



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS
COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN
RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA
CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y
EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Erick Roger Calderón Ramírez

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, febrero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ERICK ROGER CALDERÓN RAMÍREZ

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO 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

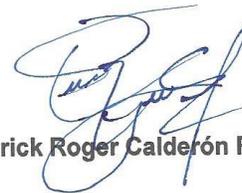
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de septiembre de 2014.



Erick Roger Calderón Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 5 de octubre de 2015
Ref.EPS.DOC.686.10.15

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 **Erik Roger Calderón Ramírez** con carné No. **201021120**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, 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

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12
Teléfono directo: 2442-3509



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

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



Guatemala,
17 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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erick Roger Calderón Ramírez, con Carnet No. 2010-21120 quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



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

Guatemala,
25 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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erick Roger Calderón Ramírez, con Carnet No. 2010-21120, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 26 de noviembre de 2015
Ref.EPS.D.626.11.15

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Erik Roger Calderón Ramírez, carné 201021120**, 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 Erick Roger Calderón Ramírez, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA LA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 077.2016

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMIREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2 Y DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, ZONA 8, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Roger Calderón Ramírez**, 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, febrero de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la fuerza necesaria para alcanzar mis metas.
Mis padres	Diego Calderón y Luvia Ramírez, por su amor y apoyo incondicional.
Mi hermana	Kimberly Urbina, por acompañarme a lo largo de mi vida.
Mi abuela	Concepción Castañaza, por su cariño y cuidado.
Mi sobrina y primos	Esperando sea una fuente de motivación para ir detrás de sus sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Porque sin Él nada de esto fuera posible.
Mis padres	Por guiarme en el buen camino y siempre querer lo mejor para mí.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por acogerme y hacerme sentir orgulloso de pertenecer a ella.
Ing. Oscar Argueta	Por otorgarme su conocimiento y experiencia en el campo de la ingeniería.
Ing. Carlos Quim	Por apoyarme incondicionalmente y creer en mí.
Compañeros universitarios	Por compartir experiencias, conocimiento y motivación a lo largo de este camino.
Amigos	Por brindarme seguridad para seguir adelante. Son parte importante de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES	1
1.1. Aspectos históricos.....	1
1.2. Características físicas del lugar.....	1
1.2.1. Ubicación y localización.....	1
1.2.2. Topografía	2
1.2.3. Clima	2
1.3. Características de infraestructura	6
1.3.1. Vías de acceso	6
1.3.2. Servicios públicos	6
1.3.3. Tipo de vivienda.....	7
1.4. Características socioeconómicas	7
1.4.1. Historia y origen.....	7
1.4.2. Actividad económica.....	8
1.4.3. Idioma y religión.....	8
1.4.4. Censo poblacional	8
1.4.5. Disponibilidad de mano de obra	9

2.	ASPECTOS Y GENERALIDADES DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2.....	11
2.1.	Descripción del proyecto.....	11
2.2.	Levantamiento topográfico.....	11
2.2.1.	Planimetría.....	12
2.2.2.	Altimetría.....	12
2.3.	Periodo de diseño.....	13
2.4.	Parámetros hidráulicos.....	13
2.4.1.	Velocidad de diseño recomendadas.....	13
2.4.2.	Relaciones hidráulicas: q/Q , d/D , v/V	15
2.4.3.	Secciones y pendientes.....	16
2.4.4.	Diámetros mínimos.....	18
2.4.5.	Selección de tubería.....	18
2.4.6.	Profundidades mínimas de la tubería.....	18
2.5.	Pozos de visita.....	19
2.5.1.	Diámetro interno de los pozos.....	20
2.5.2.	Disipadores de energía en pozos de visita.....	21
2.5.3.	Cotas invert.....	22
2.6.	Obras de protección.....	23
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO.....	25
3.1.	Localización de la descarga.....	25
3.2.	Parámetros de diseño del sistema.....	25
3.2.1.	Población futura.....	25
3.2.2.	Factor de retorno.....	26
3.2.3.	Determinación del caudal sanitario.....	27

	3.2.3.1.	Caudal doméstico	27
	3.2.3.2.	Caudal comercial e industrial.....	28
	3.2.3.3.	Caudal de infiltración	30
	3.2.3.4.	Caudal de conexiones ilícitas	31
	3.2.3.5.	Cálculo del caudal sanitario	32
	3.2.4.	Determinación del caudal de diseño.....	33
	3.2.4.1.	Factor de caudal medio	33
	3.2.4.2.	Factor de Harmon.....	34
	3.2.4.3.	Cálculo del caudal de diseño.....	35
	3.2.5.	Conexiones domiciliarias.....	35
3.3.		Desarrollo para el cálculo de alcantarillado	36
3.4.		Propuesta de tratamiento	39
3.5.		Presupuesto	40
	3.5.1.	Integración de precios unitarios	40
	3.5.2.	Cantidades estimadas de trabajo	40
3.6.		Cronograma de ejecución física y financiera.....	45
3.7.		Evaluación socioeconómica	47
3.8.		Evaluación de impacto ambiental	48
4.		DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	53
	4.1.	Localización de la descarga	53
	4.2.	Análisis hidrológico de la cuenca.....	53
	4.3.	Método racional	55
	4.3.1.	Tiempo de concentración	55
	4.3.2.	Coeficiente de escorrentía.....	57
	4.3.3.	Intensidad de la precipitación	58
	4.3.4.	Cálculo del caudal de diseño.....	61
	4.4.	Obras complementarias.....	62
	4.5.	Desarrollo para el cálculo de alcantarillado	63

4.6.	Presupuesto	74
4.6.1.	Integración de precios unitarios.....	74
4.6.2.	Cantidades estimadas de trabajo	75
4.7.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	81
4.8.	Evaluación socioeconómica	83
4.9.	Evaluación de impacto ambiental.....	84
5.	DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO ZONA 8, VILLA NUEVA.....	89
5.1.	Descripción del proyecto a desarrollar	89
5.2.	Definición de pavimentos	90
5.3.	Topografía.....	90
5.3.1.	Planimetría	90
5.3.2.	Altimetría	91
5.4.	Ensayos de laboratorio de suelos	91
5.4.1.	Granulometría	92
5.4.2.	Límites de Atterberg	92
5.4.3.	Ensayo de compactación (Proctor modificado)	94
5.4.4.	Ensayo de valor soporte.....	95
5.4.5.	Ensayo de equivalente de arena	96
5.4.6.	Análisis de resultados	96
5.5.	Tránsito promedio diario.....	97
5.6.	Diseño geométrico de la carretera y movimiento de tierras	97
5.6.1.	Alineamiento horizontal	98
5.6.1.1.	Tangentes	98
5.6.1.2.	Curvas horizontales.....	99
5.6.1.3.	Curvas de transición.....	103
5.6.1.4.	Sobreechancho.....	104

	5.6.1.5.	Peralte	105
	5.6.2.	Alineamiento vertical.....	105
	5.6.2.1.	Subrasante	106
	5.6.2.2.	Pendientes.....	106
	5.6.2.3.	Curvas verticales y correcciones	107
5.7.		Movimiento de tierras	112
	5.7.1.	Seccionamiento transversal y sección típica	113
	5.7.2.	Calculo de área de secciones transversales	115
	5.7.3.	Calculo de volúmenes	115
	5.7.4.	Balance y diagrama de masas.....	118
5.8.		Elementos estructurales del pavimento	120
	5.8.1.	Subrasante	120
	5.8.2.	Subbase	121
	5.8.3.	Base	121
	5.8.4.	Carpeta de rodadura.....	122
5.9.		Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93	122
5.10.		Drenajes menores en vías pavimentadas.....	151
	5.10.1.	Consideraciones hidráulicas	151
	5.10.2.	Drenajes longitudinales	152
	5.10.3.	Drenajes transversales	154
5.11.		Presupuesto	156
	5.11.1.	Integración de precios unitarios	156
	5.11.2.	Resumen general	156
5.12.		Cronograma de ejecución física y financiera	159
5.13.		Operación y mantenimiento.....	161
5.14.		Evaluación de impacto ambiental	162
CONCLUSIONES			165
RECOMENDACIONES			167

BIBLIOGRAFÍA..... 169
APÉNDICES..... 171
ANEXOS..... 237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de localización de la carretera de acceso hacia Ciudad Peronia vía La Selva y El Calvario y Colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez, respectivamente	3
2.	Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares.	17
3.	Valor presente neto	48
4.	Planta tragante tipo R.....	66
5.	Detalle de entrada de tragante tipo R.....	66
6.	Representación de variables para cálculo de caudal de tragante tipo R.....	69
7.	Valor presente neto	84
8.	Elementos de una curva simple	99
9.	Elementos de una curva vertical	107
10.	Secciones de volumen	117
11.	Línea de masa	119
12.	Tipo de vehículos	133
13.	Monograma para el cálculo del número estructural	142
14.	Coefficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa (a_1).....	143
15.	Variación de coeficiente de capa de base granular (a_2)	144
16.	Coefficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa (a_3).....	145
17.	Espesores en metros de la estructura de pavimento flexible	150

18.	Cuneta tipo L	153
19.	Cuenta de sección trapezoidal.....	154

TABLAS

I.	Diámetros internos de pozo según diámetro de tubería.	20
II.	Clasificación de pozos de visita drenaje sanitario.....	20
III.	Clasificación de pozos de visita drenaje pluvial	21
IV.	Dotación de agua potable según establecimiento.....	29
V.	Ejemplo de integración de precio unitario de alcantarillado sanitario...	41
VI.	Resumen general del presupuesto del alcantarillado sanitario.....	42
VII.	Cronograma de ejecución física y financiera del drenaje sanitario.....	46
VIII.	Información para valor presente neto	47
IX.	Tiempos de entrada en tramos iniciales	56
X.	Integración de áreas y coeficientes de escorrentía.....	58
XI.	Datos de la estación meteorológica Insivumeh.....	59
XII.	Coeficientes de escorrentía para ser usado en el método racional.....	60
XIII.	Integración de áreas y coeficientes de escorrentía.....	63
XIV.	Ejemplo de integración de precio unitario de alcantarillado pluvial.....	76
XV.	Presupuesto del alcantarillado pluvial.....	77
XVI.	Cronograma de ejecución física y financiera, drenaje pluvial	82
XVII.	Información para valor presente neto	83
XVIII.	Porcentajes mínimos de CBR según su uso.....	95
XIX.	Valor de constante K para curvas verticales.....	109
XX.	Relaciones de corte y relleno de taludes	114
XXI.	Periodos de diseño en función del tipo de carretera.....	124

XXII.	Niveles sugeridos de confiabilidad, R.....	125
XXIII.	Desviación estándar según confiabilidad	126
XXIV.	Módulo resiliente según capa y CBR	129
XXV.	Propiedades de materiales granulares.....	129
XXVI.	Factor de distribución por carril DL	134
XXVII.	Peso de vehículos tipo C-2 y C-3.....	136
XXVIII.	Factores de equivalencia de carga	137
XXIX.	Cálculo de ESAL	139
XXX.	Condiciones de drenaje.....	146
XXXI.	Coeficientes de drenaje recomendados	146
XXXII.	Resumen de factores de diseño.....	149
XXXIII.	Espesores mínimos recomendados por la AASHTO	149
XXXIV.	Presupuesto de carretera de acceso.....	157
XXXV.	Ejemplo de integración de precios unitarios de carretera.....	158
XXXVI.	Cronograma de ejecución física y financiera de carretera	160

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cal/cm²/min	Calorías/ centímetro cuadrado/ minutos
C	Centro
CM	Cuerda máxima
Δ	Diferencia de
PCV ELEV	Elevación de principio de curva vertical
PVT ELEV	Elevación de principio de tangente vertical
PIV ELEV	Elevación de punto de intersección de curva vertical
E	Externa
F	Flecha
h	Hora
kips	Kilolibras
km	Kilometro
kN	Kilo newton
Lb	Libras
LC	Longitud de curva, distancia del PC al PT
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mmHG	Milímetros de mercurio
OM	Ordenada media
%	Porcentaje

PCV	Principio de curva vertical
PTV	Principio de tangente vertical
PIV	Punto de intersección de curva vertical
PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
PC	Punto donde comienza la curva
PT	Punto donde termina la curva
R	Radio de curva
ST	Subtangente de curva
TPDA	Tránsito promedio diario mensual

GLOSARIO

Agua pluvial	Agua que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación.
Agua residual	Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
AutoCAD	Software en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2D y 3D.
Caudal	Cantidad de fluido que circula a través de una sección o ducto por unidad de tiempo.
Cota	Altura o nivel de un punto sobre un plano horizontal de referencia.
Cuenca	Territorio cuyas aguas corren hacia un punto.
Drenaje pluvial	Sistema de tuberías interconectadas que permite el desalojo de aguas pluviales.
Drenaje sanitario	Sistema de tuberías interconectadas que permite el desalojo de aguas residuales.

Evapotranspiración	Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.
Geología	Ciencia que estudia la composición y estructura interna de la tierra.
Infiltración	Introducción de un líquido entre los poros de un sólido.
Meseta	Planicie extensa situada a una determinada altitud sobre el nivel del mar.
Saturación	Llenar u ocupar una cosa hasta el límite de su capacidad.
Tirante	Profundidad de flujo (agua).

RESUMEN

En el siguiente informe, que constituye el trabajo de graduación, se exponen los aspectos más destacados considerados durante el desarrollo del proyecto de la ampliación y diseño de la red de drenaje sanitario y pluvial correspondientes a las comunidades de Lo de Ramírez, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala y la pavimentación de la carretera de acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia vía la Selva y el Calvario.

Los temas centrales giran en torno a la realización de un sistema de drenaje sanitario que incorpora a la línea central a los vecinos de las colonias ya mencionadas, un sistema de drenaje pluvial que capte las aguas precipitadas en dichas áreas y la pavimentación de la vía de acceso que mejore su transitabilidad.

Para lograr lo anterior, se realizó un estudio que comprende: monografía del lugar en cuestión, es decir, la situación actual del área de trabajo; análisis técnico profesional que incluye topografía, diseño hidráulico de los drenajes y de la pavimentación, presupuestos, cronograma de ejecución física y financiera, y una solución concreta con conclusiones, recomendaciones y planos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar un adecuado sistema de recolección y conducción de aguas negras y pluviales, capaz de erradicar los problemas actuales y cubrir con las exigencias futuras que pudieran afectar al sector, así como el diseño de pavimentación con asfalto flexible de la carretera de acceso de Villa Nueva a Ciudad Peronia.

Específicos

1. Plantear alternativas viables y confiables, por medio del diagnóstico de necesidades y estudios socioeconómicos de las comunidades.
2. Establecer un programa de cuidado y mantenimiento que permita responder a las demandas de los usuarios de las calles, avenidas y carreteras, y de la población en general.

INTRODUCCIÓN

Para generar un cambio positivo que mejore la calidad de vida de los habitantes de determinada región, se necesitan políticas de desarrollo que promuevan el avance e impulsen a la población hacia una nueva etapa, donde los habitantes posean los servicios básicos y esenciales para su bienestar social.

La importancia de los servicios públicos radica en que su ausencia significa problemas de desarrollo humano, industrial y comercial, mal estado del ornato, dificultad de tránsito vehicular y peatonal, además del deterioro de la salud, refiriéndose a los alcantarillados. Es por ello que cada comunidad debe contar con sistemas de drenaje sanitario y pluvial, así como con carreteras adecuadas a las condiciones de trabajo que contribuyan con la prosperidad de la región. A pesar de que estos servicios forman parte de un derecho fundamental del hombre, en el país existe una gran carencia de los mismos. Tal es el caso de las colonias ubicadas en San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez y la carretera de acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia vía La Selva y El Calvario.

Como una solución inmediata para la situación actual de las distintas colonias de Lo de Ramírez, se pretende mediante este trabajo, realizar un diseño de la línea de alcantarillado sanitario y pluvial. Mientras que, para la carretera de acceso, se prevé el diseño de pavimentación que mejore la vía transitable del sector.

1. MONOGRAFÍA Y GENERALIDADES

1.1. Aspectos históricos

La fundación del municipio de Villa Nueva se remonta al 17 de abril de 1763, quedando comprendido en el primer distrito correspondiente a Guatemala el 11 de octubre de 1925 gracias a la constitución del estado de Guatemala. Posteriormente, se une al distrito de Amatitlán, gracias al decreto legislativo del 6 de noviembre de 1929, y finalmente forma parte del departamento de Guatemala el 20 de octubre de 1935.

1.2. Características físicas del lugar

Incluye una descripción de los aspectos y factores generales que caracterizan al municipio de Villa Nueva.

1.2.1. Ubicación y localización

Villa Nueva es uno de los diecisiete municipios que conforman el departamento de Guatemala. Se encuentra al suroccidente del mismo y colinda, a precisamente diecisiete kilómetros por la carretera CA-9, con la ciudad de Guatemala. Tiene una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados de área en total, de la cual aproximadamente un 64 % de su extensión se encuentra dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.

Sus coordenadas cartesianas lo ubican a una latitud de 14° 31' 37" norte y una longitud de 90° 35' 15" oeste, con una elevación que oscila entre los 1 300 y los 1 450 metros sobre el nivel del mar (ver figura 1).

1.2.2. Topografía

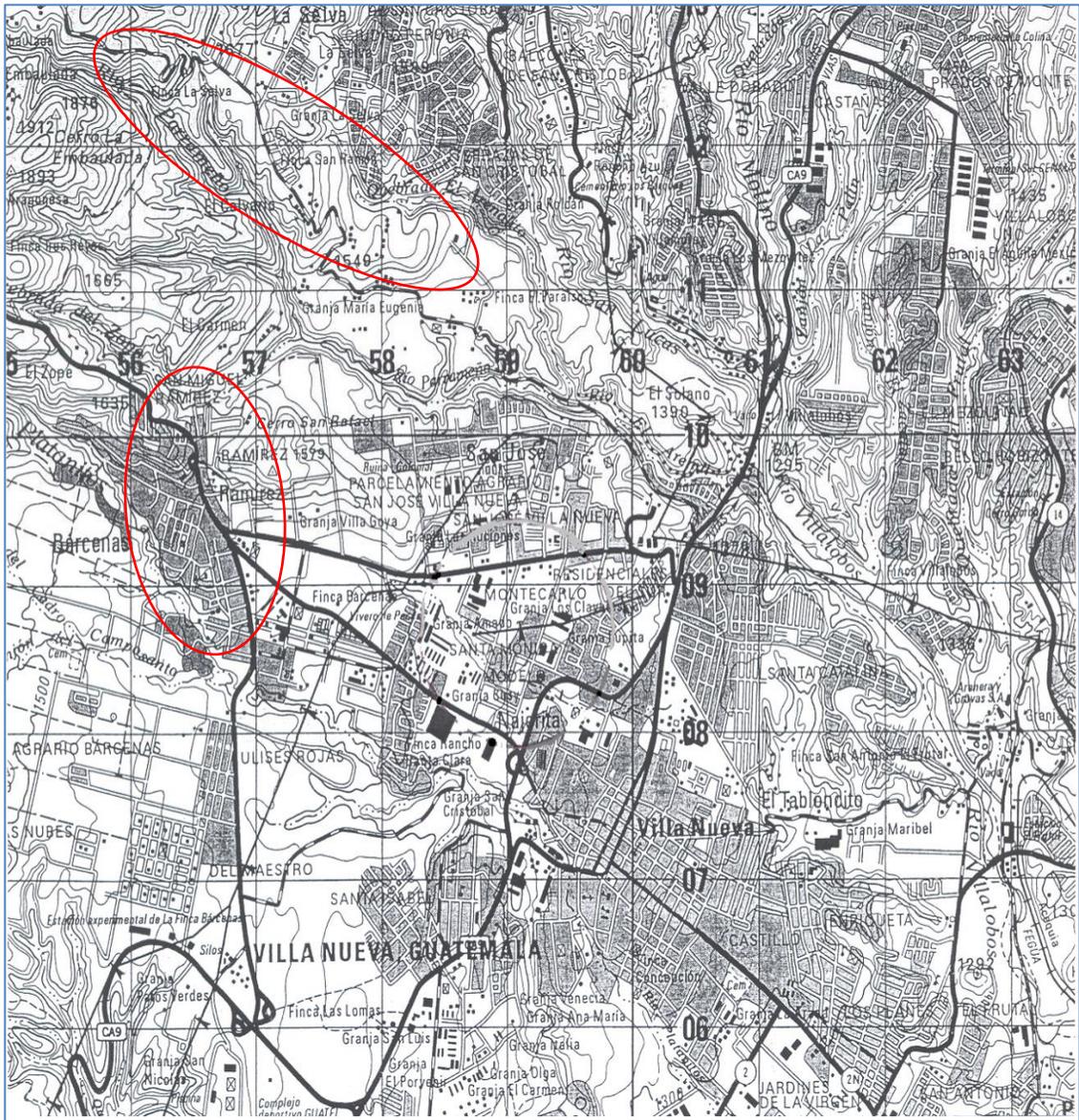
La meseta en donde se asienta el casco urbano del municipio está ubicada en la parte donde se conforman depresiones entre montañas y coinciden con la limitación de grandes cañones, conocidos como barrancos. Esta meseta se caracteriza por tener una topografía accidentada; posee terrenos de relieve ondulado, accidentados y escarpados.

Geomorfológicamente, el territorio en cuestión está constituido por mantos de materiales piroclástico (cenizas, piedra pómez y tobas volcánicas) que han formado laderas onduladas con pendientes suaves, inclinadas entre 5° a 16° y de orientación hacia el este, convexas, con superficies con escalonamientos y de longitudes variables.

1.2.3. Clima

Es el conjunto de condiciones ambientales de un lugar determinado y se caracteriza por ser el promedio de los estados del tiempo, calculado mediante observaciones realizadas en estaciones meteorológicas. En este caso, se realizan en la estación más cercana al municipio, la cual corresponde a la estación Insivumeh de la ciudad de Guatemala, ubicada a 9,8 km de Villa Nueva, la cual posee una latitud de 14 583, longitud -90 517 y una elevación de 1 502 msnm; las tablas de datos para el año 2015 de las siguientes características pueden ser consultadas en la sección de anexos.

Figura 1. **Plano de localización de la carretera de acceso hacia Ciudad Peronia vía La Selva y El Calvario y Colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez, respectivamente**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Mapa 1: 50,000.

- Temperatura

Villa Nueva es una zona caracterizada por un clima templado, seco agradable por la variación de temperatura. Las diferencias entre radiación solar y la radiación terrestre, y los cambios de altura que presenta sobre el nivel del mar, los cuales varían de 1 250 m a 1 500 m.

Su temperatura promedio es de 20 °C, producto de la temporada de verano que se presenta durante los meses de marzo a mayo, llega a promediar una máxima de 25 °C y la época fría, presente en los meses de noviembre a enero, con 15 °C como promedio.

- Precipitación y humedad

La precipitación pluvial del municipio, que sería el espesor de la lámina de agua que se forma a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable, ronda los 1 050 mm, con días lluviosos de hasta 130 al año y una humedad relativa de aire del 80 %.

- Evaporación

Respecto a la evaporación, se registran de 4,2 mm en el tanque a la intemperie de la estación. Esto establece que, gran parte del agua pluvial es infiltrada hacia el manto freático, dadas las características de porosidad encontradas en los suelos de origen volcánico.

- Brillo solar y radiación

La duración del brillo solar, o heliofanía en horas, representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. En este aspecto, la estación meteorológica registra un brillo solar de 202,5 horas y una radiación solar de 3,34 cal/cm²/min.

- Vientos

Villa Nueva es un municipio que por estar asentado en una meseta casi en su totalidad, se le cataloga dentro de una categoría de vientos fuertes, siendo la dirección predominante noreste-sureste con velocidades promedio de 10,2 km/h, razón por la cual es susceptible territorialmente a una erosión eólica en las partes más altas.

- Presión atmosférica

La fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre el sector, ronda los 640,0 mmHG.

- Nubosidad

Representa la fracción de cielo que aparece cubierto con nubes en un lugar en particular; en el municipio de Villa Nueva, la nubosidad es de 6 octas, u octavos de la bóveda celeste, indicando un elevado porcentaje de cielos nubosos a lo largo del año.

1.3. Características de infraestructura

Se describen los aspectos de infraestructura en general del municipio, es decir, aquel conjunto de elementos o servicios que son considerados como necesarios para que este pueda desempeñarse efectivamente.

1.3.1. Vías de acceso

Gracias a su ubicación, permite el acceso a sus municipios aledaños por diferentes rutas, como la carretera hacia Antigua Guatemala vía Bárcenas, la Calle Real que conduce a Petapa, carretera hacia Amatitlán a través de la ruta Mayan Golf y hacia la ciudad capital por medio de la colonia Paraíso del Frutal y la carretera CA-9, esta última permite un mayor acceso a puertos y a zonas francas del país. La comunicación entre sus principales zonas urbanas consiste en su mayoría de carreteras pavimentadas.

1.3.2. Servicios públicos

Villa Nueva, al ser uno de los principales municipios de Guatemala, cuenta con los servicios básicos para satisfacer las necesidades de la población. Posee instituciones que velan por la salud y el resguardo de los habitantes, reguladores de tránsito, transporte público, áreas recreativas, bancos estatales y privados, mercados y cuatro cementerios. Además, está siendo actualizado en su sistema de organización urbana y vehicular, actualmente cuenta con potabilización de agua, alcantarillados, colector general, causes de aguas, sistema de recolección de basura, entre otros.

1.3.3. Tipo de vivienda

Una de las principales causas del crecimiento exponencial del municipio de Villa Nueva fueron los desplazamientos poblacionales debido a los desastres naturales de los últimos años, también, presiones económicas, que reflejan una insatisfecha obtención de uno de los derechos básicos, como ser propietario de una vivienda digna. Dichas situaciones, provocaron numerosos asentamientos en los cuales la mayoría de las viviendas están construidas de materiales deficientes en su calidad. Sin embargo, en el municipio predomina la vivienda formal construida con el sistema mixto, en donde los muros prevalecen de *blocks* con revestimiento y en sus cubiertas predomina el uso de lámina de zinc o losa de concreto.

1.4. Características socioeconómicas

A continuación, se presentan los factores que determinan las experiencias sociales y económicas del municipio y cómo estas ayudan a moldear la personalidad, actitudes y forma de vida de sus habitantes.

1.4.1. Historia y origen

Históricamente, el establecimiento del municipio de Villa Nueva se origina con la destrucción de San Miguel Petapa, debido a una severa inundación. Los sobrevivientes subieron a un valle deshabitado, el cual es bautizado como Nuestra Señora de la Concepción de las Mesas, y rebautizado al cabo del tiempo con el nombre actual de Villa Nueva, teniendo como fecha de fundación el 17 de abril de 1763.

1.4.2. Actividad económica

Villa Nueva es un municipio con dos grandes grupos de actividad económica. Por un lado se encuentran los habitantes que realizan trabajos agrícolas, productos que son para un consumo local y su excedente es comercializado en la ciudad de Guatemala. Por el otro, su zona industrial, encontrándose aquí un 12 % de la industria a nivel nacional, en donde figuran industrias de diferente tipo de producción como: alimentos, plásticos, textiles, metalurgias, químicos y pesticidas, papel, madera y materiales de construcción.

1.4.3. Idioma y religión

El idioma predominante entre los habitantes del municipio es el castellano, sin embargo, bien conocido el mestizaje del país, existen varios dialectos mayas como el kaqchikel y el poqomam que se hablan en la región. Asimismo, se profesan varias religiones entre las cuales están la evangélica, mormona, sabatistas, testigos de Jehová y la predominante que es la católica, que celebra la fiesta patronal del municipio el 8 de diciembre en honor a la Inmaculada Concepción de María.

1.4.4. Censo poblacional

En los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, Villa Nueva se ha caracterizado por ser uno de los municipios del departamento de Guatemala con más densidad de población. Según el censo realizado en 1994, la población en ese entonces llegó a 192 069 habitantes. De la misma manera, el más reciente censo del 2002, los habitantes reportados fueron 335 901. Confirmando el crecimiento demográfico exponencial del municipio, teniendo

como datos de revalidación la proyección del 2015 que es de 564 686 habitantes.

1.4.5. Disponibilidad de mano de obra

Al ser un área urbana con un significativo desarrollo industrial y auge poblacional, existe una gran demanda de mano de obra tanto calificada como no calificada. Esto significa una disponibilidad inmediata de trabajadores para las tareas asignadas.

2. ASPECTOS Y GENERALIDADES DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LAS COLONIAS SAN LUIS RAMÍREZ I Y II, PRIMAVERA II, LO DE RAMÍREZ, LOMAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL RAMÍREZ, ZONA 2

2.1. Descripción del proyecto

El diseño de drenajes consiste en una red de alcantarillado sanitario de 5 549 ml, 112 pozos de visita y 640 conexiones domiciliarias; y un alcantarillado pluvial de 3 171 ml con 75 pozos de visita y 143 sumideros, que cubren un área de 0,20 km², la cual recorre distintas calles, avenidas y callejones del área de Lo de Ramírez y se dividen en tres sectores y una línea de conducción.

Asimismo, se prevé el uso de distintos dispositivos que complementen la funcionalidad y durabilidad de la obra, manteniendo un equilibrio estable entre la inversión y la beneficencia de este.

2.2. Levantamiento topográfico

Es una huella, una representación gráfica y compacta de una superficie terrestre, la cual es realizada por instrumentos que logran delimitar y definir sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. En este caso en particular, se realizó la tarea por medio de una estación total, instrumento que logra realizar mediciones electrónicas de las distancias y elevaciones del terreno.

2.2.1. Planimetría

Se encarga de determinar la longitud exacta de cada uno de los elementos encontrados en el área a trabajar. Por medio de ella se logra representar a escala y de forma horizontal líneas, curvas y otros elementos sin tomar en consideración su elevación.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, trazada por el método de conservación de azimuts con vuelta de campana. En este método utilizado, el azimut de la primera estación es conservado, para que, a partir de su orientación, se vaya midiendo el azimut de la segunda estación y así sucesivamente hasta finalizar el tramo.

La estación total utilizada, Topcon modelo GTS 263W, toma nota de las lecturas acimutales y cenitales, así como de las distancias a los puntos con la asistencia de prismas que reflejan el infrarrojo del dispositivo, compilando de manera automática la información previamente mencionada.

2.2.2. Altimetría

Se utiliza para otorgarle elevación o nivel a los puntos de la planimetría. La estación total, previamente mencionada, utiliza un método de nivelación geométrica o directa compuesta, en donde determina el desnivel existente entre puntos de cada estación y aquellos intermedios respecto a un punto referencial, mediante visuales horizontales hacia los prismas que se ubican en posición vertical sobre los puntos radiados.

2.3. Período de diseño

Se define como el tiempo en el que el sistema de alcantarillado trabajará eficientemente, cumpliendo los parámetros de diseño establecidos para él.

Generalmente, se utilizan periodos de diseño que van de 20 a 40 años, tomando en consideración la calidad de los materiales, la proyección de ampliación del proyecto, el mantenimiento proporcionado por las autoridades correspondientes y la disponibilidad de inversión. Por lo que, en el presente trabajo se establece un periodo de diseño de 22 años, considerando primordialmente los costos de la obra, la baja probabilidad de una ampliación y la calidad de los materiales y métodos de construcción. Se tienen contemplados dos años de planificación y ejecución.

2.4. Parámetros hidráulicos

El diseño, tanto del drenaje sanitario como del pluvial, se encuentra condicionado por una serie de factores hidráulicos que determinan la capacidad, comportamiento y características de la red.

2.4.1. Velocidad de diseño recomendadas

Las velocidades de flujo deben de tener un máximo y mínimo, con el objetivo de evitar erosiones en la tubería y de no provocar la decantación de sólidos dentro de ella. Para calcular la velocidad de diseño, se necesita conocer previamente la velocidad a sección llena de la tubería, para lo cual se hace uso de la siguiente expresión:

$$V = \frac{0,003429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Donde

D = diámetro de tubería (pulgadas)

S = pendiente de tubería

n = coeficiente de rugosidad (PVC = 0,009)

Como ejemplo, se tomarán los datos correspondientes al tramo 1.3 – 1.2 del drenaje sanitario, en donde se utiliza tubo de PVC de 6" de diámetro y una pendiente de 11,55 % por lo que se tiene una velocidad sección llena de:

$$V = \frac{0,003429 \times 6^{2/3} \times 11,55^{1/2}}{0,009} = 4,27 \text{ m/s}$$

Posteriormente, haciendo uso de las relaciones hidráulicas, expuestas en el siguiente apartado, se calcula la velocidad de diseño con el factor v/V , 0,465, lo cual da un resultado de:

$$V_{\text{diseño}} = \frac{v}{V} \times V_{\text{sección llena}} = 0,465 \times 4,27 = 1,99 \text{ m/s}$$

Para los alcantarillados con tubería de PVC, usualmente se manejan velocidades mínimas de 0,6 m/s y máximas de 3 m/s. Sin embargo, gracias a las propiedades mecánicas de la tubería de la actualidad, los principales proveedores (Amanco y Durman) aseguran que su tubería alcanza hasta 5 m/s sin comprometer la integración física del producto.

2.4.2. Relaciones hidráulicas: q/Q, d/D, v/V

Para estudiar las relaciones hidráulicas, se comparan los resultados del cálculo obtenido con una sección parcialmente llena y una a su máxima capacidad, haciendo uso de la expresión algebraica de Manning.

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

Donde

Q = caudal en metros cúbicos por segundo

A = área de la sección en metros cuadrados

R = radio hidráulico

S = pendiente de la tubería (m/m)

n = coeficiente de rugosidad (0,009)

Como ejemplo de caudal a sección llena, se toman los datos del tramo 1.3 – 1.2 del alcantarillado sanitario, el cual posee una tubería de PVC de 6" de diámetro, una pendiente de tubería de 11,55 %.

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{(\pi D^2/4) \times (D/4)^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{(\pi(0,025 \times 6)^2/4) \times ((0,025 \times 6)/4)^{2/3} \times 0,1155^{1/2}}{0,009} = 0,075 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para la relación de caudales (q/Q), se hace un comparativo entre el caudal de diseño y el caudal a sección llena, en donde el caudal de diseño deberá ser menor a aquel que circula en toda el área de la tubería. Posteriormente, para

determinar el valor de relación de tirantes (d/D), el resultado de q/Q es buscado en el eje horizontal de la curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares, figura 2, desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales. El valor de relación de d/D , se obtiene en la intersección de la curva vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad de flujo (tirante) se obtiene al multiplicar el valor por el diámetro de la tubería.

Para el valor de la relación de velocidad parcial y velocidad a sección llena (v/V), se ubica un punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales, previamente establecida, y se traza una horizontal hasta llevar a interceptar la gráfica de velocidades. En este nuevo punto se traza una vertical hacia abajo y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad de la sección parcial, procurando siempre mantenerse dentro de los límites recomendados anteriormente. De forma similar, se calculan las otras características de la sección.

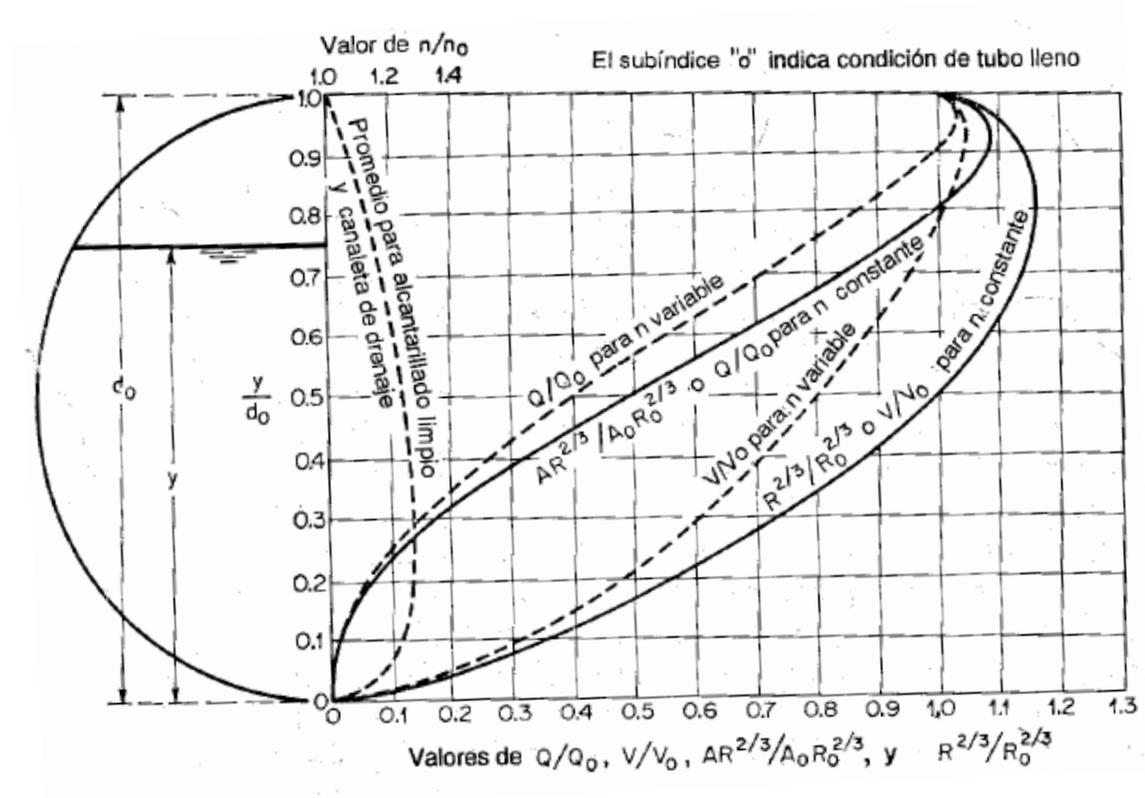
2.4.3. Secciones y pendientes

El valor obtenido de la relación de tirantes deberá de mantenerse entre 0,10 a 0,75 para drenajes sanitarios y menor que 0,90 para drenajes pluviales. Esto se establece con el propósito de evitar el asentamiento de materia dentro del tubo y de no trabajar la tubería a sección llena, pues estaría propensa a fallar por presión.

Respecto a la pendiente de la tubería, esta deberá respetar los parámetros establecidos de tirante y velocidad, variando sus valores, con el fin de adecuarse dentro de los límites previamente mencionados.

En el diseño de los sistemas de drenaje, existe una pendiente mínima de 0,3 % y máxima de 14 % en el alcantarillado pluvial, mientras que en el sanitario se tiene una mínima de 1 % y máxima de 27 %. Estos valores críticos de pendientes máximas, aunque crean excepciones al hecho de mantenerse en el parámetro de tirantes, son necesarias dadas las pronunciadas pendientes del terreno en tramos iniciales, obligando así a la tubería a seguirlas. De lo contrario, los pozos se verían comprometidos, pues su profundidad aumentaría considerablemente y no sería seguro ni viable, dados los estrechos espacios de esos puntos. Se buscó a toda costa mantener los valores lo más cercano a los parámetros requeridos, siempre buscando complementar la falta de tirante con aquella de velocidad.

Figura 2. **Curva de relaciones hidráulicas para secciones circulares**



Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. p. 133.

2.4.4. Diámetros mínimos

El diámetro mínimo de tubería para alcantarillados sanitario es 6" de diámetro para PVC y de 8" para tubería de concreto. Mientras que, para el drenaje pluvial, se manejan diámetros mínimos de 8" para tubería de PVC y 10" de concreto.

En el caso del drenaje sanitario a diseñar, se empleó tubería de 4" en tramos iniciales donde el caudal resultara bajo y no se cumplieren los parámetros de diseño, siempre y cuando en el tramo en cuestión, las conexiones domiciliares futuras fueran imposibles para así evitar la sobrecarga en la tubería. Mientras que para el drenaje pluvial se tomó un diámetro mínimo de 10".

2.4.5. Selección de tubería

La tubería elegida para el diseño de los proyectos es de policloruro de vinilo, también conocido como PVC, debido a su facilidad de instalación, pues es flexible y ligera, a su resistencia química, ya que es inerte y mecánica pues presenta menor rugosidad, mayor resistencia a la abrasión y es hermética.

2.4.6. Profundidades mínimas de la tubería

La profundidad de la tubería está en función de los esfuerzos a la que será sometida, factores que estarán sujetos a las características del suelo, cargas de relleno y vehicular, cama de asiento, ubicación y trazo del terreno.

Sin embargo, se ha demostrado que una profundidad segura para la tubería es de 1,20 m por debajo del terreno natural hasta la parte superior de la tubería, para tramos en donde es tráfico vehicular es pesado y constante. Mientras que, para tramos iniciales o de áreas residenciales es aceptada una profundidad de 1,0 m. Incluso, gracias a los avances tecnológicos en la producción de tuberías de PVC con pared estructurada, estas pueden ser colocadas a 0,50 m, pues poseen perfiles plásticos que mejoran significativamente su capacidad de carga.

2.5. Pozos de visita

Son elementos que forman parte del alcantarillado y cuyo propósito es servir como medios de inspección y limpieza.

Según varias normativas de diseño de alcantarillado, se recomienda ubicar pozos en los siguientes casos:

- En tramos iniciales
- En cambios de diámetro de tubería
- En cambios de pendiente
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En separaciones no mayores de 100 m

En este caso en particular, se empleó un diseño de pozo regulado por la Municipalidad de Villa Nueva. Para el drenaje sanitario, se clasificaron según su altura mientras que para el alcantarillado pluvial fue por su diámetro. Los pozos tipo 1 son de forma rectangular, para los pozos tipo 2, 3 y 4 se empleó una forma circular, así como las clasificaciones 5, 6 y 7, con la excepción de ser reforzados por poseer alturas mayores a 4,00 m o 2,00 m de diámetro.

2.5.1. Diámetro interno de los pozos

Los diámetros de los pozos de visita se encuentran en función del diámetro de la tubería que llega a ellos.

Tabla I. **Diámetros internos de pozo según diámetro de tubería**

Diámetro máximo de tubería (plg)	Diámetro interno de pozo (m)
20	1,25
24	1,50
36	1,75
42	2,00
54	2,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Clasificación de pozos de visita drenaje sanitario**

Tipo de pozo de visita	Altura (m)		Diámetro interno (m)
	De	Hasta	
1	0,00	1,30	1,25 (cuadrado)
2	1,31	2,00	1,25
3	2,01	3,00	1,25
4	3,01	4,00	1,25
5	4,00	6,00	1,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Clasificación de pozos de visita drenaje pluvial**

Tipo de pozo de visita	Altura (m)		Diámetro interno (m)
	De	Hasta	
1	0,00	1,30	1,25 (cuadrado)
2	1,31	3,00	1,25
3	3,01	4,00	1,50
4	3,01	4,00	1,75
5	4,01	6,00	1,75
6	3,01	4,00	2,00
7	4,01	6,00	2,25

Fuente: elaboración propia.

2.5.2. **Disipadores de energía en pozos de visita**

Los disipadores de energía fueron empleados en zonas con alta pendiente longitudinal. La función principal de estos dispositivos es generar una pérdida importante de energía en el flujo y mermar la erosión que esta podría ocasionar al impactar con la estructura.

Su uso debe ser necesario cuando existan desniveles entre 0,70 m y 1,00 m respecto a la entrada de la tubería y el fondo del pozo o cuando la velocidad de flujo sea considerable. Se emplearon dos tipos similares de disipadores, uno consiste en una bifurcación de la tubería de entrada haciendo uso de una yee y un codo a 45° de PVC, que conducen un tubo de igual diámetro hacia el fondo del pozo, dicho sistema fue empleado para el alcantarillado sanitario, pues posee caudales manejables. Para el pluvial, se empleó un sistema en el cual se desvía la tubería de entrada hacia el fondo del pozo, esta vez por medio de una yee y dos codos a 45° de PVC de igual

diámetro al tubo de entrada. Ambos tipos de disipadores se encuentran en sus planos de detalles correspondientes en la sección de apéndices.

2.5.3. Cotas invert

Es la distancia que existe entre el nivel del terreno natural y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recibimiento mínimo necesario de la tubería. Por lo tanto, las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Se debe tomar en consideración que la cota invert de salida de un pozo se coloca al menos tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada de la tubería más baja que llega al pozo. Cuando el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará debajo de la tubería de entrada al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

$$CI_{\text{salida PV1}} = C_{\text{terreno}} - H_{\text{PV 1}} + 0,03$$

$$CI_{\text{entrada PV2}} = CI_{\text{salida PV1}} - \left[(DH - \Phi_{\text{pozo}}) \times \left(\frac{S \%}{100} \right) \right]$$

$$CI_{\text{salida PV2}} = CI_{\text{entrada PV2}} - 0,03\text{m}$$

Donde

$CI_{\text{salida PV1}}$ = cota invert de salida de pozo de visita 1

C_{terreno} = cota de terreno

$H_{\text{PV 1}}$ = altura de pozo de visita 1

$CI_{\text{entrada PV2}}$ = cota invert de entrada de pozo de visita 2

$CI_{\text{salida}}^{\text{PV2}}$ = cota invert de salida de pozo de visita 2
 $S\%$ = pendiente de tubería
 DH = distancia horizontal entre pozos
 Φ_{pozo} = diámetro interno de pozo

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo del tramo 1.3 al 1.2 del alcantarillado sanitario. En donde se tienen los siguientes datos:

Cota de terreno PV 1,3 = 1 026,81

Altura de PV 1,3 = 3 m

Distancia horizontal = 83,18 m

Diámetro de PV 1,3 = 1,25 m

Pendiente de tubería = 11,55 %

$$CI_{\text{salida}}^{\text{PV1,3}} = C_{\text{terreno1,3}} - H_{\text{PV 1,3}} + 0,03 = 1\,026,81 - 3,0 + 0,03 = 1\,023,84$$

$$CI_{\text{entrada}}^{\text{PV1,2}} = CI_{\text{salida}}^{\text{PV1}} - \left[(DH - \Phi_{\text{pozo}}) \times \left(\frac{S\%}{100} \right) \right]$$

$$CI_{\text{entrada}}^{\text{PV1,2}} = 1\,023,84 - \left[(83,18 - 1,25) \times \left(\frac{11,55}{100} \right) \right] = 1\,014,35$$

$$CI_{\text{salida}}^{\text{PV1,2}} = CI_{\text{entrada}}^{\text{PV1,2}} - 0,03\text{m} = 1\,014,35 - 0,03 = 1\,014,32$$

2.6. Obras de protección

Son estructuras auxiliares que integran el sistema de alcantarillado, estipuladas en los planos finales. Estas se caracterizan por tener variaciones en su forma y tamaño dependiendo de la finalidad de las mismas.

Para los sistemas de alcantarillado sanitario se emplearon las siguientes obras de protección:

- Conexiones domiciliarias
- Escaleras en pozos de visita
- Tapaderas en pozos de visita y conexiones domiciliarias

Para los sistemas de alcantarillado pluvial se emplearon las siguientes obras de protección:

- Tragantes
- Escaleras en pozos de visita
- Tapaderas en pozos de visita y tragantes

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO

3.1. Localización de la descarga

Para la descarga de aguas negras, se realizó una línea de conducción que finaliza en un recolector existente que conduce hacia la planta de tratamiento ubicada dentro de las instalaciones de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). La Municipalidad de Villa Nueva tiene proyectado una fase de proyectos que complementan varios de los diseños de drenajes sanitarios en el municipio, que contemplan el manejo y tratamiento de estos.

3.2. Parámetros de diseño del sistema

A continuación se enlista la serie de medidas y factores utilizados en el diseño del alcantarillado sanitario. Estos datos fueron estimados con base en datos obtenidos en campo, así como evaluaciones socioeconómicas y técnicas del sector.

3.2.1. Población futura

Se realiza una proyección de población futura haciendo uso de los censos poblacionales efectuados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), correspondientes a los años 2002 y proyecciones publicadas en el 2012. Esto, con el objetivo de prever el incremento de usuarios del sistema y lograr diseñarlo de manera que satisfaga las exigencias futuras.

El crecimiento poblacional se ve condicionado por eventos como nacimientos, muertes y migraciones. La proyección puede ser estimada por varios métodos, siendo uno de los más comunes el método geométrico, cuya fórmula es:

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

Donde

Pf = población final

Po = población actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = periodo de diseño

La tasa de crecimiento calculada para el municipio de Villa Nueva fue de 4 %, una población del sector de 3 840 habitantes y un periodo de diseño de 20 años, más 2 años por planificación y ejecución, por lo que se tiene:

$$Pf = 3\,840 \times (1 + 0,04)^{22} = 9\,101 \text{ habitantes}$$

3.2.2. Factor de retorno

La cantidad de aguas residuales generada por los pobladores es menor a la cantidad de agua potable que estos consumen. El porcentaje de agua distribuida que se pierde y no ingresa a la red de alcantarillado regularmente oscila entre el 70 % y el 90 %. En el caso de este proyecto se tomó un factor de retorno, intermedio, de 80 % debido a que existen pérdidas de agua a través de actividades diarias de los pobladores.

3.2.3. Determinación del caudal sanitario

El caudal sanitario está conformado por las aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Adicionalmente, se debe considerar aquellas producidas por infiltración y por conexiones erradas o ilícitas.

3.2.3.1. Caudal doméstico

Se refiere al agua evacuada por las viviendas usada por los habitantes en actividades rutinarias. Este requiere del número de habitantes proyectado, el factor de retorno y la dotación de agua potable, la cual se encuentra en función de los hábitos y costumbres sociales de los pobladores del sector. En este caso, se estima una dotación de 150 lts/hab/día pues poseen una constante distribución de agua potable en el sector y sus actividades rutinarias son promedio.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} \times \text{Pf} \times \text{FR}}{86\,400}$$

Donde

Q_{dom} = caudal domiciliar litros por segundo

Dot = dotación (litros/habitante/día)

Pf = población futura

FR = factor de retorno

En el tramo 1,3 – 1,2 se tiene un caudal domiciliar de:

Habitantes:

$$\text{Núm. Hab}_{\text{actual}} = 23 \text{ casas} \times 6 \text{ integrantes por casa} = 138 \text{ habitantes}$$

$$\text{Núm. Hab}_{\text{futuro}} = 138 \times (1 + 0,04)^{22} = 328 \text{ habitantes}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{150 \times 328 \times 0,8}{86\,400} = 0,46 \text{ l/s}$$

3.2.3.2. Caudal comercial e industrial

Se encuentra en función del tipo y tamaño del comercio o industria que está en la localidad, puesto que de ahí depende la dotación comercial. Generalmente este varía entre 600 y 3 000 l/comercio/día y entre 1 000 y 18 000 l/industria/día. En el sector de estudio se encontraron otros establecimientos como pequeñas ventas de comida, escuelas, iglesias, mercado, salón de eventos, estación de PNC y un pequeño centro asistencial

Dichos establecimientos tienen una dotación promedio de agua potable de:

Tabla IV. **Dotación de agua potable según establecimiento**

Establecimiento	Dotación
Escuela	100 l/estudiante/día
Iglesia	80 l/concurrente/jornada
Mercado	100 l/puesto/día
Salón de eventos	25 l/asistente/día
Estación policiaca	70 l/personal/día
Centro asistencial	800 l/cama/día

Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenidas las dotaciones según la magnitud del comercio o industria, se procede calcular el caudal.

$$Q_{com}/Q_{ind} = \frac{\text{Núm. Industrias} / \text{Núm. Comerciales} \times \text{Dot}}{86\ 400}$$

Donde

Q_{com} = caudal commercial en litros por segundo

Q_{ind} = caudal industrial en litros por segundo

Núm. Industrias/Núm. Comerciales = número de industrias o comerciales

Dot = dotación en litros por habitante por día

En el tramo 21,0 – A, se encuentra un mercado con 25 puestos y una dotación de 100 l/puesto/día, por lo que se tiene un caudal comercial de:

$$Q_{com}/Q_{ind} = \frac{25 \times 100}{86\ 400} = 0,029 \text{ l/s}$$

3.2.3.3. Caudal de infiltración

La infiltración de aguas superficiales a las redes de alcantarillado de aguas residuales es inevitable. Este caudal es considerado como el flujo que se infiltra o penetra a través de la tubería, juntas entre tuberías y conexiones a pozos de visita y demás estructuras.

Según las regulaciones publicadas en las *Normas generales para el diseño de alcantarillados* por el Instituto Nacional de Fomento Municipal (Infom), el caudal de infiltración está en función del tipo de material de la tubería y del nivel freático del suelo; para tubería de PVC por arriba del nivel freático y por abajo del nivel freático, es posible calcularlo respectivamente con:

$$Q_{inf} = 0,01 \times \Phi_{tub}$$

$$Q_{inf} = 0,02 \times \Phi_{tub}$$

Donde

Q_{inf} = caudal de infiltración en litros por segundo

Φ = diámetro nominal de la tubería (pulgadas)

Del tramo 1,3–1,2 se tiene tubería de PVC de 6" de diámetro a una profundidad de 1,0 m en promedio, por lo cual se asume que está arriba del nivel freático, por lo que se tiene un caudal de infiltración de:

$$Q_{inf} = 0,01 \times \Phi_{tub} = 0,01 \times 6 = 0,06 \text{ l/s}$$

3.2.3.4. Caudal de conexiones ilícitas

Es el aporte de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones erradas de bajantes de tejados y patios. Existen varias formas de calcular dicho caudal.

Una de estas formas es haciendo uso del método racional, mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{ci} = \frac{CIA}{3,60}$$

Donde

Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas metros cúbicos por segundo

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

A = área factible a sufrir de conexiones ilícitas en kilómetros cuadrados

Sin embargo, se consideró que dichos caudales calculados por el método racional eran mucho mayores a aquellos del caudal domiciliar. Convenientemente, según lo establecido en los reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes de Unepar - Infom, es posible representar este caudal como el 10 % del caudal domiciliar.

Además, debido a que se planea construir un sistema de alcantarillado pluvial, las conexiones ilícitas deberán ser reducidas considerablemente.

$$Q_{ci} = 0,10 \times Q_{dom}$$

Donde

Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas

Q_{dom} = caudal domiciliar

Teniendo como ejemplo el tramo 1,3 – 1,2, se tiene un caudal ilícito de:

$$Q_{ilícito} = 0,10 \times 0,46 = 0,046 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.3.5. Cálculo del caudal sanitario

El caudal sanitario no es más que la suma de cada uno de los caudales anteriores.

$$Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ilícito}$$

Donde

$Q_{sanitario}$ = caudal sanitario, litros por segundo

Q_{dom} = caudal domiciliar, litros por segundo

Q_{com} = caudal commercial, litros por segundo

Q_{ind} = caudal industrial, litros por segundo

Q_{inf} = caudal de infiltración, litros por segundo

$Q_{ilícito}$ = caudal de conexiones ilícitas, litros por segundo

Para el caudal sanitario proyectado del tramo 1,3 – 1,2 se tiene:

$$Q_{sanitario} = 0,46 + 0 + 0 + 0,010 + 0,046 = 0,52 \text{ l/s}$$

3.2.4. Determinación del caudal de diseño

También conocido como caudal máximo, es el caudal total con el cual se diseñará el alcantarillado sanitario. Este parámetro define las velocidades, tirantes, diámetros de tubería y los demás elementos que conforman el sistema.

3.2.4.1. Factor de caudal medio

Está en función del caudal sanitario y del número de habitantes, además, resulta constante para el todo el sistema. Este parámetro regula el suministro de caudal en la tubería; se toma como el caudal que aporta un habitante entre la población total. Para calcularlo se utiliza la siguiente expresión:

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{P_f}$$

Donde

f_{qm} = factor de caudal medio

$Q_{\text{sanitario}}$ = caudal sanitario

P_f = población futura

Sin embargo, el factor de caudal medio maneja valores mínimos y máximos, y naturalmente, si su cálculo particular diera un valor fuera de su rango, se deberá emplear el máximo o mínimo según sea el caso.

$$0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$$

Haciendo uso del caudal sanitario del área a drenar

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{P_f} = \frac{7,16}{9,101} = 0,001 \leq 0,002$$

Entonces,

$$f_{qm} = 0,002$$

3.2.4.2. Factor de Harmon

También llamado factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad en función del número de habitantes a servir en cada tramo, y que actúa en horas pico del sistema de drenaje. Su fórmula está dada por:

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

Donde

FH = factor de Harmon

P = número de habitantes futuro/1 000

Con la cantidad de 328 habitantes del tramo en cuestión se tiene:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{328/1\ 000}}{4 + \sqrt{328/1\ 000}} = 4,06$$

3.2.4.3. Cálculo del caudal de diseño

Para obtener el caudal que transportará la red de alcantarillado sanitario se utilizan los valores descritos en la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = \text{Núm. Hab} \times FH \times f_{qm}$$

Donde

Q_{dis} = caudal de diseño, litros por segundo

Núm. Hab = número de habitantes

FH = factor de Harmon

f_{qm} = factor de caudal medio

Haciendo uso de los valores determinados anteriormente, se logra calcular un caudal de diseño de:

$$Q_{dis} = \text{Núm. Hab} \times FH \times f_{qm} = 328 \times 4,06 \times 0,002 = 2,66 \text{ l/s}$$

3.2.5. Conexiones domiciliarias

Tienen como objetivo captar y descargar hacia la línea de conducción, las aguas servidas de las viviendas. Está conformada por dos elementos principales.

- Candela: es un elemento circular, generalmente un tubo de concreto de 12" de diámetro, con una profundidad mínima de 1 metro.

- Acometida: es la tubería que conecta la candela con el colector principal, posee un diámetro mínimo de 4", una pendiente mínima del 2 % y máxima de 6 %, a 45° debajo de la horizontal.

3.3. Desarrollo para el cálculo de alcantarillado

A continuación se presenta el cálculo realizado para el tramo crítico que va desde el PV 37,0 al PV 38,0

Datos

Cota PV 37,0: 964,11

Cota PV 38,0: 960,82

Distancia horizontal: 87,47

Núm. casas acumuladas: 720

- Habitantes

Núm. Hab_{actual} = 720 casas × 6 integrantes por casa = 4 320 habitantes

Núm. Hab_{futuro} = 4 320 × (1 + 0,04)²² = 10 239 habitantes

- Caudal domiciliar

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} \times \text{Pf} \times \text{FR}}{86\,400} = \frac{150 \times 10\,239 \times 0,8}{86\,400} = 14,22 \text{ l/s}$$

- Caudal comercial (especial)

$$Q_{\text{escuela}} = \frac{\text{Núm. estudiantes} \times \text{Dot}}{86\,400} = \frac{350 \times 80}{86\,400} = 0,324 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{comisaria}} = \frac{\text{Núm. personal} \times \text{Dot}}{86\,400} = \frac{70 \times 75}{86\,400} = 0,061 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{iglesia}} = \frac{\text{Núm. concurrentes} \times \text{Dot}}{86\,400} = \frac{40 \times 100}{86\,400} = 0,046 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{com total}} = 0,431 \text{ l/s}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{\text{ilícito}} = 0,1 \times Q_{\text{dom}} = 0,1 \times 14,22 = 1,44 \text{ l/s}$$

- Caudal de infiltración (por arriba del manto freático)

$$Q_{\text{inf}} = 0,01 \times \Phi_{\text{tub}} = 0,01 \times 12 = 0,12 \text{ l/s}$$

- Caudal sanitario

$$Q_{\text{sanitario}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{ilícito}}$$

$$Q_{\text{sanitario}} = 14,22 + 0,431 + 1,44 + 0,12 = 16,2 \text{ l/s}$$

- Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{10\,239/1\,000}}{4 + \sqrt{10\,239/1\,000}} = 2,94$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{sanitario}}}{P_f} = \frac{16,20}{10\,239} = 0,0016 \leq 0,002$$

Entonces,

$$f_{qm} = 0,002$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{dis}} = \text{Núm. Hab} \times FH \times f_{qm} = 10\,239 \times 2,94 \times 0,002 = 60,21 \text{ l/s}$$

Una vez calculados los caudales, se procede a verificar que cumplan con los requerimientos del sistema, por lo que se chequean los parámetros de caudal, velocidad y tirante. Teniendo en consideración que el tramo 37,0 – 38,0 posee tubería de 12" y una pendiente de 3 %; para la relación de caudales se tiene que:

$$V_{\text{sección llena}} = \frac{0,003429 \times 12^{2/3} \times 3^{1/2}}{0,009} = 3,46 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V = \frac{\pi}{4} \times (12 \times 0,0254)^2 \times 3,46 = 0,2445 \text{ m}^3/\text{s} = 244,50 \text{ l/s}$$

Entonces

$$q/Q = 60,29/244,50 = 0,246$$

Haciendo uso de las relaciones hidráulicas respecto al resultado anterior:

$$v/V = 0,828$$

$$V_{\text{diseño}} = \frac{v}{V} \times V_{\text{sección llena}} = 0,828 \times 3,46 = 2,864 \text{ m/s} \leq 5 \text{ m/s}$$

$$d/D = 0,338 \leq 0,75$$

Como se puede observar, la velocidad de diseño alcanza el límite permitido por los fabricantes de tubería de PVC de 5 m/s y su tirante hidráulico se mantiene entre los valores 0,10 y 0,75 permitidos.

3.4. Propuesta de tratamiento

Las aguas residuales deben pasar a un proceso de tratamiento previo a ser descargadas a un cuerpo receptor. De manera general, se puede mencionar los tipos de tratamiento de aguas negras que usualmente son utilizados en plantas como la ubicada dentro de las instalaciones del ENCA. Aunque no se contempla el diseño de una planta de tratamiento para este proyecto, es posible exponer los requerimientos mínimos que esta debe poseer, como los siguientes.

- Tratamiento preliminar: el primer paso es acondicionar el agua residual, removiendo materiales que pudieran obstruir los pasos posteriores. Usualmente se utilizan tamices o rejas para retener dichos materiales o desarenadores para separar los elementos pesados en suspensión.
- Tratamiento primario: su objetivo fundamental consiste en la eliminación del material coloidal o en suspensión del agua residual. La separación por gravedad constituye una de las operaciones unitarias más ampliamente usadas.
- Tratamiento secundario o biológico: en ese proceso se busca estabilizar la materia orgánica y coagular, y remover los sólidos coloidales que no

fueron sedimentados y que se encuentran en las aguas residuales domésticas y en tanques sépticos.

- Proceso terciario: el último paso del proceso, consiste en remover la materia orgánica residual y otras sustancias contaminantes no eliminadas en los procesos anteriores, por ejemplo nutrientes, fósforo y nitrógeno. Estos procesos tienen una naturaleza biológica y, la más utilizada, fisicoquímica.

3.5. Presupuesto

Es un plan de actividades y recursos que se realizaron para llevar a cabo el proyecto. Para ello es preciso tomar en consideración cada uno de los aspectos y especificaciones que se establecieron durante su diseño.

3.5.1. Integración de precios unitarios

La actividad de integrar de precios unitarios se refiere al desglose de cada actividad y material necesario para realizar una determinada unidad de trabajo, tomando en consideración maquinaria y equipo, materiales y mano de obra. Una ejemplificación de este puede ser ubicada en la tabla V, mientras que el contenido completo de la integración de precios unitarios puede ser consultado en la copia digital de este trabajo ubicada en la biblioteca del edificio T4 de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

3.5.2. Cantidades estimadas de trabajo

En el cuadro de resumen general se presenta la cantidad, precio unitario y total de cada renglón, así como del costo del proyecto total (ver tabla VI).

