

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE
ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.



SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE
ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERA CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL



RECTOR

Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	MSc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	P.C. Diana Laura Guzmán Moscoso
Representante de Estudiantes:	M.E.P. José Roberto Martínez Lemus
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon
Coordinador de Carrera:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Secretario:	MBA. René Estuardo Alvarado Gonzalez
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

MSc. Luis Fernando Quijada Beza
MSc. Jorge Gustavo Velásquez Martínez
Ing. Elder Avildo Rivera López



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



LFQB.02.17

Chiquimula, 18 de septiembre de 2017.

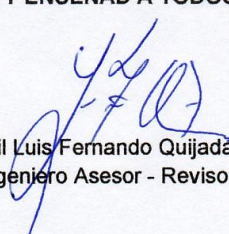
Ingeniero Civil
Elder Avildo Rivera López
Coordinador de EPS de la Carrera de Ingeniería Civil
CUNORI – USAC

Respetado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **“DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**, presentado por la estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Civil Luis Fernando Quijada Beza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



EARL.02.17

Chiquimula, 21 de septiembre de 2017.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI – USAC

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **“DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**, presentado por el estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Elder Avildo Rivera López
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSIC.03.2017

Chiquimula, 22 de septiembre de 2017.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

Respetable Ingeniero Luis Quijada:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, elaborado por la estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Elder Avildo Rivera López y Luis Fernando Quijada Beza.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Elder Avildo Rivera López
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Civil

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.03.17

Chiquimula, 25 de septiembre de 2017.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de investigación titulado **“DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**; elaborado por la estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Lic. Julio Cesar Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



TGIC.03-2017

Chiquimula, 27 de septiembre de 2017.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera

Director

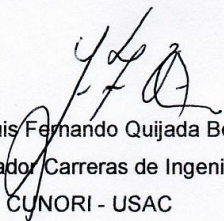
Centro Universitario de Oriente

CUNORI - USAC

Respetable MSc. Galdámez Cabrera:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen de los asesores-revisores Ing. Elder Avildo Rivera López e Ing. Luis Fernando Quijada Beza y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Julio Cesar Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación de la estudiante Sherill Nicté López Chávez, titulado: **“DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de investigación y recomendando la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC



C.c. archivo

D-TG-IC-121/2017

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO **HACE CONSTAR QUE:** Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **SHERILL NICTÉ LÓPEZ CHÁVEZ** titulado **“DISEÑO DE URBANIZACIÓN ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el dieciséis de octubre de dos mil diecisiete.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI – USAC



c.c. Archivo

NWGC/ars

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

A Él sea la gloria y el poder.

Mis padres

Milton Eduardo López Juárez y Mayra Judith
Chávez Mazariegos.

Mis hermanas

Ilenia Violeta y Hania Yazmín

Mi tío

Oscar René López Juárez (Q.E.P.D.)

A

Romeo Ismael León Gálvez

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su misericordia al permitir levantarme cada mañana y bendecir mi vida.
Mis padres	Por el sacrificio, apoyo y amor que me han brindado a lo largo de toda la carrera.
Mis hermanas	Por su cariño y apoyo en todos estos años.
Mis amigos	Por su amistad y momentos compartidos, en especial a Vinicio Ardón.
Ing. Elder Rivera e Ing. Luis Quijada	Por su valiosa asesoría para la elaboración del presente trabajo de graduación.
Municipalidad de Estanduela	Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado, principalmente a Luis Aguirre.
Dirección Municipal de Planificación	Especialmente a Zaida Cantoral, Renato Flores, Vicente Canahuí y Ernesto Mejía por su cariño y confianza mostrada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	xv
GLOSARIO	xxi
RESUMEN	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxv
OBJETIVOS	xxvii
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	1
1.1. Características geográficas	1
1.1.1. Ubicación geográfica y colindancias	1
1.1.2. Localización y extensión territorial	2
1.1.3. Aspectos topográficos y suelo	3
1.1.4. Clima	3
1.2. Características socioeconómicas	3
1.2.1. Actividades económicas y productivas	3
1.2.2. Organización comunitaria	4
1.3. Características socioculturales	4
1.3.1. Población	4
1.3.2. Etnia y religión	5
1.4. Características de infraestructura	5
1.4.1. Tipología de vivienda	5
1.4.2. Vías de acceso	6
1.4.3. Servicios públicos	7
2. DISEÑO DE URBANIZACIÓN	9
2.1. Descripción del proyecto	9
2.2. Aspectos legales	9
2.3. Norma que regula el diseño	10
2.3.1. Reglamento de construcción de Estanzuela	10

2.3.1.1.	Gabaritos en calles recomendados	12
2.3.1.2.	Dimensiones mínimas de lotes	12
2.3.2.	Registro de la propiedad	12
2.4.	Levantamiento topográfico	13
2.4.1.	Planimetría	13
2.4.2.	Altimetría	13
2.5.	Diseño de la urbanización	14
2.5.1.	Levantamiento del polígono general	14
2.5.2.	Diseño de distribución de lotes	14
2.5.3.	Diseño de ejes de calles	14
2.5.4.	Cálculo de movimiento de tierras	15
2.5.5.	Amojonamiento	15
2.5.6.	Pavimentación	15
2.5.7.	Instalaciones propuestas	16
2.5.7.1.	Agua potable	16
2.5.7.2.	Alcantarillado	16
2.5.7.3.	Energía eléctrica	16
3.	DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	17
3.1.	Descripción del proyecto	17
3.2.	Datos preliminares	17
3.2.1.	Fuente de abastecimiento	17
3.2.2.	Aforo de la fuente	17
3.2.3.	Análisis del agua	18
3.2.3.1.	Físico-químico	18
3.2.3.2.	Bacteriológico	19
3.3.	Levantamiento topográfico	20
3.4.	Parámetros de diseño	20
3.4.1.	Población actual	20
3.4.2.	Tasa de crecimiento poblacional	20
3.4.3.	Periodo de diseño	21
3.4.4.	Población futura	21

3.4.5.	Dotación	22
3.5.	Factores de consumo	23
3.5.1.	Factor de día máximo	23
3.5.2.	Factor de hora máximo	24
3.6.	Determinación de caudales	24
3.6.1.	Caudal medio diario	24
3.6.2.	Caudal máximo diario	25
3.6.3.	Caudal máximo horario	26
3.6.4.	Caudal de bombeo	26
3.7.	Velocidades del sistema	27
3.8.	Presiones del sistema	28
3.8.1.	Presión estática	28
3.8.2.	Presión dinámica	28
3.9.	Diseño hidráulico del sistema	29
3.9.1.	Captación	30
3.9.2.	Línea de impulsión	30
3.9.2.1.	Diámetro económico	31
3.9.2.2.	Potencia de bomba	36
3.9.2.2.1.	Carga dinámica total	37
3.9.2.3.	Especificaciones del equipo de bombeo	40
3.9.2.4.	Clase de tubería	40
3.9.2.4.1.	Golpe de ariete	41
3.9.3.	Tanque de almacenamiento	42
3.9.3.1.	Dimensionamiento	43
3.9.3.2.	Diseño estructural	44
3.9.4.	Red de distribución	103
3.9.4.1.	Redes abiertas	103
3.9.4.2.	Redes cerradas	103
3.9.4.3.	Redes combinadas	104
3.9.4.4.	Cálculo hidráulico de la red de distribución	104
3.9.5.	Obras hidráulicas	108

3.9.5.1.	Caja válvula	108
3.9.5.2.	Válvulas de compuerta	108
3.9.6.	Conexiones domiciliarias	109
3.10.	Sistema de desinfección	109
3.11.	Administración, operación y mantenimiento	112
3.12.	Propuesta de tarifa	114
3.13.	Planos del proyecto	119
3.14.	Presupuesto	119
3.14.1.	Integración de precios unitarios	121
3.14.2.	Resumen del presupuesto	131
3.14.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	135
3.15.	Evaluación socioeconómica	136
3.15.1.	Valor presente neto	136
3.15.2.	Tasa interna de retorno	138
3.16.	Evaluación de impacto ambiental	138
3.17.	Especificaciones técnicas	141
4.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	147
4.1.	Descripción del proyecto	147
4.2.	Levantamiento topográfico	147
4.3.	Tipos del sistema de alcantarillado	147
4.3.1.	Alcantarillado sanitario	147
4.3.2.	Alcantarillado pluvial	147
4.3.3.	Alcantarillado combinado	148
4.3.4.	Descripción del sistema a utilizar	148
4.4.	Fundamentos técnicos	148
4.5.	Parámetros de diseño	151
4.5.1.	Periodo de diseño	151
4.5.2.	Población de diseño	152
4.5.3.	Integración de caudal de diseño	152
4.5.3.1.	Caudal domiciliario	152
4.5.3.1.1.	Dotación	152

4.5.3.1.2.	Factor de retorno	153
4.5.3.2.	Caudal de infiltración	153
4.5.3.3.	Caudal de conexiones ilícitas	154
4.5.3.3.1.	Método racional	154
4.5.3.4.	Caudal comercial	158
4.5.3.5.	Caudal industrial	158
4.5.3.6.	Caudal medio	159
4.5.3.7.	Factor de caudal medio	159
4.5.3.8.	Factor de Harmon	159
4.5.3.9.	Caudal máximo	160
4.5.3.10.	Caudal unitario	160
4.6.	Diseño hidráulico	161
4.6.1.	Pendiente de la tubería	161
4.6.2.	Velocidad de diseño	162
4.6.3.	Diámetro de la tubería	162
4.6.4.	Profundidad de la tubería	162
4.6.5.	Cotas invert	163
4.6.6.	Pozos de visita	164
4.6.7.	Anchos de zanja	164
4.6.8.	Volumen de excavación	165
4.6.9.	Conexiones domiciliarias	165
4.6.10.	Cálculo hidráulico de un tramo sanitario	165
4.7.	Propuesta de tratamiento	169
4.8.	Planos del proyecto	169
4.9.	Presupuesto	170
4.9.1.	Integración de precios unitarios	171
4.9.2.	Resumen del presupuesto	180
4.9.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	182
4.10.	Evaluación socio-económica	183
4.10.1.	Valor presente neto (VPN)	183
4.11.	Estudio de impacto ambiental	184

4.12.	Especificaciones técnicas	186
5.	DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN	190
5.1.	Descripción del proyecto	190
5.2.	Levantamiento topográfico	190
5.3.	Análisis de suelos	190
5.3.1.	Ensayos de clasificación de suelos	191
5.3.1.1.	Análisis granulométrico	191
5.3.1.2.	Límites de Atterberg	193
5.3.2.	Ensayos para determinar la resistencia del suelo	195
5.3.2.1.	Densidad máxima y humedad óptima (ensayo Proctor)	195
5.3.2.2.	Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)	196
5.4.	Diseño geométrico	197
5.4.1.	Alineamiento vertical	198
5.4.2.	Perfil longitudinal	200
5.4.3.	Sección transversal	200
5.5.	Métodos de diseño	201
5.5.1.	Pavimentos	201
5.5.1.1.	Pavimentos rígidos	201
5.5.1.2.	Pavimentos flexibles	202
5.5.1.3.	Pavimento semiflexible	202
5.5.2.	Adaptación de método Mills	203
5.5.2.1.	Tipo de tráfico	203
5.6.	Diseño de espesores	204
5.6.1.	Sub-rasante	204
5.6.2.	Sub-base	205
5.6.3.	Base	209
5.6.4.	Capa de asentamiento	210
5.6.5.	Carpeta de rodadura	211
5.6.5.1.	Bloques de adoquín	212
5.6.5.2.	Llaves de confinamiento	214

5.6.5.2.1.	Llave de confinamiento longitudinal	214
5.6.5.2.2.	Llave de confinamiento transversal	215
5.6.5.3.	Relleno de juntas	215
5.6.6.	Espesor adicional por mal drenaje	215
5.6.7.	Diseño del adoquinamiento	216
5.7.	Planos del proyecto	220
5.8.	Presupuesto	221
5.8.1.	Integración de precios unitarios	222
5.8.2.	Resumen del presupuesto	232
5.8.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	234
5.9.	Evaluación socio-económica	235
5.9.1.	Valor presente neto (VPN)	235
5.10.	Estudio de impacto ambiental	236
5.11.	Especificaciones técnicas	237
CONCLUSIONES		243
RECOMENDACIONES		245
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		247
APÉNDICE		255
ANEXOS		305

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Tipos de vivienda	6
2.	Análisis físico-químico del agua	18
3.	Análisis bacteriológico del agua	19
4.	Períodos de diseño recomendados	21
5.	Criterios de dotación	23
6.	Rangos para factor de día máximo	24
7.	Rangos para factor de hora máximo	24
8.	Coeficientes de fricción interno	29
9.	Precios de tubería PVC de 160 PSI	33
10.	Costo mensual de tubería PVC de 160 PSI	33
11.	Diámetro medio interior de tubería PVC de 160 PSI	34
12.	Costo mensual de tuberías más energía	36
13.	Tuberías de polivinilo de cloruro (PVC)	40
14.	Predimensionamiento de secciones de la torre	54
15.	Esfuerzo permisible de diseño (s)	55
16.	Eficiencia de la junta	56
17.	Espesor mínimo en placas cilíndricas en contacto con agua	58
18.	Velocidades máximas del viento	62
19.	Factor de direccionalidad del viento K_d	63
20.	Categoría de riesgo	63
21.	Factor de importancia por viento I_v	64
22.	Constantes de exposición del terreno	65
23.	Parámetros de velocidad sobre colinas y escarpas	68
24.	Coeficientes de fuerza para tanque ($C_{f \text{ tanque}}$)	77
25.	Determinación del cortante en la base debido al tanque c	79
26.	Coeficientes de fuerza para torre ($C_{f \text{ torre}}$)	79
27.	Dimensiones de torre para área gruesa	79
28.	Determinación de área sólida de la torre	80
29.	Clasificación de sitio	83

30.	Coeficiente de sitio F_a	85
31.	Coeficiente de sitio F_v	85
32.	Periodo de transición a largo plazo T_L	87
33.	Factor de importancia por sismo, I_s	88
34.	Categoría de diseño sísmico basada en S_{DS}	88
35.	Categoría de diseño sísmico basada en S_{D1}	88
36.	Coeficientes sísmicos para estructuras no similares a edificios	89
37.	Deriva permisible Δ_{per}	90
38.	Agentes de desinfección	109
39.	Trabajos de operación y mantenimiento del sistema	113
40.	Costos de administración, operación y mantenimiento	118
41.	Resumen del presupuesto por renglón, sistema de abastecimiento de agua potable	120
42.	Trabajos preliminares, sistema de abastecimiento de agua potable	121
43.	Caseta de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable	122
44.	Equipo de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable	124
45.	Línea de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable	125
46.	Cimentación de tanque elevado, sistema de abastecimiento de agua potable	126
47.	Tanque de distribución, sistema de abastecimiento de agua potable	127
48.	Red de distribución, sistema de abastecimiento de agua potable	128
49.	Conexiones domiciliarias, sistema de abastecimiento de agua potable	129
50.	Caja válvula de compuerta, sistema de abastecimiento de agua potable	130
51.	Resumen de materiales, sistema de abastecimiento de agua potable	131
52.	Resumen de gastos administrativos, sistema de abastecimiento de agua potable	134
53.	Desglose de impuestos, sistema de abastecimiento de agua potable	134
54.	Cronograma de ejecución físico y financiero, sistema de abastecimiento de agua potable	135
55.	Listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades	139

56.	Medidas de mitigación para proyectos de agua potable	140
57.	Factor de rugosidad	150
58.	Parámetros de estación meteorológica de La Fragua, Zacapa	155
59.	Coeficientes de escorrentía según el área	157
60.	Ancho de zanja según el diámetro de tubería	164
61.	Resumen del presupuesto por renglón del sistema de alcantarillado sanitario	170
62.	Trabajos preliminares, sistema de alcantarillado sanitario	171
63.	Excavación, sistema de alcantarillado sanitario	172
64.	Pozo de visita (h=1.20), sistema de alcantarillado sanitario	173
65.	Pozo de vista (h=1.93), sistema de alcantarillado sanitario	174
66.	Pozo de visita (h=3.63), sistema de alcantarillado sanitario	175
67.	Pozo de vista (h _{prom} =4.46), sistema de alcantarillado sanitario	176
68.	Colector principal, sistema de alcantarillado sanitario	177
69.	Conexión domiciliar, sistema de alcantarillado sanitario	178
70.	Relleno y compactación, sistema de alcantarillado sanitario	179
71.	Resumen de materiales, sistema de alcantarillado sanitario	180
72.	Gastos administrativos, sistema de alcantarillado sanitario	181
73.	Desglose de impuestos, sistema de alcantarillado sanitario	181
74.	Cronograma de ejecución físico y financiero, sistema de alcantarillado sanitario	182
75.	Listado taxativo de alcantarillado sanitario	184
76.	Análisis de impacto ambiental para sistemas de alcantarillado	185
77.	Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)	191
78.	Sistema unificado de clasificación de los suelos (SUCS)	192
79.	Granulometrías para bases de suelo según norma M-147	193
80.	Utilización de suelo según C.B.R	196
81.	Resumen de resultados para base	197
82.	Resumen de resultados de sub-rasante	197
83.	Cargas de diseño	203
84.	Tipo y peso de vehículos automotores	204

85.	Recubrimiento para suelos con CBR bajo	209
86.	Requisitos para la capa de base	210
87.	Espesores mínimos para capas de rodadura de adoquín	212
88.	Factor de incremento por mal drenaje	216
89.	Datos finales del pavimento de adoquín	219
90.	Resumen del presupuesto por renglón del diseño de pavimento de adoquín	221
91.	Trabajos preliminares, diseño de pavimento de adoquín	222
92.	Corte de cajuela, diseño de pavimento de adoquín	223
93.	Preparación de subrasante, diseño de pavimento de adoquín	224
94.	Colocación y tendido de capa subbase $e=0.30$, diseño de pavimento de adoquín	225
95.	Colocación y tendido de capa base $e=0.18$ m, diseño de pavimento de adoquín	226
96.	Colocación y tendido de arena $e=0.03$ m, diseño de pavimento de adoquín	227
97.	Colocación de carpeta de rodadura, diseño de pavimento de adoquín	228
98.	Llave transversal de confinamiento @ 6.00 m, diseño de pavimento de adoquín	229
99.	Bordillo de concreto 0.10×0.35 m, diseño de pavimento de adoquín	230
100.	Sello entre juntas, diseño de pavimento de adoquín	231
101.	Limpieza final, diseño de pavimento de adoquín	232
102.	Resumen de materiales, diseño de pavimento de adoquín	232
103.	Gastos administrativos para 5 meses, diseño de pavimento de adoquín	233
104.	Desglose de impuestos, diseño de pavimento de adoquín	233
105.	Cronograma de ejecución físico y financiero, diseño de pavimento de adoquín	234
106.	Listado taxativo de pavimento de adoquín	236
107.	Análisis del impacto ambiental de pavimento de adoquín	237

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Ubicación de aldea El Guayabal	1
2.	Ubicación de lotificación El Guayabal	2
3.	Iglesia católica aldea El Guayabal, Estanzuela, Zacapa	5
4.	Ruta de acceso a aldea El Guayabal	6
5.	Pérdidas de carga	37
6.	Dimensiones del techo	46
7.	Anillo de coronamiento	47
8.	Dimensiones del tanque	48
9.	Elementos estructurales de la torre	49
10.	Torre de cuatro columnas	49
11.	Perspectiva y planta de inclinación de columnas	51
12.	Dimensionamiento final de la torre	52
13.	Tramos de torre	53
14.	Modelo esquemático del tanque metálico elevado	54
15.	Volumen de agua en cuerpo y fondo de tanque	60
16.	Hipotenusa del fondo	61
17.	Escarpa, colina o cresta	67
18.	Interpolación lineal	78
19.	Zonificación sísmica de Guatemala, parámetros S_s y S_1	84
20.	Presión hidrostática en el tanque	94
21.	Área de zapata	96
22.	Diagrama de perímetro punzonante	97
23.	Diagrama de área ashurada	98
24.	Diagrama para falla de flexionamiento	99
25.	Diagrama para el momento de diseño	101
26.	Redes de distribución	103
27.	Equipo de gas cloro al vacío	110
28.	Diagrama VPN abastecimiento de agua potable	136
29.	Sección parcialmente llena	149

30.	Profundidad mínima de la tubería	163
31.	Cotas invert	164
32.	Diagrama VPN alcantarillado sanitario	183
33.	Curvas verticales: convexas y cóncavas	199
34.	Elementos de una curva vertical simétrica	199
35.	Estructura de un pavimento rígido	202
36.	Estructura de un pavimento flexible	202
37.	Espesor del pavimento según el CBR	207
38.	Espesor del pavimento según el índice de grupo	208
39.	Adoquín tipo huella cruz	213
40.	Diagrama VPN adoquín	235

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
a	Celeridad de onda
A	Área
A_t	Área total
a/A	Relación hidráulica de área
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano de Concreto)
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes)
ASTM	American Standard for Testing and Materials (Asociación Americana para Pruebas y Materiales)
AWWA	American Water Works Association (Asociación Americana del Agua)
B	Espesor de capa de base
C	Coeficiente de escorrentía
CA-9	Carretera Centroamericana 9
CA-10	Carretera Centroamericana 10
C_c	Contenido del cilindro
CDT	Carga dinámica total
cm	Centímetro
C_{le}	Cota invert de entrada
C_{ls}	Cota invert de salida
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
CO₂	Dióxido de carbono
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas

com/viv	Comercio por vivienda
CONALFA	Comité Nacional de Alfabetización
CP	Cota piezométrica
CT	Cota de terreno
CT_f	Cota de terreno final
CT_i	Cota de terreno inicial
d	Distancia
d/D	Relación hidráulica de tirante
DEMPAGUA	Dirección Municipal de Agua
DEORSA	Distribuidora de Electricidad de Oriente
DH	Distancia horizontal
DMP	Dirección Municipal de Planificación
Dot	Dotación
e	Eficiencia de bomba
EIA	Evaluación de impacto ambiental
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
fa	Porcentaje de almacenamiento
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
Fd	Factor de incremento de espesor por mal drenaje
fdm	Factor de día máximo
FH	Factor de Harmon
fhm	Factor de hora máxima
FR	Factor de retorno
FQM	Factor caudal medio
g	Aceleración de la gravedad
h	Hora
Ha	Hectárea
hab	Habitante
hab/viv	Habitante por vivienda
HB	Horas del bombeo al mes
HDPE	Polietileno de alta densidad

Hf	Pérdida de carga generada para cada diámetro de tubería
Hfi	Pérdida de carga en línea de impulsión
Hfs	Pérdida de carga en succión
Hf_{supuesta}	Pérdida supuesta
Hfv	Pérdida de carga menores por velocidad
HG	Hierro galvanizado
Hi	Altura de boca del pozo a la descarga
Hm	Pérdidas de carga menores por accesorios
HP	Caballos de fuerza
H_{pozo}	Altura de pozo de visita
Hs	Altura del nivel dinámico a la boca del pozo
i	Intensidad de lluvia
IG	Índice de grupo
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
IP	Índice de plasticidad
k	Módulo de elasticidad volumétrica del agua
Kg	Kilogramo
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetro cuadrado
KW	Kilowatt
L	Litro
L/comercio/día	Litro por comercio por día
L/hab/día	Litro por habitante por día
L/hab/s	Litro por habitante por segundo
L/industria/día	Litro por industria por día
L/s	Litro por segundo

Lb/pie³	Libra por pie cúbico
L_{diseño}	Longitud de diseño
LL	Limite liquido
LP	Limite plástico
m	Metro
M	Costo de mantenimiento
m/s²	Metros por segundo al cuadrado
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
mca	Metros columna agua
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
n	Período de diseño
O	Costo de operación
P	Potencia requerida de bomba
Pb	Potencia ejercida por la bomba de desinfección
PD_{inicial}	Presión disponible inicial
PD_{final}	Presión disponible final
PE_{inicial}	Presión estática inicial
PE_{final}	Presión estática final
PEX	Polietileno reticulado
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
PROTISA	Producción de la Tierra S.A.
PSI	Pound per Square Inch (libra por pulgada cuadrada)
PV	Pozo de visita
PVC	Policloruro de vinilo
qi	Caudal unitario

Q	Caudal
q/Q	Relación hidráulica para el caudal
Q_{aforo}	Caudal de aforo
Q_{bombeo}	Caudal de bombeo
Q_{com}	Caudal comercial
Q_{dist}	Caudal de distribución
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{ili}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{ind}	Caudal industrial
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{max}	Caudal máximo
Q_{maxd}	Caudal máximo diario
Q_{md}	Caudal medio diario
Q_{med}	Caudal medio
Q_{mh}	Caudal máximo horario
Q_{tramo}	Caudal del tramo
r	Tasa de crecimiento poblacional
RN-20	Ruta nacional 20
R_h	Radio hidráulico
S	Pendiente
SIB	Superintendencia de Bancos de Guatemala
SP	Sobrepresión
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
Tb	Tiempo de bombeo
Tb_{mensual}	Período de bombeo mensual
t_c	Tiempo de concentración
Tc	Espesor total del pavimento por CBR de la sub-rasante
t_e	Tiempo de entrada
Tg	Espesor total del pavimento por índice de grupo
Tsb	Espesor de sub-base
Tr	Periodo de retorno

UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa para Acueductos Rurales
v	Velocidad
v_{max}	Velocidad máxima
v_{min}	Velocidad mínima
Z	Ancho de zanja
viv	Vivienda
Vol	Volumen
VPN	Valor Presente Neto
%	Porcentaje
<	Menor que
>	Mayor que
≤	Menor o igual que
≥	Mayor o igual que
Ø	Diámetro
Ø_i	Diámetro interior
π	Pi = 3.1416
γ_d	Densidad seca máxima
Σ	Sumatoria
ΣLR	Sumatoria de lotes regulares
ΣLI	Sumatoria de lotes irregulares
‘	Pie
"	Pulgada
°	Grado
’	Minuto
”	Segundo

GLOSARIO

Abrasión	Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario.
Anaeróbico	Proceso biológico donde el nitrato y el amonio se convierten directamente en gas nitrógeno.
Azolvamiento	Acción de obstruir un conducto.
Balasto	Material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objetivo de protegerla.
Barlovento	Parte de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.
Coliformes totales	Son bacterias que se encuentran naturalmente en las heces de seres humanos y animales. La presencia de estos organismos en fuentes y cuerpos de agua es utilizada como indicador de contaminación biológica.
Cresta	Cumbre de agudos peñascos de una montaña.
Escarificar	Rasgar la superficie de un material para que sirva de base a una siguiente capa.

Escarpa	Pendiente o declive pronunciado de un terreno.
Estiba	Madera o residuos de bajo costo, utilizados para proteger y asegurar una carga durante su transporte.
Homogeneizar	Es un proceso que procura que una mezcla presente las mismas propiedades en todo su contenido.
Lotificación	Es denominado al fraccionamiento de terreno en más de cinco lotes, con apertura de nuevas calles.
Patógeno	Es un elemento capaz de producir enfermedad o daño al cuerpo de un ser vivo
Promontorio	Elevación del terreno o monte de poca altura.
Pérdida de carga	Es la disminución de la presión, debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
Urbanización	Zona residencial situada en las afueras de núcleos urbanos, donde cada subdivisión de terreno desmembrado, se le dota de infraestructura vial, sanitaria, energética y de agua potable.
Relación hidráulica	Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena con los de sección parcialmente llena.
Sotavento	Lugar hacia donde va el viento.

RESUMEN

El proyecto plasmado en este documento fue priorizado por la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y la coordinación de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la carrera de Ingeniería Civil, con la finalidad de contribuir en la disminución del déficit de vivienda en las familias del municipio de Estandzuela, Zacapa.

Este estudio fue desarrollado mediante el enfoque cualitativo, el cual se centró en el método de investigación-acción, debido a que su propósito fundamental se basa en el estudio de una situación social para mejorar la calidad de acción, utilizando actividades como la observación, el análisis de situación, formulación del problema, recolección de datos y el desarrollo de acciones de intervención.

El diseño de la urbanización consiste en una distribución de lotes, generada en base a la topografía del terreno, un sistema de abastecimiento de agua potable, un diseño de alcantarillado sanitario y una pavimentación con adoquín.

El proyecto de agua potable tiene una longitud de 1310 m, donde 785 m comprende la línea de conducción por bombeo, 525 m respecta a la distribución del sistema, asimismo está compuesto por una propuesta de desinfección de gas cloro, adecuándose al tanque de distribución metálico que abastecerá a 162 casas, pertenecientes a la aldea El Guayabal y a la lotificación del mismo nombre.

El diseño de alcantarillado sanitario, consta de una línea recolectora de agua residual de 505 m conjuntamente con 10 pozos de visita, prestando servicio a 68 viviendas de la mencionada lotificación, con una útil de 25 años. La pavimentación tiene una distancia total de 561 m, utilizando una carpeta de rodadura con adoquín tipo cruz de 10 cm, un espesor de capa base de 18 cm, y 30 cm para la sub-base, debido a la deficiencia de soporte de la sub-rasante.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente -CUNORI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, es formar profesionales comprometidos con la sociedad, que contribuyan al bien común y desarrollo sostenible del país, es por eso que ha establecido convenios con las municipalidades y otras dependencias no lucrativas, para brindar apoyo técnico en los proyectos de mejoramiento urbano y rural, a través de la intervención de los estudiantes que optan al Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), donde tienen la oportunidad de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

El estudio detalla una alternativa técnica para el “Diseño de urbanización, aldea El Guayabal, municipio de Estandzuela, departamento de Zacapa”, como respuesta a la escasez de vivienda, con el objetivo de contribuir a elevar el nivel de vida, así como generar mayores oportunidades de desarrollo para las familias del municipio y sus alrededores; comprende la distribución de lotes, sistema de abastecimiento de agua, alcantarillado sanitario y pavimentación de adoquín.

En el contenido del presente documento se presentan cinco capítulos, el primero describe generalidades de la comunidad, el segundo, el diseño de la urbanización cuya finalidad fue la distribución de lotes, el tercero, el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, el cuarto, la elaboración del sistema de alcantarillado sanitario y el último, centralizado en una pavimentación de adoquín.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer la planificación de una urbanización, que permita la disminución del déficit habitacional en las familias del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

ESPECIFICOS

1. Elaborar el diseño que defina las condiciones urbanísticas adecuadas para la distribución de lotes en aldea El Guayabal.
2. Diseñar un adecuado sistema de alcantarillado sanitario y la red de abastecimiento de agua potable.
3. Utilizar los conocimientos técnicos de ingeniería, para la elaboración de presupuestos y actividades de trabajo del proyecto de pavimentación.
4. Mostrar por medio de actividades técnico profesionales, el servicio social que el -CUNORI- realiza hacia las comunidades más necesitadas de la región.

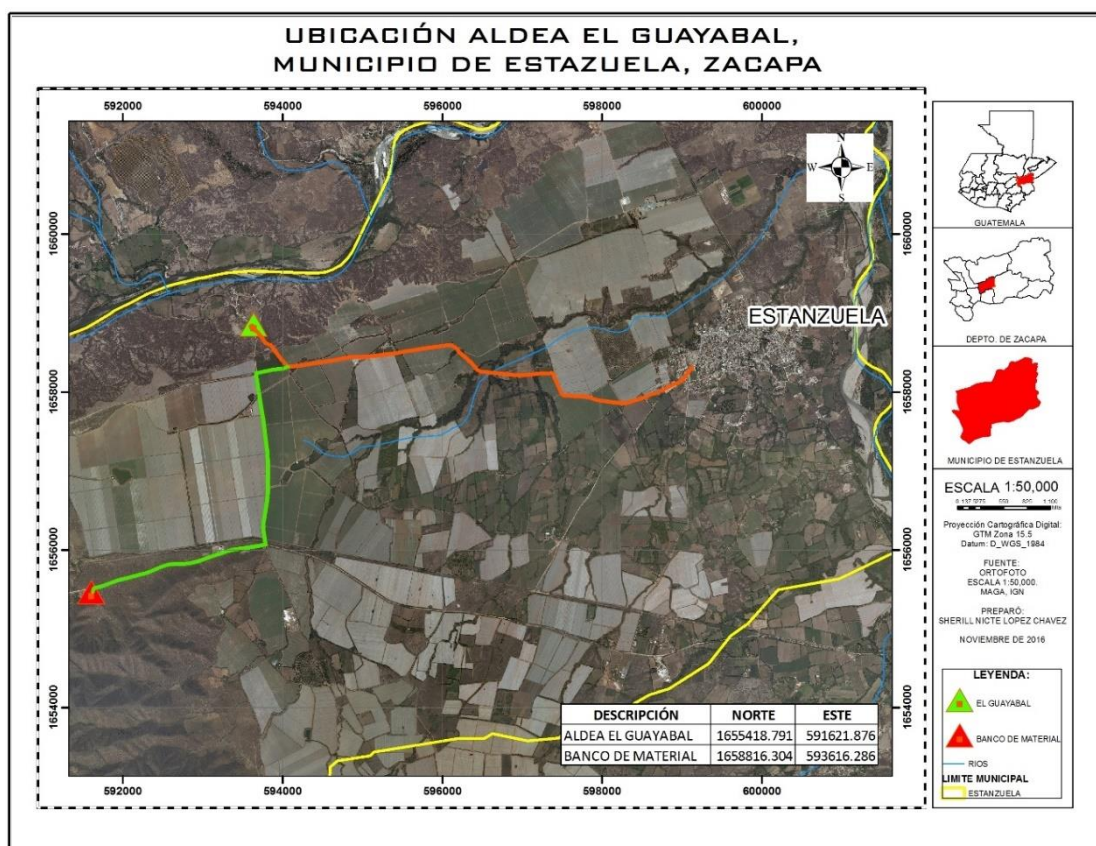
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

1.1. Características geográficas

1.1.1. Ubicación geográfica y colindancias

La aldea El Guayabal forma parte del municipio de Estandzuela departamento de Zacapa, está ubicada a 7.5 km del casco urbano y a 12.5 km de la cabecera departamental. Delimita con las aldeas: al norte con Lo de Mejía, Rio Hondo; al sur con San Nicolás, Estandzuela; al este con San José Teculután y al oriente con la cabecera municipal de Estandzuela.

Figura 1. Ubicación de aldea El Guayabal

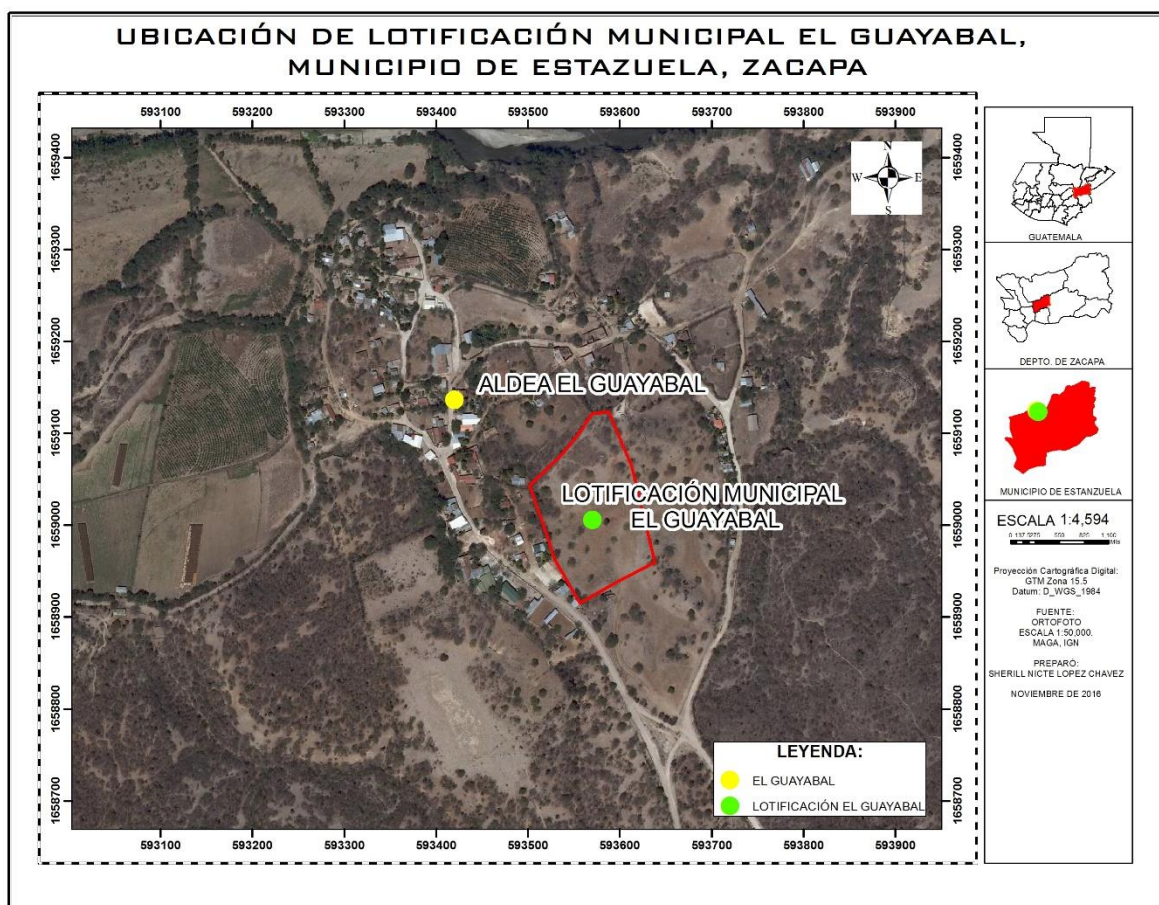


Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Localización y extensión territorial

La aldea tiene una extensión territorial de 3.5 km² en su área habitacional y una cantidad de kilómetros incierta en su área agrícola. Las coordenadas GTM con referencia al parque municipal de la localidad son: latitud 1655418.791 y longitud 591621.876.

Figura 2. Ubicación de lotificación El Guayabal



Fuente: Elaboración propia

1.1.3. Aspectos topográficos y suelo

Concejo Municipal de Estandzuela (2010)

Una de las grandes fortalezas de la localidad, es su topografía plana, y ocupa más del 90% de superficie, apta para agricultura extensiva, el resto posee un relieve que va ondulado a inclinado.

El territorio de Estandzuela está ubicado en la provincia fisiográfica de la depresión del Motagua, formado principalmente de serpentinas y rocas asociadas. Al analizar el perfil de suelos se puede observar que está conformado básicamente por chicaj y arcilla superficial (p. 32).

1.1.4. Clima

Debido a su altura de 190 msnm, sus estaciones son el invierno y verano, siendo predominante la segunda. La temperatura oscila entre los 22°C siendo la mínima, y la máxima de 41°C. La precipitación pluvial es de 750 mm, por otra parte, se tiene que la humedad relativa del lugar es del 66% (Dirección Municipal de Planificación, 2010).

1.2. Características socioeconómicas

1.2.1. Actividades económicas y productivas

Vásquez (2011)

En la aldea El Guayabal, la población económicamente activa se clasifica de la siguiente manera: 46% son amas de casa, 16% son agricultores y 3% profesionales. Se estima que el ingreso familiar de la localidad es de Q.1,371.00 quincenales.

La economía de la aldea está concentrada principalmente en la agricultura, debido a que cuenta con industrias meloneras, fuente importante de empleo para los pobladores de la comunidad; teniendo como base dos meloneras: La Labor y la empresa Producción de la Tierra S.A. (PROTISA).

La producción pecuaria se fundamenta en la crianza de ganado vacuno, bovino y porcino. También cuentan con producción forestal en pequeña escala, con cultivo de aripín, nim, pino, cedro, subín, guayaca y madre cacao (pp. 9-10).

1.2.2. Organización comunitaria

La administración del lugar es dirigida por el gobierno municipal de Estanzuela, el cual delega funciones para descentralizar las labores municipales según la ley de los consejos comunitarios. En base a este reglamento se crean los consejos de desarrollo (COCODE), el cual es conformado por las personas que residen en la aldea donde es creado. Sirve de apoyo para la administración municipal que tendrá a cargo los valores, normas y procedimientos, en forma supletoria, de acuerdo a la reglamentación municipal existente (Dirección Municipal de Planificación, 2010, p.10).

1.3. Características socioculturales

1.3.1. Población

Según proyecciones de crecimiento poblacional realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) la población es de 458 habitantes para el año 2016, el cual representa el 3.37% de la población total del municipio de Estanzuela.

1.3.2. Etnia y religión

“La religión predominante es la católica, cuenta con una iglesia ubicada al centro de la aldea. En la aldea toda la población es eminentemente ladina” (DMP, 2010, p. 1).

Figura 3. Iglesia católica aldea El Guayabal, Estanzuela, Zacapa



Fuente: Dirección Municipal de Planificación (DMP), 2010, p. 3.

1.4. Características de infraestructura

1.4.1. Tipología de vivienda

Se cuenta con un total de 76 viviendas formales, construidas en su mayor parte con paredes de block, cubierta de lámina o losa de concreto y piso cerámico; en menos cantidad construidas con paredes de adobe y techo de teja.

Tabla 1. **Tipos de vivienda**

Material de techo	Lamina	Teja	Terraza	Total viviendas
	53	15	8	
Material de las paredes	Ladrillo	Block	Adobe	76
	0	56	20	
Material de piso	Ladrillo cerámico	Torta de cemento	tierra	
	19	57	0	

Fuente: Dirección Municipal de Planificación (DMP), 2010, p. 5.

1.4.2. Vías de acceso

“El municipio de Estanzuela se ubica a 141 km, de la ciudad capital: 136 km, por la CA-9 norte (Ciudad de Guatemala a Rio Hondo) y 5 km, sobre CA-10 (Rio Hondo a entrada al municipio de Estanzuela)” (Rosal, 2016, p.2).

A la aldea El Guayabal se ingresa a un camino de terracería de 7.5 km desde la cabecera municipal hasta el parque de dicha localidad. Una vía alterna al sitio ya mencionado es por la ruta nacional RN-20, que se accede por la jurisdicción de aldea La Fragua, Zacapa en el km 147 de la carretera CA-10.

Figura 4. **Ruta de acceso a aldea El Guayabal**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación (DMP), 2010, p. 3.

1.4.3. Servicios públicos

Entre los principales servicios básicos e infraestructura que se encuentran en la aldea El Guayabal, se mencionan los siguientes:

- Educación: se cuenta con establecimientos educativos que cubren el nivel pre-primario y primario.
- Salud: en la localidad existe un centro de convergencia, no cuenta con equipo, materiales ni medicamentos, sino que únicamente brinda consultas esporádicas. Según información proporcionada por el personal del centro asistencial de salud del municipio de Estanzuela, la tasa bruta de mortalidad es de 3.46%, siendo la principal causa la vejez.
- Agua potable: la aldea se abastece por medio de un pozo artesanal utilizando un equipo de bombeo. Usualmente los habitantes reciben el agua potable cada dos días por causa a conexiones ilegales, que hacen el sistema ineficiente.
- Alcantarillado: actualmente la aldea no cuenta con sistema de alcantarillado sanitario, habiéndose considerado poco factible por la densidad de vivienda.
- Transporte público: únicamente ingresan vehículos de doble tracción (especialmente en invierno), motos y bicicletas.
- Energía eléctrica: es distribuida por Energuate, el 100% de la población cuenta con este servicio.

2. DISEÑO DE URBANIZACIÓN

2.1. Descripción del proyecto

El terreno donde será ejecutado el proyecto, se sitúa a un costado de la entrada de la aldea, se prevé beneficiar a 350 personas, en su mayoría, personas de bajos recursos.

La urbanización se basó en la distribución de 70 lotes, calles y áreas recreativas; el diseño de la distribución de agua potable, donde, está compuesto por una línea de conducción accionado por un equipo de bombeo, una red de distribución por gravedad con ramales abiertos, beneficiando a todos los habitantes de la aldea y al mismo tiempo a la lotificación; un alcantarillado sanitario conformado por pozos de visita, un conjunto de tuberías y una propuesta de tratamiento, en cuanto a la pavimentación de adoquín, está constituido por diversas capas, donde a su vez agrega valor soporte a la sub-rasante.

Se enfatiza que este estudio se centralizó en desarrollar los proyectos de ingeniería (agua potable, alcantarillado sanitario y pavimentación), dejando en segundo plano los detalles de áreas tanto recreativas como verdes, la implementación de estacionamientos de visitantes, carga y descarga, ya que lo que se perseguía era el mayor aprovechamiento del terreno para el uso habitacional, siendo éste de mayor beneficio.

2.2. Aspectos legales

Muñoz (2005)

Previo a iniciar cualquier trabajo se debe contar con una copia de la escritura de propiedad del inmueble, donde se puedan obtener las colindancias del terreno y el área comprobada o adquirida; adicionalmente se necesita una certificación reciente

extendida por el Registro General de la Propiedad en la que estén contenidas la primera y última inscripción de dominio, así como todas la anotaciones, limitaciones y gravámenes que estén vigentes (p. 47).

La Municipalidad de Estanzuela, siendo responsable de todos los aspectos legales, cuenta con escritura de propiedad del inmueble, teniendo en su contenido el área inscrita y las colindancias del terreno.

2.3. Norma que regula el diseño

2.3.1. Reglamento de construcción de Estanzuela

(Reglamento de construcción y urbanismo del municipio de Estanzuela, 2010)

Según el capítulo V **artículo 58** de este reglamento, define las urbanizaciones de acuerdo al uso y características, y son las siguientes:

- a) Residenciales: aquellas cuyos lotes se destinan a viviendas.
- b) No Residenciales: aquellas cuyos lotes se destinan a usos distintos al descrito en el inciso a.

Artículo 59. De las urbanizaciones residenciales. Todo proyecto de urbanización deberá cumplir con las disposiciones legales vigentes a la fecha de su inicio. Deberá contar como mínimo con las siguientes especificaciones y servicios:

- a) Áreas verdes 5% del área total de las fincas a urbanizar.
- b) Redes de energía eléctrica, agua potable, teléfonos, sistema de drenaje y descarga de aguas residuales.

- c) Alumbrado público en vialidades y banquetas.
- d) Camino de acceso y salida a la urbanización.
- e) Nomenclatura en calles de acuerdo a la asignación del departamento municipal respectivo.
- f) Calles pavimentadas de concreto asfáltico o concreto hidráulico.
- g) Área de estacionamiento dentro de las fincas a urbanizar, para el personal, clientes, visitantes entre otros, de acuerdo a lo requerido en este reglamento.
- h) Áreas de carga y descarga dentro de las fincas a urbanizar.
- i) Áreas de protección para evitar cualquier impacto negativo, a las áreas colindantes y otras que sean requeridas por la Municipalidad.
- j) Cumplir con las especificaciones relacionadas a las alineaciones municipales, derechos vías y otras que sean aplicables.
- k) Estudio de suelos y dictamen del profesional especialista que certifique la factibilidad del proyecto.
- l) Otros requeridas por leyes y reglamentos que le apliquen.

Dentro de los aspectos mencionados anteriormente, algunos no fueron tomados en cuenta al momento de realizar la distribución; los incisos son: a, b, g, h, i.

2.3.1.1. Gabaritos en calles recomendados

(Reglamento de construcción y urbanismo del municipio de Estandzuela, 2010)

Artículo 44. Gabarito: consiste en el perfil límite hasta el cual, en el espacio aéreo es permitido construir. Para efectos de este reglamento y a partir de que entre en vigor; se establece como gabaritos permisibles mínimo para calles y avenidas nuevas ocho metros incluyendo aceras; casos específicos será analizado por la municipalidad y aprobado por el Concejo Municipal.

2.3.1.2. Dimensiones mínimas de lotes

(Reglamento de construcción y urbanismo del municipio de Estandzuela, 2010)

Artículo 60. Área mínima a desmembrar: el área superficial mínima para la desmembración de lotes de terreno será de 70 m², con un frente mínimo de 5 m. Casos especiales serán evaluados por el Concejo Municipal.

2.3.2. Registro de la propiedad

Para la elaboración del plano a presentarse en el Registro general de la propiedad, es necesario que esté indicado lo siguiente:

- Ubicación, indicando el municipio y departamento en que se encuentra
- Área
- Rumbos o azimuts
- Coordenadas geográficas debidamente referenciadas al sistema geodésico nacional
- Medidas lineales
- Colindancias
- Nombre y dirección si lo tuviere.

Tales datos se expresarán en el documento que se presente para su inscripción en el registro de la propiedad respectivo; los planos podrán ser realizados por ingenieros civiles, arquitectos e ingenieros agrónomos, que se encuentren con colegiado activo.

2.4. Levantamiento topográfico

Se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre; constituye uno de los elementos básicos para realizar el diseño geométrico de una carretera, red de agua potable o alcantarillado (Vásquez, 2011, p.77).

2.4.1. Planimetría

Es la representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar sus dimensiones. Se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados de un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Dicho de otra manera, se representa el terreno visto en planta (Rodríguez, 2015, p. 29).

2.4.2. Altimetría

Es el conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie o plano de comparación. El objeto primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano en comparación, para deducir los desniveles entre los puntos observados (Rodríguez, 2015, p. 27).

2.5. Diseño de la urbanización

2.5.1. Levantamiento del polígono general

Se realiza mediante un levantamiento topográfico, dado que de este se obtienen los datos necesarios para realizar el trazo del polígono general, de manera que se pueda deducir el área total del terreno y generar curvas a nivel para el cálculo del diseño final.

2.5.2. Diseño de distribución de lotes

Para proceder a la distribución de lotes se debe tener en cuenta los aspectos que considera las regulaciones que establezca la Municipalidad antes mencionados, también considerar costumbres, hábitos de vida y necesidades, para que pueda diseñarse de acuerdo al lugar.

De acuerdo a lo anteriormente descrito, se distribuyeron 70 lotes, teniendo un área de 96 m², siendo sus dimensiones de 8 m de frente y 12 m de fondo. Existe una excepción para siete lotes, debido a que sus medidas quedaron de forma irregular con la finalidad de que la calle tuviera el ancho según lo descrito por el reglamento de construcción de Estanduela. También se tomaron en cuenta áreas verdes y recreativas para mejor desenvolvimiento de los habitantes.

2.5.3. Diseño de ejes de calles

Luego de realizar la distribución de lotes, se efectuó el trazo de los ejes de calle y curvas horizontales que forman el proyecto; para garantizar una cómoda circulación de los vehículos, se estableció un ancho mínimo de calle de 5 y 6 m el cual fue verificado y aceptado por el Concejo Municipal a pesar de lo descrito en el reglamento, además se tomó 80 cm de acera por lado.

2.5.4. Cálculo de movimiento de tierras

El movimiento de tierra es una actividad realizada en la ejecución de proyectos de infraestructura, por sí mismo es un proceso de estudio, diseño y materialización, este último utiliza maquinaria pesada para la modificación del terreno, ya sea cortes o rellenos según sea el caso; en el diseño se consideran posibles curvas verticales y horizontales obtenidas con los datos topográficos ayudando a realizar cálculos para definir la rasante del proyecto.

2.5.5. Amojonamiento

Este proceso se realiza con el fin de delimitar cada terreno, y que se garantice el respeto de los linderos de cada lote.

Se procedió a colocar mojones a cada porción de terreno, identificándolos adecuadamente según el plano de distribución de lotes en el apéndice B.

2.5.6. Pavimentación

La estructuración de las capas del pavimento es fundamental para distribuir equitativamente las cargas de los vehículos, estas deben estar constituidas por materiales apropiadamente compactados, de modo que no se sufra una deformación excesiva y no se cree una falla.

Se estableció que la pavimentación en la lotificación sería de adoquín tipo cruz; uno de los factores principales para la toma de decisión fue su fácil manipulación y el traslado del mismo.

2.5.7. Instalaciones propuestas

2.5.7.1. Agua potable

Es aquella que puede ser consumida sin limitaciones, en otras palabras, tras ser sometida a desinfección para eliminar patógenos que se encuentren en ella, puede ingerirse sin arriesgar la salud del usuario.

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua de la urbanización, se hizo uso de un pozo artesanal como fuente de suministro, considerando además como almacenamiento un tanque elevado metálico.

2.5.7.2. Alcantarillado

Es un sistema de tuberías y obras complementarias, que se utilizan para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias.

En este estudio se contempló un sistema de alcantarillado sanitario, utilizando tuberías de tipo pvc, pozos de visita elaborados con ladrillo tayuyo; las aguas pluviales se dejarán correr sobre el pavimento.

2.5.7.3. Energía eléctrica

Se manifiesta como una corriente eléctrica y proviene de una red, a través de una energía suministrada por una compañía.

Se considera que la empresa distribuidora de energía para la lotificación El Guayabal será Energuate, debido a que su jurisdicción cubre el territorio Estanduelence.

3. DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto se compone de línea de conducción de 785 m, red de distribución de 525 m con ramales abiertos, utilizando tubería tipo PVC y de almacenamiento se empleará un tanque elevado metálico, con altura de 10 m, diseñado para abastecer a la lotificación y a la aldea El Guayabal, con el fin de beneficiar a 808 personas inicialmente.

El sistema de abastecimiento de agua potable fue diseñado bajo las normas INFOM-UNEPAR, en la que se describen lineamientos para la correcta elaboración de proyectos de acueductos rurales.

3.2. Datos preliminares

3.2.1. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento es un pozo artesanal de 60 pies de profundidad, localizado a 400 m del parque central de la aldea El Guayabal, en terreno municipal, se encuentra protegido por una caseta, tiene muros de block y cubierta de lámina.

3.2.2. Aforo de la fuente

De acuerdo a datos proporcionados por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), el último aforo realizado fue en junio de 2015, obteniendo un caudal promedio de 4.41 L/s, por medio del método de aforo volumétrico, utilizando una bomba de succión y un recipiente; el procedimiento fue realizado durante 24 horas.

3.2.3. Análisis del agua

Se tomaron muestras con recipientes debidamente esterilizados, con el afán de determinar las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua; puesto que con estos análisis se determina si es apropiada para el consumo humano o si es necesario algún tipo de desinfección.

3.2.3.1. Físico-químico

El análisis físico ayuda a establecer las características que son percibidas por los sentidos (olor, color, sabor), y el químico determina cantidades de materia mineral y orgánica del agua (Aguilar, 2007).

Tabla 2. Análisis físico-químico del agua

Parámetros	Resultados	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	2200	---	Menor de 1500
Sólidos totales mg/l	1500	500	1000
Sólidos disueltos totales mg/l	1408.00	---	500
Oxígeno disuelto mg/l	9.05	8	4
Oxígeno disuelto % Sat.	133.1	---	80 a 100
Fosfato	1.050	0.5	1
Demanda biológica de oxígeno BDO5 mg/l	50.00	---	25
Dureza mg/l CaCO_3	230	100	500

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos obtenidos del laboratorio, se tiene que varios parámetros no cumplen con los límites permisibles establecidos; uno de los resultados determinados, el cual es importante es el oxígeno disuelto, su presencia puede indicar contaminación elevada o una actividad bacteriana intensa, en este caso su valor

sobrepasó levemente los límites, indicando la necesidad de un sistema de desinfección, éste se desarrolló en la sección 3.10.

Otro dato crítico obtenido es el correspondiente al parámetro de la dureza, su resultado fue de 230 mg/L, considerándose la fuente de abastecimiento con agua dura por sobrepasar los 200 mg/L; uno de los problemas que podría generar es la formación de depósitos en las tuberías y obstruirlas completamente debido al alto nivel de minerales.

Por último, se tiene al fosfato, también por sobre lo permitido, es probable que se deba que la fuente se encuentra en un sector agrícola, y usualmente se utilizan fertilizantes para los cultivos, contaminando indirectamente el pozo artesanal.

3.2.3.2. Bacteriológico

“Para este examen se determina la presencia del grupo coliforme total, mostrado por la *Escherichia coli*, la cual es una bacteria no patógena, pero se encuentra presente en los intestinos de los seres vivos” (Aguilar, 2007, p.4).

Tabla 3. **Análisis bacteriológico del agua**

Parámetros	Resultados	Valor de referencia
Coliformes totales	240.00 NMP/100 ml	3
<i>Escherichia coli</i>	28.00 NMP/100 ml	3
Coliformes fecales	28.00 NMP/100 ml	3

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 describe los resultados de la prueba realizada, determina que efectivamente contiene el grupo de bacterias llamadas coliformes totales, con un resultado de 240 NMP/100ml, siendo mucho mayor por sobre el nivel de referencia, de la misma manera la *Escherichia coli* se sobrepasó con un valor de 28 NMP/100ml,

considerando un límite aceptable de 3.0 NMP/100ml. Por tanto, se recomienda un sistema de desinfección.

3.3. Levantamiento topográfico

Se realizó con el objeto de obtener los desniveles del terreno. El levantamiento para la línea de bombeo y de distribución es de segundo orden, se hizo uso del método conservación de azimut, tomando puntos de importancia como: frentes de vivienda para conexiones domiciliarias, cambios de pendiente, centros de calle para líneas de conducción y red de distribución.

3.4. Parámetros de diseño

3.4.1. Población actual

Actualmente la Municipalidad de Estanzuela no cuenta con un censo actualizado de la población de El Guayabal, es por eso que se tomaron en cuenta las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el cual calcula un total de 458 personas para el año 2016. La población para la lotificación es de 350 personas, porque se consideraron 5 personas por vivienda, teniendo un resultado de 808 habitantes inicialmente.

3.4.2. Tasa de crecimiento poblacional

Es el aumento de la población en un periodo determinado, generalmente en un año y es expresado como un porcentaje. Refleja el número de nacimientos, muertes, el número de inmigrantes y emigrantes (Vásquez, 2011).

El Instituto Nacional de Estadística (2010) ha estimado una tasa de crecimiento poblacional del 2.50% anual para las aldeas del municipio de Estanzuela.

3.4.3. Periodo de diseño

Aguilar (2007) menciona que es el número de años, durante los cuales una obra determinada, presta con eficiencia, el servicio para el cual fue diseñada. Entre los factores que influyen en la elección de diseño se encuentra: la vida útil de las estructuras, equipo y materiales, el desarrollo socioeconómico de la comunidad y posibles ampliaciones futuras.

Tabla 4. **Periodos de diseño recomendados**

Fuente de abastecimiento	30 años mínimo
Estaciones de bombeo	10 años
Líneas de conducción	30 años mínimo
Tanque de almacenamiento	10 años mínimo – 15 años máximo
Redes de distribución	30 años

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM-UNEPAR), 1997.

Para finalidad de este estudio, se utilizará diez años para la estación de bombeo, tomando dos años para la planificación, financiamiento y construcción, por tanto, se tendrá un total de doce años.

3.4.4. Población futura

Para el cálculo de la población futura se utilizará el método geométrico, puesto que Guatemala es un lugar en vías de desarrollo. Este consiste en calcular la población basándose en la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrada de acuerdo a los últimos censos; también debe proyectarse el tiempo según el periodo de diseño que se haya determinado.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

P_f = Población futura, habitantes

P_o = población actual, 458 habitantes

r = Tasa de crecimiento poblacional, 2.50%

n = Periodo de diseño, 12 años

$$P_f = 458(1 + \frac{2.50}{100})^{12} = 615.96 \approx 616 \text{ habitantes}$$

Debido a que en la lotificación se estimó 5 personas por vivienda, no existe opción a población futura por ser un área sin posibilidad a expansión, por lo que se deja en claro que la estimada es la perteneciente a la aldea El Guayabal.

$$P_{f\text{total}} = \text{Población aldea} + \text{Población lotificación}$$

$$P_{f\text{total}} = 616 + 350 = 966 \text{ habitantes}$$

3.4.5. Dotación

Es el volumen de agua asignada a un usuario en un día y se expresa por lo general en litros por habitante por día (L/hab/día). Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) se pueden considerar las siguientes dotaciones:

Tabla 5. **Criterios de dotación**

Servicio en base a	Dotación (L/hab/día)
Llena de cantaros exclusivamente	30 a 60
Llena de cantaros y conexiones prediales	60 a 90
Conexiones prediales fuera de la vivienda	60 a 120
Conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos por vivienda	90 a 170
Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual	20 como mínimo
Servicio de aljibes	20 como mínimo

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM-UNEPAR), 1997.

De acuerdo con lo observado en la localidad, el tipo de servicio que se tomará como base será el de conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos por vivienda, la dotación a utilizar es de 150 L/hab/día.

3.5. Factores de consumo

En el sistema de abastecimiento, la cantidad de agua consumida varía continuamente en función del tiempo, las condiciones climáticas, costumbres de la población, condiciones económicas, entre otros.

Estos factores de seguridad se utilizan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua en cualquier época del año y bajo condiciones previstas, por lo tanto, se utilizarán como principales, el factor de día máximo y hora máximo.

3.5.1. Factor de día máximo

La función principal de este factor radica en compensar los días de máximo consumo de una población por seguridad, este varía según el sector a servir.

Tabla 6. Rangos para factor de día máximo

Población futura	Valor
≤ 1000 habitantes	1.2 a 1.5
>1000 habitantes	1.2

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM-UNEPAR), 1997.

Debido a que, en el cálculo de la población futura, se obtuvo como resultado menos de mil habitantes se tomó el valor de 1.3.

3.5.2. Factor de hora máximo

Este también funciona por seguridad, en este caso es utilizado para compensar las horas de máximo consumo de una población, además es utilizado para el caudal de distribución.

Tabla 7. Rangos para factor de hora máximo

Población	Rangos
≤ 1000 habitantes	2 a 3
>1000 habitantes	2

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM-UNEPAR), 1997.

Como anteriormente se dijo, la población futura no rebasa los mil habitantes, por lo que se utilizará el valor de 2.5.

3.6. Determinación de caudales

3.6.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua requerida para satisfacer la necesidad de una población en un día de consumo promedio. Se obtiene por medio de la multiplicación de la

dotación adoptada por la población futura, dividido por el número de segundos que contiene un día.

$$Q_{md} = \frac{P_f * Dot}{86,400 \text{ s}}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio

P_f = Población futura. 966 habitantes

Dot = Dotación, 150

$$Q_{md} = \frac{966 * 150}{86,400 \text{ s}} = 1.68 \text{ L/s}$$

Haciendo una comparación entre el caudal de aforo y medio diario, se comprueba que la fuente de abastecimiento prevista suple la necesidad de la población.

$$\begin{aligned} Q_{md} &< Q_{aforo} \\ 1.68 \text{ L/s} &< 4.41 \text{ L/s} \end{aligned}$$

3.6.2. Caudal máximo diario

Es el caudal que representa el mayor consumo por día de una población. Es conocido como caudal de conducción, debido a que es el que se utiliza para su diseño. Según normas UNEPAR, a falta de registros, el consumo máximo diario, será el producto de multiplicar el caudal medio diario (Q_{md}) por el factor de día máximo.

$$Q_{maxd} = F_{dm} * Q_{md}$$

Donde:

Q_{maxd} = Caudal máximo diario, L/s

F_{dm} = Factor de día máximo, 1.3

Q_{md} = Caudal medio diario, 1.68 L/s

$$Q_{maxd} = 1.3 * 1.68 \text{ L/s} = 2.18 \text{ L/s}$$

3.6.3. Caudal máximo horario

Es el caudal de máximo consumo de agua durante una hora en un día, este se calcula multiplicando el caudal medio por el factor de hora máxima.

$$Q_{mh} = F_{hm} * Q_{md}$$

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo horario, L/s

F_{hm} = Factor de hora máxima, 2.5

Q_{md} = Caudal medio diario, 1.68 L/s

$$Q_{mh} = 2.5 * 1.68 \text{ L/s} = 4.2 \text{ L/s}$$

3.6.4. Caudal de bombeo

Es el caudal que es impulsado por un equipo de bombeo hasta el tanque de distribución.

$$Q_{bombeo} = \frac{Q_{md} * 24 \text{ h}}{tb}$$

Donde

Q_{bombeo} = Caudal de bombeo, L/s

Q_{md} = Caudal máximo diario, 2.18 L/s

tb = Periodo de bombeo, 14 horas

$$Q_{bombeo} = \frac{2.18 * 24 h}{14 h} = 3.73 L/s$$

Este caudal tiene que ser menor al caudal aforado, definido en la sección 3.2.2.

$$3.73 L/s < 4.41 L/s$$

Para definir el tiempo de bombeo actual se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$Tb_{actual} = \frac{Qc_{actual} * 24 h}{Q_{bombeo}}$$

Donde:

Tb_{actual} = Tiempo de bombeo actual, h

Qc_{actual} = Caudal de conducción actual, L/s

En cuanto al caudal de conducción actual, se define:

$$Qc_{actual} = \frac{FDM * Po * Dot}{86,400}$$

$$Qc_{actual} = \frac{1.3 * 808 * 150}{86,400} = 1.82 L/s$$

$$Tb_{actual} = \frac{1.82 L/s * 24 h}{3.73 L/s} = 11.71 h$$

3.7. Velocidades del sistema

En todo diseño hidráulico, es importante verificar que la velocidad del agua se encuentre dentro de los parámetros recomendados, dado que muy poca origina acumulación de sedimentos y muy alta provoca abrasión en la tubería.

Según las normas INFOM, para los sistemas de conducción por bombeo se establece un rango de 0.6 y 2.0 m/s, mientras que para las líneas de conducción o distribución por gravedad debe comprenderse entre 0.4 y 3.0 m/s.

3.8. Presiones del sistema

Se tomaron en cuenta las pérdidas de presión del agua que fluye en las tuberías, de tal forma que se garantice el buen funcionamiento del servicio y de esta manera evitar el daño de los accesorios, es por eso que se estipulan los siguientes principios:

En la línea de conducción, la presión a usar es:

- Mínima: 6 m.c.a.
- Máxima: 80% de la presión de trabajo de la tubería

Presión en la red de distribución:

- Mínima: 10 m.c.a.
- Máxima: 60 m.c.a.

3.8.1. Presión estática

Es producida por los fluidos en reposo, generando fuerza sobre las paredes de la tubería hacia todas direcciones; la línea de carga es totalmente horizontal. La presión estática es igual al producto de multiplicar el peso específico del agua por la altura a la que se encuentre.

3.8.2. Presión dinámica

Se origina cuando el fluido se encuentra en movimiento, depende de la velocidad y densidad que posea el agua; la línea de carga de esta presión suele ser inclinada, ya que la energía que posee va disminuyendo en dirección al movimiento, debido a la resistencia que ofrece la superficie de la tubería.

3.9. Diseño hidráulico del sistema

Para llevar a cabo un diseño óptimo, se necesita emplear las fórmulas y coeficientes descritos a continuación:

- Fórmula de Hazen-Williams

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, esta es una de las más utilizadas en el cálculo hidráulico de tuberías forzadas. Se estableció a través del análisis empírico y estadístico de una gran cantidad de datos y es válida únicamente para el agua (Guerra, 2014).

$$Hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga, m

L = Longitud de diseño, m

Q = Caudal, L/s

C = Coeficiente de fricción interno, adimensional

ϕ = Diámetro interno, plg

Tabla 8. **Coeficientes de fricción interno**

Material	Coeficiente de fricción interno
Acero/hierro galvanizado	100
Hierro fundido	100
Asbesto/Cemento	100
PVC	150

Fuente: Aguilar, 2007, p. 15.

- Diámetros de tubería

De igual manera para calcular los diámetros en la línea de distribución, para conductos circulares a presión, se utilizó la misma fórmula, en donde despejando el diámetro, resulta la siguiente ecuación:

$$\phi = \left(\frac{1743.811 * L_{diseño} * Q^{1.85}}{C^{1.85} * Hf} \right)^{\frac{1}{4.87}}$$

- Ecuación de continuidad

Representa uno de los conceptos básicos de la hidráulica, a través de la relación:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Caudal, m³/s

V = Velocidad, m/s

A = Área interna del tubo, m²

3.9.1. Captación

Como ya se había mencionado en la sección 3.2.1 tiene una profundidad total de 60 pies, su característica principal es la arenosidad; el nivel estático se encuentra a 21 pies y el dinámico a 30 pies desde la boca del pozo.

3.9.2. Línea de impulsión

La línea de impulsión tiene un total de 785 m, iniciando desde la cota 81.21 m donde se encuentra el pozo artesanal y finalizando con una elevación de 106.16 m, punto destinado para la colocación del tanque elevado.

3.9.2.1. Diámetro económico

Como su nombre lo indica, es el diámetro más adecuado para utilizarse en la línea de bombeo, desde el punto de vista económico. Para determinarlo es necesario realizar un análisis entre el costo directo de la tubería y el de la energía que se requerirá al mes, utilizando las velocidades máxima y mínima del sistema.

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{1.974 * Q_{bombeo}}{v_{min}}}$$

$$\phi_2 = \sqrt{\frac{1.974 * Q_{bombeo}}{v_{max}}}$$

Donde:

ϕ = Diámetro económico

Q_b = Caudal de bombeo, L/s

v = Velocidad, m/s

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{1.974 * 4.03}{0.6}} = 3.64"$$

$$\phi_2 = \sqrt{\frac{1.974 * 4.03}{2.00}} = 2.00"$$

Los posibles diámetros son de 2, 2 1/2 y 3 pulgadas, respectivamente.

- Amortización

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

A = Amortización

r = Tasa de interés, 9.03%

n = Numero de meses en los que se desea pagar la tubería

Se tomó como referencia la tasa de interés según las tasas promedio ponderadas de la cartera de créditos por actividad económica el 31/08/2016, de la Superintendencia de Bancos de Guatemala (SIB). Para n , se tomó como referencia la vida útil del proyecto, el cual es de 10 años, es decir 120 meses.

$$A = \frac{\left(\frac{0.0903}{12}\right) \left(\frac{0.0903}{12} + 1\right)^{120}}{\left(\frac{0.0903}{12} + 1\right)^{120} - 1} = 0.013$$

- Número de tubos a utilizar

$$T = \frac{Dh}{6} s$$

Donde:

T = Número de tubos

Dh = Distancia horizontal

s = Factor de curvatura

El factor de curvatura depende de la irregularidad del terreno; se usó 1.03 debido al terreno ondulado.

$$T = \frac{785}{6} (1.03) = 134.75 \approx 135 \text{ tubos}$$

$$\text{Longitud de diseño} = 135 \text{ tubos} * 6 \text{ m} = 810 \text{ metros}$$

- Costo de tubería por mes

Se obtiene al multiplicar la amortización por el precio de la tubería, y por la cantidad de tubos.

Para finalidad de este estudio, se consideró precios de tuberías de PVC de 160 PSI, debido a que la diferencia de altura entre el pozo artesanal y el tanque de abastecimiento no es grande.

Tabla 9. Precios de tubería PVC de 160 PSI

Diámetro	Precio
2"	Q. 105.00
2 ½"	Q. 154.00
3"	Q. 225.00

Fuente: Elaboración propia

Los precios utilizados en este estudio fueron extraídos del catálogo de AMANCO (2016).

Tabla 10. Costo mensual de tubería PVC de 160 PSI

Diámetro	Amortización	Precio de tubería	Cantidad de tubos	Costo mensual
2"	0.013	Q. 105.00	135	Q. 184.28
2 ½"	0.013	Q. 154.00	135	Q. 270.27
3"	0.013	Q. 225.00	135	Q. 394.88

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de pérdidas de carga

Varían según el diámetro del conducto que se desea utilizar, mientras más pequeño sea éste, más alta será la pérdida; para la deducción de las pérdidas de carga se utilizó el diámetro medio interior de cada tubería descrita en la tabla 11.

Tabla 11. Diámetros de tuberías PVC de 160 PSI

Diámetro nominal	Diámetro medio interior
2"	2.19"
2 ½"	2.66"
3"	3.23"

Fuente: Elaboración propia

Se procede a calcular las pérdidas de carga para cada tubería, para esto se emplea la fórmula de Hazen-Williams, descrita en el inciso 3.9.

$$Hf_{2"} = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}}$$

Para el coeficiente de C se utilizará 150 debido a que el material de la tubería a utilizar es PVC.

$$Hf_{2"} = \frac{1743.811 * 810 * 3.73^{1.85}}{150^{1.85} * 2.19^{4.87}} = 33.19 \text{ m}$$

$$Hf_{2 \frac{1}{2}"} = \frac{1743.811 * 810 * 3.73^{1.85}}{150^{1.85} * 2.65^{4.87}} = 13.08 \text{ m}$$

$$Hf_{3"} = \frac{1743.811 * 810 * 3.73^{1.85}}{150^{1.85} * 3.23^{4.87}} = 5.03 \text{ m}$$

- Potencia de bombeo requerida

$$P = \frac{Hf * Qb}{76 * e}$$

$$P_{2"} = \frac{3.73 * 33.19}{76 * 0.6} = 2.71 \text{ HP}$$

$$P_{2 \frac{1}{2}"} = \frac{3.73 * 13.08}{76 * 0.6} = 1.07 \text{ HP}$$

$$P_{3''} = \frac{3.73 * 5.03}{76 * 0.6} = 0.41 \text{ HP}$$

Se hace la conversión de la potencia a kilowatts:

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ KW}$$

$$P_{2''} = 2.71 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 2.02 \text{ KW}$$

$$P_{2 \ 1/2''} = 1.07 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 0.80 \text{ KW}$$

$$P_{3''} = 0.41 \text{ HP} * \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 0.30 \text{ KW}$$

- Tiempo de bombeo mensual

$$tb_{mensual} = tb * 30$$

$$tb_{mensual} = 14 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} * 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} = 420 \text{ h/mes}$$

- Energía requerida por mes

$$C_{2''} = 2.02 * 420 = 848.4 \text{ KW h/mes}$$

$$C_{2 \ 1/2''} = 0.80 * 420 = 336 \text{ KW h/mes}$$

$$C_{3''} = 0.30 * 420 = 126 \text{ KW h/mes}$$

- Costo de energía por mes

Para el año 2016, según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), el precio del kilowatt-hora en promedio es Q. 1.7498.

$$Q_{2''} = 848.4 \text{ KW h/mes} * 1.7498 \frac{\text{Q}}{\text{kWh}} = \text{Q. 1484.53/mes}$$

$$Q_{2\frac{1}{2}"} = 336 \text{ KW h/mes} * 1.7498 \frac{Q}{\text{kWh}} = Q.587.93 / \text{mes}$$

$$Q_{3"} = 126 \text{ KW h/mes} * 1.7498 \frac{Q}{\text{kWh}} = Q.220.47 / \text{mes}$$

- Costo total mensual

Tabla 12. Costo mensual de tuberías más energía

Diámetro	Costo tubería	Costo energía	Costo total
2"	Q. 184.28	Q. 1,484.53	Q. 1,668.81
2 1/2"	Q. 270.27	Q. 587.93	Q. 858.2
3"	Q. 394.88	Q. 220.47	Q. 615.35

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que la tubería de 3" es la óptima en cuanto a economía se refiere, representando el menor costo por mes.

3.9.2.2. Potencia de bomba

La potencia del equipo de bombeo es calculada mediante la ecuación empleada en el inciso anterior, con la diferencia de que se sustituye la pérdida de carga (Hf) por la carga dinámica total (CDT).

$$P = \frac{CDT * Q_{bombeo}}{76 * e}$$

Donde:

P = Potencia de la bomba, HP

CDT = Carga dinámica total, m

Q_{bombeo} = Caudal de bombeo, 3.73 L/s

e = Eficiencia de la bomba 60%

3.9.2.2.1. Carga dinámica total

Es la altura a la cual se impulsará el agua, y va desde el nivel de succión hasta el nivel de descarga, venciendo la resistencia que ofrece la tubería y los accesorios al paso del fluido. El tipo de bomba será sumergible.

$$CDT = H_s + H_{fs} + H_i + H_{fi} + H_{fv} + H_m$$

Donde:

CDT = Carga dinámica total, m.c.a.

H_s = Altura de succión, m

H_{fs} = Pérdida de carga en succión, m

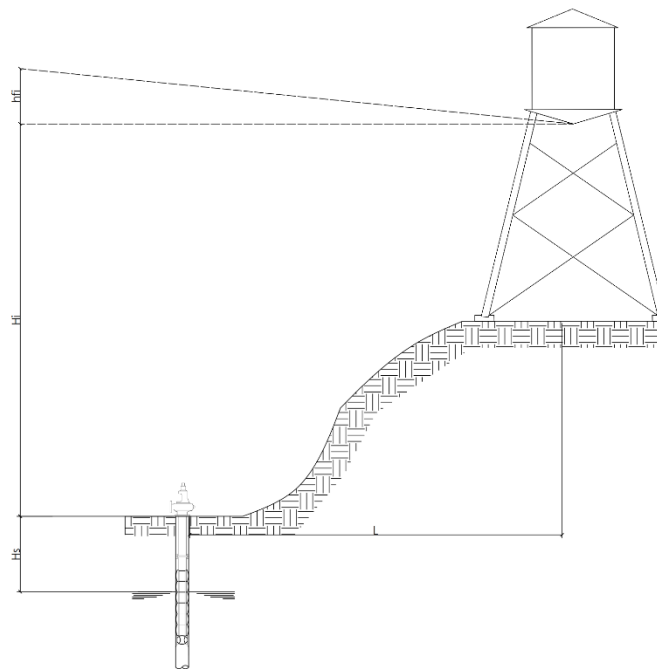
H_i = Altura de impulsión, m

H_{fi} = Pérdida de carga en línea de impulsión, m

H_{fv} = Pérdida de carga por velocidad, m

H_m = Pérdidas de carga menores por accesorios, m

Figura 5. Pérdidas de carga



Fuente: Elaboración propia

- Altura de succión

Para la determinación de esta altura se hace necesaria la siguiente conversión:

$$H_s = 30 \text{ pies} * \frac{1 \text{ metro}}{3.28 \text{ pies}} = 9.14 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdida de carga en succión

Por criterio técnico la bomba será colocada a 15 pies por debajo del nivel dinámico, es decir 4.57 m.

$$L = 9.14 \text{ m} + 4.57 \text{ m} = 13.71 \text{ m}$$

$$H_{fs} = \frac{1743.811 * 13.71 * (3.73)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (3.23)^{4.87}} = 0.09 \text{ m. c. a.}$$

- Altura de impulsión

Según los datos obtenidos por el estudio topográfico:

Boca del pozo = 81.217 m

Punto de descarga = 106.167 m

Debido a que el punto de descarga es un tanque elevado, y la torre donde se sitúa tiene una altura de 10 m, estos son adicionados, además mantiene la presión en las viviendas en los límites permisibles.

$$H_i = 116.167 \text{ m} - 81.217 \text{ m} = 34.95 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en línea de impulsión

Al igual que la pérdida de carga por succión se calcula con la ayuda de la fórmula de Hazen-Williams.

$$h_{fi} = \frac{1743.811 * 810 * 3.73^{1.85}}{150^{1.85} * 3.23^{4.87}} = 5.04 \text{ m. c. a.}$$

- Pérdida de carga por velocidad

$$H_{fv} = \frac{v^2}{2g}$$

Para la obtención de la velocidad, se emplea la ecuación de la continuidad despejada.

$$v = \frac{1.974 * Q}{\phi^2}$$

$$v = \frac{1.974 * 3.73}{3.23^2} = 0.71 \text{ m/s}$$

$$H_{fv} = \frac{(0.71)^2}{2 * 9.81} = 0.026 \text{ m}$$

- Pérdidas de carga menores por accesorios

$$H_m = 0.10 * H_{fi}$$

$$H_m = 0.10 * 5.04 = 0.50 \text{ m. c. a.}$$

- Carga dinámica total

$$CDT = 9.14 + 0.09 + 34.95 + 5.04 + 0.026 + 0.50 = 49.74 \text{ m. c. a.}$$

- Potencia del equipo de bombeo

$$P = \frac{CDT * Qb}{76 * e}$$

$$P = \frac{49.74 * 3.73}{76 * 0.6} = 4.06 \text{ HP} \approx 4.5 \text{ HP}$$

3.9.2.3. Especificaciones del equipo de bombeo

Según los datos obtenidos, se utilizará una bomba sumergible de 4.5 HP y motor sumergible de la misma capacidad con un voltaje de 230 V. El tiempo de bombeo será de 10 horas, funcionará con energía eléctrica, con una conexión monofásica y la eficiencia será como mínimo del 60%.

3.9.2.4. Clase de tubería

Para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua se utilizarán tuberías de PVC, como ya se había descrito en el inciso 3.9.2.1. siendo su resistencia de 160 PSI. En la tabla 13 se describen algunas características de este tipo de tuberías.

Tabla 13. **Tuberías de cloruro de polivinilo (PVC)**

Presentación	Tramos de 6 m de longitud, diámetros de ½ a 12 pulgadas.
Características	Tubería liviana Fácil de instalar Inerte a corrosión química Superficie interior lisa, bajas pérdidas. Los rayos ultravioleta la degradan y pierde resistencia Alta resistencia a la tensión y al impacto.
Instalación	Unión mecánica espigo-campana Unión con soldadura líquida

Fuente: CARE Internacional-Avina, 2012.

