



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO
EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS,
SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Isidro Giovanni Lemus Fernández

Asesorado por el Ing. Óscar Argueta Hernández

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO
EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS,
SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. ÓSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Óscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO
EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS,
SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de agosto de 2014.


Isidro Giovanni Lemus Fernández



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de septiembre de 2015
Ref.EPS.DOC.635.09.15

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Isidro Giovanni Lemus Fernández** con carné No. **200313283**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, 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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
23 de octubre de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Isidro Giovanni Lemus Fernández, 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 INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,

05 de noviembre de 2015

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director Escuela Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Isidro Giovanni Lemus Fernández, con Carnet No. 2003-13283, 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 ENSEÑADA A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRÁULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 09 de noviembre de 2015

Ref.EPS.D.593.11.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Isidro Giovanni Lemus Fernández, carné 200313283**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



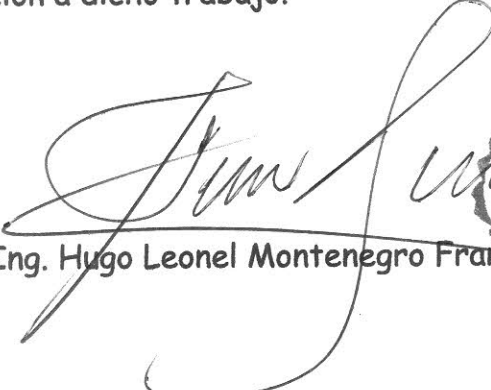
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Isidro Giovanni Lemus Fernández, titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2016.

/mrrm.

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

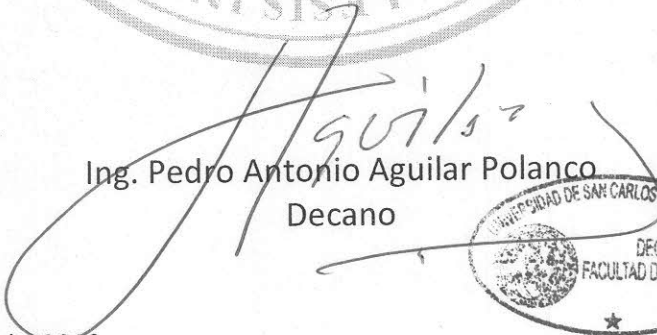




DTG. 018.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASERÍO EL CERRO Y DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Isidro Giovanni Lemus Fernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, enero de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo que me brindó la vida, y la capacidad para alcanzar mis metas.
Mis padres	Isidro Lemus y Marta Julieta López, por su amor, ayuda y apoyo que me han brindado en cada momento de mi vida.
Mi esposa	Vilma del Carmen Rivas, por ser una importante influencia en mi carrera y apoyarme cuando lo necesité.
Mis hijos	Jasmin, Dilan y Valery Lemus, por ser tres ángeles en mi vida y el motor para seguir adelante.
Mi hermano	Marvin Lemus, por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Amigos y compañeros de estudios	A todos sin excepción alguna, por su amistad, ayuda y apoyo durante el tiempo de estudios.
Mi país	Guatemala, que me vio nacer y crecer, que este logro contribuya a engrandecerla aún más.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme una educación de excelente nivel.

Facultad de Ingeniería

Por darme los conocimientos necesarios para ser una persona capaz y desarrollarme profesionalmente.

**Mis amigos de la
Facultad**

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

**Ingeniero Óscar
Argueta Hernández**

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

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa.	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Localización	2
1.1.3. Ubicación geográfica	4
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	5
1.1.9. Población	6
1.1.10. Distribución de viviendas	6
1.1.11. Tipología de viviendas	7
1.1.12. Idioma	8
1.1.13. Aspectos económicos	8
1.1.14. Servicios existentes	8

1.2.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la municipalidad de San Miguel Petapa.....	9
1.2.1.	Descripción de las necesidades	9
1.2.2.	Priorización de las necesidades	9
2.	DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO	11
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío El Cerro, San Miguel Petapa, Guatemala.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Levantamiento topográfico	11
2.1.2.1.	Altimetría	12
2.1.2.2.	Planimetría	13
2.1.3.	Diseño del sistema	13
2.1.4.	Descripción del sistema a utilizar	15
2.1.4.1.	Período de diseño	15
2.1.4.2.	Población de diseño	15
2.1.4.3.	Dotación de agua potable.....	17
2.1.4.4.	Factor de retorno.....	17
2.1.4.5.	Factor de flujo instantáneo	17
2.1.4.6.	Caudal sanitario	18
2.1.4.6.1.	Caudal domiciliar.....	18
2.1.4.6.2.	Caudal de infiltración.....	19
2.1.4.6.3.	Caudal de conexiones ilícitas	20
2.1.4.6.4.	Caudal comercial e industrial.....	21
2.1.4.7.	Factor de caudal medio	22
2.1.4.8.	Caudal de diseño	23

2.1.4.9.	Sección del tipo de tubería	23
2.1.4.10.	Diseño de secciones y pendientes	24
2.1.4.11.	Velocidades máximas y mínimas.....	24
2.1.4.12.	Cotas invert.....	25
2.1.4.13.	Diámetro de tubería	27
2.1.4.14.	Pozos de visita.....	27
2.1.4.15.	Conexiones domiciliarias	29
2.1.4.16.	Profundidad de tubería	30
2.1.5.	Principios hidráulicos	31
2.1.6.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario	31
2.1.7.	Diseño de fosa séptica	35
2.1.8.	Dimensionamiento de pozos de absorción	53
2.1.9.	Planos.....	56
2.1.10.	Presupuesto del proyecto	57
2.1.10.	Evaluación del impacto ambiental	73
2.1.11.	Evaluación socioeconómica.....	76
2.1.11.1.	Valor presente neto	76
2.1.11.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	78
3.	DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN	79
3.1.	Diseño de pavimentación de la calle de acceso a colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, Guatemala	79
3.1.1.	Descripción del proyecto	79
3.1.2.	Estudios topográficos	79
3.1.3.	Levantamiento topográfico	80
3.1.3.1.	Altimetría.....	80
3.1.3.2.	Planimetría.....	80
3.1.4.	Consideraciones de diseño	81

3.1.4.1.	Ubicación y localización del diseño de la calle	81
3.1.4.2.	Alineamiento horizontal	81
3.1.4.3.	Alineamiento vertical	83
3.1.4.4.	Aspectos del camino existente	87
3.1.4.5.	Factores de diseño	88
3.1.5.	Estudio de suelos	92
3.1.6.	Ensayo de laboratorio	93
3.1.6.1.	Ensayo de compactación (proctor modificado).....	93
3.1.6.2.	Ensayo de Valor soporte del suelo (CBR)	94
3.1.6.3.	Límites de Atterberg	96
3.1.6.4.	Granulometría	97
3.1.6.5.	Análisis de resultados	98
3.1.7.	Diseño de pavimento.....	98
3.1.7.1.	Pavimento rígido	99
3.1.7.2.	Componentes estructurales.....	100
3.1.7.3.	Subrasante	100
3.1.7.4.	Subrasante y base	101
3.1.7.5.	Capa de rodadura	101
3.1.7.6.	Bombeo	102
3.1.8.	Parámetros de diseño	102
3.1.8.1.	Período de diseño	102
3.1.8.2.	Diseño de la base.....	103
3.1.8.3.	Diseño de espesor del pavimento	103
3.1.8.4.	Tipos de juntas	113
3.1.9.	Estructura final del pavimento	115
3.1.10.	Diseño de mezcla de concreto	116

3.1.11.	Conformación y curado del pavimento	121
3.1.12.	Elaboración de planos finales	122
3.1.13.	Evaluación de impacto ambiental	123
3.1.14.	Obras de protección	126
3.1.15.	Elaboración de presupuesto	127
CONCLUSIONES		137
RECOMENDACIONES		139
BIBLIOGRAFÍA		141
APÉNDICES		143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de San Miguel Petapa	3
2.	Cotas invert en pozos de visita	25
3.	Pozo de visita.....	28
4.	Esquema de conexiones domiciliarias	29
5.	Profundidad de tubería.....	30
6.	Planta de losa	38
7.	Diagrama de momentos	47
8.	Corte de viga de refuerzo	49
9.	Diagrama de corte de viga	51
10.	Planta de alineamiento horizontal de curva.....	83
11.	Sección de una curva vertical	86
12.	Sección típica.....	99
13.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	109
14.	Esquemas de juntas en un pavimento	114

TABLAS

I.	Parámetros de diseño	31
II.	Sumatoria de momentos	48
III.	Coeficiente de absorción del terreno para pozos	55
IV.	Días de asueto y feriado	57
V.	Días pagados no trabajados	58
VI.	Cálculo de días hábiles	58

VII.	Cálculo de porcentaje	58
VIII.	Unitario de replanteo topográfico	59
IX.	Unitario de excavación.....	60
X.	Unitario de relleno.....	61
XI.	Unitario de instalación de tubería.....	62
XII.	Unitario de conexiones domiciliarias.....	63
XIII.	Unitario de pozos de 1,50 m	64
XIV.	Unitario de pozos de 2,00 m	65
XV.	Unitario de pozos de 2,50 m	66
XVI.	Unitario de pozos de 3,00 m	67
XVII.	Unitario de pozos de 3,50 m	68
XVIII.	Unitario de pozos de 4,00 m	69
XIX.	Unitario de pozos de 4,50 m	70
XX.	Unitario de pozos de 4,70 m	71
XXI.	Presupuesto de sistema de drenaje sanitario	72
XXII.	Matriz de Leopold para sistemas de alcantarillado	75
XXIII.	Valor de constante K.....	85
XXIV.	Curvas verticales	87
XXV.	Valores de resistencia de suelos	89
XXVI.	Tabla de crecimiento anual y período de 20 años	91
XXVII.	Características de los suelos	96
XXVIII.	Clasificación de material según partículas.....	97
XXIX.	Calidad de subrasante en función del CBR	101
XXX.	Elemento estructural.....	107
XXXI.	Categoría de tráfico en función de cargas por eje	108
XXXII.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K	110
XXXIII.	Módulo de reacción K método PCA.....	110
XXXIV.	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA).....	110
XXXV.	Valores de K para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)	111

XXXVI.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimento con juntas doveladas.....	111
XXXVII.	TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos con juntas con agregados de trave.....	112
XXXVIII.	Asentamiento según estructura.....	118
XXXIX.	Relación agua – asentamiento.....	118
XL.	Relación agua cemento.....	119
XLI.	Porcentaje de agregado fino	120
XLII.	Matriz de Leopold de impacto ambiental de pavimentación.....	125
XLIII.	Integración de unitarios de replanteo topográfico	128
XLIV.	Integración de unitarios de corte de cajuela.....	129
XLV.	Tratamiento de la subrasante.....	130
XLVI.	Integración de unitarios de base granular de 15 cm	131
XLVII.	Integración de unitarios de carpeta de rodadura de 20 cm	132
XLVIII.	Integración de unitarios de bordillo	133
XLIX.	Integración de unitarios de limpieza.....	134
L.	Presupuesto de diseño de pavimento	135

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura entre cauce
A	Área
Az	Azimut
cm	Centímetro
n	Coeficiente de rugosidad
Cm	Cuerda máxima
D	Diámetro hidráulico
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura).
S	Espaciamiento entre juntas
E	External
F	Factor de fricción
G	Grado de curvatura en curva horizontal
Hop	Humedad óptima
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
Km	Kilómetro
Kg/cm ²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
Kg/cm ³	Kilogramo sobre centímetro cúbico
Kg/m ³	Kilogramo sobre metro cúbico
Lb	Libra
Lb/pie ³	Libra sobre pie cúbico
ML	Ligera plástica de un suelo

LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
L	Longitud de cauce
LC	Longitud de curva horizontal
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
mm/h	Milímetro por hora
Min	Minutos
K	Módulo de reacción de subrasante
Mr	Módulo de ruptura del concreto
US\$	Moneda dólar de Estados Unidos de América
Q	Moneda quetzal de Guatemala
π	Número Pi, 3,1416
S%	Pendiente en porcentaje
PNH	Peso neto húmedo
PNS	Peso neto seco
PUH	Peso unitario húmedo
PUS	Peso unitario seco
Pie³	Pie cúbico
%	Porcentaje
H%	Porcentaje de humedad
P.O.	Punto observado
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PI	Punto de intersección

PIV	Punto de intersección vertical
R	Radio en curva horizontal
F'c	Resistencia a la compresión del concreto
F'y	Resistencia nominal del acero
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	American Association of Highways and Transportation Officials (Asociación Americana de Carreteras y Funcionarios de Transporte).
Abrasión	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.
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 4,75 y 19,10 mm. Normalmente es llamado pedrín o grava.
Aguas negras	El agua se desecha, después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.

Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la presentación de las alturas de los puntos de un terreno.
Anaeróbicos	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Arcilla 1	Partículas de suelo de diámetro menor de 0,002 mm.
Arcilla 2	Tipo de suelo impermeable plástico.
Arena	Partículas de suelo de diámetro entre 0,074 y 4,76 mm.
Asentamiento	Es el descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la subbase.
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	Ruta Centroamericana.
Caja de registro	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).
CBR	Por sus iniciales California Bearing Ratio, ensayo de laboratorio utilizado para determinar la resistencia de corte de un suelo en condiciones de compactación y humedad.
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir que reacciona y fragua con agua, utilizada en el concreto y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
Cocode	Consejo comunitario de desarrollo.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
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.
Concreto	Mezcla de materiales inertes, cemento y agua.
Cota invert	Cota de la parte inferior de una tubería.

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.
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.
Densidad	Relación entre la masa de un material y el volumen.
Desfogar	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
DGC	Dirección Generales de Caminos.
Escala	Proporción entre la realidad y lo representado en un dibujo o relieve.
Estabilización de suelo	Método utilizado para mejorar las características mecánicas de un suelo.
Fraguado del concreto	Es el cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.

Fundición	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	Portland Cement Association (Asociación de Cemento Portland).

Superficie de rodadura

Capa que se construye sobre la base o subbase 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 (EPS) tiene como principal objetivo identificar y dar solución de las necesidades que se presentan en las comunidades que conforma el municipio de San Miguel Petapa.

El trabajo de graduación se divide en tres partes, en la primera parte se basa en el estudio y análisis general del municipio de San Miguel Petapa, en esta se hace la descripción del municipio sobre sus actividades, como: localización, aspectos topográficos, vías de acceso, clima, colindancias, población, idioma, aspectos económicos y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos que necesita el municipio.

La segunda parte comprende el estudio técnico del diseño del sistema de alcantarillado sanitario del municipio de San Miguel Petapa, donde se describen los conceptos y detallado de los cálculos y fórmulas que conlleva el diseño del proyecto a diseñar.

La tercera parte, consta del diseño de las calles de la colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, donde se describen los conceptos y detallado de los cálculos y fórmulas para el diseño y planos.

Para el diseño del drenaje y diseño de las calles se realizaron levantamientos topográficos, estudio de suelo y su respectiva visita al lugar, el pavimento fue diseñado con el método simplificado de la PCA, además de basarse en Normas AASHTO y RGC-2001.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de drenaje sanitario en el caserío El Cerro y diseño de calles en la colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, Guatemala.

Específicos

1. Realizar los proyectos basados en normas y especificaciones para el adecuado funcionamiento.
2. Realizar la investigación necesaria para el diagnóstico de los problemas que afectan el municipio.
3. Desarrollar los planos, presupuestos, cronogramas de los proyectos y que sean factibles, para que se puedan ejecutar.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de San Miguel Petapa, se procedió a realizar un diagnóstico de las principales necesidades del pueblo, clasificando la prioridad sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura. Mediante la realización del ejercicio profesional supervisado que permite al estudiante conocer las necesidades reales que se presentan en las comunidades, de tal forma que se puedan relacionar los conocimientos teóricos adquiridos durante la carrera para ponerlos en práctica.

La necesidad de drenar el agua residual de origen doméstico es de suma importancia, ya que la población va aumentando con el transcurso del tiempo y es necesario la implementación de obras de alcantarillado, para dirigir las hacia una planta de tratamiento donde se realizará el respectivo tratamiento de las aguas negras y evitar así la contaminación de ríos, lagos y que finalmente lleguen hacia el mar, esto con la finalidad de no alterar el ecosistema, y evitar contaminar las aguas subterráneas y los pozos que se encuentren cerca.

La necesidad de vías de acceso hacia las poblaciones vecinas, son de suma importancia para poder desarrollarse tanto social como económicamente, por esto es la necesidad de habilitar las calles que se encuentran en pésimas condiciones para poder tener vías de acceso y así agilizar el paso vehicular de manera rápida eficiente y segura.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa.¹

San Miguel Petapa posee recursos naturales que pueden ser explotados para el beneficio socioeconómico del municipio.

1.1.1. Aspectos generales

San Miguel Petapa estaba originalmente compuesto por una población indígena de descendencia Pokomam, situación que se ve reflejada en su nombre, que significa lugar de esteras o petates según Edmundo Gracias.

Tomas Gage lo señala como una palabra compuesta de *pet* que significa estera y *thap* que quiere decir agua, surgiendo el nombre de estera de agua o cama de agua. Según Francisco Rubio es una palabra de origen nahualt, que significa lugar de esteras y petates, coincidiendo con el primero.

Pese al movimiento en el siglo XVIII a su actual ubicación, las reliquias religiosas de la Iglesia Católica Romana fueron trasladadas, incluyendo la imagen del "Señor Sepultado" que tiene cinco siglos de existencia, lo cual llena de orgullo a la población católica.

San Miguel Petapa tiene dos días festivos, uno en conmemoración a la Virgen del Rosario, y otro dedicado al Arcángel Miguel.

¹ Datos proporcionados por la Oficina de Planificación Municipal, Municipalidad de San Miguel Petapa.

Una tradición entre los ladinos (mestizos) del municipio, es la Danza de las Flores, que es una danza en donde todos los participantes dan vueltas alrededor, mientras música y versos son recitados. Esta tradición inició en la antigua capital española de Santiago de Guatemala (Antigua Guatemala en los tiempos presentes) de donde se extendió a las poblaciones cercanas. Años después esta tradición fue tomada por la ciudad capital, la Nueva Guatemala de la Asunción. Hoy en día, esta danza folklórica se realiza en otros municipios del departamento de Guatemala; tales como San Raymundo, Mixco, San Juan Sacatepéquez y Villa Nueva.

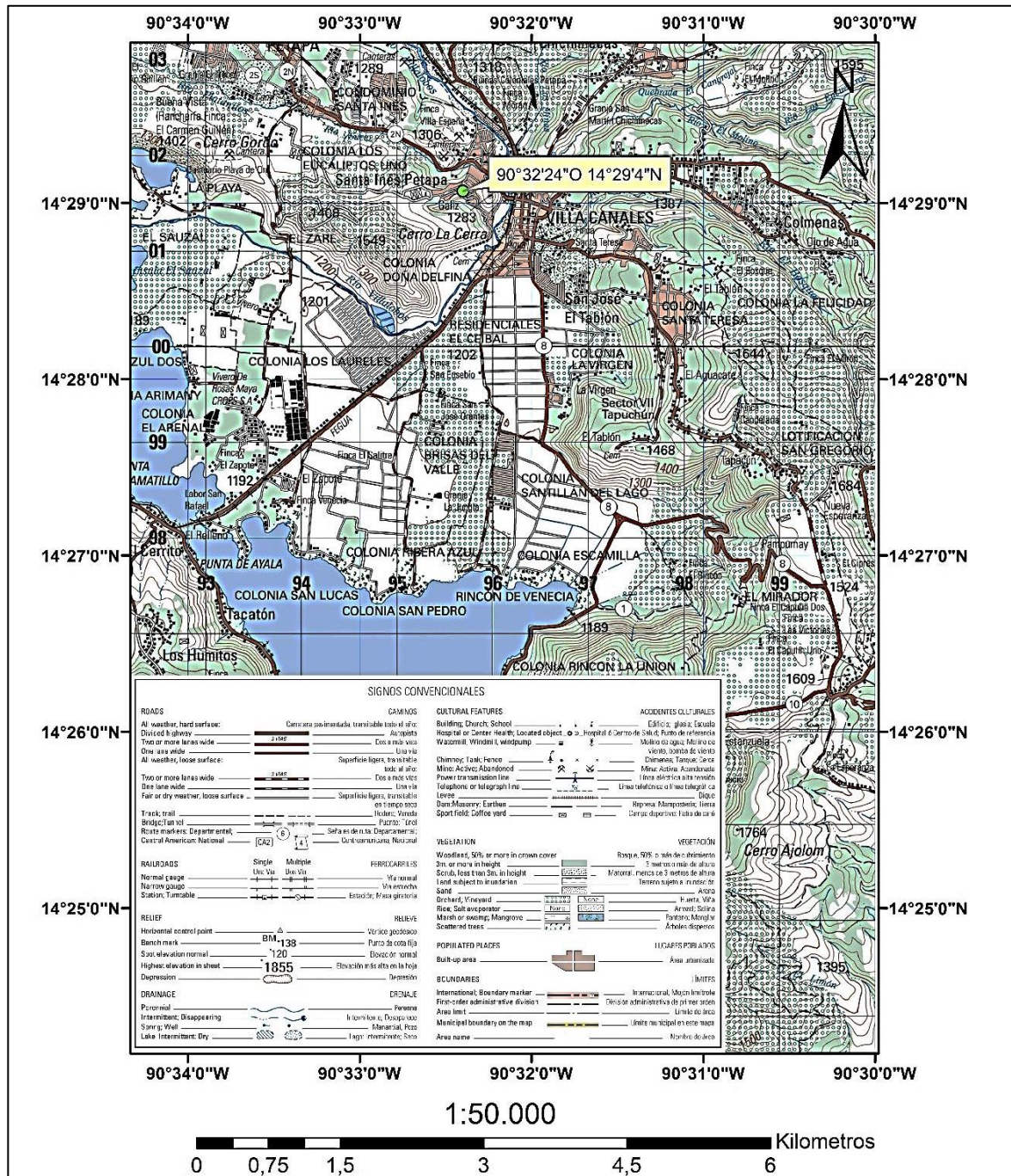
1.1.2. Localización

El municipio de San Miguel Petapa se localiza en la latitud 14° 30' 06" sur y en la longitud 90° 33' 37" oeste.

El proyecto de drenaje en El Cerro se localiza en la latitud 14° 29' 04" norte y en la longitud 90° 32' 24" oeste.

El proyecto de calles en Los Álamos se localiza en la latitud 14° 30' 51" norte y en la longitud 90° 32' 28" oeste.

Figura 1. Localización del municipio de San Miguel Petapa



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Amatitlán, Guatemala 2059 II E754.

1.1.3. Ubicación geográfica

San Miguel Petapa es el municipio 17 del departamento de Guatemala, se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o región metropolitana. Se encuentra a una distancia de 20 kilómetros de la cabecera departamental. Cuenta con una extensión territorial de 30 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 285 metros sobre el nivel del mar.

1.1.4. Aspectos topográficos

El municipio de San Miguel Petapa está situado a 1 282 m de altura sobre el nivel de mar, muestra una topografía irregular en un 65 % de su extensión. El terreno plano, que lo constituye un 35 %, se ubica al este del municipio. La cabecera municipal está asentada en un terreno sinuoso, que inicia en la bifurcación de la ruta asphaltada CA-1 y termina con un nivel demasiado pronunciado. Posee una topografía muy diversa que unida a una orografía, dispersa pero muy estética por su conformación boscosa hacen del municipio un lugar muy atractivo. Tiene bosques todavía abundantes, manejados de manera técnica por el Departamento de Bosques de la Municipalidad.

1.1.5. Vías de acceso

La cabecera municipal está a una distancia de veintidós kilómetros de la ciudad capital, esta comunicado mediante tres accesos, uno de ellos por medio de la carretera interoceánica CA-9 al sur pasando por el municipio de Villa Nueva, el segundo acceso por la carretera interdepartamental que parte del Obelisco, hasta llegar al municipio de Villa Canales y de este hacia San Miguel Petapa, que dista a cuatro kilómetros al noreste y el tercer acceso, que inicia

desde El Trébol hasta el parque de San Miguel Petapa, siendo esta la razón por la cual a esta avenida se le dio el nombre de avenida Petapa.

1.1.6. Clima

El municipio de San Miguel Petapa tiene un clima templado, con:

- Temperatura de 20,00 grados centígrados promedio anual
- Humedad de 77,60 % promedio anual
- Lluvia de 2 567,00 mm promedio anual
- Viento de 10,92 km/hr promedio anual
- Evaporación 4,20 mm promedio anual
- Nubosidad 6,00 octas promedio anual
- Radiación 0,40 cal/med promedio anual

1.1.7. Colindancias

Limita al norte con el municipio de Villa Nueva (Guatemala); al sur con el Lago de Amatitlán (Guatemala); al este con el municipio de Villa Canales (Guatemala); y al oeste con el municipio de Villa Nueva (Guatemala).

1.1.8. Demografía

La densidad poblacional corresponde a 2 578 habitantes por kilómetro cuadrado, todo el municipio es poblado, pero la mayor concentración se encuentra en la cabecera municipal y en Villa Hermosa.

La proporción de la población que vive en pobreza extrema es mínimo (0,79 %); la pobreza general es del 12 %, lo que significa que de

acuerdo a los compromisos de Estado contenidos en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) ya se alcanzó la meta municipal que es de 3,4 % relacionado con la pobreza extrema.

Otro aspecto de la población son los flujos migratorios y que según los resultados de talleres de Análisis del Sistema en Lugares Poblados y Mapeo Participativo, se determina que la mayoría de la población de las diferentes áreas del municipio migra hacia la ciudad capital en forma constante, por necesidades de trabajo. La mayoría de la población también migra hacia la cabecera municipal por motivos laborales y de comercio.

1.1.9. Población

De acuerdo al Censo Poblacional del INE en el 2002 y tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional se proyecta que para el 2014 sumará una cantidad de 169 054 habitantes.

1.1.10. Distribución de viviendas

Aldea:

- Santa Inés Petapa (zona 04)

Caseríos:

- Galiz (zona 04)
- Callejón Galiz (zona 04)
- El Cerro (zona 04)
- El Encinal (zona 04)
- El Frutal (zona 07)

Colonias:

- Exclusivas Villas de Petapa (zona 01)
- Villas de Petapa (zona 01)
- Villas Alborada 1, 2,3 y 4 (zona 01)
- El Deseo (zona 01)
- El Centenario (zona 01)
- Israel (zona 02)
- Santa Teresita 5 (zona 02)
- Portal de Santa Inés (zona 04)
- Semillas de Paz (zona 04)
- Los Álamos (zona 06)
- Aguilar Hernández (zona 07)
- Villa Hermosa (zona 07)
- Prados de Villa Hermosa (zona 07)
- Brisas de Gerona 1, 2 y 3 (zona 08)
- San Antonio (zona 09)
- El Bosque (zona 09)
- Cendist (zona 09)
- Santa Teresita 4 (zona 09)

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, electromalla o lámina de zinc.

En el área rural en caseríos. El tipo de construcción es más precario: las paredes pueden ser de *block*, ladrillo o madera, piso de cemento, techo de lámina de zinc y en menor grado terraza de concreto fundido.

1.1.12. Idioma

La lengua predominante es el español o castellano, antiguamente se hablaba pocomán y pocomchí.

1.1.13. Aspectos económicos

San Miguel Petapa es predominante agrícola, siendo los cultivos que más se cultivan: el café, tomate, banano, lechuga, maíz, frijol y caña de azúcar, aunque en la actualidad por el desplazamiento urbano se está formando en una zona industrial.

1.1.14. Servicios existentes

Cuenta con los servicios básicos más importantes: energía eléctrica, agua potable, correos, telefonía, servicios de taxi, buses urbanos, y extraurbanos, colegios, escuelas, institutos de segunda enseñanza, canchas polideportivas, estadio, estación de bomberos, mercados, pensiones, restaurantes, centros comerciales, hospitales privados, clínicas médicas particulares, centros de salud, cementerio, bancos estatales, privados, y varios edificios municipales, Comisaria de la Policía Nacional Civil (PNC), Policía Municipal (PM), Policía Municipal de Tránsito (PMT), Sede del Ministerio Público, Centro de Justicia, Juzgado de Familia, y varias iglesias católicas y templos evangélicos.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la municipalidad de San Miguel Petapa

El municipio de San Miguel Petapa padece una serie de necesidades para continuar con su desarrollo tanto de servicios básicos como de infraestructura.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Los proyectos que necesita el municipio de San Miguel Petapa son: diseño de drenaje sanitario, pluvial y pavimentación en colonia Brisas de Gerona, pavimentación de calles en colonia Los Álamos, drenaje sanitario y pavimentación en caserío El Cerro, pavimentación en finca Carmen Guillén, implementación drenaje sanitario en Playa de Oro.

1.2.2. Priorización de las necesidades

Para la priorización de las necesidades, se tomaron en cuenta las observaciones y criterios del director del Departamento Municipal de Planificación, el alcalde y el comité del caserío El Cerro y colonia Los Álamos. De los proyectos anteriormente mencionados se tomaron los de mayor importancia, que es el diseño del drenaje sanitario y pavimentación de las calles, pues con la pavimentación de las calles viene a beneficiar a los vecinos de la zona, dando el paso al desarrollo, y agilizando el tránsito vehicular. Además, el drenaje viene a favorecer las necesidades de la población para minimizar las enfermedades gastrointestinales, que se producen por la contaminación de ríos, lagos y aguas subterráneas.

2. DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío El Cerro, San Miguel Petapa, Guatemala

Se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario en el caserío El Cerro para desfogar las aguas residuales de los habitantes de este caserío.

2.1.1. Descripción del proyecto

Consiste en el diseño del drenaje sanitario colector principal de 2 074 metros, y 75 pozos de visita, el diseño se realizó de acuerdo a las especificaciones del Infom-Unepar, la tubería a utilizar será PVC de diámetro de 6 y 8" Norma ASTM 3034. El diseño se realizó por sistema de gravedad, para ello se tomó 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 realizar 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 tecnológicos, con instrumentos y dispositivos que favorecen la precisión, rapidez, que han superado los sistemas tradicionales de medición, para lograr estos avances han combinado las técnicas más avanzadas en óptica y electrónica, para realizar los trabajos de campo en forma rápida y precisa (distanciómetros, estación total,

niveles electrónicos, niveles con rayo láser y GPS). Lo que ha permitido la mejora de las técnicas de elaboración de planos (programas de AutoCAD, AutoCAD civil 3D, Land Desktop, entre otros).

El levantamiento topográfico se realizó con estación total marca Topcon, el levantamiento consistió en una poligonal abierta para situar la línea central, radiando para tomar las cotas de todas las 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 (coordenadas "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.

En este trabajo se realizó la nivelación usando una estación total marca Topcon mediante el método taquimétrico, como cota de salida se fijó una arbitraria, entera de 1 000 metros para no tener cotas negativas.

La libreta de campo obtenida en el levantamiento se descarga a una PC y se convierte en formato csv (delimitado por comas), para después importar los puntos en el programa AutoCAD civil 3D 2012.

Es de importancia este método, para encontrar las diferentes elevaciones de los puntos del terreno y con ello poder calcular la pendiente del terreno, que es primordial para el diseño del drenaje sanitario.

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 sus distancias horizontal. Si los puntos están a diferente elevación, su distancia es la longitud horizontal.

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 Topcon aplicando el método de deflexiones.

Se utiliza el método ya que es de suma importancia conocer la distancia de los diferentes puntos horizontales para definir los parámetros de diseño.

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.

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 de bombeo se diseñarán los colectores como sistemas por gravedad, con conductos parcialmente llenos hasta la fosa de succión del equipo de bombeo se diseñará como conducto a presión.

- 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 está 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 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 grandes 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.

2.1.4. Descripción del sistema a utilizar

Se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Cerro, ya que no cuenta con ningún sistema de drenaje posterior a este. Las calles de este caserío son de terracería, los caudales pluviales de techos y otras superficies, no serán incluidos en el sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.4.1. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante el período de 20 a 30 años, a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

Para el diseño de este proyecto se optó un período de 25 años, durante el cual, la obra dará servicio satisfactorio para la población de diseño. Para fijarlo se tomó en cuenta la vida útil de los materiales, costo y tasas de interés, comportamiento de la obra en sus primeros años y posibilidades de ampliación, además un lapso de tiempo para buscar el financiamiento económico con entidades privadas o municipales para la aprobación y ejecución del proyecto.

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

El crecimiento poblacional en el medio rural guatemalteco es el geométrico, cuando no se cuentan con datos estadísticos, no es posible emplear la ecuación del crecimiento geométrico. Es necesario entonces recurrir al número de viviendas y al número promedio de habitantes por vivienda, el número de habitantes por vivienda puede tomarse de 5 a 7.

Se utilizó el método de incremento geométrico ya que para esta población según sus costumbres y tradiciones tiene un crecimiento exponencial. La tasa de crecimiento que se tomó es 3.92 % aplicable al municipio de San Miguel Petapa. 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)

Del pozo de visita 3 al pozo de visita 4

$$Pf=60*\left(1+\frac{3.92}{100}\right)^{25} = 156,90 \cong 157 \text{ hab.}$$

Población futura es de 157 habitantes

2.1.4.3. Dotación de agua potable

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 %.

Para este diseño se adoptará un promedio de estos valores 85 %, ya que está en función de las costumbres y necesidades de los habitantes.

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

$$FHf = \frac{18 + \sqrt{157/1\,000}}{4 + \sqrt{157/1\,000}} = 4,1545$$

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, utilizando 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.

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

- Caudal máximo de origen doméstico
- 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.

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,2316 + 0,042 + 0,02316 = 0,29687 \text{ lt/seg.}$$

2.1.4.6.1. Caudal domiciliar

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

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{dom} = \frac{Núm. \text{ Habitantes} * Dotacion * F. R}{86\ 400}$$

Dónde:

Núm. habitantes= número de habitantes

Dotación= dotación (lts/hab/día)

F.R.= factor de retorno

Q_{dom} = caudal domiciliar (lts/seg)

$$Q_{dom.} = \frac{157 \text{ hab.} * 150 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} / \text{día} * 0,85}{86\ 400 \text{ seg}} = 0,2316 \text{ lt/seg}$$

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 debidas a temblores de tierra.

Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático:

- Tuberías de cemento: $q_i = 0,025 * \text{diámetro en pulgadas}$
- Tuberías de PVC: $q_i = 0,01 * \text{diámetro en pulgadas}$

Para tuberías que quedaran bajo el nivel freático

- Tuberías de cemento: $q_i = 0,15 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
- Tuberías de PVC: $q_i = 0,02 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$

$$Q_{inf.} = \frac{16\,000 \left(\frac{37+32+6}{1\,000} \right)}{86\,400} = 0,042 \text{ lt/seg}$$

2.1.4.6.3. Caudal de conexiones ilícitas

Deben considerarse los aportes de aguas de lluvia al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejado 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 evaluación de aguas lluvias, deben considerarse aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario a la red sanitaria.