Tabla V. **Ejemplo de integración de precio unitario de alcantarillado sanitario**

<i>Descripción del Renglón</i>	Cantidad	Unidad	PU	Total
Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante	1,00	MI	Q530,31	Q530,31
Nota:				
Descripción de maquinaria y equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Camión de volteo	0,01	Viaje	Q 417,50	Q 2,92
Retroexcavadora CAT 416 (excavación)	0,17	Hora	Q 335,00	Q 57,39
Retroexcavadora CAT 416 (carga de material sobrante)	0,002	Hora	Q 335,00	Q 0,60
Ballarína	0,18	Hora	Q 135,00	Q 24,03
Cisterna	0,01	Viaje	Q 300,00	Q 2,01
Transporte de maquinaria y/o equipo	1,00	global	Q 1,22	Q 1,22
			Total con IVA	Q 88,17
Descripción de combustible y lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Combustible regular	0,02	Gal	Q 33,05	Q 0,66
			Total con IVA	Q 0,66
Descripción de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Tubo PVC de 10" con campana y anillos de hule norma D3034	0,18	unidad	Q 1 200,00	Q 216,00
Selecto	0,45	m ³	Q 75,00	Q 33,75
Lubricante para juntas de hule (jabón)	0,01	unidad	Q 10,00	Q 0,10
Junta rápida de hule de 10"	0,17	unidad	Q 32,40	Q 5,51
				Q 0,00
Transporte de material	1,00	global	Q12,77	Q 12,77
			Total con IVA	Q 268,13
Descripción de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Trazo de niveles	1,00	MI	Q 0,46	Q 0,46
Colocación de niveles	1,00	MI	Q 0,75	Q 0,75
Tallado y nivelación	0,67	m ²	Q 2,77	Q 1,86
Colocación del material de relleno (selecto + suelo)	1,43	m ³	Q 3,75	Q 5,36
Compactación de suelos con ballarina	8,01	m ²	Q 1,08	Q 8,64
Compactación de suelos (manual)	0,07	m ³	Q 10,71	Q 0,75
Colocación de tubería 10" PVC con campana y anillos de hule	1,00	MI	Q 6,09	Q 6,09
			Subtotal	Q23,91
Porcentaje de ayudante (mano de obra)			Q0,30	Q7,17
Prestaciones (mano de obra + porcentaje de ayudante)			Q0,86	Q26,64
			Total	Q57,72
HERRAMIENTA (mano de obra)			Q0,05	Q2,89
COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra + herramientas)				Q417,57
TOTAL COSTO INDIRECTO			Q0,27	Q112,74
COSTO TOTAL				Q530,31

Observaciones:

Ver tabla de factores indirectos para su respectiva integración 2. Ver tabla de prestaciones para su respectiva integración.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Resumen general del presupuesto del alcantarillado sanitario

IDENTIFICACIÓN		Construcción de drenaje sanitario			
PROYECTO:		Colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael			
UBICACIÓN		Ramírez, zona 2			
LOCALIZACIÓN:		Municipalidad de Villa Nueva			
NOMBRE DE SOLICITANTE:		Municipalidad de Villa Nueva		PROYECTO	155 DRE 2014
ALCANTARILLADO TRAMO 1	1 395,55 ml	ALCANTARILLADO TRAMO 3	1 720,93 ml	FECHA	Q42 366,00
ALCANTARILLADO TRAMO 2	1 645,29 ml	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	787,23 ml		

Núm.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN		
SECTOR 1							
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
1.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 1	MI	1 395,55	Q 4,46	Q 6 224,15		
1.02	Desmontaje de adoquín existente, Sector 1	m ²	292,56	Q 16,50	Q 4 827,24		
1.03	Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo), Sector 1	m ²	363,29	Q 30,25	Q 10 989,52		
1.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 1	m ²	292,56	Q 151,67	Q 44 372,58		
1.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 1	Ton-m	45,41	Q 1 518,85	Q 68 970,98		
SUBTOTAL					Q 135 384,47		
2.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
2.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante	MI	884,82	Q 244,88	Q 216 674,72		
2.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 8" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante	MI	48,69	Q 275,81	Q13 429,19		
2.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante	MI	458,04	Q 530,31	Q 242 903,19		
SUBTOTAL					Q473 007,10		
3.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
3.01	Construcción de conexión domiciliar (Tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y silleta. (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)	Unidad	204,00	Q 895,63	Q182 708,52		
POZOS DE VISITA							
		H [m] < Ø [m]					
3.02	Construcción de pozo de visita tipo 1	0,93	1,25	Unidad	3,00	Q 4 298,79	Q 12 896,37
3.03	Construcción de pozo de visita tipo 2	1,68	1,25	Unidad	18,00	Q 6 768,40	Q 121 831,20
3.04	Construcción de pozo de visita tipo 3	2,33	1,25	Unidad	4,00	Q 9 614,22	Q 38 456,88
3.05	Construcción de pozo de visita tipo 4	3,09	1,25	unidad	1,00	Q 11 108,40	Q 11 108,40
3.06	Construcción de pozo de visita tipo 5	4,74	1,25	Unidad	3,00	Q 24 218,01	Q 72 654,03
SUBTOTAL					Q 439 655,40		
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 1					Q1 048 046,97		

Continuación de la tabla VI.

SECTOR 2							
4.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
4.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 2			MI	1 645,29	Q 4,46	Q 7 337,99
4.02	Desmontaje de adoquín existente, Sector 2			m ²	603,63	Q 16,50	Q 9 959,90
4.03	Demolición de carpeta asfáltica existente, Sector 2			m ²	322,73	Q 30,25	Q 9 762,58
4.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 2			m ²	603,63	Q 151,67	Q 91 552,56
4.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 2			Ton-m	40,34	Q 1 518,85	Q 61 270,41
SUBTOTAL							Q 179 883,44
5.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
5.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			MI	1 226,59	Q 250,99	Q 307 861,82
5.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 8" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	78,34	Q 379,43	Q 29 724,55
5.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	340,36	Q 536,90	Q 182 739,28
SUBTOTAL							Q 520 325,65
6.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
6.01	Construcción de conexión domiciliar (Tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y silleta. (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			unidad	203,00	Q 983,22	Q 199 593,66
	POZOS DE VISITA						
		H [m]	< Ø [m]				
6.02	Construcción de pozo de visita tipo 1	0,94	1,25	unidad	7,00	Q 4 524,17	Q 31 669,19
6.03	Construcción de pozo de visita tipo 2	1,74	1,25	unidad	8,00	Q 6 897,34	Q 55 178,72
6.04	Construcción de pozo de visita tipo 3	2,40	1,25	unidad	16,00	Q 9 520,89	Q 152 334,24
6.05	Construcción de pozo de visita tipo 4	3,42	1,25	unidad	3,00	Q 12 541,62	Q 37 624,86
6.06	Construcción de pozo de visita tipo 5	5,35	1,25	unidad	2,00	Q 22 811,33	Q 45 622,66
SUBTOTAL							Q 522 023,33
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 2							Q1 222 232,42

Continuación de la tabla VI.

SECTOR 3								
7.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES							
7.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 3			ml	1 720,93	Q 4,46	Q 7 675,35	
7.02	Desmontaje de adoquín existente, Sector 3			m ²	433,23	Q 16,50	Q 7 148,30	
7.03	Demolición de carpeta asfáltica existente, Sector 3			m ²	461,68	Q 30,25	Q 13 965,82	
7.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 3			m ²	433,23	Q 151,67	Q 65 707,99	
7.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 3			Ton-m	57,71	Q 1 518,85	Q 87 652,83	
SUBTOTAL							Q 182 150,29	
8.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO							
8.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 4" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	89,08	Q 133,25	Q 11 869,91	
8.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 6" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	1 301,36	Q 229,30	Q 298 401,85	
8.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 8" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	120,11	Q 323,30	Q 38 831,56	
8.04	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	299,46	Q 576,80	Q 172 728,53	
SUBTOTAL							Q 521 831,85	
9.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE							
9.01	Construcción de conexión domiciliar (Tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y silleta. (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			unidad	230,00	Q 922,91	Q 212 269,30	
	POZOS DE VISITA							
		$\begin{matrix} < & \text{Ø} \\ \text{H [m]} & \text{[m]} \end{matrix}$						
9.02	Construcción de pozo de visita tipo 1	1,05	1,25	unidad	6,00	Q 4 951,89	Q 29 711,34	
9.03	Construcción de pozo de visita tipo 2	1,67	1,25	unidad	15,00	Q 6 708,96	Q 100 634,40	
9.04	Construcción de pozo de visita tipo 3	2,42	1,25	unidad	9,00	Q 8 998,32	Q 80 984,88	
9.05	Construcción de pozo de visita tipo 4	3,52	1,25	unidad	2,00	Q 13 986,87	Q 27,973,74	
9.06	Construcción de pozo de visita tipo 5	5,35	1,25	unidad	2,00	Q 20 735,84	Q 41,471,68	
SUBTOTAL							Q 493 045,34	
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 3							Q 1 197 027,48	

Continuación de la tabla VI.

LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DESCARGA							
10.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
10.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Línea de conducción		MI	787,23	Q4,46		Q 3 511,05
10.02	Demolición de carpeta asfáltica existente, Línea de conducción		m ²	558,06	Q30,25		Q 16 881,32
10.03	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Línea de conducción		Ton-m	69,76	Q 1 518,85		Q 105 954,98
SUB TOTAL							Q 126 347,35
11.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
11.01	Suministro e instalación de tubería PVC norma D3034 Ø 12" incluye nivelación y compactación de selecto espesor de 20 cm como base de tubería, Línea de conducción		ml	787,23	Q 708,00		Q 557 358,84
SUBTOTAL							Q 557 358,84
12.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
12.01	Construcción de conexión domiciliar (Tubería concreto Ø 12"), tubería de PVC Ø 4" norma D-3034 para acometidas y sileta. (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)		unidad	3,00	Q 916,98		Q 2 750,94
	POZOS DE VISITA						
		H [m]	<	Ø [m]			
12.02	Construcción de pozo de visita tipo 2	1,74		2,25	unidad	3,00	Q 6 897,31
12.03	Construcción de pozo de visita tipo 3	2,26		1,25	unidad	8,00	Q 8 493,41
12.04	Construcción de pozo de visita tipo 5	4,31		1,25	unidad	2,00	Q 17 172,97
SUBTOTAL							Q 125 736,09
COSTO ESTIMADO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN							Q 809 442,28
COSTO ESTIMADO TOTAL :							Q4 276 749,15

Fuente: elaboración propia.

3.6. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma actúa como una agenda que se define a través del tiempo, ejecución, control físico y financiero de la obra. Se prevé realizar la totalidad de la obra en un lapso de 10 meses.

Sin embargo, durante la planificación, diseño y ejecución de cualquier obra civil, se está sujeto a fuerzas mayores que podrían alargar el tiempo ejecución del proyecto (ver tabla VII).

Tabla VII. Cronograma de ejecución física y financiera del drenaje sanitario

	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
SECTOR 1										
trazo y nivelación	Q6 224,15									
liminates	Q15 816,76									
colocación de tubería de PVC		Q236 503,55	Q118 251,78	Q11 251,78						
de pozos de visita		Q128 473,44	Q64 236,72	Q64 236,72						
de obras complementarias		Q81 354,26	Q91 354,26	Q91 354,26						
lvs				Q113 343,56						
SECTOR 2										
trazo y nivelación	Q7 337,89									
liminates										
colocación de tubería de PVC				Q19 722,48	Q208 130,26	Q312 195,39				
de pozos de visita				Q161 214,84	Q80 607,42	Q80 607,42				
de obras complementarias				Q99 756,83	Q49 898,42	Q49 898,42				
lvs							Q 152 822,97			
SECTOR 3										
trazo y nivelación	Q7 675,35									
liminates					Q21 114,12					
colocación de tubería de PVC							Q260 915,93	Q260 915,93		
de pozos de visita							Q140 388,02	Q140 388,02		
de obras complementarias							Q106 134,65	Q106 134,65		
lvs									Q153 360,82	
INDUCCIÓN										
trazo y nivelación	Q3 511,05							Q16 881,32		
liminates									Q278 679,42	Q278 679,42
colocación de tubería de PVC									Q81 492,58	Q61 492,58
de pozos de visita									Q2 750,94	Q2 750,94
de obras complementarias										Q105 954,98
lvs									Q465 283,76	Q465 283,76
TOTAL	Q40 565,30	Q456 337,25	Q278 842,76	Q278 842,76	Q369 750,21	Q442 701,22	Q660 281,57	Q524 319,92	Q465 283,76	Q465 283,76
DE EJECUCIÓN	0,85%	11,62%	18,02%	31,50%	39,91%	50,26%	65,70%	77,96%	89,56%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

3.7. Evaluación socioeconómica

- Valor presente neto (VPN)

Es la suma algebraica de los flujos netos de caja anuales actualizados menos la inversión inicial. Este valor indica el dinero actual que recibirá el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y período determinado. Para el sistema de alcantarillado sanitario se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa promedio ponderada de cartera de créditos en el rango de empresarial mayor del presente año, la cual es de 7,6 %

Se cobrará un costo simbólico por el derecho a conexión domiciliar del 5 % del costo total del proyecto, distribuido entre el total de los habitantes. También habrá una cuota para la limpieza del drenaje, con el sueldo mínimo de Q 2 645,00 mensual. El periodo de diseño es de 22 años.

$$\text{Conexión domiciliar} = 0,05 \times 4\,158\,869,48 = \text{Q } 207\,943,47$$

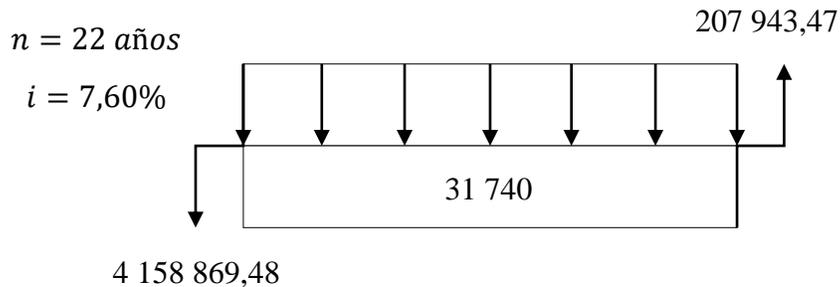
$$\text{Cuota por conexión domiciliar} = \frac{226\,744,85}{640 \text{ conexiones}} = \text{Q } 324,91$$

Tabla VIII. Información para valor presente neto

Costo inicial	Q 4 158 869,48
Ingreso inicial	Q 207 943,47
Costo anual	Q 31 740,00
Ingreso anual	Q 0,00
Vida útil	22 años

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Valor presente neto



Fuente: elaboración propia.

$$\text{VPN} = \text{Ingreso inicial} - \text{Costo anual}(1 + i)^n + \text{ingreso anual}(1 + i)^n - \text{Costo Inicial}$$

$$\text{VPN} = 207943,47 - 31\,740(1 + 0,076)^{22} + 0 - 4158869,48 = -Q\,4\,109\,955,21$$

El VPN es negativo, ya que la inversión inicial es muy alta y el ingreso nulo. Sin embargo, al ser una obra de tipo social, los beneficios se verán reflejados con la prevención del deterioro de la salud de los habitantes y de la contaminación ambiental. De la misma manera, al no haber ningún ingreso mensual ni anual, el proyecto no presenta una tasa interna de retorno.

3.8. Evaluación de impacto ambiental

Resulta esencial dentro de la planificación y diseño de cualquier tipo de alcantarillado, puesto que se realiza una identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos físicos y sociales que este tenga sobre el sector en el que se desarrollará.

Esta evaluación identifica primordialmente los problemas ambientales potenciales y las medidas para reducir los efectos ambientales adversos del proyecto. Teniendo como objetivos principales proveer de información a las

personas correspondientes de las consecuencias del proyecto y facilitar la toma de decisiones respecto a su ejecución, así como producir proyectos regulados ambientalmente.

- Impacto ambiental

Son aquellas alteraciones provocadas por acciones de los procesos constructivos en el área de influencia definida.

- Aire

La excavación y traslado de suelos provocará un aumento de las partículas de polvo, así como gases nocivos expulsados por la maquinaria.

- Ruido/vibraciones

El control de ruido durante la construcción de este tipo de proyectos es relativamente bajo, debido a que el uso de maquinaria pesada será poco, la mayor parte de la obra se usará mano de obra.

- Geología/geomorfología

El suelo será modificado estructuralmente, al excavar las zanjas para la colocación de tubería, conexiones domiciliarias y pozos de vista.

- Desechos sólidos y líquidos

Los desechos sólidos vendrán de la excavación y movimiento de tierra que se realizará durante el proyecto, así como la basura generada por la mano de obra. La contaminación de mantos freáticos es latente al producirse alguna falla en la tubería u otro elemento del alcantarillado sanitario.

- Planes de contingencia

Son el conjunto de medidas destinadas a prevenir, reducir, corregir o restaurar la magnitud de los impactos negativos provocados al medio ambiente.

- Aire

Para regular las nubes de polvo provocadas por los movimientos de materiales y suelo, se recomienda controlar la humedad de las mezclas y del suelo. Asimismo, la maquinaria utilizada deberá encontrarse en óptimas condiciones para reducir, en la medida posible, las emisiones de dióxido de carbono.

- Ruido/vibraciones

Se programarán las actividades de maquinaria pesada de manera que se realicen dentro de las jornadas matutinas y vespertinas, para mitigar el ruido y vibraciones que provoquen.

- Geología/geomorfología

El suelo excavado será colocado en capas no mayores a 0,20 para lograr una compactación uniforme, y deberá alcanzar una compactación del 95 % de proctor estándar para evitar asentamientos

- Desechos sólidos y líquidos

Se programará una actividad de limpieza y se ubicarán recipientes para colocar cualquier basura generada por los movimientos de tierra y por la mano de obra. Toda tubería utilizada dentro del proyecto está debidamente normada y regulada por instituciones respetadas, aún así, se deberá realizar una revisión de cada tubo y acople que se utilice.

También se deberá ensayar la eficiencia y absorción que esta tenga, para ello se hará pasar una determinada cantidad de agua sobre cada sección y, al ser recolectada aguas abajo, deberá ser cuando menos el 90 % de la cantidad vertida aguas arriba.

La descarga de las aguas negras será tratada por las instalaciones del ENCA. Asimismo, el departamento de diseño y planificación de la Municipalidad de Villa Nueva tiene contemplado una fase de proyectos que incluye la actualización y ampliación de las distintas plantas de tratamiento en el municipio, por lo que, al implementarse el proyecto de alcantarillado sanitario, también se llevaría a cabo el de las plantas de tratamiento.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

4.1. Localización de la descarga

La descarga del agua pluvial será llevada paralelamente a la línea de conducción de la red de alcantarillado sanitario. En donde, en su parte más baja, será anexada a un quintel existente, que a su vez, descarga el agua recolectada hacia el río Platanitos. La Municipalidad planea realizar un punto de recolección de varias líneas de alcantarillado pluvial, por lo que la infraestructura de descarga y protección será propuesta y diseñada por la institución pública.

4.2. Análisis hidrológico de la cuenca

El factor más importante dentro del diseño de un sistema de alcantarillado de agua pluvial, es la determinación, en la medida más exacta que se pueda, de los caudales máximos que provocarán las lluvias, así como aquellos caudales de escorrentía que se encuentran en función de la topografía, permeabilidad del suelo, y área tributaria. Un estudio de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. Un mayor conocimiento de la dinámica de cuencas permite tomar mejores decisiones respecto al establecimiento de las obras hidráulicas.

Para empezar, una cuenca hidrológica es un ente físico natural, definido como un área limitada topográficamente, drenada por un curso de agua o un conjunto de cursos de agua, en donde todo caudal efluente es descargado en el

punto más bajo de la misma. El límite topográfico es la divisoria de aguas, la cual se define como la línea que separa las precipitaciones que caen sobre las cuencas vecinas y que encaminan la escorrentía resultante para otro sistema.

Se recorrió el área de aporte hasta su divisoria de aguas, y fue posible observar y determinar varios factores de la cuenca que determinan la cantidad de caudal de escorrentía, como:

- Área tributaria: es la medida de la superficie que contribuye al sistema de alcantarillado pluvial propuesto. Se determinó un área de 0,20 km² o 20 hectáreas.
- Longitud de drenaje: es la variable que define la elongación, aproximadamente se tiene una longitud 2 500,0 metros desde la línea divisoria de aguas hasta el punto de descarga.
- Pendiente principal: la pendiente es un factor más que determina la rapidez de producción de un caudal máximo de escorrentía superficial y a la capacidad de concentración de la descarga. Se definió una pendiente media de 9,6 %.
- Porcentaje de áreas boscosas y áreas impermeables: este parámetro incide en la infiltración de la escorrentía superficial y está en función del tipo de suelo y la vegetación que el agua atraviesa. Como casi todos los suelos de los valles del altiplano guatemalteco, los suelos del área son de origen volcánico con vegetación moderada, el cual forma parte del 45 % del área de aporte, mientras que el área urbana, definida como impermeable ocupa el 55 % del área.

4.3. Método racional

Es un modelo empírico simple empleado en el diseño de drenajes urbanos con áreas relativamente pequeñas. Este método calcula el caudal pico de aguas precipitadas utilizando la intensidad media de lluvia, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de impermeabilidad o escorrentía.

4.3.1. Tiempo de concentración

Es el periodo para alcanzar el caudal máximo a la salida de la cuenca, en otras palabras, es el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en escurrir desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto en estudio.

Según la tabla contenida en el *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*, publicado por el Colegio de Ingenieros, el tiempo de entrada en tramos iniciales se encuentra en función de la pendiente del tramo y de la impermeabilidad del suelo, mientras que en tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estima con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_{n-1} + \frac{L}{60 \times V_{n-1}}$$

Donde

T_c = tiempo de concentración hasta el tramo considerado

T_{n-1} = tiempo de concentración hasta el tramo anterior

L = longitud del tramo anterior

V_{n-1} = velocidad a sección llena en el tramo anterior

A manera de ejemplificar la ecuación del tiempo de concentración, se toma como objeto de estudio el tramo 1,1 – 1,0 en donde el tiempo de entrada del tramo anterior es de 8 min, posee una sección llena de 5,31 m/s y una longitud de 58,14 m, por lo que se tiene:

$$T_n = 8 + \frac{58,14}{60 \times 5,31} = 8,18 \text{ min}$$

Tabla IX. **Tiempos de entrada en tramos iniciales**

		Tiempo de entrada en minutos									
Pendiente	>1 %	20	19	18	17	16	15	14	13	12	
	1	19	18	17	16	15	14	13	12	11	
	2 %	18	17	16	15	14	13	12	11	10	
	3 %	17	16	15	14	13	12	11	10	9	
	4 %	16	15	14	13	12	11	10	9	8	
	5 %	15	14	13	12	11	10	9	8	7	
	6 %	14,5	13,5	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	
	7 %	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
	8 %	13,5	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	
	9 %	13	12	11	10	9	8	7	6	5	
	10 %	12,5	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	
	<10 %	12	11	10	9	8	7	6	5	4	
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	
		Impermeabilidad									

Fuente: Colegio de Ingenieros. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. p.13.

4.3.2. Coeficiente de escorrentía

Está en función del tipo del suelo del tramo, del grado de permeabilidad de la zona y de aquellos otros factores que determinan qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía, pues mucha agua de lluvia que cae se evapora o infiltra. Este factor mide el porcentaje del volumen precipitado que circula sobre la superficie analizada. Se calcula con la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a}$$

O bien como

$$C = \frac{C_1 \times A_1 + C_2 \times A_2 \dots + C_n \times A_n}{A_{\text{Total}}}$$

Donde

C_n = coeficiente de escorrentía de un área específica

A_n = área específica

Se debe tomar en consideración las distintas áreas, como calles, construcciones y áreas verdes, en forma individual, ya que presentan diferentes superficies, y por ende, diferente coeficiente de escorrentía. Dichos coeficientes pueden ser consultados en la tabla XII.

Haciendo uso del tramo 1,2 – 1,1 se tiene que:

Tabla X. **Integración de áreas y coeficientes de escorrentía**

Área	C	A (Ha)	C*a
Casas derecha	0,88	0,081	0,071
Casas izquierda	0,88	0,081	0,071
Área verde	0,44	0,105	0,046
Calle	0,86	0,664	0,057
Σ		0,333	0,246

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se tiene un coeficiente de escorrentía de:

$$C = \frac{0,246}{0,333} = 0,739$$

4.3.3. Intensidad de la precipitación

La intensidad y duración de las lluvias durante fuertes eventos meteorológicos forman parte esencial para el diseño de alcantarillados pluviales. Para determinar este factor en la aplicación del método racional, es necesario definir la frecuencia de la lluvia y su duración.

Estos parámetros utilizados para el cálculo de la intensidad de lluvia se obtienen a través de un estudio hidrológico del sector, del cual se obtienen curvas de intensidad, frecuencia y duración. El modelo matemático para representar dichas curvas está definido por medio de la ecuación proporcionada por el Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) que es utilizada para determinar las intensidades de precipitación en territorio nacional:

$$i = \frac{a}{(b + t)^n}$$

Donde

I = cantidad de lluvia (mm/hora)

t = tiempo en minutos

a, b = constantes en función de la estación meteorológica utilizada

n = parámetro de ajuste

Los factores de intensidad de precipitación varían según la región y la estación meteorológica utilizada, además, se encuentran en función del periodo de retorno. La selección del periodo de retorno de una tormenta de diseño esta función de la ocurrencia de eventos de precipitaciones, incluyendo sus intensidades, las características de protección y la relevancia de la zona del municipio, pues debe presentar un balance entre los costos de construcción y operación del sistema, ya que a mayor periodo de retorno, mayores son los requerimientos del sistema.

Para el proyecto se utilizaron los datos de la estación más cercana al sector, la cual corresponde a la estación Insivumeh ubicada en la ciudad de Guatemala y un periodo de retorno de 20 años.

Tabla XI. **Datos de la estación meteorológica Insivumeh**

Estación de INSIVUMEH								
Periodo de retorno	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1 970,00	7 997,00	1 345,00	720,00	820,00	815,00	900,00	890,00
B	15,00	30,00	9,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
n	0,958	1,161	0,791	0,637	0,656	0,650	0,660	0,649

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala*. p.5.

Tabla XII. **Coefficientes de escorrentía para ser usado en el método racional**

Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0,73	0,7	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2 % pobre	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2-7 % pobre	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente, superior a 7 % pobre	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2 % promedio	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2-7 % promedio	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7 % promedio	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2 % buena	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2-7 % buena	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente, superior a 7 % buena	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Áreas no desarrolladas							
Áreas de cultivo							
Plano, 0-2 % cultivo	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2-7 % cultivo	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente, superior a 7 % cultivo	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0-2 % pastizales	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2-7 % pastizales	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7 % pastizales	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0-2 % bosque	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2-7 % bosque	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente, superior a 7 % bosque	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: CHOW, Ven Te. *Hidrología aplicada*. p. 511

Para el tramo en cuestión, 1,2 – 1,1, se tiene un tiempo de entrada de 8 minutos y haciendo uso de las variables correspondientes a un periodo de diseño de 20 años se tiene:

$$i = \frac{a}{(b + t)^n} = \frac{720}{(2 + 8)^{0,637}} = 166,09 \text{ mm/h}$$

4.3.4. Cálculo del caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño de las redes de alcantarillado de aguas pluviales, se hace uso de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta el área de aporte objeto de diseño, así como sus características de esta.

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6}$$

Donde

Q = caudal, metros cúbicos por segundo

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de precipitación milímetros por hora

A = área a drenar, kilómetros cuadrados

Con los datos previamente calculados y para un área de 0,003 km² se tiene para el tramo 1,2 – 1,1 un caudal de diseño de:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6} = \frac{0,74 \times 166,09 \times 0,003}{3,6} = 0,1137 \frac{m^3}{s} = 113,70 \frac{lt}{s}$$

4.4. Obras complementarias

En los sistemas de alcantarillado pluvial, son aquellos elementos que completan el funcionamiento adecuado de la red. Además de los pozos de visita, los tragantes forman una parte significativa del sistema, después de todo, es a través de ellos que se logra captar la escorrentía y conducirla hacia a la tubería.

Los tragantes, o sumideros, son estructuras de captación de las aguas de escorrentía superficial producto de un evento de precipitación. Estas estructuras pueden ser diseñadas para captar las aguas de manera longitudinal o transversal a la dirección del flujo. Su ubicación, número y tipo está en función de las características de la zona, de tal manera que se garantice que el agua no rebase las mismas.

Deberán ser localizados en vías vehiculares o peatonales, en los cruces de vías y en los puntos intermedios bajos. Algunos criterios para su ubicación, son los siguientes:

- En las partes bajas o depresiones de un sistema o tramo de tubería.
- A 3,00 m de la orilla de la acera que forma la esquina.
- Los tragantes longitudinales o de acera, se localizan por lo menos a 100 m aguas abajo de una calle.
- Antes de puentes y terraplenes.
- Cuando el tirante de agua pase los 0,10 m de altura.

Para su diseño, se deben tener en consideración dos aspectos, el dimensionamiento del área efectiva de captación y el dimensionamiento de los conductos que conectan estas estructuras con la red de alcantarillado. Para el

primer aspecto, se deben establecer las características del flujo, la zona de aporte y el tipo de rejilla. En cuanto al dimensionamiento de los conductos, debe ser igual al de un sistema de alcantarillado o bien tener un diámetro y pendiente mínima de 10" y 2 % respectivamente, y su longitud no mayor de 15 m. Teniendo esto en consideración, se emplearon tragantes tipo R longitudinales de 1,50 m estandarizados por la Municipalidad de Villa Nueva, cuyo detalle puede ser consultado en la sección de apéndices.

4.5. Desarrollo para el cálculo de alcantarillado

Se realizará el cálculo hidráulico correspondiente al tramo más crítico, el cual es el tramo del PV 36,1 – PV 36,0.

Datos

Cota PV 36,1: 959,05

Cota PV 36,0: 957,26

Distancia horizontal: 45,83

Tabla XIII. Integración de áreas y coeficientes de escorrentía

Área	C	A (Ha)	C*a
Casas derecha	0,88	0,00	0,00
Casas izquierda	0,88	0,13	0,11
Área verde	0,44	0,04	0,02
Calle	0,86	0,02	0,02
Σ		0,19	0,15

Fuente: elaboración propia.

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a} = \frac{0,246}{0,333} = 0,79$$

El tiempo de concentración en el tramo considerado está dado por el tiempo de contracción, distancia y velocidad del tramo anterior; se tiene que:

$$T_n = T_{n-1} + \frac{L}{60 \times V_{n-1}} = 11,13 + \frac{45,83}{60 \times 4,39} = 11,30$$

La intensidad de lluvia del tramo estudiado es de:

$$i = \frac{a}{(b + t)^n} = \frac{720}{(2 + 11,30)^{0,637}} = 138,50$$

El caudal de diseño se calcula con la siguiente expresión

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6} = \frac{0,79 \times 138,50 \times 0,002}{3,6} = \frac{0,611 \text{ m}^3}{\text{s}} = 6 \text{ 115,48 l/s}$$

Se utiliza un tubo de PVC de 54" de diámetro y una pendiente de 0,65 %, teniendo estos datos se procede a calcular la velocidad y caudal a sección llena.

$$V = \frac{0,03429 \times D^{2/3} \times S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 \times 54^{2/3} \times 0,0065^{1/2}}{0,009} = 4,39 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V = \left[\frac{\pi}{4} \times (54 \times 0,0254)^2 \right] \times 4,39 = 6,49 \text{ m}^3/\text{s} = 6 \text{ 484,19 l/s}$$

Se procede a calcular la relación de caudal de diseño y caudal a sección llena (q/Q) y posteriormente, haciendo uso de las relaciones hidráulicas, la de velocidad (v/V) y de tirantes (d/D), las cuales dan un resultado de:

$$q/Q = 0,943 \quad v/V = 1,137 \quad d/D = 0,77$$

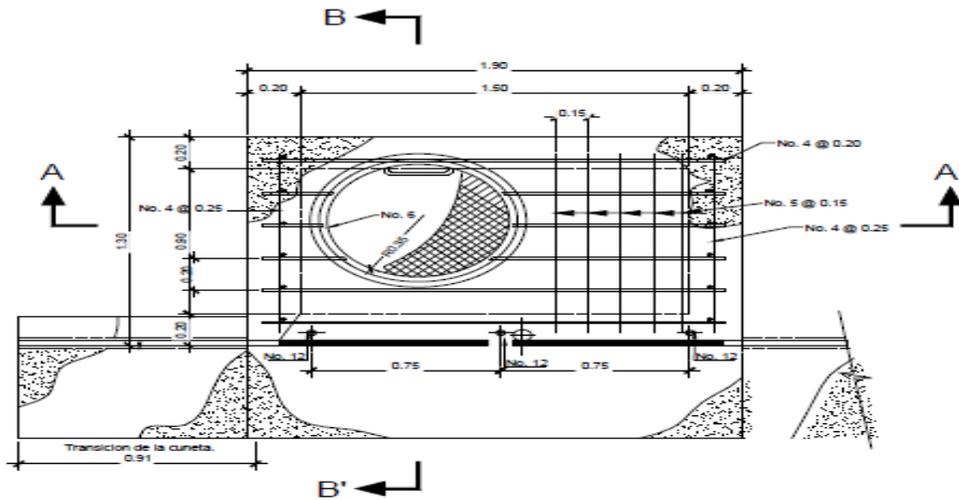
Una vez obtenidos las relaciones, se procede a chequear los parámetros de velocidad y tirante.

$$V_{diseño} = \frac{v}{V} \times V_{sección\ llena} = 1,137 \times 4,39 = 4,99 \text{ m/s}$$
$$d/D = 0,77 \leq 0,90$$

Como se puede observar, la velocidad de diseño alcanza el límite permitido por los fabricantes de tubería de PVC y su tirante hidráulico se encuentra por debajo de la relación de 0,90 que evita que la tubería trabaje a sección llena.

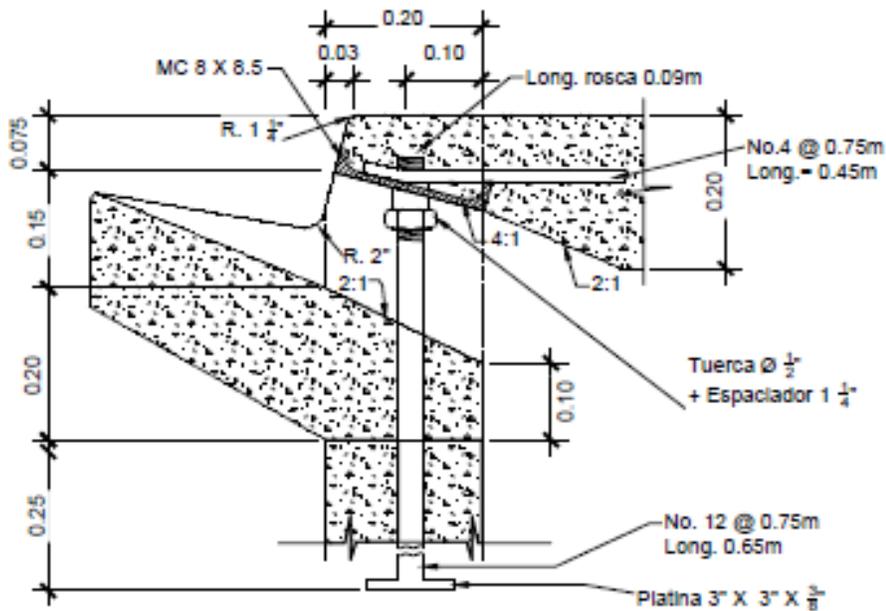
- Diseño hidráulico de tragantes tipo R

Figura 4. **Planta tragante tipo R**



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. Departamento de planificación y diseño.

Figura 5. **Detalle de entrada de tragante tipo R**



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. Departamento de planificación y diseño.

En la siguiente memoria de cálculo se toma en consideración el tramo que se abarca del PV 16,0 – PV 17,0. Donde se tienen los siguientes datos:

Elevación PV 16,0: 999,07

Elevación PV 17,0: 988,05

Distancia horizontal de tramo: 136,91 m

Pendiente longitudinal de calle: 8 %

Pendiente transversal de calle: 2 %

Pendiente de tragante: 42 %

Ancho de apertura de tragante: 0,30 m

Profundidad de apertura de tragante: 0,12 m

El primer dato a calcular es, naturalmente, el caudal del tramo en estudio, para lo cual se emplea la ecuación del método racional, tomando en consideración el área tributaria, coeficiente de escorrentía e intensidad de lluvia de cada lado del tramo, es decir, de izquierda y derecha.

$$C_{\text{der}} = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a} = \frac{0,225}{0,289} = 0,78$$

$$C_{\text{izq}} = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a} = \frac{0,134}{0,169} = 0,79$$

Para el tiempo de escorrentía se emplea el mismo para ambos lados:

$$T_n = T_{n-1} + \frac{L}{60 \times V_{n-1}} = 6,64 + \frac{33,50}{60 \times 4,37} = 6,76$$

De la misma manera, la intensidad de lluvia es la misma para ambos extremos del tramo:

$$i = \frac{a}{(b + t)^n} = \frac{720}{(2 + 6,76)^{0,637}} = 180,57$$

El caudal de diseño se calcula con la siguiente expresión

$$Q_{\text{der}} = \frac{C \times i \times A}{3,6} = \frac{0,78 \times 180,57 \times 0,225}{360} = 0,113 \text{ m}^3/\text{s} = 113,078 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{izq}} = \frac{C \times i \times A}{3,6} = \frac{0,79 \times 180,57 \times 0,134}{360} = 0,067 \text{ m}^3/\text{s} = 67,32 \text{ l/s}$$

Posteriormente, se estima el espejo de agua sobre la calle, T, con el caudal calculado en cada lado.

$$T = \left[\frac{Q_{\text{der/izq}} \times n}{0,376 \times S_x^{5/3} \times S_L^{1/2}} \right]^{0,375}$$

Donde

$T_{\text{der/izq}}$ = espejo de agua sobre calle

$Q_{\text{der/izq}}$ = caudal de diseño

n = coeficiente de Manning (0,016)

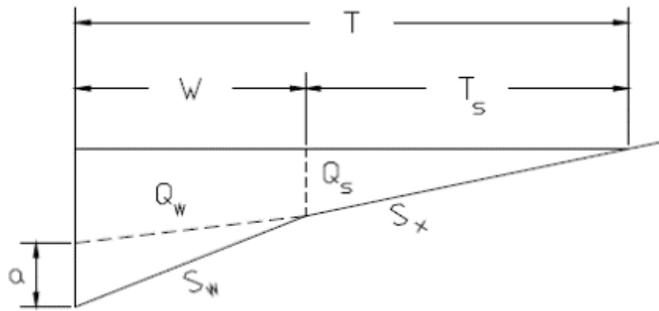
S_x = pendiente transversal de calle

S_L = pendiente longitudinal de calle

$$T_{\text{der}} = \left[\frac{Q_{\text{der}} \times n}{0,376 \times S_x^{5/3} \times S_L^{1/2}} \right]^{0,375} = \left[\frac{0,113 \times 0,016}{0,376 \times 0,02^{5/3} \times 0,08^{1/2}} \right]^{0,375} = 2,50 \text{ m}$$

$$T_{der} = \left[\frac{Q_{izq} \times n}{0,376 \times S_x^{5/3} \times S_L^{1/2}} \right]^{0,375} = \left[\frac{0,067 \times 0,016}{0,376 \times 0,02^{5/3} \times 0,08^{1/2}} \right]^{0,375} = 2,07 \text{ m}$$

Figura 6. **Representación de variables para cálculo de caudal de tragante tipo R**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Una vez calculado el espejo de agua, se verifica que este no sobrepase la altura del bordillo y que generalmente es de 0,15 m de alto:

$$y_{der} = TS_x = 2,50 \times 0,02 = 0,05 \text{ m}$$

$$y_{der} = TS_x = 2,07 \times 0,02 = 0,041 \text{ m}$$

A continuación se calcula el valor del caudal que el tragante es capaz de recibir; se emplea un factor de reducción de 0,80 que toma en consideración cualquier tipo de obstrucción en la entrada del tragante:

$$Q_{tragante} = \frac{0,375}{n} S_x^{5/3} S_L^{1/2} T^{8/3}$$

$$Q_{\text{tragante der}} = \frac{0,375}{n} S_x^{5/3} S_L^{1/2} T^{8/3} = \frac{0,375}{0,016} 0,02^{5/3} 0,08^{1/2} 2,50^{8/3} = 0,11 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 114,25 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{tragante izq}} = \frac{0,375}{n} S_x^{5/3} S_L^{1/2} T^{8/3} = \frac{0,375}{0,016} 0,02^{5/3} 0,08^{1/2} 2,07^{8/3} = 0,068 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 68,08 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{tragante der}} = 114,25 \times 0,80 = 91,40 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{tragante izq}} = 68,08 \times 0,80 = 54,42 \text{ l/s}$$

Como dato adicional, es posible calcular la velocidad de flujo, calculando primero el área de la sección del tragante:

$$A_{\text{der}} = (0,5) S_x T^2 = 0,5 \times 0,02 \times 2,50^2 = 0,063 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{izq}} = (0,5) S_x T^2 = 0,5 \times 0,02 \times 2,07^2 = 0,043 \text{ m}^2$$

Calculado la velocidad:

$$V_{\text{der}} = Q_{\text{der}}/A = 0,113/0,063 = 1,79 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{izq}} = Q_{\text{izq}}/A = 0,067/0,043 = 1,57 \text{ m/s}$$

Una vez obtenidos estos datos, es necesario verificar la eficiencia de la apertura del tragante. Para el tipo R se tiene una longitud de apertura de 1,50 m. El proceso a continuación tiene como objetivo determinar si esta longitud es suficiente para atrapar el caudal, o bien, implementar dos tragantes continuos o incrementar la apertura para satisfacer la demanda. Para ello se tiene:

$$E = 1 - \left[1 - \left(\frac{L}{L_T} \right) \right]^{1,8} \text{ para } L < L_T, \text{ de lo contrario } E = 1,0$$

Donde

E = eficiencia de apertura de tragante

L = longitud de apertura de tragante tipo R, metros

L_T = Longitud de apertura necesaria para recolectar todo el caudal, metros

Esta última longitud de apertura requerida para que logre acaparar el caudal, L_T , es luego calculada por medio de:

$$L_T = 0,817Q^{0,42}S_L^{0,3} \left(\frac{1}{nS_e} \right)^{0,6}$$

Donde

Q = caudal de diseño de cada lado, metros cúbicos por segundo

S_L = pendiente longitudinal de calle

n = coeficiente de Manning (0,016)

S_e = pendiente transversal equivalente

Dicha pendiente transversal equivalente puede ser determinada a través de:

$$S_e = S_x + \frac{a}{W} E_o$$

Donde

S_x = pendiente transversal de calle

a = profundidad de entrada a tragante tipo R (0,12 m)

W = ancho de entrada a tragante tipo R (0,30 m)

E_o = eficiencia estimada

La eficiencia estimada, E_o , es calculada usando relaciones de pendientes, el espejo de agua calculado y el ancho de entrada del tragante, por lo que se tiene:

$$E_o = \frac{1}{1 + \frac{S_w/S_x}{\left[1 + \frac{S_w/S_x}{(T/W) - 1}\right]^{8/3} - 1}}$$

Donde

E_o = eficiencia estimada

T = espejo de agua calculado

W = ancho de entrada a tragante tipo R (0,30 m)

S_x = pendiente transversal de calle

S_w = pendiente transversal de tragante tipo R (0,42 m/m)

Entonces, una vez relacionadas todas las ecuaciones se procede a realizar el cálculo correspondiente para cada lado del tramo:

$$E_{o\ der} = \frac{1}{1 + \frac{S_w/S_x}{\left[1 + \frac{S_w/S_x}{(T/W) - 1}\right]^{8/3} - 1}} = \frac{1}{1 + \frac{0,42/0,02}{\left[1 + \frac{0,42/0,02}{(2,51/0,30) - 1}\right]^{8/3} - 1}} = 0,627$$

$$E_{o\ izq} = \frac{1}{1 + \frac{S_w/S_x}{\left[1 + \frac{S_w/S_x}{(T/W) - 1}\right]^{8/3} - 1}} = \frac{1}{1 + \frac{0,42/0,02}{\left[1 + \frac{0,42/0,02}{(2,07/0,30) - 1}\right]^{8/3} - 1}} = 0,728$$

Calculando la pendiente transversal equivalente:

$$S_{e\ der} = S_x + a/w E_o = 0,02 + 0,12/0,30 \times 0,627 = 0,271$$

$$S_{e\ izq} = S_x + a/W E_o = 0,02 + 0,12/0,30 \times 0,728 = 0,311$$

Se procede con el cálculo de la longitud requerida:

$$L_{T\ der} = 0,817Q^{0,42}S_L^{0,3} \left(\frac{1}{nS_e}\right)^{0,6} = 0,817 \times 0,113^{0,42} 0,08^{0,3} \times \left(\frac{1}{0,016 \times 0,271}\right)^{0,6} = 4,02\ m$$

$$L_{T\ der} = 0,817Q^{0,42}S_L^{0,3} \left(\frac{1}{nS_e}\right)^{0,6} = 0,817 \times 0,067^{0,42} 0,08^{0,3} \times \left(\frac{1}{0,016 \times 0,311}\right)^{0,6} = 2,97\ m$$

Por último, se obtiene la eficiencia (E) de la abertura del tragante, considerando los 1,50 m de apertura menos un 5 % de porcentaje de obstrucción:

$$E_{der} = 1 - [1 - (L/L_T)]^{1,8} = 1 - [1 - (1,42/4,02)]^{1,8} = 0,56$$

$$E_{izq} = 1 - [1 - (L/L_T)]^{1,8} = 1 - [1 - (1,42/2,97)]^{1,8} = 0,71$$

Se observa la eficiencia de los tragantes con aberturas de 1,50 m son insuficientes para recolectar el caudal que pasa por su área. La eficiencia no deberá de bajar de un 85 %, puesto que por debajo de este porcentaje el tragante del siguiente tramo no será capaz de recolectar su excedente.

Por lo tanto, se opta por emplear dos tragantes sucesivos con el objetivo de alcanzar el porcentaje recomendado, aumentando la apertura a 3,50 menos el 5 % de obstrucción:

$$E_{\text{der}} = 1 - [1 - (L/L_T)]^{1,8} = 1 - [1 - (3,32/4,02)]^{1,8} = 0,96 \%$$

$$E_{\text{der}} = 1 - [1 - (L/L_T)]^{1,8} = 1 - [1 - (3,32/2,97)]^{1,8} = 100 \%$$

Al incrementar la longitud de apertura es posible obtener una eficiencia óptima que garantiza la recolección de la escorrentía superficial por el tramo, como se es evidente en el cálculo anterior.

4.6. Presupuesto

El presupuesto es un plan de actividades y recursos que se realizaron para llevar a cabo el proyecto. Para ello es preciso tomar en consideración cada uno de los aspectos y especificaciones que se establecieron durante su diseño.

4.6.1. Integración de precios unitarios

La actividad de integrar de precios unitarios se refiere al desglose de cada actividad y material necesario para realizar una determinada unidad de trabajo; tomando en consideración maquinaria y equipo, materiales y mano de obra.

Una ejemplificación de este se observa en la tabla XIV, mientras que el contenido completo de la integración de precios unitarios puede ser consultado en la copia digital de este trabajo, ubicada en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en el edificio T4.

4.6.2. Cantidades estimadas de trabajo

En el cuadro de resumen general se presenta la cantidad, precio unitario y total de cada renglón, así como del costo del proyecto total. (ver tabla XV).

Tabla XIV. Ejemplo de integración de precio unitario de alcantarillado pluvial

Descripción del renglón	Cantidad	Unidad	PU	Total
Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante	1,00	ml	Q1 723,97	Q1 723,97
<i>Nota:</i>				
Descripción de maquinaria y equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Camión de volteo	0,04	Viaje	Q417,50	Q15,87
Retroexcavadora CAT 416 (excavación)	0,31	Hora	Q335,00	Q104,19
Retroexcavadora CAT 416 (carga de material sobrante)	0,01	Hora	Q335,00	Q3,35
Bailarina	0,30	Hora	Q135,00	Q40,37
Cisterna	0,01	Viaje	Q300,00	Q3,30
Transporte de maquinaria y/o equipo	1,00	global	Q2,47	Q2,47
			Total con IVA	Q169,55
Descripción de combustible y lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Combustible regular	0,04	gal	Q33,05	Q1,22
				Q0,00
				Q0,00
			Total con IVA	Q1,22
Descripción de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Tubo PVC de 24" con campana y anillos de hule norma AASHTO M304	0,17	unidad	Q5,793,90	Q984,96
Selecto	0,38	m ³	Q75,00	Q28,50
Lubricante para juntas de hule (jabón)	1,00	unidad	Q10,00	Q10,00
				Q0,00
Transporte de material	1,00	global	Q50,67	Q50,67
			Total con IVA	Q1 074,13
Descripción de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Trazo de niveles	1,00	ml	Q0,46	Q0,46
Colocación de niveles	1,00	ml	Q0,75	Q0,75
Tallado y nivelación	1,06	m ²	Q2,77	Q2,94
Colocación del material de relleno (selecto + suelo)	2,40	m ³	Q3,75	Q9,00
Compactación de suelos con bailarina	13,46	m ²	Q1,08	Q14,52
Compactación de suelos (manual)	0,18	m ³	Q10,71	Q1,93
Colocación de tubería 24" PVC con campana y anillos de hule	1,00	ml	Q14,81	Q1,81
				Q0,00
			Subtotal	Q44,41
Porcentaje de ayudante (mano de obra)			Q0,30	Q13,32
Prestaciones (mano de obra + porcentaje de ayudante)			Q0,86	Q49,47
			Total	Q107,20
HERRAMIENTA (mano de obra)			Q0,05	Q5,36
COSTO DIRECTO (materiales +mano de obra + herramientas)				Q1 357,46
TOTAL COSTO INDIRECTO			Q0,27	Q366,51
COSTO TOTAL				Q1,723,97
Observaciones:				
Ver tabla de factores Indirectos para su respectiva integración 2. Ver tabla de prestaciones para su respectiva integración				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Presupuesto del alcantarillado pluvial

IDENTIFICACIÓN PROYECTO:		Construcción de drenaje pluvial					
UBICACIÓN LOCALIZACIÓN:	Y	Colonias San Luis Ramírez I y II, Primavera II, Lo de Ramírez, Lomas de San Rafael y San Rafael Ramírez, zona 2					
NOMBRE SOLICITANTE:	DE	Municipalidad de Villa Nueva				PROYECTO:	155 DRE 20014
ALCANTARILLADO TRAMO 1	822,78		ALCANTARILLA DO TRAMO 3	766,43		FECHA:	Nov 2015
ALCANTARILLADO TRAMO 2	774,43		LÍNEA DE CONDUCCIÓN	807,52	ml		
No.	DESCRIPCIÓN REGLÓN	DE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO REGLÓN	
SECTOR 1							
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
1.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 1		MI	822,78	Q4,46	Q3 669,60	
1.02	Demolición de carpeta asfáltica existente (incluye corte, demolición y acarreo), Sector 1		m²	606,62	Q30,25	Q18 350,26	
1.03	Desmontaje de adoquín existente, Sector 1		m²	279,15	Q16,50	Q4 606,02	
1.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 1		m²	279,15	Q151,67	Q42 339,14	
1.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 1		Ton-m	74,31	Q1 518,85	Q112 865,74	
SUBTOTAL						Q181 830,76	
2.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
2.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		MI	137,35	Q439,76	Q60 401,04	
2.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		MI	128,00	Q1 107,45	Q141 753,60	
2.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 18" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		MI	31,86	Q1 707,88	Q54 413,06	
2.04	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		MI	66,88	Q1 723,97	Q115 299,11	
2.05	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 27" norma D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		ml	68,92	Q2 742,03	Q188 980,71	
2.06	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 30" norma AASHTO M-304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		ml	93,52	Q2 680,39	Q250 670,07	
2.07	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		ml	110,31	Q734,15	Q80 984,09	
2.08	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 42" norma AASHTO M-304 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante		ml	185,94	Q3 663,25	Q681 144,71	
SUBTOTAL						Q1 573 646,39	
3.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
3.01	Conexión tragante - pozo. Tubería PVC Ø 10" norma D-3034 (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)		MI	195,98	Q752,79	Q147,531,78	
3.02	Construcción de tragante tipo R (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)		unidad	41,00	Q9 562,36	Q392 056,76	
3.03	Disipador de energía para pozos, tipo caída adosada		unidad	4,00	Q11 487,45	Q45 949,80	
	POZOS DE VISITA		Hpro m [m]	[m]			
3.04	Construcción de pozo de visita tipo 1		1,10	1,25	unidad	2,00	Q5 018,50 Q10 037,00
3.05	Construcción de pozo de visita tipo 2		2,69	1,25	unidad	10,00	Q12 095,76 Q120 957,60

Continuación de la tabla XV.

3.06	Construcción de pozo de visita tipo 3	3,12	1,50	unidad	2,00	Q16 067,24	Q32 134,48	
3.07	Construcción de pozo de visita tipo 4	3,08	1,75	unidad	2,00	Q18 477,38	Q36 954,76	
3.08	Construcción de pozo de visita tipo 6	3,68	2,00	unidad	4,00	Q32 098,10	Q128 392,40	
3.09	Construcción de pozo de visita tipo 7	4,50	2,25	unidad	1,00	Q43 483,64	Q43 483,64	
SUBTOTAL							Q957 498,22	
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 1							Q2 712 975,37	
SECTOR 2								
4.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES							
4.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 2			ml	774,43	Q4,46	Q3 453,96	
4.02	Desmontaje de adoquín existente, Sector 2			m ²	338,42	Q16,50	Q5 583,93	
4.03	Demolición de carpeta asfáltica existente, Sector 2			m ²	357,35	Q30,25	Q10 809,84	
4.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 2			m ²	338,42	Q151,67	Q51 328,16	
4.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 2			Ton-m	44,67	Q1 518,86	Q67 847,48	
SUBTOTAL							Q139 023,37	
5.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO							
5.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	135,12	Q557,75	Q75 363,18	
5.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	163,05	Q758,11	Q123 609,84	
5.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	58,51	Q1 118,74	Q65 457,48	
5.04	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 30" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	152,89	Q2 731,19	Q417 571,64	
5.05	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	115,19	Q1 702,22	Q196 078,72	
5.06	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 27" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	149,67	Q3 029,35	Q453 402,81	
SUBTOTAL							Q1 331 483,67	
6.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE							
6.01	Conexión tragante - pozo. Tubería PVC Ø 10" norma D-3034 (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			ml	226,48	Q862,65	Q195 372,97	
6.02	Construcción de tragante tipo R (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			unidad	38,00	Q9 562,29	Q363 367,02	
6.03	Disipador de energía para pozos, tipo caída adosada			unidad	3,00	Q10 256,64	Q30 769,92	
	POZOS DE VISITA	< H						
		[m]	[m]					
6.04	Construcción de pozo de visita tipo 1	1.21	1.25	unidad	1,00	Q5,394.05	Q5 394,05	
6.05	Construcción de pozo de visita tipo 2	2.40	1.25	unidad	7,00	Q11,007.52	Q77 052,64	
6.06	Construcción de pozo de visita tipo 3	2.91	1.50	unidad	4,00	Q15,615.36	Q62 461,44	

Continuación de la tabla XV.

6.07	Construcción de pozo de visita tipo 4	3.30	1.75	unidad	4,00	Q19,730.29	Q78 921,16
6.08	Construcción de pozo de visita tipo 5	4.30	1.75	unidad	2,00	Q30,309.06	Q60 618,12
SUBTOTAL							Q873 957,32
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 2							Q2 344 464,36
SECTOR 3							
7.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
7.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Sector 3			Ml	766,43	Q4,46	Q3 418,28
7.02	Desmontaje de adoquín existente, Sector 3			m ²	883,16	Q1650	Q14 572,14
7.03	Demolición de carpeta asfáltica existente, Sector 3			m ²	340,55	Q30,25	Q10 301,64
7.04	Suministro y colocación de adoquín tipo cruz, Sector 3			m ²	883,16	Q151,67	Q133 948,88
7.05	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Sector 3			Ton-m	42,57	Q1 518,86	Q64 657,87
SUBTOTAL							Q226 898,81
8.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
8.01	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 15" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	331,72	Q341,35	Q10 827,62
8.02	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 24" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	76,44	Q1 717,86	Q131 313,22
8.03	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 27" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	21,97	Q2 972,85	Q65 313,51
8.04	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 30" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	42,80	Q2 598,92	Q111 233,78
8.05	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 33" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	150,79	Q3 432,40	Q517 571,60
8.06	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 36" norma ASTM F2307 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	107,60	Q3 854,50	Q414 744,20
8.07	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 10" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	31,72	Q556,41	Q17 649,33
8.08	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 12" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	284,18	Q729 02	Q207 172,90
8.09	Suministro e instalación de tubería PVC Ø 18" norma ASTM D3034 incluye excavación, carga y acarreo de material sobrante			ml	19,39	Q1 656 48	Q32 119,15
SUBTOTAL							Q1 507 945,31
9.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
9.01	Conexión tragante - pozo. Tubería PVC Ø 10" norma D-3034 (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			ml	393,76	Q1 097,51	Q432 155,54
9.02	Construcción de tragante tipo R (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			unidad	46,00	Q9 562,29	Q439 865,34
9.03	Disipador de energía para pozos, tipo caída adosada			unidad	3,00	Q10 256,65	Q30 769,95
	POZOS DE VISITA	< H					
		[m]	[m]				
9.04	Construcción de pozo de visita tipo 1	1,23	1,25	unidad	3,00	Q5 538,48	Q16 615,44
9.05	Construcción de pozo de visita tipo 2	2,23	1,25	unidad	4,00	Q11 010,30	Q44 041,20
9.06	Construcción de pozo de visita tipo 3	3,20	1,50	unidad	3,00	Q16 107,29	Q48 321,87

Continuación de la tabla XV.

9.07	Construcción de pozo de visita tipo 4	2,41	1,75	unidad	6,00	Q15 141,15	Q90 846,90
9.08	Construcción de pozo de visita tipo 5	5,20	1,75	unidad	2,00	Q34 480,33	Q68 960,66
SUBTOTAL							Q1 171 576,90
COSTO ESTIMADO DE SECTOR 3							Q2 906 421,02
LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y DESCARGA							
10.00	TRABAJOS PRELIMINARES Y FINALES						
10.01	Trabajos de topografía, trazo y nivelación, Línea de conducción			ml	807,52	Q4,46	Q3 601,54
10.02	Demolición de carpeta asfáltica existente, Línea de conducción			m ²	1,410,48	Q30,25	Q42 667,02
10.03	Suministro y colocación de mezcla asfáltica en caliente, Línea de conducción			Ton-m	176,31	Q1 518,86	Q267 790,21
SUBTOTAL							Q314 058,77
11.00	LÍNEA DE ALCANTARILLADO						
11.01	Suministro e instalación de tubería PVC norma ASTM F2307 Ø 48" incluye nivelación y compactación de selecto espesor de 10 cm como base de tubería.			ml	140,97	Q5 931,64	Q836 183,29
11.02	Suministro e instalación de tubería PVC norma ASTM F2307 Ø 54" incluye nivelación y compactación de selecto espesor de 10 cm como base de tubería.			ml	666,55	Q7 229,55	Q4 818 856,55
SUBTOTAL							Q5 655 039,84
12.00	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE ARTE						
12.01	Conexión tragante - pozo. Tubería PVC Ø 10" norma D-3034 (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			ml	54,72	Q592,14	Q32 401,90
12.02	Construcción de tragante tipo R (Incluye excavación manual de zanja, nivelación e instalación)			unidad	18,00	Q9 127,67	Q164,298,06
	POZOS DE VISITA	H [m]	[m]				
12.04	Construcción de pozo de visita tipo 7	4,00	2,25	unidad	18,00	Q37 200,41	Q669 607,38
SUBTOTAL							Q866 307,34
COSTO ESTIMADO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN							Q6 835 405,95
COSTO ESTIMADO TOTAL :							Q14 799 266,70

Fuente: elaboración propia

4.7. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma actúa como una agenda, la cual se define a través del tiempo, ejecución y control físico y financiero de la obra. Se prevé realizar la totalidad de la obra en un lapso de 12 meses. Sin embargo, durante la planificación, diseño y ejecución de cualquier obra civil, se está sujeto a fuerzas mayores que podrían alargar el tiempo ejecución del proyecto (ver tabla XVI).

Tabla XVI. Cronograma de ejecución física y financiera del drenaje pluvial

SECTOR 1	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Topografía, trazo y nivelación	Q3 669.60											
Trabajos preliminares	Q22 956.28											
Suministro y colocación de tubería de PVC	Q393 411.60	Q766 823.20	Q393 411.60									
Construcción de pozos de visita		Q82 989.97	Q185 979.94	Q92 989.97								
Construcción de obras complementarias		Q234 215.34	Q351 323.00	Q155 204.88								
Trabajos finales												
SECTOR 2												
Topografía, trazo y nivelación	Q3 453.96											
Trabajos preliminares				Q16 393.77								
Suministro y colocación de tubería de PVC					Q532 593.47	Q532 593.47	Q266 296.73					
Construcción de pozos de visita					Q13 778.96	Q13 778.96	Q56 889.48					
Construcción de obras complementarias					Q294 754.96	Q294 754.96						
Trabajos finales							Q19 775.64					
SECTOR 3												
Topografía, trazo y nivelación	Q3 418.28											
Trabajos preliminares						Q17 411.65	Q7 462.13					
Suministro y colocación de tubería de PVC							Q1055 561.72	Q452 383.59				
Construcción de pozos de visita							Q107 514.43	Q60 635.82	Q80 635.82			
Construcción de obras complementarias							Q361116.33	Q270 837.25	Q270 837.25			
Trabajos finales									Q98 606.75			
LÍNEA DE CONDUCCIÓN												
Topografía, trazo y nivelación	Q3 601.54											
Trabajos preliminares									Q42 667.02			
Suministro y colocación de tubería de PVC									Q1413 759.96	Q1413 759.96	Q1413 759.96	Q1413 759.96
Construcción de pozos de visita									Q167 401.85	Q167 401.85	Q167 401.85	Q167 401.85
Construcción de obras complementarias									Q98 349.98	Q98 349.98		
Trabajos finales												Q267790.21
COSTO MENSUAL	Q430 511.26	Q114 028.50	Q830 714.54	Q264 688.62	Q941127.39	Q988 535.03	Q1974 016.47	Q803 856.66	Q2 272 258.63	Q1679 511.79	Q1581 161.81	Q1848 952.02
PORCENTAJE DE EJECUCIÓN	2.91%	10.44%	16.73%	18.51%	24.87%	31.83%	44.69%	50.12%	65.47%	76.82%	87.51%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

4.8. Evaluación socioeconómica

- Valor presente neto

Es la suma algebraica de los flujos netos de caja anuales actualizados menos la inversión inicial. Este valor indica el dinero actual que recibirá el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y período determinado. Para el sistema de alcantarillado pluvial se determina el VPN con una tasa de interés igual a la tasa promedio ponderada de cartera de créditos en el rango de empresarial mayor del presente año, la cual es de 7,6 %.