3.9.2.4.1. Golpe de ariete

Es el choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, de modo que las partículas que quedan detenidas, son presionadas por las que vienen avanzando detrás y aún siguen moviéndose, produciendo un trabajo a compresión en el agua y por consiguiente se genera una expansión en la tubería.

Usualmente ocurre al cerrar bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, por ello es necesario verificar la resistencia de ésta y que sea suficiente para soportar la sobrepresión y proteger el sistema.

$$SP = \frac{a * v}{g}$$

Donde:

SP = Sobrepresión, m.c.a.

a = Celeridad de onda, m/s

v = Velocidad del flujo en la tubería, m/s

g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

- La Celeridad

Es una velocidad con la que se propaga la onda del golpe de ariete.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} * \frac{\phi_i}{e}}}$$

Donde:

a = Celeridad

k = Módulo de elasticidad volumétrica del agua, $2.07 * 10^4$ kg/cm²

E = Módulo de elasticidad del material, (PVC, $3.00 * 10^4$ kg/cm²)

$\emptyset_i$ = Diámetro interno del tubo, 3.23"

e = espesor de la pared del tubo, 0.135"

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2.07 * 10^4}{3 * 10^4} * \frac{3.230}{0.135}}} = 339.38 \text{ m/s}$$

$$SP = \frac{339.38 * 0.71}{9.81} = 24.56 \text{ m. c. a.}$$

- Presión máxima

La clase de tubería debe ser lo suficientemente resistente como para soportar la presión máxima.

$$P_{max} = Hi + SP + NB$$

Donde:

P_{max} = Presión máxima, m.c.a.

Hi = Altura de la boca del pozo a la descarga, 34.95 m.c.a.

SP = Sobrepresión causada por el golpe de ariete, 24.56 m.c.a.

NB = Nivel de bombeo, 13.71 m

$$P_{max} = 34.95 + 24.56 + 13.71 = 73.22 \text{ m. c. a.}$$

$$73.22 \text{ m. c. a.} * 1.42 \frac{PSI}{1 \text{ m. c. a.}} = 103.97 \text{ PSI}$$

$$103.97 \text{ PSI} < 160 \text{ PSI}$$

3.9.3. Tanque de almacenamiento

Es útil para mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia,

como incendios o interrupciones provocadas por daños del acueducto. Así mismo es importante ubicarlo en un punto alto de la localidad.

Para este proyecto, se empleó un tanque de almacenamiento elevado, que según las normas UNEPAR, debían tomarse las siguientes consideraciones:

- Que el nivel mínimo de agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- Que la tubería de rebose descargue libremente.
- Tubo de desagüe con su correspondiente válvula de compuerta, que permite vaciar el tanque.

3.9.3.1. Dimensionamiento

A través de criterios establecidos por las normas INFOM-UNEPAR, se recomienda para establecer el volumen del tanque de distribución, un mínimo del 25% y un máximo del 40% del caudal medio diario. En este caso se utilizó un 40%.

$$Vol = \frac{Q_m(86,400\ s)}{1000} (fa)$$

Donde:

Vol = Volumen total, m^3

Q_m = Caudal medio diario, 1.68 L/s

fa = Porcentaje de almacenamiento, 40%

$$Vol = \frac{(1.68)(86,400)}{1000} (0.40) = 58.06 \approx 58\ m^3$$

3.9.3.2. Diseño estructural

Fue efectuado bajo la norma AWWA D-100 05, su propósito principal es lograr una probabilidad aceptable dentro de los parámetros establecidos, evitando el colapso de la estructura. Para el diseño se tomaron en cuenta las fases que a continuación se muestran:

- Dimensionamiento del tanque
 - Dimensionamiento de la torre
 - Diseño de espesores de elementos del tanque
 - Integración de cargas
-
- Dimensionamiento del tanque

Debido a que comercialmente no se maneja una dimensión 58 m³ se aproximó a 60 m³, por lo que se trabajó con este volumen; asimismo se resalta que el cuerpo del tanque tendrá forma cilíndrica, teniendo el techo y el fondo una forma cónica.

- Cuerpo

El cuerpo se dimensionó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \frac{h_{cuerpo}}{D_{cuerpo}}$$

Donde:

h_{cuerpo} = Altura del cuerpo, m

D_{cuerpo} = Diámetro del cuerpo, 4 m

Para encontrar h_{cuerpo} , se utilizó la fórmula del volumen de un cuerpo cilíndrico.

$$V = h\pi r^2$$

Donde:

V = Volumen, 60 m^3

h = Altura, m

r = Radio, 2 m

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{60 \text{ m}^3}{\pi(2)^2} = 4.77 \text{ m} \approx 4.80 \text{ m}$$

Se destaca que el valor obtenido tiene que encontrarse dentro de la siguiente relación:

$$1 \leq C \leq 1.4$$

$$C = \frac{4.80 \text{ m}}{4} = 1.2$$

$$1 \leq 1.2 \leq 1.4$$

- Techo

Los techos cónicos están conformados de placas soldadas a tope, por su forma física, son capaces de sostenerse sin ningún elemento estructural y únicamente en su periferia por un anillo de coronamiento. Es recomendable que estos se encuentren dentro de un diámetro máximo de 40 pies (Ruano, 2011).

El techo se dimensiona asumiendo una altura (h_{techo}) aleatoria y debe encontrarse dentro del rango:

$$1 \text{ pie} \leq h_{techo} \leq \frac{D_{cuerpo}}{6}$$

Para la altura se asumió una dimensión de 50 cm.

$$0.3048\text{ m} \leq 0.50\text{ m} \leq 0.67\text{ m}$$

Puesto que se encuentra dentro del rango, se realiza el cálculo de la pendiente, donde, de acuerdo a la norma AWWA D 100-05, debe tener un mínimo de $\beta = 9.5^\circ$ y un máximo de $\beta = 37^\circ$, con respecto a la horizontal.

$$\tan \beta = \left(\frac{h_{techo}}{R} \right)$$

Donde:

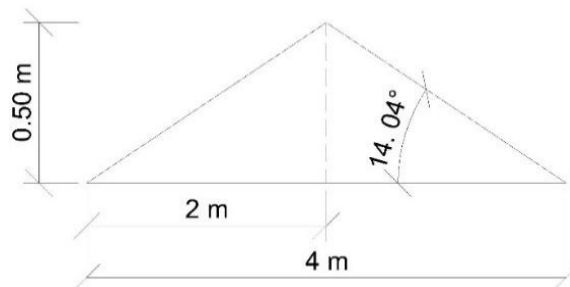
$\tan \beta$ = Tangente

h_{techo} = Altura del techo, 4.80 m

R = Radio del cuerpo, 2 m

$$\begin{aligned}\beta &= \tan^{-1} \left(\frac{h_{techo}}{R} \right) \\ \beta &= \tan^{-1} \left(\frac{0.50}{2} \right) = 14.04^\circ \\ 9.5^\circ &\leq 14.04^\circ \leq 37^\circ\end{aligned}$$

Figura 6. **Dimensiones del techo**



Fuente: Elaboración propia

- Anillo de coronamiento

Éste se encuentra en la parte superior del tanque, y su función es conectar el techo a las paredes del cuerpo.

$$S = \frac{D_{cuerpo}^2}{250}$$

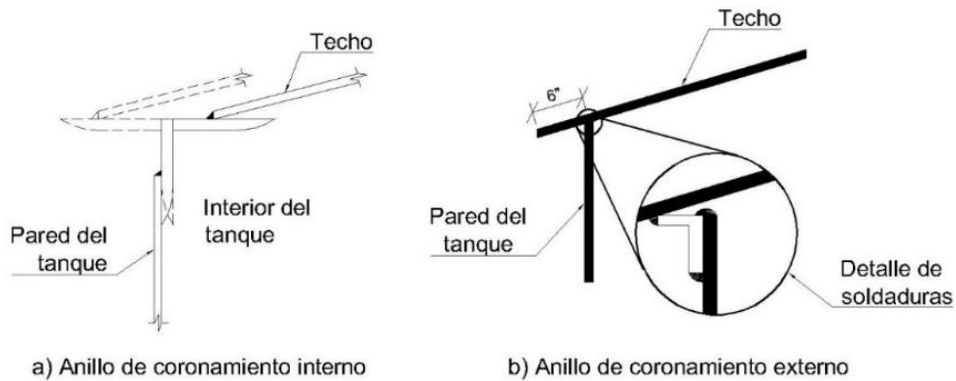
Donde:

S = Valor del módulo de sección

D_{cuerpo} = Diámetro del cuerpo, 13,12'

$$S = \frac{(13.12)^2}{250} = 0.69 \text{ pies}$$

Figura 7. Anillo de coronamiento



Fuente: Ruano, 2011, p. 14.

- Fondo

El fondo se dimensionará asumiendo una altura de fondo (h_{fondo}), que deberá encontrarse en el rango de:

$$2 \text{ pies} \leq h_{fondo} \leq \frac{D_{cuerpo}}{4}$$

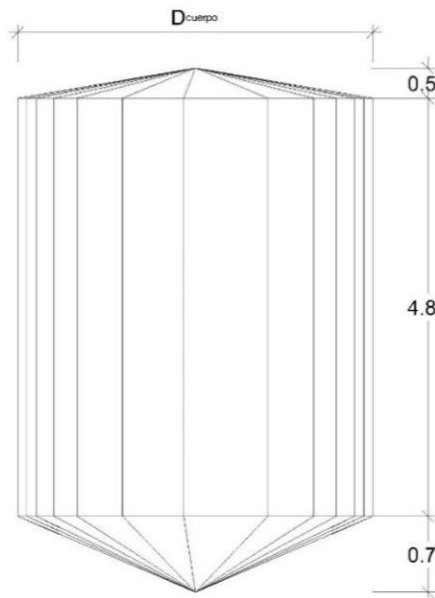
En lo que respecta al párrafo preliminar, se tomó una altura de fondo de 70 cm.

$$0.61\text{ m} \leq 0.70\text{ m} \leq 1\text{ m}$$

De igual forma que el techo, al fondo se le calculará una pendiente, en base a los resultados anteriores.

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{0.70}{2}\right) = 19.29^\circ$$

Figura 8. **Dimensiones del tanque**

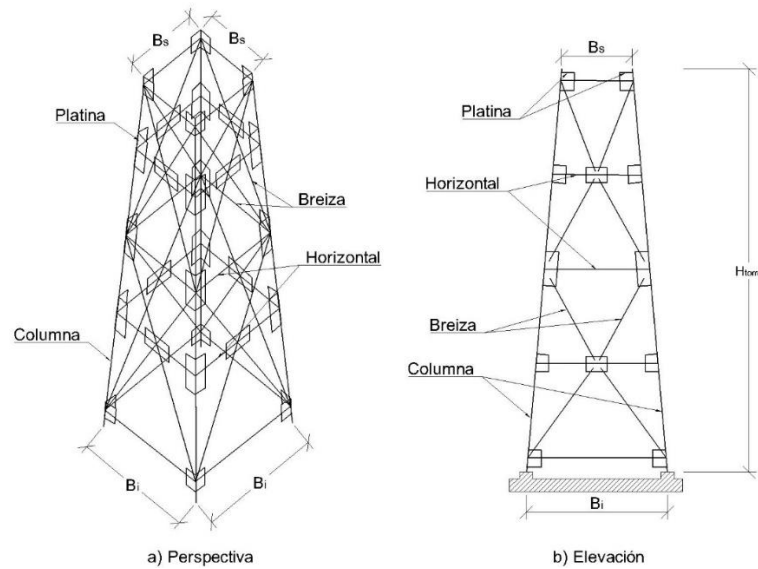


Fuente: Elaboración propia

- Dimensionamiento de la torre

La torre es una armazón estructural de gran altura con la función de sostener un tanque metálico a una elevación determinada (H_{torre}). Está compuesta por un conjunto de elementos denominados columnas, horizontales y breizas, tal como muestra la figura 9.

Figura 9. Elementos estructurales de la torre



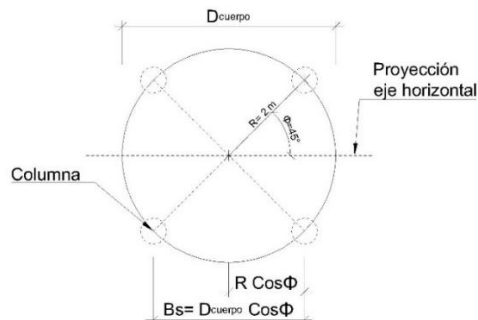
Fuente: Ruano, 2011, p. 16.

Para el diseño, se determinó que la torre tendría 4 columnas, y una altura total de 10 m, teniendo los datos anteriores y el diámetro del cuerpo, se procede a dimensionar la parte superior (B_s) de la torre, así mismo la parte inferior (B_i).

- Parte superior

El número de columnas (4) de la torre vistas en planta en la figura 10, se ubicarán a un ángulo ($\phi = 45^\circ$), formado entre el radio que pasa por una columna y la proyección del eje central horizontal.

Figura 10. Torre de cuatro columnas



Fuente: Ruano, 2011, p. 17.

Teniendo los datos suficientes, se realiza el cálculo respectivo de B_s con la fórmula siguiente:

$$B_s = D_{cuerpo} * \cos \phi$$

Donde:

B_s = Distancia lineal de cada columna

D_{cuerpo} = Diametro del cuerpo, 2 m

$\phi = 45^\circ$

$$B_s = 4 \text{ m} * \cos 45^\circ = 2\sqrt{2} \approx 2.83 \text{ m}$$

- Parte inferior

El eje de las columnas de la torre vistas en perspectiva no podrá desviar su inclinación (m) del zenit por más del 15% de la altura de la torre, esto para limitar la separación de las columnas en la parte inferior y evitar la necesidad de terrenos demasiados extensos.

$$L_z = m * H_{torre}$$

Donde:

L_z = Desplazamiento de la columna por inclinación (hipotenusa)

m = Pendiente de la columna

H_{torre} = Altura total de la torre

Debido a que el porcentaje de inclinación queda a criterio del diseñador, se optó por una pendiente del 10% para el estudio, quedando dentro del rango estipulado.

$$0\% \leq 10\% \leq 15\%$$

$$L_z = 10\% * 10 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

De acuerdo a este resultado, se prosigue para encontrar la distancia.

$$L = L_z * \cos \phi$$

Donde:

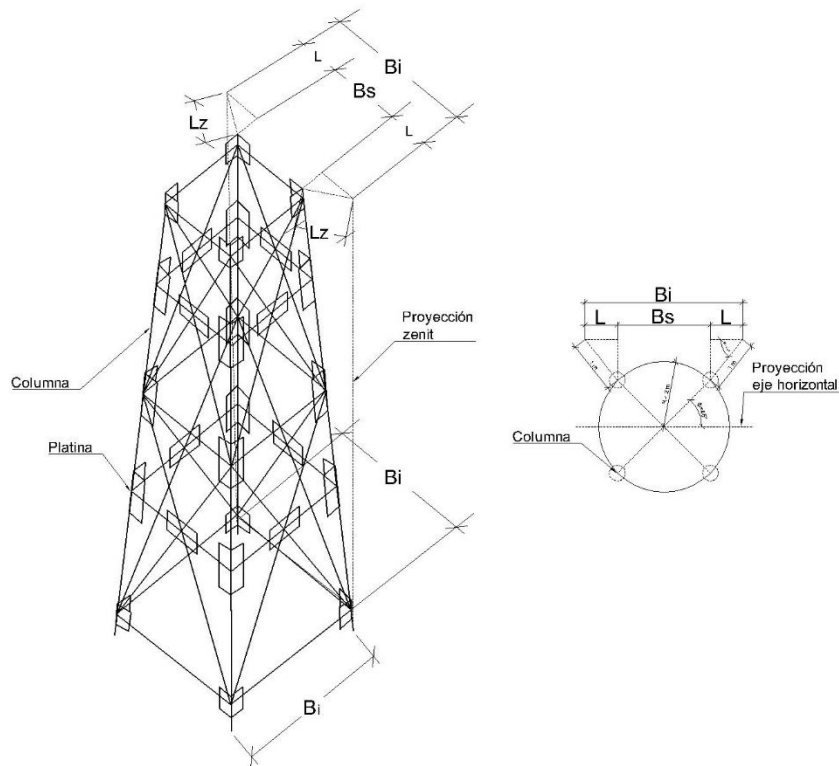
L = Desplazamiento de la columna por inclinación (cateto opuesto)

L_z = Desplazamiento de la columna por inclinación (hipotenusa), 1 m

$\phi = 45^\circ$

$$L = 1 \text{ m} * \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0.705 \text{ m}$$

Figura 11. **Perspectiva y planta de inclinación de columnas**



Fuente: Ruano, 2011, p. 18.

$$B_i = (2 * L) + B_s$$

Donde:

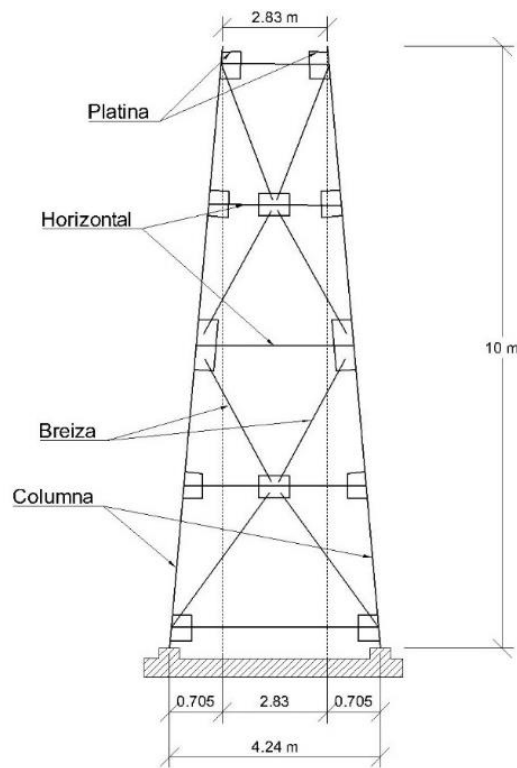
B_i = Distancia total entre columnas en la parte inferior

L = Desplazamiento de la columna por inclinación (Cateto opuesto)

B_s = Distancia total entre columnas en la parte superior

$$B_i = \left(2 * \frac{\sqrt{2}}{2} \right) + 2\sqrt{2} = 3\sqrt{2} \approx 4.24 \text{ m}$$

Figura 12. **Dimensionamiento final de la torre**



Fuente: Elaboración propia

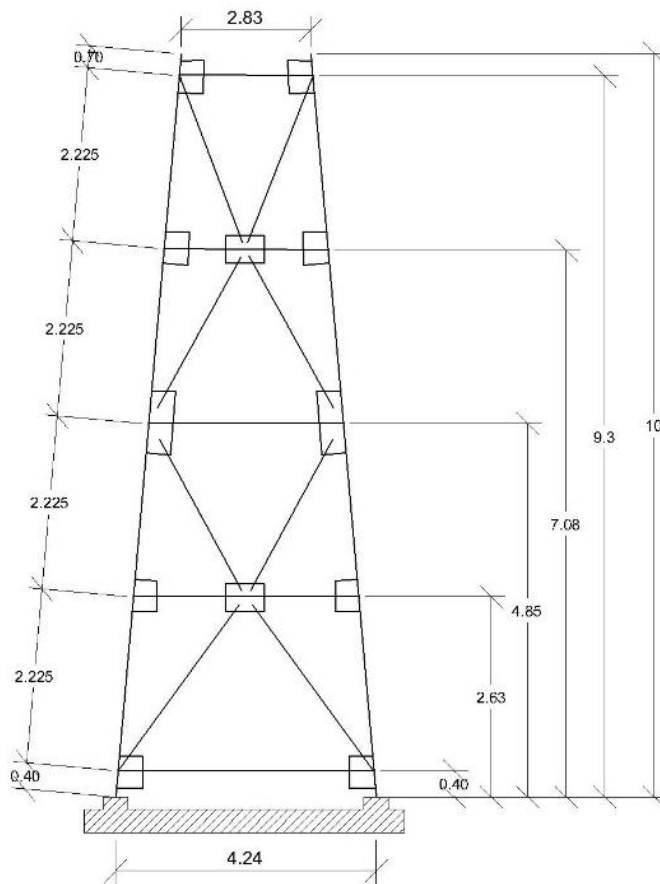
- Elementos de la torre, columnas, horizontales y breizas

El número de elementos de las columnas, horizontales y breizas, depende de la geometría de la torre y el espaciamiento entre los elementos horizontales, el cual debe procurarse que sea en tramos pares, así mismo depende de la altura de la torre (H_{torre}); es conveniente establecer tramos iguales para lograr simetría en la

estructura; por ello, queda a criterio del diseñador la cantidad y el espaciamiento. (Ruano, 2011)

Las dimensiones de la parte superior (B_s), de la parte inferior de la torre (B_i), y de los elementos, como las columnas (c), horizontales (h) y breizas (b).

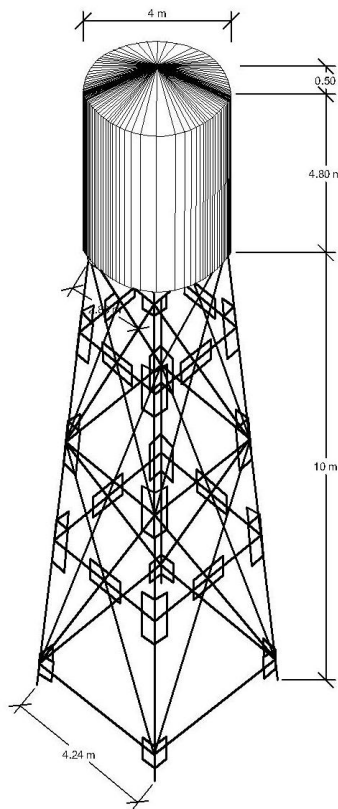
Figura 13. **Tramos de torre**



Fuente: Elaboración propia

Definidas las dimensiones de los elementos del tanque metálico y los elementos de la torre, la estructura quedará definida como se muestra en la figura 14.

Figura 14. **Modelo esquemático del tanque metálico elevado**



Fuente: Elaboración propia

- Predimensionamiento de los elementos de la torre

Tabla 14. **Predimensionamiento de secciones de la torre**

Altura de torre (Pies)	Módulo sección columna, S_c (Plg^3)	Módulo sección horizontal, S_h (Plg^3)	Módulo sección breiza, s_b (Plg^3)
$H_{\text{torre}} \leq 32.80$	7.11	2.30	1.49
$32.80 \leq H_{\text{torre}} \leq 49.20$	15.80	4.57	2.93
$49.20 \leq H_{\text{torre}} \leq 65.60$	33.30	7.62	4.79
$H_{\text{torre}} \leq 65.60$	42.10	11.40	7.11

Fuente: Ruano, 2011, p. 22.

Debido a que la altura de la torre es de 32.80 pies (10 m), se tomarán todos los valores correspondientes a dicha altura, en la tabla 14.

- Diseño de espesores de elementos del tanque

Los espesores de los elementos se calcularon como de pared delgada, los cuales van a contener agua a una presión (P) y estarán sometidos a fuerzas de tensión según su sección transversal, dichas paredes deberán resistir para evitar su colapso (Ruano, 2011, p. 22).

$$t_{req} = \frac{2.6 * h_p * D_{cuerpo} * G}{s * E}$$

Donde:

t_{req} = Espesor requerido

h_p = Altura del nivel de diseño del líquido, 18.04 pies

D_{cuerpo} = Diámetro nominal del cuerpo del tanque, 13.12 pies

G = Gravedad específica del líquido, para agua 1.0

s = Esfuerzo permisible de diseño, lb/plg², (tabla 15)

E = Eficiencia de la junta, (tabla 16)

Tabla 15. **Esfuerzo permisible de diseño (s)**

Renglón	Clase	Esfuerzo permisible de diseño (s), (lb/plg ²)
Placas en pared del tanque	1.2	15,000
Acero estructural, elementos ensamblados, detalles estructurales	0	12,000
	1	15,000
	2	18,000
Anillos de tensión	1.2	15,000

Fuente: Ruano, 2011, p. 25.

El esfuerzo permisible de diseño a utilizar será la clase 1.2, siendo placas en pared del tanque con un esfuerzo de 15,000 lb/plg².

Tabla 16. Eficiencia de la junta

Tipo de junta	Tensión (%)	Compresión (%)
Doble con penetración completa	85	100
Doble penetración parcial	$85(Z^*/T)$	$100(Z^*/T)$
Simple con penetración completa	85	100
A traslape con filete continuo en ambas caras de la junta	75	75
A traslape con filete continuo en un lado o discontinuo por los dos lados	$75[(1+X)/2]^+$	$75[(1+X)/2]^+$
A traslape soldado con filete, a puntos o discontinuo por un lado	$75[(XW_1+YW_2)/2t]^{++}$	$75[(XW_1+YW_2)/2t]^{++}$
* Longitud de penetración de soldadura + X, es la longitud del filete discontinuo comparado con la longitud total de la junta, expresado como decimal. ++ X & Y, son las longitudes del filete discontinuo de cada lado comparado con las longitudes totales de las juntas W_1 y W_2 respectivamente. Cuando esta soldado por una cara, W_2 es cero, y están expresadas como decimal. T y t son los espesores respectivos a analizar, use las placas más delgadas del manto.		

Fuente: AWWA D100-05, p. 43.

En este caso, se utilizará una eficiencia del 75% a traslape con filete continuo en un lado o discontinuo por los dos lados.

$$t_{req} = \frac{2.6 * (18.04) * (13.12) * (1.0)}{(15,000) * (75\%)} = 0.055 \text{ plg}$$

- Espesor por corrosión

La norma AWWA D100-05 establece que si se desea, se especificará el espesor por corrosión ($t_{corrosion}$) y este se adicionará al espesor requerido (t_{req}) de los elementos del tanque.

Para elementos que no se encuentran en contacto con agua, tal como el techo, no se considerará espesor por corrosión, a menos que el tanque sea construido en lugares o comunidades con alto grado de humedad, salinidad relativa y/o por

condiciones extremas de lluvia o granizo. Para este caso no se considerará un espesor de corrosión para el techo.

En los elementos que están expuestos al agua, tales como el cuerpo y el fondo, si se considerará un espesor por corrosión, proponiendo el mínimo, siendo este 1/16 de pulgada.

$$t_{\text{corrosión}} = 1/16''$$

- Espesor a elementos sin contacto con agua

El espesor mínimo para elementos que no se encuentran en contacto con agua, será de 3/16 de pulgada, en este caso será el espesor destinado para el techo.

$$t_{\text{min}} = 3/16''$$

- Espesor mínimo a elementos en contacto al agua

El espesor mínimo para elementos que se encuentran en contacto con agua ($t_{\text{minh}_2\text{o}}$), cuando el tanque está al nivel de su capacidad máxima, será de 1/4 de pulgada.

$$t_{\text{min}} = 1/4''$$

- Espesor mínimo en placa cilíndricas en contacto con agua

Este espesor es aplicado a las placas cilíndricas del cuerpo del tanque que se encuentra en contacto con agua, cuando el nivel llega a su capacidad máxima.

Tabla 17. **Espesor mínimo en placas cilíndricas en contacto con agua**

Diámetro nominal, D (pies)	Altura nominal, H (pies)	Espesor mínimo, $t_{\min \text{ cuerpo}}$ (plg)
$D \leq 20$	Todas	1/4
$20 < D \leq 50$	$H \leq 48$	1/4
$20 < D \leq 50$	$H > 48$	1/4
$50 < D \leq 120$	Todas	1/4
$120 < D \leq 200$	Todas	5/16
$D > 200$	Todas	3/8

Fuente: AWWA D100-05, p 50.

Debido a que el diámetro nominal del cilindro es de 13.12 pies, se toma un espesor mínimo de 1/4 de pulgada.

Para el cuerpo (t_{cuerpo}), puede ser calculado por la fórmula del espesor requerido (t_{req}), donde h_p es la altura del líquido en el cuerpo, adicionándose el de corrosión ($t_{\text{corrosion}}$) indicado anteriormente, pero nunca debe ser menor a lo indicado en la tabla 17.

$$\text{El mayor de los dos } \begin{cases} t_{\text{cuerpo1}} = t_{\text{req}} + t_{\text{corrosión}} \\ t_{\text{cuerpo2}} = t_{\min \text{ cuerpo}} \end{cases}$$

$$t_{\text{cuerpo1}} = 0.055 + 1/16 = 0.1175 \text{ plg}$$

$$t_{\text{cuerpo2}} = 1/4 \text{ plg}$$

$$t_{\text{cuerpo1}} < t_{\text{cuerpo2}}$$

En síntesis, se tiene que el espesor requerido calculado previamente es menor al mínimo, no cumpliendo lo establecido, por ello se utilizó t_{cuerpo2} para el diseño, siendo este 1/4 de pulgada.

Para el espesor del fondo (t_{fondo}) se utilizará 1/4 de pulgada, pues está al contacto del agua al igual que el cuerpo.

$$t_{fondo} = 1/4 plg$$

- Integración de cargas

Se consideraron las cargas gravitacionales, las debidas al viento y las que son accionadas por los sismos.

Entre las cargas gravitacionales se encuentran las vivas y muertas.

- Cargas vivas

Son debido al uso y ocupación de la estructura; se debe considerar en el techo, en las escaleras, y en el balcón. Esta puede variar entre 12 y 20 lb/pie², tomando en consideración la pendiente dada, mientras mayor pendiente menor carga viva. En este diseño, se consideró una carga viva de 15 lb/pie².

- Carga muerta

Es el peso de los elementos que forman parte de la estructura del tanque metálico elevado y de todos los aditamentos permanentemente sujetos a ella. Se considera el peso propio de los elementos del tanque, de la torre y del agua, debido a que los factores de carga son los mismos.

Primeramente se realizará el cálculo del volumen de agua en el cuerpo del tanque ($V_{h2O\ cuerpo}$) y en el fondo ($V_{h2O\ fondo}$), así como también el peso (W_{h2O}), de tal manera que podrá determinarse la presión hidrostática que actúa en el fondo (P_{fondo}).

$$V_{h2O\ cuerpo} = \pi \left(\frac{D_{cuerpo}}{2} \right)^2 h_{h2O\ cuerpo}$$

$$V_{h2O\ fondo} = \frac{\pi \left(\frac{D_{cuerpo}}{2} \right)^2 h_{h2O\ fondo}}{3}$$

$$W_{h2O} = (V_{h2O \text{ cuerpo}} + V_{h2O \text{ fondo}})\gamma_{h2O}$$

Donde:

$V_{h2O \text{ cuerpo}}$ = Volumen de agua en el cuerpo del tanque, pie³

$V_{h2O \text{ fondo}}$ = Volumen de agua en el fondo del tanque, pie³

D_{cuerpo} = Diámetro del cuerpo, pies

$h_{h2O \text{ cuerpo}}$ = Altura del agua en el cuerpo, pies

$h_{h2O \text{ fondo}}$ = Altura del agua en el fondo, pies

γ_{h2O} = Peso específico del agua, 62.4 lb/pie³

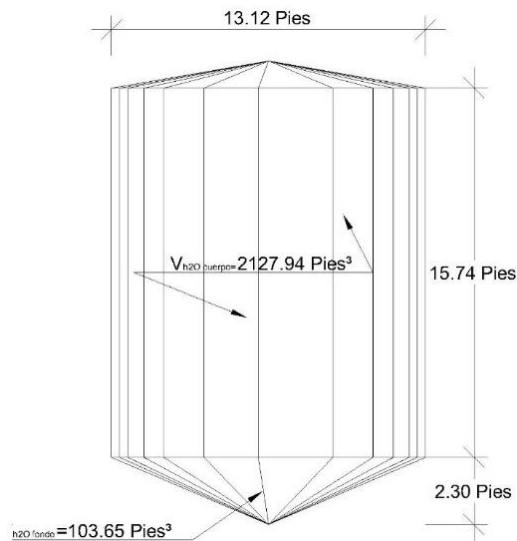
W_{h2O} = Peso del agua en el tanque, lb

$$V_{h2O \text{ cuerpo}} = \pi \left(\frac{13.12}{2} \right)^2 * 15.74 = 2127.94 \text{ pies}^3$$

$$V_{h2O \text{ fondo}} = \frac{\pi \left(\frac{13.12}{2} \right)^2 * 2.30}{3} = 103.65 \text{ pies}^3$$

$$W_{h2O} = (2127.94 + 103.65) * 62.4 = 139,251.22 \text{ Lb}$$

Figura 15. **Volumen de agua en cuerpo y fondo de tanque**



Fuente: Elaboración propia

Con el peso del agua en el tanque (W_{h2O}) establecido, se procede a encontrar el radio del disco o hipotenusa del fondo (d), y el área de la superficie de carga en el fondo del tanque (A_{fondo}).

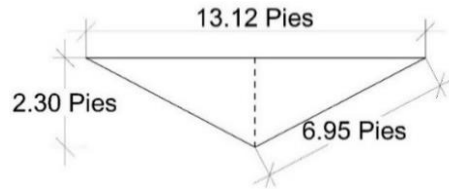
$$d = \sqrt{(h_{fondo})^2 + \left(\frac{D_{cuerpo}}{2}\right)^2}$$

$$A_{fondo} = \pi * \left(\frac{D_{cuerpo}}{2}\right) * d$$

$$d = \sqrt{(2.30)^2 + \left(\frac{13.12}{2}\right)^2} = 6.95 \text{ Pies}$$

$$A_{fondo} = \pi * \left(\frac{13.12}{2}\right) * 6.95 = 143.23 \text{ pie}^2$$

Figura 16. **Hipotenusa del fondo**



Fuente: Elaboración propia

Con la hipotenusa del fondo (d) y el área de la superficie de carga en el fondo del tanque (A_{fondo}) establecidos, se determina la carga por presión hidrostática que actúa al fondo (P_{fondo}), el cual es igual a la carga del fluido.

$$P_{fondo} = \frac{W_{h2O}}{A_{fondo}} \quad \text{Sobrecarga agua}$$

Donde:

P_{fondo} = Carga por presión hidrostática en el fondo del tanque, Lb/pie²

W_{h2O} = Peso del agua en el tanque, Lb

A_{fondo} = Área de la superficie de carga en el fondo del tanque, pie²

$$P_{fondo} = \frac{139,251.22 \text{ Lb}}{143.23 \text{ p}^2} = 972.22 \text{ Lb/p}^2$$

- Carga de viento

Se tomará en cuenta la velocidad del viento en la zona, la topografía del lugar, lugar de ocupación, entre otros.

- Velocidad básica del viento

La velocidad básica del viento (V) se podrá determinar de acuerdo a registros ocurridos en el territorio nacional, proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 18. **Velocidades máximas del viento**

Lugar	Velocidad máxima (mph)
Sierra de las minas	112
Cañón de Palín	110
Resto del territorio nacional	80

Fuente: Departamento de investigaciones y servicios meteorológicos -INSIVUMEH-, 2011.

En este estudio se consideraron vientos con una velocidad máxima de 80 mph, según la tabla 18.

- Factor de direccionalidad del viento

Tabla 19. **Factor de direccionalidad del viento K_d**

Tipo de estructura	Factor K_d
Tanques y estructuras similares con sección transversal	
Cuadrada	0.90
Hexagonal	0.95
Circular	0.95

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 250.

Debido a que la forma del tanque es cilíndrica, de la tabla 19 se extrajo un factor de 0.95 de la sección transversal circular.

- Factor de importancia por viento

El factor de importancia por viento (I_v), se asignó de acuerdo la tabla 21, basada en la categoría de riesgo que se indica en la tabla 20.

Tabla 20. **Categoría de riesgo**

Naturaleza de la ocupación	Categoría de riesgo
Edificios y otras estructuras designadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitado a: Estructuras auxiliares (torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de enfriamiento, estructuras de subestaciones eléctricas, tanques de almacenamiento de agua, apoyo de estructuras para tanques de agua o de extinción de incendios) necesarias para el funcionamiento de las estructuras de ocupación categoría IV durante una emergencia.	IV

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 2.

Tabla 21. **Factor de importancia por viento I_v**

Categoría de riesgo	I_v
IV	1.15

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 77.

- Rugosidad de la superficie

Se realiza con el propósito de asignar una categoría de exposición, la rugosidad de la superficie.

Superficie rugosa B: áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, otros terrenos con numerosas obstrucciones cercanamente espaciadas que tienen el tamaño de viviendas unifamiliares o más grandes.

Superficie rugosa C: terrenos abiertos, llanuras y sabanas con obstrucciones dispersas con alturas generalmente menores de 30 pies. Se incluyen las superficies costeras en las regiones propensas a huracanes.

Superficie rugosa D: áreas planas sin obstrucciones, superficies costeras fuera de las regiones propensas a huracanes, Se incluyen suelos de barro suave y salinas.

Puesto que en la aldea El Guayabal predominan los terrenos abiertos, se tomó la superficie rugosa D.

- Categoría de exposición

Se considerarán tres categorías de exposición (B, C y D), siendo definidas como:

Exposición B: Se aplicará cuando la superficie rugosa B prevalezca en la dirección contra el viento (barlovento) a una distancia de por lo menos 2,630 pies o 20 veces la altura de la estructura, la que se mayor, existiendo una excepción para las

estructuras cuya altura sea menor o igual a 30 pies, la distancia contra el viento puede ser reducida a 1,500 pies.

Exposición C: Se aplicará a todos los casos en que las exposiciones B o D no se aplican.

Exposición D: Se aplicará cuando la superficie rugosa D prevalezca en la dirección contra el viento (barlovento) a una distancia superior a 5,000 pies o 20 veces la altura de la estructura, la que sea mayor. La exposición D se extenderá a las zonas de sotavento de la superficie rugosa B o C en una distancia de 600 pies o 20 veces la altura de la estructura, la que sea mayor.

Se tomó la exposición C, porque el lugar donde se realizará el proyecto no aplica para las otras dos exposiciones.

- Coeficiente de exposición de presión de velocidad

El coeficiente de exposición de presión de velocidad K_z , se determinó de acuerdo a la categoría de exposición escogida (en este caso c), con la altura del tanque sobre el terreno (z), y con las constantes de exposición del terreno α y Z_g que se indican en la tabla 22.

Tabla 22. **Constantes de exposición del terreno**

Categoría de exposición	α	Z_g	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{a}$	$\bar{b}$	c	ℓ	$\bar{\epsilon}$	Z_{min}
B	7.0	1200	1/7.0	0.84	1/4.0	0.45	0.30	320	1/3.0	30
C	9.5	900	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	500	1/5.0	1.5
D	11.5	700	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.155	650	1/8.0	7

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 256.

Para $z < 15$ pies:

$$K_z = 2.01 * \left(\frac{15}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

Para $15 \text{ pies} \leq z \leq Z_g$

$$K_z = 2.01 * \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

Donde:

K_z = Coeficiente de exposición de presión de velocidad

z = Altura torre (H_{torre}) + altura cuerpo (h_{cuerpo}) + altura techo (h_{techo}), pies

z_g = Contante de exposición de terreno, tabla 22

α = Constante de exposición de terreno, tabla 22

En relación con la tabla y fórmulas anteriormente expuestas, se toman los valores en la categoría de exposición C, así mismo se recuerda que el nivel del tanque se encuentra a 32.8 pies (10 m) por lo que se utilizará la segunda fórmula expuesta. Sustituyendo valores se tiene:

$$z = 32.8 + 15.74 + 1.64 = 50.18 \text{ pies}$$

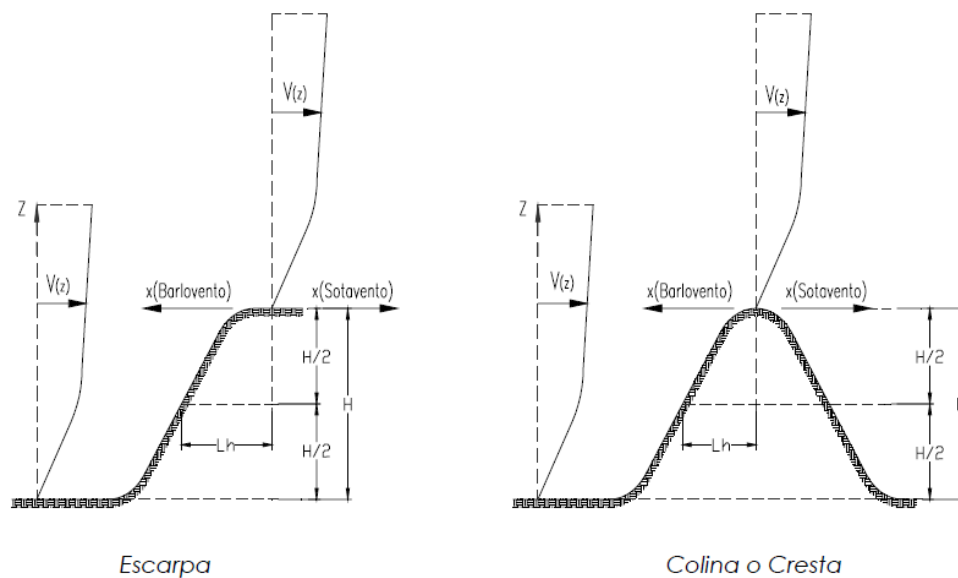
$$K_z = 2.01 * \left(\frac{50.18}{900} \right)^{\frac{2}{9.5}} = 1.0946$$

- Efectos topográficos

Los efectos del viento en colinas aisladas, crestas y escarpas, que constituyen los cambios bruscos en la topografía general, ubicados en cualquier categoría de exposición, se incluyó en el diseño que las condiciones del sitio y la ubicación de la estructura cumplan con las siguientes condiciones:

1. La colina, cresta, o escarpa está aislada y sin obstáculos topográficos a barlovento comparable a 100 veces su propia altura o a 2 millas, la que sea mayor. Esta distancia se medirá horizontalmente a partir del momento en que se determina la altura H de la colina, cresta, o escarpa.
2. La colina, cresta, o escarpa sobresale por encima de la altura de las características del terreno a barlovento dentro de un radio de 2 millas, en cualquiera de los cuadrantes en un factor de dos o más.
3. La estructura está situada en la parte superior de la mitad de una colina o promontorio, o cerca de la cresta de un acantilado (Ver Figura 17).
4. $H/L_h \geq 0.20$.
5. H es mayor o igual a 15 pies (4.50 m.) para exposiciones C y D, y 60 pies (18 m.) para exposición B.

Figura 17. **Escarpa, colina o cresta**



Fuente: Ruano, 2011, p. 39.

Donde:

H = Altura de la colina o escarpa en relación con el terreno a barlovento, en pies (figura 18)

L_h = Distancia de la cresta a donde la diferencia de altitud es la mitad de la altura de la colina o escarpa, en pies (figura 18)

- Factor topográfico

$$K_{zt} = (1 + K_1 + K_2 + K_3)^2$$

Donde:

K_1 = Factor que considera la forma de accidente topográfico y el máximo efecto de la velocidad, tabla 23

K_2 = Factor que considera la reducción de la velocidad con la distancia a barlovento o sotavento de la cresta: $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right)$

K_3 = Factor que considera la reducción de la velocidad con la altura sobre el terreno local: $K_3 = e^{\frac{-\gamma * Z}{L_h}}$

Tabla 23. **Parámetros de velocidad sobre colinas y escarpas**

Forma de la colina o escarpa	K ₁			γ	μ	
	Exposición				A barlovento de la cresta	A sotavento de la cresta
	B	C	D			
Cresta en 2 direcciones	1.30	1.45	1.55	3.00	1.50	1.50
Escarpa en 2 direcciones	0.75	0.85	0.95	2.50	1.50	4.00
Colinas en 3 direcciones	0.95	1.05	1.15	4.00	1.50	1.50

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 253.

Debido a las condiciones de la aldea, así como también la ubicación de la estructura, no cumplen con todas las condiciones expuestas en los efectos topográficos, se asignó el valor de $K_{zt}=1.0$

- Presión de velocidad

$$q_z = 0.00256 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I_v$$

Donde:

q_z = Presión de velocidad, Lb/pie²

K_z = Coeficiente de exposición de presión de velocidad, 1.0946

K_{zt} = Factor topográfico, 1.0

K_d = Factor de direccionalidad del viento, 0.95

V = Velocidad básica del viento, 80 mph

I_v = Factor de importancia por viento, 1.15

$$q_z = 0.00256 * 1.0946 * 1.0 * 0.95 * (80)^2 * 1.15 = 19.59 \text{ Lb/pie}^2$$

- Período fundamental de la estructura

$$\delta_{st} = \frac{0.010 * H_{cm} * I_v}{2.5}$$

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{\delta_{st}}{g}}$$

Donde:

T = Período fundamental de la estructura, segundos

δ_{st} = Desplazamiento lateral de la masa, pies

g = Aceleración de la gravedad, 32.2 pie/seg²

H_{cm} = Altura desde el nivel del terreno hasta el centro de masa del cuerpo del tanque, 40.762 pies

I_v = Factor de importancia por viento, 1.15

Primero se sustituyeron los valores para la fórmula del desplazamiento lateral de masa, seguido del periodo fundamental de la estructura, quedando como se describe a continuación:

$$\delta_{st} = \frac{0.010 * 40.762 * 1.15}{2.5} = 0.1871 \text{ pies}$$

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{0.1871}{32.2}} = 0.4789 \text{ s}$$

- Frecuencia natural de la estructura

$$f = \frac{1}{T}$$

Donde:

f = Frecuencia natural de la estructura

T = Periodo fundamental de la estructura, 0.4789 segundos

De manera que existen las siguientes condiciones:

Si $f \geq 1 \text{ Hz}$: Estructura rígida

Si $f < 1 \text{ Hz}$: Estructura flexible

$$f = \frac{1}{0.4789} = 2.088 \text{ Hz}$$

- Altura equivalente de la estructura

$$h_{equi} = \frac{1}{2} * h_{techo} + h_{cuerpo} + \frac{1}{2} h_{fondo}$$

$$\bar{z} = 0.60 * h_{equi}$$

Si $\bar{z} < z_{min}$, se utiliza z_{min}

Donde:

$\bar{z}$ = Altura equivalente de la estructura, pies

h_{equi} = Altura equivalente del tanque, pies

z_{min} = Constante de exposición del terreno, 15 pies (tabla 22)

$$h_{equi} = \frac{1}{2} * 1.64 + 15.744 + \frac{1}{2} * 2.296 = 17.712 \text{ pies}$$

$$\bar{z} = 0.60 * 17.712 = 10.62 \text{ pies}$$

En lo que refiere a la altura equivalente de la estructura, el resultado obtenido fue menor a 15 pies, por lo que se utilizó la constante de exposición del terreno ($z_{min} = 15 \text{ pies}$).

- Intensidad de turbulencia

$$I_{\bar{z}} = c * \left(\frac{33}{\bar{z}}\right)^{1/6}$$

Donde:

$I_{\bar{z}}$ = Intensidad de turbulencia

c = Constante de exposición del terreno, 0.20 (tabla 22)

$\bar{z}$ = Altura equivalente de la estructura, 15 pies

$$I_{\bar{z}} = 0.20 * \left(\frac{33}{15}\right)^{1/6} = 0.2281$$

- Longitud integral de turbulencia

$$L_{\bar{z}} = \ell * \left(\frac{\bar{z}}{33}\right)^{\bar{\epsilon}}$$

Donde:

$L_{\bar{z}}$ = Longitud integral de turbulencia, pies

ℓ = Constante de exposición del terreno, 500 (tabla 22)

$\bar{e}$ = Constante de exposición del terreno, 1/5.0 (tabla 22)

$\bar{z}$ = Altura equivalente de la estructura, 15 pies

$$L_{\bar{z}} = 500 * \left(\frac{15}{33}\right)^{1/5.0} = 427.06 \text{ pies}$$

- Factor de respuesta de fondo

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 * \left(\frac{B + h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0.63}}}$$

Donde:

Q = Factor de respuesta de fondo

$L_{\bar{z}}$ = Longitud integral de turbulencia, 427.0566 pies

B = Base del tanque normal a la dirección del viento, 13.12 pies

h = Altura del tanque,

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 * \left(\frac{13.12 + 18.04}{427.0566}\right)^{0.63}}} = 0.944$$

- Factor máximo de respuesta de fondo

$$g_Q = 3.4$$

- Factor máximo de respuesta de viento

$$g_v = 3.4$$

- Factor máximo de respuesta de resonancia

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3,600 * f)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 * \ln(3600 * f)}}$$

Donde:

g_R = Factor máximo de respuesta de resonancia

f = Frecuencia natural de la estructura, 2.088 Hz

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3,600 * 2.088)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 * \ln(3600 * 2.088)}} = 4.36$$

- Velocidad media del medio

$$\bar{V}_z = \hat{b} * \left(\frac{\bar{z}}{33}\right)^{\bar{\alpha}} * \left(\frac{88}{60}\right) * V$$

Donde:

$\bar{V}_z$ = Velocidad media del viento a una altura equivalente, pie/s

$\hat{b}$ = Constante de exposición del terreno, 1 (tabla 22)

$\bar{z}$ = Altura equivalente de la estructura, 15 pies

$\bar{\alpha}$ = Constante de exposición del terreno, 1/6.5 (tabla 22)

V = Velocidad básica del viento, 80 millas/hora

$$\bar{V}_z = 1 * \left(\frac{15}{33}\right)^{1/6.5} * \left(\frac{88}{60}\right) * 80 = 103.93 \text{ pies/s}$$

- Frecuencia reducida

$$N_I = \frac{f * L_{\bar{z}}}{\bar{V}_z}$$

Donde:

N_I = Frecuencia reducida

f = Frecuencia natural de la estructural, 2.088 Hz

$L_{\bar{z}}$ = Longitud integral de turbulencia, 427.0566 pies

$\bar{V}_{\bar{z}}$ = Velocidad media del viento a altura equivalente, 103.93 pie/s

$$N_I = \frac{2.088 * 427.0566}{103.93} = 8.58$$

- Valores R_n , R_h , R_B y R_L

$$R_n = \frac{7.47 * N_I}{(1 + 10.3 * N_I)^{5/3}}$$
$$R_n = \frac{7.47 * 8.58}{(1 + 10.3 * 8.58)^{5/3}} = 0.0358$$

- $\eta_h = 4.6 * f * \frac{h}{\bar{V}_{\bar{z}}}$

$$\text{Para } \eta_h > 0 \quad R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 * \eta_h^2} * (1 - e^{-2\eta_h})$$

$$\text{Para } \eta_h = 0 \quad R_h = 1$$

$$\eta_h = 4.6 * 2.088 * \frac{15.744}{103.93} = 1.45$$

η_h es mayor que cero, por ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$R_h = \frac{1}{1.45} - \frac{1}{2 * 1.45^2} * (1 - e^{-2 * 1.45}) = 0.465$$

- $\eta_B = 4.6 * f * \frac{B}{\bar{V}_{\bar{z}}}$

$$\text{Para } \eta_B > 0 \quad R_h = \frac{1}{\eta_B} - \frac{1}{2 * \eta_B^2} * (1 - e^{-2\eta_B})$$

Para $\eta_B = 0$ $R_B = 1$

$$\eta_B = 4.6 * 2.088 * \frac{13.12}{103.93} = 1.21$$

Debido a que η_h es mayor que cero, se utilizó la fórmula:

$$R_h = \frac{1}{1.21} - \frac{1}{2 * (1.21)^2} * (1 - e^{-2(1.21)}) = 0.515$$

- $\eta_L = 15.4 * f * \frac{L}{\bar{V}_z}$

Para $\eta_L > 0$ $R_L = \frac{1}{\eta_L} - \frac{1}{2 * \eta_L^2} * (1 - e^{-2\eta_L})$

Para $\eta_L = 0$ $R_L = 1$

$$\eta_L = 15.4 * 2.088 * \frac{13.12}{103.93} = 4.06$$

En cuanto η_L éste es mayor que cero, por tal razón se manejó:

$$R_L = \frac{1}{4.06} - \frac{1}{2 * (4.06)^2} * (1 - e^{-2(4.06)}) = 0.216$$

Donde:

η_h, η_B, η_L = Valores determinados

h = Altura del cuerpo del tanque, 15.74 pies

B = Base del cuerpo del tanque normal a dirección del viento

f = Frecuencia natural de la estructura, 2.088 Hz

$\bar{V}_z$ = Velocidad media del viento a altura equivalente, 103.93 pie/s

N_I = Frecuencia reducida, 8.58

- Factor de respuesta de resonancia

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} * R_n * R_h * R_B * (0.53 + 0.47 * R_L)}$$

Donde:

R = Factor de respuesta de resonancia

β = Factor de amortiguamiento, 1.0

R_n, R_h, R_B, R_L = Valores determinados, 0.0358, 0.465, 0.515, 0.216

$$R = \sqrt{\frac{1}{1} * 0.0358 * 0.465 * 0.515 * (0.53 + 0.47 * 0.216)} = 0.0735$$

- Factor de efecto de ráfaga para estructuras rígidas

Una estructura se considera rígida cuando su frecuencia natural (f) es mayor o igual a 1 Hz. Para estructuras rígidas el factor de efecto de ráfaga (G) será el menor entre 0.85.

$$G = 0.925 * \left(\frac{1 + 1.7 * g_Q * I_z * Q}{1 + 1.7 * g_v * I_z} \right)$$

Donde:

I_z = Intensidad de turbulencia, 0.2281

Q = Factor de respuesta de fondo, 0.944

g_Q = Factor máximo de respuesta de fondo, 3.4

g_v = Factor máximo de respuesta de viento, 3.4

$$G = 0.925 * \left(\frac{1 + 1.7 * 3.4 * 0.2281 * 0.944}{1 + 1.7 * 3.4 * 0.2281} \right) = 0.90$$

- Coeficiente de fuerza

Debe determinarse tanto para el tanque ($C_{f \text{ tanque}}$) como para la torre ($C_{f \text{ torre}}$), esto se realiza según las tablas 24 y 25.

Tabla 24. **Coeficientes de fuerza para tanque ($C_{f \text{ tanque}}$)**

Sección transversal	Tipo de superficie	Valores de C_f tanque para h/D		
		1	7	25
Cuadrada (viento normal a la cara)	Todas	1.3	1.4	2
Cuadrada (viento a lo largo en diagonal)	Todas	1	1.1	1.5
Hexagonal u octogonal	Todas	1	1.2	1.4
<i>Circular</i> ($D * \sqrt{q_z} > 2.5$)	Moderadamente lisa	0.5	0.6	0.7
	Rugosa	0.7	0.8	0.9
	Muy rugosa	0.8	1	1.2
<i>Circular</i> ($D * \sqrt{q_z} \leq 2.5$)	Todas	0.7	0.8	1.2

Fuente: ASCE 7-10, 2010, pp. 312-313.

Se utilizó una sección transversal circular, siendo la superficie moderadamente lisa, de manera que se procede a sacar la relación h/D para el tanque de la siguiente manera:

$$h/D$$

Donde:

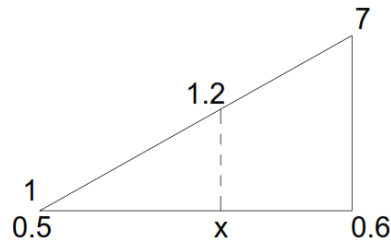
h = Altura del cuerpo del tanque, 15.74 pies

D = Diámetro de la sección transversal circular del cuerpo, 13.12 pies

$$\frac{15.74}{13.12} = 1.20$$

El resultado obtenido de la relación no se encuentra en la tabla 24, se realiza una interpolación lineal.

Figura 18. Interpolación lineal



Fuente: Elaboración propia

$$\frac{7 - 1}{0.6 - 0.5} = \frac{1.20 - 1}{x - 0.5}$$

$$x = 0.503$$

Como consecuencia de la interpolación lineal, se obtuvo el coeficiente de fuerza para el tanque ($C_{f \text{ tanque}}$), de manera que se determinó la cortante en la base debido al tanque (V_{tanque}) a cada cinco pies.

$$\text{Si } z < 15 \text{ pies, entonces: } K_z = 2.01 * \left(\frac{15}{zg}\right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$\text{Si } z \geq 15 \text{ pies, entonces: } K_z = 2.01 * \left(\frac{z}{zg}\right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

Como z es mayor de 15 pies, se utilizó la segunda condición:

$$K_z = 2.01 * \left(\frac{z}{zg}\right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

Donde:

z = Altura de torre a cada 5 pies

zg = Constante de exposición del terreno, 900 (tabla 22)

α = Constante de exposición del terreno, 9.5 (tabla 22)

Tabla 25. **Determinación del cortante en la base debido al tanque c**

z (pies)	Kz	qz (lb/pie ²)	p= qz*G*C _{f tanque} *D (lb/pie ²)	F=qz*G* C _{f tanque} *D (lb/pie)	V _{tanque} tributario (klb)
32.8	1.00	17.92	7.66	100.49	0
37.8	1.03	18.46	7.89	103.54	0.52
42.8	1.05	18.95	8.10	106.29	0.53
47.8	1.08	19.39	8.29	108.79	0.54
50.18	1.09	19.59	8.38	109.91	0.18
ΣV_{tanque}					1.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. **Coeficientes de fuerza para torre (C_{f torre})**

Relación área sólida/área gruesa (ε)	Miembros de lados planos	Miembros circulares	
		(D * √q _z ≤ 2.5)	(D * √q _z > 2.5)
< 0.1	2	1.2	0.8
0.1 a 0.29	1.8	1.3	0.9
0.30 a 0.70	1.6	1.5	1.1

Fuente: ASCE 7-10, 2010, pp. 312-313.

Relación área sólida/Área gruesa torre: Con las dimensiones de la torre establecidas y con las secciones de los elementos de la torre predimensionados se procede a encontrar la relación ε. El área sólida (A_s) será la formada por los elementos de la torre expuestos y proyectados en un plano normal a la dirección del viento; el área gruesa (A_g) será el área total de un lado de la torre expuesto a la dirección del viento.

Tabla 27. **Dimensiones de torre para área gruesa**

H _{torre} (pies)	32.80
B _i (pies)	9.28
B _s (pies)	13.91

Fuente: Elaboración propia

$$A_g = \left(\frac{B_i + B_s}{2} \right) * H_{torre}$$

$$A_g = \left(\frac{9.28 + 13.91}{2} \right) * 32.80 = 380.32 \text{ Pie}^2$$

El valor del área sólida de la torre fue extraído de Ruano Paz, 2011, p. 164; los datos son los siguientes:

Tabla 28. **Determinación de área solida de la torre**

Sección	Tipo	Cantidad de elementos	Longitud (pie)	Peso (klb)	Ø ó altura (pies)	Área solida (pie ²)
HSS 10 X 0.375	Columna	24	199	7.18	0.83	165.84
HSS 5.500 X 0.500	Horizontal	20	312.68	7.83	0.46	143.31
HSS 5 X 0.188	Breiza	32	449.08	4.034	0.42	187.12
Σ =						496.26

Fuente: Ruano, 2011, p. 164.

$$A_s = \frac{A_{s(columnas)}}{2} + \frac{A_{s(horizontales)}}{4} + \frac{A_{s(breizas)}}{4}$$

$$A_s = \frac{165.84}{2} + \frac{143.31}{4} + \frac{187.12}{4} = 165.53 \text{ pie}^2$$

Determinados los valores de las áreas, se estima la relación de área sólida y área gruesa de la torre.

$$\epsilon = \frac{A_s}{A_g}$$

$$\epsilon = \frac{165.53}{380.316} = 0.4352$$

- Determinación del cortante en la base debido a la torre (V_{torre})

$$V_{tanque} = 2.264 \text{ klb}$$

- Resultados de corte basal por viento

$$V_{viento} = V_{tanque} + V_{torre}$$

Donde:

V_{viento} = Corte basal por viento, klb

V_{tanque} = Corte basal debido al tanque, 2.264 klb

V_{torre} = Corte basal debido a la torre, 1.77 klb

$$V_{viento} = 2.264 + 1.77 = 4.034 \text{ klb}$$

- Presión del viento

$$p = q_z * G * C_f$$

Donde:

p = Presión del viento, lb/pie²

q_z = Presión de velocidad, 19.59 lb/pie²

G = Factor de efecto de ráfaga, 0.90

C_f = Coeficiente de fuerza, 0.503

$$p = 19.59 * 0.90 * 0.503 = 8.87 \text{ lb/pie}^2$$

- Fuerza de viento

$$F = p * A$$

Donde:

F = Fuerza del viento, lb

p = Presión del viento, 8.87 lb/pie²

A = Área del tanque proyectada normal a la dirección del viento, 232.38 pie²

$$F = 8.87 * 232.38 = 2061.21 \text{ libras}$$

- Carga de sismo

(Ruano, 2011)

Las estructuras sujetas a sismos se deberán diseñar bajo condiciones que resistan tales efectos, y los tanques elevados no son la excepción. Los procedimientos y limitaciones para dicho diseño deben determinarse por la localización zonal, características del sitio, la categoría, entre otros (pp. 51-52).

- Clase de sitio

Basado en las propiedades del suelo del sitio, éste se clasificará como un sitio clase A, B, C, D, E o F, de conformidad con la tabla 29. Cuando las propiedades del suelo no se conozcan con suficiente detalle como para determinar la clase de sitio, se podrá utilizar el sitio clase D.

Tabla 29. Clasificación de sitio

Clase de sitio	Perfil del suelo	Propiedades promedio sobre la base de primeros 100 pies		
		Velocidad de onda de corte del suelo, v_s , (pie/s)	Resistencia a la penetración estándar, $\tilde{N}$	Resistencia al corte no drenado (lb/plg ²)
A	Roca	> 5000 pies/s	N/A	N/A
B	Roca blanda	2500 a 5000 pie/s	N/A	N/A
C	Suelo rígido	1200 a 2500 pie/s	> 50	> 2000
D	Suelo firme	600 a 1200 pie/s	15 a 50	1000 a 2000
E	Suelo suave	< 600 pies/s	< 15	< 1000
		Cualquier perfil de suelo con más de 10 pies que tenga las siguientes características: Índice de plasticidad $IP > 20$ Contenido de humedad $w \geq 40\%$, y Resistencia al corte no drenado $\hat{S}_u < 500 \text{ lb/pie}_2$		
F	Suelo con problema especial	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: Suelos vulnerables a la posible quiebra o colapso bajo cargas sísmicas, como suelos licuables, arcillas de alta sensibilidad, suelos plegables débilmente cementados. Arcillas con turbas y/o altamente orgánicas ($H > 10$ pies de arcilla con turba y/o altamente orgánica, donde H = espesor del suelo) Arcillas con muy alta plasticidad ($H > 25$ pies por índice de plasticidad $IP > 75$) Arcillas rígidas, blandas o mediadas ($H > 120$ pies)		

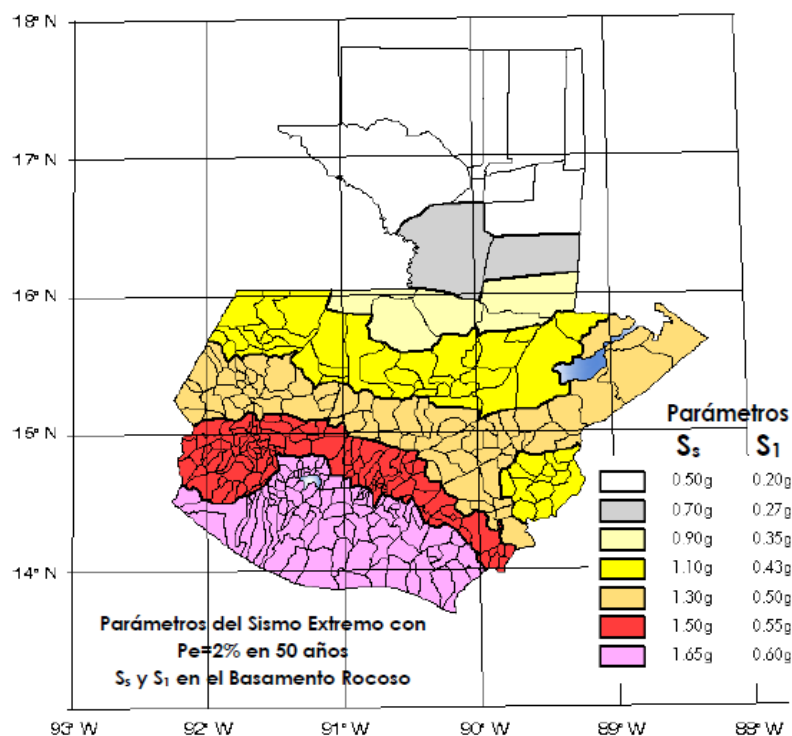
Fuente: IBC, 2009, p 341.

Según laboratorios realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII- (anexo E), de la muestra de suelo extraída de la lotificación El Guayabal, indica que la clase de sitio según la tabla 29 es tipo D, de manera que se empleará para el cálculo de la carga sísmica.

- Parámetros de aceleración asignada

Los parámetros S_s y S_1 , se determinan a partir de periodos de 0.2 y 1 segundo de aceleración espectrales de respuesta, según la figura 20, donde muestra la zonificación sísmica para la República de Guatemala.

Figura 19. Zonificación sísmica de Guatemala, parámetros S_s y S_1



Fuente: AGIES, 2010, p. 14.

Al igual que la figura 19, existen valores para los parámetros S_s y S_1 por municipio, estos se encuentran especificados en el listado de parámetros de aceleración asignada en el anexo B.

Según la representación gráfica, los valores S_s y S_1 , para el municipio de Estandzuela son de 1.30 y 0.50 respectivamente; así mismo estos fueron verificados en el listado anteriormente mencionado.

- Coeficientes de sitio F_a

El coeficiente de sitio F_a dependerá de la clase de sitio (perfil de suelo), de conformidad con la tabla 30.

Tabla 30. **Coeficiente de sitio F_a**

Clase de sitio	Parámetro de aceleración asignada a periodos cortos				
	$S_1 \leq 0.50g$	$S_1 = 0.70g$	$S_1 = 0.90g$	$S_1 = 1.10g$	$S_1 \geq 1.20g$
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00
D	1.40	1.20	1.10	1.00	1.00
E	1.70	1.20	1.00	0.90	0.90
F	*Se requiere evaluación técnica				

Fuente: AGIES, 2010, página 15.

Como anteriormente se había mencionado que la clase de sitio era D, y un parámetro S_s según el área igual a 1.30 g, se determina que el coeficiente de sitio F_a es de 1.00.

- Coeficiente de sitio F_v

Tabla 31. **Coeficiente de sitio F_v**

Clase de sitio	Parámetro de aceleración asignada a periodos de 1 segundo				
	$S_1 \leq 0.20g$	$S_1 = 0.27g$	$S_1 = 0.35g$	$S_1 = 43g$	$S_1 \geq 0.50g$
A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30
D	2.00	1.80	1.70	1.60	1.50

Fuente: AGIES, 2010, página 16.

De acuerdo a la tabla anterior, el coeficiente F_v es de 1.50

- Coeficiente para máximo sismo esperado

Los coeficientes de aceleración espectral o periodos cortos (S_{MS}) y periodos de 1 segundo (S_{M1}), ajustados para efectos de la clase de sitio, serán determinados por las siguientes ecuaciones:

$$S_{MS} = F_a * S_s$$

$$S_{M1} = F_v * S_1$$

Donde:

F_a = Coeficiente de sitio, 1.00

S_s = Parámetro de aceleración asignado, 1.30 g

F_v = Coeficiente de sitio, 1.50

S_1 = Parámetro de aceleración, 0.50 g

$$S_{MS} = 1.00 * 1.30 = 1.30$$

$$S_{M1} = 1.50 * 0.50 = 0.75$$

- Parámetros de aceleración espectral

$$S_{DS} = \frac{2}{3} * S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} * S_{M1}$$

Donde:

S_{MS} = Coeficiente de aceleración espectral para periodos cortos, 1.30

S_{M1} = Coeficiente de aceleración espectral para periodos de 1 segundo, 0.75

$$S_{DS} = \frac{2}{3} * 1.30 = 0.87$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} * 0.75 = 0.5$$

- Espectro de respuesta

$$T_o = 0.2 * \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Donde:

S_{D1} = Parámetro de aceleración espectral en periodos de 1 s, 0.5

S_{DS} = Parámetro de aceleración espectral en periodos cortos, 0.87

T_o = Periodo de control, segundos

T_s = Periodo de control, segundos

T_L = Periodo de transición a largo plazo, segundos (tabla 32)

Tabla 32. **Periodo de transición a largo plazo T_L**

Magnitud (M)	T_L (segundos)
6.00 – 6.50	4
6.50 – 7.00	6
7.00 – 7.50	8
7.50 – 8.00	12
8.00 – 8.50	16
8.50 – 9.00 (+)	20

Fuente: ASCE, 2010, p. 12.

$$T_o = 0.2 * \frac{0.5}{0.87} = 0.11 \text{ s}$$

$$T_s = \frac{0.5}{0.87} = 0.57 \text{ s}$$

El valor del periodo de transición T_L , se toma en base a la tabla 32, para este caso, se asignó una magnitud (M) de 7.00 a 7.50, siendo 8 segundos el periodo respectivo.

- Factor de importancia por sismo

Se asignó de acuerdo a la tabla 33, basado en la categoría de riesgo (I_v) que se indica en la tabla 21.

Tabla 33. **Factor de importancia por sismo, I_s**

Categoría de riesgo	I_s
IV	1.50

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 5.

- Categoría de diseño sísmico

Se asigna una categoría de acuerdo a la tabla 21, y según los parámetros de aceleración espectral S_{DS} y S_{D1} , determinados anteriormente.

La categoría de diseño sísmico se determina de acuerdo con la tabla 34 y 35, asignándose la más crítica o severa de ambas, independientemente del periodo fundamental de vibración de la estructura (T).

Tabla 34. **Categoría de diseño sísmico basada en S_{DS}**

Valor de S_{DS}	Categoría de riesgo
	IV
$S_{DS} < 0.167$	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	D
$S_{DS} \geq 0.50$	D

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 67.

Tabla 35. **Categoría de diseño sísmico basada en S_{D1}**

Valor de S_{D1}	Categoría de riesgo
	IV
$S_{DS} < 0.067$	A
$0.067 \leq S_{DS} < 0.133$	C
$0.133 \leq S_{DS} < 0.20$	D
$S_{DS} \geq 0.20$	D

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 67.

Para el parámetro de aceleración espectral S_{D1} , su valor corresponde a 0.50, su categoría corresponde a la D, al igual que para S_{DS} .

- Sistema estructural

Su utilización es para las estructuras no similares a edificios, los coeficientes sísmicos serán de acuerdo a la tabla 36, los cuales se encuentran sujetos a las limitaciones del sistema (Categoría de diseño sísmico) y a los límites de altura.

Tabla 36. **Coeficientes sísmicos para estructuras no similares a edificios**

Tipo de estructura	Coeficientes de modificación de respuesta, R	Factor de sobreesfuerzo, Ω_0	Factor de amplificación, C_d	Categoría de diseño sísmico y límite de altura (pies)				
				A y B	C	D	E	F
Tanques elevados recipientes, contenedores o tolvas:								
Con columnas simétricamente embreizadas	3	2	2.5	Sin límite	Sin límite	160	100	100
Con columnas no embreizadas o embreizadas asimétricamente	2	2	2.5	Sin límite	Sin límite	100	60	60

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 142.

De acuerdo a la tabla 36, se escogieron los valores de tanques elevados con columnas simétricamente embreizadas.

- Período fundamental de la estructura

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{\delta_{st}}{g}}$$

$$\delta_{st} = \frac{\Delta_{per}}{\left(\frac{C_d}{I_s}\right)}$$

Donde:

T = Periodo fundamental de la estructura, segundos

δ_{st} = Desplazamiento lateral de la masa, pies

g = Aceleración de la gravedad, 32.2 pie/s²

I_s = Factor de importancia por sismo, 1.50 (tabla 33)

C_d = Factor de amplificación, 2.5 (tabla 36)

Δ_{per} = Deriva permisible, 0.010 (tabla 37)

Tabla 37. **Deriva permisible Δ_{per}**

Tipo de estructura	Categoría de riesgo IV
Tanques elevados	0.010 H _{cm}

Fuente: ASCE 7-10, 2010, p. 97.

Donde:

H_{cm} = Altura desde el nivel del terreno hasta el centro de masa del cuerpo del tanque, 40.672 pies

Si $T < 0.06$ segundos: **Estructura rígida**

Si $T \geq 0.06$ segundos: **Estructura flexible**

$$\delta_{st} = \frac{0.010 * 40.672}{\left(\frac{2.5}{1.50}\right)} = 0.24 \text{ pies}$$

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{0.24}{32.2}} = 0.54 \text{ s}$$

Con el resultado del periodo fundamental y tomando en cuenta las condiciones anteriormente expuestas, la estructura se define como flexible.

- Coeficiente de respuesta sísmica

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_s}\right)}$$

Donde:

C_s = Coeficiente de respuesta sísmica

S_{DS} = Parámetro aceleración espectral a periodos cortos, 0.87

R = Coeficiente de modificación de respuesta, 3 (Tabla 36)

I_s = Factor de importancia por sismo, 1.50 (Tabla 33)

Por otra parte, el valor del coeficiente de respuesta sísmica (C_s), no deberá exceder los límites siguientes:

$$\text{Para } T \leq T_L \quad C_{smax} = \frac{S_{D1}}{T * \left(\frac{R}{I_s}\right)}$$

$$\text{Para } T > T_L \quad C_{smax} = \frac{S_{D1} * T_L}{T^2 * \left(\frac{R}{I_s}\right)}$$

C_s no deberá ser menor a:

$$C_{smin} = 0.03$$

Para estructuras localizadas en lugares donde $S1 \geq 0.60 \text{ g}$, C_s no deberá a ser menor a:

$$C_{smin} = \frac{0.80 * S_1}{\left(\frac{R}{I_s}\right)}$$

Donde:

C_{smax} = Coeficiente de respuesta sísmica máximo

C_{smin} = Coeficiente de respuesta sísmica mínimo

S_1 = Parámetro de aceleración asignada, 0.50 g

S_{D1} = Parámetros de aceleración espectral en periodos de 1 segundo

T_L = Períodos de transición a largo plazo, 8 segundos

I_s = Factor de importancia por sismo, 1.50 (33)

R = Coeficiente de modificación de respuesta, 3 (tabla 36)

T = Periodo fundamental de la estructura, 0.54 segundos

$$C_s = \frac{0.87}{\left(\frac{3}{1.50}\right)} = 0.44$$

$$C_{smax} = \frac{0.5}{0.54 * \left(\frac{3}{1.50}\right)} = 0.46$$

El valor de S_1 es menor a 0.60 g, por esto, se toma como C_{smin} el valor de 0.03.

De esta manera el valor utilizado fue el de 0.44, porque se encontraba debajo del máximo y arriba del mínimo.

$$C_{smin} < 0.44 < C_{smax}$$

- Cortante en la base

Para estructuras rígidas:

$$V = 0.30 * S_{DS} * W * I_s$$

Para estructuras flexibles:

$$V = C_s * W$$

Donde:

V = Cortante en la base, lb

S_{DS} = Parámetro aceleración espectral a periodos cortos, 0.87

W = Peso de la estructura, 261.08 klb

I_s = Factor de importancia por sismo, 1.50 (tabla 38)

C_s = Coeficiente de respuesta sísmica, 0.44

El peso utilizado en este estudio, ha sido extraído de Ruano Paz, 2011. En lo que se refiere al tipo de estructura, es considerada tipo flexible por las estimaciones anteriores, de manera que se manejó la segunda ecuación.

$$V = 0.44 * 261.08 = 114.88 \text{ klb}$$

- Carga por presión hidrostática en cuerpo del tanque

$$P_{cuerpo} = \gamma_{agua} * h_{cuerpo}$$

Donde:

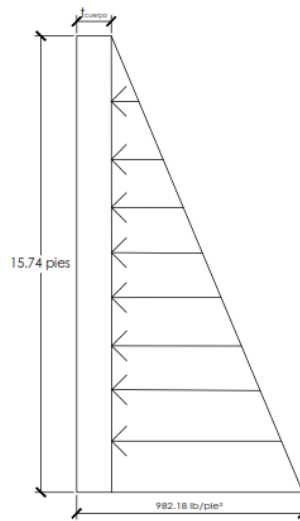
P_{cuerpo} = Carga presión hidrostática en el cuerpo del tanque, lb/pie²

γ_{agua} = Peso específico del agua, 62.4 lb/pie³

h_{cuerpo} = Altura del cuerpo del tanque, 15.74 pies

$$P_{cuerpo} = 62.4 * 15.74 = 982.18 \text{ lb/pie}^2$$

Figura 20. Presión hidrostática en el tanque



Fuente: Elaboración propia

- Cimentación

La sección de columna de 0.50 x 0.50 m, un armado 8 longitudinales No. 9 más estribos No. 4 a cada 15 cm, una altura de 1.5 m, dejando 25 cm sobre el nivel del suelo.

Las vigas contendrán una sección de 0.25 x 0.25 m, con un armado de 4 varillas de acero No. 4 más estribos No.3 a cada 0.15 m.