- Se calculó por el método racional.

$$Q_{conexionesilicidas} = \frac{CIA}{360} = \frac{CI(A\%) \times 100}{360}$$

Donde:

Q = caudal (m^3/seg)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/hora)

A = área que es factible de conectar (Has)

- La Municipalidad de Guatemala dice, que al caudal de diseño se le debe agregar 100 lts/hab/día. Debido a posibles conexiones ilícitas.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = (100\text{lts/hab/día}) + \text{caudal de diseño}$$

- Textos y publicaciones dados en clase toman el criterio de 150 lts/hab/día. Ya que:

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = (150\text{lts/hab/día}) \times \text{caudal de diseño}$$

- Según Unepar-Infom, le suman un 10 a 15 % al caudal cloacal.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = \text{caudal cloacal} + 15 \%$$

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = 0,2316 \times 0,10 \% = 0,02316 \text{ lt/seg.}$$

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 residuales industriales Q_i deben ser determinados para cada caso en particular, con base en consumos industriales y estimativos de ampliación 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 Q_c 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.

Puede estimarse entre 600 a 3 000 lts/comercio/día

$$Q_{dom} = \frac{Núm. comercios \times dot.}{86\,400}$$

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal comercial ni industrial ya que no existen comercios.

2.1.4.7. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se considera como la suma de los caudales domésticos, de infiltración, por conexiones ilícitas, 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:

$$fQ_{medio} = \frac{Q_{medio}}{Núm. hab}$$

$$0,002 \leq fQ_{medio} \leq 0,005$$

$$fQ_{medio} = \frac{0,29687}{157} = 0,00189 \text{ se usa } 0,002$$

2.1.4.8. Caudal de diseño

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

- Caudal máximo de origen doméstico.
- Caudal de infiltración.
- Caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techo 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.

$$Q_{\text{diseño}} = \text{Núm. Hab.} \cdot f_{\text{Qm}} \cdot FH$$

$$Q_{\text{diseño}} = 157 \cdot 0,002 \cdot 4,1545 = 1,3045 \text{ lt/seg}$$

2.1.4.9. Sección 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, entre otros, lo cual permite a iguales condiciones de pendiente diámetro, transportar un mayor gasto que las tubería sucedáneas.

Tomando en cuenta las ventajas que ofrece la tubería PVC en cuanto a costo mayor paredes interiores más finas, evitando la deposición 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.

2.1.4.10. Diseño de secciones y pendientes

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

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

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

En la cual:

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

D= diámetro de la sección circular (m)

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

n= coeficiente de rugosidad Manning o kutter

= 0,010 para tubos de PVC.

$$V = \frac{0,03429 \times 6^{\frac{2}{3}} \times 0,1335^{1/2}}{0,010} = 4,1369 \text{ m/seg}$$

2.1.4.11. Velocidades máximas y mínimas

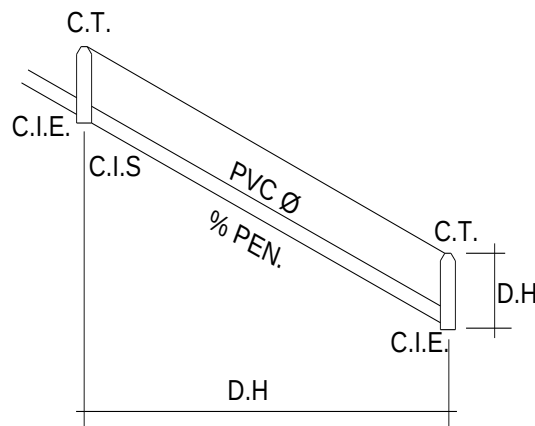
- La velocidad máxima con el caudal de diseño será de 2,50 m/seg

- La velocidad mínima con el caudal de diseño será de 0,60 m/seg

2.1.4.12. Cotas invert

Es la distancia vertical que existe entre la cota en la rasante del terreno y la cota interior 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 (ver figura 2).

Figura 2. Cotas invert en pozos de visita



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

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.

Fórmula:

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

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

$$CISinicial = NTi - (Htrafico + Etubo + \text{S})$$

$$CIA \text{ tramo} = CIE - 0,03 \text{ m}$$

$$CIE = CIE - D.H * \text{stubo } \%$$

$$Hpozo \text{ inicial} = CTi - CIS - 0,15 \text{ m}$$

$$Hpozo \text{ final} = CTf - CIE - 0,15 \text{ m}$$

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 invet 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

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 diseñó pozos con disipadores de energía.

Los pozos con disipadores son PV-16, PV-17, PV-18, PV-19, PV-20, PV-21, PV-22, todos los demás pozos son típicos. El detalle de los pozos se detalla en los planos.

2.1.4.13. 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 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.

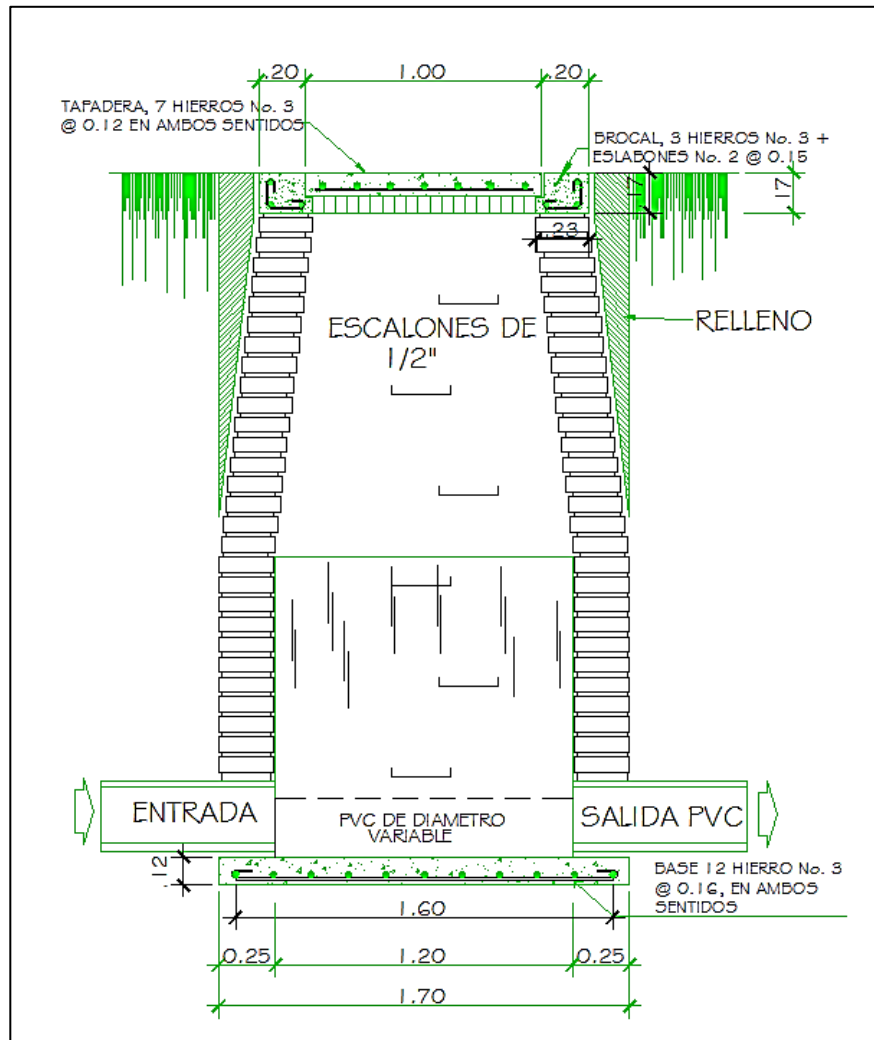
Para este diseño se propone tubería PVC, el diámetro mínimo que se va a utilizar para el proyecto es de 6 y 8" para el colector principal, según la Norma ASTM 3034, y 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias, ya que con ese diámetro se cumple con los parámetros mínimos de diseño.

2.1.4.14. 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.

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

Figura 3. Pozo de visita



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

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

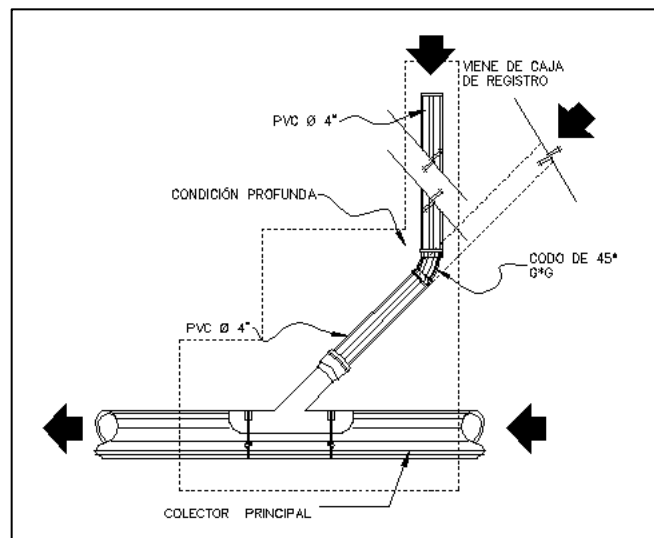
- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetro menores de 24".

- En las secciones 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 metros en diámetros superiores a 24”.

2.1.4.15. 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”x3” como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliario, la cual será un diámetro mínimo de 12”.

Figura 4. Esquema de conexiones domiciliarias



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

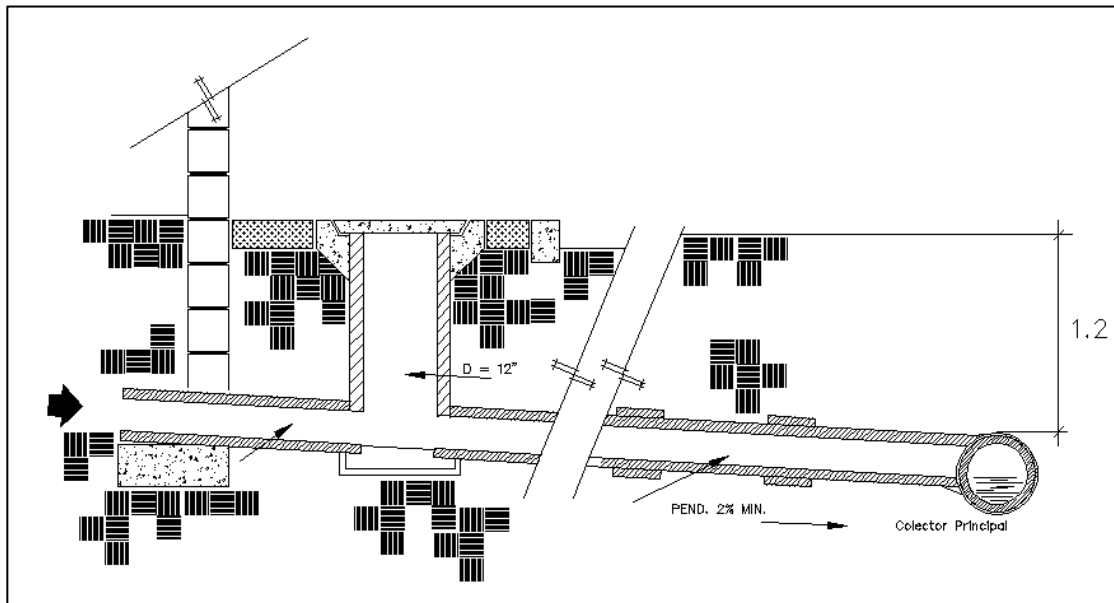
Para este proyecto se utilizó tubería PVC de 4" de diámetro según Norma ASTM 3034, así como silleta "Y" o "T" 6" x 4" ASTM 3034, para la candela se utilizó tubo de concreto de 12" de diámetro.

2.1.4.16. Profundidad de 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.

Figura 5. Profundidad de tubería



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

2.1.5. 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 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.

2.1.6. 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 desktop 2014, con los parámetros de diseño que se presentan en la tabla I:

Tabla I. Parámetros de diseño

Alcantarillado sanitario en el caserío El Cerro	
Período de diseño	25 años
Viviendas actuales	186 viviendas
Viviendas futuras	486 viviendas
Densidad de habitantes/viviendas	5 hab/vivienda
Población actual	930 hab
Tasa de crecimiento	3,92 %
Población futura	2 432 hab
Dotación	150 lts/hab/día
Factor de retorno	85 %
Velocidad de diseño	$0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$
Tipo de evaluación	Por gravedad
colector principal	
Tipo y diámetro de tubería	PVC Ø 6" y 8" 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-3 a PV-4 con los siguientes datos:

Características:

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Distancia	37,00 m
Número de casas del tramo 3.	Número de casas acumuladas: 12
Densidad de vivienda	5 hab. /vivienda
Total de habitantes a servir	Actuales: 60 Futuros: 157
Dotación	150 lts/hab/día
Cotas del terreno	Inicial 1 084,65 Final 1 079,71

Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{CTi - CTf}{D.H} * 100$$

$$S\% = \frac{1\,079,71 - 1\,084,65}{37,00} * 100 = 13,35 \%$$

Caudal domiciliar

$$Q_{dom.} = \frac{Dot. * Núm. de hab. * FR}{86\,400}$$

$$Q_{dom.} = \frac{150 * 157 * 0,85}{86\,400} = 0,2317$$

$$Q_{inf.} = \frac{16\,000 \left(\frac{37 + 12 * 6}{1\,000} \right)}{86\,400} = 0,042 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{ili.} = 0,10 * Q_{dom}$$

$$Q_{ili.} = 0,10 * 0,2317 = 0,02317$$

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

$$Q_{medio} = 0,2317 + 0,042 + 0,02317 = 0,29687 \text{ lt/seg}$$

Factor de caudal medio

$$F_{qmed} = \frac{Q_{medio}}{Núm.hab.}$$

$$F_{qmed} = \frac{0,29687}{157} = 0,00189$$

- Como $f_{qmed} < 0,002$ se toma $F_{qmed} = 0,002$

Factor de Harmond

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

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{0,157}}{4 + \sqrt{0,157}} = 4,1845$$

Caudal de diseño

$$Q_{diseño} = F_{qm} * F.H. * Núm. Hab.$$

$$Q_{diseño} = 0,002 * 4,1845 * 157 = 1,3139 \text{ lt/seg}$$

Diámetro 6" (tubo PVC)

Pendiente tubería 13,35 %

Velocidad a sección llena

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

$$V = \frac{0,03429 * (6)^{\frac{2}{3}} * 0,1335^{1/2}}{0,010} = 4,1369 \text{ m/seg}$$

Caudal a sección llena

$$Q_{\text{Sección Llena}} = A * V$$

$$Q_{\text{sección Llena}} = \frac{\pi}{4} (6 * 0,0254^2) * 4,1369 * 1\,000 = 75,4631 \text{ lt/seg}$$

Relación de caudales $q_{\text{dis}}/Q_{\text{sección Llena}} = 1,3139 / 75,4631 = 0,01741$

Con la relación q/Q se buscan los siguientes datos:

Relación de velocidad $v/V = 0,380479$

Relación $d/D = 0,167$

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

$$v = 4,1369 * 0,380479 = 1,5740$$

Revisión de parámetros hidráulicos

- Caudales q_{dis}/Q sección llena $0,01741 \text{ l/s} < 8,8465 \text{ l/s}$ Cumple
- Velocidad $0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 3,00 \text{ m/s}$ $0,6 \text{ m/s} \leq 1,574 \text{ m/s} \leq 3,00 \text{ m/s}$
Cumple
- Tirante $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ $0,10 \leq 0,167 \leq 0,75$ Cumple

Distancia horizontal efectiva

Diámetro de pozo: 1,20 m

Grosor de las paredes ladrillo tayuyo 21*12,5*6,5

DHefec= distancia entre pozos - ((Φ PV3+grosor paredes PV3)/2 + (Φ PV4+grosor paredes PV4)/2)

$$DH_{efec} = 37 - ((1,2+0,46)/2 + (1,2 + 0,46)/2) = 35,34 \text{ m}$$

Cota invert de salida PV-3

$$CISP_{V3} = CIEP_{V3} - 0,03$$

$$CISP_{V3} = 1084,65 - 0,03 = 1084,62$$

Cota invert de salida PV-4

$$CIEP_{V4} = CISP_{V3} - (S_{\text{tubería}} \% * DH_{\text{efec}})$$

$$CIEP_{V4} = 1084,62 - (0,1335 * 35,34) = 1079,9021$$

Profundidad pozo de visita PV-3

$$HP_{V3} = CTP_{V3} - CISP_{V3}$$

$$HP_{V3} = 1084,65 - 1084,62 = 0,03$$

Profundidad pozo de visita PV4

$$HP_{V4} = CTP_{V4} - CISP_{V4}$$

$$HP_{V4} = 1079,71 - 1084,62 = -4,91$$

Los datos y resultados del cálculo para todos los ramales, realizado con el procedimiento anterior, se presentan en las tablas del apéndice.

2.1.7. 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. El 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 operaciones 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.

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

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.

Debe darse 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 lts/hab/año.
- La capacidad máxima recomendada para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas.

Se realizó el cálculo de la fosa séptica para determinar las dimensiones, tomando en cuenta los parámetros para el diseño de cada una.

Según el cálculo para un tratamiento primario se deben construir 8 fosas sépticas para que sea funcional y para un período de diseño de 25 años, tomando en cuenta las dimensiones de cada una se debe tener un área extensa, esto limita la posibilidad de su construcción, y se debe realizar un análisis por un estudiante de ingeniería sanitaria o un ingeniero con maestría en sanitaria, para encontrar otra opción de diseño para el tratamiento de las aguas negras.

Procedimiento para cálculo de dimensiones:

A= ancho

L= largo

H= altura

- Datos para cálculo de fosa

Periodo de retención se asume 24 horas

Dot. (q)=150 l/hrs/día

Núm. Hab. (N)= 360 hab.

Lodos= 30 l/hrs/ año

Relación = 2/1

Período de limpieza= 5 años

Factor de retorno= 0,85

- Volumen de líquidos

$Q = q \cdot N \cdot F.R. = 150 \text{ l/hrs/día} \cdot 360 \text{ dia} \cdot 0,85 = 45\,900 \text{ l/día}$

$Q = 45,90 \text{ m}^3/\text{día}$

$\text{Vol.} = Q.T. = 45,90 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 24 \text{ hrs} \cdot 1 \text{ dia}/24 \text{ hrs} = 45,90 \text{ m}^3$

- Volumen de lodos

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

$V = 360 \text{ hab.} \cdot 30 \text{ l/hab./año} = 10\,800 \text{ l/año} = 10,8 \text{ m}^3/\text{año}$

$$V = 10,80 \text{ m}^3 / \text{año} * 5 \text{ años (período de limpieza)}$$

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

$$\text{Volumen total} = 45,9 + 54,0 \text{ m}^3 = 99,90 \text{ m}^3$$

$$V = A * L * H = 99,90 \text{ m}^3$$

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

Se asume $H = 2,5 \text{ m}$

$$V = 2 * A^2 * H$$

$$A^2 = V / 2H$$

$$A^2 = 99,90 \text{ m} / (2 * 2,50) = 19,98$$

$$A = 4,47 \text{ se aproxima a } 4,50 \text{ m}^2$$

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

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

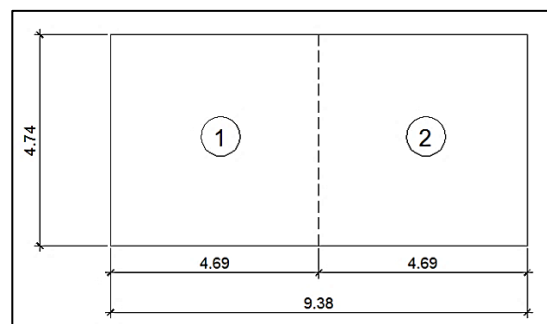
Se necesitan 3 fosas y para un período de 25 años se necesitarían 8 fosas

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 $a/b = 4,69/4,75 = 0,98$

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 $a/b = 4,69/4,75 = 0,98$

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 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 ultima (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:

$M(+)_a = c_{a,d} l_w d L_a^2 + c_{a,l} w l L_a^2$

$M(+)_b = c_{b,d} l_w d L_b^2 + c_{b,l} w l L_b^2$

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

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

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

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

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

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

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

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

Cálculo 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: $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

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

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

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

Asumiendo: $\varnothing = 3/8''$

$$A_{s_{\min}} = (14,1/F_y) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = (14,1/2810) * 100 * 12,50 \quad A_{s_{\min}} = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

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

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

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

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

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * l_b * b * d = 0,5 * 0,03694 * 100 * 12,5 = 23,08 \text{ cm}^2$$

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

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

$$\begin{array}{ccc} 6,27 & \longrightarrow & 100 \\ 0,71 & \longrightarrow & S \end{array}$$

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

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

$$12,00 < S_{\max}$$

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

$$M_{As\min} = 0,9 \cdot [A_s \cdot F_y \cdot (d - \frac{A_s \cdot F_y}{1,7 \cdot F_c \cdot b})]$$

$$M_{As\min} = 0,9 \cdot [6,27 \cdot 2810 \cdot (12,5 - \frac{6,27 \cdot 2810}{1,7 \cdot 210 \cdot 100})] = 1\,903,84 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero por temperatura:

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

$$\begin{array}{ccc} 3,00 & \longrightarrow & 100 \\ 0,71 & \longrightarrow & S \end{array}$$

$$S = 23,66 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 25,00 \text{ cm}$$

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

El refuerzo será varilla de hierro corrugado núm. 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:

$$\text{Peso específico del suelo } (S_s) = 1,6 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Peso específico del concreto } (S_c) = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

Valor soporte del suelo (V_s) = $14,0 \text{ ton/m}^3$

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 $t = 2 \cdot (a + b) / 180 \text{ metros} = 2 \cdot (3,02 + 4,62) / 180$

$t = 0,084 \text{ m}$

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

Por simetría se utiliza $t = 0,15 \text{ metros}$ para los muros de concreto reforzado.

Cargas:

Carga muerta (C_m):

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

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

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

Carga viva (C_v) = $529,80 \text{ kg/m}^2$

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

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

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

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:

$$M(+)_a = c_{a,d} W_d L_a^2 + c_{a,IIWI} L_a^2$$

$$M(+)_b = c_{b,d} W_d L_b^2 + c_{b,IIWI} L_b^2$$

$$\begin{aligned} M(+)_a &= (0,059 \cdot 900,66 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,02 \text{ m})^2) + (0,044 \cdot 602,00 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,02 \text{ m})^2) \\ &= 726,23 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M(+)_b &= (0,011 \cdot 900,66 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,62 \text{ m})^2) + (0,009 \cdot 602,00 \text{ kg/m}^2 \cdot (4,62 \text{ m})^2) \\ &= 327,10 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$M(-)_a = c_{a,W} L_a^2$$

$$M(-)_b = c_{b,W} L_b^2$$

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

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

Cálculos de peralte d:

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

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

Cálculo del refuerzo:

Datos:

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

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

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

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

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

$$\text{Asumiendo: } \varnothing = 3/8"$$

$$A_{s \min} = (14,1/F'_y) * b * d$$

$$A_{s \min} = (14,1/2810) * 100 * 12,50$$

$$A_{s \min} = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

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

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

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

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

$$A_{s \max} = 0,5 * \ell_b * b * d = 0,5 * 0,03694 * 100 * 12,5 = 23,8 \text{ cm}^2$$

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

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

$$\begin{array}{ccc} 6,27 & \longrightarrow & 100 \\ 0,71 & \longrightarrow & S \end{array}$$

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

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

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

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

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

El refuerzo será varillas de hierro corrugado núm. 3 ($\varnothing = 3/8"$) @ 0.12 m en cada sentido y un espesor de losa de 0,15 m.

Diseño de la losa interior del tanque

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

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 entonces se aproxima la relación $a/b = 4,5/9,15 \sim 0,5$

La losa debe diseñarse en dos sentidos.

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

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

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

Cargas:

Carga muerta (C_m):

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

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

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

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

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

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

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

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:

$$M(+)_a = M(+)_a = c_{a,d} W_d L_a^2 + c_{a,IIWI} L_a^2$$

$$M(+)_b = c_{b,d} W_d L_b^2 + c_{b,IIWI} L_b^2$$

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

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

$$M(-)_a = c_{a,W} L_a^2$$

$$M(-)_b = c_{b,W} L_b^2$$

$$M(-)_a = (0,086 * 772,00 \text{ kg/m}^2 * 4,5 \text{ m})^2 = 1 344,43 \text{ kg-m}$$

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

Cálculo de peralte d:

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

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

Cálculo del refuerzo:

Datos:

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

$$\text{Esfuerzo de ruptura del acero: } F'_y = 2 810 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

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

$$\text{Asumiendo: } \varnothing = 3/8"$$

$$A_{s \text{ min}} = (14,1/F_y) * b * d$$

$$A_{s \text{ min}} = (14,1/2 810) * 100 * 12,50$$

$$A_{s \text{ min}} = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

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

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

$$As = [(100 * 12,5) - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1\,344,43 * 100}{0,003825 * 210}}] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

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

$$As_{\max} = 0,5 * \ell_b * b * d = 0,5 * 0,036994 * 100 * 9,5 = 17,54 \text{ cm}^2$$

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

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

$$\begin{array}{ccc} 6,27 & \longrightarrow & 100 \\ 0,71 & \longrightarrow & S \end{array}$$

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

$$S_{\max} = 0,5 * \ell_b * b * d = 0,5 * 0,03694 * 100 * 9,5 = 17,54 \text{ cm}^2$$

$$12,00 < S_{\max}$$

Entonces el área de acero será $6,27 \text{ cm}^2$ por metro lineal, en ambas direcciones.

Cálculos de momento que resiste con As .

$$M_{As \min} = 0,9 * [As * F'y * (d - \frac{As * F'y}{1,7 * F'c * b})]$$

$$M_{As \min} = 0,9 * [6,27 * 2\,810 * (12,5 - \frac{6,27 * 2\,810}{1,7 * 210 * 100})] = 1\,903,84 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero por temperatura:

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

$$\begin{array}{ccc} 3,00 & \longrightarrow & 100 \\ 0,71 & \longrightarrow & S \end{array}$$

$$S = 23,66 \text{ cm} \sim 25 \text{ cm}$$

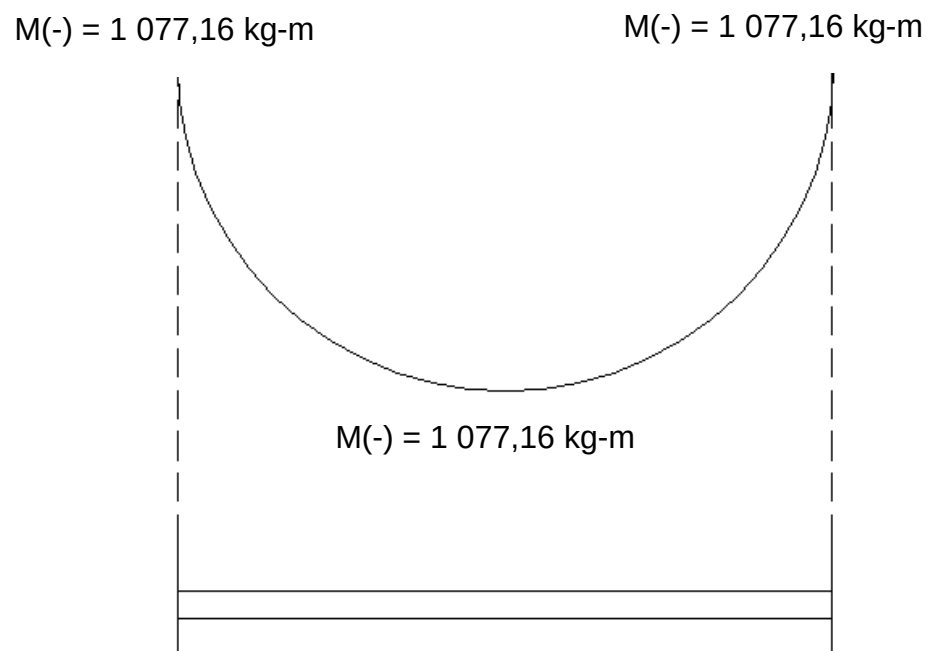
$$S_{\max} = 45,00 \text{ cm}$$

El refuerzo será varillas de hierro corrugado núm. 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 soporta la losa superior de la fosa séptica (ver figura 7).

Figura 7. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia.

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

Datos:

$$As(-) = [(15 * 26) - \sqrt{(15 * 26)^2 - \frac{1\,077,16 * 15}{0,003825 * 210}}] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

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

$$A_s(+) = [(15 * 26) - \sqrt{(15 * 26)^2 - \frac{1\,508,02 * 15}{0,003825 * 210}}] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

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

$$a = \frac{1,95 * 2\,810}{0,85 * 210 * 15}$$

$$a = 2,04$$

$$c = (0,85 * 210 * 2,04 * 15) = 5\,479,50$$

$$t = A_s * F_y$$

$$t = 2,04 * 2\,810 = 5\,479,5$$

Se comprueba que: $c = t$

$$\ell_b = \frac{0,85 \emptyset F'c (6\,090)}{F_y(6\,090 + 2\,810)}$$

$$\ell_b = \frac{0,85 * \emptyset * 210 (6\,090)}{2\,810 * (6\,090 + 2\,810)} = 0,0369$$

$$\ell_{\max} = 0,5 \ell_b$$

$$\ell_{\max} = 0,5 * 0,0369 = 0,01845$$

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

Tabla II. **Sumatoria de momentos**

Sumatoria de momentos		
F(ka)	distancia	momento
C=5 479,50	13,98	76 603,41
T=5 479,50	12,50	68 493,75
sumatoria de momentos		145 097,16

Fuente: elaboración propia.

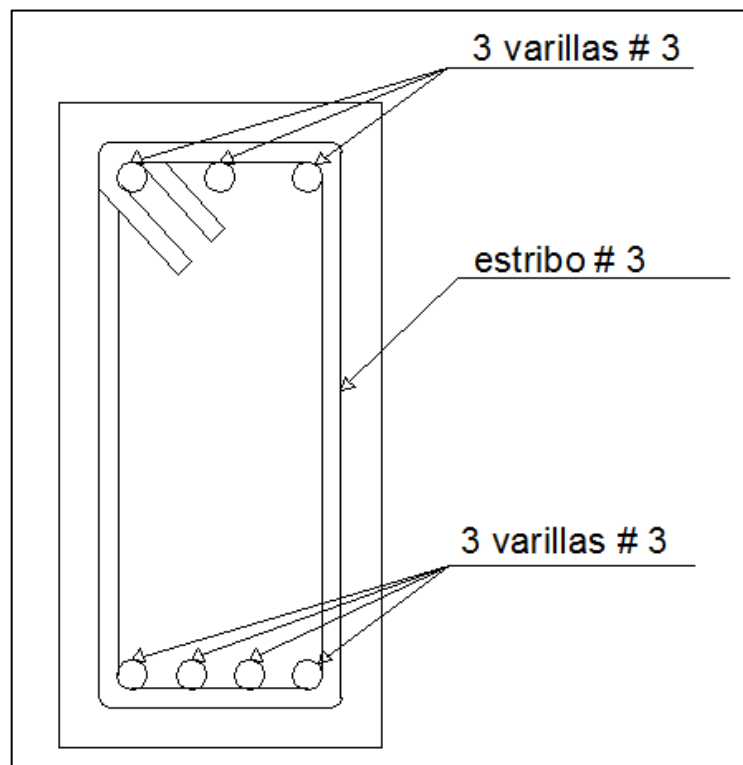
Momento último = 0,9 (momento interno)

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

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

De esa forma $A_s (-) = 2,13 \text{ cm}^2$ y $A_s (+) = 2,84 \text{ cm}^2$ 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 (ver figura 8).

Figura 8. Corte de viga de refuerzo



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

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 semejante se obtiene que x' & $x'' = 0,51$ mt

Calcular el espaciamiento de estribos para cortes $V = 17,37$ ton.

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

$$U_a = 44,53 \text{ kcm}^2$$

$$U_{cu} = \emptyset 0,53 \sqrt{f'c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

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

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{A_v * f_{ry}}{(U_a - U_{cu}) * b}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810}{(44,5 - 6,52) * 15}$$

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

El primer estribo se coloca a $S/2 = 3,5$ 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:

$$\frac{17,37}{3,55} = \frac{V_a}{3,24}$$

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

Calcular cortante a 31,50 cm, $V_a = 15,85$ ton

$$U_a = V_a / b d = 15\,850 / 15 * 26$$

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

$$U_{cu} = \emptyset 0,53 \sqrt{f'c} = 0,85 * 0,53 * 14,49$$

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

El cálculo de espaciamiento S

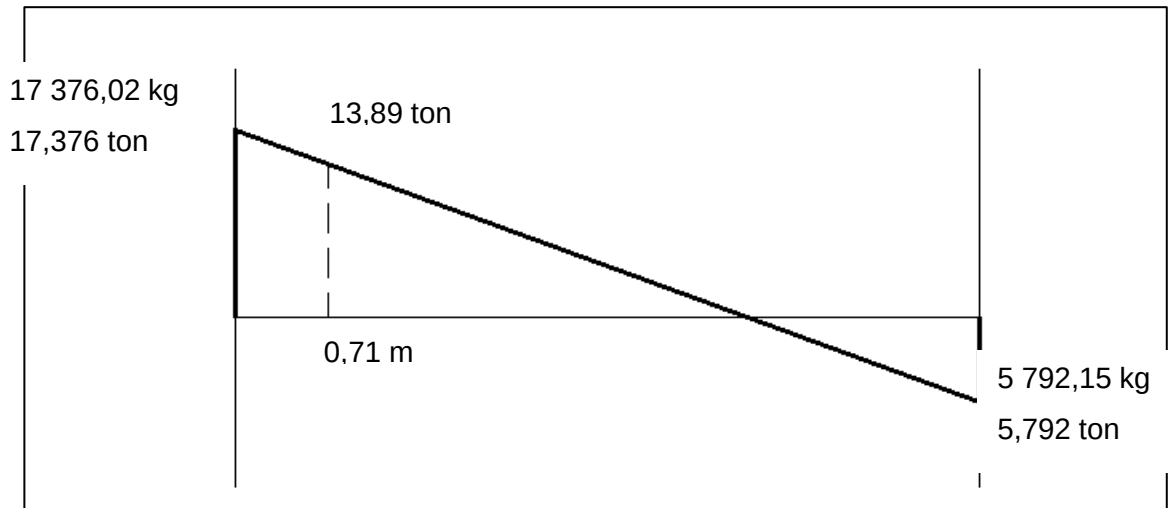
$$S = \frac{A_v * f_{ry}}{(U_a - U_{cu}) * b}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810}{(40,64 - 6,52) * 15}$$

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

Colocar 5 estribos con espaciamiento de 8 cm y luego se calcula el cortante a 71,50 cm (ver figura 9).