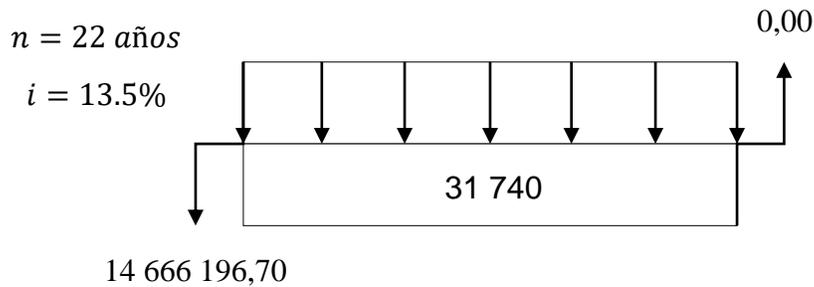
Habrà una cuota para la limpieza del drenaje, por lo que se emplearàn los servicios de personal con un sueldo mínimo de Q 2 645,00 mensual. El periodo de diseño es de 22 años.

Tabla XVII. **Información para valor presente neto**

Costo inicial	Q 14 666 196,70
Ingreso inicial	Q 0,00
Costo anual	Q 31 740,00
Ingreso anual	Q 0,00
Vida útil	22 años

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Valor presente neto



Fuente: elaboración propia.

$$\text{VPN} = \text{Ingreso inicial} - \text{Costo anual}(1 + i)^n + \text{ingreso anual}(1 + i)^n - \text{Costo Inicial}$$

$$\text{VPN} = 0 - 31\,740(1 + 0,076)^{22} + 0 - 14\,666\,196,70 = -Q\,14\,825\,225,91$$

Una vez más, el VPN es negativo, ya que la inversión inicial es muy alta y el ingreso nulo, sin embargo, al ser una obra de tipo social, los beneficios se verán reflejados con la prevención del deterioro de la salud de los habitantes y de la contaminación ambiental. De la misma manera, al no haber ningún ingreso anual ni anual, el proyecto no presenta una tasa interna de retorno.

4.9. Evaluación de impacto ambiental

El impacto ambiental que representa la construcción del sistema pluvial es esencialmente igual que aquel del sistema de alcantarillado sanitario puesto que el proceso constructivo es de la misma naturaleza.

Una evaluación de impacto ambiental resulta esencial dentro de la planificación y diseño de cualquier tipo de alcantarillado, ya que se realiza una

identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos físicos y sociales que este tenga sobre el sector en el que se desarrollará.

Esta evaluación identifica primordialmente los problemas ambientales potenciales y las medidas para reducir los efectos ambientales adversos del proyecto, teniendo como objetivos principales proveer de información a las personas correspondientes de las consecuencias del proyecto y facilitar la toma de decisiones respecto a su ejecución, así como producir proyectos regulados ambientalmente.

- Impacto ambiental

Son aquellas alteraciones provocadas por acciones de los procesos constructivos en el área de influencia definida.

- Aire

La excavación y traslado de suelos provocará un aumento de las partículas de polvo, así como gases nocivos expulsados por la maquinaria.

- Ruido/vibraciones

El control de ruido durante la construcción de este tipo de proyectos es relativamente bajo, debido a que el uso de maquinaria pesada será poco, la mayor parte de la obra se usará mano de obra.

- Geología/geomorfología

El suelo será modificado estructuralmente, al excavar las zanjas para la colocación de tubería, conexiones a tragantes y pozos de vista.

- Desechos sólidos y líquidos

Los desechos sólidos vendrán de la excavación y movimiento de tierra que se realizará durante el proyecto, así como la basura generada por la mano de obra. La contaminación de mantos freáticos es latente al producirse alguna falla en la tubería u otro elemento del alcantarillado sanitario.

- Planes de contingencia

Son el conjunto de medidas destinadas a prevenir, reducir, corregir o restaurar la magnitud de los impactos negativos provocados al medio ambiente.

- Aire

Para regular las nubes de polvo provocadas por los movimientos de materiales y suelo, se recomienda controlar la humedad de las mezclas y del suelo. Asimismo, la maquinaria utilizada deberá de encontrarse en óptimas condiciones para reducir, en la medida posible, las emisiones de dióxido de carbono.

- Ruido/vibraciones

Se programarán las actividades de maquinaria pesada de manera que se realicen dentro de las jornadas matutinas y vespertinas, para mitigar el ruido y vibraciones que provoquen.

- Geología/geomorfología

El suelo excavado será colocado en capas no mayores a 0,20 para lograr una compactación uniforme, y deberá alcanzar una compactación del 95% de proctor estándar para evitar asentamientos

- Desechos sólidos y líquidos

Se programará una actividad de limpieza y se ubicarán recipientes para colocar cualquier basura generada por los movimientos de tierra y por la mano de obra. Toda tubería utilizada dentro del proyecto está debidamente normada y regulada por instituciones respetadas, aún así, se deberá realizar una revisión de cada tubo y acople que se utilice.

También se deberá ensayar la eficiencia y absorción que esta tenga, para ello se hará pasar una determinada cantidad de agua sobre cada sección y, al ser recolectada aguas abajo, deberá ser cuando menos el 90 % de la cantidad vertida aguas arriba. La descarga de aguas pluviales se hará en el cuerpo receptor del río Platanitos, el cual corre de noroeste a sureste, bordea por el sur la aldea Ramírez, atraviesa la carretera CA-9 y desemboca al río Villa Lobos.

5. DISEÑO DE PAVIMENTO DE LA CARRETERA DE ACCESO DE VILLA NUEVA HACIA CIUDAD PERONIA VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO ZONA 8, VILLA NUEVA

5.1. Descripción del proyecto a desarrollar

El proyecto consiste en el replanteo geométrico y diseño de pavimentación de la ruta de acceso que conecta a Villa Nueva con Ciudad Peronia a través de las aldeas El Calvario y La Selva, con una longitud de 3 886 m. Se plantea un mejoramiento vial al ampliar los dos carriles, a un promedio de 2,90 m cada uno, para habilitar el paso de los distintos vehículos pesados que circulan por el tramo, como el transporte colectivo. Además, se planea incluir canales hidráulicos capaces de recibir, conducir y evacuar las aguas pluviales, y por último, el diseño del pavimento flexible según las directrices del AASHTO 93.

Al ser una carretera secundaria, posee una afluencia vehicular de entre 100 – 500 vehículos por día, pendientes desde 1 % hasta 14,36 %, de característica montañosa. Con la descripción anterior, la pavimentación y ampliación que se plantea de la carretera, es válido clasificarla como tipo E, con características montañosas y velocidad de diseño de 30 km/h según los estándares establecidos por la Dirección General de Caminos. No obstante, ya que el tramo ya está definido, existen varios parámetros de diseño difíciles de alcanzar, puesto que representarían un cambio drástico en la topografía del sector y en la distribución de las comunidades.

5.2. Definición de pavimentos

El pavimento es una estructura que descansa sobre el terreno natural o subrasante. Está conformado por capas de materiales de diferentes calidades y espesores regidos por un diseño estructural. Dicha estructura está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico, distribuyéndolas sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, y proveer en una superficie de rodadura suave para los vehículos.

5.3. Topografía

El levantamiento topográfico es una huella, una representación gráfica y compacta de una superficie terrestre, la cual es realizada por instrumentos que logran delimitar y definir sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales. En este caso en particular, se realizó la terea por medio de una estación total, instrumento que logra realizar mediciones electrónicas de las distancias y elevaciones del terreno. Dichos resultados pueden ser vistos en el plano de planta general.

5.3.1. Planimetría

La planimetría se encarga de determinar la longitud exacta de cada uno de los elementos encontrados en el área a trabajar. Por medio de ella se logra representar a escala y de forma horizontal líneas, curvas y otros elementos sin tomar en consideración su elevación.

El trazo de la carretera consiste en una poligonal abierta, dibujada por el método de conservación de azimuts con vuelta de campana. En este método utilizado, el azimut de la primera estación es conservado, para que, a partir de

su orientación, se vaya midiendo el azimut de la segunda estación, ubicada a 20 m, y así sucesivamente hasta finalizar el tramo. La estación total utilizada, Topcon modelo GTS 263W, toma nota de las lecturas acimutales y cenitales así como de las distancias a los puntos con la asistencia de prismas que reflejan el infrarrojo del dispositivo, compilando de manera automática la información previamente mencionada.

5.3.2. Altimetría

Se utiliza para otorgarle elevación o nivel a los puntos de la planimetría. La estación total, previamente mencionada, utiliza un método de nivelación geométrica o directa compuesta, en donde determina el desnivel existente entre puntos de cada estación y aquellos intermedios, respecto a un punto referencial, mediante visuales horizontales hacia los prismas que se ubican en posición vertical sobre los puntos radiados.

5.4. Ensayos de laboratorio de suelos

En la ejecución de cualquier proyecto en la ingeniería civil, es preciso realizar una exploración del lugar, como parte de un programa de investigaciones geotécnicas, el mismo que involucra aspectos de geología y mecánica de suelos.

Los estudios de laboratorio de suelos tienen como finalidad definir sus características físicas y mecánicas, aspecto de vital importancia para el diseño de una carretera, donde se busca conocer la composición del suelo en sus diferentes estratos y los asentamientos que sufre al aplicarle determinada carga.

5.4.1. Granulometría

Para realizar la clasificación de suelos se utiliza algún tipo de análisis granulométrico, constituyendo este ensayo una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

La granulometría consiste en determinar la cantidad, en porcentaje, de las proporciones relativas de las partículas que conforman el suelo. Para ello, una muestra representativa de la masa del suelo es pasada por una serie de tamices normados con aberturas diferentes, posteriormente se relaciona la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial. Dicho procedimiento se encuentra regido por la norma ASTM D6913-04.

Según los porcentajes de finos y grava que el suelo posea, es posible clasificar y nombrarlo, ya sea por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o bien, el sistema de clasificación de la AASHTO.

5.4.2. Límites de Atterberg

Ayudan a determinar las propiedades plásticas de los suelos cuando estos están en contacto con humedad o directamente con agua. Estos límites de consistencia de suelos están representados por su contenido de humedad, y se conocen como:

- Límite líquido

Es el punto entre el estado casi líquido y el estado plástico de un suelo; en este estado el suelo se comporta como una pasta líquida. Este ensayo es una medida de la resistencia al corte de un suelo con un determinado grado de

humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de las partículas disminuye, es decir, un suelo con un alto contenido de finos posee un mayor límite líquido.

Para determinar el límite líquido de un suelo se emplea un mecanismo llamado copa casa grande, en donde el suelo, humedecido con cierta cantidad de agua, es colocado, separado por la mitad y sujeto a un determinado número de golpes para cerrar dicha abertura. El número de golpes necesarios se encuentra en función de la cantidad de humedad suministrada. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T-89.

- Límite plástico

Por otro lado, el límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se muestra como un material plástico; en este estado el suelo posee una consistencia viscosa.

Esta propiedad se define como el contenido de humedad, en porcentaje del peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de la muestra de tres milímetros de diámetro, al moldearse con la palma de la mano. De la misma manera, dicho procedimiento analítico puede ser consultado en la norma AASHTO T-90.

- Índice de plasticidad

La diferencia numérica de los dos límites anteriores da como resultado el índice plástico; depende generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo ensayado. El índice de plasticidad está dado por:

$$IP = LL - LP$$

Donde

IP = índice de plasticidad

LI = límite líquido

LP = límite plástico

De esta manera, si:

- IP = 0, es un suelo no plástico
- IP entre 0 y 7, es un suelo de baja plasticidad
- IP entre 7 y 17, es un suelo de mediana plasticidad
- IP mayor que 17, es un suelo altamente plástico

Este define el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico, determinando los parámetros de asentamiento de un suelo y su expansividad potencial. Para la muestra ensayada, se determina que es un suelo no plástico pues no presenta límites líquidos ni plásticos.

5.4.3. Ensayo de compactación (Proctor modificado)

El ensayo de Proctor modificado, basado en la norma AASHTO T-180, es utilizado para calcular la humedad óptima, la densidad máxima seca y la máxima compactación del suelo. Este método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Para cierto contenido de humedad, conocido como humedad óptima, el suelo alcanza su densidad máxima. Cuando el suelo llega a su densidad máxima se reducen los vacíos y la capacidad de absorber agua. Asimismo, aumenta la capacidad del suelo para soportar cargas mayores.

5.4.4. Ensayo de valor soporte

El ensayo de valor soporte, también conocido como CBR (*Californian bearing ratio*), representa un índice de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, bajo condiciones controladas de compactación y humedad. Este es dado en porcentaje de carga requerida para alcanzar la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada por un pistón, proceso regido por la norma AASHTO T-180.

El CBR utilizado para el diseño de pavimentos establece que a menor valor de CBR de la subrasante, mayores son los espesores necesarios en el pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito. De acuerdo a las *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*, libro azul de la Dirección General de Caminos, las capas que conforman la estructura del pavimento deben de tener los siguientes parámetros como mínimo.

Tabla XVIII. **Porcentajes mínimos de CBR según su uso**

Uso	CBR %
Sub rasante estabilizada	20
Sub base común	30
Sub base granular	40
Base granular	70
Sub base de piedra triturada	50
Base de piedra triturada	90

Fuente: elaboración propia, con base en Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. p. 78.

5.4.5. Ensayo de equivalente de arena

Este método es empleado para calcular de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos. Consiste en evaluar una muestra que pasa por el tamiz # 4 en una probeta parcialmente llena de una solución que facilita la sedimentación de los finos. El resultado da a conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos.

Este ensayo se lleva acabo complementariamente a materiales que se utilizarán como base, subbase o materiales de préstamo. Dicho proceso es regido por la norma AASHTO T-176.

5.4.6. Análisis de resultados

La serie completa de resultados de los ensayos a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden ser consultados en anexos. A continuación se muestra, de forma sintetizada, los resultados obtenidos.

- Descripción del suelo: arena limosa con presencia de grava color café
- Porcentajes de partículas: grava: 19,61, arena: 63.23, finos: 17,13
- Clasificación: SCUS: SM ASSHTO: A-2-4
- Límite líquido: no posee
- Límite plástico: no posee
- Índice plástico: 0
- Densidad seca máxima γ_d : 1 701,64 kg/m³
- Humedad óptima: 10,25 %
- CBR al 95 % de compactación: 43 %

Con estos datos, se define la muestra como un material compuesto mayormente por gravas y arenas limosas, composición apta para su uso en subrasante e incluso como subbase granular dado el 43 % de CBR y poca presencia de materiales finos, como lo demuestra la ausencia de su límite líquido y plástico.

5.5. Tránsito promedio diario

Uno de los factores determinantes del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que circulará sobre este. El tránsito promedio diario es el promedio del número de vehículos que transitan por un determinado punto durante un periodo. Según el periodo de análisis para medir el volumen, podrá ser tránsito promedio diario anual, TPDA, tránsito promedio diario mensual, TPDM, o tránsito promedio diario semanal, TPDS.

Para el proyecto, se tabularon datos durante la semana que se realizaron los trabajos de topografía, en la cual se contabilizaron 237 veh/día de los cuales 80 % eran vehículos ligeros, 11 % transporte pesado y 9 % colectivo.

5.6. Diseño geométrico de la carretera y movimiento de tierras

El diseño geométrico de la carretera está en función de factores como la topografía del terreno, la geología y características del suelo, la hidrología del sector, accidentes geográficos e infraestructura cercana a la carretera, tránsito a circular y velocidad de diseño. Dichos factores condicionan el trazo y características de la carretera que debe cumplir con la seguridad y comodidad de los usuarios, además de ser viable, económicamente hablando.

Con el diseño geométrico es posible definir el alineamiento horizontal y vertical, esenciales para el cálculo del movimiento de tierras generado por los cortes y rellenos que surjan en el tramo. Es de considerar, como se hacía mención dentro de la descripción del proyecto, que debido a que el trazo de la carretera ya existe, el replanteo geométrico por hacerse tendrá que ajustarse lo más que pueda al existente, de lo contrario, representaría un cambio drástico para la topografía del sector, invasión de terrenos, y masivos cortes y rellenos. Tomando esto en consideración, se trató de cumplir con todos los requerimientos de diseño geométricos establecidos, sin embargo, no todos fueron alcanzados.

5.6.1. Alineamiento horizontal

Es la proyección del eje del tramo sobre un plano horizontal. Su diseño se basa en el planteamiento de tangentes, o rectas, y curvas que las articularán cumpliendo con parámetros de diseño establecidos. En el caso de una ruta existente, este debe adecuarse y optimizar los espacios disponibles para mejorar el flujo vehicular.

5.6.1.1. Tangentes

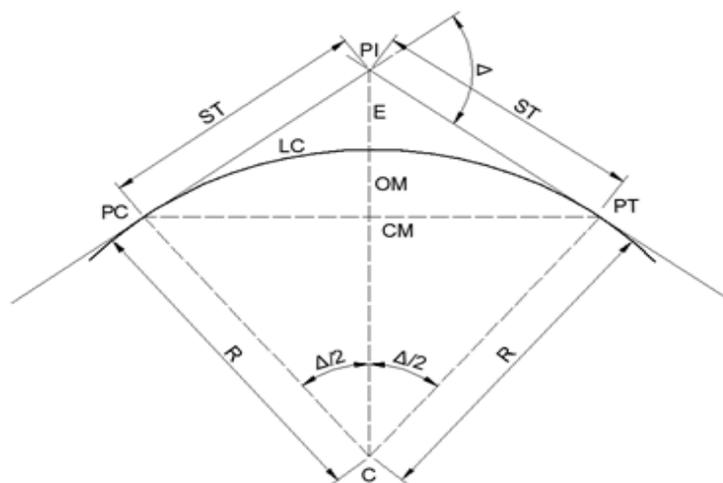
Como se estableció anteriormente, las tangentes son un vínculo que unen las curvas del alineamiento. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por una prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . La longitud de una tangente es la distancia que va desde el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

Las dimensiones mínimas de las tangentes se rigen por la seguridad del usuario. Las tangentes son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que experimenta el conductor por tramos muy largos, o bien, porque favorecen los encandilamiento durante la noche. Conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio, cuando sea posible.

5.6.1.2. Curvas horizontales

Son curvas circulares, arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas utilizadas para unir tangentes consecutivas. Para su cálculo es preciso conocer las deflexiones entre tangentes y el grado de curvatura. Dichos parámetros son controlados por la velocidad de diseño de la carretera. Entre mayor sea la velocidad, menor será el grado de curvatura de la curva. Los elementos que conforman una curva horizontal son los siguientes:

Figura 8. Elementos de una curva simple



PI = punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC = punto donde comienza la curva

Continuación de la figura 8.

PT = punto en donde termina la curva

ST = subtangente de curva

R = radio de curva

LC = longitud de curva, distancia del PC al PT

E = externa

OM = ordenada media

CM = cuerda máxima

C = centro

Δ = ángulo central de curva

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

- Grado de curvatura

Es el ángulo central que subtiende un arco de 20 metros de longitud y está dado por:

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

Para la primera curva se tienen los siguientes datos:

$$\Delta = 12,21$$

$$R = 197,09$$

Por lo que se tiene un grado de curvatura de:

$$G = 11459156/197,09 = 5,81$$

- Subtangente

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), siendo la misma distancia entre el PI y el final de la curva (PT).

$$ST = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Usando los datos de la primera curva:

$$St = 197,09 \times \tan(12,21/2) = 21,08 \text{ m}$$

- Longitud de curva

Es la distancia del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el final de la curva (PT).

$$LC = \frac{20 \times \Delta}{G}$$

Haciendo uso de los datos previamente calculados, se tiene que:

$$Lc = 20 \times 12,21/5,81 = 42,03 \text{ m}$$

- Externa

Se define como la distancia desde el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

$$E = R \times \left[\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right]$$

Empleando el radio y delta de la primera curva:

$$E = 197,09 \times [\sec(12,21/2) - 1] = 1,12 \text{ m}$$

- Ordenada media

Es la longitud de la flecha del punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R \times \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

Empleando el radio y delta de la primera curva:

$$OM = 197,09 \times [1 - \cos(12,21/2)] = 1,12 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

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

$$CM = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Empleando el radio y delta de la primera curva:

$$CM = 2 \times 197,09 \times \sin(12,21/2) = 41,92 \text{ m}$$

5.6.1.3. Curvas de transición

La transición de un vehículo de un tramo tangente a una curva debe ser gradual, procurando mantener un balanceado cambio de dirección, sobreelevación y ampliación. Para lograr este cambio gradual se hace uso de las curvas de transición.

La curva de transición es aquella que une una tangente con una curva horizontal simple, teniendo como característica principal que a lo largo de ella, y de manera continua, existe un cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular. Asimismo, esta contribuye a un cambio de pendiente de una sección transversal con bombeo a una sección transversal con peralte.

El cálculo puede realizarse tomando en cuenta la variación de la aceleración centrífuga, haciendo uso de una fórmula en función de la velocidad de diseño y del radio de la curva horizontal.

$$LT = \frac{V^3}{28 \times R}$$

Donde

LT = longitud de curva de transición en metros

V = velocidad de diseño, kilómetros por hora

R = radio de la curva circular en metros

Con una velocidad de diseño de 30 km/h y el radio de la primera curva se tiene:

$$LT = \frac{30^3}{28 \times 197,09} = 4,89 \text{ m}$$

5.6.1.4. Sobreechancho

El vehículo, al transitar sobre la curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en la recta. Esto se debe a que la rigidez y dimensiones del vehículo hacen que su eje trasero siga en trayectoria distinta a las del eje delantero, dificultando la permanencia de este sobre el eje de circulación correspondiente.

Para compensar este efecto y mantener las condiciones de operación del tránsito, la calzada en la curva debe ensancharse. A este aumento se le denomina sobreechancho (S) de la curva. Para calcular el sobreechancho es necesario conocer el tipo de vehículo que transitará en la carretera.

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde

S = sobreechancho

n = número de carriles

R = radio de curva

L = longitud de la parte frontal a la posterior del vehículo

V = velocidad de diseño

Al tener únicamente un carril por sentido, una longitud de 8 m promedio de vehículos livianos y una velocidad de diseño de 30 km/h:

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + V/10\sqrt{R}$$

$$S_a = (197,09 - \sqrt{197,09^2 - 8^2}) + 30/10\sqrt{197,09} = 0,38 \text{ m}$$

5.6.1.5. Peralte

Es la inclinación otorgada a la parte superficial, o corona, de una carretera, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre el vehículo en movimiento.

$$e = \frac{V^2}{(127 \times R)}$$

Donde

e = peralte

V = velocidad (kilómetros por hora)

R = radio de curva (metros)

Para los valores dados de la primera curva se tiene que:

$$e = \frac{30^2}{127 \times 197,09} = 0,03 = 3 \%$$

Para la tabulación del resto de curvas horizontales, consultar el apéndice 1.

5.6.2. Alineamiento vertical

El trazo vertical de una carretera se refiere a una proyección del eje real de la vía sobre la superficie del terreno vertical, paralela al mismo. De la misma forma que el horizontal, está compuesto por tangentes y curvas; las tangentes se caracterizan por su pendiente que es utilizada para delimitar el diseño de la subrasante. La línea de referencia para el trazo es la rasante, esta define el

alineamiento junto con otros factores, como la topografía, seguridad, velocidad, visibilidad y tráfico a circular.

5.6.2.1. Subrasante

Es una línea trazada en el perfil que delimita las zonas de corte y de relleno que conformarán las pendientes del terreno a lo largo del tramo. Esta funciona como apoyo de la subbase, base y carpeta asfáltica. Debido a que la subrasante define el volumen de movimiento de tierras, el cual representa una fuerte suma dentro del presupuesto del proyecto, esta fue diseñada de manera que sea óptima técnica y económicamente hablando.

5.6.2.2. Pendientes

La subrasante está regida por los parámetros de pendientes mínimas y máximas. Se requiere una pendiente mínima para que sea posible drenar las aguas precipitadas y una máxima para que sea posible transitar cómodamente sobre la vía.

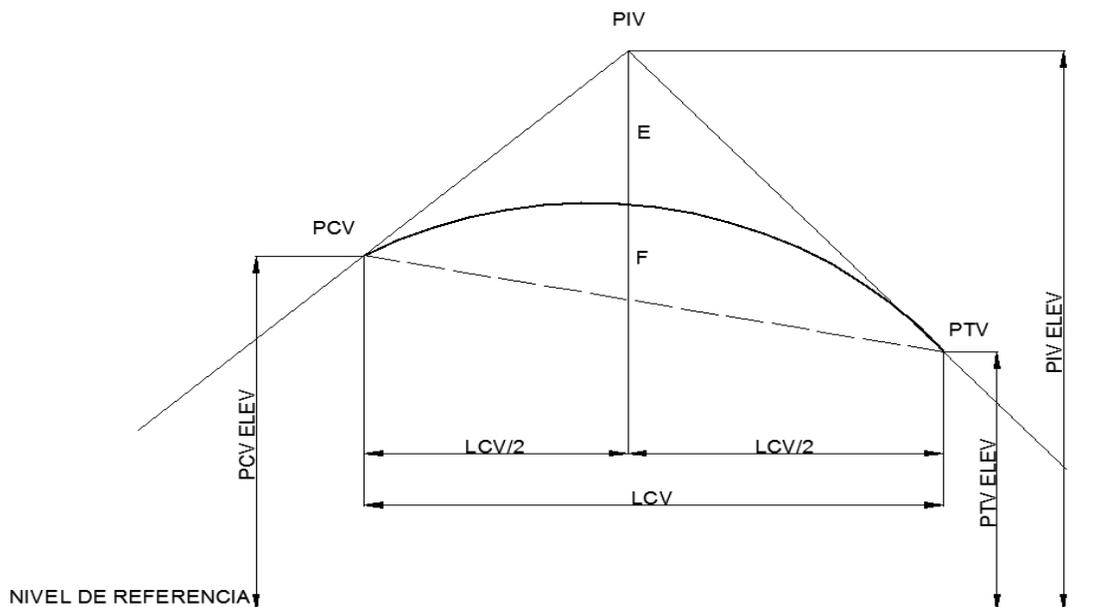
En el presente proyecto, se manejan pendientes mínimas de 1 % y máximas de 14,36 %, dichas pendientes pueden ser catalogadas como positivas y negativas, según sea la dirección que posean. Las positivas son aquellas que ocasionan un cambio de altura positivo, en otras palabras, que aumenta su posición respecto a un punto anterior. Por el contrario, las pendientes negativas disminuyen la elevación con respecto a una anterior.

5.6.2.3. Curvas verticales y correcciones

Una curva vertical es un arco de parábola con eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical, puede ser cóncava o convexa. La curva vertical en columpio es una curva convexa, mientras que aquella que posee cresta tiene una concavidad que da hacia abajo, cóncava.

El diseño de las curvas verticales representa un parámetro importante desde la perspectiva de la funcionalidad y uso de la carretera. Las curvas deben cumplir con requisitos de seguridad, comodidad, apariencia y drenaje.

Figura 9. Elementos de una curva vertical



PIV = punto de intersección de curva vertical

PCV = principio de curva vertical

PTV = principio de tangente vertical

LCV = longitud de curva vertical

PIV ELEV = elevación de punto de intersección de curva vertical

Continuación de la figura 9.

PCV ELEV = elevación de principio de curva vertical

PVT ELEV = elevación de principio de tangente vertical

F = flecha

E = externa

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

- Criterio de seguridad

La longitud de curva debe proporcionar una suave transición entre tangentes, sin generar cambios bruscos de curvatura, para lo cual se establecen longitudes mínimas.

$$LCV = K \times A$$

Donde

LCV = longitud mínima de curva vertical.

K = constante que depende de las distancias de visibilidad y características geométricas de la curva.

A = diferencia de pendientes.

Tabla XIX. **Valor de constante K para curvas verticales**

Velocidad de diseño (Km/h)	K	
	Cóncava	Convexa
20	2	1
30	9	2
40	9	4
50	13	7
60	18	11
70	23	17
80	30	26
90	38	39
100	45	52
110	55	75
120	63	95
130	73	124

Fuente: MORALES SOSA, Hugo Andrés. *Ingeniería vial I*. p. 132.

La constante K está en función de la velocidad de diseño y por la concavidad de la curva vertical. Por las características del proyecto, se utilizaron factores de K correspondientes a una velocidad de 30 km/h.

- Criterio de comodidad

La comodidad experimentada por el usuario es uno de los aspectos que refleja la calidad que ofrece la vía por la cual circula. Se debe evitar cambios bruscos de pendiente que producen que las fuerzas componentes de la gravedad y el peso actúen en el mismo sentido, generando una mayor fuerza centrífuga vertical.

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

- Criterio de apariencia

Una correcta visibilidad del tramo de vía mejora el tiempo de maniobra del usuario.

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

- Criterio de drenaje

Las curvas verticales deben favorecer el drenaje por lo que la longitud de curva debe cumplir con lo siguiente:

$$k = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

Para la primera curva vertical en la estación 0+020,15 del proyecto que posee una longitud de 19,40 m y una diferencia de pendientes de 9,7, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Seguridad

$$LCV = K \times A = 2 \times (1,80 - (-7,90)) = 19,40 \text{ m}$$

- Apariencia

$$k = \frac{LCV}{A} \geq 30 = 2 \not\geq 30$$

Al no cumplir con el criterio, se debe utilizar el factor para rediseñar la LCV

$$LCV = 30 \times 9,7 = 291 \text{ m}$$

- Comodidad

$$k = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395} = \frac{19,4}{9,7} \geq \frac{30^2}{395} = 2,0 \neq 2,27$$

Al no cumplir con el criterio, se debe utilizar el factor para rediseñar la LCV

$$LCV = 9,7 \times 2,27 = 22,02 \text{ m}$$

- Drenaje

$$k = \frac{LCV}{A} \leq 43 = 2 \leq 43$$

Los criterios requieren una longitud de curva mucho mayor, siendo, según estos, una LCV óptima de 291 m, sin embargo, debido al coste que esto representaría y al tipo de carretera a diseñar, se utiliza la LCV mínima permitida de 19,40 m la cual puede redondearse a 20,00 m.

- Correcciones

Una vez definidas las longitudes de las curvas verticales, se calculan las correcciones de la línea de la subrasante diseñada; debido al cambio de pendientes se deben calcular correcciones en las cotas o elevaciones.

$$y = \frac{A \times L^2}{200 \times LCV}$$

Donde

Y = corrección.

A = diferencia de pendientes (pendiente de salida menos la de entrada).

L = distancia horizontal del PVC al punto de corrección o bien del PTV al punto de la corrección.

LCV = longitud de curva vertical.

Tomando como ejemplo la curva vertical de la estación 0+020,15 que posee una distancia horizontal del PVC al punto de corrección de 10,30 m se tiene:

$$y = \frac{A \times L^2}{200 \times LCV} = \frac{(1,80 - (-7,90)) \times 10,30^2}{200 \times 19,40} = 0,265$$

De la misma manera, la tabulación de las curvas verticales puede ser consultada en el apéndice 2.

5.7. Movimiento de tierras

Consiste en trasladar volúmenes de material para modificar la configuración de la superficie del terreno. En el caso del mejoramiento de la carretera de acceso, se adecuó lo más posible al terreno natural, sin embargo, debido a las imperfecciones del tramo existente y de la ampliación de carril, el corte predomina en el proyecto.

5.7.1. Seccionamiento transversal y sección típica

La sección transversal de una carretera está en función de los estudios previamente realizados, que engloban aspectos relativos a la capacidad de la vía, a su seguridad y a las limitaciones económicas que envuelven al proyecto.

La sección transversal es una plataforma cuyo punto central es el alineamiento horizontal y, en este proyecto, se conforma por el derecho de vía, el ancho de calzada, bombeo, cunetas y taludes laterales.

- Ancho de calzada

Está en función de la capacidad y el nivel del servicio de la carretera, sin embargo, también se ve limitado por el tipo de vía y las condiciones topográficas y del entorno. Asimismo, su dimensionamiento puede variar en curvas donde se requiera de un mayor radio de giro.

Para la mejora de la carretera de acceso, se plantean carriles de 2,90 m de ancho en promedio por cada vía.

- Bombeo

La sección transversal debe drenar lateralmente el agua de lluvia, para ello se dispone de una inclinación lateral en la plataforma de forma que las aguas sean evacuadas hacia los lados, donde será recolectada por el drenaje longitudinal.

El valor de esta pendiente transversal oscila entre 1 y 4 %, según sea la calidad y acabado del pavimento. En esta ocasión, se eligió un bombeo del 3 %

para evacuar cualquier agua superficial hacia las cunetas y evitar filtraciones de humedad hacia las capas subyacentes.

- Cunetas

Son el sistema de recolección longitudinal que se encarga de recolectar las aguas pluviales. Se encuentran gobernadas por el diseño hidráulico de la carretera. Se emplearon cunetas tipo L y trapezoidales.

- Taludes laterales

Los taludes son líneas inclinadas ubicadas en los extremos de la sección transversal. Delimitan el corte o relleno de una sección en particular y su pendiente se encuentra en función del terreno natural. Es posible generalizar la pendiente de un talud en función de la altura del corte o relleno, como se muestra en la tabla XX.

Tomando como ejemplo la sección en la estación 0+040, que tiene una altura de corte de 1,80 m, le corresponde una relación de H-V de 1-1.

Tabla XX. **Relaciones de corte y relleno de taludes**

Corte		Relleno	
Altura (m)	H-V	Altura (m)	H-V
0 – 3	1 – 1	0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2	> 3	3 – 2
> 7	1 – 3		

Fuente: CARDENAS GRISALES JAMES. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 402

5.7.2. Cálculo de área de secciones transversales

El seccionamiento transversal de la carretera se realizó en estacionamientos a cada 20 m longitudinalmente, definiendo así la configuración de los elementos que conforman la carretera en determinado punto y con el terreno natural. Dicho seccionamiento se realizó con el software AutoCAD Civil 3D 2013. Sin embargo, un método gráfico tradicional de realizar el cálculo del seccionamiento es por medio de un planímetro polar. Si no se cuenta con uno, puede calcularse el área asignando coordenadas totales convenientemente y aplicando el método de determinantes para encontrar el área.

5.7.3. Cálculo de volúmenes

Las áreas calculadas constituyen un lado de un prisma del terreno a rellenar o cortar. El volumen se obtiene al multiplicarlas por la longitud entre secciones consecutivas y uniformes.

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$$

Donde

A_1 = área de sección transversal 1

A_2 = área de sección transversal 2

L = longitud entre secciones

Mientras que, para secciones no consecutivas, es decir de corte a relleno o de relleno a corte, se hace uso de las siguientes ecuaciones:

- Volumen de relleno: $Vol_R = \frac{A_r}{2} * d_r$
- Volumen de corte: $Vol_C = \frac{A_c}{2} * d_c$
- Distancia de relleno: $d_r = \frac{A_r}{A_c + A_r} * d$
- Distancia de corte: $d_c = \frac{A_c}{A_c + A_r} * d$

Donde

Vol. R = volumen de relleno, en metros cúbicos

Ar = área de relleno, en metros cuadrados

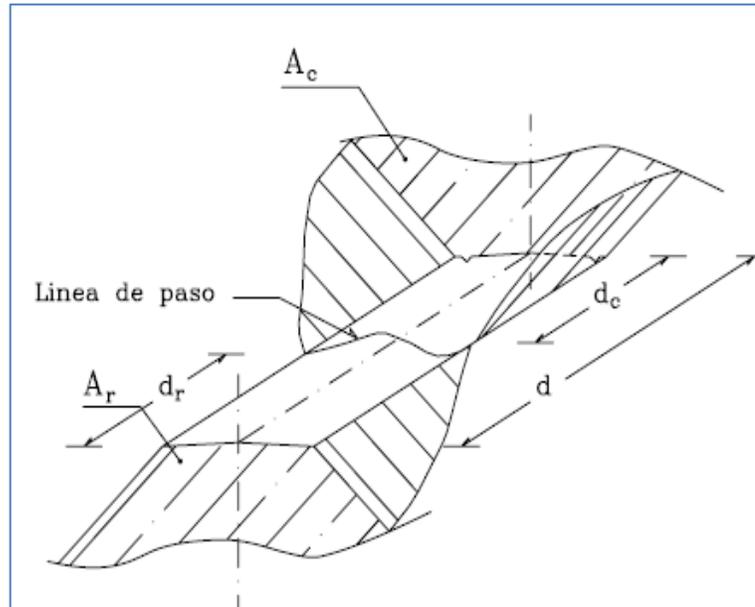
dr = distancia de relleno, en metros

Vol. C = volumen de corte, en metros cúbicos

Ac = área de corte, en metros cuadrados

dc = distancia de corte, en metros

Figura 10. Secciones de volumen



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-30.

Sin embargo, con fines de agilizar el proceso de cálculo, se utilizó el programa de cómputo AutoCAD Civil 3D, el cual utiliza un sistema con una interpolación adicional entre secciones:

$$V = \frac{L}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2]$$

Donde

A_1 = área de sección transversal 1

A_2 = área de sección transversal 2

L = longitud entre secciones

Es de considerar que estos métodos de cálculo empleados por el programa toman de referencia la superficie del terreno y la superficie de la

sección de la carretera a lo largo de los 20 m que separan cada sección, por lo que calcula sus resultados tomando cualquier diferenciación de terreno, resultando en datos confiables.

Tomando como ejemplo las estaciones 0+000,00 a 0+020,00 donde se tiene:

Est. 0+000,00
 Área de relleno 0,00
 Área de corte 3,13

Est. 0+020,00
 Área de relleno 2,81
 Área de corte 0,33

$$V_{\text{Relleno}} = \frac{L}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2] = \frac{20}{3} [0 + \sqrt{0 \times 2,81} + 2,81] = 18,7 \text{ m}^3$$

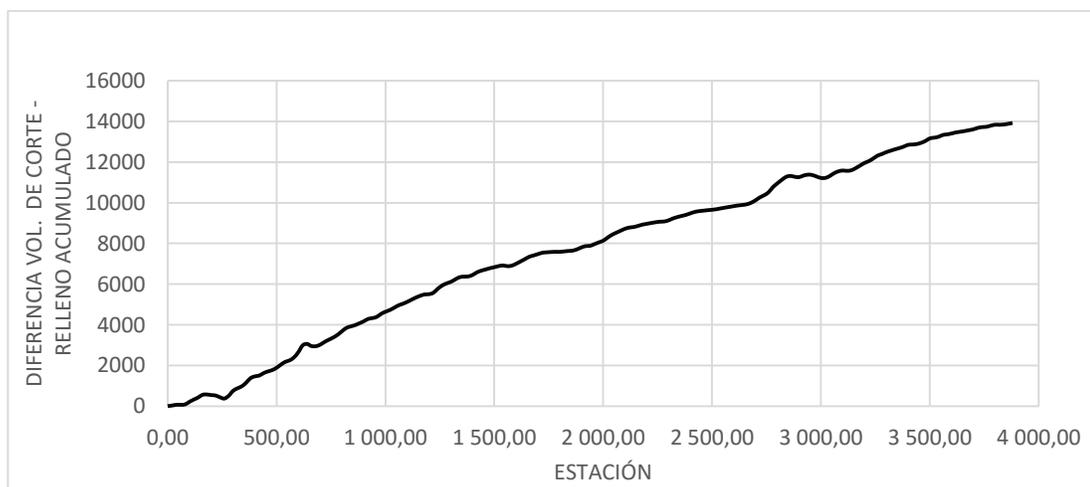
$$V_{\text{Corte}} = \frac{L}{3} [A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2] = \frac{20}{3} [3,13 + \sqrt{3,13 \times 0,33} + 0,33] = 29,8 \text{ m}^3$$

5.7.4. Balance y diagrama de masas

El diagrama de masas permite determinar la acumulación de volúmenes de corte y relleno según la distancia al punto de partida u origen. Se busca un balance, es decir, reutilizar el material de corte para puntos en donde se necesite relleno, acarreado los materiales la menor distancia posible y de preferencia cuesta abajo, con el objetivo de conseguir la mayor economía posible en el movimiento de tierras.

Para la carretera de acceso, se consideró que la mayoría del movimiento de tierra representaba corte, por lo que el acarreo de materiales será colocado en bancos a menos de mil metros de distancia, utilizando la maquinaria correspondiente.

Figura 11. Línea de masa



Fuente: elaboración propia.

Dado que el valor en el eje vertical es la suma aculada de la diferencia entre corte y relleno, la proyección de esta gráfica indica un exceso de volumen de corte sobre el volumen de relleno que crece conforme avanza la carretera, dando a indicar la necesidad de retirar el material.

En este caso, la Municipalidad de Villa Nueva planteó la utilización de este material en un proyecto de relleno a 9 kilómetros de distancia de la carretera.

5.8. Elementos estructurales del pavimento

Los elementos que conforman el pavimento tienen como objetivo primordial distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo, proveyendo al mismo tiempo, una superficie suave para la circulación vehicular. Estas se encuentran regidas por normas de control de calidad internacionales como la AASHTO y requerimientos de construcción nacionales como la Dirección General de Caminos de Guatemala.

5.8.1. Subrasante

Es la capa que sustenta la estructura del pavimento. Actúa como soporte después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. La calidad de la subrasante juega un importante papel en el espesor de la carpeta de rodadura y, por ende, de la calidad general de la pavimentación. Debido a esto, la subrasante debe cumplir con los parámetros de resistencia, incompresibilidad y una buena respuesta a la expansión y contracción debido a la humedad, demostrados en los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y valor soporte.

La subrasante reacondicionada debe ser compactada en su totalidad con un contenido de humedad dentro de ± 3 por ciento de la humedad óptima, hasta lograr el 95 por ciento de compactación respecto a la densidad máxima, según la norma AASHTO T 180, y una expansión máxima del 5 %.

Si la subrasante no cumpliera con lo establecido, es necesario incorporar materiales estabilizadores para mejorar sus características mecánicas y su función como cimiento de la estructura del pavimento. En este caso, el material ya estabilizado debe tener un CBR mínimo de 20 % efectuado sobre una

muestra saturada a 95 % de compactación y un hinchamiento máximo de 1 %. Sin embargo, en el caso de la subrasante del proyecto, esta cumple y excede los requerimientos mínimos de caminos, puesto que posee un porcentaje de 43 % de CBR a 95 % de compactación, convirtiéndola en una subrasante apta para soportar las cargas vehiculares.

5.8.2. Subbase

Es aquella que cumple con la función de soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie del pavimento, para así, la subrasante sea capaz de absorber las variaciones inherentes al suelo que puedan afectar a la subbase.

Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición en los pavimentos flexibles. Dicho material deberá estar libre de impurezas como basura, materia orgánica, terrones de arcilla, entre otros. Sus partículas no deberán exceder 70 mm ni $\frac{1}{2}$ espesor de la capa, no deberá tener un índice de plasticidad mayor a 6, ni un límite líquido mayor a 25, deberá contar con un mínimo de CBR del 30 % saturado a 95 % de compactación y 40 % si es granular. Además, la subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, sin embargo, en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros. El material propuesto para su uso como subbase es granular.

5.8.3. Base

De forma similar, la base tiene como función distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito a las capas subyacentes. Generalmente se utiliza una base granular que está compuesta por una combinación de piedra o

grava, con arena y suelo en su estado natural. Dichos materiales deberán ser clasificados para formar una base integral. Se requiere que posea un CBR de 70 % como mínimo a un 95 % de compactación, un hinchamiento máximo de 0,5 %, un índice de plasticidad no mayor de 6 y un límite líquido no mayor a 6, según lo establecido por las normas AASHTO T 193 y T 180.0, T 90, T89 respectivamente.

5.8.4. Carpeta de rodadura

En pavimentos asfálticos está constituida por una mezcla bituminosa, que tiene como función recibir directamente las cargas del tránsito, así como proteger e impermeabilizar la superficie para evitar filtraciones de agua que podrían saturar las capas inferiores.

El pavimento asfáltico es un sistema de construcción que consiste en la elaboración en planta de una mezcla caliente con proporciones controladas de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto capaz de resistir las cargas para las cuales fue diseñado su espesor. Esta mezcla se puede tender y compactar de inmediato en la carreta en una o varias capas, de ser requerido, para cumplir con las características de resistencia y textura a las capas de soporte o de superficie.

5.9. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93

El procedimiento AASHTO para el diseño de pavimentos es un método de regresión basado en resultados empíricos desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, en donde se realizaron ensayos a escala real durante dos años, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen relaciones de deterioro y funcionalidad de distintas secciones ensayadas. A

medida que pasaron los años, se publicaron versiones mejoradas y revisadas, en las cuáles el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original, tal como es el caso de una de las últimas revisiones publicadas en 1993.

El método AASHTO logra definir los materiales y espesores de las capas constituyentes del pavimento, aspectos que determinan sus características estructurales a corto y largo plazo. El diseño tiene como objetivo proyectar una estructura multicapa económicamente satisfactoria, capaz de servir como soporte al tránsito vehicular durante un tiempo determinado, sin que los materiales constituyentes ni capas subyacentes se deformen más de lo previsto.

- Variables para cálculo y diseño

Los factores que intervienen dentro del funcionamiento de un pavimento deben ser interpretados correctamente para alcanzar un dimensionamiento y diseños adecuados. Puesto que el volumen de tráfico cada vez es mayor surge una creciente demanda de pavimentos resistentes, funcionales y económicos, demandas que son satisfechas tomando en consideración las variables que expone el diseño de pavimentos flexibles ASSHTO-93.

- Periodo de diseño

Se refiere al tiempo total en el que la estructura de pavimento, diseñada en función de la proyección de tránsito y de las condiciones a las que estará expuesta, entra en servicio hasta que llega el momento en el que alcanza el

mínimo de serviciabilidad, o bien, antes de que necesite algún trabajo de rehabilitación.

En las primeras evaluaciones de la AASHTO, esta consideraba un periodo de diseño de 20 años, sin embargo, en la versión de 1993 lo hace en función del tipo de carretera.

Tabla XXI. **Periodos de diseño en función del tipo de carretera**

Tipo de Carretera	Periodo de diseño
Autopista regional	20 – 40 años
Troncales sub urbanas	15 – 30 años
Troncales rurales	
Colectoras sub urbanas	10 – 20 años
Colectoras rurales	

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano para diseño de pavimento*. p. 7 – 3.

Para este proyecto se utilizará un periodo de diseño correspondiendo a una carretera de carácter colector suburbana del rango de 10 – 20 años, estableciendo 15 años como factor, dado el sector por el cual atraviesa la carretera.

- Tránsito

Para el dimensionamiento del pavimento, es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circularán por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica.

El diseño considera el número de ejes equivalentes (ESAL) para el periodo de análisis (W_{18}) en el carril de diseño. A partir de conteos vehiculares y conservación a ejes equivalentes, se debe aplicar el ESAL en ambas direcciones por factores direccionales y de carril (si son más de dos).

- Factor de confiabilidad, R

La confiabilidad establece la seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura cumpla con su periodo de diseño en buenas condiciones. También se puede interpretar como un factor de seguridad y, ante esto, se debe tomar en cuenta el grado de confiabilidad que se maneja en Guatemala a la hora de manejar los materiales y la ejecución de la pavimentación.

La AASHTO recomienda factores de confiabilidad con valores desde el 50 hasta 99,9, teniendo en cuenta las clasificaciones funcionales, es decir la relevancia de la carretera y la frecuencia de su uso.

Para el proyecto actual, se utilizará un factor de 80, pues se utiliza la clasificación de colector rural con una confiabilidad media.

Tabla XXII. **Niveles sugeridos de confiabilidad, R**

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interstatal y otras vías	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectores	80 – 95	75 – 95
Local	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p.87.

- Desviación estándar normal, Z_R

Está en función de la confiabilidad del proyecto, R. En la tabla XXIII se muestran los valores de desviación estándar correspondientes a diferentes niveles de confiabilidad. Por lo que la desviación estándar normal para un porcentaje de confiabilidad de 80 % es -0,841.

Tabla XXIII. **Desviación estándar según confiabilidad**

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal, Z_R
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99.9	-3,090
99.99	-3,750

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

- Efectos medioambientales

El medio ambiente puede modificar las propiedades mecánicas del pavimento de diferentes maneras. Las variaciones térmicas y de humedad afectan la resistencia, durabilidad y capacidad soporte de carga. Otro factor de

influencia es el efecto directo de la desintegración en la subrasante, el congelamiento y deshielo, últimos dos que, dadas a las condiciones climatológicas de Guatemala no son tomadas en consideración.

- Pérdida de serviciabilidad

La serviciabilidad de una estructura de pavimento es la capacidad de este de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. La primera medida de la serviciabilidad es el índice de serviciabilidad presente (PSI), que varía de 0 (carretera imposible de transitar) a 5 (carretera perfecta).

El PSI se obtiene midiendo la rugosidad y daño (agrietamiento, bacheo y deformación permanente) en un tiempo particular durante la vida útil del pavimento.

La guía AASHTO 93 usa la variación total del índice de serviciabilidad (ΔPSI) como criterio de diseño y se define como:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t$$

Donde

p_0 = índice de serviciabilidad inicial.

p_t = índice de serviciabilidad final, índice más bajo tolerable antes de rehabilitación.

De esta manera, se estableció un p_0 de 4 y un p_t de 2, debido a la calidad de ejecución de la carretera y al mantenimiento previsto para ella, obteniendo consecuentemente, un índice total de serviciabilidad ΔPSI de 2.

- Módulo resiliente efectivo del suelo

En el diseño de pavimentos flexibles, la resistencia de la subrasante es considerada dentro del método por medio del módulo de resiliencia (M_r). Este toma en consideración las variaciones a lo largo del año de la subrasante midiendo las propiedades elásticas.

Convenientemente, se han reportado factores que pueden ser usados para estimar el módulo de resiliencia (M_r) con el CBR. Se han dado correlaciones para encontrar el valor del módulo de resiliencia con las siguientes relaciones.

$$M_R[\text{psi}] = 1\,500 \times \text{CBR} \dots \text{(para suelos finos)}$$

$$M_R[\text{kPa}] = 10\,342 \times \text{CBR} \dots \text{(para suelos finos)}$$

Donde el factor de 1 500 fue tomado del rango comprendido entre los valores de 750 y 3 000 que son los valores que se pueden utilizar en la fórmula para suelos de gradación fina, por ello es que esta ecuación es válida para suelos con CBR menores que 10 %.

De manera similar, por mucho tiempo, estos valores han sido utilizados por investigadores y agencias de diseño de carteras en los Estados Unidos.

$$M_R[\text{psi}] = 4\,326 \ln(\text{CBR}) + 241 \dots \text{para suelos granulares}$$

También se pueden utilizar las siguientes fórmulas y tabla de resultados, que son empleadas actualmente en el diseño de pavimento flexible en Chile.

$$M_R[\text{MPa}] = 17,6 \times \text{CBR}^{0,64} \dots \text{ para suelos con } \text{CBR} \leq 12 \%$$

$$M_R[\text{MPa}] = 22,1 \times \text{CBR}^{0,55} \dots \text{ para suelos con } 12 \% \leq \text{CBR} \leq 80 \%$$

Tabla XXIV. **Módulo resiliente según capa y CBR**

Capa	CBR (%)		M_R (kg/cm ²)
	≥	≤	
Base granular	60	80	$-0,147(\text{CBR})^2 + 29,90(\text{CBR}) + 592$
Sub base granular	20	40	$-0,152(\text{CBR})^2 + 22,44(\text{CBR}) + 512$
Sub rasante	2	30	$115,247(\text{CBR})^{0,595}$

Fuente: SERVIU METROPOLITANO. *Diseño estructural de pavimentos*. p. 23.

Tabla XXV. **Propiedades de materiales granulares**

Sub rasante		Mr (MPa)				
		Granular: Base + Sub base (mm)				
CBR (%)	Mr (MPa)	200	250	300	350	400
3	35	76	84	91	98	104
5	50	108	120	130	140	148
7	60	130	144	156	168	178
10	75	163	180	195	210	222
15	100	217	240	266	280	297
20	115	250	276	300	321	341
30	145	315	348	350	350	350
40	170	350	350	350	350	350
50	190	350	350	350	350	350

Fuente: Dirección de Viabilidad Ministerio de Obras Públicas. *Guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito de Chile*. p. 62.

Para el cálculo del módulo resiliente, se tomarán los valores de CBR mínimos requeridos por cada capa estructural según Caminos y se hará un

promedio de los valores calculados por medio de las fórmulas presentadas anteriormente.

Mr subrasante con porcentaje de CBR de 43 %:

$$M_R[\text{MPa}] = 22,1 \times \text{CBR}^{0,55} = 174,90 \text{ Mpa} = 25\,367,09 \text{ psi}$$

$$M_R[\text{psi}] = 4\,326 \ln(\text{CBR}) + 241 = 16\,896,74 \text{ psi}$$

$$M_R[\text{kg/cm}^2] = 115,247(\text{CBR})^{0,595} = 1\,080,30 = 15\,365,33 \text{ psi}$$

$$\text{Interpolacion de tabla XXV} = 176 \text{ MPa} = 25\,526,06 \text{ psi}$$

Promedio redondeado:

$$M_r = \frac{25\,367,09 + 16\,896,74 + 15\,365,33 + 25\,526,06}{4} = 20\,788,80 \cong 21\,000 \text{ psi}$$

- Estudio de tránsito para diseño de pavimentos

Para el diseño de una estructura de pavimentación, es esencial conocer el tipo de vehículo, el número de veces que pasa y el peso por eje de ese tipo de vehículo. Para ello se presentan a continuación una serie de criterios y métodos para determinar el tráfico que soportará una vía durante su periodo de vida y en el carril de diseño.

- Volumen de tránsito

Es el número de vehículos que pasan por un punto o carril durante una unidad de tiempo. Dicho valor resulta determinante para la proyección de la carretera, el tipo de viabilidad, intersecciones, accesos y servicios.

En el estudio de volúmenes de tránsito es esencial obtener dos datos básicos: el tránsito medio diario general y el tránsito medio diario de transporte pesado. Estos se pueden obtener al efectuar censos o aforos de tránsito en el lugar de la construcción o, si es nueva, mediante censos o aforos de tránsito en lugares próximos. Para el proyecto, se contabilizaron 237 veh/día de los cuales 80 % eran livianos, 11 % transporte pesado y 9 % transporte colectivo.

- Índice medio diario, IMD

Es el promedio del número de vehículos que transitan por un determinado punto durante un periodo. Según el periodo de análisis para medir el volumen, podrá ser índice medio diario anual, IMDA, índice medio diario mensual, IMDM, o índice medio diario semanal, IMDS.

- Ejes equivalentes

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; los diferentes espesores de pavimentos y diferentes materiales, responden de diferente manera a igual carga. Como estas cargas producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, las fallas tendrán que ser distintas.

Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga establecida según AASHTO es de 80 kN o 18 Kips.

- Vehículos de diseño

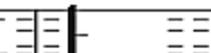
La clasificación de vehículos de diseño está condicionada a los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de la carretera. Los dos grandes grupos de vehículos son los livianos y pesados.

Los vehículos livianos, que son los más numerosos en la corriente vehicular, incluyen automóviles compactos y subcompactos, camionetas agrícolas y picops. Los pesados, por otro lado, no admiten una sola representación, sino que es necesario ser enlistados para una adecuada clasificación como elementos condicionantes de algunos aspectos del diseño geométrico de las carteras.

La AASHTO presenta, en su *Manual de diseño geométrico*, una clasificación idónea de cinco tipos de vehículos para el diseño de carreteras regionales. Los automóviles livianos se encuentran clasificados como vehículos tipo AP.

El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo común cae en la de tipo bus, C2. Por último, los camiones se encuentran clasificados por el número de sus ejes, siendo los más comunes y para emplear en el actual proyecto, los C2 y C3.

Figura 12. Tipo de vehículos

TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				Ap
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
					C3
		3			T2 - S1
					T2 - S2
					T3 - S2
		5			T2 - S1 R2

Fuente: Dirección General de Caminos, Departamento de carreteras. *Secciones típicas*.
p. 12.

○ Carril de diseño

El carril de diseño para calles y carteras de dos carriles puede ser cualquiera de los dos, mientras que para aquellas con carriles múltiples, generalmente es el carril externo. Las recomendaciones de la AASHTO establecen lo siguiente.

El factor de distribución (D_D), generalmente es de 0,50 (50 %) para la mayoría de carreteras, pues se asume que la misma cantidad que circula en un sentido circula en el sentido contrario. El factor de distribución por carril (D_L) se define como el carril que recibe el mayor número de ESAL. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Este está dado por la AASHTO según el número de carriles.

Tabla XXVI. **Factor de distribución por carril DL**

Número de carriles en una dirección	Factor de distribución por carril
1	1,0
2	0,80 – 1,0
3	0,60 – 0,80
4	0,50 – 0,75

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87

Entonces, para las características geométricas de la carretera, se establece un factor de distribución direccional de 0,5 y un factor de distribución por carril de 1,0.

- Crecimiento de tránsito

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tránsito durante un periodo de años, por lo tanto, el crecimiento del tránsito se debe anticipar. Considerándose entonces, como el factor de crecimiento que está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde

r = tasa de crecimiento anual, en porcentaje

n = periodo de diseño, en años

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + 0,04)^{15} - 1}{0,04} = 20,02$$

Para esta proyección se utilizará una tasa de crecimiento del 4 % y un periodo de diseño de 15 años, resultando en un factor de crecimiento de 20,02.

- Factor de equivalencia de carga, FEC

Los factores de equivalencia de carga son considerados para evaluar el efecto dañino, en un pavimento flexible, de las cargas diferentes a un eje estándar. Estos valores fueron calculados a partir de resultados experimentales de la AASHTO. Los resultados obtenidos han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes. En la tabla XXVIII se presentan dichos resultados.

- Factor camión, FC

Por otro lado, se tiene el factor camión, el cual se interpreta como el número de aplicaciones de ejes estándar de 80 kN, correspondientes al paso de un vehículo.

El factor camión puede obtenerse por pesaje, sin embargo, es un método costoso para proyectos pequeños. Por lo tanto, cuando se deba efectuar el diseño para un tramo de vía en la cual no se tengan datos sobre el pesaje, quedan dos alternativas: asumir el FC conocido de una vía con características similares, o bien, calcularlo por un método empírico.

Se puede emplear el Acuerdo Gubernativo 1084-92, titulado *Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*, de la República de Guatemala, como referencia de los pesos de los vehículos a transitar. Es de tomar en cuenta que el paso de un vehículo liviano ejerce un daño no significativo en el pavimento.

Tabla XXVII. **Peso de vehículos tipo C-2 y C-3**

Vehículos tipo C2 y C3		Otros vehículos
Eje simple	5,500 kg	5,000 kg
Eje simple rueda doble	10,000 kg	9,000 kg
Eje doble (tándem) tipo A	16,500 kg	16,000 kg
Eje doble (tándem) tipo B	12,00 kg	12,000 kg
Eje triple (tridem) tipo A		20,000 kg
Eje triple (tridem) tipo B		17,000 kg

Fuente: CIV. *Acuerdo gubernativo 1084-92, Reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*. p. 50.

Tabla XXVIII. Factores de equivalencia de carga

Carga bruta por eje		Factores de equivalencia de carga por ejes		
kN	lb	Eje simple	Eje doble	Eje triple
4.5	1000.0	0.00002		
8.9	2000.0	0.00018		
17.8	4000.0	0.00209	0.00030	
26.7	6000.0	0.01043	0.00100	0.00030
35.6	8000.0	0.03430	0.00300	0.00100
44.5	10000.0	0.08770	0.00700	0.00200
53.4	12000.0	0.18900	0.01000	0.00300
62.3	14000.0	0.36000	0.02700	0.00600
71.2	16000.0	0.62	0.047	0.011
80.0	18000.0	1.00	0.077	0.017
89.0	20000.0	1.51	0.121	0.027
97.9	22000.0	2.18	0.180	0.040
106.8	24000.0	3.03	0.260	0.057
115.6	26000.0	4.09	3.640	0.080
124.5	28000.0	5.39	0.495	0.109
133.4	30000.0	6.97	0.658	0.145
142.0	32000.0	8.88	0.857	0.191
151.2	34000.0	11.18	1.095	0.246
160.1	36000.0	13.93	1.38	0.313
169.0	38000.0	17.20	1.70	0.393
178.0	40000.0	21.08	2.08	0.487
187.0	42000.0	25.64	2.51	0.597
195.7	44000.0	31.00	3.00	0.723

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

El cálculo del factor camión es el siguiente:

Se tiene un camión tipo C2 que posee un eje delantero simple de 5 500 kg y un eje posterior simple de rueda doble de 10 000 kg. Para calcular el daño producido por cada eje, se debe convertir el peso en kilogramos a kilonewton o libras.

Aproximadamente 5 500 kg y 10 000 kg equivalen a 54 y 98 kN. Con estos valores se interpreta la tabla XXVIII y se calculan los factores equivalentes de carga para cada eje.

De la interpolación se obtuvieron FEC de 0,20 y 2,18 respectivamente resultando así con un factor equivalente de carga total de 2,38. De igual forma, un camión tipo C3 posee un factor equivalente de 1,64.

- Estimación del ESAL

La circulación del conteo vehicular debe ser dividida para el carril de diseño. El volumen de tránsito del carril de diseño se convierte a un determinado número de ESAL, *equivalent single axle load*, que es el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento.

El ESAL es un eje estándar compuesto por un eje sencillo con dos ruedas en los extremos. El ESAL pesa 18 000 lb o 8,2 T o 80 kN, y se considera que ejerce un efecto dañino sobre el pavimento como 1.

Para determinar el ESAL del proyecto de la carretera de acceso de Ciudad Peronia a Villa Nueva, vía El Calvario y La Selva, se han establecido los siguientes parámetros:

- IMD 237 veh/día (80 % livianos, 9 % colectivos tipo C2, 11 % pesados tipo C3). Sin embargo, como factor de seguridad y a sugerencia por parte de la asesoría se usará un IMD de 474 veh/día con la misma distribución de vehículos.
- Factor de distribución direccional 0,5
- Factor de distribución por carril 1,0

- Tasa de crecimiento 4 %
- Periodo de diseño 15 años

Tabla XXIX. **Cálculo de ESAL**

VEHÍCULO	VEH/DIA	VEH/AÑO	FC	ESAL POR CARRIL	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESAL DISEÑO
VEHÍCULO LIVIANO	379	138 335	0,002	276,67	20,02	5 538,93
TRANSPORTE PESADO	52	18 980	2,38	45 172,4	20,02	904 351,45
TRANSPORTE COLECTIVO	43	15 695	1,64	25 739,8	20,02	515 310,80
TOTAL	474,00	173 010,00		34 346,50		1 425 201,18

Fuete: elaboración propia.