Todo el peso de la estructura será transmitido al suelo mediante zapatas, el cálculo es el siguiente:

Datos:

$$f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2,400 \text{ kg/cm}^3$$

$$q_{adm} = 15,000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Recubrimiento} = 10 \text{ cm}$$

Cota de cimentación = 1.5 m

Peso específico suelo = 1600 kg/m³

Carga viva = 75 kg

Carga viva = 74713.44 kg

Dimension de columna = 0.5 x 0.5 m

- Espesor y recubrimiento de zapata

Primeramente, se asumió un espesor para la zapata, siendo este $t = 0.45 \text{ m}$:

$$d = t - \text{Recubrimiento}$$

$$d = 0.45 - 0.1 = 0.35 \text{ m}$$

Se calcula la presión equivalente:

$$q_e = q_{adm} - [t * \gamma_c + \gamma_s(df - t)]$$

Donde:

q_e = Presión equivalente

q_{adm} = Valor soporte del suelo, 15,000 kg/m²

t = Espesor de la zapata, 0.45 m

γ_c = Peso específico del concreto, 2400 kg/m³

γ_s = Peso específico del suelo, 1600 kg/m³

df = Cota de cimentación, 1.5 m

$$q_e = 15000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} - \left[0.45 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} + 1600 \text{ kg/m}^3 * (1.5 \text{ m} - 0.45 \text{ m}) \right]$$

$$q_e = 12,240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Área de zapata

$$A = \frac{CM + CV}{qe}$$

Donde:

A = Área

CM = Carga muerta, 74,713.44 kg

CV = Carga viva, 75 kg

qe = Presión equivalente, 12,240 kg/m²

$$A = \frac{74713.44 \text{ kg} + 75 \text{ kg}}{12,240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} = 6.11 \text{ m}^2$$

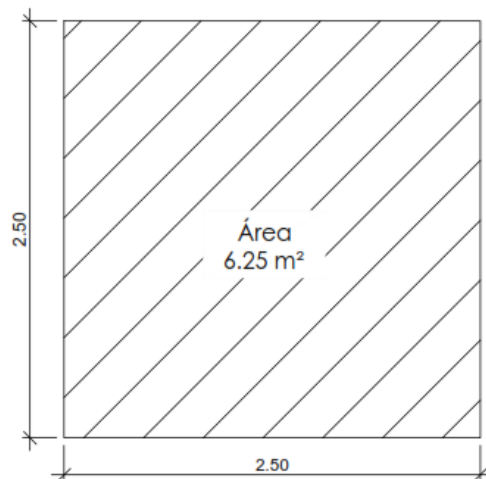
$$A = B^2$$

$$B = \sqrt{A}$$

$$B = \sqrt{6.11} = 2.47 \text{ m} \approx 2.50 \text{ m}$$

$$A = (2.50)^2 = 6.25 \text{ m}^2$$

Figura 21. Área de zapata



Fuente: Elaboración propia

- Presión de diseño

$$qd = \frac{1.4CM + 1.7CV}{A}$$

Donde:

qd = Presión de diseño

CM = Carga muerta, 74,713.44 kg

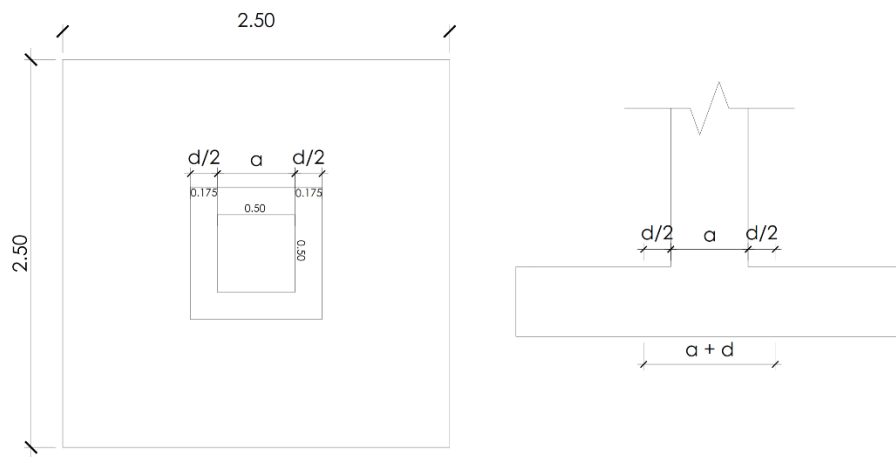
CV = Carga viva, 75 kg

A = Área de la zapata

$$qd = \frac{1.4(74713.44 \text{ kg}) + 1.7(75 \text{ kg})}{6.25 \text{ m}^2} = 16,756.21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Perímetro punzonante

Figura 22. Diagrama de perímetro punzonante



Fuente: Elaboración propia

$$bo = 2(a + d) + 2(a + d)$$

$$bo = 4(a + d)$$

$$bo = 4(50 \text{ cm} + 50 \text{ cm}) = 340 \text{ cm}$$

- Área del punzonamiento

$$Ap = (a + d)^2$$

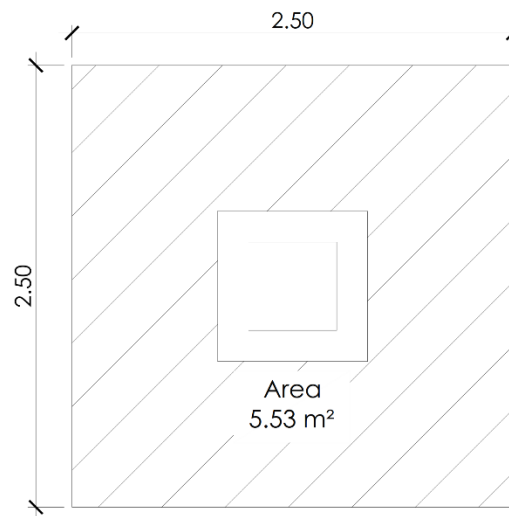
$$Ap = (0.50 + 0.35)^2 = 0.72 \text{ m}^2$$

- Área ashurada

$$Ash = A - Ap$$

$$Ash = 6.25 \text{ m}^2 - 0.72 \text{ m}^2 = 5.53 \text{ m}^2$$

Figura 23. **Diagrama de área ashurada**



Fuente: Elaboración propia

- Falla por punzonamiento

$$V_{uz} = qd * Ash$$

Donde:

V_{uz} = Fuerza cortante actuante

qd = Presión de diseño

Ash = Área ashurada

$$V_{uz} = 16756.21 * 5.53 = 92,661.84 \text{ kg}$$

Realizando chequeo:

$$V_c = d * \varphi * 1.1 * \sqrt{f'c} * b_o$$

Donde:

V_c = Fuerza cortante resistente

d = Peralte efectivo de la zapata

$f'c$ = Resistencia del concreto

b_o = Perímetro punzonante

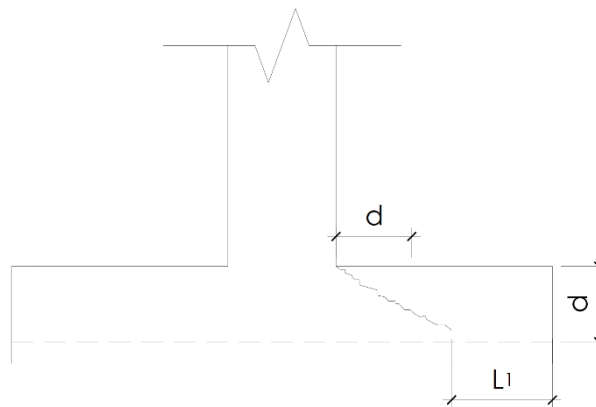
$$V_c = 35 \text{ cm} * 0.75 * 1.1 * \sqrt{210} * 340 \text{ cm} = 142,269.09 \text{ kg}$$

$$V_c > V_{uz}$$

Se determina que el peralte efectivo propuesto para la zapata soporta el punzonamiento.

- Falla por flexionamiento

Figura 24. **Diagrama para falla de flexionamiento**



Fuente: Elaboración propia

$$L_1 = \frac{A}{2} - \left(\frac{a}{2} + d \right)$$

$$L_1 = \frac{2.5}{2} - \left(\frac{0.50}{2} + 0.35 \right) = 0.65 \text{ m}$$

$$V_{u1} = qd * b * L_1$$

Donde:

V_{u1} = Fuerza cortante actuante

qd = Presión de diseño

b = Lado corto de la zapata

L_1 = Distancia que existe entre la falla al extremo de la zapata

$$V_{u1} = 16,756.21 \frac{kg}{m^2} * 2.5 \text{ m} * 0.65 \text{ m} = 27,228.84 \text{ kg}$$

Realizando chequeo:

$$V_c = d * \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b$$

Donde:

V_c = Fuerza cortante resistente

d = Peralte efectivo de la zapata

$f'c$ = Resistencia del concreto

b = Base de zapata

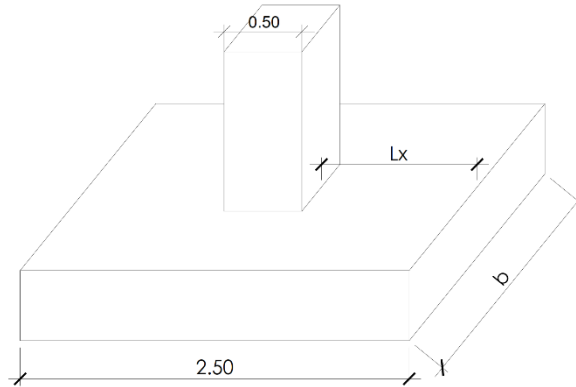
$$V_c = 35 * 0.75 * 0.53 * \sqrt{210} * 250 = 50402.82 \text{ kg}$$

$$V_c > V_{u1}$$

Se determina que la fuerza cortante actuante es menor que la resistente, de manera que la cimentación cumple con los requerimientos para que no exista una falla por flexionamiento.

- Momento de diseño

Figura 25. **Diagrama para el momento de diseño**



Fuente: Elaboración propia

$$L_x = \frac{b - x}{2}$$

$$L_x = \frac{2.5 - 0.5}{2} = 1 \text{ m}$$

$$W = qe * L$$

Donde:

W = Momento de diseño

qe = Presion equivalente

$$W = 12,240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 2.5\text{m} = 30,600 \text{ kg/m}$$

- Momento de diseño último

$$Mu = \frac{1}{2} W * L_x^2$$

$$Mu = \frac{1}{2} * 30600 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (1\text{m})^2 = 15,300 \text{ kg} * \text{m}$$

- Área de acero requerida

$$A_s = \frac{0.85f'_c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{0.85 * \phi f'_c * b * d^2}} \right]$$

$$A_s = \frac{0.85(210)(250)(35)}{2800} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(15,300)(100)}{(0.85)(0.9)(210)(250)(35)^2}} \right]$$

$$A_s = 17.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{14 * b * d}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14 * 250 * 35}{2800} = 43.75 \text{ cm}^2$$

$$A_s < A_{smin}$$

Debido a que el área de acero requerido (A_s) es más pequeña que el mínimo, se utilizó el segundo mencionado.

- Número de varillas

$$No \text{ varillas} = \frac{A_s}{A_{var}}$$

$$No \text{ varillas} = \frac{43.75 \text{ cm}^2}{2.8502} = 15.35 \text{ var} \approx 16 \text{ varillas}$$

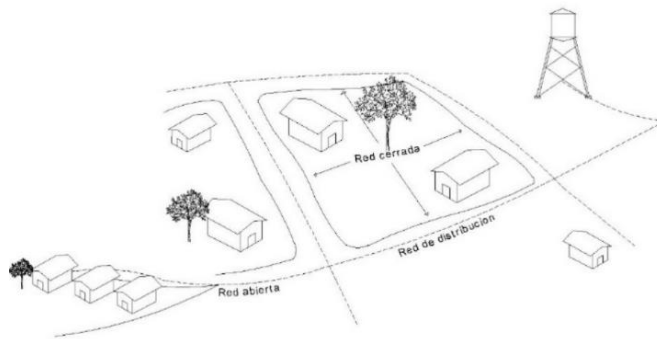
$$Separacion = \frac{L}{No \text{ varillas}} = \frac{250 \text{ cm}}{16} = 15.62 \approx 15 \text{ cm}$$

De acuerdo a los cálculos realizados, se utilizarán 16 varillas No. 6 a cada 15 cm.
(Apéndice C)

3.9.4. Red de distribución

El trazado de la red debe obedecer a la disposición física de la población y por tanto no existe una forma predefinida. Hidráulicamente, se pueden establecer redes abiertas, redes cerradas o redes mixtas, dependiendo de las condiciones anteriores.

Figura 26. **Redes de distribución**



Fuente: Elaboración propia

3.9.4.1. Redes abiertas

También llamada red ramificada, es la que se construye en forma de árbol. Son tuberías conectadas de tal forma que cada uno de sus ramales es terminal, en cada punto donde distribuya agua. Se recomienda su utilización, en aquellos casos en que la población es muy dispersa.

3.9.4.2. Redes cerradas

Son conductos ramificados en forma de anillos o circuitos, se alimentan desde uno o varios suministros y conducen el agua entre ellos. La red cerrada es comúnmente empleada en las comunidades que tiene definido claramente calles y avenidas.

3.9.4.3. Redes combinadas

Es una mezcla de red abierta y cerrada, se utiliza cuando por alguna circunstancia, cierta cantidad de beneficiarios se encuentra en puntos dispersos de una población bien definida en sus vías de tránsito.

En este caso, se realizó el diseño de una red abierta, debido a la distribución de los lotes, también fueron aplicados criterios con referencia a las normas INFOM-UNEPAR.

3.9.4.4. Cálculo hidráulico de la red de distribución

- Caudal unitario

Para el cálculo de la red de distribución, se necesita utilizar el caudal máximo horario el cual está definido en la sección 3.6.3.

$$Q_{uni} = q_i = \frac{Q_{dist}}{No\ de\ viviendas}$$

Donde:

Q_{uni} = Caudal unitario, L/s

Q_{dist} = Caudal de distribución, 4.20 L/s

$No\ de\ viviendas$ = Número de viviendas actuales, 162

En esta sección, para realizar el cálculo del caudal unitario, se tomaron en cuenta las viviendas de la aldea El Guayabal, siendo 94 domicilios y por su parte 68 de la lotificación.

$$q_i = \frac{4.20\ L/s}{162\ viv} = 0.025\ L/s/viv$$

El caudal unitario mínimo recomendado por el INFOM es de 0.02 L/s/viv, de resultar una cantidad menor que ésta; analizando el resultado, se observa que el caudal está arriba de lo permitido, de manera que se emplea lo obtenido para los cálculos posteriores.

- Cálculo del caudal del tramo 2-3

Se obtiene de multiplicar el caudal unitario (qi), por el número de viviendas acumuladas, sumadas las del ramal.

$$Viviendas\ del\ tramo = 15\ viv$$

$$No\ de\ viviendas\ restantes = 53\ viv$$

$$Viviendas\ totales = 68\ viv$$

$$Q_{1-2} = qi * viviendas\ totales$$

$$Q_{1-2} = 0.025 * 68 = 1.7\ L/s$$

- Cálculo de la longitud real (L)

La longitud real depende del número de tubos que se necesita utilizar para el tramo; dicha cantidad se calcula con la fórmula utilizada en la sección 3.9.2.1.

$$T = \frac{D.H.}{6} * s$$

$$T = \frac{111.21}{6} * 1.03 = 19.09 \approx 20\ tubos$$

$$20\ tubos * 6m = 120\ m$$

- Diámetro de tubería

Se determina el diámetro de la tubería con los datos obtenidos anteriormente y utilizando la velocidad mínima establecida.

$$\phi_{tub} = \sqrt{\frac{1.974 * Q_{tramo}}{V_{min}}}$$

$$\phi_{tub} = \sqrt{\frac{1.974 * 1.70}{0.4}} = 2.90"$$

Se realiza una aproximación al inmediato inferior, con la finalidad de que el tramo cumpla la velocidad; se determina que el ducto a utilizar es de 2 1/2", cuyo diámetro interior es de 2.65 pulgadas, con una capacidad de 160 PSI.

- Cálculo de velocidad

Se efectúa utilizando los datos del diámetro interior de la tubería, conjuntamente con el caudal del tramo.

$$v = \frac{1.974 * 1.7}{2.655^2} = 0.47 \text{ m/s}$$

$$0.4 \text{ m/s} < 0.47 \text{ m/s} < 3.0 \text{ m/s}$$

Según los parámetros establecidos en la sección 3.7. la velocidad obtenida cumple con lo señalado.

- Pérdida (Hf)

Ésta se calcula con la fórmula de Hazen-Williams, su utilidad se centra en determinar la cota piezométrica final del tramo, y por lo tanto la presión disponible.

$$Hf = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * \phi^{4.87}}$$

$$Hf = \frac{1743.811 * 120 * 1.70^{1.85}}{150^{1.85} * 2.65^{4.87}} = 0.45 \text{ m}$$

Se calculan las cotas piezométricas y presiones disponibles del tramo.

- Cota piezométrica final (2)

$$CP_{final}(2) = CP(1) - Hf_{real}$$
$$CP_{final}(2) = 116.09 - 0.45 = 115.64 \text{ m}$$

- Presión dinámica inicial

La presión disponible inicial es definida mediante la resta de la cota piezométrica y la cota del terreno (CT) del tramo anterior, y la presión disponible final es la diferencia entre la cota piezométrica final y la cota del terreno (CT) al final del tramo.

$$PD_{inicial} = CP(1) - CT(1)$$
$$PD_{inicial} = 116.09 - 106.06 = 10.02 \text{ mca}$$

- Presión dinámica final

$$PD_{final} = CP_{final}(2) - CT(2)$$
$$PD_{final} = 115.64 - 98.66 = 16.98 \text{ mca}$$

- Presión estática inicial

Es la diferencia entre la cota de terreno donde la presión es igual a cero y la cota de terreno, donde se requiere obtener la presión estática. Para este caso la presión es igual a cero por última vez en el punto 0, puesto que es el punto del tanque de distribución (apéndice D) y posee una cota de terreno 116.16, mientras que la cota de terreno del punto 2, es de 98.66.

$$PE_{inicial} = CT(0) - CT(1)$$

$$PE_{inicial} = 116.16 - 106.064 = 10.09 \text{ mca}$$

- Presión estática final

$$PE_{final} = CT(0) - CT(2)$$

$$PE_{final} = 116.16 - 98.66 = 17.50 \text{ mca}$$

Tanto la presión dinámica como la estática, cumplen con el rango estipulado por las normas INFOM, el cual se encuentra entre los 10 y 60 mca, por lo cual se empleará tubería PVC diámetro de 2 ½" de 160 PSI.

3.9.5. Obras hidráulicas

También llamadas obras de arte, se utilizan en el recorrido de la tubería, según la necesidad que se presente en cualquier punto que pueda afectar al sistema hidráulico.

3.9.5.1. Caja válvula

Estas se construyen de block o ladrillo tayuyo, con losa y tapadera movable de concreto reforzado. Su principal función es proteger las válvulas del sistema de cualquier objeto externo a ellas.

Será utilizada para las válvulas de compuerta que estarán colocadas en la línea de distribución.

3.9.5.2. Válvulas de compuerta

Funcionan por medio del descenso gradual, regula el flujo del líquido en los ramales de la red. Suelen fabricarse de hierro fundido, bronce o plástico, el material que se ocupe dependerá especialmente de la presión que tenga que soportar.

Para limpieza: Sirven para retirar arena o cualquier objeto extraño que se encuentre dentro de la tubería. Estos tienden a estancarse en las partes más bajas del terreno.

Para seccionar tramos en tuberías: Se emplean para aislar una sección de la red, con el fin de realizar alguna reparación, instalación, inspección o mantenimiento.

3.9.6. Conexiones domiciliarias

“Están compuestas por las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua de la red de distribución al interior de la vivienda, generalmente se recomienda tuberías de diámetro de 1/2" PVC” (Vásquez, 2011, p.57).

3.10. Sistema de desinfección

La desinfección se logra mediante agentes químicos y físicos; estos extraen contaminantes orgánicos del agua que son nutrientes o cobijo para los microorganismos. El fin de los desinfectantes no solo debe de ser eliminar a los microorganismos, también, deben tener efecto residual, en otras palabras, significa que se mantendrán activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías que provocan la contaminación del agua (Lenntech, 2016).

Tabla 38. Agentes de desinfección

Agentes químicos	Agentes físicos
• Cloro (Cl₂) • Dióxido de cloro (ClO₂) • Hipoclorito (OCl⁻) • Ozono (O₃) • Jabones y detergentes	• Luz ultravioleta • Radiación electrónica • Rayos Gamma • Calor

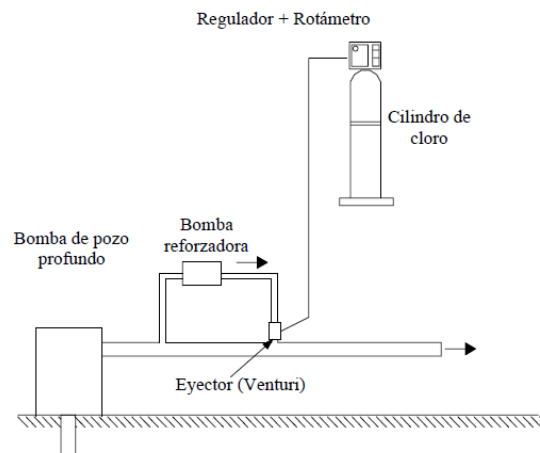
Fuente: Elaboración propia

Para este sistema se propone utilizar un clorador gaseoso de funcionamiento al vacío, debido a que el tanque de almacenamiento es metálico; si el método de cloración fuese por medio de tabletas de hipoclorito, las paredes interiores del depósito se corroerían con facilidad.

El sistema comprende un cilindro de gas cloro, un regulador con un rotámetro y un eyector. Este régimen trabaja debido al vacío, que se genera con el eyector tipo Venturi, accionado por un flujo de agua, el cual eyecta una mezcla de agua y de gas en el punto de aplicación, donde el gas se difunde y se disuelve. Asimismo, debe estar provisto de válvulas antirretorno para impedir el ingreso del agua a la tubería de transporte de cloro, con el objeto de prevenir la corrosión del equipo en los casos en que por algún motivo se interrumpa su funcionamiento (Solsona y Méndez, 2002).

El equipo de desinfección se recomienda colocarlo en la caseta de bombeo para mayor protección.

Figura 27. Equipo de gas cloro al vacío



Fuente: Solsona y Méndez, 2002. Desinfección del agua.

La energía eléctrica para operar los cloradores del funcionamiento al vacío es relativamente pequeña, pues solo se requiere la necesaria para introducir el flujo de agua a través del eyector (Venturi). El flujo de agua y la presión diferencial que se

requieren pueden producirse por medios eléctricos o hidráulicos con ayuda de una pequeña bomba auxiliar (reforzadora), generalmente de 1 a 1.5 HP (Solsona y Méndez, 2002, p. 41).

El equipo de desinfección por cloro gas debe estar compuesto de por lo menos, una báscula, dos cilindros de 75 kg cada uno, una bomba booster de 1 HP, un regulador de vacío y un eyector.

$$M = 3.6 * D * Q$$

Donde:

M = Cantidad de cloro a inyectar, gCl/h

D = Dosis de cloro, 2 mgCl/L

Q = Caudal máximo de agua a tratar, 4.2 L/s

$$M = 3.6 \left(4.2 \frac{L}{s} \right) \left(2 \frac{mgCl}{L} \right) = 30.24 \text{ gCl/h}$$

Entonces, para el rendimiento que se tendrá por cilindro se enuncia:

$$R_c = \frac{Cc * 1000}{M * Tb}$$

Donde:

R_c = Rendimiento por cilindro, día/cilindro

Cc = Contenido del cilindro, 75 kgCl/cilindro

M = Cantidad de cloro a inyectar, 30.24 mgCl/h

Tb = Tiempo de bombeo por día, (h/día)

1000 = Factor de conversión para kilogramos

$$R_c = \frac{75 \text{ kgCl/cilindro} * 1000}{30.24 \text{ gCl/h} * 10 \text{ h/día}} = 248.01 \text{ día/cilindro}$$

Se tiene que, el cilindro de 75 kg de gas cloro deberá sustituirse a cada 248 días, lo que implica, es que al año se necesitaran 1.47 cilindros para la desinfección.

3.11. Administración, operación y mantenimiento

Son acciones fundamentales para el funcionamiento y durabilidad del sistema de agua potable, su adecuada planificación y ejecución, así como una activa participación y vinculación de la organización comunitaria, es un paso firme para el empoderamiento y sostenibilidad de la infraestructura. Debido a esto, los pobladores están en la obligación de reportar cualquier irregularidad inmediatamente.

La ejecución de un mantenimiento sumado a una correcta composición del sistema, pueden ser garantía de un servicio de calidad. En cambio, deficiencias en estos niveles pueden redundar en que la población acceda a agua de mala calidad.

Ningún sistema de agua potable puede funcionar por sí mismo, o trabajar de manera correcta si se opera inadecuadamente. Es por eso que será obligación de la Municipalidad de Estanzuela, así como también de los pobladores de la localidad, contratar a una persona que ejerza como fontanero, que sepa realizar un reconocimiento del sistema general por lo menos una vez al mes, manteniendo limpias las obras de arte y realizando las reparaciones necesarias en las tuberías. Además, se deben regular las horas de bombeo para mayor eficiencia del equipo.

La siguiente tabla muestra las actividades de operación y mantenimiento ideales que se deben realizar en el sistema.

Tabla 39. **Trabajos de operación y mantenimiento del sistema**

Operación	Tiempo	Encargado
Captación		
Encendido y apagado del equipo de bombeo según la programación establecida.	Diario	Fontanero
Revisión de la estructura para encontrar daños o deterioro.	Mensual	Personal calificado
Realizar mantenimiento preventivo y periódico.	Bimensual	Fontanero
Línea de conducción		
Revisar las tuberías para detectar fugas o daños.	Semanal	Fontanero
Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado.	Mensual	Fontanero
Tanque de almacenamiento		
Revisar que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén cerradas adecuadamente.	Diario	Fontanero
Limpiar sedimentos, y evaluar si es necesario el lavado.	Mensual	Fontanero
Verificar el interior del tanque para ver la existencia de grietas o fugas.	Mensual	Fontanero
Retocar o pintar el tanque externamente.	Anual	Peón
Red de distribución		
Comprobar existencia de instalaciones clandestinas.	Diario	Fontanero
Revisar y reparar fugas.	Diario	Fontanero
Verificar si el terreno está cediendo en alguna parte donde exista tubería.	Semanal	Fontanero
Abrir y cerrar válvulas para evitar que se peguen.	Quincenal	Fontanero
Acometidas domiciliarias		
Retirar elementos extraños y suciedad dentro de las cajas de operación de válvula.	Quincenal	Fontanero
Pintar válvulas para evitar corrosión.	Anual	Fontanero
Sistema de desinfección		
Verificación del funcionamiento de los cloradores al vacío	Mensual	Personal calificado
Comprobación de la dosis de cloro al sistema	Diario	Operario

Fuente: Elaboración propia

3.12. Propuesta de tarifa

Se le denomina tarifa al monto que pagan los usuarios o consumidores de un servicio público a cambio de la prestación de éste. Su finalidad es reintegrar el costo del mantenimiento y obtener fondos para su operación, para lograr que el sistema de abastecimiento sea auto sostenible en su tiempo de vida útil (Garnica, 2013).

Esta tarifa estará en función de la operación, el tipo de mantenimiento, tratamiento, administración y reserva del mismo. El valor se obtiene de la siguiente manera:

- Costo de tratamiento (T)

Es el costo generado al realizar la desinfección del agua por medio del cloro, el cual fue estipulado en la sección 3.10., se determinó que anualmente se necesitarían 1.47 cilindros, tomando esta consideración, se tiene:

$$T = N * PU' + Pb * PU * HB$$

Donde:

T = Costo del tratamiento

N = Número de cilindros por mes, 0.12 cilindro/mes

PU' = Precio unitario de los cilindros, Q. 1600.00

Pb = Potencia ejercida por la bomba de desinfección, 1 Kw/h

PU = Precio del Kw/h, Q. 1.7498

HB = Horas del bombeo al mes, 420 horas

$$T = (0.12 \text{ cilindros} * Q. 1600/\text{cilindro}) + (1 * 0.746 * Q. 1.7498 * 420)$$

$$T = Q. 740.25/\text{mes}$$

- Costo de energía (E)

Es el valor de la energía eléctrica consumida por el equipo de bombeo.

$$E = 0.746 * P_{bom} * H_{bom} * Q_{kw} * D_{mes}$$

Donde:

E = Costo de energía eléctrica, Q/m

P_{bom} = Potencia de la bomba, 4.5 Hp

H_{bom} = Horas de bombeo diario, 14 h

Q_{kw} = Costo del kilowatt hora, Q.1.7498

D_{mes} = Días del mes, 30 días

0.746 = Factor de conversión HP

$$E = 0.746 * 4.5 \text{ Hp} * 14 \text{ horas} * Q.1.7498 / \text{hora} * 30 \text{ dias} = Q.2467.11 / \text{mes}$$

- Costo de operación (O)

Se refiere al monto mensual que recibirá el personal que opera el equipo de bombeo e inspecciona toda la red de abastecimiento conjuntamente con las conexiones domiciliarias, podría ser un único fontanero o varios. Esta estimación se realiza en base a lo mencionado y el salario mínimo diario.

$$O = (10\%) * No. \text{ conexiones} * \text{salario minimo diario} * 1.60$$

Donde:

O = Costo de operación

10% = Verificaciones mensuales

$No. \text{ conexiones dom}$ = 162

1.60 = Porcentaje adicional al salario mensual del operador del sistema

Según el acuerdo gubernativo No. 288-2016 publicado en el Diario de Centroamérica el 30 de diciembre de 2016, el salario mínimo para el año 2017 para actividades económicas no agrícolas será de Q. 2607.

$$\text{Salario minimo diario} = Q. \frac{2607}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ dias}} = Q. 86.90$$

$$O = 10\% * 162 \text{ Conexiones} * Q. 86.90 * 1.6 = Q. 2,252.45$$

- Costo de mantenimiento (M)

Es el monto que se utilizará para la compra de material o servicios necesarios para la reparación o mejora del sistema de abastecimiento. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{0.5\% * Ctp * (1 + IA)}{n}$$

Donde:

0.5% = Porcentaje del costo del proyecto para la compra de materiales

Ctp = Costo total del proyecto, Q.580,415.14

IA = Inflación anual, 4.36%

n = Número de meses del año, 12

El porcentaje de 4.36% utilizado para esta deducción, fue extraído de los datos publicados por el Banco de Guatemala (BANGUAT) para el año 2016.

$$M = \frac{0.005 * Q. 580,415.14 * (1 + 0.0436)}{12} = Q. 252.38$$

- Costo de reserva (R)

Son los fondos destinados para cubrir cualquier imprevisto o eventualidad que se presente en el proyecto, se utiliza un 12% de la suma de los costos anteriores, tratamiento, operación y mantenimiento.

$$R = 12\%(T + O + M)$$

Donde:

R = Costo de reserva, Q.

T = Costo de tratamiento, Q.740.25

O = Costo de operación, Q.2,252.45

M = Costo de mantenimiento, Q.252.38

$$R = 0.12(Q.740.25 + Q.2,252.45 + Q.252.38) = Q.389.41$$

- Costo de administración (A)

Es el monto que se utiliza para las gestiones del proyecto tal como compra de insumos (papelería, mobiliario o accesorios de tubería, mantenimiento y desinfección) pertenecientes al proyecto, por parte del personal encargado. Se estima el 15% de la suma de los costos de operación, tratamiento y mantenimiento.

$$A = 15\%(O + T + M)$$

Donde:

A = Costo de administración, Q.

O = Costo de operación, Q.2,252.45

T = Costo de tratamiento, Q.740.25

M = Costo de mantenimiento, Q.252.41

$$A = 0.15(Q.2,252.45 + Q.740.25 + 252.41) = Q.486.77$$

Tabla 40. **Costos de administración, operación y mantenimiento**

Costo	Sub total
Tratamiento	Q.740.25
Energía	Q.2,467.11
Operación	Q.2,252.45
Mantenimiento	Q.252.38
Administración	Q.486.77
Reserva	Q.389.41
Costo total	Q.6,588.37

Fuente: Elaboración propia

El monto mostrado en la tabla anterior, representan el costo mensual para la administración, operación y mantenimiento del proyecto, de manera que los habitantes de la aldea y la lotificación, deberán sufragar el gasto, por tal motivo se debe recauda una tarifa por vivienda.

- Cálculo de tarifa (TAR)

Es el valor que cada vivienda deberá costear, con el fin de cubrir los gastos mencionados anteriormente.

$$TAR = \frac{Gastos\ totales}{No.de\ conexiones\ domiciliarias}$$

$$TAR = \frac{Q.6,588.37}{162\ Viviendas} = Q.40.67$$

Se concluye que la tarifa mensual para los habitantes de la aldea El Guayabal con respecto al sistema de agua potable será de Q.41.00.

3.13. Planos del proyecto

Los planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable se encuentran en el apéndice C; el listado es el siguiente:

- Línea de conducción
- Línea de distribución
- Perfil de distribución tramo 1-2, 2-3 y 3-4
- Perfil de distribución tramo 6-7, 7-8
- Perfil de distribución tramo 5 y 6
- Línea de conducción tramo 1 y 2
- Línea de conducción tramo 3 y 4
- Línea de conducción tramo 5pro
- Tanque de distribución
- Caseta de bombeo
- Conexión domiciliar y válvula de compuerta

3.14. Presupuesto

El cálculo del presupuesto del proyecto, se elaboró en base a planos constructivos, asimismo se cuantificaron renglones de trabajo ineludibles, conteniendo materiales a utilizar y mano de obra. Los diferentes precios estipulados fueron de acuerdo a cotizaciones realizadas en el municipio de Estanduela, Zacapa.

El costo del proyecto alcanzó un monto total de Q.580,415.14, el cual está conformado con los siguientes renglones de trabajo:

Tabla 41. **Resumen del presupuesto por renglón, sistema de abastecimiento de agua potable**

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Trabajos preliminares	Km	1.275	Q 2,687.61	Q 3,426.70
2	Caseta de bombeo	m ²	13.3	Q 1,289.66	Q 17,152.42
3	Equipo de bombeo 4.5 HP	Unidad	1	Q 33,391.39	Q 33,391.39
4	Línea de bombeo	m	785	Q 80.01	Q 62,809.93
5	Cimentación de tanque elevado	m ²	49	Q 892.81	Q 43,747.80
6	Tanque de distribución	Unidad	1	Q 323,875.20	Q 323,875.20
7	Red de distribución	m	525	Q 48.48	Q 25,450.89
8	Conexiones domiciliarias	Unidad	68	Q 912.28	Q 62,035.14
9	Caja válvula de compuerta	Unidad	4	Q 2,131.42	Q 8,525.68
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 580,415.14

Fuente: Elaboración propia

3.14.1. Integración de precios unitarios

Tabla 42. Trabajos preliminares, sistema de abastecimiento de agua potable

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Trabajos preliminares	1.275	Km	Q 2,687.61	Q 3,426.70

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Clavos de 3"	2.00	Lb	Q 7.00	Q 14.00
Estacas + pintura	1.00	Unidad	Q 80.00	Q 80.00
Cal hidratada	4.00	Saco	Q 35.00	Q 140.00
Sub-total materiales				Q 234.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Replanteo topográfico	1.275	Km	Q 1,500.00	Q 1,912.50
Trazo y estaqueado	1.275	Km	Q 250.00	Q 318.75
Sub-total mano de obra				Q 2,231.25
Total costo directo				Q 2,465.25

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 295.83
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 123.26
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 369.79
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 172.57
Total costo indirecto	Q 961.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. **Caseta de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Caseta de bombeo	13.30	m ²	Q 1,289.66	Q 17,152.42

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Cal hidratada	1	Saco	Q 35.00	Q 35.00
Block de 0.15x0.20x0.40 m	208.00	Unidad	Q 3.50	Q 728.00
Cemento UGC	23.00	Saco	Q 75.00	Q 1,725.00
Arena de río	2.00	m ³	Q 175.00	Q 350.00
Piedrín triturado de 1/2" a 3/4"	2.00	m ³	Q 225.00	Q 450.00
Acero corrugado 3/8" grado 40	40.00	Varilla	Q 24.88	Q 995.20
Acero corrugado 1/4" grado 40	30.00	Varilla	Q 9.00	Q 270.00
Electromalla 9/9	1.00	Unidad	Q 150.00	Q 150.00
Alambre de amarre	16.00	Lb	Q 7.00	Q 112.00
Clavos de 3"	16.00	Lb	Q 7.00	Q 112.00
Madera rústica	180.00	Pt	Q 6.00	Q 1,080.00
Paral de 3"x4"x8'	50.00	Pt	Q 6.00	Q 300.00
Puerta metálica	1.00	Unidad	Q 800.00	Q 800.00
Poliducto 1/2"	15.00	m	Q 5.00	Q 75.00
Alambre THHN cal. 12	18.00	m	Q 6.00	Q 108.00
Armadura doble de baquelita	1.00	Unidad	Q 15.00	Q 15.00
Interruptor sencillo de baquelita	1.00	Unidad	Q 20.00	Q 20.00
Plafonera	1.00	Unidad	Q 8.00	Q 8.00
Bombilla	1.00	Unidad	Q 25.00	Q 25.00
Caja rectangular	2.00	Unidad	Q 5.00	Q 10.00
Caja octogonal	1.00	Unidad	Q 5.00	Q 5.00
Tablero de 4 circuitos	1.00	Unidad	Q 169.00	Q 169.00
Flip-on 1x20 A	3.00	Unidad	Q 26.39	Q 79.17
Tubo conduit galvanizado de 1 1/4" con ganchos	2.00	m	Q 150.00	Q 300.00
Caja socket	1.00	Unidad	Q 125.00	Q 125.00
Sub-total materiales				Q 8,046.37

Fuente: Elaboración propia

Continuación de tabla 43

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Limpieza y nivelación del terreno	15.00	m ²	Q 20.00	Q 300.00
Cimiento corrido	6.60	m	Q 30.00	Q 198.00
Columnas de concreto reforzado	13.00	m	Q 60.00	Q 780.00
Solera de humedad de concreto reforzado	1.60	m	Q 60.00	Q 96.00
Solera intermedia de concreto reforzado	1.60	m	Q 40.00	Q 64.00
Solera de corona de concreto reforzado	1.60	m	Q 60.00	Q 96.00
Muro de block	13.75	m ²	Q 50.00	Q 687.50
Losa de concreto reforzado	4.84	m ²	Q 50.00	Q 242.00
Instalación eléctrica	1.00	Unidad	Q 150.00	Q 150.00
Repello y cernido del muro	28.00	m ²	Q 60.00	Q 1,680.00
Sub-total mano de obra				Q 4,293.50
Total costo directo				Q 12,339.87

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 1,480.78
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 616.99
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 1,850.98
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 863.79
Total costo indirecto	Q 4,812.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. **Equipo de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Equipo de bombeo 4.5 HP	1.00	Unidad	Q 33,391.39	Q 33,391.39

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Bomba sumergible de 4.5 HP	1.00	Unidad	Q 3,950.00	Q 3,950.00
Motor sumergible de 4.5 HP	1.00	Unidad	Q 7,182.00	Q 7,182.00
Panel de control 4.5 HP	1.00	Unidad	Q 2,485.00	Q 2,485.00
Monitor de voltaje UCN 491C 1F	1.00	Unidad	Q 424.99	Q 424.99
Gabinete metálico T0 15-20-35 cm	1.00	Unidad	Q 395.00	Q 395.00
Contactador Hartland 3x60 A 230 V	1.00	Unidad	Q 595.00	Q 595.00
Selector 22 mm. 3 posiciones	1.00	Unidad	Q 145.00	Q 145.00
Cheque resorte HxH 3" #7938 flomatic	1.00	Unidad	Q 1,750.00	Q 1,750.00
Cable sumergible 3 x 8 doble forro	10.00	m	Q 52.60	Q 526.00
Cable sumergible 3 x 14 un forro	10.00	m	Q 14.20	Q 142.00
Electrodo acero inoxidable	1.00	Unidad	Q 120.00	Q 120.00
Guardanivel bw 220-240 2no-1nc	1.00	Unidad	Q 1,430.00	Q 1,430.00
Material de empalme	1.00	Unidad	Q 210.00	Q 210.00
Collarin 3" grado A	1.00	Unidad	Q 485.00	Q 485.00
Válvula de esfera 3"	1.00	Unidad	Q 1,182.59	Q 1,182.59
Sub-total materiales				Q 21,022.58

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Instalación de equipo eléctrico y armado de tableros	1.00	Unidad	Q 1,500.00	Q 1,500.00
Instalación hidraulica, arranque y empalmes	1.00	Unidad	Q 1,500.00	Q 1,500.00
Sub-total mano de obra				Q 3,000.00
Total costo directo				Q 24,022.58

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 2,882.71
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 1,201.13
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 3,603.39
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 1,681.58
Total costo indirecto	Q 9,368.81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Línea de bombeo, sistema de abastecimiento de agua potable

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Línea de bombeo	785.00	m	Q 80.01	Q 62,809.93

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tubería de PVC 3" 160 PSI	135.00	Tubo	Q 225.00	Q 30,375.00
Codo 45° 3" PVC	8.00	Unidad	Q 44.00	Q 352.00
Cemento solvente	2.00	Galón	Q 480.00	Q 960.00
Sub-total materiales				Q 31,687.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Instalación de tubería	135.00	Unidad	Q 10.00	Q 1,350.00
Excavación	195.00	m³	Q 40.00	Q 7,800.00
Relleno	195.00	m³	Q 20.00	Q 3,900.00
Transporte de tubería	6.00	Viaje	Q 25.00	Q 150.00
Limpieza final	1.00	Unidad	Q 300.00	Q 300.00
Sub-total mano de obra				Q 13,500.00
Total costo directo				Q 45,187.00

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 5,422.44
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 2,259.35
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 6,778.05
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 3,163.09
Total costo indirecto	Q 17,622.93

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. **Cimentación de tanque elevado, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Cimentación de tanque elevado	49.00	m ²	Q 892.81	Q 43,747.80

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Cemento UGC	149.00	Saco	Q 75.00	Q 11,175.00
Arena de río	8.35	m ³	Q 175.00	Q 1,461.25
Madera rústica	250.00	Pt	Q 6.00	Q 1,500.00
Piedrín triturado de 1/2" a 3/4"	8.35	m ³	Q 225.00	Q 1,878.75
Acero corrugado 9/8" grado 40	9.00	Varilla	Q 314.09	Q 2,826.81
Acero corrugado 6/8" grado 40	32.00	Varilla	Q 112.42	Q 3,597.44
Acero corrugado 1/2" grado 40	19.00	Varilla	Q 46.05	Q 874.95
Acero corrugado 3/8" grado 40	8.00	Varilla	Q 24.88	Q 199.04
Clavos de 3"	56.00	Lb	Q 7.00	Q 392.00
Alambre de amarre	56.00	Lb	Q 7.00	Q 392.00
Sub-total materiales				Q 24,297.24

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Excavación	58.80	m ³	Q 40.00	Q 2,352.00
Zapatas de concreto reforzado	25.00	m ²	Q 60.00	Q 1,500.00
Columnas de concreto reforzado	4.40	m	Q 50.00	Q 220.00
Vigas de concreto reforzado	17.00	m	Q 50.00	Q 850.00
Compactación y nivelación del terreno	58.80	m ³	Q 30.00	Q 1,764.00
Limpieza final	49.00	m ²	Q 10.00	Q 490.00
Sub-total mano de obra				Q 7,176.00
Total costo directo				Q 31,473.24

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 3,776.79
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 1,573.66
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 4,720.99
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 2,203.13
Total costo indirecto	Q 12,274.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. **Tanque de distribución, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Tanque de distribución	1.00	Unidad	Q 323,875.20	Q 323,875.20

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tanque elevado metálico	1.00	Unidad	Q 213,120.00	Q 213,120.00
Tubería HG de 3"	4	Unidad	Q 650.00	Q 2,600.00
Valvula de compuerta de 3"	1	Unidad	Q 2,777.64	Q 2,777.64
Adaptador macho 3" Ø HG	2	Unidad	Q 1,235.55	Q 2,471.10
Silicon	1	Unidad	Q 35.00	Q 35.00
Sub-total materiales				Q 221,003.74

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Instalación de tanque elevado metálico	1.00	Unidad	Q 12,000.00	Q 12,000.00
Sub-total mano de obra				Q 12,000.00
Total costo directo				Q 233,003.74

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 27,960.45
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 11,650.19
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 34,950.56
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 16,310.26
Total costo indirecto	Q 90,871.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. **Red de distribución, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Red de distribución	525.00	m	Q 48.48	Q 25,450.89

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tubería PVC Ø 2 1/2" de 160 PSI	24.00	Tubo	Q 154.00	Q 3,696.00
Tubería PVC Ø 1 1/2" de 160 PSI	7.00	Tubo	Q 69.00	Q 483.00
Tubería PVC Ø 1 1/4" de 160 PSI	19.00	Tubo	Q 50.00	Q 950.00
Tubería PVC Ø 1" de 160 PSI	29.00	Tubo	Q 39.00	Q 1,131.00
Tubería PVC Ø 3/4" de 250 PSI	15.00	Tubo	Q 106.15	Q 1,592.25
Tee de PVC Ø 2 1/2"	1.00	Unidad	Q 41.00	Q 41.00
Tee de PVC Ø 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 11.10	Q 11.10
Codo PVC 90° Ø 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 10.90	Q 10.90
Codo PVC 45° Ø 2"	1.00	Unidad	Q 6.40	Q 6.40
Yee PVC Ø 2"	1.00	Unidad	Q 28.30	Q 28.30
Reductor bushing liso de 2 1/2" a 2"	5.00	Unidad	Q 20.70	Q 103.50
Reductor bushing liso de 2" a 1"	2.00	Unidad	Q 6.40	Q 12.80
Reductor bushing liso de 2" a 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 6.40	Q 6.40
Reductor bushing liso de 1 1/2" a 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 4.70	Q 4.70
Reductor bushing liso de 1" a 3/4"	1.00	Unidad	Q 4.01	Q 4.01
Tapon hembra PVC de 1"	2.00	Unidad	Q 6.32	Q 12.64
Tapon hembra PVC de 3/4"	1.00	Unidad	Q 4.19	Q 4.19
Tapon hembra PVC de 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 11.80	Q 11.80
Cemento solvente	2.00	Galón	Q 480.00	Q 960.00
Sub-total materiales				Q 9,069.99

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Excavación	130.00	m³	Q 40.00	Q 5,200.00
Instalación de tubería	94.00	Unidad	Q 10.00	Q 940.00
Relleno y compactación	130.00	m³	Q 20.00	Q 2,600.00
Limpieza final	1.00	Unidad	Q 500.00	Q 500.00
Sub-total mano de obra				Q 9,240.00
Total costo directo				Q 18,309.99

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 2,197.20
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 915.50
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 2,746.50
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 1,281.70
Total costo indirecto	Q 7,140.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. **Conexiones domiciliarias, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Conexiones domiciliarias	68.00	Unidad	Q 912.28	Q 62,035.14

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tee reducida de 2 1/2" a 1/2"	15.00	Unidad	Q 19.30	Q 289.50
Tee reducida de 1" a 1/2"	33.00	Unidad	Q 16.50	Q 544.50
Tee reducida de 1 1/4" a 1/2"	20.00	Unidad	Q 11.00	Q 220.00
Tubo Ø 1/2" PVC 315 PSI	136.00	Unidad	Q 24.00	Q 3,264.00
Adaptador macho 1/2" Ø PVC	136.00	Unidad	Q 1.50	Q 204.00
Llave de paso 1/2" Ø Br.	68.00	Unidad	Q 57.00	Q 3,876.00
Codo 90° 1/2" Ø PVC con rosca	68.00	Unidad	Q 2.00	Q 136.00
Codo 90° 1/2" Ø HG	68.00	Unidad	Q 10.50	Q 714.00
Niple 1/2" Ø HG 1.50 m	68.00	Unidad	Q 35.00	Q 2,380.00
Niple 1/2" Ø HG 0.15 m	68.00	Unidad	Q 18.00	Q 1,224.00
Copla Ø 1/2" HG	68.00	Unidad	Q 1.20	Q 81.60
Llave de chorro Ø 1/2" Br.	68.00	Unidad	Q 37.00	Q 2,516.00
Medidor Ø 1/2" Br.	68.00	Unidad	Q 250.00	Q 17,000.00
Adaptador hembra Ø 1/2 PVC	136.00	Unidad	Q 3.00	Q 408.00
Cemento UGC	14.00	Saco	Q 75.00	Q 1,050.00
Arena de río	2.50	m³	Q 175.00	Q 437.50
Piedrín Triturado de 1/2" a 3/4"	2.50	m³	Q 225.00	Q 562.50
Caja para medidor	68.00	Unidad	Q 65.00	Q 4,420.00
Teflón	25.00	Unidad	Q 10.00	Q 250.00
Acero corrugado 1/4" grado 40	28.00	Varilla	Q 9.00	Q 252.00
Sub-total materiales				Q 39,829.60

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Excavación	20.00	m³	Q 40.00	Q 800.00
Instalación de contador y accesorios	68.00	Unidad	Q 50.00	Q 3,400.00
Relleno	20.00	m³	Q 15.00	Q 300.00
Limpieza final	1.00	Unidad	Q 300.00	Q 300.00
Sub-total mano de obra				Q 4,800.00
Total costo directo				Q 44,629.60

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 5,355.55
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 2,231.48
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 6,694.44
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 3,124.07
Total costo indirecto	Q 17,405.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. **Caja válvula de compuerta, sistema de abastecimiento de agua potable**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Caja válvula de compuerta	4	Unidad	Q 2,131.42	Q 8,525.68

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Cemento UGC	8.00	Saco	Q 75.00	Q 600.00
Block de 0.15x0.20x0.40 m	192.00	Unidad	Q 3.50	Q 672.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	2.80	m³	Q 225.00	Q 630.00
Arena de río	2.80	m³	Q 175.00	Q 490.00
Acero corrugado 3/8" grado 40	32.00	Varilla	Q 24.88	Q 796.16
Acero corrugado 1/4" grado 40	16.00	Varilla	Q 9.00	Q 144.00
Madera rustica	120.00	Pt	Q 6.00	Q 720.00
Clavos de 3"	2.00	Lb	Q 7.00	Q 14.00
Alambre de amarre	2.00	Lb	Q 7.00	Q 14.00
Válvula de compuerta de bronce de 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 190.00	Q 190.00
Válvula de compuerta de bronce de 2 1/2"	2.00	Unidad	Q 480.00	Q 960.00
Válvula de compuerta de bronce de 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 250.00	Q 250.00
Adaptador macho de PVC de Ø 1 1/4"	2.00	Unidad	Q 10.44	Q 20.88
Adaptador macho de PVC de Ø 2 1/2"	4.00	Unidad	Q 43.78	Q 175.12
Adaptador macho de PVC de Ø 1 1/2"	2.00	Unidad	Q 21.21	Q 42.42
Teflón	4.00	Rollo	Q 10.00	Q 40.00
Sub-total materiales				Q 5,758.58

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Instalación de válvula de limpieza	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Elaboración de caja de válvula	1.00	Unidad	Q 150.00	Q 150.00
Elaboración de tapadera	1.00	Unidad	Q 75.00	Q 75.00
Transporte de material	1.00	Viaje	Q 50.00	Q 50.00
Limpieza final	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Sub-total mano de obra				Q 375.00
Total costo directo				Q 6,133.58

Gastos administrativos 12% (sobre el costo directo)	Q 736.03
Imprevistos 5% (sobre el costo directo)	Q 306.68
Utilidades 15% (sobre el costo directo)	Q 920.04
Impuestos 7% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 429.35
Total costo indirecto	Q 2,392.10

Fuente: Elaboración propia

3.14.2. Resumen del presupuesto

Está compuesto por el total de materiales que se utilizarán en la ejecución de obra, además el desglose de gastos administrativos, donde se incluye el costo/hora de la dirección de campo, conjuntamente con el alquiler de local y depreciaciones; en último lugar se encuentra la totalidad de impuestos a pagar por el proyecto en cuestión.

Tabla 51. **Resumen de materiales, sistema de abastecimiento de agua potable**

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Clavos de 3"	76.00	Lb	Q 7.00	Q 532.00
Estacas + pintura	1.00	Unidad	Q 80.00	Q 80.00
Cal hidratada	5.00	Saco	Q 35.00	Q 175.00
Block de 0.15x0.20x0.40 m	400.00	Unidad	Q 3.50	Q 1,400.00
Cemento UGC	194.00	Unidad	Q 75.00	Q 14,550.00
Arena de río	15.65	m ³	Q 175.00	Q 2,738.75
Piedrín Triturado de 1/2" a 3/4"	15.65	m ³	Q 225.00	Q 3,521.25
Acero corrugado 3/8" grado 40	80.00	Varilla	Q 24.88	Q 1,990.40
Acero corrugado 1/4" grado 40	74.00	Varilla	Q 9.00	Q 666.00
Acero corrugado 1/2" grado 40	19.00	Varilla	Q 46.05	Q 874.95
Acero corrugado 6/8" grado 40	32.00	Varilla	Q 112.42	Q 3,597.44
Acero corrugado 9/8" grado 40	9.00	Varilla	Q 314.09	Q 2,826.81
Electromalla 9/9	1.00	Unidad	Q 150.00	Q 150.00
Alambre de amarre	74.00	Lb	Q 7.00	Q 518.00
Madera rústica	550.00	Pt	Q 6.00	Q 3,300.00
Paral de 3"x4"x8'	50.00	Pt	Q 6.00	Q 300.00
Puerta metálica	1.00	Unidad	Q 800.00	Q 800.00
Poliducto 1/2"	15.00	m	Q 5.00	Q 75.00
Alambre THW cal. 12	18.00	m	Q 6.00	Q 108.00
Armadura doble de baquelita	1.00	Unidad	Q 15.00	Q 15.00
Interruptor sencillo de baquelita	1.00	Unidad	Q 20.00	Q 20.00
Plafonera	1.00	Unidad	Q 8.00	Q 8.00
Bombilla	1.00	Unidad	Q 25.00	Q 25.00
Caja rectangular	2.00	Unidad	Q 5.00	Q 10.00
Caja octogonal	1.00	Unidad	Q 5.00	Q 5.00
Tablero de 4 circuitos	1.00	Unidad	Q 169.00	Q 169.00
Flip-on 1x20 A	3.00	Unidad	Q 26.39	Q 79.17
Tubo conduit galvanizado de 1 1/4" con ganchos	2.00	m	Q 150.00	Q 300.00
Caja socket	1.00	Unidad	Q 125.00	Q 125.00
Tanque elevado metálico	1.00	Unidad	Q 213,120.00	Q 213,120.00
Tubería HG de 3"	4.00	Tubo	Q 650.00	Q 2,600.00

Continuación de tabla 51

Tubería de PVC 3" 160 PSI	135.00	Tubo	Q 225.00	Q 30,375.00
Valvula de compuerta 3"	1.00	Unidad	Q 2,777.64	Q 2,777.64
Silicon	1	Unidad	Q 35.00	Q 35.00
Codo 45° 3" PVC	8.00	Unidad	Q 44.00	Q 352.00
Cemento solvente	4.00	Galón	Q 480.00	Q 1,920.00
Tubería PVC Ø 2 1/2" de 160 PSI	24.00	Tubo	Q 154.00	Q 3,696.00
Tubería PVC Ø 1 1/2" de 160 PSI	7.00	Tubo	Q 69.00	Q 483.00
Tubería PVC Ø 1 1/4" de 160 PSI	19.00	Tubo	Q 50.00	Q 950.00
Tubería PVC Ø 1" de 160 PSI	29.00	Tubo	Q 39.00	Q 1,131.00
Tubería PVC Ø 3/4" de 250 PSI	15.00	Tubo	Q 106.15	Q 1,592.25
Tee de PVC Ø 2 1/2"	1.00	Unidad	Q 41.00	Q 41.00
Tee de PVC Ø 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 11.10	Q 11.10
Codo PVC 90° Ø 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 10.90	Q 10.90
Codo PVC 45° Ø 2"	1.00	Unidad	Q 6.40	Q 6.40
Yee PVC Ø 2"	1.00	Unidad	Q 28.30	Q 28.30
Reductor bushing liso de 2 1/2" a 2"	5.00	Unidad	Q 20.70	Q 103.50
Reductor bushing liso de 2" a 1"	2.00	Unidad	Q 6.40	Q 12.80
Reductor bushing liso de 2" a 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 6.40	Q 6.40
Reductor bushing liso de 1 1/2" a 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 4.70	Q 4.70
Reductor bushing liso de 1" a 3/4"	1.00	Unidad	Q 4.01	Q 4.01
Tapon hembra PVC de 1"	2.00	Unidad	Q 6.32	Q 12.64
Tapon hembra PVC de 3/4"	1.00	Unidad	Q 4.19	Q 4.19
Tapon hembra PVC de 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 11.80	Q 11.80
Tee reductora de 2 1/2" a 1/2"	15.00	Unidad	Q 19.30	Q 289.50
Tee reductora de 1" a 1/2"	33.00	Unidad	Q 16.50	Q 544.50
Tee reductora de 1 1/4" a 1/2"	20.00	Unidad	Q 11.00	Q 220.00
Tubo Ø 1/2" PVC 315 PSI	136.00	Unidad	Q 24.00	Q 3,264.00
Adaptador macho 1/2" Ø PVC	136.00	Unidad	Q 1.50	Q 204.00
Llave de paso 1/2" Ø Br.	68.00	Unidad	Q 57.00	Q 3,876.00
Codo 90° 1/2" Ø PVC con rosca	68.00	Unidad	Q 2.00	Q 136.00
Codo 90° 1/2" Ø HG	68.00	Unidad	Q 10.50	Q 714.00
Niple 1/2" Ø HG 1.50 m	68.00	Unidad	Q 35.00	Q 2,380.00
Niple 1/2" Ø HG 0.15 m	68.00	Unidad	Q 18.00	Q 1,224.00
Copla Ø 1/2" HG	68.00	Unidad	Q 1.20	Q 81.60
Llave de chorro Ø 1/2" Br.	68.00	Unidad	Q 37.00	Q 2,516.00
Medidor Ø 1/2" Br.	68.00	Unidad	Q 250.00	Q 17,000.00
Adaptador hembra Ø 1/2 PVC	136.00	Unidad	Q 3.00	Q 408.00
Caja para medidor	68.00	Unidad	Q 65.00	Q 4,420.00
Teflon	29.00	Unidad	Q 10.00	Q 290.00
Válvula de compuerta de 1 1/4"	1.00	Unidad	Q 190.00	Q 190.00
Válvula de compuerta de 2 1/2"	2.00	Unidad	Q 480.00	Q 960.00
Válvula de compuerta de 1 1/2"	1.00	Unidad	Q 250.00	Q 250.00
Adaptador macho de PVC de Ø 1 1/4"	2.00	Unidad	Q 10.44	Q 20.88
Adaptador macho de PVC de Ø 2 1/2"	4.00	Unidad	Q 43.78	Q 175.12
Adaptador macho de PVC de Ø 1 1/2"	2.00	Unidad	Q 21.21	Q 42.42

Continuación de tabla 51

Adaptador macho 3" Ø HG	2	Unidad	Q 1,235.55	Q 2,471.10
Bomba sumergible de 5 HP Apec Pump ST35	1.00	Unidad	Q 3,950.00	Q 3,950.00
Motor sumergible de 5 HP Franklin Electric 230V	1.00	Unidad	Q 7,182.00	Q 7,182.00
Panel de control 5 HP Franklin Electric 230V	1.00	Unidad	Q 2,485.00	Q 2,485.00
Monitor de voltaje UCN 491C 1F	1.00	Unidad	Q 424.99	Q 424.99
Gabinete metálico T0 15-20-35 cm	1.00	Unidad	Q 395.00	Q 395.00
Contactador Hartland 3x60 A 230 V	1.00	Unidad	Q 595.00	Q 595.00
Selector 22 mm. 3 posiciones	1.00	Unidad	Q 145.00	Q 145.00
Cheque resorte HxH 3" #7938 flomatic	1.00	Unidad	Q 1,750.00	Q 1,750.00
Cable sumergible 3 x 8 doble forro	10.00	m	Q 52.60	Q 526.00
Cable sumergible 3 x 14 un forro	10.00	m	Q 14.20	Q 142.00
Electrodo acero inoxidable	1.00	Unidad	Q 120.00	Q 120.00
Guardanivel bw 220-240 2no-1nc	1.00	Unidad	Q 1,430.00	Q 1,430.00
Material de empalme	1.00	Unidad	Q 210.00	Q 210.00
Collarin 3" grado A	1.00	Unidad	Q 485.00	Q 485.00
Válvula de esfera 3"	1.00	Unidad	Q 1,182.59	Q 1,182.59
TOTAL MATERIALES				Q 360,949.10
TOTAL MANO DE OBRA				Q 56,615.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. **Resumen de gastos administrativos, sistema de abastecimiento de agua potable**

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Ingeniero	1	Q 150.00	Q 4,500.00	Q 18,000.00
Secretaria	1	Q 20.00	Q 600.00	Q 2,400.00
Contador	0.5	Q 30.00	Q 900.00	Q 3,600.00
Dibujante	1	Q 25.00	Q 750.00	Q 3,000.00
TOTAL				Q 27,000.00

ALQUILERES Y DEPRECIACIONES				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Alquiler de local	1	15.00	Q 450.00	Q 1,800.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1	10.00	Q 300.00	Q 1,200.00
Depreciaciones de oficina	1	5.00	Q 150.00	Q 600.00
Mantenimiento en general	1	5.00	Q 150.00	Q 600.00
TOTAL				Q 4,200.00

OBLIGACIONES Y SEGUROS		
I.G.S.S. (10.67% de gastos de dirección de campo)	Q 27,000.00	Q 2,880.90
Prestaciones 41%	Q 27,000.00	Q 11,070.00
Seguros varios (4 meses)	Q 1,500.00	Q 6,000.00
TOTAL		Q 19,950.90

TOTAL	Q 51,150.90
% de costos directos	12%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. **Desglose de impuestos, sistema de abastecimiento de agua potable**

DESGLOSE DE IMPUESTOS	
Descripción	Total
Total de materiales	Q 360,949.10
Total de mano de obra	Q 56,615.75
TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q 417,564.85
Utilidad (15% de costos directos)	Q 62,634.73
ISR (25% de utilidad)	Q 15,658.68
IVA (12% de mano de obra y utilidad)	Q 14,310.06
TOTAL	Q 29,968.74
% de costos indirectos	7%

Fuente: Elaboración propia

3.14.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución, muestra el avance físico de la obra, en el que se realizaran los desembolsos de acuerdo a cada renglón de trabajo para el proyecto, el periodo estipulado para el diseño de abastecimiento de agua potable es de 4 meses.

Tabla 54. Cronograma de ejecución físico y financiero, sistema de abastecimiento de agua potable

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL	% POR ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
1	Trabajos preliminares	1.275	Km	Q 2,687.61	Q 3,426.70	0.59%				
2	Equipo de bombeo 4.5 HP	1	Unidad	Q 33,391.39	Q 33,391.39	5.75%				
3	Caseta de bombeo	13.3	m²	Q 1,289.66	Q 17,152.42	2.96%				
4	Linea de bombeo	785	m	Q 80.01	Q 62,809.93	10.82%				
6	Cimentación de tanque elevado	49	m²	Q 892.81	Q 43,747.80	7.54%				
5	Tanque de distribución	1	Unidad	Q 323,875.20	Q 323,875.20	55.80%				
7	Red de distribución	525	m	Q 48.48	Q 25,450.89	4.38%				
8	Conexiones domiciliarias	68	Unidad	Q 912.28	Q 62,035.14	10.69%				
9	Caja válvula de compuerta	4	Unidad	Q 2,131.42	Q 8,525.68	1.47%				
					Q 580,415.14	100%				

Fuente: Elaboración propia

3.15. Evaluación socioeconómica

Este estudio es utilizado para el análisis de rentabilidad económica del proyecto, la evaluación será utilizada con métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno descritos a continuación.

3.15.1. Valor presente neto

También conocido como VPN, es empleado para comparar alternativas de inversión, radica en la transformación de la inversión inicial del proyecto, ingresos y egresos anuales, a un valor presente para verificar su rentabilidad al terminar su período de funcionamiento.

$$VPN = -l + TA \left(\frac{P}{A, i, n} \right) - F * \left(\frac{P}{A, i, n} \right)$$
$$\left(\frac{P}{A, i, n} \right) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

Donde:

VPN = Valor presente neto, quetzales

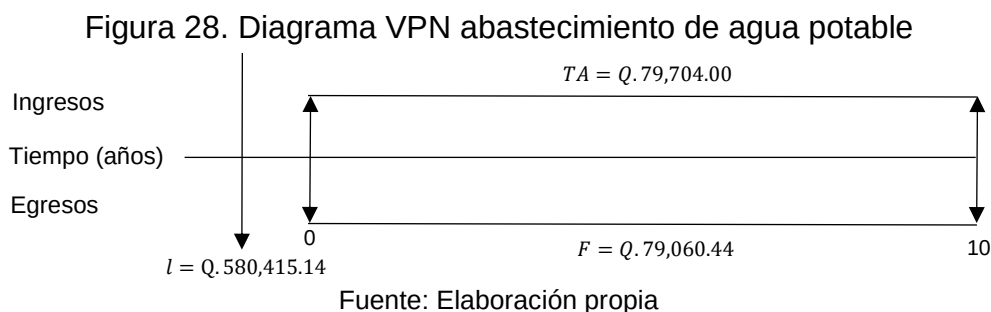
l = Inversión inicial, Q.580,415.14

TA = Tarifa anual, Q.79,704.00

F = Costo de mantenimiento anual, Q.79,060.44

i = Tasa de interés, 9.03%

n = Período de tiempo, 10 años



De acuerdo con la fórmula descrita anteriormente, existen tres interpretaciones según el resultado, siendo estas las siguientes:

1. $VPN > 0$: La inversión se recupera, se obtiene rentabilidad y una ganancia.
2. $VPN = 0$: Se recupera la inversión, pero no genera ganancia.
3. $VPN < 0$: No se recupera la inversión, el proyecto conlleva a pérdida de dinero.

En la sección 3.12, se obtuvo el gasto de la tarifa mensual (TAR), que la población de la aldea El Guayabal debe pagar a la entidad encargada, por el uso del sistema.

$$TA = (12 \text{ meses})(\text{Pago total de población})$$

$$TA = 12 * Q.6642 = Q.79,704$$

De igual manera para obtener el gasto por mantenimiento de obra, en la sección 3.12, se obtuvo un valor mensual de Q.6,588.37.

$$F = (12 \text{ meses})(\text{Gastos de mantenimiento})$$

$$F = 12 * Q.6,588.37 = Q.79,060.44$$

$$VPN = -Q.580,415.14 + Q.79,704.00 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{10} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{10}} \right)$$

$$- Q.79,060.44 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{10} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{10}} \right)$$

$$VPN = -Q.576,290.44$$

Tras analizar el resultado, se concluye que el proyecto no es rentable, por lo que no se recuperará el dinero invertido; sin embargo, el proyecto, no busca ser rentable, pues el principal propósito es aportar desarrollo a la comunidad, además de brindar un buen servicio a los usuarios.

3.15.2. Tasa interna de retorno

También llamada tasa interna de rentabilidad, esta evalúa el rendimiento de una inversión, determinando la tasa de interés donde hace que los costos, sean equivalentes a los ingresos generados.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una Tasa Interna de Retorno (TIR) atractiva, de manera que el análisis fue enfocado como una inversión de costo/beneficio, el cual es determinado de la siguiente manera:

Costo = inversión inicial, Q.580,415.14

Beneficio = Población a beneficiar, 966 habitantes

$$\frac{\text{Costo}}{\text{beneficio}} = \frac{\text{Q.580,415.14}}{966 \text{ Habitantes}} = 600.84/\text{Habitante}$$

Las instituciones de inversión social, toman las decisiones con base al valor anteriormente obtenido y las disposiciones económicas que posean.

3.16. Evaluación de impacto ambiental

Se llama evaluación de impacto ambiental (EIA), al procedimiento administrativo que sirve para identificar el impacto negativo que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo (Vásquez, 2011, p.59).

Para la realización del estudio impacto ambiental, se consideran aspectos importantes como, el medio biótico y abiótico, dado que dictaminan las metodologías más convenientes a implementar en el proyecto, de acuerdo a estas características, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), establece según el decreto

gubernativo número 137-2016, categorías para los diferentes tipos de proyectos según su peligrosidad:

- Categoría A: son todos aquellos proyectos de más alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental, los megaproyectos de desarrollo especialmente.
- Categoría B: se refiere a aquellos proyectos considerados como las de moderado impacto ambiental. Se divide en dos clases: la B1, las que se consideran como de moderado a alto impacto ambiental; y la B2, las que se consideran como de moderado a bajo impacto ambiental.
- Categoría C: considera aquellos proyectos de bajo impacto y riesgo ambiental, que se desarrollaran de forma permanente y que se materializan en un solo acto.

En el listado taxativo del acuerdo ministerial número 199-2016 publicado en el Diario de Centro América, el 14 de julio de 2016, los proyectos de introducción y diseño de agua potable se encuentran en la categoría C, por lo que se considera como de bajo impacto y riesgo ambiental.

Tabla 55. **Listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades**

División 36	Captación, tratamiento y distribución de agua				
Descripción	Clase	A	B1	B2	C
Diseño y operación de proyectos de introducción de agua potable.	3600				Todos
Mejoramiento, ampliación, rehabilitación de sistemas de agua potable.	3600				Todos

Fuente: MARN, 2016.

Tras categorizar el proyecto en cuestión, es importante considerar las actividades que conllevarán a la realización de la obra, conjuntamente con las medidas de mitigación.

Tabla 56. **Medidas de mitigación para proyectos de agua potable**

Componente	Efectos	Mitigación
Emisores a la atmosfera	Emisión de material particulado y polvo	• Humedecer las vías de acceso a la obra. • Transportar el material de excavación cubierto y por las rutas establecidas con anticipación.
Efluentes líquidos	Generación de aguas residuales	• Reutilizar el efluente producido por la prueba del estanque de regulación y la tubería. • Disponer de baños químicos para personal en la obra.
Residuos sólidos	Generación de residuos sólidos.	• Mantener contenedores de residuos domiciliarios para un adecuado almacenamiento temporal. • Recuperar, transportar y disponer los residuos de excavaciones. • Retirar, transportar y disponer los residuos sobrantes.
Suelo	Cambios en la estructura del suelo	• No realizan directamente en el suelo las mezclas para obras de concreto. • Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	• Evitar maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

Fuente: SUBDERE, 2004.

3.17. Especificaciones técnicas

“Son un conjunto de indicaciones aplicables a cada una de las partidas de la obra, con el fin de garantizar un nivel de calidad satisfactorio, de los métodos constructivos aplicados y los materiales empleados en la construcción” (Guerra, 2014, p. 175).

- Normas que rigen las especificaciones

Las presentes especificaciones están basadas en normas nacionales e internacionales, las cuales se identifican por los siguientes nombres o siglas: COGUANOR, ASTM, ACI e INFOM.

Villafuerte (2015)

- Aspectos generales

En el proyecto debe de tomarse en cuenta la limpieza del terreno, colocación de tubería, accesorios y válvulas, prueba de presión, lavado y desinfección del conducto y relleno de la zanja. Varias de las actividades serán de acuerdo a lo indicado en los planos.

Antes de iniciar el trabajo, se deberán localizar las instalaciones y tuberías existentes para evitar dañarlas, marcándolas cuidadosamente. Se colocarán indicaciones de peligro y las protecciones necesarias en los puntos dentro de la población o que sea de tránsito de vehículos o peatones.

Cualquier pavimento que fuera necesario romper para instalar la tubería, deberá de reponerse y dejarse en condiciones iguales o superiores a las que tenía antes de la instalación.

- Transporte y almacenamiento de las tuberías

Esta operación debe realizarse con el mayor cuidado posible, porque en ella es muy fácil que se dañen los materiales. Los tubos de PVC normalmente miden 20 pies de longitud o sea 6.09 m.

Para el almacenamiento en obra, la tubería debe soportarse horizontalmente en toda su longitud. El piso debe estar libre de puntillas y otros objetos que puedan dañarla.

Las estibas de los tubos deben tener una altura no mayor de 1.50 m cuidando que su colocación sea alternada.

- Limpia, chapeo y desmonte

La línea de instalación de la tubería deberá en todo caso ser inicialmente limpiada de troncos, arboles, vegetación viva o muerta en un ancho mínimo de 1.50 m; 0.75 m a cada lado del eje de instalación de la tubería.

Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmonte, deberá ser conveniente dispuesto donde no se ocasione daño a las propiedades vecinas o incinerado.

- Zanjeo

Las tuberías se emplazarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos, como lo señale el supervisor o las bases especiales.

El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería; se deberá remover piedras y pedruscos que aparezcan, rellenando los espacios con material suelto compactado para uniformar éste.

El ancho mínimo de la zanja será de 0.40 m, deberá ser suficiente para la correcta instalación de la tubería, así como para permitir una adecuada compactación del relleno a los lados de la misma.

- Instalación de tubería de PVC

Se cortará la tubería a escuadra utilizando guías y luego se quitará la rebaba del corte y se limpiará el tubo de viruta interior y exteriormente. El tubo debe penetrar en el accesorio o campana de otro tubo sin forzarlo por lo menos un tercio de la longitud de la copla, si no es posible, debe afilarse o lijarse la punta del tubo.

Se aplicará el cemento solvente que debe estar completamente fluido y si el cemento empieza a endurecerse en el frasco deberá desecharse.

Antes de aplicarse el cemento solvente se debe quitar toda clase de suciedad que se encuentra en la parte que se va a aplicar, tanto en el exterior del tubo como en la superficie interior del accesorio, por medio de un trapo seco.

El cemento solvente debe ser aplicado en una capa delgada y uniforme; puede usarse cepillo o brocha. Se deberá hacerlo rápidamente pues el cemento seca en dos minutos. No se deberá exagerar el uso del solvente, sino, darle un revestimiento a las dos piezas.

Para el ensamble se deberá hacer una rotación de 1/4 de vuelta, presionando el tubo cuando las superficies todavía estén húmedas, debiéndose dejar fija la unión por lo menos 30 minutos

La tubería deberá colocarse cuidadosamente en la zanja y tener el cuidado al trabajarla que los operarios no se paren en ella.

La tubería se colocará en la zanja y se cubrirá dejando expuesta las uniones para hacer la prueba que más adelante se especifica.

Esta tubería deberá cubrirse en las primeras horas de la mañana cuando esté fría y no dilatada por la acción del calor.

- Prueba de tuberías

Toda instalación de tubería deberá ser probada para resistencia y estanqueidad, sometiéndola a presión interna por agua antes de hacer el relleno total de las zanjas. Se deberá rellenar previamente solo aquellas partes en que se necesita en soporte del suelo como anclaje de la tubería.

La tubería será sometida a la prueba de presión con agua, después de llenarla totalmente hasta expulsar todo el aire por los puntos altos. Los tramos a probar deberán ser de preferencia aislados por las válvulas instaladas y en tramos no mayores de 400 m. La presión a aplicar será tal que se consiga 99 psi o la presión máxima de trabajo (determinada por la presión estática más 20 %) según la que sea mayor y por un período mínimo de 2 horas, no debiendo fallar ninguna de las partes.

- Relleno de zanjas

Las zanjas de instalación de tubería, deberán ser rellenadas después de la prueba de presión, tan pronto como se haya aprobado y aceptado la instalación.

El relleno se hará de la siguiente manera: Abajo y a los lados de la tubería se deberá rellenar en capas de 7 cm perfectamente compactados hasta media altura de la tubería. De aquí hasta 30 cm sobre el tubo, se deberá rellenar con capas no mayores de 15 cm. El material para rellenar las zanjas, hasta este nivel, deberá ser cuidadosamente escogido para que esté libre de pedruscos o piedras y permita una buena compactación.

Si el material que se extrajo de la zanja no es adecuado, se hará el relleno con material seleccionado. De los 30 cm sobre el tubo hasta el nivel de relleno total, se

hará en capas no mayores de 30 cm y el material podrá contener piedras hasta de 20 cm en su máxima dimensión a menos que se indique lo contrario.

En los lugares donde el asentamiento de relleno no es de importancia, como en las líneas de conducción instaladas en poca pendiente, no será necesario hacer la compactación desde 30 cm sobre el tubo hasta el nivel del terreno, debiendo colocarse todo el material excavado en la zanja y hasta formar un camellón uniforme sobre el terrero.

En cualquier caso, todo el material de zanqueo sobrante deberá ser retirado del área de instalación y dispuesto en forma satisfactoria.

- Lavado y desinfección interior de la tubería

Antes de poner en servicio las tuberías instaladas deberá procederse a lavarlas y desinfectarlas interiormente.

Primero se procederá al lavado para lo que se hará circular agua a velocidad no menor de 0.75 m por segundo, por un período mínimo de 15 minutos o el tiempo necesario para que circule dos veces el volumen contenido por las tuberías, según el que sea mayor.

Para la desinfección se deberá comenzar por vaciar la tubería, llenándola después con agua que contenga 20 miligramos/litro de cloro, la que se mantendrá 24 horas en la tubería. Cuando no se pueda vaciar previamente la tubería, se introducirá un volumen dos veces mayor que el volumen de agua contenido, proporcionando escapes en todos los extremos durante la aplicación del agua clorada para desinfección.

Después de las 24 horas, se vaciarán las tuberías o se procederá a lavarlas haciendo circular agua en cantidad suficiente para eliminar la empleada para desinfección.

- Cajas y válvulas

Todas las cajas a utilizar serán de block cumpliendo con las especificaciones de los planos de construcción, se deben probar cada una de las válvulas y comprobar su perfecto funcionamiento antes de ser colocadas en los lugares respectivos (pp. 279 – 284).

- Tanque de distribución

La cimentación estará compuesta de cuatro zapatas con sus correspondientes pedestales o columnas cortas de concreto armado, reforzadas con una viga perimetral, cuyas dimensiones se indican en los planos. Sobre estas descansaran las columnas de hierro, fijadas por medio de pernos fundidos en los pedestales.

Todo el concreto acabado de colocar se protegerá de los rayos solares, de la lluvia, corrientes de agua y de cualquier otro agente exterior que pudiera dañarlo.

Tan pronto como sea posible, después de terminada la conformación del concreto, se iniciará el curado para un correcto fraguado, el que deberá efectuarse por un periodo no menor de siete días.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

4.1. Descripción del proyecto

El sistema beneficiará a 68 viviendas de la lotificación El Guayabal donde se prevé que 350 personas la habitarán. Este proyecto contribuirá para la correcta evacuación de las aguas servidas con una longitud de 505 m; estará compuesto por un conjunto de tuberías PVC, diez pozos de visita con un tamaño promedio de dos metros, conexiones domiciliarias y una propuesta de tratamiento para las aguas residuales.

4.2. Levantamiento topográfico

Se efectuó por medio del método de la conservación del azimut, utilizando el equipo de topografía necesario para la medición de segundo orden. En la recolección de datos se consideraron importantes los cambios de pendiente, centros y cruces de calle, frente domiciliarios, puntos para la ubicación de pozos de visita y desfogue.

4.3. Tipos del sistema de alcantarillado

4.3.1. Alcantarillado sanitario

Sistema diseñado para la recolección y conducción de las aguas negras (domiciliarias o comerciales), quedando de esa forma excluida los caudales de aguas de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

4.3.2. Alcantarillado pluvial

Tiene como función principal el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales; así

también llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de la localidad. (Anón, 2016)

4.3.3. Alcantarillado combinado

Conduce simultáneamente las aguas residuales, domesticas, industriales y las aguas de lluvia. Se emplea especialmente en aquellas poblaciones donde las viviendas existentes tengan una salida única.

4.3.4. Descripción del sistema a utilizar

Para este proyecto se llevó a cabo un diseño de sistema de alcantarillado sanitario, ya que solo se recolectarán aguas residuales domésticas y comerciales, la escorrentía de las aguas de lluvia se dejará correr libremente sobre el pavimento.

4.4. Fundamentos técnicos

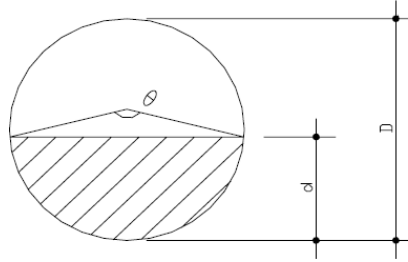
La mayor parte de los alcantarillados se proyectan como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de gravedad y sin ninguna presión, en donde la superficie libre del líquido no está en contacto con la atmósfera (Cabrera, 1989).

- Comportamiento hidráulico de una sección parcialmente llena

(Rosal, 2016)

El alcantarillado sanitario se diseña para fluir a sección llena y parcialmente llena, este último es más común, debido a que el caudal nunca es constante, lo que provoca una variación en el flujo, a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste. En consecuencia, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena, tal como muestra la figura 29.

Figura 29. **Sección parcialmente llena**



Fuente: Quijada, 2004, p.26.

- Velocidad a sección llena empleando la fórmula de Manning

Se centra en el cálculo de la velocidad de flujo a sección llena en una alcantarilla.

$$v = \frac{Rh^{2/3} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

v = Velocidad del fluido (m/s)

Rh = Radio hidráulico (área/perímetro mojado)

S = Pendiente de la tubería

n = Coeficientes de rugosidad de Manning

Partiendo de la fórmula de Manning, se desarrolla una ecuación que permite calcular la velocidad independientemente del radio hidráulico.

$$R_h = \frac{\text{Área de la sección mojada}}{\text{Perímetro de la sección mojada}}$$

Para una tubería a sección llena, se obtiene que el radio hidráulico es:

$$R_h = \frac{\pi R^2}{2\pi R}$$

Simplificando la ecuación se tiene:

$$R_h = \frac{R}{2} \text{ ó } R_h = \frac{D}{4}$$

Donde:

R_h = Radio hidráulico

R = Radio de la tubería

D = Diámetro de la tubería

$$v = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}}{n}$$

- Coeficiente de rugosidad de Manning

Es un valor adimensional y experimental, que indica cuan lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería que se va a utilizar. Varía de un material a otro y se altera con el tiempo. Los valores más empleados del factor de rugosidad de algunos ductos son:

Tabla 57. **Factor de rugosidad**

Material	Factor de rugosidad
Superficie de mortero de cemento	0.011 – 0.030
Mampostería	0.017 – 0.030
Tubo de concreto $\varnothing < 24"$	0.011 - 0.016
Tubo de concreto $\varnothing > 24"$	0.013 – 0.018
Tubo de asbesto cemento	0.009 – 0.011
Tubería de PVC	0.006 – 0.011

Fuente: Quijada, 2004, p.24.

- Caudal a sección llena

Se determina por medio de la ecuación de la continuidad.

$$Q = A * v$$

Donde:

Q = Caudal de flujo a sección llena de tubería, m³/s

A = Área de la sección transversal de la tubería, m²

v = Velocidad de la sección transversal de la tubería, m/s

- Relación hidráulica para tirante

Una vez obtenidos los datos de caudal de diseño (q) y caudal de sección llena (Q), se procede a determinar la relación hidráulica para el tirante (d/D), este valor se obtiene al buscar la relación q/Q en las tablas de relaciones hidráulicas que se encuentran en el apéndice D.

El alcantarillado sanitario se calcula para transportar el caudal de diseño con una altura de flujo máximo del 80% del diámetro de la tubería, con esto se evita que la alcantarilla trabaje a presión y un mínimo del 10% para evitar el azolvamiento del fluido.

$$0.1 \leq d/D \leq 0.8$$

4.5. Parámetros de diseño

4.5.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño seleccionado para este sistema de alcantarillado sanitario fue de 25 años, tomando dos para el tiempo de gestión.

4.5.2. Población de diseño

No se consideró población futura, debido a que en la distribución de la lotificación no se contempla una expansión, por lo que se tomó la población considerada anteriormente, 350 habitantes.

4.5.3. Integración de caudal de diseño

Está compuesto por el caudal domiciliar, comercial, conexiones ilícitas, industrial e infiltración. Para este sistema no se consideraron los últimos dos caudales, debido a que la lotificación es exclusivamente para uso residencial y para cada lote se contempló una instalación domiciliar.

