554,48	70,03
Administración			0,10	1 848,27	233,44
Utilidad			0,00	0,00	0,00
IVA			0,12	2 217,93	280,12
Total				23 103,43	2 917,95
COSTO UNITARIO	Q/m3			13,28	1,68

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Integración de unitario excavación no clasificada de desperdicio

REGLÓN 3					
Excavación no clasificada de desperdicio					
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Tractor D6D	horas	40,00	500,00	20 000,00	2 525,99
Camión 12 m3	horas	40,00	400,00	16 000,00	2 020,79
Retro excavadora	horas	40,00	450,00	18 000,00	2 273,39
Subtotal				36 000,00	4 546,77
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Peones	día	4,00	65,00	260,00	32,84
Subtotal				260,00	32,84
Prestaciones			0,86	222,74	28,13
Total de mano de obra				482,74	60,97
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
Costo directo			FACTORES	36 482,74	4 607,74
Imprevisto			0,03	1 094,48	138,23
Administración			0,10	3 648,27	460,77
Utilidad			0,20	7 296,55	921,55
IVA			0,12	4 377,93	552,93
Total				52 899,98	6 681,23
COSTO UNITARIO	Q/m3			201,00	25,39

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Integración de unitario de sub-rasante

REGLÓN 4					
Reacondicionamiento de la sub-rasante					
Área	13750	m2			
Longitud	2500	m			
Ancho	5,5	m			
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total	
nivelación y compactación	m2	13 750,00	50,00	687 500,00	86 830,77
Subtotal				687 500,00	86 830,77
Prestaciones			0,86	588 981,25	74 387,92
Total de mano de obra				1 276 481,25	161 218,69
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	400,00	400,00	50,52
Compactadora manual	Días	4,00	300,00	1 200,00	151,56
Subtotal				1 600,00	202,08
Costo directo			FACTORES	1 278 081,25	161 420,77
Imprevisto			0,03	38 342,44	4 842,62
Administración			0,10	127 808,13	16 142,08
Utilidad			0,20	255 616,25	32 284,15
IVA			0,12	153 369,75	19 370,49
Total				1 853 217,81	234 060,12
COSTO UNITARIO	Q/m2			134,78	17,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Integración de unitario de base de 10 cm

REGLÓN 5					
Base 10 cm					
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Material selecto	m3	1 375,00	80,00	110 000,00	13 892,92
Subtotal				110 000,00	13 892,92
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Colocación de base	m3	1 375,00	65,00	89 375,00	11 288,00
Subtotal				89 375,00	11 288,00
Prestaciones			0,86	76 567,56	9 670,43
Total mano de obra				165 942,56	20 958,43
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Maquina compactadora	Días	8,00	2 475,00	19 800,00	2 500,73
Subtotal				19 800,00	2 500,73
Costo directo			FACTORES	295 742,56	37 352,08
Imprevisto			0,03	8 872,28	1 120,56
Administración			0,10	29 574,26	3 735,21
Utilidad			0,20	59 148,51	7 470,42
IVA			0,12	35 489,11	4 482,25
Total				428 826,72	54 160,52
COSTO UNITARIO	Q/m3			311,87	39,39

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. Integración de unitario de carpeta de rodadura

REGLÓN 6					
Carpeta de rodadura de t=0.15 m					
Área	13750	m2			
Longitud	2500	m			
Ancho	5,5	m			
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Concreto	m3	2 062,50	1 419,48		
Cemento UGC	saco	17 410,71	67,00	1 166 517,86	147 330,39
Arena de río	m3	893,32	95,00	84 865,43	10 718,44
Piedrín de 1"	m3	1 161,07	195,00	226 407,90	28 595,16
tabla de 10 ft	unidad	25,00	57,00	1 425,00	179,98
Clavo para madera 2 1/2"	Lb	6,00	7,00	42,00	5,30
Clavo para madera 3"	Lb	6,00	7,00	42,00	5,30
Alambre de amarre	Lb	30,00	6,00	180,00	22,73
Costanera de 6x2x1/16 de 6.00 m	Unidad	26,00	170,00	4 420,00	558,24
Anti sol rojo	galón	185,00	152,00	28 120,00	3 551,54
Sellador de sisa		65,00	23,50	1 527,50	192,92
Bomba para fumigar	Unidad	3,00	342,00	1 026,00	129,58
Subtotal				1 514 573,69	191 289,60
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Colocación de arrastres	ml	2 500,00	1,50	3 750,00	473,62
Retiro de arrastres	ml	2 500,00	0,75	1 875,00	236,81
Corte de concreto	ml	2 500,00	1,55	3 875,00	489,41
Colocación de concreto	m2	12 500,00	20,00	250 000,00	31 574,83
Subtotal				259 500,00	32 774,67
Prestaciones			0,86	222 313,65	28 078,06
Total de mano de obra				481 813,65	60 852,73
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	15 000,00	15 000,00	1 894,49
Vibrador	Días	8,00	420,00	3 360,00	424,37
Arrastre manual	Días	8,00	380,00	3 040,00	383,95
Rallador	Días	4,00	325,00	1 300,00	164,19
Subtotal				22 700,00	2 866,99
Costo directo			FACTORES	2 019 087,34	255 009,33
Imprevisto			0,03	60 572,62	7 650,28
Administración			0,10	201 908,73	25 500,93
Utilidad			0,20	403 817,47	51 001,87
IVA			0,12	242 290,48	30 601,12
Total				2 927 676,64	369 763,52
COSTO UNITARIO	Q/m3			1 419,48	179,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Integración de unitario de cuneta

RENGLÓN 7					
Cuneta					
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Concreto	m3	375,00	2 939,76		
Cemento UGC	saco	3 480,00	67,00	233 160,00	29 447,95
Arena de río	m3	178,00	95,00	16 910,00	2 135,72
Piedrín de 1"	m3	234,00	195,00	45 630,00	5 763,04
tabla de 10 ft	unidad	275,00	55,50	15 262,50	1 927,64
Clavo para madera 2 1/2"	Lb	32,00	8,00	256,00	32,33
Subtotal				311 218,50	39 306,68
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Colocación de formaletas	ml	5 000,00	2,40	12 000,00	1 515,59
Retiro de formaletas	ml	5 000,00	1,40	7 000,00	884,10
Colocación de concreto	m3	375,00	20,00	7 500,00	947,24
Subtotal				26 500,00	3 346,93
Prestaciones			0,86	22 702,55	2 867,32
Total mano de obra				49 202,55	6 214,25
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	15 000,00	15 000,00	1 894,49
Vibrador	Días	8,00	420,00	3 360,00	424,37
Arrastre manual	Días	8,00	170,00	1 360,00	171,77
Subtotal				19 720,00	2 490,62
Costo directo			FACTORES	380 141,05	48 011,55
Imprevisto			0,03	11 404,23	1 440,35
Administración y utilidad			0,10	38 014,11	4 801,16
Utilidad			0,20	76 028,21	9 602,31
IVA			0,12	45 616,93	5 761,39
Total				551 204,52	69 616,75
COSTO UNITARIO	Q/ml			220,48	27,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. Integración de unitario de tubería transversal

REGLÓN 8					
Tubería transversal					
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cemento UGC	saco	4,60	67,00	308,20	38,93
Arena de rio	m3	0,25	95,00	23,75	3,00
Piedrín de 1"	m3	0,30	195,00	58,50	7,39
tabla de	unidad	8,00	56,00	448,00	56,58
Clavo para madera 2 1/2"	Lb	2,00	7,00	14,00	1,77
Clavo para madera 3"	Lb	2,00	7,00	14,00	1,77
Alambre de amarre	Lb	2,00	6,00	12,00	1,52
Tubo de concreto ϕ 30"	unidad	49,00	290,00	14 210,00	1 794,71
Block 14x19x39	ciento	1,70	260,00	442,00	55,82
Subtotal				15 530,45	1 961,49
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Excavación y preparación de terreno	m2	63,00	65,00	4 095,00	517,20
Colocación de formaletas	ml	21,00	1,50	31,50	3,98
Retiro de formaletas	ml	21,00	0,75	15,75	1,99
Colocado de tubo de concreto ϕ 30"	Unidad	7,00	1,70	11,90	1,50
Repello y tallado	m2	13,44	115,00	1 545,60	195,21
Colocación de concreto	m3	3,15	20,00	63,00	7,96
Subtotal				5 762,75	727,83
Prestaciones			0,86	4 936,95	623,53
Total mano de obra				10 699,70	1 351,36
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
palas, piochas y cucharas	global	1,00	535,00	535,00	67,57
Subtotal				535,00	67,57
Costo directo			FACTORES	26 765,15	3 380,42
Imprevisto			0,03	802,95	101,41
Administración			0,10	2 676,51	338,04
Utilidad			0,20	5 353,03	676,08
IVA			0,12	3 211,82	405,65
Total				38 809,46	4 901,61
COSTO UNITARIO	Q/ml			792,03	100,03

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. Integración de unitarios de caja de caudales mampostería

RENGLÓN 9					
Cajas de caudales mampostería de piedra					
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Cemento UGC	saco	62,00	67,00	4 154,00	524,65
Arena de río	m3	4,00	95,00	380,00	47,99
Piedra bola	m3	23,00	260,00	5 980,00	755,27
Subtotal				10 514,00	1 327,91
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Colocación de piedras	m3	31,00	300,00	9 300,00	1 174,58
colocación de formaletas	ml	70,00	20,00	1 400,00	176,82
fundición de base de concreto	m3	6,50	30,00	195,00	24,63
Subtotal				10 895,00	1 376,03
Prestaciones			0,86	9 333,75	1 178,85
Total mano de obra				20 228,75	2 554,88
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	1 000,00	1 000,00	126,30
Subtotal				1 000,00	126,30
Costo directo			FACTORES	22 409,00	2 830,24
Imprevisto			0,03	672,27	84,91
Administración			0,10	2 240,90	283,02
Utilidad			0,20	4 481,80	566,05
IVA			0,12	2 689,08	339,63
Total				32 493,05	4 103,85
COSTO UNITARIO	Q/m3			1 051,15	132,76

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. Integración de unitarios de sello de juntas

REGLÓN 10					
Sello de juntas					
MATERIAL PUESTO EN OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Material poliuretano	ml	6 487,50	9,75	63 253,13	7 988,83
Subtotal				63 253,13	7 988,83
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Sello de juntas	ml	6 487,50	1,50	9 731,25	1 229,05
Limpieza	ml	6 487,50	0,50	3 243,75	409,68
Subtotal				12 975,00	1 638,73
Prestaciones			0,86	11 115,68	1 403,90
total mano de obra				24 090,68	3 042,64
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Espátulas y brochas	global	1,00	1 000,00	1 000,00	126,30
Subtotal				1 000,00	126,30
Costo directo			FACTORES	88 343,81	11 157,76
Imprevisto			0,03	2 650,31	334,73
Administración			0,10	8 834,38	1 115,78
Utilidad			0,20	17 668,76	2 231,55
IVA			0,12	10 601,26	1 338,93
Total				128 098,52	16 178,75
COSTO UNITARIO	Q/ml			19,75	2,49

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. Integración de unitarios de acarreo

RENGLÓN 11					
Acarreo					
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Retro excavadora	horas	40,00	350,00	14 000,00	1 768,19
Camión 12 m3	viaje	203,00	110,00	22 330,00	2 820,26
Subtotal				36 330,00	4 588,45
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
peones	día	8,00	65,00	520,00	65,68
Subtotal				520,00	65,68
Prestaciones			0,86	445,48	56,26
Total de mano de obra				965,48	121,94
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total(Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
Costo directo			FACTORES	37 295,48	4 710,39
Imprevisto			0,03	1 118,86	141,31
Administración			0,10	3 729,55	471,04
Utilidad			0,20	7 459,10	942,08
IVA			0,12	4 475,46	565,25
Total				54 078,45	6 830,07
COSTO UNITARIO	Q/m3-km			5,92	0,75

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. Presupuesto de diseño de pavimento

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (Q)	TOTAL (Q)	TOTAL(\$)
1	Replanteo topográfico	ml	2 500,00	2,28	5 695,62	719,35
2	Excavación no clasificada	m3	263,19	13,28	3 495,51	441,48
3	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	1 739,54	201,00	349 640,32	44 159,33
4	Reacondicionamiento de la sub-rasante	m2	12 500,00	134,78	1 684 743,47	212 781,93
5	Base 0.10	m3	1 875,00	311,87	584 763,70	73 855,25
6	Carpeta de rodadura 0.15m	m3	2 062,50	1 419,48	2 927 676,64	369 763,52
7	Cuneta	ml	5 000,00	220,48	1 102 409,05	139 233,50
8	drenaje transversal TC=0 30"	ml	49,00	792,03	38 809,46	4 901,61
9	Cajas de caudales mampostería de piedra	m3	30,91	1 051,15	32 493,05	4 103,85
10	Sello de juntas	ml	7 500,00	19,75	148 090,78	18 703,76
11	Acarreo	m3-Km	9 132,11	5,92	54 078,45	6 830,07
TOTAL					6 931 896,05	875 493,65

Fuente: elaboración propia.

Notas:

Imprevisto 3%

Administración 10%

Utilidad 20%

IVA 12%

Cambio de dólar al 1/02/2011, 1 US\$= Q7,92

En letras: Seis millones novecientos treinta y un mil, ochocientos noventa y seis quetzales y cinco centavos.

Equivalentes a: Ochocientos setenta y cinco mil, cuatrocientos noventa y tres dólares y sesenta y cinco centavos.

CONCLUSIONES

1. La construcción del sistema de alcantarillado sanitario, resolverá la problemática de los focos de contaminación y malos olores en la aldea Mesillas Bajas, con este sistema las aguas servidas ya no serán vertidas sobre la superficie del terreno.
2. La evacuación del agua residual de la aldea Mesillas Bajas, será tratada por medio de tratamiento primario con fosas sépticas y pozos de absorción.
3. Este trabajo de E.P.S. proporcionó una buena experiencia, pues permitió realizar proyectos completos de ingeniería, desde las investigaciones preliminares, para la recopilación de parámetros de diseño, los trabajos topográficos, hasta el diseño con planos finales. Ha sido importante el hecho de tomar decisiones en un proyecto real, así como conocer las necesidades de servicios públicos que hay en el departamento de Amatlán.
4. La sub rasantes es de un suelo de muy buena calidad ya que es arena limosa y con una mínima cantidad de arcilla lo cual hace que sea un terreno apto para soportar la carga de vehículos.
5. El método simplificado de la PCA, utilizado para el diseño del pavimento rígido del tramo carretero, es un método de fácil aplicación, ya que gran parte del procedimiento del mismo se basa en tablas, por lo que tiene gran aplicación cuando no se tienen ensayos de control de tráfico.

RECOMENDACIONES

1. Para lograr un buen funcionamiento del alcantarillado sanitario, se debe de hacer conciencia a los vecinos de la aldea, para que le den el uso adecuado, explicándoles que no deben de permitir botar basura dentro de los pozos de visita y/o tubería ni conectar las aguas de lluvias de sus casas a este sistema.
2. Dar mantenimiento al sistema de alcantarillado sanitario, al inicio y al final de cada invierno, para garantizar el buen funcionamiento del sistema durante su período de vida.
3. Se recomienda la construcción de fosas sépticas y pozos de absorción como tratamiento primario de aguas residuales, con el fin de reducir los índices de contaminación ambiental.
4. Es necesario la supervisión técnica de un profesional, para que el proyecto brinde los resultados esperados y para garantizar que las especificaciones de los planos se cumplan a cabalidad.
5. Las condiciones de durabilidad de un tramo carretero depende de varios factores, entre ellos el proveer un mantenimiento adecuado y periódico en todas las estructuras de drenaje, es decir, alcantarillas, cajas, cabezales y cunetas, para evitar obstrucciones o emposamientos que puedan dañar la estructura de la carretera.

6. Realizar una compactación adecuada de la base que alcance el valor estimado de CBR al 95 % y de esa forma evitar fallos en la capa de rodadura y realizar un curado adecuado de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y vivienda. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala: DGC, 2000. 628 p.
2. GERMÁN ALTUVE, José. *El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión*. Venezuela: Cárdenas, 2004. 142 p.
3. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 29 p.
4. LAURA HUANCA, Samuel. *Diseño de mezclas de concreto*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano. 2006. 122 p.
5. *Manual para las instalaciones de agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de la Cd. de Querétaro*. Querétaro, México: CEA, 2001. 126 p.
6. Municipalidad de Amatitlán. Diagnóstico Socio-ambiental del municipio de Amatitlán. Guatemala: 2002. 64 p.
7. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. 2ª ed. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1997. 119 p.

8. Unidad de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Pública. *Diseño y construcción de prototipo de fosa séptica para el tratamiento y disposición final de aguas residuales en viviendas de zonas rurales*. El Salvador: MSP, 2010. 86 p.

9. VALIENTE LEIVA, *Samuel Eduardo*. *Diseño de la edificación de dos niveles para el mercado municipal no. 1 y sistema de alcantarillado sanitario para aldea Llano de Ánimas, municipio de Amatitlán, Guatemala*. Tesis de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2010. 180 p.