Debido a que se tiene un factor de distribución direccional de 0,5 y, por carril de 1,0 es posible calcular el ESAL por medio de la ecuación:

$$W_{18} = D_D \times D_L \times w_{18}$$

Donde

D_D = factor de distribución direccional

D_L = factor de distribución por carril

w_{18} = tráfico total en ambas direcciones para el periodo de diseño

$$ESAL (W_{18}) = 1\,425\,201,18 \times 0,5 \times 1,0 = 712\,600,59$$

- Procedimiento de diseño de espesores

El método AASHTO 93 utiliza el número estructural (SN) para cuantificar la resistencia estructural que el pavimento requiere para determinada capacidad de soporte del suelo, tráfico proyectado y pérdida de serviciabilidad y, en función del mismo, determinar los distintos espesores de la carpeta de rodadura.

Una vez establecidos los parámetros o factores de diseño y que se haya caracterizado el suelo de la subrasante, se procede a calcular el número estructural, (SN). Dicho valor puede ser obtenido haciendo uso de la siguiente ecuación, o bien, haciendo uso del monograma presentado en la figura 13.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1\ 094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Donde

SN = número estructural requerido por la sección de carretera.

W_{18} = número de ejes equivalentes de 80 kN (18 000 lb) en el periodo de diseño.

Z_R = desviación estándar normal (depende de confiabilidad R de diseño).

S_o = error estándar por efecto del tráfico y comportamiento.

ΔPSI = variación del índice de serviciabilidad.

M_R = módulo resiliente de la subrasante (PSI por sus siglas en inglés Pounds per Square Inch).

Con los parámetros establecidos anteriormente y despejando SN se tiene:

$$5,853 = -0,3785 + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{-0,13}{0,40 + \frac{1\,094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 10,028 - 8,07$$

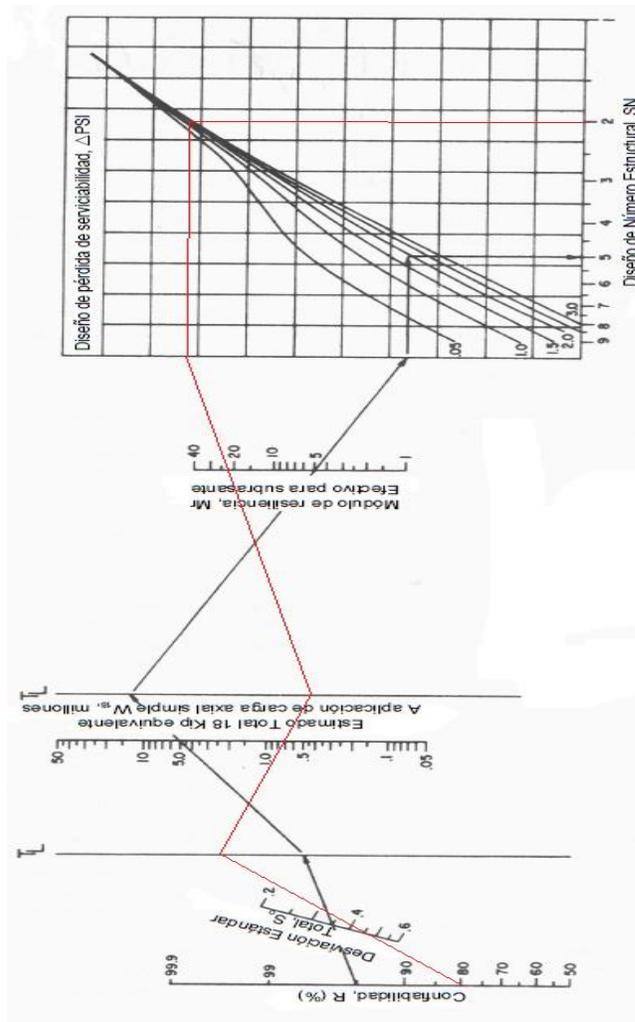
$$SN = 2,03$$

Haciendo uso de los mismos parámetros de diseño, es posible verificar o corroborar el número estructural usando monograma proporcionado por la AASHTO, procediendo de la siguiente forma:

- Se inicia el trazo del lado izquierdo con el porcentaje de confiabilidad, el cual se estableció de 80.
- Se traza una línea hacia el próximo parámetro, el cual es la desviación estándar total, o error estándar, S_o . Esta línea se traza interceptando el valor de 0,45 (recomendable para pavimentos flexibles) hasta la línea vertical T_L .
- Utilizando el último punto como pivote, se busca el siguiente dato a interceptar, el número de ejes equivalente W_{18} , el cual está dado en millones. Para este caso se busca el valor de 0,3 millones y se traza una línea hasta la siguiente T_L .
- Del punto anterior, se busca cruzar el valor de módulo de resiliencia de la subrasante dado en kilopound por pulgada cuadrada (Kpsi). Para el proyecto, se tiene un M_r de 21,000 psi o 21 kilopound por pulgada cuadrada (Kpsi). Esta línea termina en el eje vertical de la tabla de valores de diseño de pérdida de serviciabilidad.

- La pérdida de serviciabilidad, ΔPSI , es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y la final, la cual es de 2. Se traza, desde el último punto una línea horizontal interceptando este valor para luego trazar una vertical hacia abajo, al eje horizontal de la tabla de valores y tomar la lectura del número estructural de diseño, SN.

Figura 13. **Monograma para el cálculo del número estructural**



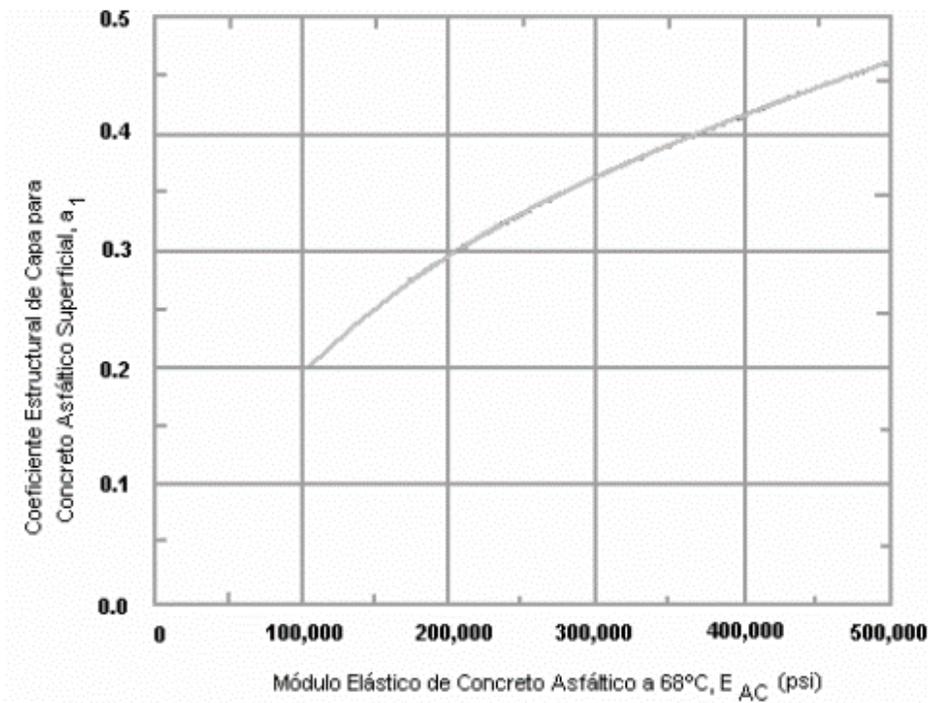
Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos*. p. 87.

- Coeficientes de capa, a_i

Se determina un coeficiente de capa a cada material de la estructura de pavimento. El coeficiente expresa una relación empírica entre el número estructural, SN, y el espesor.

- Para el concreto asfáltico, el coeficiente estructural es definido con la figura 14, en donde está relacionado directamente con su módulo elástico a 68 °F, el cual es de 4 000 psi, por lo que para el proyecto será de 0,42.

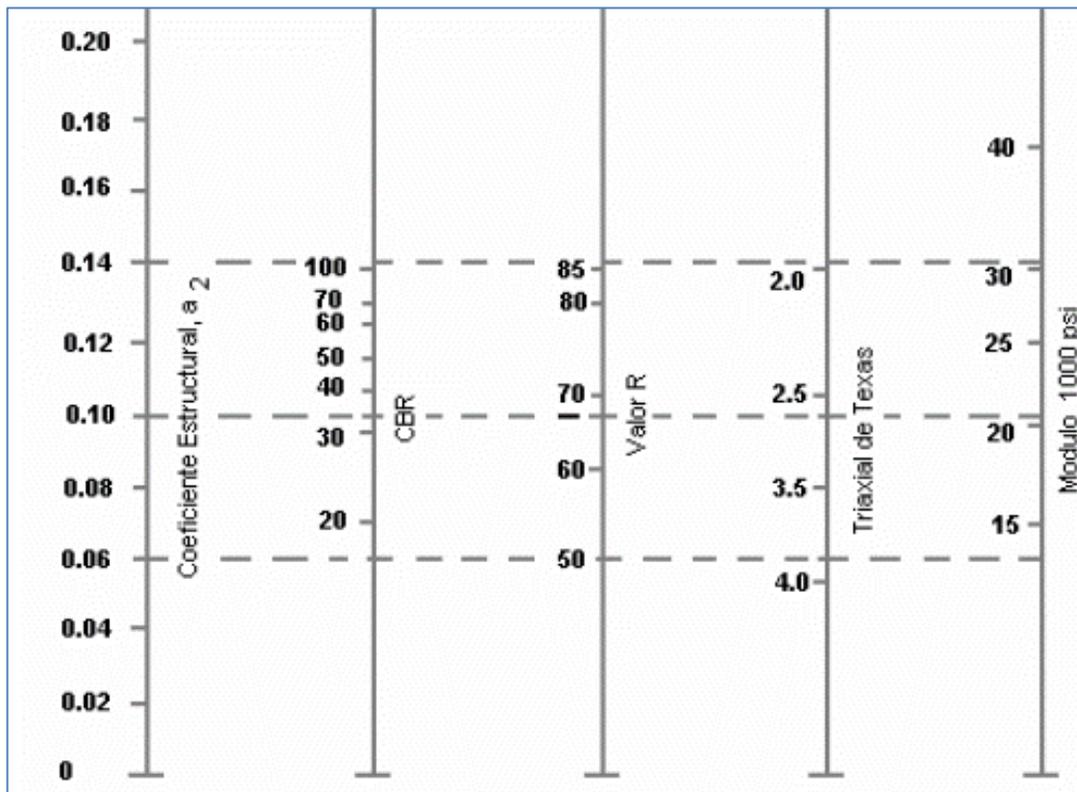
Figura 14. **Coeficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa (a_1)**



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p. 87.

- La base granular, que es el tipo de base más utilizada, obtiene su coeficiente de la figura 15. Con un valor de CBR de 70 % se traza a la izquierda una línea que interseca en 0,13.

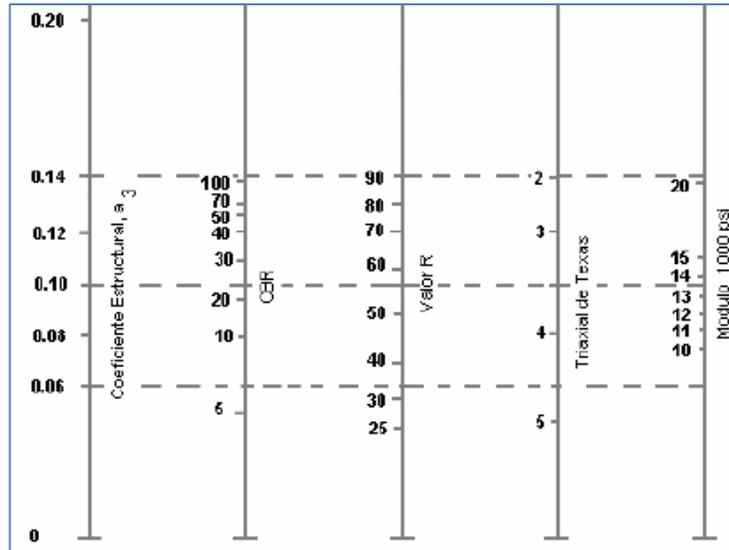
Figura 15. Variación de coeficiente de capa de base granular (a_2)



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p. 87.

- Por último, la subbase granular, es calculada con la figura 16, tomando en consideración el CBR al 40 %; se tiene un valor de 0,12.

Figura 16. **Coefficiente estructural de concreto asfáltico de gradación densa (a_3)**



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p. 87.

- Coeficientes de drenaje m_i

El método AASHTO asume que la resistencia de la subrasante y base permanecerá constante a lo largo de la vida útil del pavimento, para ello, la estructura de pavimento debe tener un drenaje apropiado. Este afecta directamente al coeficiente de capa y exenta al concreto asfáltico.

La tabla XXX presenta las definiciones generales correspondientes a los diferentes niveles de drenaje. Mientras que la tabla XXXI muestra los coeficientes recomendados dependiendo de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento podría estar expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Para el proyecto, se determinó una calidad de drenaje bueno por sus pendientes longitudinales y de

bombeo, y un porcentaje de tiempo a niveles de humedad próximos a la saturación de más de 25 %, dadas las características del suelo.

Tabla XXX. **Condiciones de drenaje**

Calidad de drenaje	Retiro de agua dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

Tabla XXXI. **Coefficientes de drenaje recomendados**

Calidad de drenaje	% de tiempo expuestas a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Pobre	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

Una vez determinados los factores que intervienen en el diseño del pavimento flexible y teniendo en consideración las variables del proyecto, se ha llegado a los siguientes parámetros de diseño:

- ESAL diseño (W18): 712 600,59
- Periodo de diseño (n): 15
- Serviciabilidad inicial (Po): 4
- Serviciabilidad final (Pf): 2
- Confiabilidad (R): 80
- Desviación estándar normal (Zr): -0,841
- Error estándar (So): 0,45 (AASHTO recomienda valores entre 0,4 – 0,5 para pavimento flexible)
- Módulo resiliente subrasante (Mr): 21 000
- Calidad de drenaje : bueno
- Coeficiente de drenaje: 1,0
- CBR sub rasante (a 95 % de compactación): 43,00 %

Según el monograma de la figura 8 se tiene:

$$SN = 2,00$$

Dicho valor es ajustado, si fuese necesario, aplicando la ecuación general cuyo resultado da:

$$SN = 2,03$$

El número estructural requerido por el proyecto conduce a los espesores de carpeta asfáltica, base y subbase, mediante coeficientes que representan la resistencia relativa de los materiales de cada capa, siendo la ecuación de diseño la siguiente:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde

a_i = coeficiente de la capa i (1/pulg)

D_i = espesor de la capa i (pulg)

m_i = coeficiente de drenaje de la capa i (adimensional)

Dadas las condiciones de drenaje, es posible obtener los factores de drenaje haciendo uso de la tabla XXXI por lo que se tiene:

- Drenaje de base granular: $m_1 = 1,0$
- Drenaje de su base granular: $m_2 = 1,0$

De la misma manera, haciendo uso de las figuras 14, 15 y 16, es posible determinar el coeficiente de capa de las estructuras del pavimento. Las figuras 10 y 11 toman en consideración el resultado de cualquiera de los cuatro ensayos de laboratorio que presentan, para lo cual se traza una línea horizontal hasta encontrar el valor de a en la línea vertical del extremo izquierdo.

- $a_1 = 0,42$
- $a_2 = 0,13$
- $a_3 = 0,12$

Los materiales de los componentes estructurales del asfalto deben cumplir con una serie de especificaciones para que sean aptos y aplicables. Tal es el caso del porcentaje de CBR que las capas deben poseer, indicado en la tabla XVIII. Debido a que el material de la base y subbase no está determinado, se asumirán los valores mínimos de CBR para luego calcular un módulo resiliente (M_r), promedio empleando las fórmulas y tablas de resultados expuestos anteriormente, con el fin de obtener un valor válido.

Tabla XXXII. **Resumen de factores de diseño**

	Mod. Elástico E	CBR	Mr (PSI)	M		a	
Carpeta asfáltica	400 000	-	-	m1	-	a1	0,42
Base granular	-	70	27 000	m2	1,0	a2	0,13
Subbase granular	-	40	20 000	m3	1,0	a3	0,12

Fuente: elaboración propia.

La AASHTO avala un método en donde es posible determinar los espesores de las capas que compondrán la estructura del pavimento, en donde se toma como base y referencia los espesores mínimos según el ESAL, como lo muestra la tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. **Espesores mínimos recomendados por la AASHTO**

ESAL	Concreto asfáltico (plg)	Base granular
>50,000	1,0 (o tratamiento superficial)	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2,000,000	3,0	6,0
2,000,001 – 7,000,000	3,5	6,0
>7,000,000	4,0	6,0

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

Según la tabla anterior, para un EESAL de 712 600,59 los espesores mínimos recomendados para el tránsito son:

$D_1 = 3,0$ pulg (7,25 cm) espesor de carpeta asfáltica

$D_2 = 6,0$ pulg (15,0 cm) espesor de base granular

Remplazando estos valores en la ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$2,03 = (0,42 \times 3,0) + (0,13 \times 6,0 \times 1,0) + (0,12 \times D_3 \times 1,0)$$

$$D_3 = -0,08 \text{ espesor de subbase granular}$$

Sin embargo, por fines constructivos, por medidas conservadoras y según especificaciones de la Dirección General de Caminos, respecto al espesor de la subbase, se toman los siguientes valores para obtener espesores finales (cm) de:

Figura 17. **Espesores en metros de la estructura de pavimento flexible**



Fuente: elaboración propia.

Los espesores de cada capa están en función del porcentaje CBR y del módulo de resiliencia de la subrasante, pues, como se estableció previamente, la función de estas es soportar cargas y distribuir las hacia la capa inferior, y hasta la subrasante, al contar con un buen índice de resistencia al esfuerzo de

corte y propiedades elásticas estables, menor es el espesor requerido por las capas superiores.

5.10. Drenajes menores en vías pavimentadas

Los drenajes en la carretera cumplen con el propósito de captar el agua pluvial y conducirla a una salida lo más pronto posible, mermando así, la cantidad de agua que llega a su superficie. Debido a que uno de los principales factores que afectan a la estructura del pavimento es la humedad, es importante el diseño de drenajes para prolongar su vida útil, facilitar su mantenimiento y reducir el costo que esto conlleva.

El drenaje en caminos puede categorizarse como drenaje mayor cuando es necesario de puentes o alcantarillas de grandes luces, como bóvedas; y en drenaje menor, el cual está compuesto por drenaje superficial y subterráneo.

5.10.1. Consideraciones hidráulicas

Las generalidades y principios hidrológicos e hidráulicos que conlleva el diseño de drenajes para carreteras son esencialmente iguales que aquellos utilizados en el cálculo del diseño pluvial, pues también intervienen factores como la consideración del área de la cuenca que aporta sobre el sector, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, coeficientes de rugosidad, caudal de diseño y caudal máximo por el método racional

5.10.2. Drenajes longitudinales

Canalizan las aguas caídas sobre la plataforma y taludes de la explanación de forma paralela a la calzada, restituyéndolas a sus cauces naturales. Para ello se emplean elementos como cunetas, colectores, tragantes y bajantes.

Para el presente proyecto, se diseñaron dos tipos de cuneta, una denominada tipo L y otra con sección trapezoidal, puesto a que en ciertos tramos, se requiere de una mayor capacidad hidráulica.

Para el tramo de la carretera con cuneta tipo L se obtuvo un caudal crítico de 0,127 m³/s; haciendo uso de la ecuación de Manning fue posible calcular el caudal de diseño de la cuneta, el cual fue de 0,210 m³/s satisfaciendo la demanda del caudal crítico.

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

Donde

n= coeficiente de rugosidad del concreto

A = área hidráulica

S = pendiente del tramo

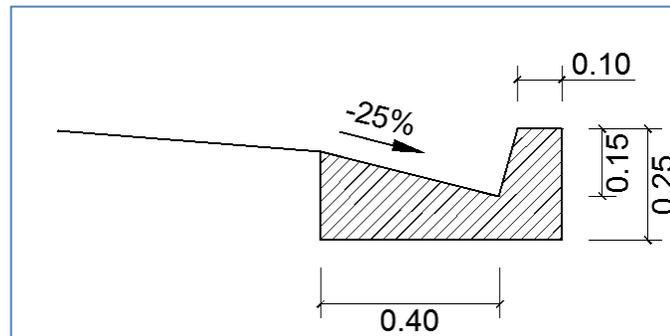
R = radio hidráulico

- Caudal de tramo

$$Q = \frac{1}{0,014} \times 0,042 \times 0,114^{\frac{2}{3}} \times 0,0878^{\frac{1}{2}} = 0,210 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,210 \text{ m}^3/\text{s} > 0,127 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 18. **Cuneta tipo L**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

Por otro lado, en el tramo de la cuneta de sección trapezoidal, se obtuvo un caudal crítico de $0,280 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras que el caudal de la cuneta fue de:

- Área hidráulica

$$A = (b + Zy)y = (0,30 + (0,5 \times 0,20)) \times 0,20 = 0,08 \text{ m}^2$$

- Radio hidráulico

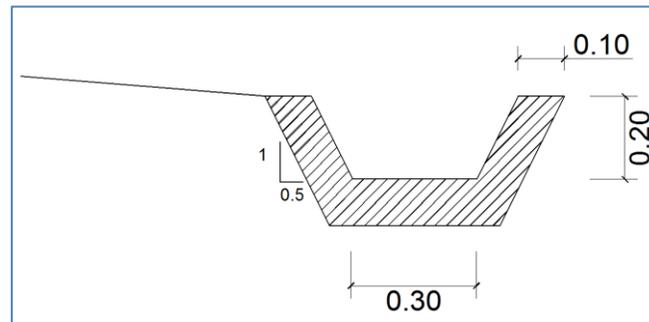
$$R = \frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}} = \frac{(0,30 + (0,5 \times 0,20))}{0,30 + 2(0,20)\sqrt{1 + 0,5^2}} = 0,107 \text{ m}$$

- Caudal de tramo

$$Q = \frac{1}{0,014} \times 0,08 \times 0,107^{\frac{2}{3}} \times 0,0931^{\frac{1}{2}} = 0,393 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$0,393 \text{ m}^3/\text{s} > 0,280 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 19. **Cuenta de sección trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

5.10.3. Drenajes transversales

Tienen como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta los drenajes longitudinales. El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

Estos deben colocarse perpendicularmente a la carretera. Se recomienda colocar drenajes transversales entre 150 a 200 metros de separación máxima, cuando las capacidades de los drenajes longitudinales sean sobrepasadas, en puntos bajos y en zonas donde sea propenso un estancamiento de agua.

Los drenajes transversales precisan de un diseño de tubería circular. Cada tramo conduce un determinado caudal hacia un desfogue o un drenaje

transversal, por lo que a continuación se muestra el diseño de la tubería para un tramo con caudal crítico.

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

Donde

Φ = diámetro (metros)

Q = caudal (metros cúbicos por segundo)

n = rugosidad (0,017 tubería HG)

S = pendiente de tubería

Para el tramo que conduce a la primera descarga se tiene una pendiente de 2 %, y un caudal de 0,28 m³/s.

$$\Phi = \left(\frac{0,280 \times 4^{\frac{5}{3}} \times 0,017}{0,02^{\frac{1}{2}} \times \pi} \right)^{3/8} = 0,43 \text{ m} = 17''$$

Sin embargo, el diámetro mínimo para un drenaje transversal es de 30", principalmente por su facilidad de limpieza por lo que se procederá a colocar tubería de HG corrugado de 30" en cada drenaje transversal del tramo carretero.

5.11. Presupuesto

Es un plan de actividades y recursos que se realizaron para llevar a cabo el proyecto. Para ello es preciso tomar en consideración cada uno de los aspectos y especificaciones que se establecieron durante su diseño.

5.11.1. Integración de precios unitarios

La actividad de integrar de precios unitarios se refiere al desglose de cada actividad y material necesario para realizar una determinada unidad de trabajo. Tomando en consideración maquinaria y equipo, materiales y mano de obra.

Una ejemplificación de este se observa en la tabla XXXIV, mientras que el contenido completo de la integración de precios unitarios puede ser consultado en la copia digital de este trabajo ubicada en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería, en el edificio T4.

5.11.2. Resumen general

En el cuadro de resumen general se presenta la cantidad, precio unitario y total de cada renglón, así como del costo del proyecto total. Dicho resumen se encuentra en la tabla XXXV.

Tabla XXXIV. Presupuesto de carretera de acceso

IDENTIFICACIÓN PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN ASFALTO			
UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN:		CARRETERA DE ACCESO VILLA NUEVA - CIUDAD PERONIA, VÍA LA SELVA Y EL CALVARIO, Z.8			
NOMBRE DE SOLICITANTE:		MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		PROYECTO:	ASF
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN:		ÁREA:	30 512,39 m ²	FECHA:	Nov 2015
No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1.00	TRABAJOS PREPARATIVOS				
1.01	Replanteo topográfico (incluye trazo del alineamiento horizontal y vertical)	ML	879,94 ³	Q4,46	Q17 304,53
1.02	Excavación no clasificada de desperdicio	M ³	072,39 ¹⁵	Q24,82	Q374 096,72
1.03	Excavación no clasificada	M ³	148,16 ¹	Q172,06	Q197 552,41
1.04	Acarreo	M ³ -km	816,00 ¹⁴⁴	Q8,34	Q1 207 765,44
SUBTOTAL					Q1 796 719,10
2.00	PAVIMENTACIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS				
2.01	Conformación y reacondicionamiento de la subrasante.	M ²	30,512.39	Q9,82	Q299 631,67
2.02	Conformación y compactación de la sub base de material granular (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material)	M ³	2,663.25	Q119,69	Q318 764,39
2.03	Conformación y compactación de la base de material granular (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material)	M ³	3,994.87	Q281,26	Q1 123 597,14
2.04	Suministro, transporte y aplicación de imprimación	galones	9,588.00	Q55,88	Q535 777,44
2.05	Suministro, transporte y aplicación de liga	galones	4,794.00	Q53,34	Q255 711,96
2.06	Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente	Ton-m	4,894.00	Q1 518,86	Q7 433 300,84
2.07	Construcción de cuneta tipo L de 0.15m*0.40*0.25 (f'c = 3000 psi).	ML	6,534.87	Q128,03	Q836 659,41
2.08	Cuneta trapezoidal de 0.30m*0.20m	ML	1,225.01	Q125,68	Q153 959,26
2.09	Excavación para drenaje transversal	M ³	52.20	Q962,86	Q50 261,29
2.10	Instalación y suministro de tubería HG corrugada de 30"	ML	63.00	Q2 241,79	Q141 232,77
2.11	Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida de drenaje transversal	M ³	30.24	Q1 811,99	Q54 794,58
2.10	Reductores de velocidad	Unidad	3.00	Q1 195,02	Q3 585,06
SUBTOTAL					Q11 207 275,80
COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO					Q13 003 994,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Ejemplo de integración de precios unitarios de carretera

Descripción del renglón	Cantidad	Unidad	PU	Total
Conformación y compactación de la base de material granular (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material)	1.00	M3	Q281,26	Q281.26
	<i>Nota:</i>			
Descripción de maquinaria y equipo	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Motoniveladora Patrol 120 G	0,06	horas	Q446,25	Q26,33
Rodo compactador	0,004	horas	Q290,00	Q1,16
Cisterna 2000	0,009	viajes	Q300,00	Q2,70
Camión de volteo	0,10	viajes	Q417,50	Q41,75
Retroexcavadora CAT 416 (carga de material)	0,017	horas	Q335,00	Q5,70
Transporte de maquinaria y/o equipo	1,00	global	Q2,15	Q2,15
			Total con IVA	Q79,78
Descripción de combustible y lubricantes	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
				Q0,00
			Total con IVA	Q0,00
Descripción de materiales	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Material natural especial para base granular	1,30	m3	Q101,44	Q131,87
Transporte de material	1,00	global	Q6,59	Q6,59
			Total con IVA	Q138,46
Descripción de mano de obra	Cantidad	Unidad	Costo	Subtotal
Ayudante de maquinaria	0,02	jornadas	Q74,97	Q1,27
				Q0,00
			Subtotal	Q1,27
Porcentaje de ayudante (mano de obra)			Q0,30	Q0,38
Prestaciones (mano de obra + porcentaje de ayudante)			Q0,86	Q1,42
			Total	Q3,07
HERRAMIENTA (mano de obra)			Q0,05	Q0,15
COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra + herramientas)				Q221,47
TOTAL COSTO INDIRECTO			Q0,27	Q59,80
COSTO TOTAL				Q281,26
Observaciones:				
Ver tabla de Factores Indirectos para su respectiva integración 2. Ver tabla de Prestaciones para su respectiva integración				

Fuente: elaboración propia.

5.12. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma actúa como una agenda la cual se define a través del tiempo, ejecución y control físico y financiero de la obra. Se estima que la obra se llevará un tiempo de 6 meses (ver tabla XXXVI).

Tabla XXXVI. Cronograma de ejecución física y financiera de carretera

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO RENGLÓN	MESES							
					1	2	3	4	5	6		
1.00	TRABAJOS PREPARATIVOS				3 879,94							
1.01	Replanteo topográfico (incluye trazo del alineamiento horizontal y vertical)	ML	3 879,94	Q17 304,53	Q17 304,53							
1.02	Corte	M3	15 072,39	Q374 096,72	9 043,43	6 028,96						
					Q224 458,03	Q149 638,69						
1.03	Repleno	M3	1 148,16	Q197 552,41	918,53	229,63						
					Q158 041,93	Q39 510,48						
1.04	Acarreo	M3-km	144 816,00	Q1 207 765,44	36 204,00	108 612,00						
					Q301 941,36	Q905 824,08						
2.00	PAVIMENTACIÓN Y OBRAS COMPLEMENTARIAS											
2.01	Conformación y reacondicionamiento de la sub rasante	M2	30 512,39	Q299 631,67			30 512,39					
							Q299 631,67					
							887,75		1 775,50			
2.02	Conformación y compactación de la sub base de material granular (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material)	M3	2 663,25	Q318 764,39			Q106 254,80		Q212,509,60			
									3 994,87			
2.03	Conformación y compactación de la base de material granular (Espesor = 0.10 m, incluye acarreo de material)	M3	3 994,87	Q1 123 597,14					Q1 123,597,14			
									9 588,00			
									Q535 777,44			
2.04	Suministro, transporte y aplicación de imprimación	galones	9 588,00	Q535 777,44								
									4 794,00			
									Q255 711,96			
2.05	Suministro, transporte y aplicación de liga	galones	4 794,00	Q255,711,96					4 894,00			
									Q7 433 300,84			
2.06	Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente	Ton-m	4 894,00	Q7 433 300,84								
												6 534,87
2.07	Construcción de cuneta tipo L de 0.15m*0.40*0.25 (f'e = 3000 psi).	ML	6 534,87	Q836 659,41								Q836,659,41
												1 225,01
2.08	Cuneta trapezoidal de 0.30m*0.20m	ML	1 225,01	Q153 959,26								Q153 959,26
2.09	Excavación para drenaje transversal	unidad	9,00	Q50 261,29			3,00		3,00			
							Q16 753,76		Q16 753,76			
2.10	Reductores de velocidad	unidad	3,00	Q3 585,06								Q3 585,06

Fuente: elaboración propia.

5.13. Operación y mantenimiento

La carretera podrá ser utilizada por vehículos livianos, vehículos tipo C2 y C3 a velocidades moderadas, teniendo un límite de 30 km/h en tramos rectos y una velocidad de 20 km/h en curvas cerradas y pronunciadas. Se deberá implementar una planificación, diseño y aplicación de dispositivos para la regulación del tránsito, como señalización vial vertical y horizontal, con el propósito de generar un ambiente ágil, seguro y eficiente para los usuarios, en su movilización por la vía.

Respecto a su mantenimiento, se deberán tomar acciones y adoptar normas técnicas aplicables a carreteras para reducir la vulnerabilidad del proyecto. Estas acciones pueden ser clasificadas en:

- Mantenimiento rutinario y periódico

Se refiere a las actividades de conservación vial que se realizan en periodos programados, las cuales se repiten una o más veces al año. Se busca recuperar ciertos elementos con daños menores, tales como limpieza de drenajes menores, reacondicionamiento de cinta asfáltica, así como la reposición de dispositivos de señalización vial.

- Mantenimiento preventivo

Consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía que han sido identificadas como defectuosas o con alto riesgo de que ocurran, antes de que estas sucedan.

- Mantenimiento de emergencia.

Corresponde a la ejecución de actividades realizadas en forma urgente, como consecuencia de sucesos de fuerza mayor, como el caso de desastres naturales y que tienen el propósito de habilitar lo más pronto posible la vía para que permita la libre transitabilidad.

5.14. Evaluación de impacto ambiental

La construcción de una carretera supone un impacto tanto sobre el medio natural como el socioeconómico. En términos generales, el paisaje se altera, el trazo modifica permanentemente la superficie sobre la que se asienta y se impacta un gran número de elementos del medio, tales como aire, ruido, clima, geología, hidrología, vegetación, fauna, entre otros. Esto justifica a que se tome en cuenta al medio natural como un factor más en el diseño de la carreta y no que pase de alto por facilitar los aspectos constructivos y económicos del proyecto.

Debido a que la carretera de acceso ya se encontraba trazada, el reacondicionamiento, mejora y ampliación conllevarán colosales cambios al medio ambiente, sin embargo, no está de más enlistar las posibles influencias que esto podría causar al ambiente existente.

- Impacto ambiental

Son aquellas alteraciones provocadas por acciones de los procesos constructivos en el área de influencia definida.

- Aire

Habría un aumento en los niveles de dióxido de carbono y partículas de polvo por el circular de la maquinaria.

- Ruido/vibraciones

Se incrementaría el ruido y las vibraciones por el paso vehicular, y durante la compactación de las capas estructurales del pavimento flexible.

- Geología/geomorfología

Habría destrucciones de puntos de interés geológico y un aumento de inestabilidad de laderas debido a la ampliación del paso de vía.

- Desechos sólidos y líquidos

Residuos debido al movimiento de tierra y basura generada por los trabajadores. Agua contaminada, combustible y aceites utilizados para la pavimentación.

- Contaminación visual

Puede verse afectado el paisaje al construirse la bodega de materiales, casetas de vigilancia y banco de materiales.

- Planes de contingencia

Son el conjunto de medidas destinadas a prevenir, reducir, corregir o restaurar la magnitud de los impactos negativos provocados al medio ambiente.

- Emisión de gases

Se velará por el buen estado de la maquinaria, con la finalidad de mitigar los gases nocivos producidos por el combustible y los aceites.

- Ruido/vibraciones

Se proveerá equipo de seguridad industrial a los operarios y se programaran las compactaciones en jornadas matutinas y vespertinas para evitar incomodar a los pobladores del sector.

- Control de desechos

Se realizará un plan de limpieza del sector al hacer el movimiento de tierras, a los trabajadores se les exigirá depositar su basura en los contenedores, correspondientes. Para los líquidos, deberán ser manejados en contenedores, evitando su derrame a toda costa y evitar la contaminación.

- Contaminación visual

La distribución de chozas deberá ser en lugares en donde no obstaculice el transitar de los pobladores y, al concluir el proyecto, se recomienda reforestar el área donde fueron ubicados.

CONCLUSIONES

1. La implementación de sistemas de alcantarillados significan una mejora directa en la calidad de vida, debido a que recolectarán eficientemente las aguas negras y pluviales, evitando que estas corran sobre la superficie y formen focos de contaminación, lo cual representa una mejora en el estado físico y mental en el cual los habitantes se desarrollan.
2. La ampliación y pavimentación del tramo carretero representa una conexión directa entre los poblados de Ciudad Peronia, aldea La Selva, aldea El Calvario y el centro de Villa Nueva, favoreciendo la afluencia vehicular de la zona, incrementando la plusvalía de terrenos aledaños y reduciendo el riesgo de enfermedades respiratorias de los transeúntes y vecinos.
3. La ejecución de ambos proyectos representa un beneficio directo e indirecto a varias familias del municipio de Villa Nueva, pues se tuvieron en consideración, empleando las capacidades teóricas y técnicas del estudiante, tanto las variables que actualmente afectan a la comunidad, como aquellas que pudieran representar un riesgo en el futuro.

RECOMENDACIONES

1. El funcionamiento adecuado de los proyectos radica esencialmente en la calidad de materiales y sus procesos constructivos, por lo que se enfatiza el constante monitoreo y supervisión profesional de la ejecución de las obras, exigiendo, a toda hora, el cumplimiento de las especificaciones y normas correspondientes.
2. El mantenimiento de las obras contribuye a alcanzar su periodo de diseño; es preciso contar con programaciones rutinarias de mantenimiento preventivo y correctivo en la extensión total de los proyectos.
3. Es necesario convocar a los vecinos para realizar una charla informativa acerca de los beneficios, uso, mantenimiento y cronograma de ejecución, puesto que su participación y comprensión es significativa en el desarrollo de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones técnicas para diseño de carreteras*. Guatemala: Micivi 1985. 78 p.
2. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para diseños de alcantarillaos*. Guatemala: Infom, 2001. 30 p.
3. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala*. Guatemala: Insivumeh, 2003. 12 p.
4. Ministerio del Agua, Viceministerio de Servicios Básicos. *Norma Boliviana NB 688. Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. Bolivia: IBNORCA, 2007. 127 p.
5. Serviu Metropolitano. *Diseño estructural de pavimentos*. p. 23.
6. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala, SIECA, 2002. 289 p.
7. ————. *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial*. Guatemala, SIECA, 2010. 380 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Curvas horizontales

CURVAS HORIZONTALES												
Núm. Curva	R (m)	G (°)	Δ	Δ (Rad)	Lc (m)	St (m)	E (m)	OM (m)	CM (m)	Sa (m)	e (%)	Lt (m)
1	197,09	5,81	12,21	0,213	42,01	21,08	1,12	1,12	41,93	0,54	6,2	4,89
2	431,97	2,65	2,26	0,039	17,01	8,51	0,08	0,08	17,01	0,29	10	2,23
3	60	19,1	12,23	0,213	12,81	6,43	0,34	0,34	12,78	1,46	1,89	16,07
4	60	19,1	4,74	0,083	4,96	2,48	0,05	0,05	4,96	1,46	1,89	16,07
5	60	19,1	28,38	0,495	29,72	15,17	1,89	1,83	29,41	1,46	1,89	16,07
6	72,41	15,82	10,5	0,183	13,27	6,65	0,3	0,3	13,25	1,24	2,28	13,32
7	60	19,1	6,48	0,113	6,79	3,4	0,1	0,1	6,78	1,46	1,89	16,07
8	60,13	19,06	17,3	0,302	18,15	9,15	0,69	0,68	18,08	1,46	1,89	16,04
9	9,47	121,04	157,19	2,744	25,97	46,93	38,41	7,6	18,56	9,78	0,3	101,86
10	68,17	16,81	15,09	0,263	17,96	9,03	0,6	0,59	17,91	1,31	2,14	14,15
11	117,21	9,78	7,98	0,139	16,33	8,18	0,29	0,28	16,32	0,82	3,69	8,23
12	83,09	13,79	2,84	0,05	4,11	2,06	0,03	0,03	4,11	1,1	2,61	11,61
13	219,58	5,22	5,73	0,1	21,97	11	0,28	0,27	21,96	0,49	6,91	4,39
14	12,18	94,12	133,86	2,336	28,45	28,59	18,9	7,4	22,4	6,85	0,38	79,2
15	274,18	4,18	6,21	0,108	29,72	14,87	0,4	0,4	29,7	0,41	8,63	3,52
16	188,75	6,07	5,8	0,101	19,11	9,56	0,24	0,24	19,1	0,56	5,94	5,11
17	60	19,1	20,88	0,364	21,86	11,05	1,01	0,99	21,74	1,46	1,89	16,07
18	60	19,1	5,75	0,1	6,02	3,01	0,08	0,08	6,02	1,46	1,89	16,07
19	60	19,1	52,48	0,916	54,96	29,58	6,89	6,18	53,06	1,46	1,89	16,07
20	63,31	18,1	50,13	0,875	55,39	29,61	6,58	5,96	53,64	1,39	1,99	15,23
21	388,7	2,95	10,99	0,192	74,57	37,4	1,8	1,79	74,46	0,32	10	2,48
22	60	19,1	1,86	0,032	1,94	0,97	0,01	0,01	1,94	1,46	1,89	16,07
23	126,31	9,07	13,29	0,232	29,31	14,72	0,85	0,85	29,24	0,77	3,98	7,63
24	8,71	131,55	136,65	2,385	20,78	21,92	14,88	5,49	16,19	11,54	0,27	110,7

Continuación del apéndice 1.

25	60	19,1	20,03	0,35	20,98	10,6	0,93	0,91	20,87	1,46	1,89	16,07
26	60	19,1	13,88	0,242	14,54	7,31	0,44	0,44	14,5	1,46	1,89	16,07
27	60	19,1	37,26	0,65	39,02	20,23	3,32	3,14	38,33	1,46	1,89	16,07
28	60	19,1	3,23	0,056	3,39	1,69	0,02	0,02	3,39	1,46	1,89	16,07
29	60	19,1	2,63	0,046	2,75	1,38	0,02	0,02	2,75	1,46	1,89	16,07
30	93,31	12,28	20,2	0,353	32,9	16,62	1,47	1,45	32,73	1	2,94	10,33
31	400	2,86	2,74	0,048	19,12	9,56	0,11	0,11	19,12	0,31	10	2,41
32	51,49	22,25	64,7	1,129	58,15	32,62	9,46	7,99	55,11	1,67	1,62	18,73
33	100,49	11,4	8,92	0,156	15,65	7,84	0,31	0,3	15,63	0,94	3,16	9,6
34	60	19,1	5,34	0,093	5,59	2,8	0,07	0,07	5,59	1,46	1,89	16,07
35	161,71	7,09	0,29	0,005	0,81	0,4	0	0	0,81	0,63	5,09	5,96
36	60	19,1	1,5	0,026	1,57	0,78	0,01	0,01	1,57	1,46	1,89	16,07
37	44,64	25,67	19,29	0,337	15,02	7,58	0,64	0,63	14,95	1,89	1,4	21,6
38	104,59	10,96	8,82	0,154	16,1	8,07	0,31	0,31	16,08	0,91	3,29	9,22
39	60	19,1	5,58	0,097	5,85	2,92	0,07	0,07	5,84	1,46	1,89	16,07
40	127,64	8,98	8,67	0,151	19,3	9,67	0,37	0,36	19,29	0,77	4,02	7,56
41	364,37	3,14	4,76	0,083	30,24	15,13	0,31	0,31	30,24	0,33	10	2,65
42	99,59	11,51	10,82	0,189	18,8	9,43	0,45	0,44	18,78	0,94	3,13	9,68
43	60	19,1	1,9	0,033	1,99	0,99	0,01	0,01	1,99	1,46	1,89	16,07
44	179,16	6,4	14,85	0,259	46,45	23,35	1,52	1,5	46,32	0,58	5,64	5,38
45	39,71	28,86	61,75	1,078	42,8	23,74	6,56	5,63	40,75	2,1	1,25	24,28
46	17,03	67,29	73,57	1,284	21,87	12,73	4,23	3,39	20,4	4,72	0,53	56,62
47	642,62	1,78	0,69	0,012	7,72	3,86	0,01	0,01	7,72	0,22	10	1,5
48	1112,12	1,03	0,52	0,009	10,09	5,04	0,01	0,01	10,09	0,15	10	0,87
49	7,08	161,85	112,61	1,965	13,91	10,62	5,68	3,15	11,78	12,27	0,22	136,2
50	60	19,1	58,59	1,023	61,36	33,67	8,8	7,67	58,72	1,46	1,89	16,07
51	11,76	97,42	120,76	2,108	24,79	20,69	12,04	5,95	20,45	7,15	0,37	81,98
52	18,16	63,09	116,38	2,031	36,89	29,28	16,3	8,59	30,87	4,42	0,57	53,09
53	32,54	35,22	19,1	0,333	10,85	5,47	0,46	0,45	10,8	2,52	1,02	29,64
54	72,12	15,89	69,31	1,21	87,24	49,85	15,55	12,79	82,01	1,24	2,27	13,37
55	71,45	16,04	42,33	0,739	52,78	27,66	5,17	4,82	51,59	1,25	2,25	13,5
56	501,89	2,28	6,79	0,119	59,5	29,79	0,88	0,88	59,47	0,26	10	1,92

Continuación del apéndice 1.

57	100	11,46	2,74	0,048	4,78	2,39	0,03	0,03	4,78	0,94	3,15	9,64
58	9	127,37	172,35	3,008	27,06	134,56	125,87	8,4	17,95	10,76	0,28	107,18
59	60	19,1	3,62	0,063	3,79	1,9	0,03	0,03	3,79	1,46	1,89	16,07
60	15,93	71,92	162,76	2,841	45,26	105,12	90,39	13,55	31,51	5,06	0,5	60,52
61	60	19,1	39,92	0,697	41,81	21,79	3,83	3,6	40,97	1,46	1,89	16,07
62	60	19,1	8,88	0,155	9,3	4,66	0,18	0,18	9,29	1,46	1,89	16,07
63	60	19,1	2,94	0,051	3,08	1,54	0,02	0,02	3,08	1,46	1,89	16,07
64	247,03	4,64	2,41	0,042	10,38	5,19	0,05	0,05	10,38	0,45	7,78	3,9
65	112,92	10,15	22,09	0,386	43,53	22,04	2,13	2,09	43,27	0,85	3,55	8,54
66	81,96	13,98	33,66	0,587	48,14	24,79	3,67	3,51	47,45	1,11	2,58	11,77
67	61,41	18,66	18,48	0,323	19,8	9,99	0,81	0,8	19,72	1,43	1,93	15,7
68	60,45	18,96	14,63	0,255	15,43	7,76	0,5	0,49	15,39	1,45	1,9	15,95
69	75,69	15,14	7,56	0,132	9,98	5	0,16	0,16	9,98	1,19	2,38	12,74
70	426,33	2,69	6,14	0,107	45,67	22,86	0,61	0,61	45,65	0,3	10	2,26

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Curvas verticales

CURVAS VERTICALES							
Núm. Curva	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia de pendientes	Tipo de curva	Constante K	LCV	Ordenada Máxima
1	-7,90%	1,80%	9,70%	cóncava	2	19,4	0,24
2	1,80%	-4,77%	-6,57%	convexa	9	6,57	-0,05
3	-4,77%	-10,43%	-5,66%	convexa	9	50,92	-0,36
4	-10,43%	-14,36%	-3,93%	convexa	9	35,37	-0,17
5	-14,36%	-9,56%	4,80%	cóncava	2	9,6	0,06
6	-9,56%	-8,91%	0,65%	cóncava	2	1,29	0
7	-8,91%	-9,61%	-0,70%	convexa	9	6,26	-0,01
8	-9,61%	-11,09%	-1,48%	convexa	9	13,33	-0,02
9	-11,09%	-11,51%	-0,42%	convexa	9	3,83	0
10	-11,51%	-9,48%	2,03%	cóncava	2	4,07	0,01

Continuación del apéndice 2.

11	-9,48%	-8,54%	0,94%	cóncava	2	1,88	0
12	-8,54%	-12,85%	-4,31%	convexa	9	38,78	-0,21
13	-12,85%	-8,95%	3,90%	cóncava	2	7,8	0,04
14	-8,95%	-7,31%	1,64%	cóncava	2	3,26	0,01
15	-7,31%	-12,98%	-5,67%	convexa	9	51	-0,36
16	-12,98%	-11,03%	1,95%	cóncava	2	3,9	0,01
17	-11,03%	-5,47%	5,56%	cóncava	2	11,12	0,08
18	-5,47%	-7,67%	-2,20%	convexa	9	19,73	-0,05
19	-7,67%	-8,71 %	-1,04%	convexa	9	9,42	-0,01
20	-8,71%	-12,94%	-4,23%	convexa	9	38,04	-0,2
21	-12,94 %	-7,76%	5,18%	cóncava	2	10,35	0,07
22	-7,76%	-4,56%	3,20%	cóncava	2	6,41	0,03
23	-4,56%	-8,49%	-3,93%	convexa	9	35,43	-0,17
24	-8,49%	-12,66%	-4,17%	convexa	9	37,49	-0,2
25	-12,66%	-6,48%	6,18%	cóncava	2	12,36	0,1
26	-6,48%	-2,77%	3,71%	cóncava	2	7,41	0,03
27	-2,77%	3,96%	6,73%	cóncava	2	13,47	0,11
28	3,96%	-9,81%	-13,77%	convexa	9	27,55	-0,47
29	-9,81%	-7,76%	2,05%	cóncava	2	4,09	0,01
30	-7,76%	-8,96%	-1,20%	convexa	9	10,75	-0,02
31	-8,96%	-10,14%	-1,18%	convexa	9	10,69	-0,02
32	-10,14%	-5,14%	5,00%	cóncava	2	10,02	0,06
33	-5,14%	-4,02%	1,12%	cóncava	2	2,22	0
34	-4,02%	-2,53%	1,49%	cóncava	2	3	0,01
35	-2,53%	-1,66%	0,87%	cóncava	2	1,72	0
36	-1,66%	-0,70%	0,96%	cóncava	2	1,9 3	0
37	-0,70%	-8,57%	-7,87%	convexa	9	70,82	-0,7
38	-8,57%	-11,08%	-2,51%	convexa	9	22,6	-0,07
39	-11,08%	-7,14%	3,94%	cóncava	2	17,03	0,08
40	-7,14%	-9,54%	-2,40%	convexa	9	4,79	-0,01
41	-9,54%	-7,97%	1,57%	cóncava	2	3,13	0,01

Continuación del apéndice 2.

42	-7,97%	-9,53%	-1,56%	convexa	9	14,01	-0,03
43	-9,53%	-7,28%	2,25%	cóncava	2	4,5	0,01
44	-7,28%	-12,49%	-5,21%	convexa	9	46,91	-0,31
45	-12,49%	-8,63%	3,86%	cóncava	2	7,73	0,04
46	-8,63%	-9,80%	-1,17%	convexa	9	10,5	-0,02
47	-9,80%	-12,87%	-3,07%	convexa	9	27,68	-0,11
48	-12,87%	-6,99%	5,88%	cóncava	2	11,77	0,09
49	-6,99%	-4,93%	2,06%	cóncava	2	4,11	0,01
50	-4,93%	-2,66%	2,27%	cóncava	2	4,54	0,01
51	-2,66%	-1,80%	0,86%	cóncava	2	1,72	0
52	-1,80%	-2,55%	-0,75%	convexa	9	6,74	-0,01
53	-2,55%	2,31%	4,86%	cóncava	2	9,73	0,06
54	2,31%	-5,17%	-7,48%	convexa	9	67,31	-0,63

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Planos

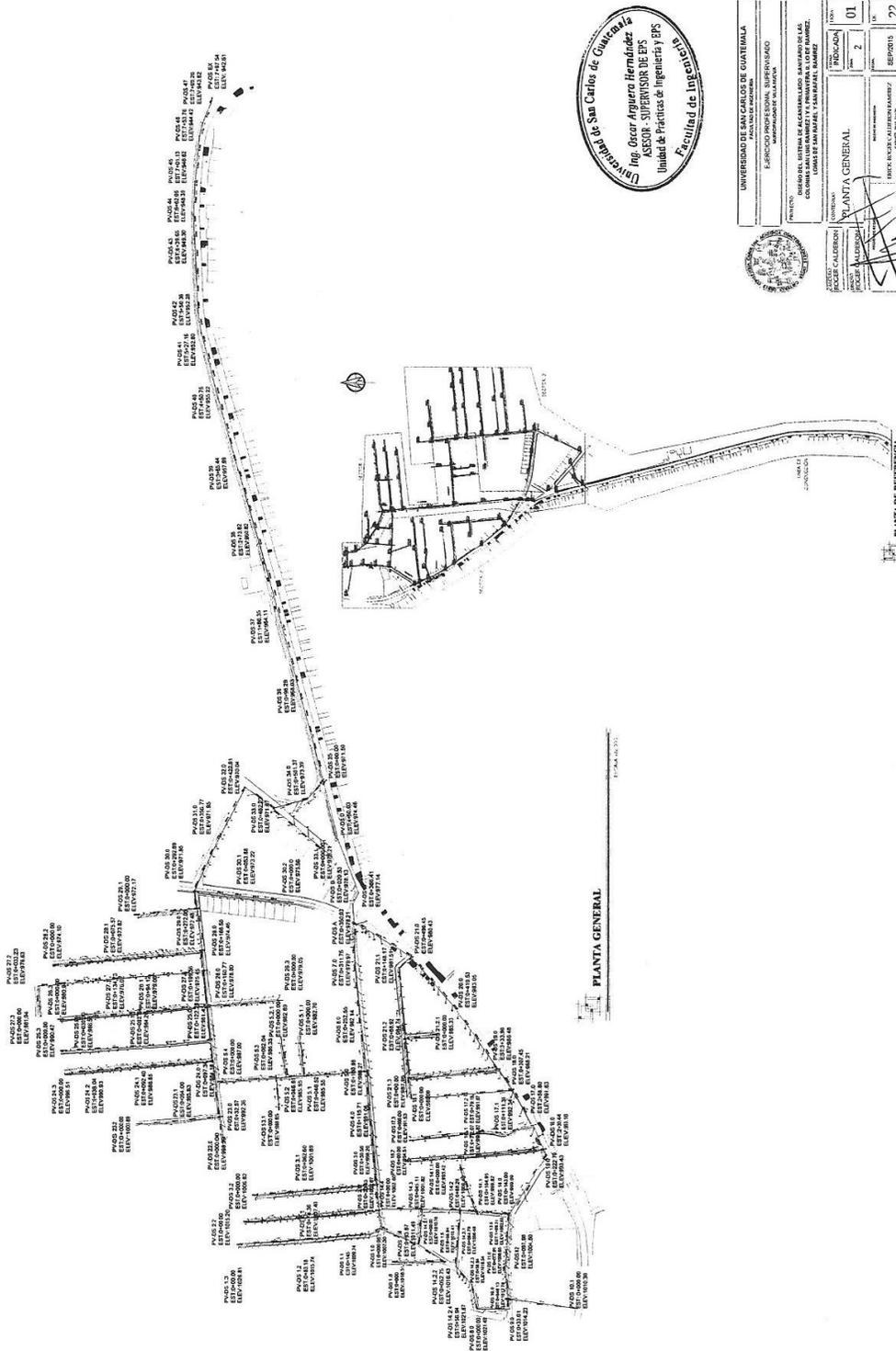
AÑO	mes	día	temperatura máxima	temperatura mínima	temperatura media	lluvia media	brillo solar (total)	radiación media	evaporación (ténica total)	evaporación píone total)	humedad relativa media	presión atmosférica med.	velocidad viento media	humedad relativa media	presión atmosférica med.	temperatura suelo 1
2015	1	1	23.6	16	19.4	0	6.6	0.29	5.8	3.4	5	45	25.3	641.8	641.8	-99.9
2015	1	2	21.5	14.2	18.8	0	8.6	0.37	0.2	-99.9	1	45	26.3	641.8	641.8	-99.9
2015	1	3	26.3	14.5	20.6	0	7.7	0.29	0.2	-99.9	2	45	9.3	641.8	641.8	-99.9
2015	1	4	25	15	20.8	0	7.2	0.3	-99.9	3.5	5	360	27	641.8	641.8	-99.9
2015	1	5	22.3	14.8	18.8	0	8.6	0.27	-99.9	5.5	7	360	33.7	643.3	643.3	-99.9
2015	1	6	20.8	15.4	17.5	0	8.6	0.27	-99.9	3.2	4	360	34	643.3	643.3	-99.9
2015	1	7	21.6	14.2	17.7	0	7.8	0.22	1.7	-99.9	6	360	31.7	642.6	642.6	-99.9
2015	1	8	22.2	13.6	17.7	0	6.7	0.28	4.3	3.6	5	360	34	642.6	642.6	-99.9
2015	1	9	21.8	12	17.1	0	5.6	0.35	5.4	3.6	5	360	28	642.3	642.3	-99.9
2015	1	10	22.3	13.8	18	0	7.8	0.32	5.6	3	5	360	26.3	642.3	642.3	-99.9
2015	1	11	24	14.8	19.4	0	8.4	0.31	7.8	3	7	360	21.3	642.3	642.3	-99.9
2015	1	12	24.7	14	19.4	0	9.2	0.34	-99.9	3	4	45	24	642.3	642.3	-99.9
2015	1	13	23.6	14.5	19	0	8.8	0.32	4.2	3	4	45	24	642.3	642.3	-99.9
2015	1	14	23.6	14.4	18.8	0	-99.9	0.24	4.2	3	7	360	23.3	642.6	642.6	-99.9
2015	1	15	22.6	13.9	19	0	8.8	0.28	2.4	3.2	4	45	21.7	642.1	642.1	-99.9
2015	1	16	21.1	14.8	17.7	0	3.7	0.21	2.3	2	8	45	22.7	642.7	642.7	-99.9
2015	1	17	23.5	14	18.8	0	-99.9	0.27	1.5	1.5	6	45	26	643.2	643.2	-99.9
2015	1	18	24	14	18.3	0	8.6	0.31	4.1	-99.9	5	360	23.3	643.2	643.2	-99.9
2015	1	19	24.4	13.6	18.4	0	9.2	0.36	3.1	-99.9	4	45	28.7	642.6	642.6	-99.9
2015	1	20	26.2	11.2	18.7	0	7.2	0.29	2.3	-99.9	2	180	9.7	641.3	641.3	-99.9
2015	1	21	26.4	15.2	20	0	7.3	0.25	3.8	2.7	5	360	13.3	642.7	642.7	-99.9
2015	1	22	28.6	13.8	19.4	0	8	0.35	2.9	2.3	3	180	30.3	642.7	642.7	-99.9
2015	1	23	25.6	14.4	19.9	0	7.6	0.3	4.7	3	4	360	24.3	641.5	641.5	-99.9
2015	1	24	25.6	15	18.5	0	7.2	0.38	4.9	4	4	360	26	641.5	641.5	-99.9
2015	1	25	27.2	12.2	18.4	0	9.2	0.23	3.7	3	6	45	26	642.7	642.7	-99.9
2015	1	26	32.7	13.4	16.9	0	9.3	0.39	4	3.3	2	360	26	642.1	642.1	-99.9
2015	1	27	32.4	14.2	15.7	0	9.4	0.39	6.7	2.7	1	45	29.7	642.1	642.1	-99.9
2015	1	28	31.8	14.6	16.4	0	8.8	0.35	2.1	-99.9	3	45	26.3	642.1	642.1	-99.9
2015	1	29	32.2	11	16.4	0	8.3	0.39	2.1	-99.9	2	360	27	642.8	642.8	-99.9
2015	1	30	32.2	11.2	17.5	0	8.8	0.38	1.9	-99.9	1	45	24.3	642.1	642.1	-99.9
2015	2	1	28	12.5	20.6	0	8.3	0.35	6.9	3	1	45	11	641	641	-99.9
2015	2	2	28.4	15.1	21.2	0	7.3	0.36	2.9	-99.9	4	45	19	641.3	641.3	-99.9
2015	2	3	24.2	14.6	19	0	7.3	0.36	4.8	4.1	5	360	25	641.8	641.8	-99.9
2015	2	4	26.6	13.6	20	0	9.3	0.38	4.8	2.8	2	45	17.7	640.4	640.4	-99.9
2015	2	5	22.6	13.4	17.8	0	6.1	0.25	4.1	2.6	2	360	24.7	641.7	641.7	-99.9
2015	2	6	23	14.2	18.2	0	9.1	0.36	9.6	2.9	5	360	36	643	643	-99.9
2015	2	7	24	12.4	18.3	0	7.7	0.37	1.1	-99.9	6	360	20.7	642.4	642.4	-99.9
2015	2	8	25.9	12.8	18.6	0	8.8	0.35	1.1	-99.9	6	360	20.7	642.4	642.4	-99.9
2015	2	9	26.4	13.6	19.8	0	8.5	0.37	-99.9	3.1	4	45	14.3	641.4	641.4	-99.9
2015	2	10	25.6	13.2	19.9	0	8.3	0.32	6.4	3.4	4	45	13.7	641.4	641.4	-99.9
2015	2	11	25.9	12	19.9	0	3.4	0.34	3.8	2.9	6	180	14	641	641	-99.9
2015	2	12	25.6	13.5	19.6	0	7.2	0.27	7.1	3.2	6	45	18	640.4	640.4	-99.9
2015	2	13	23.3	13	17.7	0	8.2	0.31	3.7	3.2	6	45	29	641	641	-99.9
2015	2	14	19.3	14	16.4	0	6	0.27	3.7	-99.9	7	45	31	641	641	-99.9
2015	2	15	19.8	12	17.5	0	8.3	0.36	3.8	3.4	3	360	24.3	643.2	643.2	-99.9
2015	2	16	21.2	12	17.9	0	8.7	0.39	4.7	3.2	3	180	14.3	642.6	642.6	-99.9
2015	2	17	21.2	10.9	17.9	0	8.7	0.38	5.6	3.1	2	225	11	640.9	640.9	-99.9
2015	2	18	35.1	12.2	19.5	0	8.2	0.38	6	3.8	4	360	27.3	643	643	-99.9
2015	2	19	33.3	13.2	18.8	0	7.1	0.32	5.8	3.5	6	360	31	643.2	643.2	-99.9
2015	2	20	24	11	17.8	0	7.8	0.34	4.5	3.8	4	45	21.7	642.5	642.5	-99.9
2015	2	21	27.6	13	21.5	0	8.8	0.38	4	2.6	6	225	14	641.3	641.3	-99.9
2015	2	22	28.8	15	22.5	0	8.5	0.4	5.3	4	1	45	21	641.1	641.1	-99.9
2015	2	23	27.1	14.2	21	0	8.3	0.4	5.3	4	1	45	21	641.1	641.1	-99.9
2015	2	24	26.2	14.4	20.1	0.4	8.1	0.34	6.7	4.6	2	45	24.3	642.3	642.3	-99.9
2015	2	25	26.1	12.6	19.9	0	8.3	0.38	6.8	4.3	5	45	27.3	642	642	-99.9
2015	2	26	26.2	12.6	20.3	0	8.3	0.4	5.3	3.5	4	225	13.7	641	641	-99.9
2015	2	27	27.3	15	21.5	0	8.2	0.39	6.2	3.3	2	225	13.3	640.1	640.1	-99.9
2015	2	28	25.2	13.1	19.8	0	8.2	0.39	4.3	3.6	3	45	22.7	640.8	640.8	-99.9
2015	2	29	25.9	13.1	19.8	0	8.2	0.39	4.3	3.6	3	45	22.7	640.8	640.8	-99.9
2015	2	30	25.9	13.1	19.8	0	8.2	0.39	4.3	3.6	3	45	22.7	640.8	640.8	-99.9
2015	2	31	25.9	13.1	19.8	0	8.2	0.39	4.3	3.6	3	45	22.7	640.8	640.8	-99.9
2015	3	1	25	14.8	20	0	8.1	0.43	4.3	-99.9	3	360	23.3	642.4	642.4	-99.9
2015	3	2	22.4	13.6	15.2	0	8.2	0.34	5.8	3	4	45	26.7	643.3	643.3	-99.9
2015	3	3	23.7	13.5	20	0	8.1	0.39	6.2	3.6	3	45	22.3	642.8	642.8	-99.9
2015	3	4	27	15.1	20.5	0	7.7	0.36	4.8	3.8	3	45	19.3	641.4	641.4	-99.9
2015	3	5	29.6	14	20.2	0	7.7	0.41	4.1	3	2	45	11.6	641	641	-99.9
2015	3	6	24.5	14.6	19.5	0	7.6	0.35	5.3	5	5	360	34.7	643	643	-99.9
2015	3	7	24.4	15	18.4	0	7.2	0.38	2.8	-99.9	4	360	37	642.7	642.7	-99.9