4.5.3.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada en la vivienda por diversas actividades, tal como el lavado de ropa, higiene personal, evacuación de excretas entre otros.

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No\ hab * FR}{86,400}$$

Donde:

Q_{dom} = Caudal domiciliar, L/hab/día

$No\ hab$ = Número de habitantes

FR = Factor de retorno

4.5.3.1.1. Dotación

La dotación utilizada para la aldea El Guayabal es de 150 L/hab/día, según el Departamento Municipal de Agua (DEMPAGUA) de la Municipalidad de Estanzuela, Zacapa.

4.5.3.1.2. Factor de retorno

(Pontaza, 2009)

Se determina mediante la consideración que del 100% de agua potable que ingresa a un domicilio, entre el 20 y el 30% se utiliza en actividades en las cuales se evapora o se desvía a otros puntos; lo restante, entre el 70 y 80%, después de ser utilizada por las personas, es desfogada al sistema de alcantarillado. El factor tomado para el cálculo fue del 75%.

$$Q_{dom} = \frac{150 * 350 * 0.75}{86,400} = 0.45 \text{ L/s}$$

4.5.3.2. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende principalmente del tipo de tubería, otros aspectos a considerar si el conducto es de un material distinto a PVC, son la permeabilidad del terreno y la profundidad a la que se colocará.

$$Q_{inf} = Fi * \frac{m \text{ de tubo} + No. \text{ casas} * 6 \text{ m}}{86400 * 1000}$$

Donde:

Fi = Factor de infiltración

$m \text{ de tubo}$ = Longitud de tubería del colector, m

$No. \text{ casas}$ = Número de casas consideradas

6 m = Longitud de una tubería

Para el sistema de alcantarillado sanitario no se consideró este caudal, debido a que la tubería será del material tipo PVC, por lo que el valor de infiltración será igual a cero.

4.5.3.3. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías de bajada pluvial al alcantarillado sanitario; para efecto del diseño se puede considerar la estimación de un porcentaje de las viviendas de una localidad, puede variar de 0.5 a 2.5% (Cabrera, 1989).

4.5.3.3.1. Método racional

El método racional está estrechamente relacionado con la intensidad de lluvia, donde ésta genera una escorrentía, definida como la porción de la precipitación que fluye por encima de la superficie del suelo.

$$Q_{ili} = \frac{C * i * A * \%}{360}$$

Donde:

Q_{ili} = Caudal de conexiones ilícitas, m³/s

C = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia, mm/hora

A = Área a drenar, Ha

$\%$ = Porcentaje de viviendas con conexiones ilícitas

- Intensidad de lluvia (i)

Para determinarla, se utilizó el método manejado por el INSIVUMEH.

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

Donde:

i = Intensidad de lluvia, mm/hora

a, b, n = Valores otorgados por el INSIVUMEH

t_c = Tiempo de concentración en minutos

Para este cálculo se tomaron los datos obtenidos en la estación meteorológica de La Fragua, Zacapa, pues esta se encuentra a inmediaciones del municipio de Estandzuela.

Tabla 58. **Parámetros de estación meteorológica de La Fragua, Zacapa**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
a	2,360	3,980	3,480	844	840	836	831	827
b	19	22	18	7	7	7	7	7
n	0.99	1.025	0.983	0.642	0.639	0.637	0.632	0.628

Fuente: INSIVUMEH, 2002, p. 7.

Se tomó el tiempo de retorno de 25 años, además el tiempo de concentración a utilizar es de 12 minutos, pues según Cabrera (1989), es el tiempo máximo necesario para que se produzca el máximo caudal.

$$i = \frac{840}{(7 + 12)^{0.639}} = 127.98 \text{ mm/hora}$$

- Área

Es todo el espacio que probablemente será drenado ilegalmente en el sistema de alcantarillado sanitario; para esta deducción, se hizo una sumatoria de los metros cuadrados por lote, debido a que en la sección 2.5.2. se establecieron las dimensiones. Se señala que, para este cálculo, se estimó un 60% para área de techos y un 40% para área de patios.

$$A_t = \Sigma LR + \Sigma LIR$$

Donde:

A_t = Área total de lotes, m^2

ΣLR = Sumatoria de lotes regulares, 96 m^2

ΣLI = Sumatoria de lotes irregulares, 630.28 m^2

Debido a que se consideraron dos lotes para el tanque elevado del sistema de abastecimiento de agua potable, se tiene un total de 68, donde seis son irregulares, quedando 62 de forma regular, por lo que se tiene:

$$A_t = (96 m^2 * 62 lotes) + (630.28 m^2) = 6582.28 m^2$$

La fórmula del método racional, precisa que el área total deba estar en hectáreas para el correcto cálculo.

$$1 ha = 10,000 m^2$$

$$A_t = 6582.28 m^2 * \frac{1 ha}{10,000 m^2} = 0.66 ha$$

$$A_{patios} = 0.6582 ha * 0.40 = 0.26 ha$$

$$A_{techos} = 0.6582 ha * 0.60 = 0.39 ha$$

- Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, es la variable del método racional menos susceptible a determinación precisa; los coeficientes son los siguientes:

Tabla 59. **Coeficientes de escorrentía según el área**

Características de superficie	Coeficiente de escorrentía
Residencial	
Casas individuales	0.30 – 0.50
Colonias	0.40 – 0.60
Condomicios	0.60 – 0.75
Residencial (suburbana)	0.25 – 0.40
Apartamentos	0.50 – 0.70
Pavimentos	
Concreto, asfalto, piedra, ladrillo o madera (buenas condiciones)	0.75 – 0.85
Piedra, madrea o ladrillo (malas condiciones)	0.40 – 0.70
Techos	0.70 – 0.90
Calles	
Terracería	0.25 – 0.60
De arena	0.15 – 0.30
Parques, jardines, prados, etc.	0.05 – 0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01 – 0.20

Fuente: Cabrera, 1989, p. 51.

Anteriormente, se tomó como referencia las superficies de techos y patios, el coeficiente para el primero será de 0.85 y para el segundo de 0.20, tomándolo del rango de parques, jardines y prados.

Puesto que se tienen dos tipos de coeficientes distintos, se realiza un promedio que se pueda aplicar al área total.

$$\bar{C} = \frac{(A_{patios} * C_{patios}) * (A_{techos} * C_{techos})}{A_t}$$

$$\bar{C} = \frac{(0.2633 \text{ ha} * 0.20) + (0.3949 \text{ ha} * 0.85)}{0.6582 \text{ ha}} = 0.59$$

Con los datos obtenidos y un porcentaje estimado del 2% de viviendas con conexiones ilícitas, se calcula el caudal:

$$Q_{ili} = \frac{0.59 * 127.98 \text{ mm/hora} * 0.6582 \text{ ha} * 0.02}{360} = 0.00276 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ili} = 0.00276 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 2.76 \text{ L/s}$$

4.5.3.4. Caudal comercial

“Como su nombre lo dice, es el agua de desecho de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, entre otros. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3000 L/comercio/día” (Cabrera, 1989, p.41).

Se estimó un comercio por cada 100 viviendas y una dotación de 600 L/comercio/día, según datos recabados en la aldea.

$$Q_{com} = \frac{Dot * No \text{ de comercios}}{86400}$$

Donde:

Q_{com} = Caudal comercial, L/s

Dot = Dotación comercial, 600 L/comercio/día

$$No \text{ de comercios} = 0.01 * No \text{ de viviendas}$$

$$No \text{ de comercios} = 0.01 * 68 = 0.68 \approx 1 \text{ comercio}$$

$$Q_{com} = \frac{600 \text{ L/comercio/dia} * 1 \text{ comercio}}{86400} = 0.0069 \text{ L/s}$$

4.5.3.5. Caudal industrial

“Como su nombre lo dice, es el agua de desecho de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, entre otros. Se puede estimar dependiendo el tipo de industria, entre 1,000 y 18,000 L/industria/día” (Cabrera, 1989, pp. 41-42).

Considerando que la lotificación se encuentra en un área rural, el caudal industrial no fue tomado en cuenta.

4.5.3.6. Caudal medio

Es el resultado de la sumatoria de los caudales provenientes de viviendas, industrias, comercios, conexiones ilícitas e infiltración.

$$Q_{med} = Q_{Dom} + Q_{ili} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind}$$

$$Q_{med} = 0.4557 \text{ L/s} + 2.7611 \text{ L/s} + 0.0069 \text{ L/s} + 0 + 0 = 3.22 \text{ L/s}$$

4.5.3.7. Factor de caudal medio

Su función se centra en regular el caudal que ingresa a la tubería; una vez integrado, se procede a dividirlo entre el número de habitantes, de manera que el resultado se encuentre entre el rango de 0.002 y 0.005, si el factor quedara fuera de este rango, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$\begin{aligned} \text{FQM} &= \frac{Q_{med}}{\text{No.habitantes}} \\ 0.002 &\leq \text{FQM} \leq 0.005 \\ \text{FQM} &= \frac{3.22 \text{ L/s}}{350 \text{ hab}} = 0.0092 \end{aligned}$$

4.5.3.8. Factor de Harmon

Es un factor de seguridad que se aplica al caudal medio y se utiliza para determinar el caudal máximo que fluye por las tuberías en las horas pico o de mayor utilización del drenaje. De igual forma que el factor de caudal medio, este posee rango, el cual se encuentra entre 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población.

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

$$1.5 \leq FH \leq 4.5$$

Donde:

FH = Factor de Harmon

P = Población en miles

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0.350}}{4 + \sqrt{0.350}} = 4.05$$

$$1.5 \leq 4.05 \leq 4.5$$

4.5.3.9. Caudal máximo

También llamado caudal de diseño, estima la cantidad de caudal que transportará el sistema en los distintos puntos donde éste se desplace.

$$Q_{max} = FQM * No\ hab * FH$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo, L/s

FQM = Factor caudal medio, 0.005

$No\ hab$ = Número de habitantes, 350 habitantes

FH = Factor de Harmond, 4.05

$$Q_{max} = 0.005 * 350 * 4.05 = 7.08\ L/s$$

4.5.3.10. Caudal unitario

Resulta de dividir el caudal máximo entre las viviendas actuales.

$$Q_u = \frac{Q_{max}}{Viv}$$

Donde:

Q_u = Caudal unitario, L/s

Q_{max} = Caudal máximo, 7.088 L/s

Viv = Número de viviendas, 68

$$Q_u = \frac{7.088 \text{ L/s}}{68 \text{ viv}} = 0.10 \text{ L/s}$$

4.6. Diseño hidráulico

4.6.1. Pendiente de la tubería

Es recomendable que esta se adapte a la pendiente del terreno para la reducción de costos en la excavación. Sin embargo, en todos los casos se tienen que cumplir con los parámetros de velocidad y de tirante hidráulico establecidos, si en dado caso no se cumpliese, se tendría que aumentar o disminuir la pendiente para que se encuentre en los rangos establecidos.

$$S = \frac{Ci_1 - Ci_2}{d} * 100$$

Donde:

S = Pendiente hidráulica, %

Ci_1 = Cota invert de salida del pozo inicial, m

Ci_2 = Cota invert de entrada del pozo final, m

d = Distancia entre pozos, m

4.6.2. Velocidad de diseño

Los proyectos de alcantarillado sanitario deben diseñarse de modo que la velocidad mínima del flujo trabaje a cualquier sección a 0.60 m/s. No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a solo unas cuantas viviendas y producen flujos bastante bajos, en tal caso, se puede permitir un mínimo de 0.40 m/s (Cabrera, 1989).

Asimismo, se tiene una velocidad máxima para las tuberías de 3 m/s, especialmente para las de concreto, dado que los ductos de PVC pueden conducir a un máximo de 5 m/s.

4.6.3. Diámetro de la tubería

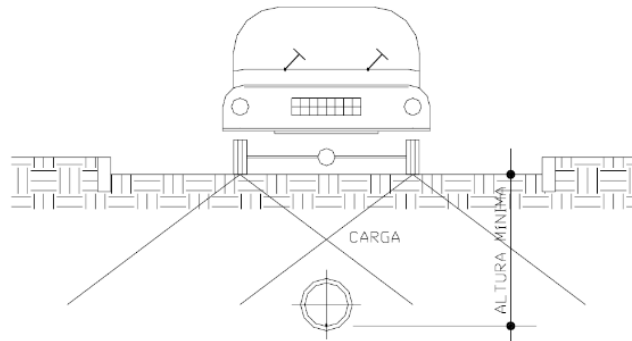
Según las normas INFOM, el diámetro mínimo de tubería que se utiliza para el diseño de alcantarillado sanitario es de ocho pulgadas cuando se trabaja con tuberías de concreto, esto se debe a requerimientos de flujo y limpieza, porque se evitan las obstrucciones en la tubería. En tubos de PVC, el diámetro mínimo es de seis pulgadas.

La selección del tipo de tubería se basó en condiciones de vida útil y económica. Considerando lo anterior, el ducto seleccionado fue de tipo PVC, regido bajo la norma ASTM F949, con un largo de seis metros.

4.6.4. Profundidad de la tubería

La tubería debe descansar a tal profundidad que las inclemencias del tiempo no representen riesgo alguno para la condición física de ésta, aún más, para evitar las cargas del tráfico transmitidas por el suelo (Quijada, 2004, p. 28).

Figura 30. **Profundidad mínima de la tubería**



Fuente: Quijada, 2004, p.29.

4.6.5. Cotas invert

Es la cota que determina la localización de la entrada y salida de las tuberías dentro de un pozo de visita. Se diseñan tomando en cuenta diferentes factores, entre ellos: la pendiente del terreno, el tipo de vehículos que circulan sobre la carpeta de rodadura y la pendiente que poseen las mismas tuberías (Contreras, 2016, p. 128).

$$CI_{s1} = CT_1 - H_{pozo}$$

$$CI_E = CI_{s1} - \left(\frac{S * L}{100} \right)$$

$$H_{pozo} = CT_2 - CI_{s1}$$

$$CI_{s2} = CI_E - 0.02m$$

Donde:

CT_1 = Cota de terreno, pozo 1

CT_2 = Cota de terreno, pozo 2

S = Pendiente de la tubería

L = Distancia horizontal del tramo

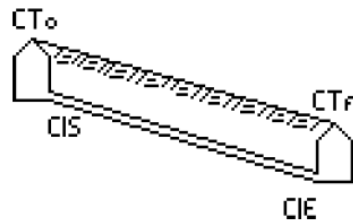
H_{pozo} = Altura de pozo mínima

CI_{s1} = Cota invert de salida, pozo 1

CI_{s2} = Cota invert de salida, pozo 2

CI_E = Cota invert de entrada, pozo 2

Figura 31. **Cotas invert**



Fuente: Quijada, 2004, p.31.

4.6.6. Pozos de visita

Son estructuras que permiten la inspección y limpieza de la red de alcantarillado. Se utilizan generalmente en la unión de tuberías, en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Debido a las presiones laterales actuantes, se recomienda construir pozos de visita de ladrillo tayuyo hasta una profundidad máxima de cuatro metros, cuando se necesitan más profundos, se deben reforzar de concreto.

4.6.7. Anchos de zanja

Para llegar a cierta profundidad, debe abrirse paso a la excavación de zanjas según indiquen los planos constructivos; la profundidad de estas, son condicionadas por el diámetro de la tubería a colocar.

Tabla 60. **Ancho de zanja según el diámetro de tubería**

Diámetro (“)	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m	Para profundidades de 2 a 4 m	Para profundidades de 4 a 6 m
6	0.55	0.65	0.75
8	0.60	0.70	0.80

Fuente: Quijada, 2004, p. 29.

4.6.8. Volumen de excavación

“Es la cantidad de tierra que es removida para colocar la tubería, se determina a partir de la profundidad de los pozos de visita, ancho de la zanja y la longitud entre estos” (Rosal, 2016, p.31).

$$V = \left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) * d * Z$$

Donde:

V = Volumen de excavación, m³

H_1 = Profundidad del pozo inicial, m

H_2 = Profundidad del segundo pozo, m

d = Distancia entre pozos, m

Z = Ancho de la zanja, m

4.6.9. Conexiones domiciliarias

Consiste en una candela con tubería de concreto no menor de 12 plg de diámetro colocada verticalmente, por dentro debe quedar impermeable y tener una tapadera para futuras inspecciones. Se debe utilizar tubo de PVC de 4 plg con una pendiente entre el 2% y el 6%, dirigida al colector principal a 45° aguas abajo; asimismo debe contener una silleta y un cabo transformador.

4.6.10. Cálculo hidráulico de un tramo sanitario

Para la realización de este cálculo, se tomó como ejemplo el tramo del PV-5 al PV-4; La totalidad del diseño se encuentra en el apéndice E.

Datos:

Cota de terreno inicial: 101.682 m

Cota de terreno final: 98.661 m

Longitud del tramo: 86.57 m

Número de viviendas: 12

Caudal unitario: 0.104 L/s

- Caudal del tramo

Para este cálculo, se realiza la multiplicación entre el caudal unitario y el número de viviendas del tramo, es importante recordar que en la sección 4.5.3.9. se dedujo el caudal, para lo cual solo se procede a realizar dicha operación.

$$Q_{tramo} = Q_{unitario} * No \text{ viviendas}$$
$$Q_{tramo} = 0.104 \text{ L/s} * 12 \text{ Viviendas} = 1.25 \text{ L/s}$$

En este caso el caudal del tramo es inicial por lo que no se le adiciona ningún otro, si fuese de manera contraria debe acumularse.

- Pendiente del terreno

En este cálculo, se utilizará la fórmula estipulada en la sección 4.6.1, para la determinación de la pendiente.

$$P = \frac{Ct_1 - Ct_2}{d} * 100$$
$$P = \frac{101.682 - 98.661}{86.57} * 100 = 3.49\% \approx 3.50\%$$

- Velocidad a sección llena

Por tratarse de un tramo inicial, y siendo un caudal bajo, se utilizó un diámetro pequeño, en este caso el mínimo, seguidamente se realiza una verificación de

velocidad para determinar si este cumple con lo estandarizado con las normas INFOM (Pineda, 2013).

El cálculo se determinó con la fórmula de Manning, con el cual se obtiene la velocidad a sección llena (V) de la tubería.

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad a sección llena, m/s

0.03429 = Factor de conversión

D = Diámetro de la tubería, 6 Plg

S = Pendiente, 3.5%

n = Coeficiente de rugosidad, 0.009

$$V = \frac{0.03429 * (6")^{\frac{2}{3}} * \sqrt{\frac{3.5}{100}}}{0.009} = 2.35 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

Antes de determinar el caudal con la fórmula de continuidad, se establece el área total de la sección de tubería.

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

Donde:

A = Área total, m²

D = Diámetro de la tubería, 6 plg

$$A = \frac{\pi * (6 \text{ plg})^2}{4} = 28.27 \text{ plg}^2$$

$$Q = A * V$$

$$Q = 0.018 \text{ m}^2 * 2.35 \text{ m/s} = 0.04 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * 0.0428 \text{ m}^3/\text{s} = 42.8 \text{ L/s}$$

- Relación hidráulica para el caudal

Es determinado mediante al caudal que es producido en el tramo por las viviendas, y el caudal a sección llena.

$$q/Q = q/Q_{seccion \text{ llena}}$$

$$q/Q = \frac{1.25 \text{ L/s}}{42.8 \text{ L/s}} = 0.0292$$

$$q/Q = 0.02953 \text{ (Tabla D-1, anexo D)}$$

- Verificación de tirante

De acuerdo a la relación hidráulica de caudal (q/Q) elegida de la tabla D-1, se obtiene la relación para tirante hidráulico (d/D).

$$d/D = 0.118$$

$$0.10 \leq 0.118 \leq 0.80$$

- Verificación de velocidad

De la misma manera que la verificación de tirante, la comprobación de la velocidad v/V se realiza con la tabla D-1, el cual contiene relación con el caudal q/Q que se obtuvo anteriormente; localizado el coeficiente se procede a despejar v para la velocidad del diseño.

$$v/V = 0.44$$

$$v = 0.44 * 2.35 \text{ m/s} = 1.04 \text{ m/s}$$

$$0.40 \text{ m/s} \leq 1.04 \leq 5 \text{ m/s}$$

4.7. Propuesta de tratamiento

Las normas INFOM definen que el método a establecer, debe ser como mínimo un tratamiento primario.

Para este sistema de alcantarillado, se propone a la Municipalidad de Estanzuela, que realice la construcción de una planta de tratamiento primario, considerando un periodo de retención de 24 a 72 horas.

La función del tratamiento primario, es separar o eliminar los sólidos que están suspendidos de un 40 a 60%. Otro de sus propósitos, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas negras, para que puedan sedimentarse los sólidos; en estos tanques se logra la descomposición anaeróbica de los lodos (Cabrera, 1989).

4.8. Planos del proyecto

Los planos constructivos que representan el diseño del sistema alcantarillado se encuentran en el apéndice F; el listado se encuentra a continuación:

- Red de alcantarillado sanitario
- Planta-perfil PV1-4 y PV5-4
- Planta-perfil PV6-4 y PV4-7
- Planta-perfil PV7-10
- Detalles constructivos de pozos de visita e instalación domiciliar

4.9. Presupuesto

El costo total del proyecto, alcanzó un monto de Q.398,948.99, el cual está conformado de la siguiente manera:

Tabla 61. **Resumen del presupuesto por renglón del sistema de alcantarillado sanitario**

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Trabajos preliminares	m	505.00	Q 3.67	Q 1,855.65
2	Excavación	m ³	1210.59	Q 51.48	Q 62,320.65
3	Pozos de visita (h=1.20)	Unidad	6.00	Q 6,744.20	Q 40,465.19
4	Pozo de visita (h= 1.93)	Unidad	1.00	Q 11,019.10	Q 11,019.10
5	Pozo de visita (h=3.63)	Unidad	1.00	Q 19,191.13	Q 19,191.13
6	Pozo de visita (h _{prom} =4.46)	Unidad	2.00	Q 26,050.01	Q 52,100.02
7	Colector principal	m	505.00	Q 125.13	Q 63,189.40
8	Conexión domiciliar	Unidad	68.00	Q 1,413.63	Q 96,126.84
9	Relleno y compactación	m ³	1163.00	Q 45.30	Q 52,681.00
Costo total del proyecto					Q 398,948.99

Fuente: Elaboración propia

4.9.1. Integración de precios unitarios

Tabla 62. Trabajos preliminares, sistema de alcantarillado sanitario

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Trabajos preliminares	505.00	m	Q 3.67	Q 1,855.65

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Hilo de nylon	2.00	Rollo	Q 20.00	Q 40.00
Cal hidratada	10.00	Saco	Q 35.00	Q 350.00
Clavos de 3"	10.00	Lb	Q 7.00	Q 70.00
Sub-total materiales				Q 460.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Replanteo topográfico	0.50	km	Q 1,500.00	Q 750.00
Trazo y estaqueado	0.50	km	Q 250.00	Q 125.00
Sub-total mano de obra				Q 875.00
Total costo directo				Q 1,335.00

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 173.55
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 53.40
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 173.55
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 120.15
Total costo indirecto	Q 520.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. **Excavación, sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Excavación	1210.59	m ³	Q 51.48	Q 62,320.65

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Madera rústica	120.00	Pt	Q 6.00	Q 720.00
Paral de 2"x3"x12'	220.00	Pt	Q 6.00	Q 1,320.00
Clavos de 3"	10.00	Lb	Q 7.00	Q 70.00
Sub-total materiales				Q 2,110.00

Mano de obra y maquinaria	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Excavadora	120.00	Hora	Q 350.00	Q 42,000.00
Excavación manual	145.00	m ³	Q 5.00	Q 725.00
Sub-total mano de obra				Q 42,725.00
Total costo directo				Q 44,835.00

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 5,828.55
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,793.40
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 5,828.55
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 4,035.15
Total costo indirecto	Q 17,485.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. **Pozo de visita (h=1.20), sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Pozos de visita (h=1.20)	6.00	Unidad	Q 6,744.20	Q 40,465.19

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ladrillo tayuyo (0.065x0.11x0.23 m)	3312.00	Unidad	Q 4.50	Q 14,904.00
Cal hidratada	22.00	Saco	Q 35.00	Q 770.00
Cemento UGC	75.00	Saco	Q 75.00	Q 5,625.00
Arena de río	7.20	m ³	Q 175.00	Q 1,260.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	1.70	m ³	Q 225.00	Q 382.50
Acero corrugado 1/2" grado 40	13.00	Varilla	Q 46.05	Q 598.65
Acero corrugado 1/4" grado 40	18.00	Varilla	Q 9.00	Q 162.00
Madera rústica	215.00	Pt	Q 6.00	Q 1,290.00
Alambre de amarre	18.00	Lb	Q 7.00	Q 126.00
Clavos de 3"	18.00	Lb	Q 7.00	Q 126.00
Sub-total materiales				Q 25,244.15

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Armado y fundición de piso	6.80	m ²	Q 55.00	Q 374.00
Levantado de pared de ladrillo	27.30	m ²	Q 60.00	Q 1,638.00
Armado y formateado de brocal	6.00	Unidad	Q 45.00	Q 270.00
Armado y formateado de tapadera	6.00	Unidad	Q 45.00	Q 270.00
Fundición de brocal y tapadera	6.00	Unidad	Q 50.00	Q 300.00
Desenfrado de brocal y tapadera	6.00	Unidad	Q 10.00	Q 60.00
Acabados de muros internos	27.30	m ²	Q 35.00	Q 955.50
Sub-total mano de obra				Q 3,867.50
Total costo directo				Q 29,111.65

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 3,784.51
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,164.47
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 3,784.51
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 2,620.05
Total costo indirecto	Q 11,353.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. **Pozo de vista (h=1.93), sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Pozo de visita (h= 1.93)	1.00	Unidad	Q 11,019.10	Q 11,019.10

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ladrillo tayuyo (0.065x0.11x0.23 m)	878.00	Unidad	Q 4.50	Q 3,951.00
Cal hidratada	6.00	Saco	Q 35.00	Q 210.00
Cemento UGC	17.00	Saco	Q 75.00	Q 1,275.00
Arena de río	1.85	m ³	Q 175.00	Q 323.75
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	0.50	m ³	Q 225.00	Q 112.50
Acero corrugado 5/8" grado 40	1.00	Varilla	Q 75.36	Q 75.36
Acero corrugado 1/2" grado 40	3.00	Varilla	Q 46.05	Q 138.15
Acero corrugado 1/4" grado 40	6.00	Varilla	Q 9.00	Q 54.00
Madera rústica	120.00	Pt	Q 6.00	Q 720.00
Alambre de amarre	8.00	Lb	Q 7.00	Q 56.00
Clavos de 3"	8.00	Lb	Q 7.00	Q 56.00
Sub-total materiales				Q 6,971.76

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Armado y fundición de piso	1.13	m ²	Q 55.00	Q 62.15
Levantado de pared de ladrillo	7.30	m ²	Q 60.00	Q 438.00
Armado y formateado de brocal	1.00	Unidad	Q 45.00	Q 45.00
Armado y formateado de tapadera	1.00	Unidad	Q 45.00	Q 45.00
Fundición de brocal y tapadera	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Desencofrado de brocal y tapadera	1.00	Unidad	Q 10.00	Q 10.00
Escaleras interiores	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Acabados de muros internos	7.30	m ²	Q 35.00	Q 255.50
Sub-total mano de obra				Q 955.65
Total costo directo				Q 7,927.41

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 1,030.56
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 317.10
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 1,030.56
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 713.47
Total costo indirecto	Q 3,091.69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. **Pozo de visita (h=3.63), sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Pozo de visita (h=3.63)	1.00	Unidad	Q 19,191.13	Q 19,191.13

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ladrillo tayuyo (0.065x0.11x0.23 m)	1670.00	Unidad	Q 4.50	Q 7,515.00
Cal hidratada	10.00	Saco	Q 35.00	Q 350.00
Cemento UGC	27.00	Saco	Q 75.00	Q 2,025.00
Arena de río	3.10	m ³	Q 175.00	Q 542.50
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	0.50	m ³	Q 225.00	Q 112.50
Acero corrugado 5/8" grado 40	2.00	Varilla	Q 75.36	Q 150.72
Acero corrugado 1/2" grado 40	6.00	Varilla	Q 46.05	Q 276.30
Acero corrugado 1/4" grado 40	7.00	Varilla	Q 9.00	Q 63.00
Madera rústica	180.00	Pt	Q 6.00	Q 1,080.00
Alambre de amarre	9.00	Lb	Q 7.00	Q 63.00
Clavos de 3"	9.00	Lb	Q 7.00	Q 63.00
Sub-total materiales				Q 12,241.02

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Armado y fundición de piso	1.13	m ²	Q 55.00	Q 62.15
Levantado de pared de ladrillo	13.72	m ²	Q 60.00	Q 823.20
Armado y formateado de brocal	1.00	Unidad	Q 45.00	Q 45.00
Armado y formateado de tapadera	1.00	Unidad	Q 45.00	Q 45.00
Fundición de brocal y tapadera	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Desenfrado de brocal y tapadera	1.00	Unidad	Q 10.00	Q 10.00
Escaleras interiores	1.00	Unidad	Q 50.00	Q 50.00
Acabados de muros internos	13.72	m ²	Q 35.00	Q 480.20
Sub-total mano de obra				Q 1,565.55
Total costo directo				Q 13,806.57

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 1,794.85
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 552.26
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 1,794.85
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 1,242.59
Total costo indirecto	Q 5,384.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67. Pozo de vista (h_{prom}=4.46), sistema de alcantarillado sanitario

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Pozo de visita (h _{prom} =4.46)	2.00	Unidad	Q 26,050.01	Q 52,100.02

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ladrillo tayuyo (0.065x0.11x0.23 m)	4104.00	Unidad	Q 4.50	Q 18,468.00
Cal hidratada	25.00	Saco	Q 35.00	Q 875.00
Cemento UGC	63.00	Saco	Q 75.00	Q 4,725.00
Arena de río	8.00	m ³	Q 175.00	Q 1,400.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	0.75	m ³	Q 225.00	Q 168.75
Acero corrugado 5/8" grado 40	3.00	Varilla	Q 75.36	Q 226.08
Acero corrugado 1/2" grado 40	16.00	Varilla	Q 46.05	Q 736.80
Acero corrugado 1/4" grado 40	12.00	Varilla	Q 9.00	Q 108.00
Madera rústica	360.00	Pt	Q 6.00	Q 2,160.00
Alambre de amarre	18.00	Lb	Q 7.00	Q 126.00
Clavos de 3"	18.00	Lb	Q 7.00	Q 126.00
Sub-total materiales				Q 29,119.63

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Armado y fundición de piso	3.53	m ²	Q 55.00	Q 194.15
Levantado de pared de ladrillo	42.39	m ²	Q 60.00	Q 2,543.40
Armado y formaleteado de brocal	2.00	Unidad	Q 45.00	Q 90.00
Armado y formaleteado de tapadera	2.00	Unidad	Q 45.00	Q 90.00
Fundición de brocal y tapadera	2.00	Unidad	Q 50.00	Q 100.00
Armado y formaleteado de columnas	36.48	m	Q 65.00	Q 2,371.20
Armado y formaleteado de zapatas	8.00	Unidad	Q 80.00	Q 640.00
Fundición de columnas y zapatas	8.00	Unidad	Q 75.00	Q 600.00
Desencofrado de columnas y zapatas	8.00	Unidad	Q 15.00	Q 120.00
Desencofrado de brocal y tapadera	2.00	Unidad	Q 15.00	Q 30.00
Escaleras interiores	2.00	Unidad	Q 50.00	Q 100.00
Acabados de muros internos	42.39	m ²	Q 35.00	Q 1,483.65
Sub-total mano de obra				Q 8,362.40
Total costo directo				Q 37,482.03

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 4,872.66
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,499.28
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 4,872.66
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 3,373.38
Total costo indirecto	Q 14,617.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. **Colector principal, sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Colector principal	505.00	m	Q 125.13	Q 63,189.40

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tubo de 6" PVC norma ASTM F949 con empaque	85.00	Tubo	Q 500.00	Q 42,500.00
Sub-total materiales				Q 42,500.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Nivelación de zanja	252.00	m ²	Q 5.00	Q 1,260.00
Instalación de tubería de 6" PVC	85.00	Unidad	Q 20.00	Q 1,700.00
Sub-total mano de obra				Q 2,960.00
Total costo directo				Q 45,460.00

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 5,909.80
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,818.40
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 5,909.80
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 4,091.40
Total costo indirecto	Q 17,729.40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. **Conexión domiciliar, sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Conexión domiciliar	68.00	Unidad	Q 1,413.63	Q 96,126.84

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Tubo de concreto de 12"	68.00	Tubo	Q 150.00	Q 10,200.00
Tubería PVC de 4" norma ASTM F949	68.00	Tubo	Q 239.00	Q 16,252.00
Silleta yee PVC 6"x4" norma ASTM F949	68.00	Unidad	Q 191.00	Q 12,988.00
Cabo transformador de 4"x3"	68.00	Unidad	Q 224.00	Q 15,232.00
Cemento solvente	2.00	Galón	Q 480.00	Q 960.00
Cemento UGC	15.00	Saco	Q 75.00	Q 1,125.00
Arena de río	1.00	m³	Q 175.00	Q 175.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	1.00	m³	Q 225.00	Q 225.00
Acero corrugado 1/4" grado 40	39.00	Varilla	Q 9.00	Q 351.00
Alambre de amarre	8.00	Lb	Q 7.00	Q 56.00
Madera rústica	150.00	Pt	Q 6.00	Q 900.00
Clavo de 3"	8.00	Lb	Q 7.00	Q 56.00
Sub-total materiales				Q 58,520.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Instalación de tubería y accesorios	68.00	Unidad	Q 50.00	Q 3,400.00
Elaboración de armadura de tapadera	68.00	Unidad	Q 45.00	Q 3,060.00
Formateado de tapadera	68.00	Unidad	Q 10.00	Q 680.00
Instalación de candela	68.00	Unidad	Q 50.00	Q 3,400.00
Elaboración y fundición del concreto	1.60	m³	Q 60.00	Q 96.00
Sub-total mano de obra				Q 10,636.00
Total costo directo				Q 69,156.00

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 8,990.28
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 2,766.24
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 8,990.28
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 6,224.04
Total costo indirecto	Q 26,970.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. **Relleno y compactación, sistema de alcantarillado sanitario**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Relleno y compactación	1163.00	m ³	Q 45.30	Q 52,681.00

Mano de obra y maquinaria	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Relleno y compactado de zanja	978.00	m ³	Q 25.00	Q 24,450.00
Compactadora	12.00	Dia	Q 350.00	Q 4,200.00
Retiro de sobrante	185.00	m ³	Q 50.00	Q 9,250.00
Sub-total mano de obra				Q 37,900.00
Total costo directo				Q 37,900.00

Gastos administrativos 13% (sobre el costo directo)	Q 4,927.00
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,516.00
Utilidades 13% (sobre el costo directo)	Q 4,927.00
Impuestos 9% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 3,411.00
Total costo indirecto	Q 14,781.00

Fuente: Elaboración propia

4.9.2. Resumen del presupuesto

Tabla 71. Resumen de materiales, sistema de alcantarillado sanitario

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Hilo de nylon	2.00	Rollo	Q 20.00	Q 40.00
Cal hidratada	12.00	Saco	Q 35.00	Q 420.00
Clavos de 3"	82.00	Lb	Q 7.00	Q 574.00
Madera de pino rústica de 2"x3"x10'	90.00	Pt	Q 6.00	Q 540.00
Material selecto	2,019.00	m ³	Q 55.00	Q 111,045.00
Arena de río	193.72	m ³	Q 175.00	Q 33,901.00
Adoquín tráfico mediano e=0.10 m	84,150.00	Unidad	Q 3.00	Q 252,450.00
Cemento UGC	530.00	Saco	Q 75.00	Q 39,750.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	37.29	m ³	Q 225.00	Q 8,390.25
Acero corrugado 3/8" grado 40	566.00	Varilla	Q 24.88	Q 14,082.08
Acero corrugado 1/4" grado 40	678.00	Varilla	Q 9.00	Q 6,102.00
Madera rustica	2,170.00	Pt	Q 6.00	Q 13,020.00
Alambre de amarre	70.00	Lb	Q 7.00	Q 490.00
TOTAL MATERIALES				Q 480,804.33
TOTAL MANO DE OBRA Y MAQUINARIA				Q 442,057.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. **Gastos administrativos, sistema de alcantarillado sanitario**

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Ingeniero	1	Q 150.00	Q 4,500.00	Q 13,500.00
Secretaria	1	Q 20.00	Q 600.00	Q 1,800.00
Contador	0.5	Q 30.00	Q 900.00	Q 2,700.00
Dibujante	1	Q 25.00	Q 750.00	Q 2,250.00
TOTAL				Q 20,250.00

ALQUILERES Y DEPRECIACIONES				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Alquiler de local	1	15.00	Q 450.00	Q 1,350.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1	10.00	Q 300.00	Q 900.00
Depreciaciones de oficina	1	5.00	Q 150.00	Q 450.00
Mantenimiento en general	1	5.00	Q 150.00	Q 450.00
TOTAL				Q 3,150.00

OBLIGACIONES Y SEGUROS		
I.G.S.S. (10.67% de gastos de dirección de campo)	Q 20,250.00	Q 2,160.68
Prestaciones 41%	Q 20,250.00	Q 8,302.50
Seguros varios	Q 1,500.00	Q 4,500.00
TOTAL		Q 14,963.18

TOTAL	Q 38,363.18
% de costos directos	13%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. **Desglose de impuestos, sistema de alcantarillado sanitario**

DESGLOSE DE IMPUESTOS	
Descripción	Total
Total de materiales	Q 177,166.56
Total de mano de obra y equipo	Q 109,847.10
TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q 287,013.66
Utilidad (13 % de costos directos)	Q 37,311.78
ISR (25% de utilidad)	Q 9,327.94
IVA (12% de mano de obra y utilidad)	Q 17,659.07
TOTAL	Q 26,987.01
% de costos indirectos	9%

Fuente: Elaboración propia

4.9.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tabla 74. Cronograma de ejecución físico y financiero, sistema de alcantarillado sanitario

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL	% POR ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3			
1	Trabajos preliminares	505.00	m	Q 3.67	Q 1,855.65	0.47%												
2	Excavación	1210.59	m ³	Q 51.48	Q 62,320.65	15.62%												
3	Pozos de visita (h=1.20)	6.00	Unidad	Q 6,744.20	Q 40,465.19	10.14%												
4	Pozo de visita (h= 1.93)	1.00	Unidad	Q 11,019.10	Q 11,019.10	2.76%												
5	Pozo de visita (h=3.63)	1.00	Unidad	Q 19,191.13	Q 19,191.13	4.81%												
6	Pozo de visita (h _{prom} =4.46)	2.00	Unidad	Q 26,050.01	Q 52,100.02	13.06%												
7	Colector principal	505.00	m	Q 125.13	Q 63,189.40	15.84%												
8	Conexión domiciliar	Unidad	68	Q 1,413.63	Q 96,126.84	24.10%												
9	Relleno y compactación	m ³	1163	Q 45.30	Q 52,681.00	13.20%												
					Q 398,948.99	100.00%												

Fuente: Elaboración propia

4.10. Evaluación socio-económica

4.10.1. Valor presente neto (VPN)

Para la estimación del valor presente neto de este proyecto, se consideró que la Municipalidad invertirá Q.398,948.99; además serán considerados los servicios de un fontanero para el correcto funcionamiento del sistema de drenajes, teniendo un sueldo de Q.2,607.00. Se resalta que el periodo de vida útil del proyecto será de 23 años.

Donde:

VPN = Valor presente neto

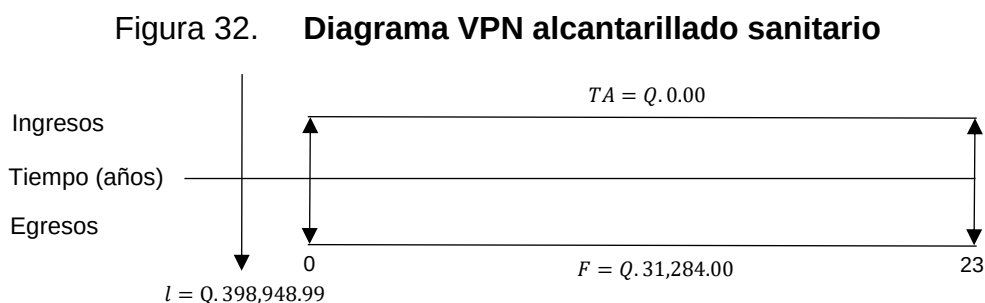
l = Inversión inicial, Q.398,948.99

TA = Tarifa anual, Q.0.00

F = Costo de mantenimiento anual, Q.31,284.00

i = Tasa de interés, 9.03%

n = Período de tiempo, 23 años



Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned} VPN &= -Q. 398,948.99 + Q. 0.00 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{23} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{23}} \right) \\ &\quad - Q. 31,284.00 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{23} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{23}} \right) \\ VPN &= -Q. 697,502.08 \end{aligned}$$

De acuerdo al resultado estimado, se obtuvo una cantidad negativa, indicando que el proyecto no es rentable, de manera que el dinero invertido no se recuperará, sin embargo, este proyecto por ser de carácter social no busca ser rentable, sino aportar un beneficio a la población.

4.11. Estudio de impacto ambiental

Como se describió en la sección 3.16., uno de los objetivos del estudio de impacto ambiental, se basa en establecer medidas de manejo durante la etapa constructiva de los proyectos a ejecutar, para la prestación del servicio público del alcantarillado.

En el listado taxativo del acuerdo ministerial número 199-2016 publicado en el Diario de Centro América, el 14 de julio de 2016, los proyectos de alcantarillado sanitario se encuentran en la categoría B1, siendo considerado de alto a moderado impacto ambiental.

Tabla 75. **Listado taxativo de alcantarillado sanitario**

División 37	Evacuación de aguas residuales				
Descripción	Clase	A	B1	B2	C
Diseño, construcción y operación de empresas que realizan proyectos de gestión de sistemas de alcantarillado, colectores subterráneos y de instalaciones de captación, tratamiento y eliminación de aguas residuales.	3700		Todos		

Fuente: MARN, 2016.

En la tabla 76 se muestran medidas de mitigación para la reducción del impacto ambiental.

Tabla 76. **Análisis de impacto ambiental para sistemas de alcantarillado**

Elemento	Efecto	Mitigación
Suelo	Erosión de suelo durante zanjeo	Utilización de equipos y mecanismos de estabilización física
	Alteración y pérdida de hábitat natural	Delimitación de áreas de trabajo y tránsito personal
	Derrame de residuos sólidos, líquidos o cualquier elemento contaminante	No se permitirá el vertido de elementos contaminantes en áreas con presencia de formaciones vegetales; solo en lugares habilitados.
Aire	Emisores de dióxido de carbono (CO ₂)	Mantenimiento de maquinaria, para evitar mala combustión.
	Aumento de partículas de polvo	Control de actividades de excavación y relleno de zanjas
	Emisión de olores fuertes por planta de tratamiento	Operación y mantenimiento rutinario al sistema de tratamiento.
Auditivo	Aumento de ruido	Programación de horarios adecuados de trabajo
		Utilización de maquinaria en buen estado de funcionamiento y que cuente con aditamentos tal como silenciadores en los sistemas de escape.
Agua	Deterioro de la calidad del agua en cuerpo receptor	Monitoreo de la calidad de los efluentes trimestralmente

Fuente: Elaboración propia

4.12. Especificaciones técnicas

Para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario y para un funcionamiento óptimo, se deberá atender y cumplir las siguientes especificaciones:

Antillón (2010)

- Obras provisionales

Las obras provisionales que el constructor está obligado a ejecutar son: el rótulo de la obra, la guardianía y la movilización de maquinaria, equipo y herramientas.

- Trazo y replanteo de redes

Se deberán realizar los trabajos topográficos necesarios para el trazo y replanteo de la obra, ubicando y fijando ejes y líneas de referencia. Se fijarán los niveles y cotas de referencia de acuerdo a los planos, verificando las cotas del terreno.

- Carga, transporte y almacenaje de tubería

La tubería se deberá transportar en vehículos con plataformas en las que se pueden colocar los tubos por completo, evitando el balanceo y los golpes que la dañen los tubos, deben ser colocados siempre horizontal, lo más cerca posible del punto de utilización.

Es recomendable que las tuberías y accesorios sean almacenados bajo techo, para no ser expuestos al sol.

- Rectificación del sistema

Contando con la planificación se deberá hacer un recorrido del sistema midiendo con cinta métrica la ubicación de los pozos de visita y conexiones domiciliarias, de igual forma se ubicará el desfogue final.

- Excavación de zanjas

Se deberá excavar, de acuerdo a un alineamiento y las cotas indicadas en el diseño, así como el ancho uniforme de la zanja en toda su longitud.

Si el suelo que se encuentra al excavar es inadecuado para la colocación de la tubería, se deberá realizar una sobre excavación hasta encontrar un suelo adecuado, debiendo rellenarse con material selecto, hasta llegar a la cota que debe colocarse la tubería.

- Tubería

La tubería será de PVC bajo la norma ASTM F949 con un largo de seis metros, el diámetro de tubería será el indicado en planos. Debe cumplir con las características herméticas, resistente a sustancias químicas y resistentes a la abrasión. Estas no deberán estar dañadas para evitar fugas.

- Pendiente de la tubería

Será según indicado en planos. De realizarse modificaciones, informar al supervisor, quien deberá de autorizar las modificaciones para que la pendiente cumpla con los parámetros de diseño.

- Instalación de tubería

Toda la tubería será colocada y medida dentro de las líneas y pendientes establecidas según diseño. La tubería deberá ser instalada de tal manera que las campanas queden dirigidas gradiente arriba, quedando opuesta al sentido del flujo.

- Pozo de visita

Los pozos de visita, serán con paredes de ladrillo tayuyo de dimensiones de 6.50 x 11.00 x 23.00 cm. El mortero para unir los ladrillos y realizar el alisado interior de los muros, será a base de cemento, cal hidratada y arena de río. La altura de los pozos de visita será la indicada en los planos.

La tapadera de los pozos de visita será de concreto armado, el concreto tendrá una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el acero tendrá una resistencia de $F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$, el cemento será tipo Portland, la arena debe ser de río, limpia, libre materia orgánica y arcilla, el agregado grueso será de pedrín triturado de $\frac{1}{2}$ ".

- Prueba de reflejo

Consiste en colocar una linterna en el pozo de visita y revisar el reflejo de la misma en el siguiente pozo de visita, si no es percibido claramente existe un taponamiento parcial y si no se percibe existe un taponamiento total. Si éste fuera el caso, deberá verterse agua a presión en el pozo de visita inicial, para luego hacer de nuevo la prueba.

- Prueba de corrimiento de flujo

Se vierte una cantidad determina de agua en un pozo de visita y se verifica el corrimiento de agua en el siguiente pozo y que la corriente sea normal. Si existe algún

taponamiento que impida el flujo del agua se deberá introducir una guía la cual lo ubique, para luego despegar la tubería en el sector indicado y corregir el taponamiento.

- Relleno de zanjas

Deberá realizarse después de la instalación de la tubería, siempre que sea posible se deberá utilizar el mismo material excavado para relleno de la zanja, de no ser posible, se colocará material selecto. Deberá ser colocado el material por capas y compactado con vibro-apasionadores, planchas o rodillos vibratorios (pp. 42 – 46).

- Conexiones domiciliarias

El diámetro de la tubería de las conexiones domiciliarias es de cuatro pulgadas.

Las uniones de las tuberías pueden ser de junta rápida o con silicon, en ambos casos durante la instalación de la tubería, deben limpiarse los extremos de las uniones para asegurar la adherencia del sello.

Prevía colocación de la tubería en la zanja, ésta debe nivelarse adecuadamente para evitar deflexiones en la misma, y una vez instalada se deberá proceder a rellanar la zanja iniciando en los extremos de la tubería hasta completar la totalidad de la misma, utilizando material apropiado libre de piedras y ripio, para evitar daños en la misma.

Para la candela domiciliar, se empleará un tubo de concreto de un diámetro de doce pulgadas. Estos tubos deben estar libres de imperfecciones como ratoneras, rajaduras y quebraduras para evitar que se produzcan fugas de aguas negras. Una vez instalados, su interior debe sellarse adecuadamente con sabieta de cemento.

5. DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN

5.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la pavimentación de calles en la lotificación El Guayabal, comprende 561 m de longitud. La población a beneficiar serán los 350 residentes del lugar ya mencionado, permitiendo comodidad, tanto para los habitantes como para los visitantes, además de la fácil movilización de los vehículos.

5.2. Levantamiento topográfico

Se efectuó realizando el método de la conservación del azimut, usando como base, una poligonal abierta y radiando hacia los puntos de interés; se utilizó el método taquimétrico para el cálculo de distancias horizontales y diferencias de niveles entre estaciones y puntos visados.

5.3. Análisis de suelos

La finalidad de los ensayos de suelos que se realizaron en este estudio, fue la determinación de las propiedades, en relación a su clasificación, granulometría, plasticidad y resistencia, sometidos a cargas, los cuales sirvieron para el diseño del pavimento de adoquín usado como carpeta de rodadura.

Estos fueron desarrollados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con muestras obtenidas de la subrasante de las calles de la lotificación El Guayabal, Estanduela, Zacapa, a una profundidad de 50 cm, asimismo, se extrajo una segunda muestra de un banco de materiales en las cercanías de la aldea.

5.3.1. Ensayos de clasificación de suelos

5.3.1.1. Análisis granulométrico

Es un ensayo para determinar las proporciones relativas de los granos presentes en una masa de suelo dada. Para tener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa de suelo.

La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes que dan idea a la graduación de material. El ensayo fue realizado bajo la norma ASTM D6913-04.

En las siguientes dos tablas, se muestra la clasificación de los suelos en base a los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS.

Tabla 77. Sistema de clasificación de suelos (AASHTO)

GRUPO SUB-GRUPO	Suelos granulares: 35% o menos para malla # 200							Suelos arcillosos y limosos: Más de 35% pasa malla #200			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6*
Porcentaje de material que pasa el tamiz No. 10 No. 40 No. 200	50max 30max 15max	50max 10max	51max 10max	35max	35max	35max	35max	36max	36max	36max	36max
Plasticidad pasa la malla #40 LL IP	6max	NP	40max 10max	41min 10max	41max 11min	41min 11min	40max 10max	41min 10max	41max 11min	41min 11min	40max 10max
Índice de grupo*	0		0	0		4max		8max	12max	16max	20max
Materiales constructivos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y/o arena limosa		Grava y/o arena arcillosa		Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calidad (Sub-rasante)	Excelente a buena							Regular a mala			

Fuente: Hernández, 2008, p. 125.

Tabla 78. Sistema unificado de clasificación de los suelos (SUCS)

Divisiones mayores			Símbolo de grupo		Nombres típicos		Criterios de clasificación para suelos granulares	
Suelos de grano grueso Si menos del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Gravas (Si menos del 50% de la fricción gruesa para el tamiz No.4)	Gravas limpias (pocos a ningún fino)	GW		Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos a ningún fino		Cu = D60/D10 > 4 Cc = 1 < D2 30/D10 x D60 < 3	
			GP		Gravas pobremente gradadas, mezclas grava arena, pocos o ningún fino		No cumplir todos los requisitos de gradación para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	d/u	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP > 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < IP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC		Gravas arcillosas, mezclas gravo-areno-arcillosas		Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP > 7	
	Arenas (Si más del 50% de la fricción gruesa pasa por el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos a ningún fino)	SW		Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino		Cu = D60/D10 > 6 Cc = 1 < D2 30/D10 x D60 < 3	
			SP		Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino		No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	d/u	Arenas limosas, mezclas arena-limo		Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP > 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < IP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla		Límites de Atterberg por debajo de la línea A o IP > 7	
Suelos de grano fino Si menos del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Limos y arcillas (Limite Liquido < 50)	ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad		1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz No. 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% --- GW, GP, SW, SP Más del 12% --- GM, GC, SM, SC Del 5 al 12% --- Casos de frontera que requieren doble símbolo		
		CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras				
		OL		Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas (Limite Liquido LL > 50=	MH		Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos				
		CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas				
		OH		Arcillas orgánicas de alta plasticidad media a alta, limos orgánicos				
	Suelos altamente orgánicos	Pt		Turba y otros suelos altamente orgánicos				

Fuente: Hernández, 2008, p. 133.

Las tablas anteriormente presentadas, AASHTO cataloga los suelos empleados específicamente para base en los diferentes pavimentos según sea la graduación del material y cuan estable pueden ser.

Tabla 79. **Granulometrías para bases de suelo según norma M-147**

No. Tamiz	Porcentaje en peso de material que pasa en tamices de malla cuadrada					
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F
2"	100	100				
1"		75 – 95	100	100	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100		
No. 4	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
No. 10	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
No. 40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
No. 200	2 – 8	5 – 20	5 – 25	10 – 25	6 - 20	8 – 25

Fuente: Girón, 1976, p. 28.

Según los datos obtenidos en el laboratorio, se dictaminó que la muestra tomada del lugar del proyecto, posee 1.33% de grava, 32.88% de arena y 65,79% de finos, es por eso que su descripción general se define de la siguiente manera: arcilla con presencia de arena color café oscuro. (anexo E-2)

Para la muestra del banco de materiales, posee 42.01% de grava, 39.75% de arena y 18.24% de finos, de manera que el suelo es descrito como: grava con arena limosa color café (anexo F-2).

5.3.1.2. Límites de Atterberg

Son propiedades de índices de suelo, con que se define la plasticidad, se utilizan para la identificación y clasificación.

Vásquez (2011)

Límite líquido (L.L.): es el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico.

Límite plástico (L.P.): es definido como el contenido de humedad, expresado en porcentaje respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Índice de plasticidad (I.P.): también llamado índice plástico, es la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico. (p.p. 99-100)

Tanto el límite líquido como el plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo.

Índice de grupo, es un valor que indica la calidad del suelo dependiendo de su granulometría y de los valores obtenidos para el límite líquido e índice de plasticidad.

Para el cálculo, el resultado debe ser un número entero y positivo comprendido entre los valores de 0 a 20 (si resulta número fraccionario se redondea al entero más cercano), si resultara un valor negativo se adopta el 0, y si es mayor de 20, se toma como 20.

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:

IG = Índice de grupo

a = (% pasa No. 200) – 35, 65.79%

c = (% pasa No. 200) – 15, 65.79%

$b = \text{Limite Líquido} - 40, 40.2\%$

$d = \text{Índice de Plasticidad} - 10, 16.7\%$

$$IG = 0.2(65.79 - 35) + 0.005(65.79 - 35)(65.79 - 15) + 0.01(40 - 40)(16.7 - 10)$$

Para el termino de " b ", el porcentaje del límite líquido, se empleó el 40% debido a que la fórmula solo permite como máximo ese dato. Por lo tanto, sintetizando se tiene:

$$IG = 0.2(30.79) + 0.005(30.79)(50.79) + 0.01(0)(6.7) = 13.97 \approx 14$$

Entonces, se obtiene un índice e grupo de 14, por lo que será empleado para el espesor de la sub-base, es importante destacar que los datos colocados fueron de la muestra de la sub-rasante.

Los resultados de laboratorio obtenidos, determinaron para la muestra de suelo del banco de materiales, un límite líquido del 31.2% y un índice de plasticidad de 6.3% (anexo F-2), por lo que lo coloca en un tipo de suelo con baja plasticidad; por otra parte, la muestra tomada de la lotificación, determinó un límite líquido de 40.2% y un índice de plasticidad del 16.7% (anexo E-2) posicionándolo como un suelo medianamente plástico.

5.3.2. Ensayos para determinar la resistencia del suelo

5.3.2.1. Densidad máxima y humedad óptima (ensayo Proctor)

Tiene como objeto determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad a que deberá hacerse la compactación.

Según los ensayos de laboratorio, la muestra obtenida del banco de materiales, tiene una densidad seca máxima (γ_d) de 2,132.26 kg/m³, alrededor de 133.10 lb/pie³

y una humedad optima de 8.50% (anexo F-4), por otra parte la muestra de la lotificación, tiene una densidad seca máxima (γ_d) de 1,736.57 kg/m³ y 108.40 lb/pe³, una humedad optima del 17.35% (anexo E-4).

5.3.2.2. Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)

Define la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en el laboratorio bajo condiciones críticas (saturación), a diferentes energías de compactación; es un indicador de lo bueno que será el material para las fases de la pavimentación.

Tabla 80. Utilización de suelo según C.B.R

C.B.R.	Suelo apto para
0% - 10%	Sub-rasantes malas
10% - 20%	Sub-rasantes regulares a buenas
20% - 30%	Sub-rasantes muy buenas
30% - 60%	Sub-bases buenas
60% - 80%	Bases de grava
80% - 100%	Bases de piedra y grava triturada

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados de laboratorio, para la muestra extraída del banco de materiales, el CBR al 97% de compactación es de 31.44% (anexo F-3) y para la muestra de la sub rasante el CBR al 94.7% de compactación es de 1.78% (anexo E-3).

- Resumen de resultados

Tabla 81. **Resumen de resultados para base**

Muestra de suelo para base		
Clasificación	P.R.A.	A-4
	S.C.U.	ML
Descripción del suelo		Grava con arena limosa color café
Limite liquido		31.2%
Índice plástico		6.3%
Densidad seca máxima (kg/m ³)/lb/pie ³		2,132.26
Humedad óptima		8.50%
C.B.R.		31.44%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. **Resumen de resultados de sub-rasante**

Muestra de suelos de sub-rasante		
Clasificación	P.R.A.	A-6
	S.C.U.	CL
Descripción del suelo		Arcilla con presencia de arena color café oscuro
Limite liquido		40.2%
Índice plástico		16.7%
Densidad seca máxima (Kg/m ³)/ lb/pie ³		1,736.57
Humedad optima		17.35%
C.B.R		1.78%

Fuente: Elaboración propia

5.4. Diseño geométrico

Chocontá (2011)

El proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos y las características del terreno es lo que se conoce como diseño geométrico de la vía. La razón es que esos elementos físicos se presentan por su geometría, como sucede con los alineamientos horizontal y vertical, las secciones

transversales, las distancias de visibilidad, entre otros, que son líneas o figuras de determinada longitud, altura o pendiente, que se van estableciendo según las condiciones de los vehículos que se espera que van a utilizarlas y las características del diseño del terreno donde se va a construir la vía que se diseña (p. 19).

5.4.1. Alineamiento vertical

Leclair (2004)

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente con la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes. Aparte de consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y económica en la operación de los vehículos, siempre deben tomarse en cuenta los siguientes factores: visibilidad y accidentabilidad, composición del tránsito, relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo (sección 4-62).

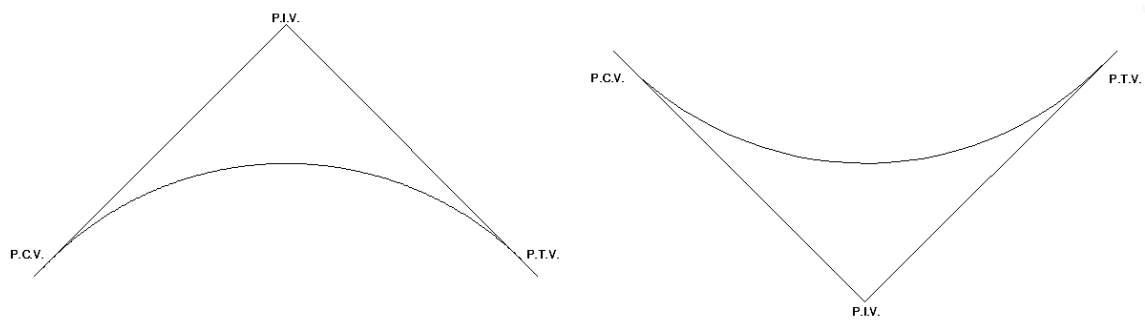
- Curva vertical

“Es la que enlaza dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida” (SCT, 1991, p.356).

- Tipos de curvas verticales

Existen básicamente dos tipos de curvas verticales: en cresta o convexas, y en columpio o cóncavas (las primeras son cóncavas hacia abajo y las segunda hacia arriba).

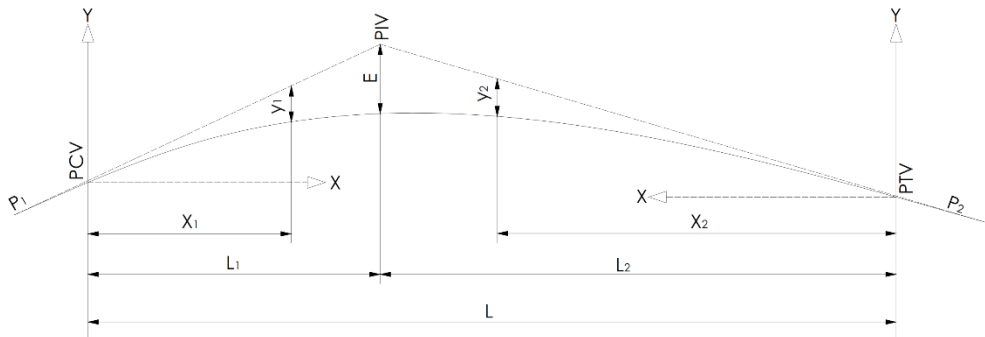
Figura 33. **Curvas verticales: convexas y cóncavas**



Fuente: Lemus, 2015, p. 20.

Además de clasificar las curvas verticales como cóncavas o convexas también se debe de establecer si son simétricas o asimétricas.

Figura 34. **Elementos de una curva vertical asimétrica**



Fuente: Elaboración propia

Donde:

PCV = Principio de la curva vertical

PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV = Término de la curva vertical

L = Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: $L=L_1+L_2$ y $L_1 \neq L_2$

P_1 = Pendiente de entrada, (%)

P_2 = Pendiente de salida, (%)

L_1 = Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m)

L_2 = Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A = Diferencia algebraica de pendientes, (%)

$$A = |P_1 - P_2|$$

E = Externa, ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m)

$$E = \frac{AL_1L_2}{200(L_1 + L_2)}$$

X_1 = Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama, medida desde el PCV

X_2 = Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama, medida desde el PTV

Y_1 = Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV.

$$Y_1 = \left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2$$

Y_2 = Ordenada vertical en cualquier punto de la segunda rama medida desde el PTV

$$Y_2 = \left(\frac{X_2}{L_2}\right)^2$$

5.4.2. Perfil longitudinal

El perfil longitudinal es la línea resultante de la intersección de un plano vertical con la superficie del terreno. Para realizar un perfil longitudinal es preciso que previamente se hayan tomado en el campo datos correspondientes a las distancias y las cotas de los puntos que constituyen un itinerario altimétrico. (ECLAP, 2009, p.14)

5.4.3. Sección transversal

ECLAP (2009)

Son cortes verticales del terreno realizados perpendicularmente a la traza del perfil longitudinal, y representan la situación en la que queda la sección definida en la rasante con el terreno natural.

Asimismo, corresponde a una sección normal al eje longitudinal de cualquier tipo de obra lineal proyectada. Esta sección será distinta en cada punto del eje longitudinal por donde se tome (p. 16).

5.5. Métodos de diseño

Ramos (2003)

En la actualidad no se cuenta con ningún método específico para el diseño de espesores de pavimentos de adoquín, pues la obtención de fórmulas que ligen el comportamiento de éste con la calidad de la subrasante es dificultosa, por ello se utilizan adaptaciones de diseño de otros tipos de pavimentos, especialmente los de tipo flexible.

Para clarificar a que categoría pertenece el adoquín, se hace necesario definir la forma de trabajo y como están conformados los tipos de pavimentos

5.5.1. Pavimentos

Es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva (López, 2003, p. 23).

5.5.1.1. Pavimentos rígidos

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa de material seleccionado. La capacidad estructural depende totalmente de la resistencia de las losas, por tanto, las capas subyacentes ejercen poca influencia (Montejo, 2002, p. 5).

Figura 35. **Estructura de un pavimento rígido**

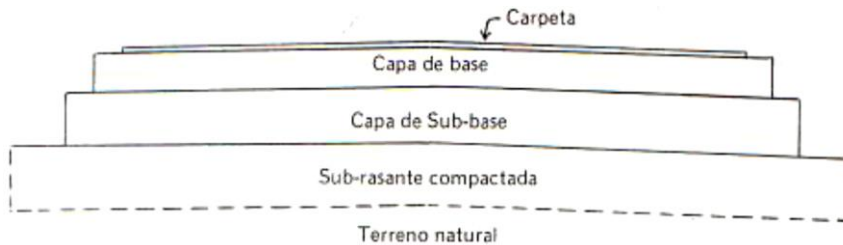


Fuente: López, 2003, p. 25.

5.5.1.2. Pavimentos flexibles

“Son los pavimentos fabricados con emulsión asfáltica, y en estos la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento” (Quan, 2005, p. 19)

Figura 36. **Estructura de un pavimento flexible**



Fuente: López, 2003, p. 25.

5.5.1.3. Pavimento semiflexible

“Es el construido con bases y/o sub base estabilizadas con suelo-cemento, o que tienen carpetas de rodadura de adoquín” (Ruano, 1996, p.3).

Tomando las consideraciones de los pavimentos anteriores, se define al adoquín como un pavimento semiflexible, ya que, aunque la carpeta de rodadura se constituye de bloques de concreto rígido, cada uno es una unidad independiente de los que lo rodean. Al recibir una carga concentrada, esta se distribuye en el espesor de la unidad y es transmitida sobre el área de la base cubierta por él, en otras palabras, una vez la

carga en la capa de base, se distribuye por contacto de partícula a partícula como un pavimento flexible.

5.5.2. Adaptación de método Mills

Este método toma como factor principal el CBR, auxiliado por el índice de grupo, un factor adicional que toma en cuenta es el drenaje de la superficie y considera además la intensidad y peso del tránsito (Ramos, 2003, p. 55).

5.5.2.1. Tipo de tráfico

La estimación del tránsito que soportará el pavimento de adoquín, debe considerar los conteos actuales y las actividades del área a que servirá la pista a construir, así como posibles usos futuros. Mills estima más importante el peso máximo de los vehículos que su cantidad, uno solo excesivamente pesado puede causar más daño a un pavimento que mil ligeros. Sin embargo, el número de aplicaciones de carga tiene un efecto y por ello la clasificación del tránsito considera tanto el número como el peso.

Tabla 83. Cargas de diseño

Tipo de tránsito	Tránsito total durante 24 horas			Carga de diseño (Lb/rueda)
	Total vehículos	Camiones autobuses	Camiones pesados	
Pesado	3000 min	700 min	150 min	14000
Mediano	1000 – 3000	250 – 700	50 – 150	12000
Liviano	1000 max	250 max	50 max	10000

Fuente: Girón, 1976, p. 40.

Tabla 84. **Tipo y peso de vehículos automotores**

Tipo de vehículos	Descripción	Peso total
C-2	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de rueda doble (eje de tracción).	Eje simple 5000 kg
		Eje de rueda doble 9000 kg
C-3	Es un camión o autobús, consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje de doble o Tándem (eje de tracción).	Eje simple 5000 kg
		Eje doble tipo A 16,0000 kg
C-4	Es un camión o autobús consistente en un automotor con eje simple (eje direccional) y un eje triple (eje de tracción).	Eje simple 5000 kg
		Eje triple tipo A 20,000 kg

Fuente: MICIVI, 2010, p. 5.

El tipo de vehículo utilizado en este estudio fue el ejemplar C-2, con un peso por eje de 19,800 Lb; esto, con la finalidad de contemplar la mayor carga que podrá soportar el adoquín en determinado momento.

5.6. Diseño de espesores

5.6.1. Sub-rasante

(DGC, 2001, sección 301)

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Una de las operaciones importantes hacia las sub-rasantes existentes es el reacondicionamiento, consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar y compactar, adecuando la superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto

establecidas en los planos, efectuando cortes o ya sea rellenos con un espesor no mayor a los 200 mm. En las áreas que necesiten reacondicionamiento, se deben eliminar rocas mayores de 100 mm.

5.6.2. Sub-base

Ruano (1996)

Esta capa por lo regular, puede suprimirse si la sub-rasante es buena o si el tránsito es de tipo liviano; comúnmente es de material selecto y generalmente su espesor se encuentra entre 8 y 70 cm; sus funciones son:

- Eliminar la acción del bombeo.
- Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la carpeta de rodadura.
- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- Controlar los cambios de volumen que puedan tener los materiales de la sub-rasante. (p.p. 5-6)

$$Tsb = \left[\left(\frac{2T_c + T_g}{3} \right) - (S + B + L) \right] (Fd)$$

Donde:

Tsb = Espesor de sub-base

T_c = Espesor total del pavimento por CBR de la sub-rasante (figura 37)

T_g = Espesor total del pavimento por índice de grupo de la sub-rasante (figura 38)

S = Espesor de capa de rodadura, tabla 87

B = Espesor de capa de base, tabla 86

L = Espesor de capa de asentamiento o lecho

Fd = Factor de incremento de espesor por mal drenaje, tabla 88

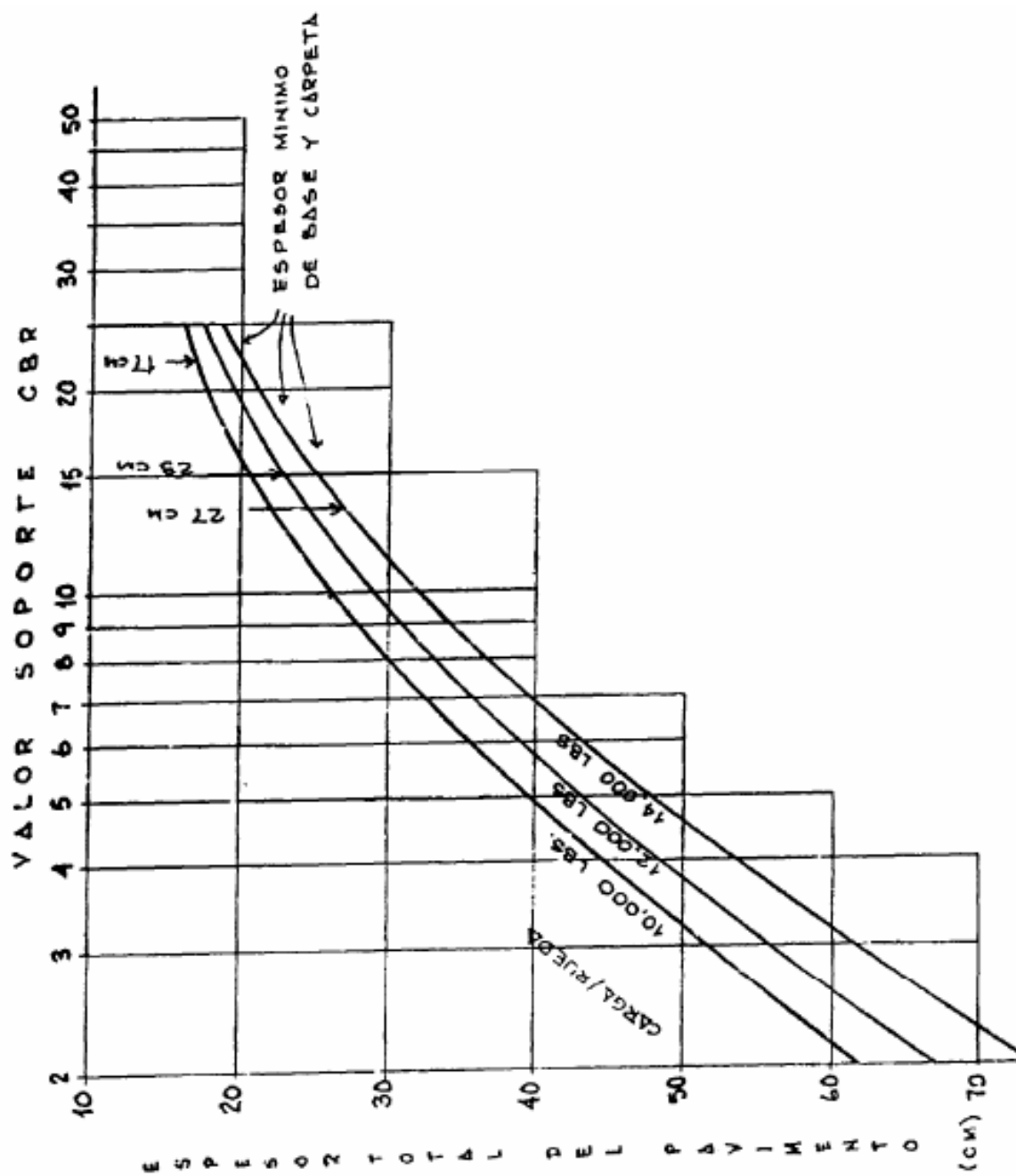
Debe cumplirse la siguiente condición:

$$\left(\frac{2T_c + T_g}{3}\right) \geq T_c$$

En el caso de ser menor se utilizará el valor de T_c .

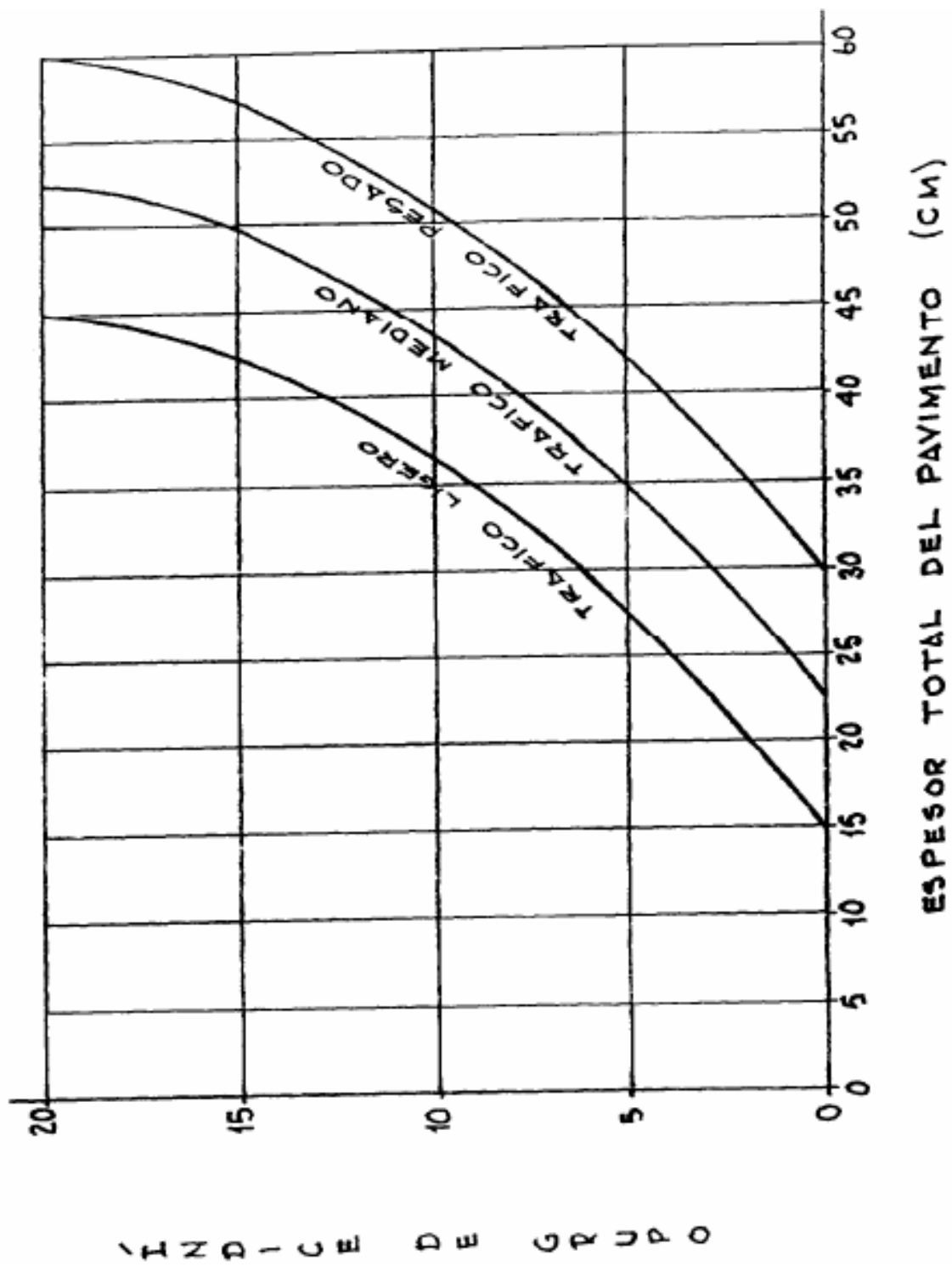
La fórmula de Mills, obtiene un promedio de los espesores según los dos métodos, por medio de la expresión $\frac{2T_c + T_g}{3}$, pero le da más peso al T_c debido a que éste es obtenido con la muestra compactada en forma óptima, y sujeta a las peores condiciones de humedad que se podrán dar en la realidad.

Figura 37. Espesor del pavimento según el CBR



Fuente: Girón, 1976, p. 48.

Figura 38. Espesor del pavimento según el índice de grupo



Fuente: Girón, 1976, p. 49.

En algunos ensayos, la sub-rasante se obtienen valores de CBR menores que 2%, por lo que se deberán tomar las siguientes consideraciones para el diseño y la construcción:

- Construir un drenaje adecuado
- Darle al tramo pendientes suficientes
- Recubrir a manera de aislamiento el suelo malo con material de buena graduación y que contenga alguna arcilla, en espesores de acuerdo a la tabla 85.

Tabla 85. **Recubrimiento para suelos con CBR bajo**

CBR de la sub-rasante	Espesor mínimo de material de recubrimiento
1.5%	24" (61 cm)
1.0%	30" (76 cm)
0.5%	38" (97 cm)

Fuente: Girón, 1976, p. 50.

5.6.3. Base

Quan (2005)

Habitualmente es de material selecto, y se coloca encima de la sub-base o sub-rasante; esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante, al disminuir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores y funciona como drenaje del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento al evitar el bombeo y los cambios de volumen de las capas inferiores. El espesor de la capa base debe estar comprendido entre los 10 y 30 cm.

Dentro de sus principales características y funciones están las siguientes:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.

- Ser resistentes a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.
- Tener mayor capacidad que el material de sub-base (p.p. 23-24).

Al igual que en la capa de asentamiento, en esta se conserva un espesor uniforme a lo largo de todo el proyecto, variando solamente el espesor de la sub-base de acuerdo con la calidad del suelo de sub-rasante. En la tabla 86, da los espesores de base en función del tráfico previsto anteriormente, estableciendo valores limites en las propiedades de los materiales a usar.

Tabla 86. **Requisitos para la capa de base**

Clasificación de trafico	Granulometría para materiales AASHTO M-147*	Espesor mínimo (cm)	CBR de 55 golpes mínimo (%) AASHTO T-193	Limite liquid o máximo	Índice de plasticidad máximo
Pesado	Col. A o B	20	90	25	6
Mediano	Col. A, B, C o D	18	75	25	7
Liviano	Col. A, B, C, D, E o F	15	60	27	8
(*) Ver tabla 79 en sección 5.3.1.1.					

Fuente: Girón, 1976, p. 45.

5.6.4. Capa de asentamiento

Ruano (1996) menciona que esta capa es colocada sobre la base, conformada por arena gruesa que se coloca inmediatamente antes de colocar el adoquinado. Sus funciones principales son:

- Proporcionar un acomodamiento para los adoquines sobre la capa base, cubriendo perfectamente las pequeñas irregularidades que esta pudiera tener.

- Ofrecer una sustentación y un apoyo uniformes en toda la superficie de cada adoquín.
- Servir también para drenar el agua que pudiera infiltrarse en las juntas de los adoquines, evitando así que penetre en la base dañándola.
- El espesor de la capa de arena una vez compactada, debe ser de 2 a 3 cm.

Para la construcción de este lecho, deberán usarse arenas naturales, de río o de mina, con las siguientes características:

- Tamaño máximo de grano de 5 mm.
- No debe contener materia orgánica.
- Pueden usarse bien graduadas, pero sin finos arcillosos (material que pasa por la malla No. 200).

5.6.5. Carpeta de rodadura

Ramos (2003)

Esta capa soporta directamente el tránsito de vehículos y está conformada por adoquines, su propósito es proveer una superficie que cumpla con las siguientes funciones:

- Resistir con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por las llantas de los vehículos.
- Proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y frío.
- Ofrecer una superficie lisa, uniforme y ornamental. (p. 48)

La capa de rodadura construida con adoquines de concreto cumple satisfactoriamente con estos requisitos. Además, reúne las características positivas de los pavimentos de concreto con las ventajas de los pavimentos flexibles, agregando

las ventajas derivadas de la prefabricación, en este caso, facilidad de colocación y remoción (López, 2003).