APÉNDICES

Datos de diseño

De	A	Cotas de Terreno		Dist H (m)	S(%)	No Casas	Casas Acum.	Habitantes a servir		FUTURO				qdis ACUM
		Inicio	Final					Actual	Futuro	F.H	Qsani	fgm	qdis	
P-0	P-1	1132.38	1126.92	67.3	8.11	4	4	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	0.6502
P-1	P-2	1126.92	1125.02	19.7	9.64	0	4	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	0.6502
P-2	P-3	1125.02	1119.3	84.39	6.78	4	8	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	1.3005
P-3	P-4	1119.3	1113.65	66.08	8.55	7	15	42	133	4.21	0.2034	0.002	1.1201	2.4206
P-4	P-5	1113.65	1111.7	23.83	8.18	3	18	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	2.9116
P-5	P-6	1111.7	1109.4	27.08	8.49	2	20	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	3.2415
P-6	P-7	1109.4	1105.1	52.4	8.21	7	27	42	133	4.21	0.2034	0.002	1.1201	4.3616
P-7	P-8	1105.1	1103.52	12.73	12.41	2	29	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	4.6915
P-8A	P-8	1108.34	1103.78	87.02	5.24	7	7	42	133	4.21	0.2034	0.002	1.1201	1.1201
P-8	P-9	1103.78	1099.56	43.63	9.67	5	12	30	95	4.25	0.1453	0.002	0.8081	6.6198
P-9	P-10	1099.56	1097.83	19.19	9.02	3	15	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	7.1107
P-10	P-11	1097.83	1095.87	22.52	8.70	2	17	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	7.4406
P-11	P-12	1095.87	1092.62	40.62	8.00	4	21	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	8.0909
P-12	P-13	1092.62	1090.38	25.77	8.69	4	25	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	8.7411
P-13	P-14	1090.38	1087.84	24.31	10.45	4	29	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	9.3913
P-14	P-15	1087.84	1084.51	34.55	9.64	6	35	36	114	4.23	0.1743	0.002	0.9647	10.3560
P-15	P-16	1084.51	1082.73	29.1	6.12	2	37	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	10.6859
P-16	P-17	1082.73	1075.88	78.3	8.75	8	45	48	152	4.19	0.2324	0.002	1.2746	11.9605
P-17	P-18	1075.88	1072.59	38.9	8.46	5	50	30	95	4.25	0.1453	0.002	0.8081	12.7686
P-18	P-19	1072.59	1070.24	28.79	8.16	3	53	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	13.2595
P-19	P-20	1070.24	1066.75	39.28	8.88	0	53	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	13.2595
P-20	P-21	1066.75	1065.12	19.22	8.48	0	53	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	13.2595
P-21	P-22	1065.12	1062.12	39.37	7.62	4	57	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	13.9098
P-22	P-23	1062.12	1059.3	39.67	7.11	3	60	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	14.4007
P-23	P-24	1059.3	1059.02	9.82	2.85	0	60	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	14.4007
P-27B	P-27A	1061.99	1062.05	52.45	-0.11	1	61	6	19	4.38	0.0291	0.002	0.1667	0.1667
P-27A	P-27	1062.05	1059.02	71.62	4.23	3	64	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	0.6576
P-24C	P-24D	1059.75	1059	57.05	1.31	10	74	60	190	4.16	0.2905	0.002	1.5806	1.5806
P-24D	P-24E	1059	1058.61	78.76	0.50	12	86	72	228	4.13	0.3486	0.002	1.8833	3.4640
P-24E	P-24	1058.61	1059.02	21.31	-1.92	0	86	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	3.4640
P-24	P-25	1059.02	1056.53	29.42	8.46	0	86	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	18.5223
P-25	P-26	1056.53	1052.66	59.05	6.55	0	86	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	18.5223
P-26	P-27	1052.66	1048.93	29.03	12.85	1	87	6	19	4.38	0.0291	0.002	0.1667	18.6890
P-27	P-28	1048.93	1046.5	38.15	6.37	5	92	30	95	4.25	0.1453	0.002	0.8081	19.4971
P-28	P-29	1046.5	1042.52	48.31	8.24	10	102	60	190	4.16	0.2905	0.002	1.5806	21.0777
P-29	P-30	1042.52	1040.65	27.67	6.76	5	107	30	95	4.25	0.1453	0.002	0.8081	21.8858
P-30	P-31	1040.65	1038.65	27.93	7.16	3	110	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	22.3768
P-31	P-32	1038.65	1035.26	28.17	12.03	2	112	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	22.7067
P-32	P-33	1035.26	1033.83	28.76	4.97	3	115	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	23.1976
P-33	P-34	1033.83	1028.5	59.63	8.94	9	124	54	171	4.17	0.2615	0.002	1.4280	24.6256
P-34	P-35	1028.5	1025.27	39.45	8.19	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-35	P-36	1025.27	1021.9	48.97	6.88	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-36	P-37	1021.9	1021.22	17.47	3.89	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-37	P-38	1021.22	1016.41	49.61	9.70	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-38	P-39	1016.41	1012.31	59.88	6.85	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-39	P-40	1012.31	1010.62	26.14	6.47	0	124	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	24.6256
P-40K	P-40J	1027.75	1025.52	25.25	8.83	4	128	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	0.6502
P-40J	P-40I	1025.52	1023.9	15.54	10.42	1	129	6	19	4.38	0.0291	0.002	0.1667	0.8170
P-40I	P40H	1023.9	1022.22	30.71	5.47	5	134	30	95	4.25	0.1453	0.002	0.8081	1.6250
P40H	P-40G	1022.22	1021.4	11.77	6.97	2	136	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	1.9550
P-40G	P-40F	1021.4	1020.91	13.88	3.53	2	138	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	2.2849
P-40F	P-40E	1020.91	1020.25	22.44	2.94	2	140	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	2.6148
P-40E	P-40D	1020.25	1018.6	31.52	5.23	4	144	24	76	4.27	0.1162	0.002	0.6502	3.2650
P-40D	P-40C	1018.6	1017.65	10.09	9.42	2	146	12	38	4.34	0.0581	0.002	0.3299	3.5950
P-40C	P-40B	1017.65	1013.95	37.41	9.89	3	149	18	57	4.30	0.0872	0.002	0.4909	4.0859
P-40B	P-40A	1013.95	1012.65	62.05	2.10	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	4.0859
P-40A	P-40	1012.65	1010.62	14.9	13.62	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	4.0859
P-40	P-41	1010.62	1009.61	13.17	7.67	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	28.7115
P-41	P-42	1009.61	1008.65	9.62	9.98	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	28.7115
P-42	P-43	1008.65	1005.82	39.43	7.18	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	28.7115
P-43	P-44	1005.82	1003.6	39.99	5.55	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	28.7115
P-44	DESF	1003.6	999.68	28.99	13.52	0	149	0	0	4.50	0.0000	0.002	0.0000	28.7115

Fuente: elaboración propia.

Resultados de diseño en Land Desktop Companion® 2009

qdis ACUM	DIAMETRO	S(%)	SECCION LLENA		REL. q/Q	V de diseño	Rel d/D	cotas invert		Altura de posos	
			Vel	Q				Inicial	Final	Inicial	Final
0.6502	6	0.0802	3.2071	58.5024	0.011114	1.063	0.08	1130.8981	1125.4999	1.48	1.42
0.6502	6	0.1073	3.7086	63.6498	0.010215	1.177	0.08	1125.4699	1123.3558	1.45	1.66
1.3005	6	0.0664	2.917	53.2102	0.024439	1.227	0.11	1123.3258	1117.7249	1.69	1.58
2.4206	6	0.0803	3.2088	58.5325	0.041353	1.580	0.14	1117.6949	1112.3885	1.61	1.26
2.9116	6	0.0908	3.4124	62.2468	0.046772	1.743	0.14	1112.3585	1110.1937	1.29	1.51
3.2415	6	0.0818	3.2385	59.0752	0.054867	1.735	0.16	1110.1637	1107.9528	1.54	1.45
4.3616	6	0.0812	3.2265	58.8569	0.074102	1.889	0.18	1107.9228	1103.6676	1.48	1.43
4.6915	6	0.1068	3.7008	67.5089	0.086083	2.265	0.20	1103.6376	1102.277	1.46	1.24
1.1201	6	0.051	2.5553	46.6497	0.024011	1.070	0.11	1106.7156	1102.277	1.62	1.50
6.6198	6	0.0939	3.4691	63.2823	0.104603	2.248	0.22	1102.2469	1098.1509	1.53	1.41
7.1107	6	0.0926	3.4454	62.8483	0.113136	2.284	0.23	1098.1209	1096.3442	1.44	1.49
7.4406	6	0.0866	3.3316	60.7727	0.122428	2.260	0.24	1096.3142	1094.3645	1.52	1.51
8.0909	6	0.0778	3.1577	57.601	0.140458	2.229	0.25	1094.3345	1091.1751	1.54	1.44
8.7411	6	0.1044	3.6591	66.7478	0.130951	2.531	0.24	1091.1451	1088.8783	1.47	1.50
9.3913	6	0.106	3.687	67.2568	0.139628	2.598	0.25	1088.8483	1086.3416	1.53	1.50
10.3560	6	0.0802	3.2064	58.4894	0.177051	2.418	0.28	1086.3116	1083.1287	1.53	1.38
10.6859	6	0.0647	2.8801	52.5366	0.203392	2.259	0.31	1083.0987	1081.2158	1.41	1.51
11.9605	6	0.0884	3.3667	61.4127	0.194750	2.609	0.30	1081.1858	1074.2635	1.54	1.62
12.7686	6	0.08	3.2028	58.4239	0.218544	2.564	0.32	1074.2335	1071.1208	1.65	1.47
13.2595	6	0.0788	3.1776	57.9642	0.228746	2.577	0.33	1071.0908	1068.8231	1.50	1.42
13.2595	6	0.0964	3.5148	64.1159	0.206799	2.770	0.31	1068.7931	1065.0077	1.45	1.74
13.2595	6	0.0662	2.9125	53.1288	0.249565	2.420	0.34	1064.9777	1063.7062	1.77	1.41
13.9098	6	0.0787	3.1756	57.928	0.240114	2.610	0.33	1063.6762	1060.5792	1.44	1.54
14.4007	6	0.0668	2.9264	53.3809	0.269763	2.484	0.35	1060.5492	1057.8997	1.57	1.40
14.4007	6	0.031	1.9945	36.383	0.491004	1.986	0.49	1057.8697	1057.5652	1.43	1.45
0.1667	6	0.0634	2.8504	51.9957	0.012451	0.647	0.08	1059.46	1058.1061	2.53	3.94
0.6576	6	0.1629	4.5701	83.3647	0.016379	1.365	0.09	1058.0761	1047.41	3.97	11.61
1.5806	6	0.0121	1.2458	22.7255	0.069552	0.716	0.18	1058.2196	1057.4258	1.53	1.57
3.4640	6	0.006	0.8771	15.9996	0.216499	0.700	0.32	1057.3958	1056.9232	1.60	1.69
3.4640	6	0.006	0.8771	15.9996	0.216499	0.700	0.32	1056.8932	1056.7654	1.72	2.25
18.5223	6	0.0836	3.2733	59.7105	0.299180	2.859	0.37	1056.74	1054.2813	2.28	2.25
18.5223	6	0.054	2.6308	47.9893	0.372254	2.438	0.42	1054.2513	1051.0634	2.28	1.60
18.6890	6	0.0896	3.3892	61.8231	0.302290	2.969	0.38	1050.0648	1047.44	2.60	1.49
19.4971	6	0.068	2.952	53.8487	0.362063	2.715	0.42	1046.67	1044.0772	2.26	2.42
21.0777	6	0.08	3.2019	58.4071	0.360867	2.942	0.42	1044.0472	1040.1841	2.45	2.34
21.8858	6	0.0594	2.7601	50.3478	0.434682	2.664	0.46	1040.1541	1038.5101	2.37	2.14
22.3768	6	0.0797	3.1969	58.317	0.383699	2.986	0.43	1038.4801	1036.2531	2.17	2.40
22.7067	6	0.0697	2.9887	54.5185	0.416484	2.852	0.45	1036.2231	1034.26	2.43	1.00
23.1976	6	0.0703	3.0024	54.7684	0.423547	2.878	0.45	1032.97	1030.9476	2.29	2.88
24.6256	6	0.0749	3.0994	56.5367	0.435558	2.992	0.46	1030.9176	1026.45	2.91	2.05
24.6256	6	0.063	2.8425	51.8515	0.474914	2.806	0.49	1025.6259	1023.14	2.87	2.13
24.6256	6	0.0574	2.7125	49.4794	0.497682	2.709	0.50	1022.3214	1019.5116	2.95	2.39
24.6256	6	0.0746	3.0938	56.435	0.436343	2.988	0.46	1019.4816	1018.1773	2.42	3.04
24.6256	6	0.0727	3.0523	55.6783	0.442273	2.959	0.47	1017.3379	1013.7337	3.88	2.68
24.6256	6	0.0673	2.9373	53.5804	0.459590	2.875	0.48	1013.7037	1009.6743	2.71	2.64
24.6256	6	0.0399	2.2631	41.2827	0.695470	2.445	0.61	1009.6443	1008.6	2.67	2.02
0.6502	6	0.0796	3.1955	58.2907	0.011257	1.064	0.08	1025.916	1023.905	1.83	1.62
0.8170	6	0.0947	3.4845	63.5622	0.012946	1.210	0.08	1023.875	1022.4042	1.64	1.50
1.6250	6	0.0586	2.7413	50.0051	0.032617	1.258	0.12	1022.3742	1020.574	1.53	1.65
1.9550	6	0.052	2.5824	47.1066	0.041627	1.274	0.14	1020.544	1019.9319	1.68	1.47
2.2849	6	0.0349	2.1145	38.5717	0.059391	1.160	0.17	1019.9019	1019.4179	1.50	1.49
2.6148	6	0.0234	1.7331	31.6137	0.082898	1.049	0.19	1019.3879	1018.8622	1.52	1.39
3.2650	6	0.0566	2.6949	49.1587	0.066538	1.529	0.17	1018.8322	1017.0471	1.42	1.55
3.5950	6	0.0911	3.418	62.3502	0.057751	1.859	0.16	1017.0171	1016.0982	1.58	1.55
4.0859	6	0.0971	3.5286	64.367	0.063568	1.975	0.17	1016.0682	1012.4357	1.58	1.51
4.0859	6	0.0359	2.1463	39.1508	0.104511	1.390	0.22	1012.4057	1010.1763	1.54	2.47
4.0859	6	0.0705	3.0069	54.8511	0.074596	1.764	0.18	1010.1463	1009.0977	2.50	1.52
28.7115	6	0.0429	2.3449	42.7745	0.671215	2.514	0.60	1007.7764	1007.2	2.84	2.41
28.7115	6	0.065	2.8869	52.6611	0.545201	2.949	0.53	1006.9	1006.2751	2.71	2.37
28.7115	6	0.0643	2.8723	52.3946	0.547974	2.938	0.53	1006.2451	1003.708	2.40	2.11
28.7115	6	0.0665	2.9202	53.2686	0.538984	2.975	0.52	1003.678	1001.0184	2.14	2.58

Fuente: elaboración propia.



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



Nº 21291

INFORME No. 378 S.S.

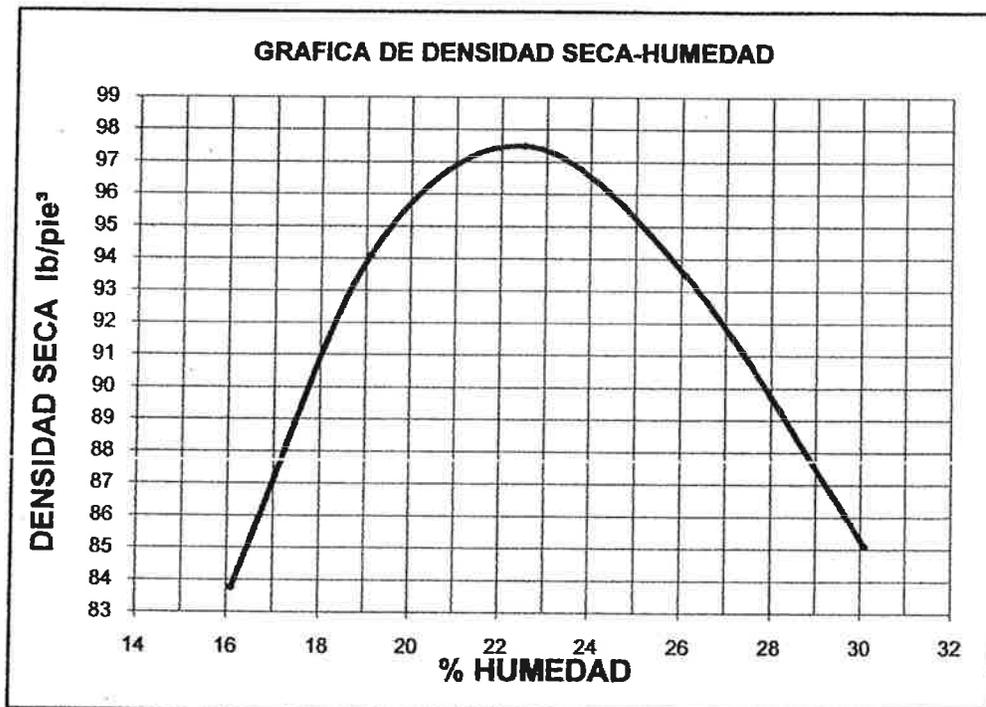
O.T. No.: 27,417

Interesado: Douglas Benjamín Estrada Pérez
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

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

Proyecto: EPS-Diseño del pavimentación de la Carretera de Acceso Principal.

Ubicación: Aldea de Mesillas Bajas, Municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala
Fecha: 15 de noviembre de 2010



Muestra No.: 1
 Descripción del suelo: Arena limosa color café
 Densidad seca máxima γ_d : 1,562 Kg/m³ 97.5 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 22.5 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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



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



Nº 21292

INFORME No.: 379 S.S.

O.T. No.: 27,417

Interesado: Douglas Benjamín Estrada Pérez

Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.)

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

Proyecto: EPS-Diseño del pavimentación de la Carretera de Acceso Principal.