2015	3	8	24.4	14.2	18.4	0	7.7	0.33	5.7	5.2	2	45	28.7	65	641.2	-99.9	
2015	3	9	27.2	13.6	20.6	0	7.6	0.42	-99.9	2.2	2	45	18	65	639.5	-99.9	
2015	3	10	29.2	14.8	22	0	7.7	0.42	5.9	4.2	4	150	11	64	639.7	-99.9	
2015	3	11	29.8	14.2	22.6	0	8.2	0.41	5.9	4.5	5	65	22.3	65	620.4	-99.9	
2015	3	12	28.6	15.5	22	0	7	0.37	6.8	5	7	45	24.7	71	641.1	-99.9	
2015	3	13	25	15	20.2	0	8.3	0.29	5	4	5	45	21.3	71	640.8	-99.9	
2015	3	14	27.1	15	21	0	8.6	0.38	0.1	-99.9	6	360	20.3	64	640.4	-99.9	
2015	3	15	27	14.3	20.8	0	8.6	0.41	3	-99.9	5	45	22.3	69	641.3	-99.9	
2015	3	16	24.1	14.1	19.1	0	7.6	0.24	1.6	-99.9	7	360	27	70	642.4	-99.9	
2015	3	17	26.9	12.6	3.20	0	-99.9	0.35	5.1	3.3	7	360	23	64	642.3	-99.9	
2015	3	18	24.8	14.5	20.4	0	7.7	0.38	6.4	-99.9	7	90	12.3	75	641.4	-99.9	
2015	3	19	24.8	14	19.1	0	4.1	0.23	2.9	-99.9	7	180	10.3	78	641.6	-99.9	
2015	3	20	23.5	15	19.6	0	5.6	0.27	0.6	-99.9	6	180	12.3	72	642.2	-99.9	
2015	3	21	26	16	20.7	0	8.6	0.37	4.8	-99.9	5	180	10.7	74	641.7	-99.9	
2015	3	22	28.8	15.5	21.2	0	4.7	0.28	4.6	-99.9	6	45	11	74	642	-99.9	
2015	3	23	32	15	21.9	0	3.8	0.11	3.5	3.8	4	45	11.7	68	642.5	-99.9	
2015	3	24	32	14.9	21.3	0	-99.9	0.38	3.7	-99.9	2	180	13	68	642	-99.9	
2015	3	25	38.2	14.9	21.6	0	4.8	0.25	5.6	2.6	6	252	13.3	76	641.3	-99.9	
2015	3	26	37.8	17.2	21.4	0	4.8	0.3	6.3	2.6	6	45	23.3	62	641.3	-99.9	
2015	3	27	38.2	17.2	21.5	0	7.6	0.4	6.3	-99.9	7	45	21.3	69	643.6	-99.9	
2015	3	28	37.4	17.2	21.5	0	6.6	0.36	6.6	4	6	45	21	62	643.3	-99.9	
2015	3	29	36.3	16	21.5	0	6.6	0.36	6.6	4	6	45	21	62	642.1	-99.9	
2015	3	30	36.9	14.8	21.3	2.8	7.2	0.38	8.6	2.7	5	45	15	67	641.1	-99.9	
2015	4	1	29	14.8	20.7	0	8.8	0.42	-99.9	3.8	-99.9	7	45	15	67	641.1	-99.9
2015	4	2	29.4	18	22.6	0	4.7	0.29	7.4	4	6	45	9.7	74	641.4	-99.9	
2015	4	3	29.4	17	23	0	7.2	0.37	4.3	3.1	6	45	23.3	66	641.4	-99.9	
2015	4	4	29.4	16	22.3	0	9.8	0.11	8	4.3	6	45	22.7	60	641.6	-99.9	
2015	4	5	29.4	14.7	21	0	9.4	0.45	8	2.1	6	45	25	65	640.8	-99.9	
2015	4	6	25.8	13.8	20.1	0	10.2	0.42	-99.9	5.4	3	45	22.7	72	640.9	-99.9	
2015	4	7	26.6	14.6	20.4	0	3.4	0.15	5	4	7	45	18.7	68	641.2	-99.9	
2015	4	8	23.6	15.5	19.5	0	3.4	0.15	5	4	7	45	16	74	640.9	-99.9	
2015	4	9	25.8	14.5	21.3	0	9.7	0.43	6.4	2.2	3	45	19	65	640.6	-99.9	
2015	4	10	26	14.8	22.2	0	10.1	0.42	1.2	-99.9	5	360	21.3	74	640.9	-99.9	
2015	4	11	26	14.8	22.2	0	10.1	0.42	1.2	-99.9	5	360	21.3	74	640.9	-99.9	
2015	4	12	26	16.2	21.4	0	20.1	0.42	3.7	-99.9	7	180	13	74	641.2	-99.9	
2015	4	13	27.4	17.5	22.2	5.5	9.2	0.42	9.1	-99.9	5	225	11.3	71	641.7	-99.9	
2015	4	14	28.7	17.8	22.9	2.7	7.1	0.3	5.3	3	7	225	10	71	641.6	-99.9	
2015	4	15	26.3	17.9	21.2	0	3.8	0.23	4.3	2.7	6	225	10	79	641.3	-99.9	
2015	4	16	28.3	17.2	21.1	17.1	7.4	0.31	5.4	1.6	6	180	11.3	79	641.3	-99.9	
2015	4	17	27.9	17.2	22	0	9.2	0.44	1.7	1.6	7	180	13.3	77	641.1	-99.9	
2015	4	18	26.2	18.3	21.3	5	6.2	0.33	7.8	2.5	5	180	15.7	76	640.8	-99.9	
2015	4	19	27.8	17.6	22.5	0	8.6	0.4	2.7	2.4	7	225	11.3	77	640.3	-99.9	
2015	4	20	27.9	19.2	22.5	0	7.8	0.34	4.4	2.9	7	225	13.7	77	640.3	-99.9	
2015	4	21	29.3	18.8	22.7	0	8.2	0.37	4.8	2.5	5	180	12.3	80	640.4	-99.9	
2015	4	22	28	19	23	0	8.1	0.3	4.2	2.3	6	225	11.7	73	640.5	-99.9	
2015	4	23	28.7	19	23	0	7.6	0.31	4.3	2.3	5	45	15.3	75	640.8	-99.9	
2015	4	24	30.4	18.2	24.7	0	5.7	0.43	3.6	2.7	3	45	16	60	641	-99.9	
2015	4	25	28.5	19	22.9	0	9.3	0.35	0.4	-99.9	6	225	13.7	75	640.7	-99.9	
2015	4	26	28.3	18.9	23	0	180	0.38	6	3	5	180	16.3	72	639.7	-99.9	
2015	4	27	30.4	18.7	23.5	0	9.3	0.48	8.5	-99.9	6	180	16	74	639.2	-99.9	
2015	4	28	30.4	18.2	23	0	6.6	0.36	4.2	3.3	6	225	12.7	77	638.5	-99.9	
2015	4	29	30.7	19	23.5	1	6.6	0.36	4.2	3.3	6	225	13.3	76	639.1	-99.9	
2015	4	30	27.3	17	20.4	48.3	4.4	0.28	10	3.5	8	45	11.7	74	640.6	-99.9	
2015	4	31	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	
2015	5	1	26.9	17.2	20.7	1.1	6.2	0.32	3.7	1.4	6	45	16	61	641	-99.9	
2015	5	2	25.9	17.8	21.6	1.1	9.2	0.33	7.8	1.8	8	45	21	82	640.9	-99.9	
2015	5	3	28.3	17.3	22.1	0	7.1	0.4	4.2	2.5	4	45	20	72	640.8	-99.9	
2015	5	4	28	16.1	22.7	0	8.1	0.37	4.5	3	4	45	11.7	69	641	-99.9	
2015	5	5	28.3	15.5	22.6	0	10.3	0.43	3.8	3.5	2	45	11	66	641	-99.9	
2015	5	6	28.5	16	23.3	0	10.3	0.43	4.9	4	3	45	13	63	640.6	-99.9	
2015	5	7	30.5	16	22.7	0	10	0.42	6.1	4	4	90	10.7	67	640.6	-99.9	
2015	5	8	27.8	16	22	0	7	0.3	6	4.2	5	45	9.3	75	640.5	-99.9	
2015	5	9	28.5	18.8	23.4	0	8.7	0.33	2.2	-99.9	5	45	19.3	70	640.5	-99.9	
2015	5	10	29	17.5	23.4	0	6.9	0.34	2.3	-99.9	7	45	12.3	74	640.1	-99.9	
2015	5	11	28.9	18.7	22.8	0	8.2	0.37	2.9	-99.9	6	45	15	73	640.3	-99.9	
2015	5	12	30	18.6	23.5	0	8.7	0.38	6.5	3.7	8	360	21	69	640.9	-99.9	
2015	5	13	30	17.8	23.5	0	8.7	0.38	6.5	3.7	8	360	21	69	641.2	-99.9	
2015	5	14	29.9	17.5	22.4	0	7.9	0.33	4.2	3.6	6	45	24	65	641.7	-99.9	
2015	5	15	29	15.9	22.2	0	8.2	0.34	7.4	3.6	5	45	17.7	66	641.3	-99.9	
2015	5	16	26.9	15.8	20.3	78	5.7	0.31	5.3	2.8	5	135	9.7	85	641.9	-99.9	
2015	5	17	28.6	17.7	23.2	14.8	8.7	0.37	-99.9	1.9	5	45	10	75	642	-99.9	

2015	5	18	284	176	21.9	0.3	5.1	0.27	-99.9	2.8	7	45	12.3	79	642.2	-99.9
2015	5	19	269	177	21	4.2	5.3	0.26	-99.9	2.6	8	180	12.7	79	641.8	-99.9
2015	5	20	282	174	22	3.6	7.5	0.29	1.3	-99.9	6	45	13.3	77	641.4	-99.9
2015	5	21	301	178	23.3	0	7.4	0.29	4.7	3.1	4	45	15.7	71	641.5	-99.9
2015	5	22	281	178	22.5	32.5	7.3	0.29	7.2	3.4	5	45	17.7	74	642.3	-99.9
2015	5	23	255	175	20.8	8.5	3	0.17	2.7	-99.9	8	360	16.3	81	642.8	-99.9
2015	5	24	264	174	21.2	2.5	6.7	0.27	-99.9	1.5	8	45	11	76	641.9	-99.9
2015	5	25	276	177	22.1	21	7.3	0.29	-99.9	2.3	5	360	13.7	76	641.4	-99.9
2015	5	26	254	184	22.5	0	7.5	0.26	-99.9	2.7	5	45	14	73	641.4	-99.9
2015	5	27	273	178	21.5	0	7	0.31	3.8	2.2	7	45	17.7	77	641.7	-99.9
2015	5	28	273	167	22.2	0	10.2	0.35	3.8	2.7	6	45	19	65	641.5	-99.9
2015	5	29	277	167	22.8	3.4	9.4	0.28	3.4	-99.9	7	180	7.6	76	641.2	-99.9
2015	5	30	282	163	21.6	0	7.2	0.34	2.6	2.5	7	45	14.3	73	641	-99.9
2015	6	1	268	172	21.4	0	5	0.25	5	3.8	8	90	15	82	641.1	-99.9
2015	6	2	269	184	21.5	0.5	5.2	0.27	3.8	-99.9	8	90	10	82	641.1	-99.9
2015	6	3	285	171	23	1.2	8.7	0.2	3.5	2	7	45	21	79	641	-99.9
2015	6	4	26	174	20.6	45.3	8.1	0.3	2.5	2.1	5	360	13.7	72	639.6	-99.9
2015	6	5	23.1	17.4	20.6	45.3	8.1	0.3	2.5	2.1	5	360	13.7	72	639.6	-99.9
2015	6	6	25.8	18.1	20.4	0.4	3.6	0.15	-99.9	1.1	8	360	11.3	90	641.6	-99.9
2015	6	7	27.2	17	22.4	24.6	6.2	0.27	-99.9	1.4	8	360	11	88	640.8	-99.9
2015	6	8	26.2	17.3	21.4	0	3.2	0.21	-99.9	2.5	8	45	16	73	641	-99.9
2015	6	9	23.7	17.6	20	22.9	2.3	0.21	-99.9	1.6	8	180	14.7	76	640.2	-99.9
2015	6	10	22.6	17.4	19.7	0.9	3.6	0.23	1.3	1.6	8	225	11.7	86	640	-99.9
2015	6	11	22.6	17.3	19.4	0.2	2.3	0.23	2	1.2	8	225	10.3	87	640.1	-99.9
2015	6	12	24.5	18.2	20.1	0.1	0.8	0.18	7.5	1	8	180	10.3	88	640.1	-99.9
2015	6	13	25.4	18.2	20.1	0.4	0.8	0.18	7.5	1	8	225	13.7	85	640.5	-99.9
2015	6	14	26.7	17.5	21.5	0.4	6.7	0.25	-99.9	1	8	225	13	74	640.3	-99.9
2015	6	15	28.2	17.8	23.3	0	4.6	0.26	-99.9	1.9	7	45	14.7	77	640.8	-99.9
2015	6	16	26.4	18.6	22.2	0	7.1	0.28	2.9	2.6	8	45	17.7	77	640.8	-99.9
2015	6	17	26	18.4	22.2	14.5	6.9	0.31	3.7	1.8	8	360	23	74	640.6	-99.9
2015	6	18	26.9	16.9	22.4	0	8.9	0.35	3.7	2.5	8	45	20.7	74	640.6	-99.9
2015	6	19	26	18.4	21.8	0	4.7	0.28	5.4	3	8	360	22.7	73	641.6	-99.9
2015	6	20	27	18	22.3	0	6.3	0.34	0.5	-99.9	8	45	24.7	77	642.7	-99.9
2015	6	21	27.2	17.7	22.4	0	9.8	0.36	7.3	3.8	4	45	23.3	65	642.9	-99.9
2015	6	22	28.5	17.3	21.6	0	10.1	0.37	3.2	-99.9	3	360	24	66	642.4	-99.9
2015	6	23	26	17.3	21.1	0	10.3	0.35	7.6	4.2	4	45	27.7	66	642.2	-99.9
2015	6	24	26.8	17.6	22	0	9.7	0.36	3.8	-99.9	6	45	26.3	67	642.1	-99.9
2015	6	25	24.8	17.6	22	0	7.5	0.26	4.2	3.3	6	360	27	80	642.4	-99.9
2015	6	26	26.6	18.9	21.5	0	9.2	0.33	1.6	-99.9	6	45	30.3	73	642.3	-99.9
2015	6	27	27.5	17.7	23.2	0	8	0.38	4	2	5	45	25.3	71	642.1	-99.9
2015	6	28	27	16.6	22.9	0	8.3	0.35	4	4.2	8	360	20	70	642	-99.9
2015	6	29	27.4	17.6	21.7	0	6.3	0.21	3.4	3.9	8	45	17.7	80	641.9	-99.9
2015	6	30	26.5	17.7	21.6	27.6	6.3	0.21	3.4	2	8	360	20	75	641.9	-99.9
2015	6	31	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9	-99.9
2015	7	1	26.1	17.3	21	0	9.8	0.37	-99.9	4.1	7	45	18.3	65	642	-99.9
2015	7	2	26.9	16.8	21	0	9.5	0.34	4.1	2.8	7	45	19.3	69	641	-99.9
2015	7	3	27.7	18.4	21.8	0	7.9	0.3	3.5	-99.9	5	45	23.3	68	640.7	-99.9
2015	7	4	27	17.8	21.4	0	5.7	0.36	-99.9	3	7	45	19	77	642.1	-99.9
2015	7	5	26.4	17.4	23.4	0	6.7	0.3	10.2	4.6	8	45	24.3	68	641.4	-99.9
2015	7	6	27.1	18.3	23.2	0	6.3	0.24	2.1	-99.9	7	360	24.3	72	642.3	-99.9
2015	7	7	25.4	17.7	21.7	0	4.4	0.29	4.3	3.8	8	45	21.7	66	642.3	-99.9
2015	7	8	23.8	17.3	19.9	0	0.7	0.23	5.4	3	8	45	20.3	75	642.7	-99.9
2015	7	9	23.8	16.5	20.4	0.2	1.2	0.17	0.9	-99.9	8	45	19	77	641.4	-99.9
2015	7	10	22.3	16.6	19.1	8.8	0	0.17	3.5	1.5	8	360	22	86	641.4	-99.9
2015	7	11	25.2	17.7	21.4	2.3	3.9	0.27	0.6	-99.9	8	45	20.3	73	642.9	-99.9
2015	7	12	27.1	16.6	21.1	0	10.3	0.37	4.1	3.1	7	45	21.3	76	643	-99.9
2015	7	13	26.7	15.8	21.1	0	9.6	0.35	4.5	3.2	6	45	14.7	71	641.7	-99.9
2015	7	14	25.9	16.4	20	0	5.6	0.22	5.1	1.3	7	225	11.7	78	641.7	-99.9
2015	7	15	27.4	17.2	21.2	0	4.8	0.26	0.6	-99.9	8	45	12	82	641.5	-99.9
2015	7	16	25.9	17.8	21.9	32.9	3.4	0.27	2	1.6	8	45	15.3	75	641.7	-99.9
2015	7	17	25	16.8	21.4	0.6	6.9	0.31	2.6	1.9	8	45	13	76	641.6	-99.9
2015	7	18	28	16.8	21.4	20.3	6.3	0.29	3.7	0.2	8	45	11.7	73	642.5	-99.9
2015	7	19	28	16.6	21.6	20.3	6.3	0.29	3.7	0.2	8	45	9.7	79	642.6	-99.9
2015	7	20	25.5	16.9	20.2	8	5.9	0.28	-99.9	2.5	8	360	9.7	85	642.3	-99.9
2015	7	21	26.4	16.9	20.2	17.4	5.3	0.23	-99.9	2.5	8	360	9.7	85	642.3	-99.9
2015	7	22	26.6	17.2	20.9	17.4	8.9	0.22	-99.9	0.9	7	45	11.7	81	641.6	-99.9
2015	7	23	26.6	17.6	22.8	23.3	3.3	0.33	1.9	1.2	7	45	14.7	74	641.7	-99.9
2015	7	24	26.4	18.6	21.8	4.5	8.6	0.35	3.8	2.2	7	45	22.3	72	642.6	-99.9
2015	7	25	26.6	18.1	21.7	1.1	7.1	0.35	4.6	2.8	8	45	24.3	83	642.5	-99.9
2015	7	26	27.6	16.9	23.2	6.2	10.4	0.4	4.1	3.8	6	360	19	69	641.8	-99.9
2015	7	27	26.7	17.7	22.4	0	7.8	0.38	6.1	4	7	360	24.3	69	641.3	-99.9

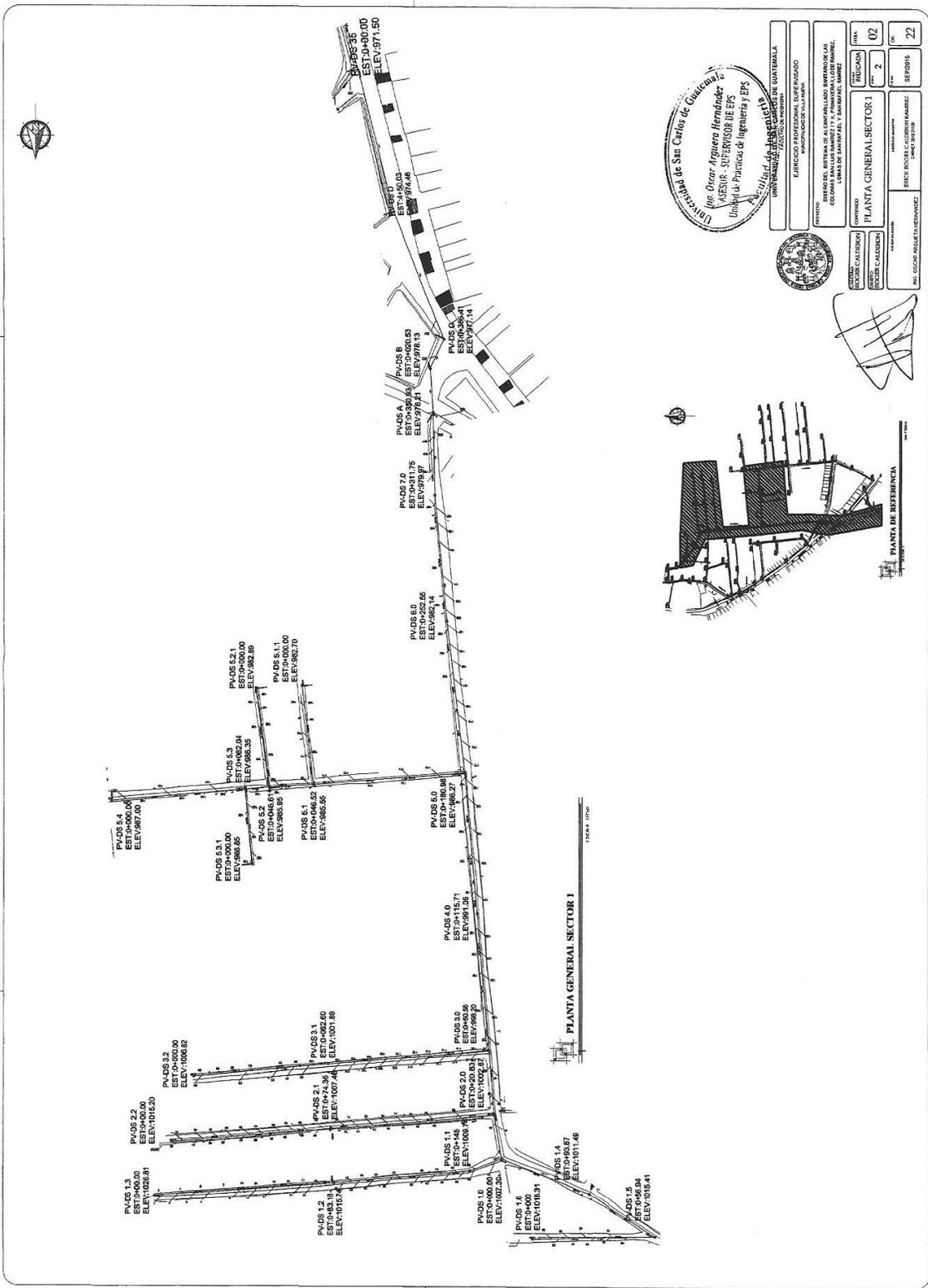
2015	7	28	27.5	18.2	22.8	0	5.3	0.33	5.2	4	8	45	18.7	74	641.4	-99.9
2015	7	29	26.6	17.8	22.5	0	9.3	0.38	4.9	3.2	8	45	21.7	76	641.8	-99.9
2015	7	30	26.4	17.6	22.5	0	10	0.38	4.2	3.2	8	45	23	72	642	-99.9
2015	8	1	27.2	17.4	22.4	0	7.8	-99.9	5	3	8	360	14.7	64	640.9	-99.9
2015	8	2	27.2	18	21.8	0	9.2	0.38	9.9	4.8	-99.9	45	18.7	66	641.1	-99.9
2015	8	3	27.2	18.8	22.9	0	6	0.3	-99.9	4.8	-99.9	45	19	67	640.4	-99.9
2015	8	4	27.2	18.8	22.7	0	7.1	0.32	6.7	-99.9	-99.9	45	13.3	75	640.2	-99.9
2015	8	5	27.2	19.1	24	0	10.4	0.44	6.8	-99.9	-99.9	360	21.3	58	641.2	-99.9
2015	8	6	27.4	19.6	23.3	0	9.8	0.44	6.9	-99.9	-99.9	45	26.7	67	641.4	-99.9
2015	8	7	27.2	19.2	23.4	0	8.2	0.37	2.5	-99.9	-99.9	360	20.3	71	641	-99.9
2015	8	8	28.4	19	24.8	0	6.5	0.36	8.1	3	-99.9	45	25.3	65	641.1	-99.9
2015	8	9	28.4	17.6	23.8	0	8.4	0.39	7.9	3.6	-99.9	45	16.3	73	641.4	-99.9
2015	8	10	27.4	17.7	22.3	0	9.2	0.39	2.1	-99.9	-99.9	9	8.3	70	639.3	-99.9
2015	8	11	24.1	17.7	20	0	8.2	0.23	2.1	3.5	-99.9	9	8	82	639.3	-99.9
2015	8	12	23.8	18	20.2	8.3	4.8	0.23	1	-99.9	-99.9	45	8	84	640.4	-99.9
2015	8	13	23.8	17.8	21.8	6.4	9.3	0.21	3.2	1.2	-99.9	360	18.3	63	641.2	-99.9
2015	8	14	28	17.9	22.9	16	4.3	0.45	9.9	3.3	-99.9	45	22	66	641.6	-99.9
2015	8	15	27	17.9	18.4	16	4.3	0.45	2.4	1.9	-99.9	45	11.3	88	641.9	-99.9
2015	8	16	26.6	18	21.7	4.7	5.1	0.3	9.9	1.8	-99.9	45	11	77	642	-99.9
2015	8	17	21.2	19.1	21.1	4.3	5	0.28	-99.9	1.6	-99.9	45	14.3	83	641.9	-99.9
2015	8	18	27.4	17.9	23.2	4.6	7.6	0.35	3.5	1.2	-99.9	360	13	77	641.4	-99.9
2015	8	19	26.4	18.8	21.9	0	6.6	0.3	4.3	1.2	-99.9	45	13	83	641.2	-99.9
2015	8	20	27.7	17.7	22.7	1.8	6.7	0.35	-99.9	1.3	-99.9	45	16.6	78	641.8	-99.9
2015	8	21	27.8	16.7	23	0	8.8	0.44	-99.9	2.1	-99.9	45	12.3	68	641.5	-99.9
2015	8	22	27.8	18	23.1	0	8.5	0.44	7	4.2	-99.9	45	16.6	78	641.5	-99.9
2015	8	23	28.2	16.8	23.2	0	9.7	0.43	5.4	2.7	-99.9	45	20	60	641.6	-99.9
2015	8	24	27.2	15.4	22.2	0	8.8	0.43	5.8	2.8	-99.9	360	20.6	79	641.3	-99.9
2015	8	25	27.6	16.8	22.6	0	8.8	0.43	5.4	4.7	-99.9	45	20	60	641.6	-99.9
2015	8	26	27.5	17.4	21	0	7.1	0.32	5.1	3.7	-99.9	45	11.3	79	641.1	-99.9
2015	8	27	27.6	17.5	21.6	1.8	6.4	0.32	2.8	2.6	-99.9	45	11.6	81	641.6	-99.9
2015	8	28	27.6	18	21.6	3.9	5.8	0.33	2.4	1.9	-99.9	45	15	83	641.2	-99.9
2015	8	29	27.2	18	22.5	10	8.8	0.39	-99.9	2	-99.9	45	22	83	640.7	-99.9
2015	8	30	28	17	23.2	0	7.7	0.43	5.1	3.5	-99.9	45	19.3	83	641	-99.9
2015	9	1	27.5	17.2	22	0	6.2	0.35	5.1	-99.9	-99.9	45	6.3	79	641.6	-99.9
2015	9	2	27	16	18.8	30.7	4.9	0.29	8	1.6	7	45	17.7	79	641.6	-99.9
2015	9	3	26	15.9	19.2	20.7	5.3	0.3	-99.9	0.6	8	45	7	89	641	-99.9
2015	9	4	21.6	16.1	19.3	7.7	3.7	0.3	0.5	-99.9	6	45	7	86	641.3	-99.9
2015	9	5	23.2	17.2	19.1	5.7	4.2	0.24	3.2	1.2	6	45	12	87	641.6	-99.9
2015	9	6	27.4	18.8	21.7	0.4	5.7	0.32	1.6	1.2	6	45	11	82	641.5	-99.9
2015	9	7	28.2	18.4	22.2	0.7	5.6	0.31	2.9	1.5	6	360	3.3	75	640.9	-99.9
2015	9	8	26.2	17.8	22.2	0	7.2	0.32	3.5	2.4	7	360	4	81	640.8	-99.9
2015	9	9	27.2	18.6	22.3	0	4.7	0.25	5.6	2.7	8	225	7.3	84	641.2	-99.9
2015	9	10	28.2	18.7	21.8	0	4.8	0.27	3.2	2.2	8	225	3.3	82	641.2	-99.9
2015	9	11	28.2	18.5	22.2	15.2	7.2	0.3	1.7	1.3	8	9	4	82	641.2	-99.9
2015	9	12	28	18.5	21.3	6.3	-99.9	0.38	5	0.2	7	225	3	83	641	-99.9
2015	9	13	28	18.5	21.5	7.8	5.6	0.3	2.7	2.4	8	360	4.3	82	640.6	-99.9
2015	9	14	35.2	17.3	21.5	28	3.9	0.32	-99.9	1.5	5	135	4.3	76	641.4	-99.9
2015	9	15	33.2	17.2	20.2	0	1.7	0.21	-99.9	2.6	8	225	3.3	86	642.2	-99.9
2015	9	16	36.7	17.8	21.1	5.8	6	0.35	2.5	0.9	6	225	6.3	81	642.4	-99.9
2015	9	17	37.7	18.5	22.2	16.3	6.7	0.31	4.2	1.9	8	315	1.7	78	640.6	-99.9
2015	9	18	38.1	18.2	22.1	0	4.8	0.25	3.2	2.1	8	180	4.3	79	639.7	-99.9
2015	9	19	24.1	18.3	20.6	0	3.4	0.28	0.7	2.2	8	275	5	81	640	-99.9
2015	9	20	26.4	18.4	21.6	2.5	5	0.28	-99.9	1.8	8	275	3.7	82	640.7	-99.9
2015	9	21	21.6	18.7	20.4	49.3	1.7	0.17	-99.9	1.6	8	180	2.3	71	640.3	-99.9
2015	9	22	22.8	18.4	19.9	23.8	1.6	0.16	2.2	0.6	8	180	3	91	639.8	-99.9
2015	9	23	23.4	17.4	16.8	14.3	0	0.15	2.2	0.6	8	180	3	85	639.6	-99.9
2015	9	24	21.6	17.4	19.1	25.8	0.7	0.19	3.7	0.6	8	135	5	52	639.7	-99.9
2015	9	25	23.7	18.5	20.5	0	0	0.13	4.7	0.6	8	45	3.7	85	639.7	-99.9
2015	9	26	25.2	18	21.1	7.3	5.8	0.23	-99.9	0.3	8	275	2.7	90	639.7	-99.9
2015	9	27	22.3	18	20.1	0	2.7	0.36	0.4	-99.9	8	275	3.3	69	639.7	-99.9
2015	9	28	24.8	17.8	20.9	17.3	2.8	0.26	2.9	0.5	8	180	4.2	62	639.9	-99.9
2015	9	29	24.8	17.8	20.5	15.1	3.7	0.21	-99.9	0.9	8	45	2.7	92	640.2	-99.9
2015	9	30	23.8	17.8	19.9	4.1	3.9	0.31	2.1	0.7	7	135	3.7	93	640.2	-99.9

PROVED BY AN AUTUMBER EDUCATIONAL TROUUVI



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
ESPESIDAD PROFESIONAL SUPERVISANDO			
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANALILLADO, SANEAMIENTO DE LAS CALLEJAS DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL SURMEREZ.			
PROYECTO	UNIVERSIDAD	EDIFICACION	ESPECIFICACION
		2	01
PROFESOR ASISTENTE	PROFESOR ASISTENTE	PROFESOR ASISTENTE	PROFESOR ASISTENTE

PLANTA DE REFERENCIA



Ing. Oscar Arguero Hernández
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INGENIERIA Y EPS

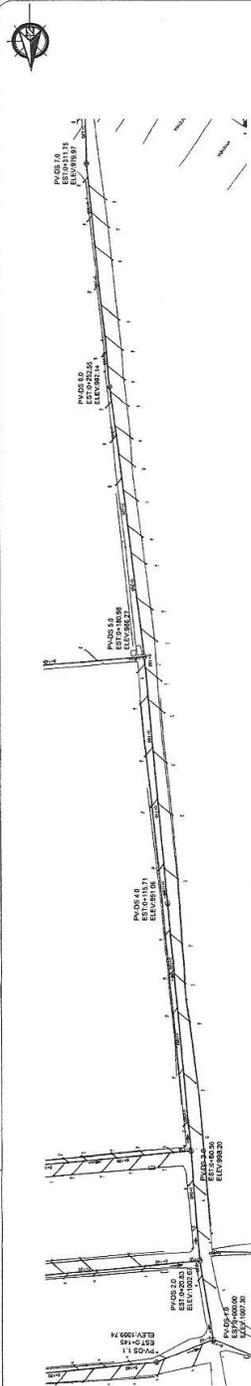
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR
 N.º 1234567890

DIBUJO DEL SISTEMA DE ALCANILLADO, BARRIDO DE AEROSOL Y BARRIDO DE BARRIDO DE AEROSOL
 COLONIA DE SAN JUAN AL Y SAN JUAN EL MARTE

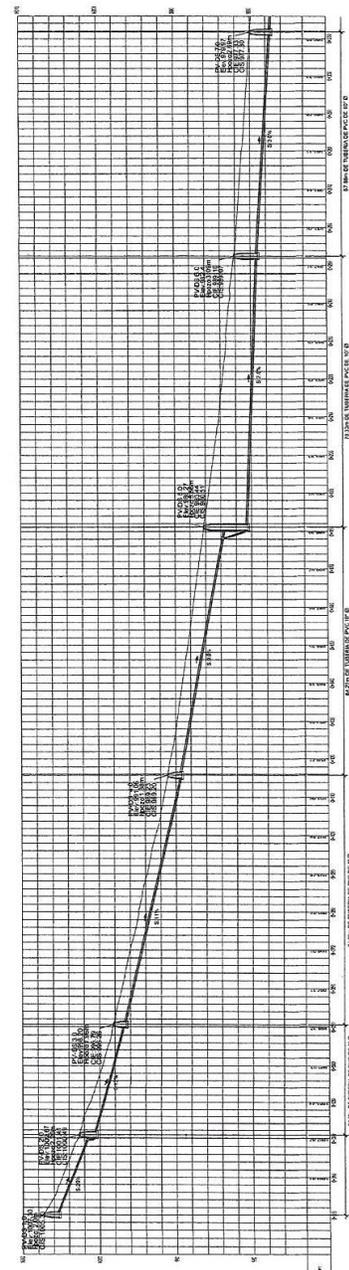
PLANTA GENERAL SECTOR 1
 ESCALA: 1:1000
 FECHA: 2018

N.º 0209 PROYECTO INGENIERIA
 BRINCH: B0208 CALDERON HERNANDEZ
 DISEÑO: B0208

N.º 02
 22

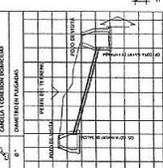


PLANTA DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6



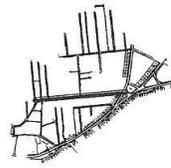
SECCION DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6

REFERENCIAS	
SW-20	DISTRIBUCION
SW-10	PROYECTO DE REDES DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6
SW-10	DISEÑO DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6
SW-10	SECCION DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6



ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS

NOMCLATURA



PLANTA DE REFERENCIA



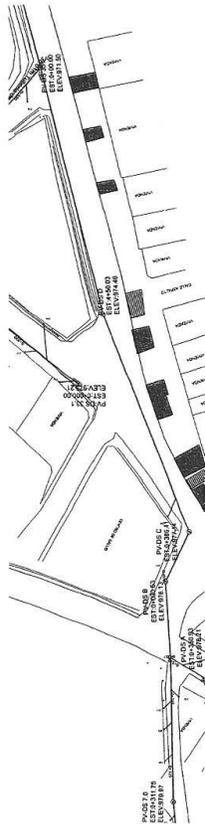
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TUBERIAS Y ACCESORIOS
COMITÉ DE SANITARIO Y AMBIENTAL

PROYECTO: REDES DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6
DISEÑO DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6
SECCION DE TUBERIAS PARA LA PLANTA 7.6

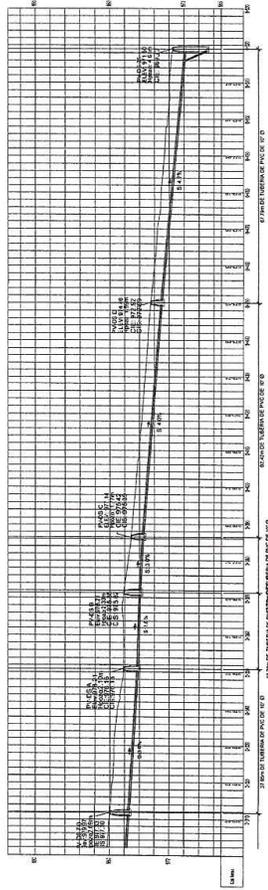
INDICACION
Hoja: 2
Pág: 03

SEÑALADO POR: [Firma]
REVISADO POR: [Firma]

FECHA DE EJECUCION: [Fecha]
FECHA DE DISEÑO: [Fecha]
FECHA DE REVISIÓN: [Fecha]



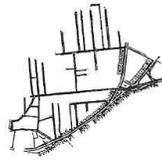
PLANTA DE PUNTO A PUNTO



PERFIL PUNTO A PUNTO

REFERENCIAS	
SYMBOL	DESCRIPCION
①	PUNTO DE VISITA
—	TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 10" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 12" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 15" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 18" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 24" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 30" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 36" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 42" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 48" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 54" DE DIAMETRO
—	TUBERIA DE 60" DE DIAMETRO

ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:
 TUBERIA DE 6" A 30" DE DIAMETRO: PVC RIGIDO DE 150 CM DE LONGITUD Y 10 CM DE ESPESOR DE PARED.
 TUBERIA DE 36" A 60" DE DIAMETRO: PVC RIGIDO DE 150 CM DE LONGITUD Y 10 CM DE ESPESOR DE PARED.
 MANOS DE PUNTO: ANILLO.



PLANTA DE REFERENCIA



Ing. Oscar Arguero Hernández
 ASesor SUPERVISOR DE ERS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y ERS
 Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE PROFESIONALES DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

RECTOR
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

DECANO
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

PROFESOR
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

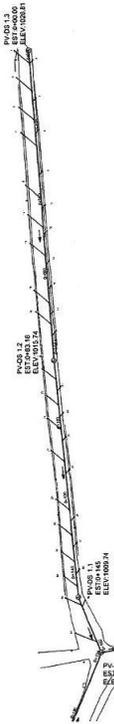
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE PROFESIONALES DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

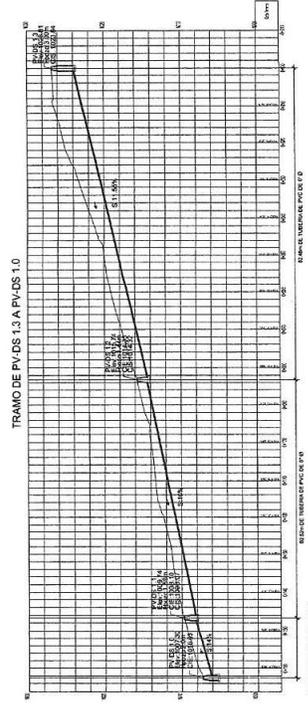
RECTOR
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

DECANO
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

PROFESOR
 DR. JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ

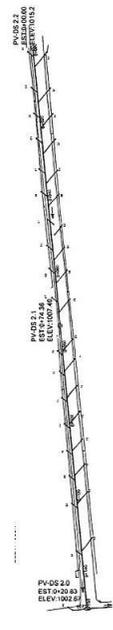


PLANTA DE PUNOS 1.1 A P.V. DS 1.0

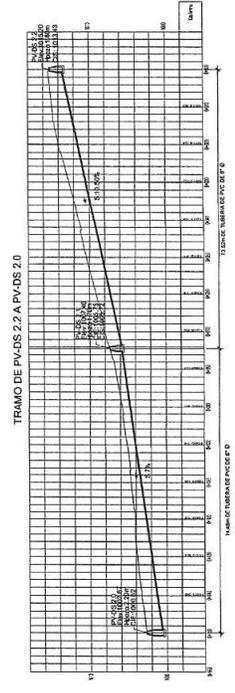


TRAMO DE P.V. DS 1.3 A P.V. DS 1.0

PERFIL DE PUNOS 1.1 A P.V. DS 1.0

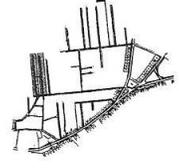


PLANTA DE PUNOS 2.2 A P.V. DS 2.0



TRAMO DE P.V. DS 2.2 A P.V. DS 2.0

PERFIL DE PUNOS 1.2 A P.V. DS 2.0



PLANTA DE REFERENCIA

REFERENCIAS	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
(P.V. DS)	PUNOS VIVOS - VERNAL LIMBIANO
(P.V. DS)	PUNOS VIVOS - VERNAL LIMBIANO
(P.V. DS)	PUNOS VIVOS - VERNAL LIMBIANO

ESPECIFICACIONES DE MATERIA Y ACCESORIOS:
 SE USARÁ EL MATERIAL MÁS BUENO Y SE APLICARÁN LAS NORMAS DE MATERIALES DE ACERO Y HIERRO DE LOS INSTITUTOS NACIONALES DE ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD (INTECO) Y DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD (INTECO).
 SE USARÁ EL MATERIAL MÁS BUENO Y SE APLICARÁN LAS NORMAS DE MATERIALES DE ACERO Y HIERRO DE LOS INSTITUTOS NACIONALES DE ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD (INTECO) Y DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD (INTECO).

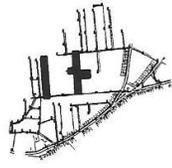
NO NOMECLATURA

Universidad de Cauca
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Calle 27 No. 13-15, Bogotá, Colombia
 Teléfono: +57 (1) 455 2000
 Correo: info@unival.edu.co

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE CAUCA
 DEPARTAMENTO: INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS
 CALIFICACIÓN: 05
 SEMESTRE: 22
 NOMBRE DEL ALUMNO: SEBASTIÁN...
 NOMBRE DEL TUTOR: BRUNO...

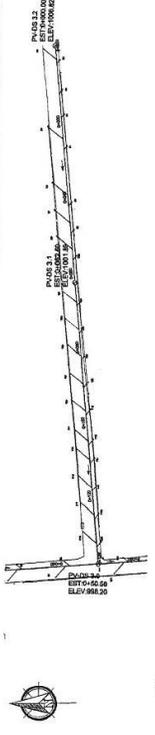
REFERENCIAS	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	PUNTO VERTICAL: NIVELADO BARRIDO
○	PUNTO VERTICAL: NIVELADO
△	PUNTO VERTICAL: NIVELADO EN CIMENTACIÓN
□	PUNTO VERTICAL: NIVELADO EN PAVIMENTO
△	PUNTO VERTICAL: NIVELADO EN CIMENTACIÓN

SEÑALIZACIONES DE TIERRA Y ACERCIONES.
 LA TIERRA ACERCIONADA DEBE SER CON CALIDAD CATEGORÍA CANTONAL Y DEBE TENER UN LÍMITE DE 1.00 METRO PARA EL FONDO Y 0.50 METRO PARA EL FONDO DE LA CALLE.
 NIVEL DE FONDO: 1.00 METRO

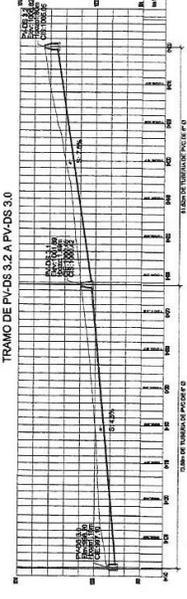


PIANTA DE REFERENCIA

NOMENCLATURA

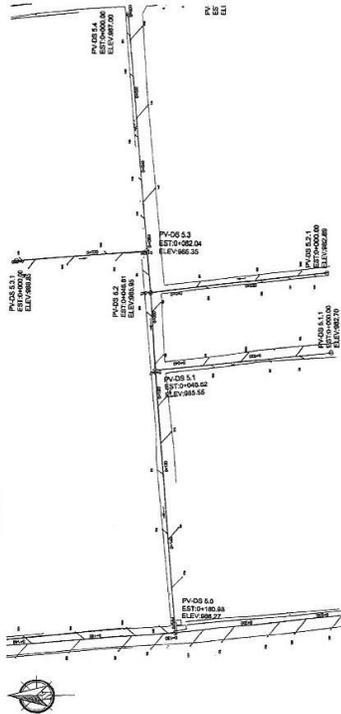


PIANTA DE P.V.S 3.1 A P.V.S 3.0

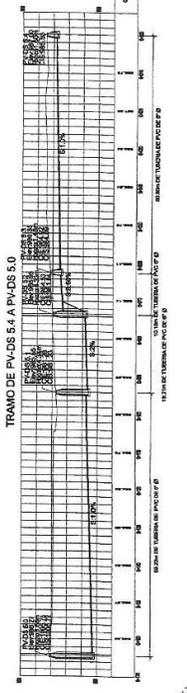


TRAMO DE P.V.S 3.2 A P.V.S 3.0

PERFILE P.V.S 3.1 A P.V.S 3.0

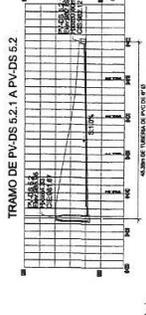


PIANTA DE P.V.S 3.4 A P.V.S 3.0



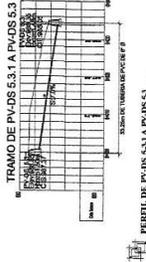
TRAMO DE P.V.S 5.4 A P.V.S 5.0

PERFILE P.V.S 3.4 A P.V.S 5.0



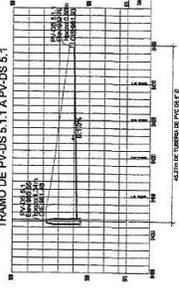
TRAMO DE P.V.S 5.2 A P.V.S 5.1

PERFILE P.V.S 5.1 A P.V.S 5.3



TRAMO DE P.V.S 5.3 A P.V.S 5.3

PERFILE P.V.S 5.1 A P.V.S 5.3



TRAMO DE P.V.S 5.1 A P.V.S 5.1

PERFILE P.V.S 5.1 A P.V.S 5.1



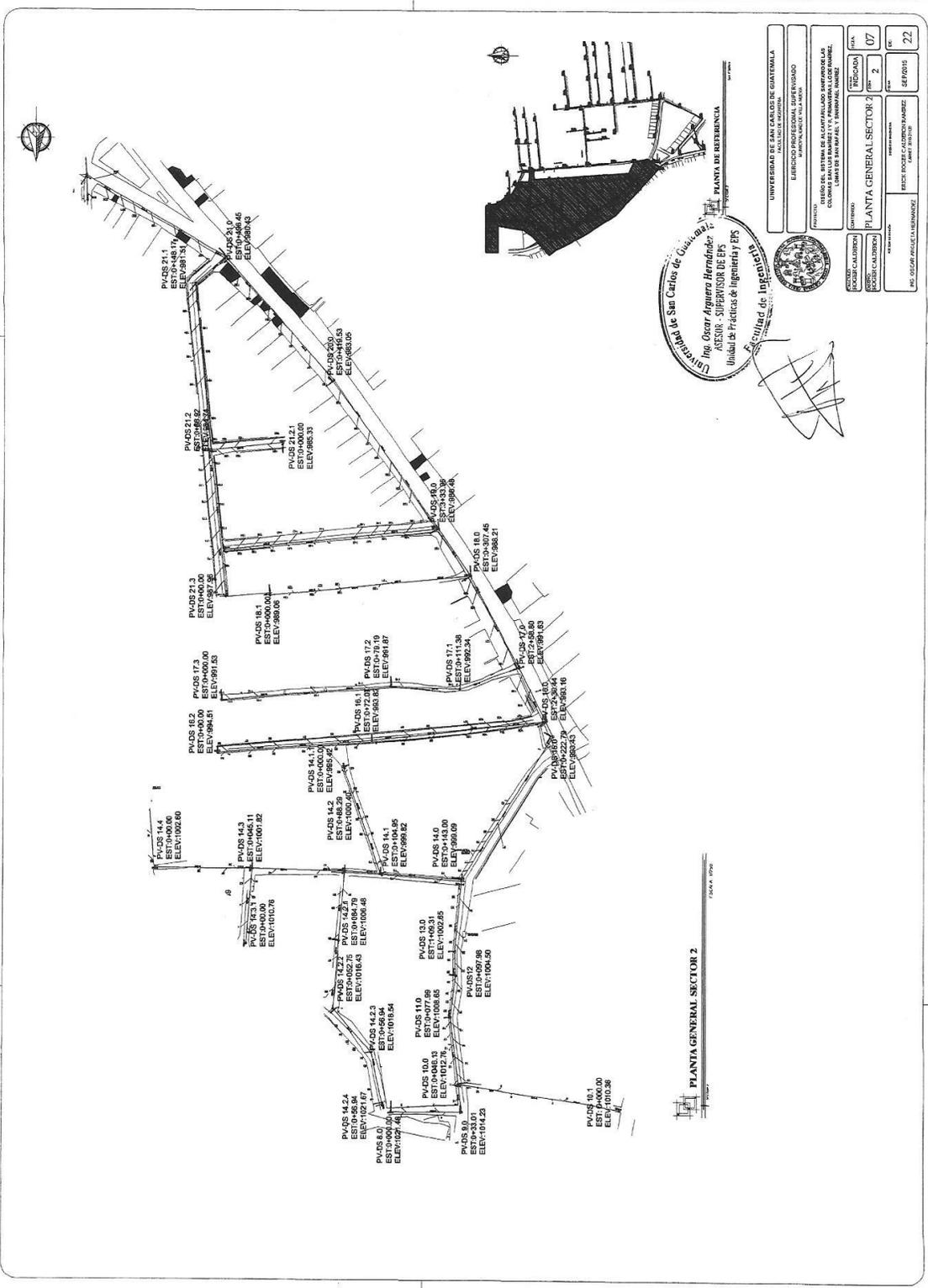
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL TRAMO DE LA CARRETERA NACIONAL EN EL CANTÓN DE SAN MARCEL, DEPARTAMENTO DE SAN MARCEL, GUATEMALA

FECHA: 2023

NO. DE DISEÑO: 06

NO. DE HOJA: 22

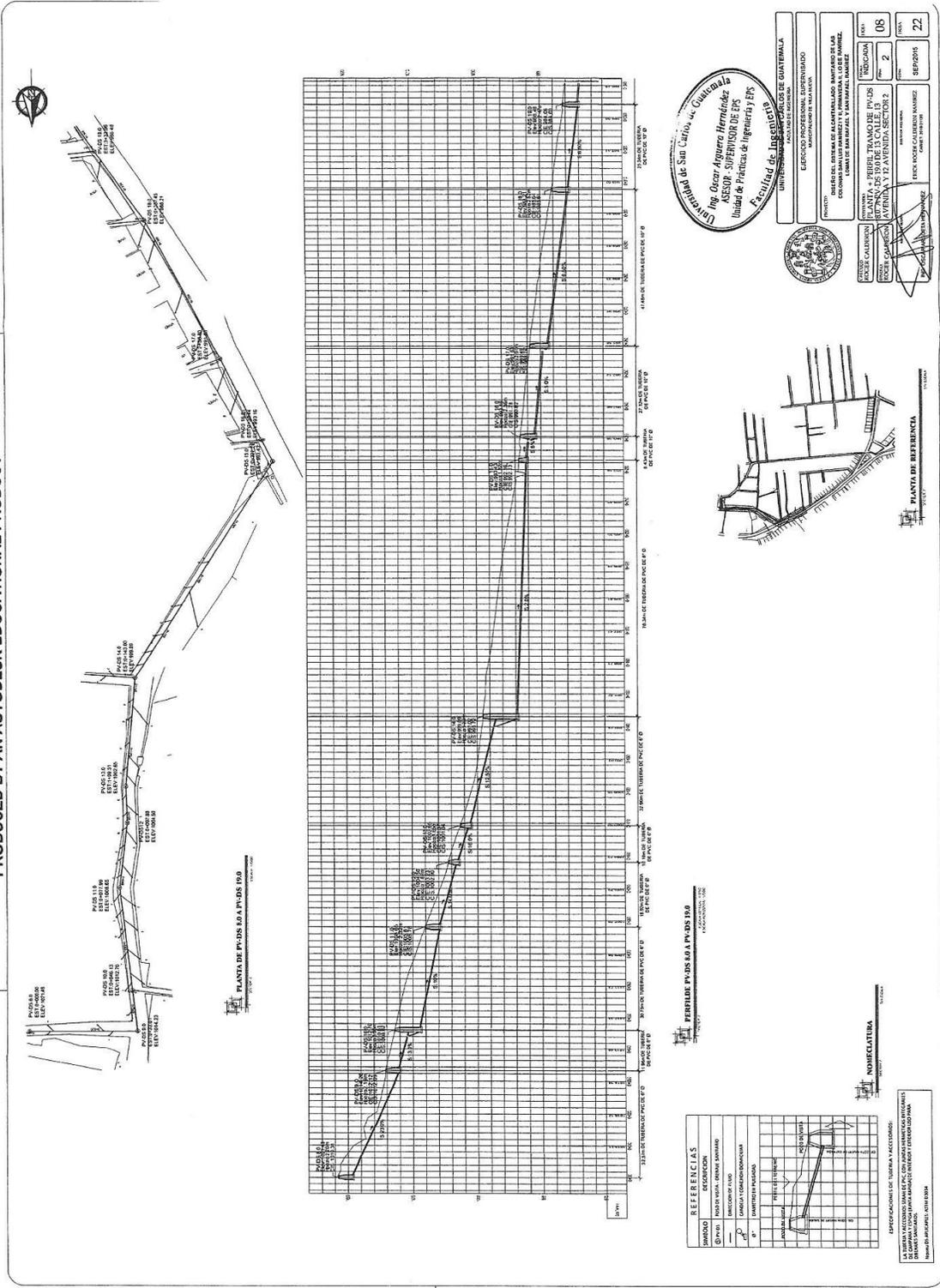


PLANTA GENERAL SECTOR 2

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Inge Oscar Arguero Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

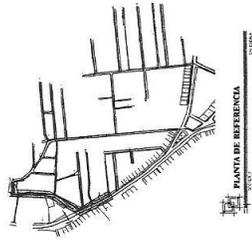
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	PROYECTO	FECHA	NO. DE
ENERGÍA Y SISTEMAS ELÉCTRICOS MARION ANGLÓ VILLARIN	CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA GENERAL DEL SECTOR 2 DE LA LINEA DE BARRIALES Y BARRIALES RINCE	07	22
PROFESOR CALIFICADO	PLANTA GENERAL SECTOR 2	2	07
ING. OSCAR ARGUERO HERNANDEZ	SEFOPIS		

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Aguilar, Heredero
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA EPS	
DIRECCION DEL SISTEMA DE ALCANALILLADO SANITARIO DE LA ZONA URBANA DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL SUR ESTE	
PROYECTO	EDIFICACION DE UN CANAL DE ALCANALILLADO SANITARIO
FECHA DE EMISION	2
INDICACION	08
FECHA DE EMISION	SEP 2015
FECHA DE EMISION	22

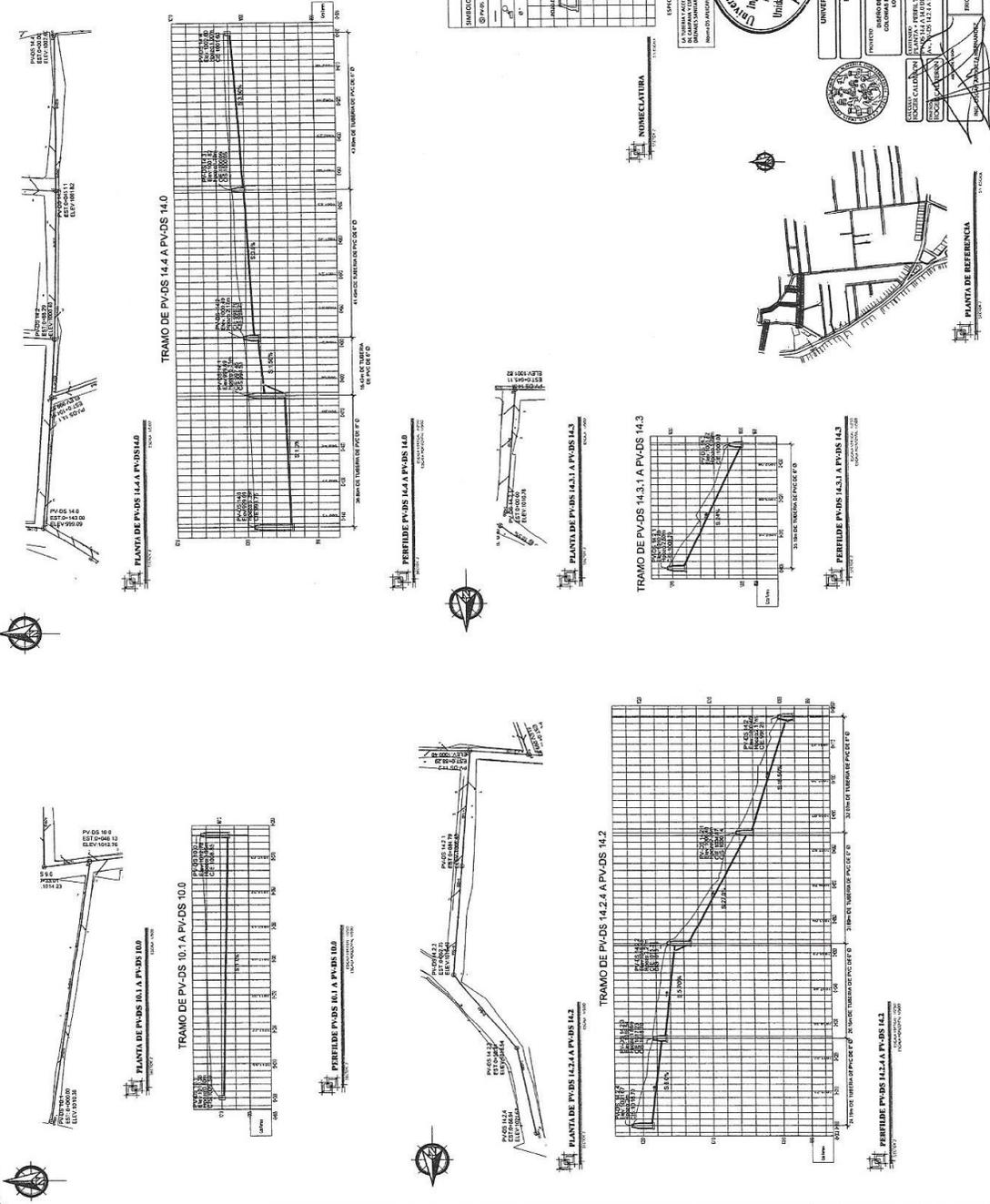


PLANTA DE PUNTO A PUNTO 198

REFERENCIAS	
TIPO	SEWERAGE SYSTEM
DESCRIPCION	SEWERAGE SYSTEM
ESCALA	1:100
FECHA DE EMISION	2
INDICACION	08
FECHA DE EMISION	SEP 2015
FECHA DE EMISION	22

NO ESCALATURA

ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:
 LA TUBERIA Y ACCESORIOS DEBERAN SER DE PVC CON UNA RIGIDEZ Y UN DIAMETRO NOMINAL DE 150 MM Y UN ESPESOR DE PARED DE 10 MM.
 EL MANHOLE DEBERA SER DE CONCRETO Y DEBERA TENER UN DIAMETRO NOMINAL DE 1500 MM.



INDICADO	DESEÑADOR
10	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
11	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
12	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
13	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
14	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
15	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
16	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
17	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
18	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
19	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
20	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
21	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
22	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ

ESPECIFICACIONES DE TIERRAS Y ACCESORIOS:

LA TIERRA A UTILIZARSE EN ESTE PROYECTO DEBEN SER DE BUENA CALIDAD Y ENTREGADA EN SU ESTADO NATURAL, SIN SER SUJETA A TRATAMIENTOS QUIMICOS NI A OTROS TRATAMIENTOS QUE ALTEREN SU COMPOSICION QUIMICA Y FISICA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Ing. Oscar Aguiero Hernández
 ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION Y REPARACION DE LA CARRETERA DE LA ZONA DE SAN CARLOS, SECCION 1 Y 2, PARAJE DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA.