Figura 9. Diagrama de corte de viga



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Por triángulos se sabe que:

$$\frac{17,37}{3,55} = \frac{V_a}{2,84}$$

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

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

$$U_a = V_a / b d = 13\,890 / 15 \times 26$$

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

$$U_{cu} = 0,53 \sqrt{f'_c} = 0,85 \times 0,53 \times 14,49$$

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

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{A_v \cdot f_y}{(U_a - U_{cu}) \cdot b}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2\,810}{(35,61 - 6,52) \cdot 15}$$

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

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:

$$\frac{17,37}{3,55} = \frac{Va}{2,385}$$

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

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

$$Ua = Va/bd = 11,67 / 15 \cdot 26$$

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

$$Ucu = \phi 0,53 \sqrt{f'c} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot 14,49$$

$$Ucu = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{Av \cdot f'cy}{(Ua - Ucu) \cdot b}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2\,810}{(29,92 - 6,52) \cdot 15}$$

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

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:

$$\frac{17,37}{3,55} = \frac{Va}{1,835}$$

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

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

$$Ua = Va/bd = 8\,970 / 15 \cdot 26$$

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

$$Ucu = \phi 0,53 \sqrt{f'c} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot 14,49$$

$$Ucu = 6,52$$

El cálculo de espaciamiento S

$$S = \frac{Av * f_{ry}}{(Ua - Ucu) * b}$$
$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810}{(23,00 - 6,52) * 15}$$

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

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

Entonces los estribos tendrán espacio de 13 cm.

2.1.8. 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 considera 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 con base en 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.
- 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, cuanta 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.

- Prueba de infiltración para diseñar la profundidad del pozo de absorción.

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

- Abrir el 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.
- Raspar cuidadosamente el fondo y las paredes del agujero perforado, para remover cualquier superficie de suelo compactado y que pueda filtrarse el agua. Colocar 5 centímetros de arena gruesa o gravilla para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos.
- 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 denominará 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 es ese tipo de terreno y se sugiere la instalación de una zanja de infiltración o campo de riego.
- Con el tiempo de infiltración se determinará el coeficiente de absorción del suelo medido en metros cúbicos/persona/día.

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

Cálculo de dimensiones de pozo de absorción.

Considere 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 a 15 minutos, de la tabla II se obtiene el coeficiente k1

Tabla III. **Coeficiente de absorción del terreno para pozos**

TIEMPO DE DESCENSO DE 1"(min)	SUP. DE FILTRACIÓN REQUERIDA (K1) HAB/DIA	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. *Apuntes de ingeniería 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.

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

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

Dónde:

H= profundidad del pozo en metros

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

A_{abs.}= área de absorción

$$\pi = 3,1416$$

$$H = 34,11 / (\pi * 1,50)$$

$$H = 7,23 \text{ mt}$$

Las dimensiones del pozo son las siguientes:

Diámetro= 1,5 metros

Profundidad= 7,5 metros

2.1.9. Planos

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

Densidad de vivienda

Planta general

Perfil de PV-O - PV-12

Perfil de PV-12 - planta de tratamiento proyectada

Planta de PV-0 – PV-12, PV-12 – planta de tratamiento proyectada

Planta – perfil PV-8A – PV-8, PV-14B – PV-14

Planta - perfil de PV-1G - PV-21

Planta – perfil de PV-1D – PV-4E, PV-1C – PV 6E

Planta - perfil de PV-1E – PV-16F

Planta - perfil de PV-1F – PV-16

Detalles de pozos de visita

Detalles de conexiones domiciliar

2.1.10. 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 IV. **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
	FERIADO
13	29 de septiembre

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **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 VI. **Cálculo de días hábiles**

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

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **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	Q 1 825,00
Bonificación	Q 250,00
Salario sin bonificación	Q 1 575,00
Salario/día	Q 52,50

Tabla VIII. Unitario de replanteo topográfico

REGLÓN					
Cantidad ml	2 074,08	Replanteo topográfico			
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)	Precio Total (\$)
Estacas	Global	1	100,00	100,00	13,21
Pintura	Galón	0,25	140,00	35,00	4,62
Subtotal				135,00	17,83
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)	Precio Total (\$)
Cadenero	Día	7	73,67	515,67	68,12
Topógrafo	Día	7	166,67	1 166,67	154,12
Subtotal				1 682,34	222,24
Prestaciones			0,8567	1 441,26	190,39
Total de mano de obra				3123,60	412,63
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio Total (Q)	Precio Total (\$)
Palas, piochas, azadones, machetes, martillos	Global	1	250	250,00	33,03
Alquiler de estación total	Día	7	525	3 675,00	485,47
Subtotal				3 925,00	518,49
Costo directo			Factores	7 183,60	948,96
Imprevisto			0,03	215,51	28,47
Administración			0,10	718,36	94,90
Utilidad			0,20	1 436,72	189,79
IVA			0,12	862,03	113,87
Total				10 416,22	1 375,99
Costo unitario				5,02	0,66

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Unitario de excavación

RENGLÓN 1					
Cantidad m²	3 005,34	Excavación			
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0	0
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Cadenero	Día	5	73,67	368,34	48,66
Topógrafo	Día	5	166,67	833,34	110,08
Subtotal				1 201,67	158,74
Prestaciones			0,8567	1 029,47	135,99
Total de mano de obra				2 231,14	294,73
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio toal (\$)
Retro excavadora	Hora	53	550	29 150	3 850,73
Camión de volteo 12m²	Hora	18	450	8 100	1 070,01
Equipo de topografía	Global	1	5 000	5 000	660,50
Subtotal				42 250	5 581,24
Costo directo			Factores	44 481,14	5 875,198
Imprevisto			0,03	1 334,434221	176,2792894
Administración			0,10	4 448,114069	587,5976313
Utilidad			0,20	8 896,228138	1 175,195263
IVA			0,12	5 337,736883	705,1171576
Total				64 497,65	8 520,17
Costo unitario				21,46	2,835

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Unitario de relleno

RENGLÓN 1					
Cantidad m³	2 441,8	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	73,67	442,00	58,39
Albañil	Día	6	108,33	650,00	85,86
Ayudante de maquinaria	Hora	22	20,00	440,00	58,12
Ayudante de maquinaria	Hora	22	20,00	440,00	58,12
Subtotal				1 972,00	260,50
Prestaciones			0,86	1 689,41	223,17
Subtotal				3 661,41	483,67
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Cargador frontal	Hora	21	575,00	12 075,00	1 595,11
Camión de volteo 12 m³	Hora	22	450,00	9 900,00	1 307,79
Motoniveladora	Hora	20	425,00	8 500,00	1 122,85
Vibro compactadora	Hora	20	275,00	5 500,00	726,55
Distribuidora de agua	Hora	22	160,00	3 520,00	464,99
Subtotal				39 495,00	5 217,31
Costo directo			Factores	43 156,41	5 700,98
Imprevisto			0,03	1 294,69	171,03
Administración			0,10	4 315,64	570,10
Utilidad			0,20	8 631,28	1 140,20
IVA			0,12	5 178,77	684,12
Total				62 576,80	8 266,42
Costo unitario				25,63	3,39

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Unitario de instalación de tubería

Renglón 2					
Cantidad ml	1 949,58	Instalación de tubería			

MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo(\$)
Tubo PVC ϕ de 6" ASTM 3034	Unidad	317	896,28	284 120,76	37 532,46
Tubo PVC ϕ de 8" ASTM 3035	Unidad	27	1 370,34	36 999,07	4 887,59
Pegamento Tangit	Galón	6	497,20	2983,20	394,08
Accesorios	Unidad	325	105,00	34125,00	4 507,93
Total de materiales				358 228,03	47 322,06
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m ³	2 059,659	35	72 088,07	9 522,86
Instalación de tubo de ϕ 6"	Unidad	344	25	8 600,00	1 136,06
Relleno	m ³	1 916,53	15	28 747,95	3 797,62
Subtotal				109 436,02	14 456,54
Ayudante			0,34	37 208,25	4 915,22
Prestaciones			0,8567	93 753,83	12 384,92
Total de mano de obra				240 398.09	31 756.68
Costo directo			Factores	598 626,13	79 078,75
Imprevisto			0,03	17 958,78	2 372,36
Administración			0,10	59 862,61	7 907,87
Utilidad			0,20	119 725,23	15 815,75
IVA			0,12	71 835,14	9 489,45
Total				868 007,88	114 664.19
Precio unitario				445,23	58,81

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Unitario de conexiones domiciliare

Renglón 2					
Cantidad	97	Conexiones domiciliare			
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Yee de 6"x4"	Unidad	1	251,06	251,06	45,07
Tubo de concreto φ 12"	Unidad	1	97,50	97,50	17,50
Tubo PVC φ 4" ASTM 3034	Unidad	0,5	401,98	200,99	36,08
Cemento	Saco	1,03	66,88	68,88	12,37
Arena	m ³	0,074	52,80	3,91	0,70
Piedrín	m ³	0,084	149,60	12,57	2,26
Hierro de 1/4"	qq	0,012	237,60	2,85	0,51
Hierro de 3/8"	qq	0,074	198,00	14,65	2,63
Alambre de amarre	lb	0,5	5,72	2,86	0,51
Subtotal				655,27	86,56
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Albañil	Unidad	1	195	195,00	25,76
Subtotal				195,00	25,76
Ayudante			0,34	66,30	8,76
Prestaciones			0,86	167,06	22,07
Total de mano de obra				428,36	56,59
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.(Q)	Precio total (Q)	precio total (\$)
Palas, piocha, azadones	Global	1	25,77	25,77	3,40
Subtotal				25,77	3,40
Costo directo			Factores	1 109,40	146,55
Imprevisto			0,03	33,28	4,40
Administración			0,10	110,94	14,66
Utilidad			0,20	221,88	29,31
IVA			0,12	133,13	17,59
Total				1 608,63	212,50
Costo unitario				1 608,63	212,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Unitario de pozos de 1,50 m

Renglón 3					
Cantidad	46	Unidad pozos de visita profundidad 1.50 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	5,30	132,00	699,6	92,42
Cemento portland	Saco	12,50	66,88	836	110,44
Arena de río	m ³	0,89	52,80	46,992	6,21
Piedrín 1/2"	m ³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4)	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3(3/8)	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1,00	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				1 856,93	245,30
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m ³	3,25	25,00	81,25	10,73
Levantado más acabado	m ²	7,82	85,00	664,70	87,81
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,70	25,00	142,50	18,82
Fundición	m ³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m ³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				951,8	125,73
Ayudante			0,34	323,612	42,75
Prestaciones			0,8567	815,41	107,72
Total de mano de obra				2 090,82	276,20
Costo directo			Factores	3 947,75	521,50
Imprevisto			0,03	118,43	15,64
Administración			0,10	394,78	52,15
Utilidad			0,20	789,55	104,30
IVA			0,12	473,73	62,58
Total				5 724,24	756,17
Costo unitario				5 724,24	756,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Unitario de pozos de 2,00 m

Renglón 3					
Cantidad	1	Unidad pozos de visita profundidad 2.00 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	7,88	132,00	1 040,16	137,41
Cemento portland	Sacos	15,17	66,88	1 014,57	134,03
Arena de río	m³	1,08	52,80	57,02	7,53
Piedrín de 1/2"	m³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				2 386,09	315,20
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m³	4,33	25,00	108,25	14,30
Levantado más acabado	m²	11,88	85,00	1 009,80	133,39
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,70	25,00	142,50	18,82
Fundición	m³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				1 323,90	174,89
Ayudante			0,34	450,13	59,46
Prestaciones			0,8567	1 134,19	149,83
Total de mano de obra				2 908,21	384,18
Costo directo			Factores	5 294,30	699,38
Imprevisto			0,03	158,83	20,98
Administración			0,10	529,43	69,94
Utilidad			0,20	1 058,86	139,88
Iva			0,12	635,32	83,93
Total				7 676,74	1 014,10
Precio unitario				7 676.74	1 014,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Unitario de pozos de 2,50 m

Renglón 3					
Cantidad	6	Unidad pozos de visita profundidad 2.5 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo(\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	10,46	132,00	1 380,72	182,39
Cemento portland	Sacos	17,84	66,88	1 193,14	157,61
Arena de río	m ³	1,27	52,80	67,06	8,86
Piedrín de 1/2"	m ³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				2 915,26	385,11
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m ³	5,41	25,00	135,25	17,87
Levantado más acabado	m ²	14,84	85,00	1 261,40	166,63
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m ³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m ³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				1 602,50	211,69
Ayudante			0,34	544,85	71,97
Prestaciones			0,86	1 372,86	181,36
Total de mano de obra				3 520,21	465,02
Costo directo			Factores	6 435,47	850,13
Imprevisto			0,03	193,06	25,50
Administración			0,10	643,55	85,01
Utilidad			0,20	1 287,09	170,03
IVA			0,12	772,26	102,02
Total				9 331,43	1 232,69
Precio unitario				9 331,43	1 232,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Unitario de pozos de 3,00 m

Renglón 3					
Cantidad	2	Unidad pozos de visita profundidad 3.00 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	13,04	132,00	1 721,28	227,38
Cemento portland	Saco	20,51	66,88	1 371,71	181,20
Arena de río	m ³	1,46	52,80	77,09	10,18
Piedrín de 1/2"	m ³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				3 444,42	455,001
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m ³	6,48	25,00	162,00	21,40
Levantado más acabado	m ²	17,82	85,00	1 514,70	200,09
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m ³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m ³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				1 882,55	248,69
Ayudante			0,34	640,067	84,55
Prestaciones			0,8567	1 612,78	213,05
Total de mano de obra				4 135,40	546,29
Costo directo			Factores	7 579,81	1 001,30
Imprevisto			0,03	227,39	30,04
Administración			0,10	757,98	100,13
Utilidad			0,20	1 515,96	200,26
IVA			0,12	909,58	120,16
Total				10 990,73	1 451,88
Precio unitario				10 990,73	1 451,88

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Unitario de pozos de 3,50 m

Renglón 3					
Cantidad	9	Unidad pozos de visita profundidad 3,50 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	15,62	132,00	2 061,84	272,37
Cemento portland	Saco	23,18	66,88	1 550,28	204,79
Arena de río	m ³	1,65	52,80	87,12	11,51
Piedrín de 1/2"	m ³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				3 973,58	524,91
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m ³	7,56	25,00	189,00	24,97
Levantado más acabado	m ²	20,79	85,00	1 767,15	233,44
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m ³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m ³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				2 162,00	285,60
Ayudante			0,34	735,08	97,10
Prestaciones			0,8567	1 852,19	244,67
Total de mano de obra				4 749,27	627,38
Costo directo			Factores	8 722,84	1 152,29
Imprevisto			0,03	261,69	34,57
Administración			0,10	872,28	115,23
Utilidad			0,20	1 744,57	230,46
IVA			0,12	1 046,74	138,27
Total				12 648,12	1 670,82
Precio Unitario				12 648,12	1 670,82

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Unitario de pozos de 4,00 m

Renglón 3					
Cantidad	3	Unidad pozos de visita profundidad 4,00 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	18,2	132,00	2 402,40	317,36
Cemento portland	Saco	25,85	66,88	1 728,85	228,38
Arena de río	m³	1,84	52,80	97,15	12,83
Piedrín de 1/2"	m³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				4 502,74	594,81
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m³	8,64	25,00	216,00	28,53
Levantado más acabado	m²	23,76	85,00	2 019,60	266,79
Armado de hierro 1/4"	qq	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	qq	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				2 441,45	322,52
Ayudante			0,34	830,93	109,66
Prestaciones			0,8567	2 091,59	276,30
Total de mano de obra				5 363,13	708,47
Costo directo			Factores	9865,87	1303,29
Imprevisto			0,03	295,98	39,10
Administración			0,1	986,59	130,33
Utilidad			0,2	1 973,17	260,66
IVA			0,12	1 183,90	156,39
Total				14 305,52	1 889,76
Precio unitario				14 305,52	1 889,76

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Unitario de pozos de 4,50 m

Renglón 3					
Cantidad	5	Unidad pozos de visita profundidad 4,00 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	20,78	132	2 742,96	362,35
Cemento portland	Saco	28,52	66,88	1 907,42	251,97
Arena de río	m³	2,03	52,8	107,18	14,16
Piedrín de 1/2"	m³	0,57	149,6	85,27	11,26
Acero Núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198	9,90	1,31
Acero Núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,6	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				5 031,90	664,72
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m³	9,72	25,00	243,00	32,10
Levantado más acabado	m²	26,73	85,00	2 272,05	300,14
Armado de hierro 1/4"	ml	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	ml	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m³	0,38	15,00	5,70	0,75
Subtotal				2 720,90	359,43
Ayudante			0,34	925,11	122,21
Prestaciones			0,8567	2 331,00	307,93
Total de mano de obra				5977.00	789.56
Costo directo			Factores	11008.90	1454.28
Imprevisto			0,03	330,27	43,63
Administración			0,10	1 100,89	145,43
Utilidad			0,20	2 201,78	290,86
IVA			0,12	1 321,07	174,51
Total				15 962,91	2 108,71
Precio Unitario				15 962,91	2 108,71

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Unitario de pozos de 4,70 m

Renglón 3					
Cantidad	3	Unidad pozos de visita profundidad 4.70 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Ladrillo tayuyo	Ciento	21,88	132,00	2 888,16	381,53
Cemento portland	Saco	29,66	66,88	1 983,66	262,04
Arena de río	m³	2,11	52,80	111,41	14,72
Piedrín de 1/2"	m³	0,57	149,60	85,27	11,26
Acero núm. 2 (1/4")	qq	0,05	198,00	9,90	1,31
Acero núm. 3 (3/8")	qq	0,73	237,60	173,45	22,91
Alambre de amarre	lb	1	5,72	5,72	0,76
Total de materiales				5 257,57	694,53
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Costo directo (Q)	Costo directo (\$)
Excavación	m³	10,15	25,00	253,75	33,52
Levantado más acabado	m²	27,92	85,00	2 373,20	313,50
Armado de hierro 1/4"	qq	0,46	25,00	11,50	1,52
Armado de hierro 3/8"	qq	5,7	25,00	142,50	18,82
Fundición	m³	0,71	65,00	46,15	6,10
Relleno	m³	0,6	15,00	9,00	1,19
Subtotal				2 836,10	374,65
Ayudante			0,34	964,27	127,38
Prestaciones			0,8567	2 429,69	320,96
Total de mano de obra				6 230,06	822,99
Costo directo			Factores	11 487,63	1 517,52
Imprevisto			0,03	344,63	45,53
Administración			0,10	1 148,76	151,75
Utilidad			0,20	2 297,53	303,50
IVA			0,12	1 378,52	182,10
Total				16 657,06	2 200,40
Precio Unitario				16 657,06	2 200,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Presupuesto de sistema de drenaje sanitario**

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	Renglón	
						Total (Q)	Total (\$)
1	TRABAJOS PRELIMINARES						
	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ml	2 074,08	5,02	10 416,22		
	EXCAVACIÓN	m³	3 005,34	21,46	64 494,60		
	RELLENO	m³	2 441,80	25,63	62 576,80	137 487,61	18 162,17
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA						
	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	ml	1 949,58	445,23	868 007,88		
	CONEXIÓN DOMICILIAR	unidades	97	1 608,63	156 037,11	1 024 044,99	135 276,75
3	POZO DE VISITA						
	POZO DE VISITA DE 1,50 DE PROFUNDIDAD	Unidades	46	5 724,24	263 315,04		
	POZO DE VISITA DE 2,00 DE PROFUNDIDAD	Unidades	1	7 676,74	7 676,74		
	POZO DE VISITA DE 2,50 DE PROFUNDIDAD	Unidades	6	9 331,43	55 988,56		
	POZO DE VISITA DE 3,00 DE PROFUNDIDAD	Unidades	2	10 990,73	21 981,46		
	POZO DE VISITA DE 3,50 DE PROFUNDIDAD	Unidades	9	12 648,12	113 833,11		
	POZO DE VISITA DE 4,00 DE PROFUNDIDAD	Unidades	3	14 305,52	42 916,55		
	POZO DE VISITA DE 4,50 DE PROFUNDIDAD	Unidades	5	15 962,91	79 814,54		
	POZO DE VISITA DE 4,70 DE PROFUNDIDAD	Unidades	3	16 657,06	49 971,19	635 497,19	83 949,43
	TOTAL					Q1 797 029,80	\$ 237 388,35

Fuente: elaboración propia.

Nota:

Imprevisto 3 %

Administración 10 %

Utilidad 20 %

Cambio de dólar Q 7,57 de 02/05/2015

- En letras: un millón setecientos noventa y siete mil treinta quetzales con diecisiete centavos.
- Equivalente a: doscientos treinta y siete mil trescientos ochenta y ocho dólares con cuarenta 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:

- Fisicoquímicos
- 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 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 (ver tabla XXI).

Tabla XXII. Matriz de Leopold para sistemas de alcantarillado

				modificación del régimen			transformación del territorio		operación y mantenimiento			
				alteracion cubierta y terrestre	ruido y vibraciones	excavación de zanjas	drenaje pluvial	tratamiento de aguas negras	operación de conduccion de tubería	eliminación de aguas residuales	impacto en ambiente	importancia de impacto
factores ambientales	Fisicoquímicas	tierra	suelos	0	0	-1	2	3	1	3	8	
				5	4	3	5	5	5		27	
		agua	calidad	1	0	2	5	5	5	5		
				3	2	3	5	5	4	5		
		atmosfera	calidad	1	-1	0	4	4	4	4		
				2	2	3	2	4	3	5		
			inundaciones	0	0	2	5	3	4	3	33	
				5	2	1	5	3	5	3		45
		procesos	compactación	1	0	-2	3	3	2	2	9	
				3	2	4	4	2	3	3		21
	condiciones biológicas	flora	árboles	0	0	0	-1	2	0	2		
				5	3	2	2	2	2	2		
		cocechas	-1	0	-1	3	3	3	3	13		
			4	4	2	5	5	4	5		47	
		fauna	macro fauna	0	-1	0	1	2	2	3	7	
				3	3	3	4	3	4	3		23
	factores culturales	uso del territorio	agricultura	2	2	0	5	5	4	5		
				3	1	2	5	4	4	5		
			zona residencial	2	-3	-2	5	5	5	5	40	
				5	4	4	5	5	5	5		57
		nivel cultural	culturas o formas de vida	-2	-2	-2	4	4	4	4		
				3	3	3	5	5	4	4		
			salud y seguridad	1	0	0	4	4	4	4		
				3	4	5	5	5	5	5		
			empleo	0	0	0	0	0	0	0	27	
				3	2	3	5	4	4	4		84
		servicios e infraestructura	red de transporte	-2	-2	0	2	0	1	1		
				5	3	5	3	3	2	2		
			servicios	-2	-1	-2	3	3	3	4	8	
				4	3	4	5	4	4	4		51
		impacto de las acciones				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 período 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 del caserío El Cerro.

2.1.11. Evaluación socioeconómica

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

2.1.11.1. Valor presente neto

Es el modelo o método de mayor aceptación, ya que 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 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.

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo el presente. Es una forma fácil de visualizar si los ingresos 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.

$$VPN = 0 - Q 1\,864\,841,19$$

$$VPN = - Q 1\,864\,841,19$$

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.

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 los cálculos 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 presenta el costo que el estado debe desembolsar para la ejecución de dicho proyecto.

Esta tasa fue calculada tomando en cuenta la tasa libre que 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 calle de acceso a colonia Los Álamos, San Miguel Petapa, Guatemala

Es de suma importancia la planificación y ejecución de construcciones de comunicación vial para contribuir al desarrollo de la colonia Los Álamos.

3.1.1. Descripción del proyecto

El 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 colonia Los Álamos, considera pavimentar un tramo de 7,42 km. De las calles al acceso principal, con un ancho de 7,00 metros, con bordillo 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 calle categoría 2, clasificación según la Dirección General de Caminos; con un TPDA (tráfico promedio diario anual) de 648 vehículos y 120 camiones, con un ancho de calzada de 7,00 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 realiza 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 (coordenadas “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.

En este proyecto se realizó la nivelación usando una estación total marca Topcon mediante el método taquimétrico, como cota de salida se fijó una arbitraria, entera de 1 000 metros para no tener cotas negativas.

3.1.3.2. Planimetría

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

La medición de distancia 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.

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, 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 diseño de la calle

El proyecto de diseño de pavimento rígido se encuentra en el acceso principal de la colonia Los Álamos ubicada al noroeste de la cabecera municipal a una distancia de 7 kilómetros.

3.1.4.2. Alineamiento horizontal

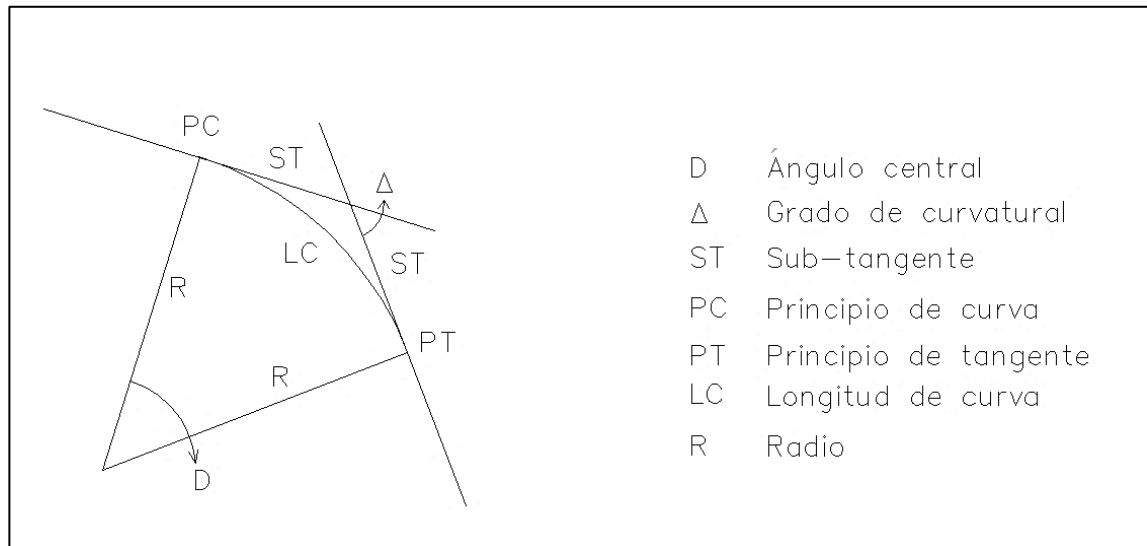
El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo, uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes.

- Tangentes. Son las proyecciones sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- Curvas circulares. Son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- Curvas de transición. Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva más no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esta transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado (ver figura 10).

Figura 10. **Planta de alineamiento horizontal de curva**



Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto, no se tomó en cuenta el alineamiento horizontal ya que se encuentran construcciones formales e informales, donde la población ha restringido los límites con cercos y construcciones estables y es innecesario el diseño de curvas en el área.

3.1.4.3. **Alineamiento vertical**

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento vertical está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

Los elementos de la curva vertical parabólica son de suma importancia el diseño de un alineamiento vertical, los cuales se describen a continuación.

- Longitud

Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son:

- Criterio de seguridad

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

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

LCV= longitud mínima de curva vertical

K= constante que depende de la velocidad de diseño

A= diferencia algebraica de pendientes

El valor de K se obtiene determinando la velocidad de diseño y por la forma de la curva, ya sea cóncava o convexa, para la selección de este valor se utiliza la siguiente tabla (ver tabla XXII).

Tabla XXIII. **Valor de constante K**

Velocidad de Diseño	Cóncava 	Convexa 
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: HERNANDEZ HERNANDEZ, Walther José. *Apertura de tramo carretero del caserío Agua Fría, aldea El Volcán, Camotán, Chiquimula, e introducción de servicio de agua potable al caserío Pinalito, aldea Morola, Camotán, Chiquimula.* p. 76.

Para el alineamiento vertical de este proyecto se adoptaron los valores de K correspondientes a una velocidad de diseño de 50 KPH, ya que se aumentó de 40 Kph al valor propuesto por una mayor seguridad de los usuarios.

- Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirven para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

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

- Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

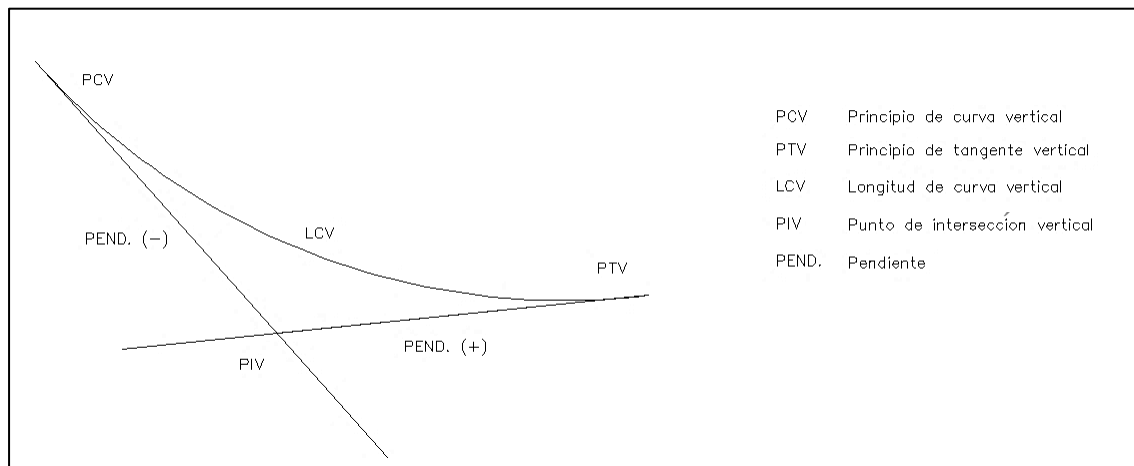
$$K = \frac{LCV}{A} = \frac{V^2}{395}$$

- Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente (ver figura 11).

$$K = \frac{LCV}{A} = 43$$

Figura 11. Sección de una curva vertical



Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto se consideró el diseño de las curvas verticales, las cuales son de suma importancia, como seguridad, comodidad, apariencia para el tránsito vehicular que se dará en la zona y que se muestran en la tabla XXIII.

Tabla XXIV. Curvas verticales

DIRECCION	No.	COTA PCV	COTA PTV	PVI	PVI ELEV.	K	LCV	A	OM	SEGURIDAD	APARIENCIA	COMODIDAD	DRENAJE
6ta calle y 2da av. Entre 0 av. Y 5ta calle	1	1068.77	1061.73	0+080.13	1062.72	23.89	150	6.27877773	1.17727082	√	X	√	√
	2	1061.73	1060.76	0+215.00	1061	131.92	113.75	0.86226501	0.12260331	√	√	√	X
	3	1060.21	1060.30	0+480.33	1059.9	158.65	150	0.94547747	0.17727702	√	√	√	X
0 av. A Entre 6ta calle y final	1	1061.91	1063.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1ra av. A Entre 6ta calle y final	1	1061.70	1055.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5ta calle y 4ta av. Entre 2da av. Y 4ta	1	1057.97	1053.69	0+175.00	1056.3	137.88	150	1.08790252	0.20398172	√	√	√	X
	2	1053.69	1052.71	0+324.12	1051.36	26.89	140.83	5.23726292	0.92195467	√	X	√	√
3ra av. Entre 4ta calle y 5ta calle B	1	1057.94	1056.59	0+430.36	1057	211.64	150	0.70875071	0.13289076	√	√	√	X
	2	1056.38	1056.20	0+619.70	1055.97	176.49	150	0.84990651	0.15935747	√	√	√	X
4ta calle entre 4ta av. Y final	1	1055.55	1052.45	0+399.22	1054.6	99.5	150	1.50753769	0.28266332	√	√	√	X
	2	1052.45	1049.13	0+519.35	1051.26	39.22	85.73	2.18587455	0.23424378	√	√	√	√
5ta av entre 4ta calle y final	1	1055.73	1054.40	0+150.15	1054.86	278.72	150	0.53817451	0.10090772	√	√	√	X
5ta calle B entre 5ta av y final	1	1054.00	1056.81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5ta calle entre 0 av y 4ta av	1	1077.18	1067.60	0+099.63	1069.94	22.99	150	6.5245759	1.22335798	√	X	√	√
	2	1063.59	1060.40	0+377.67	1061.25	75.29	150	1.99229645	0.37355559	√	√	√	X
3ra calle entre 0 av y 2da av	1	1071.56	1067.44	0+181.10	1068.03	38.2	150	3.92670157	0.73625654	√	√	√	√
2da calle entre 0 av y final	1	1070.53	1066.42	0+199.62	1067.49	57.38	150	2.61415127	0.49015336	√	√	√	X
	2	1065.08	1063.61	0+442.92	1064.01	166.28	150	0.90209286	0.16914241	√	√	√	X
1ra av. Entre 1ra calle y 3ra calle	1	1068.01	1067.75	0+391.98	1067.54	160.87	150	0.93242991	0.17483061	√	√	√	X
2da av. Entre 4ta calle y final	1	1064.48	1065.74	0+149.35	1065.48	151.87	150	0.98768684	0.18519128	√	√	√	X
0 av A entre 4ta calle y 5ta calle	1	1069.98	1069.16	0+159.93	1070.03	122.12	150	1.22830003	0.23030626	√	√	√	X
2da av. Entre 4ta calle y 5ta calle	1	1063.56	1061.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.4. Aspectos del camino existente

El camino se encuentra en malas condiciones, ya que es un camino de terracería al cual no se le da mantenimiento y por esa razón se encuentran con

muchos agujeros que son ocasionados por los vehículos que transitan y por las aguas de lluvia que se drena por gravedad.

3.1.4.5. Factores de diseño

Los factores que se tomaron en cuenta para el diseño de pavimentación rígido son los que se describen 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. Solo un pequeño porcentaje quedará por debajo de este valor.

Módulo de reacción del suelo (Kc)

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

Tabla XXV. **Valores de resistencia de suelos**

	Resistencia de la capa subrasante	Kc, en Kpa/cm	Módulo de elasticidad dinámico o de resiliencia, en Mpa.	en kg/cm ²
Tipo de suelo 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 limosa arcillosas mal graduadas	media	405-594	20-30	5,5-12
Gravas, arenas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos	alta	594-675	30-33,5	>12

Fuente: adoptado de: SALAZAR RODRÍGUEZ Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimento rígido*. 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 la tabla XXIV.

También se puede usar la corrección aproximada entre módulos de reacción y valores relativos soporte (VRS o CBR) para diferentes suelos.

- 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 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 1 000 vehículos.

Las tasas de crecimiento.

Los factores de distribución del tránsito. Se relaciona como se distribuye el tránsito pesado en el carril de diseño en un camino.

Normalmente los tránsitos promedios diarios anuales (TPDA), 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 (ver tabla XXV).

Tabla XXVI. **Tabla de crecimiento anual y período 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: SALAZAR RODRÍGUEZ Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 98.

Los factores por los que se deberán multiplicar los TPDA actuales para reflejar la tasa de crecimientos anuales son los que se muestran en la tabla XXV. 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 viabilidad o tramo carretero sabiendo de la existencia de una superficie de rodamiento más segura y cómoda.
- Crecimientos normales 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 hubiera 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.

3.1.5. Estudio de suelos

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

Para el diseño de un pavimento rígido es necesario conocer las características del suelo, que soportará cargas como el peso de la losa y el tránsito de vehículos. Para ellos se realizó la toma de muestra a cielo abierto en un área de excavación aproximadamente de un cuadrado y una profundidad de cincuenta centímetros, se extrajo cerca de 150 libras de suelo para realizar los ensayos correspondientes.