En la siguiente tabla, el espesor del adoquín a usar, se elegirá atendiendo al tránsito para el cual se proyecte la pista.

Tabla 87. **Espesores mínimos para capas de rodadura de adoquín**

Clasificación del tráfico	Espesor del adoquín	Recomendable aplicarlo para
Pesado	12 cm	Autopista de tráfico intenso Calles de tráfico de autobuses y camiones Aeropuertos Patios para maquinaria pesada Patios para vehículos militares Patios industriales
Mediano	10 cm	Autopistas para tráfico moderado Calles con tráfico de vehículos de carga livianos Caminos vecinales con tráfico pesado escaso
Liviano	8 cm	Parqueos para vehículos livianos Estaciones de servicio y gasolineras Calles secundarias de colonias y lotificaciones Calles en pequeños poblados Accesos a residencias Parqueos en centros comerciales
Otros	5 cm	Aceras para peatones Calles para bicicletas y motocicletas Veredas en parques, zoológicos, etc.

Fuente: Girón, 1976, p. 42.

5.6.5.1. Bloques de adoquín

López (2003)

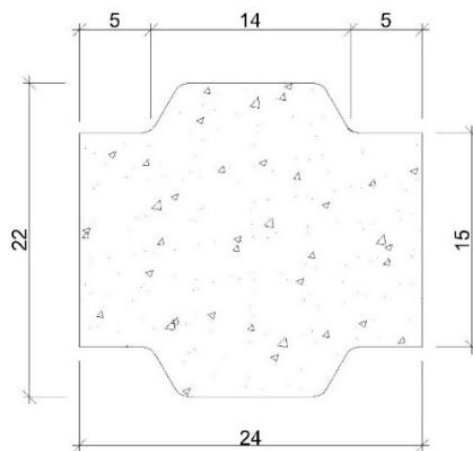
Los adoquines que se utilizan actualmente son bloques de concreto que se fabrican por medio de moldes. Se puede hacer llenando los moldes manualmente, con pequeñas máquinas vibroprensadoras semimanuales o fabricados con grandes

máquinas automáticas que producen adoquines vibroprensados de gran calidad y con gran rendimiento.

La forma ideal del adoquín no está científicamente definida. Inicialmente se fabricaron en forma similar a los antiguos adoquines de piedra con forma rectangular de unos 10x15 cm o cuadrados, de 10x10 cm en la cara superficial. Posteriormente, se ha desarrollado una gran variedad de formas geométricas que casan entre sí. La forma que más se ha utilizado en Centro América y México es la llamada huella-cruz, que resulta de fácil fabricación y manipulación, tiene una figura estética muy agradable (p. 68).

Para el diseño de pavimento, se usará adoquín tipo huella cruz con dimensiones de 22x24 cm, debido a que es una de las formas más utilizadas y conocidas, así mismo por su fácil manipulación, ya sea al colocarse o removerse; contendrá una resistencia a compresión de 180 kg/cm² y a flexión de 36 kg/cm², cumpliendo con los mínimos descritos en la norma COGUANOR NTG 41086.

Figura 39. **Adoquín tipo huella cruz**



Fuente: Elaboración propia

De igual forma que los demás tipos de pavimento, este también es ensayado, los principales son:

- Módulo de ruptura (COGUANOR NTG 41087 h1)
- Resistencia a la abrasión (COGUANOR NTG 41087 h2)
- Resistencia a compresión (ASTM C140)
- Resistencia a la degradación (ASTM C131)

En este estudio, el adoquín propuesto fue ensayado por medio del módulo de ruptura y a resistencia de compresión (anexo G).

5.6.5.2. Llaves de confinamiento

ICCG (2014)

Impiden el desplazamiento de la capa de rodadura debido al empuje del tránsito, especialmente en el perímetro del pavimento. Puede haber confinamiento longitudinal e interno.

Es necesario los dos confinamientos, antes de colocar la cama de arena y los adoquines, de tal manera que ambos se coloquen dentro de una caja cuyo fondo será la base compactada y las paredes serán las estructuras de confinamiento. (p.17)

5.6.5.2.1. Llave de confinamiento longitudinal

También llamado bordillo, es un elemento longitudinal fabricado de concreto (puede ser fundido en el lugar o prefabricado) y es utilizado para dar lineamiento a las calles o banquetas. Funciona como cauce de las aguas superficiales, brinda consolidación y confinamiento a las estructuras de rodadura.

Estos elementos en su construcción deben tener un espesor de por lo menos de 15 cm y 35 cm de profundidad, dejando 15 cm para la parte que penetra el suelo.

5.6.5.2.2. Llave de confinamiento transversal

“También llamado confinamiento interno, sus finalidades son evitar hundimientos y deformaciones. Así también pueden ser prefabricadas o fundidas en obra, con un espesor de 15 cm, con un espaciamiento entre sí de seis metros por lo menos” (ICCG, 2014, p. 19).

5.6.5.3. Relleno de juntas

Este relleno se realiza con un material que impida el menor movimiento de los bloques entre sí. El relleno se hace con arena fina de río, sin materia orgánica, entre los bloques que están separados de 6 a 10 mm.

Para sellar las juntas contra la infiltración de agua superficial es conveniente usar una mezcla de arena fina con arcilla en proporciones entre 5:1 a 10:1 en volumen. Con esta mezcla se logra un relleno de juntas que, aunque es flexible es menos erosionable que la arena sola y una vez seca, se vuelve impermeable al agua que escurre sobre el pavimento.

5.6.6. Espesor adicional por mal drenaje

Quan (2005)

El margen de espesor por mal drenaje fue ideado para obtener un diseño balanceado a lo largo de todo el proyecto. Tiene el propósito de dar pavimentos de capacidad de carga empleando espesores extra de sub-base donde el drenaje es malo. El espesor adicional de la sub-base aumenta la profundidad de distribución de cargas en estas áreas críticas y disminuye la intensidad de las presiones transmitidas a la sub-rasante.

El factor no se aplica cuando el suelo de la sub-rasante tiene un CBR igual o mayor que 20 y un índice de grupo igual o menor a 3. (p. 34)

Tabla 88. **Factor de incremento por mal drenaje**

Sección transversal	Pendiente longitudinal (%)	Espesor mínimo (cm)	Factor de incremento
Corte	0	20	1.25
Relleno	0	15	1.20
Corte	1	10	1.15
Relleno	1	5	1.10
Corte	2	0	1.05
Relleno	2	0	1.00

Fuente: Girón, 1976, p. 40.

En este caso para el diseño, se tiene un CBR de 1.78% y un índice de grupo de 14, por esto se determina que no rebasa los límites establecidos para la aplicación de los datos de la tabla 93; se empleó para el diseño una pendiente longitudinal del 2%, siendo el factor de incremento a utilizar 1.00.

5.6.7. Diseño del adoquinamiento

- Análisis de tráfico

El tránsito es uno de los factores que más importancia tiene en el diseño del pavimento, debido a que de él depende el espesor. El aforo vehicular (anexo H) ejecutado en la aldea El Guayabal, fue realizado por la policía municipal de tránsito del municipio de Estanduela, entre julio de 2015 y junio de 2016, muestra el número de vehículos que transitaron por el área, en base a este estudio se determinó que la carga de diseño sería de tipo liviano, debido a que el tránsito es menor a 1,000 vehículos en 24 horas.

Tomando en consideración los resultados obtenidos del material que se utilizaría en la base, estos no cumplían con los requisitos necesarios, en este caso tomando como referencia los requerimientos de la tabla 86, donde el CBR mínimo es de 60% este contiene un resultado menor como lo es de 58.79%; así mismo, no cumple con el

límite líquido máximo de 27%, puesto que en el ensayo de límites de Atterberg se determinó que posee un 31.2%.

Con lo expuesto anteriormente se tomó por seguridad el tipo de tráfico mediano, con una carga de diseño de 12,000 lb/rueda, según la tabla 83 en la sección 5.5.2.1. Asimismo, por medio del acuerdo gubernativo 379-2010 del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (MICIVI), se determinó que el tipo de vehículo C-2 de eje de rueda doble (tabla 84), como el prototipo de la carga máxima a soportar por el pavimento de adoquín.

- Carpeta de rodadura

De lo anteriormente descrito, se seleccionó el tipo de tráfico mediano, según tabla 87 en sección 5.6.5, se eligió el mismo conjunto, siendo el espesor del adoquín a emplearse de 10 cm.

Para verificación técnica de la funcionalidad del tipo de adoquín propuesto, se llevó a cabo un ensayo a compresión y otro a flexión, siendo el primero ejecutado bajo la norma ASTM C140 y el segundo según las especificaciones COGUANOR NTG 41087. Ambos ensayos proporcionaron resultados positivos; la resistencia a flexión propuesta fue alcanzada con un resultado de 36.98 Kg/cm² (anexo G-2); al ensayarse a compresión se consiguió una resistencia de 182.40 Kg/cm² (anexo G-1).

Por lo que se propone utilizar el adoquín descrito en la sección 5.6.5.1 con un espesor de 10 cm.

- Cama de asentamiento

El espesor en esta capa es de 3 cm, empleando arena de río sin excesiva cantidad de finos.

- Capa base

Como se expuso en los párrafos anteriores, el tráfico a utilizarse seria de tipo mediano, por lo que el espesor de la base, según la tabla 90, debe ser de 18 cm.

Debido a la deficiencia de las propiedades mecánicas de la muestra obtenida del banco de materiales, se recomienda reforzar con grava.

- Capa sub-base

Se estimará el espesor por medio de la fórmula presentada en la sección 5.6.2, siendo los datos recolectados los siguientes:

$$T_{sb} = \left[\left(\frac{2T_c + T_g}{3} \right) - (S + B + L) \right] (Fd)$$

Donde:

$T_c =$

$T_g =$

$S =$ Espesor de carpeta de rodadura, 10 cm

$B =$ Espesor de capa base, 18 cm

$L =$ Cama de asentamiento, 3 cm

$Fd =$ Factor de incremento de espesor por mal drenaje, 1.00

Para el cálculo del espesor total del pavimento, se necesita la figura 35 en la sección 5.6.2., con referencia al CBR de la sub-rasante para escogerse un estimado, debido a que la sub-rasante del proyecto es 1.78%, se optó por la utilización de la tabla 89, aproximando el CBR obtenido al inmediato inferior; entonces se tiene que para un CBR de 1.5% se tendrá un espesor total de 61 cm.

En la estimación del espesor total del pavimento por medio del índice de grupo, se utilizó la figura 36, conjuntamente con el índice de grupo de la sub-rasante,

calculada en la sección 5.3.1.2., recordando que esta es 14; entonces, al realizar la intercepción del dato, con la curva del tráfico mediano, se obtiene un resultado de 49.

$$Tsb = \left(\frac{2(61) + (49)}{3} \right) \geq 61$$

$$Tsb = 57 \geq 61$$

El resultado obtenido es menor al espesor total del pavimento por medio del CBR de la sub-rasante, entonces, se toma el valor de 61 como resultado.

Se siguen sustituyendo los valores, quedando de la siguiente manera:

$$Tsb = [61 - (10 + 18 + 3)](1.00) = 30 \text{ cm}$$

En síntesis, se tiene que el espesor de la sub-rasante será de 30 cm.

Tabla 89. **Datos finales del pavimento de adoquín**

Capa sub-base	30 cm
Capa base	18 cm
Cama de asentamiento	3 cm
Adoquín	10 cm
Total	61 cm

Fuente: Elaboración propia

- **Bordillo**

Tendrá un alto de 35 cm, dejando por encima de los adoquines 15 cm, con un ancho de 10 cm; los eslabones fueron diseñados con varillas No. 2 a cada 20 cm, mientras que longitudinalmente, tendrá 2 varillas de acero No. 3. (Apéndice I)

- Llaves de confinamiento

Se le dará una distancia entre sí de 6 m, con una altura de 35 cm y un ancho de 10 cm, el armado está compuesto por varillas No. 2 para los eslabones a cada 20 cm, y 2 varillas No. 3 longitudinalmente. (Apéndice I)

En el apéndice G se encuentra un diseño de mezcla que se adecúa a las necesidades del proyecto, además el cálculo de las proporciones obtenidas, sirvieron para la cuantificación de materiales en el presupuesto.

- Pendiente transversal

Está pendiente generalmente se efectuará hacia los lados de la calle, partiendo del centro hasta llegar a los bordes donde empieza la banquetta de tal manera que las aguas pluviales se evacuaran por las orillas; esta será de por lo menos de 2.5%.

5.7. Planos del proyecto

Los planos constructivos que representan el diseño de la pavimentación de adoquín encuentran en el apéndice I; el listado es el siguiente:

- Planta general de adoquinado
- Planta curvas a nivel
- Planta y perfil de primera calle y primera avenida
- Planta y perfil de segunda y tercera calle
- Planta y perfil de cuarta y quinta calle, segunda avenida
- Planta y perfil curva vertical primera avenida
- Planta y perfil curva vertical quinta calle
- Detalles constructivos de adoquinamiento

5.8. Presupuesto

El costo total del proyecto, alcanzó un monto de Q. 1,282,777.24, el cual está conformado de la siguiente manera:

Tabla 90. **Resumen del presupuesto por renglón del diseño de pavimento de adoquín**

No.	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Trabajos preliminares	m	561.00	Q 5.11	Q 2,868.96
2	Corte de cajuela	m ³	2,188.00	Q 60.50	Q 132,368.31
3	Preparación de subrasante	m ²	3,366.00	Q 9.03	Q 30,397.91
4	Colocación y tendido de capa sub-base e=0.30 m	m ²	3,366.00	Q 57.41	Q 193,244.75
5	Colocación y tendido de capa base e=0.18 m	m ²	3,366.00	Q 44.29	Q 149,077.50
6	Colocación y tendido de arena e=0.03 m	m ²	3,366.00	Q 16.91	Q 56,914.94
7	Colocación de carpeta de rodadura	m ²	3,366.00	Q 141.79	Q 477,256.50
8	Llave transversal de confinamiento @ 6.00 m 0.10x0.35 m	m	543.00	Q 138.11	Q 74,996.35
9	Bordillo de concreto 0.10x0.35 m	m	1,122.00	Q 132.93	Q 149,145.77
10	Sello entre juntas	m ²	3,366.00	Q 3.58	Q 12,058.25
11	Limpieza final	m ²	3,366.00	Q 1.32	Q 4,448.00
Costo total del proyecto					Q 1,282,777.24

Fuente: Elaboración propia

5.8.1. Integración de precios unitarios

Tabla 91. Trabajos preliminares, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Trabajos preliminares	561.00	m	Q 5.11	Q 2,868.96

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Hilo de nylon	2.00	Rollo	Q 20.00	Q 40.00
Madera de pino rústica de 2"x3"x10'	90.00	Pt	Q 6.00	Q 540.00
Cal hidratada	12.00	Saco	Q 35.00	Q 420.00
Clavo de 3"	12.00	Lb	Q 7.00	Q 84.00
Sub-total materiales				Q 1,084.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Replanteo topográfico	0.56	km	Q 1,500.00	Q 840.00
Trazo y estaqueado	0.56	km	Q 250.00	Q 140.00
Sub-total mano de obra				Q 980.00
Total costo directo				Q 2,064.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 206.40
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 82.56
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 288.96
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 227.04
Total costo indirecto	Q 804.96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Corte de cajuela, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Corte de cajuela	2,188.00	m ³	Q 60.50	Q 132,368.31

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Retroexcavadora	176.00	Hora	Q 350.00	Q 61,600.00
Camion de volteo de 12 m ³	22.00	Dia	Q 1,400.00	Q 30,800.00
Sub-total maquinaria y/o equipo				Q 92,400.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	23.00	Dia	Q 123.00	Q 2,829.00
Sub-total mano de obra				Q 2,829.00
Total costo directo				Q 95,229.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 9,522.90
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 3,809.16
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 13,332.06
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 10,475.19
Total costo indirecto	Q 37,139.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. **Preparación de subrasante, diseño de pavimento de adoquín**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Preparación de subrasante	3,366.00	m ²	Q 9.03	Q 30,397.91

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Motoniveladora	24.00	Hora	Q 600.00	Q 14,400.00
Vibrocompactador	10.00	Hora	Q 350.00	Q 3,500.00
Cisterna	3.00	Día	Q 1,200.00	Q 3,600.00
Sub-total maquinaria y/o equipo				Q 21,500.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	3.00	Día	Q 123.00	Q 369.00
Sub-total mano de obra				Q 369.00
Total costo directo				Q 21,869.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 2,186.90
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 874.76
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 3,061.66
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 2,405.59
Total costo indirecto	Q 8,528.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Colocación y tendido de capa subbase e=0.30, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Colocación y tendido de capa sub-base e=0.30 m	3,366.00	m ²	Q 57.4108	Q 193,244.75

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Material selecto	1,262.00	m ³	Q 55.00	Q 69,410.00
Sub-total materiales				Q 69,410.00

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Motoniveladora	40.00	Hora	Q 600.00	Q 24,000.00
Vibrocompactador	40.00	Hora	Q 350.00	Q 14,000.00
Camion de volteo de 12 m ³	5.00	Día	Q 1,400.00	Q 7,000.00
Excavadora	40.00	Hora	Q 450.00	Q 18,000.00
Cisterna	5.00	Día	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Sub-total maquinaria y/o equipo				Q 69,000.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	5.00	Día	Q 123.00	Q 615.00
Sub-total mano de obra				Q 615.00
Total costo directo				Q 139,025.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 13,902.50
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 5,561.00
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 19,463.50
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 15,292.75
Total costo indirecto	Q 54,219.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 95. **Colocación y tendido de capa base e=0.18 m, diseño de pavimento de adoquín**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Colocación y tendido de capa base e=0.18 m	3,366.00	m ²	Q 44.2892	Q 149,077.50

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Material selecto	757.00	m ³	Q 55.00	Q 41,635.00
Sub-total materiales				Q 41,635.00

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Motoniveladora	40.00	Hora	Q 600.00	Q 24,000.00
Vibrocompactador	40.00	Hora	Q 350.00	Q 14,000.00
Camion de volteo de 12 m ³	5.00	Día	Q 1,400.00	Q 7,000.00
Retroexcavadora	40.00	Hora	Q 350.00	Q 14,000.00
Cisterna	5.00	Día	Q 1,200.00	Q 6,000.00
Sub-total maquinaria y/o equipo				Q 65,000.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	5.00	Día	Q 123.00	Q 615.00
Sub-total mano de obra				Q 615.00
Total costo directo				Q 107,250.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 10,725.00
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 4,290.00
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 15,015.00
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 11,797.50
Total costo indirecto	Q 41,827.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96. Colocación y tendido de arena e=0.03 m, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Colocación y tendido de arena e=0.03 m	3,366.00	m ²	Q 16.9088	Q 56,914.94

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Arena de río	132.00	m ³	Q 175.00	Q 23,100.00
Sub-total materiales				Q 23,100.00

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Motoniveladora	16.00	Hora	Q 600.00	Q 9,600.00
Retroexcavadora	16.00	Hora	Q 350.00	Q 5,600.00
Camion de volteo de 12 m ³	2.00	Dia	Q 1,200.00	Q 2,400.00
Sub-total mano de obra				Q 17,600.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	2.00	Dia	Q 123.00	Q 246.00
Sub-total mano de obra				Q 246.00
Total costo directo				Q 40,946.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 4,094.60
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 1,637.84
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 5,732.44
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 4,504.06
Total costo indirecto	Q 15,968.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Colocación de carpeta de rodadura, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Colocación de carpeta de rodadura	3,366.00	m ²	Q 141.7874	Q 477,256.50

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Adoquín tráfico mediano e=0.10 m	84,150.00	Unidad	Q 3.00	Q 252,450.00
Sub-total materiales				Q 252,450.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Colocación de adoquín	3,030.00	m ²	Q 30.00	Q 90,900.00
Sub-total mano de obra				Q 90,900.00
Total costo directo				Q 343,350.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 34,335.00
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 13,734.00
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 48,069.00
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 37,768.50
Total costo indirecto	Q 133,906.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98. **Llave transversal de confinamiento @ 6.00 m, diseño de pavimento de adoquín**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Llave transversal de confinamiento @ 6.00 m 0.10x0.35 m	543.00	m	Q 138.1148	Q 74,996.35

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Cemento UGC	173.00	Saco	Q 75.00	Q 12,975.00
Arena de río	9.69	m³	Q 175.00	Q 1,695.75
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	12.16	m³	Q 225.00	Q 2,736.00
Acero corrugado 3/8" grado 40	192.00	Varilla	Q 24.88	Q 4,776.96
Acero corrugado 1/4" grado 40	204.00	Varilla	Q 9.00	Q 1,836.00
Madera rústica	610.00	Pt	Q 6.00	Q 3,660.00
Clavo de 3"	25.00	Lb	Q 7.00	Q 175.00
Alambre de amarre	35.00	Lb	Q 7.00	Q 245.00
Sub-total materiales				Q 28,099.71

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Concretera	25.00	Día	Q 250.00	Q 6,250.00
Vibrador de concreto	25.00	Día	Q 100.00	Q 2,500.00
Sub-total materiales				Q 8,750.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Colocación y nivelacion de formaleta	543.00	ml	Q 10.00	Q 5,430.00
Armado de llave transversal	543.00	ml	Q 15.00	Q 8,145.00
Fundición de llave transversal	16.29	m³	Q 50.00	Q 814.50
Remoción de formaleta	543.00	ml	Q 5.00	Q 2,715.00
Sub-total mano de obra				Q 17,104.50
Total costo directo				Q 53,954.21

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 5,395.42
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 2,158.17
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 7,553.59
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 5,934.96
Total costo indirecto	Q 21,042.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99. **Bordillo de concreto 0.10x0.35 m, diseño de pavimento de adoquín**

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Bordillo de concreto 0.10x0.35 m	1,122.00	m	Q 132.9285	Q 149,145.77

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Cemento UGC	357.00	Saco	Q 75.00	Q 26,775.00
Arena de río	20.03	m³	Q 175.00	Q 3,505.25
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	25.13	m³	Q 225.00	Q 5,654.25
Madera rústica	1,560.00	Pt	Q 6.00	Q 9,360.00
Alambre de amarre	35.00	Lb	Q 7.00	Q 245.00
Acero corrugado 3/8" grado 40	374.00	Varilla	Q 24.88	Q 9,305.12
Acero corrugado 1/4" grado 40	474.00	Varilla	Q 9.00	Q 4,266.00
Clavo de 3"	45.00	Lb	Q 7.00	Q 315.00
Sub-total materiales				Q 59,425.62

Maquinaria y/o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Concretera	35.00	Día	Q 250.00	Q 8,750.00
Vibrador de concreto	35.00	Día	Q 100.00	Q 3,500.00
Sub-total maquinaria y/o equipo				Q 12,250.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Colocación y nivelacion de formaleta	1,122.00	ml	Q 10.00	Q 11,220.00
Armado de bordillo	1,122.00	ml	Q 15.00	Q 16,830.00
Fundición de bordillo	39.27	m³	Q 50.00	Q 1,963.50
Remoción de formaleta	1,122.00	ml	Q 5.00	Q 5,610.00
Sub-total mano de obra				Q 35,623.50
Total costo directo				Q 107,299.12

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 10,729.91
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 4,291.96
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 15,021.88
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 11,802.90
Total costo indirecto	Q 41,846.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Sello entre juntas, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Sello entre juntas	3,366.00	m ²	Q 3.5824	Q 12,058.25

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Arena de río	32.00	m ³	Q 175.00	Q 5,600.00
Sub-total materiales				Q 5,600.00

Mano de obra (incluye 41% prestaciones)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Ayudante	25.00	Día	Q 123.00	Q 3,075.00
Sub-total mano de obra				Q 3,075.00
Total costo directo				Q 8,675.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 867.50
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 347.00
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 1,214.50
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 954.25
Total costo indirecto	Q 3,383.25

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101. Limpieza final, diseño de pavimento de adoquín

Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total del renglón
Limpieza final	3,366.00	m ²	Q 1.32145	Q 4,448.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Retiro de material sobrante (2 peones)	2.00	Día	Q 200.00	Q 400.00
Camión de volteo	16.00	Hora	Q 175.00	Q 2,800.00
Sub-total mano de obra				Q 3,200.00
Total costo directo				Q 3,200.00

Gastos administrativos 10% (sobre el costo directo)	Q 320.00
Imprevistos 4% (sobre el costo directo)	Q 128.00
Utilidades 14% (sobre el costo directo)	Q 448.00
Impuestos 11% (IVA, ISR, ISO, sobre el costo directo)	Q 352.00
Total costo indirecto	Q 1,248.00

Fuente: Elaboración propia

5.8.2. Resumen del presupuesto

Tabla 102. Resumen de materiales, diseño de pavimento de adoquín

Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo directo
Hilo de nylon	2.00	Rollo	Q 20.00	Q 40.00
Cal hidratada	12.00	Saco	Q 35.00	Q 420.00
Clavos de 3"	82.00	Lb	Q 7.00	Q 574.00
Madera de pino rústica de 2"x3"x10'	90.00	Pt	Q 6.00	Q 540.00
Material selecto	2,019.00	m ³	Q 55.00	Q 111,045.00
Arena de río	193.72	m ³	Q 175.00	Q 33,901.00
Adoquín tráfico mediano e=0.10 m	84,150.00	Unidad	Q 3.00	Q 252,450.00
Cemento UGC	530.00	Saco	Q 75.00	Q 39,750.00
Piedrin triturado de 1/2" a 3/4"	37.29	m ³	Q 225.00	Q 8,390.25
Acero corrugado 3/8" grado 40	566.00	Varilla	Q 24.88	Q 14,082.08
Acero corrugado 1/4" grado 40	678.00	Varilla	Q 9.00	Q 6,102.00
Madera rustica	2,170.00	Pt	Q 6.00	Q 13,020.00
Alambre de amarre	70.00	Lb	Q 7.00	Q 490.00
TOTAL MATERIALES				Q 480,804.33
TOTAL MANO DE OBRA Y MAQUINARIA				Q 442,057.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103. **Gastos administrativos para 5 meses, diseño de pavimento de adoquín**

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Ingeniero	2	Q 150.00	Q 9,000.00	Q 45,000.00
Secretaria	1	Q 20.00	Q 600.00	Q 3,000.00
Contador	0.5	Q 30.00	Q 900.00	Q 4,500.00
Dibujante	1	Q 25.00	Q 750.00	Q 3,750.00
TOTAL				Q 56,250.00

ALQUILERES Y DEPRECIACIONES				
Plaza	Hora/día	Costo/hora	Costo/mes	Subtotal
Alquiler de local	1	Q 15.00	Q 450.00	Q 2,250.00
Energía eléctrica, internet, teléfono	1	Q 10.00	Q 300.00	Q 1,500.00
Depreciaciones de oficina	1	Q 5.00	Q 150.00	Q 750.00
Mantenimiento en general	1	Q 5.00	Q 150.00	Q 750.00
TOTAL				Q 5,250.00

OBLIGACIONES Y SEGUROS		
I.G.S.S. 10.67%	Q 56,250.00	Q 6,001.88
Prestaciones 41%	Q 56,250.00	Q 23,062.50
Seguros varios (5 meses)	Q 1,500.00	Q 7,500.00
TOTAL		Q 36,564.38

TOTAL	Q 98,064.38
% de costos directos	10%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 104. **Desglose de impuestos, diseño de pavimento de adoquín**

DESGLOSE DE IMPUESTOS	
Descripción	Total
Total de materiales	Q 480,804.33
Total de mano de obra y equipo	Q 442,057.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS	Q 922,861.33
Utilidad (14 % de costos directos)	Q 129,200.59
ISR (25% de utilidad)	Q 32,300.15
IVA (12% de mano de obra y utilidad)	Q 68,550.91
TOTAL	Q 100,851.06
% de costos indirectos	11%

Fuente: Elaboración propia

5.8.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tabla 105. Cronograma de ejecución físico y financiero, diseño de pavimento de adoquín

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL	% POR ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
1	Trabajos preliminares	561.00	m	Q 5.11	Q 2,868.96	0.22%																				
2	Corte de cajuela	2,188.00	m³	Q 60.50	Q 132,368.31	10.32%																				
3	Preparación de subrasante	3,366.00	m²	Q 9.03	Q 30,397.91	2.37%																				
4	Colocación y tendido de capa sub-base e=0.30 m	3,366.00	m²	Q 57.41	Q 193,244.75	15.06%																				
5	Colocación y tendido de capa base e=0.18 m	3,366.00	m²	Q 44.29	Q 149,077.50	11.62%																				
6	Colocación y tendido de arena e=0.03 m	3,366.00	m²	Q 16.91	Q 56,914.94	4.44%																				
7	Colocación de carpeta de rodadura	3,366.00	m²	Q 141.79	Q 477,256.50	37.20%																				
8	Llave transversal de confinamiento @ 6.00 m 0.10x0.35 m	543.00	m	Q 138.11	Q 74,996.35	5.85%																				
9	Bordillo de concreto 0.10x0.35 m	1,122.00	m	Q 132.93	Q 149,145.77	11.63%																				
10	Sello entre juntas	3,366.00	m²	Q 3.58	Q 12,058.25	0.94%																				
11	Limpieza final	3,366.00	m²	Q 1.32	Q 4,448.00	0.35%																				
					Q 1,282,777.24	100.00%																				

Fuente: Elaboración propia

5.9. Evaluación socio-económica

5.9.1. Valor presente neto (VPN)

Para esta estimación, se consideró que la municipalidad del Estanzuela, Zacapa, invertiría Q.1,282,777.24; asimismo para el mantenimiento de la obra, se prestarían los servicios de dos peones, con un sueldo de Q.2,607 cada uno, siendo este el salario mínimo según el acuerdo gubernativo 288-2016. El período de diseño utilizado es de 10 años.

Datos:

VPN = Valor presente neto

I = Inversión inicial, Q.1,282,777.24

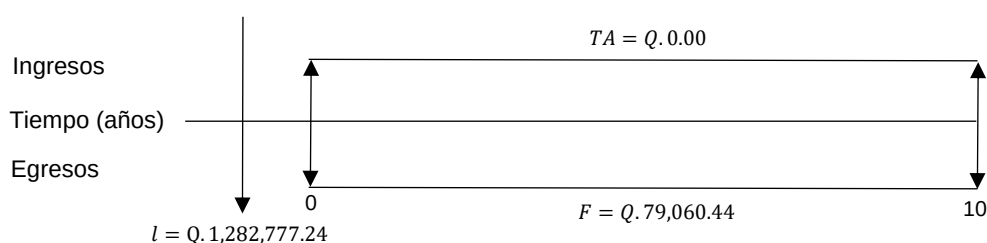
TA = Tarifa anual, Q.0.00

F = Costo de mantenimiento anual, Q. 62,568.00

i = Tasa de interés, 9.03%

n = Período de tiempo, 10 años

Figura 40. Diagrama VPN adoquín



Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned} VPN &= -Q.1,282,777.24 + Q.0.00 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{10} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{10}} \right) \\ &\quad - Q.62,568.00 \left(\frac{(1 + 0.0903)^{10} - 1}{0.0903(1 + 0.0903)^{10}} \right) \\ VPN &= -Q.1,683,787.56 \end{aligned}$$

Evaluando el resultado anterior, se determina que no se recuperará el dinero invertido; pero, considerando que es de infraestructura social, es conveniente la inversión.

5.10. Estudio de impacto ambiental

En el listado taxativo del acuerdo ministerial número 199-2016, los proyectos viales se encuentran en la categoría B1, siendo considerado de alto a moderado impacto ambiental.

Tabla 106. **Listado taxativo de pavimento de adoquín**

División 42	Evacuación de aguas residuales				
Descripción	Clase	A	B1	B2	C
Diseño, construcción y operación de carreteras y autopistas	4210		Todos		

Fuente: Listado taxativo del ministerio de ambiente y recursos naturales, acuerdo ministerial número 199-2016.

En la siguiente tabla se muestran medidas de mitigación para la reducción del impacto ambiental, que el ejecutor del proyecto deberá implementar en caso de provocar ciertos efectos.

Tabla 107. **Análisis del impacto ambiental de pavimento de adoquín**

Elemento	Efecto	Medida de mitigación
Suelo	Erosiones y otro tipo de alteraciones de las propiedades físicas del suelo.	• Utilización de mecanismos de estabilización física para prevención de la erosión. • Manejo de combustibles e hidrocarburos en lugares especiales.
Aire	Aumento de concentración de partículas atmosféricas, por utilización de maquinaria.	• Uso de equipos y maquinaria con niveles máximos de emisión, certificados por el fabricante. • Riego de caminos no pavimentados. • Sistema de humectación en sectores de excavación o movimiento de material
Hidrológico	Contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.	• Delimitación de áreas de trabajo para minimización de intervención de sectores aledaños. • Construcción durante estación seca. • Depósito de desechos de insumos en lugares fuera de riesgo.
Flora	Pérdida temporal y permanente de vegetación.	• Delimitación de áreas de trabajo para minimización de la vegetación. • Prescindir de residuos sólidos, líquidos y otro elemento nocivo para las plantas. • Prohibición de uso de fuego.
Fauna	Alteración del hábitat para especies de fauna.	• Delimitación del tránsito de personal.

Fuente: Elaboración propia

5.11. Especificaciones técnicas

- Remoción de la capa de rodadura existente

Consiste en retirar la capa de terreno natural, utilizando para ello tanto mano de obra como maquinaria. El material removido se encargará y transportará a predios comunales cercanos.

- Hechura de cajuela

Se debe realizar un estaqueo y nivelación respectivamente, para que su resultante sea un corte de una profundidad de 61 cm, siendo éste el grosor total del pavimento en cuestión.

- Preparación de la sub-rasante (DGC, 2001, Sección 302)

Primeramente, se debe realizar la limpieza de la vegetación pequeña existente en la superficie de la sub-rasante a reacondicionar, para permitir las labores de construcción; debe ser lo más homogénea posible, por lo cual se deberá retirar el material de mala calidad y reemplazarlo por otro de la calidad requerida.

A la sub-rasante se le dará el mismo perfil especificado para la superficie de los adoquines, de manera que al colocar la sub-base, pueda mantener un espesor uniforme en toda el área del pavimento.

- Sub-base (DGC, 2001, Sección 303)

En la colocación y tendido de esta capa, debe ser el volumen del material requerido por el diseño, sobre la sub-rasante, previamente preparada y reacondicionada. El material puede ser colocado en pilas por medio de camiones de volteo, formado camellones o con máquinas esparcidoras.

- Capa de base (DGC, 2001, Sección 304)

El material debe ser depositado sobre la sub-base respectivamente, previamente preparada y aceptada, ya sea directamente con camiones de volteo, tendiéndolo con motoniveladora o por medio de equipo especial que asegure su distribución en una capa de material uniforme y sin segregación en una sola operación y que lo acondicione en un ancho no menor de tres metros. El espesor de la capa a tenderse, no debe ser mayor de los 300 mm ni menor de 100 mm.

- Capa de rodadura de adoquines de concreto de cemento portland (Norma COGUANOR NTG 41086, 2012, p.17)

Tendrán un espesor uniforme de diez centímetros, cubriendo un ancho que sea igual a la separación que existe entre los bordillos a ambos lados de la calle.

Según el tipo de tráfico que vayan a soportar, los pavimentos de adoquín se dividen en varias categorías:

Clase A. Uso industrial y tránsito pesado. (280 kg/cm²)

Clase B. Uso en tránsito liviano (180 kg/cm²)

Clase C. Uso peatonal (150 kg/cm²)

En este caso se diseñó en base al adoquín de 180 kg/cm² clase B.

- Adoquines (Norma COGUANOR NTG 41086, 2012, pp.18-19)

Sobre la capa de arena se colocarán los adoquines, dejando entre ellos una separación de diez mm. En zonas o vías con pendientes mayores de 5%, la construcción del pavimento y la colocación de los adoquines, se hará preferiblemente de abajo hacia arriba, el sisado tendrá que ser a base de arena y cemento.

Una vez colocados los adoquines se iniciará de inmediato la compactación inicial utilizando una aplanadora de 10 a 12 toneladas, o una vibrocompactadora apropiada. El aplanado o la compactación debe hacerse de los lados hacia el centro, completándolo con pasadas en diagonal.

Después de la compactación inicial pueden resultar algunos adoquines partidos los cuales todavía son fáciles de extraer en esta etapa de la construcción y que deben ser reemplazados. Inmediatamente después de la compactación inicial se procederá al sellado de las juntas entre adoquines y posteriormente a la compactación final.

- Capa de arena (Norma COGUANOR NTG 41086, 2012, p.19)

La capa de arena se coloca directamente sobre la base; sirve de asiento a los adoquines y como filtro para el agua que eventualmente pueda penetrar por las juntas entre éstos.

La capa de arena debe ser de 30 mm de espesor y ser arena limpia de río. Desde que se tamiza la arena hasta la colocación de los adoquines sobre la capa de arena ya conformada, no sufrirá ningún proceso de compactación para que se pueda garantizar una densidad uniforme en toda la capa.

La capa de arena se colocará con un espesor uniforme en toda el área del pavimento, por lo cual no se podrá utilizar para compensar irregularidades o deficiencias en el nivel de la base. Si la arena ya colocada sufre algún tipo de compactación, se le dará varias pasadas con un rastrillo para devolverle la soltura y se enrasará de nuevo.

No se permitirá colocar adoquines sobre una capa de arena que haya soportado lluvia o escorrentía, lo que implicará tener que levantarla y reemplazarla por arena uniforme y suelta.

- Sello de junta (Norma COGUANOR NTG 41086, 2012, p.20)

El sello de arena está constituido por la arena que se coloca como relleno de las juntas entre los adoquines, sirve como sello de las mismas y contribuye al funcionamiento como un todo de los elementos de la capa de rodamiento. La arena con que se llenan las juntas estará libre de materia orgánica.

En el momento de su utilización, la arena para el sellado de las juntas estará lo suficientemente seca y suelta, como para que pueda penetrar por barrido dentro de las juntas.

El barrido se repetirá antes de, o simultáneamente con cada pasada del equipo vibro compactador y al final de la operación, de manera que las juntas queden totalmente llenas, hasta lograr la necesaria estabilidad del adoquinado.

- Confinamiento y drenaje (Norma COGUANOR NTG 41086, 2012, pp2 20-21)

El confinamiento consiste en evitar que los adoquines se desplacen lateralmente por empuje horizontal del tráfico vehicular. El confinamiento rodeará completamente el área del pavimento de adoquines y su estructura puede consistir en cunetas, bordillos, banquetas, muros o la estructura de otro pavimento y las llaves de confinamiento las cuales se colocarán a cada 6 m.

La estructura de confinamiento se construirá antes de colocar la capa de rodamiento y si no es así, se pondrá especial cuidado para no dañar los adoquines del borde, ni antes de, ni durante dicha actividad.

El drenaje es todo lo que contribuye a la recolección, conducción y evacuación del agua tanto de la superficie, como del interior del pavimento.

Al drenaje superficial corresponden las pendientes tanto longitudinales como transversales, cunetas, sumideros, etc. La pendiente transversal de una calle deberá ser 3%.

CONCLUSIONES

1. Se realizó la distribución de lotes y demás aspectos, bajo regulaciones establecidas por la Municipalidad de Estanzuela, además se tomaron en cuenta hábitos de vida, costumbres y necesidades.
2. Se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable y de alcantarillado sanitario, con la finalidad de presentar una solución técnica, que contribuirá a la lotificación El Guayabal, para el adecuado suministro de agua y la correcta evacuación de las aguas residuales.
3. Se aplicaron conocimientos de ingeniería para la elaboración del presupuesto del diseño de pavimentación de adoquín, compuesto por diversos renglones de trabajo convenientes al proyecto.
4. Por medio del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- de la carrera de Ingeniería Civil, se permitió representar al Centro Universitario de Oriente - CUNORI-, como una entidad que ambiciona aportar desarrollo hacia comunidades postergadas de la región.

RECOMENDACIONES

Para la Municipalidad de Estanzuela, Zacapa:

1. Efectuar monitoreo y supervisión constante en la ejecución del proyecto para verificar el cumplimiento de lo planificado.
2. Llevar a cabo el sistema de desinfección del agua, para potabilizarla y evitar patologías a los usuarios del servicio.
3. Crear un sistema de mantenimiento y limpieza de drenajes, así como también brindar educación a los residentes de la urbanización, para una buena utilización del servicio, evitando taponamientos que obstaculicen el tránsito de las aguas servidas de manera que se garantice el funcionamiento óptimo del proyecto.
4. Ejecutar planes de ordenamiento territorial y de desarrollo integral para la lotificación El Guayabal.
5. Realizar con prontitud las diligencias necesarias para obtener el financiamiento del presente proyecto, para concretarlo en el menor tiempo posible y evitar realizar ajustes a los presupuestos por la fluctuación de precios en los materiales, mano de obra y servicios profesionales.

Para la carrera de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Oriente:

1. Continuar su proyección y servicio social con la asistencia técnica profesional en la elaboración de proyectos, que vienen a resolver los problemas existentes en las comunidades postergadas del país concerniente a la carrera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES- (2010). *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala.
2. Aguilar Ruiz, Pedro, (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
3. AMANCO. (2016). *Información técnica de tuberías y listado de precios*. Guatemala.
4. Anón. (2016). *Criterios y lineamientos para factibilidades*. [En línea] Recuperado el 2 de noviembre de 2016 de: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf
5. Antillón Fernández, Hugo Alfredo, (2010). *Diseño de drenaje sanitario para la zona 4 de Tiquisate y pavimentación del tramo de la cabecera municipal hacia el parcelamiento Barriles, municipio de Tiquisate*. Escuintla. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
6. American Society of Civil Engineers -ASCE- 7-10 (2010), *Minimum Design Loads For Buildings And Other Structures*, Reston, Virginia, USA.
7. AWWA (2010). *Welded Steel Tanks for Water Storage*, ANSI/AWWA D100-05, American Water Works Association. Colorado, USA.

8. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio, (1989). *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
9. CARE Internacional-Avina (2012). *Programa unificado de fortalecimiento de capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. [PDF]
10. Chocontá Rojas, P. A., (2011). *Diseño geométrico de vías*. 2da ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
11. Comisión Guatemalteca de Normas -COGUANOR- NTG 41086, (2012). *Adoquines de concreto para pavimentos*. Guatemala.
12. Concejo municipal de Estandzuela, (2010). *Plan de desarrollo municipal –PDM- Estandzuela, Zacapa*. [PDF]
13. Contreras Paz, René Francisco, (2016). *Diseño de abastecimiento de agua potable caserío Olopita centro, aldea Olopita y sistema de alcantarillado sanitario, colonia Los Arcos, zona 1, ciudad de Esquipulas, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de ingeniería Civil.
14. Departamento de investigaciones y servicios meteorológicos -INSIVUMEH-, (2011). *Velocidades máximas del viento*. Guatemala.
15. Departamento Municipal de Agua –DEMPAGUA-, (2010). *Dotaciones de agua para viviendas del municipio de Estandzuela*. Municipalidad de Estandzuela, Zacapa. Guatemala.

16. Dirección General de Caminos -DGC-, (2001). *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala.
17. Dirección Municipal de Planificación –DMP-, (2010). *Caracterización aldea El Guayabal. Municipalidad de Estandzuela, Zacapa, Guatemala*. [PDF]
18. Escuela de Administración Pública de Castilla y León -ECLAP-, (2009). *Geometría de la carretera, perfiles longitudinales y transversal, rasante, secciones tipo*. [PDF]
19. Garnica López, Luis Fernando, (2013). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia Santa Cecilia y el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Nicolás, Estandzuela, Zacapa*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
20. Girón Wetjen, Rodolfo Ernesto, (1976). *Diseño de pavimentos de adoquín*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
21. Guerra Flores, Gilberto de Jesús, (2014). *Diseño de alcantarillado pluvial, cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable, aldea El Chagüite, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
22. Hernández Canales, Juan Carlos, (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
23. International Building Code -IBC- (2009). *West Flossmoor Road*. Illinois, USA.

24. Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala -ICCG-, (2014). *Guía de instalación de adoquines de concreto*. [PDF]
25. Instituto de Fomento Municipal – Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales, -INFOM – UNEPAR- (1997). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala.
26. Instituto Nacional de Estadística -INE- (2010). *Estimaciones y proyecciones de población*. Guatemala.
27. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, (2002). *Informe de intensidades de lluvia en Guatemala. Guatemala*.
28. Leclair, Raul, (2004). *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*. [PDF]
29. Lenntech BV. (2016). *¿Qué es la desinfección del agua?* [En línea] Recuperado el 17 de octubre de 2016: <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
30. Lemus Arroyo, Edy Aroldo (2015). *Diseño de pavimento rígido tramo carretero de caserío Montesinas hacia predio de basurero municipal y sistema de alcantarillado sanitario de la 3ª avenida zona 1 ciudad de Esquipulas, municipio de Esquipulas*. (Tesis de Licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
31. López Jerez, Sergio Anibal, (2003). *Mejoramiento de las calles del municipio de Patzicía, Chimaltenango*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

32. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. (11 de julio de 2016) *Acuerdo gubernativo número 137-2016*. DO: Diario de Centroamérica.
33. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. (14 de julio de 2016) *Acuerdo ministerial número 199-2016*. DO: Diario de Centroamérica.
34. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda -MICIVI-. (23 de diciembre de 2010) *Acuerdo gubernativo 379-2010*. DO: Diario de Centroamérica.
35. Montejo Fonseca, A., (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 2da ed. Colombia: Agora Editores.
36. Muñoz Cruz, Edy Guillermo, (2005). *Diseño de vivienda popular y lotificación de los cantones “El Paraíso y Candelaria” del municipio de Santiago Sacatepequez, Sacatepequez*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
37. Pineda Roca, Geraldo Iván, (2013). *Diseño pavimento rígido tramo hacia la piedra de Los Compadres, km 223+474.90 a km 226+244.00 carretera RN-18 y sistema de alcantarillado sanitario colonia San Mateo II, municipio de Esquipulas, departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
38. Pontaza Pivaral, Jorge Mauricio, (2009). *Diseño de alcantarillado sanitario y pavimentación de calles para el barrio Playa Blanca en el municipio de San Benito, Petén*. (Tesis de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

39. Quan Hidalgo, Jacobo, (2005). *Diseño de drenaje pluvial de las colonias Robles I y II y adoquinamiento de la colonia Robles I, San Juan Sacatepequez, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
40. Quijada Sagastume, Ramón Estuardo, (2004). *Estudio y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Las Brisas de la ciudad de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
41. Ramos Soberanis, Lorenzo Joel, (2003). *Diseño de pavimentos de adoquín y línea de construcción de agua potable para el cantón La Caridad, San Vicente Pacaya*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
42. Régil Monroy, Wanda Nohemí, (2013). *Determinar ventajas y desventajas, en el uso de azufre y almohadillas de neopreno para ensayos de cilindros de concreto a compresión*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
43. *Reglamento de construcción y urbanismo del municipio de Estandzuela, Zacapa*. 10 de junio de 2010. Guatemala.
44. Rodríguez Bocanegra, Dora Luisa, (2015). *Guía de diseño para urbanizaciones de viviendas unifamiliares*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

45. Rosal Cordón, Raul Emilio, (2016). *Diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Santa Cecilia y mejoramiento tramo carretero comprendido desde quebrada La Uva hacia la aldea San Nicolás, municipio de Estanduela, departamento de Zacapa*. (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.
46. Ruano Paz, Marco Antonio (1996). *Instructivo para pavimentación con adoquines de concreto en áreas rurales*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
47. Ruano Paz, Marco Antonio, (2011). *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la república de Guatemala*. (Tesis de Postgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
48. Secretaria de Comunicación y Transporte -SCT-, (1991). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. México.
49. Solsona, F., Méndez, J. P., (2002). *Desinfección del agua*. (1ra. Ed.). Perú: Los pinos.
50. SUBDERE, (2004). *Guía ambiental para proyectos de agua potable*. [PDF]
51. Vásquez Ruballos, Andrea Rocío, (2011). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Guayabal y carretera hacia el barrio Las Rositas, municipio de Estanduela, departamento de Zacapa*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.

52. Villafuerte Sosa, Willy Darwin, (2015). *Diseño de puente vehicular, caserio Los Horcones, aldea San Francisco y sistema de abastecimiento de agua domiciliar, aldea Las Cruces, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula*. (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente. Carrera de Ingeniería Civil.

APÉNDICE

APÉNDICE A	Libreta topográfica, proyecto de diseño de urbanización, aldea El Guayabal, Estanzuela, Zacapa
APÉNDICE B	Planos constructivos del diseño de urbanización
APÉNDICE C	Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable
APÉNDICE D	Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable
APÉNDICE E	Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario
APÉNDICE F	Planos constructivos del sistema de alcantarillado sanitario
APÉNDICE G	Diseño de mezcla para bordillos y llaves transversales
APÉNDICE H	Diseño de alineamiento vertical
APÉNDICE I	Planos constructivos de la pavimentación de adoquín

APÉNDICE A

Tabla A1. Libreta topográfica, proyecto de diseño de urbanización, aldea el Guayabal, Estanzuela, Zacapa.

EST.	P.O.	AZIMUT			DISTANCIA (m)	COORDENADAS TOTALES		COTA	OBSERVACIONES
		°	'	"		X	Y		
E0		-	-	-	-	1000.0	1000.0	100.0	E
E0	P0-1	42	39	23	7.03	995.27	994.86	101.24	ENTRADA
E0	P0-2	96	40	41	7.76	992.34	1000.90	100.75	ENTRADA
E0	P0-3	2	19	35	15.59	999.37	984.44	102.50	BORDE
E0	P0-4	249	50	52	20.11	1018.78	1006.89	97.93	CENTRO
E0	P0-5	242	5	10	21.61	1017.85	1009.46	97.88	LADO
E0	P0-6	257	3	4	20.07	1019.48	1004.48	98.11	LADO
E0	P0-7	206	49	22	6.7	1002.56	1005.06	99.31	LADO
E0	P0-8	305	15	5	6.87	1002.66	998.12	100.10	LADO
E0	P0-9	235	30	5	7.35	1002.64	1001.82	99.57	CENTRO
E0	P0-10	250	2	14	40.89	1037.40	1013.58	97.73	CENTRO
E0	P0-11	245	46	15	40.04	1036.37	1016.37	97.77	LADO
E0	P0-12	254	21	3	41.01	1038.47	1010.78	97.97	LADO
E0	P0-13	250	40	23	60.58	1056.44	1019.79	98.16	CENTRO
E0	P0-14	247	17	51	60.68	1055.04	1023.03	97.94	LADO
E0	P0-15	253	14	36	60.61	1057.63	1017.35	98.50	LADO
E0	P0-16	250	22	0	79.94	1074.81	1026.69	100.25	CENTRO
E0	P0-17	261	6	28	83.23	1082.20	1012.86	103.14	BORDE
E0	P0-18	252	33	3	76.37	1076.13	1023.93	101.07	BORDE
E0	P0-19	248	48	1	80.83	1074.49	1028.89	99.85	LADO
E0	P0-20	239	16	23	81.35	1069.34	1041.21	97.53	CENTRO
E0	P0-21	240	9	10	83.52	1072.43	1041.56	97.95	CENTRO
E0	P0-22	229	1	24	84.75	1063.91	1055.51	95.87	CENTRO
E0	P0-23	230	10	20	87.85	1067.40	1056.21	95.97	LADO
E0	P0-24	228	19	23	82.4	1061.47	1054.73	95.89	LADO
E0	P0-25	229	18	34	88.18	1066.79	1057.43	95.84	DESFOGUE
E0	P0-26	223	3	6	68.42	1046.64	1049.93	96.23	CENTRO
E0	P0-27	221	6	29	69.23	1045.46	1052.09	96.31	LADO
E0	P0-28	225	32	47	67.24	1047.93	1047.03	96.42	LADO
E0	P0-29	212	42	20	51.51	1027.78	1043.26	96.68	LADO
E0	P0-30	210	46	48	53.21	1027.18	1045.63	96.72	LADO
E0	P0-31	215	26	28	49.4	1028.59	1040.17	96.85	LADO
E0	P0-32	193	23	52	37.75	1008.73	1036.63	97.27	CENTRO
E0	P0-33	191	49	59	39.89	1008.16	1038.96	97.31	LADO
E0	P0-34	196	1	22	35.09	1009.66	1033.64	97.43	LADO
E0	P0-35	166	52	19	34.75	992.12	1033.79	98.00	LADO CANCHA
E0	P0-36	167	59	37	28.47	994.09	1027.78	98.06	LADO
E0	P0-37	167	32	1	31.32	993.25	1030.53	98.04	CENTRO
E0	P0-38	160	37	8	20.05	993.37	1018.86	98.52	CENTRO
E0	P0-39	153	41	53	20.07	991.12	1017.96	98.82	LADO
E0	P0-40	172	12	51	19.74	997.34	1019.48	98.29	LADO
E0	P0-41	160	58	37	40.07	986.95	1037.85	98.15	CENTRO
E0	P0-42	157	34	40	40.07	984.73	1037.01	98.34	LADO
E0	P0-43	166	16	8	39.91	990.54	1038.72	97.94	LADO
E0	P0-44	161	5	45	60.24	980.49	1056.98	98.50	CENTRO
E0	P0-45	158	18	2	60.64	977.58	1056.34	98.87	LADO
E0	P0-46	163	44	45	60.59	983.05	1058.15	98.24	LADO

Continuación tabla A1

E0	P0-47	164	29	48	56.74	984.84	1054.65	98.08	LADO CANCHA
E0	P0-48	165	16	37	74.9	981.17	1071.66	99.40	LADO
E0	P0-49	164	51	15	67.3	982.42	1064.95	98.66	CENTRO
E0	P0-50	180	27	42	60.87	1000.49	1060.81	97.23	LADO
E0	P0-51	178	24	8	68.8	998.08	1068.74	97.61	CENTRO
E0	P0-52	174	37	4	80.44	992.46	1080.09	99.27	LADO
E0	P0-53	183	36	26	73.7	1004.62	1073.31	97.33	CRUCE
E0	P0-54	185	58	31	68.09	1007.08	1067.66	96.97	CENTRO
E0	P0-55	187	34	28	63.07	1008.31	1062.45	96.93	LADO
E0	P0-56	191	43	15	75.97	1015.42	1074.32	96.75	LADO
E0	P0-57	193	48	29	71.79	1017.12	1069.64	96.66	CENTRO
E0	P0-58	197	17	17	68.91	1020.45	1065.72	96.53	LADO
E0	P0-59	206	44	30	84.48	1037.97	1075.36	95.98	LADO
E0	P0-60	204	54	27	87.17	1036.68	1078.98	95.93	CENTRO
E0	P0-61	203	34	33	89.59	1035.80	1082.04	95.99	LADO
E0	P0-62	211	41	28	104.54	1054.87	1088.88	95.53	LADO
E0	P0-63	214	53	31	101.3	1057.90	1083.02	95.49	LADO
E0	P0-64	214	53	31	101.7	1057.89	1083.01	95.43	LADO
E0	P0-65	213	31	23	102.65	1056.64	1085.50	95.36	CENTRO
E0	P0-66	183	32	36	73.71	1004.55	1073.53	97.33	LADO
E0	P0-67	180	7	30	79.62	1000.17	1079.61	98.38	CENTRO
E0	P0-68	178	21	1	83.83	997.59	1083.79	98.81	LADO
E0	P0-69	189	41	34	94.24	1015.87	1092.89	98.52	CENTRO
E0	P0-70	187	58	3	96.67	1013.40	1095.73	98.94	LADO
E0	P0-71	191	1	43	91.04	1017.41	1089.35	98.22	LADO
E0	P0-72	196	43	15	109.16	1031.41	1104.55	99.56	CENTRO
E0	P0-73	195	15	29	111.89	1029.45	1107.95	100.16	LADO
E0	P0-74	197	35	43	108.72	1032.87	1103.63	99.51	LADO
E0	P0-75	202	44	57	121.38	1046.94	1111.94	100.17	LADO
E0	P0-76	201	30	54	125.11	1045.88	1116.38	101.68	CENTRO
E0	P0-77	200	23	46	128.29	1044.70	1120.22	103.07	LADO
E0	P0-78	159	58	6	80.05	972.58	1075.21	100.62	CENTRO
E0	P0-79	161	51	32	80.2	975.03	1076.22	100.31	LADO
E0	P0-80	158	13	27	80.18	970.26	1074.46	101.11	LADO
E0	P0-81	160	51	16	92.49	969.67	1087.35	101.99	CENTRO
E0	P0-82	162	54	37	91.93	972.99	1087.85	101.86	LADO
E0	P0-83	159	8	36	92.99	966.95	1086.88	102.50	LADO
E0	P0-84	163	3	45	99.89	970.94	1095.53	102.73	CENTRO
E0	P0-85	163	47	13	96.32	973.06	1092.66	102.34	LADO
E0	P0-86	162	22	46	104.04	968.53	1099.10	103.71	LADO
E0	P0-87	168	15	55	107.63	978.13	1105.31	104.08	CENTRO
E0	P0-88	169	49	14	105.14	981.43	1103.41	104.10	LADO
E0	P0-89	167	30	4	109.76	976.27	1107.07	104.58	LADO
E0	P0-90	177	52	19	117.5	995.64	1117.29	105.54	CENTRO
E0	P0-91	177	3	42	119.54	993.88	1119.24	105.98	CENTRO
E0	P0-92	178	41	26	115.34	997.37	1115.21	105.48	LADO
E0	P0-93	195	5	30	130	1011.53	1129.35	106.04	CENTRO
E0	P0-94	185	57	48	128.4	1013.33	1127.57	106.00	LADO
E0	P0-95	184	30	13	131.9	1010.35	1131.35	106.18	LADO
E0	P0-96	189	19	44	139.79	1022.64	1137.81	106.06	CENTRO REDONDEL
E0	P0-97	188	31	55	141.32	1020.95	1139.62	106.23	LADO REDONDEL
E0	P0-98	189	57	31	137.6	1023.77	1135.40	106.13	LADO REDONDEL
E0	P0-99	192	7	56	142.7	1029.97	1139.41	106.08	LADO REDONDEL
E0	P0-100	188	22	29	145.82	1021.22	1144.14	106.15	LADO REDONDEL

Continuación tabla A1

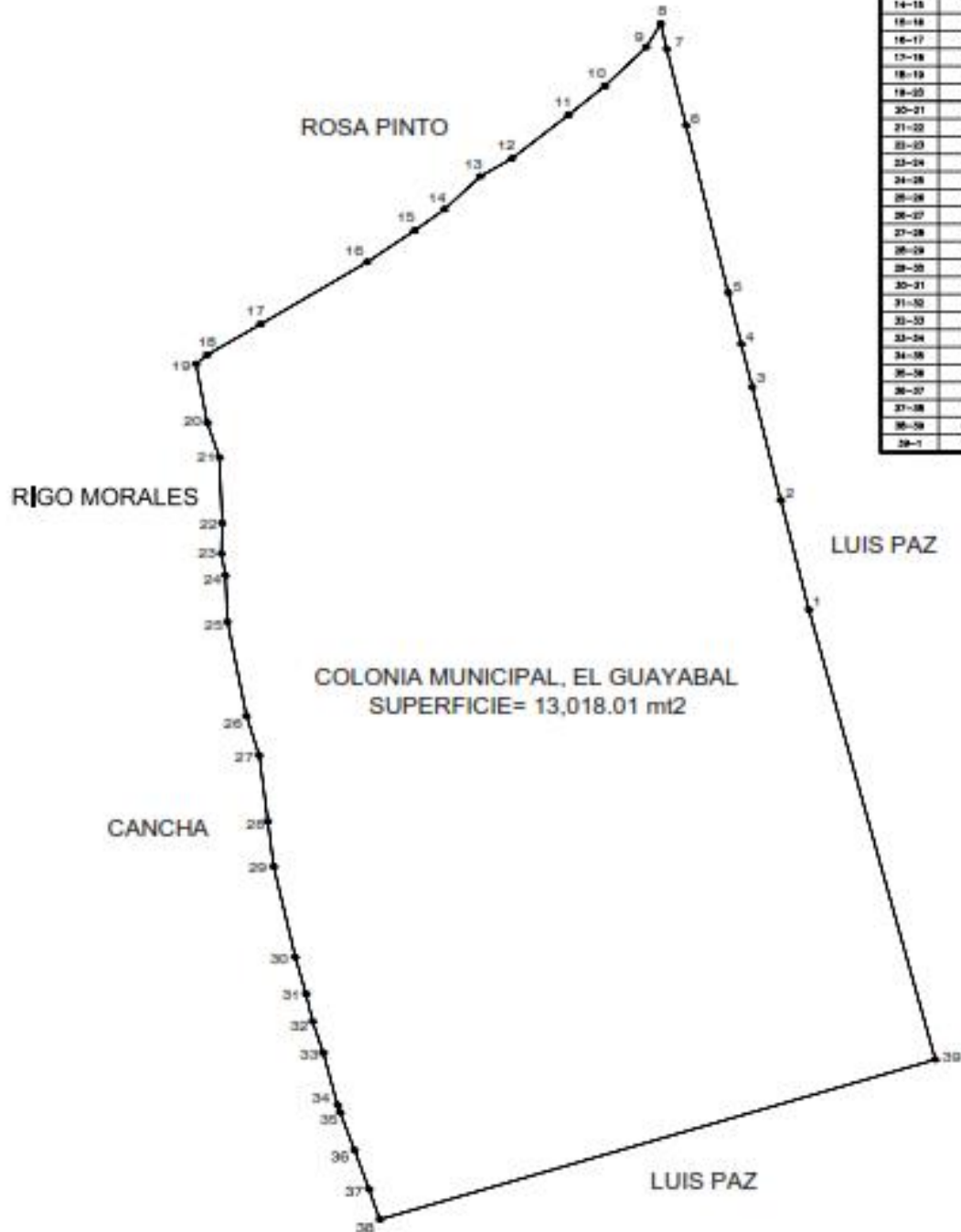
E0	P0-101	189	10	28	153.53	1024.46	1151.45	106.15	LADO REDONDEL
E0	P0-102	190	26	39	155.94	1028.25	1153.24	106.02	LADO REDONDEL
E0	P0-103	192	43	28	151.94	1033.44	1148.10	106.01	LADO REDONDEL
E0	P0-104	184	57	29	144.66	1012.41	1143.99	106.17	TANQUE ELEVADO
E0	P0-105	56	38	25	25.32	978.93	986.13	101.98	CENTRO
E0	E1	64	19	28	26.4	976.27	988.59	101.91	ESTACION
E1	P1-1	236	56	29	5.93	981.15	991.77	102.00	BORDE
E1	P1-2	274	46	0	10.95	987.13	987.69	102.26	BORDE
E1	P1-3	131	17	2	29.7	954.44	1007.76	100.91	CENTRO
E1	P1-4	132	42	9	80.95	916.80	1043.48	100.06	CENTRO
E1	E2	134	30	16	108.16	899.17	1064.38	99.00	ESTACION
E2	P2-1	160	45	47	34.14	887.93	1096.58	97.34	CENTRO CALLE
E2	P2-2	162	31	50	84.63	873.78	1145.06	95.87	CENTRO CALLE
E2	P2-3	163	4	43	107.38	867.93	1167.05	95.17	CENTRO CALLE
E2	P3-1	160	35	13	111.64	862.08	1169.61	95.02	CENTRO CALLE
E2	P3-2	158	59	8	131.74	851.95	1187.29	94.48	CENTRO CALLE
E2	E4	157	0	57	145.51	842.38	1198.27	94.21	ESTACION
E4	P4-1	107	0	26	8.44	834.31	1200.74	93.97	CENTRO CALLE
E4	P4-2	105	51	40	22.03	821.20	1204.29	93.47	CENTRO CALLE
E4	P4-3	100	33	25	42.84	800.28	1206.11	92.83	CENTRO CALLE
E4	E5	102	42	9	62.14	781.79	1211.93	92.50	CENTRO CALLE
E5	P5-1	135	7	22	13.19	772.48	1221.27	92.30	CENTRO CALLE
E5	P5-2	137	19	24	19.82	768.36	1226.49	92.13	CENTRO CALLE
E5	E6	140	44	49	28.27	763.90	1233.82	91.88	ESTACION
E6	P6-1	178	2	14	9.07	763.59	1242.86	91.39	CENTRO CALLE
E6	E7	171	48	48	60.94	755.23	1294.06	88.97	ESTACION
E7	P7-1	206	53	56	7.09	758.43	1300.35	88.29	CENTRO CALLE
E7	P7-2	200	42	55	31.03	766.16	1322.95	85.96	CENTRO CALLE
E7	E8	196	3	10	54.93	770.37	1346.66	84.28	ESTACION
E8	P8-1	13	59	27	6.48	767.56	1352.41	83.33	CENTRO CALLE
E8	P8-2	160	1	3	24.91	761.92	1369.90	81.32	CENTRO CALLE
E8	E9	153	49	22	40.4	752.63	1382.74	80.29	ESTACION
E9	P9-1	21	6	7	8.77	749.47	1374.56	80.54	CENTRO CALLE
E9	P9-2	27	36	38	40.56	733.83	1346.80	80.63	CENTRO CALLE
E9	E10	28	40	35	66.16	720.89	1324.70	81.15	ESTACION
E10	P10-1	69	54	35	8.05	713.33	1321.94	81.22	POZO

APÉNDICE B

Planos constructivos del diseño de urbanización

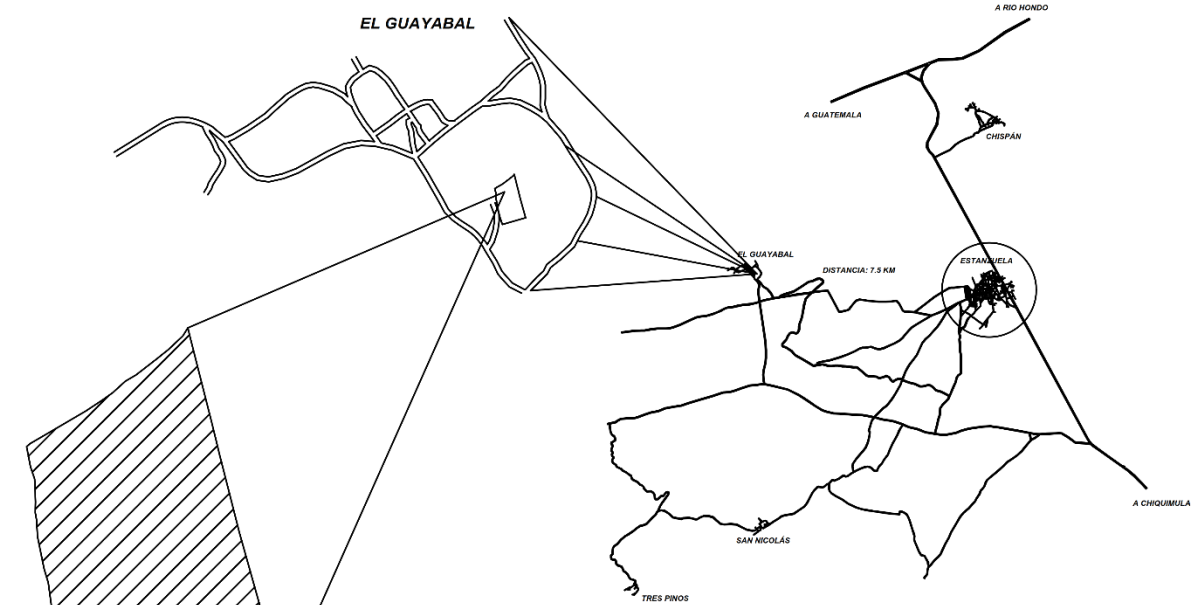
Plano 1.	Planta de registro
Plano 2.	Localización del proyecto
Plano 3.	Curvas a nivel
Plano 4.	Distribución de lotes

SUPERFICIE = 13,018.010 m2		
LADO	DISTANCIA	ACUMUL
1-2	11.886	3454751.19°
2-3	18.582	3454758.07°
3-4	6.854	3454758.07°
4-5	8.232	3454758.19°
5-6	26.723	3454714.32°
6-7	11.212	3454753.38°
7-8	4.284	3453728.87°
8-9	4.233	31172725.86°
9-10	8.815	25844723.47°
10-11	7.712	23722748.87°
11-12	11.732	23218736.10°
12-13	6.854	2457262.18°
13-14	7.549	2272418.07°
14-15	8.732	23427748.19°
15-16	6.785	23611736.07°
16-17	18.117	2393942.47°
17-18	9.241	2457743.23°
18-19	2.782	2371854.07°
19-20	9.244	16911743.37°
20-21	5.747	16032736.46°
21-22	10.186	17736713.47°
22-23	4.740	1811975.38°
23-24	3.443	16942747.49°
24-25	7.200	17736717.88°
25-26	14.879	16834747.37°
26-27	6.438	16211723.29°
27-28	10.310	17232736.37°
28-29	7.589	1723671.88°
29-30	14.419	16828748.46°
30-31	5.880	16232736.47°
31-32	4.414	16622723.87°
32-33	5.154	16122721.87°
33-34	8.284	16942743.29°
34-35	1.765	16042736.47°
35-36	6.245	1591746.17°
36-37	6.311	15944743.88°
37-38	4.867	16036754.07°
38-39	86.550	7754753.87°
39-1	73.484	34472723.07°



PLANO: DE REGISTRO

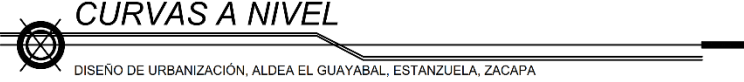
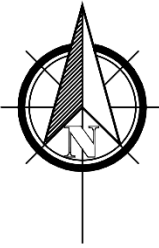
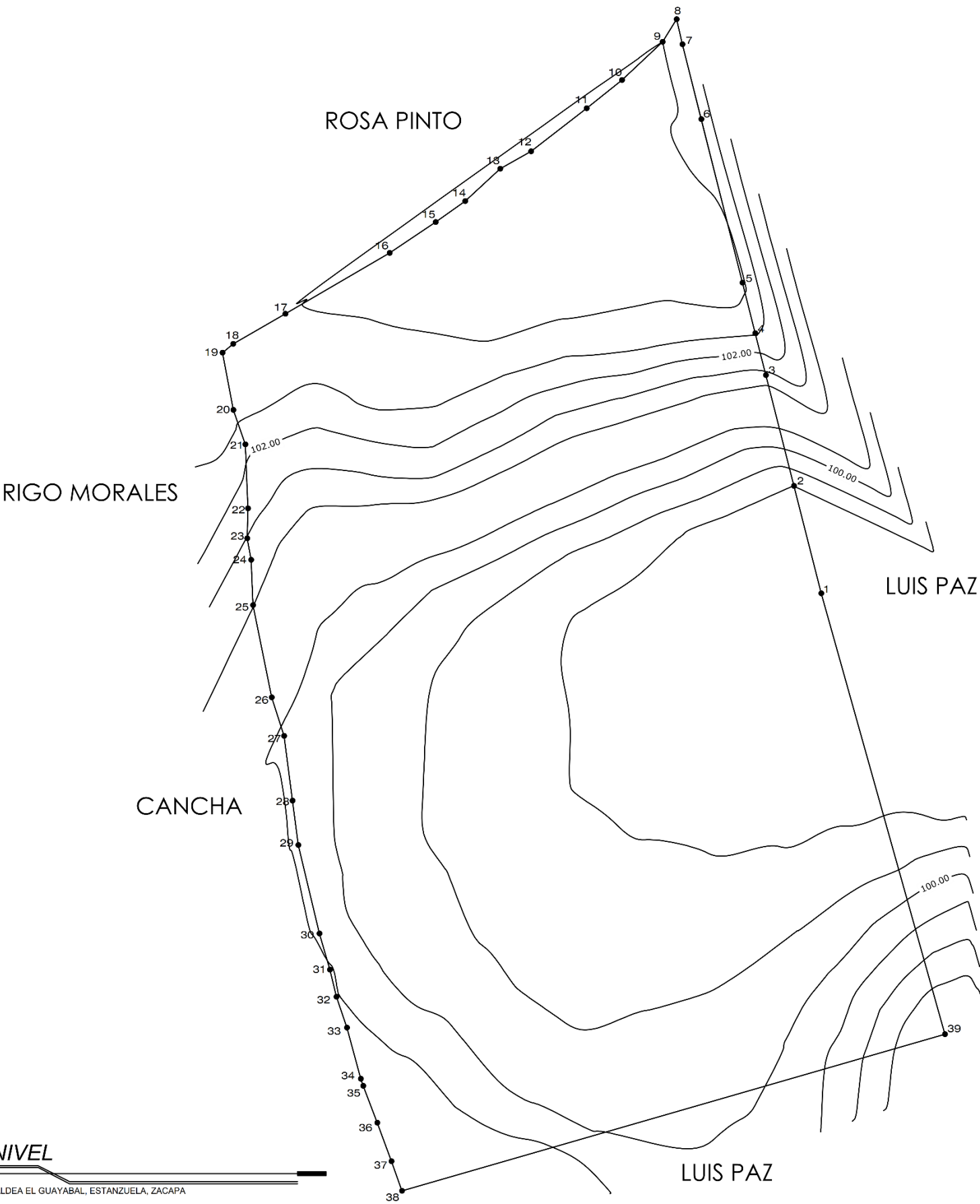
Fca.:	No.:	Fol.:
Lib.:	De: Zacapa	
UBICACIÓN: Aldea El Guayabal, Estanzuela, Zacapa		
OTORGANTE:		
ADQUIRIENTE:		
AREA:= 13,018.01 m2		
ESCALA: 1/1000		
FECHA: Marzo de 2017		
Libro:	Plano:	
Archivo:		



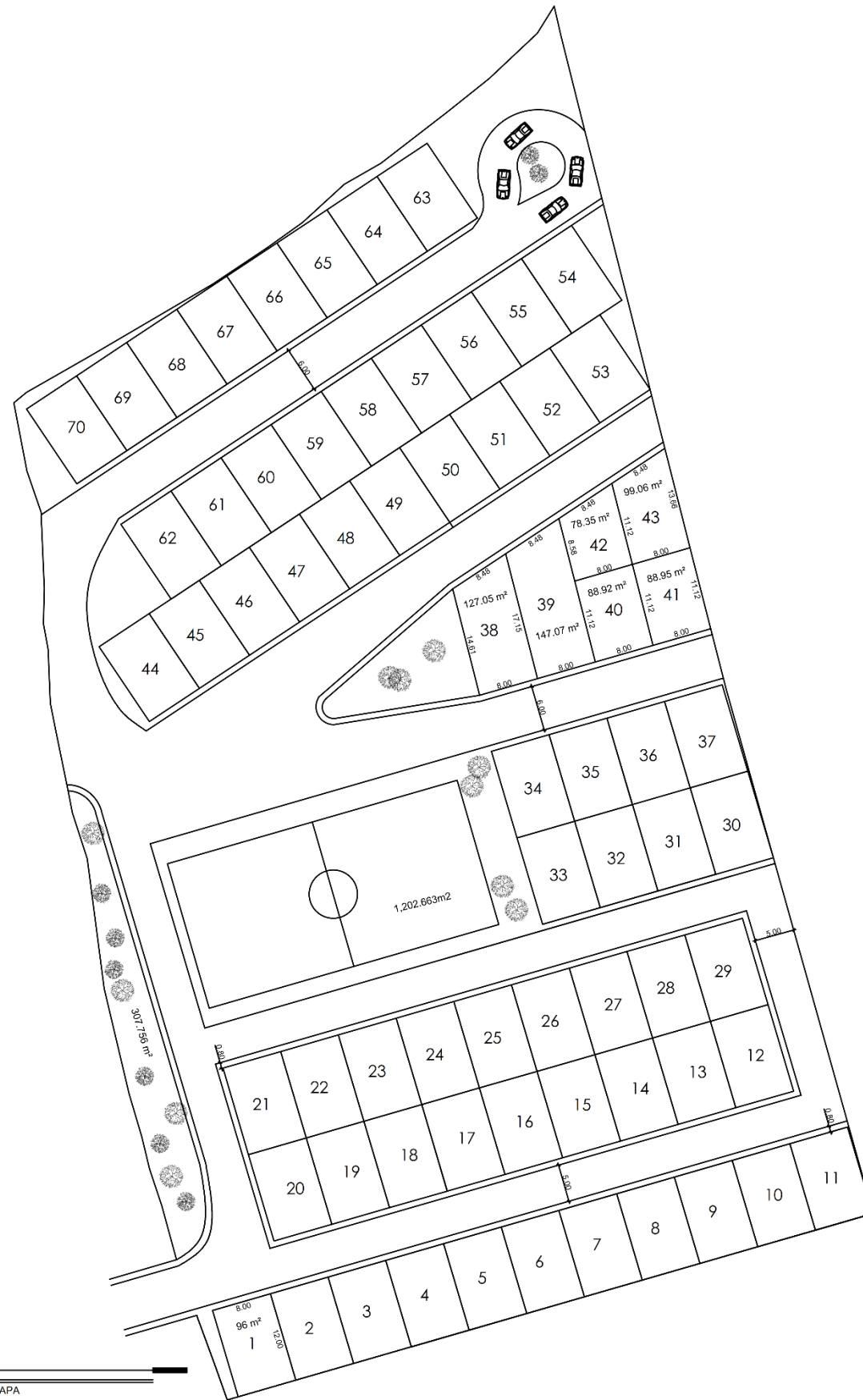
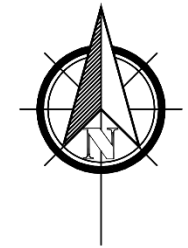
A number line with two scales. The top scale is labeled 'KILOMETROS' and has markings at 0, 3, and 6. The bottom scale is labeled 'MILLAS' and has markings at 0, 3, and 6. The line is divided into three equal segments by vertical tick marks. The first segment is from 0 to 3 on both scales. The second segment is from 3 to 6 on both scales. The third segment is from 6 to 9 on both scales.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
		PROYECTO: DISEÑO DE URBANIZACIÓN	
		CONTENIDO: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	
		(Empty space for additional content)	
ESCALA GRÁFICA  SIN ESCALA	DISEÑO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ CALCULO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ REVISÓ: ING. ELDER AVILDO RIVERA	SEPTIEMBRE 2017
_____ ING. ELDER AVILDO RIVERA ASESOR		_____ Vo. Bo.	
		HOJA 1 3	

SUPERFICIE = 13,018.010 m2		
LADO	DISTANCIA	AZIMUT
1-2	17.556	345°40'51.78"
2-3	18.082	345°46'38.03"
3-4	6.854	345°46'38.03"
4-5	8.252	345°54'59.78"
5-6	26.703	345°49'14.32"
6-7	12.212	345°54'53.38"
7-8	4.094	346°55'39.94"
8-9	4.233	211°42'20.86"
9-10	8.815	226°44'23.43"
10-11	7.172	231°23'46.80"
11-12	11.132	232°16'36.10"
12-13	5.604	240°26'2.18"
13-14	7.549	227°24'18.57"
14-15	5.732	234°37'46.74"
15-16	8.785	236°11'39.01"
16-17	19.117	239°38'42.47"
17-18	9.541	240°9'43.23"
18-19	2.192	230°19'54.00"
19-20	9.244	169°11'40.33"
20-21	5.747	160°53'36.46"
21-22	10.165	177°36'13.43"
22-23	4.740	181°19'3.38"
23-24	3.443	169°42'41.49"
24-25	7.200	177°35'17.58"
25-26	14.679	168°34'47.30"
26-27	6.438	162°11'23.59"
27-28	10.310	172°32'36.37"
28-29	7.089	172°36'1.08"
29-30	14.419	166°39'48.46"
30-31	5.960	163°39'25.62"
31-32	4.414	166°22'22.82"
32-33	5.154	161°27'21.83"
33-34	8.394	164°43'43.39"
34-35	1.188	160°42'35.43"
35-36	6.245	159°14'6.13"
36-37	6.511	159°44'40.88"
37-38	4.967	160°35'54.08"
38-39	89.500	73°54'23.86"
39-1	72.484	344°20'25.01"



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-	
	DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
	PROYECTO:	DISEÑO DE URBANIZACIÓN
	CONTENIDO:	DETALLES CONSTRUCTIVOS
ESCALA GRÁFICA 1:700	DISEÑO: SHERIL NICTE LOPEZ CHAVEZ	DIBUJO: SHERIL NICTE LOPEZ CHAVEZ
	CALCULO: SHERIL NICTE LOPEZ CHAVEZ	REVISO: ING. ELDER AVILDO RIVERA
ING. ELDER AVILDO RIVERA ASESOR		2017
		HOJA 2/3



DISTRIBUCIÓN DE LOTES
DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: DISEÑO DE URBANIZACIÓN		
	CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS		
ESCALA GRÁFICA 1:700	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
	CALCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER AVILDO RIVERA	
ING. ELDER AVILDO RIVERA ASESOR			HOJA 3/3