FECHA: 2010

HOJA: 2

ESCALA: 1:1000

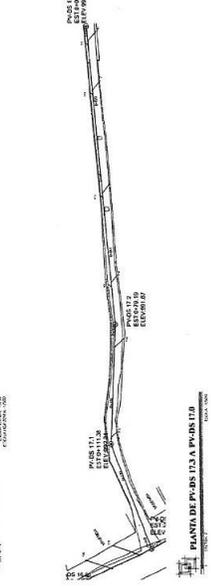
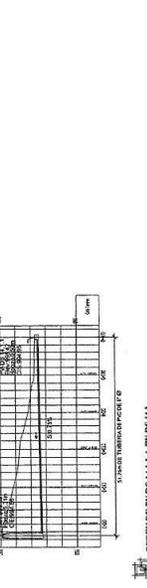
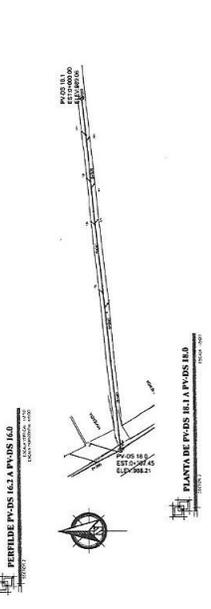
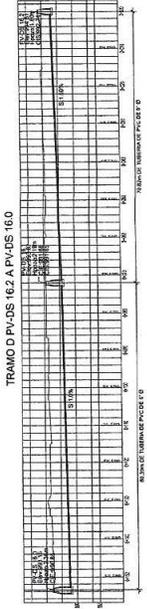
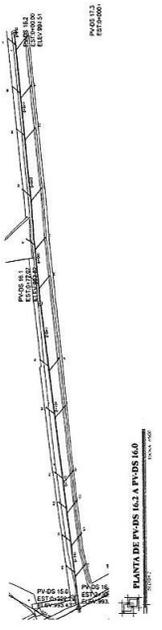
FECHA DE EMISION: 2010

FECHA DE REVISION: 2010

FECHA DE APROBACION: 2010

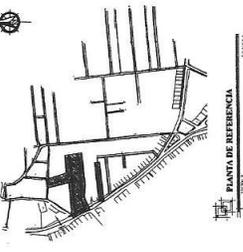
FECHA DE CANCELACION: 2010

FECHA DE VENCIMIENTO: 2010



REFERENCIAS	
INDICADO	DESCRIPCION
1	PIANTA DE PVDs 14.1 A PVDs 14.1
2	PERFIL DE PVDs 14.1 A PVDs 14.1
3	PIANTA DE PVDs 16.2 A PVDs 16.0
4	PERFIL DE PVDs 16.2 A PVDs 16.0
5	PIANTA DE PVDs 18.0 A PVDs 18.0
6	PERFIL DE PVDs 18.0 A PVDs 18.0
7	PIANTA DE PVDs 17.3 A PVDs 17.0
8	PERFIL DE PVDs 17.3 A PVDs 17.0

NOBELIATURA
 ESPECIFICACIONES DE TUBERIAS Y ACCESORIOS:
 AL TUBERIA ACCESORIOS DE PVC CON UNO O MAS TUBERIAS
 DE DIAMETRO NOMINAL 100MM O MENOS.
 DIAMETRO NOMINAL 100MM

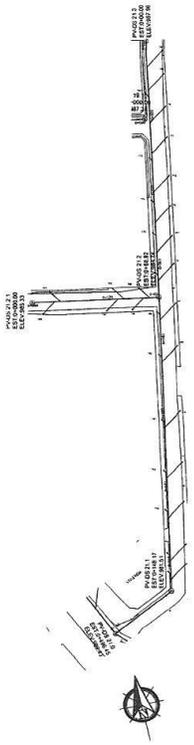


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL BARAHAMÉ, GUATEMALA	
FECHA DE ELABORACION	11
FECHA DE APROBACION	2
FECHA DE EJECUCION	22

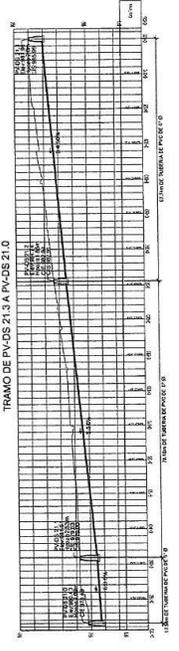
REFERENCIAS	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
①	PISTA
②	RODILLO DE BARRA
③	RODILLO DE BARRA
④	RODILLO DE BARRA
⑤	RODILLO DE BARRA
⑥	RODILLO DE BARRA
⑦	RODILLO DE BARRA
⑧	RODILLO DE BARRA
⑨	RODILLO DE BARRA
⑩	RODILLO DE BARRA
⑪	RODILLO DE BARRA
⑫	RODILLO DE BARRA
⑬	RODILLO DE BARRA
⑭	RODILLO DE BARRA
⑮	RODILLO DE BARRA
⑯	RODILLO DE BARRA
⑰	RODILLO DE BARRA
⑱	RODILLO DE BARRA
⑲	RODILLO DE BARRA
⑳	RODILLO DE BARRA
㉑	RODILLO DE BARRA
㉒	RODILLO DE BARRA
㉓	RODILLO DE BARRA
㉔	RODILLO DE BARRA
㉕	RODILLO DE BARRA
㉖	RODILLO DE BARRA
㉗	RODILLO DE BARRA
㉘	RODILLO DE BARRA
㉙	RODILLO DE BARRA
㉚	RODILLO DE BARRA
㉛	RODILLO DE BARRA
㉜	RODILLO DE BARRA
㉝	RODILLO DE BARRA
㉞	RODILLO DE BARRA
㉟	RODILLO DE BARRA
㊱	RODILLO DE BARRA
㊲	RODILLO DE BARRA
㊳	RODILLO DE BARRA
㊴	RODILLO DE BARRA
㊵	RODILLO DE BARRA
㊶	RODILLO DE BARRA
㊷	RODILLO DE BARRA
㊸	RODILLO DE BARRA
㊹	RODILLO DE BARRA
㊺	RODILLO DE BARRA
㊻	RODILLO DE BARRA
㊼	RODILLO DE BARRA
㊽	RODILLO DE BARRA
㊾	RODILLO DE BARRA
㊿	RODILLO DE BARRA

INDICACIONES DE TUBERÍA Y ACCESORIOS.
 1. LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA CALIENTE SERÁ DE 1.5" (38.1 mm) DE DIÁMETRO Y DE 150' (45.7 m) DE LONGITUD. 2. LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA FRÍA SERÁ DE 1.5" (38.1 mm) DE DIÁMETRO Y DE 150' (45.7 m) DE LONGITUD. 3. LA TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA FRÍA SERÁ DE 1.5" (38.1 mm) DE DIÁMETRO Y DE 150' (45.7 m) DE LONGITUD.

NOBILITACION
 NUBILITACION
 NUBILITACION

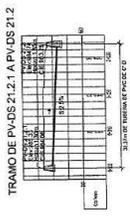


PLANTA DE PUNOS 21.0 A PUNOS 21.0 Y PUNOS 21.1 A PUNOS 21.1
 ESCALA: 1/500



TRAMO DE PUNOS 21.3 A PUNOS 21.3 A PUNOS 21.0
 ESCALA: 1/500

PERFIL DE PUNOS 21.0 A PUNOS 21.0
 ESCALA: 1/500

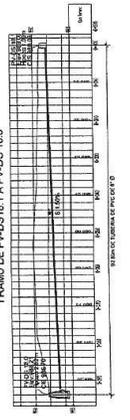


TRAMO DE PUNOS 21.1 A PUNOS 21.2
 ESCALA: 1/500

PERFIL DE PUNOS 21.1 A PUNOS 21.2
 ESCALA: 1/500

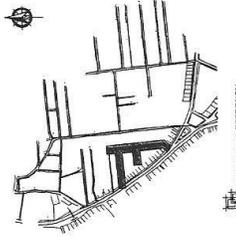


PLANTA DE PUNOS 18.0 A PUNOS 18.0
 ESCALA: 1/500



TRAMO DE PUNOS 18.1 A PUNOS 18.0
 ESCALA: 1/500

PERFIL DE PUNOS 18.0 A PUNOS 18.0
 ESCALA: 1/500

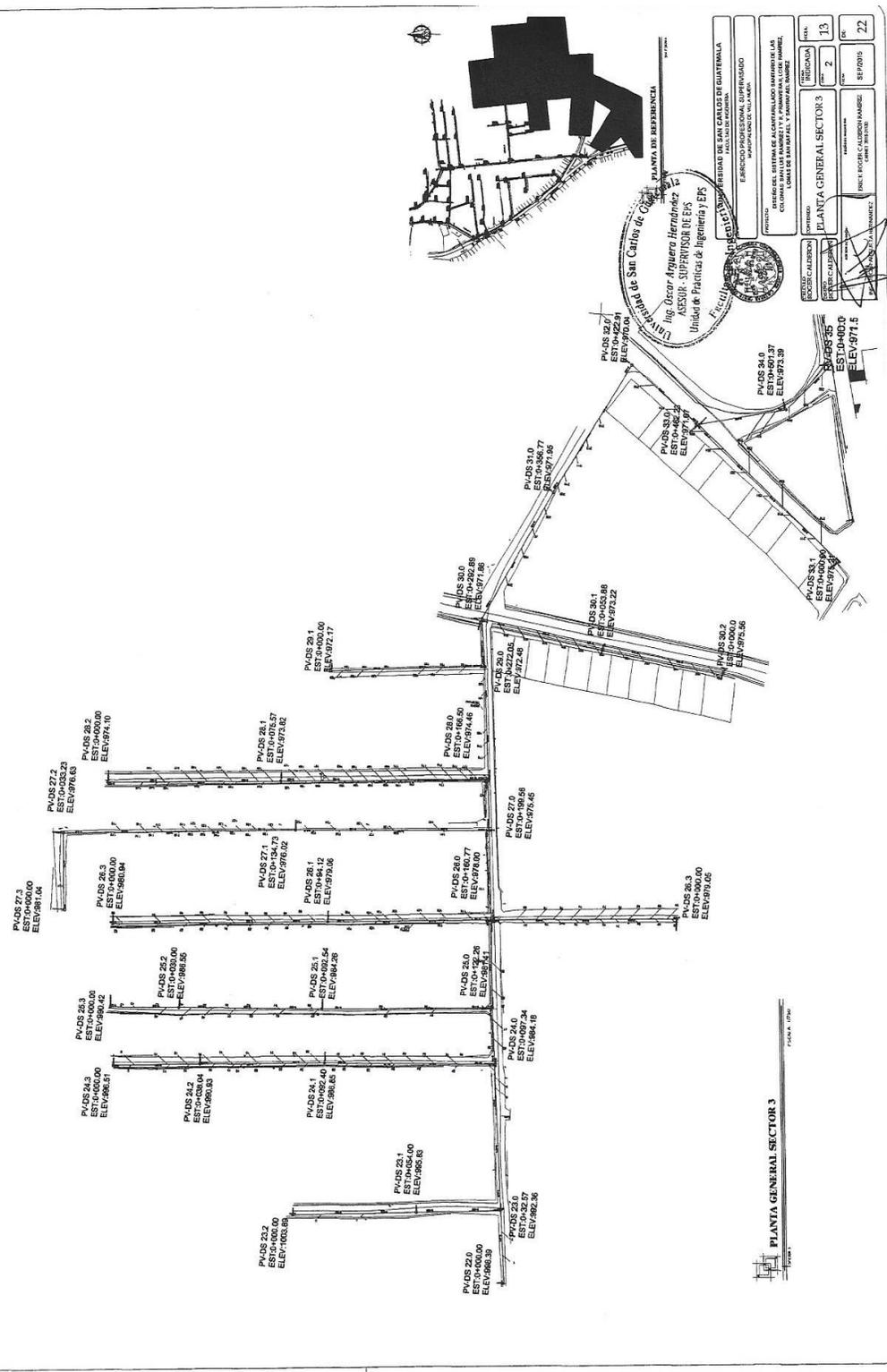


PLANTA DE REFERENCIA
 ESCALA: 1/500

Universidad San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Alguero Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EBS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INGENIERÍA

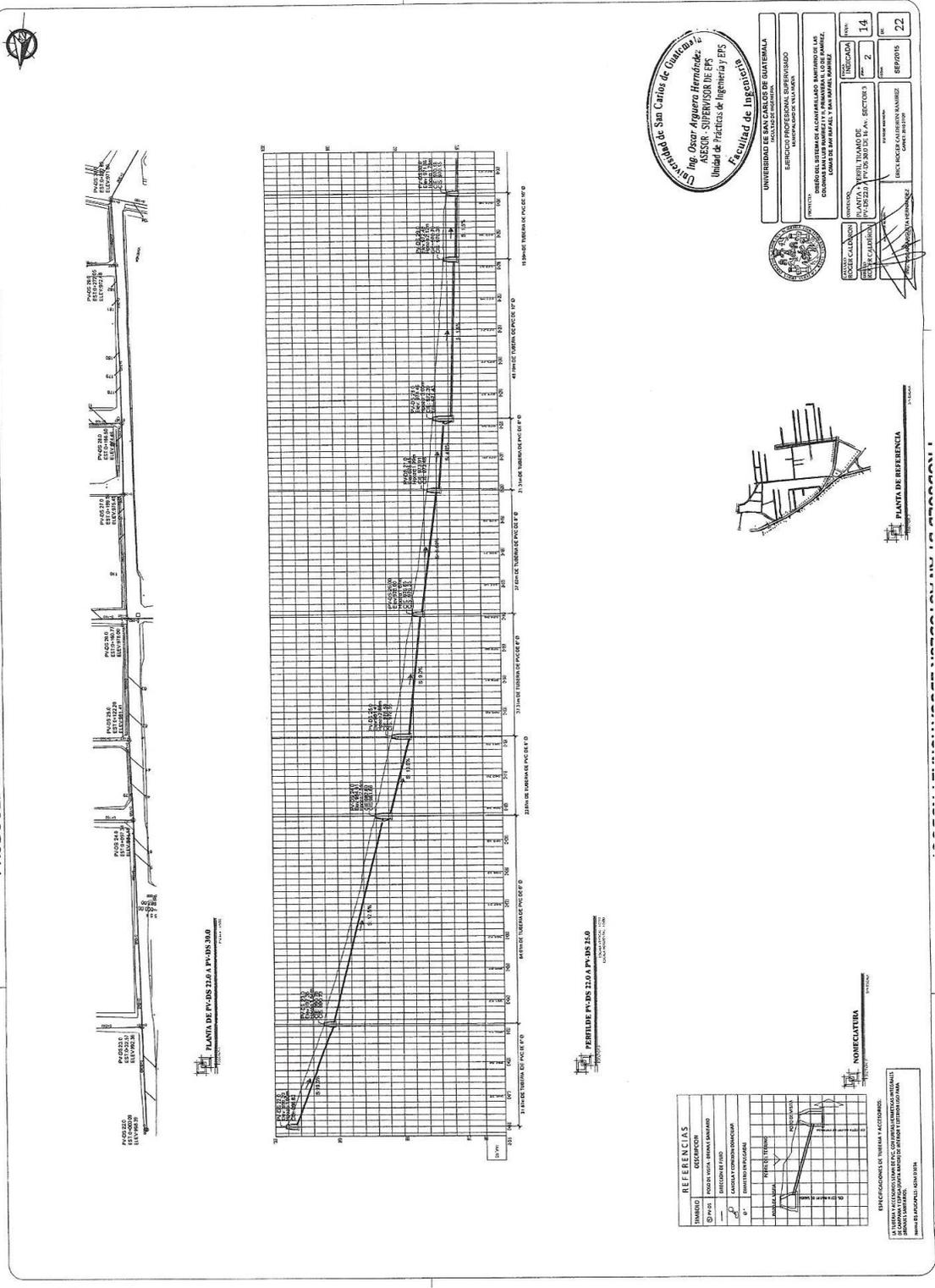
NOMBRE DEL ALUMNO	FECHA
OSCAR ALGUERO HERNANDEZ	12
GRUPO	FECHA
2	22



PLANTA GENERAL SECTOR 3

EJECUCION PROFESIONAL SUPERVISADA PÁGINA NO. 02 DE 02		PROYECTO	FECHA
EJECUCION PROFESIONAL SUPERVISADA PÁGINA NO. 02 DE 02		OBJETO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO INTERIORES DE LAS CORMAS DE SAN RAFAEL Y ZARATE CASERIO, ZONA URBANA DE SAN RAFAEL, 1.ª ZONA DEL MUNICIPIO	FECHA
		PLANTA GENERAL SECTOR 3	FECHA
DISEÑADOR		PROYECTANTE	FECHA
ING. OSCAR ARQUERO HERNÁNDEZ		PLANTA GENERAL SECTOR 3	13
EVALUADOR		FECHA	22
ING. ROSA CALDERÓN RAMÍREZ		PROYECTANTE	FECHA
ING. ROSA CALDERÓN RAMÍREZ		PROYECTANTE	FECHA

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



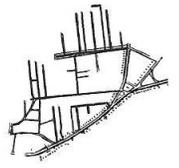
PLANTA DE P.V. DS 21.0 A P.V. DS 23.0

PERFIL DE P.V. DS 21.0 A P.V. DS 23.0

REFERENCIAS	
INDICIO	DESCRIPCION
⊙ P.V. DS	PUNTO DE VERTICACION
○	SECCIONES DE PAVIMENTO
○	SECCIONES DE FUNDACION
○	SECCIONES DE CIMENTACION
○	SECCIONES DE TUBERIA
○	SECCIONES DE MUR
○	SECCIONES DE PUENTE
○	SECCIONES DE PASADIZO
○	SECCIONES DE PASADIZO

NOBIFICATURA

ESPECIFICACIONES DE TUBERIA Y ACCESORIOS:
 1. TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) DE 150 CM DE DIAMETRO EXTERNO Y 12 CM DE GROSOR DE PARED.
 2. ANILLOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) DE 150 CM DE DIAMETRO EXTERNO Y 12 CM DE GROSOR DE PARED.
 3. ANILLOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) DE 150 CM DE DIAMETRO EXTERNO Y 12 CM DE GROSOR DE PARED.



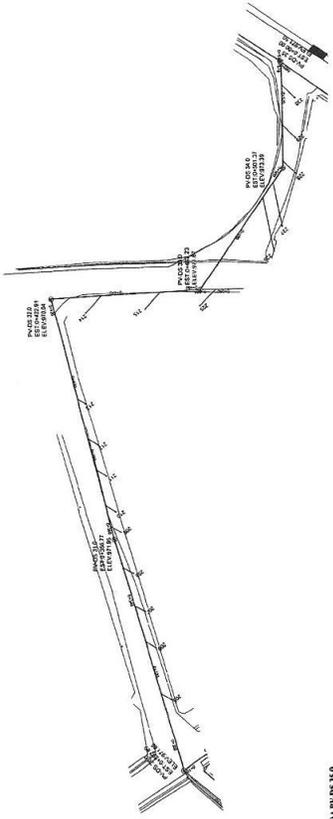
PLANTA DE REFERENCIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

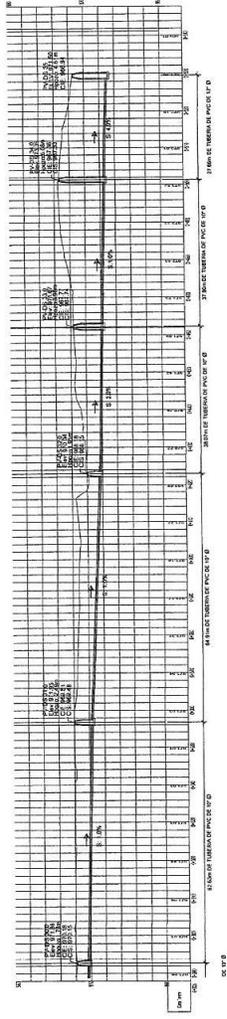
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	INSTITUTO DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
PROFESOR	ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ
ALUMNO	ING. DIEGO CALDERON RAMIREZ
TITULO	SEP/2015
FECHA	22



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	INSTITUTO DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
PROFESOR	ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ
ALUMNO	ING. DIEGO CALDERON RAMIREZ
TITULO	SEP/2015
FECHA	22



PLANTA DE PVRS 300 A PVRS 350

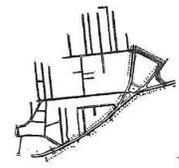


PERFIL DE PVRS 300 A PVRS 350

REFERENCIAS

UNIDAD	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA
CARRERA	INGENIERÍA CIVIL
GRUPO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS
PROYECTO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS
FECHA	05/07/2018
PROYECTANTE	INGENIERO OSCAR ALBERTO HERNANDEZ
REVISOR	INGENIERO OSCAR ALBERTO HERNANDEZ
PROYECTO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS
FECHA	05/07/2018

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y ACCESORIOS:
 LA OBRERA DEBE SER REALIZADA CON LOS MATERIALES Y ACCESORIOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL CATALOGO DE MATERIALES Y ACCESORIOS DE LA OBRERA DE EVACUACION DE AGUAS.

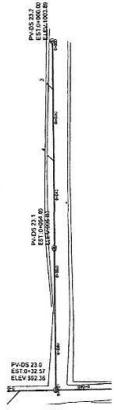


Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Alguera Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería y EPS

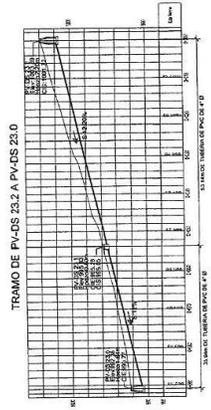
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES, AGUAS CÁLIDAS Y AGUAS CÁLIDAS DE CALIDAD
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES, AGUAS CÁLIDAS Y AGUAS CÁLIDAS DE CALIDAD
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES, AGUAS CÁLIDAS Y AGUAS CÁLIDAS DE CALIDAD
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES, AGUAS CÁLIDAS Y AGUAS CÁLIDAS DE CALIDAD



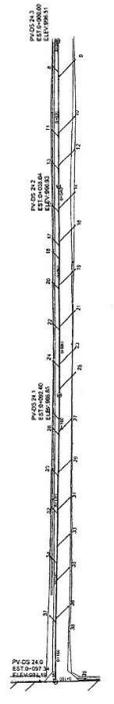
FECHA	05/07/2018
PROYECTO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS
FECHA	05/07/2018
PROYECTO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS
FECHA	05/07/2018
PROYECTO	PROYECTO DE ANILLO DE EVACUACION DE AGUAS



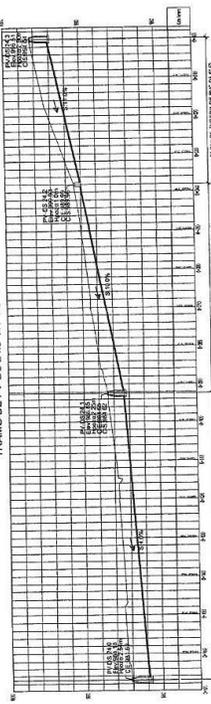
PLANTA DE PV-DS 23.2 A PV-DS 23.0
Escala: 1:1000



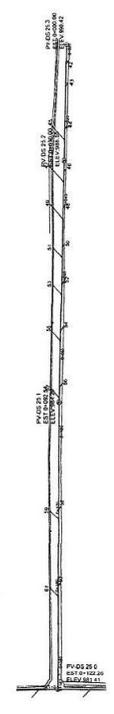
PERFIL DE PV-DS 23.2 A PV-DS 23.0
Escala: 1:1000



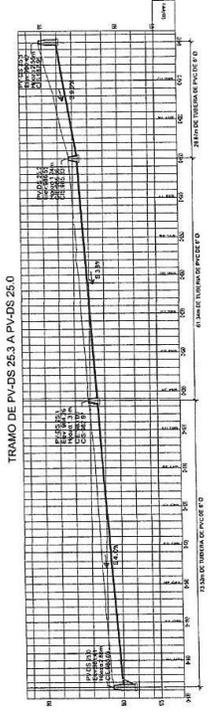
PLANTA DE PV-DS 24.3 A PV-DS 24.0
Escala: 1:1000



PERFIL DE PV-DS 24.3 A PV-DS 24.0
Escala: 1:1000



PLANTA DE PV-DS 25.3 A PV-DS 25.0
Escala: 1:1000



PERFIL DE PV-DS 25.3 A PV-DS 25.0
Escala: 1:1000

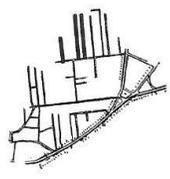
REFERENCIAS	
NUMERO	DESCRIPCION
1	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA TUBERIA DE PVC DE 10\"/>

NOMENCLATURA	
1	TUBERIA DE PVC DE 10\"/>

ING. OSCAR ARGUERO HERNANDEZ
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

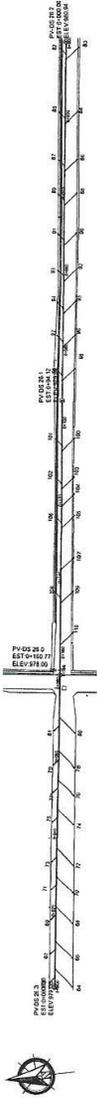


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS

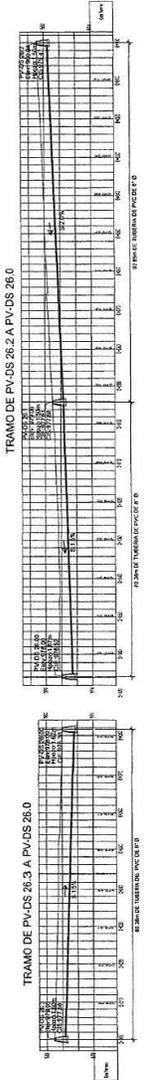


PLANTA DE REFERENCIA
Escala: 1:1000

INDICACION	
INDICACION	FECHA
1	2
2	16
3	22



PLANTA DE P.V.DS 26.1 A P.V.DS 26.0 Y P.V.DS 26.3 A P.V.DS 26.0



PERFIL DE P.V.DS 26.1 A P.V.DS 26.0



PERFIL DE P.V.DS 26.3 A P.V.DS 26.0



PLANTA DE P.V.DS 27.3 A P.V.DS 27.0

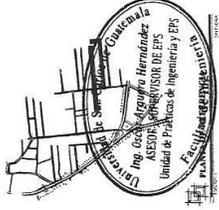


PERFIL DE P.V.DS 27.3 A P.V.DS 27.0

REFERENCIAS	
SHIMUNO	DESIGNACION
EST-0-100-77	ANCHO VIAL: 10.00 M. ANCHO BARRIDO: 12.00 M.
EST-0-100-78	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-79	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-80	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-81	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-82	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-83	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-84	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-85	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-86	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-87	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-88	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-89	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-90	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-91	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-92	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-93	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-94	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-95	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-96	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-97	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-98	ESTACION DE FIN DE
EST-0-100-99	ESTACION DE COMENZAMIENTO
EST-0-100-100	ESTACION DE FIN DE

ESPECIFICACIONES DE TIERRAS Y ACCESORIOS:
 LA TIERRA A UTILIZARSE PARA ESTE PROYECTO DEBEN SER TIERRAS GRANDES Y GRANES GRANDES.
 TIERRAS GRANDES Y GRANES GRANDES.
 TIERRAS GRANDES Y GRANES GRANDES.

NOBILITADURA
 ESTACIONES



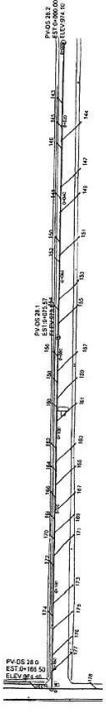
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INSTITUTO NACIONAL DE CALIFICACIONES
 INSTITUTO NACIONAL DE CALIFICACIONES

PLANTA
 PERFIL TRAMO DE P.V.DS 26.1 A P.V.DS 26.0 Y P.V.DS 26.3 A P.V.DS 26.0

PROYECTO
 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA ANTIQUEJERA EDUARDINA IZUAL TRAMO 1

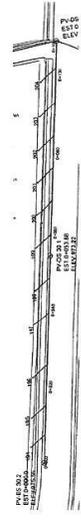
FECHA: 17/05/2017
 DISEÑADOR: JUAN CARLOS RAMIREZ
 SEÑALISTA: JUAN CARLOS RAMIREZ



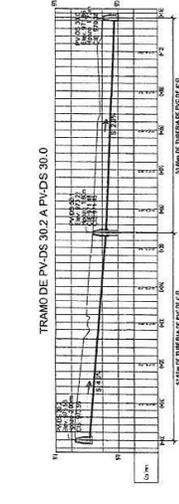
PLANTA DE PV-DS 28.0 A PV-DS 28.0
Escala 1:1000



PERFILE PV-DS 28.0 A PV-DS 28.0
Escala 1:1000



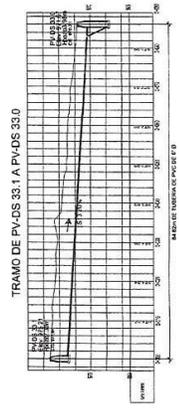
PLANTA DE PV-DS 29.0 A PV-DS 29.0
Escala 1:1000



PERFILE PV-DS 29.0 A PV-DS 29.0
Escala 1:1000



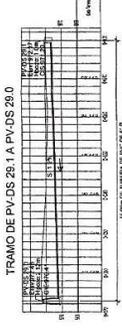
PLANTA DE PV-DS 29.1 A PV-DS 29.1
Escala 1:1000



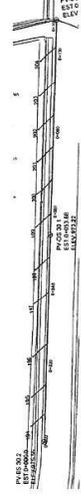
PERFILE PV-DS 29.1 A PV-DS 29.1
Escala 1:1000



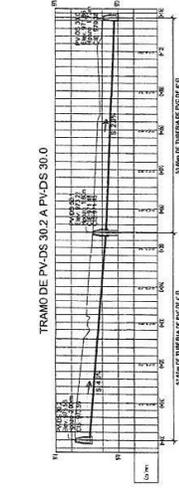
PLANTA DE PV-DS 30.0 A PV-DS 30.0
Escala 1:1000



PERFILE PV-DS 30.0 A PV-DS 30.0
Escala 1:1000



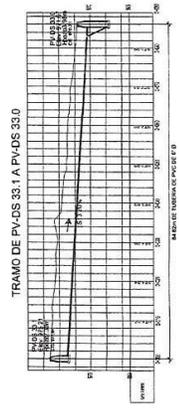
PLANTA DE PV-DS 30.2 A PV-DS 30.2
Escala 1:1000



PERFILE PV-DS 30.2 A PV-DS 30.2
Escala 1:1000



PLANTA DE PV-DS 31.0 A PV-DS 31.0
Escala 1:1000



PERFILE PV-DS 31.0 A PV-DS 31.0
Escala 1:1000

REFERENCIAS	
◉	SEÑAL DE PREAVISIÓN
○	SEÑAL DE ADELANTE
◌	DIRECCION DE FLECHA
○	SEÑAL DE ENTRADA EN SECCION
○	SEÑAL DE SALIDA DE SECCION
○	SEÑAL DE OBRAS EN CURSO
○	SEÑAL DE CERRAMIENTO DE VEHICULO
○	SEÑAL DE OBRAS EN CURSO DE OBRAS EN CURSO
○	SEÑAL DE OBRAS EN CURSO DE OBRAS EN CURSO

Especificaciones de TUBERIAS Y ACCESORIOS

Ing. Oscar Arguero Hernandez
INGENIERO EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SUCRE
Escuela de Ingeniería Eléctrica

EJERCICIO PROFESIONAL DESARROLLADO

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LAS CALLES DE LA ZONA DE SAN RAFAEL Y SAN RAFAEL SUR.

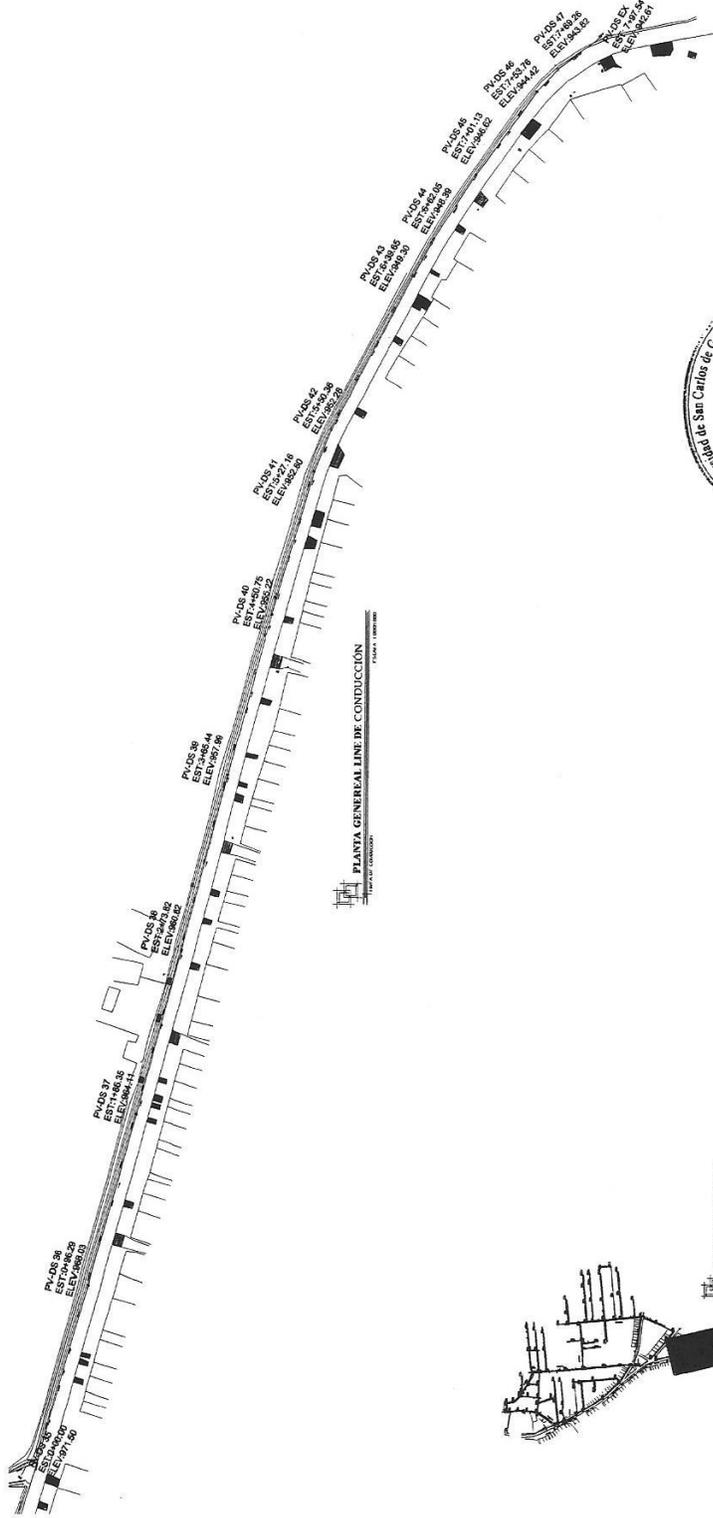
FECHA: 2018

TRABAJO EN GRUPO: 2

INTEGRANTES:
1. CAROLINA MUÑOZ
2. JUAN CARLOS MUÑOZ

SECCION: 22

PRIMA: 18

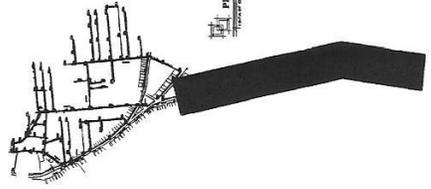


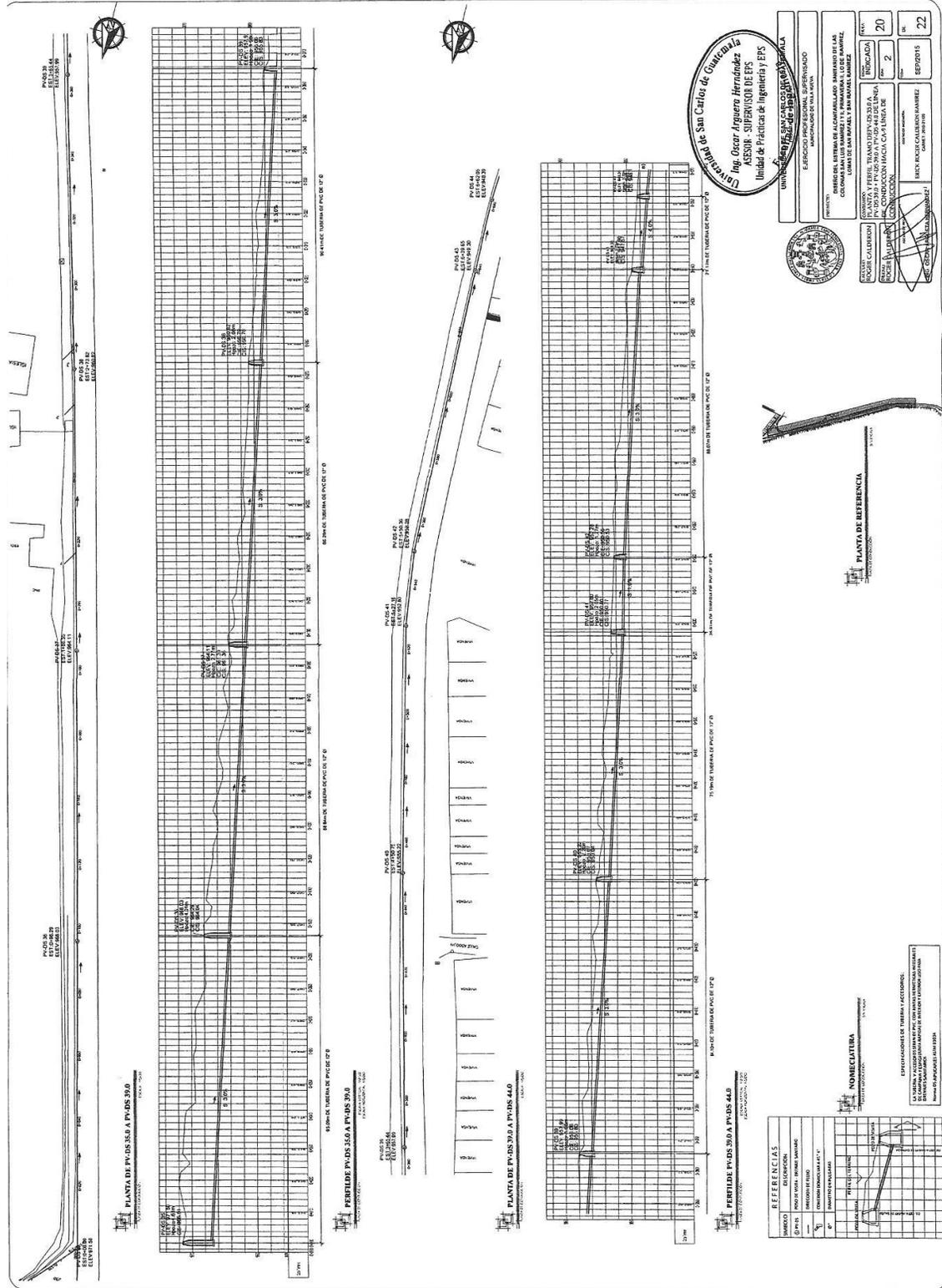
Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Unidad de Práctica de Ingeniería y Evaluación de Proyectos

Ing. Oscar Arquero Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Práctica de Ingeniería y Evaluación de Proyectos

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura

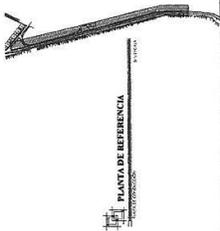
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESTADO	FECHA	DIAS
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	GUATEMALA	19	22
PROYECTO: MANIFIESTA DE CONDUCCION	INSTRUMENTOS:	2	SEPTIEMBRE
CLIENTE: UTE	CONSTRUCCION:	CONDUCCION CARIBTERIA, UTECA, CAPE	
DIR. GENERAL: J. ALVARO CORDERO			
ASISTENTE: J. ALVARO CORDERO			
PROYECTISTA: J. ALVARO CORDERO			
REVISOR: J. ALVARO CORDERO			
APROBADO: J. ALVARO CORDERO			





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

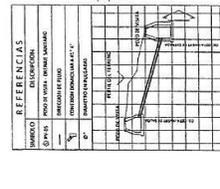
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
ESCUELA DE INGENIERÍA DE CIVIL	
MAGISTERIO DE VÍA RÚRICA	
PRÁCTICA N.º 02	
FECHA DE ENTREGA	20
FECHA DE RECEPCIÓN	2
FECHA DE CALIFICACIÓN	22
ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ	

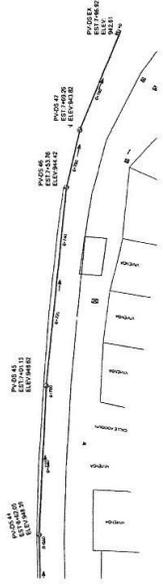


REFERENCIAS
 BARRIO: ...
 CALLE: ...
 MUNICIPIO: ...

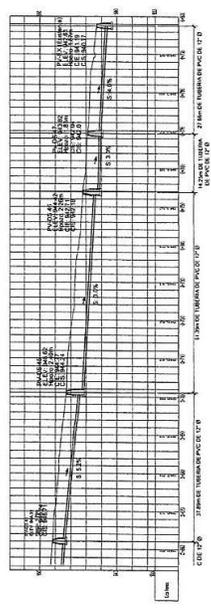
NOMECLATURA
 PLAN: ...
 ESCALA: ...

EXPLICACIONES DE SIMBLOS Y ACRÓNIMOS:
 ...

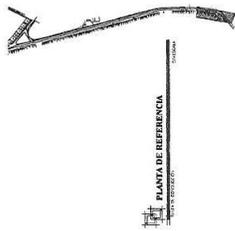




PLANTA DE PUNTO 390 A PUNTO 440



PERFIL DE PUNTO 390 A PUNTO 440

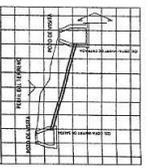


PLANTA DE REFERENCIA

REFERENCIAS

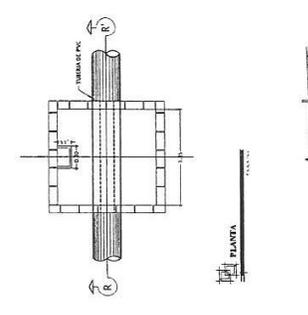
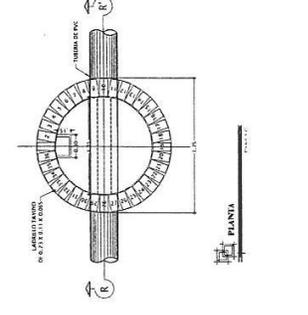
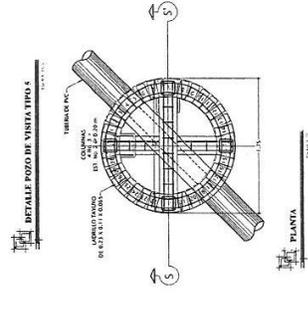
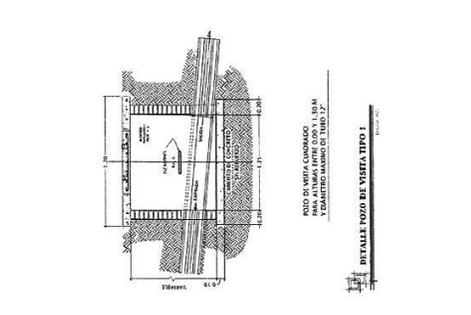
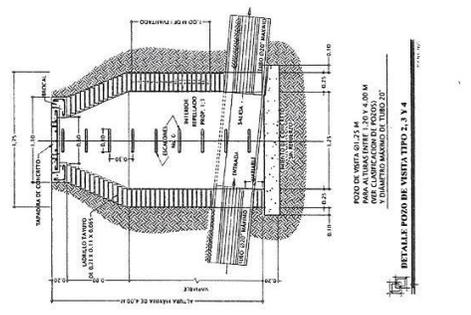
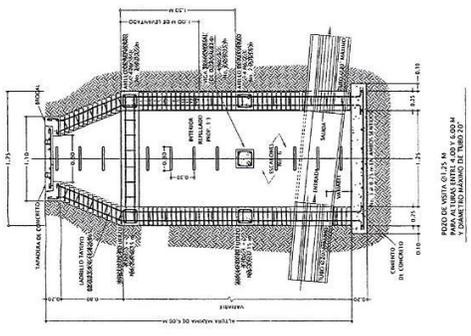
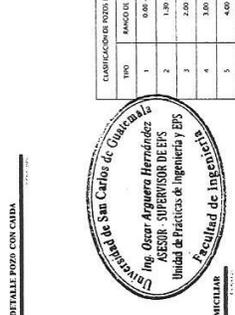
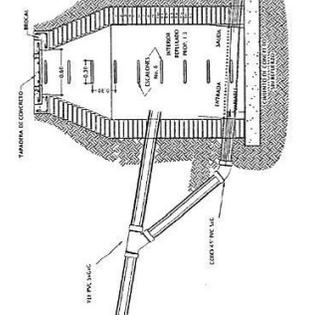
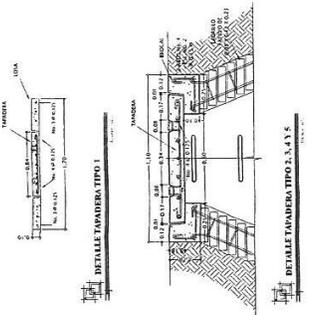
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	PLANTA DE PUNTO 390 A PUNTO 440
—	PERFIL DE PUNTO 390 A PUNTO 440
—	PLANTA DE REFERENCIA

ESPECIFICACIONES DE TIENDA Y ACCESORIOS:
LA TIENDA Y ACCESORIOS SEAN DE PVC CON MANEJO AMIGABLE Y ANTIOLEO.
DIMENSIONES Y MATERIALES VER EN PROYECTO.



Ing. Oscar Arguero Hernandez
ASESOR SUPERVISOR DE PROYECTO
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS	CATEDRA DE DISEÑO DE OBRAS DE BARRIO Y SANITARIAS
PROYECTO	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS OBRAS DE BARRIO Y SANITARIAS
BOLETA CALABOCHON	UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
PROYECTO	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS OBRAS DE BARRIO Y SANITARIAS
INDICADA	NO
PÁGINA	2
DE	21
FECHA	
PROYECTANTE	ING. OSCAR ARGUERO HERNANDEZ
REVISOR	ING. RICARDO CALABRÓN MARTEZ
BOLETA	
NO.	22



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

CLASIFICACIÓN DE POZO DE VISITA	
TIPO	RANGO DE ALTURA (m)
1	0.00 - 1.18
2	1.19 - 2.00
3	2.01 - 3.00
4	3.01 - 4.00
5	4.01 - 6.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

DETALLE TIPO 1	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

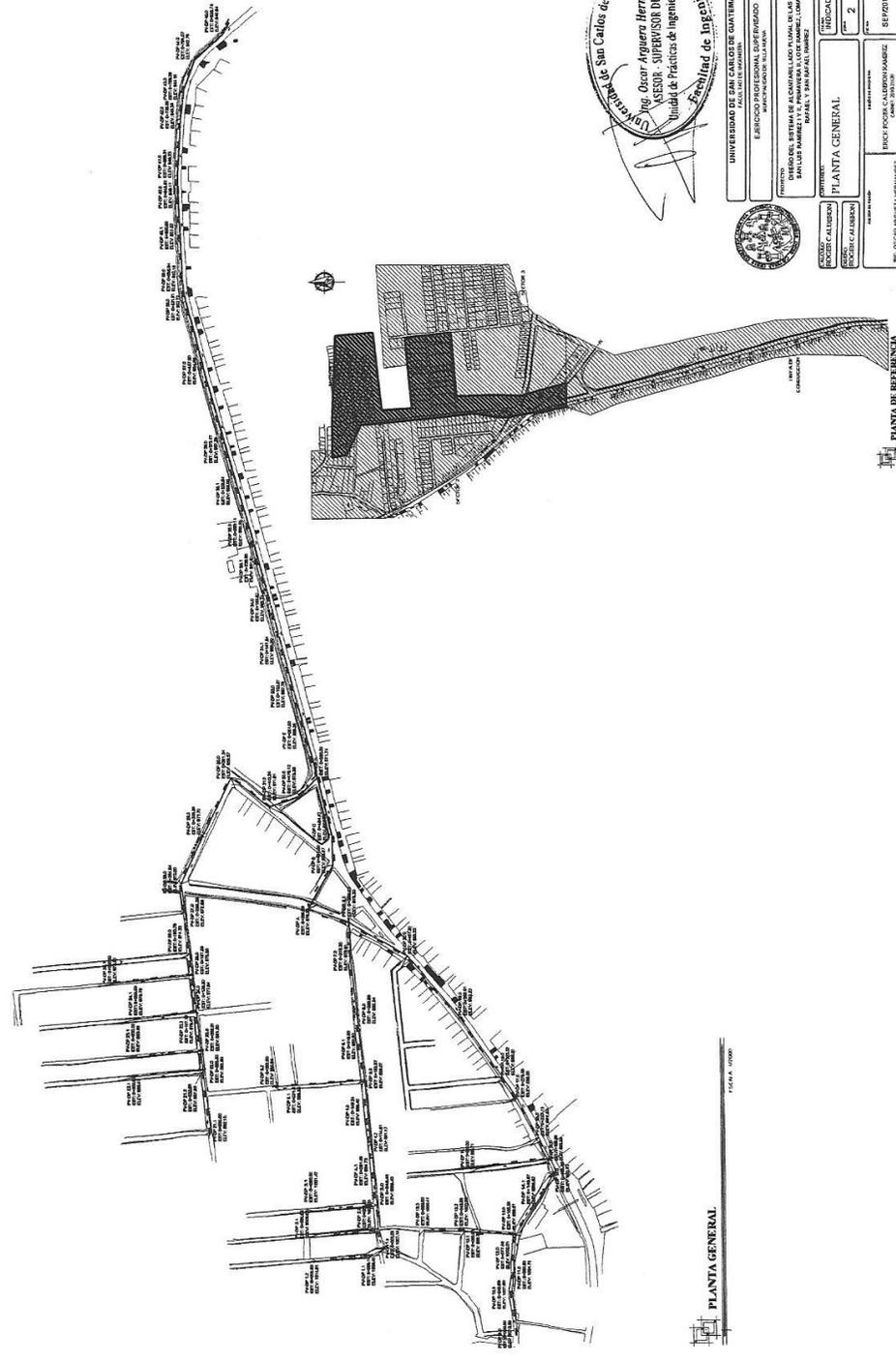
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO
 SUPERVISANDO AL ARQUITECTO

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

Resultad de Ingeniería

DETALLE TIPO 2, 3, 4, 5	
INDICACION	NO.
INDICACION	22
INDICACION	22

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
 UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS



PLANTA GENERAL.
ESCALA 1:500

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA



PROYECTO:
 PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL COMPLEJO DE EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, LOCALIDADES DE SAN CARLOS Y SAN RAFAEL BARCELONA

PLANTEAMIENTO:
 PLANTA GENERAL

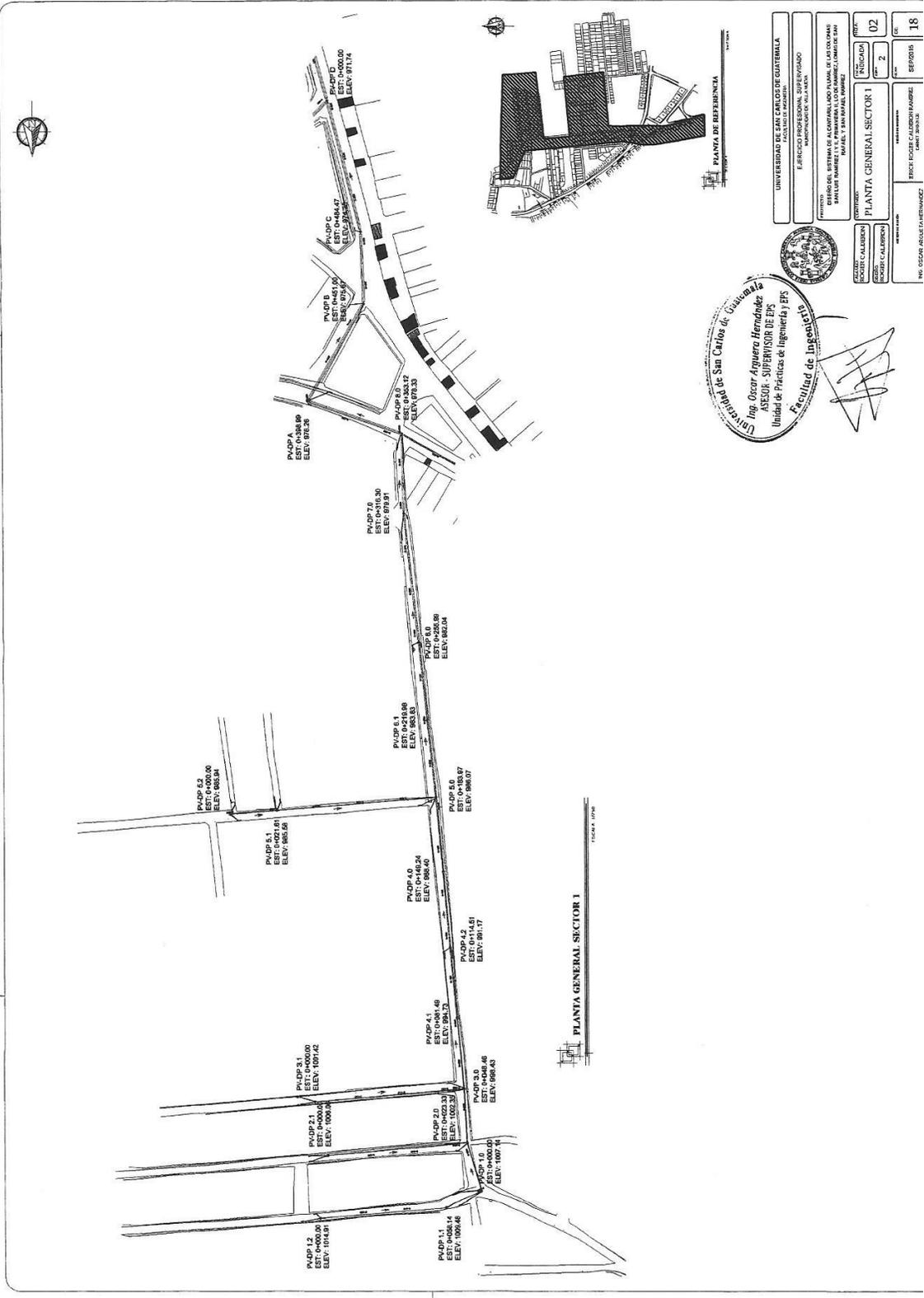
ESCALA:
 1:500

AUTORIA:
 OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

FECHA:
 18/05/2018

HOJA:
 01

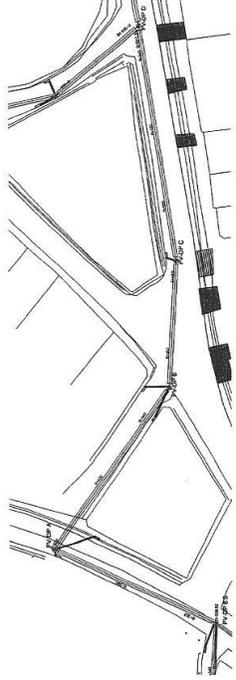
TOTAL:
 18



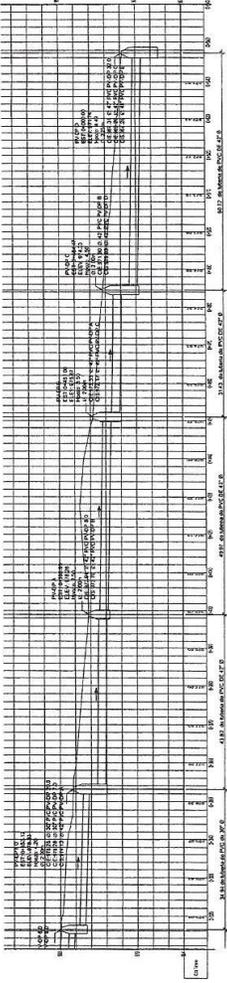
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FOLIO	
FACULTAD DE INGENIERIA		02	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		INDICADA	
MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS		2	
FACULTAD DE INGENIERIA		PLANTA GENERAL SECTOR 1	
MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS		SECCION	
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS		SERIE	
FACULTAD DE INGENIERIA		18	



PLANTA DE PVDP S.6.A.PV.D.F.D



PERFIL DE PVDP S.6.A.PV.D.F.D

REFERENCIAS	
SMBG	DESCRIPCION
(P) =	POTER VIAL - MANA FLYING
(E) =	POTER DE LUZ
(D) =	CONCRETO ARMADO
(M) =	CONCRETO MORTERADO
(C) =	CONCRETO PULVORIZADO
(S) =	CONCRETO SIMPLE
(A) =	ACERVO
(R) =	REFRIGERACION
(T) =	TERRAZA
(V) =	VANOS
(B) =	BARRERA
(P) =	PLACAS
(S) =	SISTEMAS
(L) =	LINDERO
(E) =	ESPESORES
(M) =	MATERIALES
(D) =	DIMENSIONES
(F) =	FUERZAS
(S) =	SIGNIFICADO
(E) =	ESPESORES
(M) =	MATERIALES
(D) =	DIMENSIONES
(F) =	FUERZAS
(S) =	SIGNIFICADO



PLANTA DE REFERENCIA

NOMENCLATURA

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y ACCESORIOS



Ing. Oscar Arguero Hernández
ASesor - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingenieros y EPS
Escuela de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS EXACTAS
ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS EXACTAS

PROYECTO: SISTEMA DE AGUAS SANEADAS PARA EL CENTRO DE GUATEMALA
RECONSTRUCCION DE LA RED DE AGUAS SANEADAS DEL CENTRO DE GUATEMALA
PARTE DEL TRAMO DE LA CARRETERA DEL CENTRO DE GUATEMALA

PROYECTANTE: ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS EXACTAS
DISEÑADOR: OSCAR ARGUERO HERNANDEZ
FECHA DE ELABORACION: MARZO 2006
ESCALA: 1:500
DISEÑO: 2
INDICADOR: 04



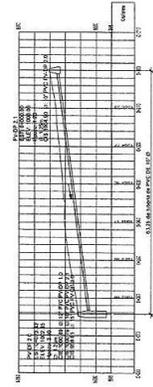
OSCAR ARGUERO HERNANDEZ
INGENIERO CIVIL

PROYECTANTE: ESCUELA DE INGENIERIA Y CIENCIAS EXACTAS
DISEÑADOR: OSCAR ARGUERO HERNANDEZ
FECHA DE ELABORACION: MARZO 2006
ESCALA: 1:500
DISEÑO: 2
INDICADOR: 04

18



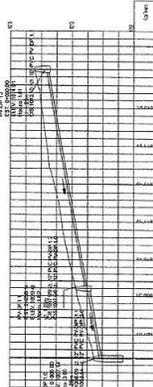
PLANTA DE PVDP 2.1 A PVDP 2.8
Escala: 1:100



PERFILE PVDP 2.1 A PVDP 2.8
Escala: 1:100



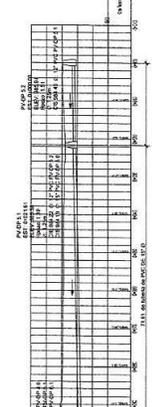
PLANTA DE PVDP 12.1 A PVDP 1.0
Escala: 1:100



PERFILE PVDP 12.1 A PVDP 1.0
Escala: 1:100



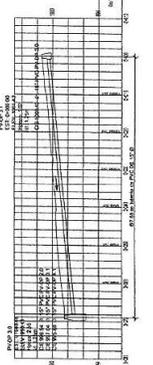
PLANTA DE PVDP 5.2 A PVDP 5.8
Escala: 1:100



PERFILE PVDP 5.2 A PVDP 5.8
Escala: 1:100



PLANTA DE PVDP 11.1 A PVDP 3.0
Escala: 1:100

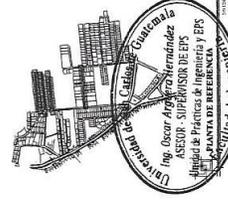


PERFILE PVDP 11.1 A PVDP 3.0
Escala: 1:100

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	INDICADOR DE NIVEL TERRESTRE
	INDICADOR DE NIVEL DE LA TUBERÍA
	INDICADOR DE NIVEL DE LA CÁMARA
	INDICADOR DE PENDIENTE
	INDICADOR DE DISTANCIA

ESPECIFICACIONES DE MATERIAles ACERCA DE
LA MATERIA DE CONSTRUCCIÓN DE LAS TUBERÍAS Y DE
LOS ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS DE ACUERDO A LAS NORMAS
NORMAS ASOCIADAS A LA ESTRUCTURA DE LOS TUBOS DE
NORMAS ASOCIADAS A LA ESTRUCTURA DE LOS TUBOS DE

NOBENCLATURA
1:100

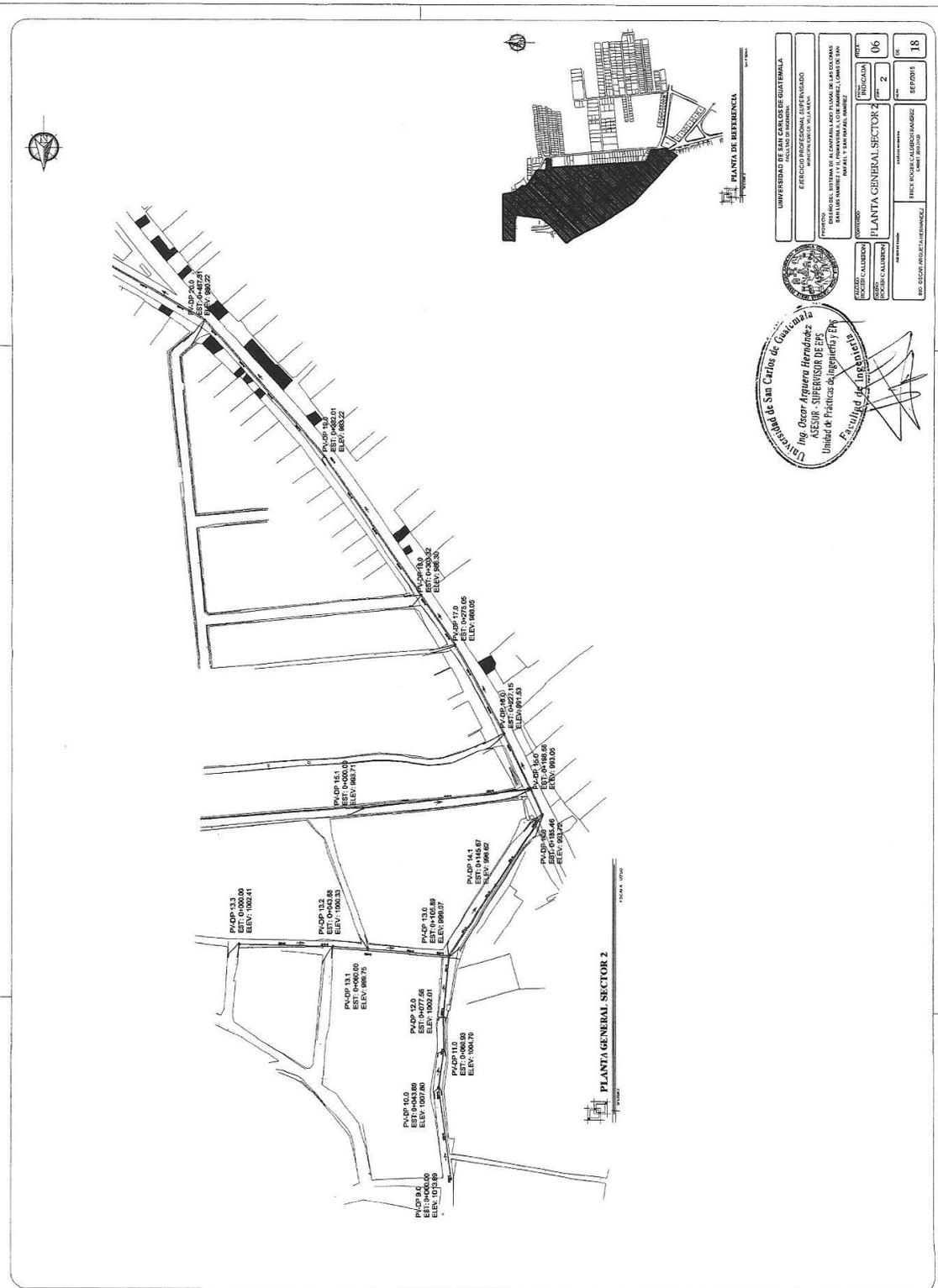


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERÍA DE OBRAS DE SANEAMIENTO Y AGUAS
MÓDULO 1: SANEAMIENTO BÁSICO

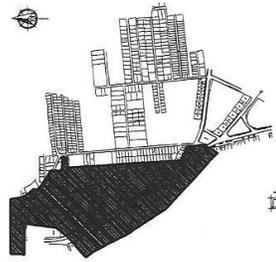
PROYECTO: PLAN DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA EL CANTÓN SAN LUIS BARBOSA Y SU ZONA AFINES, MUNICIPIO DE SAN LUIS BARBOSA, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 2023-08-15
AUTOR: [Nombre del autor]
REVISOR: [Nombre del revisor]
APROBADO: [Nombre del aprobador]

INDICADA: 05
HOJA: 2
REPORTE: 18



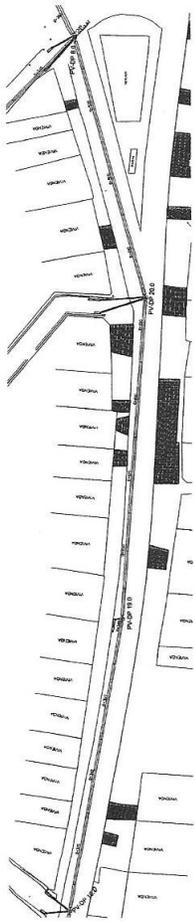
PLANTA GENERAL SECTOR 2



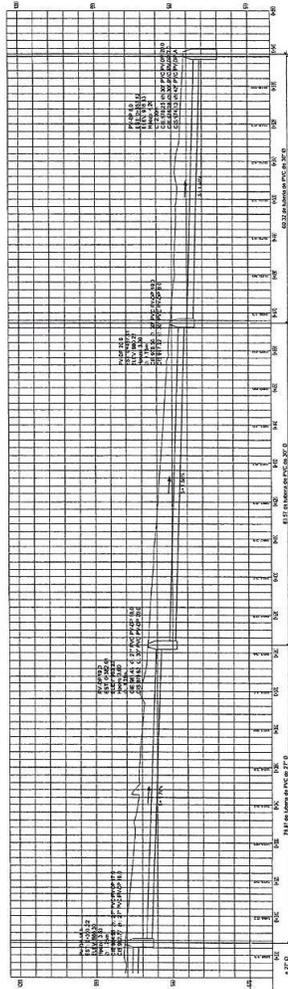
PLANTA DE REFERENCIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL	
SECCION DE INGENIERIA CIVIL	
INSTITUTO VECINAL DE INGENIERIA CIVIL DE GUATEMALA	
CALLE 18 Y 19 AVENIDA MARCIAL Y MARTEL LAMAZO SAN	
CAROLINA	
PROYECTO:	PLANTA GENERAL SECTOR 2
ESCALA:	1:500
FECHA:	18/08/2012
ELABORADO POR:	ING. OSCAR ALBERTO RAMIREZ
REVISADO POR:	ING. OSCAR ALBERTO RAMIREZ
APROBADO POR:	ING. OSCAR ALBERTO RAMIREZ
ESCALA:	18





PLANTA DE PABERES A PABERES



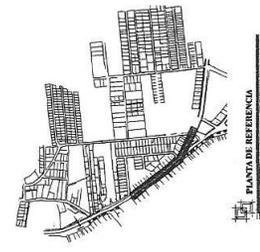
PERFIL DE PABERES A PABERES

REFERENCIAS

PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PABERES A PABERES
CLIENTE	COMITÉ DE FOMENTO DE LA ZONA DE PABERES
PROYECTANTE	ING. OSCAR ALBERTO HERNÁNDEZ
PROYECTADO POR	ING. OSCAR ALBERTO HERNÁNDEZ
PROYECTADO EN	BOGOTÁ, COLOMBIA
PROYECTADO EN	NOVIEMBRE DE 2010

DEFINICIONES DE SIMBOLOS Y ACRÓNIMOS:
 LA LINEA SÓLIDA REPRESENTA LA LINEA DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PABERES A PABERES.
 LA LINEA PUNTEADA REPRESENTA LA LINEA DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PABERES A PABERES.