Ubicación: Aldea de Mesillas Bajas, Municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala

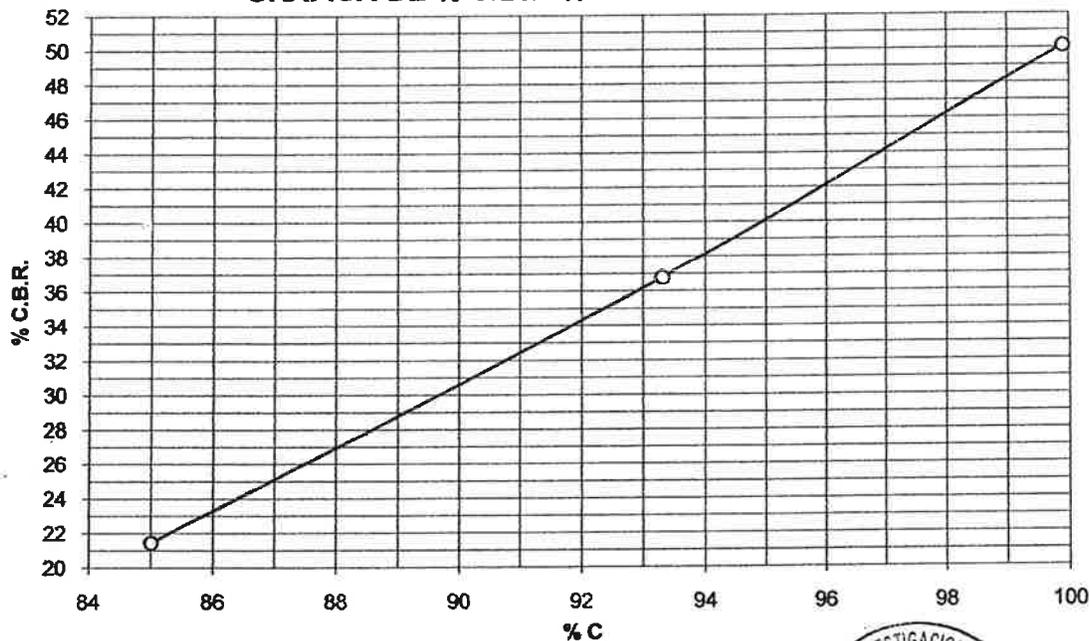
Descripción del suelo: Arena limosa color café

Muestra No.: 1

Fecha: 15 de noviembre de 2010

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/piel ³)			
1	10	23.40	82.9	85.0	2.83	21.5
2	30	23.40	91.0	93.3	2.28	36.8
3	65	23.40	97.4	99.9	1.63	50.1

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



Atentamente,



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Médrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



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



Nº 21293

INFORME No. 380 S.S.

O.T. No. 27,417

Interesado: Douglas Benjamin Estrada Pérez

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

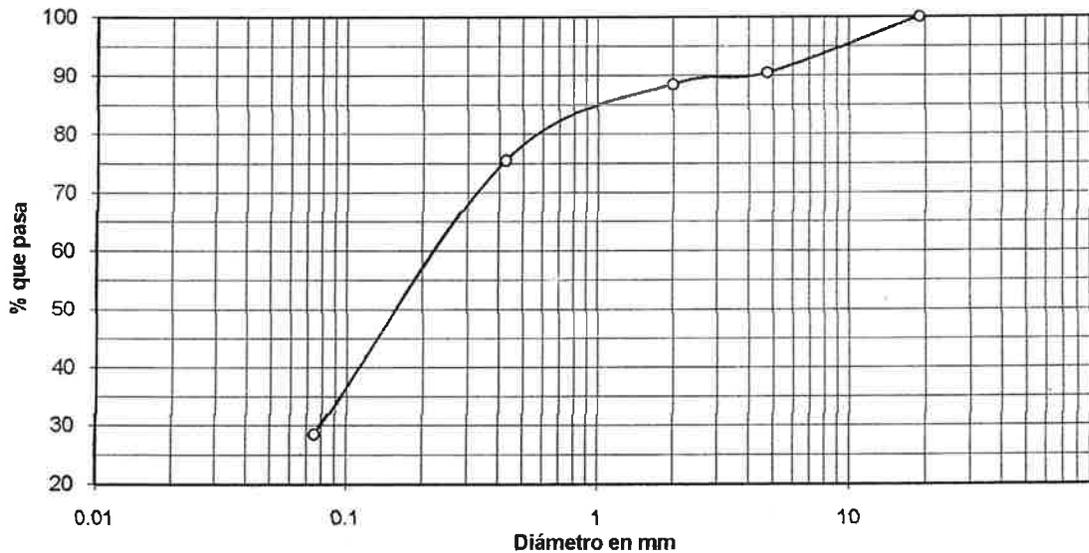
Proyecto: EPS-Diseño del pavimentación de la Carretera de Acceso Principal.

Ubicación: Aldea de Mesillas Bajas, Municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala

Fecha: 15 de noviembre de 2010

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	90.50
10	2	88.50
40	0.425	75.50
200	0.075	28.50

% de Grava: 9.50
% de Arena: 62.00
% de finos: 28.50



Descripción del suelo: Arena limosa color café

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Médrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Omar Enrique Médrano Méndez



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



Nº 21294

INFORME No. 381 S. S. O.T.: 27,417

Interesado: Douglas Benjamin Estrada Pérez
 Proyecto: EPS-Diseño del pavimentación de la Carretera de Acceso Principal.
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea de Mesillas Bajas, Municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala
 FECHA: 15 de noviembre de 2010

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	34.5	7.2	ML	Arena limosa color café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

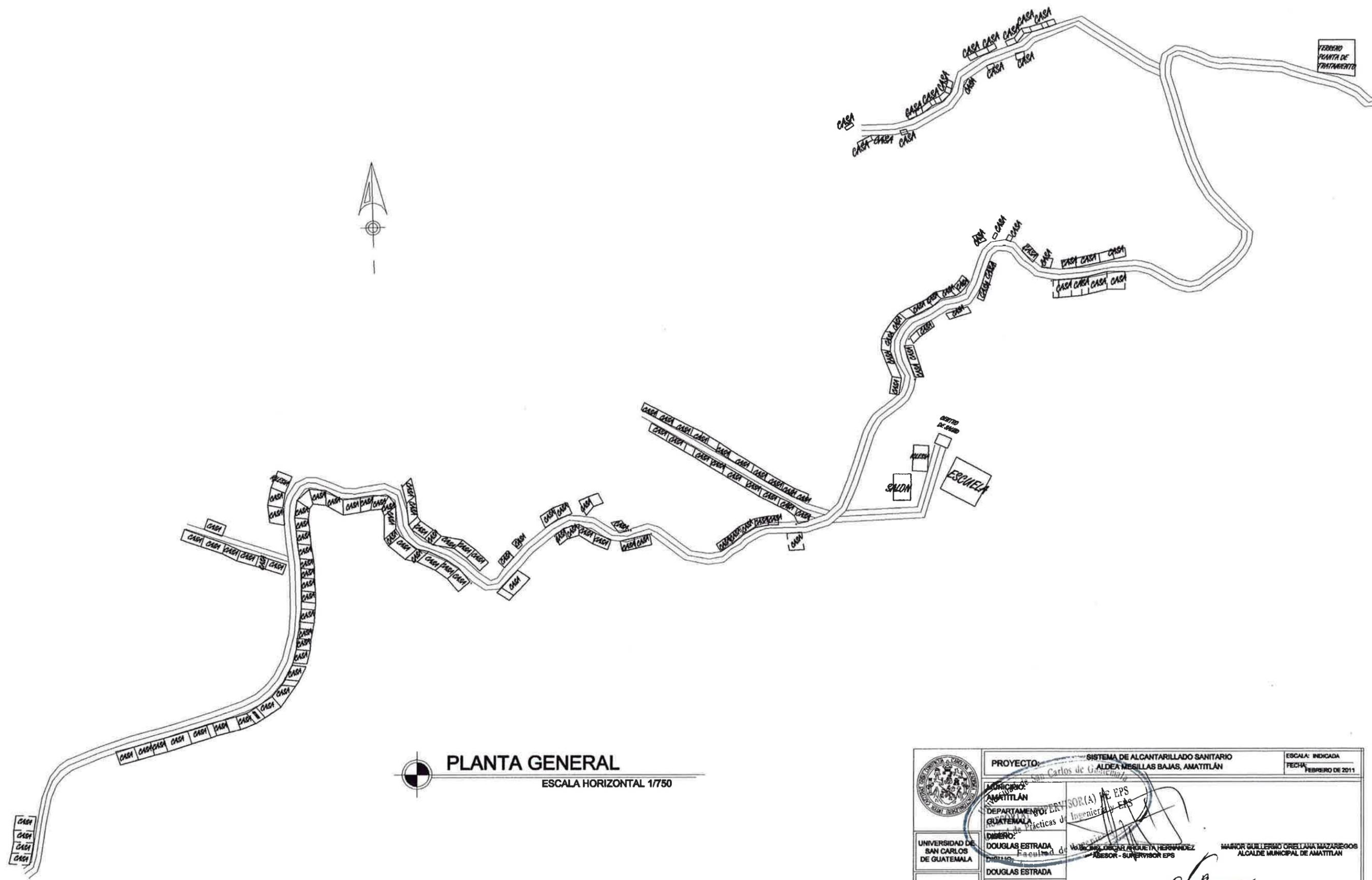
Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC

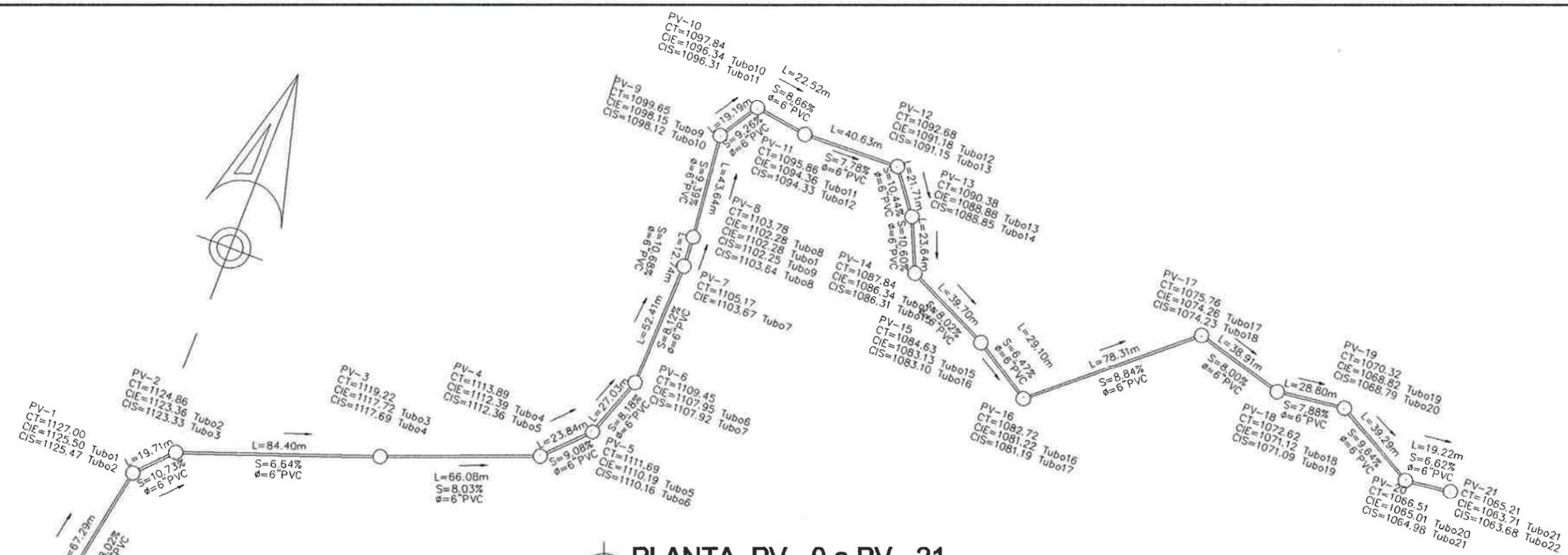


Omar Enrique Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

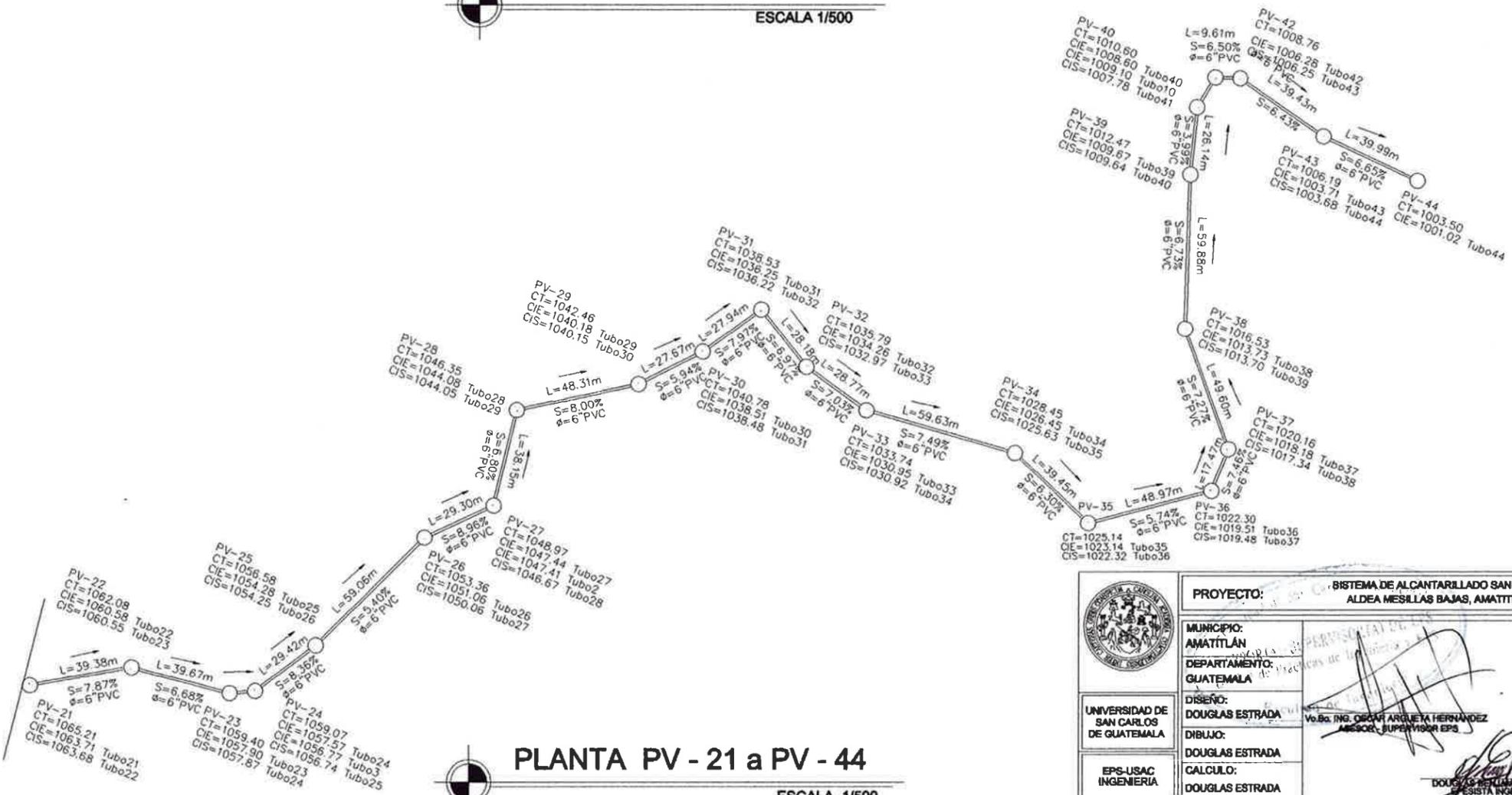



PLANTA GENERAL
 ESCALA HORIZONTAL 1/750

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA EPS-USAC INGENIERIA	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO DE GUATEMALA DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA EPS-USAC INGENIERIA	ASesor(A) DE EPS Ingenier(a) EPS DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA
PLANO: PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA		1 / 9

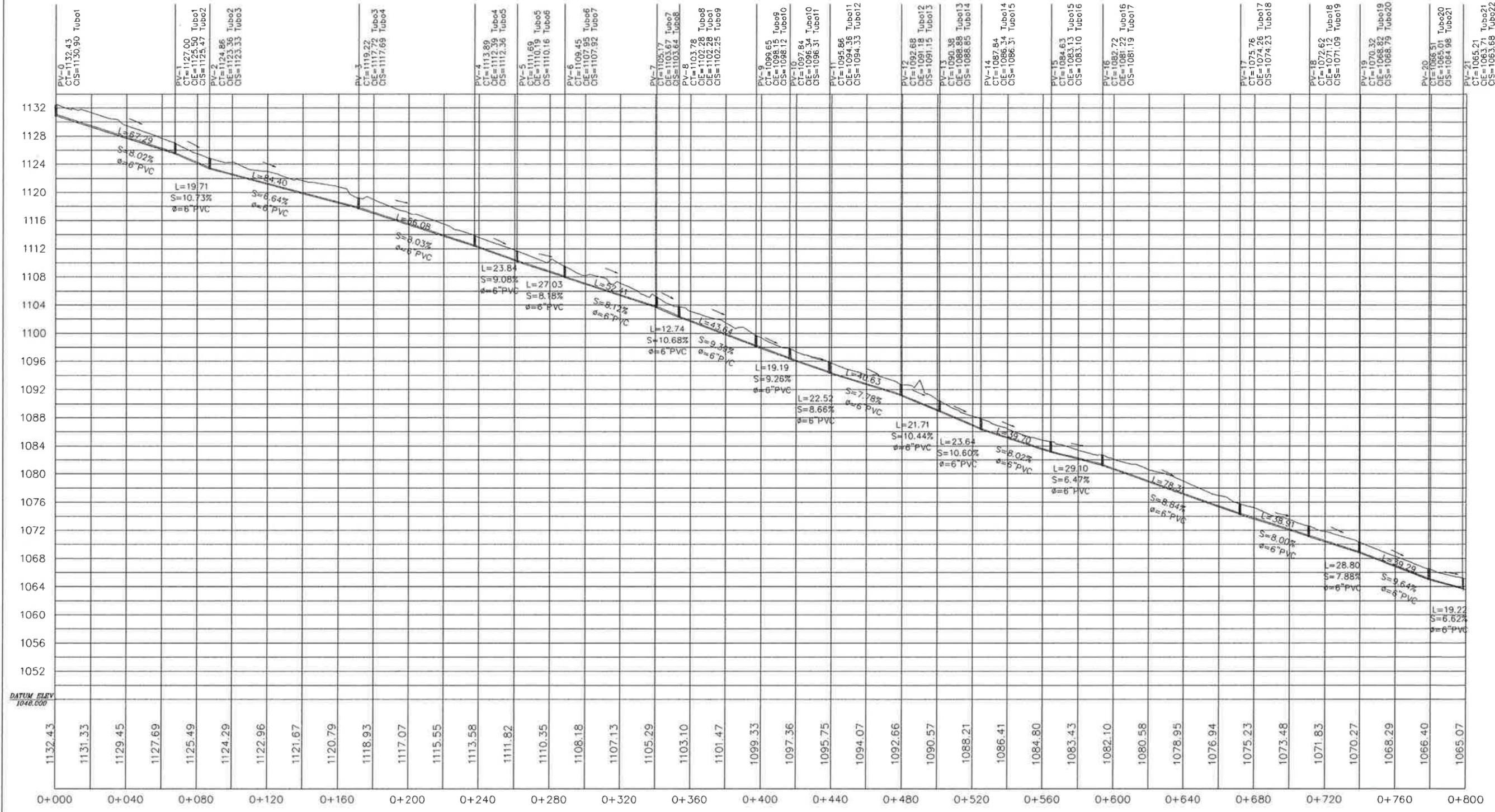


PLANTA PV - 0 a PV - 21
ESCALA 1/500



PLANTA PV - 21 a PV - 44
ESCALA 1/500

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA	PERSONAL DEL PROYECTO: DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA Vo.Bo. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ INGENIERO SUPERVISOR EPS MAJOR GUILLERMO ORELLANA MAZAREGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA EPS-USAC INGENIERIA	PLANO: PLANTA GENERAL	



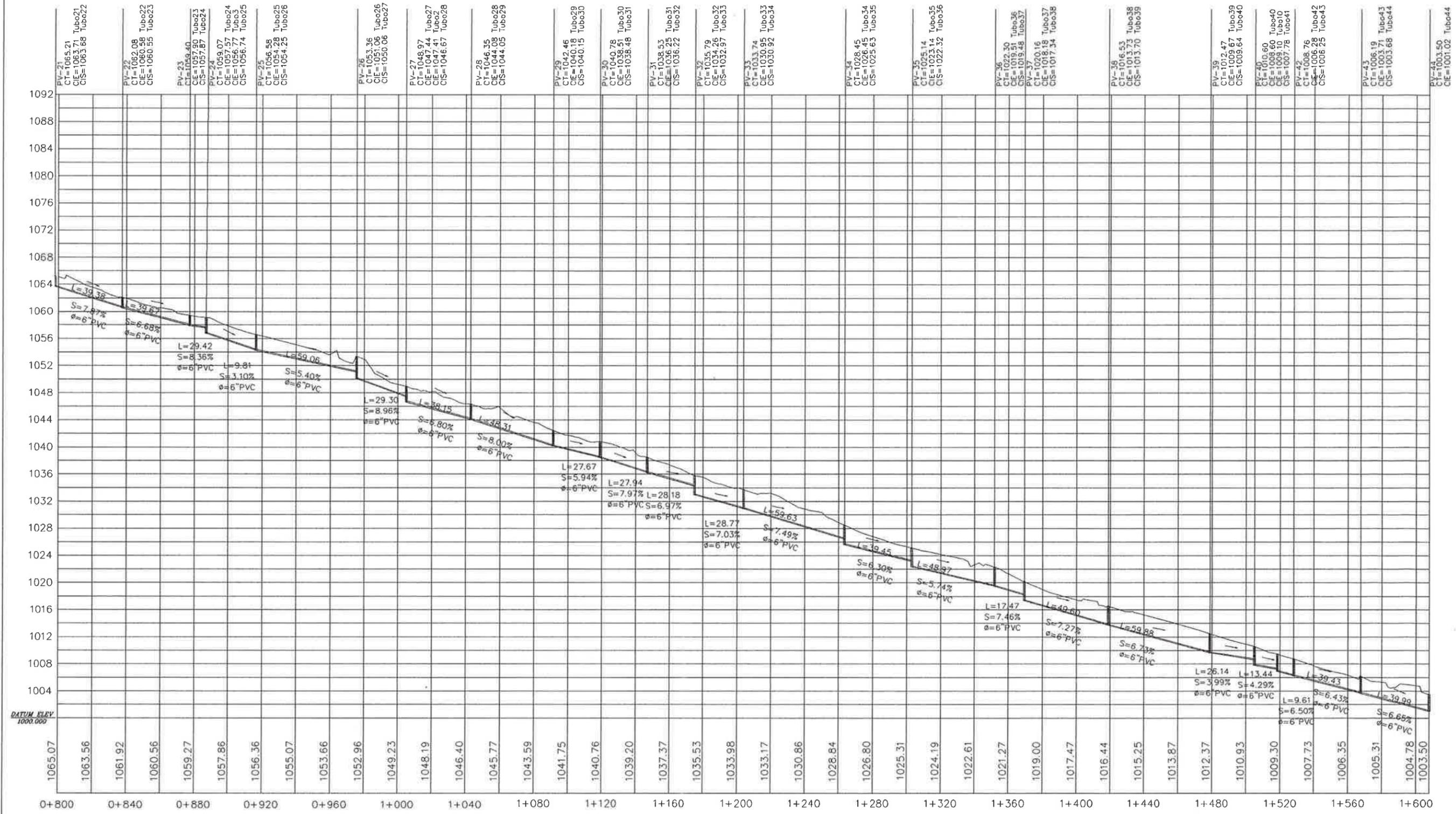
DATUM NIVEL
1048.000



PERFIL PV - 0 a PV - 21

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/200

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN		ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA		
DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA	V.O.S. ING. DOUGLAS ESTRADA PEREZ ASESOR SUPERVISOR EPS		
EPS-USAC INGENIERIA	PLANO: PERFIL PV-0 A PV-21		

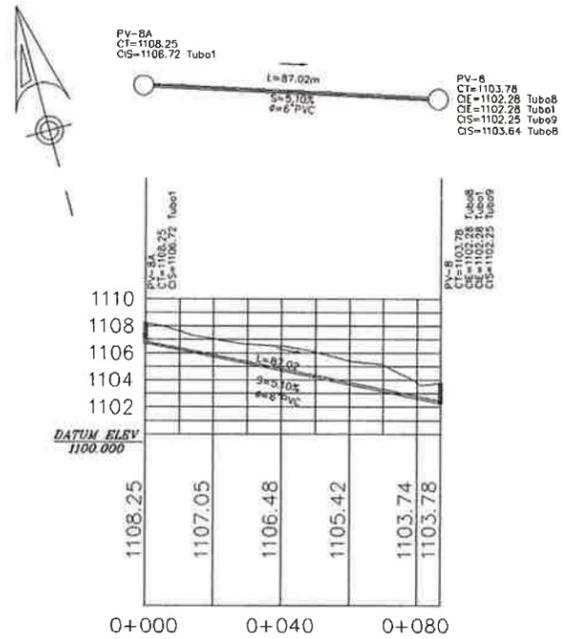


DATUM ELEV
1000.000

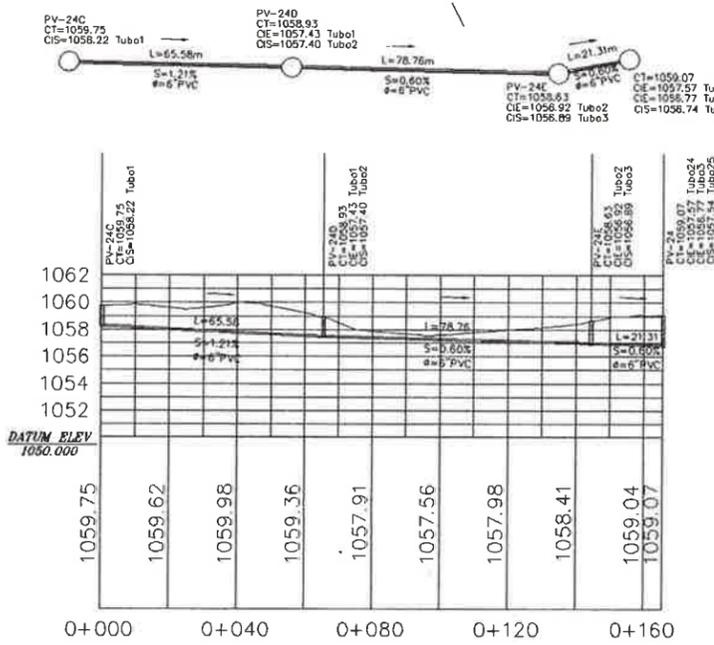
PERFIL PV - 21 a PV - 44

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/200

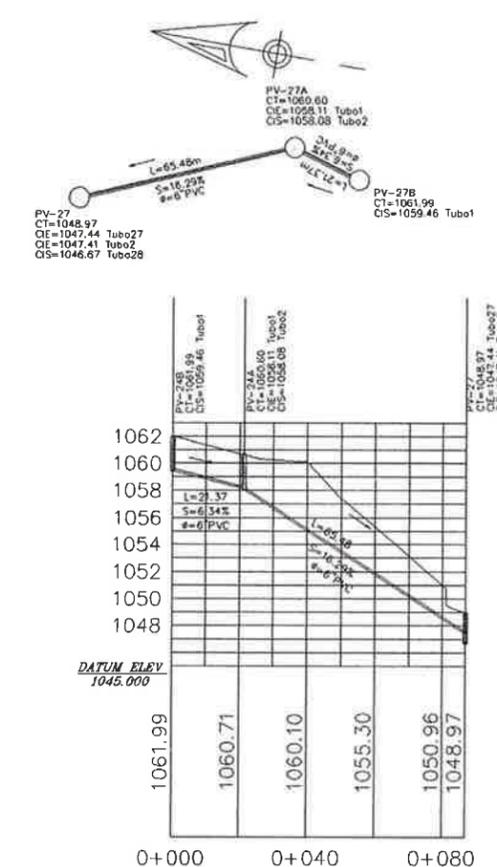
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MEBILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	MAJOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN	
EPS-USAC INGENIERIA	CALCULO: DOUGLAS ESTRADA DOUGLAS ESTRADA	
PLANO: PERFIL PV-21 A PV-44		4 / 9



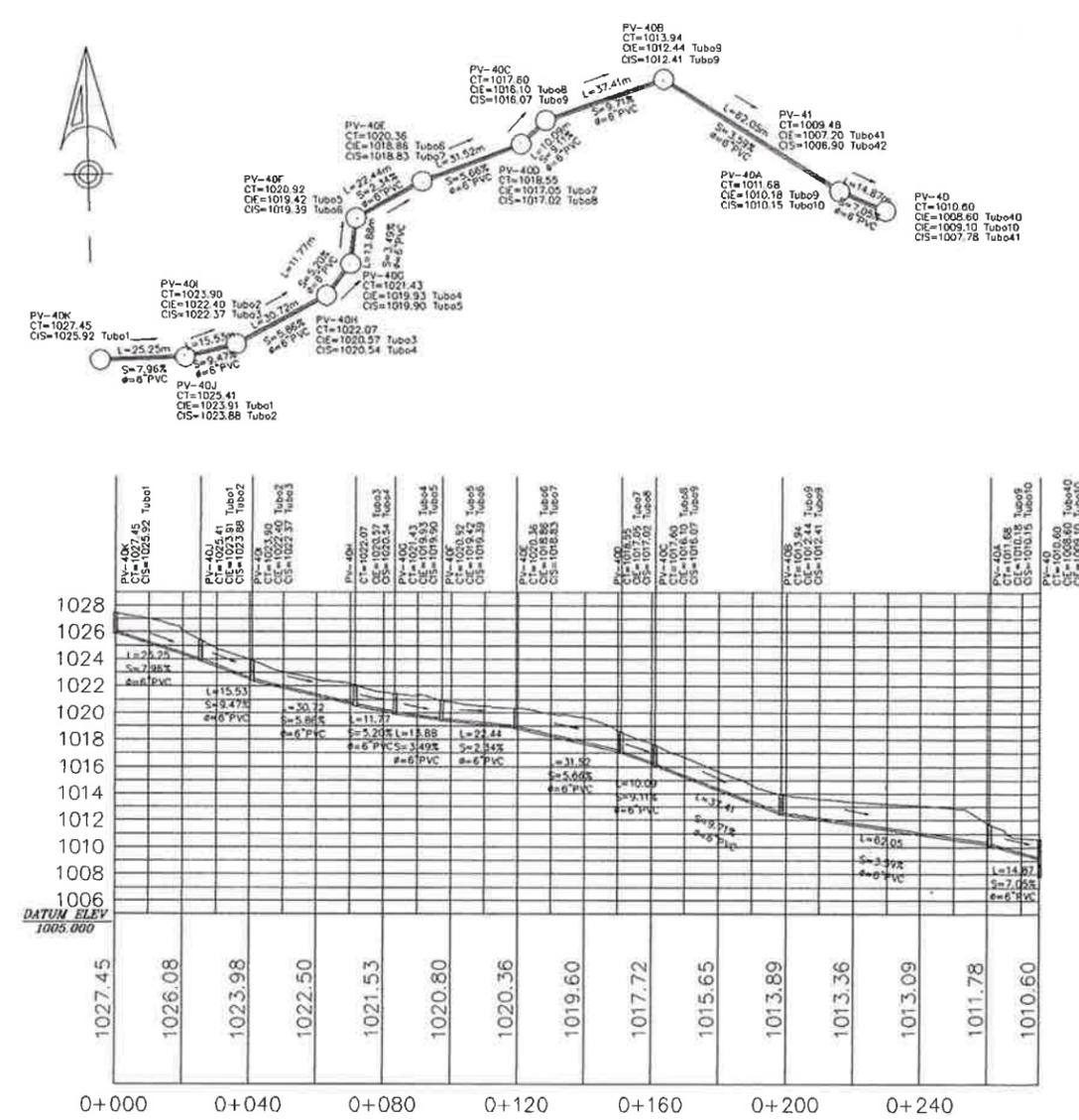
PLANTA - PERFIL PV - 8B a PV - 8
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/200



PLANTA - PERFIL PV - 24C a PV - 24
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/200

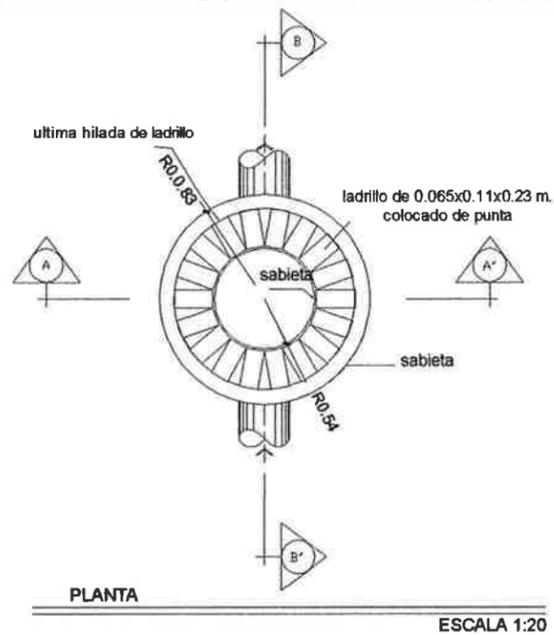


PLANTA - PERFIL PV - 24B a PV - 27
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/200



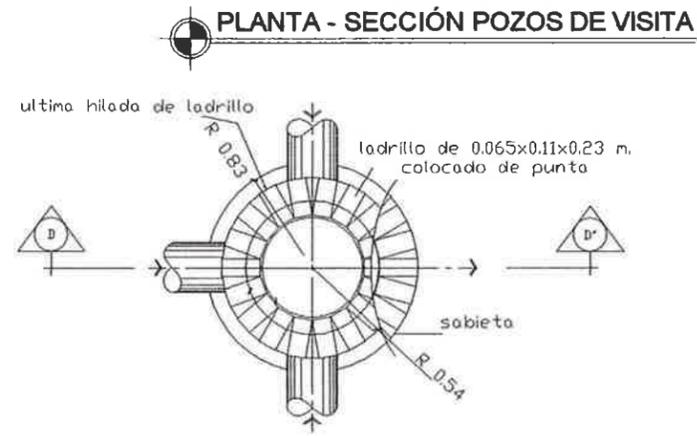
PLANTA - PERFIL PV - 40K a PV - 40
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/200

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA		
EPS-USAC INGENIERIA		
PLANO:	PLANTA - PERFIL	5 / 9