APÉNDICE C

Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable

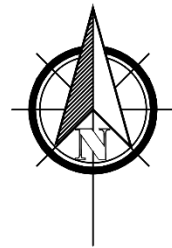
Tabla C-1 Diseño de la línea de distribución

Tramo		No. Casas	Longitud (m)	Ø Calculado	Ø Utilizado (plg)	Ø Real	Clase (PSI)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	hf	Cota piezométrica		Cota terreno		Presión dinámica		Presión estática		Observaciones
De	A										Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
1	2	0	17.34	2.90	2 1/2	2.655	160	1.7	0.476	0.068	116.16	116.092	116.16	106.064	0	10.028	0	10.096	
2	3	15	111.21	2.90	2 1/2	2.655	160	1.7	0.476	0.45	116.092	115.642	106.064	98.661	10.028	16.981	10.096	17.499	
3	4	14	86.57	1.31	1	1.195	160	0.35	0.484	0.89	115.642	114.752	98.661	101.682	16.981	13.07	17.499	14.478	
3	5	6	82.61	0.86	3/4	0.926	250	0.15	0.345	0.64	115.642	115.002	98.661	95.36	16.981	19.642	17.499	20.8	Tramo final
3	6	0	35.67	2.02	1 1/2	1.754	160	0.825	0.529	0.31	115.642	115.332	98.661	98.035	16.981	17.297	17.499	18.125	
6	7	13	78.98	1.26	1	1.195	160	0.325	0.449	0.72	115.332	114.612	98.035	95.871	17.297	18.741	18.125	20.289	
6	8	20	110.5	1.57	1 1/4	1.532	160	0.5	0.421	0.65	115.332	114.682	98.035	100.245	17.297	14.437	18.125	15.915	

APÉNDICE D

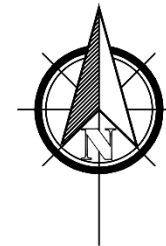
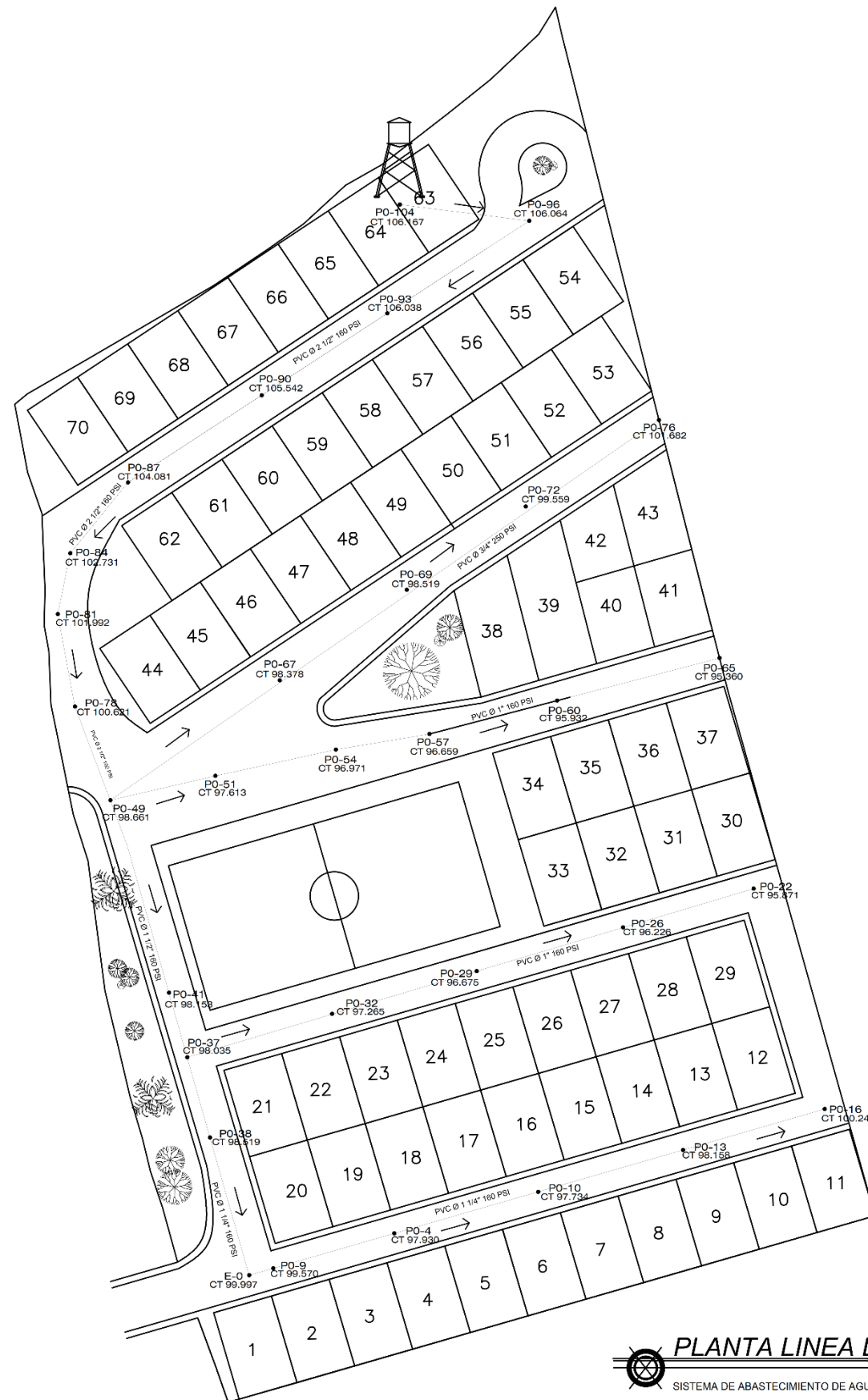
Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable

Plano 1.	Línea de conducción
Plano 2.	Línea de distribución
Plano 3.	Perfil de distribución tramo 1-2, 2-3 y 3-4
Plano 4.	Perfil de distribución tramo 3-5, 3-6
Plano 5.	Perfil de distribución tramo 6-7, 7-8
Plano 6.	Línea de conducción tramo 1 y 2
Plano 7.	Línea de conducción tramo 3 y 4
Plano 8.	Línea de conducción tramo 5
Plano 9.	Tanque de distribución
Plano 10.	Caseta de bombeo
Plano 11.	Conexión domiciliar y válvula de compuerta



PLANTA LINEA DE CONDUCCIÓN
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
	CONTENIDO: PLANTA LINEA DE CONDUCCIÓN		
	ESCALA GRÁFICA: 1:1150	DISEÑO: SHIRLENNICÉ LÓPEZ CHAVEZ CALCULO: SHIRLENNICÉ LÓPEZ CHAVEZ	DIBUJO: SHIRLENNICÉ LÓPEZ CHAVEZ REVISO: ING. ELDER AVILDO RIVERA HOJA 1 11
ING. ELDER RIVERA ASESOR		Vo. Bo. SEPTIEMBRE 2017	



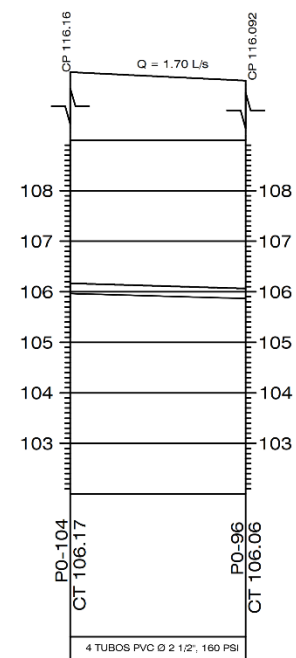
PLANTA LINEA DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO:		PLANTA LINEA DE DISTRIBUCIÓN	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO:	DIBUJO:	SEPTIEMBRE 2017
1:700	SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	
	CALCULO:	REVISO:	
	SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	ING. ELDER AVILDO RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 2/11

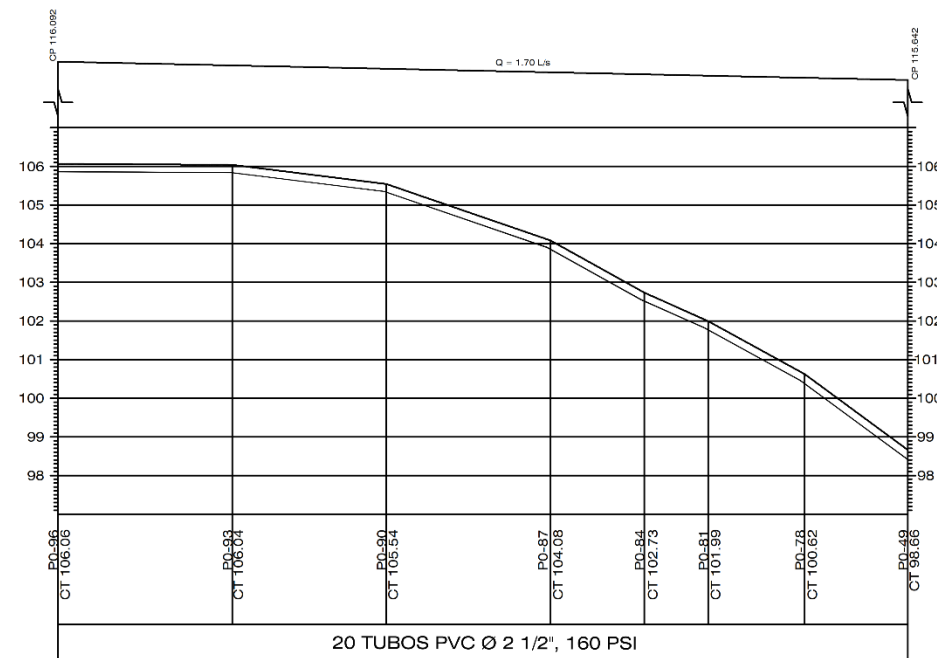
PLANTA TRAMO 1-2

ESCALA HORIZONTAL 1:650



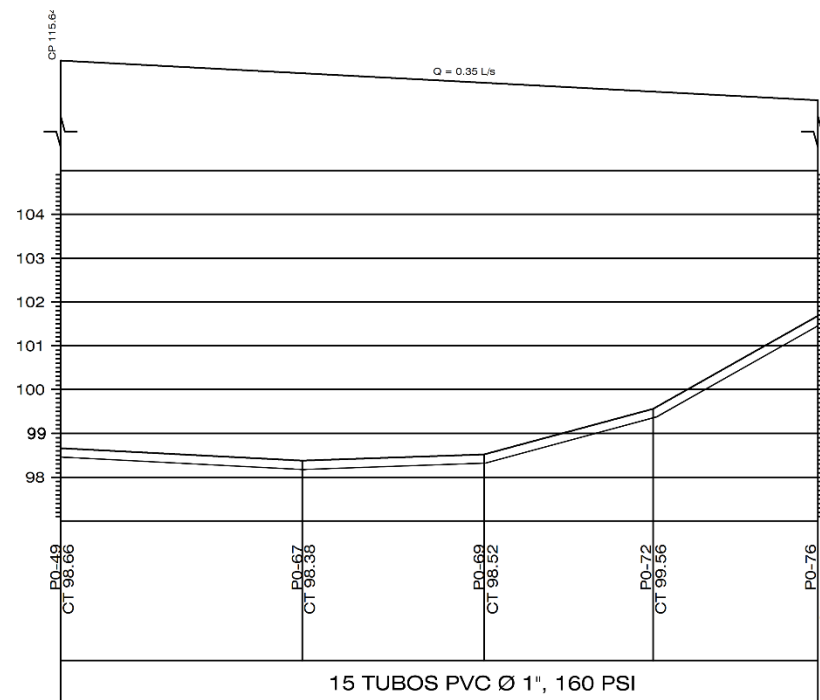
PERFIL TRAMO 1-2

ESCALA HORIZONTAL 1:650
ESCALA VERTICAL 1:130



PERFIL TRAMO 2-3

ESCALA HORIZONTAL 1:800
ESCALA VERTICAL 1:160

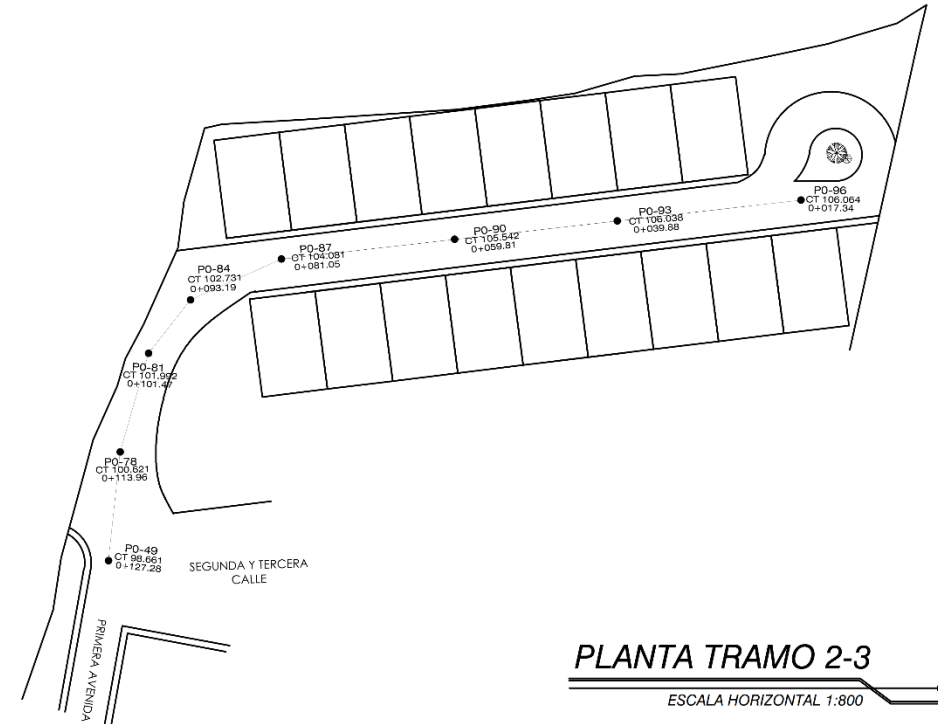


PERFIL TRAMO 3-4

ESCALA HORIZONTAL 1:750
ESCALA VERTICAL 1:150

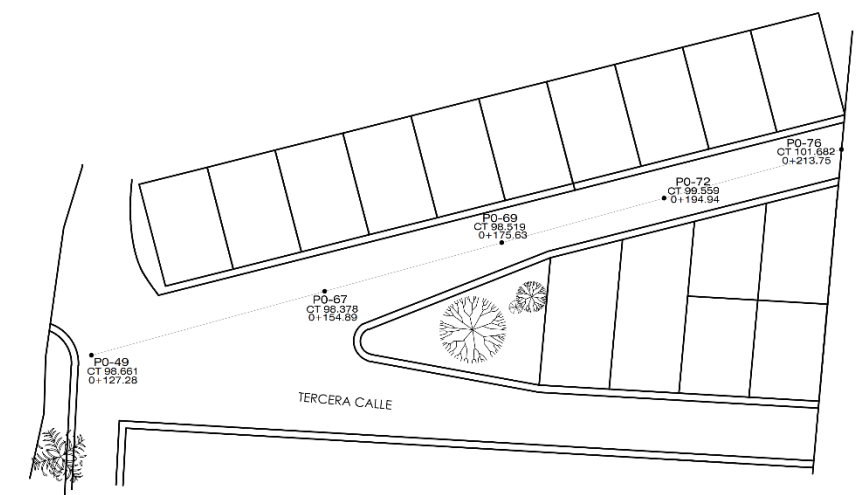
PLANTA TRAMO 2-3

ESCALA HORIZONTAL 1:800

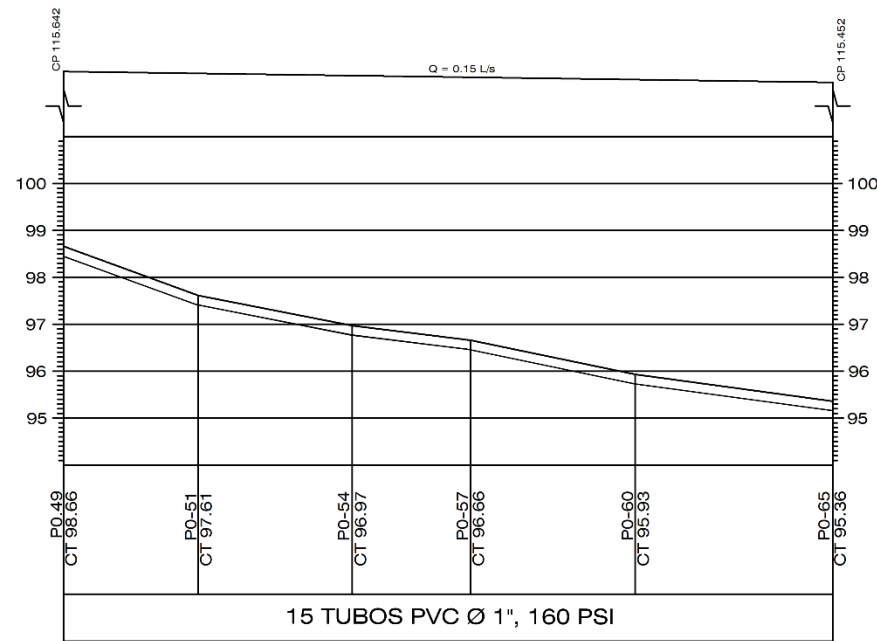


PERFIL TRAMO 3-4

ESCALA HORIZONTAL 1:750



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-	
DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		PROYECTO:	
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		CONTENIDO:	
PLANTA PERFIL DISTRIBUCION TRAMOS 1-2, 2-3, 3-4		SEPTIEMBRE 2017	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	HOJA
INDICADA	CA/CLAVO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER AVALO RIVERA	3
ING. ELDER RIVERA ASESOR		Vo. Bo.	
		11	



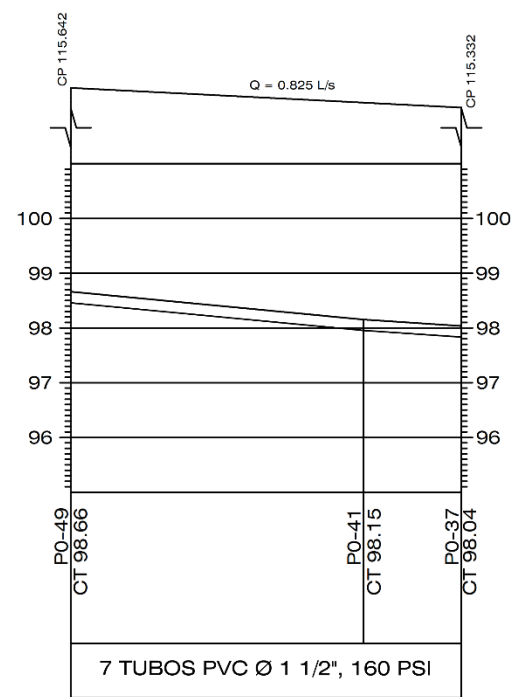
PERFIL TRAMO 3-5

ESCALA HORIZONTAL 1:700
ESCALA VERTICAL 1:140



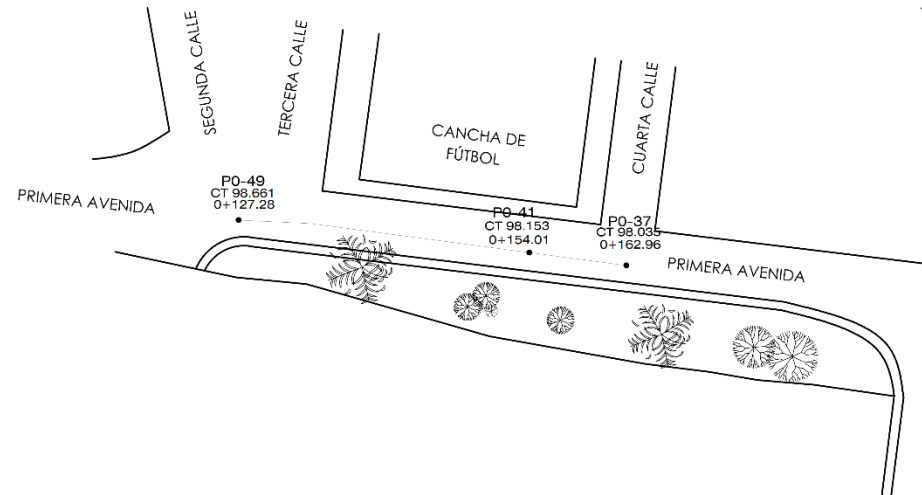
PLANTA TRAMO 3-5

ESCALA HORIZONTAL 1:700



PERFIL TRAMO 3-6

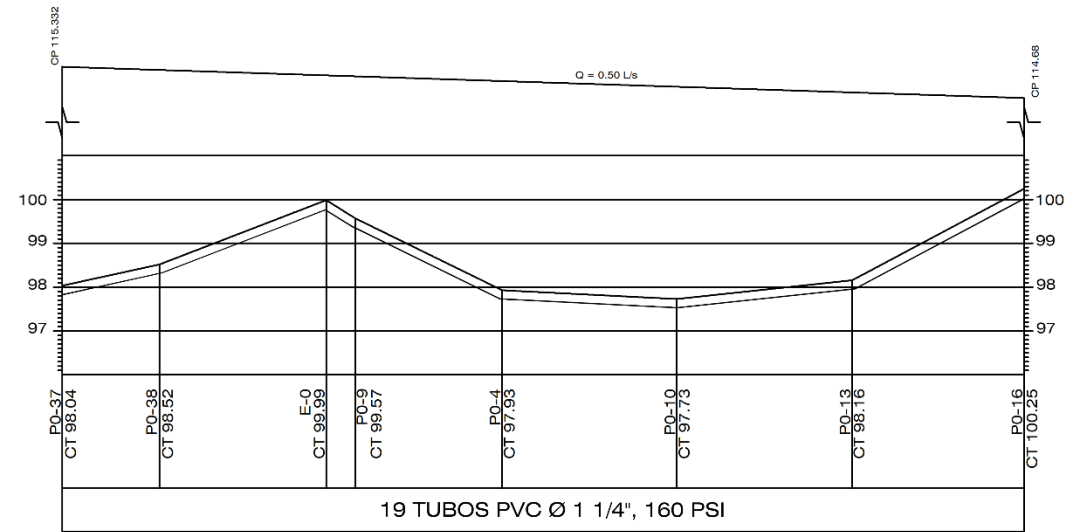
ESCALA HORIZONTAL 1:650
ESCALA VERTICAL 1:130



PLANTA TRAMO 3-6

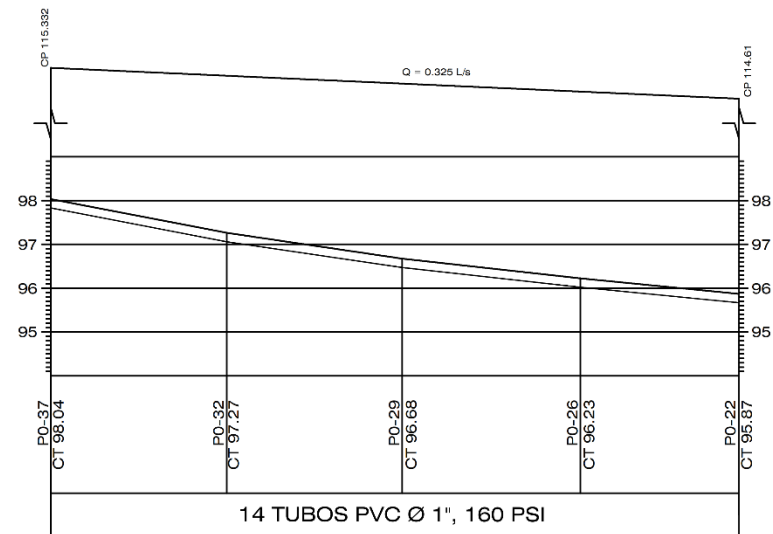
ESCALA HORIZONTAL 1:650

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNOR-		
	DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
PROYECTO:		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO:		PLANTA PERFIL DISTRIBUCION TRAMOS 3-5 Y 3-6	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CALCULO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	HOJA
ING. ELDER RIVERA ASESOR		Vo. Bo.	
		4/11	



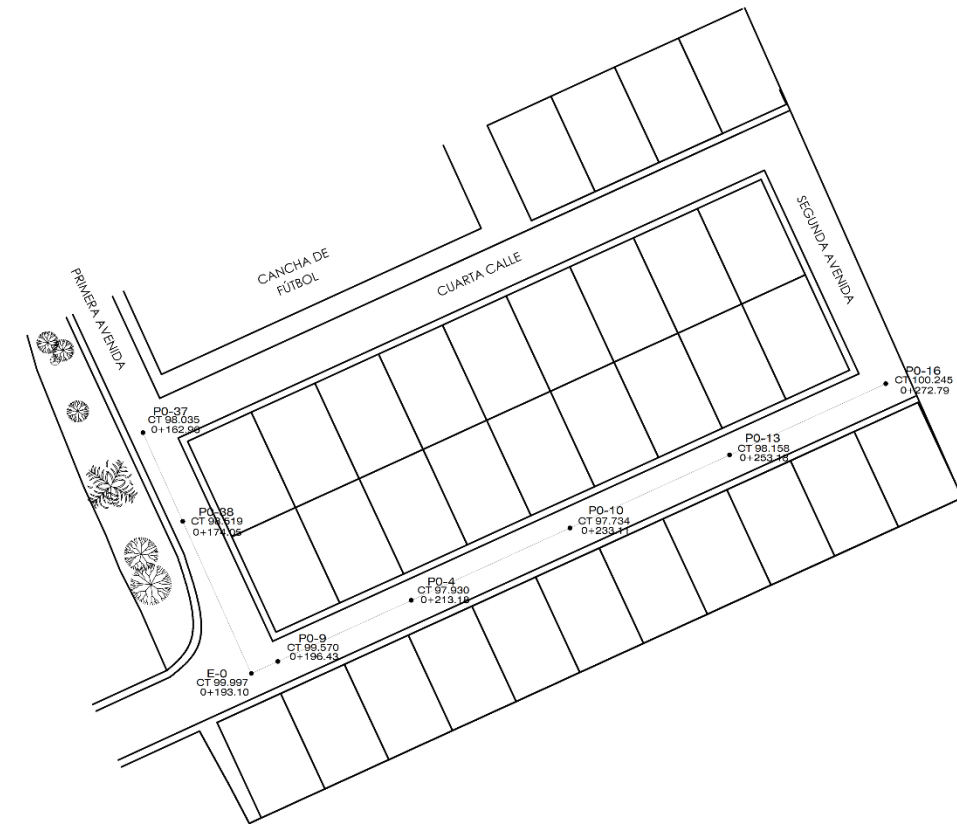
PERFIL TRAMO 7-8

ESCALA HORIZONTAL 1:750
ESCALA VERTICAL 1:150



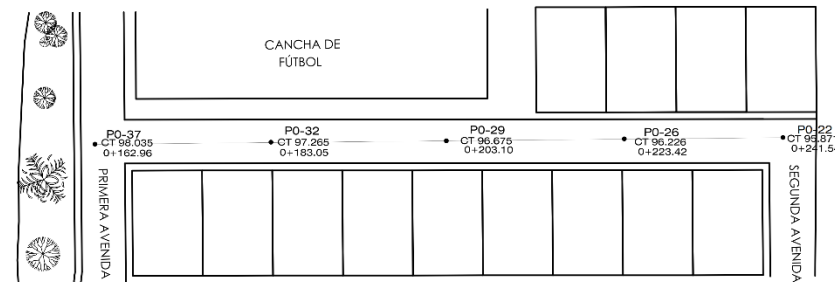
PERFIL TRAMO 6-7

ESCALA HORIZONTAL 1:750
ESCALA VERTICAL 1:150



PLANTA TRAMO 7-8

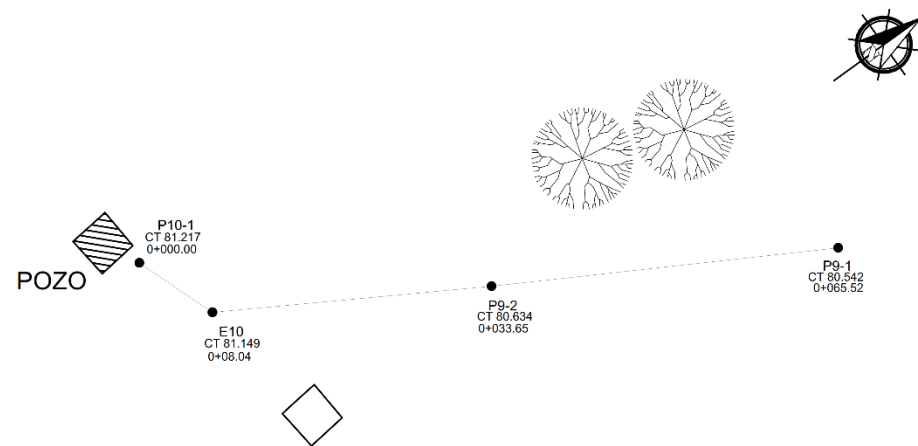
ESCALA HORIZONTAL 1:750



PLANTA TRAMO 6-7

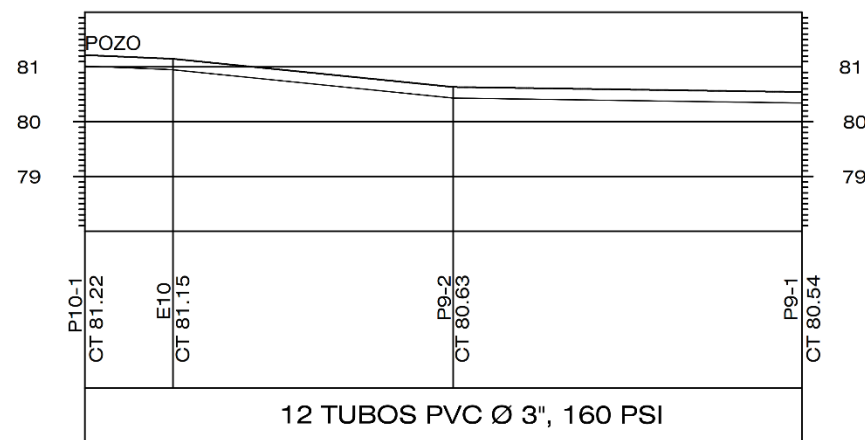
ESCALA HORIZONTAL 1:750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI) DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CONTENIDO: PLANTA PERFIL DISTRIBUCION TRAMOS 6-7 Y 7-8		
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	DEBIDO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CALCULO: SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	REVISO: ING. ELDER RIVERA	HOJA 5/11
ING. ELDER RIVERA ASESOR			Vo. Bo.



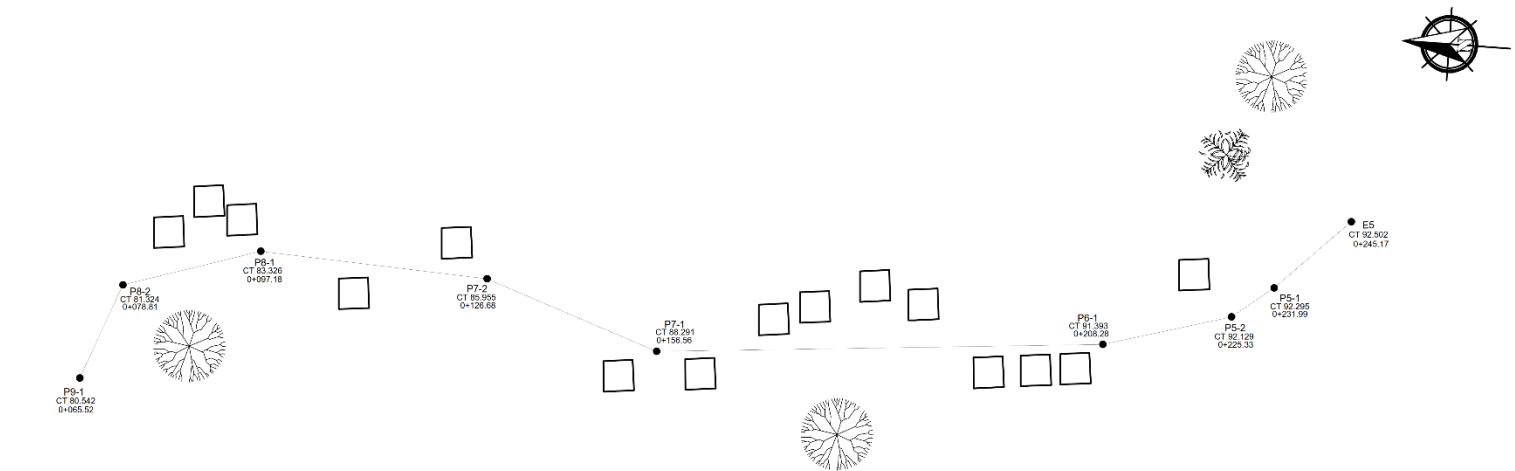
PLANTA TRAMO 1

ESCALA HORIZONTAL 1:600



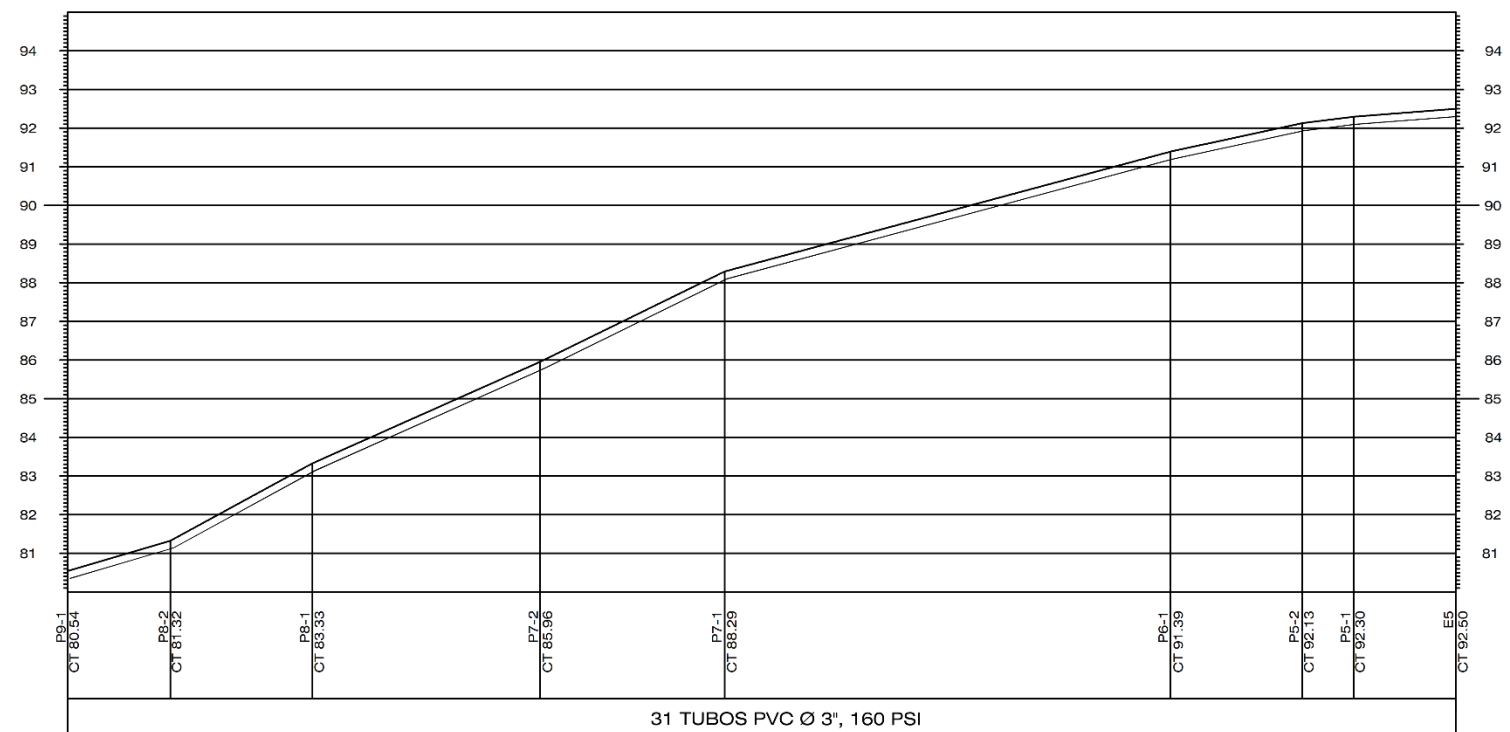
PERFIL TRAMO 1

ESCALA HORIZONTAL 1:600
ESCALA VERTICAL 1:120



PLANTA TRAMO 2

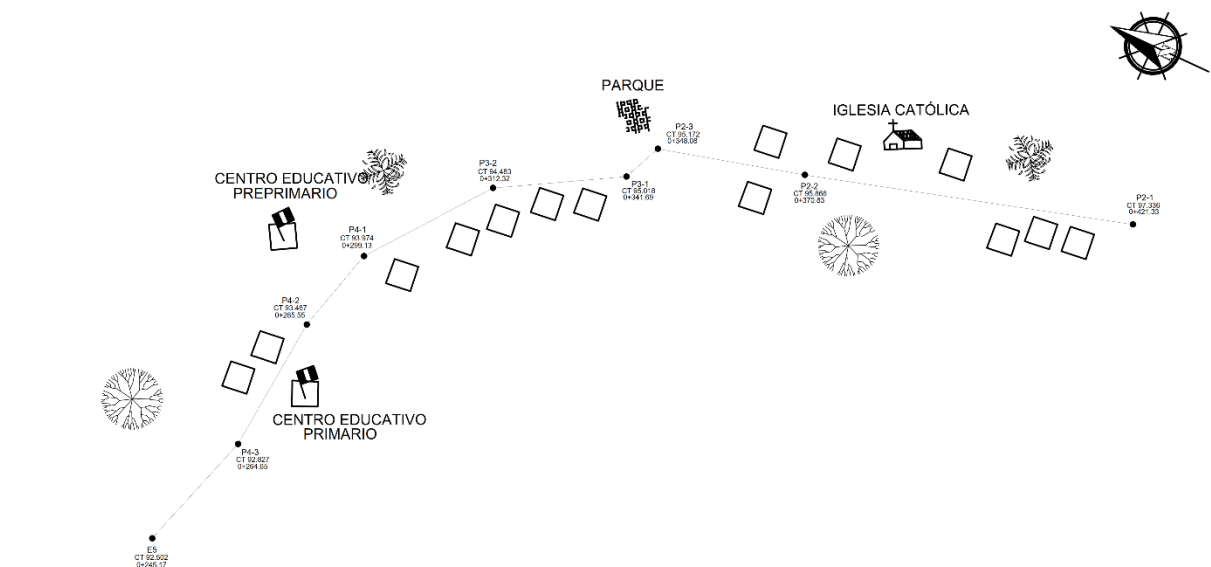
ESCALA HORIZONTAL 1:800



PERFIL TRAMO 2

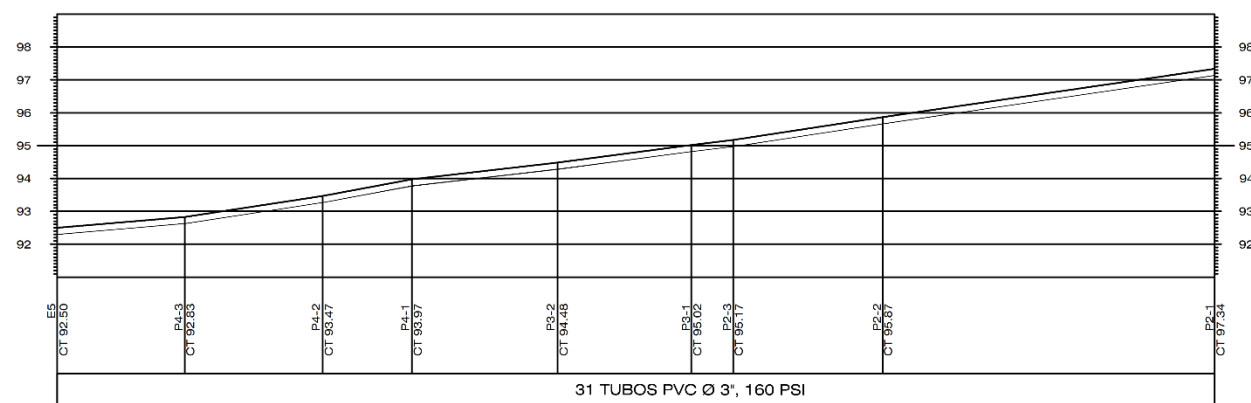
ESCALA HORIZONTAL 1:800
ESCALA VERTICAL 1:160

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI	
		DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO:		PLANTA PERFIL CONDUCCION TRAMO 1 Y 2	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	DIBUJO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CALCULO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 6 11



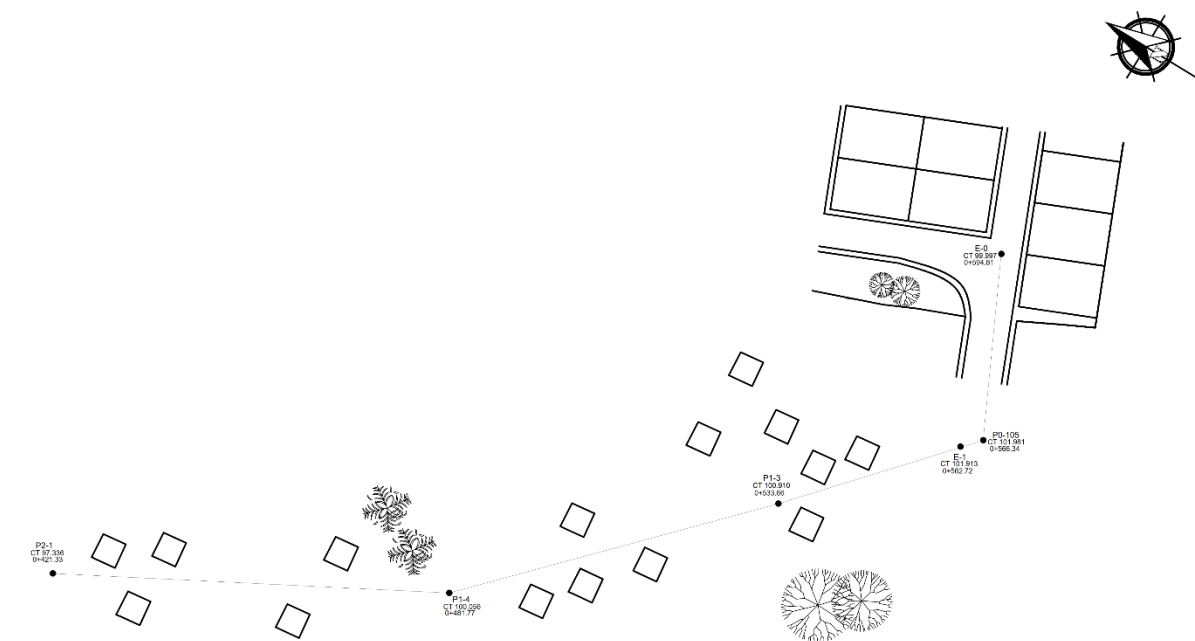
PLANTA TRAMO 3

ESCALA HORIZONTAL 1:1000



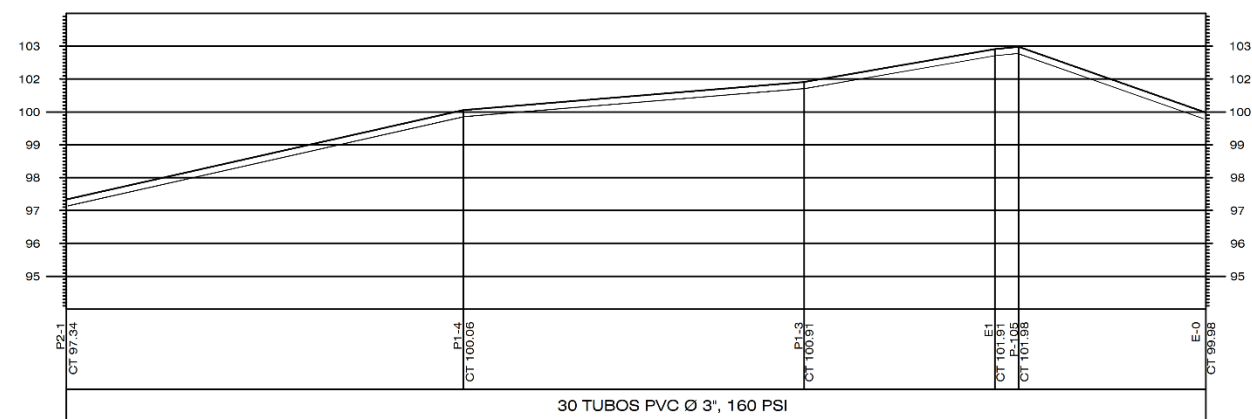
PERFIL TRAMO 3

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200



PLANTA TRAMO 4

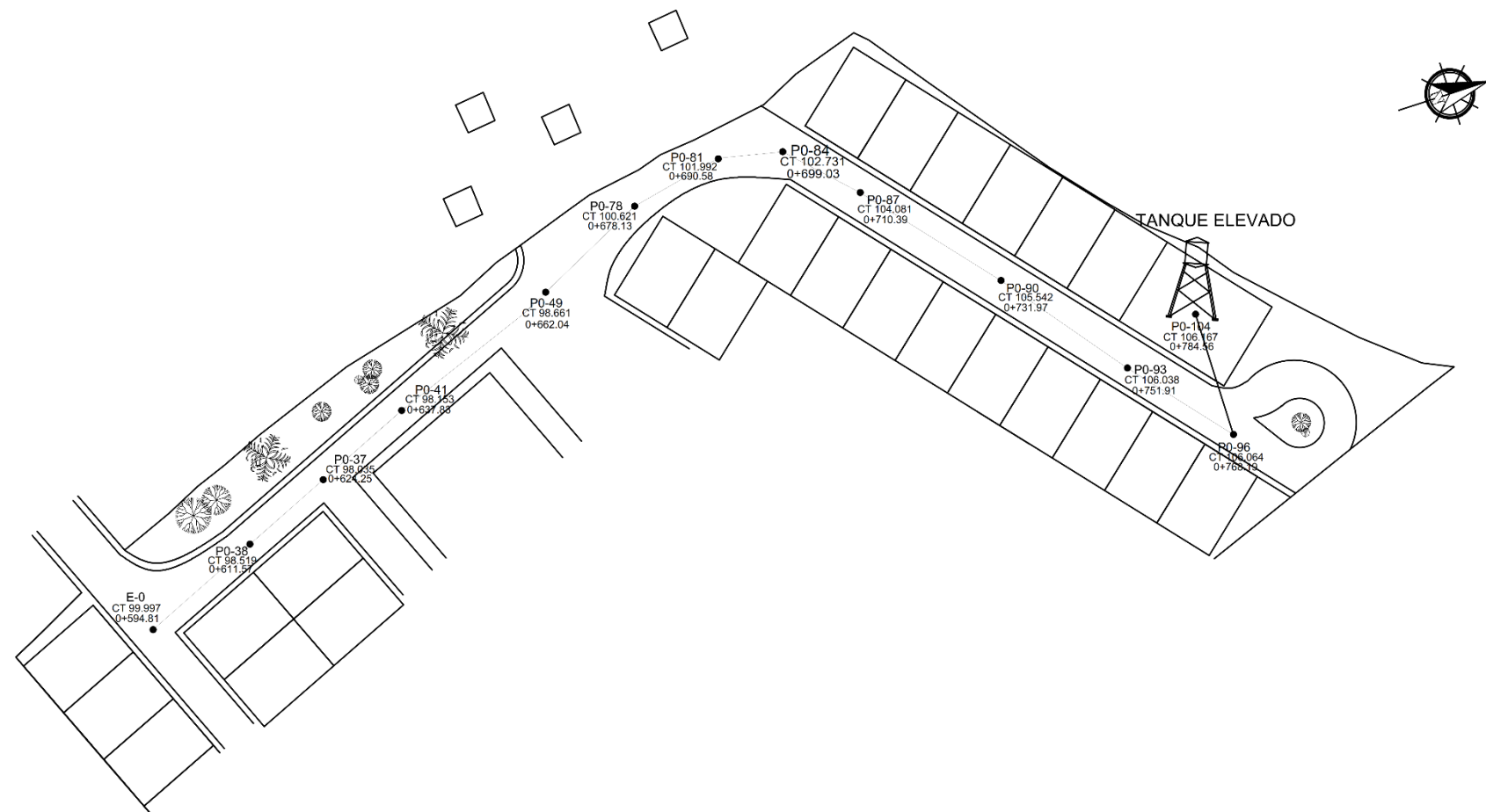
ESCALA HORIZONTAL 1:1000



PERFIL TRAMO 4

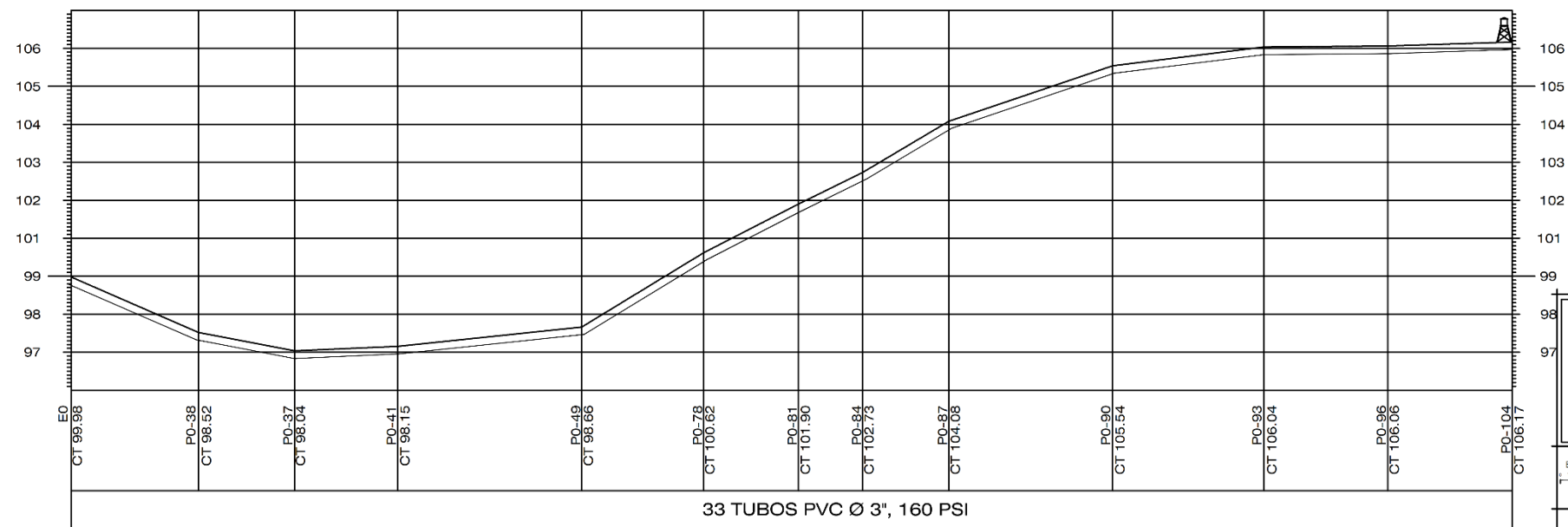
ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:200

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI		
	DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
	CONTENIDO: PLANTA PERFIL CONDUCCION TRAMO 3 Y 5		
ESCALA GRÁFICA 1:1000	DISEÑO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	DEBÚJO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CÁLCULO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 7 11



PLANTA TRAMO 5

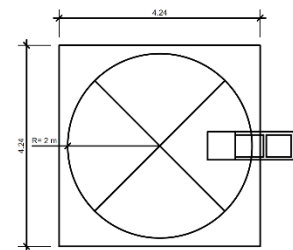
ESCALA HORIZONTAL 1:750



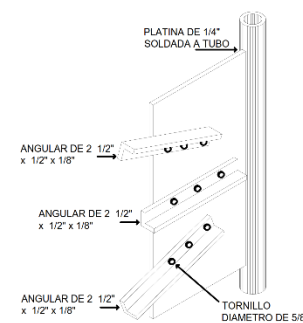
PERFIL TRAMO 5

ESCALA HORIZONTAL 1:750
ESCALA VERTICAL 1:150

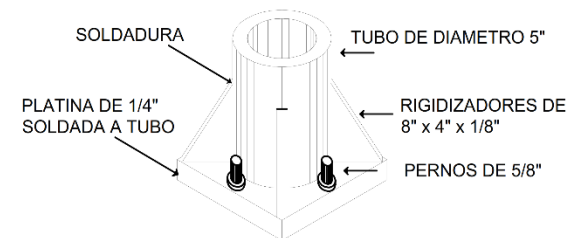
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI)	
		DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO:		PLANTA PERFIL CONDUCCION TRAMO 5	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DEBÚJO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CALCULO: SHERIL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 8 11



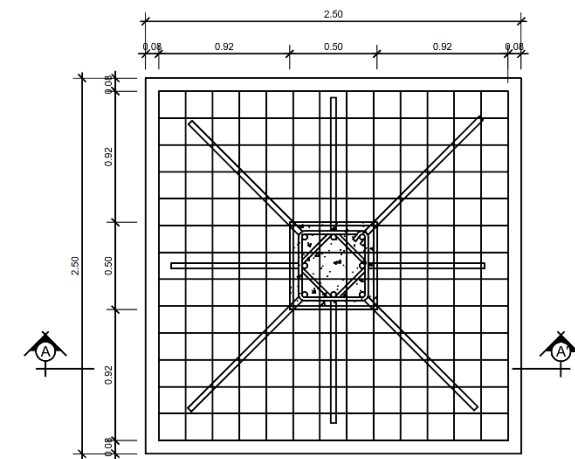
PLANTA DE TANQUE METÁLICO
ESCALA 1:500



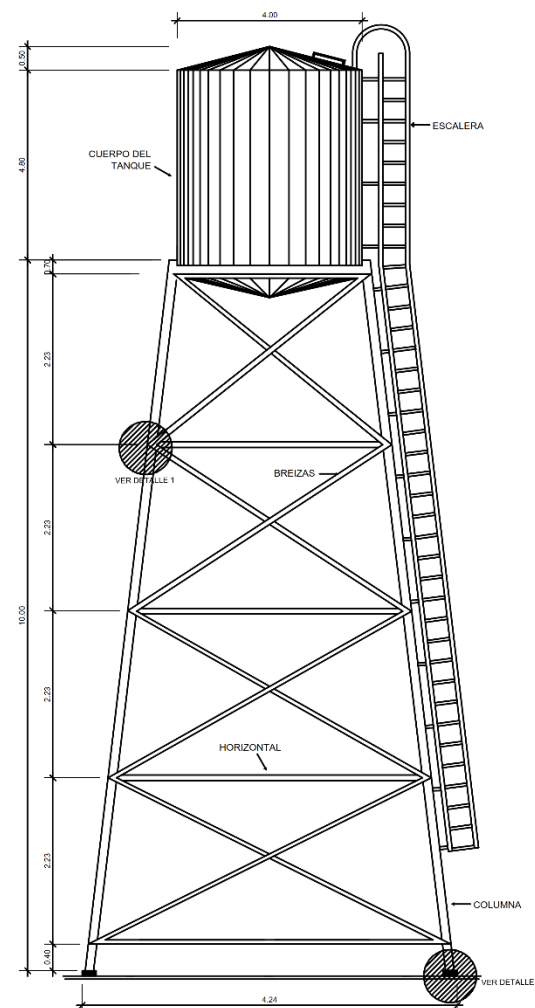
DETALLE 1



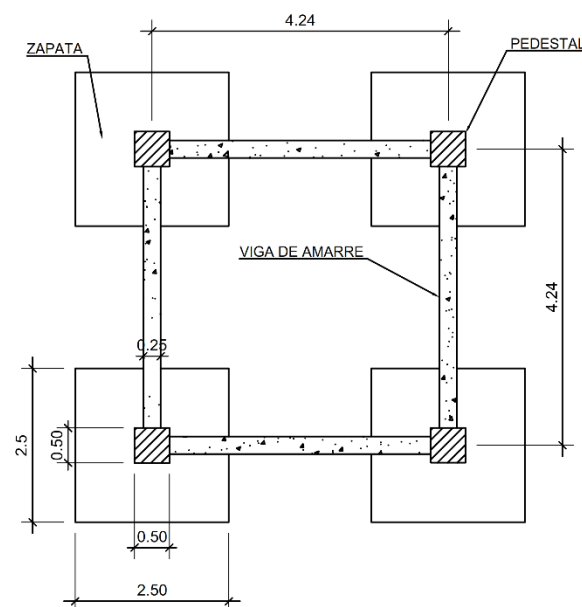
DETALLE 2



DETALLE DE ZAPATA



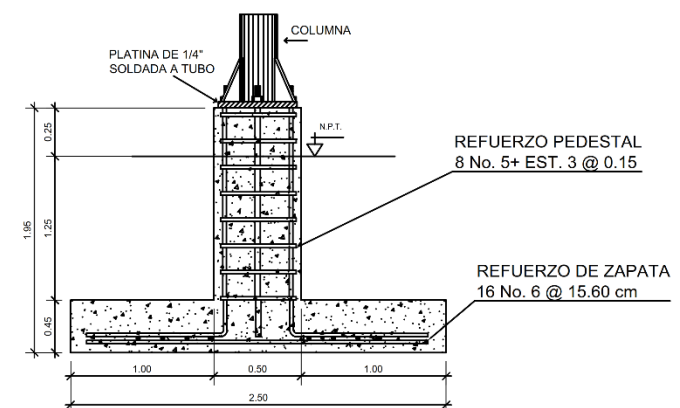
ELEVACIÓN DE TANQUE METÁLICO
ESCALA 1:500



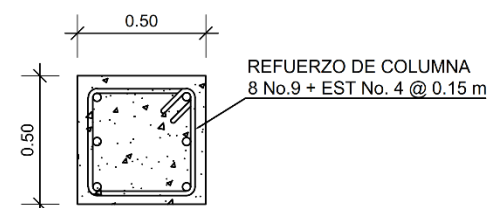
PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESPECIFICACIONES

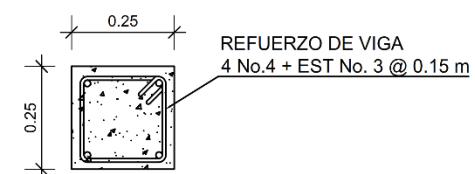
ACERO DE REFUERZO
GRADO 40
CONCRETO DE 3000 PSI
VALOR SOPORTE DEL
SUELO = 15,000 KG/M2
PROPORCIÓN 1:2:2
CEMENTO, ARENA Y
PIEDRIN



SECCIÓN A-A'

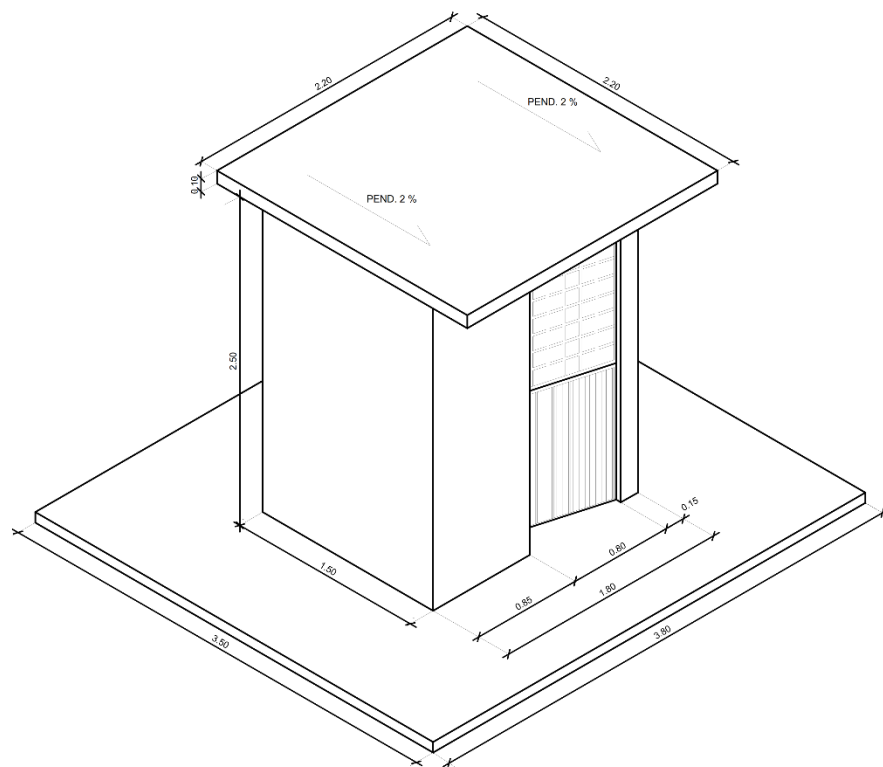


DETALLE DE COLUMNA

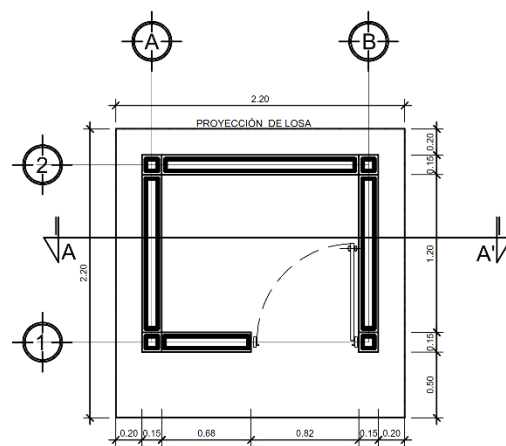


DETALLE DE VIGA

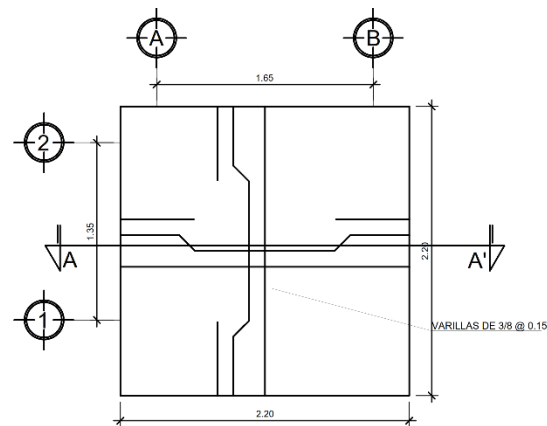
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-		
	DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
ESCALA GRÁFICA INDICADA	DISEÑO: SHERILL NICÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
	CALCULO: SHERILL NICÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	HOJA 9 11
ING. ELDER RIVERA ASESOR	Vo. Bo.		



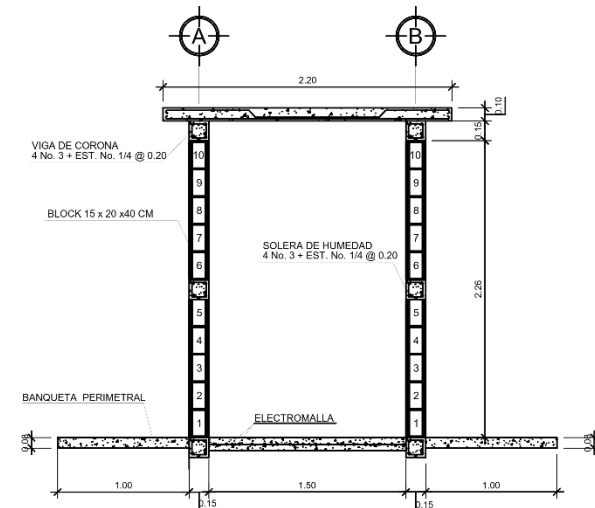
ESOMÉTRICO CASETA DE BOMBEO



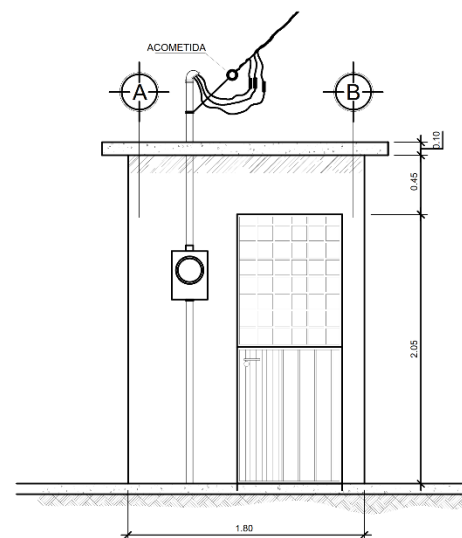
PLANTA ARQUITECTÓNICA



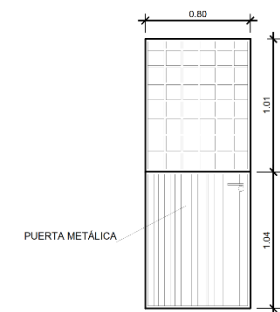
PLANTA DE ARMADO



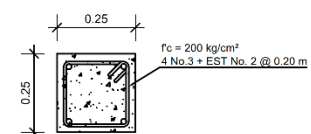
CORTE ESTRUCTURAL A-A'



FACHADA PRINCIPAL



DETALLE PUERTA

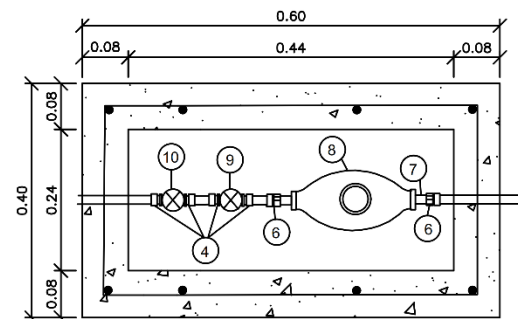


DETALLE SOLERA Y COLUMNA

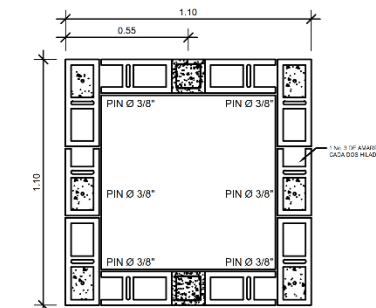
ESCALA 1:5

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI) DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO:		DETALLE CASETA DE BOMBEO	
DISEÑO:	SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO:	SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ
CÁLCULO:	SHERIL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ:	ING. ELDER AVILDO RIVERA
ESCALA GRÁFICA		SEPTIEMBRE 2017	
INDICADA		HOJA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR		Vo. Bo.	
		10/11	

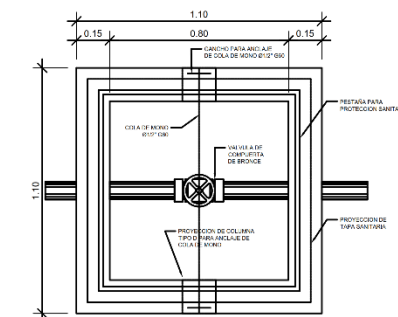
1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL X $\frac{3}{4}$ "
2. NIPLE PVC LONGITUD VARIABLE Ø $\frac{3}{4}$ "
3. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø $\frac{3}{4}$ "
4. ADAPTADOR MACHO PVC Ø $\frac{3}{4}$ "
5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø $\frac{3}{4}$ "
6. ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø $\frac{3}{4}$ "
7. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR Ø $\frac{3}{4}$ "
8. CONTADOR DE Ø $\frac{3}{4}$ " DE BRONCE
9. LLAVE DE COMPUERTA DE Ø $\frac{3}{4}$ " DE BRONCE
10. VALVULA DE CHEQUE Ø $\frac{3}{4}$ "
11. CODO DE 90° Ø $\frac{3}{4}$ " CON ROSCA
12. NIPLE HG 1.5 Ø $\frac{3}{4}$ "
13. CODO DE 90° Ø $\frac{3}{4}$ "
14. NIPLE HG 0.5 Ø $\frac{3}{4}$ "
15. REDUCIDOR CAMPANA HG $\frac{3}{4}$ " X $\frac{1}{2}$ "
16. LLAVE DE CHORRO DE $\frac{3}{4}$ "
17. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR



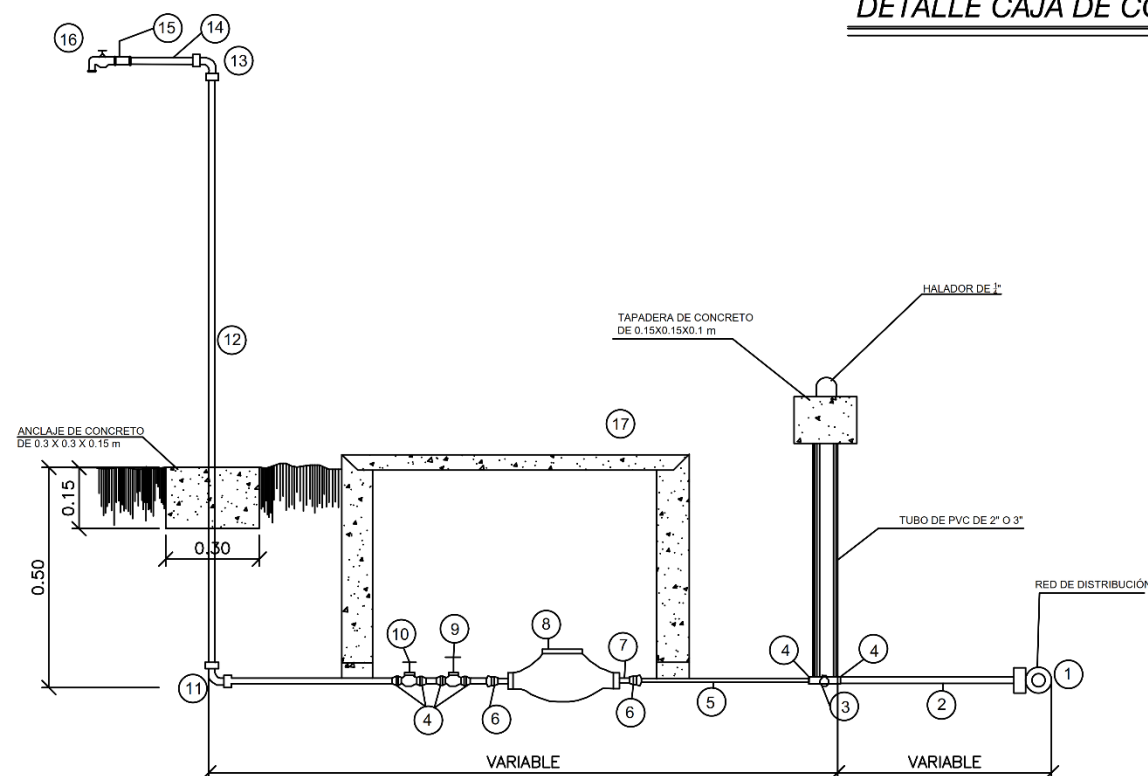
DETALLE CAJA DE CONTADOR



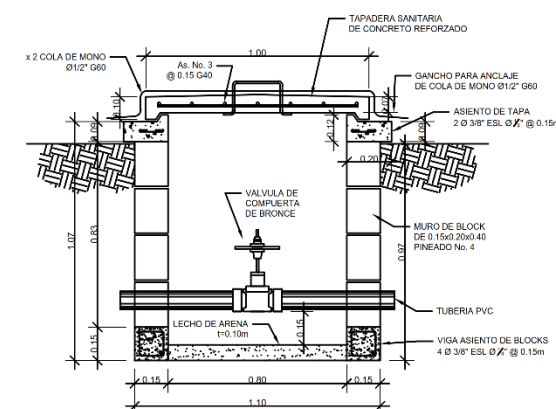
PLANTA CAJA DE VÁLVULA
ESTRUCTURAL ESCALA 1:5



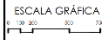
PLANTA CAJA DE VÁLVULA COMPUERTA



CONEXIÓN DOMICILIAR
SIN ESCALA



SECCIÓN CAJA DE VÁLVULA COMPUERTA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE: CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN: ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO:		
	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
	CONTENIDO:		
PLANTA PERFIL CONDUCCION TRAMO 5			
ESCALA GRÁFICA  INDICADA	DISEÑO:	DIBUJO:	SEPTIEMBRE 2017
	SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ	
	C.A. CLAR:	REVISÓ:	
	SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHÁVEZ	ING. ELDER AVELDO RIVERA	
_____ ING. ELDER RIVERA ASESOR		_____ Vo. Bo.	
			

APÉNDICE E

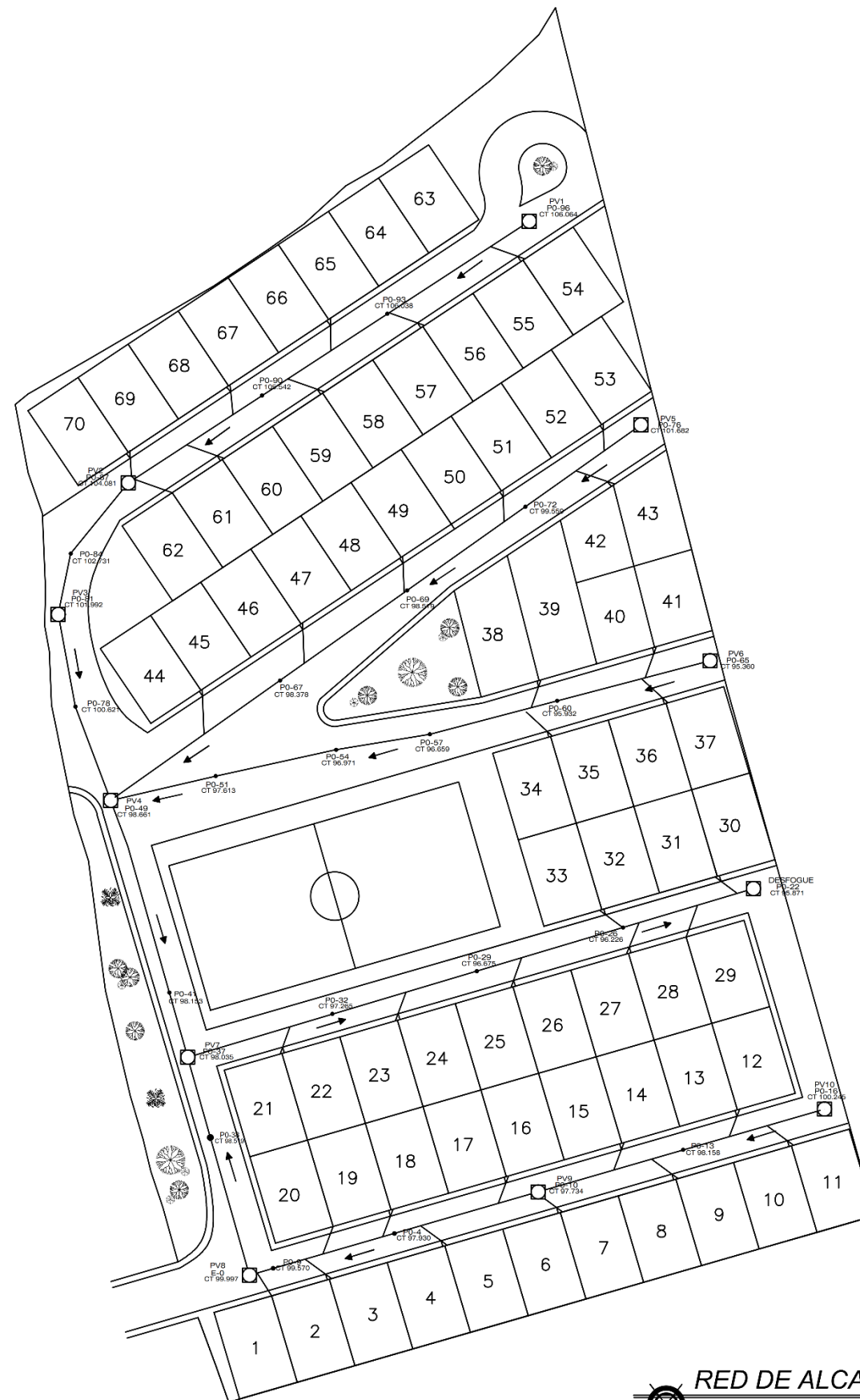
Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario

Tramo		Cota de terreno (m)		Longitud del tramo (m)	No. Tubos (6 m)	Pendiente de terreno (%)	Pendiente de tubería (%)	Caudal de tramo (l/s)	Caudal de diseño (l/s)	Ø Tub (plg)	Caudal a sección llena (l/s)	Velocidad a sección llena (m/s)	Profundidad de pozo de visita (m)		Cotas invert		Vol de excavación (m³)
De	A	Inicial	Final										Inicial	Final	Inicial	final	
PV1	PV2	106.064	104.081	63.74	11	3.11	3.20	1.56	1.56	6	38.8	2.23	1.2	1.28	104.86	102.8	65.27
PV2	PV3	104.081	101.992	19.95	4	10.47	10.00	0	1.56	6	69.7	3.94	1.28	1.2	102.8	100.79	25.62
PV3	PV4	101.992	98.661	26.03	5	12.80	10.00	0	1.56	6	69.7	3.94	1.93	1.22	100.06	97.44	69.76
PV5	PV4	101.682	98.661	86.57	14	3.49	3.50	1.25	1.25	6	41.2	2.33	1.2	1.23	100.48	97.43	206.73
PV6	PV4	95.36	98.661	82.74	13	-3.99	0.30	0.83	0.83	6	12.1	0.68	1.2	4.77	94.16	93.87	197.58
PV4	PV7	98.661	98.035	35.67	6	1.75	0.50	0	3.64	6	15.6	0.88	4.77	4.35	93.87	93.87	130.12
PV10	PV9	100.245	97.734	39.73	7	6.32	6.30	0.93	0.93	6	55.3	3.13	1.2	1.21	97.73	99.99	38.30
PV9	PV8	97.734	99.997	40.07	7	-5.65	0.30	1.14	2.07	6	12.1	0.68	1.21	3.63	96.52	96.37	77.58
PV8	PV7	99.997	98.035	30.83	6	6.36	0.30	0	2.07	6	12.1	0.68	3.63	1.77	96.38	96.27	98.41
PV7	DESF	98.035	95.842	79.23	13	2.77	2.80	1.38	7.09	6	36.9	2.08	4.35	4.39	93.69	91.45	276.99

APÉNDICE F

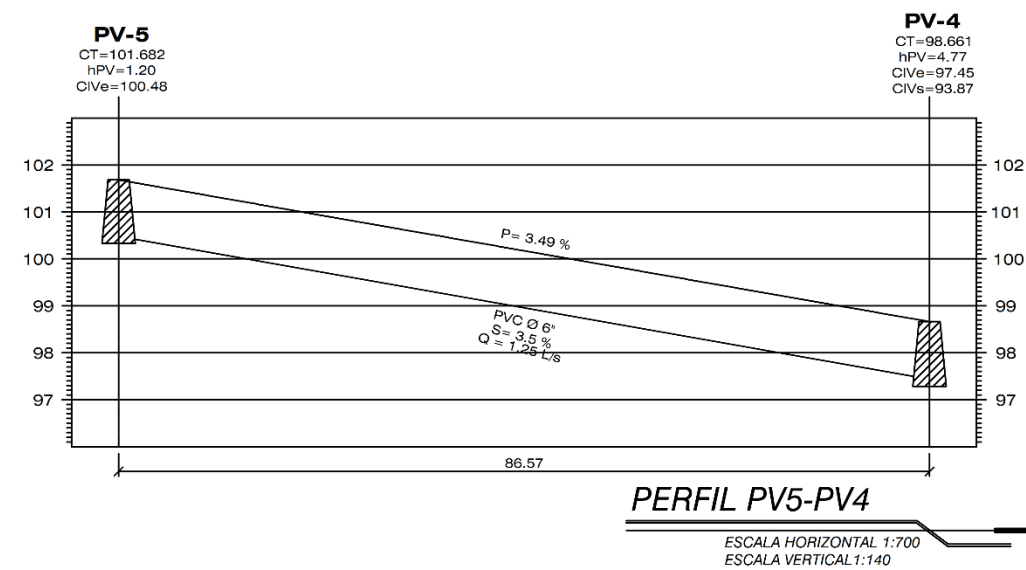
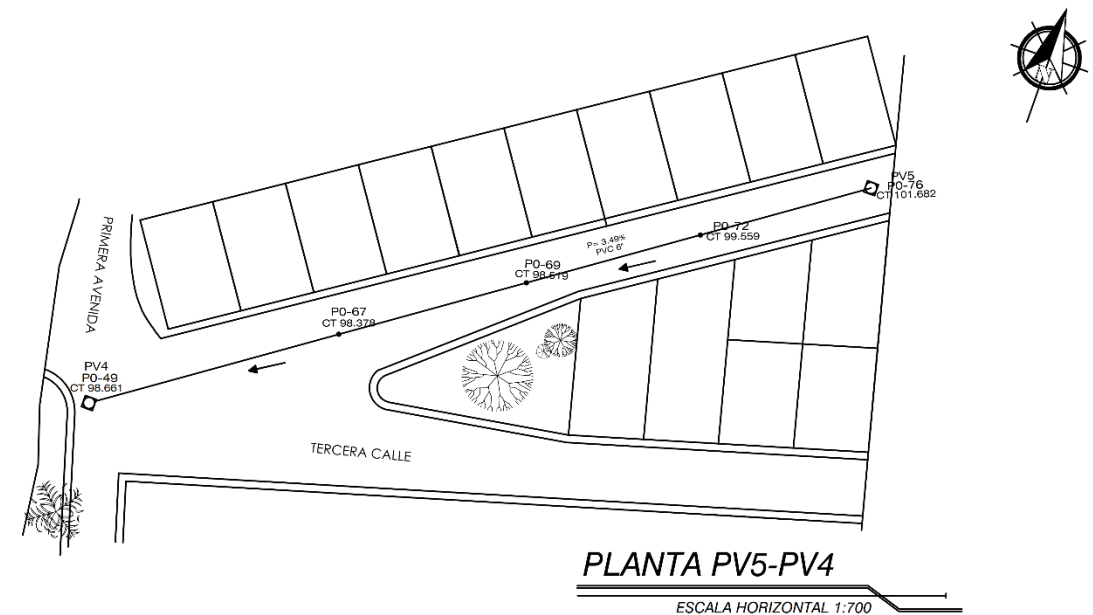
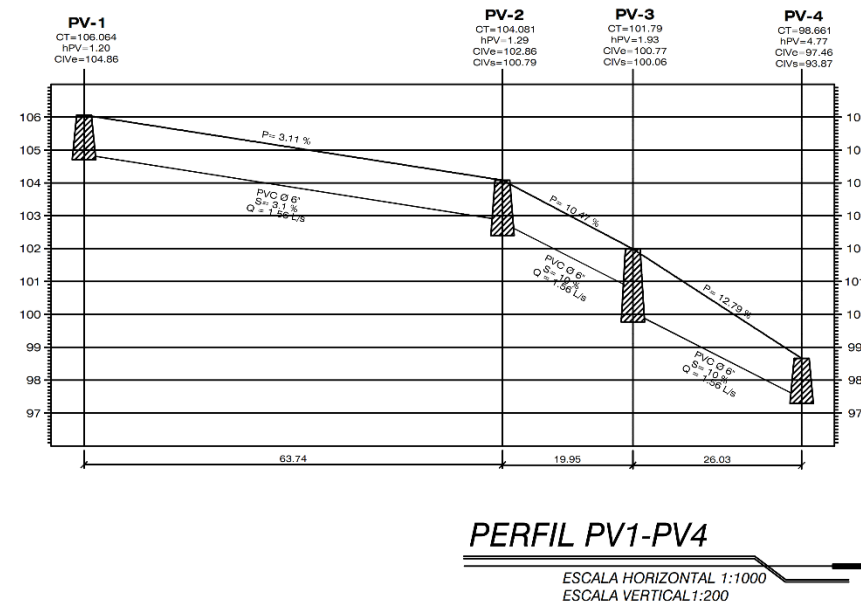
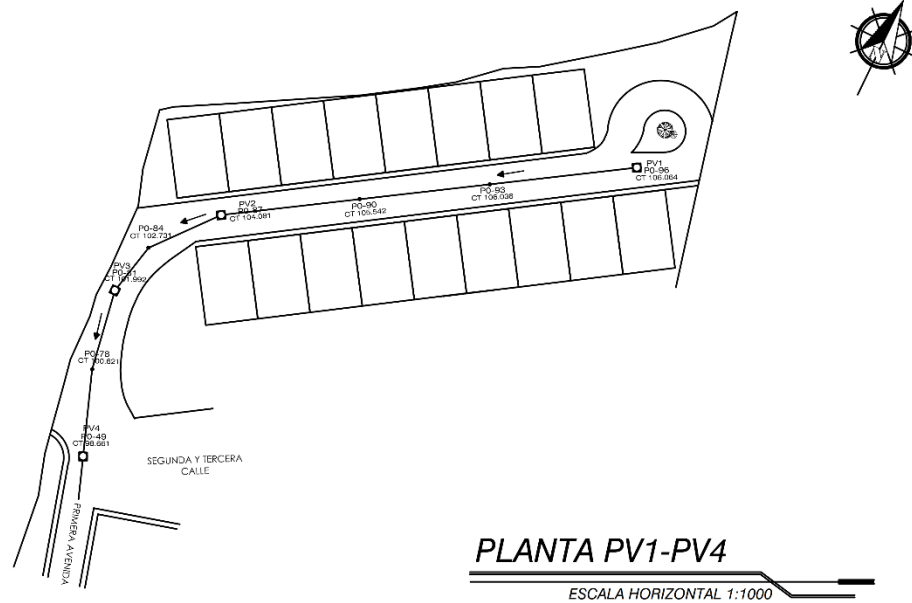
Planos constructivos del sistema de alcantarillado sanitario

Plano 1.	Red de alcantarillado sanitario
Plano 2.	Planta-perfil PV1-4 y PV5-4
Plano 3.	Planta-perfil PV6-4 y PV4-7
Plano 4.	Planta-perfil PV7-10
Plano 5.	Detalles constructivos de pozo de visita y conexión domiciliar

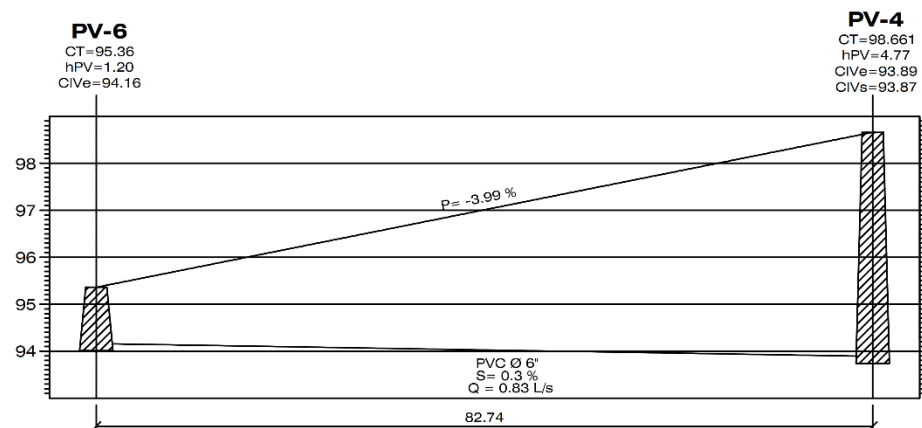
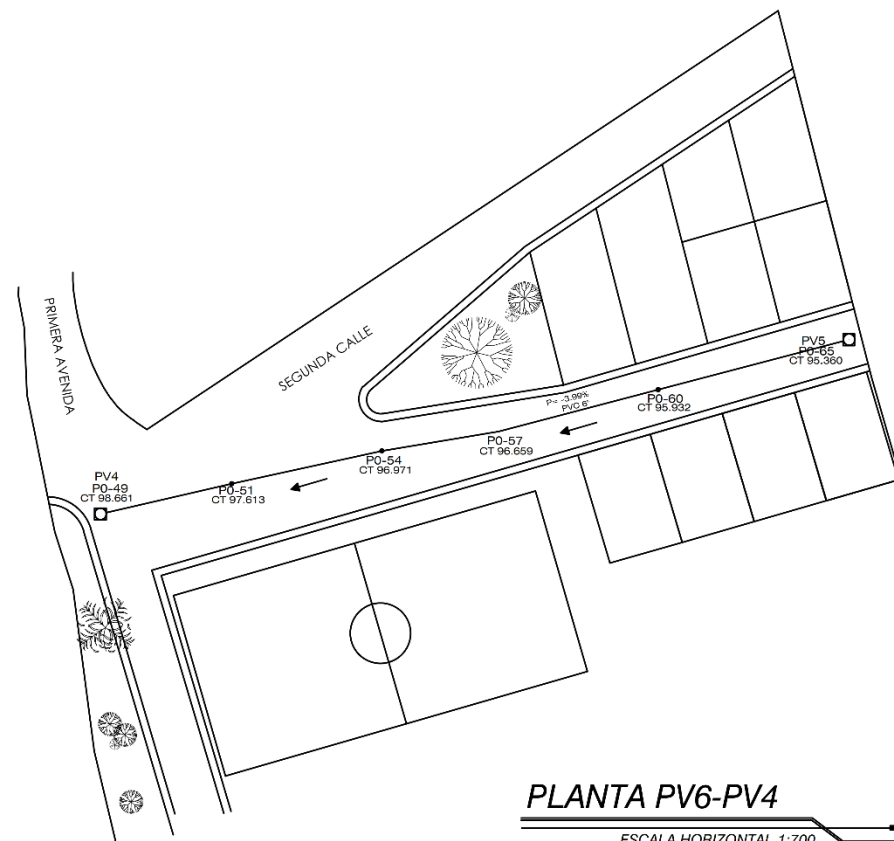


RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ADOQUIN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
	CONTENIDO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
 ESCALA GRÁFICA 1:700	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
	CÁLCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA
	Vo. Bo.		1 / 5

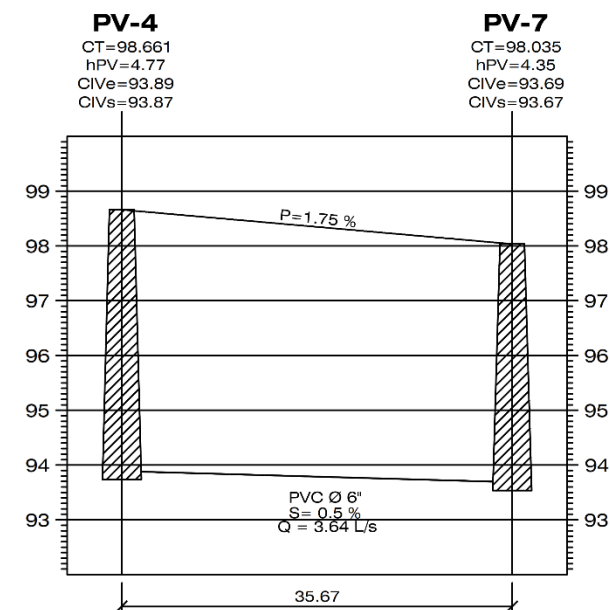
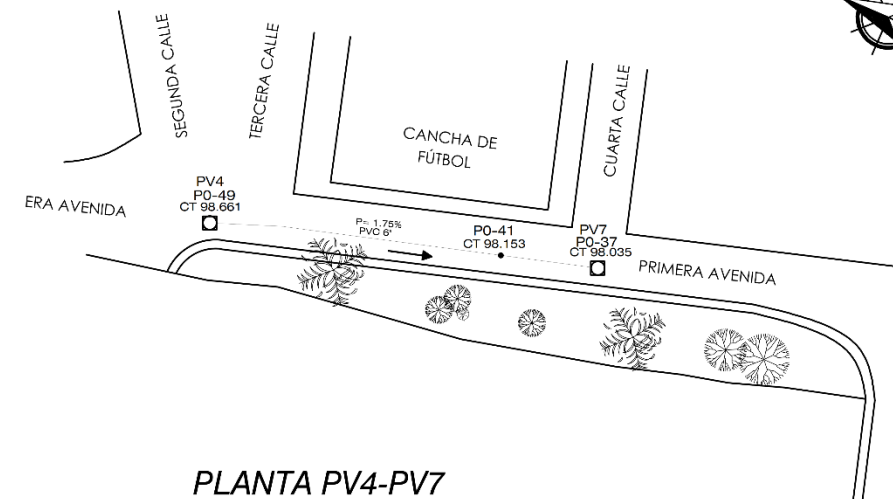


				UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE-CUNOR DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
				PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA PV1-PV5				ESCALA GRÁFICA INDICADA	
DISEÑO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ		DIBUJO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ		SEPTIEMBRE 2017	
CÁLCULO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ		REVISÓ: ING. ELDER RIVERA		HOJA 2/5	
ING. ELDER RIVERA ASESOR				Vo. Bo.	



PERFIL PV6-PV4

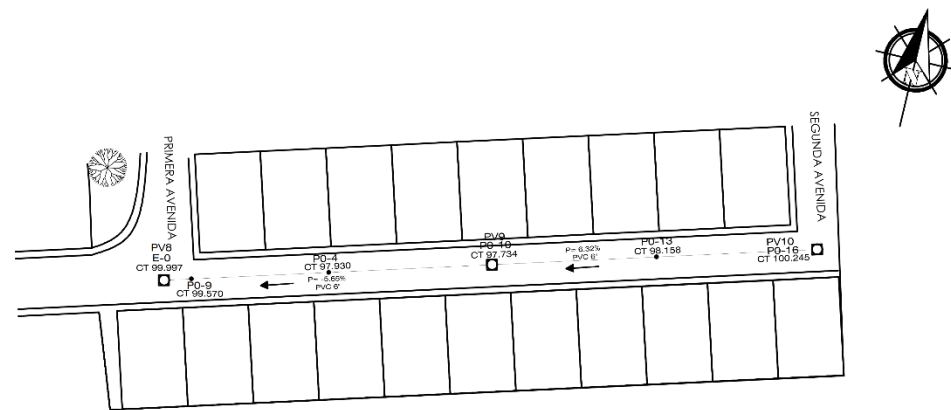
ESCALA HORIZONTAL 1:700
ESCALA VERTICAL 1:140



PERFIL PV4-PV7

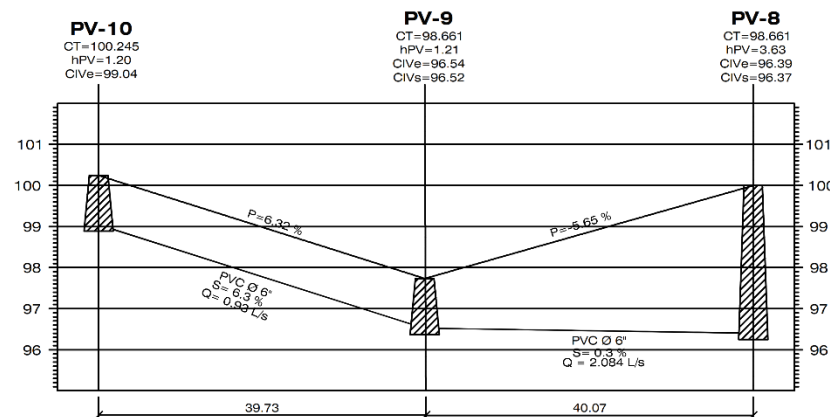
ESCALA HORIZONTAL 1:600
ESCALA VERTICAL 1:120

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE-CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
		PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA PV4-PV7		ESCALA GRÁFICA: INDICADA	
DISEÑO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017	
CÁLCULO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER AVILDO RIVERA	HOJA 3/5	
ING. ELDER RIVERA ASESOR		Vo. Bo.	



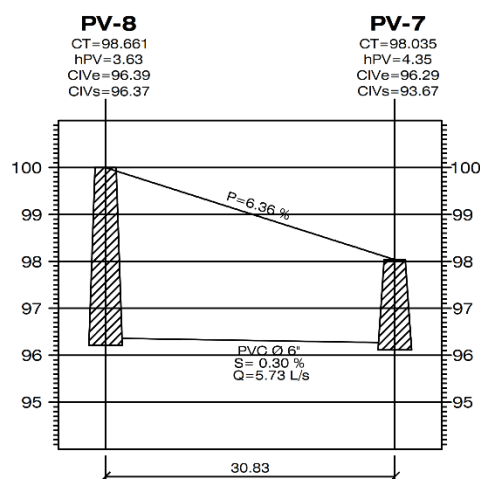
PLANTA PV10-PV8

ESCALA HORIZONTAL 1:800



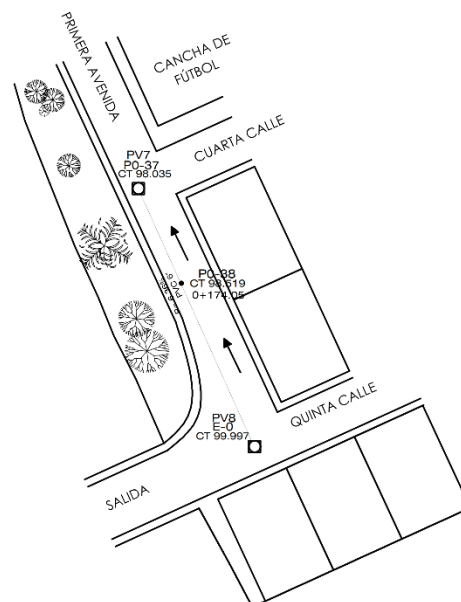
PERFIL PV10-PV8

ESCALA HORIZONTAL 1:800
ESCALA VERTICAL 1:160



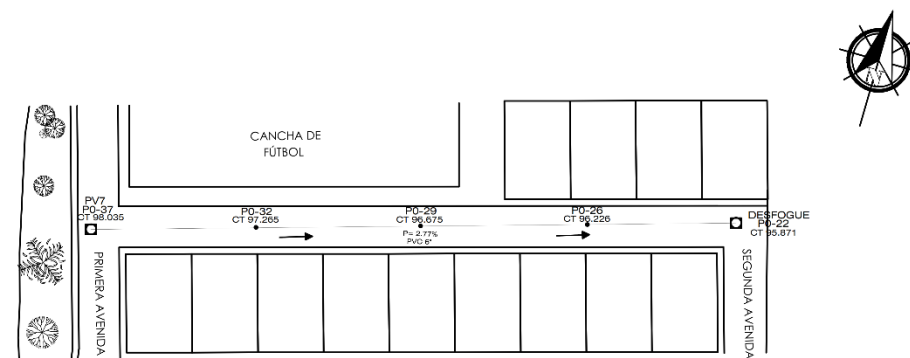
PERFIL PV8-PV7

ESCALA HORIZONTAL 1:700
ESCALA VERTICAL 1:140



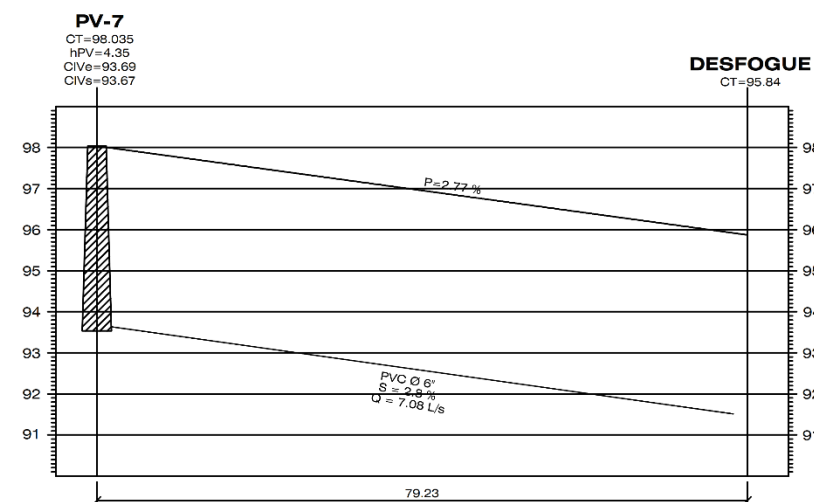
PLANTA PV8-PV7

ESCALA HORIZONTAL 1:700



PLANTA PV7-DESFOQUE

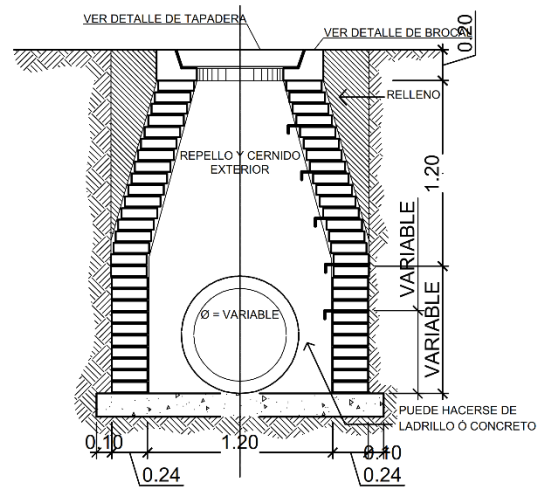
ESCALA HORIZONTAL 1:800



PERFIL PV7-DESFOQUE

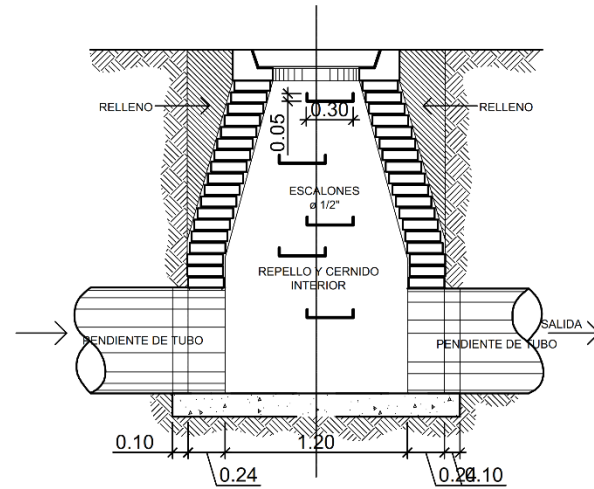
ESCALA HORIZONTAL 1:800
ESCALA VERTICAL 1:160

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE-CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONTENIDO: PERFIL Y PLANTA PV7-PV10		
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CAÍDA: SHERILL NICTE LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. ELDER AVILDO RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 4 5



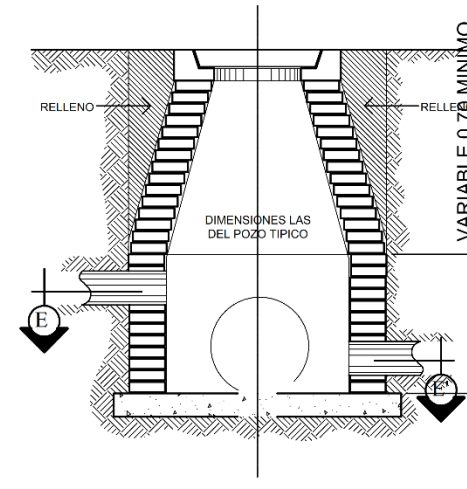
SECCION A-A'

ESC. 1/25



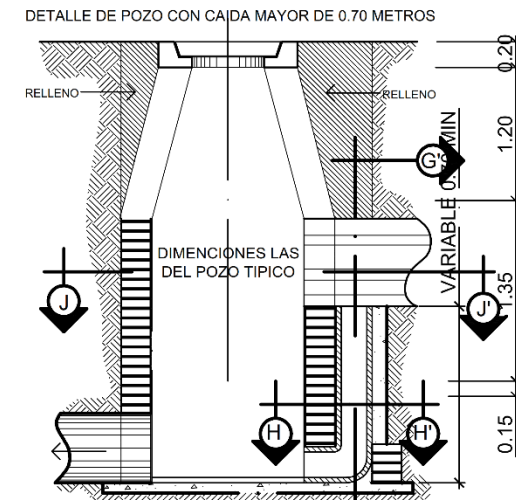
SECCION B-B'

ESC. 1/25



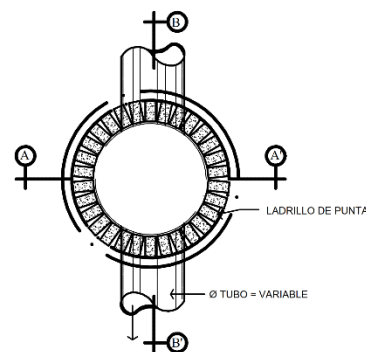
SECCION D-D'

ESC. 1/25



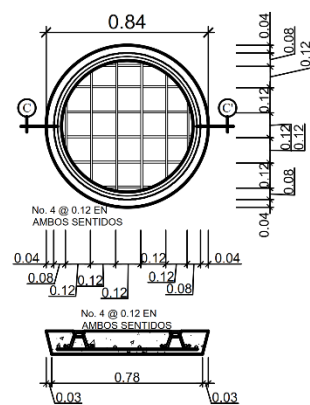
SECCION F-F'

ESC. 1/25



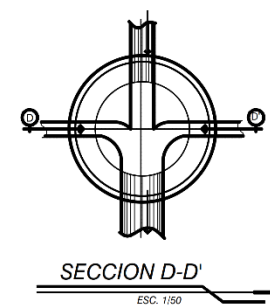
PLANTA

ESC. 1/50



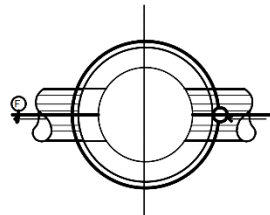
TAPADERA DE POZO PLANTA + SECCION

ESC. 1/25



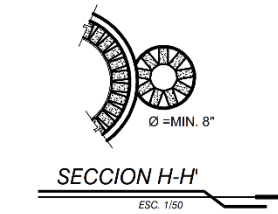
SECCION D-D'

ESC. 1/50



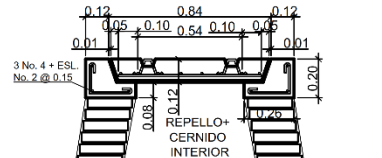
SECCION J-J'

ESC. 1/50



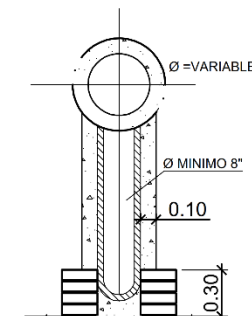
SECCION H-H'

ESC. 1/50



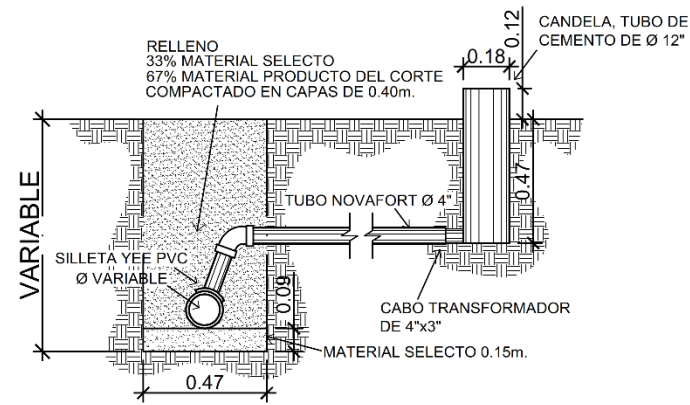
DETALLE DE BROCAL POZO

ESC. 1/20



SECCION G-G'

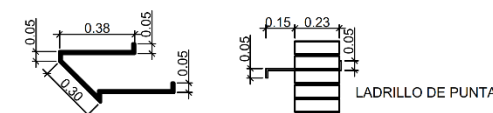
ESC. 1/25



DETALLE DE CONEXION HACIA CANDELAS

ESC. 1/25

- ESPECIFICACIONES:
- 1- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL
 - 2- EL CONCRETO DEBERA TENER UN FC' =210 KG/CM2 PROPORCION 1:2:2
 - 3- LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I ANTES DE SU INSTALACION
 - 4- EL ACERO A UTILIZAR SERA FY=2810KL/CM2
 - 5- LA TUBERIA DE CAIDA EN POZOS PARA COLECTORES HASTA DE 24" SERA DE 8" PARA COLECTORES MAYORES DE 24" SERA DE 12"



DETALLE DE ESCALON

ESC. 1/25



DETALLES CONSTRUCTIVOS SANITARIOS

DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ADOQUIN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE-CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
CONTENIDO:		DETALLES CONSTRUCTIVOS SANITARIOS	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO:	DISEÑO:	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	
	CAJALCO:	REVISÓ:	
	SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	ING. ELDER RIVERA	
ING. ELDER RIVERA ASESOR			HOJA 5

APÉNDICE G

Diseño de mezcla

El bordillo y las llaves de confinamiento se diseñaron con una resistencia a compresión de 2560.194 PSI (180 Kg/cm²) a los 28 días de curado; se adoptó debido a las características mecánicas del adoquín escogido para el proyecto.

Tabla G1. **Revenimiento recomendado para estructuras de concreto**

Estructura	Revenimiento (cm)
Cimientos, muros, columnas, vigas	10
Pavimento, losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: Régil, 2013, p.3.

De acuerdo a la tabla anterior, se tomará como revenimiento 10 cm, considerando el bordillo y las llaves de confinamiento como una viga.

Tabla G2. **Relación agua – cemento para concreto**

Resistencia (kg/cm²)	Relación agua - cemento
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.57

Fuente: Régil, 2013, p.4.

Para la relación de agua – cemento, debido a que la tabla no posee una referencia de 180 kg/cm², se eligió una resistencia de 211 kg/cm² para mayor seguridad por lo que la relación agua – cemento es 0.58.

Tabla G3. **Relación asentamiento – agua – tamaño de agregado grueso**

Asentamiento (cm)	Litros de agua por m ³				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: Régil, 2013, p.3.

Si bien en la tabla G1 se definió un asentamiento de 8 cm, este mismo dato se utilizó para tomarlo como referencia en la elección de litros agua, en este caso, se tomó un agregado grueso de 3/4", por lo que la intersección entre estos, da un resultado de 200 L/m³.

Tabla G4. **Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de arena**

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

Fuente: Régil, 2013, p.4.

En esta tabla se ocupa como el tamaño máximo de agregado grueso 3/4", como anteriormente se había elegido, de manera que el porcentaje de arena sobre el agregado total es de 44%.

Habiendo determinado todos los datos necesarios, se calcula las proporciones correspondientes a cemento, agregado, arena y agregado grueso por medio de las siguientes fórmulas:

- Cemento

$$Cemento = \frac{\text{Litros de agua por } m^3}{\text{Relacion agua - cemento}} = \frac{200 \text{ kg}/m^3}{0.58} = 344.83 \text{ kg}/m^3$$

- Agregado

Agregado = Peso volumetrico del concreto – cemento – cantidad de agua

$$Agregado = 2400 \frac{kg}{m^3} - 344.83 \frac{kg}{m^3} - 200 \frac{kg}{m^3} = 1855.17 \text{ kg}/m^3$$

- Arena

*Arena = agregado * % arena*

$$Arena = 1855.17 \frac{kg}{m^3} * 0.44 = 816.27 \frac{kg}{m^3}$$

- Agregado grueso

Piedrin = agregado – arena

$$Piedrin = 1855.17 \frac{kg}{m^3} - 816.27 \frac{kg}{m^3} = 1038.9 \frac{kg}{m^3}$$

Cálculo de proporción

$$Cemento = \frac{Cemento}{Cemento} = \frac{344.83 \text{ kg}/m^3}{344.83 \text{ kg}/m^3} = 1$$

$$Arena = \frac{816.27 \text{ kg}/m^3}{344.83 \text{ kg}/m^3} = 2.37$$

$$Piedrin = \frac{1038.9 \text{ kg}/m^3}{344.83 \text{ kg}/m^3} = 3.01$$

De manera que la proporción queda así: 1 : 2.37 : 3.01

Las proporciones anteriores se muestran en unidad de peso (del cemento), pero en campo el uso sería complicado, por lo que para facilidad se utilizan proporciones en unidades volumétricas, el cálculo se muestra a continuación:

Utilizando el peso específico (γ) de cada material, se realiza la proporción en unidades volumétricas.

$$\gamma_{\text{cemento}} = 1,505.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{arena}} = 1,600 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{agregadogrueso}} = 1,600 \text{ kg/m}^3$$

Estas quedan de la siguiente manera:

$$\text{cemento} = \frac{344.83 \text{ kg/m}^3}{1,505.73 \text{ kg/m}^3} = 0.23$$

$$\text{arena} = \frac{816.27 \text{ kg/m}^3}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 0.51$$

$$\text{arena} = \frac{1038.9 \text{ kg/m}^3}{1,600 \text{ kg/m}^3} = 0.64$$

La proporción volumétrica de la mezcla relativa al concreto hidráulico:

Cemento/Cemento : Arena/Cemento : Piedrín/Cemento

1 : 2.21 : 2.78

APÉNDICE H

Diseño de alineamiento vertical

Alineamiento vertical primera avenida

Datos:

Velocidad= 40 Km/h (según diseño geométrico de vías, Chocontá, p. 143)

LCV= 79.42 m

PCV= 0+096.23

PTV=0+175.65

PIV= 0+136.92

P1= -6.06%

P2= 4.76%

L1=40.69

L2=38.73

- Diferencia entre pendientes

$$A = |-6.06 - 4.76| = 10.82\%$$

- Cálculo de ordenada media

$$E = \frac{10.82\% * 40.69 * 38.73}{200(40.69 + 38.73)} = 0.0106$$

- Corrección para cualquier punto

$$Y_1 = 0.1082 \left(\frac{17.82}{40.69} \right)^2 = 0.0207$$

$$Y_2 = 0.1082 \left(\frac{18.34}{38.73} \right)^2 = 0.0242$$

Tabla H1. **Rasante corregida primera avenida**

ESTACION	PENDIENTE	ELEVACION SUBRASANTE	CORRECCION (Y)	SUBRASANTE CORREGIDA
0+096.23	-6.06	100.62	0	100.62
0+114.05	-6.06	98.50	0.0207	98.5207
0+136.92	0	98.15	0.0106	98.1606
0+157.31	4.76	98.52	0.0242	98.5442
0+175.65	4.76	99.99	0	99.99

Fuente: Elaboración propia

Alineamiento vertical quinta calle

Datos:

Velocidad= 40 Km/h (según diseño geométrico de vías, Chocontá, p. 143)

LCV= 79.73 m

PCV= 0+271.41

PTV=0+351.14

PIV= 0+311.13

P1= -5.70%

P2= 6.26%

L1=39.72

L2=40.01

- Diferencia entre pendientes

$$A = |-5.70 - 6.26| = 11.96\%$$

- Cálculo de ordenada media

$$E = \frac{11.96\% * 39.72 * 40.01}{200(39.72 + 40.01)} = 0.0119$$

- Corrección para cualquier punto

$$Y_1 = 0.0119 \left(\frac{19.96}{39.72} \right)^2 = 0.0030$$

$$Y_2 = 0.0119 \left(\frac{19.97}{40.01} \right)^2 = 0.0029$$

Tabla H1. **Rasante corregida quinta calle**

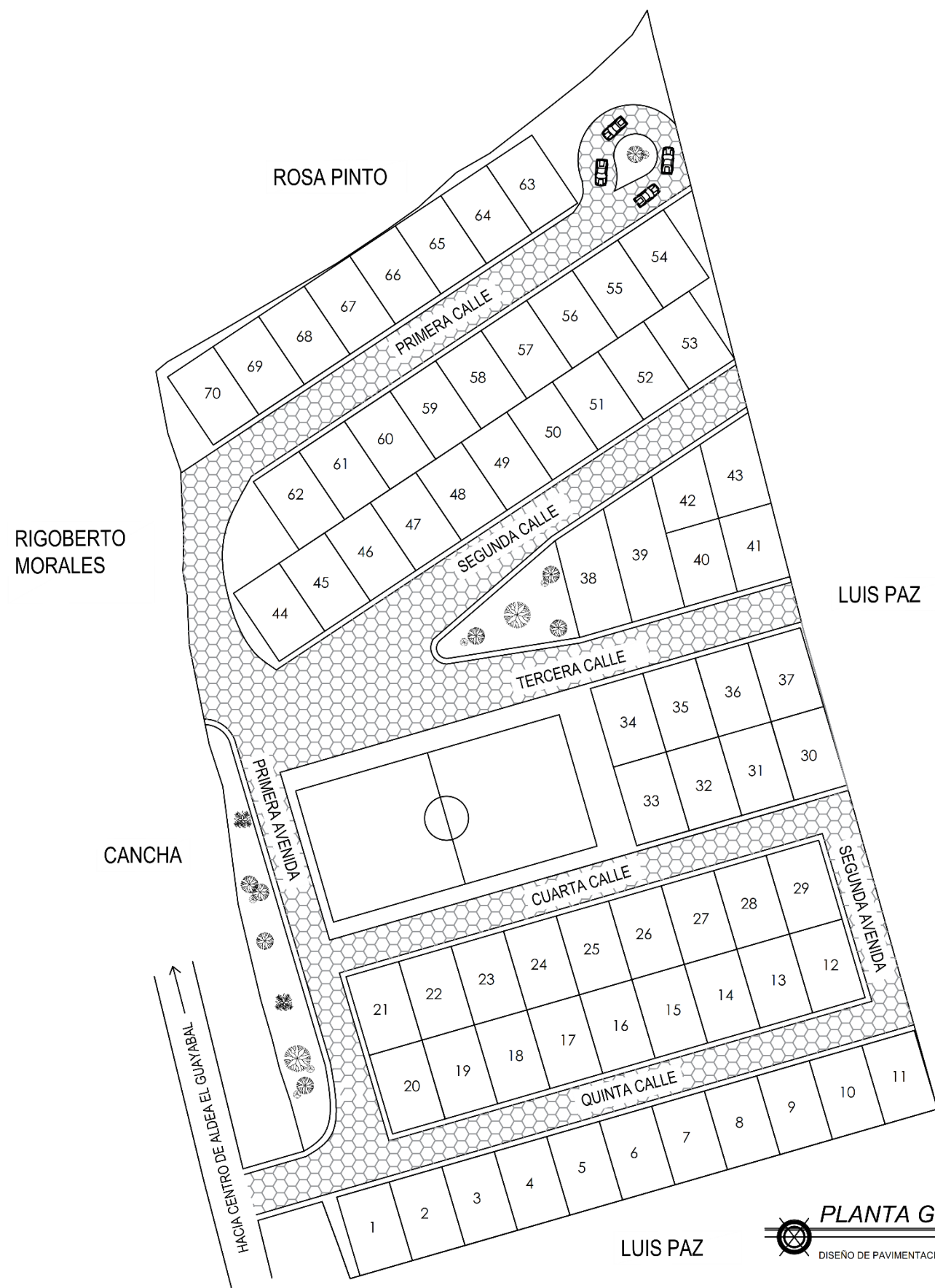
ESTACION	PENDIENTE	ELEVACION SUBRASANTE	CORRECCION (Y)	SUBRASANTE CORREGIDA
0+271.41	-5.7	99.997	0	99.997
0+291.37	-5.7	98.16	0.003	98.163
0+311.13	0	97.72	0.0119	97.7319
0+331.17	6.26	98.52	0.0029	98.5229
0+351.14	6.26	100.25	0	100.25

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE I

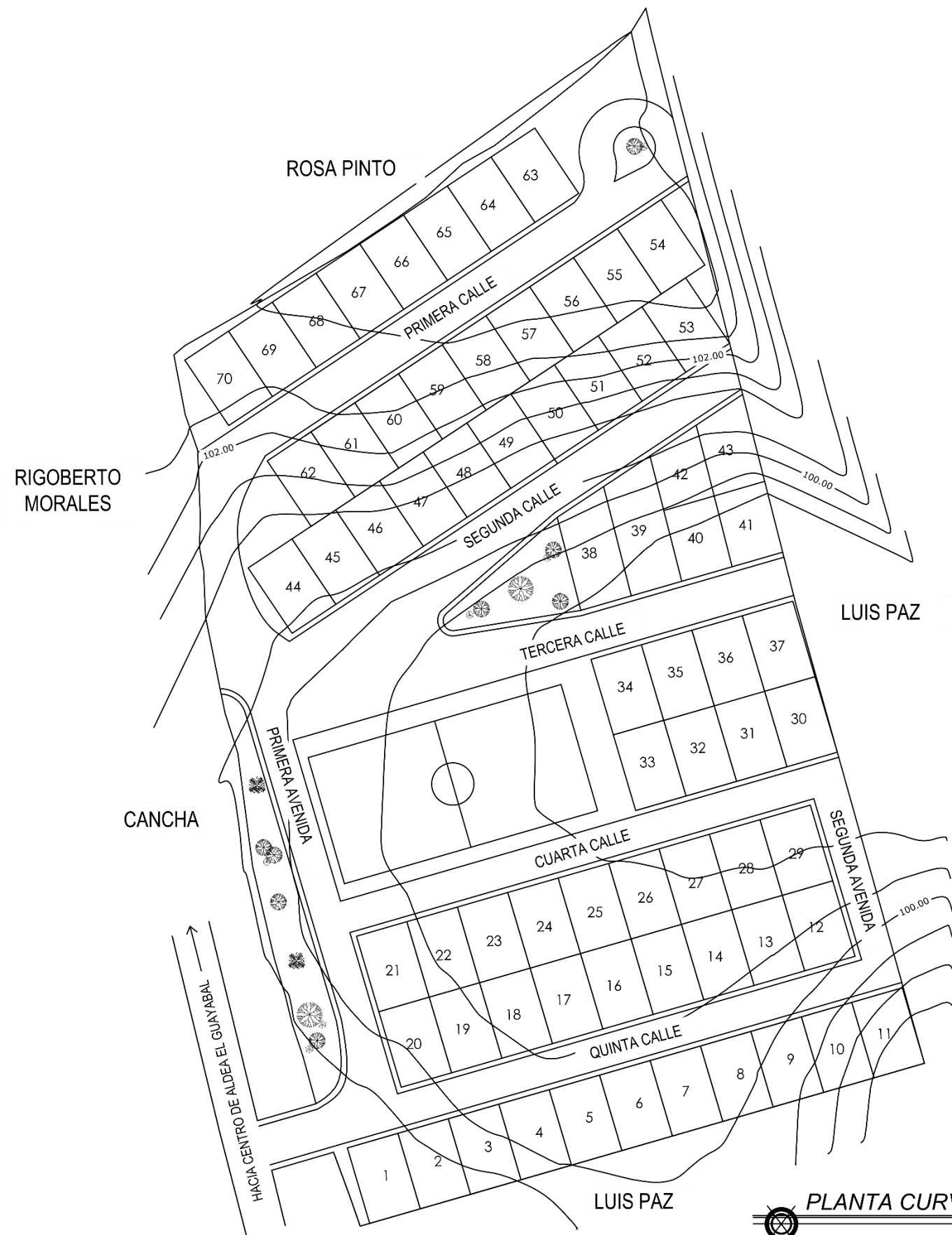
Planos constructivos de la pavimentación de adoquín

Plano 1.	Planta general de adoquinado
Plano 2.	Planta curvas a nivel
Plano 3.	Planta-perfil de primera calle y primera avenida
Plano 4.	Planta-perfil de segunda y tercera calle
Plano 5.	Planta-perfil de cuarta y quinta calle, segunda avenida
Plano 6.	Planta-perfil curva vertical primera avenida
Plano 7.	Planta-perfil curva vertical quinta calle
Plano 8.	Detalles constructivos de adoquinamiento



PLANTA GENERAL DE ADOQUINADO
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ADOQUIN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUIN		
	CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS		
	ESCALA GRÁFICA: 1:700	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ CALCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ REVISO: ING. LUIS QUIJADA BEZA
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR			SEPTIEMBRE 2017 HOJA 1/8

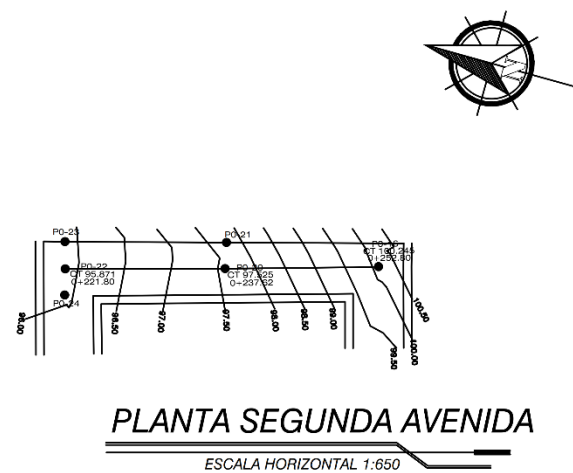
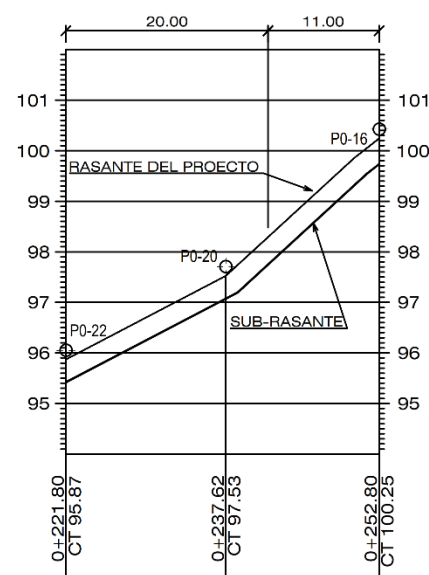
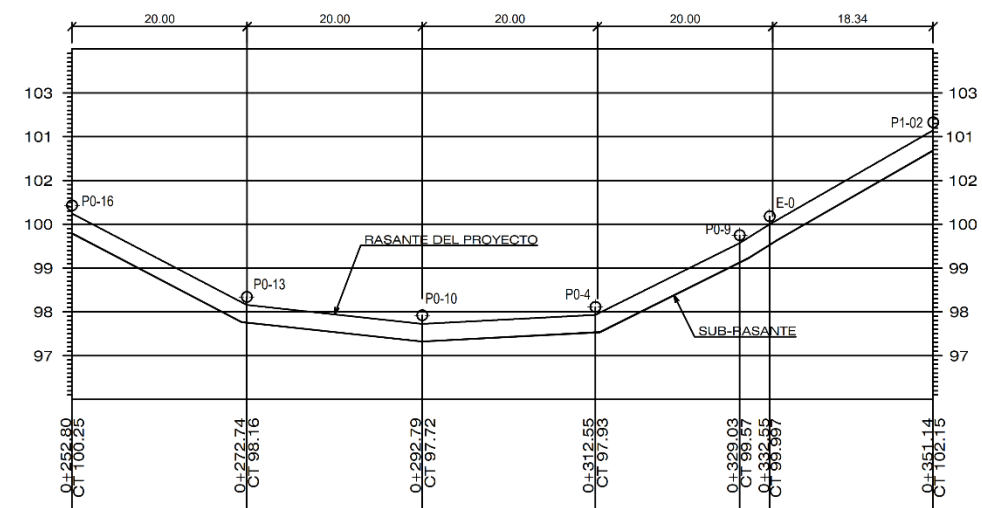
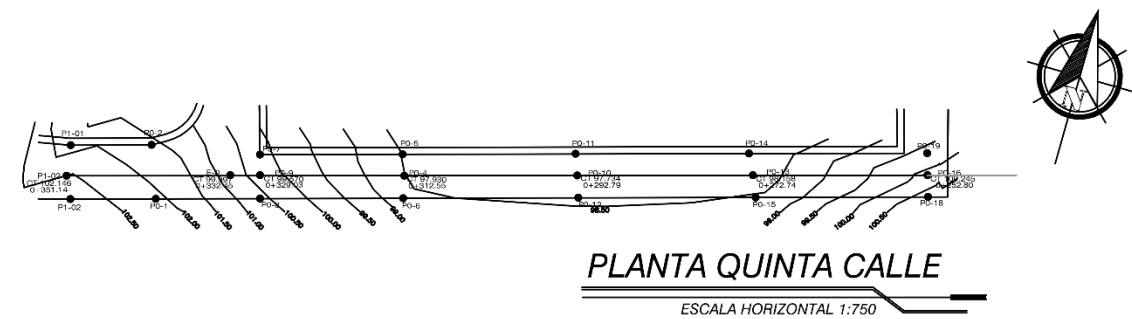
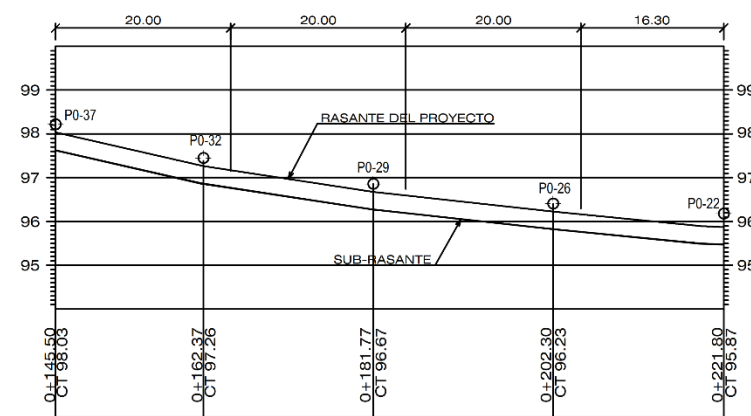
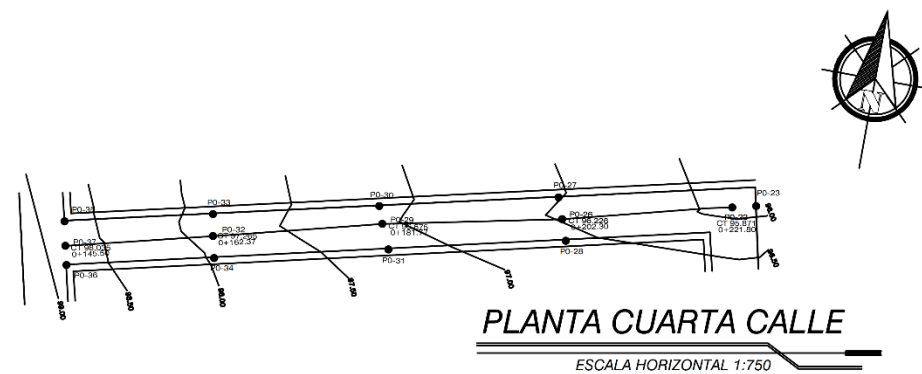


PLANTA CURVAS A NIVEL
 DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ADOQUIN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

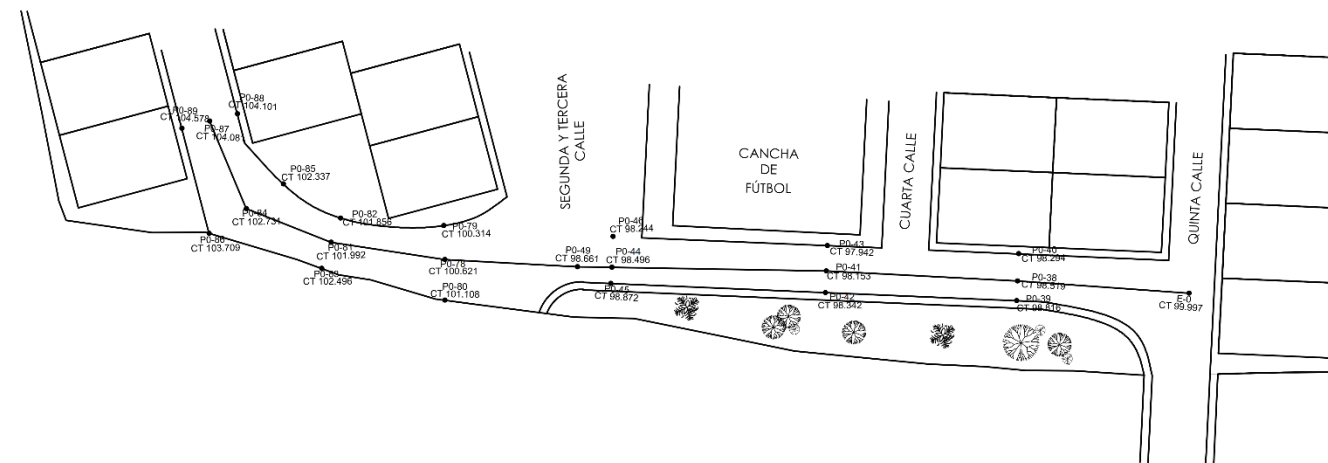
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUIN		
CONTENIDO: PLANTA CURVAS A NIVEL			
ESCALA GRÁFICA  1:700	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
	CALCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. LUIS F. QUIJADA BEZA	HOJA 2 / 8
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR			Vo. Bo.



		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYASAL, MUNICIPIO DE USTANQUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
		PROYECTO:	
		DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADQUÍN	
		CONTENIDO:	
PERFIL-PLANTA SEGUNDA Y TERCERA CALLE			
ESCALA GRÁFICA  INDICADA		DISEÑO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHAVEZ CALCULO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHAVEZ	DIBUJO: SHERILL NICITÉ LÓPEZ CHAVEZ REVISO: ING. LUIS F. QUIJADA BEZA
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR		Vo. Bo.	
		HOJA 4 8	

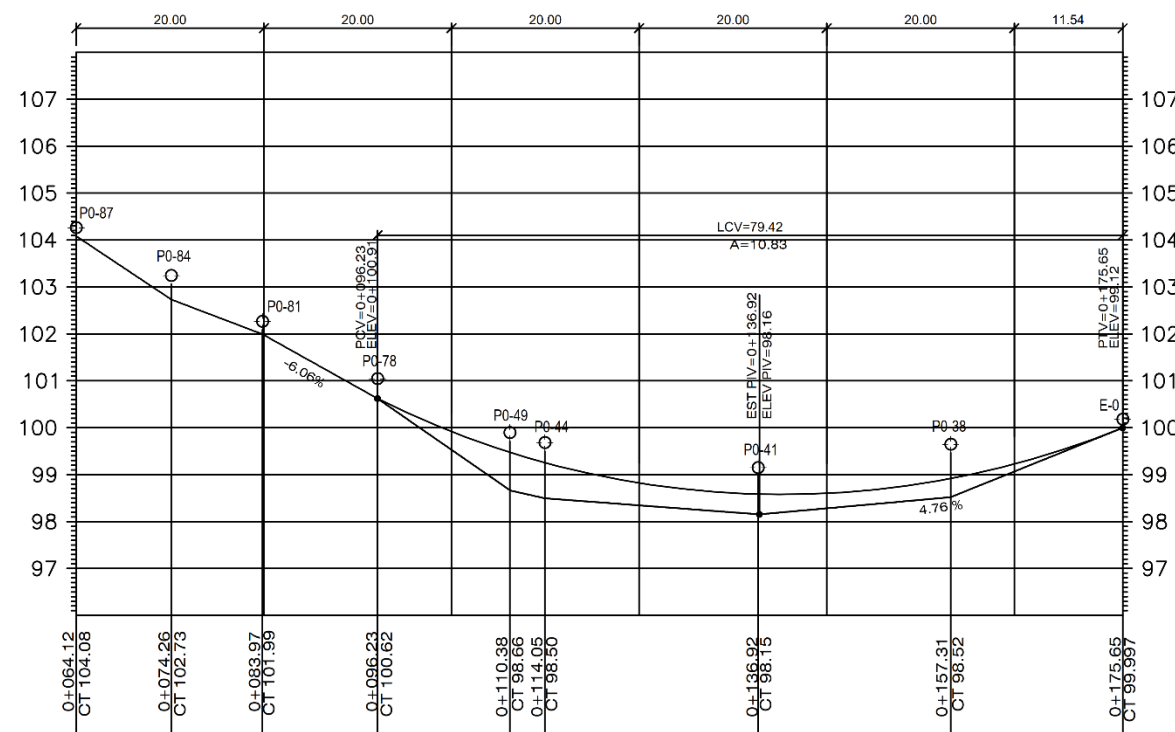


		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-	
		DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA	
PROYECTO:		DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN	
CONTENIDO:		PLANTA-PERFIL CUARTA Y QUINTA CALLE. SEGUNDA AVENIDA	
ESCALA GRÁFICA	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DBUO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	SEPTIEMBRE 2017
INDICADA	CÁLCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. LUIS F. QUIJADA BEZA	HOJA 5
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR			8



PLANTA PRIMERA AVENIDA

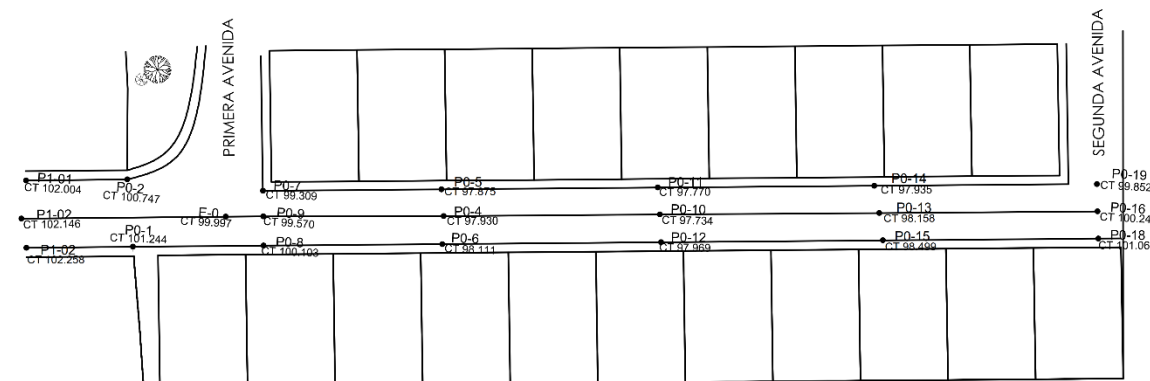
ESCALA HORIZONTAL 1:700



PERFIL PRIMERA AVENIDA

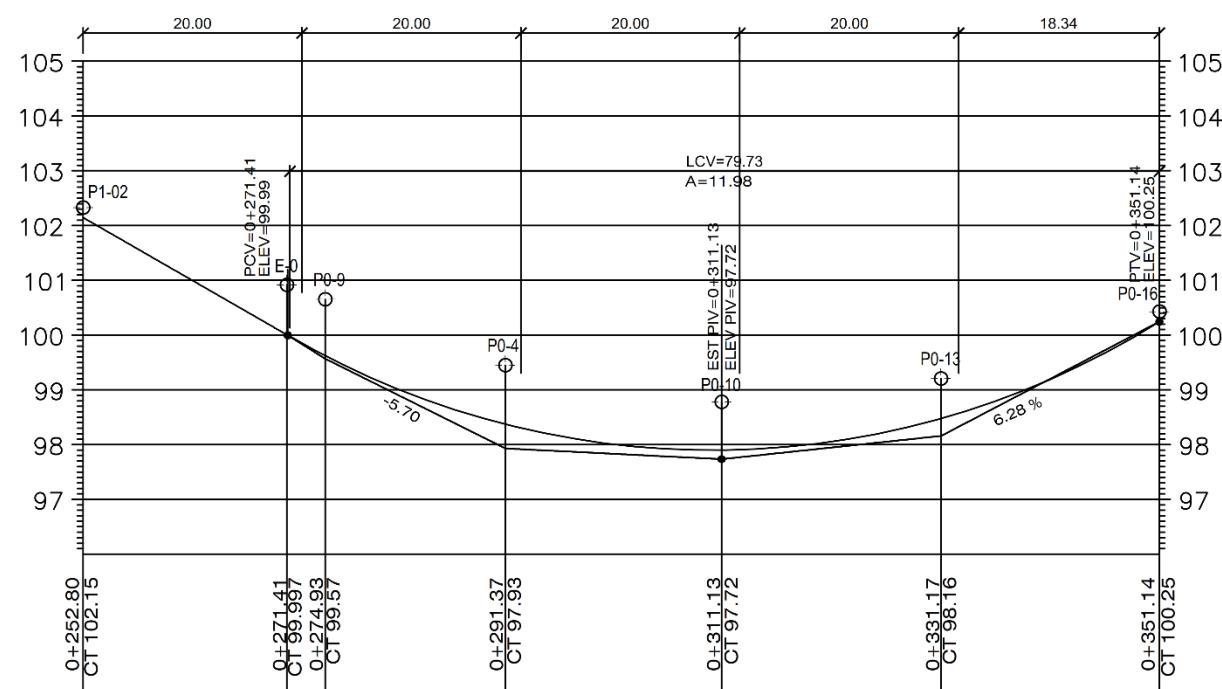
ESCALA HORIZONTAL 1:700
ESCALA VERTICAL 1:140

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN		
	CONTENIDO: CURVA VERTICAL PRIMERA AVENIDA		
	ESCALA GRÁFICA INDICADA	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ CALCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	HOJA
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR		REVISÓ: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ ING. LUIS F. QUIJADA BEZA	SEPTIEMBRE 2017
			6/8



PLANTA QUINTA CALLE

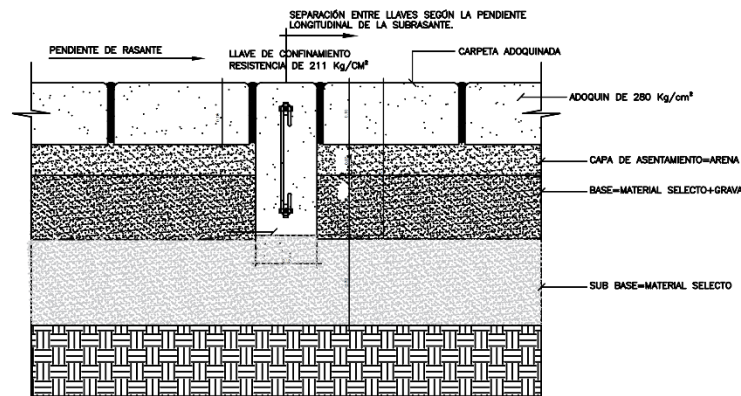
ESCALA HORIZONTAL 1:600



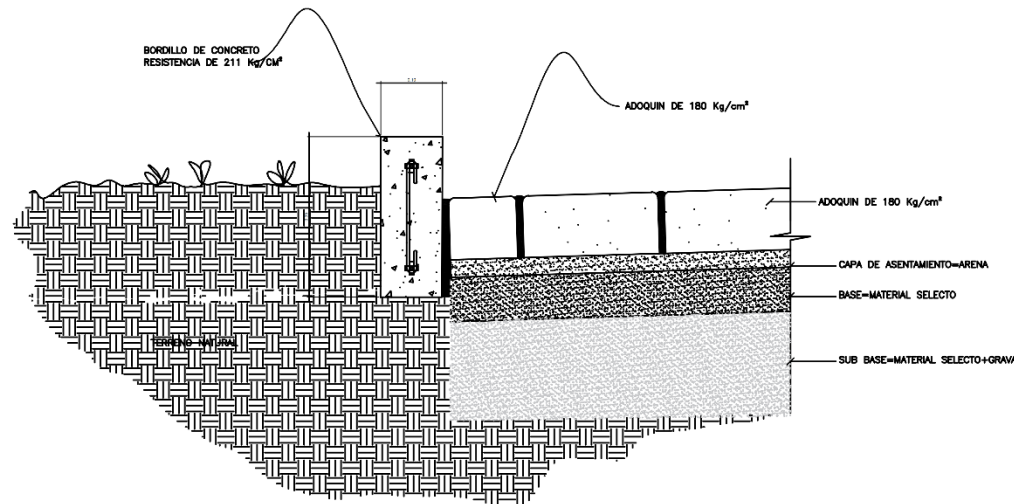
PERFIL QUINTA CALLE

ESCALA HORIZONTAL 1:600
ESCALA VERTICAL 1:120

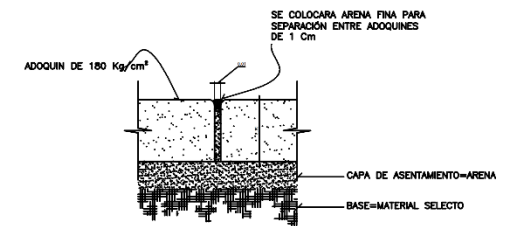
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE (CUNORI) DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA		
	PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUIN		
	CONTENIDO: CURVA VERTICAL QUINTA CALLE		
	SEPTIEMBRE 2017		
ESCALA GRÁFICA 1:600	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	DIBUJO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	HOJA
INDICADA	CALCULO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHÁVEZ	REVISÓ: ING. LUIS F. QUIJADA BEZA	7/8
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR			Vo. Bo.



LLAVE TRANSVERSAL DE CONFINAMIENTO
ESCALA :1:5

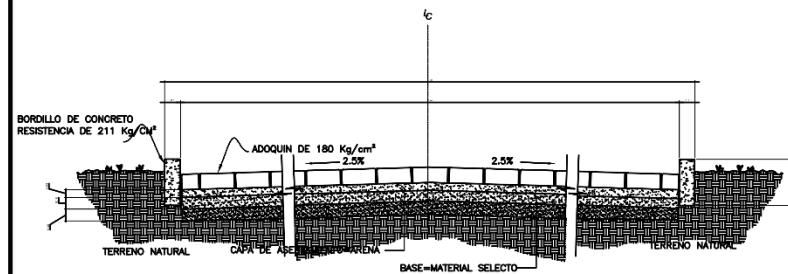


DETALLE DE BORDILLO
ESCALA :1:5

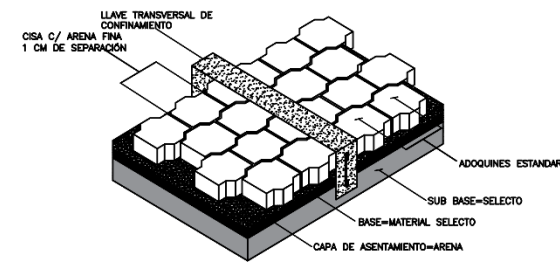


DETALLE DE JUNTA DE ADOQUIN
ESCALA :1:5

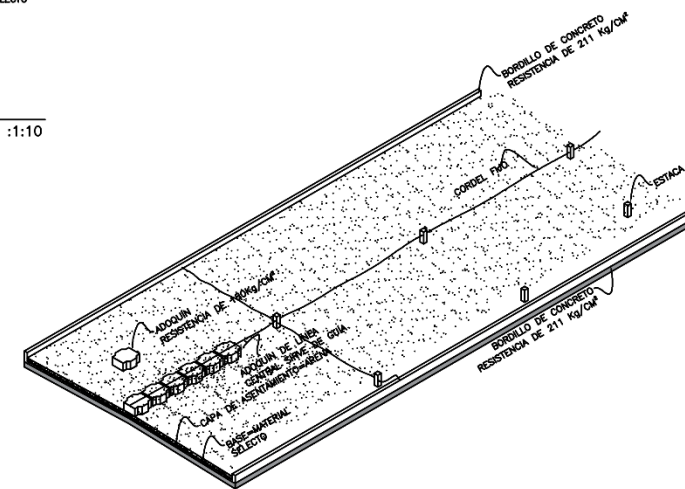
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ADOQUINAMIENTO**
- 1) TODO EL ADOQUÍN COLOCADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ GARANTIZAR EL TRAFICO DE TRANSITO PESADO CON UNA RESISTENCIA DE 180 KG/CM²
 - 2) LA PROPORCIÓN A UTILIZAR EN LA FUNDICIÓN DE LLAVES TRANSVERSALES Y REMATES LATERALES SERÁ DE 1:2.21:2.78 (CEMENTO:ARENA:PIEDRÍN) Y DEBERÁ GARANTIZAR UNA RESISTENCIA F' C = 211 KG/CM² A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS.
 - 3) LA PROPORCIÓN A UTILIZAR EN LA FUNDICIÓN DEL BORDILLO SERÁ 1:2.21:2.78 (CEMENTO:ARENA:PIEDRÍN) Y DEBERÁ GARANTIZAR UNA RESISTENCIA F' C = 211 KG/CM² A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS.
 - 4) EL AGREGADO GRUESO SERÁ DE 3/4" DE PIEDRÍN LIBRE DE IMPUREZAS.
 - 5) EL AGREGADO FINO A UTILIZAR DEBERÁ PASAR POR TAMIZ NO. 50 (0.3 MM) LIBRE DE IMPUREZAS.



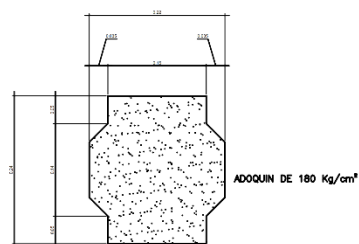
SECCIÓN TRANSVERSAL
ESCALA :1:20



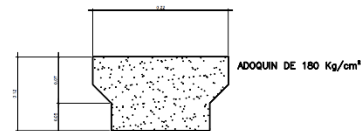
ISOMETRICO ADOQUINAMIENTO
ESCALA :1:10



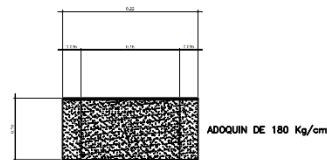
ISOMETRICO COLOCACIÓN DE ADOQUIN
SIN ESCALA



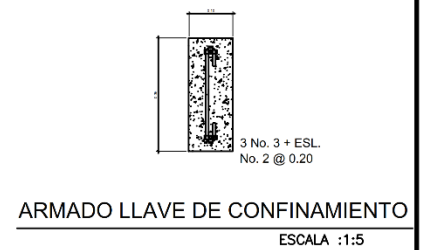
PLANTA ADOQUIN
ADOQUINAMIENTO
ESCALA :1:5



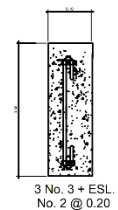
SECCIÓN TRANSVERSAL ADOQUIN
ESCALA :1:5



ELEVACIÓN ADOQUIN
ESCALA :1:5



ARMADO LLAVE DE CONFINAMIENTO
ESCALA :1:5



ARMADO DEL BORDILLO
ESCALA :1:5

DETALLES CONSTRUCTIVOS ADOQUINAMIENTO

DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DE ADOQUIN, ALDEA EL GUAYABAL, ESTANZUELA, ZACAPA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI- DISEÑO DE URBANIZACIÓN, ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA			
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUIN			
CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS			
ESCALA GRÁFICA INDICADA	DISEÑO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	DIBUJO: SHERILL NICOLÉ LÓPEZ CHAVEZ	SEPTIEMBRE 2017
ING. LUIS F. QUIJADA BEZA ASESOR			HOJA 8 / 8

ANEXOS

ANEXO A	Resultados de laboratorio, análisis físico-químico y bacteriológico.
ANEXO B	Lista de parámetros de aceleración asignada por municipio
ANEXO C	Valores de caudal y velocidad de flujo a sección llena en tuberías PVC.
ANEXO D	Relaciones hidráulicas.
ANEXO E	Resultados de laboratorio de suelos de sub-rasante, lotificación El Guayabal.
ANEXO F	Resultado de laboratorio de suelos de banco de materiales para proyecto de pavimentación de adoquín.
ANEXO G	Resultados de laboratorio de bloques de adoquín
ANEXO H	Aforo vehicular

ANEXO A

Resultados de laboratorio, análisis físico-químico y bacteriológico



LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 78730300



Referido por:	Nicte López Chavez	No. Muestra:	01
Identificación de la Muestra:	Pozo Mecánico	Fecha:	17/08/2016
Localización:	Aldea EL Guayabal, Estanzuela, Zacapa		
Tipo de Fuente:	Pozo		
Uso de Agua:	Doméstico		
Telefono:			

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA				
PARAMETROS		RESULTADOS	Limite Maximo Aceptable	Limite Máximo Permissible
Turbidez	NTU	1	5	15
Conductividad	µS/cm	2200	---	menor de 1,500
Temperatura*	°C	25	15 a 25	34
Solidos Totales	mg/l	1500	500	1000
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1408.00	---	500
Oxigeno Disuelto	mg/l	9.05	8	4
Oxigeno Disuelto	% Sat.	133.1	---	80 a 100
pH	Unidades	7.79	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	mg/l	1.050	0.5	1
Nitratos	mg/l	0.9	---	10
Nitritos	mg/l	0.0330	---	0.1
Sulfato	mg/l	116.27	100	250
Demanda Biológica de Oxigeno BDO5	mg/l	50.00	---	25
Dureza	mg/l CaCO3	230	100	500

* Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA		
PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	240.00 NMP/100 ml	3
ESCHERICHIA COLI	28.00 NMP/100 ml	3
COLIFORMES FECALES	28.00 NMP/100 ml	3

Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Fuente: Laboratorio de Gestión Ambiental, Centro Universitario de Oriente -CUNORI-

ANEXO B

Tabla B-1 Lista de parámetros de aceleración asignada por municipio

No.	Municipio	Departamento	S_s	S₁
1	Acatenango	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
2	Agua Blanca	Jutiapa	1.10 g	0.43 g
3	Aguacatán	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
4	Almolonga	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
5	Alotenango	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
6	Amatitlán	Guatemala	1.65 g	0.60 g
7	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
8	Asunción Mita	Jutiapa	1.30 g	0.50 g
9	Atescatempa	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
10	Ayutla	San Marcos	1.50 g	0.55 g
11	Barberena	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
12	Cabañas	Zacapa	1.30 g	0.50 g
13	Cabricán	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
14	Cajola	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
15	Camotán	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
16	Canillá	Quiché	1.30 g	0.50 g
17	Cantel	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
18	Casillas	Santa Rosa	1.50 g	0.55 g
19	Catarina	San Marcos	1.50 g	0.55 g
20	Chahal	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
21	Chajul	Quiché	1.10 g	0.43 g
22	Champerico	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
23	Chiantla	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
24	Chicacao	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
25	Chicamán	Quiché	1.10 g	0.43 g
26	Chiché	Quiché	1.50 g	0.55 g
27	Chichicastenango	Quiché	1.50 g	0.55 g
28	Chimaltenango	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
29	Chinautla	Guatemala	1.50 g	0.55 g
30	Chinique	Quiché	1.50 g	0.55 g
31	Chiquimula	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
32	Chiquimulilla	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
33	Chisec	Alta Verapaz	0.90 g	0.35 g
34	Chuarancho	Guatemala	1.50 g	0.55 g
35	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
36	Coatepeque	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
37	Cobán (Norte)	Alta Verapaz	0.90 g	0.35 g
	Cobán (Sur)	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
38	Colomba	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
39	Colotenango	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
40	Comapa	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
41	Comitancillo	San Marcos	1.50 g	0.55 g
42	Concepción	Atilán	1.65 g	0.60 g
43	Concepción Chiquirichapa	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
44	Concepción Huista	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
45	Concepción Las Minas	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
46	Concepción Tutuapa	San Marcos	1.30 g	0.50 g
47	Conguaco	Jutiapa	1.65 g	0.60 g
48	Cubulco	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
49	Cuilapa	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
50	Cuilco	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
51	Cunén	Quiché	1.10 g	0.43 g
52	Cuyotenango	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
53	Dolores	Petén	0.50 g	0.20 g
54	El Adelanto	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
55	El Asintal	Retalhuleu	1.50 g	0.55 g
56	El Estor	Izabal	1.10 g	0.43 g
57	El Jícaro	El Progreso	1.30 g	0.50 g
58	El Palmar	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
59	El Progreso	Jutiapa	1.30 g	0.50 g
60	El Quetzal	San Marcos	1.50 g	0.55 g
61	El Rodeo	San Marcos	1.50 g	0.55 g
62	El Tejar	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
63	El Tumbador	San Marcos	1.50 g	0.55 g
64	Escuintla	Escuintla	1.65 g	0.60 g
65	Esquipulas	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
66	Esquipulas Palo Gordo	San Marcos	1.50 g	0.55 g
67	Estanzuela	Zacapa	1.30 g	0.50 g
68	Flores	Petén	0.50 g	0.20 g
69	Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
70	Fraijanes	Guatemala	1.65 g	0.60 g
71	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	0.90 g	0.35 g
72	Génova	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
73	Granados	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
74	Gualán	Zacapa	1.30 g	0.50 g
75	Guanagazapa	Escuintla	1.65 g	0.60 g
76	Guastatoya	El Progreso	1.30 g	0.50 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
77	Guatemala	Guatemala	1.50 g	0.55 g
78	Guazacapán	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
79	Huehuetenango	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
80	Huitán	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
81	Huité	Zacapa	1.30 g	0.50 g
82	Ipala	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
83	Ixcán	Quiché	0.90 g	0.35 g
84	Ixchiguan	San Marcos	1.30 g	0.50 g
85	Iztapa	Escuintla	1.65 g	0.60 g
86	Jacaltenango	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
87	Jalapa	Jalapa	1.30 g	0.50 g
88	Jalpatagua	Jutiapa	1.65 g	0.60 g
89	Jerez	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
90	Jocotán	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
91	Jocotenango	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
92	Joyabaj	Quiché	1.50 g	0.55 g
93	Jutiapa	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
94	La Democracia	Escuintla	1.65 g	0.60 g
95	La Democracia	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
96	La Esperanza	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
97	La Gomera	Escuintla	1.65 g	0.60 g
98	La Libertad	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
99	La Libertad	Petén	0.50 g	0.20 g
100	La Reforma	San Marcos	1.50 g	0.55 g
101	La Unión	Zacapa	1.30 g	0.50 g
102	Lanquín	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
103	Livingston Oriente	Izabal	1.30 g	0.50 g
	Livingston Poniente	Izabal	1.10 g	0.43 g
104	Los Amates	Izabal	1.30 g	0.50 g
105	Magdalena Milpas Altas	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
106	Malacatán	San Marcos	1.50 g	0.55 g
107	Malacatancito	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
108	Masagua	Escuintla	1.65 g	0.60 g
109	Mataquescuintla	Jalapa	1.50 g	0.55 g
110	Mazatenango	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
111	Melchor de Mencos	Petén	0.50 g	0.20 g
112	Mixco	Guatemala	1.50 g	0.55 g
113	Momostenango	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
114	Monjas	Jalapa	1.30 g	0.50 g
115	Morales	Izabal	1.30 g	0.50 g
116	Morazán	El Progreso	1.30 g	0.50 g
117	Moyuta	Jutiapa	1.65 g	0.60 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
118	Nahualá	Atitlán	1.65 g	0.60 g
119	Nebaj	Quiché	1.10 g	0.43 g
120	Nentón	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
121	Nueva Concepción	Escuintla	1.65 g	0.60 g
122	Nueva Santa Rosa	Santa Rosa	1.50 g	0.55 g
123	Nuevo Progreso	San Marcos	1.50 g	0.55 g
124	Nuevo San Carlos	Retalhuleu	1.50 g	0.55 g
125	Ocos	San Marcos	1.65 g	0.60 g
126	Olintepeque	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
127	Olopa	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
128	Oratorio	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
129	Pachalum	Quiché	1.50 g	0.55 g
130	Pajapita	San Marcos	1.50 g	0.55 g
131	Palencia	Guatemala	1.50 g	0.55 g
132	Palestina de Los Altos	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
133	Palín	Escuintla	1.65 g	0.60 g
134	Panajachel	Atitlán	1.65 g	0.60 g
135	Panzós	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
136	Parramos	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
137	Pasaco	Jutiapa	1.65 g	0.60 g
138	Pastores	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
139	Patulul	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
140	Patzicía	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
141	Patzité	Quiché	1.50 g	0.55 g
142	Patzún	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
143	Pochuta	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
144	Poptún	Petén	0.70 g	0.27 g
145	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
146	Pueblo Nuevo Viñas	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
147	Puerto Barrios	Izabal	1.30 g	0.50 g
148	Purulhá	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
149	Quesada	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
150	Quetzaltenango	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
151	Quetzaltepeque	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
152	Rabinal	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
153	Raxruhá	Alta Verapaz	0.90 g	0.35 g
154	Retalhuleu	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
155	Río Blanco	San Marcos	1.50 g	0.55 g
156	Río Bravo	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
157	Río Hondo	Zacapa	1.30 g	0.50 g
158	Sacapulas	Quiché	1.30 g	0.50 g
159	Salamá	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
160	Salcajá	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
161	Samayac	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
162	San Agustín Acasaguastlán	El Progreso	1.30 g	0.50 g
163	San Andrés	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
164	San Andrés	Petén	0.50 g	0.20 g
165	San Andrés Sajcabajá	Quiché	1.30 g	0.50 g
166	San Andrés Semetabaj	Atitlán	1.65 g	0.60 g
167	San Andrés Villa Seca	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
168	San Andrés Xecul	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
169	San Antonio Aguas Calientes	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
170	San Antonio Huista	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
171	San Antonio Ilotenango	Quiché	1.50 g	0.55 g
172	San Antonio La Paz	El Progreso	1.30 g	0.50 g
173	San Antonio Palopó	Atitlán	1.65 g	0.60 g
174	San Antonio Sacatepéquez	San Marcos	1.50 g	0.55 g
175	San Antonio Suchitepéquez	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
176	San Bartolo	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
177	San Bartolomé Jocotenango	Quiché	1.30 g	0.50 g
178	San Bartolomé Milpas Altas	Sacatepéquez	1.50 g	0.55 g
179	San Benito	Petén	0.50 g	0.20 g
180	San Bernardino	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
181	San Carlos Alzatate	Jalapa	1.30 g	0.50 g
182	San Carlos Sija	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
183	San Cristóbal Acasaguastlán	El Progreso	1.30 g	0.50 g
184	San Cristóbal Cucho	San Marcos	1.50 g	0.55 g
185	San Cristóbal Totonicapán	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
186	San Cristóbal Verapaz	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
187	San Diego	Zacapa	1.30 g	0.50 g
188	San Felipe	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
189	San Francisco	Petén	0.50 g	0.20 g
190	San Francisco El Alto	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
191	San Francisco La Unión	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
192	San Francisco Zapotitlán	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
193	San Gabriel	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
194	San Gaspar Ixchil	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
195	San Ildefonso Ixtahuacán	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
196	San Jacinto	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
197	San Jerónimo	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
198	San José (Escuintla)	Escuintla	1.65 g	0.60 g
199	San José (Petén)	Petén	0.50 g	0.20 g
200	San José Acatempa	Jutiapa	1.65 g	0.60 g
201	San José Chacayá	Atitlán	1.65 g	0.60 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
202	San José del Golfo	Guatemala	1.50 g	0.55 g
203	San José El Ídolo	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
204	San José La Arada	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
205	San José Ojetenam	San Marcos	1.30 g	0.50 g
206	San José Pinula	Guatemala	1.50 g	0.55 g
207	San José Poaquil	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
208	San Juan Atitán	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
209	San Juan Bautista	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
210	San Juan Chamelco	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
211	San Juan Comalapa	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
212	San Juan Cotzal	Quiché	1.10 g	0.43 g
213	San Juan Ermita	Chiquimula	1.10 g	0.43 g
214	San Juan Ixcay	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
215	San Juan La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
216	San Juan Ostuncalco	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
217	San Juan Sacatepéquez	Guatemala	1.50 g	0.55 g
218	San Juan Tecuaco	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
219	San Lorenzo	San Marcos	1.50 g	0.55 g
220	San Lorenzo	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
221	San Lucas Sacatepéquez	Sacatepéquez	1.50 g	0.55 g
222	San Lucas Tolimán	Atitlán	1.65 g	0.60 g
223	San Luis	Petén	0.90 g	0.35 g
224	San Luis Jilotepeque	Jalapa	1.10 g	0.43 g
225	San Manuel Chaparrón	Jalapa	1.30 g	0.50 g
226	San Marcos	San Marcos	1.50 g	0.55 g
227	San Marcos La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
228	San Martín Jilotepeque	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
229	San Martín Sacatepéquez	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
230	San Martín Zapotitlán	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
231	San Mateo Ixtatán	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
232	San Mateo Ixtatán	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
233	San Miguel Acatán	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
234	San Miguel Chicaj	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
235	San Miguel Dueñas	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
236	San Miguel Ixtahuacán	San Marcos	1.30 g	0.50 g
237	San Miguel Panán	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
238	San Miguel Petapa	Guatemala	1.65 g	0.60 g
239	San Miguel Sigüilá	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
240	San Pablo	San Marcos	1.50 g	0.55 g
241	San Pablo Jocopilas	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
242	San Pablo La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
243	San Pedro Ayampuc	Guatemala	1.50 g	0.55 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
244	San Pedro Carchá	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
245	San Pedro Jocopilas	Quiché	1.30 g	0.50 g
246	San Pedro La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
247	San Pedro Necta	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
248	San Pedro Pinula	Jalapa	1.30 g	0.50 g
249	San Pedro Sacatepéquez	Guatemala	1.50 g	0.55 g
250	San Pedro Sacatepéquez	San Marcos	1.50 g	0.55 g
251	San Pedro Soloma	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
252	San Rafael La Independencia	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
253	San Rafael Las Flores	Santa Rosa	1.50 g	0.55 g
254	San Rafael Petzal	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
255	San Rafael Pie de la Cuesta	San Marcos	1.50 g	0.55 g
256	San Raymundo	Guatemala	1.50 g	0.55 g
257	San Sebastián	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
258	San Sebastián Coatán	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
259	San Sebastián Huehuetenango	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
260	San Vicente Pacaya	Escuintla	1.65 g	0.60 g
261	Sanarate	El Progreso	1.30 g	0.50 g
262	Sansare	El Progreso	1.30 g	0.50 g
263	Santa Ana	Petén	0.50 g	0.20 g
264	Santa Ana Huista	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
265	Santa Apolonia	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
266	Santa Bárbara	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
267	Santa Bárbara	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
268	Santa Catalina La Tinta	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
269	Santa Catarina Barahona	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
270	Santa Catarina Ixtahuacán	Atitlán	1.65 g	0.60 g
271	Santa Catarina Mita	Jutiapa	1.30 g	0.50 g
272	Santa Catarina Palopó	Atitlán	1.65 g	0.60 g
273	Santa Catarina Pinula	Guatemala	1.50 g	0.55 g
274	Santa Clara La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
275	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
276	Santa Cruz Barillas	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
277	Santa Cruz del Quiché	Quiché	1.50 g	0.55 g
278	Santa Cruz el Chol	Baja Verapaz	1.30 g	0.50 g
279	Santa Cruz La Laguna	Atitlán	1.65 g	0.60 g
280	Santa Cruz Muluá	Retalhuleu	1.65 g	0.60 g
281	Santa Cruz Naranjo	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
282	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
283	Santa Eulalia	Huehuetenango	1.10 g	0.43 g
284	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	1.65 g	0.60 g
285	Santa Lucía La Reforma	Totonicapán	1.50 g	0.55 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S ₂	S ₁
286	Santa Lucía Milpas Altas	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
287	Santa Lucía Utatlán	Atitlán	1.65 g	0.60 g
288	Santa María Cahabón	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
289	Santa María Chiquimula	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
290	Santa María de Jesús	Sacatepéquez	1.65 g	0.60 g
291	Santa María Ixhuatán	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
292	Santa María Visitación	Atitlán	1.65 g	0.60 g
293	Santa Rosa de Lima	Santa Rosa	1.50 g	0.55 g
294	Santiago Atitlán	Atitlán	1.65 g	0.60 g
295	Santiago Chimaltenango	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
296	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez	1.50 g	0.55 g
297	Santo Domingo Suchitepéquez	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
298	Santo Domingo Xenacoj	Sacatepéquez	1.50 g	0.55 g
299	Santo Tomás La Unión	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g
300	Sayaxché	Petén	0.70 g	0.27 g
301	Senahú	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
302	Sibilia	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
303	Sibinal	San Marcos	1.30 g	0.50 g
304	Sipacapa	San Marcos	1.30 g	0.50 g
305	Siquinalá	Escuintla	1.65 g	0.60 g
306	Sololá	Atitlán	1.65 g	0.60 g
307	Sumpango	Sacatepéquez	1.50 g	0.55 g
308	Tacaná	San Marcos	1.30 g	0.50 g
309	Tactic	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
310	Tajumulco	San Marcos	1.50 g	0.55 g
311	Tamahú	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
312	Taxisco	Santa Rosa	1.65 g	0.60 g
313	Tecpán Guatemala	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
314	Tectitán	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
315	Teculután	Zacapa	1.30 g	0.50 g
316	Tejutla	San Marcos	1.30 g	0.50 g
317	Tiquisate	Escuintla	1.65 g	0.60 g
318	Todos Santos Cuchumatanes	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
319	Totonicapán	Totonicapán	1.50 g	0.55 g
320	Tucurú	Alta Verapaz	1.10 g	0.43 g
321	Unión Cantinil	Huehuetenango	1.30 g	0.50 g
322	Uspantán	Quiché	1.10 g	0.43 g
323	Usumatlán	Zacapa	1.30 g	0.50 g
324	Villa Canales	Guatemala	1.65 g	0.60 g
325	Villa Nueva	Guatemala	1.65 g	0.60 g
326	Yepocapa	Chimaltenango	1.65 g	0.60 g
327	Yupiltepeque	Jutiapa	1.50 g	0.55 g

Continuación de tabla B-1

No.	Municipio	Departamento	S_s	S_1
328	Zacapa	Zacapa	1.30 g	0.50 g
329	Zacualpa	Quiché	1.50 g	0.55 g
330	Zapotitlán	Jutiapa	1.50 g	0.55 g
331	Zaragoza	Chimaltenango	1.50 g	0.55 g
332	Zunil	Quetzaltenango	1.50 g	0.55 g
333	Zunilito	Suchitepéquez	1.65 g	0.60 g

Fuente: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala NSE 2-10, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES- pp. 55-63.

ANEXO C

**Tabla C-1. Valores de caudal y velocidad de flujo a sección llena en tuberías
PVC**

DIÁMETRO	100mm (4")		150mm (6")		200mm (8")		250mm (10")	
PENDIENTE %	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0.1	2.4	0.30	7.0	0.39	15.0	0.48	27.2	0.55
0.2	3.4	0.43	9.9	0.56	21.2	0.67	38.5	0.78
0.3	4.1	0.52	12.1	0.68	26.0	0.83	47.1	0.96
0.4	4.8	0.60	13.9	0.79	30.0	0.95	54.4	1.11
0.5	5.3	0.67	15.6	0.88	33.6	1.07	60.8	1.24
0.6	5.8	0.74	17.1	0.96	36.8	1.17	66.6	1.36
0.7	6.3	0.80	18.4	1.04	39.7	1.26	71.9	1.46
0.8	6.7	0.85	19.7	1.11	42.5	1.35	76.9	1.57
0.9	7.1	0.90	20.9	1.18	45.1	1.43	81.6	1.66
1.0	7.5	0.95	22.0	1.25	47.5	1.51	86.0	1.75
1.1	7.9	1.00	23.1	1.31	49.8	1.58	90.2	1.84
1.2	8.2	1.04	24.1	1.36	52.0	1.65	94.2	1.92
1.3	8.6	1.09	25.	1.42	54.2	1.72	98.0	2.00
1.4	8.9	1.13	26.1	1.47	56.2	1.79	101.7	2.07
1.5	9.2	1.17	27.0	1.53	58.2	1.85	105.3	2.14
1.6	9.5	1.20	27.9	1.58	60.1	1.91	108.8	2.21
1.7	9.8	1.24	28.7	1.62	61.9	1.97	112.1	2.28
1.8	10.1	1.28	29.6	1.67	63.7	2.02	115.3	2.35
1.9	10.4	1.31	30.4	1.72	65.5	2.08	118.8	2.41
2.0	10.6	1.35	31.2	1.76	67.2	2.13	121.6	2.48
2.1	10.9	1.38	31.9	1.80	68.8	2.19	124.6	2.54
2.2	11.2	1.41	32.7	1.85	70.5	2.24	127.5	2.60
2.3	11.4	1.44	33.4	1.89	72.0	2.29	130.4	2.65
2.4	11.7	1.47	34.1	1.93	73.6	2.34	133.2	2.71
2.5	11.9	1.51	34.8	1.97	75.1	2.39	136.0	2.77
2.6	12.1	1.53	35.5	2.01	76.6	2.43	138.7	2.82
2.7	12.4	1.56	36.2	2.05	78.1	2.48	141.3	2.88
2.8	12.6	1.59	36.9	2.08	79.5	2.53	143.9	2.93
2.9	12.8	1.62	37.5	2.12	80.9	2.57	146.4	2.98
3.0	13.0	1.65	38.2	2.16	82.3	2.61	148.9	3.03
3.1	13.2	1.68	38.8	2.19	83.6	2.66	151.4	3.08
3.2	13.5	1.70	39.4	2.23	85.0	2.70	153.8	3.13
3.3	13.7	1.73	40.0	2.26	86.3	2.74	156.2	3.18
3.4	13.9	1.76	40.6	2.30	87.6	2.78	158.6	3.23
3.5	14.1	1.78	41.2	2.33	88.9	2.82	160.9	3.27
3.6	14.3	1.81	41.8	2.36	90.1	2.86	163.2	3.32
3.7	14.5	1.83	42.4	2.40	91.4	2.90	165.4	3.37
3.8	14.7	1.86	43.0	2.43	92.6	2.94	167.6	3.41
3.9	14.9	1.88	43.5	2.46	93.8	2.98	169.8	3.46
4.0	15.0	1.90	44.1	2.49	95.0	3.02	172.0	3.50
4.1	15.2	1.93	44.6	2.52	96.2	3.06	174.1	3.54
4.2	15.4	1.95	45.2	2.55	97.4	3.09	176.2	3.59
4.3	15.6	1.97	45.7	2.58	98.5	3.13	178.3	3.63
4.4	15.8	2.00	46.2	2.61	99.6	3.17	180.4	3.67
4.5	16.0	2.02	46.7	2.64	100.8	3.20	182.4	3.71
4.6	16.1	2.04	47.3	2.67	101.9	3.24	184.4	3.75
4.7	16.3	2.06	47.8	2.70	103.0	3.27	186.4	3.79
4.8	16.5	2.09	48.3	2.73	104.1	3.31	188.4	3.83
4.9	16.6	2.11	48.8	2.76	105.2	3.24	190.3	3.87
5.0	16.8	2.13	49.3	2.78	106.2	3.37	192.3	3.91

Continuación de tabla C-1

DIÁMETRO PENDIENTE %	100mm (4")		150mm (6")		200mm (8")		250mm (10")	
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
5.1	17.0	2.15	49.8	2.81	107.3	3.41	184.2	3.95
5.2	17.2	2.17	50.3	2.84	108.3	3.44	196.1	3.99
5.3	17.3	2.19	50.7	2.87	109.4	3.47	198.0	4.03
5.4	17.5	2.21	51.2	2.89	110.4	3.51	199.8	4.07
5.5	17.6	2.23	51.7	2.92	111.4	3.54	201.7	4.10
5.6	17.8	2.25	52.1	2.95	112.4	3.57	203.5	4.14
5.7	18.0	2.27	52.6	2.97	113.4	3.60	205.3	4.18
5.8	18.1	2.29	53.1	3.00	114.4	3.63	207.1	4.22
5.9	18.3	2.31	53.5	3.03	115.4	3.67	208.9	4.25
6.0	18.4	2.33	54.0	3.05	116.4	3.70	210.6	4.29
6.1	18.6	2.35	54.4	3.08	117.3	3.73	212.4	4.32
6.2	18.7	2.37	54.9	3.10	118.3	3.76	214.1	4.36
6.3	18.9	2.39	55.3	3.13	119.2	3.79	215.8	4.39
6.4	19.0	2.41	55.8	3.15	120.2	3.82	217.5	4.43
6.5	19.2	2.43	56.2	3.18	121.1	3.85	219.2	4.46
6.6	19.3	2.45	56.6	3.20	122.0	3.88	220.9	4.50
6.7	19.5	2.46	57.0	3.22	123.0	3.91	222.6	4.53
6.8	19.6	2.48	57.5	3.25	123.9	3.94	224.2	4.56
6.9	19.8	2.50	57.9	3.27	124.8	3.96	225.9	4.60
7.0	19.9	2.52	58.3	3.29	125.7	3.99	227.5	4.63
7.1	20.0	2.53	58.7	3.32	126.6	4.02	229.1	4.66
7.2	20.2	2.55	59.1	3.34	127.5	4.05	230.7	4.70
7.3	20.3	2.57	59.5	3.36	128.3	4.08	232.3	4.73
7.4	20.5	2.59	59.9	3.39	129.2	4.10	233.9	4.76
7.5	20.6	2.61	60.4	3.41	130.1	4.13	235.5	4.79
7.6	20.7	2.62	60.8	3.43	131.0	4.16	237.1	4.83
7.7	20.9	2.64	61.2	3.46	131.8	4.19	238.6	4.86
7.8	21.0	2.66	61.5	3.48	132.7	4.21	240.2	4.89
7.9	21.1	2.68	61.9	3.50	133.5	4.24	241.7	4.92
8.0	21.3	2.69	62.3	3.52	134.4	4.27	243.2	4.95
8.1	21.4	2.71	62.7	3.54	135.2	4.29	244.7	4.998
8.2	21.5	2.73	63.1	3.57	136.0	4.32		
8.3	21.7	2.74	63.5	3.59	136.9	4.35		
8.4	21.8	2.76	63.9	3.61	137.7	4.37		
8.5	21.9	2.78	64.2	3.63	138.5	4.40		
8.6	22.1	2.79	64.6	3.65	139.3	4.43		
8.7	22.2	2.81	65.0	3.67	140.1	4.45		
8.8	22.3	2.82	65.4	3.69	140.9	4.48		
8.9	22.4	2.84	65.7	3.72	141.7	4.50		
9.0	22.6	2.86	66.1	3.74	142.5	4.53		
9.1	22.7	2.87	66.5	3.76	143.3	4.55		
9.2	22.8	2.89	66.8	3.78	144.1	4.58		
9.3	22.9	2.90	67.2	3.80	144.9	4.60		
9.4	23.1	2.92	67.6	3.82	145.6	4.63		
9.5	23.2	2.93	67.9	3.84	146.4	4.65		
9.6	23.3	2.95	68.3	3.86	147.2	4.68		
9.7	23.4	2.96	68.6	3.88	147.9	4.70		
9.8	23.5	2.98	69.0	3.90	148.7	4.72		
9.9	23.7	3.00	69.3	3.92	149.5	4.75		
10.0	23.8	3.01	69.7	3.94	150.2	4.77		

Continuación de tabla C-1

DIÁMETRO	300mm (12")		375mm (15")		450mm (18")		600mm (24")		
	PENDIENTE %	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0.1		43.2	0.62	74.1	0.71	127.0	0.81	275.6	0.99
0.2		61.1	0.88	104.8	1.01	179.6	1.15	389.8	1.40
0.3		74.9	1.08	128.3	1.23	220.0	1.41	477.4	1.71
0.4		86.5	1.24	148.2	1.42	254.0	1.63	551.3	1.98
0.5		96.7	1.39	165.7	1.59	284.0	1.82	616.3	2.21
0.6		105.9	1.52	181.5	1.74	311.1	1.99	675.2	2.42
0.7		114.4	1.64	196.0	1.88	336.0	2.15	729.2	2.61
0.8		122.3	1.76	209.5	2.01	359.2	2.30	779.6	2.79
0.9		129.7	1.86	222.2	2.13	381.0	2.44	826.9	2.96
1.0		136.7	1.97	234.3	2.25	401.6	2.57	871.6	3.12
1.1		143.4	2.06	245.7	2.36	421.3	2.70	914.2	3.28
1.2		149.8	2.15	256.6	2.46	440.0	2.82	954.8	3.42
1.3		155.9	2.24	267.1	2.56	458.0	2.93	993.8	3.56
1.4		161.8	2.33	277.2	2.66	475.2	3.04	1031.3	3.70
1.5		167.4	2.41	286.9	2.75	491.9	3.15	1067.5	3.83
1.6		172.9	2.49	296.3	2.84	508.1	3.25	1102.5	3.95
1.7		178.3	2.56	305.4	2.93	523.7	3.36	1136.4	4.07
1.8		183.4	2.64	314.3	3.02	538.9	3.45	1169.4	4.19
1.9		188.5	2.71	322.9	3.10	553.6	3.55	1201.4	4.31
2.0		193.3	2.78	331.3	3.18	568.0	3.64	1232.7	4.42
2.1		198.1	2.85	339.5	3.26	582.0	3.73	1263.1	4.53
2.2		202.8	2.92	347.5	3.34	595.7	3.82	1292.8	4.63
2.3		207.3	2.98	355.3	3.41	609.1	3.90	1321.9	4.74
2.4		211.8	3.04	362.9	3.48	622.2	3.99	1350.3	4.84
2.5		216.2	3.11	370.4	3.56	635.1	4.07	1378.1	4.94
2.6		220.5	3.17	377.7	3.63	647.6	4.15		
2.7		224.7	3.23	384.9	3.70	660.0	4.23		
2.8		228.8	3.29	392.0	3.76	671.2	4.31		
2.9		232.8	3.35	398.9	3.83	6894.0	4.38		
3.0		236.8	3.40	405.8	3.89	695.7	4.46		
3.1		240.7	3.46	412.5	3.96	707.2	4.53		
3.2		244.6	3.52	419.1	4.02	718.5	4.60		
3.3		248.4	3.57	425.6	4.09	729.6	4.67		
3.4		252.1	3.62	432.0	4.15	740.6	4.74		
3.5		255.8	3.68	438.3	4.21	751.4	4.81		
3.6		259.4	3.73	444.5	4.27	762.1	4.88		
3.7		263.0	3.78	450.6	4.33	772.6	4.95		
3.8		266.5	3.83	456.7	4.38				
3.9		270.0	3.88	462.6	4.44				
4.0		273.4	3.93	468.5	4.50				
4.1		276.8	3.98	474.4	4.55				
4.2		280.2	4.03	480.1	4.61				
4.3		283.5	4.08	485.8	4.66				
4.4		286.8	4.12	491.4	4.72				
4.5		290.0	4.17	497.0	4.77				
4.6		293.2	4.22	502.4	4.82				
4.7		296.4	4.26	507.9	4.88				
4.8		299.5	4.31	513.3	4.93				
4.9		302.6	4.35	518.6	4.98				
5.0		307.7	4.39						

Continuación de tabla C-1

DIÁMETRO	300mm (12")		375mm (15")		450mm (18")		600mm (24")	
PENDIENTE %	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
5.1	308.8	4.44						
5.2	311.8	4.48						
5.3	314.8	4.52						
5.4	317.7	4.57						
5.5	320.6	4.61						
5.6	323.5	4.65						
5.7	326.4	4.69						
5.8	329.3	4.73						
5.9	332.1	4.77						
6.0	334.9	4.81						
6.1	337.7	4.85						
6.2	340.4	4.89						
6.3	343.2	4.93						
6.4	345.9	4.97						

Fuente: Manual de diseño.

ANEXO D

Tabla D-1. Relaciones hidráulicas

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.000001	0.019224	0.001	0.000054
0.000005	0.030507	0.002	0.000152
0.000011	0.039963	0.003	0.000279
0.000021	0.048396	0.004	0.000429
0.000034	0.056141	0.005	0.000599
0.00005	0.06337	0.006	0.000788
0.00007	0.070215	0.007	0.000992
0.000093	0.076728	0.008	0.001212
0.00012	0.08297	0.009	0.001446
0.000151	0.08898	0.01	0.001693
0.000185	0.094787	0.011	0.001952
0.000223	0.100417	0.012	0.002224
0.000265	0.105887	0.013	0.002506
0.000311	0.111215	0.014	0.0028
0.000361	0.116413	0.015	0.003105
0.000415	0.121493	0.016	0.003419
0.000473	0.126464	0.017	0.003744
0.000536	0.131335	0.018	0.004078
0.000602	0.136112	0.019	0.004421
0.000672	0.140803	0.02	0.004773
0.000746	0.145412	0.021	0.005134
0.000825	0.149945	0.022	0.005503
0.000825	0.149945	0.022	0.005503
0.000908	0.154406	0.023	0.005881
0.000995	0.1588	0.024	0.006266
0.001086	0.163129	0.025	0.00666
0.001182	0.167398	0.026	0.007061
0.001282	0.171609	0.027	0.00747
0.001386	0.175765	0.028	0.007887
0.001495	0.179868	0.029	0.008311
0.001608	0.183921	0.03	0.008741
0.01725	0.187926	0.031	0.009179
0.001847	0.191885	0.032	0.009624
0.001973	0.1958	0.033	0.010076
0.002103	0.19962	0.034	0.010534
0.002238	0.203503	0.035	0.010999
0.002378	0.207295	0.036	0.01147
0.002521	0.211049	0.037	0.011947
0.00267	0.214766	0.038	0.012431
0.002823	0.218448	0.039	0.012921
0.00298	0.222095	0.04	0.013417
0.003142	0.225709	0.041	0.013919
0.003308	0.229291	0.042	0.014427
0.003479	0.232842	0.043	0.014941
0.003654	0.236362	0.044	0.01546
0.003814	0.239853	0.045	0.015985
0.004019	0.243315	0.046	0.016516
0.004208	0.246749	0.047	0.017052
0.004401	0.250157	0.048	0.017594
0.004599	0.253537	0.049	0.018141
0.004802	0.256893	0.05	0.018693
0.005009	0.260223	0.051	0.019251
0.005221	0.263528	0.052	0.019813
0.005438	0.26681	0.053	0.020381
0.005659	0.270068	0.054	0.020954
0.005885	0.273304	0.055	0.021532
0.006115	0.276517	0.056	0.022116
0.00635	0.279709	0.057	0.022703
0.00659	0.282879	0.058	0.023296
0.006834	0.286029	0.059	0.023894
0.007083	0.289158	0.06	0.024496
0.007337	0.292267	0.061	0.025103
0.007595	0.295356	0.062	0.025715
0.007858	0.298427	0.063	0.026332
0.008126	0.30148	0.064	0.026953
0.008398	0.304512	0.065	0.027578
0.008675	0.307527	0.066	0.028208
0.008956	0.310524	0.067	0.028843
0.009243	0.313504	0.068	0.029481
0.009533	0.316466	0.069	0.030125
0.009829	0.319412	0.07	0.030772
0.010129	0.322342	0.071	0.031424
0.010434	0.325255	0.072	0.03208
0.010744	0.328152	0.073	0.032741
0.011058	0.331034	0.074	0.033405
0.011377	0.3339	0.075	0.034074
0.011701	0.33651	0.076	0.034746
0.012029	0.33958	0.077	0.035423
0.012362	0.342408	0.078	0.036104
0.0127	0.345215	0.079	0.036789
0.0127	0.345215	0.079	0.036789
0.013043	0.348007	0.08	0.037478
0.01339	0.350786	0.081	0.038171
0.013742	0.353551	0.082	0.038868
0.014098	0.356302	0.083	0.039568
0.014459	0.359039	0.084	0.040273
0.014825	0.361764	0.085	0.040981
0.015196	0.364475	0.086	0.041693
0.015571	0.367173	0.087	0.042409
0.015951	0.369859	0.088	0.043128
0.016336	0.372532	0.089	0.043851
0.016726	0.375193	0.09	0.044578
0.01712	0.37842	0.091	0.045309
0.017518	0.380479	0.092	0.046043
0.017922	0.383103	0.093	0.046781
0.01833	0.385717	0.094	0.047522
0.018743	0.388318	0.095	0.048267
0.019161	0.390908	0.096	0.049016
0.019583	0.393487	0.097	0.049768
0.02001	0.396055	0.098	0.050523
0.020441	0.398611	0.099	0.051282
0.020878	0.401157	0.1	0.052044
0.021319	0.403692	0.101	0.05281
0.021765	0.406216	0.102	0.053579
0.022215	0.40873	0.103	0.054351
0.02267	0.411234	0.104	0.055127
0.02313	0.413727	0.105	0.055906
0.023594	0.41621	0.106	0.056688
0.024063	0.418683	0.107	0.057473
0.024537	0.421146	0.108	0.058262
0.025015	0.423599	0.109	0.059054
0.025498	0.426042	0.11	0.059849
0.025986	0.428476	0.111	0.060648
0.026479	0.430901	0.112	0.061449
0.026976	0.433316	0.113	0.062254
0.027477	0.435721	0.114	0.063062

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.027984	0.438117	0.115	0.063873
0.028495	0.440505	0.116	0.064686
0.02901	0.442883	0.117	0.065503
0.029531	0.445252	0.118	0.066323
0.030056	0.447612	0.119	0.067146
0.030585	0.449964	0.12	0.067972
0.031119	0.452307	0.121	0.068801
0.031658	0.454641	0.122	0.069633
0.032202	0.456967	0.123	0.070468
0.03275	0.459284	0.124	0.071306
0.033302	0.461593	0.125	0.072147
0.03386	0.463893	0.126	0.07299
0.034422	0.466185	0.127	0.073837
0.034988	0.46847	0.128	0.074686
0.035559	0.470746	0.129	0.075538
0.036135	0.473014	0.13	0.076393
0.036715	0.475274	0.131	0.077251
0.0373	0.477526	0.132	0.078112
0.03789	0.47977	0.133	0.078975
0.038484	0.482007	0.134	0.079841
0.039083	0.484236	0.135	0.08071
0.039686	0.486457	0.136	0.081582
0.040294	0.488671	0.137	0.082456
0.040906	0.490877	0.138	0.083333
0.041523	0.493076	0.139	0.084212
0.042145	0.495268	0.14	0.085095
0.042771	0.497452	0.141	0.08598
0.043401	0.499629	0.142	0.086867
0.044036	0.501799	0.143	0.087757
0.044676	0.503961	0.144	0.08865
0.04532	0.506117	0.145	0.089545
0.045969	0.508265	0.146	0.090443
0.046622	0.510407	0.147	0.091344
0.04728	0.512541	0.148	0.092247
0.047943	0.514669	0.149	0.093152
0.048609	0.51679	0.15	0.09406
0.049281	0.518904	0.151	0.094971
0.049956	0.52011	0.152	0.095884
0.050637	0.523112	0.153	0.096799
0.051322	0.525206	0.154	0.097717
0.052011	0.527293	0.155	0.098637
0.052705	0.529374	0.156	0.09956
0.053403	0.531449	0.157	0.100485
0.054106	0.533517	0.158	0.101413
0.054813	0.535578	0.159	0.102343
0.055524	0.537633	0.16	0.103275
0.05624	0.539682	0.161	0.10421
0.056961	0.541725	0.162	0.105147
0.057686	0.543761	0.163	0.106087
0.058415	0.545792	0.164	0.107028
0.059149	0.547816	0.165	0.107972
0.059887	0.549834	0.166	0.108919
0.06063	0.551845	0.167	0.109867
0.061377	0.553851	0.168	0.110818
0.062128	0.555851	0.169	0.111772
0.062884	0.557845	0.17	0.112727
0.063644	0.559833	0.171	0.113685

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.064409	0.561815	0.172	0.114645
0.065178	0.563791	0.173	0.115607
0.065951	0.565762	0.174	0.116571
0.066729	0.567726	0.175	0.117537
0.067511	0.569685	0.176	0.118506
0.068298	0.571638	0.177	0.119477
0.069088	0.573586	0.178	0.12045
0.069883	0.575528	0.179	0.121425
0.070683	0.577464	0.18	0.122402
0.071487	0.59395	0.181	0.123382
0.072295	0.58132	0.182	0.124363
0.073107	0.58324	0.183	0.125347
0.073924	0.585154	0.184	0.126332
0.074745	0.587063	0.185	0.12732
0.07557	0.588966	0.186	0.12831
0.0764	0.590864	0.187	0.129302
0.077234	0.592756	0.188	0.130296
0.078072	0.594644	0.189	0.131292
0.078914	0.596526	0.19	0.13229
0.079761	0.598402	0.191	0.13329
0.080612	0.600274	0.192	0.134292
0.081467	0.60214	0.193	0.135296
0.082326	0.604001	0.194	0.136302
0.08319	0.605857	0.195	0.13731
0.0840058	0.607708	0.196	0.13832
0.08493	0.609553	0.197	0.139331
0.085806	0.611394	0.198	0.140345
0.086687	0.61323	0.199	0.141361
0.087571	0.61506	0.2	0.142377
0.08846	0.61689	0.201	0.143398
0.089353	0.61872	0.202	0.144419
0.09025	0.62055	0.203	0.145443
0.091152	0.62238	0.204	0.146468
0.092057	0.62421	0.205	0.147495
0.092967	0.62604	0.206	0.148524
0.093881	0.62787	0.207	0.149555
0.094799	0.6297	0.208	0.150587
0.095721	0.63153	0.209	0.151622
0.096647	0.63336	0.21	0.152658
0.097577	0.634871	0.211	0.153696
0.098512	0.636643	0.212	0.154736
0.09945	0.638415	0.213	0.155778
0.100393	0.640187	0.214	0.156821
0.10134	0.641959	0.215	0.157867
0.10229	0.643731	0.216	0.158914
0.103245	0.645503	0.217	0.159963
0.104204	0.647275	0.218	0.161013
0.105167	0.649047	0.219	0.162065
0.106134	0.650819	0.22	0.163119
0.107105	0.652382	0.221	0.164175
0.10808	0.654108	0.222	0.165233
0.109059	0.655834	0.223	0.166292
0.110042	0.65756	0.224	0.167353
0.111029	0.659286	0.225	0.168415
0.11202	0.661012	0.226	0.169479
0.113015	0.662738	0.227	0.170545
0.114014	0.664464	0.228	0.171613

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.115017	0.66619	0.229	0.172682
0.116024	0.667916	0.23	0.173753
0.117035	0.669441	0.231	0.174825
0.11805	0.671122	0.232	0.175899
0.119069	0.672803	0.233	0.176975
0.120091	0.674484	0.234	0.178052
0.121118	0.676165	0.235	0.179131
0.122149	0.677846	0.236	0.180212
0.123183	0.679527	0.237	0.181294
0.124221	0.681208	0.238	0.182377
0.125263	0.682889	0.239	0.183463
0.12631	0.68457	0.24	0.184549
0.12736	0.686065	0.241	0.185638
0.128413	0.687704	0.242	0.186728
0.129471	0.689343	0.243	0.187819
0.130533	0.690982	0.244	0.188912
0.131598	0.692621	0.245	0.190006
0.132667	0.69426	0.246	0.191102
0.13374	0.695899	0.247	0.1922
0.134817	0.697538	0.248	0.193299
0.135897	0.699177	0.249	0.194399
0.136982	0.700816	0.25	0.195501
0.13807	0.702273	0.251	0.196605
0.139162	0.703871	0.252	0.197709
0.140258	0.705469	0.253	0.198816
0.141357	0.707067	0.254	0.199923
0.14246	0.708665	0.255	0.201033
0.143567	0.710263	0.256	0.202143
0.144678	0.711861	0.257	0.203255
0.145792	0.713459	0.258	0.204369
0.14691	0.715057	0.259	0.205484
0.148032	0.716655	0.26	0.2066
0.149158	0.718079	0.261	0.207718
0.150287	0.719635	0.262	0.208837
0.15142	0.721191	0.263	0.209957
0.152556	0.722747	0.264	0.211079
0.153696	0.724303	0.265	0.212202
0.15484	0.725859	0.266	0.213327
0.155988	0.727415	0.267	0.214452
0.157139	0.728971	0.268	0.21558
0.158293	0.730527	0.269	0.216708
0.159452	0.732083	0.27	0.217838
0.160613	0.733498	0.271	0.218969
0.161779	0.735	0.272	0.220102
0.162948	0.736502	0.273	0.221236
0.164121	0.738004	0.274	0.222371
0.165297	0.739506	0.275	0.223507
0.166477	0.741008	0.276	0.224645
0.16766	0.74251	0.277	0.225784
0.168847	0.744012	0.278	0.226924
0.170037	0.745514	0.279	0.228065
0.171231	0.747016	0.28	0.229208
0.172428	0.748542	0.281	0.230352
0.173629	0.750015	0.282	0.231497
0.174833	0.751488	0.283	0.232644
0.176041	0.752961	0.284	0.233792
0.177253	0.754434	0.285	0.23494

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.178467	0.755907	0.286	0.236091
0.179686	0.75738	0.287	0.237242
0.180907	0.758853	0.288	0.238394
0.182132	0.760326	0.289	0.239548
0.183361	0.761799	0.29	0.240703
0.184593	0.763223	0.291	0.241859
0.185828	0.76466	0.292	0.243016
0.187066	0.766097	0.293	0.244175
0.188309	0.767534	0.294	0.245334
0.189554	0.768971	0.295	0.246495
0.190803	0.770408	0.296	0.247657
0.192055	0.771845	0.297	0.24882
0.19331	0.773282	0.298	0.249984
0.194569	0.774719	0.299	0.251149
0.195831	0.776156	0.3	0.252316
0.197097	0.777593	0.301	0.253461
0.198365	0.778955	0.302	0.254622
0.199637	0.780357	0.303	0.255783
0.200913	0.781759	0.304	0.256944
0.202191	0.783161	0.305	0.258105
0.203473	0.784563	0.306	0.259266
0.204758	0.785965	0.307	0.260427
0.206046	0.787367	0.308	0.261588
0.207338	0.788769	0.309	0.262749
0.208633	0.790171	0.31	0.26391
0.20993	0.791539	0.311	0.265071
0.21232	0.79291	0.312	0.266232
0.212536	0.794281	0.313	0.267393
0.213843	0.795652	0.314	0.268554
0.215154	0.797023	0.315	0.269715
0.216468	0.798394	0.316	0.270876
0.217785	0.799765	0.317	0.272037
0.219105	0.801136	0.318	0.273198
0.220428	0.802507	0.319	0.274359
0.221755	0.803878	0.32	0.27552
0.223084	0.805193	0.321	0.276681
0.224416	0.806527	0.322	0.277842
0.225752	0.807861	0.323	0.279003
0.227091	0.809195	0.324	0.280164
0.228433	0.810529	0.325	0.281325
0.229777	0.811863	0.326	0.282486
0.231125	0.813197	0.327	0.283647
0.232476	0.814531	0.328	0.284808
0.23383	0.815865	0.329	0.285969
0.235187	0.817199	0.33	0.28713
0.236547	0.818521	0.331	0.288291
0.23791	0.819823	0.332	0.289452
0.239275	0.821125	0.333	0.290613
0.240644	0.822427	0.334	0.291774
0.242016	0.823729	0.335	0.292935
0.243391	0.825031	0.336	0.294096
0.244768	0.826333	0.337	0.295257
0.246149	0.827635	0.338	0.296418
0.247532	0.828937	0.339	0.297579
0.248919	0.830239	0.34	0.29874
0.250308	0.831531	0.341	0.299901
0.2517	0.832802	0.342	0.301062

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.253095	0.834073	0.343	0.302223
0.254493	0.835344	0.344	0.303384
0.255894	0.836615	0.345	0.304545
0.257297	0.837886	0.346	0.305706
0.258704	0.839157	0.347	0.306867
0.260113	0.840428	0.348	0.308028
0.261525	0.841699	0.349	0.309189
0.26294	0.84297	0.35	0.311919
0.264357	0.844231	0.351	0.313134
0.265778	0.84547	0.352	0.314349
0.267201	0.846709	0.353	0.315564
0.268627	0.847948	0.354	0.316779
0.270055	0.849187	0.355	0.317994
0.271487	0.850426	0.356	0.319209
0.272921	0.851665	0.357	0.320424
0.274357	0.852904	0.358	0.321639
0.275797	0.854143	0.359	0.322854
0.277239	0.855382	0.36	0.324069
0.278684	0.856627	0.361	0.325284
0.280131	0.85784	0.362	0.326499
0.281581	0.859053	0.363	0.327714
0.283034	0.860266	0.364	0.328929
0.284489	0.861479	0.365	0.330144
0.285947	0.862692	0.366	0.331359
0.287407	0.863905	0.367	0.332574
0.288871	0.865118	0.368	0.333789
0.290336	0.866331	0.369	0.335004
0.291805	0.867544	0.37	0.336219
0.293275	0.868725	0.371	0.337434
0.294749	0.869907	0.372	0.338649
0.296225	0.871089	0.373	0.339864
0.297703	0.872271	0.374	0.341079
0.299184	0.873453	0.375	0.342294
0.300667	0.874635	0.376	0.343509
0.302153	0.875817	0.377	0.344724
0.303642	0.876999	0.378	0.345939
0.305132	0.878181	0.379	0.347154
0.306626	0.879363	0.38	0.348369
0.308121	0.88053	0.381	0.349584
0.30962	0.881694	0.382	0.350799
0.31112	0.882858	0.383	0.352014
0.312623	0.884022	0.384	0.353229
0.314128	0.885186	0.385	0.354444
0.315636	0.88635	0.386	0.355659
0.317146	0.887514	0.387	0.356874
0.318659	0.888678	0.388	0.358089
0.320174	0.889842	0.389	0.359304
0.321691	0.890908	0.39	0.360519
0.32321	0.892047	0.391	0.361734
0.324732	0.893186	0.392	0.362949
0.326256	0.894325	0.393	0.364164
0.327782	0.895464	0.394	0.365379
0.329311	0.896603	0.395	0.366594
0.330842	0.897742	0.396	0.367809
0.332375	0.898881	0.397	0.369024
0.33391	0.90002	0.398	0.370239
0.335448	0.901057	0.399	0.371454

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.336988	0.90217	0.4	0.37353
0.33853	0.903283	0.401	0.374778
0.340074	0.904396	0.402	0.376026
0.34162	0.905509	0.403	0.377274
0.343169	0.906622	0.404	0.378522
0.34472	0.907735	0.405	0.37977
0.346272	0.908848	0.406	0.381018
0.347827	0.909961	0.407	0.382266
0.349385	0.911074	0.408	0.383514
0.350944	0.912187	0.409	0.384762
0.352505	0.9133	0.41	0.38601
0.354068	0.914237	0.411	0.387258
0.355634	0.915317	0.412	0.388506
0.357201	0.916397	0.413	0.389754
0.358771	0.917477	0.414	0.391002
0.360342	0.918557	0.415	0.39225
0.361916	0.919637	0.416	0.393498
0.363492	0.920717	0.417	0.394746
0.365069	0.921797	0.418	0.395994
0.366649	0.922877	0.419	0.397242
0.36823	0.923957	0.42	0.39849
0.369814	0.924918	0.421	0.399738
0.371399	0.925971	0.422	0.400986
0.372986	0.927021	0.423	0.402234
0.374576	0.928071	0.424	0.403482
0.376167	0.929121	0.425	0.40473
0.37776	0.930171	0.426	0.405978
0.379355	0.931221	0.427	0.407226
0.380952	0.932271	0.428	0.408474
0.382551	0.933321	0.429	0.409722
0.384151	0.934299	0.43	0.41097
0.385753	0.93532	0.431	0.412218
0.387358	0.936341	0.432	0.413466
0.388964	0.937362	0.433	0.414714
0.390571	0.938383	0.434	0.415962
0.392181	0.939404	0.435	0.41721
0.393792	0.940425	0.436	0.418458
0.395405	0.941446	0.437	0.419706
0.39702	0.942467	0.438	0.420954
0.398637	0.943488	0.439	0.422202
0.400255	0.944509	0.44	0.42345
0.401875	0.945469	0.441	0.424698
0.403497	0.94646	0.442	0.425946
0.40512	0.947451	0.443	0.427194
0.406745	0.948442	0.444	0.428442
0.408372	0.949433	0.445	0.42969
0.41	0.950424	0.446	0.430938
0.41163	0.951415	0.447	0.432186
0.413262	0.952406	0.448	0.433434
0.414895	0.953397	0.449	0.434682
0.41653	0.954388	0.45	0.43593
0.418166	0.955346	0.451	0.437178
0.419804	0.956312	0.452	0.438426
0.421443	0.957278	0.453	0.439674
0.423084	0.958244	0.454	0.440922
0.424727	0.95921	0.455	0.44217
0.426371	0.960176	0.456	0.443418

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.428016	0.961142	0.457	0.444666
0.429663	0.962108	0.458	0.445914
0.431312	0.963074	0.459	0.447162
0.432962	0.96404	0.46	0.44841
0.434613	0.964962	0.461	0.449658
0.436266	0.9659	0.462	0.450906
0.43792	0.966838	0.463	0.452154
0.439576	0.967776	0.464	0.453402
0.441233	0.968714	0.465	0.45465
0.442891	0.969652	0.466	0.455898
0.444551	0.97059	0.467	0.457146
0.446212	0.971528	0.468	0.458394
0.447874	0.972466	0.469	0.459642
0.449538	0.973404	0.47	0.46089
0.451203	0.974317	0.471	0.462138
0.452869	0.97523	0.472	0.463386
0.454537	0.976143	0.473	0.464634
0.456206	0.977056	0.474	0.465882
0.457876	0.977969	0.475	0.46713
0.459548	0.978882	0.476	0.468378
0.46122	0.979795	0.477	0.469626
0.462894	0.980708	0.478	0.470874
0.464569	0.981621	0.479	0.472122
0.466246	0.982534	0.48	0.47337
0.467923	0.983415	0.481	0.474618
0.469602	0.9843	0.482	0.475866
0.471281	0.985185	0.483	0.477114
0.472962	0.98607	0.484	0.478362
0.474644	0.986955	0.485	0.47961
0.476327	0.98784	0.486	0.480858
0.478012	0.988725	0.487	0.482106
0.479697	0.98961	0.488	0.483354
0.481383	0.990495	0.489	0.484602
0.483071	0.99138	0.49	0.48585
0.484759	0.992258	0.491	0.487098
0.486449	0.99312	0.492	0.488346
0.488139	0.993982	0.493	0.489594
0.489831	0.994844	0.494	0.490842
0.491523	0.995706	0.495	0.49209
0.493217	0.996568	0.496	0.493338
0.494911	0.99743	0.497	0.494586
0.496607	0.998292	0.498	0.495834
0.498303	0.999154	0.499	0.497082
0.5	1.000016	0.5	0.5
0.501698	1.000848	0.501	0.501273
0.503397	1.00169	0.502	0.502546
0.505097	1.002532	0.503	0.503819
0.506798	1.003374	0.504	0.505092
0.508499	1.004216	0.505	0.506365
0.510202	1.005058	0.506	0.507638
0.511905	1.0059	0.507	0.508911
0.513609	1.006742	0.508	0.510184
0.515314	1.007584	0.509	0.511457
0.517019	1.008426	0.51	0.51273
0.518726	1.009185	0.511	0.514003
0.520433	1.01	0.512	0.515276
0.52214	1.010815	0.513	0.516549

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.523849	1.01163	0.514	0.517822
0.525558	1.012445	0.515	0.519095
0.527268	1.01326	0.516	0.520368
0.528979	1.014075	0.517	0.521641
0.53069	1.01489	0.518	0.522914
0.532402	1.015705	0.519	0.524187
0.534114	1.01652	0.52	0.52546
0.535828	1.017271	0.521	0.526733
0.537541	1.018057	0.522	0.528006
0.539256	1.018843	0.523	0.529279
0.54097	1.019629	0.524	0.530552
0.542686	1.020415	0.525	0.531825
0.544402	1.021201	0.526	0.533098
0.546118	1.021987	0.527	0.534371
0.547836	1.022773	0.528	0.535644
0.549553	1.023559	0.529	0.536917
0.551271	1.024345	0.53	0.53819
0.55299	1.025108	0.531	0.539463
0.554709	1.02587	0.532	0.540736
0.556428	1.026632	0.533	0.542009
0.558148	1.027394	0.534	0.543282
0.559868	1.028156	0.535	0.544555
0.561589	1.028918	0.536	0.545828
0.56331	1.02968	0.537	0.547101
0.565031	1.030442	0.538	0.548374
0.566753	1.031204	0.539	0.549647
0.568475	1.031966	0.54	0.55092
0.570197	1.032696	0.541	0.552193
0.57192	1.033433	0.542	0.553466
0.573643	1.03417	0.543	0.554739
0.575366	1.034907	0.544	0.556012
0.57709	1.035644	0.545	0.557285
0.578814	1.036381	0.546	0.558558
0.580538	1.037118	0.547	0.559831
0.582262	1.037855	0.548	0.561104
0.583986	1.038592	0.549	0.562377
0.585711	1.039329	0.55	0.56365
0.587436	1.040036	0.551	0.564923
0.589161	1.04075	0.552	0.566196
0.590886	1.041464	0.553	0.567469
0.592611	1.042178	0.554	0.568742
0.594336	1.042892	0.555	0.570015
0.596062	1.043606	0.556	0.571288
0.597787	1.04432	0.557	0.572561
0.599513	1.045034	0.558	0.573834
0.601239	1.045748	0.559	0.575107
0.602964	1.046462	0.56	0.57638
0.60469	1.047128	0.561	0.577653
0.606416	1.047815	0.562	0.578926
0.608141	1.048502	0.563	0.580199
0.609867	1.049189	0.564	0.581472
0.611593	1.049876	0.565	0.582745
0.613318	1.050563	0.566	0.584018
0.615044	1.05125	0.567	0.585291
0.616769	1.051937	0.568	0.586564
0.618494	1.052624	0.569	0.587837
0.620219	1.053311	0.57	0.58911

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.621944	1.053973	0.571	0.590383
0.623669	1.054635	0.572	0.591656
0.625394	1.055297	0.573	0.592929
0.627119	1.055959	0.574	0.594202
0.628843	1.056621	0.575	0.595475
0.630567	1.057283	0.576	0.596748
0.632291	1.057945	0.577	0.598021
0.634015	1.058607	0.578	0.599294
0.635738	1.059269	0.579	0.600567
0.637461	1.059931	0.58	0.60184
0.639184	1.06057	0.581	0.603113
0.640906	1.061208	0.582	0.604386
0.642629	1.061846	0.583	0.605659
0.64435	1.062484	0.584	0.606932
0.646072	1.063122	0.585	0.608205
0.647793	1.06376	0.586	0.609478
0.649514	1.064398	0.587	0.610751
0.651234	1.065036	0.588	0.612024
0.652954	1.065674	0.589	0.613297
0.654673	1.066312	0.59	0.61457
0.656392	1.06692	0.591	0.615843
0.658111	1.06753	0.592	0.617116
0.659829	1.06814	0.593	0.618389
0.661546	1.06875	0.594	0.619662
0.663263	1.06936	0.595	0.620935
0.66498	1.06997	0.596	0.622208
0.666696	1.07058	0.597	0.623481
0.668411	1.07119	0.598	0.624754
0.670126	1.0718	0.599	0.626027
0.67184	1.07241	0.6	0.6264
0.673554	1.073021	0.601	0.627717
0.675267	1.073606	0.602	0.629034
0.676979	1.074191	0.603	0.630351
0.678691	1.074776	0.604	0.631668
0.680401	1.075361	0.605	0.632985
0.682112	1.075946	0.606	0.634302
0.683821	1.076531	0.607	0.635619
0.68553	1.077116	0.608	0.636936
0.687238	1.077701	0.609	0.638253
0.688945	1.078286	0.61	0.63957
0.690652	1.078871	0.611	0.640887
0.692357	1.079456	0.612	0.642204
0.694062	1.080041	0.613	0.643521
0.695766	1.080581	0.614	0.644838
0.697469	1.08114	0.615	0.646155
0.699172	1.081699	0.616	0.647472
0.700873	1.082258	0.617	0.648789
0.702574	1.082817	0.618	0.650106
0.704273	1.083376	0.619	0.651423
0.705972	1.083935	0.62	0.65274
0.707669	1.084494	0.621	0.654057
0.709366	1.085053	0.622	0.655374
0.711062	1.085567	0.623	0.656691
0.712757	1.0861	0.624	0.658008
0.71445	1.086633	0.625	0.659325
0.716143	1.087166	0.626	0.660642
0.717834	1.087699	0.627	0.661959

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.719525	1.088232	0.628	0.663276
0.721214	1.088765	0.629	0.664593
0.722903	1.089298	0.63	0.66591
0.72459	1.089829	0.631	0.667227
0.726276	1.09035	0.632	0.668544
0.727961	1.09086	0.633	0.669861
0.729645	1.09137733	0.634	0.671178
0.731327	1.09189283	0.635	0.672495
0.733008	1.09240833	0.636	0.673812
0.734688	1.09292383	0.637	0.675129
0.736367	1.09343933	0.638	0.676446
0.738045	1.09395483	0.639	0.677763
0.739721	1.09447033	0.64	0.67908
0.741396	1.09498583	0.641	0.680397
0.743069	1.095424	0.642	0.681714
0.744742	1.095909	0.643	0.683031
0.746413	1.096394	0.644	0.684348
0.748082	1.096879	0.645	0.685665
0.74975	1.097364	0.646	0.686982
0.751417	1.097849	0.647	0.688299
0.753082	1.098334	0.648	0.689616
0.754726	1.098819	0.649	0.690933
0.756408	1.099304	0.65	0.69225
0.758069	1.099789	0.651	0.693567
0.759729	1.100274	0.652	0.694884
0.761387	1.100759	0.653	0.696201
0.763043	1.101178	0.654	0.697518
0.764698	1.101635	0.655	0.698835
0.766351	1.102092	0.656	0.700152
0.768002	1.102549	0.657	0.701469
0.769652	1.103006	0.658	0.702786
0.771301	1.103463	0.659	0.704103
0.772947	1.10392	0.66	0.70542
0.774592	1.104377	0.661	0.706737
0.776236	1.104834	0.662	0.708054
0.777877	1.105291	0.663	0.709371
0.779517	1.105748	0.664	0.710688
0.781155	1.106205	0.665	0.712005
0.782791	1.106563	0.666	0.713322
0.784426	1.106985	0.667	0.714639
0.786059	1.107407	0.668	0.715956
0.78769	1.107829	0.669	0.717273
0.789319	1.108251	0.67	0.71859
0.790946	1.108673	0.671	0.719907
0.792571	1.109095	0.672	0.721224
0.794195	1.109517	0.673	0.722541
0.795816	1.109939	0.674	0.723858
0.797436	1.110361	0.675	0.725175
0.799054	1.110783	0.676	0.726492
0.800669	1.111205	0.677	0.727809
0.802283	1.111627	0.678	0.729126
0.803895	1.112049	0.679	0.730443
0.805504	1.112471	0.68	0.73176
0.807112	1.112768	0.681	0.733077
0.808717	1.11314	0.682	0.734394
0.810321	1.113512	0.683	0.735711
0.811922	1.113884	0.684	0.737028

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.813521	1.114256	0.685	0.738345
0.815118	1.114628	0.686	0.739662
0.816713	1.115	0.687	0.740979
0.818305	1.115372	0.688	0.742296
0.819896	1.115744	0.689	0.743613
0.821484	1.116116	0.69	0.74493
0.82307	1.116488	0.691	0.746247
0.824653	1.11686	0.692	0.747564
0.826235	1.117232	0.693	0.748881
0.827814	1.117604	0.694	0.750198
0.82939	1.117976	0.695	0.751515
0.830964	1.118348	0.696	0.752832
0.832536	1.11872	0.697	0.754149
0.834106	1.119092	0.698	0.755466
0.835673	1.119464	0.699	0.756783
0.837238	1.119836	0.7	0.747684
0.8388	1.120116	0.701	0.748851
0.84036	1.120439	0.702	0.750018
0.841917	1.120762	0.703	0.751185
0.843471	1.121085	0.704	0.752352
0.845024	1.121408	0.705	0.753519
0.846573	1.121731	0.706	0.754686
0.84812	1.122054	0.707	0.755853
0.849664	1.122377	0.708	0.75702
0.851206	1.1227	0.709	0.758187
0.852745	1.123023	0.71	0.759354
0.854282	1.123346	0.711	0.760521
0.855815	1.123669	0.712	0.761688
0.857346	1.123992	0.713	0.762855
0.858875	1.124315	0.714	0.764022
0.8604	1.124638	0.715	0.765189
0.861923	1.124961	0.716	0.766356
0.863443	1.125284	0.717	0.767523
0.86496	1.125607	0.718	0.76869
0.866474	1.12593	0.719	0.769857
0.867985	1.126253	0.72	0.771024
0.869494	1.126383	0.721	0.772191
0.870999	1.12666	0.722	0.773358
0.872502	1.126937	0.723	0.774525
0.874002	1.127214	0.724	0.775692
0.875498	1.127491	0.725	0.776859
0.876992	1.127768	0.726	0.778026
0.878482	1.128045	0.727	0.779193
0.87997	1.128322	0.728	0.78036
0.881455	1.128599	0.729	0.781527
0.882936	1.128876	0.73	0.782694
0.884414	1.129099	0.731	0.783861
0.885889	1.129344	0.732	0.785028
0.887361	1.129589	0.733	0.786195
0.88883	1.129834	0.734	0.787362
0.890296	1.130079	0.735	0.788529
0.891758	1.130324	0.736	0.789696
0.893217	1.130569	0.737	0.790863
0.894673	1.130814	0.738	0.79203
0.896125	1.131059	0.739	0.793197
0.897575	1.131304	0.74	0.794364
0.89902	1.131532	0.741	0.795531

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.900463	1.13175	0.742	0.796698
0.901902	1.131968	0.743	0.797865
0.903337	1.132186	0.744	0.799032
0.90477	1.132404	0.745	0.800199
0.906198	1.132622	0.746	0.801366
0.907623	1.13284	0.747	0.802533
0.909045	1.133058	0.748	0.8037
0.910463	1.133276	0.749	0.804867
0.911878	1.133494	0.75	0.806034
0.913289	1.133674	0.751	0.805601
0.914696	1.133865	0.752	0.806701
0.9161	1.134056	0.753	0.807801
0.9175	1.134247	0.754	0.808901
0.918896	1.134438	0.755	0.810001
0.920288	1.134629	0.756	0.811101
0.921677	1.13482	0.757	0.812201
0.923062	1.135011	0.758	0.813301
0.924443	1.135202	0.759	0.814401
0.925821	1.135393	0.76	0.815501
0.927194	1.13552	0.761	0.816601
0.928564	1.13568	0.762	0.817701
0.92993	1.13584	0.763	0.818801
0.931292	1.136	0.764	0.819901
0.93265	1.13616	0.765	0.821001
0.934003	1.13632	0.766	0.822101
0.935353	1.136482	0.767	0.823201
0.936699	1.136625	0.768	0.824301
0.938041	1.136768	0.769	0.825401
0.939379	1.136911	0.77	0.826501
0.940712	1.137054	0.771	0.827601
0.942042	1.137199	0.772	0.828701
0.943367	1.13733	0.773	0.829801
0.944688	1.137461	0.774	0.830901
0.946005	1.137592	0.775	0.832001
0.947317	1.137723	0.776	0.833101
0.948626	1.137854	0.777	0.834201
0.94993	1.137985	0.778	0.835301
0.951229	1.138116	0.779	0.836401
0.952524	1.138247	0.78	0.837501
0.953815	1.138293	0.781	0.838601
0.955102	1.138399	0.782	0.839701
0.956384	1.138501	0.783	0.840801
0.957661	1.138601	0.784	0.841901
0.958934	1.138697	0.785	0.843001
0.960203	1.138793	0.786	0.844101
0.961466	1.138889	0.787	0.845201
0.962726	1.138985	0.788	0.846301
0.96398	1.13904	0.789	0.847401
0.96523	1.139095	0.79	0.848501
0.966476	1.13915	0.791	0.849601
0.967716	1.139205	0.792	0.850701
0.968952	1.13926	0.793	0.851801
0.970183	1.139315	0.794	0.852901
0.971409	1.13937	0.795	0.854001
0.972631	1.139425	0.796	0.855101
0.973847	1.139593	0.797	0.856201
0.975059	1.139635	0.798	0.857301

Continuación tabla D-1

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.976265	1.139677	0.799	0.858401
0.977467	1.139719	0.8	0.859501
0.978664	1.139761	0.801	0.858369
0.979855	1.139803	0.802	0.859655
0.981042	1.139845	0.803	0.860941
0.982223	1.139887	0.804	0.862227
0.983399	1.139929	0.805	0.863513
0.984571	1.139971	0.806	0.864799
0.985737	1.140013	0.807	0.866085
0.986897	1.140055	0.808	0.867371
0.988053	1.140097	0.809	0.868657
0.989203	1.140139	0.81	0.869943
0.990348	1.140023	0.811	0.871229
0.991487	1.140028	0.812	0.872515
0.992621	1.140033	0.813	0.873801
0.99375	1.140027	0.814	0.875087
0.994873	1.140021	0.815	0.876373
0.995991	1.140015	0.816	0.877659
0.997103	1.140009	0.817	0.878945
0.998209	1.140003	0.818	0.880231
0.99931	1.139997	0.819	0.881517
1.000405	1.139991	0.82	0.882803
1.001495	1.139985	0.821	0.884089
1.002579	1.139877	0.822	0.885375
1.003657	1.139841	0.823	0.886661
1.004729	1.139802	0.824	0.887947
1.005795	1.139763	0.825	0.889233
1.006856	1.139724	0.826	0.883429
1.00791	1.139685	0.827	0.884393
1.008959	1.139646	0.828	0.885357
1.010002	1.139551	0.829	0.886321
1.011038	1.139489	0.83	0.887285
1.012069	1.139423	0.831	0.888249
1.013093	1.139357	0.832	0.889213
1.014112	1.139291	0.833	0.890177
1.015124	1.139225	0.834	0.891141
1.01613	1.139159	0.835	0.892105
1.017129	1.139039	0.836	0.893069
1.018122	1.13895	0.837	0.894033
1.019109	1.138861	0.838	0.894997
1.02009	1.138772	0.839	0.895961
1.021064	1.138683	0.84	0.896925
1.022031	1.138594	0.841	0.897889
1.022992	1.138446	0.842	0.898853
1.023947	1.138333	0.843	0.899817
1.024895	1.13822	0.844	0.900781
1.025836	1.138107	0.845	0.901745
1.02677	1.137994	0.846	0.902709
1.027698	1.137881	0.847	0.903673
1.028619	1.137768	0.848	0.904637
1.029533	1.137569	0.849	0.905601
1.03044	1.137427	0.85	0.90594
1.031341	1.137281	0.851	0.906848
1.032234	1.137135	0.852	0.907756
1.03312	1.136989	0.853	0.908664
1.033999	1.136843	0.854	0.909572
1.034871	1.136697	0.855	0.91048

q/Q	v/V	d/D	a/A
1.035736	1.136486	0.856	0.911388
1.036594	1.136313	0.857	0.912296
1.037444	1.136137	0.858	0.913204
1.038287	1.135956	0.859	0.914112
1.039122	1.13577	0.86	0.91502
1.039951	1.135594	0.861	0.915928
1.040771	1.135413	0.862	0.916836
1.041584	1.135232	0.863	0.917744
1.04239	1.134983	0.864	0.918652
1.043187	1.134775	0.865	0.91956
1.043978	1.134562	0.866	0.920468
1.04476	1.134349	0.867	0.921376
1.045534	1.134136	0.868	0.922284
1.046301	1.133923	0.869	0.923192
1.04706	1.13371	0.87	0.9241
1.04781	1.133497	0.871	0.925008
1.048553	1.133186	0.872	0.925916
1.049287	1.13294	0.873	0.926824
1.050013	1.132689	0.874	0.927732
1.050731	1.132433	0.875	0.928806
1.051441	1.132172	0.876	0.929572
1.052142	1.131921	0.877	0.930338
1.052835	1.131665	0.878	0.931104
1.05352	1.131409	0.879	0.93187
1.054195	1.131077	0.88	0.932636
1.054863	1.130791	0.881	0.933402
1.055521	1.130499	0.882	0.934168
1.056171	1.130203	0.883	0.934934
1.056811	1.129907	0.884	0.9357
1.057443	1.129611	0.885	0.936466
1.058066	1.129315	0.886	0.937232
1.05868	1.129019	0.887	0.937998
1.059284	1.128638	0.888	0.938764
1.05988	1.128309	0.889	0.93953
1.060466	1.127975	0.89	0.940296
1.061043	1.127634	0.891	0.941062
1.06161	1.127293	0.892	0.941828
1.062168	1.126952	0.893	0.942594
1.062716	1.126611	0.894	0.94336
1.063254	1.12627	0.895	0.944126
1.063783	1.125847	0.896	0.944892
1.064301	1.125472	0.897	0.945658
1.06481	1.125097	0.898	0.946424
1.065309	1.124722	0.899	0.94719
1.065797	1.124311	0.9	0.947956

Fuente: Geraldo pineda, 2013, p. 271.

ANEXO E

Resultados de laboratorio de suelos de sub-rasante, lotificación El Guayabal

ANEXO E-1	Ensayo de límites de Atterberg de sub-rasante.
ANEXO E-2	Análisis granulométrico con tamices y lavado previo de sub-rasante.
ANEXO E-3	Ensayo de razón soporte California (C.B.R.) de sub-rasante.
ANEXO E-4	Ensayo de compactación de sub-rasante.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 350 S.S.

O.T.: 36.489

No. 09593

Interesado: Sherill Nicte Lopez Chavez - 201146145

Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandueles, Departamento de Zacapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandueles, Zacapa

FECHA: lunes, 10 de octubre de 2016

RESULTADOS:

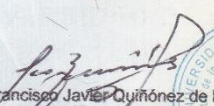
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	40,2	16,7	CL	Arcilla con Presencia de Arena Color Café Oscuro

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz
DIRECTOR 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 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, Universidad de San Carlos de Guatemala

Análisis granulométrico con tamices y lavado previo de sub-rasante



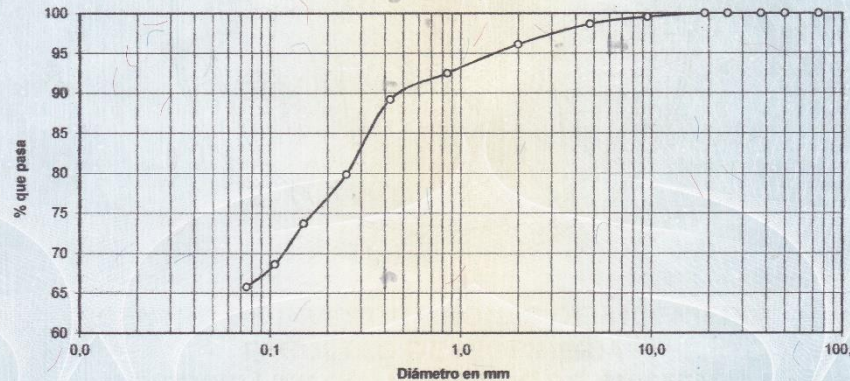
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09594

Informe No.: 351 S.S. O.T.: 36.489
 Interesado: Sherill Nicte Lopez Chavez - 201146145
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

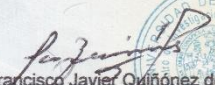
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2,00 mm	96,13
2"	50 mm	100,00	20	850 µm	92,53
1 1/2"	37,5 mm	100,00	40	425 µm	89,23
1"	25 mm	100,00	60	250 µm	79,85
3/4"	19,0 mm	100,00	100	150 µm	73,68
3/8"	9,5 mm	99,55	140	106 µm	68,63
4	4,75 mm	98,67	200	75 µm	65,79

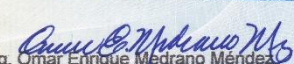


Descripción del suelo: Arcilla con Presencia de Arena Color Café Oscuro
 Clasificación: S.C.U.: CL
 P.R.A.: A-6

% de Grava: 1,33
 % de Arena: 32,88
 % de finos: 65,79
 D10: *
 D30: *
 D60: *

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo no aplica.

Vo.Bo.

 Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CI/USAC

Atentamente,

 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, Universidad de San Carlos de Guatemala

Ensayo de razón soporte California (C.B.R.) de sub- rasante



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09596

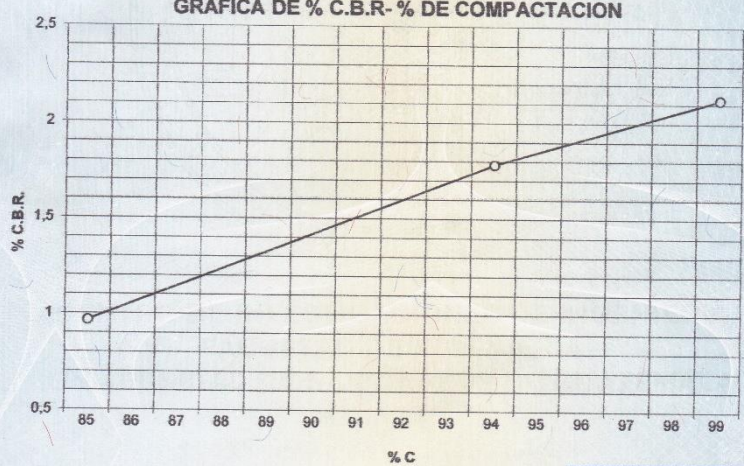
INFORME No. 353 S.S.

O.T. No. 36.489

Interesado: Sherill Nicte Lopez Chavez - 201146145
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estanduela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estanduela, Zacapa
 Descripción del suelo: Arcilla con Presencia de Arena Color Café Oscuro
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	17,35	92,17	85,0	2,44	0,97
2	30	17,35	102,69	94,7	3,10	1,78
3	65	17,35	107,70	99,4	3,16	2,12

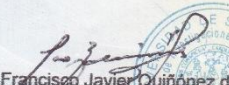
GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
Atentamente,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

Vo. Bo.


 Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC


 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09595

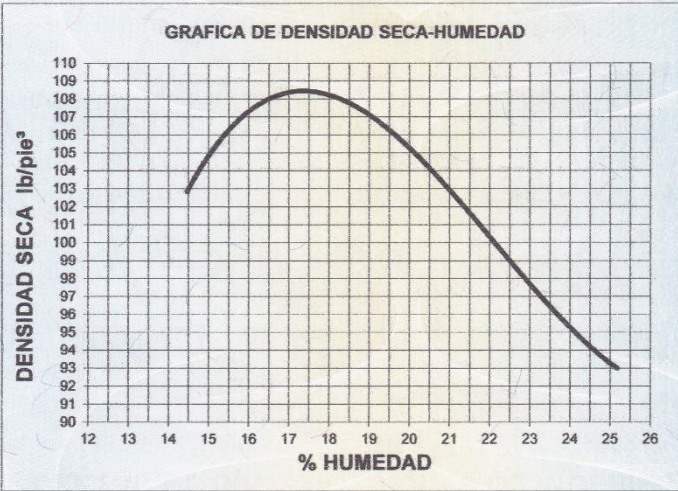
INFORME No. 352 S.S.

O.T.: 36.489

Interesado: Sherill Nichte Lopez Chavez - 201146145
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

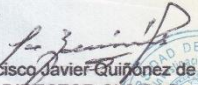
GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/pe³
14,5	103,0
15,0	104,0
16,0	107,0
17,35	108,40
18,0	107,0
19,0	105,0
20,0	103,0
21,0	101,0
22,0	99,0
23,0	97,0
24,0	95,0
25,0	93,0

Descripción del suelo: Arcilla con Presencia de Arena Color Café Oscuro
 Densidad seca máxima γ_d : 1.736,57 Kg/m³ 108,40 lb/pe³
 Humedad óptima Hop.: 17,35 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
 Atentamente,

Vo. Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR 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 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

ANEXO F

Resultado de laboratorio de suelos de banco de materiales para proyecto de pavimentación de adoquín.

ANEXO F-1	Ensayo de límites de Atterberg de banco de materiales.
ANEXO F-2	Análisis granulométrico con tamices y lavado previo de banco de materiales.
ANEXO F-3	Ensayo de razón soporte California (C.B.R.) de banco de materiales.
ANEXO F-4	Ensayo de compactación de banco de materiales.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 354 S.S.

O.T.: 36.489

No. **09589**

Interesado: Sherill Nichte Lopez Chavez - 201146145

Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa

FECHA: lunes, 10 de octubre de 2016

RESULTADOS:

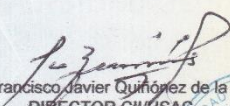
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	31,2	6,3	ML	Grava con Arena Limosa Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiróez de la Cruz
DIRECTOR 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 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, Universidad de San Carlos de Guatemala

Análisis granulométrico con tamices y lavado previo de banco de materiales



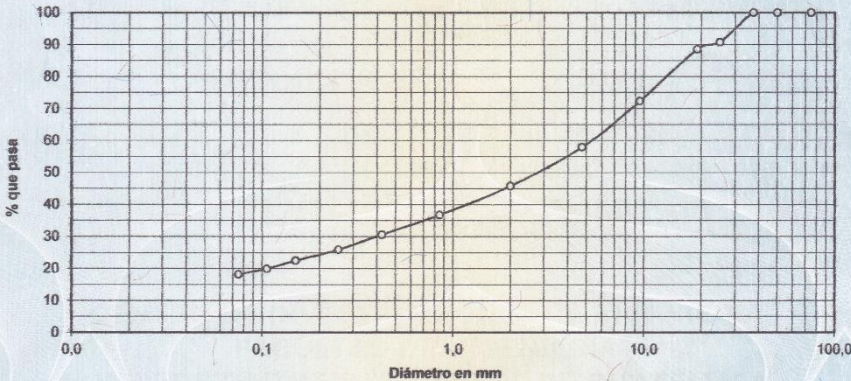
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09590

Informe No.: 355 S.S. O.T.: 36.489
 Interesado: Sherill Nicte Lopez Chavez - 201146145
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2,00 mm	45,85
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	36,75
1 1/2"	37,5 mm	100,00	40	425 μ m	30,64
1"	25 mm	90,80	60	250 μ m	25,95
3/4"	19,0 mm	88,59	100	150 μ m	22,50
3/8"	9,5 mm	72,39	140	106 μ m	19,96
4	4,75 mm	57,99	200	75 μ m	18,24



Descripción del suelo: Grava con Arena Limosa Color Café

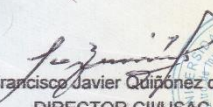
Clasificación: S.C.U.: ML
P.R.A.: A-4

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
* Diámetro efectivo no aplica.

% de Grava: 42,01 D10: *

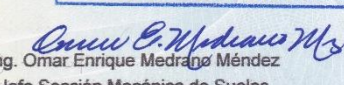
% de Arena: 39,75 D30: 0,40 mm

% de finos: 18,24 D60: 5,20 mm

Vo.Bo. 

Ing. Francisco Javier Quijón de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, Universidad de San Carlos de Guatemala

Ensayo de razón soporte California (C.B.R.) de banco de materiales.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09592

INFORME No. 357 S.S.

O.T. No. 36.489

Interesado: Sherill Nichte Lopez Chavez - 201146145
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa
 Descripción del suelo: Grava con Arena Limosa Color Café
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	8,50	119,20	89,6	0,98	9,84
2	30	8,50	128,68	96,7	0,94	31,44
3	65	8,50	133,82	100,5	0,96	58,79

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

Vo. Bo.


Ing. Francisco Javier Quirón de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio T-5; Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página Web: <http://cii.usac.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



No. 09591

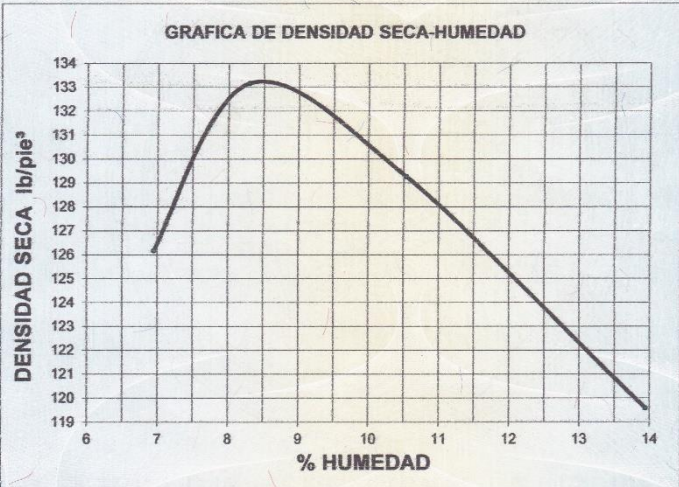
INFORME No. 356 S.S.

O.T.: 36.489

Interesado: Sherill Nicte Lopez Chavez - 201146145
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.
 Proyecto: EPS "Diseño de Urbanización, Aldea El Guayabal, Municipio de Estandzuela, Departamento de Zacapa"
 Ubicación: Aldea El Guayabal, Estandzuela, Zacapa
 Fecha: lunes, 10 de octubre de 2016

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

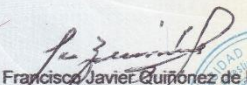
GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



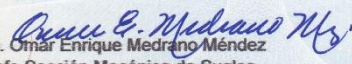
Descripción del suelo: Grava con Arena Limosa Color Café

Densidad seca máxima γ_d : 2.132,26 Kg/m³ 133,10 lb/pe³
 Humedad óptima H_{op} : 8,50 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.
 Atentamente,

Vo. Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR 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 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, Universidad de San Carlos de Guatemala

ANEXO G

Resultados de laboratorio de bloques de adoquín

ANEXO G-1 Ensayo a compresión

ANEXO G-2 Ensayo a flexión



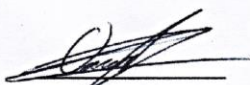
CERTIFICADO DE CALIDAD DE ADOQUÍN

RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESION

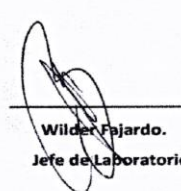
MUESTRA:	ADOQUIN TRADICIONAL MEDIANO	FECHA:	31/03/2017
PROYECTO:	DISEÑO URBANIZACION ALDEA EL GUAYABAL ESTANZUELA, ZACAPA.		
PROCEDENCIA.	FAMA CONSA	INGENIERA	SHERILL LOPEZ

ADOQUÍN	MEDIDAS (cm)			Masa Kg.	Resistencia a compresión		Fecha Hechura	Fecha Rotura	Edad Días
	alto	largo	ancho		MPa	Kg/cm ²			
1	10	24	22	8.18	18.4	187.49	03/03/2017	31/03/2017	28
2	10	24	22	8.17	19.3	196.66	03/03/2017	31/03/2017	28
3	10	24	22	8.18	17.9	182.40	03/03/2017	31/03/2017	28

ATENTAMENTE,


Oscar Girón.
 Analista




Wilder Fajardo.
 Jefe de Laboratorio

BLOQUERA
FAMA CONSA, S. A.
 Km. 165, CHIQUIMULA
 TELS. 79420820 - 79420720

SELLO

Los resultados de este informe se refieren únicamente a la muestra presentada. No debe reproducirse este informe.
 Elaborado y ensayado por laboratorio FAMA CONSA comprobado por la máquina de resistencia a compresión TYE 2000

Fuente: Bloquera Famaconsa S.A. Chiquimula.

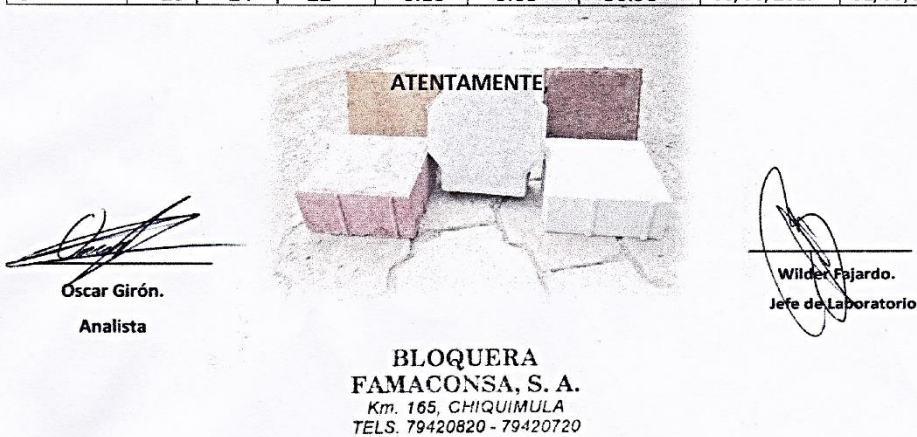


CERTIFICADO DE CALIDAD DE ADOQUÍN

RESULTADOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN

MUESTRA:	ADOQUIN TRADICIONAL MEDIANO	FECHA:	31/03/2017
PROYECTO:	DISEÑO URBANIZACION ALDEA EL GUAYABAL ESTANZUELA, ZACAPA.		
PROCEDENCIA.	FAMA CONSA	INGENIERA	SHERILL LOPEZ

ADOQUÍN	MEDIDAS (cm)			Masa Kg.	Resistencia a Flexión		Fecha Hechura	Fecha Rotura	Edad Días
	alto	largo	ancho		N/mm ²	Kg/cm ²			
1	10	24	22	8.18	3.75	38.21	03/03/2017	31/03/2017	28
2	10	24	22	8.17	3.88	39.53	03/03/2017	31/03/2017	28
3	10	24	22	8.18	3.63	36.98	03/03/2017	31/03/2017	28



BLOQUERA
FAMA CONSA, S. A.
 Km. 165, CHIQUIMULA
 TELS. 79420820 - 79420720

SELLO

Los resultados de este informe se refieren únicamente a la muestra presentada. No debe reproducirse este informe.
 Elaborado y ensayado por laboratorio FAMA CONSA comprobado por la máquina de resistencia a compresión TYE
 2000

Fuente: Bloquera Famaconsa S.A. Chiquimula.

ANEXO H

MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA



AFORO VEHICULAR

Fecha: Julio 2015 – Junio 2016

Lugar: Diseño de pavimento de adoquín, lotificación El Guayabal, El Guayabal, Estanduela, Zacapa.

Mes	Año	Vehículos livianos (promedio diario)	Vehículos pesados (TPPD)	Total (TPD)
Julio	2015	42	4	46
Agosto	2015	48	7	55
Septiembre	2015	37	7	44
Octubre	2015	39	8	47
Noviembre	2015	41	6	47
Diciembre	2015	38	12	50
Enero	2016	31	10	41
Febrero	2016	43	6	49
Marzo	2016	38	5	43
Abril	2016	47	8	55
Mayo	2016	43	8	51
Junio	2016	43	7	50

Vehículos livianos: paneles, pick-ups, camiones de 2 ejes (4 llantas).

Vehículos pesados: camiones de un eje simple de rueda doble, eje de doble tándem (de 6 o más llantas).

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPPD: Tránsito Pesado Diario.


Elder Renato Flores-Ramírez
Dirección Municipal de Planificación
Municipalidad de Estanduela



Fuente: Dirección Municipal de Planificación -DMP- de la municipalidad de Estanduela, Zacapa.