3.1.6. Ensayo de laboratorio

Los ensayos realizados para saber las características del suelo son:

- Ensayos de compactación (proctor modificado)
- Ensayos de valor soporte del suelo (CBR)
- Límites de Attenberg
- Granulometría

Los cuales se definen a continuación.

3.1.6.1. Ensayo de compactación (proctor modificado)

Como ya se ha demostrado, la relación existente entre la densidad seca de un suelo – su grado de compacidad – 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 se verá.

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 (1 000 cm para el PN y 2 320 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 realiza de 4 a 6 determinaciones con diferente grado de humedad, construyéndose la curva humedad- densidad seca.

Según el resultado del ensayo Proctor Modificado el suelo posee una densidad seca máxima de 1 422,58 Kg/m³ o 88,80 lb/pie³ y una humedad óptima de 28,75 %.

3.1.6.2. 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 determinarán los suelos que controlan el diseño y se establecerá el programa de ensayos y 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.

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 suelo, determinar el valor de CBR de diseño con base en el 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 que categoría de subrasante pertenece el sector.

Según el resultado del ensayo CBR el suelo posee un valor soporte de 3,58 al 95 % de compactación, expansión 3,75 % a 30 golpes. Siendo el suelo de resistencia muy baja como subrasante.

3.1.6.3. Límites de Atterberg

La plasticidad de un suelo no depende 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 según la tabla a continuación (ver tabla XXVI).

Tabla XXVII. **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.

Según el resultado del ensayo de límites de Atterberg, el suelo tiene un LL. de 48,4 % y un IP de 16,3 %, teniendo una clasificación CL, dicha clasificación indica que presenta una alta compresibilidad y que tiene un LL. Menor de 50 %, siendo un suelo muy arcilloso.

3.1.6.4. Granulometría

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

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

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

Tabla XXVIII. 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 0,27 % de grava, 32,86 % de arena y 66,88 % de finos. El suelo se clasifico como arcilla arenosa color café oscuro.

3.1.6.5. 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:

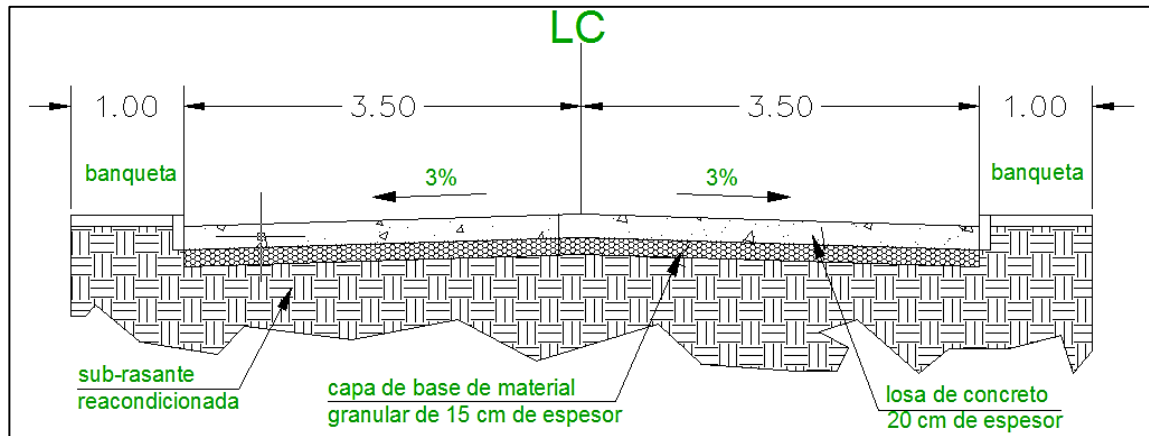
- Clasificación P.R.A.: A-7-5
- Descripción del suelo: arcilla arenosa color café oscuro
- Límite líquido: 48,4 %
- Índice plástico: 16,3 %
- Densidad seca máxima: 1 422,58 kg/m³ o 88,80 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 28,75 %
- CBR al 95 % de compactación: 3,58 % aprox
- CBR crítico: 2,41 %

Como se puede observar el suelo no cumple con las condiciones para una subrasante ya que su CBR es menor del 5 %, y su límite líquido no es mayor del 50 %.

3.1.7. 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 realizará de concreto con topes y bordillo (ver figura 12).

Figura 12. Sección típica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.1.7.1. Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya superficie de rodadura es de concreto hidráulico de cemento portland, y generalmente están asentadas sobre una capa de material de subbase ($\text{CBR} > 40 \%$ y esta a su vez sobre la subrasante nivelada y compactada.

Para el diseño de pavimentos en carreteras, el proyectista recurrirá al método para el cálculo de espesores de pavimentos rígidos la Portland Cement Association (PCA), el método de capacidad y el método simplificado.

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

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

- Pavimentos 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.

3.1.7.2. Componentes estructurales

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

3.1.7.3. Subrasante

Los materiales que se utilicen como capa subrasante deberán ser de preferencia, del tipo: 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 y OH con LL = 100 %, serán desechados como material de apoyo.

Para ellos 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 o grava. Cuando en el corte de suelos naturales afloren fragmentos de roca, estos no serán admitidos como lecho de apoyo. De ser así, se deberá proceder a la remoción de estos fragmentos endurecidos.

La tabla XXVIII muestra la clasificación de suelo según el porcentaje de CBR.

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

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

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

3.1.7.4. Subrasante y base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subbase. Generalmente se le usa en los pavimentos flexibles. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas interiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

3.1.7.5. 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.

3.1.7.6. 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.

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.

3.1.8. Parámetros de diseño

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

3.1.8.1. Período de diseño

El período de diseño utilizado en la pavimentación de la calle principal de la colonia Los Álamos, será de 20 años, por considerar que aproximadamente la vida útil de los materiales empleados es de 20 años, además, porque su

diseño se realizó con el método PCA y las tablas están adecuadas para 20 años.

3.1.8.2. Diseño de la base

Para la base se consideraron los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio y se determinó que el suelo no tiene un valor satisfactorio para utilizarlo como subrasante, por lo tanto se determinará el espesor de la base según las especificaciones correspondientes.

3.1.8.3. Diseño de espesor del pavimento

El diseño del espesor de pavimento rígido cuenta con datos de aforo vehicular, se realiza por el método de diseño PCA elaborado por la Portland Cement Association (PCA). Se estimó el TPD que es de 648 vehículos y 120 camiones, que transitarán por lo menos al día.

- Método de diseño PCA

Este método es utilizado cuando se diseña pavimentos rígido y con datos que proporcionan las tablas con rangos de tránsito, así como también tablas con distribución de cargas para distintas categorías de calle 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 período de diseño considerado es de 20 años.

El método consiste en los siguientes pasos:

- Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, no incluye camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Determinar la categoría de carga por eje según tabla Núm. XXIX.
- Determinar el espesor de base y de losa requerida, por medio de la tabla correspondiente (ver tablas XXXII y XXXV).
- Establecer el tipo de junta a utilizar.
- Establecer si se usara bordillo.
- Determinar el módulo de ruptura, el cual está definido como; el esfuerzo máximo en la fibra extrema de una viga de concreto. Una buena aproximación para la resistencia de la tensión será dentro de un 10 % a un 20 % de su resistencia a la compresión, por lo que se elige un 15 %. Entonces el Módulo de Ruptura (MR) es $0,15 \times 4\ 000 = 600$ PSI.
- Determinar el módulo de reacción “K” de la subrasante. Generalmente, el valor K puede darse como la clasificación SCU, PRA o el número CBR para determinar el módulo de reacción de la subrasante (el dato anterior se busca en la tabla núm. XXXI).
- Determinar el espesor final de la losa según la tabla de diseño determinada con los parámetros anteriores.

Con la información anterior, conociendo el módulo de ruptura del concreto y el tipo de juntas, buscan el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

- 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 2 según la tabla XXIX. El principal factor en la determinación del espesor de un

pavimento, es el tránsito que pasará sobre él. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje del TPD. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Cálculo del espesor del pavimento.

Para determinar el módulo de reacción “K”; en este proyecto se determinó un CBR de 2,41 %, para una compactación de 81,57 % y 4,74 % para una compactación de 98,1 %. (ver la gráfica de los resultados de laboratorio), según requisitos de diseño se obtiene 3,58 % de CBR a un 95 % de compactación.

Con el dato anterior (CBR= 3,58 %); se busca el módulo de reacción “K” en la tabla XXXI, el cual da un valor aproximado de $K = 112 \text{ lb/plg}^3$, el cual determina este valor como bajo, este resultado quiere decir que se debe aplicar una base intermedia entre la rasante y la capa de rodamiento para calcular una base adecuada para este suelo.

Según el tipo de tránsito que pasar sobre este pavimento, y siendo una calle colectora secundaria, llego a la conclusión de que corresponde a la

categoría 2 según tabla XXIX. Con un rango a futuro de 1 171 vehículos, 217 camiones diarios que corresponde a 18 % de TPDC (ver tabla XXIX).

Para este pavimento se estimó un módulo de ruptura de concreto de 600 PSI; que es equivalente a un 15 % de f'_c ($f'_c=4\ 000$ PSI) esto es igual a 600 PSI (281 kg/cm²), a los 28 días de curado. Las losas de concreto se construirán con bordillo por separado y juntas por trave con agregados (sin dovelas).

Con los datos anteriores ($K= 112$ lb/pulg³) se usa la tabla XXXII para obtener un nuevo valor de “K”, al agregar una base, según el espesor de la base granular aumenta el valor soporte o resistencia del suelo, el cual será la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subrasante, se interpola para encontrar un dato más exacto que es de 137,44 lb/plg³, que está clasificado como soporte medio según tabla XXX. El cual da una subbase granular de 6 pulgadas equivalente a 15,24 cm aproximándolo a 15 cm por comodidad.

Con los datos anteriores se usa la tabla XXXV para encontrar el espesor de la losa de concreto adecuada para el diseño, ubicándose en el lado izquierdo de la tabla, no se incluirá el bordillo a la fundición, posiciona en el MR = 600 PSI (módulo de ruptura), y en la columna de soporte medio se encuentra el valor de la losa, el cual da un espesor de 7,5 pulgadas equivalente a 19,05 cm, por comodidad y seguridad se trabaja con losa de espesor de 20 cm.

En consecuencia el diseño del pavimento queda de la siguiente manera

Tabla XXX. **Elemento estructural**

Elemento estructural	Espesor		
	Pulgadas	Centímetros	Por comodidad (cm)
base granular	6	15,24	15
Losa de concreto	7,5	19,05	20
Total	14	34,29	35

Fuente: elaboración propia.

Las juntas serán construidas a cada 3,50 m igualmente la junta longitudinal; porque el ancho promedio de la calle será de 7,00 m la pendiente de bombeo será 3 % como se indica en los planos.

El bordillo es de concreto y tiene 10 cm de ancho por 30 cm de alto, fundido independientemente de la losa de concreto.

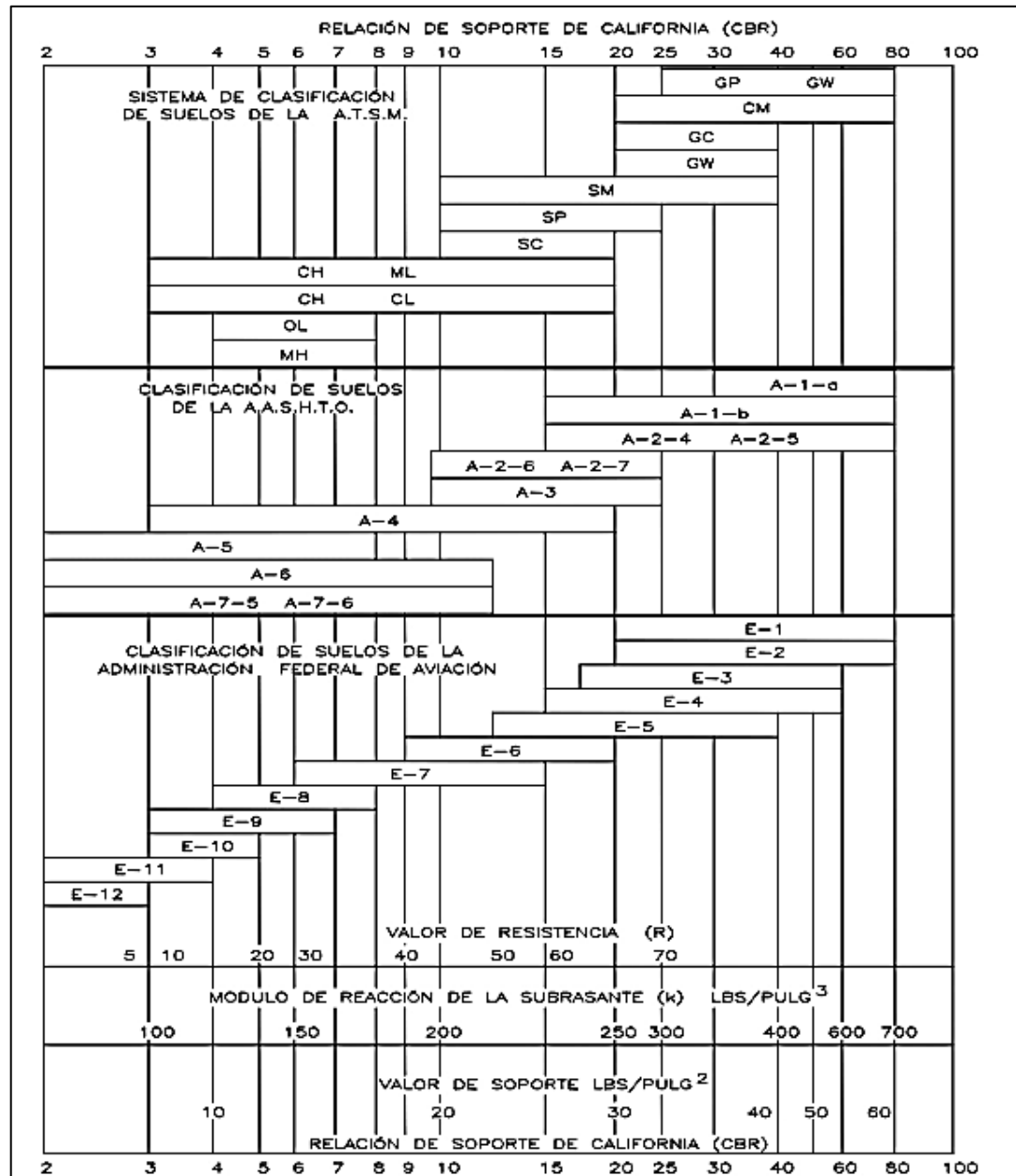
Relleno y sellante aplicado en frío. Relleno elastometrico a base de espuma de polietileno.

Tabla XXXI. **Categoría 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.	700-5 000	5-18	40-1 000	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 3 000-50 000 en 4 carriles	8-30	500-1 000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), carreteras y vías urbanas y rurales (medios a alto*)	3 000-20 000 en 2 carriles 3 000-15 000 4 carriles o mas	8-30	1 500-80 00	34	60

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

Figura 13. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos



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

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

TIPO DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K PSI
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130-170
Arena y mezclas de arena con grava, relativamente libre de fino	Alto	180-220
Subbase tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: Manual centroamericano para diseño de carretas. p. 25.

Tabla XXXIII. **Módulo de reacción K método PCA**

CBR (%)	3	4	5	8	10	20
k (PCI)	100	120	140	175	200	250

Fuente: Adoptado de SÁNCHEZ SANDOVAL, Fernando. *Método de diseño PCA*. p. 45.

Tabla XXXIV. **Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)**

Valor de K de la subrasante lb/pl	valores de K sobre la base Lb/plg ³			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
75	85	96	117	140
150	165	180	210	243
225	235	242	280	330
300	320	330	367	430

Fuente: Manual centroamericano para diseño de carreteras. p. 29.

Tabla XXXV. **Valores de K para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)**

Valor de K de la subrasante lb/pl	valores de K sobre la base Lb/plg ³			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
75	220	294	386	496
150	367	477	680	845
225	514	698	900	-----

Fuente: Manual centroamericano para diseño de carreteras. p. 32.

Tabla XXXVI. **TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimento con juntas doveladas**

Concreto sin hombros o bordillo						Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa pulg.		Soporte Subrasante - subbase				Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante - subbase				
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR=650 PSI	5,5	5				5	3 9 42				
	6	4	12	59	5,5	9	42	120	450		
	6,5	9	43	120	6	96	380				
	7	80	320		6,5	710	2 600	970	3 400		
	7,5	490	1 900	840	7	4 200					
	8	2500									
MR=600 PSI	6	11				5	1 8				
	6,5	8	24	110	5,5	1	8	23	98		
	7	15	70	190	6	19	84	220	810		
	7,5	110	440	1 100	6,5	160	620	1 500	5 200		
	8	590									
	8,5	2 700	2 300		7	1 000	3 600				

Continuación de la tabla XXXIV.

MR=550 PSI	6,5	4 19				5,5	3 17			
	7	11	34	150		6	3	14	41	
	7,5	19	84	230	890	6,5	29	120	320	160
	8	120	470			7	210	770		
	8,5	560	2 200	1 200		7,5	1 100	4 000	1 900	1 100
	9	2 400								

Nota: El análisis de fatiga controla el diseño.

Fuente: Manual centroamericano para diseño de carreteras. p. 38.

Tabla XXXVII. **TPDC permisible, carga por eje categoría 2 pavimentos con juntas con agregados de trave**

Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo					
Espesor de losa pulg.		Soporte Subrasante - sub-base			Espesor de losa pulg.	Soporte Subrasante - subbase				
		BAJO	MEDIO	ALTO		MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR=650 PSI					5	3			9	42
	5,5	5			5,5	9	42	120	450	
	6	4	12	59	6	96	380	700	970	
	6,5	9	43	120	6,5	650	1 000	1 400	2 100	
	7	80	320	840						
	7,5	490	1 200	1 500	1 200	7	1 100	1 900		
	8	1 300			1 900					
MR=600 PSI	6	11			5	1			8	
	6,5	8	24	110	5,5	1	8	23	98	
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7,5	110	440	1 100	2 100	6,5	160	520	1 400	2 100
	8	590								
	8,5	1 900	1 900		7	1 000	1 900			

Continuación de la tabla XXXV.

MR=550 PSI	6,5	4 19				5,5	3 17			
	7	11	34	150		6	3	14	41	160
	7,5	19	84	230	890	6,5	29	120	320	1 100
	8	120	470			7	210			
	8,5	560	2 200	1 200		7,5	1 100	770	1 900	
	9	2 400								

Nota: Análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga controla.

Fuente: Manual centroamericano para diseño de carreteras. p. 42.

3.1.8.4. Tipos de juntas

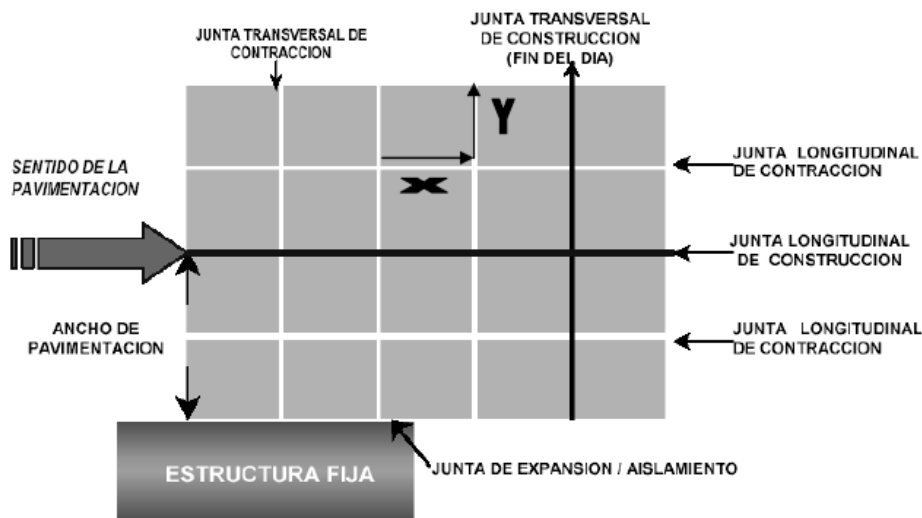
Dado que el concreto experimenta cambios volumétricos debidos al cambio de la temperatura y en sus contenidos de agua, ellos hacen que las losas que lo constituyen tiendan a sufrir esfuerzos de tensión que en ocasiones rebasan a los que las losas pueden soportar.

Los esfuerzos de tensión generados por cambios volumétricos se ven incrementados por los del tipo fraccionante 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.

En la figura 14 se observa un esquema de los tipos de juntas en un pavimento.

Figura 14. **Esquemas de juntas en un pavimento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

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 se usará $\frac{1}{4}$ del espesor, con un ancho de corte de $\frac{1}{4}$ ".

Profundidad de corte= $\frac{1}{4} * 0,20 \text{ m}$

Profundidad de corte= $0,05 \text{ m}$

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

Separación= $21 \times 0,20$

Separación= 4,2 m pero por ser un tablero grande se tomó para el diseño 3,50 m por seguridad.

Y la relación entre largo y ancho de los tableros debe ser $0.71 < x/y < 1,40$.

Tomando la mitad del ancho de la carretera la junta transversal será de 3,50 m.

Y la relación será $3,75/3,75 = 1,00$

3.1.9. Estructura final del pavimento

Diseño para 20 años

- Se tiene aforo de circulación de vehículos en el sector.
- Según el tipo de suelo, de la tabla XXVII se puede concluir que es un suelo con soporte bajo.
- Se propone un espesor de base mínimo= 15 cm.
- Tomando un concreto de resistencia=600 psi, el espesor de losa con bordillo en ambos lados es de 20 cm.
- Juntas transversales a cada 3,50 m.
- Junta longitudinales de 3,50 m.

3.1.10. 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 sí:

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

- Información requerida para el diseño de mezclas.
- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Contenido de humedad y porcentaje de adsorción 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 mezcla de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra
 - Elección de la resistencia promedio
 - Elección del asentamiento (*slump*)
 - Selección del tamaño máximo del agregado grueso
 - Estimación del agua de mezclado y contenido de aire
 - Selección de la relación agua/cemento (a/c)
 - Cálculo del contenido de cemento
 - Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino
 - Ajustes por humedad y absorción
 - Cálculo de proporciones en peso
 - Cálculo de proporciones en volumen
 - Cálculo de cantidades por tanda
- Determinación del tipo de asentamiento según la estructura

Determinación de estructura.

Para determinar el asentamiento se utiliza la tabla XXXVI:

Tabla XXXVIII. **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 XXXVI, para pavimentos se utiliza un asentamiento de 8 cm. Se necesita un concreto de un $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$, con un agregado de 1".

Asentamiento de concreto

Tabla XXXIX. **Relación agua – asentamiento**

Asentamiento	Cantidad de agua litro/metro cúbico				
en centímetros	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
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. Segundo semestre 2009.

Con los datos de asentamiento y tamaño de agregado, se obtiene de la tabla XXXVII la cantidad de agua, que es 195 lt/m^3 .

Se procede a buscar en la tabla siguiente la relación A/C para una resistencia de 281 kg/cm^2 y así hallar la cantidad de cemento.

Relación agua cemento.

Tabla XL. **Relación agua cemento**

Resistencia	Relación
kg/cm³	A/C
210	0,60
281	0,54
316	0,50

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería materiales de construcción.
Segundo semestre 2009.

De la tabla XXXVIII, se determina la relación $A/C = 0,54$ para encontrar la cantidad de material.

Cantidad de cemento = agua/0,54

Cemento = $195/0,54$

Cemento = $361,11 \text{ kg/m}^3$

- Determinando el peso de los agregados

Peso de concreto es de $2\,400 \text{ kg/m}^3$.

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

Peso de agregados= $2\,400 - (361,11 + 195)$.

Peso de agregados= $1\,843,89 \text{ Kg/m}^3$.

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 fue utiliza la tabla XXXIX.

Tabla XLI. **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 fue utilizada la tabla XXXIX.

Entonces:

Arena= $1\,843,89 \times 42\% = 774,43$ Kg

Piedrín= $1\,843,89 - 774,43 = 1\,069,46$ Kg

Resumen de datos obtenidos:

Agua= 195 kg

Cemento= 361,11 kg

Arena= 774,43 kg

Piedrín= 1 069,46 kg

- Calculando la proporción:

Cemento: $361,11/361,11 = 1$

Arena $774,43/361,11 = 2,14$

Piedrín $1\ 069,46/361,11 = 2,96$

Proporción del concreto por peso será: 1: 2,14: 2,96: 0,54

- Por volumen

$$2\ 400/1+2,14+2,96+0,54 = 361,44$$

$$\text{Cemento} = 1 \times 361,44 = 361,44 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 2,14 \times 361,44 = 773,48 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Piedrín} = 2,96 \times 361,44 = 1\ 069,86 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 0,54 \times 361,44 = 195,18 \text{ kg/m}^3$$

- Volumen

$$\text{Cemento} = 361,44 \text{ kg/m}^3 / 42,5 \text{ kg} = 8,50 \text{ sacos/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 8,50 \text{ sacos} \times \frac{\text{pie}^3}{\text{saco}} \times \frac{\text{m}^3}{35,31 \text{ pie}^3} = 0,2407 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{774,43 \text{ kg}}{1\ 400 \text{ kg/m}^3} = 0,553 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = \frac{10\ 69,46 \text{ kg}}{1\ 600 \text{ kg/m}^3} = 0,668 \text{ m}^3$$

1: 2,30: 2,78: 0,21 gal

3.1.11. 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 cubierta en su totalidad con esteras. Las esteras deben tener longitudes (o anchis) 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 láquido de curado son pigmento blanco que llene los requisitos de 551,08 (f) y en 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 distribuciones mecánicas. El compuesto de curado tendrá características tales, que la película debe endurecer dentro de los 30 minutos a la aplicación.

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

3.1.12. Elaboración de planos finales

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

- Planta general
- Planta-perfil de calle de 1ra Av. entre 1ra calle y 3ra calle.
- Planta-perfil de calle de 5ta. Calle entre 0 Av. y 4ta Av.
- Planta-perfil de calle de 6ta y 2da Av. entre 0 Av. y 5ta Av.

- Planta-perfil de calle de 5ta Av. entre 4ta calle y final.
- Planta-perfil de calle de 4ta calle entre 4ta Av. y final.
- Planta-perfil de calle de 0 Cv. A entre 4ta calle y 5ta calle.
- Planta-perfil de calle de 2da Av. entre 4ta calle y 5ta calle.
- Planta-perfil de calle de 2da Av. entre 4ta calle y final.
- Planta-perfil de calle de 5ta calle B entre 5ta Av. Y final.
- Planta-perfil de calle de 0 Av. A entre 6ta calle y final.
- Planta-perfil de calle de 1ra. Av. A entre 6ta calle y final.
- Planta-perfil de calle de 2da calle entre 0 Av. y final.
- Planta-perfil de calle de 3ra calle entre 0 Av. y 2da Av.
- Planta-perfil de calle de 5ta calle B y 4ta Av. entre 0 Av. y 4ta calle.
- Planta perfil de calle de 3ra Av. entre 4ta calle y 5ta calle B final.
- Detalle de pavimentación

3.1.13. 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 las calles de acceso a la colonia Los Álamos.

Como puede observarse en la tabla XL, el impacto ambiental será positivo para la población de la colonia Los Álamos, salvo en el factor de flora y fauna, los cuales presentan valores negativos por las acciones de ruido y vibraciones, causadas por los trabajos de construcción y tránsito vehicular, y contaminación de humo causado por los vehículos que lleguen a transitar por las calles de la colonia, 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 el aumento de las actividades económicas y agrícolas.

Tabla XLII. Matriz de Leopold de impacto ambiental de pavimentación

				ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS									
				modificacion 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	Impacto en ambiente	Importancia de impacto	
FACTORES AMBIENTALES	Fisico quimicas	Tierra	Suelos	-1	-3	0	5	3	1	1	6		
				5	3	3	5	1	5	5		27	
		Agua	Calidad	0	0	0	0	3	0	0			
				5	0	5	0	5	0	0			
			Temperatura	0	0	0	0	0	0	0	3		
				5	0	5	3	3	5	5		41	
		Atmosfera	Calidad	-3	-2	0	5	4	-1	-1			
				5	5	5	1	3	2	3			
			Inundaciones	0	0	0	4	5	0	0	11		
				0	0	0	1	3	2	2		32	
		Procesos	Compactacion	5	0	0	5	3	1	0	14		
				5	2	0	5	3	3	2		20	
	Condiciones biologicas	Flora	Arboles	-2	0	-2	0	2	0	-2			
				5	2	3	1	0	2	5			
			cosechas	-3	0	0	5	4	0	-2	4		
				5	0	3	2	0	2	2		14	
		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			
				5	3	5	2	3	3	5			
			Zona residencial	3	-3	-1	5	4	-1	-1	11		
				4	4	4	5	5	3	5		56	
		Nivel Cultural	Culturas o formas de vida	-3	-3	-1	5	5	0	0			
				5	5	5	5	4	2	3			
			Salud y seguridad	-1	-1	-1	3	3	0	0			
				4	4	4	4	5	2	3			
			Empleo	3	-1	0	5	3	0	0	16		
				3	3	3	3	3	3	3		76	
		Servicio e infraestructura	Red de transporte	0	0	0	5	3	0	0			
				5	3	3	5	5	3	3			
			Servicios	2	1	0	5	5	0	3	21		
				3	3	4	4	4	2	-9		50	
Impacto de la accion				-1	-16	-8	56	51	0	-9			
Importancia de la accion				69	40	55	49	48	42	54			

Fuente: elaboración propia.

3.1.14. 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:

- **Bordillo**

Faja o cinta de piedra que forma el borde de una acera, situados a ambos lados de la línea central de la calle, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la capa de rodamiento.

El bordillo y las dimensiones se especifican en el plano detalles de calles en los anexos.

- **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 se pueden llamar la instalación de ensambles de las juntas, tenga lugar entre el acabado final de la subrasante 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.

En el diseño se construirán juntas de construcción donde se une la pavimentación nueva con el pavimento de concreto existente. Juntas transversales: estas se cortarán a una distancia de 3,50 m. y una profundidad de 5,00 cm. Junta longitudinales: se cortarán a una distancia de 3,50 m. sirviendo de límite entre carriles y con un corte de 5,00 cm de profundidad.

3.1.15. 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 se muestra en las siguientes tablas.

Tabla XLIII. Integración de unitarios de replanteo topográfico

Renglón 1					
Cantidad ml	7 415,97	Replanteo topográfico			
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Estacas	Global	1	200,00	200,00	26,42
Pintura	Galón	1	140,00	140,00	18,49
Subtotal de material				340,00	44,91
MANO DE OBRA POR TRATO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Cadenero	Día	15	73,67	1 105,05	145,98
Topográfico	Día	15	166,67	2 500,05	330,26
Subtotal				3 605,10	476,24
Prestaciones			0,8567	3 088,49	407,99
Total de mano de obra				6 693,59	884,23
HERRAMIENTO Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, machetes, martillos	Global	1	500,00	500,00	66,05
Alquiler de estación total	Día	15	525,00	7 875,00	1 040,29
Subtotal de herramienta y equipo				8 375,00	1 106,34
Costo directo			Factores	15 408,59	2 035,48
Imprevisto			0,03	462,26	61,06
Administración			0,10	1 540,86	203,55
Utilidad			0,20	3 081,72	407,10
IVA			0,12	1 849,03	244,26
Total				22 342,45	2 951,45
Costo unitario				3,01	0,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. Integración de unitarios de corte de cajuela

Renglón 2					
Cantidad m³	17 843	corte de cajuela			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Subtotal de material				0.00	0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Peones	Día	75	73,67	5 525,25	729,89
Subtotal				5 525,25	729,89
Prestaciones			0,8567	4 733,48	625,29
Total de mano de obra				10 258,73	1 355,18
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Tractor D6D	Horas	595	525,00	312 375,00	41 264,86
Camión 12 m³	Horas	1 636	400,00	654 400,00	86 446,50
Moto niveladora	Horas	114	475,00	54 150,00	7 153,24
Bomba de agua	Horas	114	150,00	17 100,00	2 258,92
Subtotal maquinaria y equipo				1 038 025,00	137 123,51
Costo directo			Factores	1 048 283,73	138 478,70
			0,03	31 448,51	4 154,36
			0,10	104 828,37	13 847,87
			0,20	209 656,75	27 695,74
			0,12	125 794,05	16 617,44
Total				1 520 011,41	200 794,11
Costo unitario				85,19	11,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Tratamiento de la subrasante

renglón 3					
cantidad m²	50 979	tratamiento de la subrasante			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Subtotal de material				0	0
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Ayudante de maquinaria	Día	35	73,67	2 578,45	340,61
Prestaciones			0,8567	2 208,96	291,80
Subtotal de mano de obra				4 787,41	632,42
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Retroexcavadora	Hora	114	475	54 150	7 153,24
Rodo compactador	Hora	243	200,00	48 600,00	6 420,08
Camión cisterna	Hora	121	150,00	18 150 00	2 397,62
Traslado de maquinaria	Unidad	2	1 480,00	2 960 00	391,02
Subtotal de herramienta y equipo				123 860,00	16 361,96
Costo directo			Factores	128 647,41	16 994,37
			0,03	3 859,42	509,83
			0,10	12 864,74	1 699,44
			0,20	25 729,48	3 398,87
			0,12	15 437,69	2 039,32
Total				186 538,74	24 641,84
Costo unitario				3,66	0,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. Integración de unitarios de base granular de 15 cm

Renglón 3					
Cantidad m³	7 646,9	Base de 0,15 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Material granular	m³	7 647	149,6	1 143 991,2	151 121,69
Subtotal de material				1 143 991,2	151 121,69
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Peones	Día	18	73,67	1 326,06	175,17
Subtotal				1 326,06	175,17
Ayudante			0,34	450,86	59,56
Prestaciones			0,8567	1 136,04	150,07
Total de mano de obra				2 912,96	384,80
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Moto niveladora	Hora	146	500,00	73 000,00	9 643,33
Maquina compactadora	Hora	36	200,00	7 200,00	951,12
Bomba de agua	Hora	72	150,00	10 800,00	1 426,68
Subtotal herramienta y equipo				91 000,00	12 021,14
Costo directo			Factores	1 237 904,16	163 527,63
Imprevisto			0,03	37 137,12	4 905,83
Administración			0,10	123 790,42	16 352,76
Utilidad			0,20	247 580,83	32 705,53
IVA			0,12	148 548,50	19 623,32
Total				1 794 961,03	237 115,06
Costo unitario				234,73	31,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. Integración de unitarios de carpeta de rodadura de 20 cm

Renglón 4					
Cantidad m³	10 196	Carpeta de rodadura de 0,20 m			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Cemento UGC	Saco	98 491,47	66,88	6 587 109,29	870 159,75
Arena de río	m³	5 781,02	52,80	305 237,90	40 322,05
Piedrín de 1"	m³	7 065,69	149,60	1 057 027,55	139 633,76
Tabla de 10 ft	Unidad	30,00	57,00	1 710,00	225,89
Clavo para madera 2 1/2"	lb	23,00	7,00	161,00	21,27
Clavo para madera 3"	lb	23,00	7,00	161,00	21,27
Alambre de amarre	lb	30,00	5,72	171,60	22,67
Costanera de 8"x2"x1/16 de 6,00 m	Unidad	28,00	185,00	5 180,00	684,28
Anti sol rojo	Cubeta	51,00	500,00	25 500,00	3 368,56
Bomba para fumigar	Unidad	3,00	308,00	924,00	122,06
Sello de junta Sikaflex	Cubeta	97,00	350,00	33 950,00	4 484,81
Subtotal de material				8 017 132,34	1 059 066,36
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Colocación de arrastres	ml	7 415,97	1,50	11 123,96	1 469,48
Retiro de arrastres	ml	7 415,97	1,00	7 415,97	979,65
Corte de concreto	ml	7 415,97	2,10	15 573,54	2 057,27
Colocación de concreto	m²	50 979,02	25,00	1 274 475,50	168 358,72
Aplicación de antisol	m²	50 979,02	7,75	395 087,41	52 191,20
Sello de juntas	ml	22 247,00	1,50	33 370,50	4 408,26
Limpieza	ml	22 247,00	0,50	11 123,50	1 469,42
Subtotal				1 748 170,37	230 934,00
Ayudante			0,34	594 377,92	78 517,56
Prestaciones			0,86	1 497 657,55	197 841,16
Total de mano de obra				3 840 205,85	507 292,71
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	1 500,00	1 500,00	198,15
Vibrador	Día	24,00	450,00	10 800,00	1 426,68
Arrastre manual	Día	24,00	400,00	9 600,00	1 268,16
Rallador	Día	12,00	350,00	4 200,00	554,82
Cortadora de disco diamante	Día	60,00	150,00	9 000,00	1 188,90
Subtotal herramienta y equipo				35 100,00	4 636,72
Costo directo			Factores	11 892 438,18	1 570 995,80
Imprevisto			0,03	356 773,15	47 129,87
Administración			0,10	1 189 243,82	157 099,58
Utilidad			0,20	2 378 487,64	314 199,16
IVA			0,12	1 427 092,58	188 519,50
Total				17 244 035,37	2 277 943,91
Costo unitario				1 691,29	223,42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. Integración de unitarios de bordillo

Renglón 5					
Cantidad ml	14 831,9	Bordillo			
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Cemento UGC	Saco	4 288,95	66,88	286 845,12	37 892,35
Arena de río	m³	254,16	52,80	13 419,65	1 772,74
piedrín de 1"	m³	308,36	149,60	46 130,06	6 093,80
Hierro de 3/8"	qq	200,00	237,60	47 520,00	6 277,41
Hierro de 1/4"	qq	66,00	198,00	13 068,00	1 726,29
Tabla de 1"x1'x10'	Unidad	30,00	57,00	1 710,00	225,89
Clavo para madera 3"	Lb	23,00	7,00	161,00	21,27
Costanera 6"x2"x1/16 de 6,00 m	Unidad	28,00	185,00	5 180,00	684,28
Alambre de amarre	Lb	30,00	5,72	171,60	22,67
Subtotal de material				414 205,43	54 716,70
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Colocación de concreto	ml	444,96	25,00	11 123,96	1 469,48
Colocación de formaleta	ml	14 831,94	1,50	22 247,91	2 938,96
Retiro de formaleta	ml	14 831,94	1,00	14 831,94	1 959,31
Subtotal				48 203,81	6 367,74
Ayudante			0,34	16 389,29	2 165,03
prestaciones			0,86	41 296,20	5 455,24
Total de mano de obra				105 889,30	13 988,02
HERRAMIENTA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Palas, piochas, azadones, carretillas	Global	1,00	800,00	800,00	105,68
Vibrador	Días	15,00	450,00	6 750,00	891,68
Mezcladora de concreto	Días	15,00	500,00	7 500,00	990,75
Subtotal herramienta y equipo				15 050,00	1 988,11
Costo directo			Factores	535 144,73	70 692,83
Imprevisto			0,03	16 054,34	2 120,78
Administración			0,10	53 514,47	7 069,28
Utilidad			0,20	107 028,95	14 138,57
IVA			0,12	64 217,37	8 483,14
Total				775 959,86	102 504,61
Costo unitario				52,32	6,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. Integración de unitarios de limpieza

Renglón 7					
Cantidad ml	7 415,97	Limpieza			
HERRAMINETA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Retro excavadora	Horas	40	475,00	19 000,00	2 509,91
Camión	Global	1	250,00	250,00	33,03
Subtotal				19 250,00	2 542,93
MANO DE OBRA					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Peones	Día	8	73,67	589,36	77,85
Subtotal				589,36	77,85
Prestaciones			0,8567	504,90	66,70
Total de mano de obra				1 094,26	144,55
MATERIAL					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
Subtotal				0,00	0,00
Costo directo			Factores	20 344,26	2 687,49
Imprevisto			0,03	610,33	80,62
Administración			0,10	2 034,43	268,75
Utilidad			0,20	4 068,85	537,50
IVA			0,12	2 441,31	322,50
Total				29 499,18	3 896,85
Costo unitario				3,98	0,53

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. Presupuesto de diseño de pavimento

Núm.	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (Q)	Total (Q)	Total (\$)
1	Replanteo topográfico	ml	7 415,97	3,01	22 342,45	2 951,45
2	Corte de cajuela	m³	17 842,66	85,19	1 520 011,41	200 794,11
3	Tratamiento de la subrasante	m²	509 79	3,66	186 538,74	24 641,84
4	Base de 0,15 m	m³	7 646,85	234,73	1 794 961,03	237 115,06
5	Carpeta de rodadura de 0,20 m	m³	10 195,80	1 691,29	17 244 035,37	2 277 943,91
6	Bordillo	ml	14 831,94	52,32	775 959,86	102 504,61
8	Limpieza	ml	7 415,97	3,98	29 499,18	3 896,85
	Total				21 573 348,05	2 849 847,83

Fuente: elaboración propia.

Imprevistos 3 %

Administración 10 %

Utilidad 20 %

IVA 12 %

Cambio de dólar al 02/05/2015, 1US\$ = Q 7,57

En letras: veintiun millones quinientos setenta y tres mil trescientos cuarenta y ocho quetzales con cinco centavos.

Equivalente a: dos millones ochocientos cuarenta y nueve mil ochocientos cuarenta y siete dólares con ochenta y tres centavos.

CONCLUSIONES

1. La construcción del sistema de alcantarillado sanitario, resolverá la problemática de los focos de contaminación y malos olores en el caserío El Cerro, con este sistema las aguas servidas ya no serán vertidas sobre la superficie del terreno.
2. La evacuación del agua residual del caserío El Cerro, será tratada por medio de una planta de tratamiento para minimizar la contaminación hacia donde se desfogará.
3. Este trabajo de EPS proporcionó una buena experiencia, pues permitió realizar proyectos completos de ingeniería, desde las investigaciones preliminares, para la recopilación de datos y 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 municipio de San Miguel Petapa.
4. La subrasante de la colonia Los Álamos es un suelo donde predomina la arcilla, donde se clasificó de soporte bajo, para la cual fue necesario implementar una base granular adecuada, necesario para aumentar el soporte y drenar las aguas que se puedan filtran en la capa de rodadura para soportar la carga de los vehículos.
5. El método simplificado de la PCA, utilizado para el diseño del pavimento rígido para a colonia Los Álamos, es un método de fácil aplicación, ya

que gran parte del procedimiento del mismo se basa en tablas, por lo tanto tiene gran aplicación, y están diseñadas para un período de vida de 20 años.

6. El mantenimiento frecuente y adecuado es importante para reducir al mínimo los costos de reparación a largo plazo, especialmente lo que se refiere a revestimiento.

RECOMENDACIONES

1. Para lograr un buen funcionamiento del alcantarillado sanitario, se debe hacer conciencia a los vecinos de la aldea, para que le den el uso adecuado, explicando que no deben de permitir botar basura dentro de los pozos de visita o tubería, ni conectar las aguas de lluvias de sus casas a este sistemas.
2. Verificar que en la construcción los precios de materiales y mano de obra no hayan variado para evitar los problemas de financiamiento.
3. 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.
4. Es necesaria la supervisión técnica de un profesional, para que el proyecto brinde los resultados esperados y para garantizar que las especificaciones de los planos se cumpla a cabalidad.
5. Para la durabilidad de las calles de la colonia Los Álamos dependerá de varios factores, prever un manteniendo periódico y adecuado en las estructuras de drenaje para evitar obstrucciones o empozamientos que puedan dañar la estructura de la calle.
6. Realizar una compactación adecuada de la base que alcance el valor estimado de CBR al 95 % y de esta forma evitar fallos en la capa de

rodadura y además de realizar un curado adecuado para que alcance la resistencia correspondiente.

7. Realizar las juntas correspondientes y sellarlas en el tiempo correspondiente para evitar el agrietamiento Y filtración del agua en la capa de rodadura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Apuntes de los cursos de topografía, *Ingeniería Sanitaria II, mecánica de suelos, concreto*. Guatemala: USAC, 2009.
2. BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. Colombia: McGraw-Hill, 1980. 225 p.
3. Centro de Educación Artística. *Manual para las instalaciones de agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de la Cd. de Querétaro*, México: CEA, 2001. 126 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Limusa, 1999. 183 p.
5. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC, 2000. 628 p.
6. Ministerio de Salud Pública. Unidad de Salud Ambiental. *Diseño y construcción de prototipo de fosa séptica para el tratamiento y disposición final de aguas residuales en viviendas de zona rurales*. El Salvador: MSP, 2010. 86 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: Infom, 2001. 29 p.

8. LAURA HUANCA, Samuel. *Diseño de mezclas de concreto*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2006. 122 p.
9. SALAZAR RODRIGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. 2a ed. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1997. 119 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Datos de diseño

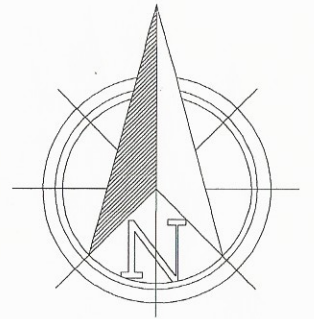
TRAMO	DE	A	COTAS DE TERRENO		DH(m)	Sterr.(%)	No. CASAS		HABITANTES		Q sanitario		FACTOR DE		FACTOR DE HARMOND		Q diseño	
	PV	PV	INICIO	FINAL			LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	actual	futuro
1	0	1	1102.48	1097.29	35.45	14.64	3	3	15	39	0.0342	0.0697	0.002	0.002	4.4	4.3	0.1506	0.3401
2	1	2	1097.29	1091.09	39.09	15.86	2	5	25	65	0.0500	0.1146	0.002	0.002	4.4	4.3	0.2185	0.5609
3	2	3	1091.09	1084.65	38.43	16.76	3	8	40	105	0.0754	0.1818	0.002	0.002	4.3	4.2	0.3467	0.8866
4	3	4	1084.65	1079.71	37	13.35	4	12	60	157	0.1087	0.2705	0.002	0.002	4.3	4.2	0.5158	1.3132
5	4	5	1079.71	1071.14	72.12	11.88	8	20	100	262	0.1846	0.4489	0.002	0.002	4.2	4.1	0.8487	2.1460
6	5	6	1071.14	1064.9	42.69	14.62	4	24	120	314	0.2071	0.5388	0.002	0.002	4.2	4.1	1.0131	2.5544
7	6	7	1064.9	1059.9	60.09	8.32	7	31	155	405	0.2705	0.6939	0.002	0.002	4.2	4.0	1.2978	3.2584
8	7	8	1059.9	1058.9	45.55	2.20	3	34	170	445	0.2877	0.7598	0.002	0.002	4.2	4.0	1.4188	3.5564
9	8A	8	1063.01	1058.9	55.87	7.36	3	3	15	39	0.0380	0.0684	0.003	0.002	4.4	4.3	0.1672	0.3401
10	8	9	1058.9	1057.61	11.99	10.76	1	38	190	497	0.3118	0.8507	0.002	0.002	4.2	4.0	1.5793	3.9506
11	9	10	1057.61	1056.04	33.15	4.74	1	39	195	510	0.3238	0.8720	0.002	0.002	4.2	4.0	1.6193	4.0487
12	10	11	1056.04	1051.02	30.14	16.66	3	42	210	549	0.3498	0.9412	0.002	0.002	4.1	4.0	1.7389	4.3416
13	11	12	1051.02	1042.91	40.28	20.13	2	44	220	575	0.3668	0.9865	0.002	0.002	4.1	3.9	1.8184	4.5359
14	12	13	1042.91	1042.76	26.68	0.56	2	46	230	601	0.3805	1.0275	0.002	0.002	4.1	3.9	1.8976	4.7294
15	13	14	1042.76	1043.59	41.48	-2.00	4	50	250	654	0.4179	1.1164	0.002	0.002	4.1	3.9	2.0556	5.1143
16	14B	14B'	1057.5	1054.04	12.32	28.08	2	2	10	26	0.0207	0.0499	0.002	0.002	4.4	4.4	0.0915	0.2282
17	14B'	14	1054.04	1043.59	28.72	36.39	2	4	20	52	0.0400	0.0961	0.002	0.002	4.4	4.3	0.1752	0.4509
18	14	15	1043.59	1035.75	68.92	11.38	7	61	305	798	0.5156	1.3646	0.002	0.002	4.1	3.9	2.4860	6.1593
19	15	16	1035.75	1034.17	23.93	6.60	1	62	310	811	0.5088	1.3860	0.002	0.002	4.1	3.9	2.5249	6.2533
20	1C	2C	1062.75	1057.81	34.95	14.13	3	3	15	39	0.0342	0.0696	0.002	0.002	4.4	4.3	0.1501	0.3401
21	2C	6E	1057.81	1043.45	56.59	25.38	5	8	40	105	0.0810	0.1834	0.002	0.002	4.3	4.2	0.3509	0.8866
22	1D	2D	1057.76	1054.24	27.57	12.77	2	2	10	26	0.0236	0.0470	0.002	0.002	4.4	4.4	0.1040	0.2053
23	2D	3D	1054.24	1051.3	17.09	17.20	3	5	25	65	0.0471	0.1149	0.002	0.002	4.4	4.3	0.2183	0.5609
24	3D	4E	1051.3	1044.47	34.66	19.71	3	8	40	105	0.0747	0.1823	0.002	0.002	4.3	4.2	0.3467	0.8866
25	1E	2E	1051.54	1048.63	20.29	14.34	2	2	10	26	0.0222	0.0473	0.002	0.002	4.4	4.4	0.0981	0.2065
26	2E	3E	1048.63	1045.64	37.18	8.04	3	5	25	65	0.0508	0.1132	0.002	0.002	4.4	4.3	0.2218	0.5609
27	3E	4E	1045.64	1044.47	47.39	2.47	3	16	80	209	0.1420	0.3578	0.002	0.002	4.3	4.1	0.6830	1.7326
28	4E	5E	1044.47	1043.41	31.38	3.38	1	17	85	222	0.1449	0.3803	0.002	0.002	4.3	4.1	0.7246	1.8364
29	5E	6E	1043.41	1043.45	29.88	-0.13	3	28	140	366	0.2361	0.6254	0.002	0.002	4.2	4.0	1.1762	2.9582
30	6E	16F	1043.45	1038.88	22.58	20.24	2	30	150	392	0.2499	0.6738	0.002	0.002	4.2	4.0	1.2573	3.1586
31	1F	2F	1076.54	1072.56	20.95	19.00	2	2	10	26	0.0223	0.0482	0.002	0.002	4.4	4.4	0.0986	0.2282
32	2F	3F	1072.56	1059.82	82.12	15.51	10	12	60	157	0.1237	0.2709	0.002	0.002	4.3	4.2	0.5317	1.3132
33	3F	4F	1059.82	1053.69	34.14	17.96	4	16	80	209	0.1406	0.3607	0.002	0.002	4.3	4.1	0.6830	1.7326
34	4F	5F	1053.69	1049.66	38.48	10.47	5	21	105	275	0.1831	0.4710	0.002	0.002	4.2	4.1	0.8899	2.2486
35	5F	6F	1049.66	1045.34	58.06	7.44	5	26	130	340	0.2273	0.5821	0.002	0.002	4.2	4.1	1.0948	2.7569
36	6F	7F	1045.34	1043.85	44.09	3.38	6	32	160	418	0.2746	0.7154	0.002	0.002	4.2	4.0	1.3382	3.3580
37	7F	8F	1043.85	1043.43	2.8	15.00	5	37	185	484	0.3064	0.8292	0.002	0.002	4.2	4.0	1.5393	3.8524
38	8F	9F	1043.43	1042.93	25.39	1.97	3	40	200	523	0.3327	0.8938	0.002	0.002	4.1	4.0	1.6592	4.1465
39	9F	10F	1042.93	1042.16	21.79	3.53	2	42	210	549	0.3471	0.9388	0.002	0.002	4.1	4.0	1.7389	4.3416
40	10F	11F	1042.16	1041.73	14.68	2.93	1	43	215	562	0.3528	0.9610	0.002	0.002	4.1	3.9	1.7787	4.4388
41	11F	12F	1041.73	1041.43	10.45	2.87	0	43	215	562	0.3509	0.9610	0.002	0.002	4.1	3.9	1.7787	4.4388
42	12F	13F	1041.43	1040.62	26.33	3.08	2	45	225	588	0.3723	1.0057	0.002	0.002	4.1	3.9	1.8580	4.6327
43	13F	14F	1040.62	1039.92	19.84	3.53	1	46	230	601	0.3781	1.0281	0.002	0.002	4.1	3.9	1.8976	4.7294
44	14F	15F	1039.92	1039.62	7.04	4.26	0	46	230	601	0.3747	1.0282	0.002	0.002	4.1	3.9	1.8976	4.7294
45	15F	16F	1039.62	1038.88	50.5	1.47	6	82	410	1072	0.6816	1.8318	0.002	0.002	4.0	3.8	3.2940	8.1062
46	16F	16	1038.88	1034.17	38.35	12.28	3	147	735	1922	1.2035	3.2856	0.002	0.002	3.9	3.6	5.7069	13.8355
47	16	17	1034.17	1030.32	18.13	21.24	2	149	745	1948	1.2149	3.3319	0.002	0.002	3.9	3.6	5.7794	14.0061
48	17	18	1030.32	1024.12	29.28	21.17	2	151	755	1974	1.2332	3.3766	0.002	0.002	3.9	3.6	5.8518	14.1764
49	18	19	1024.12	1017.8	29.51	21.42	3	154	770	2014	1.2587	3.4437	0.002	0.002	3.9	3.6	5.9603	14.4313
50	19	20	1017.8	1013.55	21.83	19.47	3	157	785	2053	1.2816	3.5103	0.002	0.002	3.9	3.6	6.0686	14.6856
51	20	21	1013.55	1009.42	24.96	16.55	2	159	795	2079	1.2973	3.5544	0.002	0.002	3.9	3.6	6.1406	14.8548
52	1G	2G	1035.93	1030.97	13.52	36.69	2	2	10	26	0.0210	0.0515	0.002	0.002	4.4	4.4	0.0925	0.2282
53	2G	3G	1030.97	1023.11	19.87	39.56	3	5	25	65	0.0476	0.1190	0.002	0.002	4.4	4.3	0.2183	0.5609
54	3G	4G	1023.11	1017.23	14.76	39.84	2	7	35	92	0.0618	0.1637	0.002	0.002	4.3	4.3	0.3041	0.7787
55	4G	5G	1017.23	1013.41	14.94	25.57	2	9	45	118	0.0780	0.2058	0.002	0.002	4.3	4.2	0.3891	0.9940
56	5G	6G	1013.41	1013.17	14.85	1.62	2	11	55	144	0.0943	0.2460	0.002	0.002	4.3	4.2	0.4737	1.2073
57	6G	7G	1013.17	1012.94	15.45	1.49	1	12	60	157	0.1014	0.2683	0.002	0.002	4.3	4.2	0.5158	1.3132
58	7G	8G	1012.94	1011.75	72.46	1.64	4	16	80	209	0.1477	0.3577	0.002	0.002	4.3	4.1	0.6830	1.7326
59	8G	9G	1011.75	1011.33	24.88	1.69	2	18	90	235	0.1529	0.4024	0.002	0.002	4.3	4.1	0.7660	1.9400
60	9G	10G	1011.33	1010.87	26.32	1.75	1	19	95	248	0.1602	0.4247	0.002	0.002	4.2	4.1	0.8074	2.0432
61	10G	11G	1010.87	1010.48	19.61	1.99	2	21	105	275	0.1763	0.4694	0.002	0.002	4.2	4.1	0.8899	2.2486
62	11G	21	1010.48	1009.42	14.88	7.12	1	181	905	2367	1.4729	4.0441	0.002	0.002	3.8	3.5	6.9278	16.6979
63	21	22	1009.42	1004.17	20.81	25.23	0	181	905	2367	1.4729	4.0474	0.002	0.002	3.8	3.5	6.9278	16.6979
64	22	23	1004.17	1000.29	64.78	5.99	3	184	920	2406	1.5087	4.1109	0.002	0.002	3.8	3.5	7.0344	16.9469
65	23	24	1000.29	999.78	40.07	1.27	2	186	930	2432	1.5193	4.1547	0.002	0.002	3.8	3.5	7.1054	17.1125
66	24	25	999.78	999.05	14.52	5.03	0	186	930	2432	1.5123	4.1554	0.002	0.002	3.8	3.5	7.1054	17.1125
67	25	PLANTA	999.05	998.5	14.5	3.79	0	186	930	2432	1.5123	4.1551	0.002	0.002				

Apéndice 2.

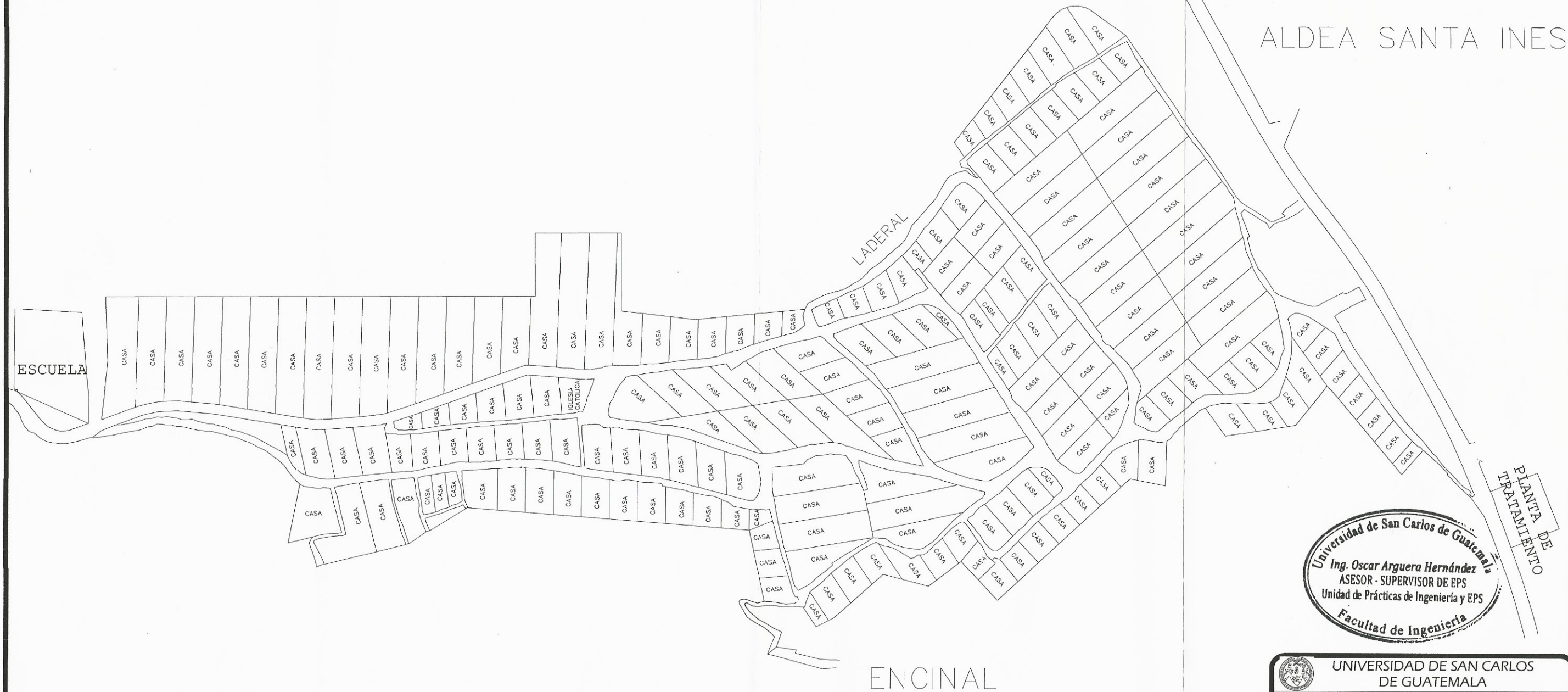
Resultados de diseño en AutoCAD civil 3d 2014

SECCION LLENA				q/Q		velocidad de diseño		cotas invert		Altura de pozo	
diametro	pendiente %	velocidad	caudal	actual	futuro	actual	futuro	entrada	salida	inicial	final
6	14.64	4.33222041	79.024899	0.00190511	0.00430341	0.8391102	1.07626976	1100.98	1095.79	1.50	1.50
6	15.86	4.50918439	82.2529343	0.00265683	0.00681908	0.96693805	1.28888899	1095.76	1089.59	1.47	1.50
6	16.76	4.63492517	84.546597	0.0041003	0.010487	1.13459339	1.50982822	1089.56	1083.15	1.47	1.50
6	13.35	4.13711504	75.4659429	0.0068344	0.01740068	1.18335623	1.57086953	1083.12	1078.21	1.47	1.50
6	11.88	3.90299089	71.1952374	0.01192095	0.03014306	1.32175864	1.74853633	1078.18	1069.64	1.47	1.50
6	14.62	4.32876693	78.9619033	0.01282963	0.03234984	1.4989229	1.98080946	1069.61	1063.4	1.47	1.50
6	8.32	3.26602034	59.5761303	0.02178352	0.0546929	1.32704765	1.74806518	1063.37	1058.4	1.47	1.50
6	6.59	2.90570434	53.003534	0.02676802	0.06709755	1.25615165	1.65232662	1058.37	1055.4	1.47	3.50
6	10.94	3.74426221	68.2998358	0.00244765	0.00497917	1.90926253	2.5118662	1061.51	1055.4	1.50	3.50
6	2.42	1.76085824	32.1201672	0.04916875	0.12299587	0.91309459	1.1959143	1055.37	1055.11	3.47	2.50
6	1.72	1.48467244	27.0822069	0.05979166	0.14949596	0.81593633	1.06680497	1055.08	1054.54	2.47	1.50
6	18.31	4.84543643	88.386575	0.01967381	0.04912026	1.90926253	2.5118662	1054.51	1049.02	1.47	2.50
6	17.65	4.75691132	86.7717707	0.0209558	0.05227347	1.91039566	2.51202987	1048.49	1041.41	2.47	1.50
6	2.44	1.7672531	32.2368172	0.05886542	0.14670814	0.96674758	1.26299455	1041.38	1040.76	1.47	2.00
6	1.62	1.43897422	26.2486165	0.07831101	0.19484215	0.85644611	1.11523718	1040.73	1040.09	1.97	3.50
6	28.08	6.000227	109.451341	0.00083638	0.00208532	0.90337402	1.19491767	1056	1052.54	1.50	1.50
6	43.35	7.45465318	135.98182	0.00128874	0.00331594	1.28129341	1.71051401	1052.51	1040.09	1.47	3.50
6	8.47	3.29586014	60.120444	0.04135013	0.10244876	1.62307892	2.12245074	1040.06	1034.25	3.47	1.50
6	6.60	2.9093246	53.0695719	0.04757633	0.11783278	1.49391526	1.95146512	1034.22	1032.67	1.47	1.50
6	14.13	4.2567179	77.6476426	0.00193366	0.00437974	0.82826217	1.06324977	1061.25	1056.31	1.50	1.50
6	30.68	6.27104618	114.391408	0.00306711	0.00775093	1.40495459	1.87794831	1056.28	1038.95	1.47	4.50
6	16.39	4.584435	83.6255958	0.00124377	0.00245455	0.77934996	0.9595432	1056.26	1051.74	1.50	2.50
6	11.35	3.81473891	69.5854154	0.00313781	0.00806044	0.86067601	1.1487165	1051.71	1049.8	2.47	1.50
6	25.48	5.71480029	104.244815	0.00332551	0.00850536	1.31243023	1.74690335	1049.77	1040.97	1.47	3.50
6	19.27	4.970297	90.6641816	0.00108156	0.00227803	0.80974975	1.01685934	1050.04	1046.13	1.50	2.50
6	9.39	3.46890979	63.2770773	0.00350584	0.00886402	0.80958065	1.07377671	1046.1	1042.64	2.47	3.00
6	3.52	2.12544498	38.7706669	0.01761685	0.04468739	0.8100518	1.07122242	1042.61	1040.97	2.97	3.50
6	3.38	2.08094906	37.9590079	0.01908845	0.0483798	0.81252418	1.07389472	1040.94	1039.91	3.47	3.50
6	3.21	2.02945911	37.0197695	0.03177143	0.07990944	0.92365961	1.21509507	1039.88	1038.95	3.47	4.50
6	6.95	2.98553965	54.4598258	0.02308691	0.0579984	1.23450115	1.62601849	1038.92	1037.38	4.47	1.50
6	19.00	4.9349699	90.0197729	0.0010953	0.00253545	0.80707761	1.04329937	1075.04	1071.06	1.50	1.50
6	15.51	4.45959304	81.3483286	0.00653645	0.01614242	1.2583709	1.65534742	1071.03	1058.32	1.47	1.50
6	17.96	4.79770416	87.515881	0.00780449	0.01979709	1.43811671	1.8940115	1058.29	1052.19	1.47	1.50
6	10.47	3.66412243	66.8379901	0.01331459	0.03364235	1.28310998	1.69757711	1052.16	1048.16	1.47	1.50
6	7.44	3.08843413	56.3367446	0.01943236	0.04893527	1.21241541	1.59924181	1048.13	1043.84	1.47	1.50
6	3.38	2.08141208	37.967454	0.0352455	0.08844316	0.97721546	1.28392197	1043.81	1042.35	1.47	1.50
6	15.00	4.38511124	79.9896912	0.01924335	0.04816131	1.71638196	2.25992957	1042.32	1041.93	1.47	1.50
6	1.97	1.588871	28.9829136	0.05724806	0.14306738	0.86201199	1.12732073	1041.9	1041.43	1.47	1.50
6	3.53	2.12839256	38.8244344	0.04478883	0.11182575	1.07343082	1.40608468	1041.4	1040.66	1.47	1.50
6	2.93	1.93778766	35.3475722	0.05031923	0.12557613	1.01178023	1.32402611	1040.63	1040.23	1.47	1.50
6	2.87	1.9183925	34.9937812	0.05082797	0.12684572	1.00465406	1.31459816	1040.2	1039.93	1.47	1.50
6	3.08	1.98587572	36.2247561	0.05129167	0.12788835	1.03490497	1.36407297	1039.9	1039.12	1.47	1.50
6	3.53	2.12673399	38.79418	0.04891542	0.12191013	1.10121492	1.44069314	1039.09	1038.42	1.47	1.50
6	4.26	2.33727214	42.6346486	0.04450919	0.11092864	1.17657693	1.54046059	1038.39	1038.12	1.47	1.50
6	1.47	1.37058242	25.001068	0.13175323	0.32423381	0.94958429	1.22367128	1038.09	1037.38	1.47	3.00
8	8.37	3.96823432	128.685077	0.04434782	0.10751454	1.99543603	2.59168157	1035.85	1032.67	2.97	3.50
8	10.20	4.38141548	142.084046	0.04067603	0.09857626	2.14710416	2.78992787	1030.64	1028.82	3.47	4.50
8	10.93	4.53436973	147.044169	0.03979645	0.09640925	2.20759962	2.86860766	1025.79	1022.62	4.47	4.50
8	11.25	4.60057286	149.191057	0.03995079	0.09673055	2.24241684	2.91332951	1019.59	1016.3	4.47	4.00
8	10.31	4.40343781	142.798204	0.04249749	0.10284169	2.18623576	2.83887157	1013.77	1011.55	3.97	4.70
8	13.74	5.08454676	164.88575	0.03724174	0.09009132	2.42686292	3.15343972	1088.82	1005.42	4.67	4.00
6	36.69	6.85784204	125.095268	0.00073963	0.00182454	0.99449168	1.31091868	1034.43	1029.47	1.50	1.50
6	39.56	7.12110394	129.897481	0.00168091	0.00431794	1.3274932	1.77094962	1029.44	1021.61	1.47	1.50
6	39.84	7.14628726	130.356855	0.00233247	0.00597351	1.47257674	1.96194492	1021.58	1015.73	1.47	1.50
6	25.57	5.7252093	104.434688	0.00372612	0.00951817	1.36122994	1.81096689	1015.7	1011.91	1.47	1.50
6	4.98	2.52747936	46.1042566	0.01027405	0.02618536	0.8182142	1.08544274	1011.88	1011.17	1.47	2.00
6	4.72	2.46111651	44.8937185	0.01148857	0.02925039	0.824183	1.09267681	1011.14	1010.44	1.97	2.50
6	3.02	1.96837517	35.9055251	0.01902262	0.0482533	0.76776586	1.01500685	1010.41	1008.25	2.47	3.50
6	3.70	2.177227	39.7152331	0.01928848	0.04884736	0.85279169	1.12680171	1008.22	1007.33	3.47	4.00
6	3.65	2.16235831	39.4440104	0.02047014	0.05179945	0.86230691	1.13881078	1007.3	1006.37	3.97	4.50
6	3.01	1.96391277	35.8241256	0.02484136	0.06276739	0.83016146	1.09495848	1006.34	1005.78	4.47	4.70
6	2.42	1.76110305	32.124633	0.21565484	0.51978612	0.4458718	1.77817564	1005.75	1005.42	4.67	4.70
8	9.85	4.30495253	139.604445	0.04962473	0.11960893	2.23847609	2.90017704	1004.69	1002.67	4.67	1.50
8	5.99	3.35677991	108.856344	0.06462114	0.15568114	1.88771912	2.44025936	1002.64	998.79	1.47	1.50
8	1.27	1.54740107	50.1803599	0.14159691	0.34102057	0.9463302	1.40050036	998.76	998.28	1.47	1.50
8	5.03	3.07542824	99.7324474	0.07124445	0.17158443	1.78009619	2.29886216	998.25	997.55	1.47	1.50
8	3.79	2.67131326	86.6274835	0.08202228	0.19754164	1.61171816	2.07841218	997.52	997	1.47	1.50

Fuente: elaboración propia.



ALDEA SANTA INES



PLANTA GENERAL

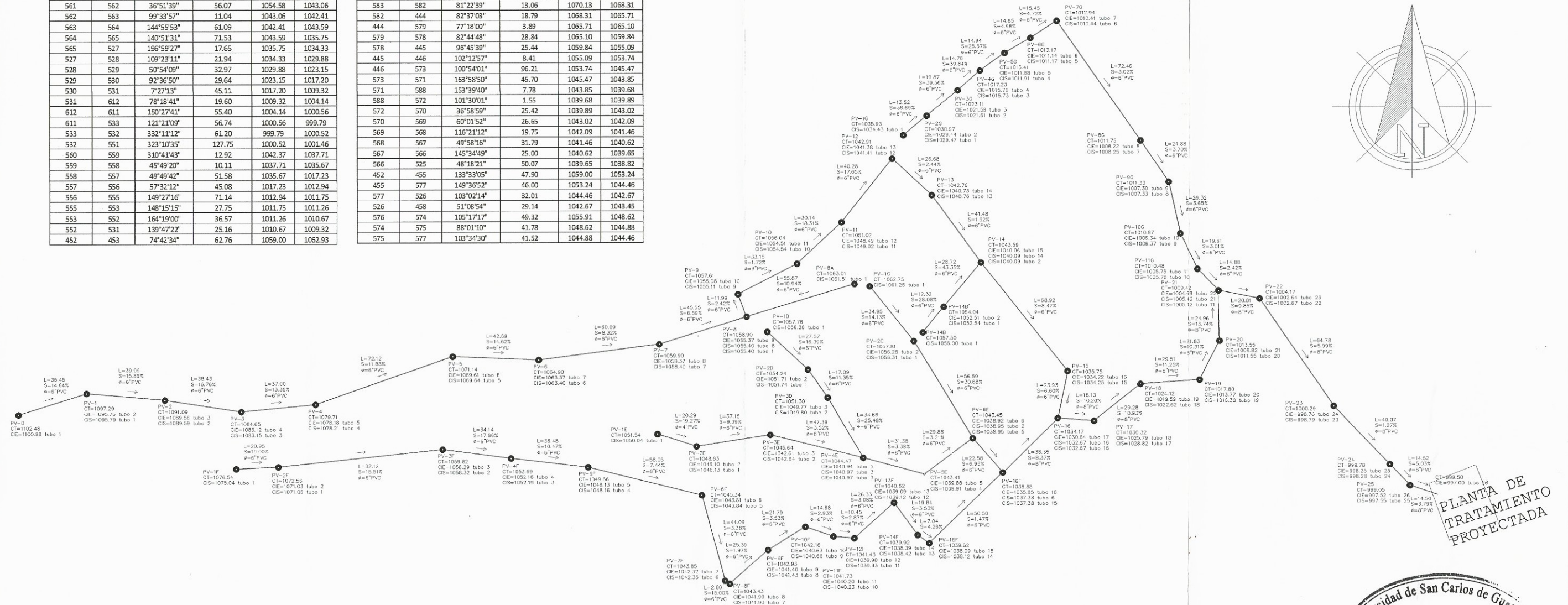
ESCALA 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO:	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO
DIRECCION:	CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA
CONTENIDO:	PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNANDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNANDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNANDEZ
ESCALA:	INDICADA
No: 1 / 10	FECHA: FEBRERO DE 2,015

EST.	P.O.	AZIMUT	DISTANCIA	COTA EST.	COTA P.O.
438	439	82°48'43"	81.59	1107.12	1092.53
439	440	130°49'04"	12.19	1092.53	1090.96
440	441	90°26'59"	69.98	1090.96	1080.42
441	442	73°01'16"	20.27	1080.42	1078.44
442	449	66°17'11"	54.01	1078.44	1072.02
449	450	92°49'49"	48.26	1072.02	1064.90
450	451	82°40'31"	58.61	1064.90	1060.13
451	452	72°46'20"	48.96	1060.13	1059.00
452	454	329°13'28"	12.09	1059.00	1057.68
454	561	59°47'55"	48.48	1057.68	1054.58
561	562	36°51'39"	56.07	1054.58	1043.06
562	563	99°33'57"	11.04	1043.06	1042.41
563	564	144°55'53"	61.09	1042.41	1043.59
564	565	140°51'31"	71.53	1043.59	1035.75
565	527	196°59'27"	17.65	1035.75	1034.33
527	528	109°23'11"	21.94	1034.33	1029.88
528	529	50°54'09"	32.97	1029.88	1023.15
529	530	92°36'50"	29.64	1023.15	1017.20
530	531	7°27'13"	45.11	1017.20	1009.32
531	612	78°18'41"	19.60	1009.32	1004.14
612	611	150°27'41"	55.40	1004.14	1000.56
611	533	121°21'09"	56.74	1000.56	999.79
533	532	332°11'12"	61.20	999.79	1000.52
532	551	323°10'35"	127.75	1000.52	1001.46
551	559	310°41'43"	12.92	1001.46	1037.71
559	558	45°49'20"	10.11	1037.71	1035.67
558	557	49°49'42"	51.58	1035.67	1017.23
557	556	57°32'12"	45.08	1017.23	1012.94
556	555	149°27'16"	71.14	1012.94	1011.75
555	553	148°15'15"	27.75	1011.75	1011.26
553	552	164°19'00"	36.57	1011.26	1010.67
552	531	139°47'22"	25.16	1010.67	1009.32
452	453	74°42'34"	62.76	1059.00	1062.93

452	453	74°42'34"	62.76	1059.00	1062.93
453	456	140°42'05"	35.90	1062.93	1057.95
456	458	150°24'42"	57.10	1057.95	1043.45
458	525	145°47'30"	23.12	1043.45	1038.86
525	527	41°07'32"	46.08	1038.86	1034.33
456	457	41°37'32"	19.08	1057.96	1054.86
457	564	38°54'35"	32.44	1054.86	1043.59
440	443	128°00'16"	53.92	1090.96	1075.06
443	585	82°29'32"	5.80	1075.06	1073.82
585	583	82°01'09"	29.40	1073.82	1070.13
583	582	81°22'39"	13.06	1070.13	1068.31
582	444	82°37'03"	18.79	1068.31	1065.71
444	579	77°18'00"	3.89	1065.71	1065.10
579	578	82°44'48"	28.84	1065.10	1059.84
578	445	96°45'39"	25.44	1059.84	1055.09
445	446	102°12'57"	8.41	1055.09	1053.74
446	573	100°54'01"	96.21	1053.74	1045.47
573	571	163°58'50"	45.70	1045.47	1043.85
571	588	153°39'40"	7.78	1043.85	1039.68
588	572	101°30'01"	1.55	1039.68	1039.89
572	570	36°58'59"	25.42	1039.89	1043.02
570	569	60°01'52"	26.65	1043.02	1042.09
569	568	116°21'12"	19.75	1042.09	1041.46
568	567	49°58'16"	31.79	1041.46	1041.62
567	566	145°34'49"	25.00	1040.62	1039.65
566	525	48°18'21"	50.07	1039.65	1038.82
452	455	133°33'05"	47.90	1059.00	1053.24
455	577	149°36'52"	46.00	1053.24	1044.46
577	526	103°02'14"	32.01	1044.46	1042.67
526	458	51°08'54"	29.14	1042.67	1043.45
576	574	105°17'17"	49.32	1055.91	1048.62
574	575	88°01'10"	41.78	1048.62	1044.88
575	577	103°34'30"	41.52	1044.88	1044.46



PLANTA GENERAL

ESCALA: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO

DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

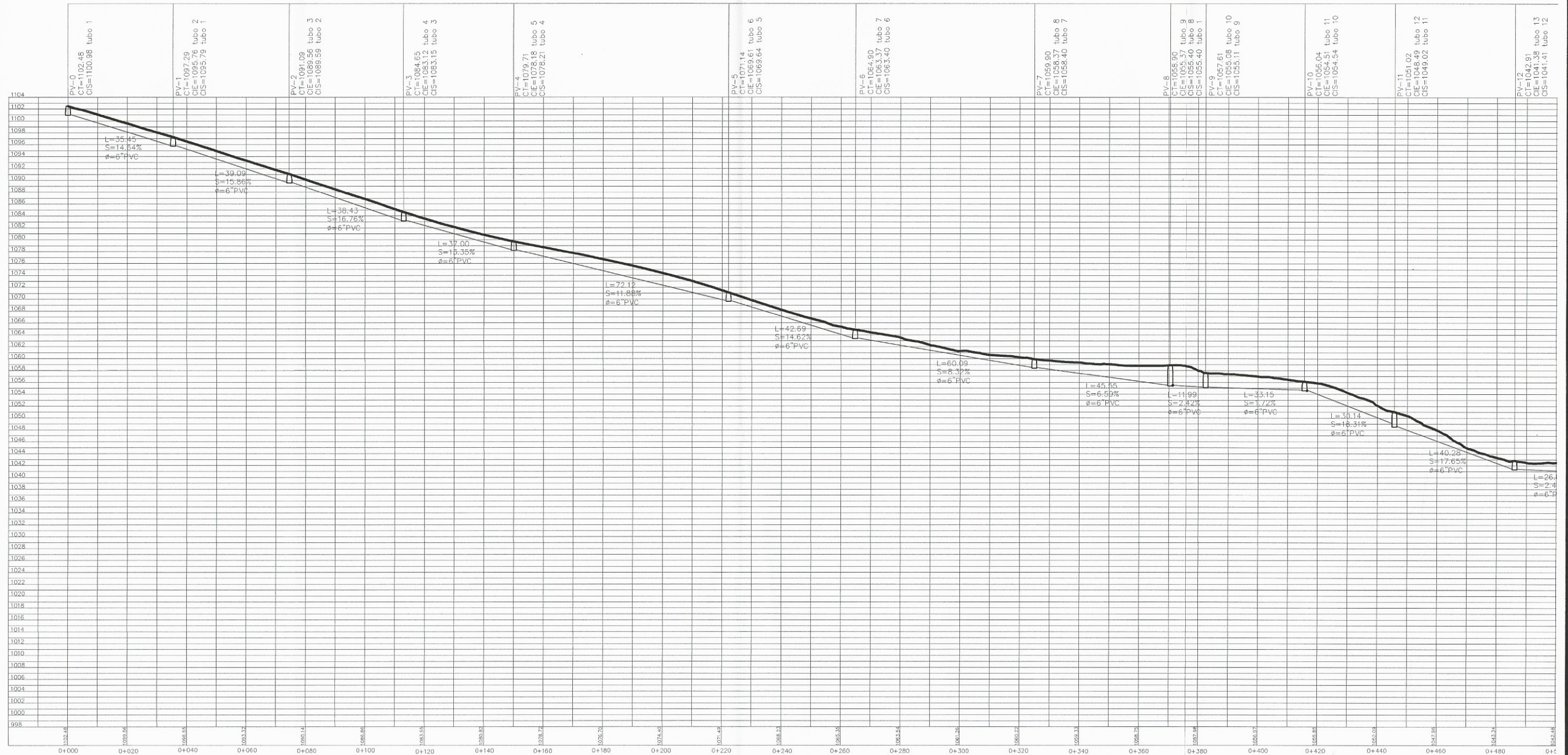
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

ESCALA: INDICADA

No: 2 / 13 FECHA: FEBRERO DE 2015

PLANTA DE
TRATAMIENTO
PROYECTADA

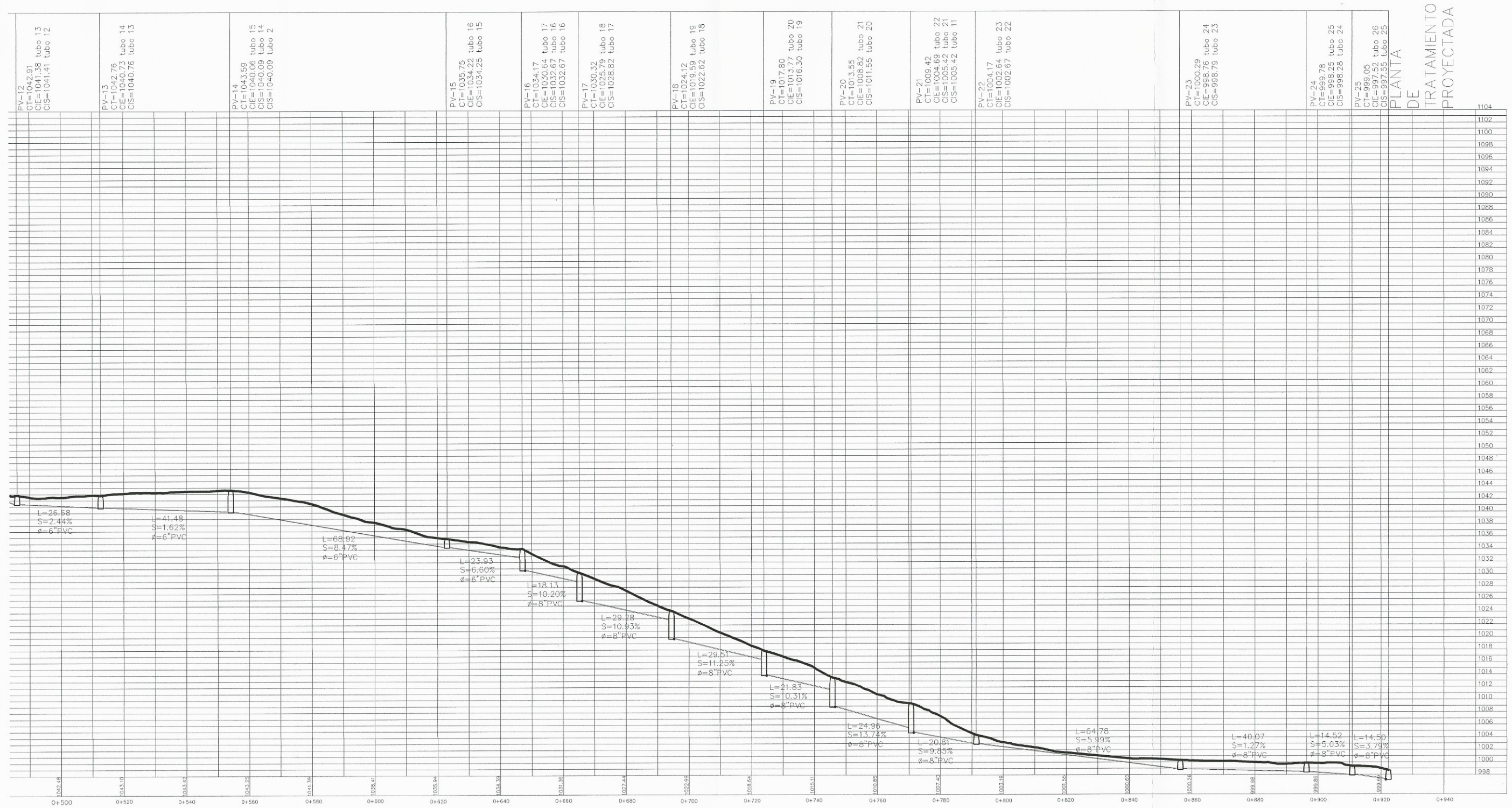
DR. LUIS BARRILAS
ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA




PERFIL PV-0 A PV-12
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/500



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	 ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ INGENIERO CIVIL
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 3 / 13	FECHA: FEBRERO DE 2,015

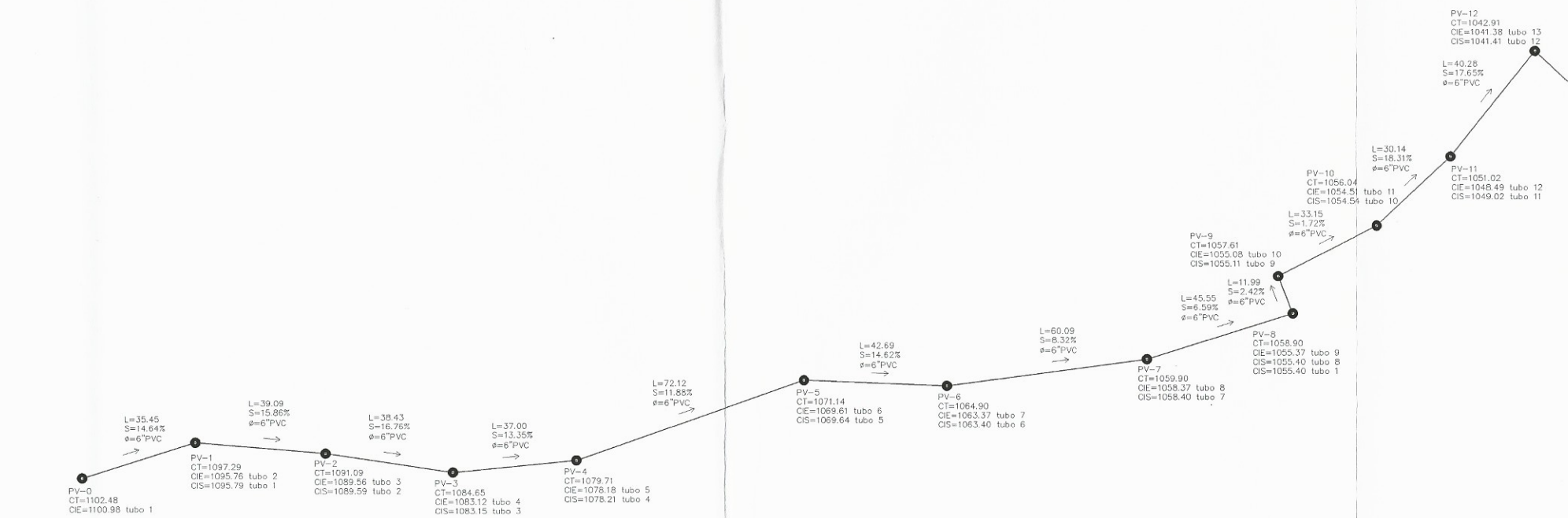


PERFIL PV-12 A PLANTA TRATAMIENTO PROYECTADA

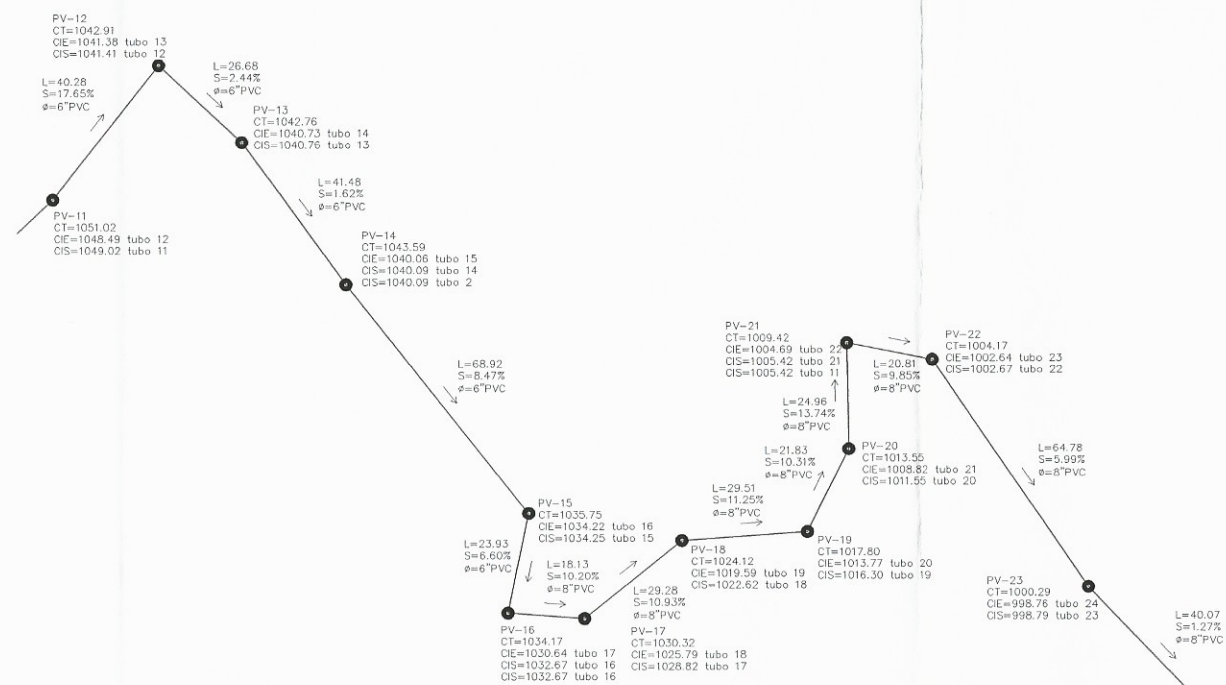
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No:	4 / 13
FECHA:	FEBRERO DE 2,015



PLANTA PV-0 A PV-12
ESCALA 1/1000

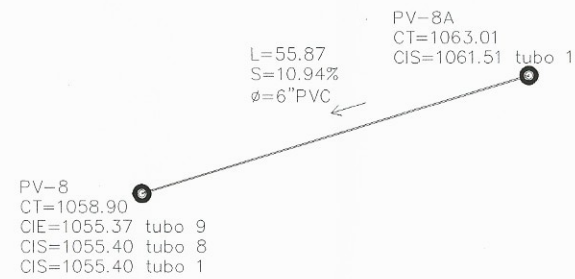


PLANTA PV-12 A PLANTA TRATAMIENTO PROYECTADA
ESCALA 1/1000

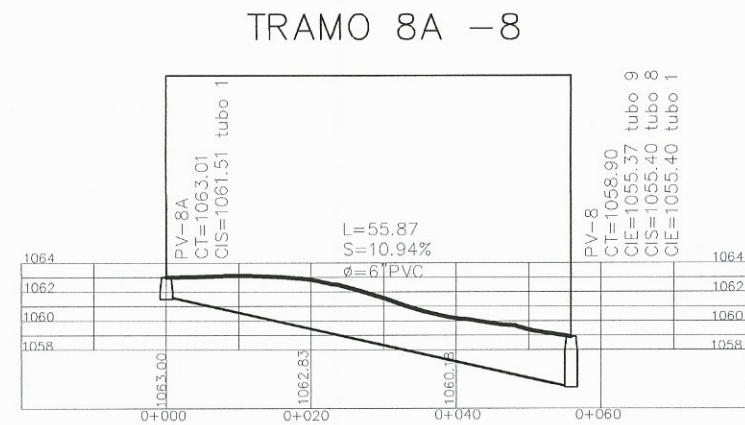
PLANTA DE
TRATAMIENTO
PROYECTADA

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

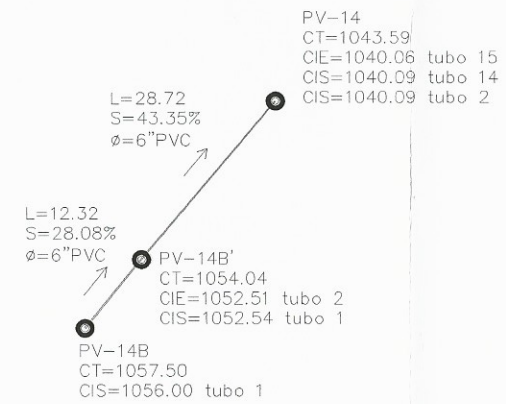
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 5 / 13 FECHA: FEBRERO DE 2.015	



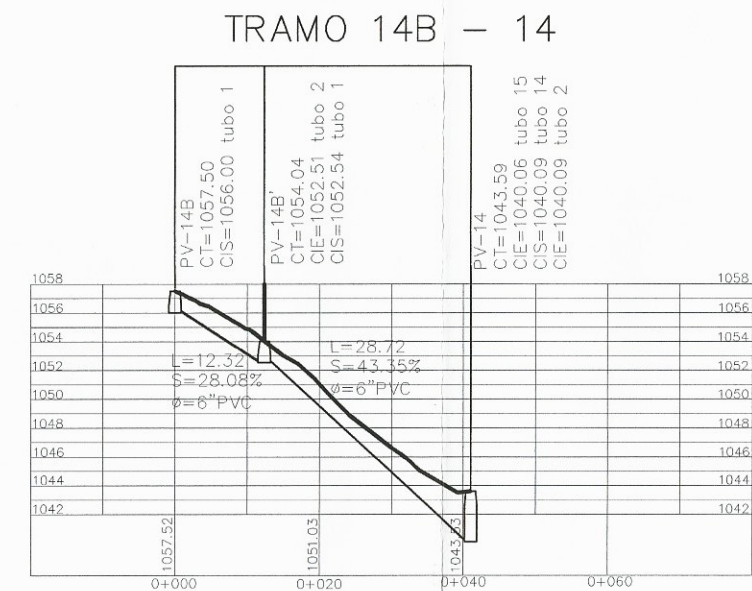
PLANTA PV 8A A PV 8
ESCALA 1/1000



PERFIL PV 8A A PV 8
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



PLANTA PV 14B A PV 14
ESCALA 1/1000



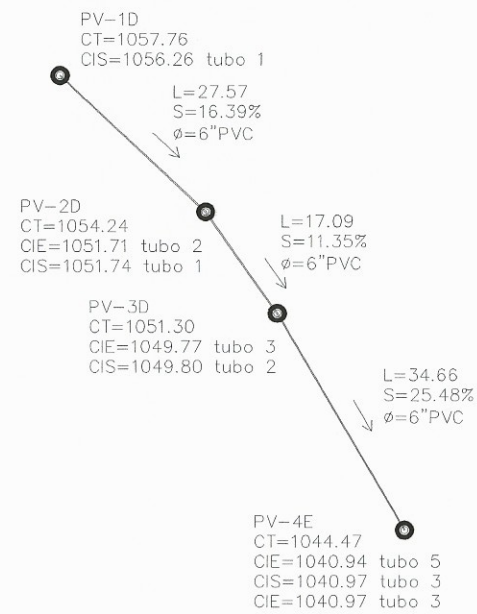
PERIL PV 14B A PV 14
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



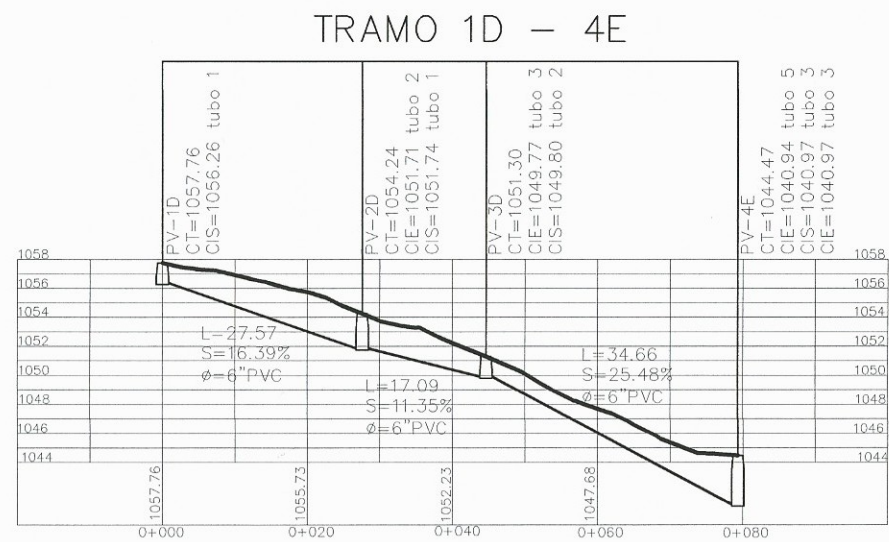
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	FECHA: FEBRERO DE 2015



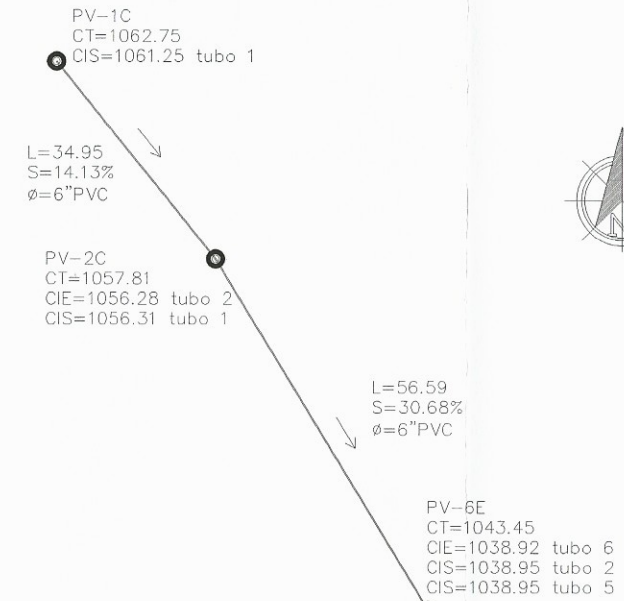
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 7 / 13	FECHA: FEBRERO DE 2.015



PLANTA PV-1D A PV-4E
ESCALA 1/1000

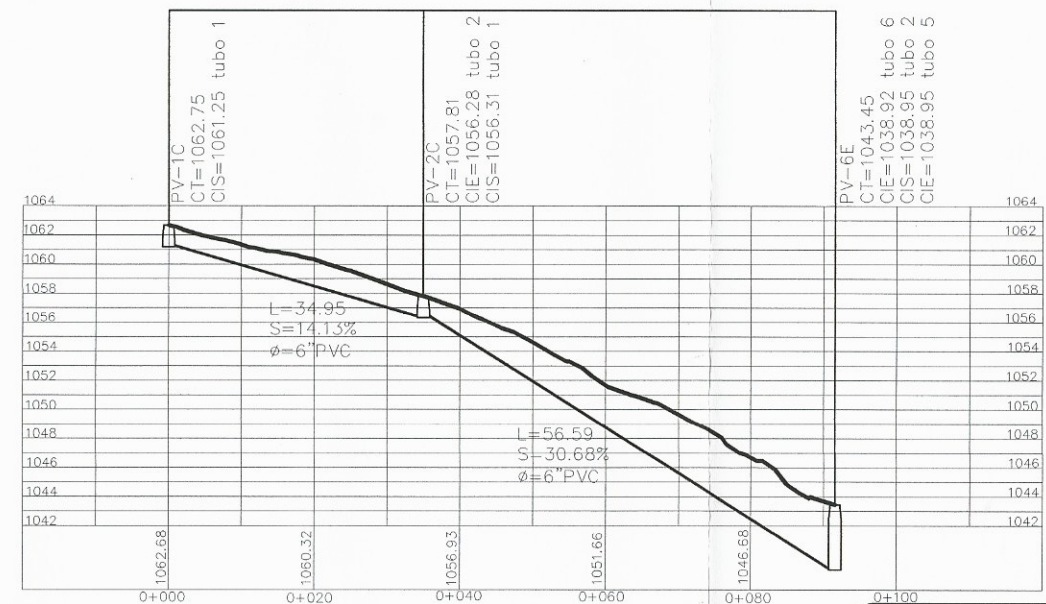


PERFIL PV-1D A PV-4E
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



PLANTA PV-1C A PV-6E
ESCALA 1/1000

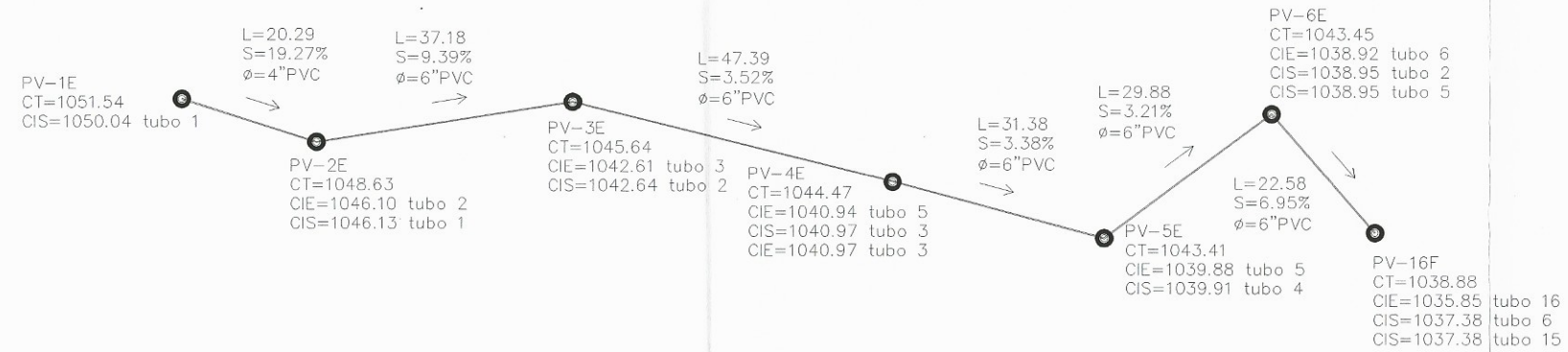
TRAMO 1C - 6E



PERFIL PV-1C A PV-6E
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

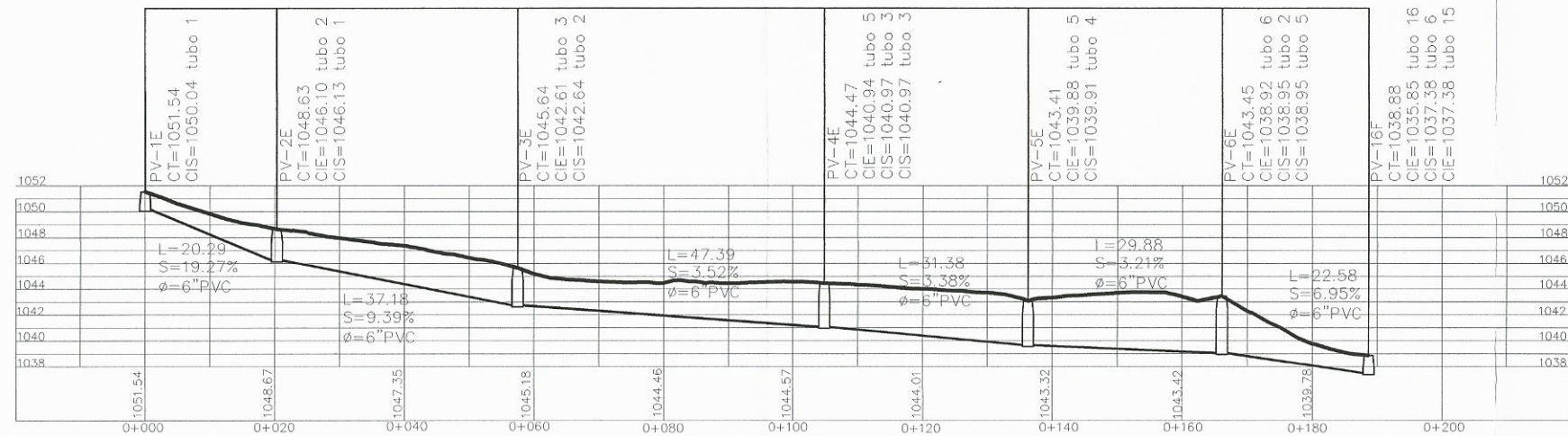


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No: 8/13	FECHA: FEBRERO DE 2,015