NO MINICATURA



PLANTA DE REFERENCIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Alguero Hernández
 ASISTENTE SUPERVISOR DE OBRAS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

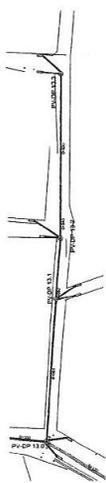
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN DEL PABERES A PABERES
 CLIENTE: COMITÉ DE FOMENTO DE LA ZONA DE PABERES
 PROYECTANTE: ING. OSCAR ALBERTO HERNÁNDEZ

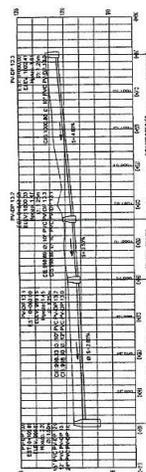
INSTRUMENTO: PLANTA + PERILTRAMO DE PABERES 18.0 A PABERES 8.0
 ESCALA: 1:50
 FECHA: 2010-11-10

PROYECTADO POR: 08
 PROYECTADO EN: 2
 PROYECTADO EN: 18

BOGOTÁ, COLOMBIA



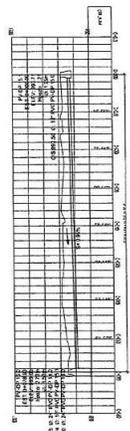
PLANTA DE P.V.P. 133 A P.V.P. 130
Escala: 1:500



PERFIL DE P.V.P. 133 A P.V.P. 130
Escala: 1:500



PLANTA DE P.V.P. 151 A P.V.P. 150
Escala: 1:500

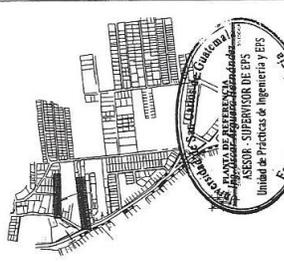


PERFIL DE P.V.P. 151 A P.V.P. 150
Escala: 1:500

REFERENCIAS	
Simbología	SECCION DE TUBERIA
...	...

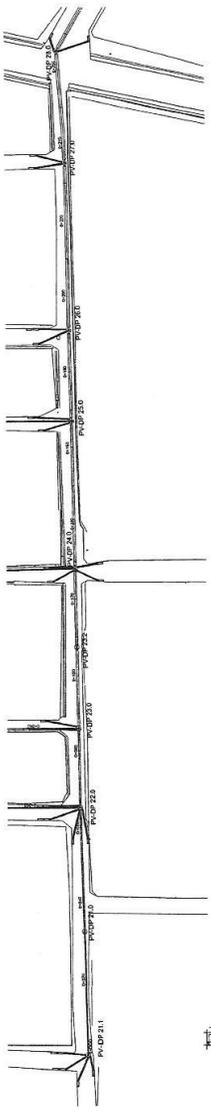
NOMENCLATURA	
...	...

LA TUBERIA Y ACCESORIOS DEBE SER DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS DE COLOMBIA (A.I.C.) EN SU VIGENCIA Y SUS MODIFICACIONES.

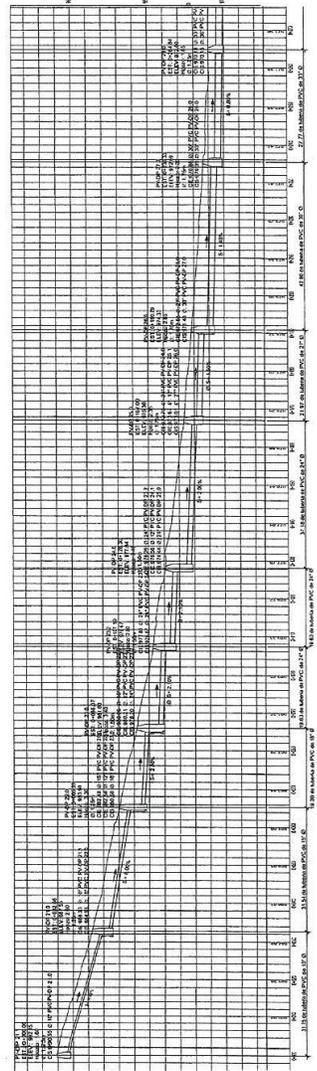


UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE...

INDICADOR	VALOR
INDICADOR 01	2
INDICADOR 02	09
INDICADOR 03	18

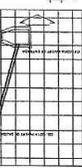


PLANTA DE PVDS 21.1 A PVDS 26.0



PERFIL DE PVDS 21.1 A PVDS 26.0

REFERENCIAS	
LIBRO	DESCRIPCION
1	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
2	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
3	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
4	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
5	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
6	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
7	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
8	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
9	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
10	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
11	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
12	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
13	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
14	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
15	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
16	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
17	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
18	PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA



REGISTRACION DE OBRAS Y ACCIONES.



PLANTA DE REFERENCIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

ING. OSCAR ARGÜERO HERNÁNDEZ
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA Y CIENCIAS

REPORTE DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PLURAL DE LA COMUNIDAD SAN CARLOS (MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS)

UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS

PLANTA Y PERFIL TRAMO DE ALIMENTACION PLURAL DE SAN CARLOS

AUTORIA: **HILDA CALDERIN**

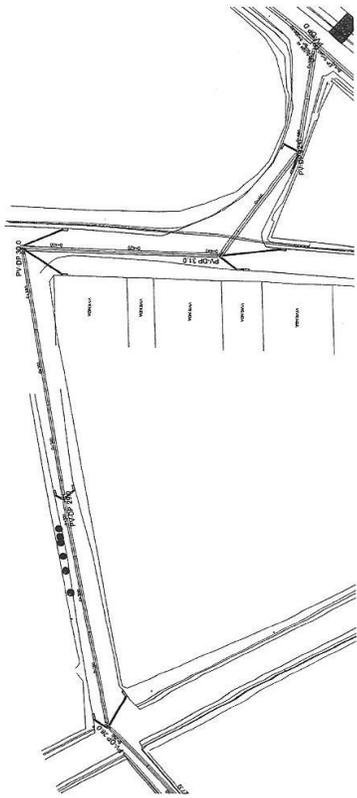
FECHA: **2018**

CATEDRA: **SEMINARIO**

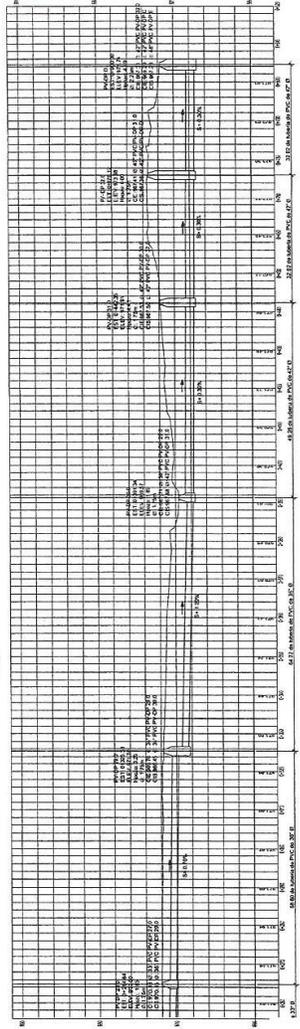
MATERIA: **SEMINARIO**

CATEDRATICO: **HILDA CALDERIN HERNANDEZ**

CATEDRA: **SEMINARIO**



PLANTA DE P.V. 2.0 A P.V. 2.0 D



PERFIL: P.V. 2.11 A P.V. 2.0

REFERENCIAS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	POSO DE LA UNIDAD CURR.
	INTERVALO DE TIEMPO
	TIPO DE UNIDAD CURR.
	TIPO DE UNIDAD CURR.

DESCRIPCION DE TIEMPO Y ACCIONES:
 1. TIEMPO DE TRAYECTO DE LA UNIDAD CURR. EN EL SALON DE CLASES.
 2. TIEMPO DE TRAYECTO DE LA UNIDAD CURR. EN EL SALON DE CLASES.
 3. TIEMPO DE TRAYECTO DE LA UNIDAD CURR. EN EL SALON DE CLASES.



PLANTA DE REFERENCIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

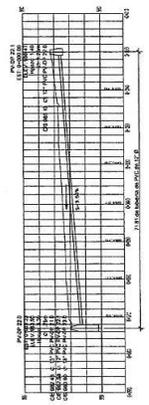


INDICACION	12
FECHA	2
SECCION	18

PROYECTO DE ANEXO EDUCACIONAL TERCERO



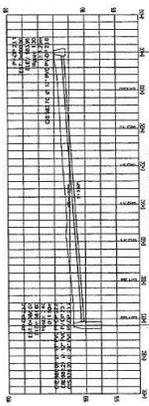
PLANTA DE PVDS 218 A PVDS 218
Escala: 1:100



PERFIL DE PVDS 218 A PVDS 218
Escala: 1:100



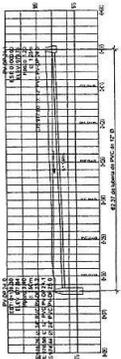
PLANTA DE PVDS 219 A PVDS 219
Escala: 1:100



PERFIL DE PVDS 219 A PVDS 219
Escala: 1:100



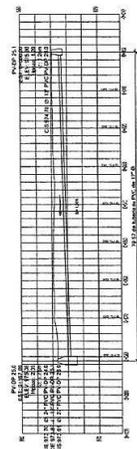
PLANTA DE PVDS 240 A PVDS 240
Escala: 1:100



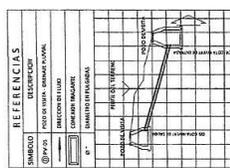
PERFIL DE PVDS 240 A PVDS 240
Escala: 1:100



PLANTA DE PVDS 250 A PVDS 250
Escala: 1:100



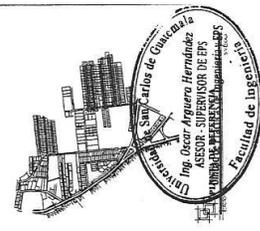
PERFIL DE PVDS 250 A PVDS 250
Escala: 1:100



ESPECIFICACIONES DE TIENDA Y ACCESORIOS:
 LA TIENDA Y ACCESORIOS DEBE SER DE PVC, CON MUYAS LUBRICADAS (MUYAS DE POLIURETANO) Y CANTON DE PLASTICO O METAL.
 DEBE SER MANTENIDO.

INDICACIONES DE TIENDA Y ACCESORIOS:

NOBENCIA TURA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE VIAL
 UNIDAD PROFESIONAL SUPLENDRADA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 ESPECIALIDAD EN INGENIERIA DE VIAL

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

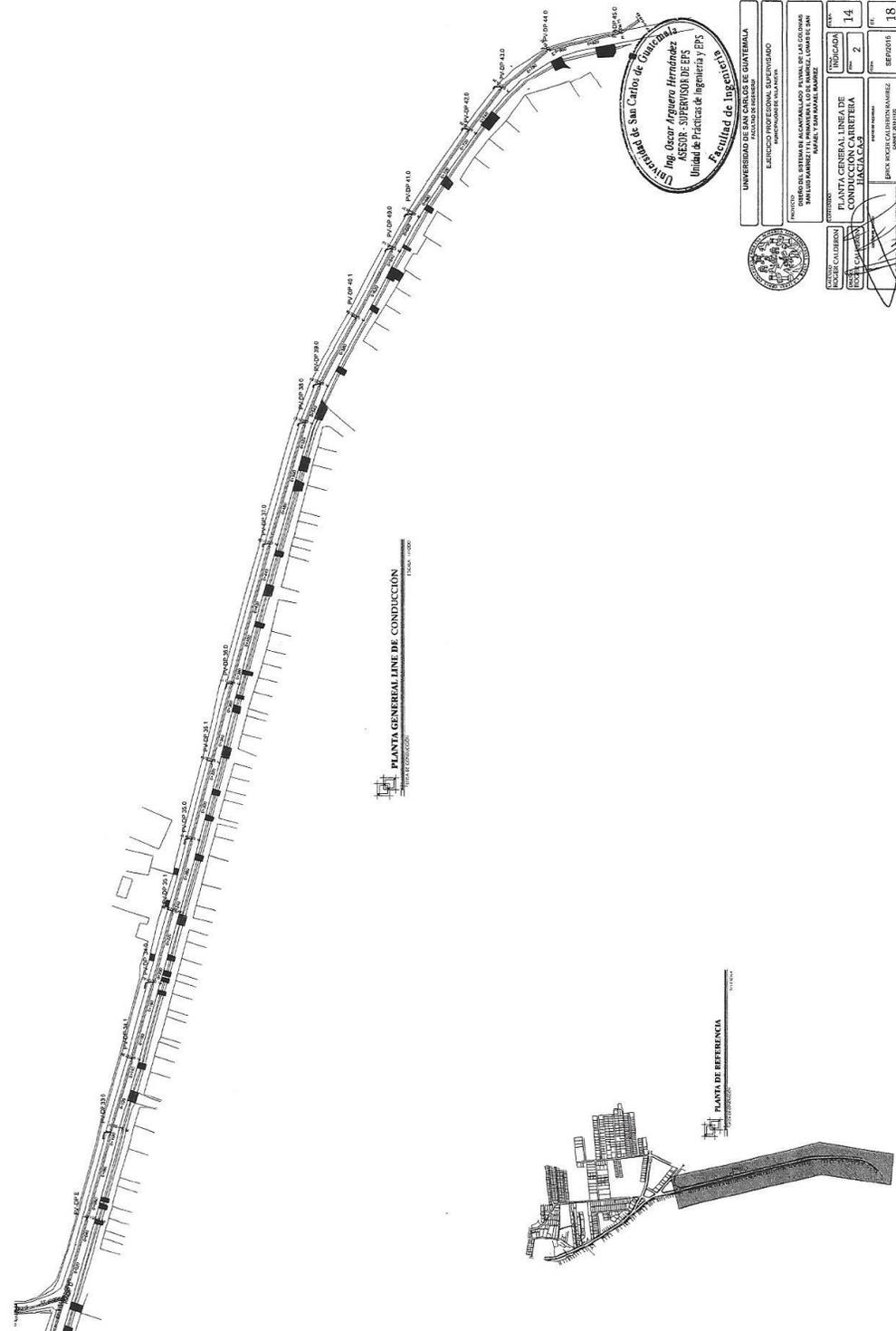
PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROFESOR
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 Director General de PPS

PROYECTO DE ANEXOS PARA LA LÍNEA GENERAL DE CONDUCCIÓN



PLANTA GENERAL LINEA DE CONDUCCIÓN
Escala: 1:1000

PLANTA DE REFERENCIA
Escala: 1:1000

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Arriaga Hernández
MESTR. SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA Y EPS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIAS ELÉCTRICAS
ELECTRICO PROFESIONAL ESPECIALIZADO

PROYECTO: PLANTA GENERAL LINEA DE CONDUCCIÓN PARA LAS PARTES 1 Y 2 DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LAS ZONAS DE SAN CARLOS Y SAN JUAN DEL SACRAL
PARTE 1 Y 2 DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

INSTRUMENTOS: PLANIMETRIA, ALTA, BAJA, LÍNEA DE CONDUCCIÓN, CABLEADO, CABLEADO, CABLEADO

ESCALA: 1:1000

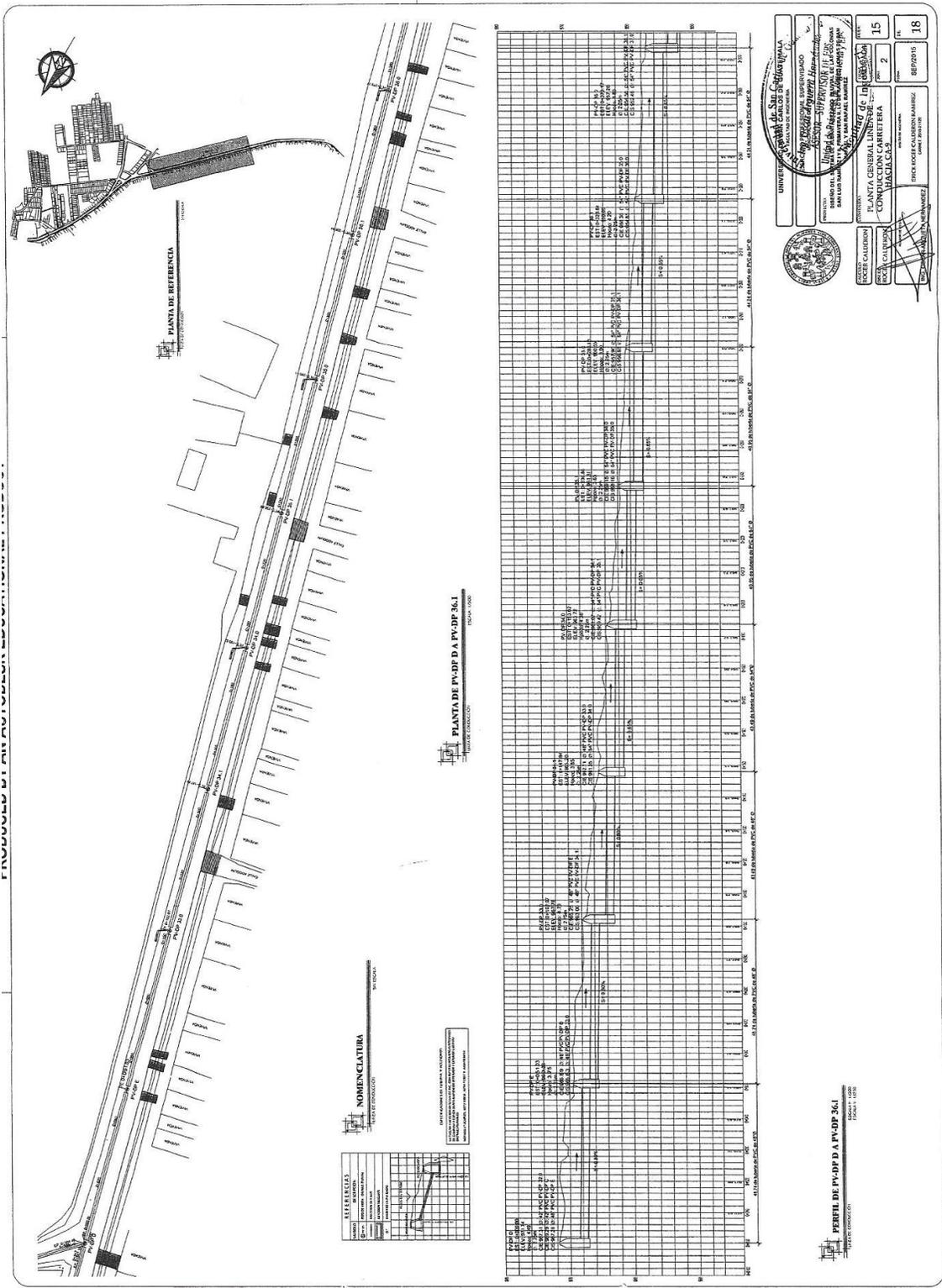
FECHA: 2018

PROFESOR: DR. OSCAR ARRIAGA HERNÁNDEZ

ESTUDIANTE: OSCAR ARRIAGA HERNÁNDEZ

SECCIÓN: 18

PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I



REFERENCIAS

1	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
2	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
3	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
4	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
5	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I

NOMENCLATURA

1	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
2	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
3	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
4	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I
5	PROYECTO DE ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I

PLANTA DE P.V.D.P. A P.V.D.P. 36.1
 ESCALA: 1:500

PERFIL DE P.V.D.P. A P.V.D.P. 36.1
 ESCALA: 1:500

UNIVERSIDAD DEL SAHARA OCCIDENTAL
 Facultad de Ingenierías
 Ingeniería de Caminos, Puentes e Hidráulica
 Instituto de Caminos, Puentes e Hidráulica

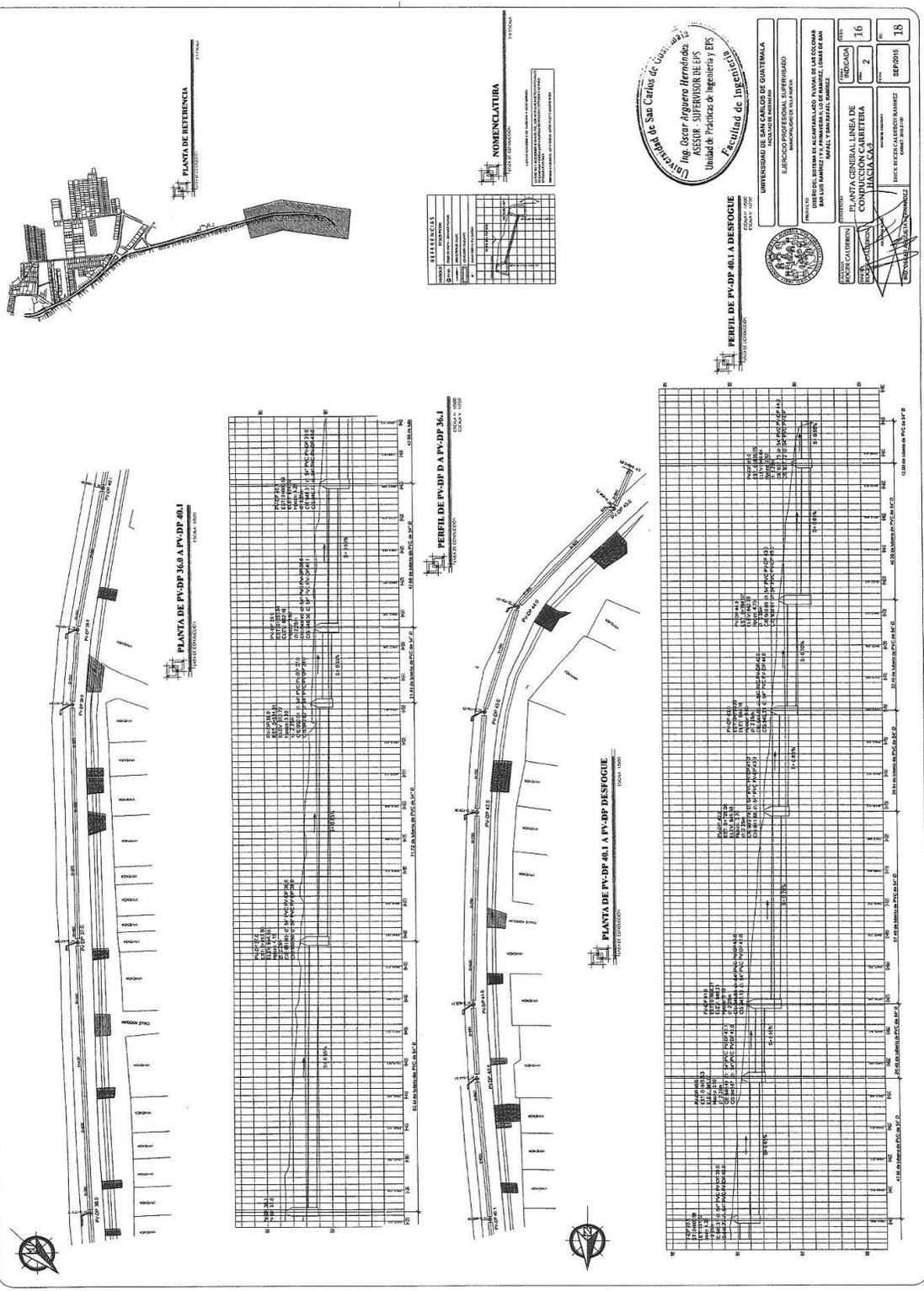
PROYECTO: ANILUBRACION EDUCACIONAL PROYECTO I

PROFESOR: FRANCISCO J. GARCIA

ALUMNO: FRANCISCO J. GARCIA

FECHA: 15 DE ABRIL DE 2011

HOJA: 16 DE 16



PLANTA POZO DE VISTA TIPO 1

PLANTA POZO DE VISTA TIPO 2

SECCIÓN A-A TRAGANTE TIPO B

SECCIÓN B-B TRAGANTE TIPO B

DETALLE TRAGANTE TIPO R

DETALLE TAPADERA TIPO R

DETALLE TAPADERA TIPO 1

DETALLE TAPADERA TIPO 2

DETALLE POZO DE VISTA TIPO 1

DETALLE POZO DE VISTA TIPO 2

COMPARACION POZOS DE VISTA

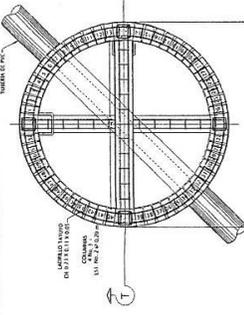
TIPO	RANGO DE ALTURA (M)	DIAMETRO (M)
1	0.80 - 1.30	1.21
2	1.31 - 1.80	1.25
3	1.81 - 2.30	1.50
4	2.31 - 2.80	1.75
5	2.81 - 3.30	1.75
6	3.31 - 3.80	2.00
7	3.81 - 4.30	2.25

ESPECIFICACIONES

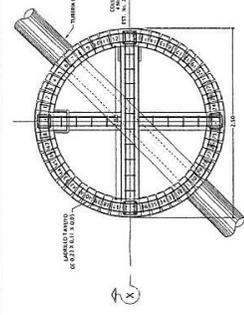
- EL POZO DE VISTA DEBE SER DE CONCRETO ARMADO.
- EL CUBO DE VENTILACION DEBE SER DE CONCRETO ARMADO.
- LOS POZOS DE VISTA DEBEN SER DE TIPO 1 O 2.
- LOS POZOS DE VISTA DEBEN SER DE TIPO 1 O 2.
- LOS POZOS DE VISTA DEBEN SER DE TIPO 1 O 2.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

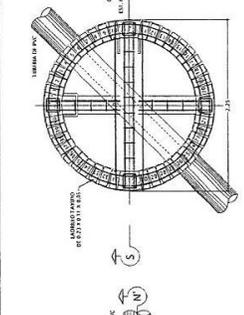
Ing. Oscar Figueroa Hernández
ASESOR, SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



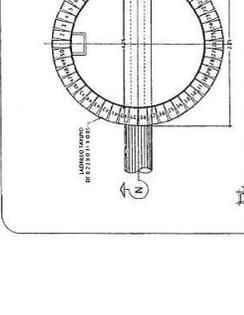
PLANTA POZO DE VISITA TIPO 1



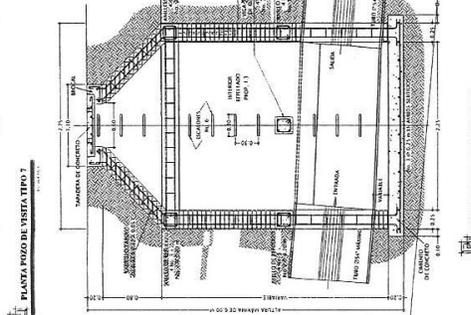
PLANTA POZO DE VISITA TIPO 2



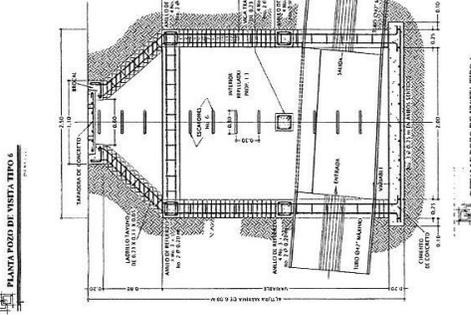
PLANTA POZO DE VISITA TIPO 3



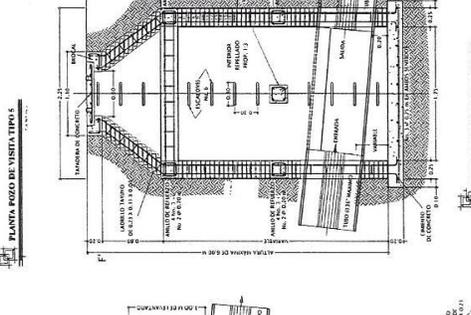
PLANTA POZO DE VISITA TIPO 4



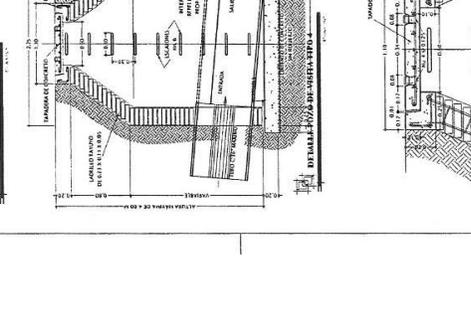
DETALLE POZO DE VISITA TIPO 1



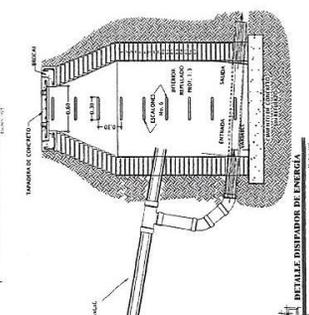
DETALLE POZO DE VISITA TIPO 2



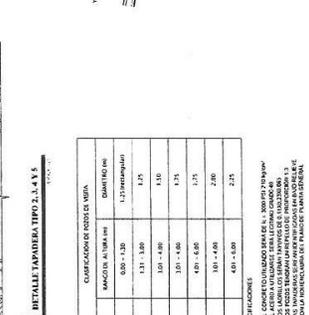
DETALLE POZO DE VISITA TIPO 3



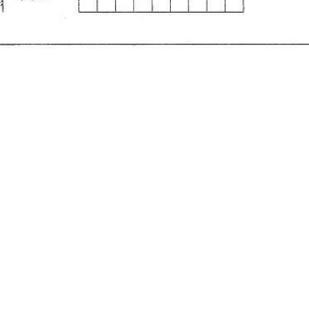
DETALLE POZO DE VISITA TIPO 4



DETALLE POZO DE VISITA TIPO 5



DETALLE POZO DE VISITA TIPO 6



DETALLE POZO DE VISITA TIPO 7

ESPECIFICACIONES:

- EL CONCRETO USADO DEBE SER DE CLASE C-200 MPa (2900 PSI)
- EL ACERO USADO DEBE SER DE CLASE E-60 MPa (87000 PSI)
- LOS PISOS DEBEN SER DE CONCRETO DE 10 CM DE ESPESURAS
- LOS PISOS DEBEN SER DE CONCRETO DE 10 CM DE ESPESURAS
- CON LA INTERVENCIÓN DE UN INGENIERO CIVIL

TIPO	CLASIFICACION DE POZO DE VISITA	QUANTIFICACION
1	200 x 200	1.25
2	300 x 300	1.50
3	400 x 400	1.75
4	500 x 500	2.00
5	600 x 600	2.25
6	700 x 700	2.50
7	800 x 800	2.75

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

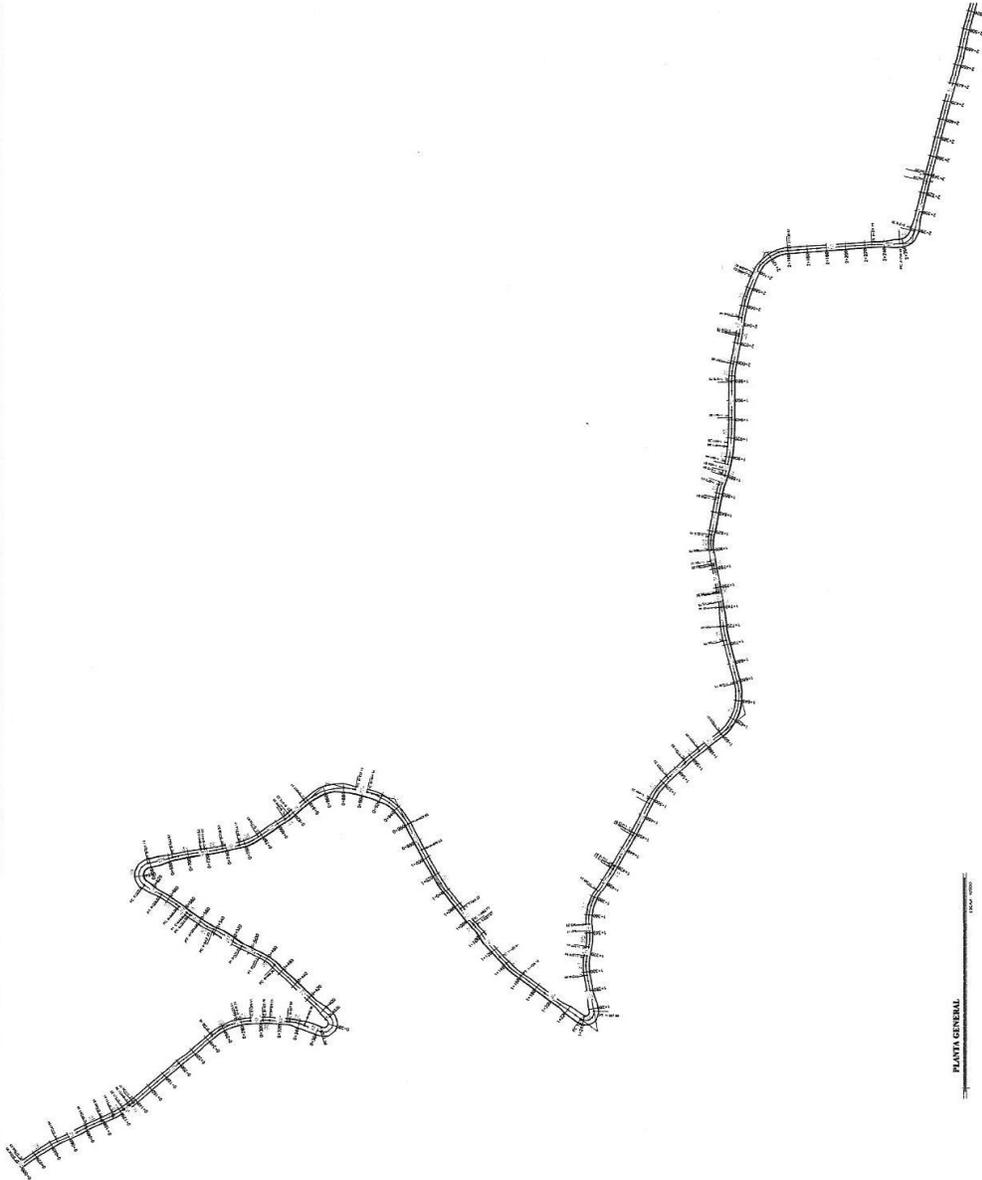
Ing. Oscar Arguero Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

PROF. ALEJANDRO
PROF. JUAN CARLOS
PROF. JUAN CARLOS

INDICADA
2
18

SEPARTE
18

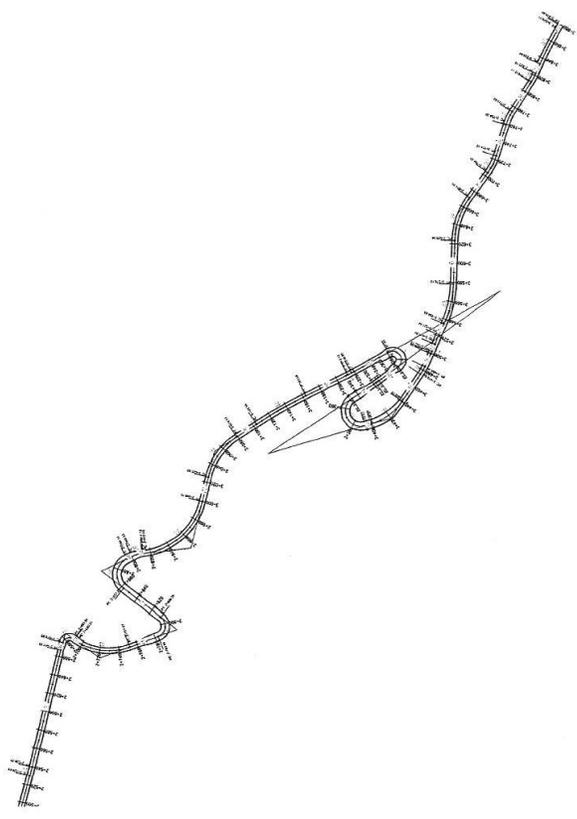


PLANTA GENERAL

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Arguero Hernández
ESPECIALISTA SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Escuela de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MATERIA: INGENIERIA DE VIAL	
TITULO: PLANIFICACION DE LA CARRETERA DE ACCESO DE TULA	
FECHA DE ELABORACION: 16 DE ABRIL DEL 2010	
ESCUELA DE INGENIERIA	PLANTA GENERAL
UNIDAD DE PRACTICAS	INGENIERIA
PROFESOR	01
ALUMNO	8
FECHA DE ENTREGA	SEPTIEMBRE
FECHA DE CALIFICACION	16

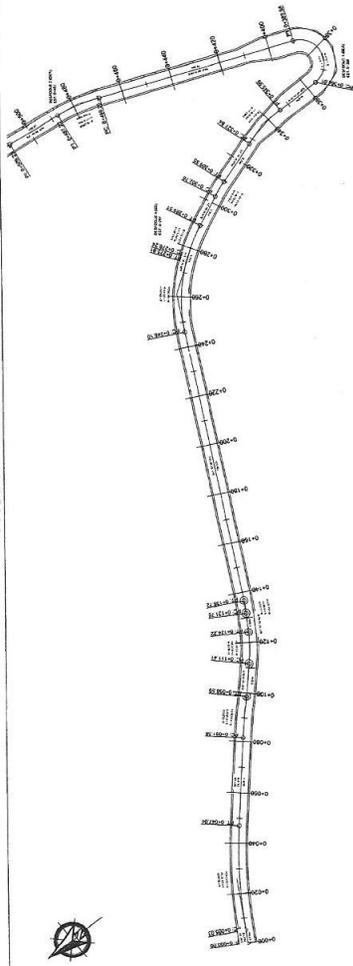
FINANCIADO POR EL GOBIERNO NACIONAL Y MUNICIPAL



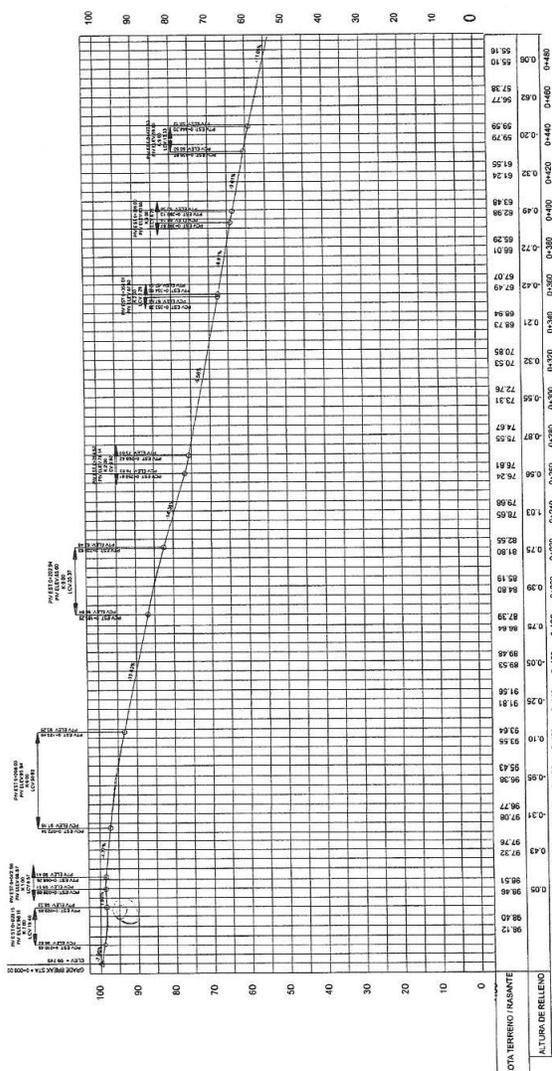
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Alguero Hernández
 ASesor SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería, EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA	
MATERIA: INGENIERIA DE CARRETERAS	
TITULO: INGENIERO EN CARRETERAS	
CARRERA: INGENIERIA DE CARRETERAS	
SEMESTRE: 8	
CATEDRA: INGENIERIA DE CARRETERAS	
FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO: 2020/11/16	

PIANTA GENERAL



PLANTA ESTACION 0+000 @ 0+480



PERFIL ESTACION 0+000 @ 0+480

1	INDICACION
2	PRINCIPIO DE TANGENTE
3	DEFINICION
4	FIN DE TANGENTE
5	PRINCIPIO DE INTERSECCION VERTICAL
6	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
7	FIN DE CURVA VERTICAL
8	PRINCIPIO DE INTERSECCION VERTICAL
9	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
10	FIN DE CURVA VERTICAL
11	VALOR DE VELOCIDAD DE CURVA
12	ESTACION
13	ELEVACION

Universidad de Guatemala
 Ing. Oscar Alvarado Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE LOS
 trabajos de Ingeniería y Construcción
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y Construcción

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERAS DE INGENIERIA CIVIL Y DE CALIDAD
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y DE CALIDAD
 UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION

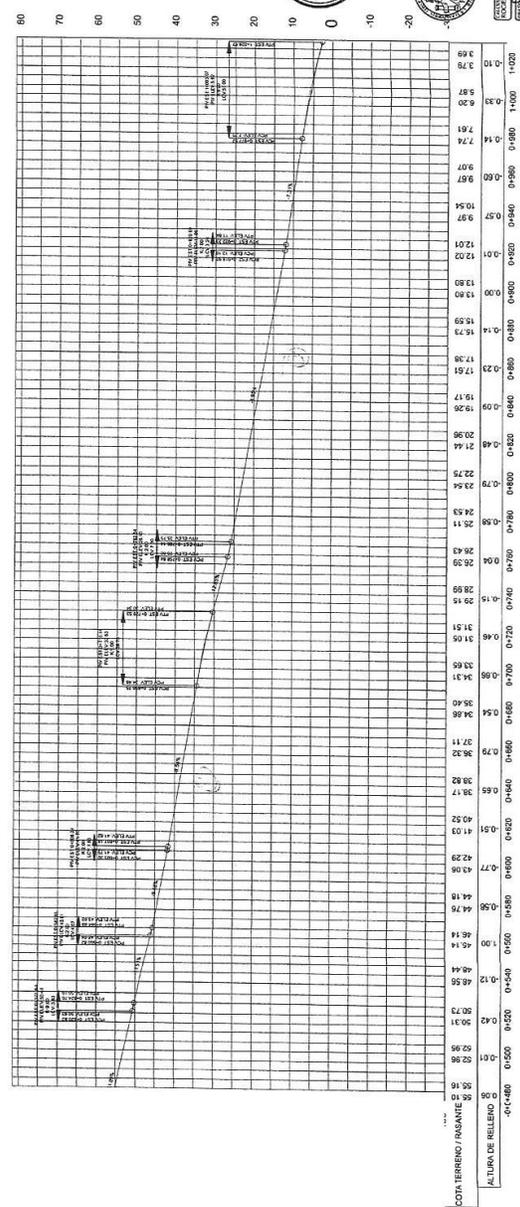
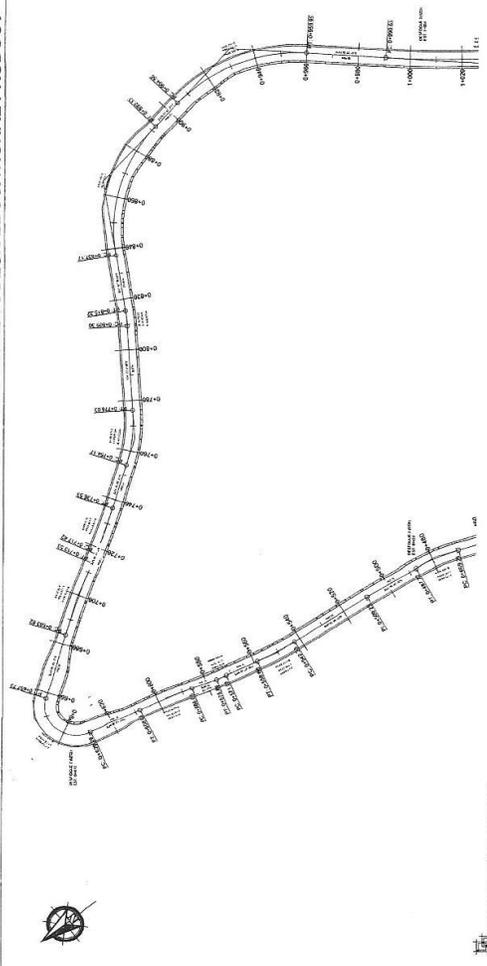
PROYECTO: [Blank]
 TITULO: [Blank]
 GRUPO: [Blank]
 FECHA: [Blank]

ESTUDIANTE: [Blank]
 NOMBRE: [Blank]
 CARNET: [Blank]

PROFESOR: [Blank]
 NOMBRE: [Blank]
 CARNET: [Blank]

FECHA: [Blank]

03
 8
 16



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ASISTENTE DE ENSEÑANZA
 Ing. Oscar Aguilar
 Unidad de Prácticas de Ingeniería
 Calle 14-100, Zona 14
 Ciudad de Guatemala

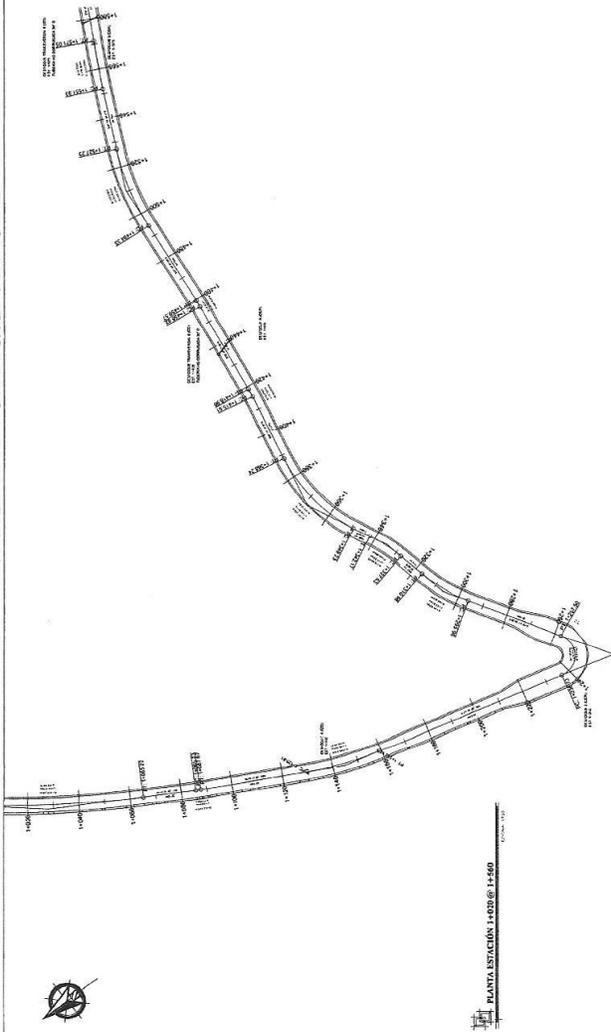
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ASISTENTE DE ENSEÑANZA
 Ing. Oscar Aguilar
 Unidad de Prácticas de Ingeniería
 Calle 14-100, Zona 14
 Ciudad de Guatemala



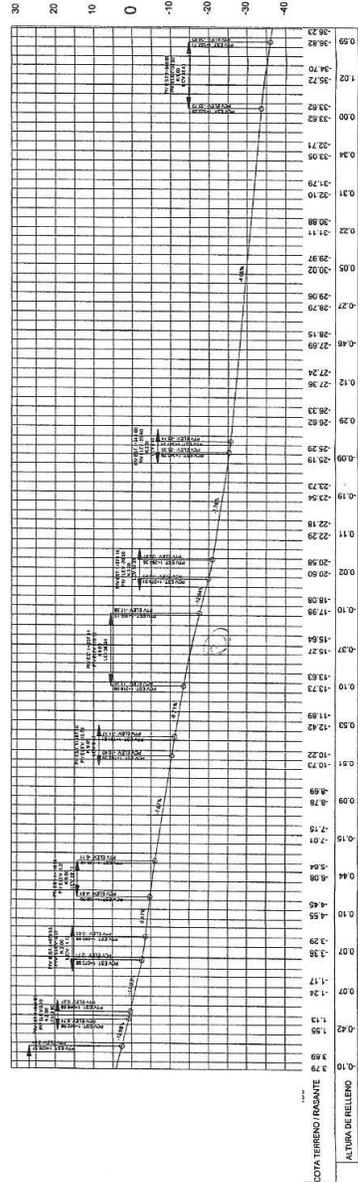
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ASISTENTE DE ENSEÑANZA
 Ing. Oscar Aguilar
 Unidad de Prácticas de Ingeniería
 Calle 14-100, Zona 14
 Ciudad de Guatemala



FINANCIADA POR EL GOBIERNO FEDERAL DE GUATEMALA



PLANTA SECCION 1+025 @ 1:400



PERFIL TERRENO PASANTE @ 1:400

PERFIL SECCION 1+025 @ 1:400



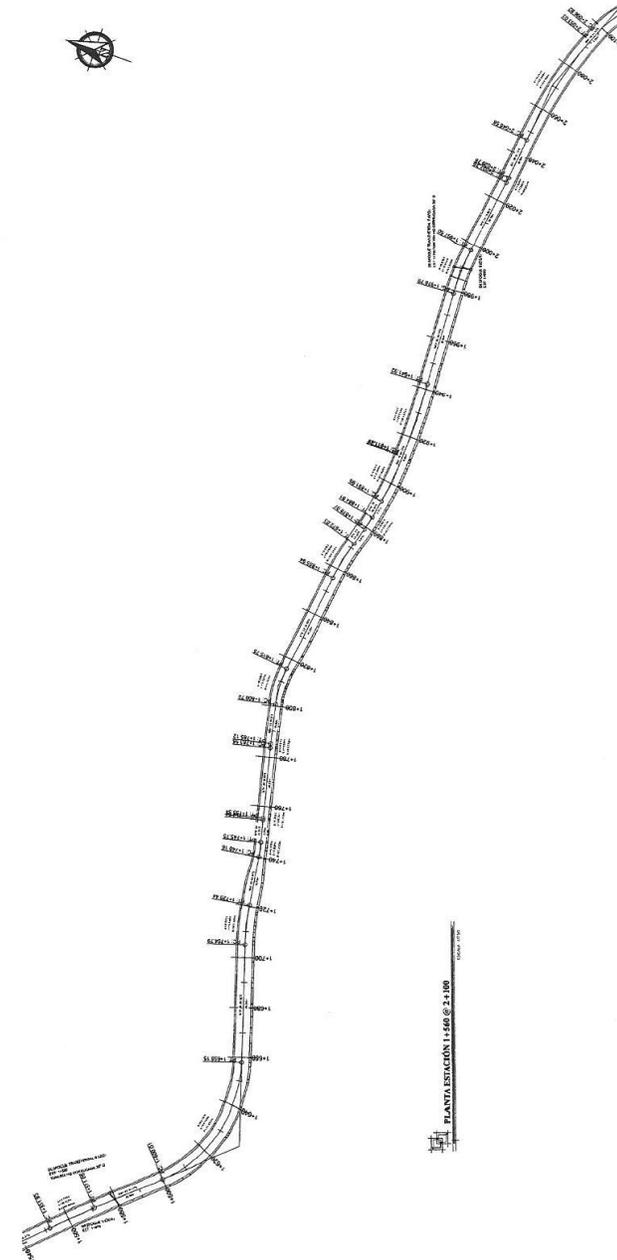
1.	PRINCIPIO DE CURVA
2.	FIN DE CURVA
3.	MEJORA DE CIMENTACION
4.	MEJORA DE CIMENTACION DE PAVIMENTO
5.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO
6.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
7.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO
8.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO
9.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO
10.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO
11.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO DE CEMENTO
12.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
13.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
14.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
15.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
16.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
17.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
18.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
19.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO
20.	RENOVIACION DE CIMENTACION DE PAVIMENTO DE CEMENTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
CATEDRA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

FECHA DE ENTREGA	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016
FECHA DE CALIFICACION	14/05/2016

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA



PLANTA ESTACIÓN 1+50 @ 1:100

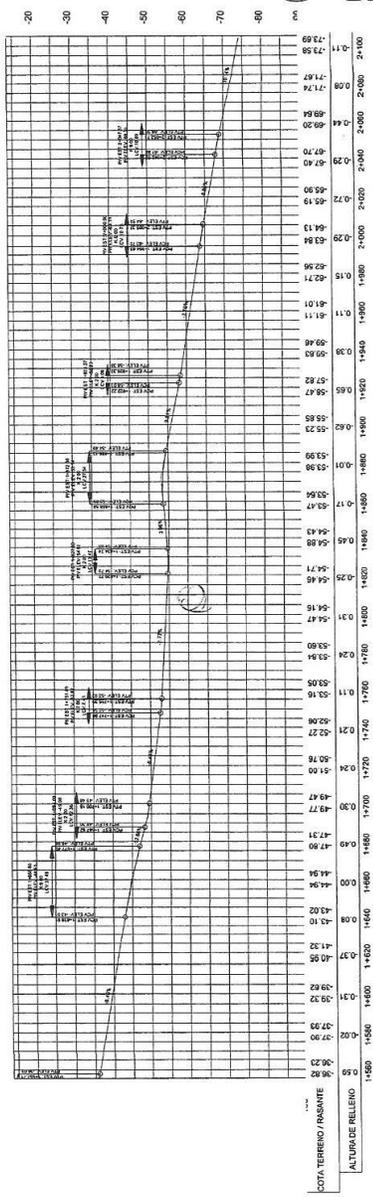
Universidad Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE LAS
 Obras de Prácticas de Ingeniería y EPS

1	SEÑALIZACIÓN
2	DRENAJE
3	RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA
4	OTRAS OBRAS
5	OTRAS OBRAS
6	OTRAS OBRAS
7	OTRAS OBRAS
8	OTRAS OBRAS
9	OTRAS OBRAS
10	OTRAS OBRAS
11	OTRAS OBRAS
12	OTRAS OBRAS
13	OTRAS OBRAS
14	OTRAS OBRAS
15	OTRAS OBRAS
16	OTRAS OBRAS
17	OTRAS OBRAS
18	OTRAS OBRAS
19	OTRAS OBRAS
20	OTRAS OBRAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



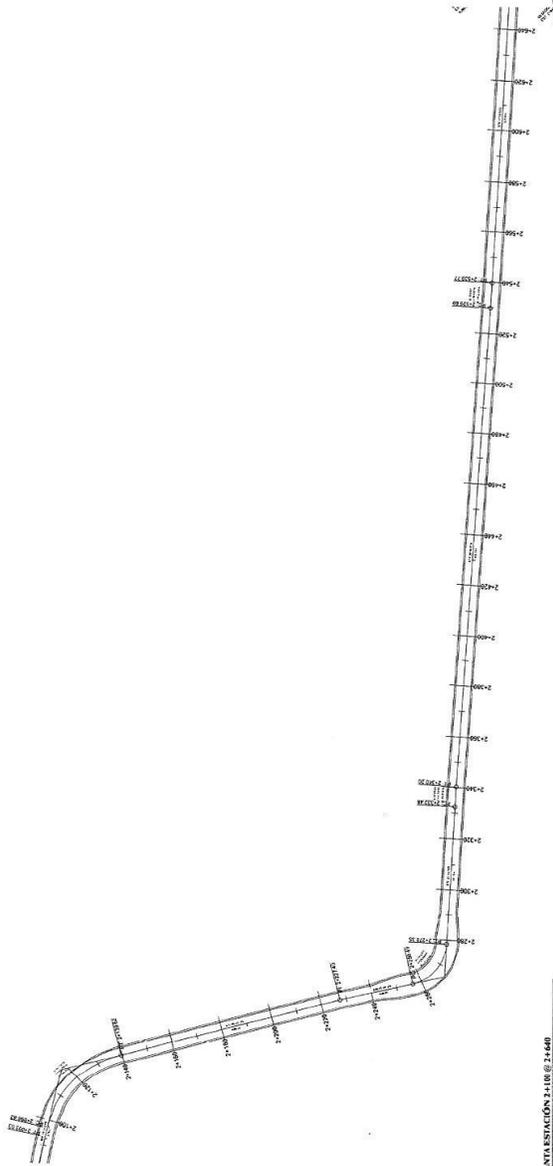
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	INDICACION
FACULTAD DE INGENIERÍA	INDICACION
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	INDICACION
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA	INDICACION
ESTACIÓN 1+50 @ 1:100	INDICACION
FECHA DE ELABORACIÓN	INDICACION
FECHA DE APROBACIÓN	INDICACION
FECHA DE EJECUCIÓN	INDICACION
FECHA DE ENTREGA	INDICACION
FECHA DE CANCELACIÓN	INDICACION
FECHA DE ARCHIVO	INDICACION
FECHA DE RECUPERACIÓN	INDICACION
FECHA DE RESTAURACIÓN	INDICACION
FECHA DE REVISIÓN	INDICACION
FECHA DE ACTUALIZACIÓN	INDICACION
FECHA DE OTROS	INDICACION



COTA TERRENO / PAVANTE

ALTIPLANO DE PASELLO

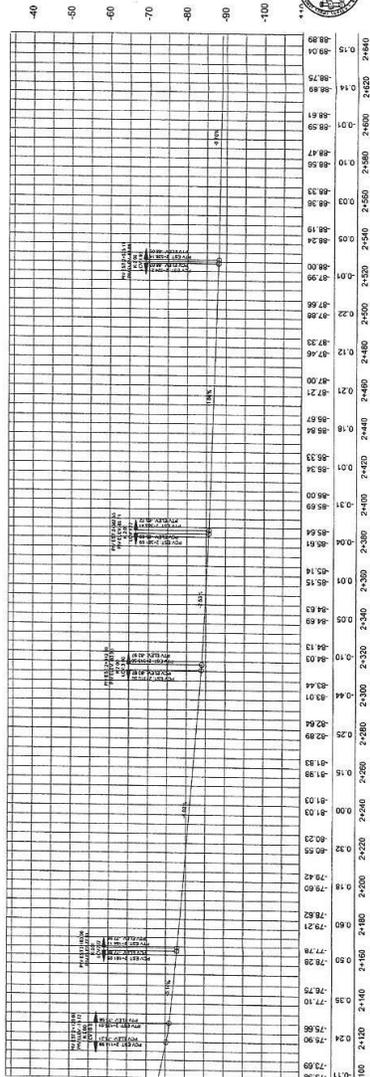
PROFIL ESTACIÓN 1+50 @ 1:100



PLANTA ESTACION 2+100 @ 2+440

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

SIMBOLOGIA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PUNTO DE TANGENTE
PI	INTERSECCION DE TANGENTES
LC	LONGITUD DE CURVA
CR	RADIO DE CURVA
PCV	PUNTO DE CURVA VERTICAL
PVI	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE TANGENTE VERTICAL
EST	ESTACION
ELV	ELEVACION
ELV	DIFERENCIA TANGENCIAL



PERFIL ESTACION 2+100 @ 2+440

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERVISADO
 MAESTRO EN CIENCIAS
 INSTITUTO DE ADMINISTRACION DE LA UNIVERSIDAD Y ACCESOS DE LA
 AVENIDA COMERCIAL Y LA ZONA DEL COMERCIO