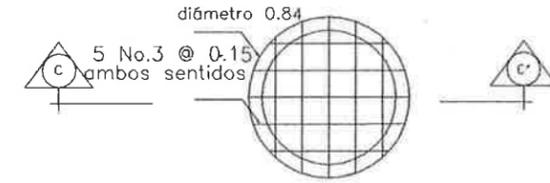
PLANTA

ESCALA 1:20



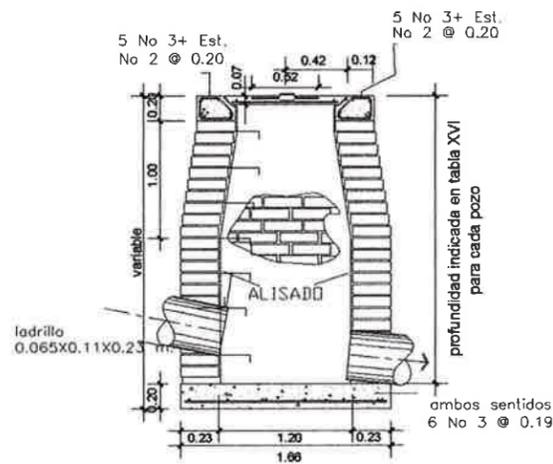
PLANTA

ESCALA 1:20



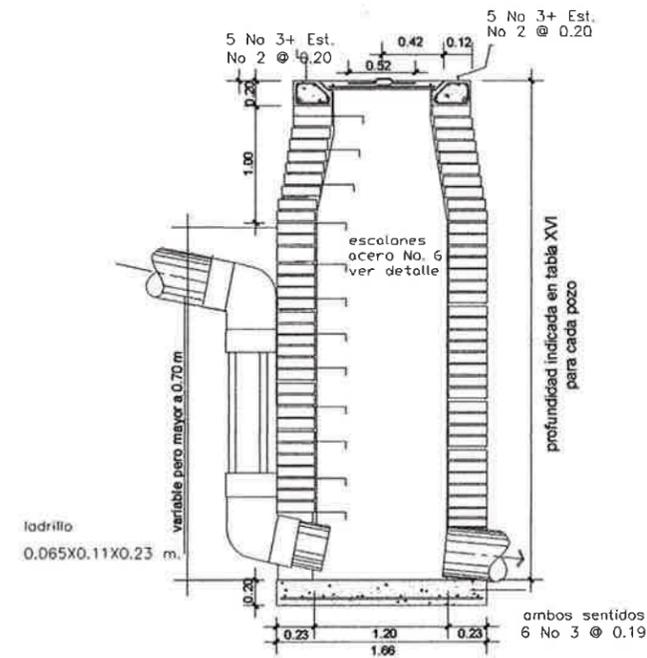
PLANTA

ESCALA 1:20



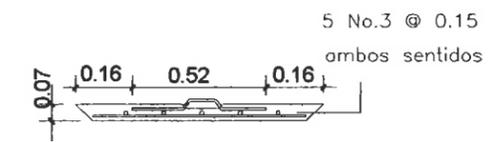
SECCIÓN A-A'

ESCALA 1:20



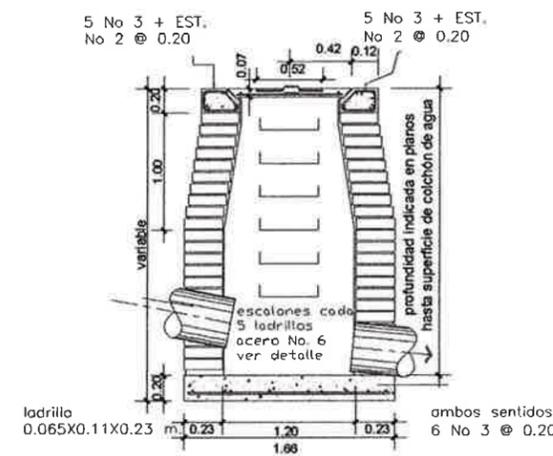
SECCIÓN D-D'

ESCALA 1:20



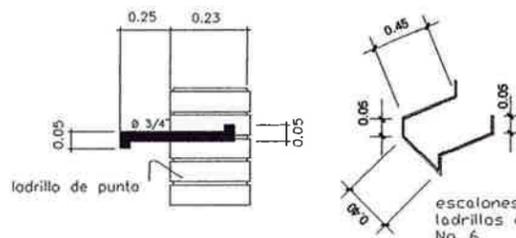
SECCIÓN C-C'

ESCALA 1:10



SECCIÓN B-B'

ESCALA 1:20



ESCALÓN

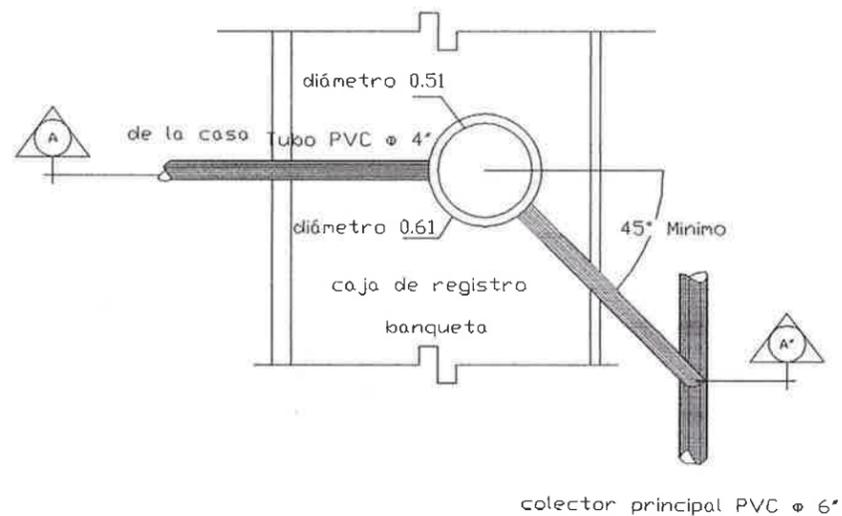
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES

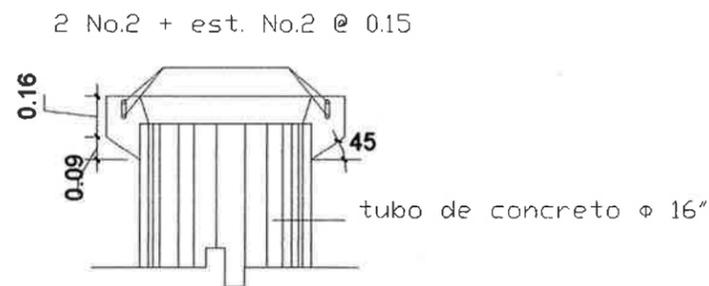
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $F_c' = 217 \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCIÓN 1:2:2.
3. LA SABIETA DEBERÁ SER DE CAL Y ARENA DE RIO CON PROPORCIÓN 1:2.
4. LA MEZCLA PARA EL PEGADO DE LADRILLOS DEBERÁN SER DE CAL Y ARENA DE RIO PROPORCIÓN 1:3.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
6. TODAS LAS COTAS ESTÁN INDICADAS EN METROS, SALVO DONDE SE ESPECIFIQUE.
7. CUANDO LA DIFERENCIA ENTRE COTA INVERT DE ENTRADA Y DE SALIDA SEA MAYOR A 0.70 MTS SE CONSTRUIRÁN DISIPADORES DE ENERGÍA COMO SE DETALLA EN SECCIÓN D-D'.
8. SE CONSTRUIRÁN DISIPADORES DE ENERGÍA PARA LOS POZOS P-26, P-27, P-32, P-34, P-35 P-37 Y P-40.
9. EN LOS DEMÁS POZOS LA DIFERENCIA ENTRE LA COTA INVERT QUE ENTRA Y LA QUE SALE SERÁ DE 3 CM.

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA INDICADA FECHA FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO AMATITLÁN	DEPARTAMENTO SUPERVISORIAL DE EPS GUATEMALA Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	INGENIERO SUPERVISOR EPS MAINOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN
EPS-USAC INGENIERIA	CÁLCULO: DOUGLAS ESTRADA	INGENIERO DOUGLAS ESTRADESTRADA PÉREZ ESPECIALISTA INGENIERIA CIVIL
PLANO:		DETALLES DE POZOS DE VISITA

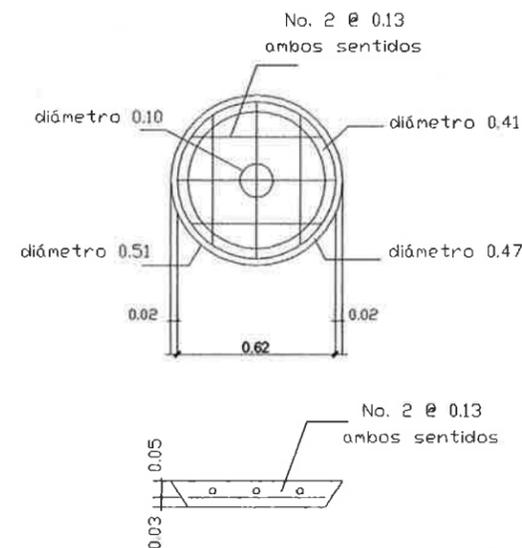
DETALLES DE CONEXIÓN DOMICILIAR



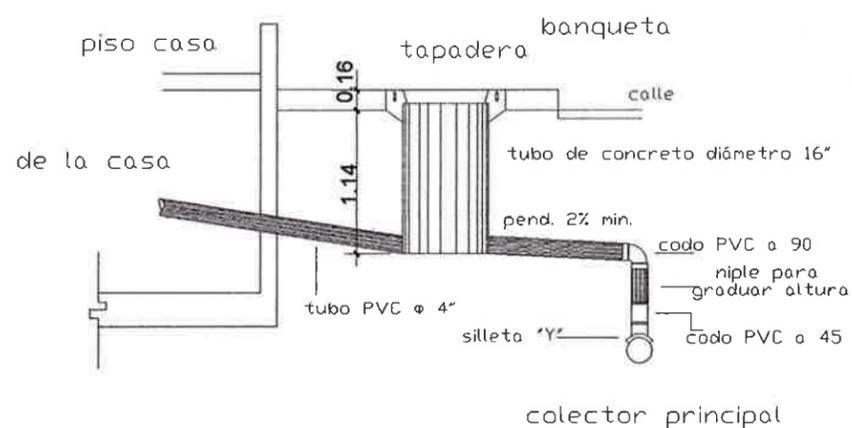
PLANTA
ESCALA 1:20



CAJA DE REGISTRO
ESCALA 1:05



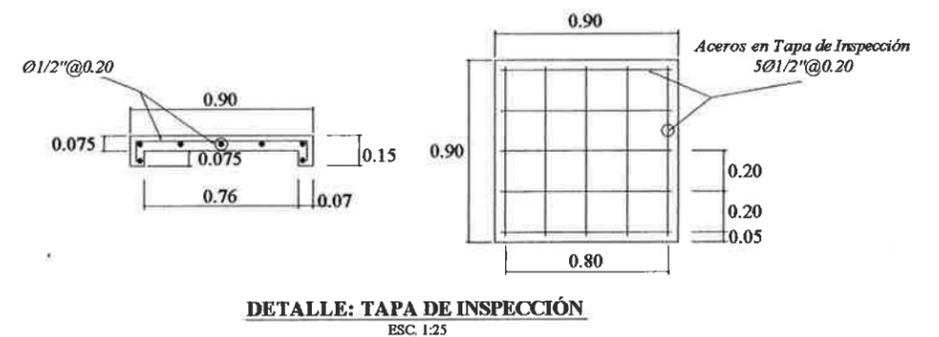
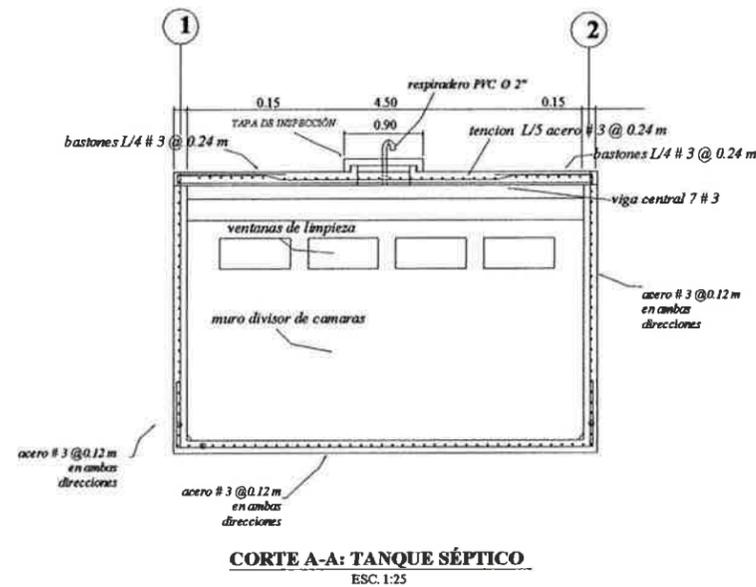
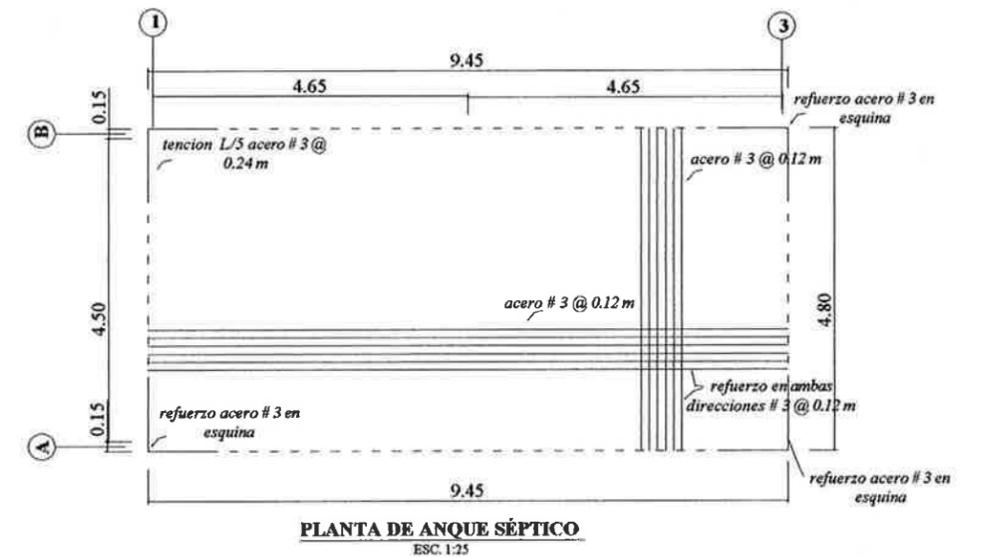
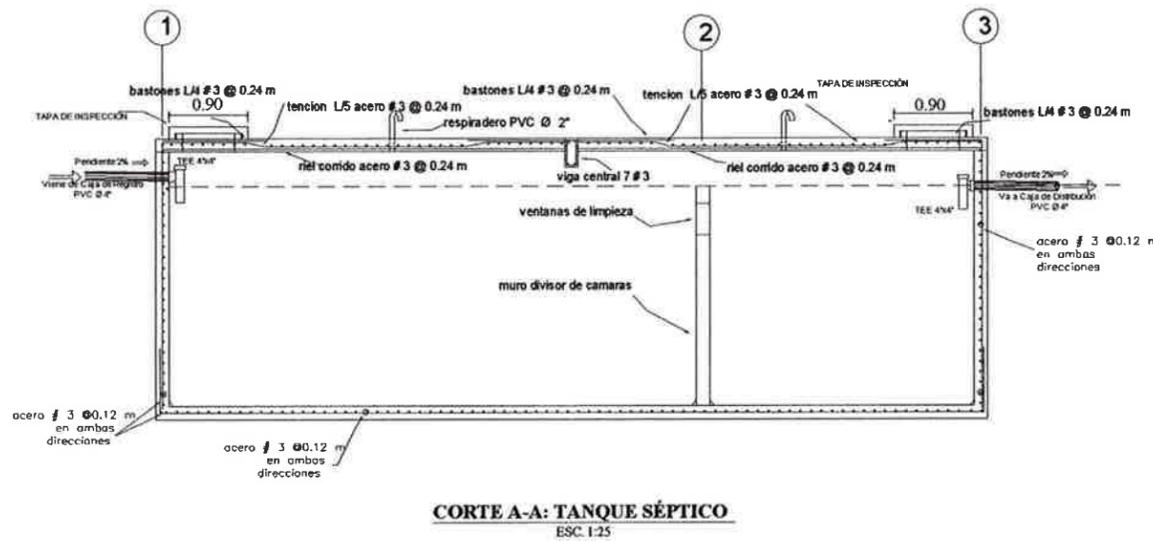
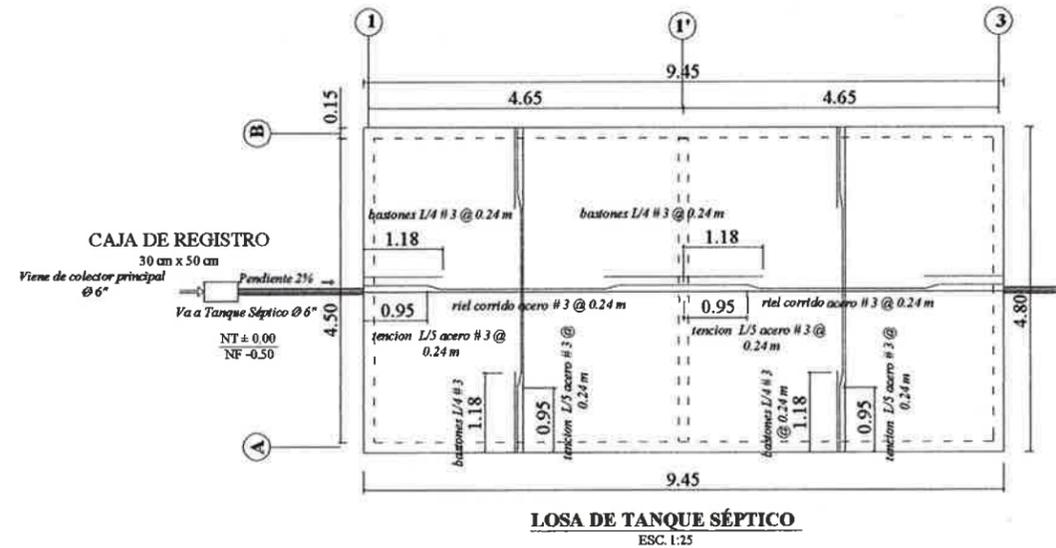
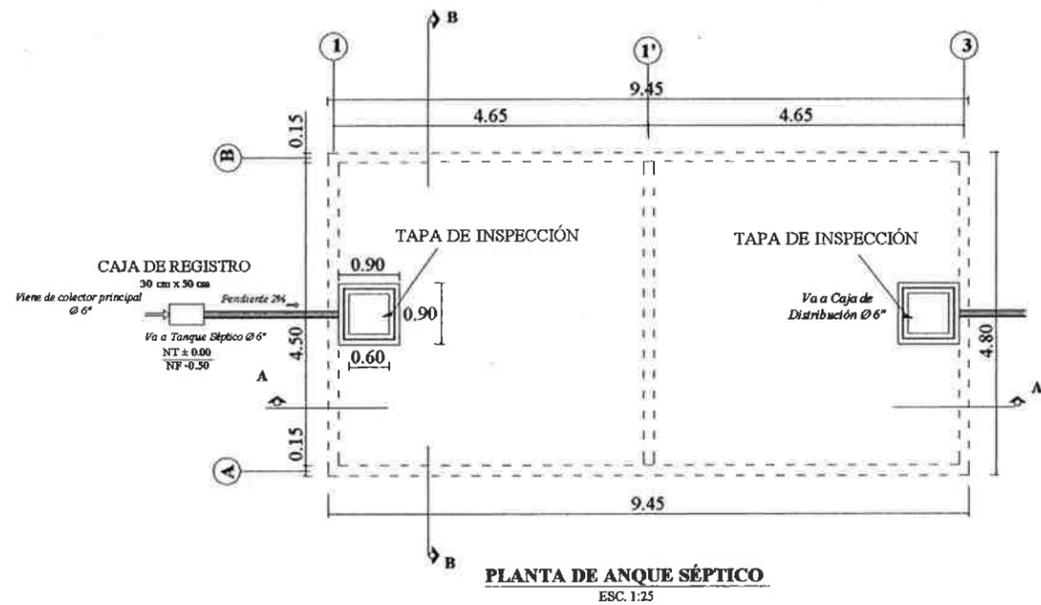
DETALLE TAPADERA
ESCALA 1:05



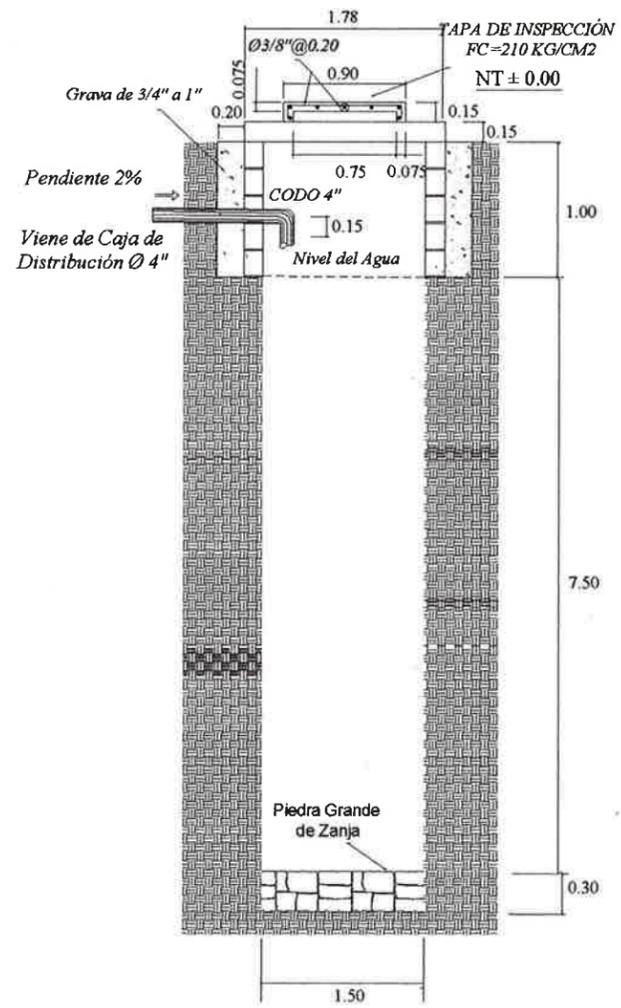
SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

ESPECIFICACIONES	
1.	LA TUBERIA PARA LA CONEXIÓN DOMICILIAR DEBE SER DE 4" PVC PARA ALCANTARILLADO SANITARIO SEGÚN NORMA 3034-00.
2.	EL CONCRETO PARA LA TAPADERA Y BASE DEBERÁ TENER UN $F_c = 217 \text{ Kg/cm}^2$ CON UNA PROPORCIÓN 1:2:2.
3.	LA CAJA DE REGISTRO SERÁ UN TUBO DE CONCRETO DE 16" DE DIÁMETRO CON SU RESPECTIVA BASE, BROCAL Y TAPADERA, LA CUAL DEBE TENER UNA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE 0.90 m.
4.	EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
5.	TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN INDICADAS EN METROS, SALVO DONDE SE ESPECIFIQUE.

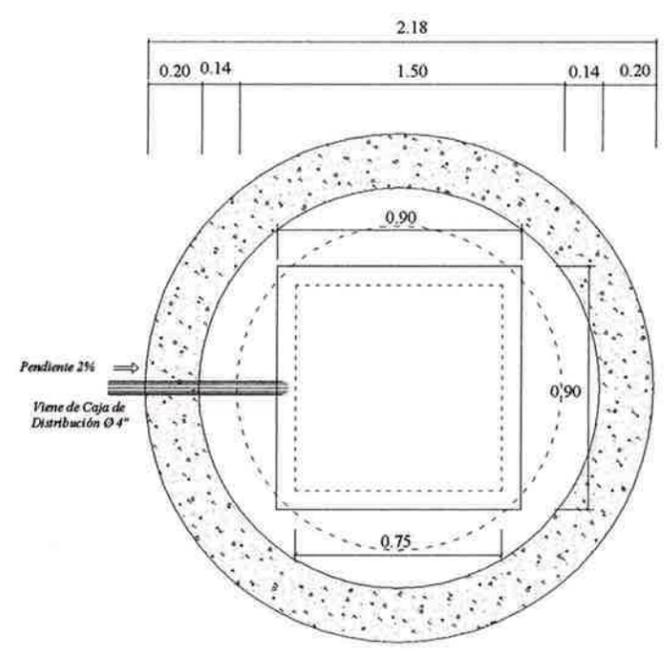
	PROYECTO: San Carlos SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN - SUPERVISOR DE EPS DEPARTAMENTO: Ingenierías de Ingeniería y EPS GUATEMALA	DISEÑO: a cargo de Ingeniera DOUGLAS ESTRADA V.B. ING. CECAR ARGUETA HERNÁNDEZ ASesor - SUPERVISOR EPS DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA MAJOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN DOUGLAS ESTRADA PÉREZ INGENIERA CIVIL
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA EPS-USAC INGENIERIA	PLANO: DETALLES DE CONEXIÓN DOMICILIAR	



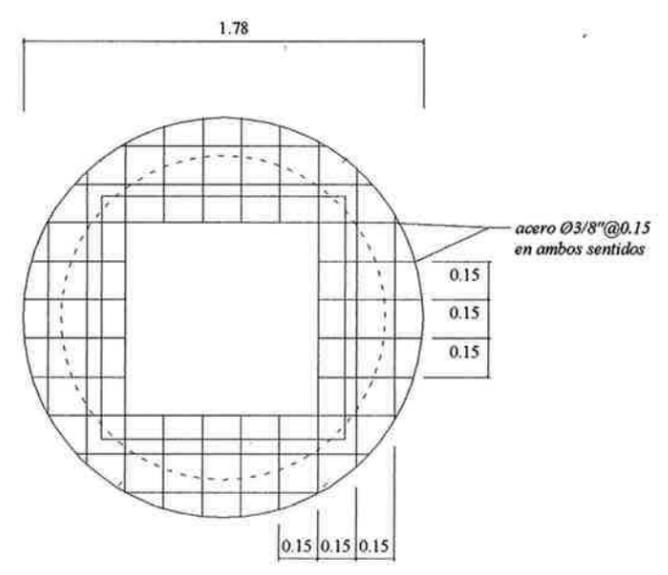
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	V.S. Bg. ING. OSOAR ARRIETA HERNÁNDEZ ASESOR SUPERVISOR EPS	MAIOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN
EPS-USAC INGENIERIA	DOUGLAS ESTRADA INGENIERIA CIVIL	
PLANO: PLANTA - PERFIL DE FOSA SÉPTICA		8 / 9



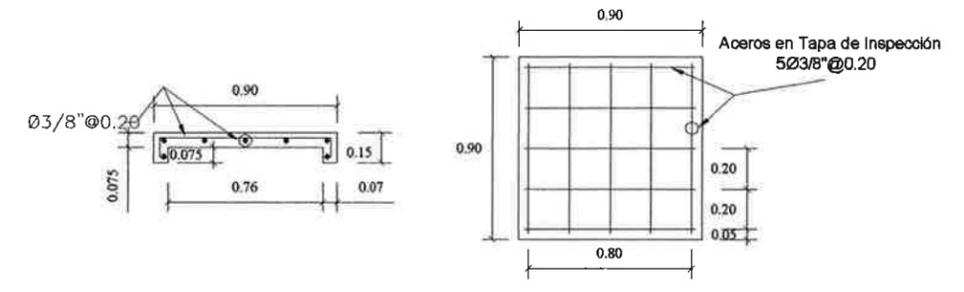
ELEVACIÓN DE POZO DE ABSORCIÓN
ESC. 1:25



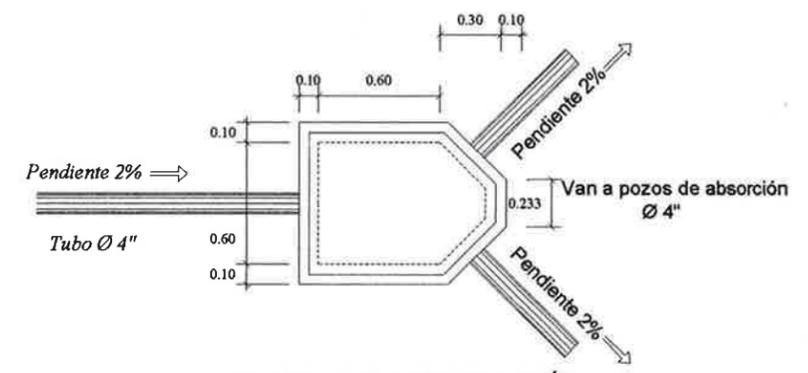
PLANTA DE POZO DE ABSORCIÓN
ESC. 1:25



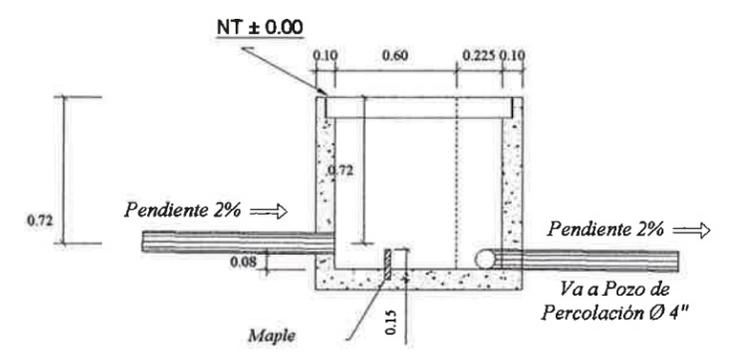
TAPADERA DE POZO DE ABSORCIÓN
ESC. 1:25



DETALLE: TAPA DE INSPECCIÓN
ESC. 1:25



PLANTA: CAJA DE DISTRIBUCIÓN
ESC. 1:25

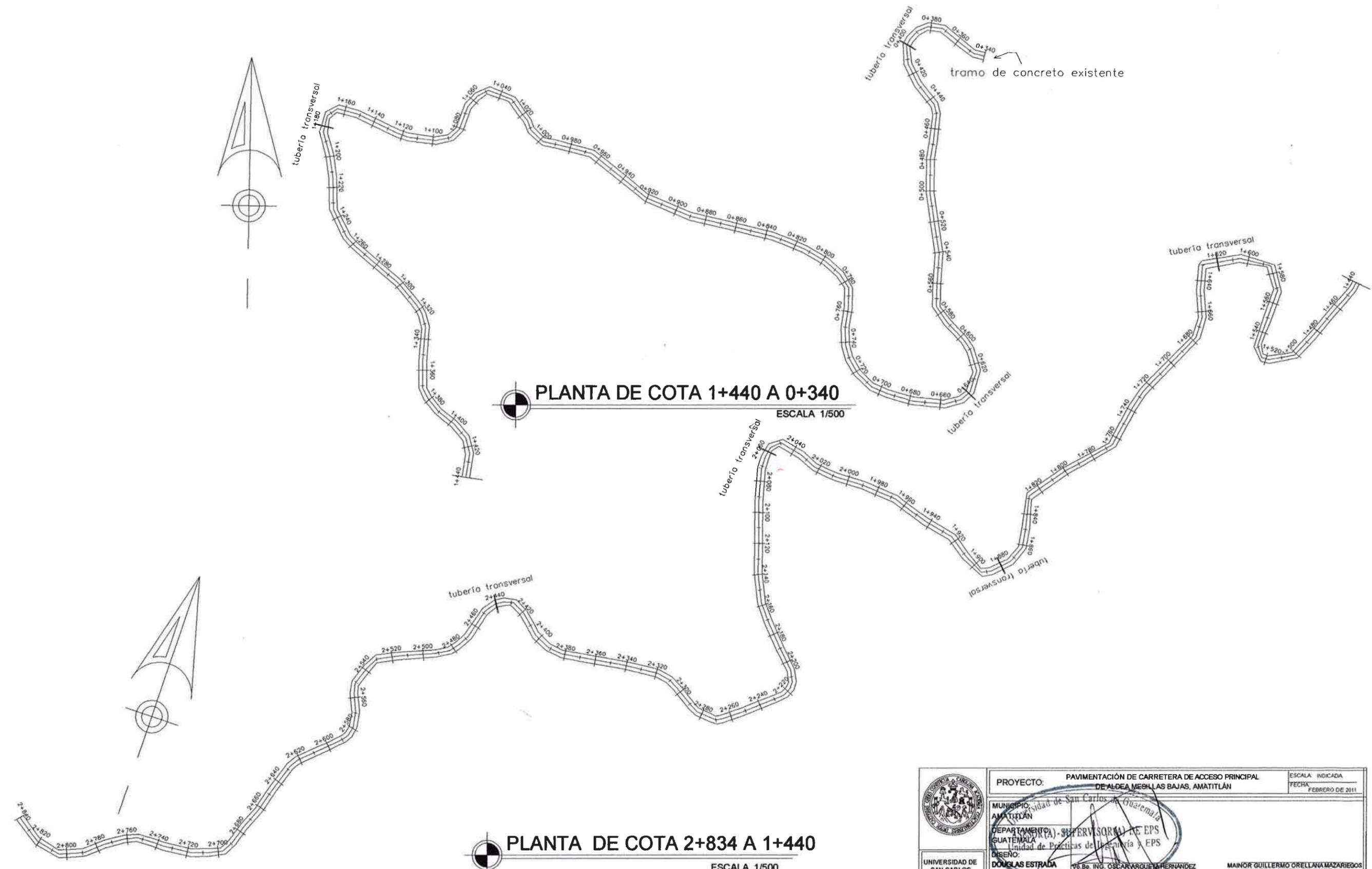


ELEVACIÓN: CAJA DE DISTRIBUCIÓN
ESC. 1:25

ESPECIFICACIONES

- Los pozos de absorción tendrán sus paredes formadas por muros de mampostería con juntas laterales separadas.
- El espacio entre el muro y el terreno natural se rellenará con grava de 2,5 cm. y la losa de techo tendrá una tapa de inspección será cuadrada de 0,9 m cada lado.
- Cuando el efluente de un tanque séptico está conectado directamente a dos o más pozos de absorción, se requerirá instalar caja de distribución de flujo.
- Se instalaran 8 pozos de absorción, la distancia entre ellos será de 6 metros entre sus circunferencias.

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN DEPARTAMENTO: GUATEMALA DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA	Ing. César Argüeta Hernández Supervisor EPS
EPS-USAC INGENIERIA	DOUGLAS ESTRADA INGENIERIA CIVIL	DOUGLAS ESTRADA INGENIERIA CIVIL
PLANO: PLANTA - PERFIL DE POZO DE ABSORCIÓN		9 / 9



PLANTA DE COTA 1+440 A 0+340

ESCALA 1/500

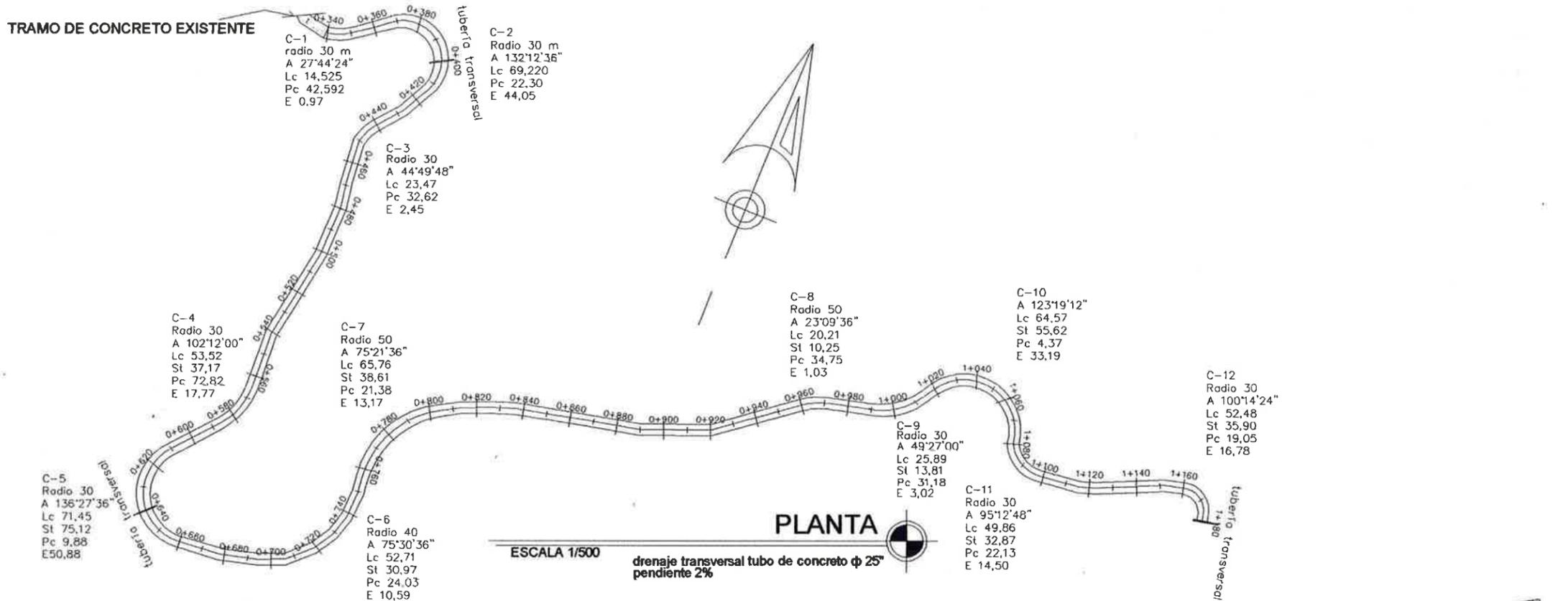


PLANTA DE COTA 2+834 A 1+440

ESCALA 1/500

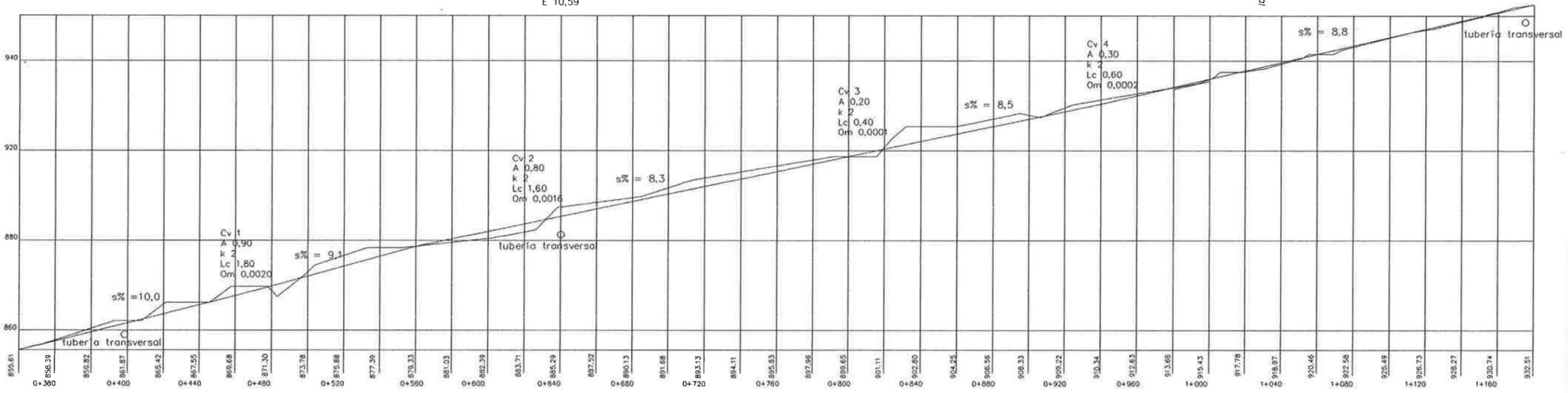
	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE ALDEA MESHLLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: Ciudad de San Carlos de Guatemala AMATITLÁN DEPARTAMENTO: SUPERVISORÍA DE EPS GUATEMALA Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	Vº.Bº. ING. OSCAR ARQUETA HERRANDEZ ASesor - SUPERVISOR EPS MAINOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN
EPS-USAC INGENIERIA	CALCULO: DOUGLAS ESTRADA	DOUGLAS ESTRADA PEREZ INGENIERIA CIVIL
PLANO:		PLANTA
		1 / 7

TRAMO DE CONCRETO EXISTENTE



PLANTA

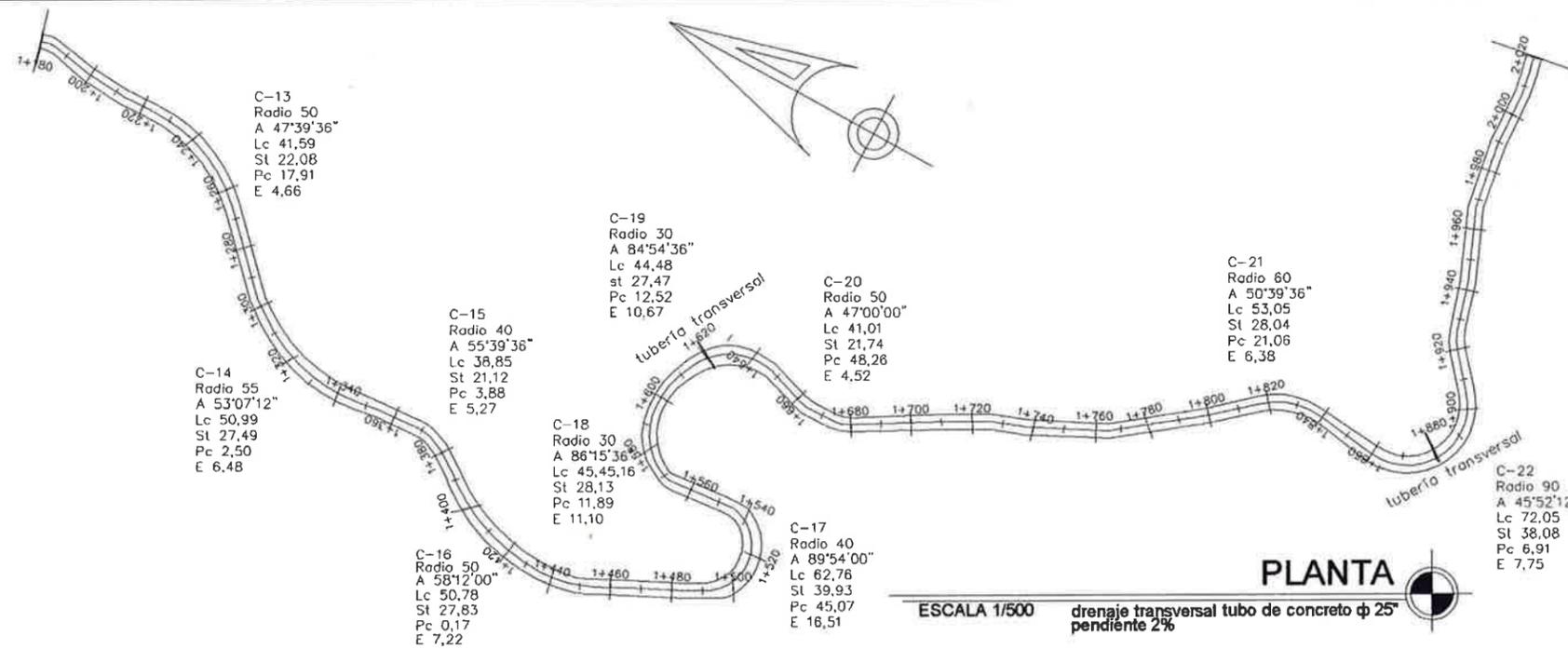
ESCALA 1/500 drenaje transversal tubo de concreto φ 25" pendiente 2%



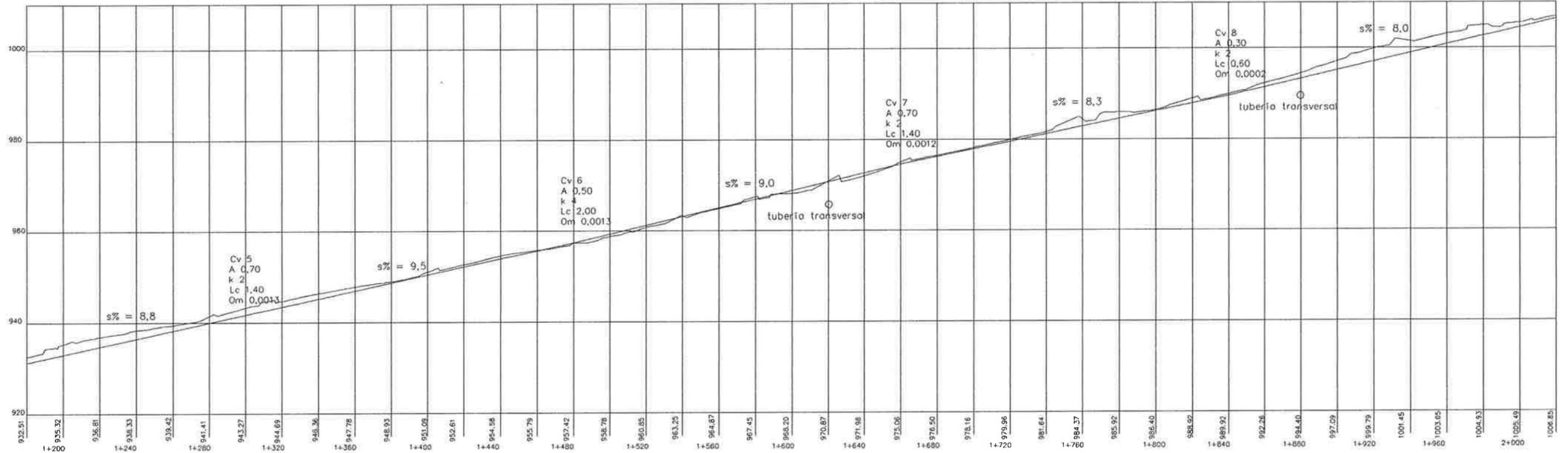
PLANTA - PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/200

INDICADA FEBRERO DE 2011	ESCALA FECHA	PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	PROYECTO:	
		MUNICIPIO: AMATITLÁN	DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
		MAÑOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN	DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
		Vo.Bo. ING. OSCAR ARGÜETA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR		EPS-USAC INGENIERIA
217		PLANTA - PERFIL		PLANO:

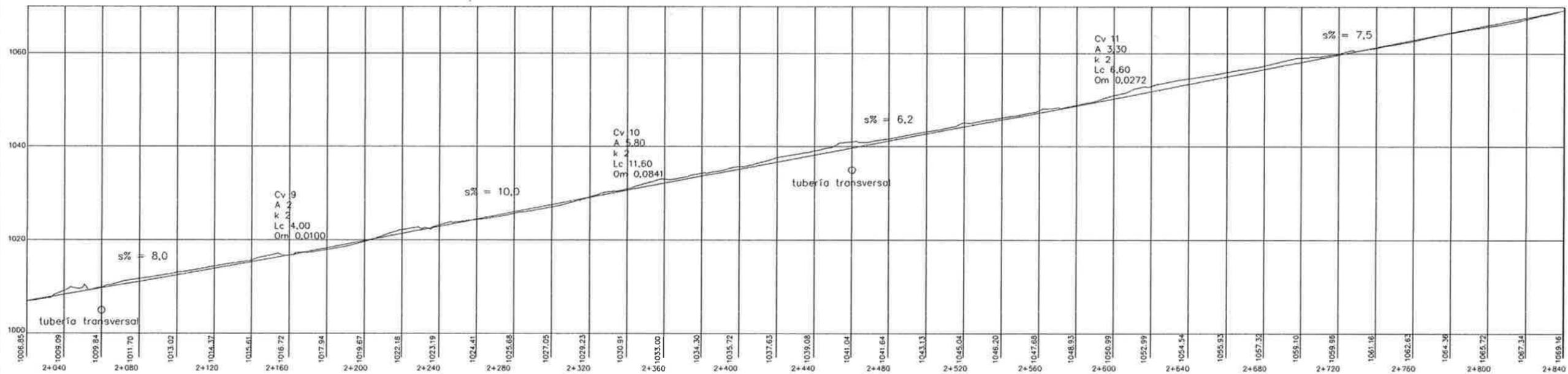
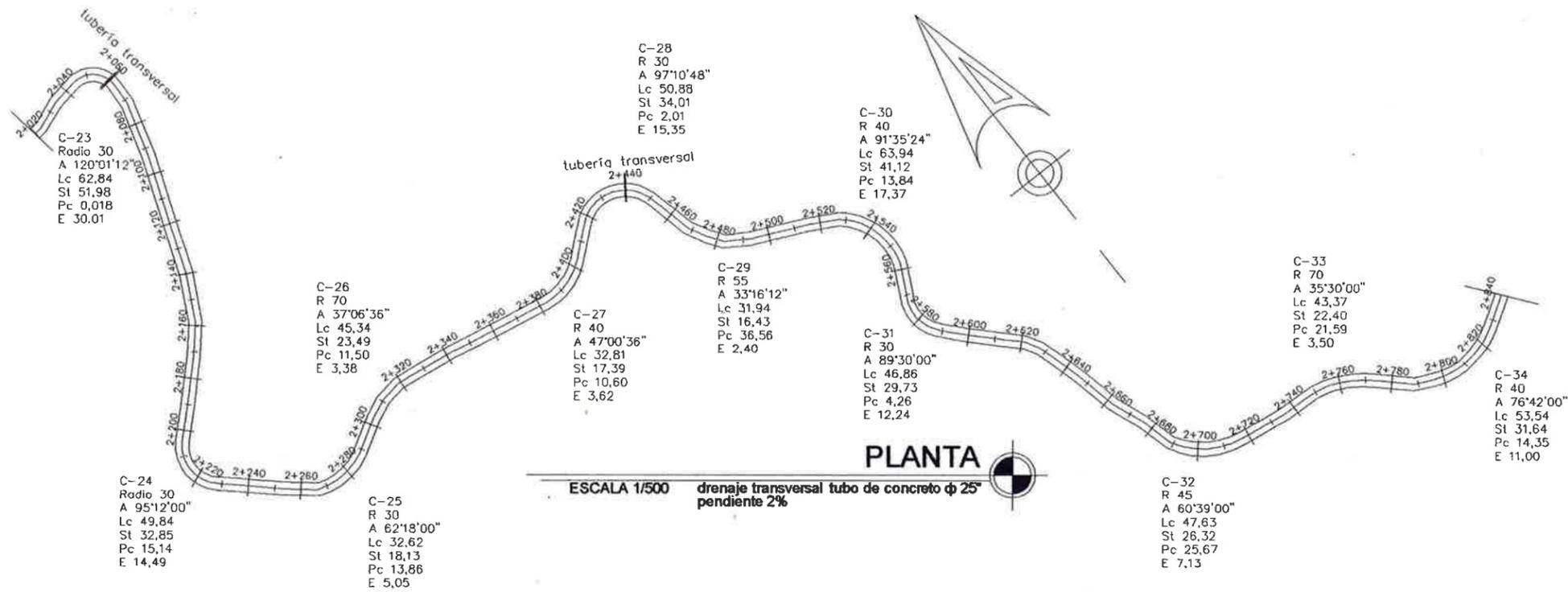


PLANTA
ESCALA 1/500 drenaje transversal tubo de concreto φ 25"
pendiente 2%



PLANTA - PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

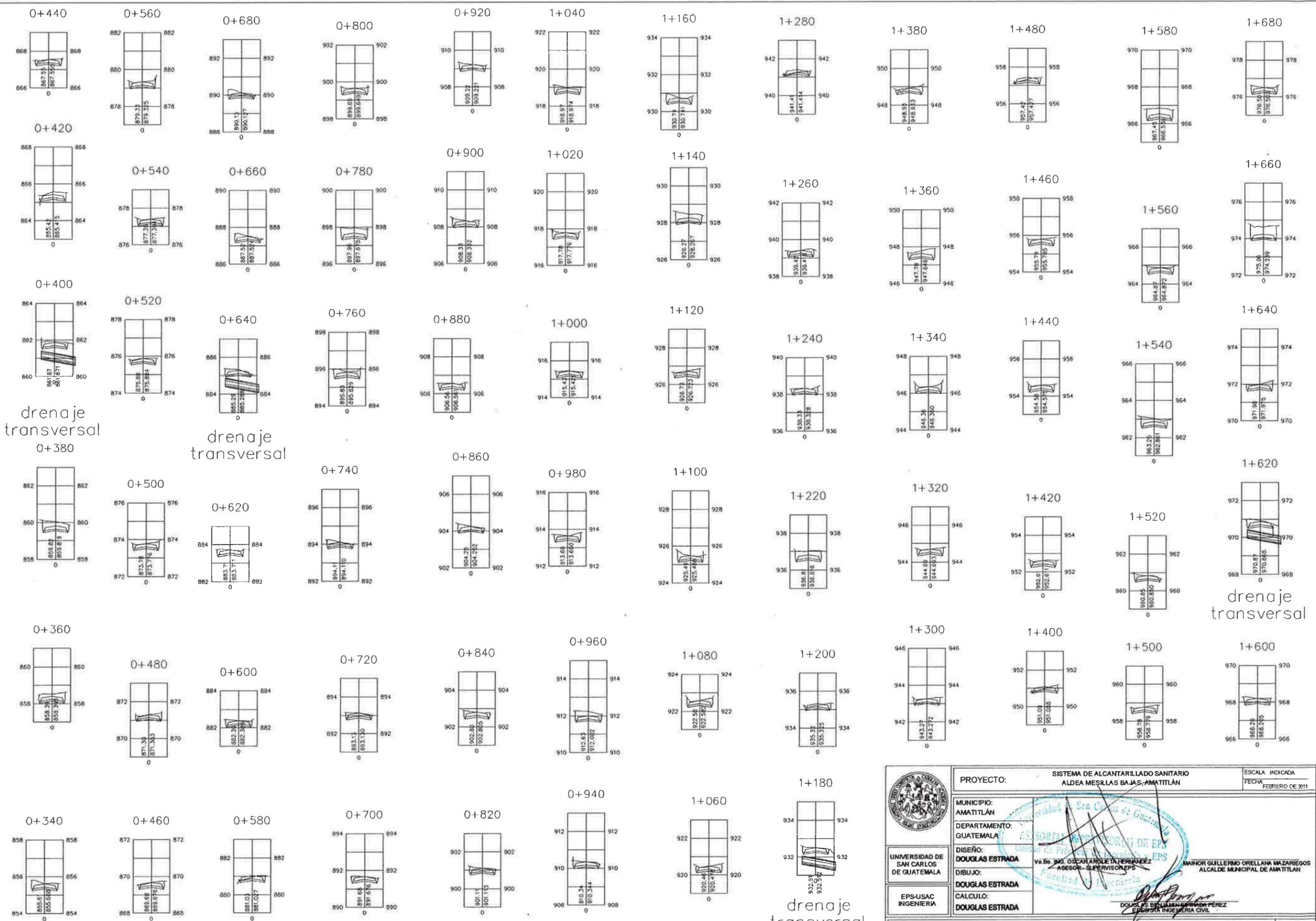
INDICADA FEBRERO DE 2011	ESCALA FECHA	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	MUNICIPIO: AMATITLÁN	DEPARTAMENTO: GUATEMALA	DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
MAJOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN		V.Bo. ING. OSCAR ANSLEY HERNANDEZ ASESOR SUPERVISOR		DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA CALCULO: DOUGLAS ESTRADA		EPS-USAC INGENIERIA
3 / 7		PLANTA - PERFIL			PLANO:	



INDICADA FEBRERO DE 2011	ESCALA FECHA	PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN		PROYECTO:	
				MUNICIPIO: AMATITLÁN	
				DEPARTAMENTO: GUATEMALA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
				DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA	
				DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	EPS-USAC INGENIERIA
				CALCULO: DOUGLAS ESTRADA	
				MANJOR GUILLELMO ORELLANA MAZAREGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN Vo. Bo. ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ ASESOR - SUPERVISOR EPS	PLANO:

417

PLANTA - PERFIL



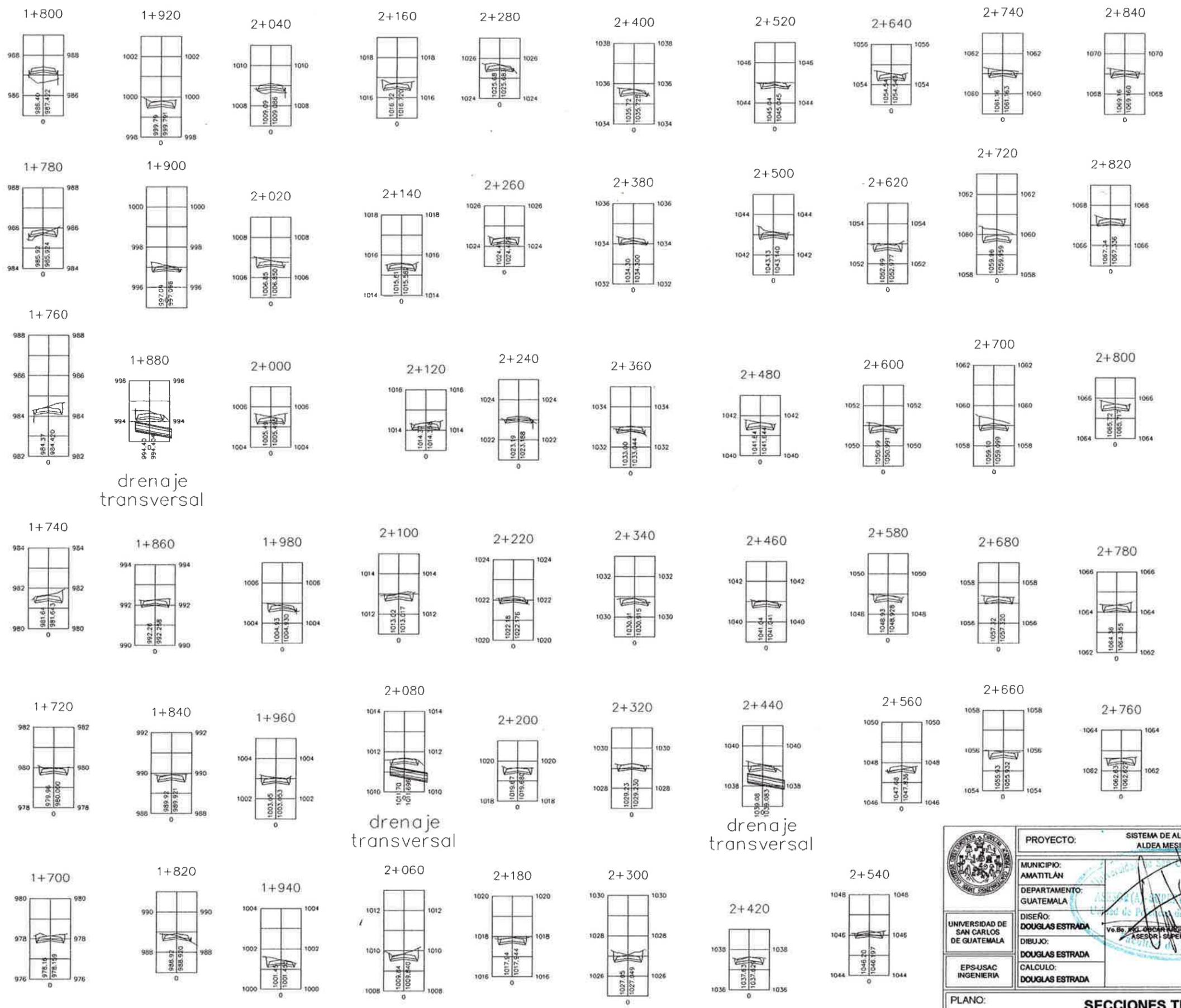
drenaje transversal
0+380

drenaje transversal

drenaje transversal

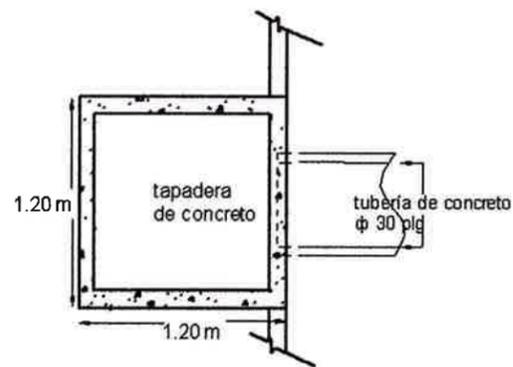
drenaje transversal

	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN		ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO DE 2011
	MUNICIPIO: AMATITLÁN		
DEPARTAMENTO: GUATEMALA			
DISEÑO: DOUGLAS ESTRADA	Vº Bº. ING. OSCAR ARRIOLA TERREZANO ABSORB. SUPERVISOR EPS MANJOR GUILLERMO ORELLANA MAZARIEGOS ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN		
DIBUJO: DOUGLAS ESTRADA	DOUGLAS ESTRADA INGENIERIA CIVIL		
EPS-USAC INGENIERIA	PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES 5 / 7		

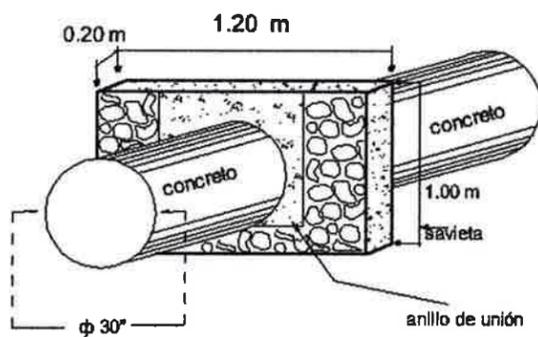


ESTACION	AREA DE LA SECCION	VOLUMEN
0+000	0.000	0.000
0+005	0.000	0.000
0+010	0.000	0.000
0+015	0.000	0.000
0+020	0.000	0.000
0+025	0.000	0.000
0+030	0.000	0.000
0+035	0.000	0.000
0+040	0.000	0.000
0+045	0.000	0.000
0+050	0.000	0.000
0+055	0.000	0.000
0+060	0.000	0.000
0+065	0.000	0.000
0+070	0.000	0.000
0+075	0.000	0.000
0+080	0.000	0.000
0+085	0.000	0.000
0+090	0.000	0.000
0+095	0.000	0.000
0+100	0.000	0.000
0+105	0.000	0.000
0+110	0.000	0.000
0+115	0.000	0.000
0+120	0.000	0.000
0+125	0.000	0.000
0+130	0.000	0.000
0+135	0.000	0.000
0+140	0.000	0.000
0+145	0.000	0.000
0+150	0.000	0.000
0+155	0.000	0.000
0+160	0.000	0.000
0+165	0.000	0.000
0+170	0.000	0.000
0+175	0.000	0.000
0+180	0.000	0.000
0+185	0.000	0.000
0+190	0.000	0.000
0+195	0.000	0.000
0+200	0.000	0.000
0+205	0.000	0.000
0+210	0.000	0.000
0+215	0.000	0.000
0+220	0.000	0.000
0+225	0.000	0.000
0+230	0.000	0.000
0+235	0.000	0.000
0+240	0.000	0.000
0+245	0.000	0.000
0+250	0.000	0.000
0+255	0.000	0.000
0+260	0.000	0.000
0+265	0.000	0.000
0+270	0.000	0.000
0+275	0.000	0.000
0+280	0.000	0.000
0+285	0.000	0.000
0+290	0.000	0.000
0+295	0.000	0.000
0+300	0.000	0.000
0+305	0.000	0.000
0+310	0.000	0.000
0+315	0.000	0.000
0+320	0.000	0.000
0+325	0.000	0.000
0+330	0.000	0.000
0+335	0.000	0.000
0+340	0.000	0.000
0+345	0.000	0.000
0+350	0.000	0.000
0+355	0.000	0.000
0+360	0.000	0.000
0+365	0.000	0.000
0+370	0.000	0.000
0+375	0.000	0.000
0+380	0.000	0.000
0+385	0.000	0.000
0+390	0.000	0.000
0+395	0.000	0.000
0+400	0.000	0.000
0+405	0.000	0.000
0+410	0.000	0.000
0+415	0.000	0.000
0+420	0.000	0.000
0+425	0.000	0.000
0+430	0.000	0.000
0+435	0.000	0.000
0+440	0.000	0.000
0+445	0.000	0.000
0+450	0.000	0.000
0+455	0.000	0.000
0+460	0.000	0.000
0+465	0.000	0.000
0+470	0.000	0.000
0+475	0.000	0.000
0+480	0.000	0.000
0+485	0.000	0.000
0+490	0.000	0.000
0+495	0.000	0.000
0+500	0.000	0.000

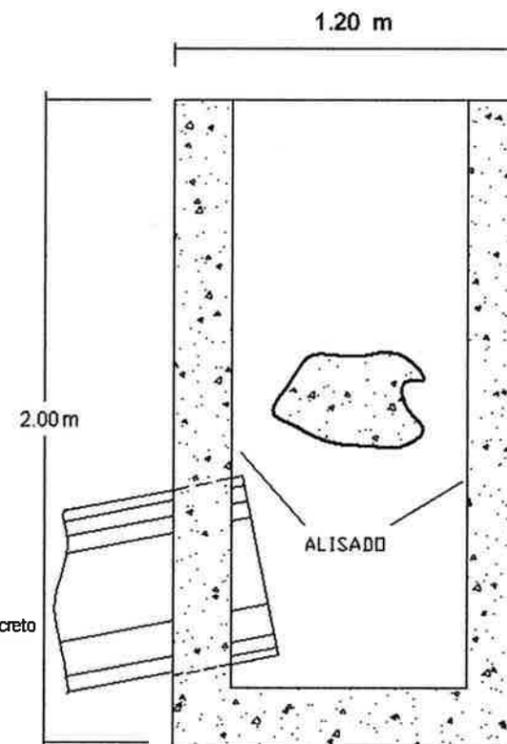
	PROYECTO:	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA MESILLAS BAJAS, AMATITLÁN	ESCALA INDICADA
	MUNICIPIO:	AMATITLÁN	FECHA: FEBRERO DE 2011
	DEPARTAMENTO:	GUATEMALA	
	DISEÑO:	DOUGLAS ESTRADA	
	DIBUJO:	DOUGLAS ESTRADA	
	CALCULO:	DOUGLAS ESTRADA	
	PLANO:	SECCIONES TRANSVERSALES	6 / 7



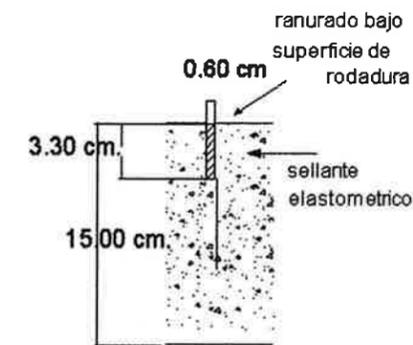
PLANTA DE CAJA DE ALVIO
Sin escala



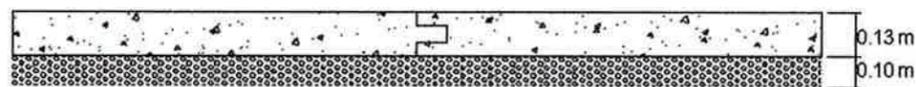
CABEZAL DE JUNTA
Sin escala



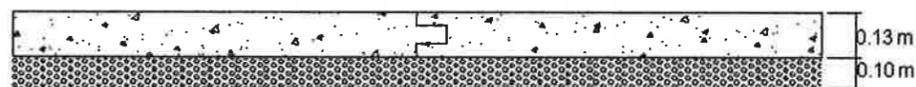
PERFIL DE CAJA
ESCALA 1:100



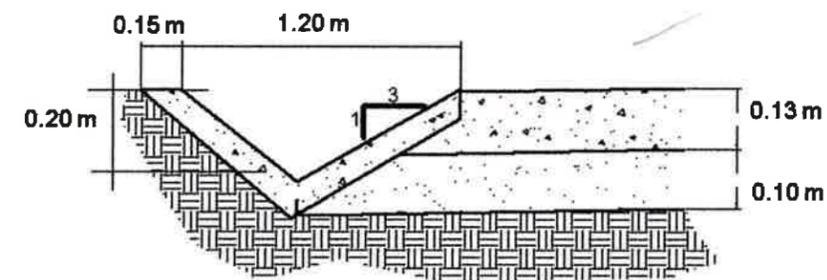
CORTE DE JUNTA
ESCALA 1:2



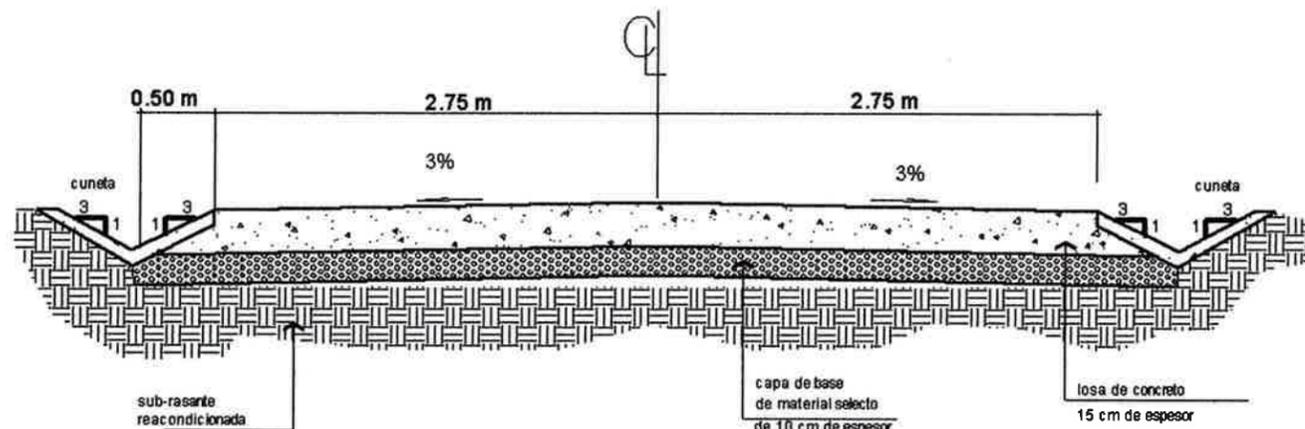
JUNTA LONGITUDINAL @ 2.75 m
ESCALA 1:40



JUNTA TRANSVERSAL @ 3.00 m
ESCALA 1:40



DETALLE DE CUNETETA
SIN ESCALA



SECCIÓN TÍPICA FINAL
ESCALA 1:40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	EPS-USAC INGENIERIA	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA DE ACCESO PRINCIPAL DE ALDEA MESHILLAS BAJAS, AMATITLÁN	BRANCA: INGENIERIA CIVIL TÍTULO: INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
		MUNICIPIO: AMATITLÁN	
		DEPARTAMENTO: GUATEMALA	
		DISEÑO: DOUBLAS BETANDA	
		DRUJO: DOUBLAS BETANDA	
		CALCULO: DOUBLAS BETANDA	
		MANO DE OBRA: MANO DE OBRA LOCAL	
		ALCALDE MUNICIPAL DE AMATITLÁN	
		DOBLE FIRMA: DOUBLAS BETANDA	
		PLANO: DETALLES	717