PLANTA PV-1E A PV-16F
ESCALA 1/1000

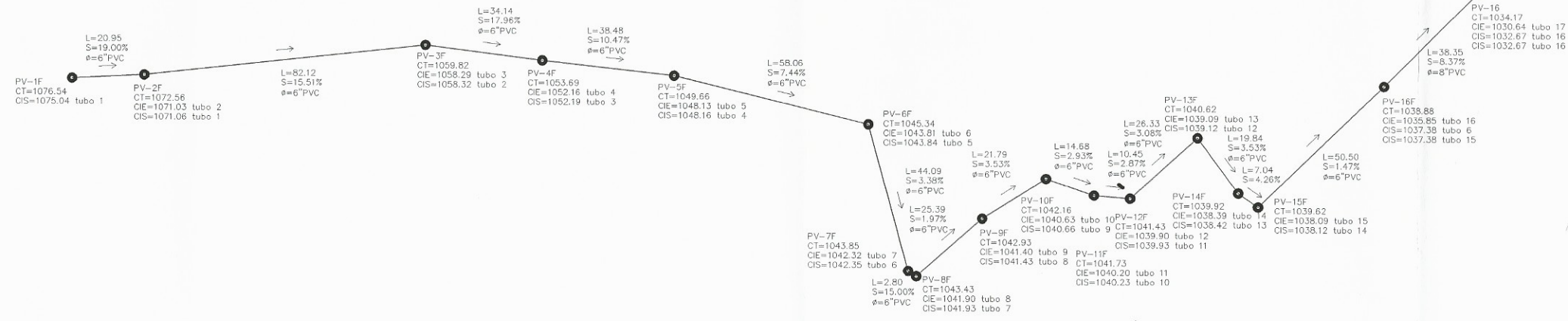
TRAMO 1E -16F



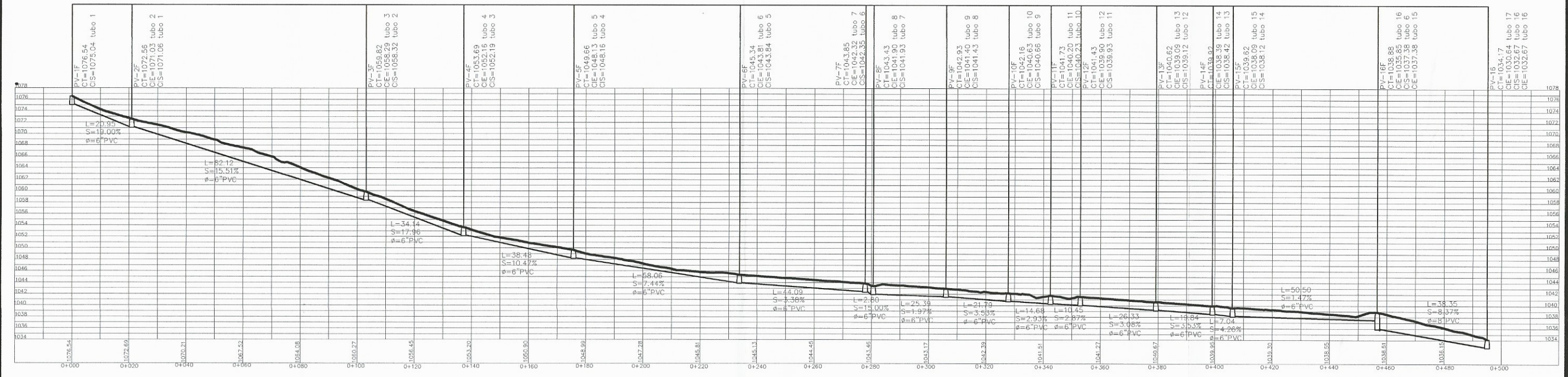
PERFIL PV-1E A PV-16F
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
Nº: 9 / 13	FECHA: FEBRERO DE 2.015



 **PLANTA PV-1F A PV-16**
ESCALA 1/1000



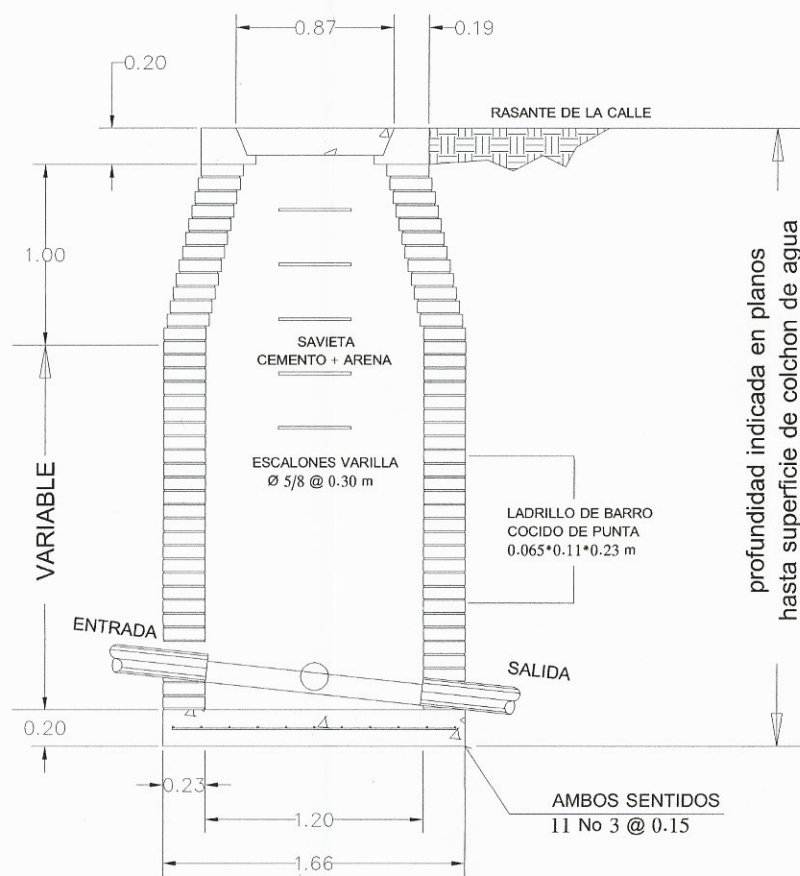
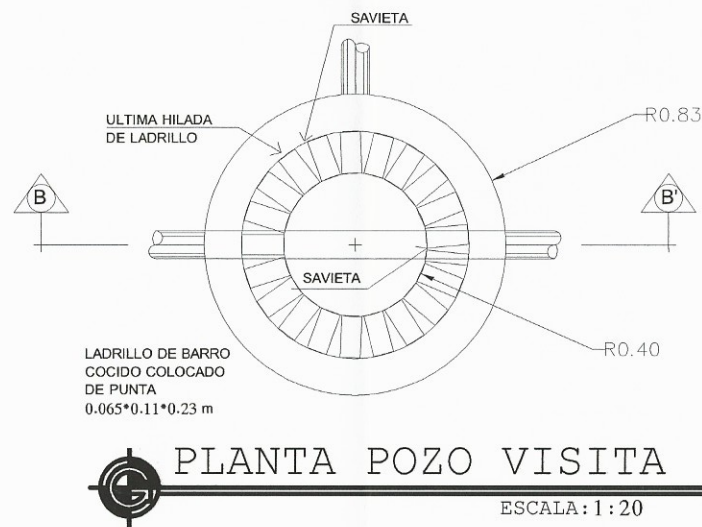
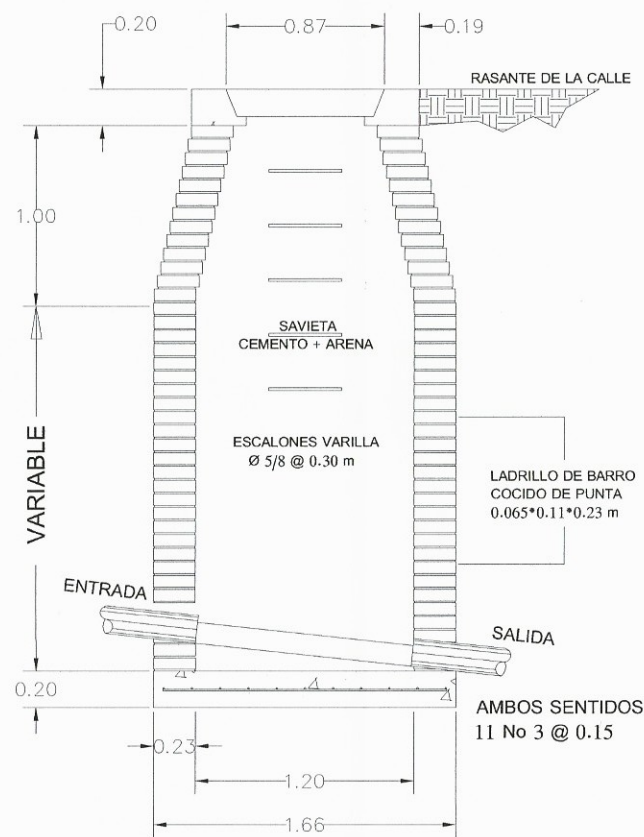
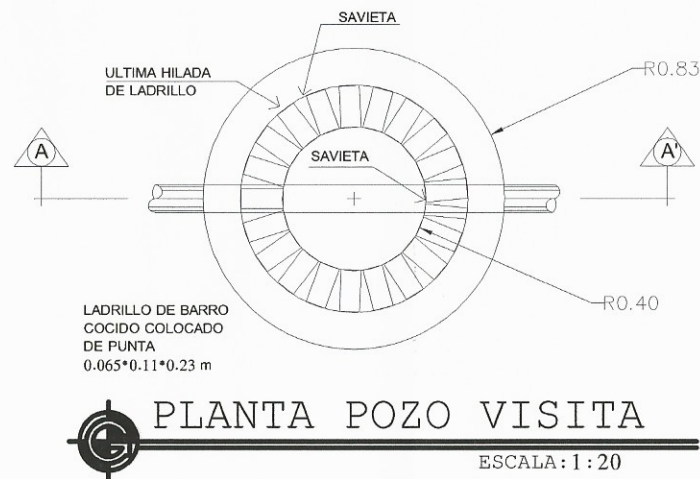
 **PERFIL PV-1F A PV-16**
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 10 / 13 FECHA: FEBRERO DE 2.015	

ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
INGENIERO CIVIL

DR. LUIS BARRILAS
ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA



NOTA:

- TODAS LAS LONGITUDES ESTAN DADAS EN METROS
- TODOS LOS DIAMETROS DE TUBERIAS ESTAN DADAS EN MILIMETROS
- PARA PROFUNDIDADES MAYORES DE 5.00 METROS CONSULTAR CON EL FABRICANTE CARACTERISTICAS DE INSTALACION DE LA TUBERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS MATERIALES:

PROPORCION DE SAVIETA:
LEVANTADO DE LADRILLO: 1 : 3
CERNIDO: 1 : 2

f'c= 4,000 PSI (281 KG/M2)
f'y= GRADO 40 (40,000 PSI, 2812 KG/CM2)
TUBERIA PVC CORRUGADO NORMA ASTM D 2487

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO:

POBLACION ACTUAL: 894 HABITANTES
POBLACION FUTURA: 2082 HABITANTES
TASA DE CRECIMIENTO: 3.92 %
DOTACION: 150 lts./hab./dia
TIPO DE TUBERIA: PVC CORRUGADO NORMA ASTM 3034
DIST. MAX. ENTRE POZOS: 100 METROS
PERIODO DE DISEÑO: 25 AÑOS

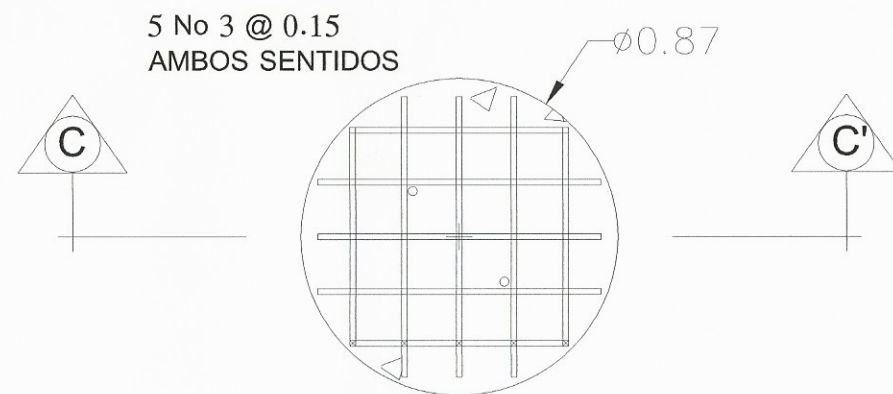


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERIO EL CERRO	
DIRECCION: CASERIO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 11 / 13 FECHA: FEBRERO DE 2015	

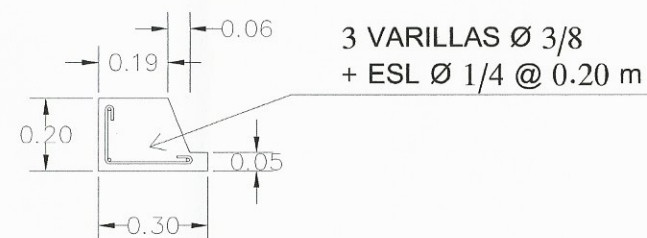
VO. BO. ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ
ASESOR SUPERVISOR EPS

ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
EPESISTA INGENIERÍA CIVIL

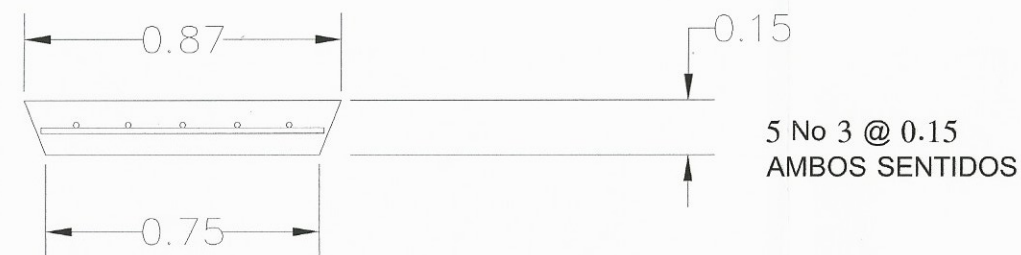
DR. LUIS BARILLAS
ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA



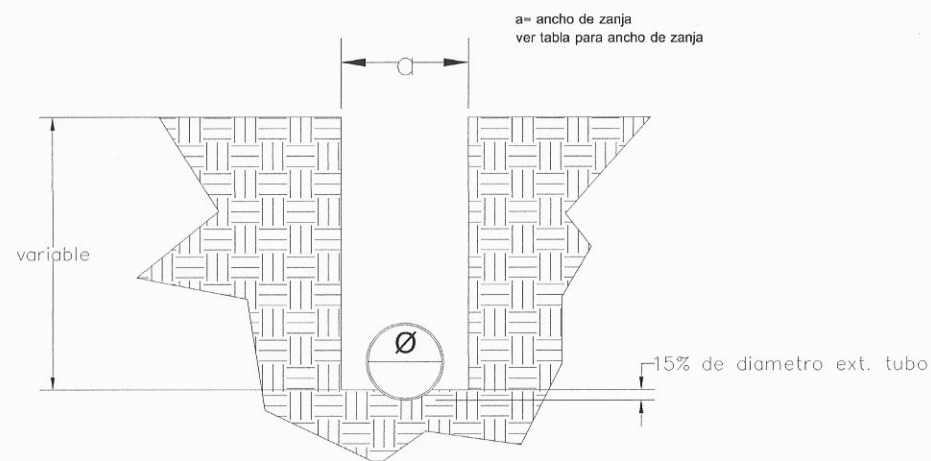
PLANTA TAPADERA POZO
ESCALA: 1:10



DETALLE DE BROCAL
ESCALA: 1:10



TAPADERA SECCION C - C'
ESCALA: 1:10



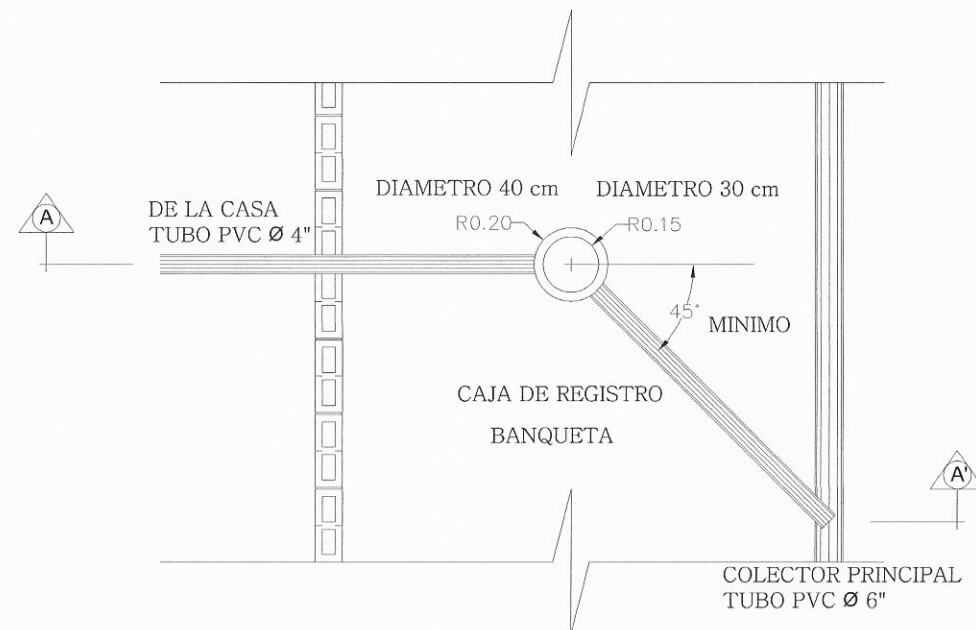
DETALLE DE ANCHO DE ZANJA
ESCALA: 1:20

TABLA PARA ANCHO DE ZANJA	
Ø DE TUBERIA EN MILIMETROS	ANCHO DE EXCAVACION EN METROS
150	0.70
200	0.75
250	0.75
300	0.80
375	0.90
450	1.10
525	1.10
600	1.20
700	1.35

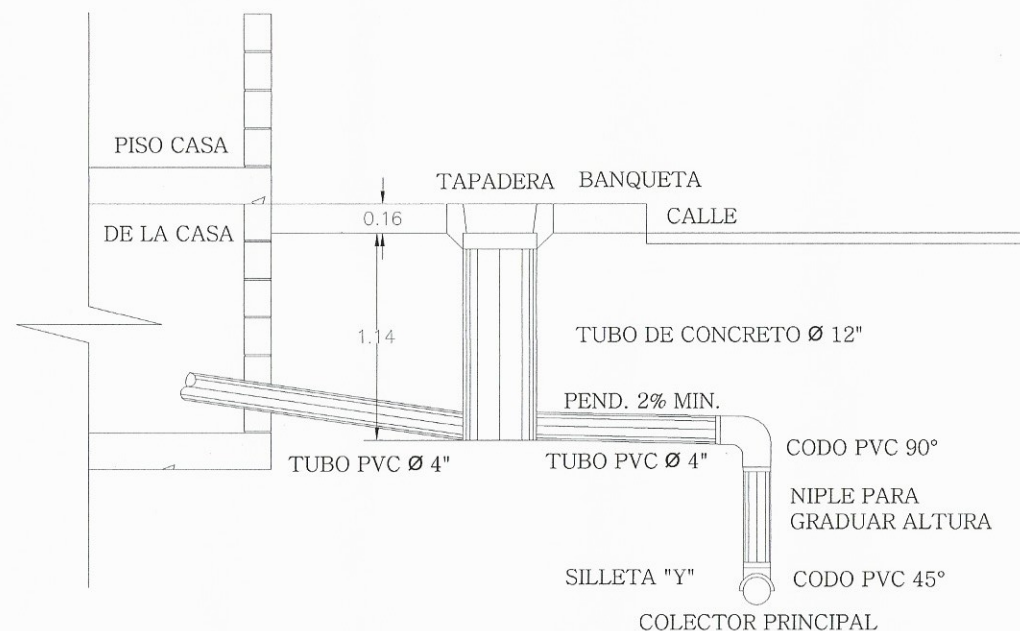
NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
D	INDICA DIAMETRO INTERNO DE POZO EN METROS SEGUN TABLA
plg	INDICA MEDIDA EN PULGADA
mm	INDICA MEDIDA EN MILIMETROS
Ø	INDICA DIAMETRO INTERIOR DE TUBERIA
m	INDICA MEDIDA EN METROS



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL CERRO	
DIRECCION: CASERÍO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	 VO. BO. ING OSCAR ARGUERA HERNÁNDEZ ASESOR - SUPERVISOR EPS
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 12 / 13	FECHA: FEBRERO DE 2,015

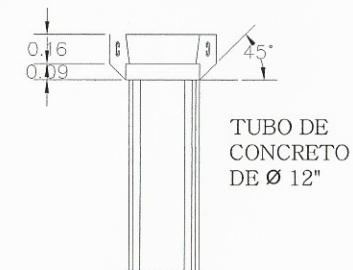


PLANTA CAJA DE REGISTRO
ESCALA: 1:20



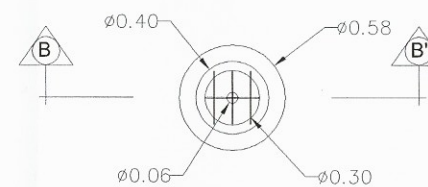
SECCION A - A'
ESCALA: 1:20

2 No. 2 + EST. No.2 @ 0.15



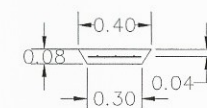
CAJA DE REGISTRO
ESCALA: 1:20

3 No. 2 @ 0.13 AMBOS LADOS



DETALLE TAPADERA
ESCALA: 1:20

3 No. 2 @ 0.10 AMBOS LADOS



SECCION B - B'
ESCALA: 1:20

ESPECIFICACIONES

- LA TUBERIA PARA LA CONEXION DOMICILIAR DEBE SER DE 4" PVC PARA ALCANTARILLADO SANITARIO SEGUN NORMA ASTM 3034.
- EL CONCRETO PARA LA TAPADERA Y BASE DEBERA TENER UN F'C=217 KG/CM2 CON UNA PROPORCION 1:2:2
- LA CAJA DE REGISTRO SERA UN TUBO DE CONCRETO DE 16" DE DIAMETRO CON SU RESPECTIVA BASE, BROCAL Y TAPADERA, LA CUAL DEBE TENER UNA PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.90 M.
- EL ACERO A UTILIZAR SERA F'y=2810 KG/CM2.
- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN METROS SALVO DONDE SE ESPECIFIQUE.

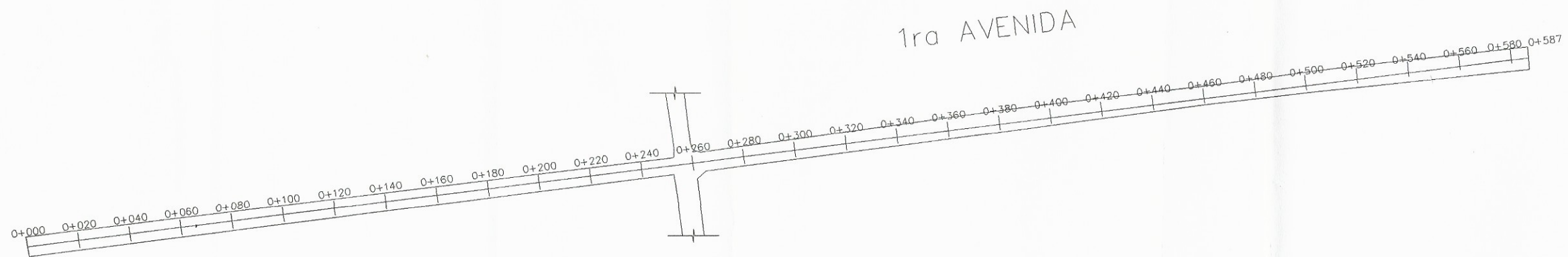
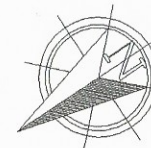


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO:	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL CERRO
DIRECCION:	CASERÍO EL CERRO, SAN MIGUEL PETAPA
CONTENIDO:	DETALLES DE CONEXION DOMICILIAR
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No: 13 / 13	FECHA: FEBRERO DE 2015



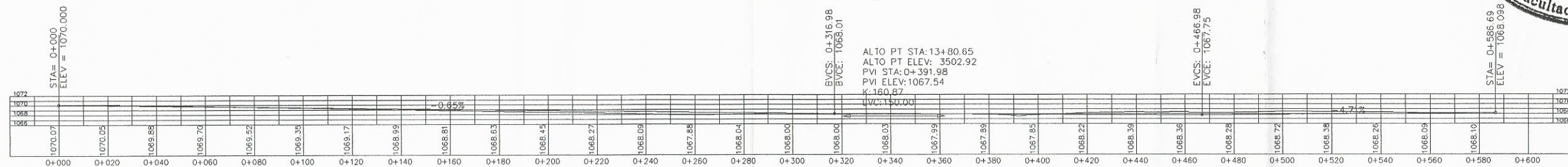
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ALAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ALAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 1/12	FECHA: FEBRERO DE 2015



PLANTA
ESCALA 1/1000

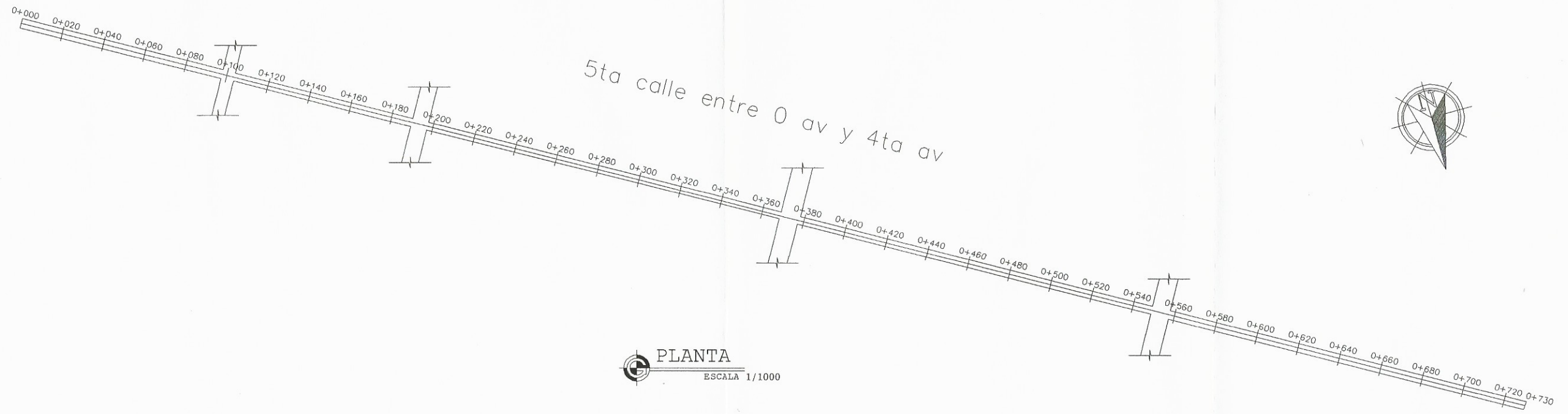
1ra av entre 1ra calle y 3ra calle



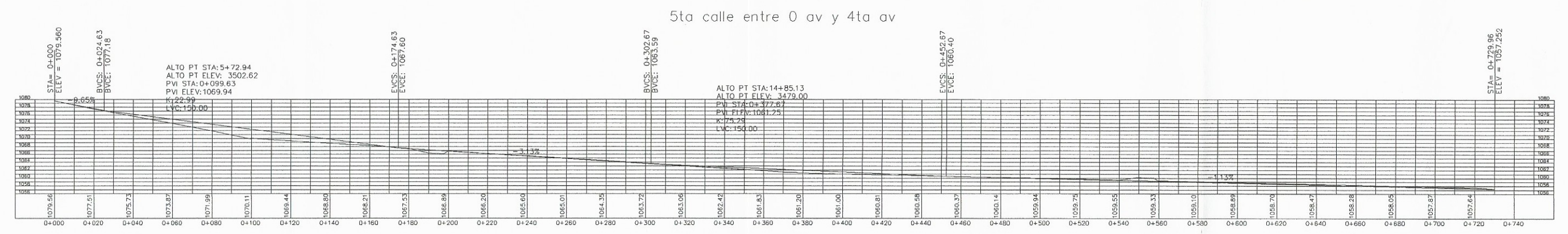
PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Arguera Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 2 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2,015



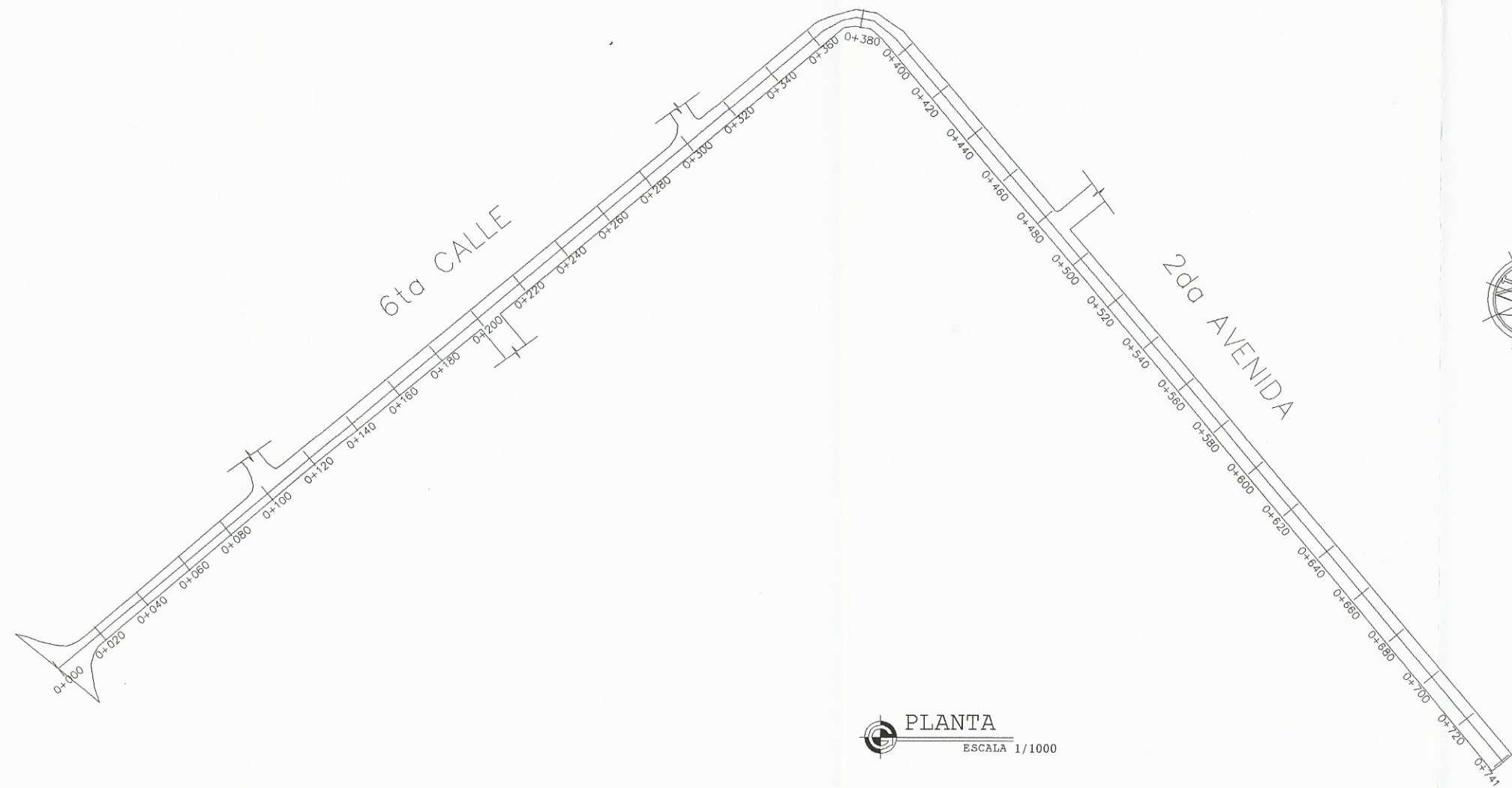
PLANTA
ESCALA 1/1000



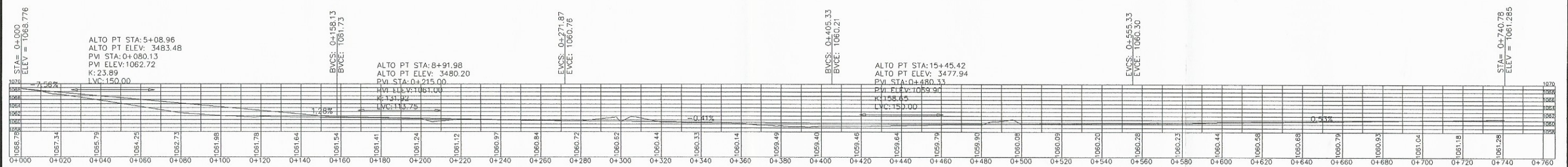
PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 3 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2015



6ta calle y 2da av entre 0 av y 5ta calle



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1/1000

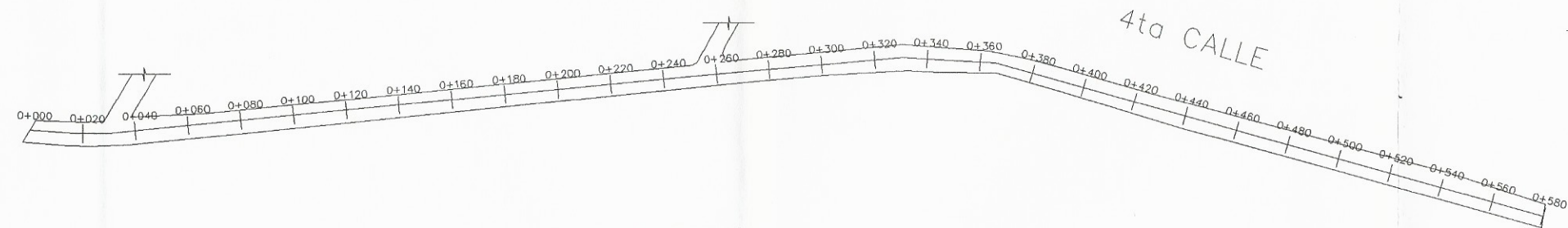
ESCALA VERTICAL 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ALAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ALAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 4 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2015

ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
EPS - ESTADÍSTICA Y MUESTRA CIVIL

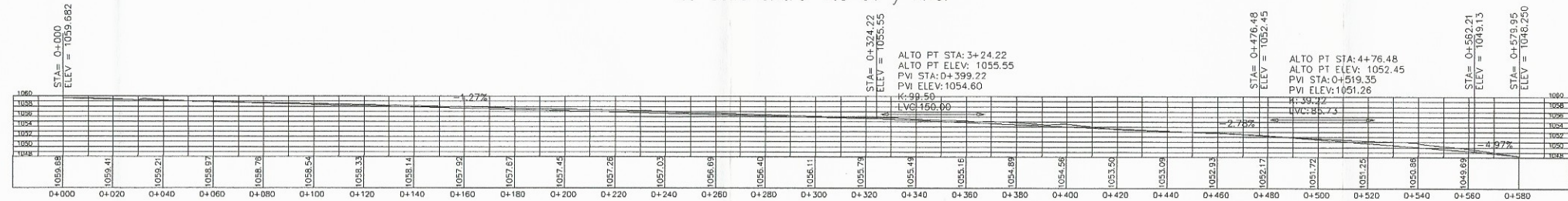
DR. LUIS BAILLON
ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA



PLANTA

ESCALA 1/1000

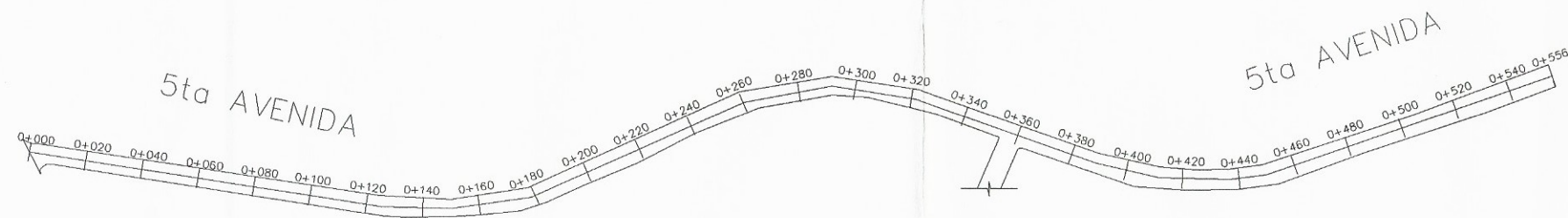
4ta calle entre 4ta av y final



PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1/1000

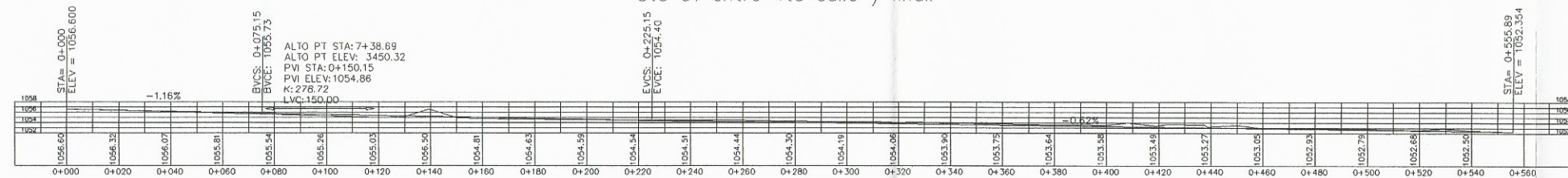
ESCALA VERTICAL 1/500



PLANTA

ESCALA 1/1000

5ta av entre 4ta calle y final



PERFIL

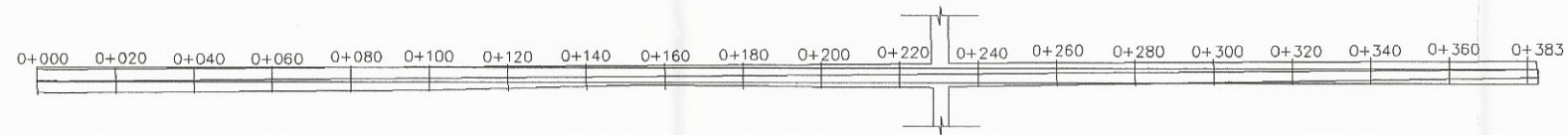
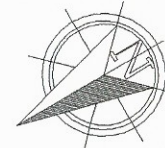
ESCALA HORIZONTAL 1/1000

ESCALA VERTICAL 1/500



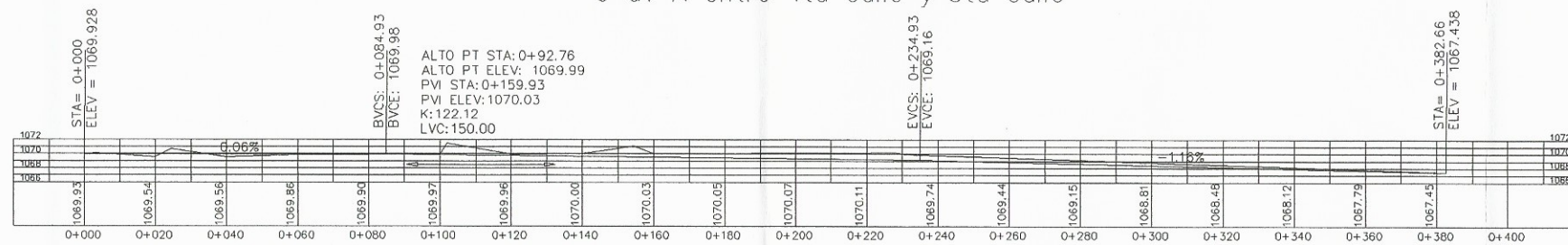
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ALAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ALAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 5 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2015

0 AVENIDA "A"



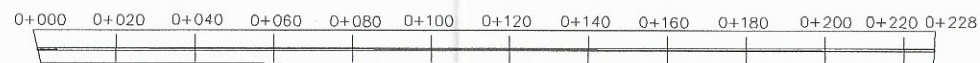
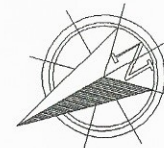
PLANTA
ESCALA 1/1000

0 av A entre 4ta calle y 5ta calle



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

2da AVENIDA



PLANTA
ESCALA 1/1000



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

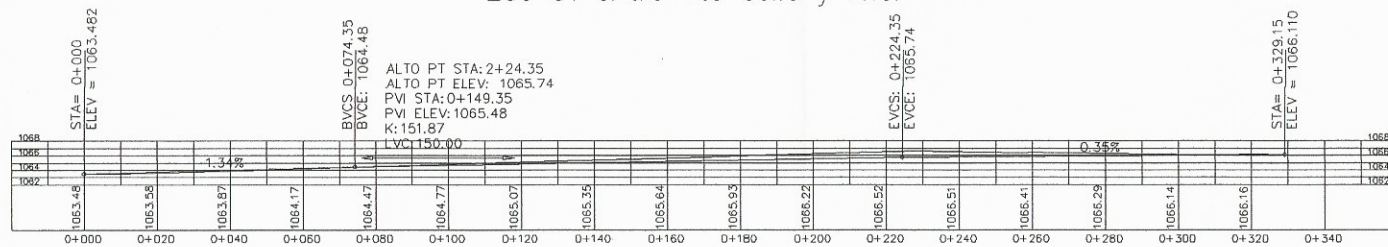


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No: 6 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2015



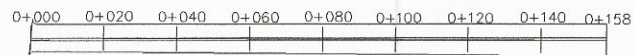
PLANTA
ESCALA 1/1000

2da av entre 4ta calle y final



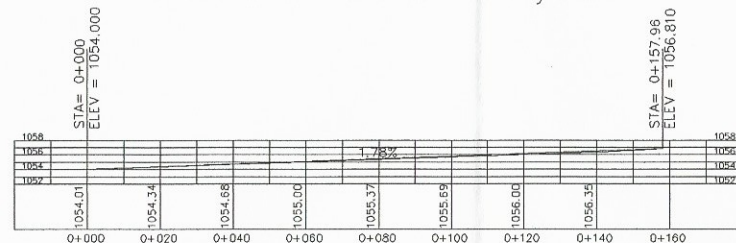
PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

5ta CALLE "B"



PLANTA
ESCALA 1/1000

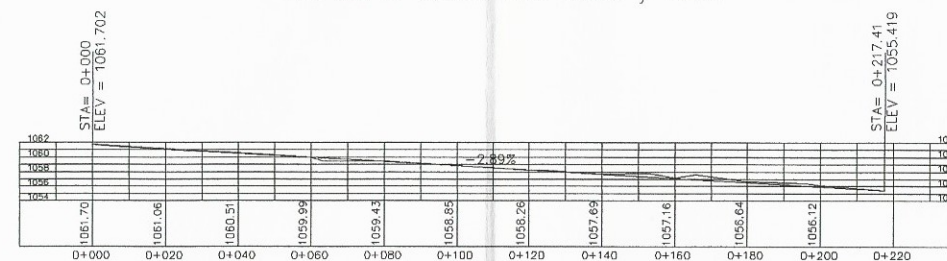
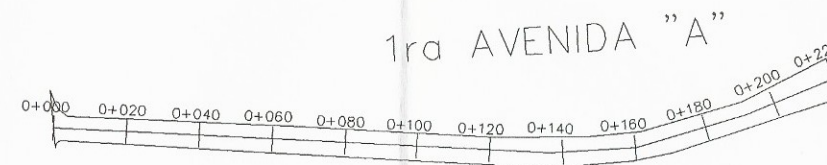
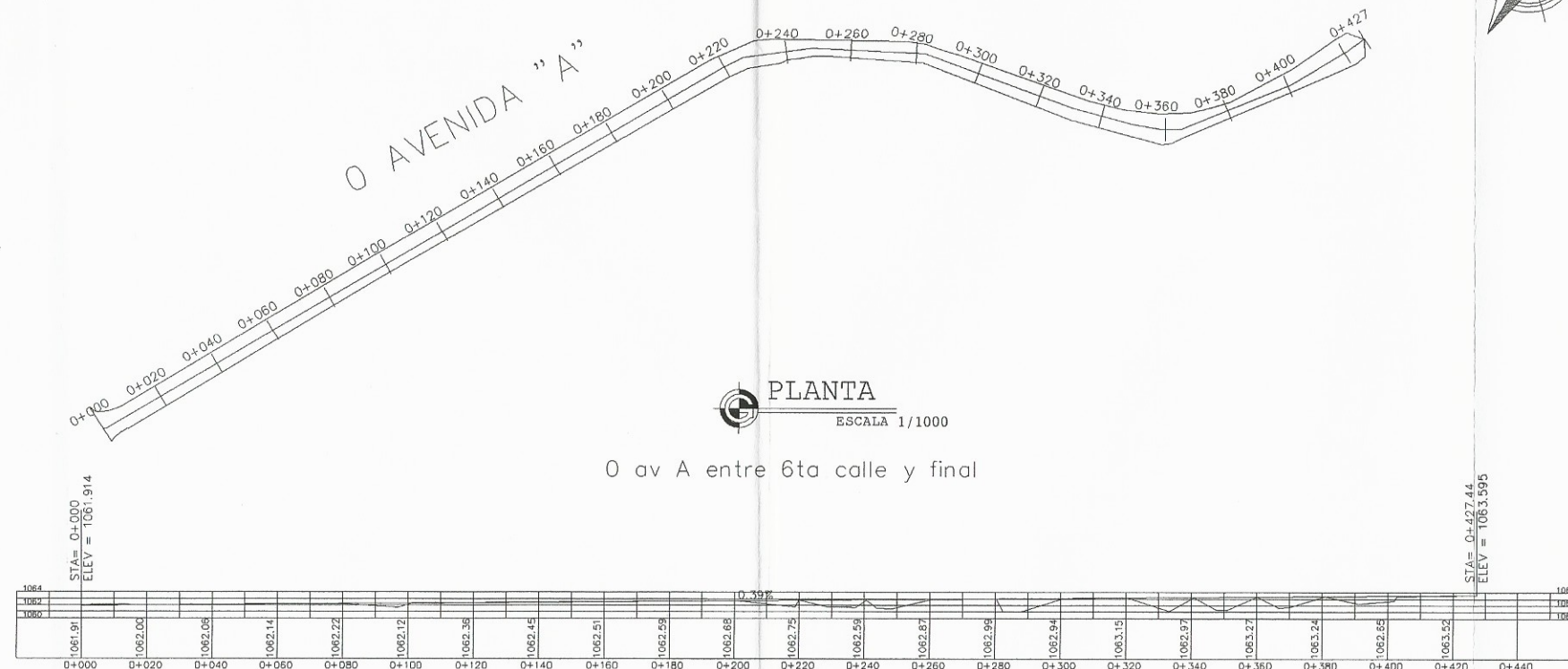
5ta calle entre 5ta calle y final



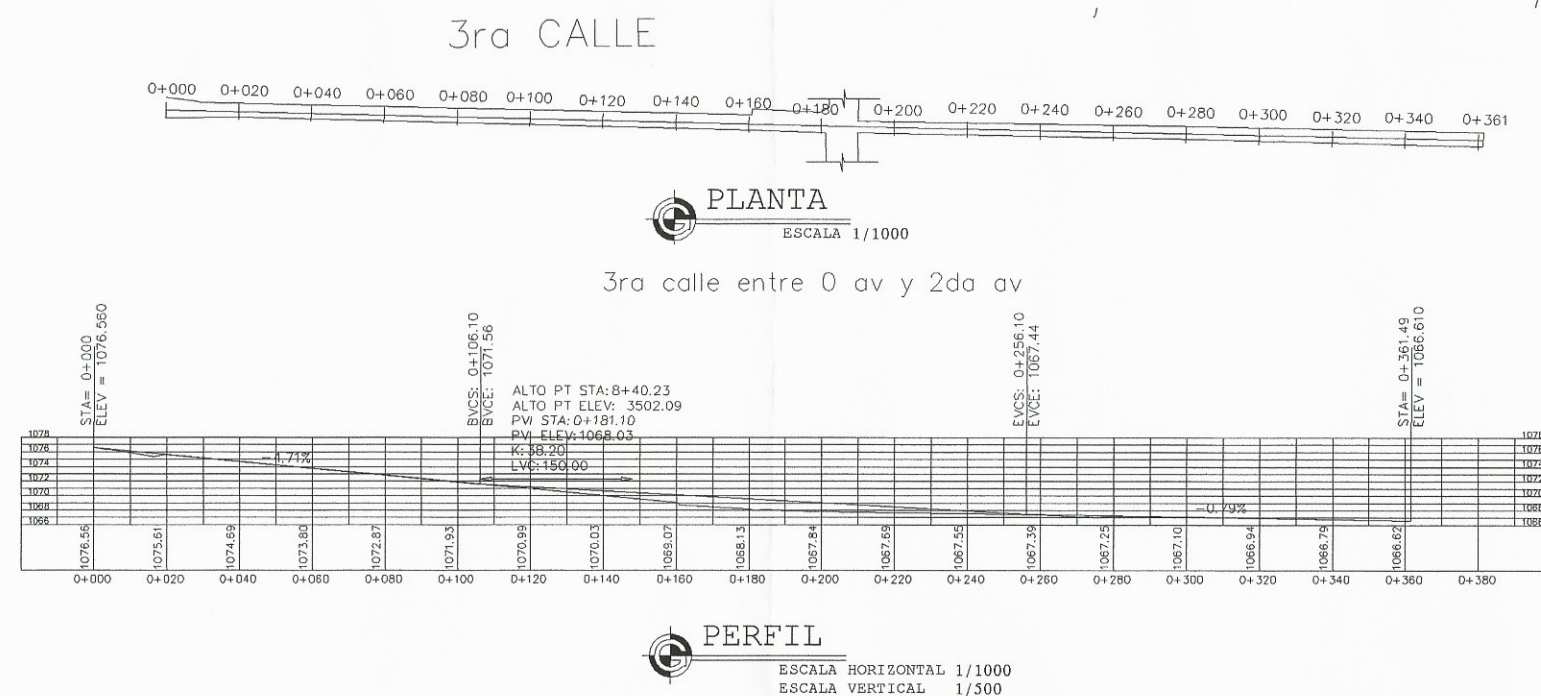
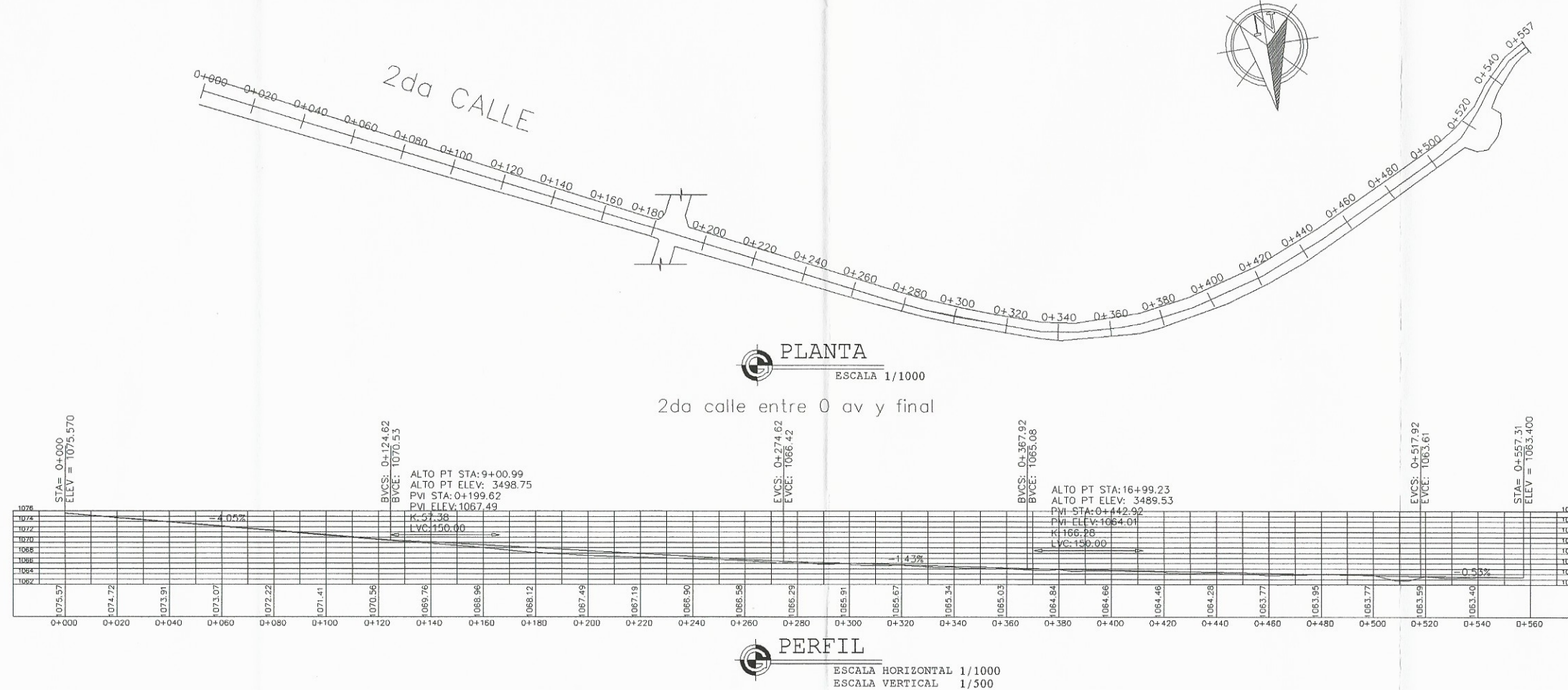
PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
Nº: 7/12	FECHA: FEBRERO DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No: 8 / 12	FECHA: FEBRERO DE 2,015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ALAMOS

DIRECCION: COLONIA LOS ALAMOS, SAN MIGUEL PETAPA

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ

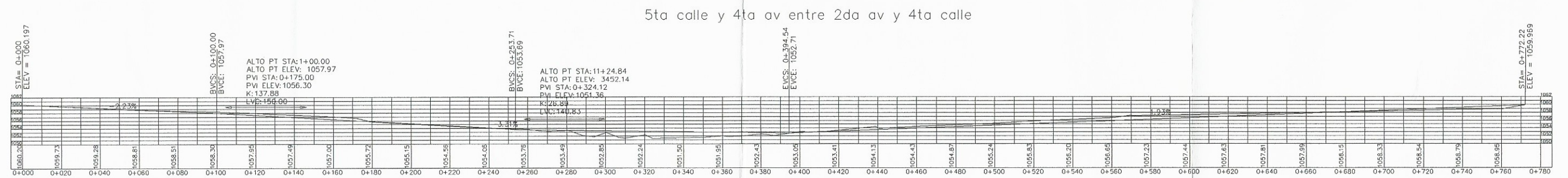
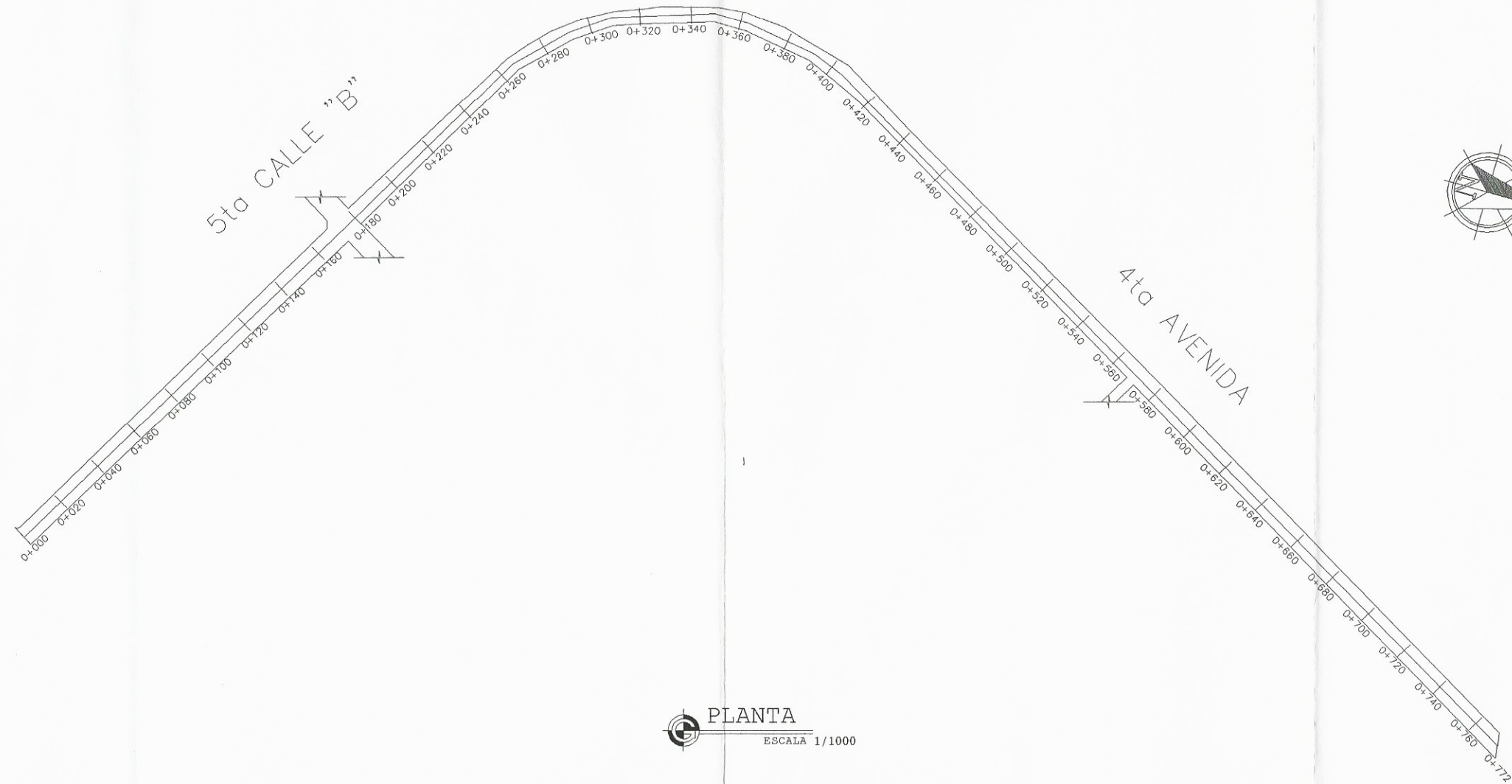
ESCALA: INDICADA

No: 9/12 FECHA: FEBRERO DE 2015

Ing. Oscar Arguera Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Isidro Giovanni Lemus Fernández
ESTUDIANTE DE INGENIERÍA CIVIL

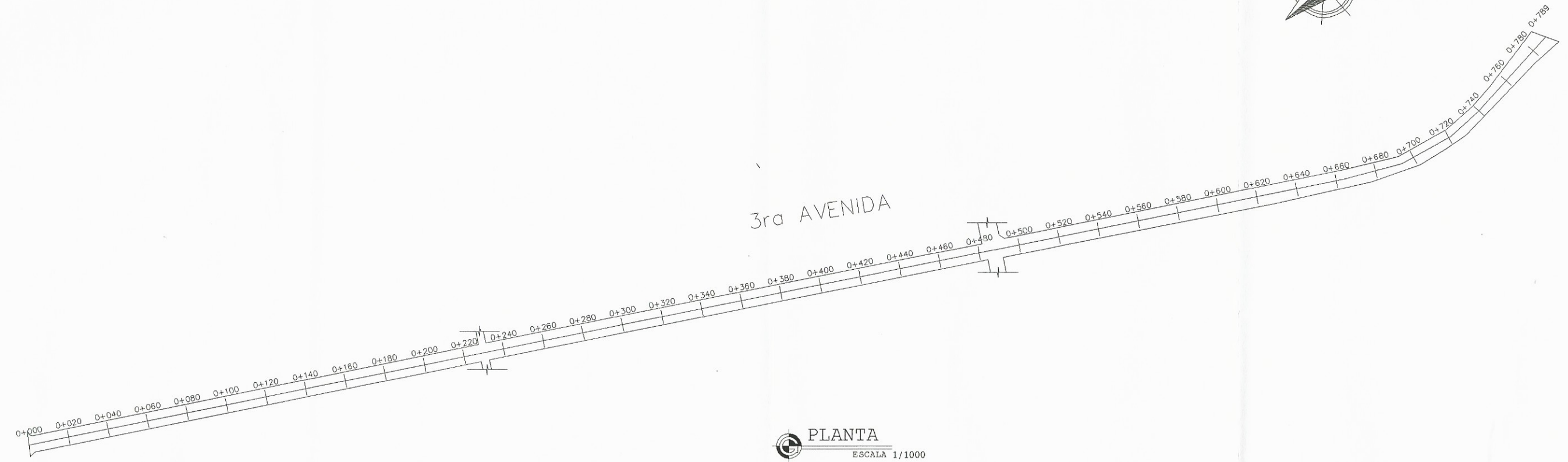
Dr. Luis Barillas
ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA



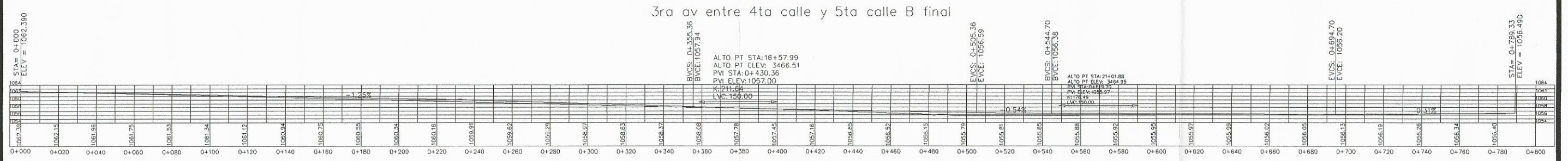
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ALAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ALAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 10 / 12 FECHA: FEBRERO DE 2.015	

ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
 EPSISTA INGENIERÍA CIVIL

DE LUIS BARRILLAS
 ALCALDE MUNICIPAL DE SAN MIGUEL PETAPA



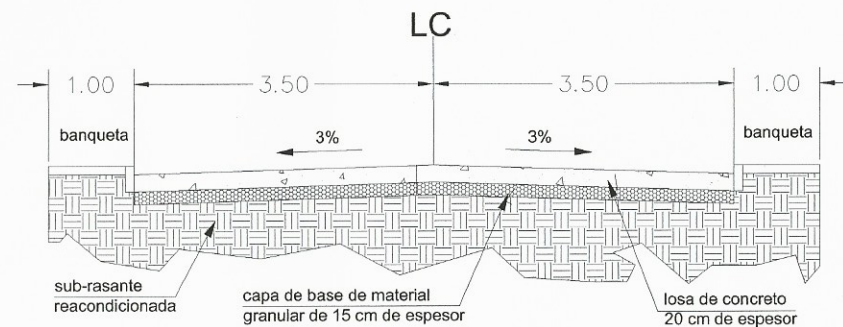
PLANTA
ESCALA 1/1000



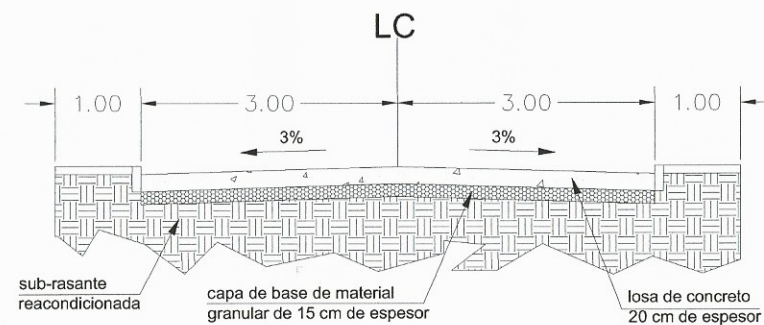
PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500



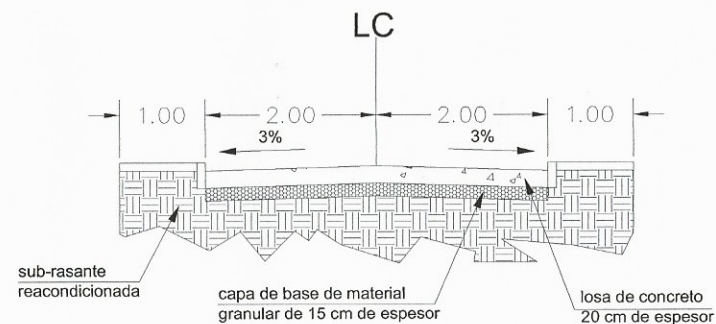
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	
DISEÑO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
DIBUJO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
CALCULO:	ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ
ESCALA:	INDICADA
No:	11 / 12
FECHA:	FEBRERO DE 2.015



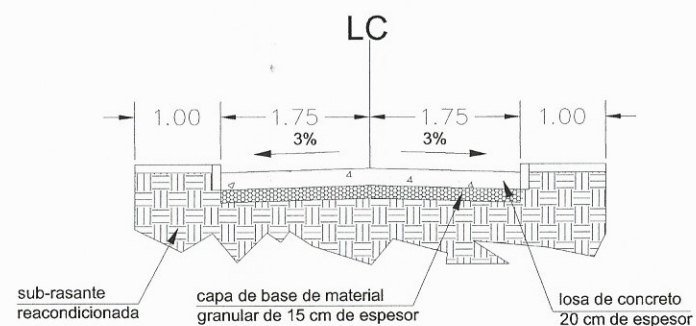
SECCION TIPICA
ESCALA: 1:40



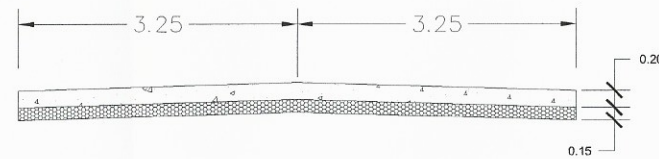
SECCION TIPICA
ESCALA: 1:40



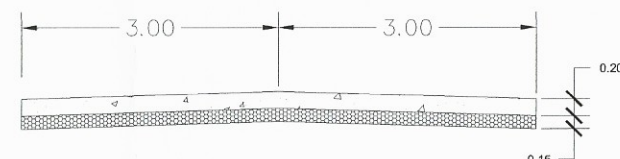
SECCION TIPICA
ESCALA: 1:40



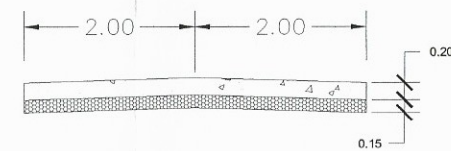
SECCION TIPICA
ESCALA: 1:40



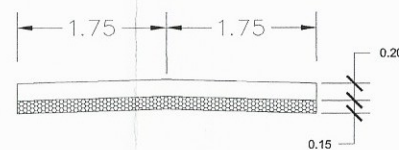
SECCION TRANSVERSAL
ESCALA: 1:40



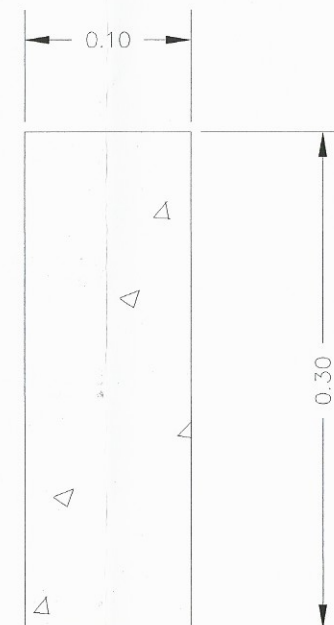
SECCION TRANSVERSAL
ESCALA: 1:40



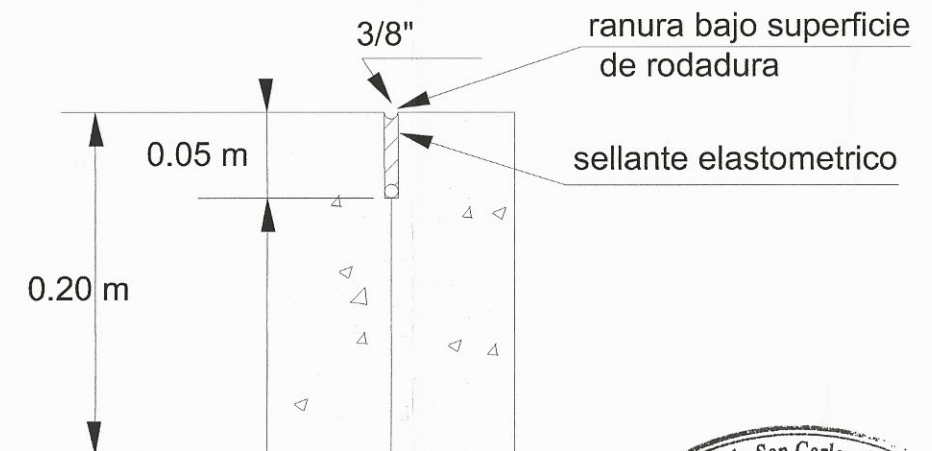
SECCION TRANSVERSAL
ESCALA: 1:40



SECCION TRANSVERSAL
ESCALA: 1:40



BORDILLO
ESCALA: 1:25



CORTE DE JUNTA
ESCALA: 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO DE CALLES EN LA COLONIA LOS ÁLAMOS	
DIRECCION: COLONIA LOS ÁLAMOS, SAN MIGUEL PETAPA	
CONTENIDO: DETALLES	
DISEÑO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
DIBUJO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
CALCULO: ISIDRO GIOVANNI LEMUS FERNÁNDEZ	
ESCALA: INDICADA	
No: 12 / 12 FECHA: FEBRERO DE 2015	