PROYECTO: PLANTA Y PERFIL DE 2+100 A 2+440

FECHA: 07/08/2020

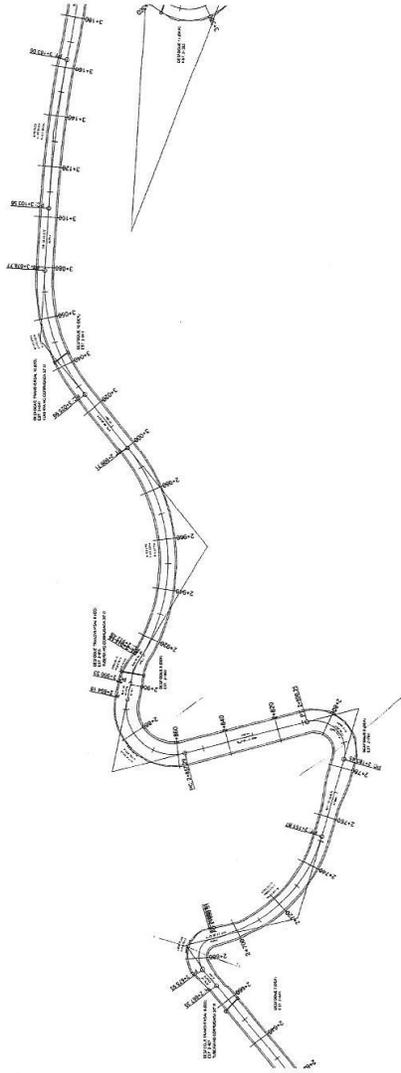
SECCION: B

SECCION: 16

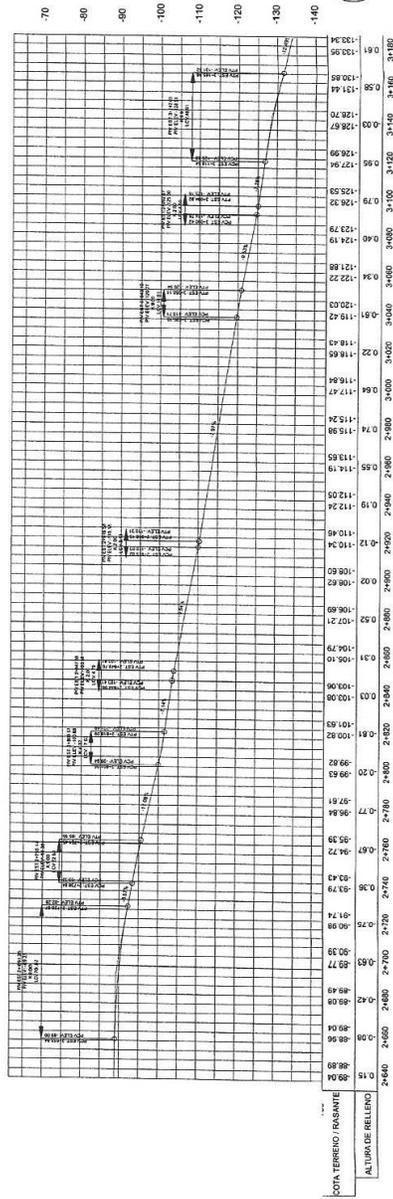
PROFESOR: OSCAR ARGUERO HERNANDEZ

ESTUDIANTE: [Signature]





PLANTA ESTACION 2+646 @ 3+180



PERFIL ESTACION 2+646 @ 3+180

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

ABRIGADO	SIMBOLOGIA
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	FIN DE CURVA
PI	VERTICE DE TANGENTE
LA	ANGULO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
PTA	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PVT	VERTICE DE TANGENTE VERTICAL
PVA	FIN DE TANGENTE VERTICAL
LTV	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
LOC	CURVA DE CORONA
EST	ESTACION
ELEV	ELEVACION
DT	DISEÑO TRANSVERSAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE VIALS Y OBRAS DE FERROCARRIL

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SECTOR DE LA CALLE DE LA PAZ EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/08/2018

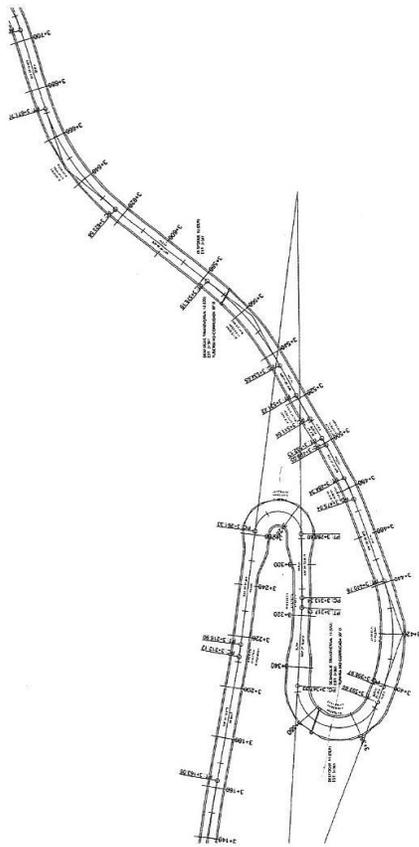
PROFESOR: ING. OSCAR ARZUERO HERNANDEZ

ALUMNO: JUAN CARLOS GONZALEZ RAMIREZ

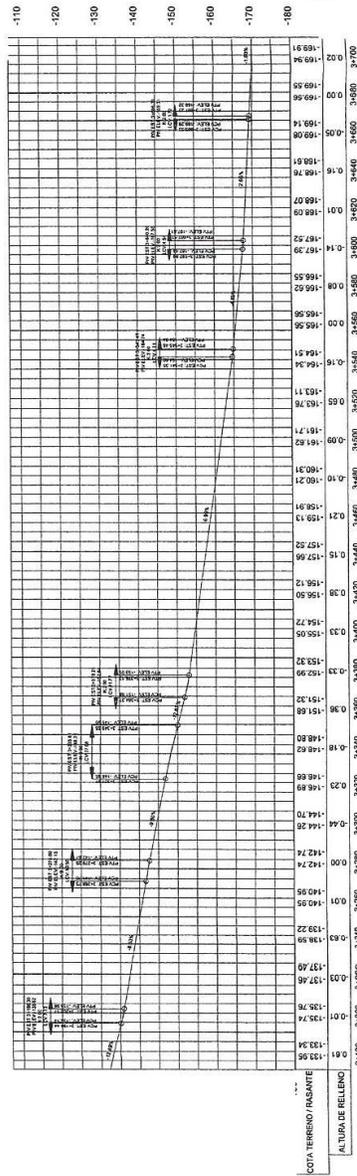
GRUPO: 08

FECHA DE ENTREGA: 16/08/2018

PROYECTO DE ANILLO EN LA AVENIDA FRANCISCO DE MORA



PLANTA ESTACIÓN 3+110 a 3+700



PERFIL ESTACIÓN 3+110 a 3+700

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

SIMBOLOGÍA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PUNTO DE TANGENTE
PI	INICIO DE CURVA
LC	LONGITUD DE CURVA
EC	FIN DE CURVA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PVI	PUNTO DE TANGENTE VERTICAL
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PVC	COMIENZO DE CURVA
LEV	ELEVACIÓN
TV	DIRECCIÓN TRANSVERSAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TRANSPORTES

GRUPO DE INVESTIGACIONES EN SISTEMAS DE TRANSPORTES

PROYECTO DE ANILLO EN LA AVENIDA FRANCISCO DE MORA

SECCION 3+110 a 3+700

PLANTA Y PERFIL EST 3+110 A 3+700

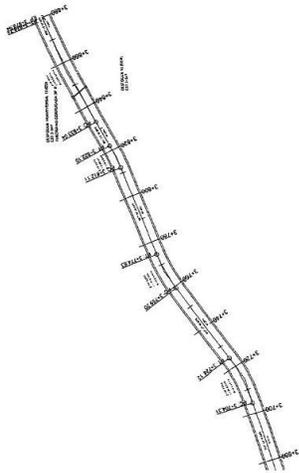
AUTOR: O. ARGUETA HERNANDEZ

FECHA: 2018

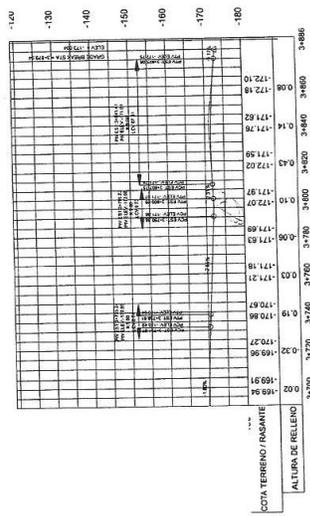
ESCALA: 1:100

PAGINA: 16

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PLANTA ESTACIÓN 3+700 @ 3+800



PERFIL ESTACIÓN 3+700 @ 3+800



ITEM	DESCRIPCION
1	PROYECTO DE OBRAS
2	PROYECTO DE OBRAS
3	PROYECTO DE OBRAS
4	PROYECTO DE OBRAS
5	PROYECTO DE OBRAS
6	PROYECTO DE OBRAS
7	PROYECTO DE OBRAS
8	PROYECTO DE OBRAS
9	PROYECTO DE OBRAS
10	PROYECTO DE OBRAS
11	PROYECTO DE OBRAS
12	PROYECTO DE OBRAS
13	PROYECTO DE OBRAS
14	PROYECTO DE OBRAS
15	PROYECTO DE OBRAS
16	PROYECTO DE OBRAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD Y SEGURIDAD DE LA CONSTRUCCION

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SECTOR URBANO DE LA ZONA DE LA VILLA VERDE

FECHA: 10/08/2010

PROYECTISTA: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

REVISOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

APROBADO: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ

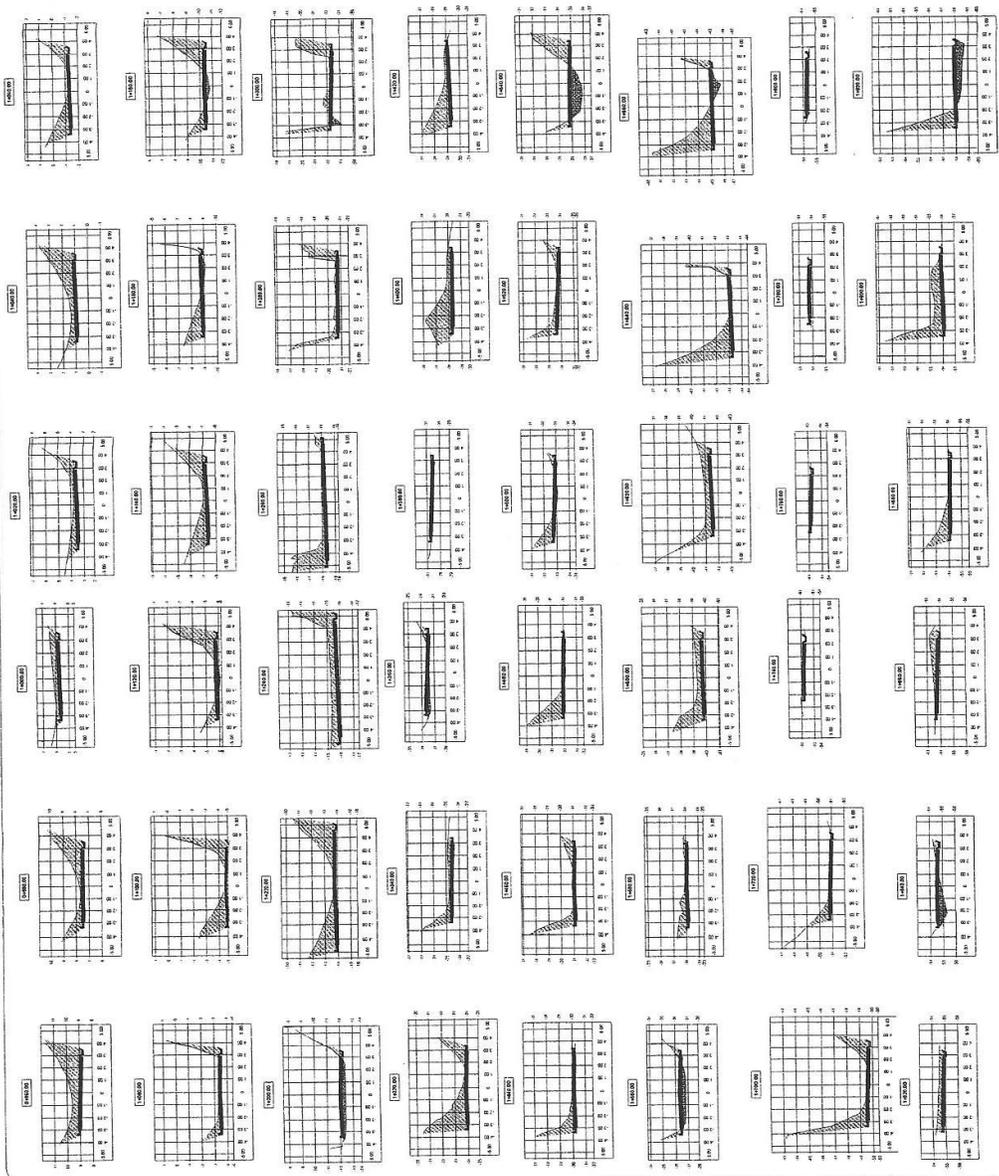
FECHA: 10/08/2010

ESCALA: 1:100

HOJA: 16

PRODUCED BY AN AUTUMN EDUCATIONAL COMPANY

TABLA DE VALORES		TABLA DE VALORES	
SECCION	VALOR	SECCION	VALOR
1	1.000	10	10.000
2	2.000	11	11.000
3	3.000	12	12.000
4	4.000	13	13.000
5	5.000	14	14.000
6	6.000	15	15.000
7	7.000	16	16.000
8	8.000	17	17.000
9	9.000	18	18.000
10	10.000	19	19.000
11	11.000	20	20.000
12	12.000	21	21.000
13	13.000	22	22.000
14	14.000	23	23.000
15	15.000	24	24.000
16	16.000	25	25.000
17	17.000	26	26.000
18	18.000	27	27.000
19	19.000	28	28.000
20	20.000	29	29.000
21	21.000	30	30.000
22	22.000	31	31.000
23	23.000	32	32.000
24	24.000	33	33.000
25	25.000	34	34.000
26	26.000	35	35.000
27	27.000	36	36.000
28	28.000	37	37.000
29	29.000	38	38.000
30	30.000	39	39.000
31	31.000	40	40.000
32	32.000	41	41.000
33	33.000	42	42.000
34	34.000	43	43.000
35	35.000	44	44.000
36	36.000	45	45.000
37	37.000	46	46.000
38	38.000	47	47.000
39	39.000	48	48.000
40	40.000	49	49.000
41	41.000	50	50.000
42	42.000	51	51.000
43	43.000	52	52.000
44	44.000	53	53.000
45	45.000	54	54.000
46	46.000	55	55.000
47	47.000	56	56.000
48	48.000	57	57.000
49	49.000	58	58.000
50	50.000	59	59.000
51	51.000	60	60.000
52	52.000	61	61.000
53	53.000	62	62.000
54	54.000	63	63.000
55	55.000	64	64.000
56	56.000	65	65.000
57	57.000	66	66.000
58	58.000	67	67.000
59	59.000	68	68.000
60	60.000	69	69.000
61	61.000	70	70.000
62	62.000	71	71.000
63	63.000	72	72.000
64	64.000	73	73.000
65	65.000	74	74.000
66	66.000	75	75.000
67	67.000	76	76.000
68	68.000	77	77.000
69	69.000	78	78.000
70	70.000	79	79.000
71	71.000	80	80.000
72	72.000	81	81.000
73	73.000	82	82.000
74	74.000	83	83.000
75	75.000	84	84.000
76	76.000	85	85.000
77	77.000	86	86.000
78	78.000	87	87.000
79	79.000	88	88.000
80	80.000	89	89.000
81	81.000	90	90.000
82	82.000	91	91.000
83	83.000	92	92.000
84	84.000	93	93.000
85	85.000	94	94.000
86	86.000	95	95.000
87	87.000	96	96.000
88	88.000	97	97.000
89	89.000	98	98.000
90	90.000	99	99.000
91	91.000	100	100.000



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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 INSTITUCION EDUCATIVA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA CATEDRA DE ACERCA DE ALA
 UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS

ESCUELA CALABON
 SECCIONES TRANSVERSALES
 EST. 0190 A. 1920

ESTADISTICA
 B
 12

EFECTOS
 16

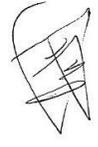
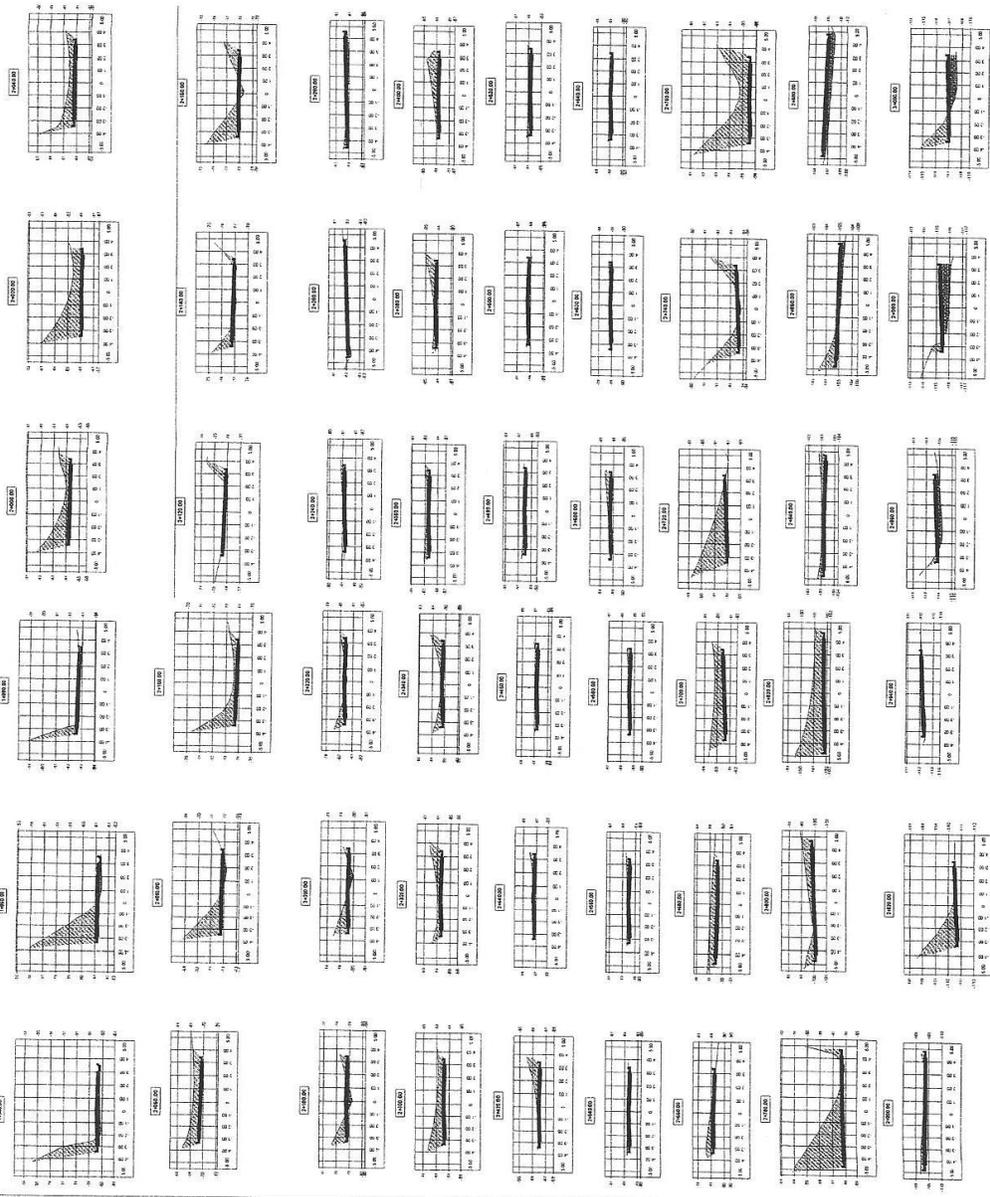
DE CLASIFICACION DE INGENIERIA

Handwritten signature or initials.

PRODUCED BY AN AUTUMN EDUCATIONAL COMPANY

SECCIONES TRANSVERSALES 0-100 @ 1:200

SECCION	AREA	PERIMETRO	VOLUMEN	AREA	PERIMETRO	VOLUMEN
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
34	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
36	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
39	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
42	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
48	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
53	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
55	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
57	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
58	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
61	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
62	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
68	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
74	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
78	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
82	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
84	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
86	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
94	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



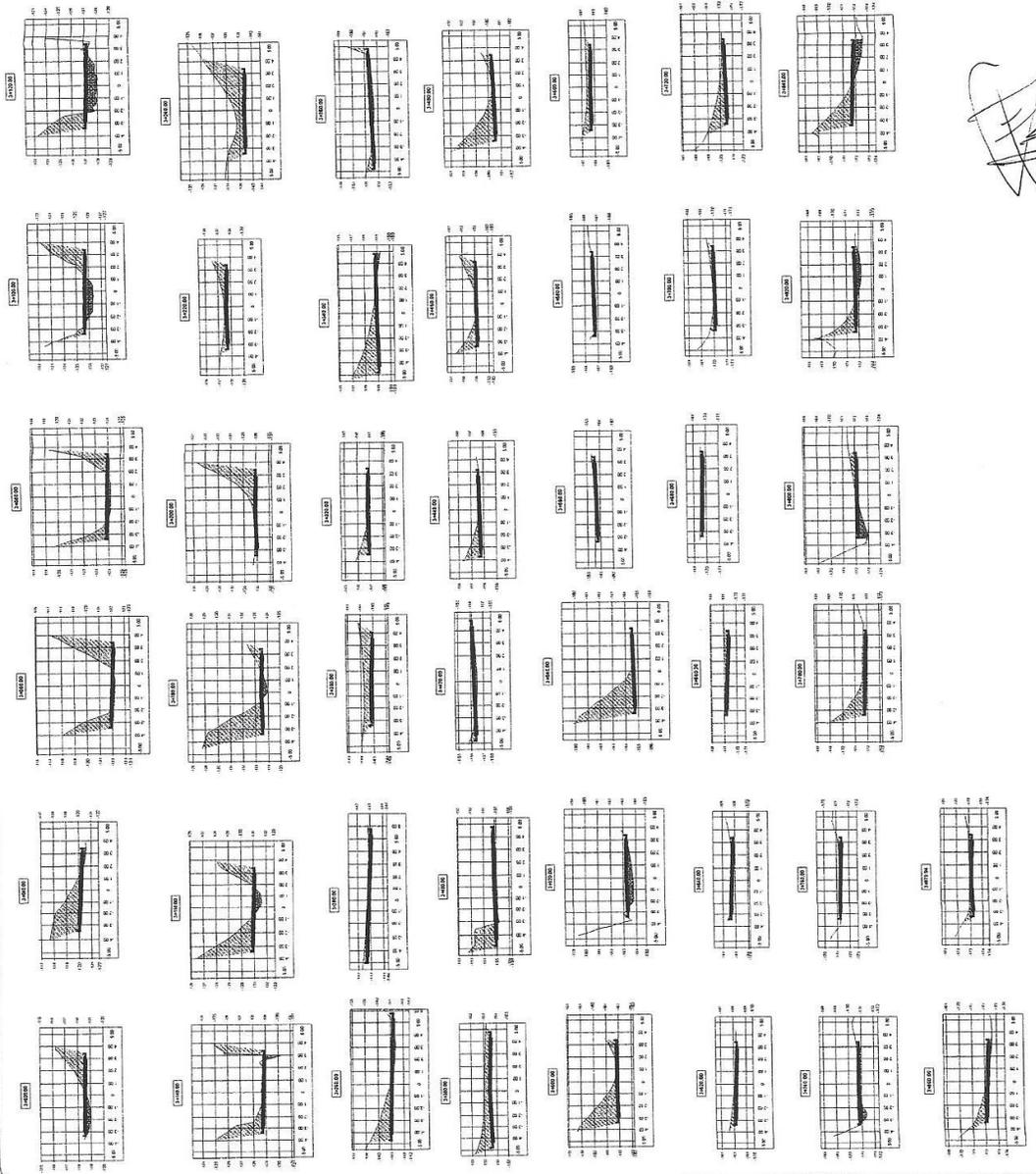
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arceña Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA Y EPS
 ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y METALURGICA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIAS
 UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS

SECCION TRANSVERSAL: 1-60 @ 1-60
 ESCUELA: 8
 RECIBIDA: 13
 FECHA: 16

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

VALORES DE COEFICIENTES	
VALORES	COEFICIENTES
0.00	0.00
0.01	0.01
0.02	0.02
0.03	0.03
0.04	0.04
0.05	0.05
0.06	0.06
0.07	0.07
0.08	0.08
0.09	0.09
0.10	0.10
0.11	0.11
0.12	0.12
0.13	0.13
0.14	0.14
0.15	0.15
0.16	0.16
0.17	0.17
0.18	0.18
0.19	0.19
0.20	0.20
0.21	0.21
0.22	0.22
0.23	0.23
0.24	0.24
0.25	0.25
0.26	0.26
0.27	0.27
0.28	0.28
0.29	0.29
0.30	0.30
0.31	0.31
0.32	0.32
0.33	0.33
0.34	0.34
0.35	0.35
0.36	0.36
0.37	0.37
0.38	0.38
0.39	0.39
0.40	0.40
0.41	0.41
0.42	0.42
0.43	0.43
0.44	0.44
0.45	0.45
0.46	0.46
0.47	0.47
0.48	0.48
0.49	0.49
0.50	0.50
0.51	0.51
0.52	0.52
0.53	0.53
0.54	0.54
0.55	0.55
0.56	0.56
0.57	0.57
0.58	0.58
0.59	0.59
0.60	0.60
0.61	0.61
0.62	0.62
0.63	0.63
0.64	0.64
0.65	0.65
0.66	0.66
0.67	0.67
0.68	0.68
0.69	0.69
0.70	0.70
0.71	0.71
0.72	0.72
0.73	0.73
0.74	0.74
0.75	0.75
0.76	0.76
0.77	0.77
0.78	0.78
0.79	0.79
0.80	0.80
0.81	0.81
0.82	0.82
0.83	0.83
0.84	0.84
0.85	0.85
0.86	0.86
0.87	0.87
0.88	0.88
0.89	0.89
0.90	0.90
0.91	0.91
0.92	0.92
0.93	0.93
0.94	0.94
0.95	0.95
0.96	0.96
0.97	0.97
0.98	0.98
0.99	0.99
1.00	1.00

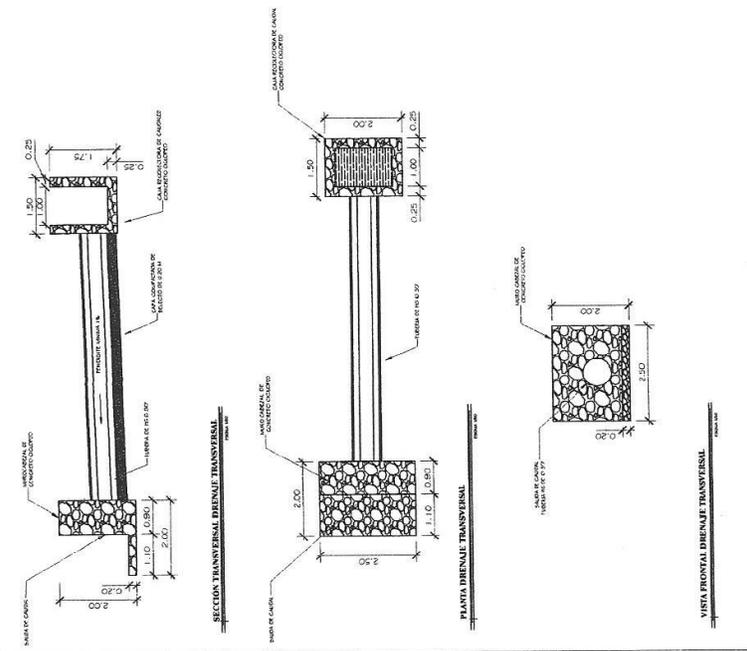
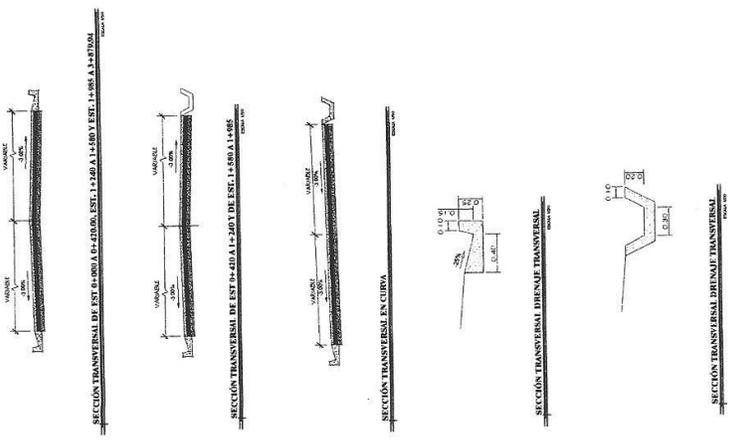


[Handwritten signature]



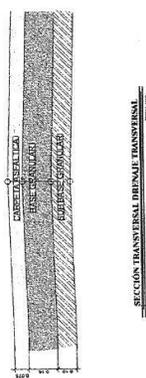
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Aguayo Hernández
ASOCIACIÓN SUPLENTORES DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
CATEDRA DE MECÁNICA DE FLUIDOS	
PRÁCTICA DE MECÁNICA DE FLUIDOS	
TÍTULO: MECÁNICA DE FLUIDOS	
AUTOR: OSCAR AGUAYO HERNÁNDEZ	
CORRECTOR: CARLOS CALDERÓN	
FECHA: 14/08/2015	
PÁGINA: 16	

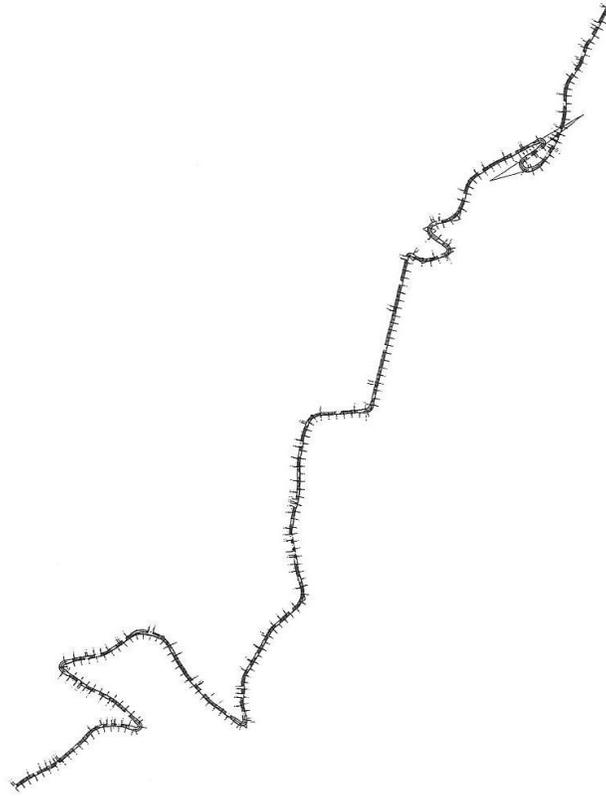


Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Aguiero Hernández
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERIA	MAESTRO DE TESIS
PROFESOR	ASISTENTE	ALUMNO
DR. OSCAR CALDERON	ING. OSCAR AGUIERO HERNANDEZ	OSCAR AGUIERO HERNANDEZ
NO. DE CONTROL	NO. DE CONTROL	NO. DE CONTROL
8	15	16



- ESPECIFICACIONES
1. EL CONCRETO CLOPEADO ES 40% CONCRETO Y 60% PIEDRA DOA.
 2. LA PROPORCION DEL CONCRETO SERA 1:2:5 CON UNIA.
 3. RESISTENCIA DE 3000 PSI A LOS 28 DIAS.
 4. SI REPELLERA EL INTERNO DE LA TUBERIA Y EXTERNO.
 5. EL DIAMETRO Ø DE LA TUBERIA HG DE LAMINA CORRUGADA SERA DE 3'0" CON PENDIENTE MINIMA DE 1% Y ESTARA SOBRE UNIA.
 6. CAPA DE MATERIAL SILECTO DE ESPESOR DE 0.20 M.
 7. AMBOS LADOS. RODAJON TIENDRA UN ESPESOR DE 3% EN.
 8. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTARA COMPUESTA POR UNIA.
 9. CAPA DE 0.30 M DE MEZCLA ASFALTICA CALIENTE, O 1.5 M DE BASE GRANULADA (O) 1.3 M DE 500 DICES GRANULADA.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PLANTA GENERAL

ANEXOS

INSIVUMEH		SECCION DE CLIMATOLOGIA		HUMEDAD, TENSION DE VAPOR, TEMP, DE ROCIO								
CLAVE	60100	latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 snm,								
ESTACION INSIVUMEH	DEPTO: GUATEMALA		MUNICIPIO: GUATEMALA									
NOMBRE DEL OBSERVA HAROLDO		MES_ OCTUBRE		AÑO 2015								
DIA	HUMEDAD RELATIVA %						TENSION DE VAPOR mmHG TEMP. PUNTO R					
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	7HRS	13HRS	18HRS	7HRS	13HRS	18HRS
1	94	65	91	91	94	65	15.0	16.0	16.0	17.5	18.5	18.5
2	96	70	86	86	96	70	14.1	19.0	15.5	16.5	21.3	18.0
3	91	69	78	78	91	69	14.0	16.3	14.2	16.4	18.8	16.6
4	93	57	90	90	93	57	14.5	14.6	16.5	17.0	17.1	19.0
5	98	68	95	87	98	68	15.8	17.4	18.2	18.3	19.9	20.6
6	87	61	90	79	90	61	13.7	15.8	17.1	16.1	18.3	19.6
7	94	58	72	75	94	58	12.8	14.7	13.4	15.0	17.2	15.7
8	98	56	82	79	98	56	13.2	14.3	15.6	15.5	16.8	18.1
9	92	56	82	77	92	56	13.9	14.5	16.0	16.3	17.0	18.5
10	91	64	81	79	91	64	14.0	15.1	14.4	16.4	17.6	16.9
11	95	60	72	76	95	60	13.4	15.2	14.9	15.7	17.7	17.4
12	94	61	77	77	94	61	13.9	15.6	14.3	16.3	18.1	16.8
13	90	54	62	69	90	54	13.3	14.0	13.0	15.6	16.4	15.3
14	88	48	64	67	88	48	12.6	13.2	15.3	14.8	15.5	17.8
15	81	64	81	75	81	64	13.1	15.3	14.4	15.4	17.8	16.9
16	94	76	96	89	96	76	14.9	15.8	15.7	17.4	18.3	18.2
17	96	79	92	89	96	79	15.3	15.3	14.3	17.8	17.8	16.8
18	100	97	100	99	100	97	14.9	15.7	15.5	17.4	18.2	18.0
19	96	92	100	96	100	96	14.3	14.1	13.6	16.8	16.5	16.0
20	98	58	90	82	98	58	13.5	14.2	16.0	15.8	16.6	18.5
21	99	73	96	89	99	73	14.9	15.0	16.5	17.4	17.5	19.0
22	98	61	87	82	98	61	15.4	16.3	16.9	17.9	18.6	19.4
23	94	62	80	79	94	62	14.0	14.9	16.1	16.4	17.4	18.6
24	89	54	83	75	89	54	14.9	14.8	15.5	17.4	17.3	18.0
25	91	65	91	82	91	65	14.0	17.3	17.0	16.4	19.9	19.5
26	94	69	83	82	94	69	14.6	15.5	14.7	17.1	18.0	17.2
27	95	58	83	79	95	58	14.3	15.2	14.1	16.8	17.7	16.5
28	90	58	80	76	90	58	13.3	14.7	14.9	15.6	17.2	17.4
29	77	69	85	77	85	77	11.5	17.0	15.9	13.4	19.5	18.4
30	97	59	85	80	97	59	14.4	15.5	16.0	16.9	18.0	18.5
31	92	53	81	75	92	53	13.2	14.2	15.4	15.5	16.6	17.9
MED	93	64	84	81	94	65	14.0	15.4	15.4	16.4	17.8	17.9
MINI	77	48	62	67	81	48	11.5	13.2	13.0	13.4	15.5	15.3
MAX	100	97	100	99	100	97	15.8	19.0	18.2	18.3	21.3	20.6
96		MAXIMA ABSOLUTA		100								
		MINIMA ABSOLUTA		48								



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRECIPITACION E INSOLACION



CLAVI **60100** latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION:1502 mts. Snm

ESTACION **INSIVUMEH** DEPTO : **GUATEMALA** MUNICIPIO : **GUATEMALA**

NOMBRE DEL OBSERV/HAROLDO _____ **MES: OCTUBRE** **AÑO 2015**

DIA		PRECIPITACION EN mm.				INSOLACION EN HRS		RADIA.GAL/CM2/MIN	
DIA	PLUVIO	DURAC	MEDIA	MAXI	PLUVIO	TOTAL	%	CALOR	CALOR
0	GRAFO				METRO			MEDIA	MAX
1					10.80	5.6	47	0.30	1.58
2					0.0	8.0	67	0.31	1.56
3					0.0	1.4	12	0.26	1.59
4					0.0	6.2	52	0.43	1.61
5					22.10	5.7	47	0.25	1.55
6					0.0	8.0	67	0.24	1.52
7					0.0	7.7	64	0.32	1.45
8					0.0	7.7	64	0.34	1.56
9					0.0	7.2	60	0.28	1.59
10					0.0	5.6	47	0.26	1.55
11					0.0	7.3	61	0.30	1.60
12					0.0	2.3	27	0.30	1.51
13					0.0	4.3	36	0.27	1.48
14					0.0	8.1	67	0.30	1.56
15					0.0	1.8	15	0.17	1.58
16					1.40	0.2	2	0.09	1.43
17					18.40	0.0	0	0.12	1.12
18					9.70	0.0	0	0.06	0.33
19					2.90	0.0	0	0.18	0.44
20					71.10	2.1	17	0.21	1.27
21					0.10	4.7	39	0.36	1.51
22					11.40	0.0	0	0.36	1.51
23					0.0	8.7	72	0.37	1.57
24					0.0	7.2	64	0.38	1.43
25					0.0	7.7	64	0.42	1.47
26					4.30	0.7	6	0.27	1.26
27					1.90	8.6	72	0.39	1.47
28					0.0	6.3	52	0.34	1.58
29					2.80	4.7	39	0.32	1.44
30					0.0			0.38	1.56
31					0.0			0.39	1.43
SUMA			MEDIA			4.8	40%	0.29	1.42
TOTAL SUMA DE LLUVIA					156.9	137.8			
DIAS DE LLUVIA					12		MAXIMA		1.61
FACTOR: 8.33					CONSTANTE=0.001434		MINIMA	0.06	



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
PRESION ATMOSFERICA EN mm.HG.



CLAVE	60100		latitud:143511	longitud:903158	ELEVACION: 1502 mts.snm		
ESTACION	INSIVUMEH		DEPTO: GUATEMALA	MUNICIPIO: GUATEMALA			
NOMBRE DEL OBSERVADOR			MES	OCTUBRE	AÑO	2015	
DIA	BAROMETRO			MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION
	7 HORAS	13 HORAS	18 HORAS				
1	640.7	638.9	639.4	639.7	640.7	638.9	
2	640.1	638.9	638.5	639.2	640.1	638.5	
3	640.1	638.7	639.0	639.3	640.1	638.7	
4	641.1	640.1	639.9	640.4	641.1	639.9	
5	641.9	641.3	641.3	641.5	641.9	641.3	
6	642.5	642.1	641.5	642.0	642.5	642.1	
7	642.8	641.6	641.0	641.8	642.8	641.0	
8	642.3	641.1	640.7	641.4	642.3	640.7	
9	642.3	641.5	641.3	641.7	642.3	641.3	
10	642.8	642.5	641.6	642.3	642.8	641.6	
11	642.5	641.9	640.7	641.7	642.5	640.7	
12	642.0	641.1	640.7	641.3	642.0	640.7	
13	641.9	641.0	640.0	641.0	641.9	640.0	
14	641.8	641.0	640.4	641.1	641.8	640.4	
15	640.4	639.3	639.0	639.6	640.4	639.0	
16	639.9	639.6	638.9	639.5	639.9	638.9	
17	640.0	640.2	639.3	639.8	640.2	639.3	
18	641.3	641.1	641.0	641.1	641.3	641.0	
19	641.6	641.8	641.0	641.5	641.8	641.0	
20	641.3	640.2	640.1	640.5	641.3	640.1	
21	642.1	641.2	641.3	641.5	642.1	641.2	
22	642.3	641.0	640.4	641.2	642.3	640.4	
23	641.5	640.4	640.7	640.9	641.5	640.4	
24	641.1	640.1	640.0	640.4	641.1	640.0	
25	641.2	640.1	640.2	640.5	641.2	640.1	
26	641.2	641.1	641.0	641.1	641.2	641.0	
27	642.2	641.0	640.5	641.2	642.2	640.5	
28	642.9	641.6	641.0	641.8	642.9	641.0	
29	642.3	641.2	640.8	641.4	642.3	640.8	
30	642.0	641.2	640.8	641.3	642.0	640.8	
31	642.3	641.2	641.2	641.3	642.6	641.2	
MED	641.6	640.8	640.4	640.9	641.8	640.4	
MIN	639.9	638.7	638.5	639.2	639.9	638.5	
MAX	641.6	638.7	641.6	642.3	642.90	642.10	



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
FENOMENOS ATMOSFERICOS

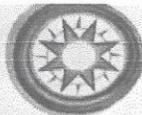


CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts.snm

ESTACION INSIVUMEH DEPTO GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO **MES OCTUBRE AÑO;2015**

DIA											
1	X	X	X			X	X			X	
2	X									X	
3	X										
4	X										
5	X	X	X			X					
6	X									X	
7	X									X	
8	X									X	
9	X									X	
10	X										
11	X										
12	X									X	
13	X									X	
14	X									X	
15	X										
16	X				X						
17	X	X	X			X					
18	X	X	X			X					
19	X				X						
20	X										
21	X				X	X					
22	X				X						
23	X					X					
24	X										
25	X										
26	X				X						
27	X				X					X	
28	X				X	X				X	
29	X									X	
30	X									X	
31	X									X	
TOTAL		visibilidad baja por bruma o por humo de quema de resacas	1	4 NIEBLA			7 AGUACERO				
R		relampagos visibles en la noche pero sin truenos	2	6 LLOVIZNA			8 GRANIZO				
E		tormenta electrica con o sin lluvia con truenos	3	6 LLUVIA			9 ROCIO				
E							10 HELADA				



INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
TEMPERATURA C°



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts snm
ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO : GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDI MES SEPTIEMBRE AÑO 2015

DIA	7 HORAS		13 HORAS		18 HORAS		TEMP MEDIA	TEMP MAXIMA	TEMP MINIMA	SCILACIO
	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO	SECO	HUMEDO				
1	17.8	17.2	27.4	20.2	21.0	19.8	22.0	27.5	17.2	10.3
2	16.6	16.8	28.6	18.4	21.4	19.4	18.8	27.0	16.0	11.0
3	16.6	16.3	23.2	20.2	18.0	17.3	19.2	26.0	15.9	10.1
4	16.8	16.6	21.6	14.0	20.8	18.6	19.3	21.6	16.1	5.5
5	17.2	16.7	23.2	20.2	19.0	18.0	19.1	23.2	17.2	6.0
6	18.8	17.8	27.4	22.0	19.0	18.0	21.7	27.4	18.8	8.6
7	18.4	17.8	28.2	20.0	20.1	18.2	22.2	28.2	18.4	9.8
8	17.8	17.2	26.2	20.4	22.6	19.2	22.2	26.2	17.8	8.4
9	18.6	17.8	27.2	20.6	21.2	20.6	22.3	27.2	18.6	8.6
10	18.7	17.6	26.2	21.4	20.6	20.2	21.8	26.2	18.7	7.5
11	18.5	17.8	28.2	21.8	20.0	19.3	22.2	28.2	18.5	9.7
12	18.0	18.0	25.0	20.3	21.0	19.0	21.3	25.0	18.0	7.0
13	18.2	17.8	28.0	21.3	18.5	17.8	21.5	28.0	18.2	9.8
14	17.3	17.0	25.2	16.7	21.2	18.3	21.2	25.2	17.3	7.9
15	19.0	18.2	23.2	20.5	20.4	19.0	20.8	23.2	19.0	4.2
16	17.8	17.4	26.7	21.1	20.2	18.5	21.5	26.7	17.8	8.9
17	18.5	18.0	27.7	21.1	21.0	19.0	22.4	27.7	18.5	9.2
18	18.2	17.6	28.1	21.2	20.0	18.6	22.1	28.1	18.2	9.9
19	18.8	17.0	24.1	18.8	19.0	18.8	20.6	24.1	18.8	5.3
20	18.4	17.6	26.4	21.2	20.0	18.8	21.6	26.4	18.4	8.3
21	18.7	18.4	21.6	18.0	20.9	16.7	20.4	21.6	18.7	2.9
22	18.4	17.8	22.8	20.4	18.6	18.4	19.9	22.8	18.4	4.4
23	17.4	16.8	23.4	19.8	18.8	18.0	19.8	23.4	17.4	6.0
24	17.4	16.9	21.6	18.8	18.2	17.3	19.1	21.6	17.4	4.2
25	18.5	17.4	23.7	18.4	19.3	18.2	20.5	23.7	18.5	5.2
26	18.0	17.8	25.2	20.8	20.2	19.0	21.1	25.2	18.0	7.2
27	18.0	18.0	22.3	20.0	20.0	19.1	20.1	22.3	18.0	4.3
28	17.8	17.5	24.8	21.0	20.2	19.3	20.9	24.8	17.8	7.0
29	17.8	17.6	24.8	21.0	19.0	18.3	20.5	24.8	17.8	7.0
30	17.8	17.8	23.8	20.2	18.2	17.4	19.9	23.8	17.8	6.0
31										
MED	18.00	17.50	25.20	20.00	19.90	18.60	20.90	25.20	17.90	
MIN	16.6	16.3	21.6	14.0	18.0	16.7	18.8	21.6	15.9	2.9
MAX	19.0	18.4	28.6	22.0	22.6	20.6	22.4	28.2	19.0	11.0
								MAXIMA ABSOLUT	28.2	
								MINIMA ABSOLUT	15.9	



lectura micrometrica

anterior 80.4

lectura de recorrido del viento

anterior

70170.3

INSIVUMEH

SECCION DE CLIMATOLOGIA



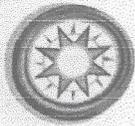
PRECIPITACION, EVP DE TANQUE, EVAP, PICHE, NUBOSIDAD Y RECORRIDO DE VIENTO

CLAVE 60100 latitud: 143511 longitud: 90315 ELEVACION: 1502 mts. Snm,

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES: SEPTIEMBRE AÑO 2015 2015

DIA	LECTURA DIFE		PRE	EVAP		NUBOSIDAD			OC NUB	VELOC VIENT	KMS/HR	RECOR	VELOC DIA
	MICRO	REN		TANQ.	PICH	7 HR	13HR	18HR					
1	100.1/31.5	8.0	27.70	8.0	1.6	8	6	8	7	70339.9	169.6	7	1
2			30.70		1.1	7	8	8	8	70377.9	38.0	1.6	2
3	42.80		20.70		0.8	7	8	8	8	70409.6	31.7	1.3	3
4	47.50	0.5	7.70	0.5		6	8	6	6	70449.3	39.7	1.6	4
5	50.00	3.2	5.70	3.2	1.2	5	7	7	6	70486.4	37.1	1.5	5
6	48.80	1.6	0.40	1.6	1.2	4	7	8	6	70540.5	54.1	2.3	6
7	46.60	2.9	0.70	2.9	1.5	8	4	8	6	71598.1	57.6	2.4	7
8	43.80	3.5	0.70	3.5	2.4	7	8	6	7	70675.2	77.1	3.2	8
9	38.20	5.6	0.0	5.6	2.7	8	8	8	8	70781.4	108.2	4.4	9
10	35.00	3.2	0.0	3.2	2.2	8	8	7	8	71846.2	64.8	2.7	10
11	48.50	1.7	15.20	1.7	1.3	8	7	8	8	70899.9	53.7	2.2	11
12	50.00	5.0	6.50	5.0	0.2	7	8	6	7	70948.3	48.4	2	12
13	55.10	2.7	7.80	2.7	2.4	8	7	8	8	70992.7	44.4	1.8	13
14			28.00		1.5	8	8	0	5	71042.9	50.2	2.1	14
15	75.70		0.0		2.6	7	8	8	8	71109.5	66.6	2.7	15
16	79.00	2.5	5.80	2.5	0.9	7	8	5	6	71151.6	42.1	1.7	16
17	91.10	4.2	16.30	4.2	1.9	8	7	8	8	71202.6	51.0	2.1	17
18	87.90	3.2	0.0	3.2	2.1	8	8	8	8	71261.5	58.9	2.5	18
19	80.20	7.7	0.0	7.7	2.2	8	8	8	8	71311.3	49.8	2.1	19
20	83.60		2.50		1.8	8	8	8	8	71349.5	38.2	1.6	20
21	113.6/76.3		49.30		1.6	8	8	8	8	71431.7	82.2	3.4	21
22	97.60	3.0	23.80	3.0	0.6	8	8	8	8	71143.1	288.0	12	22
23	109.7/24.0	2.2	14.30	2.2	0.6	8	7	8	8	71474.8	331.1	13.8	23
24	46.10	3.7	25.00	3.7	0.6	8	8	8	8	71534.3	59.3	2.5	24
25	41.40	4.7	0.0	4.7	0.6	8	8	8	8	71622.5	88.4	3.7	25
26	55.40		7.30		0.3	8	7	8	8	71643.9	21.3	0.8	26
27	55.00	0.4	0.0	0.4		8	8	8	8	71683.1	39.3	1.6	27
28	69.40	2.9	17.30	2.9	0.5	8	7	8	8	71705.2	22.1	0.9	28
29	83.60		15.10		0.9	8	8	8	8	71750.0	44.8	1.9	29
30	85.60	2.1	4.10	2.1	0.7	8	6	8	7	71780.6	30.6	1.3	30
31													31
MED				3.4	1.4	7	7	7	7	71151.5	72.9	3.00	
MINI						4	4	0	5	70339.9	21.3	0.80	
MAX						8	8	8	8	71846.2	331.1	13.80	
MAX EVAP. ABS TANQUE				8									
MIN EVAP. ABS TANQUE				0.4									
MAX EVAP. ABSOLU. PICHE					2.7								
MINI EVAP. ABSOLUTA PICH					0.2								



INSIVUMEH, SECCION DE OBSERVACIONES (AURORA)
SECCION DE CLIMATOLOGIA
VIENTO



CLAVE 60100 latitud:143511 longitud:903158 ELEVACION: 1502 mts. Snm.

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

2013

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES SEPTIEMBRE AÑO 2015

DIA	DIRECCION PREDOMINANTE				VELOCIDAD DEL VIENTO EN			PRESION DEL VIENTO KG/MT2		
	7 HRS	13 HRS	18 HRS	PREDC	7 HRS	13 HRS	18 HRS	MEDIA	MAXIMA	MEDIA MAXIM
1	NE	NE	SW	NE	15.0	13	10.0	12.70		
2	NE	NE	S	NE	7.0	8	6.0	7.00		
3	E	NE	SW	NE	3.0	13	5.0	7.00		
4	NE	NE	E	NE	11.0	12	13.0	12.00		
5	NE	E	N	NE	20.0	13	5.0	12.70		
6	NE	NE	E	NE	13.0	17	3.0	11.00		
7	N	NE	S	N	16.0	13	4.0	11.00		
8	N	NE	S	N	2.0	6	2.0	3.30		
9	NE	SW	SW	SW	1.0	8	3.0	4.00		
10	N	SW	SW	SW	10.0	11	1.0	7.30		
11	NW	E	SW	V	1.0	8	1.0	3.30		
12	N	SW	SW	SW	1.0	8	3.0	4.00		
13	N	SE	NW	N	4.0	7	2.0	4.30		
14	N	SW	S	SE	2.0	6	5.0	4.30		
15	W	S	SW	SW	1.0	6	3.0	3.30		
16	N	SW	SW	SW	6.0	8	5.0	6.30		
17	NW	NW	S	NW	2.0	2	1.0	1.70		
18	N	SW	S	S	2.0	7	4.0	4.30		
19	NE	W	SW	SW	2.0	8	5.0	5.00		
20	NW	W	SW	W	1.0	5	5.0	3.70		
21	SE	S	NE	S	1.0	4	2.0	2.30		
22	E	S	S	S	3.0	4	2.0	3.00		
23	E	NE	N	NE	3.0	6	2.0	3.70		
24	SE	E	N	SE	3.0	7	5.0	5.00		
25	E	NW	SW	V	2.0	3	3.0	2.70		
26	SE	SW	SW	SW	2.0	11	3.0	5.30		
27	N	W	SW	W	3.0	10	5.0	6.00		
28	NE	SW	S	S	1.0	11	2.0	4.70		
29	NE	S	N	NE	3.0	3	2.0	2.70		
30	SE	SW	E	SE	2.0	7	2.0	3.70		
31										
MODA				NE - 15	4.8	8.2	3.8	5.6		
E	VELOC MEDIA VIENTO							5.6		
E	VELOC MINIMA ABSOLUTA							1.0		
E	VELOC MAXIMA ABSOLUTA							20.0		





INSIVUMEH
SECCION DE CLIMATOLOGIA
GEOTERMOMETROS



CLAVE 60100 latitud: 143511 longitud: 903158 ELEVACION: 1502 mts. Snr

ESTACION INSIVUMEH DEPTO: GUATEMALA MUNICIPIO: GUATEMALA

NOMBRE DEL OBSERVADOR HAROLDO MES SEPTIEMBRE AÑO 2015

DIA	50 CENTIMETROS				100 CENTIMETROS				20 CENTIMETROS			
	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	7HRS	13HRS	18HRS	MEDIA	7HRS	13HR	18HR	MEDIA
1	25.0	25.0	25.0	25.0	25.3	25.6	25.5	25.4				
2	25.0	25.0	25.0	25.0	25.6	25.6	25.6	25.6				
3	25.2	25.2	25.0	25.1	25.6	25.6	25.6	25.4				
4	25.0	25.0	24.8	24.9	25.5	25.5	25.5	25.5				
5	25.0	25.0	25.0	25.0	25.5	25.5	25.5	25.5				
6	25.0	25.0	25.0	25.0	25.4	25.2	25.4	25.3				
7	25.2	25.2	25.3	25.2	25.4	25.4	25.3	25.4				
8	25.0	24.8	24.6	24.8	25.2	25.2	25.2	25.2				
9	24.8	24.8	25.0	24.8	25.2	25.3	25.2	25.2				
10	24.8	24.8	25.0	24.8	25.2	25.3	25.2	25.2				
11	24.8	25.0	25.0	24.9	25.2	25.3	25.3	25.3				
12	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0				
13	25.0	25.0	25.0	25.0	25.2	25.2	25.2	25.2				
14	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0				
15	24.8	24.8	24.8	24.8	25.0	25.0	25.0	25.0				
16	24.8	25.0	25.0	24.9	24.8	25.0	25.0	24.9				
17	24.8	25.0	25.0	24.9	25.1	25.2	25.2	25.2				
18	24.8	25.0	24.8	24.8	25.2	25.2	25.2	25.2				
19	24.8	24.8	24.8	24.8	25.0	25.2	25.0	25.1				
20	25.0	24.9	24.8	24.9	25.2	25.1	25.2	25.2				
21	24.8	25.0	25.0	24.9	25.2	25.2	25.2	25.2				
22	24.8	24.8	24.8	24.8	25.2	25.2	25.0	25.1				
23	24.8	24.8	24.6	24.7	25.2	25.3	25.0	25.2				
24	24.6	24.6	24.4	24.5	25.2	25.1	25.1	25.1				
25	24.4	24.4	24.6	24.5	25.2	25.2	25.0	25.1				
26	24.4	24.6	24.6	24.5	24.8	24.8	24.8	24.8				
27	24.0	24.0	24.0	24.0	25.0	25.0	25.0	25.0				
28	24.0	24.2	24.0	24.1	24.8	24.8	25.0	24.9				
29	23.8	24.0	24.0	23.9	24.7	24.7	25.0	24.8				
30	23.8	23.8	24.0	23.9	24.7	24.6	24.7	25.0				
31												
MED	24.70	24.80	24.80	24.70	25.20	25.20	25.20	25.20				
MIN				23.8	MIN			24.6				
MAX	ABSO			25.3	MAX	ABSO		25.6				





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



INFORME No. 615 S.S.

O.T.: 33,900 No. **1401**

Interesado: Erick Rogér Calderón Ramirez

Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia Vía La Selva y el Calvario, Zona 8"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: La Selva y El Calvario Zona 8 de Villa Nueva, Guatemala

FECHA: miércoles, 15 de octubre de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa con Presencia de Grava Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo.

Inga. Telma Malicela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 616 S.S.

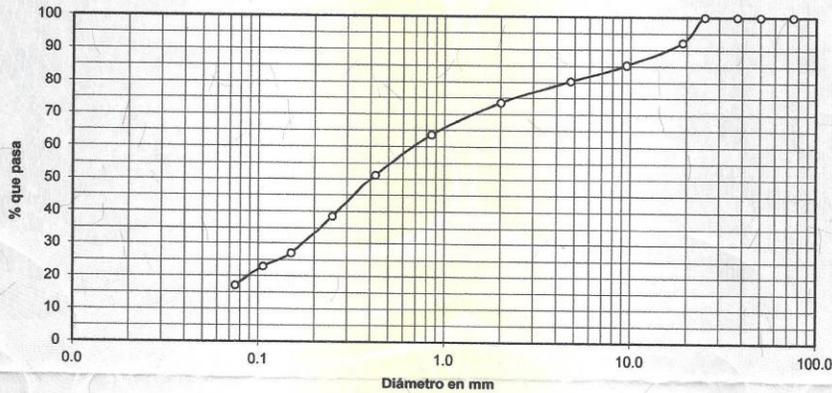
O.T. No. 33,900

No. 1402

Interesado: Erick Roger Calderón Ramirez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronía Vía La Selva y el Calvario, Zona 8"
 Ubicación: La Selva y el Calvario Zona 8 de Villa Nueva, Guatemala
 Fecha: miércoles, 15 de octubre de 2014

Análisis con Tamices:

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	73.59
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	63.64
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	51.24
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	38.53
3/4"	19.0 mm	92.26	100	150 µm	27.18
3/8"	9.5 mm	85.36	140	106 µm	23.09
4	4.75 mm	80.39	200	75 µm	17.13



Descripción del suelo: Arena Limosa con Presencia de Grava Color Café
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 19.61 D10: *
 P.R.A.: A-2-4 % de Arena: 63.26 D30: 0.18 mm
 % de finos: 17.13 D60: 0.69 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



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



INFORME No. 617 S.S.

O.T.: 33,900

No. 1403

Interesado: Erick Roger Calderón Ramírez

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

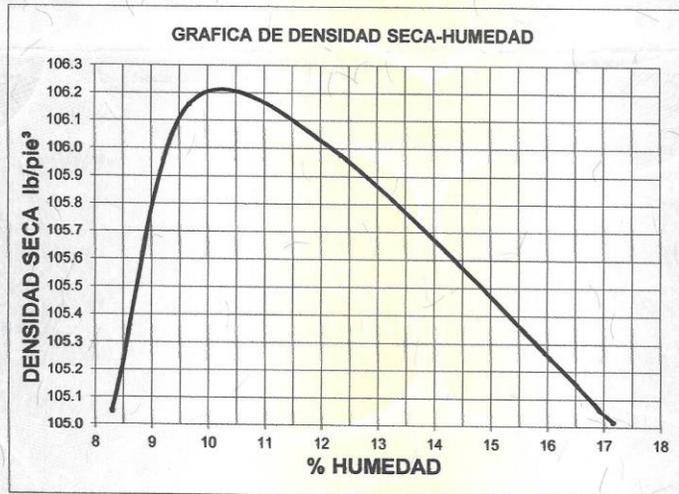
Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99

Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronia Vía La Selva y el Calvario, Zona 8"

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: La Selva y el Calvario Zona 8 de Villa Nueva, Guatemala

Fecha: miércoles, 15 de octubre de 2014



Descripción del suelo: Arena Limosa con Presencia de Grava Color Café

Densidad seca máxima γ_d : 1,701.64 Kg/m³ 106.22 lb/ft³

Humedad óptima Hop.: 10.25 %

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC

Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



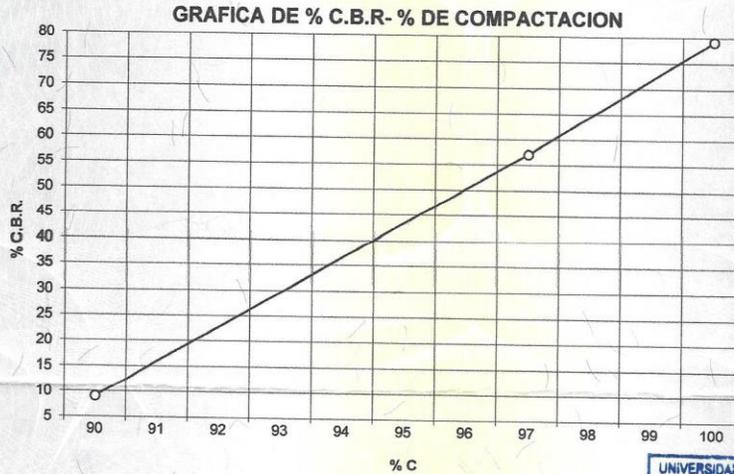
INFORME No. 618 S.S.

O.T. No. 33,900

No. **1404**

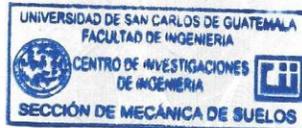
Interesado: Erick Roger Calderón Ramírez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de Pavimentación de la Carretera de Acceso de Villa Nueva hacia Ciudad Peronía Vía La Selva y el Calvario, Zona 8"
 Ubicación: La Selva y el Calvario Zona 8 de Villa Nueva, Guatemala
 Descripción del suelo: Arena Limosa con Presencia de Grava Color Café
 Fecha: miércoles, 15 de octubre de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	10.25	96.34	90.7	-0.07	9.08
2	30	10.25	103.79	97.7	-0.13	57.14
3	65	10.25	106.45	100.2	0.11	79.17



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.

Inga. Telma Matricula Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos