



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

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

**Byron Antonio Goñas Girón**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BYRON ANTONIO GOÑAS GIRÓN**

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

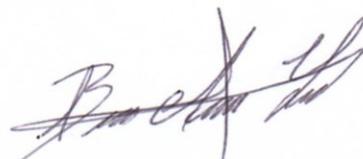
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de octubre de 2011.



**Byron Antonio Goñas Girón**



Guatemala, 11 de octubre de 2013  
Ref.EPS.DOC.1111.10.13

Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Byron Antonio Goñas Girón** con carné No. **200112725**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

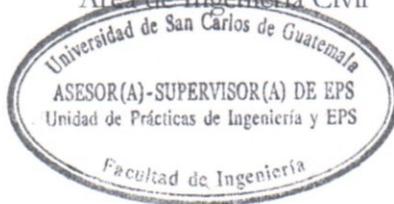
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
ARSG/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
25 de agosto de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Antonio Goñas Girón, con Carnet No. 200112725, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 26 de agosto de 2014  
Ref.EPS.D.453.08.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINÚLA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Byron Antonio Goñas Girón, carné 200112725**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Byron Antonio Goñas Girón, titulado **DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2014

/bbdeb.

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



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

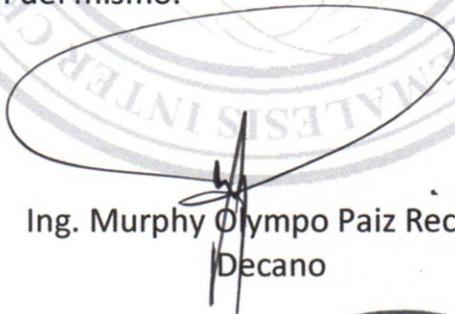


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 586.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Byron Antonio Goñas Girón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 28 de octubre de 2014

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Fuente de toda sabiduría, amor y sencillez.
<b>Virgen María</b>	Poder de intercesión, paz y regocijo.
<b>Mis padres</b>	Genaro Goñas Vela y Rosa Ceferina Girón de Goñas, con mucho amor y cariño en recompensa a su dedicación.
<b>Mi esposa</b>	Aury Lizeth Hernández de Goñas.
<b>Mis hijos</b>	Heidy Nohemí y José Antonio Goñas Hernández.
<b>Mis hermanos</b>	Rubén Alfonzo y Genaro Alexander Goñas Girón.
<b>Mi abuela</b>	Albertina Girón Corzo (q.e.p.d.)
<b>Mis familiares</b>	Mi respeto y cariño.
<b>Mis amigos</b>	Mi respeto y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme dado la oportunidad de ver realizado uno de los sueños más grandes de mi vida y darme ese aliento de fe en los momentos de turbulencia.
<b>Mis padres</b>	Por sus esfuerzos, sacrificios, amor y determinación incomparables. Por enseñarme el valor del trabajo y esfuerzo dignificante.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	A la tricenteria Universidad de San Carlos de Guatemala, mi universidad, mi alma máter, a la cual espero enorgullecer y exaltar en el ejercicio profesional.
<b>Melini Consultores</b>	Por la oportunidad brindada para realizar mi práctica laboral y el conocimiento adquirido dentro del área profesional.
<b>La Municipalidad de Santa Catarina Pinula</b>	Por la oportunidad brindada para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado y el apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de graduación.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Ángel Roberto Sic García, por su apoyo, asesoría y paciencia en el desarrollo del EPS.

**Ing. Mynor Pérez**

Por su asesoría en el desarrollo del diseño de la estructura metálica.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XXI
RESUMEN .....	XXVII
OBJETIVOS .....	XXIX
INTRODUCCIÓN .....	XXXXI
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA .....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.1.1. Localización de Santa Catarina Pinula .....	1
1.1.2. Colindancias .....	2
1.1.3. Estructura orgánica de la Municipalidad .....	3
1.1.4. Vías de acceso .....	4
1.1.5. División territorial de Santa Catarina Pinula.....	6
1.1.6. Población .....	6
1.1.7. Características fisiográficas .....	8
1.1.7.1. Orografía .....	8
1.1.7.2. Suelos.....	8
1.1.7.3. Hidrografía.....	12
1.1.7.4. Aspectos climatológicos .....	14
1.1.8. Investigaciones diagnósticas de las necesidades de servicio.....	16
1.1.8.1. Descripción de las necesidades .....	16
1.1.8.2. Justificación social .....	16
1.1.8.3. Justificación económica .....	17

1.1.8.4.	Prioridad de las necesidades .....	17
----------	------------------------------------	----

2.	CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE .....	19
2.1.	Descripción del proyecto .....	19
2.2.	Cálculo para la demanda de agua .....	19
2.2.1.	Población actual .....	20
2.2.2.	Período de diseño .....	20
2.2.3.	Población futura .....	21
2.3.	Aforo de la fuente de agua .....	22
2.4.	Dotación .....	23
2.5.	Cálculo de consumo .....	24
2.5.1.	Caudal medio diario .....	24
2.5.2.	Caudal máximo diario .....	25
2.5.3.	Caudal máximo horario .....	26
2.5.4.	Caudal de bombeo .....	27
2.6.	Calidad y tratamiento del agua .....	28
2.6.1.	Análisis del agua .....	33
2.6.1.1.	Examen fisicoquímico .....	33
2.6.1.2.	Examen bacteriológico .....	34
2.6.2.	Tratamiento del agua .....	34
2.7.	Levantamiento topográfico .....	37
2.7.1.	Planimetría .....	38
2.7.2.	Altimetría .....	39
2.8.	Estudio de suelo .....	39
2.8.1.	Ensayo triaxial .....	39
2.9.	Diseño general del sistema de agua potable .....	42
2.9.1.	Generalidades básicas .....	42
2.9.2.	Presiones y velocidades .....	43

2.9.3.	Tipos de tubería .....		44	
	2.9.3.1.	Tubería de PVC .....	45	
	2.9.3.2.	Tubería de acero galvanizado .....	46	
2.9.4.	Sistemas por bombeo .....		46	
	2.9.4.1.	Protección contra el golpe de ariete .....	46	
2.9.5.	Información básica para la selección de la bomba .....		48	
2.9.6.	Cálculo para la selección de la bomba .....		49	
2.9.7.	Memoria de cálculo .....		50	
2.9.8.	Pérdidas de carga .....		78	
2.9.9.	Potencia de la bomba .....		78	
2.9.10.	Resumen de los datos para el diseño .....		79	
2.10.	Componentes del sistema .....		81	
	2.10.1.	Captación .....	82	
	2.10.2.	Caseta de bombeo y equipo de bombeo .....	82	
	2.10.3.	Diseño de línea de conducción .....	82	
		2.10.3.1. Línea de bombeo .....	83	
		2.10.3.2. Línea por gravedad.....	83	
	2.10.4.	Tanque de distribución de estructura metálica .....	84	
		2.10.4.1. Determinación del volumen de almacenamiento .....	85	
		2.10.4.2. Cargas y fuerzas .....	86	
			2.10.4.2.1. Carga muerta .....	87
			2.10.4.2.2. Carga viva .....	87
			2.10.4.2.3. Carga de viento .....	87
			2.10.4.2.4. Carga de sismos y otras fuerzas.....	102
		2.10.4.3. Diseño del tanque.....	131	

2.10.4.3.1.	Diseño de capacidad o volumen .....	132
2.10.4.3.2.	Diseño del cuerpo del tanque .....	138
2.10.4.3.3.	Diseño de cubierta o techo .....	141
2.10.4.3.4.	Diseño del fondo .....	151
2.10.4.3.5.	Diseño de la base del tanque para la torre.....	156
2.10.4.4.	Diseño de la torre .....	164
2.10.4.4.1.	Centro de gravedad .....	167
2.10.4.4.2.	Diseño de columnas .....	168
2.10.4.4.3.	Diseño de arriostras horizontales.....	170
2.10.4.4.4.	Diseño de arriostras inclinadas .....	170
2.10.4.4.5.	Diseño de placas para arriostras y bases de columnas ..	171
2.10.4.5.	Diseño de cimentación .....	248
2.10.4.5.1.	Diseño de zapata .....	249
2.10.4.5.2.	Diseño de pedestal ..	254
2.10.4.5.3.	Diseño de viga cimiento.....	257
2.10.5.	Obras hidráulicas, válvulas y otros detalles .....	259
2.10.5.1.	Caja rompe presión .....	259

	2.10.5.2.	Válvula de limpieza.....	260
	2.10.5.3.	Válvula de aire.....	261
	2.10.5.4.	Válvulas de compuerta.....	262
	2.10.5.5.	Pasos aéreos.....	262
	2.10.5.6.	Desinfección.....	263
2.11.		Planos y detalles.....	266
3.		ANÁLISIS TARIFARIO.....	267
3.1.		Generalidades.....	267
3.2.		Tipos de tarifas.....	267
	3.2.1.	Sistema unitario.....	267
	3.2.2.	Sistema diferencial.....	268
3.3.		Cálculo de la tarifa.....	268
	3.3.1.	Personal de operación.....	268
	3.3.2.	Operador de la bomba y fontanero.....	268
3.4.		Insumos.....	269
	3.4.1.	Energía eléctrica.....	269
	3.4.2.	Cloración del agua.....	270
3.5.		Reposición de equipo de bombeo.....	271
3.6.		Reparaciones y gastos indirectos.....	272
3.7.		Tarifa adoptada.....	272
3.8.		Aporte económico de la población.....	272
4.		PRESUPUESTO.....	273
	4.1.	Costos del proyecto.....	273
	4.2.	Cuadro de resumen.....	274
	4.3.	Cronograma de ejecución.....	276

5.	IMPACTO AMBIENTAL .....	277
5.1.	Información general.....	277
5.2.	Influencia del proyecto .....	277
5.3.	Control ambiental .....	278
5.4.	Plan de mitigación .....	278
6.	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA .....	281
6.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	281
6.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	283
	CONCLUSIONES.....	285
	RECOMENDACIONES .....	287
	BIBLIOGRAFÍA.....	289
	APÉNDICES.....	291
	ANEXOS.....	351

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula, respecto a la capital.....	2
2.	Estructura orgánica municipal de Santa Catarina Pinula .....	4
3.	Vías de comunicación, municipio de Santa Catarina Pinula .....	5
4.	Población de Santa Catarina Pinula, clasificada por sexo .....	7
5.	Hogares rurales y urbanos de Santa Catarina Pinula .....	7
6.	Mapa de zonificación sísmica de Guatemala .....	105
7.	Espectro de respuesta de diseño.....	124
8.	Diagrama de presiones en pared de cilindro.....	131
9.	Elevación lateral de estructura metálica (tanque y torre) .....	137
10.	Vista lateral de techo cónico .....	144
11.	Vista en perspectiva de techo cónico.....	145
12.	Vista transversal de faja I” .....	147
13.	Unión del cuerpo del depósito con el techo y anillo de cerramiento .....	150
14.	Vista lateral de fondo cónico .....	153
15.	Secciones del fondo cónico del tanque.....	155
16.	Soldadura de filete .....	157
17.	Elevación de torre y elementos que la conforman .....	165
18.	Planta, dimensión parte superior de la torre .....	166
19.	Perspectiva de la torre y planta de dimensiones en base de torre....	167
20.	Planta de platina en base de columna .....	173
21.	Análisis estructural de tanque elevado en SAP2000 .....	194

22.	Estructura de la torre .....	195
23.	Verificación del cortante de diseño de elementos en SAP2000 .....	230
24.	Verificación de la razón modal de diseño de elementos en SAP2000 .....	231
25.	Torre con asignación de secciones en elementos estructurales .....	232
26.	Ventana de asignación de datos para el diseño en SAP2000 .....	233
27.	Verificación de diseño por color en SAP2000.....	234
28.	Detalle de caja rompe presión fundida .....	260
29.	Cronograma.....	276

## TABLAS

I.	Aldeas y caseríos de Santa Catarina Pinula .....	6
II.	Aspectos climatológicos a septiembre de 2013.....	15
III.	Población aldea El Pueblito.....	21
IV.	Dotaciones asignadas .....	24
V.	Características físicas del agua, relacionadas con el examen fisicoquímico.....	30
VI.	Calidad bacteriológica del agua potable, relación con el examen bacteriológico .....	31
VII.	Características químicas tóxicas .....	32
VIII.	Características químicas permisibles en el agua .....	32
IX.	Hipoclorito necesario para preparar solución al 0,1 % .....	37
X.	Resumen de datos obtenidos del análisis del tramo por bombeo .....	80
XI.	Resumen de datos obtenidos para el tramo por gravedad.....	81
XII.	Velocidades máximas del viento .....	88
XIII.	Factor de direccionalidad del viento ( $K_d$ ) .....	89
XIV.	Categoría de riesgo.....	89

XV.	Factor de importancia de viento ( $I_v$ ).....	90
XVI.	Constantes de exposición del terreno.....	92
XVII.	Coeficientes de fuerza .....	100
XVIII.	Clasificación del sitio .....	103
XIX.	Parámetros de aceleración asignada por municipio .....	106
XX.	Coeficientes de sitio ( $F_a$ ).....	120
XXI.	Coeficientes de sitio ( $F_v$ ).....	121
XXII.	Períodos de transición a largo plazo ( $T_L$ ).....	123
XXIII.	Factor de importancia por sismo ( $I_s$ ).....	125
XXIV.	Categoría de diseño sísmico basado en $S_{DS}$ .....	125
XXV.	Categoría de diseño sísmico basado en $S_{D1}$ .....	126
XXVI.	Coeficientes sísmicos para estructuras no similares a edificios.....	127
XXVII.	Factor de importancia por sismo ( $\Delta_{per}$ ).....	128
XXVIII.	Esfuerzo permisible de diseño (S).....	140
XXIX.	Eficiencia de la junta (E) .....	140
XXX.	Propiedades mecánicas de angulares estructurales .....	151
XXXI.	Esfuerzos unitarios permisibles en soldaduras ( $E_s$ ).....	158
XXXII.	Esfuerzos permisibles de trabajo en soldaduras de filete .....	158
XXXIII.	Resistencia a tensión de tornillos según su diámetro expresadas en kips.....	161
XXXIV.	Área nominal de pernos en corte simple y doble .....	163
XXXV.	Peso de la torre .....	175
XXXVI.	Cortante en la base de la torre debido al tanque .....	180
XXXVII.	Secciones propuestas iniciales de la torre.....	181
XXXVIII.	Dimensiones de la torre.....	182
XXXIX.	Coordenadas locales de columnas de la torre.....	183
XL.	Carga de viento cortante de las columnas de la torre.....	183
XLI.	Coordenadas del elemento horizontal ( $h_1$ ) .....	183

XLII.	Carga de viento cortante del elemento h1 de la torre.....	184
XLIII.	Coordenadas del elemento horizontal (h2) .....	184
XLIV.	Carga de viento cortante del elemento h2 de la torre.....	184
XLV.	Coordenadas del elemento horizontal (h3) .....	185
XLVI.	Carga de viento cortante del elemento h3 de la torre.....	185
XLVII.	Coordenadas breizas (tramo 1).....	185
XLVIII.	Carga de viento cortante de breizas tramo 1.....	186
XLIX.	Coordenadas breizas (tramo 2).....	186
L.	Carga de viento cortante de breizas tramo 2.....	186
LI.	Coordenadas breizas (tramo 3).....	187
LII.	Carga de viento cortante de breizas tramo 3.....	187
LIII.	Coordenadas breizas (tramo 4).....	187
LIV.	Carga de viento cortante de breizas tramo 4.....	188
LV.	Resultados de corte basal por viento .....	188
LVI.	Resultados del corte inducido por sismo en estructuras flexibles .....	191
LVII.	Resultados del análisis estructural .....	196
LVIII.	Propiedades de la placa de conexión.....	199
LIX.	Resultados del análisis de la estructura en SAP2000 de las columnas.....	201
LX.	Combinación gravitacional en columnas para $S_{DS} = 1$ .....	201
LXI.	Fuerza de compresión en columnas .....	202
LXII.	Fuerza de tensión en columnas .....	202
LXIII.	Fuerzas de compresión y tensión en columnas .....	203
LXIV.	Resultados del análisis estructural en SAP2000 de los elementos horizontales .....	206
LXV.	Capacidad y componentes inducidos por las breizas.....	207
LXVI.	Corte, carga axial y momentos máximos en elementos h-4 y h-2.....	207

LXVII.	Corte, carga axial y momentos máximos en elementos h-5, h-3 y h-1 .....	208
LXVIII.	Resumen de elementos diseñados por capacidad .....	230
LXIX.	Resultados del análisis del diseño de conexiones de la estructura SAP2000.....	235
LXX.	Fuerzas de tensión y compresión máximas aplicadas.....	236
LXXI.	Resumen de las conexiones de la breiza .....	242
LXXII.	Resumen de la placa base y pedestal de columnas.....	247
LXXIII.	Resumen de los costos .....	274
LXXIV.	Valor presente neto .....	281
LXXV.	Datos anuales del proyecto (costos).....	274



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$A_s$	Área de acero
$A_{sv}$	Área de corte
$A_z$	Área de zapata
$A_{con}$	Área del cono
$A_{sv}$	Área en corte de soldadura
$A_{st}$	Área en tensión de soldadura
$A$	Área en sección de tubo de acero
$A_f$	Área en superficie del cono
$A_{smax}$	Área máxima de acero
$A_{smin}$	Área mínima de acero
$A'_z$	Área tentativa de zapata
<b>HG</b>	Acero galvanizado
<b>C</b>	Aceleración espectral de la masa
$H_t$	Altura de la torre
$h$	Altura del cuerpo cilíndrico
$h_p$	Altura del líquido dentro del depósito
$h_n$	Altura del nivel de una estructura
$H_s$	Altura del sistema de bombeo
$H_c$	Altura nominal del cuerpo cilíndrico
$h_t$	Altura nominal del techo cónico
<b>B</b>	Base de zapata
<b>HP</b>	Caballos de fuerza
<b>Cal/cm<sup>2</sup>/min</b>	Calorías por centímetro cuadrado por minuto

<b>#<sub>p</sub></b>	Cantidad de pernos por unión
<b>#<sub>tub</sub></b>	Cantidad de tubos
<b>P<sub>d</sub></b>	Carga de diseño
<b>CDT</b>	Carga dinámica total
<b>CDT<sub>pvc</sub></b>	Carga dinámica total de la tubería de cloruro de polivinilo
<b>CDT<sub>HG</sub></b>	Carga dinámica total de la tubería galvanizada
<b>W<sub>tl</sub></b>	Carga lineal sobre techo
<b>P<sub>máx</sub></b>	Carga máxima sobre columna
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CT<sub>u</sub></b>	Carga total última distribuida
<b>P<sub>u</sub></b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>W<sub>v</sub></b>	Carga viva de diseño
<b>Q<sub>b</sub></b>	Caudal de bombeo
<b>Q<sub>d max</sub></b>	Caudal día máximo
<b>Q<sub>h max</sub></b>	Caudal hora máximo
<b>Q<sub>m</sub></b>	Caudal medio diario
<b>a</b>	Celeridad
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Z̄</b>	Centro de gravedad
<b>C<sub>e</sub></b>	Coefficiente de exposición
<b>C<sub>q</sub></b>	Coefficiente de presión
<b>∅</b>	Coefficiente de reducción de resistencia
<b>V<sup>I</sup></b>	Corte actuante en el depósito
<b>V<sup>II</sup></b>	Corte actuante en la torre
<b>V<sub>est</sub></b>	Corte actuante en la estructura
<b>V<sub>p</sub></b>	Corte actuante en pernos

<b><math>V_m</math></b>	Corte por marco
<b><math>Q_{aeb}</math></b>	Costo anual del equipo de bombeo
<b><math>C_{eb}</math></b>	Costo del equipo de bombeo
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b><math>D_i</math></b>	Diámetro interno de la tubería
<b><math>D_c</math></b>	Diámetro nominal del cuerpo cilíndrico
<b>D</b>	Dimensión del ancho efectivo del sistema estructural resistente a fuerzas horizontales
<b><math>B_i</math></b>	Dimensión de la sección inferior de la torre
<b><math>B_s</math></b>	Dimensión de la sección superior de la torre
<b><math>P_v</math></b>	Diseño de presión del viento
<b>X</b>	Distancia entre el perímetro del cuerpo cilíndrico al centro de franja en análisis del techo cónico
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>Dot</b>	Dotación
<b>e</b>	Eficiencia del equipo de bombeo; espesor de la pared de la tubería
<b>k</b>	En hidráulica, coeficiente para calcular las pérdidas de carga localizadas, módulo de elasticidad del agua; en estadística, tasa de crecimiento; en análisis estructural, factor del tipo de estructura
<b><math>f_y</math></b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b><math>f'_c</math></b>	Esfuerzo del concreto
<b><math>\sigma_c</math></b>	Esfuerzo máximo por compresión
<b><math>\sigma_t</math></b>	Esfuerzo máximo por tensión
<b><math>S_p</math></b>	Esfuerzo permisible de diseño
<b><math>E_s</math></b>	Esfuerzo permisible de la soldadura
<b><math>f_a</math></b>	Esfuerzo permisible unitario real

<b>F<sub>a</sub></b>	Esfuerzo permisible unitario teórico
<b>t<sub>cor</sub></b>	Espesor de placa por corrosión
<b>t<sub>exp</sub></b>	Espesor de la placa por corrosión por experiencia de constructores
<b>t<sub>c</sub></b>	Espesor nominal de la placa
<b>F<sub>alm</sub></b>	Factor de almacenamiento
<b>f<sub>d max</sub></b>	Factor de día máximo
<b>Z</b>	Factor de grado de sismicidad zonal; módulo de sección del anillo de cerrado
<b>S</b>	Factor de interacción del suelo-estructura
<b>f<sub>h max</sub></b>	Factor de hora máxima
<b>I</b>	Factor de importancia de la edificación
<b>I<sub>w</sub></b>	Factor de importancia del viento
<b>F<sub>s</sub></b>	Factor de seguridad
<b>f</b>	Frecuencia
<b>R<sub>x</sub></b>	Fuerza producida por el depósito con líquido
<b>gal/min</b>	Galones por minuto
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>g</b>	Gramos; gravedad atmosférica
<b>hrs</b>	Horas
<b>H<sub>b</sub></b>	Horas de bombeo en un día
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg-m</b>	Kilogramo metro
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo por centímetro cuadrado
<b>kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo por metro cuadrado
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>km</b>	Kilómetro
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetro cuadrado
<b>km/h</b>	Kilómetros por hora

<b>Kw</b>	Kilovatio
<b>KWH</b>	Kilovatio hora
<b>lbs</b>	Libras
<b>lbs/pie</b>	Libras por pie
<b>lbs/pie<sup>2</sup></b>	Libras por pie cuadrado
<b>psf</b>	Libras por pie cuadrado
<b>lbs-plg</b>	Libras pulgada
<b>lbs/plg<sup>2</sup></b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>LMA</b>	Límite máximo admisible
<b>LMP</b>	Límite máximo permisible
<b>lts</b>	Litros
<b>lts/día</b>	Litros por día
<b>lts/hab</b>	Litros por habitante
<b>lts/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>lts/seg</b>	Litros por segundo
<b>I<sup>II</sup></b>	Longitud de curva
<b>I<sup>I</sup></b>	Longitud de radio
<b>L<sub>s</sub></b>	Longitud de soldadura
<b>L<sub>z</sub></b>	Longitud del zenit
<b>m</b>	Metros
<b>mca</b>	Metros columna de agua
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/seg</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>ml</b>	Metros lineales; mililitro
<b>m/seg</b>	Metros por segundo
<b>Msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>kips</b>	Mil libras

<b>kips-plg</b>	Mil libras pulgada
<b>mg/lts</b>	Miligramos por litro
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mmHG</b>	Milímetros de mercurio
<b>mm/mm</b>	Milímetros por milímetros
<b>millas/hora</b>	Millas por hora
<b>E</b>	Módulo de elasticidad del material; eficiencia de la junta
<b>S<sub>req</sub></b>	Módulo de sección requerida
<b>M</b>	Momento
<b>M<sub>0</sub><sup>I</sup></b>	Momento aplicado en la base de la estructura con respecto al depósito
<b>M<sub>0</sub><sup>II</sup></b>	Momento aplicado en la base de la estructura con respecto de la torre
<b>M<sub>1</sub><sup>I</sup></b>	Momento aplicado en el panel superior de la torre con respecto al depósito
<b>M<sub>1</sub><sup>II</sup></b>	Momento aplicado en el panel superior de la torre con respecto a ella misma
<b>M<sub>md</sub></b>	Momento diagonal por marco
<b>M<sub>m</sub></b>	Momento en marco
<b>M<sub>est</sub></b>	Momento total en la estructura
<b>NE</b>	Noreste
<b>m<sub>máx</sub></b>	Pendiente máxima
<b>m<sub>min</sub></b>	Pendiente mínima
<b>d</b>	Peralte efectivo
<b>hm</b>	Pérdidas menores por accesorios
<b>hi</b>	Pérdidas por altura de impulsión
<b>hs</b>	Pérdidas por altura de succión
<b>H<sub>f</sub></b>	Pérdidas por fricción

<b>T</b>	Período de vibración de la estructura
<b><math>\gamma_{ac}</math></b>	Peso específico del acero
<b><math>\gamma_s</math></b>	Peso específico del suelo
<b><math>W_{ac}</math></b>	Peso de accesorios
<b><math>W_z</math></b>	Peso del anillo de cerramiento
<b><math>W_{h_2O}</math></b>	Peso del agua dentro del depósito
<b><math>W_D</math></b>	Peso del depósito lleno de líquido
<b><math>W_d</math></b>	Peso del depósito vacío
<b><math>W_{lam}</math></b>	Peso de la lámina
<b><math>W_t</math></b>	Peso del techo cónico
<b><math>W_{DD}</math></b>	Peso de riostras diagonales
<b><math>W_{DH}</math></b>	Peso de las riostras horizontales
<b><math>W_{tor}</math></b>	Peso de la torre
<b><math>W_{tl}</math></b>	Peso lineal del techo cónico
<b>W</b>	Peso muerto de la estructura
<b><math>W_{TC}</math></b>	Peso recibido por columna
<b>T</b>	Período de vibración de la estructura
<b>'</b>	Pie
<b>pie</b>	Pies
<b>pie<sup>3</sup></b>	Pies cúbicos
<b><math>P_i</math></b>	Población inicial
<b><math>P_f</math></b>	Población futura
<b>Pot</b>	Potencia
<b><math>q_s</math></b>	Presión de viento
<b><math>P_H</math></b>	Presión hidráulica
<b><math>P_{Hmax}</math></b>	Presión hidráulica máxima
<b>D</b>	Profundidad de zapata
<b>“</b>	Pulgadas
<b>plg</b>	Pulgadas

<b>PMR</b>	Punto de máximo rendimiento
<b>Q</b>	Quetzales
<b>d</b>	Radio de disco o hipotenusa del fondo cónico
<b>r<sub>g</sub></b>	Radio de giro
<b>C</b>	Relación de altura del depósito con respecto a su diámetro
<b>RD</b>	Riostra diagonal
<b>RH</b>	Riostra horizontal
<b>L</b>	Separación ejes en columnas adyacentes
<b>seg</b>	Segundos
<b>S<sub>cil</sub></b>	Superficie del cilindro
<b>S<sub>c</sub></b>	Superficie del cono
<b>SO</b>	Suroeste
<b>t</b>	Tiempo; espesor requerido de lámina
<b>ton-m</b>	Tonelada metro
<b>ton/m<sup>2</sup></b>	Tonelada por metro cuadrado
<b>UJT</b>	Unidades Jackson
<b>UNT</b>	Unidades nefelométricas
<b>V<sub>d</sub></b>	Valor soporte de diseño del suelo
<b>V<sub>o</sub></b>	Valor soporte del suelo
<b>v</b>	Velocidad
<b>V<sub>alm</sub></b>	Volumen de almacenamiento
<b>V<sub>cil</sub></b>	Volumen del cilindro
<b>V<sub>con</sub></b>	Volumen del cono

## GLOSARIO

<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).
<b>Aforo</b>	Es la acción de medir un flujo de agua para determinar su caudal.
<b>AISC</b>	Instituto Americano de Construcción de Acero (American Institute of Steel Construction).
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que mide las diferencias de alturas existentes en un área determinada.
<b>Análisis estructural</b>	Estudio matemático que determina el comportamiento de una estructura, por medio de los diagramas de momentos, cortes y deflexiones.
<b>Área</b>	Espacio comprendido entre ciertos límites.
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, (American Society Test and Materials).
<b>AWMA</b>	Asociación Americana de Abastecimiento de Agua (American Water Works Association).

<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido a un norte magnético o arbitrario; su rango va desde 0° a 360°.
<b>Carga estructural</b>	En hidráulica esto equivale a energía sobre peso. En estructuras es la fuerza actuante sobre algún elemento siendo está distribuida o puntual.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por determinado lugar en una unidad de tiempo.
<b>CBR</b>	Cálculo del valor relativo de soporte normal del suelo. Este ensayo determina la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.
<b>Coguanor</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Coloide</b>	Partícula orgánica o inorgánica suspendida en el agua y responsable de la turbiedad y color de esta.
<b>Combinación de cargas</b>	Combinación de las fuerzas y cargas mayoradas.
<b>Consumo</b>	Cantidad promedio de agua que utiliza una persona para sus necesidades básicas e higiene.
<b>Cortante</b>	Fuerza interna que actúa tangencialmente al plano, llamada también tensión diagonal.

<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
<b>Cota piezométrica</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución, es decir, la presión que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro.
<b>Desinfección</b>	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua mediante procesos químicos.
<b>DMP</b>	Dirección Municipal de Planificación.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua que se asigna teóricamente a una persona en un día. Esto dentro de un estudio para el diseño de un sistema de agua potable.
<b>EPS</b>	Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Excentricidad</b>	Es la distancia que separa el centro de masa del centro de rigidez.
<b>Fragosas</b>	Suelos ásperos, intrincados, llenos de quebradas, maleza y breñas.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal de Guatemala.

<b>INSIVUMEH</b>	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala.
<b>Módulo de elasticidad</b>	Relación entre el esfuerzo de tracción y compresión y la deformación unitaria.
<b>Módulo de la sección</b>	Relación del momento de inercia respecto a un eje particular de una sección dividida entre la distancia a la fibra extrema de la sección medida perpendicularmente al eje en consideración.
<b>Momento</b>	Resultado de la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
<b>Multigrup</b>	Asociación de empresas líderes de acero en Guatemala y el Caribe.
<b>Pendiente</b>	Es el grado de inclinación que pueda poseer un terreno, y se forma por el ángulo que forma con la horizontal.
<b>Pérdida de carga</b>	Es la caída de presión ocasionada por la fricción entre el agua y las paredes de la tubería.

<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a proyectar un terreno sobre un plano horizontal imaginario y que toma puntos de referencia para su orientación.
<b>Predimensionar</b>	Efecto de designarle dimensiones a los elementos estructurales en forma parcial.
<b>Presión dinámica</b>	Es la presión que ejerce el agua en movimiento.
<b>Presión estática</b>	Es la presión que ejerce el agua en reposo.
<b>Relación de esbeltez</b>	Relación de la longitud efectiva de una columna o elemento en conjunto con referencia a su radio de giro, ambos referidos al mismo eje de flexión.
<b>Resistencia</b>	Propiedad que tiene un elemento para soportar una carga o fuerza.
<b>SEAOC</b>	Corte basal.
<b>Soldadura de filete</b>	Soldadura colocada en la esquina formada por dos partes traslapadas en contacto una con otra.
<b>Soldadura de penetración</b>	Soldadura echa en ranuras entre dos elementos que se unen, pueden extenderse a todo el espesor de los elementos.
<b>Topografía</b>	Es el arte de representar un terreno en un plano con su forma, dimensiones y relieve.

<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.
<b>UNT</b>	Unidad nefelométrica de turbiedad.
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala.

## RESUMEN

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra ubicado en el departamento de Guatemala a 6 km de la ciudad capital con una extensión territorial de 50 km<sup>2</sup>, una altitud de 1 550 m, sobre el nivel del mar, y se encuentra conformado por 14 aldeas y la cabecera municipal.

En dicho municipio se realizó un sondeo para determinar las necesidades de la población, encontrándose la necesidad de un sistema de agua potable que fortaleciera el actual y de esta manera poder ampliar el servicio.

El sistema de la línea de conducción que se diseña es mixta y está conformada por dos tramos, uno por bombeo y otro por gravedad, separando ambos tramos por un tanque de almacenamiento de estructura metálica. El tramo de la línea de conducción por bombeo se diseñó con una combinación de tubería HG tipo mediano y tubería PVC 250 PSI, y el tramo por gravedad se diseñó para tubería PVC 160 PSI, con una caja reguladora que liberara la sobre presión del sistema causada por la diferencia de alturas.

El tanque elevado de estructura metálica, se diseñó para aumentar el volumen de almacenamiento del tanque el Huisital e incrementar su servicio a otro sector del municipio. Este tanque se ubica en un área húmeda y sísmica, conformado por una torre de 6 patas a 12 m de altura y un depósito con la capacidad de almacenar 151 m<sup>3</sup> de agua.



# OBJETIVOS

## General

Colaborar con el desarrollo de las comunidades del interior del país por medio del Ejercicio Profesional Supervisado, implementado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el diseño de obras de infraestructura sanitaria.

## Específicos

1. Diseñar la línea de conducción y tanque elevado del sistema de agua potable para la aldea La Salvadora, que satisfaga las necesidades de la población actual.
2. Establecer una modalidad sobre el funcionamiento y mantenimiento adecuado para la línea de conducción y tanque elevado.
3. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura, para la aldea La Salvadora y la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula.



## INTRODUCCIÓN

El abastecer de agua potable a la población del área rural se ha vuelto un problema, debido a las alteraciones al ecosistema que el hombre ha estado generando en su búsqueda del desarrollo e industrialización, destruyendo sus propios recursos naturales.

En Guatemala se empieza una sequía causada por los problemas ambientales y la poca concientización de los recursos hídricos.

El proyecto que se presenta tiene como propósito fortalecer el sistema de agua potable y saneamiento de la comunidad, colaborando con esto en el desarrollo económico y social al mejorar su calidad de vida.

El presente informe propone como solución el diseño de una línea de conducción de agua potable y un tanque elevado de almacenamiento de estructura metálica, por lo que se describen antecedentes del municipio y del proyecto a realizar, como: la localización, descripción topográfica, estudio del suelo, estudio de la población y aspectos que determinan el diseño y planificación, incluyendo parámetros de diseño, levantamiento topográfico, cálculo hidráulico, planificación y presupuesto.



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

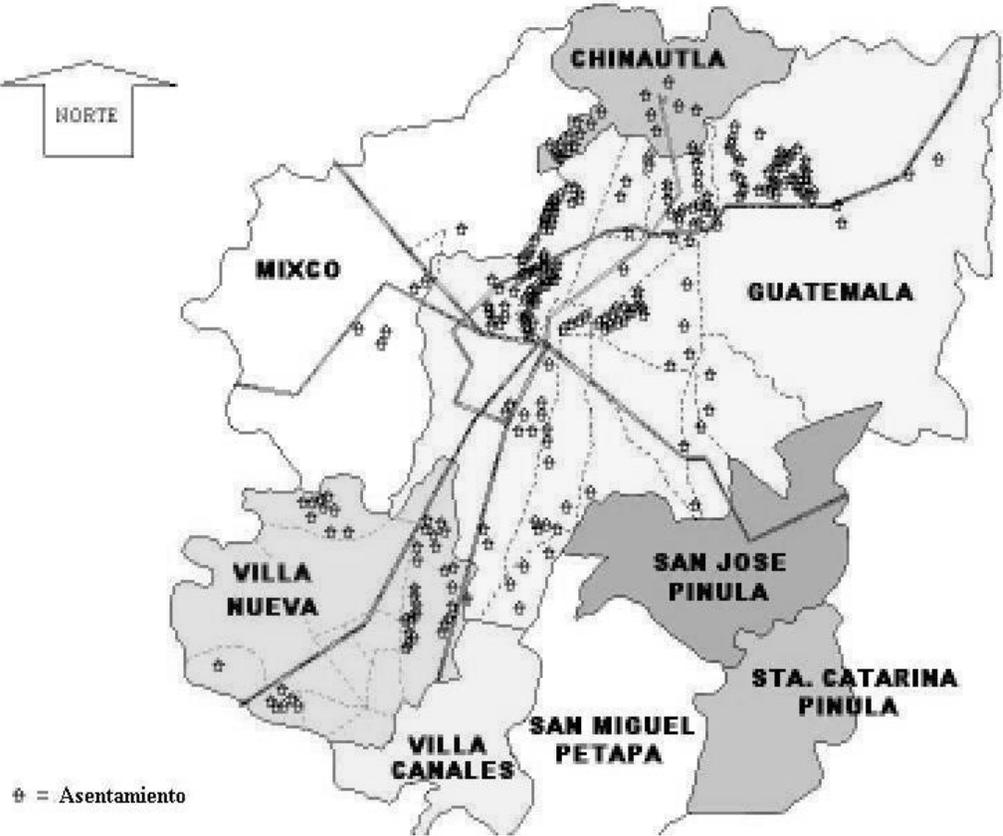
## **1.1. Generalidades**

El municipio de Santa Catarina Pinula es uno de los más grandes del departamento de Guatemala, ubicado en la sección de tierras altas volcánicas, correspondiente al paisaje de montañas del centro del país.

### **1.1.1. Localización de Santa Catarina Pinula**

Santa Catarina Pinula es uno de los diecisiete municipios del departamento de Guatemala. Tiene una extensión territorial de cincuenta kilómetros cuadrados ( $50 \text{ km}^2$ ), y se encuentra ubicada en La Sierra Canales a una altura de mil quinientos cincuenta metros (1 550 m), sobre el nivel del mar. Santa Catarina Pinula se localiza en la latitud  $14^\circ 34' 13''$  y en la longitud  $90^\circ 29' 45''$  y se encuentra a una distancia de 15 kilómetros, de la cabecera departamental de Guatemala. La ubicación del municipio a nivel de país se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula respecto a la capital**



Fuente: periódico local, Condado News con fecha 15 al 28 de enero de 2005.

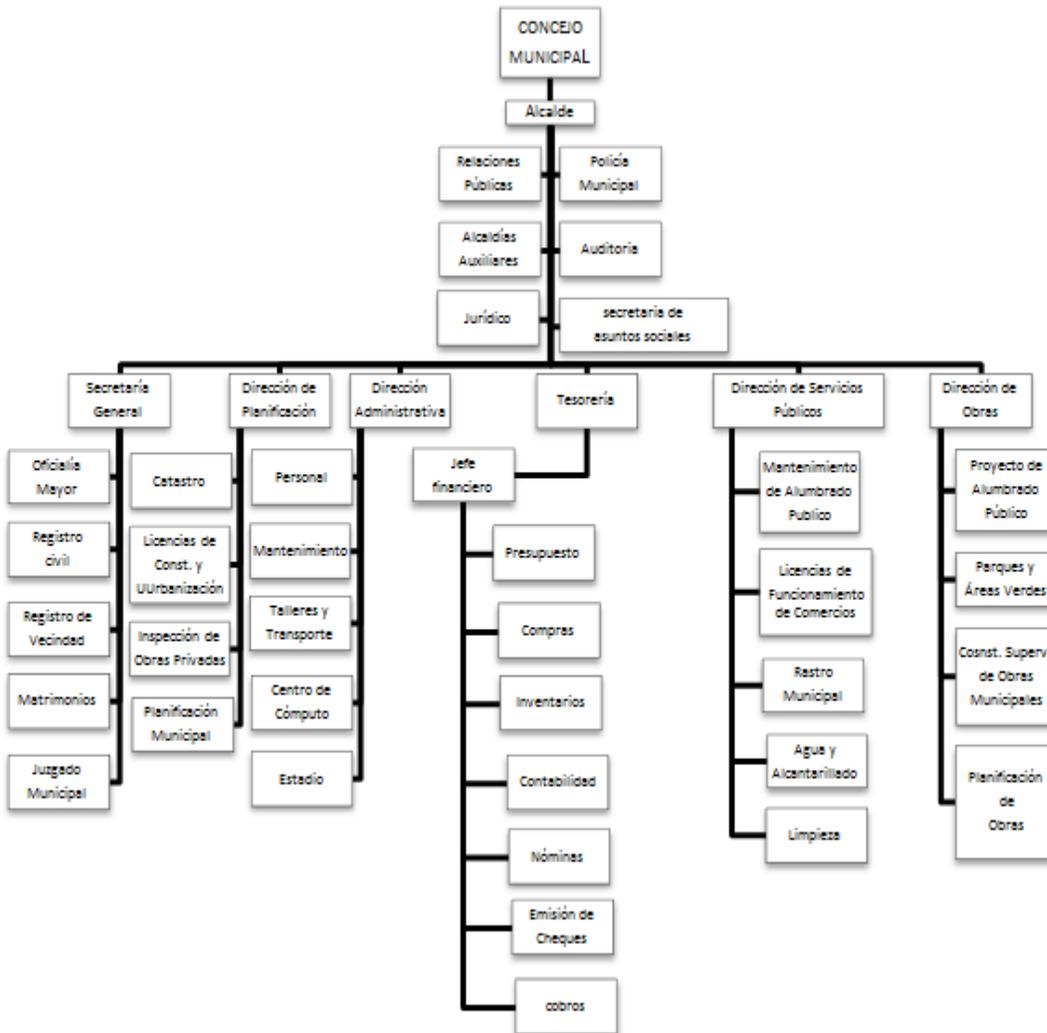
**1.1.2. Colindancias**

Santa Catarina limita al norte con Guatemala, al este con San José Pinula y Fraijanes, al sur con Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y la ciudad de Guatemala, todos municipios del departamento de Guatemala.

### **1.1.3. Estructura orgánica de la Municipalidad**

Según la Constitución Política de la República de Guatemala, (1985), Título V y capítulo VII en su artículo 254, “El gobierno municipal será ejercido por una corporación, la cual se integra por el alcalde, por síndicos y concejales, todos electos directa y popularmente en cada municipio, en la forma y por el período que establezcan las leyes de la materia”. Cumplido con lo indicado, Santa Catarina Pinula tiene su corporación municipal conformada por: el alcalde, dos síndicos titulares, siete concejales titulares, tres concejales suplentes, un síndico y un secretario del concejo. Cada aldea tiene un alcalde auxiliar y con regidores, así como un comité promejoramiento (ver figura 2).

Figura 2. Estructura orgánica municipal de Santa Catarina Pinula



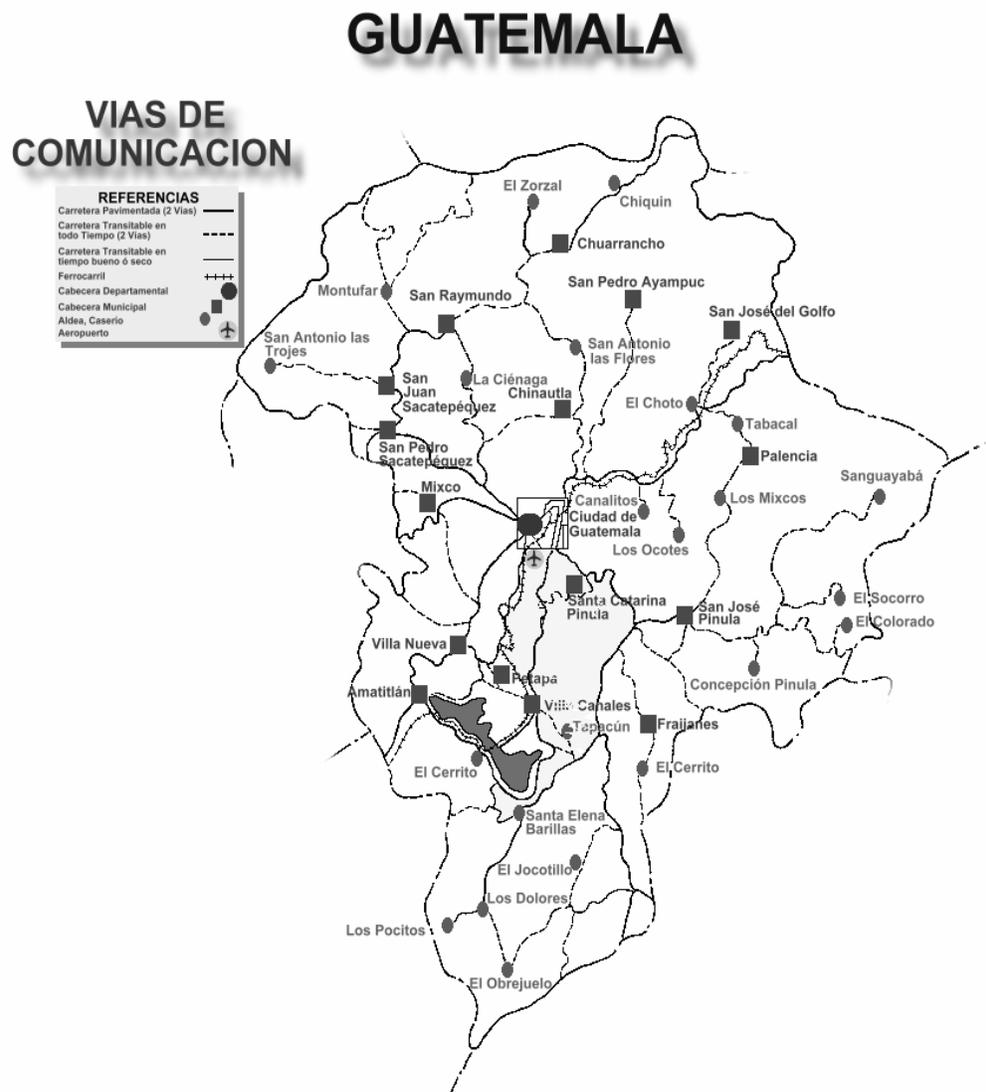
Fuente: revista: *Una administración responsable*. Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

#### 1.1.4. Vías de acceso

Este municipio tiene acceso a la cabecera de la capital a través de una red de carreteras, que se encuentran en proceso de expansión mediante la

implementación de pasos a desnivel. Tiene un rápido acceso al aeropuerto internacional La Aurora, dado la corta distancia que existe de Santa Catarina Pinula a la cabecera de la ciudad capital. El mapa siguiente (ver figura 3) muestra las vías de comunicación del departamento de Guatemala.

Figura 3. **Vías de comunicación, municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: INE, Atlas.

### 1.1.5. División territorial de Santa Catarina Pinula

Está se conforma por la cabecera, denominada Santa Catarina Pinula, por 14 aldeas, 7 caseríos y 315 colonias privadas en donde se encuentran lotificaciones urbanizadas, y condominios.

Tabla I. **Aldeas y caseríos de Santa Catarina Pinula**

<b>Aldeas</b>	<b>Caseríos</b>
1. Cuchilla del Carmen	1. Trapichito
2. El Carmen	2. Pepe Nance
3. Salvadora I	3. Cambray
4. Salvadora II	4. El Zarzal
5. El Pueblito	5. Los Cipreses
6. Nueva Concepción	6. Laguneta
7. Puerta parada	7. El Canchón
8. Piedra para Cristo Rey	
9. Piedra parada El Rosario	
10. San José El Manzano	
11. Laguna Bermeja	
12. El pajón	
13. Manzano La Libertad	
14. Don Justo	

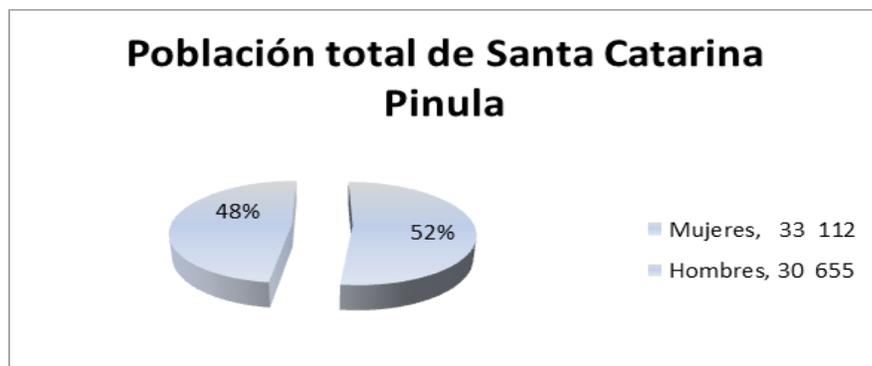
Fuente: revista: *Una administración responsable*, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

### 1.1.6. Población

Según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 2002, este municipio cuenta con 15 781 viviendas y tiene una población de 63 767 habitantes.

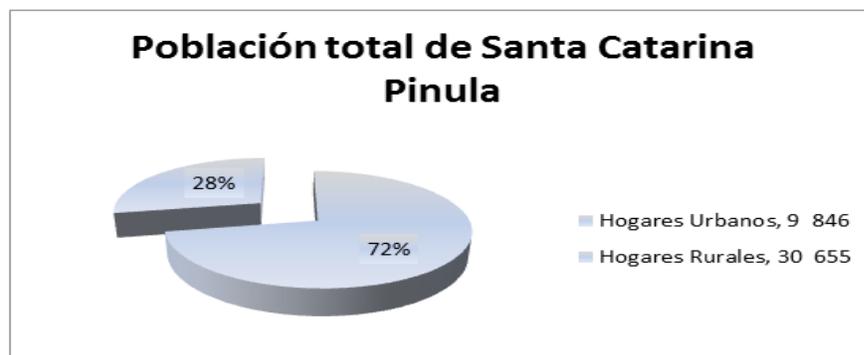
El cien por ciento de la población que habita este municipio habla el idioma español. La figura 4 muestra la distribución de población de este municipio según su sexo, la figura 5 muestra los hogares clasificados en urbanos y en rurales.

Figura 4. **Población de Santa Catarina Pinula clasificada por sexo**



Fuente: censo nacional XI de población, VI de habitación, 2002. Instituto Nacional de Estadística, INE.

Figura 5. **Hogares rurales y urbanos de Santa Catarina Pinula**



Fuente: censo nacional XI de población, VI de habitación, 2002. Instituto Nacional de Estadística, INE.

### **1.1.7. Características fisiográficas**

Santa Catarina Pinula posee una topografía muy irregular y un clima bastante húmedo, esto por ubicarse dentro de un sector montañoso, el cual está conformado por cuencas que hacen muy accidentado su territorio.

#### **1.1.7.1. Orografía**

La región montañosa de Santa Catarina Pinula va desde 900,00 hasta 2 100,00 metros sobre el nivel del mar. Los dos cerros que se localizan en este municipio son el cerro Guachi Sote que se localiza al sur de la cabecera municipal y del casco de la finca Los Ángeles, entre el riachuelo Panas Queque y la quebrada Seca y el cerro Tabacal el cual está ubicado al sur de la aldea Cristo Rey y al este de la aldea Puerta Parada. El primero se encuentra a 1 800,00 sobre el nivel del mar y el segundo a 2 026,00 metros.

#### **1.1.7.2. Suelos**

Sobre el territorio de Santa Catarina Pinula se pueden encontrar tres tipos de suelos, los cuales son suelos fragosos, suelos de Guatemala y suelos Morán.

Las áreas en donde predominan los suelos fragosos se caracterizan por ser un terreno quebrado grueso. Es una clase de terreno masificado en la vecindad de la ciudad de Guatemala, donde los barrancos de laderas perpendiculares de casi 100,00 metros de profundidad, han cortado la planicie de Guatemala. Las áreas de esta clase de terreno son en su mayoría baldías.

Los suelos de Guatemala son profundos y bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica débilmente cementada, en un ambiente húmedo seco. La profundidad del suelo varía según el grado de erosión al cual ha estado sujeto durante su desarrollo. Típicamente ocupa un valle o un bolsón intra montañoso que es casi plano, dejando pequeñas áreas onduladas o suavemente onduladas. En estos suelos se cultiva maíz y café.

Los suelos Morán son bien drenados y desarrollados sobre ceniza volcánica pomaceo en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados a altitudes medianas superiores en la parte sur central de Guatemala. Estos suelos originalmente estaban forestados, probablemente con pino, encino y ciprés. Actualmente, el área está limpia y se usa para cultivar café, maíz o pastos.

Los suelos del departamento de Guatemala según Charles S. Simmons, asesor técnico en suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y de la administración de cooperación internacional al Instituto Agropecuario Nacional (IAN) en su Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala, estos se han dividido en 26 unidades que incluyen 18 series de suelos, 3 fases de suelos y 5 clases de terreno misceláneo. Estas a su vez han sido divididas en tres clases amplias:

- Suelos de la altiplanicie central: constituyendo está más del 90 por ciento del área del departamento de Guatemala. Se caracteriza por pendientes escarpadas con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados. Casi todos los suelos son poco profundos y no se adaptan para la producción de cultivos limpios intensivos. Como gran parte del área se ha utilizado para la producción de maíz y otros productos con métodos de cultivo rudimentarios, se ha desarrollado una erosión seria

en muchos lugares. Estos suelos a su vez se dividen en cinco subgrupos los cuales son:

- Subgrupo A. Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a gran altitud, están solamente los suelos Camanchá.
  - Subgrupo B. Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a mediana altura, están los suelos Cauqué, Guatemala y Morán.
  - Subgrupo C. Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos débilmente cementados, están la fase fuertemente ondulada y la fase inclinada de los suelos de Guatemala, los suelos Salamá y la fase quebrada de estos.
  - Subgrupo D. Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados, están los suelos Fraijanes, Jalapa, Jigua y los “suelos Pinula”. Ocupan pendientes demasiado escarpadas para el cultivo y gran parte del área está seriamente erosionada a causa del sobre pastoreo y porque el cultivo no ha sido adecuado.
  - Subgrupo E. Suelos poco profundos sobre roca, están suelos Acasaguastlán, Chinautla, Chuarrancho y Subinal.
- Suelos del declive del pacífico: este comprende menos del diez por ciento del área del departamento de Guatemala. Es una unidad económica importante, pues produce la mayor parte del café del departamento. La sección se caracteriza por sus pendientes escarpadas y por sus suelos pedregosos. Estos suelos a su vez se dividen en tres subgrupos los cuales son:

- Subgrupo A. Suelos profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro, están los suelos Alotenango y Palín.
- Subgrupo B. Suelos profundos desarrollados sobre materiales volcánicos mixtos, incluye los suelos Barberena y Escuintla.
- Subgrupo C. Suelos poco profundos desarrollados sobre materiales volcánicos de color oscuro, incluye los suelos Pacaya. Alrededor del 50 por ciento del área es pedregosa con afloramientos rocosos.
- Clases de misceláneas de terreno: estas incluyen áreas donde no dominan ningún suelo en particular o donde alguna característica geológica, o alguna otra causa limita su uso agrícola permanente. En el departamento de Guatemala están incluidos los suelos aluviales no diferenciados, los suelos de los valles, no diferenciados, las cimas volcánicas y otros.

Por lo anteriormente descrito se determina que el suelo del municipio de Santa Catarina Pinula está clasificado dentro del grupo uno de la altiplanicie central y subgrupo D, siendo este un suelo con mucha pedregosidad y erosión por lo escarpado del terreno, con una textura del suelo superficial franco limosa, gravosa y consistencia friable; un subsuelo de consistencia friable y textura arcillosa a franco arcilloso arenoso.

Ver cuadro de posición fisiográfica, material madre y características de los perfiles de los suelos de Guatemala y cuadro de suelos de Guatemala, características importantes que influyen en su uso, en apéndice dos.

### 1.1.7.3. Hidrografía

Los ríos que se localizan en este municipio son: Acatán, Chicoj, Los Ocotes, El Sauce, La Palma, Las Minas y Pinula.

- Río Acatán: se origina en las aldeas Santa Inés Pinula y Don Justo. Corre de sureste a noreste. Al oeste del caserío Manzano le afluye el río Chiquito. Pasa al este de la aldea Puerta Parada y toma rumbo al norte. Corre al oeste de la aldea Cristo Rey. Entre el caserío Los López, el casco de la finca Vista Hermosa cambia su nombre a Río Monjitas. Tiene una longitud aproximada de 14 km.
- Río Chicoj: se origina como río La Palma, al oeste del caserío Laguna Bermeja y al oeste de la aldea Ciénaga Grande. Corre de sur a norte. Pasa entre las aldeas Cristo Rey y Platanar, a oeste del caserío Los López, se une a la quebrada Cuesta Grande, origen del río Los Ocotes. Tiene una longitud de 5 km.
- Río Chiquito: río entre los municipios de Santa Catarina Pinula, Guatemala y Palencia. Tiene su origen al norte de aldea Cristo Rey. Tiene la unión del río Chicoj y la quebrada Cuesta Grande. Su longitud es de 20 km.
- Río El Sauce: tiene su origen en el caserío La Nueva Concepción. Fluye al noreste, pasa al este de la cabecera. Al sur de la colonia Vista Hermosa, desagua en el río Negro. Su longitud es de 3 km.
- Río de las Minas: río de los municipios de Santa Catarina Pinula y de Villa Canales. Se origina al suroeste de la aldea Don Justo. Corre de

sureste a noreste, recibe la quebrada El Anono y pasa al sur de la aldea La Salvadora. Atraviesa las aldeas El Porvenir y Boca del Monte. Toma rumbo sur, corre al oeste de la aldea Chichimecas y al norte de la cabecera de Villa Canales, así como la aldea Inés Petapa. Descarga en el río Villalobos. Su longitud es de 14 km.

- Río Pinula: río de los municipios de Santa Catarina Pinula, Villa Canales y Petapa. Se forma en la aldea Don Justo. Corre de sureste a noreste, pasa al norte de la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula y toma al oeste. Al sur de la capital le afluye el riachuelo Panasequeque y pasa al oeste de la aldea La Libertad, con rumbo norte a sur. Al este de la aldea Guajitos recibe el río Cuadrón, fluye al oeste de la aldea Boca del Monte y al norte de aldea Santa Inés Petapa, descarga en el río Villalobos. Su longitud es de 22 km.
- Riachuelo Panasequeque: este riachuelo tiene su origen al sureste de la cabecera municipal y al este del Cerro Guachi. Su curso es de sureste a noreste. Pasa al sur de la aldea El Pueblito. Descarga en el río Pinula. Su longitud es de 6 km.
- Las quebradas de este municipio son: Agua Bonita, Agua Fría, Cuesta Ancha, Cuesta Grande, El Manzano, El Anono, El Cangrejito, El Chorro, El Guayabo, El Mezcal, El Riíto, La Esperanza, Piedra Marcada y Seca. Cabe destacar que la quebrada Agua Bonita, es un paraje de Santa Catarina Pinula, en la finca San Lázaro, al noreste de la cabecera municipal. Se encuentra a 1 700,00 m, sobre el nivel del mar. En este lugar se encuentra una de las estaciones de bombeo de agua municipal que surte a la ciudad capital.

- Lagunas: entre estas está la Laguna Bermeja (la cual está a punto de desaparecer).

#### **1.1.7.4. Aspectos climatológicos**

Conforme a los datos de la página *web* que posee este municipio, se indica que según la clasificación de las zonas de vida de Guatemala (basado en el sistema Holdngdge), Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo subtropical.

- Precipitación: la precipitación anual en Santa Catarina Pinula va desde 1 057 a 1 588 milímetros.
- Elevación: pertenece a la zona cuya elevación sobre el nivel del mar es de 1 500,00 a 2 400,00 metros.
- Temperatura: su temperatura oscila entre los 15 °C a 23 °C y tiene un 70 % de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es del 50 %.
- Vientos: el tipo y la dirección del viento es de NE a SO, fuerte de 90 % a 10 %.

La estación meteorológica más cercana al municipio de Santa Catarina Pinula, está ubicada en la 7ª. av. 14-57 zona 13 de la ciudad capital. Los datos más recientes que la sección de climatología presenta a lo que va del 2013, son los tabulados en la tabla II.

Tabla II. Aspectos climatológicos a septiembre de 2013

Localidad	Elevación (Msnm).	temperaturas C°	Absolutas	Precipitación	Brillo Solar	Humedad Relativa	Vel. Viento	Evaporación
		Max - Min	Max - Min	Milímetros	Total/Hrs/ Promedio Mes.	en %	Kms/hr.	Milímetros
<b>Departamento de Guatemala :</b>								
Guatemala,INSIVUMEH	1 502	24,5 - 14,0	33,4 - 4,2	1 196,8	203,6	78	17,7	120,2
Guatemala,Florinda	1 470	25,4 - 15,7	34,5 - 7,0	1 310,3	-99	-99	-99	-99
Sn. Migel Petapa.	1 260	26,3 - 16,4	33,0 - 8,0	1 093,7	-99	-99	-99	-99
Amatitlan	1 189	27,5 - 14,5	31,8 - 8,0	924	-99	76	-99	-99
San José Pinula	1 650	22,8 - 11,7	28,8 - 3,9	1 639,3	166,9	84	-99	-99
San Pedro Ayampuc	1 200	27,8 - 15,0	34,4 - 8,4	1 063,1	-99	74	-99	-99
San Pedro Sacatepequez	1 400	25,8 - 13,9	36,5 - 5,0	1 031,9	-99	78	-99	131
Villa Canales	1 120	29,0 - 16,1	33,9 - 8,1	1 523,9	173,8	78	-99	-99

Fuente: estación meteorológica de Guatemala, INSIVUMEH.

Aspectos climatológicos del 2012 para la región en cuestión son:

- Temperatura media: 20,2 °C
- Temperatura máxima: 25,9 °C
- Temperatura mínima: 15,3 °C
- Temperatura máxima absoluta: 30,8 °C
- Temperatura mínima absoluta: 9,8 °C
- Lluvia: 1 079,5 mm
- Días de lluvia: 118
- Humedad relativa: 76 %
- Radiación solar: 0,34 Cal/cm<sup>2</sup>/min
- Velocidad del viento: 10,2 km/h
- Dirección del viento: NE → 45°
- Presión atmosférica: 640,4 mmHG

- Evaporización de tanque a la intemperie: 4,3 mm
- Nubosidad: 6 Octa

### **1.1.8. Investigaciones diagnósticas de las necesidades de servicio**

Como principal objetivo de la municipalidad dentro de sus proyectos de desarrollo está la infraestructura dirigida a la educación y salud de sus pobladores para cubrir las demandas de servicio.

#### **1.1.8.1. Descripción de las necesidades**

Durante los últimos diez años el municipio de Santa Catarina Pinula ha tenido continuidad en las políticas municipales, proyectos y programas, lo que ha permitido significativos avances en el desarrollo social y económico, dando como resultado un crecimiento en la población, es por ello que se debe regular y prestar los servicios públicos municipales a su delimitación territorial y por lo tanto; establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo.

Entre los problemas que más afectan a las comunidades del municipio son los que tienen que ver con el saneamiento ambiental, tales como el agua potable y la eliminación de desechos sólidos, todo esto debido principalmente a lo accidentado del lugar.

#### **1.1.8.2. Justificación social**

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE), la proyección de población al 2011 para la cabecera del municipio de Santa Catarina Pinula,

asciende a 15 334 habitantes, los cuales, demandan cada día el servicio de agua potable.

Actualmente la línea de conducción que abastece el tanque de distribución el Huisital, atraviesa una serie de fincas no municipales, por lo que no se puede tener un estricto control de este líquido, perdiendo parte de este en conexiones anómalas.

#### **1.1.8.3. Justificación económica**

La falta del servicio de agua potable no favorece a la comunidad económicamente, ya que los vecinos se ven en la necesidad de comprar agua a empresas particulares, esto si se tienen las condiciones económicas para realizar dicho gasto; los vecinos que no pueden pagar tienen que esperar que los camiones municipales pasen prestando el servicio, o acarrear el agua de alguna comunidad aledaña lo cual implica tiempo y desgaste físico, mermando con esto la salud del habitante.

#### **1.1.8.4. Prioridad de las necesidades**

Debido a la demanda de los pobladores del servicio de agua potable en las comunidades aledañas a la cabecera municipal, se priorizó la realización del sistema de agua potable y el diseño de un tanque auxiliar que aumente el volumen de agua almacenada.



## **2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto está conformado por su fuente de abastecimiento, que es un pozo perforado a 1 500 pies de profundidad en aldea La Salvadora, del cual se bombeará agua a un tanque elevado de estructura metálica con capacidad para almacenar 150,60 m<sup>3</sup> de agua. Dicho tanque está sostenido por una torre de metal de 12,00 m de altura, de donde se abastecerá de agua al tanque de distribución el Huisital encontrado en el perímetro de la cabecera municipal.

El sistema de la línea de conducción es de 3,8 kilómetros aproximadamente y consta de dos tramos, uno por bombeo y otro por gravedad cubriendo estos 1,93 y 1,87 kilómetros respectivamente.

El tanque elevado se encuentra en la entrada de la aldea El Pueblito y une los dos tramos de la línea de conducción. Debido a la altitud del tramo por bombeo existe la necesidad de implementar dos tipos de tubería para salvar la sobre presión y economizar en la compra de tubería. En el tramo por gravedad se tendrá que implementar una caja rompe presión para liberar la sobre presión en el sistema.

### **2.2. Cálculo para la demanda de agua**

Para realizar el cálculo de la demanda de agua necesaria para abastecer a la población se hace basándose en los censos de población realizados por el

Instituto Nacional de Estadística (INE), o en el equipo designado por la municipalidad o entidad que planifique el proyecto.

### **2.2.1. Población actual**

Se le denomina de esta manera a la cantidad de personas que habitan en el lugar y que ejercen varias actividades para su subsistencia. Se calcula que se podrá extender el beneficio de agua potable a un sector de la población de 1 025 habitantes, tomando como base para dichos cálculos los datos obtenidos en las tablas y la tasa de crecimiento proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el último censo realizado en el 2002 y actualizado por medio de las fórmulas proporcionadas por el INFOM, se determinó que el sector a beneficiar es de por lo menos un cuarto ( $1/4$ ) de la población de aldea El Pueblito (aldea cercana al sector en cuestión, que comparte las mismas características y tendencias de crecimiento).

### **2.2.2. Período de diseño**

Se define como período de diseño al número de años durante el cual el sistema va a proporcionar agua potable, en las cantidades adecuadas para la población futura calculada al final del período de diseño.

El período de diseño de un sistema de agua potable está determinado por razones económicas o por el tiempo de funcionabilidad de la fuente de ingreso natural. No se debe confundir el período de diseño con la vida útil de los elementos que la componen. Generalmente se considera un período de diseño de 20 años, al cual se le suman uno o dos años por trámite y diseño entre otros.

Para este sistema se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Capacidad de la fuente
- Vida útil de las tuberías y obras de arte
- Costos y tasas de interés vigentes
- Crecimiento de la población
- Normas de diseño (INFON / UNEPAR)

Para el sistema en cuestión, se considera un tiempo de 21 años.

### 2.2.3. Población futura

La tasa de crecimiento de una población se determina, para obtener la población que existirá al final del período de diseño y para calcular en función de la misma la demanda requerida. Para determinar la población futura existen varios métodos utilizando en este trabajo la fórmula dada por el INE y propuesta por el INFOM.

Tabla III. Población aldea El Pueblito

<b>AÑO 2002</b>	<b>PROYECCIÓN POBLACIÓN AÑO 2011</b>		
<b>POBLACIÓN TOTAL</b>	<b>SEXO</b>		<b>POBLACIÓN TOTAL</b>
	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>	
3 202	1 976	2 023	3 999

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE), para aldea El Pueblito en el 2011.

Fórmula utilizada:

$$P_f = P_i \left( \frac{K}{100} + 1 \right)^t$$

En donde:

$P_f$  = población futura

$P_i$  = población inicial

K = tasa de crecimiento

t = tiempo en años (21 años)

Tasa de crecimiento del 2,5 %

Utilizando la fórmula anteriormente mencionada se determina la población actual con referencia en el último censo efectuado, el cual asciende a 4 099 habitantes. Por lo tanto la población actual de la comunidad en cuestión es de 1 025 habitantes (1/4 de la población en referencia).

La población futura del proyecto es:

$$P_f = 1\,025 \left( \frac{2,5}{100} + 1 \right)^{21}$$

$$P_f = 1\,721 \text{ habitantes}$$

### **2.3. Aforo de la fuente de agua**

Se realizó el aforo del pozo por medio de bombeo con el método rotativo en un tiempo determinado, tomando en cuenta los tiempos de recuperación del nivel estático.

La fuente es un pozo abierto, y el análisis realizado arroja los siguientes datos (ver perfil estratigráfico en apéndice 4):

Caudal que proporciona el pozo	=	488	gal/min
Cota de boca de pozo	=	301,33	m
Profundidad del pozo	=	1 500,00	pie
Profundidad de la bomba	=	1 000,00	pie
Nivel estático	=	0	pie
Nivel dinámico	=	664,00	pie

#### **2.4. Dotación**

Se le denomina dotación a la cantidad de agua que se necesita para el servicio diario de una persona, de tal manera que pueda satisfacer sus necesidades básicas. Es recomendable que la dotación se determine con base en estudios de demanda de agua de la población en estudio, o poblaciones cercanas con características similares. Los factores que influyen en la determinación de la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, número de habitantes, costumbres, existencia de abastecimientos privados, existencia de alcantarillado, entre otros.

Tabla IV. **Dotaciones asignadas**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidades</b>
Llena cantaros	30 – 60 lts/hab
Llena cantaros y conexiones prediales	60 - 90 lts/hab
Conexiones prediciales fuera de vivienda	90 – 170 lts/hab
Servicios de pozo excavado, con bomba de mano	15 lts/hab
Dotación urbana	150 – 250 lts/hab

Fuente: datos proporcionados por el INFOM, p. 21, lista 4, 3,1.

Para los diseños de sistemas de agua potable, en el Departamento de Servicios Públicos y Planificación de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula la dotación que utilizan es de 175 lts/hab/día, por lo tanto será este el utilizado para el cálculo de la línea de conducción.

## **2.5. Cálculo de consumo**

Esta es la cantidad de agua que una persona necesita o usa diariamente para cubrir sus necesidades, la cual no es constante debido a que varía horariamente, diariamente, o estacionariamente, por lo que el sistema se debe diseñar para satisfacer en todo momento estas variaciones.

### **2.5.1. Caudal medio diario**

El consumo medio diario es el promedio de los consumos diarios registrados por una comunidad durante un año. La comunidad no tiene un estudio estadístico de consumo, por lo tanto se utiliza la fórmula del consumo

medio diario para el cálculo de la misma. Esta fórmula es proporcionada por el INFOM.

$$Q_m = \frac{\text{Dot} * P_f}{86\ 400}$$

En donde:

$Q_m$  = caudal medio diario

Dot = dotación de agua del sistema

$P_f$  = población futura

El caudal medio diario es:

$$Q_m = \frac{175 * 1\ 721}{86\ 400}$$

$$Q_m = 3,49 \text{ lts/seg}$$

### **2.5.2. Caudal máximo diario**

Es el día de máximo consumo de una serie de registros obtenidos en un año, regularmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población. El valor que se obtiene es utilizado para el diseño de la captación, línea de conducción y planta de tratamiento.

Debido a la falta de registros, estos se determinan por medio de la fórmula y factores proporcionados por el INFOM.

Poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes = 1,5

Poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes = 1,2

El diseñador debe justificar el factor seleccionado

$$Q_{d \max} = Q_m f_{d \max}$$

En donde:

$Q_{d \max}$  = caudal de día máximo

$f_{d \max}$  = factor día máximo

$Q_m$  = caudal medio diario

El caudal de día máximo es:

$$Q_{d \max} = 3,49 * 1,2$$

$$Q_{d \max} = 4,18 \text{ lts/seg}$$

### **2.5.3. Caudal máximo horario**

Es conocido también como caudal de distribución, debido a que este es utilizado para diseñar la línea y red de distribución. Debido a la falta de registros para determinar este dato, se toman en cuenta los factores y fórmula proporcionados por el INFOM.

Poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes = 2 a 3

Poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes = 2

El diseñador debe justificar el factor seleccionado.

Por lo tanto:

$$Q_{h \max} = Q_m f_{h \max}$$

En donde:

$Q_{h \max}$  = caudal de hora máxima

$f_{h \max}$  = factor hora máxima

$Q_m$  = caudal medio diario

El caudal de hora máxima es:

$$Q_{h \max} = 3,49 * 2$$

$$Q_{h \max} = 6,97 \text{ lts/seg}$$

#### **2.5.4. Caudal de bombeo**

Cuando el sistema es diseñado por bombeo, se requiere considerar un caudal de bombeo suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado período de bombeo.

Para determinar el caudal de bombeo es importante definir antes el período de bombeo, el cual se determina en función del caudal que proporciona la fuente de abastecimiento. En este caso se determinará dicho caudal en función de la población que se necesita abastecer. Se recomienda que el período de bombeo sea de 8 a 12 horas por día, para motores diésel y de 8 a 18 horas por día para motores eléctricos.

Este caudal se determina por medio de la fórmula proporcionada por el INFOM.

$$Q_b = \frac{Q_{d \max} 24}{H_b}$$

En donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo

$Q_{d \max}$  = caudal día máximo

$H_b$  = horas de bombeo en un día

Asumiendo la mínima cantidad de horas de bombeo recomendadas por el INFOM, para verificar caudal:

$$Q_b = \frac{4,18 * 24}{8}$$

$$Q_b = 12,55 \text{ lts/seg}$$

La fuente de abastecimiento proporciona 30,79 lts/seg, por lo que no tendrá ningún problema en proporcionar el caudal requerido.

## **2.6. Calidad y tratamiento del agua**

La calidad del agua está estrechamente relacionada con aquellas características físicas, químicas bacteriológicas y biológicas que permiten evaluar si el agua es o no apta para el uso que se destine. Idealmente el agua de consumo no debe contener microorganismos patógenos, debe estar libre de bacterias indicadoras de polución para excretas.

Los criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo se basan esencialmente en investigaciones científicas y en el conjunto de conocimientos

utilizados, para la formulación de un juicio que derivan en recomendaciones para las características del agua con relación al uso que se destine. Las normas generalmente representan límites que establecen valores, para cuantificar los efectos de la exposición a contaminantes que pueden afectar la salud.

Para garantizar que el agua pueda ser potable para una comunidad, es necesario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las Normas Coguanor NGO 29-001.

Es fundamental en el control de la calidad del agua de consumo humano el examen microbiológico del agua; llevándose a cabo este por medio de la recolección de las muestras del sistema en provisión, para lo cual se debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

- Debe ser adecuadamente planificado e idealmente efectuado para detectar las variaciones de la calidad del agua.
- Las muestras deben ser tomadas, conservadas y enviadas en frascos adecuados, perfectamente esterilizados.
- El volumen debe ser el adecuado para poder desarrollar el análisis.
- Debe enviarse al laboratorio de tal forma de que no sufra alteraciones en sus características originales.
- Los detalles de las muestras deben ser adecuadamente descritos en etiquetas apropiadas para evitar confusiones.

El agua potable debe llenar ciertas condiciones, tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.

- Aireada, sin sustancias en disolución.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Tabla V. **Características físicas del agua, relacionadas con el examen físicoquímico**

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO ADMISIBLE (LMA)</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)</b>
Color	5,0 unidades	35,0 unidades (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno (2)	7 – 8,5	6,5 – 9,2
Sólidos totales	500 mg/lts	1500mg/lts
Temperatura	10 a 30 °Celsius	No mayor a 34 °Celsius
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UN o UJT	15,0 UNY o UJT (3)
(1) Unidades de color en escala de platino-cobalto (2) En unidades de PH (3) Unidades de turbiedad, sea en unidades Jackson (UJT) o unidades nefelométricas (UNT)		

Fuente: RODRÍGUEZ REYNOSA, Carlos Gilberto. *Diseño del sistema de agua potable para aldea La Laguneta de Tecojate sector I, del municipio de nueva concepción, Escuintla.* p. 20.

Tabla VI. **Calidad bacteriológica del agua potable, relación con el examen bacteriológico**

Organismos	Límites
Toda el agua de bebida coliformes fecales (termo resistentes)	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada que llega al sistema de distribución  Coliformes fecales (termo resistentes)  Coliformes totales	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml  No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
Agua tratada que se encuentra en el sistema de distribución  Coliformes fecales (termo resistentes)  Coliformes totales	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml  No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml  En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deben estar ausentes en el 95 % de las muestras tomadas durante cualquier período de 12 meses
a) Si se detecta <i>E. Coli</i> o bacterias coliformes en general, debe adoptarse inmediatamente medidas para investigar la situación en el caso de las bacterias coliformes en general, se deben como mínimo, repetir el muestreo; si las bacterias se detectan también en la nueva muestra, se deben realizar inmediatamente nuevas investigaciones para determinar la causa.  b) <i>E. Coli</i> es el indicador más preciso de contaminación fecal. El recuento de coliformes fecales (termo resistente) es una opción aceptable de la calidad sanitaria del abastecimiento de agua en las zonas rurales.	

Fuente: RODRÍGUEZ REYNOSA, Carlos Golberto. *Diseño del sistema de agua potable para aldea La Laguneta de Tecojate sector I, del municipio de Nueva Concepción, Escuintla.* p. 21.

Tabla VII. **Características químicas tóxicas**

<b>Tóxicos</b>	<b>ppm</b>	<b>Tóxicos</b>	<b>ppm</b>
Plomo	0,1	Calcios	75
Arsénico	0,05	Cloruros	200
Selenio	0,01	Cobre	0,05
Mercurio total	0,001	Hierro	0,1
Cianuro	0,05	Manganeso	0,05
Cadmio	0,01	Sulfato	200
Otras sustancias químicas		Zinc	5
Detergentes aniónicos	0,2	Alcalinidad	No debe contener alcalinidad
Aceite mineral	0,01		
Dureza total	100	pH	No menor de 7, ni mayor de 8,5

Fuente: RODRÍGUEZ REYNOSA, Carlos Golberto. *Diseño del sistema de agua potable para aldea La Laguneta de Tecojate sector I, del municipio de Nueva Concepción, Escuintla.* p. 22.

Tabla VIII. **Características químicas permisibles en el agua**

<b>Características</b>	<b>LMA en mg/lts</b>	<b>LMP en mg/lts</b>
Detergentes aniónicos	0,2	1
Aluminio (Al)	0,05	0,1
Amoníaco	-----	1,5
Bario (Ba)	-----	1
Calcio (Ca)	75	150
Cinc (Zn)	3	7
Cloruro (Cl-)	100	250

Continuación de la tabla VIII.

Cobre (Cu)	0,05	1,5
Dureza total (CaCo3)	100	500
Hierro total (Fe)	0,1	1
Magnesio (mg)	50	100
Manganeso (Mn)	0,05	0,5
Níquel (Ni)	0,01	0,02
Nitrato	-----	45
Nitrito	-----	0,01
Sustancias fenólicas	0,001	0,002
Sulfato (So)	100	250

Fuente: RODRÍGUEZ REYNOSA, Carlos Gilberto, *Diseño del sistema de agua potable para aldea La Laguneta de Tecojate sector I, del municipio de Nueva Concepción, Escuintla.* p. 22.

### 2.6.1. Análisis del agua

El agua es un compuesto esencial, ya que por medio de este se realizan la mayoría de las reacciones físicas, químicas y bioquímicas necesarias para la vida; por lo tanto es importante un análisis que determine su potabilidad para el consumo humano.

#### 2.6.1.1. Examen fisicoquímico

Este determina las características físicas del agua, tales como el sabor, el olor, el color, su aspecto, su pH y su dureza. Según los resultados de los exámenes de calidad del agua que se presenta en el apéndice 1, desde el punto de vista fisicoquímico sanitario, el agua es apta para el consumo humano debido a que el hierro y el manganeso se encuentra en los límites máximos

permisibles y las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad.

#### **2.6.1.2. Examen bacteriológico**

Este se realiza con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos. Este examen se apoya en métodos estadísticos, los cuales determinan el número más probable de bacterias presentes.

Específicamente para el proyecto en cuestión, desde el punto de vista bacteriológico, el agua es potable, sin embargo, siempre es necesario implementar una desinfección a base de hipoclorito de calcio para aprovechar los efectos residuales del cloro. Con esto, se logrará una mayor seguridad, al disminuir los riesgos de contaminación debido a una inadecuada manipulación del agua.

#### **2.6.2. Tratamiento del agua**

Para que el agua sea potable deben tomarse ciertas medidas para su purificación y desinfección, lo cual puede tener alguna influencia en el cálculo de una tarifa por la utilización de filtros u otros elementos necesarios para su purificación.

Aunque no se requiera de la construcción de una planta de purificación de aguas convencionales, el tratamiento mínimo que se le debe dar al agua es la desinfección, con el fin de entregarla libre de organismos patógenos que son los causantes de enfermedades en el organismo humano. También se debe prever una protección adicional contra la contaminación en una red de distribución.

La desinfección del agua mediante cloración es la más común y esta es introducida por primera vez a comienzos del siglo XX, fue quizás el evento tecnológico más importante en la historia del tratamiento del agua. La cloración de abastecimientos de agua en países en vías de desarrollo es sumamente importante. Ha resultado ser el procedimiento más práctico y económico para desinfectar el agua por medios químicos.

El saneamiento deficiente, que resulta en la contaminación fecal de las fuentes de agua, plantea frecuentemente la amenaza más grande a la salud humana. En muchos casos, la cloración efectiva de los abastecimientos de agua ha logrado una reducción sustancial de aquellas enfermedades entéricas, que primariamente están relacionadas con el agua.

El cloro es un agente muy activo, que reacciona rápidamente con las materias orgánicas e inorgánicas contenidas en el agua, por este motivo, al desinfectar el agua, debe añadirse una cantidad suficiente de cloro para que esas reacciones sea completas y quede además cloro residual para ejercer una acción bactericida. El cloro es un gas tóxico de color amarillo-verdoso, que se encuentra en la naturaleza solo en estado combinado, principalmente con el sodio como sal común.

Tiene un olor característico penetrante e irritante, es más pesado que el aire y se le puede comprimir para formar un líquido claro de color ámbar. El cloro líquido es más pesado que el agua. Se vaporiza bajo temperatura y presión atmosférica normal. Comercialmente se fabrica el cloro mediante la electrólisis de salmuera, con producción de soda caustica e hidrógeno como productos secundarios. Como gas seco, el cloro no es corrosivo, pero ante la presencia de humedad se vuelve altamente corrosivo para todos los metales,

excepto la plata y el plomo. El cloro es ligeramente soluble en el agua, aproximadamente 1 % por peso en 10 °C.

Para que el cloro pueda hacer efecto, es necesario que haya estado en contacto con el agua un período de más o menos 30 minutos, contados a partir del momento de la aplicación. La dosis que se le debe colocar al agua, va a depender del grado de contaminación que se encuentre en el agua. Por otra parte, aun cuando el agua no esté contaminada, es muy importante que las tuberías y las estructuras sean desinfectadas antes de que el sistema se ponga en operación. Esta limpieza se logra haciendo circular agua a través del sistema y descargándola por todas las salidas. Después de ello, se llena con agua e hipoclorito de calcio, permitiendo un período de contacto de por lo menos 24 horas antes de proceder a vaciarlo. Luego de ello ya se puede poner en marcha el sistema.

En la tabla IX, se muestra cómo se puede determinar la preparación de una solución al 0,1 % a partir de hipoclorito de calcio con diferentes porcentajes de concentración, así como los volúmenes de esta solución que deben aplicarse para poder obtener una dosificación de 1 miligramo/litro.

Tabla IX. **Hipoclorito necesario para preparar solución al 0,1 %**

Volumen de solución requerida (litros)	Cantidad de Hipoclorito					
	Porcentaje de concentración					
	65 %	66 %	67 %	68 %	69 %	70 %
1	1,54	1,52	1,49	1,47	1,45	1,43
2	3,08	3,03	2,99	2,94	2,90	2,86
10	15,38	15,15	14,93	14,71	14,49	14,29
25	38,46	37,88	37,31	36,76	36,23	35,71
50	76,92	75,76	74,63	73,53	72,46	71,43
75	115,38	113,64	111,94	100,29	108,70	107,14
100	153,85	151,52	149,25	147,06	144,93	142,86
300	461,54	454,55	447,76	441,18	434,78	428,57
500	769,23	757,58	746,27	735,29	724,64	714,29
600	923,08	909,09	895,52	882,35	869,57	857,14
1 000	1 538,46	1 515,15	1 492,54	1 470,59	1 449,28	1 428,57

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria I*. p. 160.

## 2.7. Levantamiento topográfico

En cada libreta el topógrafo debe indicar el procedimiento utilizado para hacer el levantamiento. Si implementa nivelación taquimétrica debe indicar el ángulo de inclinación y la lectura de los hilos y no únicamente dar el resultado. Si las longitudes las ha medido con cinta indicarlo. Al final de cada día debe cerrar tanto el levantamiento en planta como la nivelación, para detectar cualquier error que haya sido cometido.

Se debe prestar atención al trazo del levantamiento, haciendo constar los lugares en donde no es posible salvar sifones o pasos aéreos muy largos. Por

otra parte, es conveniente que el trazo quede a mayor altura que las casas. El diseñador debe recorrer el levantamiento antes de proceder al diseño hidráulico, constatando la naturaleza del terreno para determinar qué tipo de tubería debe emplear en cada tramo.

El levantamiento topográfico de la línea de conducción de agua potable, tanto el tramo por bombeo como el tramo por gravedad es el de una poligonal abierta de tercer orden, el cual consiste en un conjunto de líneas rectas, cuyo estacionamiento es continuo y cuyas deflexiones son efectuadas por dobles mediciones, de la manera más exacta posible.

### **2.7.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico consiste en el conjunto de trabajos que son necesarios para la obtención de todos los datos, para representar gráficamente la superficie de la tierra y que toma un punto de referencia, para su orientación, el Norte magnético generalmente.

El levantamiento planimétrico utilizado en la línea de conducción fue el conocido como método de deflexiones simples, el cual consiste en fijar el aparato en una estación previamente seleccionada, colocar el limbo de este en  $0^{\circ}00'00''$ , hacer la observación hacia la siguiente estación. Luego se posiciona el aparato en la estación observada, en posición II (vuelta de campana) se observa la estación anterior, luego se regresa a posición I, el aparato se coloca en  $0^{\circ}00'00''$ , y se procede a ver la siguiente estación.

### **2.7.2. Altimetría**

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre puntos de un terreno, para ello es necesario medir distancias verticales ya sea directa o indirectamente.

Para el presente proyecto se utilizó el método de nivelación diferencial; uniendo los trabajos de planimetría y altimetría para proyectar en un plano toda la información y utilizarla en el diseño del sistema de la línea de conducción.

### **2.8. Estudio de suelo**

El estudio de suelo es necesario para determinar la presión máxima que puede soportar el suelo por unidad de área. Este dato se puede obtener de registros existentes y archivados en proyectos anteriores en el área o por medio de un ensayo triaxial.

#### **2.8.1. Ensayo triaxial**

Para encontrar el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a una profundidad de 2,00 metros de donde se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie cúbico, se realizó el ensayo de compresión triaxial, mediante la prueba de no consolidado y no drenado, el cual dio los parámetros de corte, con un ángulo de fricción interna de  $\phi = 27,25^\circ$  y carga última  $C_u = 7,2 \text{ ton/m}^2$ , con la descripción de "limo arcilloso arenosa color café" (ver apéndice 1).

La fórmula a utilizar para el cálculo del valor soporte del suelo es la del Dr. Kart Terzaghi para una zapata aislada cuadrada.

$$V_o = 0,4 \gamma_s B N_\gamma + 1,3 C_u N_c + \gamma_s D N_q$$

En donde:

$V_o$  = valor soporte del suelo [ton/m<sup>2</sup>]

$\gamma_s$  = peso unitario del suelo [ton/m<sup>2</sup>]

$B$  = base de zapata [m]

$N_\gamma$  = factor flujo de carga del suelo [ton/m<sup>2</sup>]

$C_u$  = carga última [ton/m<sup>2</sup>]

$N_c$  = factor flujo de carga último [ton/m<sup>2</sup>]

$D$  = profundidad de zapata [m]

$N_q$  = factor flujo de carga [ton/m<sup>2</sup>]

Por lo tanto el  $\emptyset$  en radianes:

$$\emptyset \text{ rad} = \frac{\emptyset \pi}{180}$$

En donde:

$$\emptyset = 27,25^\circ$$

Por lo tanto:

$$\emptyset \text{ rad} = 0,48$$

Los factores de flujo se determinan con las siguientes fórmulas:

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} \pi - \phi \text{ rad}\right) \tan \phi}}{2 \cdot \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_c = \text{ctg } \phi (N_q - 1)$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi$$

Por lo tanto:

$$N_q = 16,40 \text{ ton/m}^2$$

$$N_c = 29,88 \text{ ton/m}^2$$

$$N_\gamma = 17,92 \text{ ton/m}^2$$

El factor " $N_\gamma$ " según el Dr. Terzaghi debe ser cero para suelos arcillosos por lo tanto:

$$V_o = 330,56 \text{ ton/m}^2$$

El factor de seguridad ( $f_s$ ), para el valor soporte de diseño del suelo ( $V_d$ ), depende del suelo en estudio, el cual puede estar entre  $1,5 < f_s < 3$ , utilizando 2 para arcillas.

$$V_d = \frac{V_o}{f_s}$$

Por lo tanto:

$$V_d = 165,28 \text{ ton/m}^2$$

## **2.9. Diseño general del sistema de agua potable**

Se diseña el sistema de agua potable basándose en el tipo de población a servir, la topografía del terreno, el tipo de fuente que proporcionará el vital líquido y el clima del entorno.

### **2.9.1. Generalidades básicas**

El sistema de la línea de conducción se diseña con base en las normas propuestas por UNEPAR y el INFOM; y el diseño del tanque elevado de estructura metálica con base en AWWA (2005), Welded Steel Tanks for Water Storage, -ANSI/AWWA- D100-05, y el AISC 9<sup>a</sup>. ed., conjuntamente con las tablas de diseño de Multigroup en Guatemala.

El proyecto pretende modificar y ampliar la línea de conducción de agua potable hacia el tanque de distribución el Huisital, para poder abastecer a unas 300 familias aproximadamente, lo que significa 1 025 habitantes (actualmente), dicho proyecto incluye el diseño de la línea de conducción y un tanque de almacenamiento de estructura metálica.

La línea de conducción es de aproximadamente 3 760 metros, y se divide en dos tramos de los cuales uno será por bombeo, e inicia en el pozo encontrado en aldea La Salvadora y finaliza en el tanque de almacenamiento de estructura metálica, iniciando en dicho tanque el tramo por gravedad el que finaliza en el tanque de distribución, para el tramo por bombeo se tiene contemplado la utilización de tubería galvanizada (HG) y tubería de polivinilo (PVC) y para el tramo por gravedad únicamente tubería de polivinilo (PVC). El tramo por gravedad constará de una caja rompe presión, con el objetivo de liberar la sobre presión del sistema.

### 2.9.2. Presiones y velocidades

La presión hidrostática máxima en líneas de conducción debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería a utilizar, aunque hay que tomar en cuenta la calidad de los accesorios y las válvulas para evitar fugas cuando el sistema esté en servicio.

- Presión estática en tuberías: esta se dá cuando el líquido se encuentra en reposo. Esta es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura libre del agua.
- Presión dinámica en la tubería: esta se dá cuando existe movimiento en el líquido, disminuyendo la presión estática debido a la resistencia o fricción de las paredes de la tubería. La energía consumida o pérdida de carga varía respecto a la velocidad del líquido y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

#### TUBERÍA PVC

Presión de trabajo (PSI)	Metros columna de agua
315	221
250	176
160	112
125	88
100	70

- Velocidades: en todo diseño hidráulico que se realice es necesario verificar las velocidades y de esta manera determinar si estas se encuentran dentro de los parámetros recomendados.

Para el diseño del sistema de conducción de agua potable se utiliza lo normado por UNEPAR, en conducciones forzadas.

Velocidad mínima = 0,40 m/seg

Velocidad máxima = 3,00 m/seg

### **2.9.3. Tipos de tubería**

Toda tubería como elemento principal del sistema cuenta con tres características fundamentales, las cuales permiten realizar un diseño eficiente y económico. Siendo estas características, el diámetro, la clase y el tipo de tubería.

- Diámetro: se debe tomar en cuenta que comercialmente a cada tubería se le asigna un diámetro nominal interno y externo, por lo tanto se debe consultar las tablas de las propiedades características que cada proveedor de tubería tiene para poder realizar el cálculo de la conducción.
- Clase de tubería: esta se refiere a la norma que se usó para su fabricación, íntimamente relacionada con la presión de trabajo; los costos de la tubería de un mismo material se incrementan en función de la clase como consecuencia del mayor espesor, esto induce a seleccionar cada clase aprovechando al máximo la capacidad de trabajo.

- Tipo de tubería: esta se refiere al material de que está fabricada. Los materiales más comunes usados para las tuberías de acueductos son el cloruro de polivinilo (PVC) y el acero galvanizado (HG).

### 2.9.3.1. Tubería de PVC

El cloruro de polivinilo (PVC) es el material que más se emplea en la actualidad, esto se debe a que es más económico, más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero también tiene muchas desventajas, es más frágil y no se puede dejar en la intemperie, ya que se vuelve quebradizo.

Las tuberías de PVC utilizan dos tipos de uniones, la unión con campana y la unión de junta rápida. Para la unión con campana se requiere utilizar cemento solvente, para lo cual deben limpiarse perfectamente los bordes de la tubería y luego colocar el cemento solvente y empalmar los dos tubos. La unión de junta rápida trae un empaque de hule, el cual permite una unión más firme. La ventaja de la unión con campana está en su costo y la ventaja de la junta rápida está en el tipo de unión que es más segura.

Las características de este tipo de tubería son:

<b>Resistencia (PSI)</b>	<b>Diámetros comerciales (Pulgadas)</b>
80	2" hasta 12", 15"
100	2" hasta 24"
125	2" hasta 24"
160	1" hasta 24"
250	3/4" hasta 12", 15", 16"
315	1/2", 2", 3", 4"

### 2.9.3.2. Tubería de acero galvanizado

El acero galvanizado tiene su principal aplicación cuando se encuentra sobre la superficie del terreno, ya que su recubrimiento le brinda protección contra las inclemencias del tiempo, teniendo problemas si se entierra ya que empieza a corroerse. La tubería de conducción galvanizada se fabrica bajo la Norma ASTM A-53 y se clasifica de la siguiente manera:

<b>Característica</b>	<b>Resistencia (PSI)</b>	<b>Diámetros comerciales (plg)</b>
Ligero (Cédula 20)	700	1/2" → 4"
Mediano (Cédula 30)	900	1/2" → 6"
Pesado (Cédula 40)	1 500	1/2" → 12"

### 2.9.4. Sistemas por bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que por medio de fuerza mecánica, permite el transporte a través de tuberías y tanques de almacenamiento de cualquier tipo de líquido.

#### 2.9.4.1. Protección contra el golpe de ariete

Este puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbito del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo, dicho de otra manera el golpe de ariete es el resultado de una transformación repentina de energía cinética a energía de presión, la cual es transitoria dentro del sistema

hidráulico. Por lo tanto hay que verificar que la tubería sea capaz de resistir esta sobrepresión. En algunos casos se puede colocar una válvula de alivio para reducir el golpe de ariete.

Para el cálculo del golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} + \frac{D_i}{e}}}$$

En donde:

a = celeridad [m/seg]

K = módulo de elasticidad del agua [kg/cm<sup>2</sup>]

E = módulo de elasticidad del material [kg/cm<sup>2</sup>]

D<sub>i</sub> = diámetro interno de la tubería [mm]

e = espesor de la pared de la tubería [mm]

Valores de módulo de elasticidad volumétrica de materiales:

<b>MATERIAL</b>	<b>E (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
PVC	3 * 10 <sup>4</sup>
Hierro fundido	1,05 * 10 <sup>6</sup>
Acero	2,05 * 10 <sup>6</sup>
Asbesto de cemento	(1,85 – 2,5) * 10 <sup>6</sup>

### **2.9.5. Información básica para la selección de la bomba**

Se debe evitar en lo que sea posible la utilización de equipos de bombeo, ya que su operación y mantenimiento representan un alto costo al prestar el servicio.

Cuando es inevitable el uso de equipo de bombeo, deben tomarse en cuenta varios aspectos:

- Escoger una bomba con un rendimiento relativamente alto (eficiente) el cual por ningún caso puede ser menor al 60 %. El procedimiento consiste en analizar la curva característica de la bomba (proporcionada por el fabricante) y observar cual se ajusta más a las necesidades del proyecto, la bomba más adecuada será aquella en la cual el punto de funcionamiento esté cerca del punto de máximo rendimiento (PMR).
- La carga disponible que provea la bomba seleccionada deberá ser mayor a la requerida en el sistema por lo menos entre un 10 % a un 25 % para compensar el desgaste normal del equipo.
- Se seleccionarán equipos de bombeo de gran potencia cuando los diámetros de la tubería a utilizar en el sistema sean pequeños y equipos de bombeo de menor potencia cuando los diámetros de tubería sean grandes.
- Debe de realizarse un estudio preliminar en el sitio del proyecto acerca de la disponibilidad de energía (electricidad, combustibles), para seleccionar una bomba que opere con la energía disponible en el lugar.

- A la salida de los equipos de bombeo deberán proveerse como mínimo los siguientes dispositivos.
  - Manómetro en la descarga
  - Tubería de limpieza
  - Válvulas de retención y de paso en la línea de descarga
  - Junta flexible en la línea de descarga
  - Protección contra el golpe de ariete si fuera necesario
  - Elementos que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo

#### **2.9.6. Cálculo para la selección de la bomba**

Esta se calcula con base en la potencia requerida considerando varios factores, como lo es la carga dinámica total (CDT), el caudal de bombeo ( $Q_b$ ) y la eficiencia de la bomba, la cual no debe ser menor del 60 %.

Para el caudal de bombeo, el tiempo de bombeo diario se obtendrá considerando criterios económicos y de consumo rigiéndonos a lo normado por el INFOM en donde recomienda períodos de bombeo entre 8 y 12 horas por día para motores diésel y de 12 a 18 horas por día para motores eléctricos.

La fórmula utilizada para determinar la potencia de la bomba es:

$$\text{Pot} = \frac{Q_b \text{ CDT}}{76 e}$$

En donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo [lts/seg]  
 $e$  = eficiencia del equipo de bombeo [%]  
Pot = potencia en [HP]  
CDT = carga Dinámica Total [mca]

### 2.9.7. Memoria de cálculo

Cuando el sistema exige ser diseñado por bombeo, se requiere considerar un caudal lo suficientemente grande para abastecer el consumo máximo diario en un determinado período de bombeo. Para determinar el caudal de bombeo es importante definir antes el período de bombeo, el cual se determina en función del caudal que proporciona la fuente y la capacidad del tanque de almacenamiento; en este caso se determina el caudal para abastecer a la población en cuestión.

Dicho tiempo afectará directamente el diámetro de la tubería de descarga, la potencia de la bomba y las dimensiones del tanque de almacenamiento. Debido a la eficiencia que debe tenerla bomba, la diferencia de alturas existentes y la economía en el proyecto se optará por un período de 12 horas.

$$Q_b = \frac{Q_{d \max} \cdot 24}{H_b}$$

En donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo  
 $Q_{d \max}$  = caudal de día máximo  
 $H_b$  = horas de bombeo en un día

Por lo tanto:

$$Q_b = 8,367 \text{ lts/seg}$$

Con el caudal de bombeo ya definido se puede determinar el diámetro más económico para el tramo por bombeo.

Datos para el diseño de la línea de conducción por bombeo

Descripción

Estación inicial	0,00 m
Estación final	1 927,40 m
Distancia horizontal	1 927,40 m
Distancia real entre pozo y tanque	1 927,40 m
Cota inferior	301,33 m
Cota superior	500,97 m
Altura de la torre	12,00 m
Altura del cuerpo del tanque metálico	7,50 m
Cota superior +altura de torre + tanque	520,47 m
Longitud para tubería	1 927,40 m
Longitud con factor de inclinación (1,06)	2 043,04 m
Altura normal	219,14 m
Altura con factor de seguridad (5m)	224,14 m
Caudal de bombeo	8,37 lts/seg
Velocidad mínima de diseño	0,40 m/seg
Velocidad máxima de diseño	3,00 m/seg

Con los datos anteriores se procede a diseñar la línea de impulsión:

Para determinar el diámetro más económico de la línea de impulsión se deben sustituir las velocidades de diseño para encontrar un rango de tuberías que cumpla con la Norma de UNEPAR en la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{1\,974\, Q_b}{V}}$$

En donde:

D = diámetro de tubería [plg]

$Q_b$  = caudal de bombeo [lts/seg]

V = velocidad de diseño [m/seg]

Por lo tanto:

$D_1 = 6,43$  plg

$D_1 = 2,35$  plg

Por lo que los diámetros comerciales para el diseño serán los de 3, 4, 5, y 6 pulgadas respectivamente.

Cálculo de pérdidas de carga (Hazen & Williams):

$$H_f = \frac{1\,743,811\, L\, Q^{1,85}}{C^{1,85} \phi^{4,87}}$$

En donde:

$H_f$  = pérdidas por fricción en tubería [m]

L = longitud de tubería [m]

- Q = caudal de líquido en tubería [lts/seg]
- C = constante que depende del tipo de tubería
- Ø = diámetro de tubería [plg]

Por lo que se realizan los cálculos para los diferentes diámetros comerciales determinados anteriormente:

$$H_{f_{3''}} = 81,12 \text{ m}$$

$$H_{f_{4''}} = 19,98 \text{ m}$$

$$H_{f_{5''}} = 6,74 \text{ m}$$

$$H_{f_{6''}} = 2,77 \text{ m}$$

Para determinar el costo de la tubería por mes para los diámetros encontrados anteriormente como primer paso, hay que determinar la amortización, haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{I/100}{t} \quad ; \quad A = \frac{R (R+1)^n}{((R+1)^n) - 1}$$

En donde:

- R = tasa de interés
- I = interés anual
- t = meses en un año
- A = amortización
- n = número de meses en el que se piensa pagar la tubería

El período de amortización es de 10 años y el interés anual es del 15 % por lo tanto:

$$R = 0,0125$$

$$A = 0,016$$

Con esta amortización se procede a calcular el costo por longitud de tubería, para determinar finalmente el costo de tubería por mes.

Costos de tubería según catálogo de Durman vigente 2012 (tubo PVC junta rápida para agua potable y riego Norma ASTM D 2241):

- Tubo PVC de 3 pulgadas de diámetro de 250 PSI: Q 767,00
- Tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro de 250 PSI: Q 1 270,00
- Tubo PVC de 5 pulgadas de diámetro de 250 PSI: Q 1 926,00
- Tubo PVC de 6 pulgadas de diámetro de 250 PSI: Q 2 748,00

Cálculo de tubería:

$$\#_{\text{tub}} = \frac{1,06 \text{ DH} + H_t + H_d}{6}$$

En donde:

$\#_{\text{tub}}$  = número de tubos

DH = distancia horizontal

$H_t$  = altura de la torre

$H_d$  = altura del depósito

Por lo tanto:

$$\#_{\text{tub}} = 344 \text{ tubos}$$

Costo de tubería por mes:

Ø plg	Costo (Q)	# de tubos	Costo total (Q)	Costo de tub. por mes (C.T. x amortización)
3	767	344	263 661,88	4 253,79
4	1 270	344	436 571,81	7 043,43
5	1 926	344	662 076,62	10 681,61
6	2 748	344	944 645,15	15 240,43

El costo por bombeo depende de las pérdidas de carga por longitud de tubería de los diferentes diámetros, y la potencia requerida para movilizar el líquido por lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Pot} = \frac{Q_b H_f}{76 e}$$

En donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo [lts/seg]

$H_f$  = pérdidas por fricción en tubería [m]

$e$  = eficiencia del equipo de bombeo [%]

Se considera una eficiencia del equipo bombeo del 75 %, y la conversión de 1 HP = 0,746 kw, por lo tanto:

$$\text{Pot}_{3''} = 11,91 \text{ Hp} = 8,88 \text{ kw}$$

$$\text{Pot}_{4''} = 2,93 \text{ Hp} = 2,19 \text{ kw}$$

$$\text{Pot}_{5''} = 0,99 \text{ Hp} = 0,74 \text{ kw}$$

$$\text{Pot}_{6''} = 0,41 \text{ Hp} = 0,30 \text{ kw}$$

Para el cálculo de la potencia mensual se determinan las horas de bombeo en un mes:

$$H_b = 12 * 30$$

$$H_b = 360$$

Descripción	Diámetro	Kw	horas/mes	Kw-hora/mes
Pot. /mes	PVC 3"	8,88	360	3 197,97
Pot. /mes	PVC 4"	2,19	360	787,81
Pot. /mes	PVC 5"	0,74	360	265,75
Pot. /mes	PVC 6"	0,30	360	109,36

El costo por KWH para bombeo trifásico (220 – 460 voltios) en el municipio es de Q 2,00, por lo que el costo mensual de energía es:

Kw-hora/mes	Diámetro	Costo Kw-h	Costo mensual de energía
3 197,97	PVC 3"	2,00	6 395,95
787,81	PVC 4"	2,00	1 575,63
265,75	PVC 5"	2,00	531,50
109,36	PVC 6"	2,00	218,72

El cálculo del costo mensual es:

Costo de tub por mes (C.T. x amortización)	Diámetro	Costo mensual de energía	Costo total por mes
4 253,79	PVC 3"	6 395,95	10 649,74
7 043,43	PVC 4"	1 575,63	8 619,06
10 681,61	PVC 5"	531,50	11 213,11
15 240,43	PVC 6"	218,72	15 459,15

El diámetro más económico para la línea de impulsión es la de 4”.

Para el cálculo de la carga dinámica total se necesitan los siguientes datos:

Diámetro del pozo = 10,00 plg

Cota boca del pozo = 301,33 m

Cota nivel estático = 301,33 m

Cota nivel dinámico = 202,42 m

Cota de la bomba = -3,47 m

Cota de entrada al tanque = 520,47 m

Altura de boca de pozo a tanque (+ 5 m) = 224,14 m

Diferencia de altura boca del pozo a cota de bomba (h) = 304,80 m

○ Cálculo de la carga dinámica total (CDT):

Diferencia de altura de nivel dinámico a boca del pozo : 98,91 m

Diferencia de altura de boca del pozo a la descarga : 219,14 m

Pérdida de carga en conjunto columna eje

$\frac{h s}{100}$  ; con “s” siempre entre 4 y 5 : 15,24 m

Pérdida de carga en línea de impulsión $H_{f_{4''}}$ :	19,98 m
Pérdida de carga en velocidad de línea de impulsión	
$\frac{1,94 Q_b}{\phi^2}$ ; con $\phi = 3,968$ plg (interno, tabla de Durman) :	1,05 m
Pérdidas menores, son el 10 % de las pérdidas de la	
<u>línea de expulsión</u> :	<u>2,00 m</u>
 Carga dinámica total	 356,32 m

Cálculo del equipo de bombeo, con una eficiencia del 75 % en tubería de diámetro de 4 pulgadas:

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 356,32}{76 * 0,75} = 52,30 \text{ HP}$$

Para el cálculo de la sobre presión en la tubería o golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} + \frac{D_i}{e}}}$$

En donde:

a = celeridad [m/seg]

K = módulo de elasticidad del agua [kg/cm<sup>2</sup>]

E = módulo de elasticidad del material [kg/cm<sup>2</sup>]

$D_i$  = diámetro interno de la tubería [mm]

e = espesor de la pared de la tubería [mm]

Por lo tanto:

$$a = \frac{1\ 420}{\sqrt{1 + \frac{2,07\ E\ 04}{3,00\ E\ 04} + \frac{100,8}{13,5}}} = 469,27\ \text{m/seg}$$

Cálculo de la velocidad del fluido para determinar la sobre presión:

$$V = \frac{1,94\ Q_b}{\phi^2}$$

En donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo [lts/seg]

$\phi^2$  = diámetro interno de la tubería [plg]

Por lo tanto:

$$V = \frac{1,94 * 8,367}{3,9685^2} = 1,05\ \text{m/seg}$$

Para determinar la sobre presión generada se hace uso de la siguiente fórmula:

$$P_H = \frac{a\ v}{g}$$

En donde:

$P_H$  = sobre presión del sistema hidráulico [mca]

a = celeridad [m/seg]

v = velocidad del servicio [m/seg]

g = gravedad [m/seg]

Por lo tanto:

$$P_H = \frac{469,27 + 1,05}{9,81} = 50,16 \text{ mca}$$

Se verifica si la tubería resiste el golpe de ariete producido por la sobre presión del sistema de bombeo:

$$P_{H\max} = H_{sb} + P_H$$

En donde:

$P_{H\max}$  = máxima sobre presión en el sistema por bombeo [mca]

$H_{sb}$  = altura de bombeo [m]

$P_H$  = sobre presión del sistema hidráulico [mca]

Por lo tanto:

$$P_{H\max} = 224,14 + 50,16 = 274,30 \text{ mca}$$

Convirtiendo los metros columna de agua a libras sobre pulgada cuadrada se tendría:

$$P_{H\max} = 274,30 \text{ mca} \rightarrow 389,24 \text{ lbs/plg}^2$$

La presión generada en el sistema sobre pasa la presión de trabajo de la tubería de 250 PSI, por lo cual se dividirá en dos subtramos la línea de impulsión. Esta sobre presión es causa de la diferencia de alturas entre la salida de la bomba y la entrada al tanque de almacenamiento, que es de 224 metros aproximadamente incluyendo este un factor de seguridad de 5 metros.

Se determinó por medio del análisis la combinación dos tipos de tubería, la de acero galvanizado (HG) para el subtramo de mayor presión y tubería de polivinilo (PVC) para el resto del tramo. Se determinó el cambio de tubería en la estación E-11 (horizontal 1 087,31 y vertical 456,72 m), para lo cual se presentan los siguientes cálculos:

Datos para el diseño del primer subtramo de la línea de conducción por bombeo

#### Descripción

Estación inicial	0,00 m
Estación final	1 087,31 m
Distancia horizontal	1 087,31 m
Distancia real entre pozo y E-11	1 087,31 m
Cota inferior	301,33 m
Cota superior	456,72 m
Longitud para tubería	1 087,31 m
Longitud con factor de inclinación (1,06)	1 152,55 m
Diferencia de alturas	155,39 m
Altura con factor de seguridad (5 m)	160,39 m
Caudal de bombeo	8,37 lts/seg
Velocidad mínima de diseño	0,40 m/seg

Velocidad máxima de diseño

3,00 m/seg

Con los datos anteriores se procede a diseñar el primer subtramo de la línea de impulsión:

Cálculo de pérdidas de carga (Hazen & Williams):

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 1\,153 * 8,367^{1,85}}{100^{1,85} 4^{4,87}} = 23,87 \text{ m}$$

El período de amortización e interés anual es el mismo calculado en el diseño general de impulsión:

$$R = 0,0125$$

$$A = 0,016$$

Con esta amortización se procede a calcular el costo por longitud de tubería, para determinar finalmente el costo de tubería por mes.

Costos de tubería HG según catálogo de Multiperfiles, Guatemala vigente 2012 (tubo HG con rosca para agua potable ASTM A 53, tipo mediano):

- Tubo HG de 4 pulgadas de diámetro, tipo mediano : Q 3 500,00

Cálculo de tubería:

$$\#_{\text{tub}} = \frac{1,06 * 1\,087,31}{6} = 192 \text{ tubos}$$

Costo de tubería por mes:

Ø plg	Costo (Q)	# de tubos	Costo total (Q)	Costo de tub. por mes (C.T. x Amortización)
4	3 500	192	672 000,00	10 841,71

Para la potencia de la bomba se considera una eficiencia del equipo de bombeo del 75 %, y la conversión de 1 HP = 0,746 kw, por lo tanto:

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 23,87}{76 * 0,75} = 3,50 \rightarrow 2,614 \text{ kw}$$

Para el cálculo de la potencia mensual se determinan las horas de bombeo en un mes:

$$H_b = 12 * 30$$

$$H_b = 360$$

Descripción	Diámetro	Kw	horas/mes	Kw-hora/mes
Pot. /mes	HG 4"	2,614	360	941,04

El costo por KWH para bombeo trifásico (220 – 460 voltios) en el municipio es de Q 2,00, por lo que el costo mensual de energía es:

Kw-hora/mes	Diámetro	Costo Kw-h	Costo mensual de energía
941,04	HG 4"	2,00	1 882,08

El cálculo del costo mensual es:

Costo de tubo por mes (C.T. x Amortización)	Diámetro	Costo mensual de energía	Costo total por mes
10 841,71	HG 4"	1 882,08	12 723,08

Para el cálculo de la carga dinámica total se necesitan los siguientes datos:

Diámetro del pozo = 10,00 plg

Cota boca del pozo = 301,33 m

Cota nivel estático = 301,33 m

Cota nivel dinámico = 202,42 m

Cota de la bomba = -3,47 m

Cota en donde cambia la tubería = 456,72 m

Altura de boca de pozo a E - 11 (+ 5 m) = 160,39 m

Diferencia de altura boca del pozo a cota de bomba (h) = 304,80 m

○ Cálculo de la carga dinámica total (CDT):

Diferencia de altura de nivel dinámico a boca del pozo : 98,91 m

Diferencia de altura de boca del pozo a E - 11 : 155,39 m

Pérdida de carga en conjunto columna eje

$\frac{h s}{100}$  ; con "s" siempre entre 4 y 5 : 15,24 m

Pérdida de carga en línea de impulsión  $H_{f_4}$  : 23,87 m

Pérdida de carga en velocidad de línea de impulsión

$$\frac{1,94 Q_b}{\phi^2} ; \text{ con } \phi = 4,02 \text{ plg (interno, tabla Multiperfiles)} : 1,02 \text{ m}$$

Pérdidas menores, son el 10 % de las pérdidas de la

línea de expulsión : 2,39 m

Carga dinámica total 296,82 m

Cálculo del equipo de bombeo, con una eficiencia del 75 % en tubería HG de diámetro de 4 pulgadas:

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 296,82}{76 * 0,75} = 43,58 \text{ HP}$$

Para el cálculo de la sobre presión en la tubería o golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \text{ E } 04}{2,50 \text{ E } 04} + \frac{102,11}{12,19}}} = 440,61 \text{ m/seg}$$

Cálculo de la velocidad del fluido para determinar la sobre presión:

$$v = \frac{1,94 * 8,367}{4,02^2} = 1,02 \text{ m/seg}$$

Se determina la sobre presión generada:

$$P_H = \frac{440,61 + 1,02}{9,81} = 45,90 \text{ mca}$$

Se verifica si la tubería resiste el golpe de ariete producido por la sobre presión del sistema de bombeo:

$$P_{Hmax} = 160,39 + 45,90 = 206,29 \text{ mca}$$

Convirtiendo los metros columna de agua a libras sobre pulgada cuadrada se tendría:

$$P_{Hmax} = 206,29 \text{ mca} \rightarrow 292,73 \text{ lbs/plg}^2$$

La presión generada en el sistema está dentro del rango de la presión de trabajo de la tubería HG tipo mediano de 900 PSI.

Datos para el diseño del segundo subtramo de la línea de conducción por bombeo

#### Descripción

Estación inicial	1 087,31 m
Estación final	1 927,40 m
Distancia horizontal	840,09 m
Distancia real entre E-11 y el tanque	840,09 m
Cota inferior	456,72 m
Cota superior	520,47 m
Longitud para tubería	840,09 m
Longitud con factor de inclinación 1,06)	890,50 m
Diferencia de alturas	63,75 m
Altura con factor de seguridad (5m)	68,75 m
Caudal de bombeo	8,37 lts/seg

Velocidad mínima de diseño	0,40 m/seg
Velocidad máxima de diseño	3,00 m/seg

Con los datos anteriores se procede a diseñar el segundo subtramo de la línea de impulsión:

Cálculo de pérdidas de carga (Hazen & Williams):

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 890,50 * 8,367^{1,85}}{150^{1,85} 4,87} = 8,71 \text{ m}$$

El período de amortización e interés anual es el mismo calculado en el diseño general de impulsión:

$$R = 0,0125$$

$$A = 0,016$$

Con esta amortización se procede a calcular el costo por longitud de tubería, para determinar finalmente el costo de tubería por mes.

Costos de tubería según catálogo de Durman vigente 2012 (tubo PVC junta rápida para agua potable y riego Norma ASTM D 2241)

- Tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro de 250 PSI: Q 1 270,00

Cálculo de tubería:

$$\#_{\text{tub}} = \frac{1,06 * 840,09}{6} = 148 \text{ tubos}$$

Costo de tubería por mes:

Ø plg	Costo (Q)	# de tubos	Costo total (Q)	Costo de tub. por mes (C.T. x Amortización)
4	1 270	148	188 488,19	3 040,97

Para la potencia de la bomba se considera una eficiencia del equipo de bombeo del 75 %, y la conversión de 1 HP = 0,746 kw, por lo tanto:

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 8,71}{76 * 0,75} = 1,28 \rightarrow 0,954 \text{ kw}$$

Para el cálculo de la potencia mensual se determinan las horas de bombeo en un mes:

$$H_b = 12 * 30$$

$$H_b = 360$$

Descripción	Diámetro	Kw	horas/mes	Kw-hora/mes
Pot. /mes	PVC 4"	0,954	360	343,38

El costo por KWH para bombeo trifásico (220 – 460 voltios) en el municipio es de Q 2,00, por lo que el costo mensual de energía es:

Kw-hora/mes	Diámetro	Costo Kw-h	Costo mensual de energía
343,38	PVC 4"	2,00	686,76

El cálculo del costo mensual es:

Costo de tub por mes (C.T. x amortización)	Diámetro	Costo mensual de energía	Costo total por mes
3 040,97	PVC 4"	686,76	12 723,08

Para el cálculo de la carga dinámica total se necesitan los siguientes datos:

Diámetro del pozo = 10,00 plg

Cota E – 11 = 456,72 m

Cota nivel estático = 301,33 m

Cota nivel dinámico = 202,42 m

Cota de la bomba = -3,47 m

Cota de depósito = 520,47 m

Altura E – 11 a depósito (+ 5 m) = 68,75 m

Diferencia de altura boca del pozo a cota de bomba (h) = 304,80 m

○ Cálculo de la carga dinámica total (CDT):

Diferencia de altura de E – 11 al depósito : 68,75 m

Pérdida de carga en línea de impulsión  $H_{f_{4''}}$  : 8,71 m

Pérdida de carga en velocidad de línea de impulsión

$\frac{1,94 Q_b}{\phi^2}$  ; con  $\phi = 3,98$  plg (interno, tabla Durman) : 1,05 m

Pérdidas menores, son el 10 % de las pérdidas de la

línea de expulsión : 0,87 m

Carga dinámica total 79,38 m

Cálculo del equipo de bombeo, con una eficiencia del 75 % en tubería PVC de diámetro de 4 pulgadas:

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 79,38}{76 * 0,75} = 11,65 \text{ HP}$$

Para el cálculo de la sobre presión en la tubería o golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \text{ E } 04}{3,00 \text{ E } 04} + \frac{100,80}{13,5}}} = 469,27 \text{ m/seg}$$

Cálculo de la velocidad del fluido para determinar la sobre presión:

$$v = \frac{1,94 * 8,367}{4^2} = 1,02 \text{ m/seg}$$

Se determina la sobre presión generada:

$$P_H = \frac{469,27 + 1,02}{9,81} = 47,94 \text{ mca}$$

Se verifica si la tubería resiste el golpe de ariete producido por la sobre presión del sistema de bombeo:

$$P_{H\text{max}} = 68,75 + 47,95 = 116,70 \text{ mca}$$

Convirtiendo los metros columna de agua a libras sobre pulgada cuadrada se tendría:

$$P_{Hmax} = 116,70 \text{ mca} \rightarrow 165,60 \text{ lbs/plg}^2$$

La presión generada en el sistema está dentro del rango de la presión de trabajo de la tubería PVC de 250 PSI.

#### Datos para el diseño de la línea de conducción por gravedad

El tramo por gravedad inicia en el tanque de almacenamiento de estructura metálica y se dirige al tanque de distribución el Huisital. Dichos tanques tienen una diferencia de altura de 127 metros aproximadamente por lo que es necesario implementar una caja rompe presión para liberar la sobre presión del sistema, y permitir que el caudal llegue al tanque de distribución con una presión y velocidad adecuada.

El tanque metálico se encuentra en la estación E-22 a una elevación de 500,97 metros y la caja rompe presión se ubica en la estación E-35, a una elevación de 470,89 metros y a una distancia de 923 metros aproximadamente del tanque de almacenamiento de estructura metálica, y a 909,80 metros aproximadamente del tanque de distribución el Huisital el cual se encuentra en la estación E-44 con una elevación de 386,03 metros.

El caudal máximo diario es de 4,18 litros por segundo y se diseña para tubería PVC de 160 PSI.

Datos para el diseño de la línea de conducción por gravedad tramo 1 (tanque de estructura metálica a caja rompe presión)

#### Descripción

Distancia real entre tanque y caja	923,34 m
------------------------------------	----------

Cota inferior	470,89 m
Cota superior	500,97 m
Altura de la torre	12,00 m
Cota superior +altura de torre	517,97 m
Longitud para tubería	923,34 m
Longitud con factor de inclinación (1,06)	978,74 m
Diferencia de altura entre el tanque y la caja	47,08 m
Altura con factor de seguridad (5 m)	52,08 m
Caudal de conducción	4,18 lts/seg
Velocidad mínima de diseño	0,40 m/seg
Velocidad máxima de diseño	3,00 m/seg

Con los datos anteriores se procede a diseñar la línea de conducción:

Cálculo del diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811\,L\,Q^{1,85}}{C^{1,85}\,\emptyset^{4,87}}$$

En donde:

$H_f$  = pérdidas por fricción en tubería [m]

L = longitud de tubería [m]

Q = caudal de líquido en tubería [lts/seg]

C = constante que depende del tipo de tubería

$\emptyset$  = diámetro de tubería [plg]

De esta fórmula se despeja el diámetro en función de la pérdida por altura:

$$\phi = \left( \frac{1\,743,811\,L\,Q^{1,85}}{C^{1,85}H_f} \right)^{1/4,87}$$

Por lo tanto:

$$\phi = \left( \frac{1\,743,811 * 978,74 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 52,08} \right)^{1/4,87} = 2,17 \text{ plg}$$

Este resultado se aproxima a los diámetros comerciales más próximos:

$$\phi_1 = 2 \text{ plg}$$

$$\phi_1 = 3 \text{ plg}$$

Determinando las pérdidas de los diámetros por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_{f_2''} = \frac{1\,743,811 * 978,74 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}} = 77,66 \text{ m}$$

$$H_{f_3''} = \frac{1\,743,811 * 978,74 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = 10,78 \text{ m}$$

Se determinan las longitudes de tubería por medio de las siguientes fórmulas:

$$L_2 = \frac{L(H - H_1)}{H_2 - H_1} \quad ; \quad L_1 = L - L_2$$

En donde:

L = longitud total del tramo

L<sub>1</sub> = longitud de tubería con el diámetro más grande

L<sub>2</sub> = longitud de tubería con el diámetro más pequeño

H = diferencia total de altura entre el inicio y el final del tramo

H<sub>1</sub> = pérdida por fricción del diámetro mayor expresado en metros

H<sub>2</sub> = pérdida por fricción del diámetro menor expresado en metros

Por lo tanto:

$$L_2 = \frac{978,74 (52,08 - 10,78)}{77,66 - 10,78} = 604,38 \text{ m}$$

$$L_1 = 978,74 - 604,38 = 374,36 \text{ m}$$

La suma de estas longitudes es 978,74 metros, que es la longitud total del tramo.

Ya con los datos obtenidos, se determinan las pérdidas reales de la línea de conducción, esto siempre por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_{f_2} = \frac{1\,743,811 * 604,38 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}} = 47,96 \text{ m}$$

$$H_{f_3} = \frac{1\,743,811 * 374,36 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = 4,12 \text{ m}$$

Pérdidas reales : 47,96 + 4,12 = 52,08

Diferencia de altura más factor de seguridad :  $517,97 - 470,89 + 5 = 52,08$

Datos para el diseño de la línea de conducción por gravedad tramo 2  
(caja rompe presión a tanque de distribución el Huisital)

#### Descripción

Distancia real entre caja y tanque	909,80 m
Cota inferior	386,03 m
Cota superior	470,89 m
Longitud para tubería	909,80 m
Longitud con factor de inclinación 1,06)	964,40 m
Diferencia de altura entre el tanque y la caja	84,86 m
Altura con factor de seguridad (5m)	89,86 m
Caudal de conducción	4,18 lts/seg
Velocidad mínima de diseño	0,40 m/seg
Velocidad máxima de diseño	3,00 m/seg

Con los datos anteriores se procede a diseñar la línea de conducción:

Cálculo del diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$\phi = \left( \frac{1\,743,811\,L\,Q^{1,85}}{C^{1,85}H_f} \right)^{1/4,87}$$

Por lo tanto:

$$\phi = \left( \frac{1\,743,811 * 964,40 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 89,86} \right)^{1/4,87} = 1,94 \text{ plg}$$

Este resultado se aproxima a los diámetros comerciales más próximos:

$$\phi_1 = 1 \frac{1}{2} \text{ plg}$$

$$\phi_1 = 2 \text{ plg}$$

Determinando las pérdidas del diámetro por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_{f_{1 \frac{1}{2}''}} = \frac{1\,743,811 * 978,74 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 1 \frac{1}{2}^{4,87}} = 310,63 \text{ m}$$

$$H_{f_{2''}} = \frac{1\,743,811 * 978,74 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}} = 76,52 \text{ m}$$

Se determinan las longitudes de tubería por medio de las siguientes fórmulas:

$$L_2 = \frac{L(H - H_1)}{H_2 - H_1} \quad ; \quad L_1 = L - L_2$$

En donde:

L = longitud total del tramo

L<sub>1</sub> = longitud de tubería con el diámetro más grande

L<sub>2</sub> = longitud de tubería con el diámetro más pequeño

H = diferencia total de altura entre el inicio y el final del tramo

$H_1 =$  pérdida por fricción del diámetro mayor expresado en metros

$H_2 =$  pérdida por fricción del diámetro menor expresado en metros

Por lo tanto:

$$L_2 = \frac{964,4 (89,86 - 76,52)}{310,63 - 76,52} = 54,95 \text{ m}$$

$$L_1 = 964,40 - 54,95 = 909,44$$

La suma de estas longitudes es 964,39 metros, que es la longitud total del tramo. Ya con los datos obtenidos, se determinan las pérdidas reales de la línea de conducción, esto siempre por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_{f_{1\frac{1}{2}''}} = \frac{1\,743,811 * 54,95 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 1\frac{1}{2}^{4,87}} = 17,70 \text{ m}$$

$$H_{f_{2''}} = \frac{1\,743,811 * 909,44 * 4,18^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = 72,16 \text{ m}$$

Pérdidas reales :  $72,16 + 17,40 = 89,86 \text{ m}$

Diferencia de altura más factor de seguridad :  $470,89 - 386,03 + 5 = 89,86$

### 2.9.8. Pérdidas de carga

La carga de presión generada por la bomba es llamada carga dinámica total o carga manométrica, e indica siempre la energía dada al agua a su paso por la bomba; las pérdidas de carga que integran la carga dinámica total son:

- Pérdida de velocidad :  $\frac{v^2}{2g}$
- Pérdidas por fricción :  $H_f = \frac{1743,811 L Q_b^{1,85}}{C^{1,85} \phi^{4,87}}$
- Pérdidas menores por accesorios = hm
- Pérdidas por altura de impulsión = hi
- Pérdidas por la altura de succión = hs

### 2.9.9. Potencia de la bomba

El propósito fundamental de una bomba en un sistema de conducción es la de transformar la energía mecánica o eléctrica en energía de presión dentro de la tubería llamada carga dinámica total o manométrica, e indica siempre la energía dada al agua a su paso por la bomba; para el cálculo de la potencia de la bomba se utilizó la fórmula propuesta por UNEPAR:

$$\text{Pot} = \frac{Q_b \text{ CDT}}{76 e}$$

En donde:

- $Q_b$  = caudal de bombeo
- CDT = carga dinámica total
- e = eficiencia

La carga total dinámica de la bomba es la suma de los dos análisis realizados en el literal 2.9.7. del tramo de tubería de HG y el tramo de tubería de PVC de la línea de impulsión.

Por lo tanto:

CDT = 376,2 m (conformada por la  $CDT_{HG} = 296,82$  m y la  $CDT_{PVC} = 79,38$  m)

$$\text{Pot} = \frac{8,367 * 376,20}{76 * 0,75} = 55,22 \text{ HP}$$

En el mercado no existe una bomba de 55,22 HP, por lo que se tiene que considerar una bomba de 60 HP, la cual sí cumple con la potencia requerida. Por lo que la potencia de la bomba será de 60 HP.

### **2.9.10. Resumen de los datos para el diseño**

El resumen de los datos obtenidos tras el análisis hidráulico se muestra a continuación por medio de dos tablas, la del tramo por bombeo y la del tramo por gravedad.

Tabla X. **Resumen de datos obtenidos del análisis del tramo por bombeo**

Tipo de sistema	Por bombeo
Población actual a servir	1 025
Población futura	1 721
Período de diseño	21 años
Tasa de crecimiento	2,5 %
Dotación	175 lts/hab/día
Caudal medio	3,49 lts/seg
Caudal máximo diario (conducción)	4,18 lts/seg
Caudal máximo horario	6,97 lts/seg
Caudal de bombeo	8,367 lts/seg
Factor de día máximo	1,2
Factor de hora máxima	2
Clase de tubería a utilizar	Galvanizada ligero (HG)
	Polivinilo (PVC)
Presión de trabajo tubería PVC	250 PSI
Presión de trabajo tubería HG	900 PSI
Coefficiente hidráulico PVC	150
Coefficiente hidráulico HG	100
Diámetro de la tubería	4 plg
Factor de almacenamiento	0,5
Volumen del tanque	150,6 m <sup>3</sup>
Potencia de la bomba	60 H

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resumen de datos obtenidos para el tramo por gravedad**

Tipo de sistema	Por gravedad
Población actual a servir	1 025
Población futura	1 721
Período de diseño	21 años
Tasa de crecimiento	2,5 %
Dotación	175 lts/hab/día
Caudal medio	3,49 lts/seg
Caudal máximo diario (conducción)	4,18 lts/seg
Caudal máximo horario	6,97 lts/seg
Factor de día máximo	1,2
Factor de hora máxima	2
Clase de tubería a utilizar	Polivinilo (PVC)
Presión de trabajo tubería PVC	160 PSI
Coefficiente hidráulico PVC	150
Diámetros utilizados en la tubería	3" , 2" , 1 ½"

Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Componentes del sistema

Se les denomina así a todos aquellos elementos que se encargan del perfecto funcionamiento del sistema, que van desde el aforo de la fuente hasta el tanque de almacenamiento.

### **2.10.1. Captación**

La captación para el sistema de agua potable de la aldea, será por medio de un pozo perforado cumpliendo con las condiciones siguientes:

- Se encuentra ubicado en una zona no inundable y de fácil acceso.
- Se encuentra perforado aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.
- Se encuentra protegido contra el riesgo de contaminantes.
- No se encuentra a menos de 20,00 metros de las letrinas, sumideros o cualquier otra fuente de contaminación similar.
- El diámetro de la tubería de revestimiento fue seleccionada de acuerdo con las características del acuífero.

### **2.10.2. Caseta de bombeo y equipo de bombeo**

En la caseta de bombeo se encuentran instalados todos los mandos electrónicos de la bomba del pozo; aquí se puede guardar cualquier herramienta o repuestos que el fontanero, operario o encargado del mantenimiento de la línea de conducción necesite utilizar en un momento dado. Dicha caseta debe estar bien asegurada y debe ser de fácil acceso.

### **2.10.3. Diseño de la línea de conducción**

La línea de conducción se diseña a manera de minimizar las pérdidas de energía, evitando la colocación de accesorios innecesarios y analizando los diámetros que permitan mantener las presiones para mantener el sistema en funcionamiento.

### **2.10.3.1. Línea de bombeo**

El diseño de una línea de conducción por bombeo determina el diámetro más económico de la tubería; si se escoge una tubería de diámetro grande, la pérdida será pequeña y por ende el costo de energía sería bajo, pero el costo de la tubería sería muy alto; mientras que si la tubería es de diámetro pequeño, el costo sería bajo, pero las pérdidas serían mayores por lo tanto el costo de energía sería más alto. De acuerdo con lo indicado anteriormente, es necesario calcular el diámetro económico de la tubería, el cual será el que presente el menor costo del tubo y de la energía.

Para este proyecto en particular como ya se indicó en el numeral 2.9.1. se combinan dos tipos de tubería, para economizar el tramo por bombeo.

### **2.10.3.2. Línea por gravedad**

Para el diseño de líneas de conducción por gravedad se deben determinar las longitudes y los diámetros para poder ajustar las pérdidas a las alturas disponibles, tomando en cuenta que se debe tomar un margen de seguridad de por lo menos unos 5,00 metros. En este tipo de línea existen varios tipos de pérdidas en la que se pueden mencionar la pérdida por fricción que es provocada por el roce del agua y la tubería, y las pérdidas menores que son producidas por los accesorios, la entrada de agua y la descarga de la misma.

Para poder realizar un diseño de una línea de conducción por gravedad es necesario tener el caudal de día máximo. Las longitudes de la tubería al igual que las alturas de la misma, se determinan en el levantamiento topográfico; se consideran las distancias horizontales, mientras que en la realidad al estar enterradas las tuberías siguen la pendiente del terreno, de manera que la

longitud real es mayor, por lo tanto, como seguridad adicional, se recomienda afectar la longitud por un factor que varía entre el cinco y el diez por ciento, dejando este a criterio del diseñador.

En una línea de conducción por gravedad, se deben combinar dos diámetros, uno grande y otro pequeño, para hacer que las pérdidas sean iguales a las alturas disponibles. Como último paso, después de conocer la longitud que se usará para cada tubería, hay que calcular las pérdidas reales, estas tienen que dar un resultado muy próximo a la diferencia de cotas. Las tuberías de diámetros mayores se colocan al inicio de la línea de conducción dejando las de menor diámetro al final, para mantener una presión favorable.

Este proyecto consta de un tramo de conducción por gravedad el que incluye una caja rompe presión. Esta caja libera la presión del sistema, resguardando con esto la tubería de cloruro de polivinilo.

#### **2.10.4. Tanque de distribución de estructura metálica**

Los tanques de distribución o almacenamiento pueden ser elevados, superficiales, semienterrados o enterrados. Este proyecto utiliza un tanque elevado de estructura metálica, por lo que se consideran los siguientes aspectos:

- Que el nivel mínimo del agua sea capaz de conseguir una presión adecuada dentro del sistema.
- Que la tubería de rebose descargue libremente.
- Que la tubería de salida tenga por lo menos unos 0,20 metros por encima del fondo cónico del tanque.

- El tubo de desagüe debe contar con una válvula de compuerta, que permita vaciar el tanque.
- Dispositivo de ventilación.
- Escaleras interiores y exteriores tipo marinero.
- Cajas adecuadas para la ubicación de las válvulas del tanque.
- Las paredes del cuerpo del tanque, así como el fondo y techo y torre deben cumplir con las Normas de la AWWA (2005), *Welded Steel Tanks for Water Storage*, ANSI/AWWA D 100-05.
- La torre debe ser lo suficientemente capaz de soportar los sismos que afectan el lugar.
- Los elementos estructurales deben de ser soldados en las condiciones que el proveedor del electrodo lo estipule.
- Todo el tanque deberá ser pintado con anticorrosivo para posteriormente aplicarle un esmalte.
- Los pernos a utilizar deben ser capaces de soportar las cargas sísmicas.

#### **2.10.4.1. Determinación del volumen de almacenamiento**

El volumen de almacenamiento se conoce por medio de un estudio hidráulico, en donde se determina la capacidad del tanque, la altura de la torre entre el suelo y la parte inferior del tanque. El objetivo principal de estas edificaciones es la de cubrir las variaciones de consumo, almacenando agua durante las horas de bajo consumo y proporcionando el abastecimiento requerido a lo largo del día.

Este estudio hidráulico se realiza de acuerdo a la demanda real de la comunidad a servir. Cuando no se tengan estudios de dichas demandas, en sistemas por gravedad se adoptará de 25 a 40 % del consumo medio diario

estimado y en sistema por bombeo de 40 a 65 % entre tanque de succión y distribución. En el proyecto en cuestión no se tiene un estudio de dicha demanda por lo que se optó por un factor del 50 % del consumo medio diario y para determinar dicho volumen se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{alm} = Q_{md} F_{alm} 86,400$$

En donde:

$V_{alm}$  = volumen de almacenamiento

$F_{alm}$  = factor de almacenamiento

$Q_{md}$  = caudal medio diario

Por lo tanto:

$$V_{alm} = 150\,600 \text{ lts/día}$$

Por lo tanto el volumen de almacenamiento queda definido por los siguientes sistemas de medida, para su mejor manejo en los cálculos requeridos:

$$V_{alm} = 150\,600 \text{ lts} = 150,60 \text{ m}^3 = 5\,318,36 \text{ pie}^3$$

#### **2.10.4.2. Cargas y fuerzas**

Se le denominan cargas a todas aquellas que actúan sobre la estructura en las que se incluyen: el peso propio de los elementos que la conforman, el peso del líquido en su interior y posibles cargas no constantes en la estructura

como por ejemplo las cargas de nieve o personal de mantenimiento. Las fuerzas que actúan sobre la estructura son dos, la de viento y la sísmica.

#### **2.10.4.2.1. Carga muerta**

Se le denomina de esta manera a los pesos de los elementos que forman la estructura, y todos los accesorios permanentemente sujetos a ella, siendo estos el peso propio de los elementos del tanque, el peso propio de los elementos de la torre, y el peso del agua; esto debido a que los factores de carga para su análisis son los mismos.

#### **2.10.4.2.2. Carga viva**

Son las cargas debidas al uso y ocupación de la estructura; se considera la carga viva en el techo, en las escaleras, y en el balcón; estas últimas dos si en el diseño del tanque se encuentran dichos elementos. La carga viva de diseño en el techo del tanque podrá variar entre 12 a 20 lbs/pie<sup>2</sup>, tomando en consideración la pendiente del techo; a mayor pendiente menor carga viva (ASCE 7-10).

#### **2.10.4.2.3. Cargas de viento**

Son los esfuerzos causados por el viento durante el montaje y después de terminada la construcción de la estructura metálica. Los procedimientos y limitaciones para dicho diseño se determinan por la velocidad del viento en la zona, la topografía del lugar, la categoría de ocupación, entre otros.

- Velocidad básica del viento

Esta se puede determinar según las velocidades máximas registradas en el territorio nacional, proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), de acuerdo a la tabla XII.

Tabla XII. **Velocidades máximas del viento**

<b>Lugar</b>	<b>Velocidad máxima (mph)</b>
Sierra de las Minas	112
Cañón de Palín	110
Resto del territorio nacional	80

Fuente: Departamento de Investigación y Servicios Meteorológicos, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología e hidrología (INSIVUMEH).

- Factor de direccionalidad del viento

El factor de direccionalidad del viento ( $K_d$ ) se determina de acuerdo con la tabla XIII.

Tabla XIII. **Factor de direccionalidad del viento ( $K_d$ )**

<b>Tipo de estructura</b>	<b>Factor <math>K_d</math></b>
<b>Tanques y estructuras similares con sección transversal:</b>	
Cuadrada	0,90
Hexagonal	0,95
Circular	0,95

Fuente: ASCE. Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras (*Minimum design loads for buildings and other structures*), ASCE 7-10; tabla 26.6-1. p. 250.

- Factor importancia del viento

El factor de importancia del viento ( $I_v$ ) se asignará de acuerdo con la tabla XV, basados en la categoría de riesgo que se indica en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Categoría de riesgo**

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

Fuente: ASCE. Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras (*Minimum design loads for buildings and other structures*), ASCE 7-10; tabla 1.5-1, p. 2.

Tabla XV. **Factor de importancia del viento ( $I_v$ )**

<b>Categoría de riesgo</b>	<b><math>I_v</math></b>
IV	1,15

Fuente: ASCE. Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras (*Minimum design loads for buildings and other structures*), ASCE 7-10; tabla 6-1, p. 77.

- Rugosidad de la superficie

Con el propósito de dar una categoría de exposición, a la rugosidad de la superficie, esta se define como:

- Superficie rugosa B: áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, u 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.
  - Superficie rugosa D: áreas planas sin obstrucciones, se incluyen suelos de barro suave y salinas.
- Categoría de exposición

Se consideran tres categorías de exposición que y se definen como:

- Exposición B: se aplica cuando la superficie rugosa B prevalece 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 sea mayor.
- Exposición C: se aplica a todos los casos en los que la exposición B o D no aplican.
- Exposición D: se aplica 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.
- Coeficiente de exposición de presión de velocidad

El coeficiente de exposición de presión de velocidad ( $K_z$ ) se determina de acuerdo con la categoría de exposición, con la altura del tanque sobre el terreno ( $z$ ), y con las constantes de exposición del terreno  $\alpha$  y  $Z_g$  que se indica en la tabla XVI.

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

<b>Categoría de exposición</b>	$\alpha$	$Z_g$ (pies)	$a'$	$b'$	$\underline{a}$	$\underline{b}$	$c$	$l$ (pies)	$\underline{\epsilon}$	$Z_{min}$ (pies)
B	7,0	1 200	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	15
D	11,5	700	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	650	1/8,0	7

Fuente: ASCE. Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras (*Minimum design loads for buildings and other structures*), ASCE 7-10; tabla 26.9-1. p. 256.

Para  $Z < 15$  pies:

$$K_z = 2,01 \left( \frac{15}{Z_g} \right)^{2/\alpha}$$

Para  $15 \text{ pies} \leq Z \leq Z_g$ :

$$K_z = 2,01 \left( \frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha}$$

En donde:

$K_z$  = coeficiente de exposición de presión de velocidad

$Z$  = altura de la torre más altura del cuerpo y techo [pie]

$Z_g$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

$\alpha$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

- La presión de velocidad ( $q_z$ ) evaluada a la altura Z, se determina de acuerdo con la ecuación:

$$q_z = 0,00256 K_z K_d K_{zt} V^2 I_v$$

En donde:

$q_z$  = presión de velocidad [lbs/pie]

$V$  = velocidad básica del viento [millas/hrs]

$K_d$  = factor de direccionalidad del viento, tabla XIII

$I_v$  = factor de importancia del viento, tabla XV

$K_z$  = coeficiente de exposición de presión de velocidad, tabla XVI

$K_{zt}$  = factor topográfico = 1

- El período fundamental de una estructura (T) se determina por la ecuación de dinámica siguiente:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\delta_{st}}{g}} \quad ; \quad \delta_{st} = \frac{0,010 H_{cm} I_v}{2,5}$$

En donde:

$T$  = período fundamental de la estructura [seg]

$\delta_{st}$  = desplazamiento lateral de la masa [pie]

$g$  = aceleración de la gravedad [pie/seg<sup>2</sup>]

$H_{cm}$  = altura desde el nivel del terreno hasta el centro de masa del cuerpo del tanque [pie]

- La frecuencia natural de la estructura (f) se determina por la ecuación:

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

En donde:

T = Período fundamental de la estructura [seg]

Si  $f \geq 1$  Hz: estructura rígida

Si  $f < 1$  Hz: estructura flexible

- La altura equivalente de la estructura ( $\bar{Z}$ ) se determina por la ecuación:

$$\bar{Z} = 0,60 h_{\text{equi}} = \frac{1}{2} h_t + h_c + h_f$$

Si  $\bar{Z} < Z_{\text{min}} \rightarrow$  Utilizar  $Z_{\text{min}}$

En donde:

$\bar{Z}$  = altura equivalente de la estructura [pie]

$h_{\text{equi}}$  = altura equivalente del tanque [pie]

$Z_{\text{min}}$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

- La intensidad de turbulencia a la altura equivalente de la estructura ( $I_z$ ) se determina por la ecuación:

$$I_z = c \left( \frac{33}{\bar{Z}} \right)^{1/6}$$

En donde:

$c$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

$\bar{Z}$  = altura equivalente de la estructura [pie]

- La longitud integral de turbulencia ( $L_z$ ), se determina por la ecuación:

$$L_{\bar{Z}} = l \left( \frac{\bar{Z}}{33} \right)^{\epsilon}$$

En donde:

$L_{\bar{Z}}$  = longitud integral de turbulencia [pie]

$l$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

$\bar{Z}$  = altura equivalente de la estructura [pie]

$\epsilon$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

- El factor de respuesta del fondo ( $Q$ ), se determina por la ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{Z}}} \right)}}$$

En donde:

$L_{\bar{z}}$  = longitud integral de turbulencia [pie]

B = base del tanque [pie]

h = altura del tanque [pie]

- El factor máximo de respuesta del fondo ( $g_Q$ ), será tomado como:

$$g_Q = 3,4$$

- El factor máximo de respuesta de viento ( $g_v$ ), será tomado como:

$$g_v = 3,4$$

- Factor máximo de respuesta de resonancia

El factor de respuesta de fondo ( $g_R$ ) será determinado de la ecuación:

$$g_R = \sqrt{2 \text{Ln} (3 600 f)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \text{Ln} (3 600 f)}}$$

En donde:

f = frecuencia natural de la estructura [Hz]

- La velocidad media del viento a una altura equivalente ( $\bar{V}_Z$ ) se determina por la ecuación:

$$\bar{V}_Z = \underline{b} \left( \frac{\bar{Z}}{33} \right)^\alpha \left( \frac{88}{60} \right) V$$

En donde:

$\bar{V}_Z$  = velocidad media del viento a una altura equivalente [pie/seg]

$V$  = velocidad básica del viento [millas/hrs]

$\underline{b}$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

$\alpha$  = constante de exposición del terreno, tabla XVI

$\bar{Z}$  = altura equivalente de la estructura [pie]

- La frecuencia reducida ( $N_1$ ) se determina de la ecuación:

$$N_1 = \frac{f L_Z}{\bar{V}_Z}$$

En donde:

$\bar{V}_Z$  = velocidad media del viento a una altura equivalente [pie/seg]

$L_Z$  = longitud integral de turbulencia [pie]

$f$  = frecuencia natural de la estructura [Hz]

- Los valores  $R_n$ ,  $R_h$ ,  $R_B$ ,  $R_L$  determinan los valores de las incógnitas de acuerdo a las ecuaciones siguientes:

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/3}}$$

- $n_h = \frac{4,6 f h}{\bar{v}_z}$

Para  $n_h > 0 \rightarrow R_n = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{2n_h^2}(1 - e^{-2n_h})$

Para  $n_h = 0 \rightarrow R_n = 0$

- $n_B = \frac{4,6 f B}{\bar{v}_z}$

Para  $n_B > 0 \rightarrow R_B = \frac{1}{n_B} - \frac{1}{2n_B^2}(1 - e^{-2n_B})$

Para  $n_B = 0 \rightarrow R_B = 1$

- $n_L = \frac{4,6 f L}{\bar{v}_z}$

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

Para  $n_L = 0 \rightarrow R_L = 1$

En donde:

$n_h, n_B, n_L$  = valores determinados

$\bar{v}_z$  = velocidad media del viento a una altura equivalente [pie/seg]

- h = altura del cuerpo del tanque [pie]
- B = base del cuerpo del tanque [pie]
- L = base del tanque paralela a dirección del viento [pie]
- f = frecuencia natural de la estructura [Hz]
- N<sub>1</sub> = frecuencia reducida

- El factor de respuesta de resonancia (R) se determina por la ecuación:

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta}} \sqrt{R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)}$$

En donde:

- β = factor de amortiguamiento
- R<sub>n</sub>, R<sub>h</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>L</sub> = valores determinados

- Factor 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 ráfaga (G) será el menor entre 0,85 y el determinado por la ecuación:

$$G = 0,925 \left( \frac{1 + 1,7 g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1,7 g_v I_{\bar{z}}} \right)$$

En donde:

- I<sub>z̄</sub> = intensidad de turbulencia

- Q = factor de respuesta del fondo
- $g_Q$  = factor máximo de respuesta del fondo
- $g_v$  = factor máximo de respuesta de viento

- Coeficiente de fuerza

El coeficiente de fuerza se deberá determinar tanto para el tanque ( $C_f$  tanque) como para la torre ( $C_f$  torre), esto de acuerdo con la tabla XVII.

Tabla XVII. Coeficientes de fuerza

Coeficiente de fuerza para el tanque ( $C_f$ tanque)				
Sección transversal	Tipos 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 Octagonal	Todas	1	1,2	1,4
Circular ( $D\sqrt{q_z} > 2,5$ )	Moderadamente lisa	0,5	0,6	0,7
	Rugosa ( $D'/D = 0,02$ )	0,7	0,8	0,9
	Muy rugosa ( $D'/D=0,08$ )	0,8	1	1,2
Circular ( $D\sqrt{q_z} \leq 2,5$ )	Todas	0,7	0,8	1,2

\*Para valores de h/D diferentes a los establecidos en la tabla XVII, es permitido utilizar la interpolación lineal para determinar el coeficiente de fuerza ( $C_f$ tanque).

En donde:

- h = Altura de cuerpo del tanque [pie].
- D = Diámetro de la sección transversal circular o la dirección horizontal de la sección transversal cuadrada, hexagonal, u octagonal [pie].
- D' = Profundidad de las protuberancias que sobresalen [pie].
- $q_z$  = Presión de velocidad [lb/pie<sup>2</sup>]

Continuación de la tabla XVII.

<b>Coficiente de fuerza para el tanque (<math>C_f</math> torre)</b>			
<b>Relación área sólida/ área gruesa (<math>\epsilon</math>)</b>	<b>Miembros de lados planos</b>	<b>Miembros circulares</b>	
		$D\sqrt{q_z} \leq 2,5$	$D\sqrt{q_z} > 2,5$
< 0,10	2	1,2	0,8
0,10 a 0,29	1,8	1,3	0,9
0,30 a 0,70	1,6	1,5	1,1

\*El cálculo de las fuerzas de diseño de viento se basará en el área de todos los miembros expuestos y los elementos proyectados en un plano normal a la dirección del viento. Se supone que las fuerzas actúan en paralelo a la dirección del viento.

En donde:

$\epsilon$  = Relación área sólida / área gruesa  
 $D$  = Diámetro del miembro circular [pie]  
 $q_z$  = Presión de velocidad [lbs/pie<sup>2</sup>]

Fuente: ASCE. *Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras.* (Minimum design loads for buildings and other structures), 7-10; figuras 29.5-1 y 29.5-2. p. 312 y 313.

- La presión del viento (P) se determina de la ecuación:

$$P = q_z G C_f$$

En donde:

$P$  = presión del viento [lbs/pie<sup>2</sup>]

$q_z$  = presión de velocidad [lbs/pie<sup>2</sup>]

$C_f$  = coeficiente de fuerza, tabla XVII

- La fuerza de viento (F) se determina de la ecuación:

$$F = P A$$

En donde:

F = fuerza de viento [lbs]

P = presión del viento [lbs/pie<sup>2</sup>]

A = área de tanque proyectada normal a la dirección del viento [pie<sup>2</sup>]

#### **2.10.4.2.4. Carga de sismos y otras fuerzas**

Las estructuras se encuentran sujetas a esfuerzos producidos por sismos, huracanes y otras condiciones extraordinarias, por lo tanto estas se deben diseñar para soportar dichas fuerzas. Los procedimientos y limitaciones para el diseño de estructuras deben determinarse por la localización zonal, las características del sitio, el tipo de edificaciones que sirve o alimenta (ocupación), sistema estructural según altura y sección.

El objetivo principal del diseñador es el dar ductilidad a la estructura para soportar los esfuerzos a los que se verá sometida y evitar el colapso. Para lograr que la estructura se comporte de la manera descrita anteriormente es necesario utilizar fórmulas matemáticas que involucren todas las condiciones a las que se expone y que a la vez combine las propiedades mecánicas de los materiales.

- Clase de sitio

Esta se deberá determinar de un estudio geotécnico, el cual clasificará el suelo como clase A, B, C, D, F o E, de conformidad con la tabla XVIII. Cuando las propiedades del suelo no se conozcan con suficiente detalle se podrá asumir un sitio de clase D.

Tabla XVIII. **Clasificación del sitio**

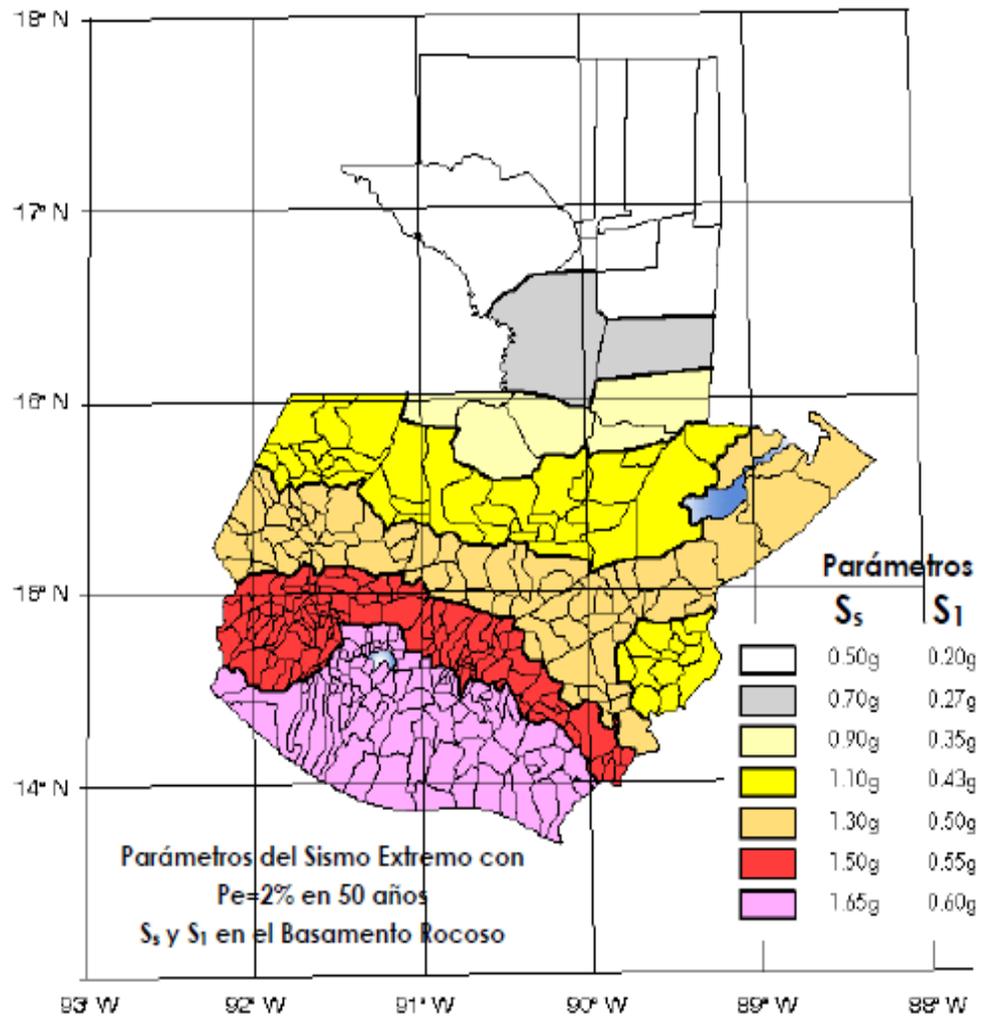
Clase de sitio	Perfil del suelo	Propiedades promedio sobre la base de los primeros 100 pies		
		Velocidad de onda de corte del suelo, $v_s$ , (pie/seg)	Resistencia a la penetración estándar, $\bar{N}$	Resistencia al corte no drenado $\bar{S}_u$ (lbs/plg <sup>2</sup> )
A	Roca	> 5 000 pie/seg	N/A	N/A
B	Roca blanda	2 500 a 5 000 pie/seg	N/A	N/A
C	Suelo rígido	1 200 a 2 500 pie/seg	>50	>2 000 lbs/plg <sup>2</sup>
D	Suelo firme	600 a 1 200 pie/seg	15 a 50	1 000 a 2 000 lbs/plg <sup>2</sup>
E	Suelo suave	< 600 pie/seg	< 15	< 1 000 lbs/plg <sup>2</sup>
		Cualquier perfil de suelo con más de 10 pies que tenga las siguientes características: 1. Índice de plasticidad IP > 20. 2. Contenido de humedad $w \geq 40$ %. 3. Resistencia al corte no drenado $\bar{S}_u < 1 000$ lbs/plg <sup>2</sup>		
F	Suelo con problema especial	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos vulnerables a la posible quiebra o colapso bajo cargas sísmicas, como suelos licuables, arcillas de alta sensibilidad, suelos plegables débilmente cementados. 2. Arcillas con turbas altamente orgánicas (H > 10 pie de arcilla con turba altamente orgánica, donde H = espesor del suelo). 3. Arcillas con muy alta plasticidad (H = 25 pies con índice de plasticidad IP = 75). 4. Arcillas rígidas, blandas o medianas (H = 120 pie).		

Fuente: Código Internacional para Edificaciones IBC 2 009; tabla 1613.5.2, p. 341 y Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras ASCE 7-10; tabla 20.3-1. p. 204.

- Parámetros de aceleración asignada

Los parámetros  $S_s$  y  $S_1$ , se determinan a partir de períodos de 0,2 y 1 segundo de aceleraciones espectrales de respuesta, de acuerdo con el Mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala (ver figura 6) o por medio de la tabla de parámetros de aceleración asignada por municipio (ver tabla XIX).

Figura 6. **Mapa de zonificación sísmica de Guatemala**



Parámetros del Sismo Extremo con  $P_e = 2\%$  en 50 años  $S_s$  y  $S_1$ , en el Basamento Rocoso.

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, figura 4-1, p. 14.

Adicional al mapa, los valores de los parámetros  $S_s$  y  $S_1$ , se encuentran clasificados por municipio para la República de Guatemala en el listado de parámetros de aceleración asignada siguiente:

Tabla XIX. **Parámetros de aceleración asignada por municipio**

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b><math>S_s</math></b>	<b><math>S_1</math></b>
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	Cajolá	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
22	Champerico	Retalhuleu	1,65 g	0,60 g
23	Chiantla	Huehuetenango	1,30 g	0,50 g
24	Chicacao	Suchitepequez	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	Chuarrancho	Guatemala	1,50 g	0,55 g
35	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	1,65 g	0,60 g
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	Huhuetenango	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	Atitlán	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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	Huhuetenango	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 Júcaro	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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
77	Guatemala	Guatemala	1,50 g	0,55 g
78	Guazacapán	Santa Rosa	1,65 g	0,60 g
79	Huhuetenango	Huhuetenango	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	Sacatepequez	1,65 g	0,60 g
92	Joyabaj	Quiché	1,50 g	0,55 g

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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	Huhuetenango	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
116	Morazán	El Progreso	1,30 g	0,50 g
117	Moyuta	Jutiapa	1,65 g	0,60 g
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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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	Quetzaltepéque	Chiquimula	1,10 g	0,43 g
152	Rabinal	Baja Verapaz	1,30 g	0,50 g
153	Raxruhá	Alta Verapaz	0,90 g	0,35g
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
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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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 Andres 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 Huistan	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	0,50g
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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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 Idefonso 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	1,65 g	0,60 g
199	San José	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	0,60g
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 Ojotenam	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 Atitlán	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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 Ixcoy	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 Jilotepéque	Jalapa	1,10 g	0,43 g
225	San Manuel Chaparron	Jalapa	1,30 g	0,50g
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 Martin Jilotepéque	Chimaltenango	1,50 g	0,55 g
229	San Martin Sacatepéquez	Quetzaltenango	1,50 g	0,55 g
230	San Martin 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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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
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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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 Ixtahucán	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 Pínula	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
284	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	1,65 g	0,60 g
285	Santa Lucía La Reforma	Totonicapán	1,50 g	0,55 g
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	0,43g
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 Tomas 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	Siquinala	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

Continuación de la tabla XIX.

<b>Núm.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
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	1,50g	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	Usumatlan	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
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

Continuación de la tabla XIX.

Núm.	Municipio	Departamento	$S_s$	$S_1$
332	Zunil	Quetzaltenango	1,50 g	0,55 g
333	Zunilito	Suchitepéquez	1,65 g	0,60g

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala NSE 2*, tabla 4-3, p. 15.

- Coeficiente de sitio  $F_a$

Este depende de la clase de sitio (perfil del suelo) de conformidad con la tabla XX.

Tabla XX. **Coeficiente de sitio ( $F_a$ )**

Clase de sitio	Parámetro de aceleración asignada a períodos cortos				
	$S_s \leq 0,50g$	$S_s = 0,70g$	$S_s = 0,90g$	$S_s = 1,10g$	$S_s \geq 1,30g$
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
E	3,20	2,80	2,60	2,40	2,40
F	Se requiere evaluación específica				

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala NSE 2-10*, tabla 4-2, p. 15.

Este depende de la clase de sitio (perfil del suelo) de conformidad con la tabla XXI.

Tabla XXI. **Coefficiente de sitio ( $F_v$ )**

Clase de sitio	Parámetro de aceleración asignada a períodos cortos				
	$S_s \leq 0,50g$	$S_s = 0,70g$	$S_s = 0,90g$	$S_s = 1,10g$	$S_s \geq 1,30g$
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
E	3,20	2,80	2,60	2,40	2,40
F	Se requiere evaluación específica				

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala NSE 2-10, tabla 4-3, p. 15.*

- Evaluación específica

Este deberá establecer el espectro en la superficie a partir del sismo en el basamento rocoso por métodos geofísico analíticos relevantes para el sitio. Se puede utilizar como guía los criterios de la sección 21.1 *Estándar de Cargas Mínimas de Diseño para edificaciones y otras estructuras (Minimum design loads for buildings and other structures) ASCE 7-10.*

- Coeficientes para máximo sismo esperado

Los coeficientes de aceleración espectral a períodos cortos ( $S_{MS}$ ) y a períodos de 1 segundo ( $S_{M1}$ ) ajustados para efectos de la clase de sitio, se determinan por las ecuaciones:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad \& \quad S_{M1} = F_v S_1$$

En donde:

$S_s$  = parámetro de aceleración asignada, tabla XIX

$S_1$  = parámetro de aceleración asignada, tabla XIX

$F_a$  = coeficiente de sitio, tabla XX

$F_v$  = coeficiente de sitio, tabla XXI

- Coeficientes de aceleración espectral

Los parámetros de diseño de aceleración espectral a períodos cortos ( $S_{DS}$ ) y a períodos de 1 segundo ( $S_{D1}$ ) ajustados para efectos de la clase de sitio, se determinan por las ecuaciones:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad \& \quad S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

En donde:

$S_{MS}$  = coeficientes de aceleración espectral a períodos cortos

$S_{M1}$  = coeficientes de aceleración espectral a períodos de 1 segundo

- Espectro de respuesta

Se deberán establecer los periodos de control  $T_0, T_s$  y  $T_L$ , para desarrollar el espectro de respuesta de diseño, según la figura 7.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \& T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \& T_L$$

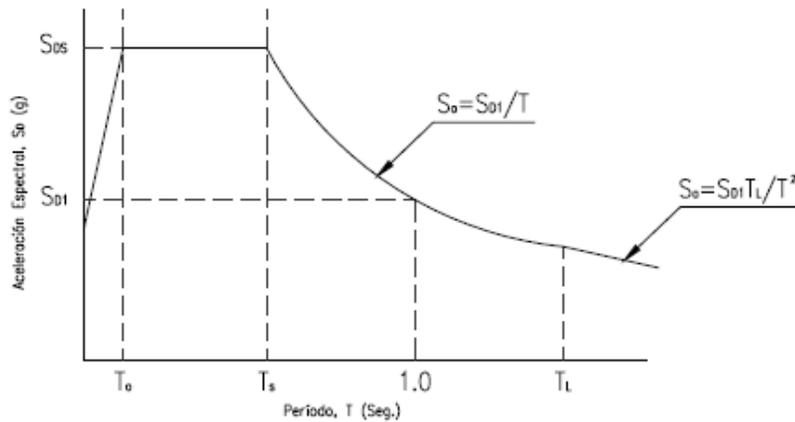
El período de transición a largo plazo ( $T_L$ ) dependerá de la magnitud (M) de conformidad con la tabla XXII.

Tabla XXII. **Períodos de transición a largo plazo ( $T_L$ )**

<b>Magnitud (M)</b>	<b><math>T_L</math>(segundos)</b>
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: Acta de la 8va. Conferencia Nacional de Estados Unidos en Ingeniería Sísmica, Documento No. 533, Desarrollo de Criterios del Movimiento del Suelo para el Estándar ASCE 7-05, p. 10.

Figura 7. Espectro de respuesta de diseño



Fuente: Acta de la 8va. Conferencia Nacional de Estados Unidos en Ingeniería Sísmica. p. 7.

En donde:

$S_a$  = aceleración de diseño de respuesta espectral

$S_{DS}$  = parámetro de aceleración espectral a períodos cortos

$S_{D1}$  = parámetro de aceleración espectral a períodos de 1 segundo

$T_0$  = período de control [seg]

$T_s$  = período de control [seg]

$T_L$  = período de transición a largo plazo

- Factor de importancia por sismo

El factor de importancia por sismo ( $I_s$ ) se asignará de acuerdo con la tabla XXIII, basado en la categoría de riesgo que se indica en la tabla XIV.

Tabla XXIII. **Factor de importancia por sismo ( $I_s$ )**

<b>Categoría de riesgo</b>	<b><math>I_s</math></b>
IV	1,50

Fuente: ASCE. *Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*. ASCE 7-10; tabla 1.5-2, p. 5.

- Categoría de diseño sísmico

Se asignará una categoría de diseño sísmico en función de la categoría de riesgo indicada en la tabla XIV, y de los parámetros de aceleración espectral y  $S_{DS}$  y  $S_{D1}$ . De acuerdo con la tabla XXIV y la tabla XXV, asignándose la categoría más crítica o severa de ambas, independientemente del período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ).

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

<b>Categoría de riesgo</b>	<b>Valores de <math>S_{DS}</math></b>
<b>IV</b>	
A	$S_{DS} < 0,167$
C	$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$
D	$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,50$
D	$S_{DS} \geq 0,50$

Fuente: ASCE. *Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*. ASCE 7-10; tabla 11.6-1, p. 67.

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

<b>Categoría de riesgo</b>	<b>Valores de <math>S_{D1}</math></b>
<b>IV</b>	
A	$S_{D1} < 0,067$
C	$0,067 \leq S_{D1} \leq 0,133$
D	$0,133 \leq S_{D1} \leq 0,20$
D	$S_{D1} \geq 0,20$

Fuente: ASCE. *Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*. ASCE 7-10; tabla 11.6-2, p. 67.

- Sistema estructural

Se utiliza un sistema estructural para estructuras no similares a edificios, con coeficientes sísmicos sujetos a las limitaciones del sistema (Categoría y altura), esto de acuerdo con la tabla XXVI.

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

Tipo de estructura	Coeficiente de modificación de respuesta R	Factor de sobrefuerzo, $\Omega_o$	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. *Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*. ASCE 7-10; tabla 15.4-2, p. 142.

- Período fundamental de la estructura

El período fundamental de la estructura (T) se determina por la ecuación de dinámica estructural siguiente:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\delta_{st}}{g}} \quad ; \quad \delta_{st} = \frac{\Delta_{per}}{\left(\frac{C_d}{I_s}\right)}$$

En donde:

$\Delta_{per}$  = deriva permisible, en pies, tabla XXVII

T = período fundamental de la estructura [seg]

$\delta_{st}$  = desplazamiento lateral de la masa [pie]

- g = aceleración de la gravedad [pie/seg<sup>2</sup>]
- I<sub>s</sub> = factor de importancia por sismo, tabla XXIII
- C<sub>d</sub> = factor de amplificación, tabla XXVI

Tabla XXVII. **Factor de importancia por sismo ( $\Delta_{per}$ )**

Tipo de estructura	Categoría de riesgo <b>IV</b>
Tanques elevados	0.010 H <sub>cm</sub>

Fuente: ASCE. Estándar de cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras ASCE 7-10; tabla 12.12-1, p. 97.

En donde:

H<sub>cm</sub> = altura desde el nivel del terreno hasta el centro de masa del cuerpo del tanque [pie]

Si T < 0,06 seg → Estructura rígida

Si T ≥ 0,06 seg → Estructura flexible

- El coeficiente de respuesta sísmica (C<sub>s</sub>) se determina de la ecuación:

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

En donde:

$C_s$  = coeficiente de respuesta sísmica

$S_{DS}$  = parámetro de aceleración espectral a períodos cortos

$I_s$  = factor de importancia por sismo, tabla XXIII

$R$  = coeficiente de modificación de respuesta, tabla XXVI

El valor del coeficiente de respuesta sísmica ( $C_s$ ), no deberá exceder los siguientes límites:

$$\text{Si } T \leq T_L \rightarrow C_{\max} = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I_s} \right)}$$

$$\text{Si } T > T_L \rightarrow C_{\max} = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left( \frac{R}{I_s} \right)}$$

Donde  $C_s$  no deberá ser menor a: 0,03

Para estructuras localizadas en lugares donde  $S_1 \geq 0.60g$ ,  $C_s$  no deberá ser menor a:

$$C_{s\min} = \frac{0,80 S_1}{\left( \frac{R}{I_s} \right)}$$

En donde:

$C_{s\max}$  = coeficiente de respuesta sísmica máximo

$C_{s\min}$  = coeficiente de respuesta sísmica mínimo

$S_1$  = parámetro de aceleración asignada

- $S_{D1}$  = parámetro de aceleración espectral a períodos de 1 segundo
- $T_L$  = período de transición a largo plazo, tabla XXII [seg]
- $I_s$  = factor de importancia por sismo, tabla XXIII
- $R$  = coeficiente de modificación de respuesta, tabla XXVI
- $T$  = período fundamental de la estructura

- El cortante en la base ( $V$ ), se determina de acuerdo con la ecuación:

- Para estructuras rígidas:

$$V = 0,30 S_{DS} W I_s$$

- Para estructuras flexibles:

$$V = C W$$

En donde:

- $V$  = cortante en la base [lbs]
- $S_{DS}$  = parámetro aceleración espectral a períodos cortos
- $W$  = peso de la estructura [lbs]
- $I_s$  = factor de importancia por sismo, tabla XXIII
- $C_s$  = coeficiente de respuesta sísmica
- Carga por presión hidrostática en cuerpo del tanque

Se debe determinar la carga por presión hidrostática que actúa en el cuerpo del tanque ( $P_C$ ), sin considerar dentro del análisis el chapoteo producido por el agua de acuerdo con la ecuación:

$$P_C = \gamma_{h_2o} h_C$$

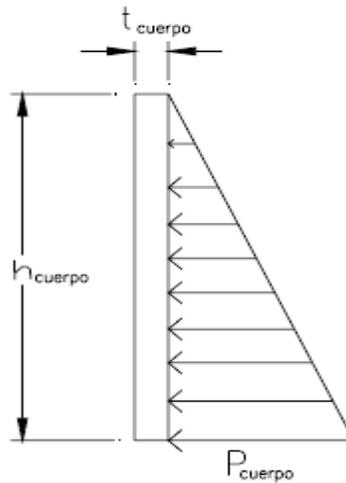
En donde:

$P_C$  = carga por presión hidrostática en cuerpo del tanque [lbs/pie<sup>2</sup>]

$\gamma_{h_2o}$  = peso específico del agua [lbs/pie<sup>3</sup>]

$h_C$  = altura del cuerpo del tanque [pie]

Figura 8. Diagrama de presiones en pared de cilindro



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para el diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p. 72.

#### 2.10.4.3. Diseño del tanque

Para llevar a cabo el diseño de un tanque elevado este debe analizarse en las siguientes seis componentes: capacidad, techo, cuerpo, fondo, torre y finalmente la cimentación.

#### **2.10.4.3.1. Diseño de capacidad o volumen**

Para diseñar la capacidad del depósito se necesita saber la configuración de la estructura, siendo esta aquella que para una altura y volumen dados, se tenga un perímetro mínimo, lo cual implica una geometría cilíndrica. En la ecuación del volumen tiene que intervenir la altura (h), que esta expresada en función de las dimensiones del diámetro (D). Si la relación de altura del tanque con respecto a su diámetro (h/D), se expresa como una constante  $C = h/D$ , se puede decir que los tanques son altos cuando C es mayor que 1 y bajos cuando “C” es menor que 1.

Si una altura mínima del agua debe mantenerse durante todo el tiempo dentro del tanque vertical cilíndrico y así asegurar una presión deseada, que es como generalmente se diseñan en los sistemas de abastecimiento de agua potable de las poblaciones rurales del país, un tanque con diámetro menor que su altura ( $C > 1$ , alto) será más económico, debido a que no se necesitará de un sistema de bombeo para mantener dicha presión deseada.

En este proyecto se diseña un tanque vertical cilíndrico con valores de “C” entre 1 y 1,4, es decir, la altura máxima será igual a 1,4 veces su diámetro, por lo tanto:

$$1 \leq C \leq 1,4$$

El procedimiento para determinar la geometría del tanque es el de asumir valores del diámetro (D) y de la constante (C), para despejar la altura (h).

El depósito tiene una planta circular, lo que genera un volumen cilíndrico en el cuerpo, un volumen cónico en el techo, y un volumen cónico en el fondo (ver figura 7).

Con el volumen de almacenamiento ( $V_{alm}$ ) se dimensiona el tanque en sus elementos cuerpo, techo, y fondo, y se realiza el primer tanteo para la altura; dicha altura se acomoda a las medidas comerciales de las planchas de láminas encontradas en el mercado guatemalteco, por lo tanto.

$$V_{alm} = \frac{\pi}{4} D^2 h$$

En donde:

- $V_{alm}$  = volumen de almacenamiento [pie<sup>3</sup>]
- $D$  = diámetro del cuerpo cilíndrico [pie]
- $h$  = altura del cuerpo cilíndrico [pie]

Se iguala el diámetro “D” con la altura “h”, para dejar esta en función del volumen de almacenamiento.

$$h_1 = \sqrt[3]{\frac{4 * 5\,318,36}{\pi}}$$

Por lo tanto:

$$h_1 = 18,92 \text{ pie}$$

Las láminas están clasificadas por ancho, longitud y espesor, encontrándolas en el mercado guatemalteco bajo las siguientes medidas 3, 4, 6, 8 pies de ancho por 6, 7, 8, 10, 20 pies de longitud. Los espesores de estas son, 1/16", 3/32", 1/8", 5/32", 3/16", 1/4", 5/16", 3/8", 1/2", 5/8", 1", 1 ¼", 1 ½", 2".

Las láminas que conforman el depósito se determinan por las medidas estándar ya mencionadas. Por lo tanto, la altura comercial del depósito será de 20 pies (2 láminas de 6 pies + 1 de 8 pies).

Ya con la altura definida se despeja el diámetro:

$$D_1 = \sqrt{\frac{5\,319,74}{\pi/4 * 20}}$$

$$D_1 = 18,40 \text{ pie}$$

Determinando el perímetro comercial  $P_1$  para determinar el diámetro final.

$$P_1 = \pi D$$

$$P_1 = 57,80 \text{ pie}$$

Al conocer el perímetro necesario para generar el volumen de almacenamiento, se escogen las planchas a intervenir, siendo estas 3 láminas de 20 pies (cortando una de estas para obtener el diámetro requerido), quedando el perímetro final de 58 pies. Por lo tanto el diámetro final:

$$D_f = \frac{P}{\pi}$$

En donde:

$$D_f = 18,46 \text{ pie}$$

$$r = 9,23 \text{ pie}$$

El volumen aproximado del agua:

$$\text{Vol} = \frac{\pi}{4} D_f^2 h$$

En donde:

Vol = volumen de agua [pie<sup>3</sup>]

h = altura del cuerpo cilíndrico [pie]

$D_f^2$  = diámetro del cuerpo cilíndrico [pie]

Por lo tanto:

$$\text{Vol} = 18,46 * 20 * \frac{\pi}{4} = 5\,353,97 \text{ pie}^3$$

Revisando constante C:

$$1 < C < 1,4$$

$$C = \frac{H_c}{D_c}$$

En donde:

C = relación de altura del tanque con respecto al diámetro

$H_c$  = altura nominal del cuerpo cilíndrico [pie]

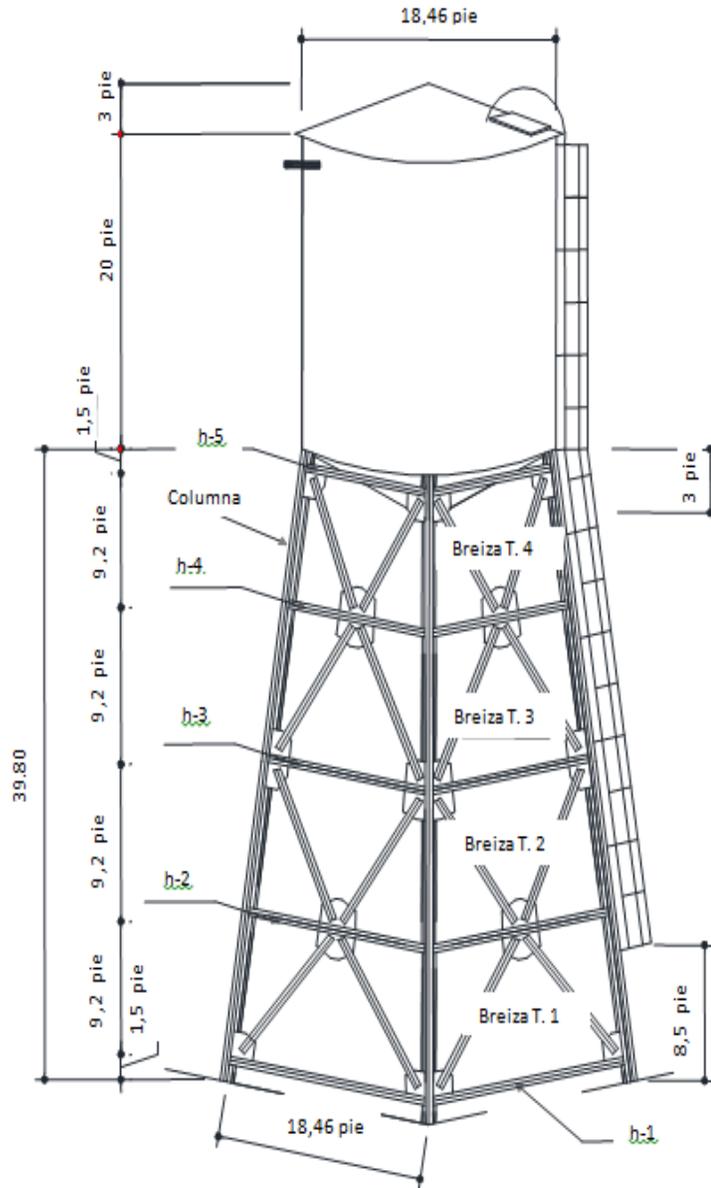
$D_c$  = diámetro nominal del cuerpo cilíndrico [pie]

Por lo tanto:

$$C = \frac{20}{18,462} = 1,08$$

La constante "C" está dentro del parámetro de diseño, por lo tanto se utilizan estos para el diseño del depósito (ver figura 9).

Figura 9. Elevación lateral de estructura metálica (tanque y torre)



Fuente: elaboración propia, con programa de SAP2000.

### 2.10.4.3.2. Diseño del cuerpo del tanque

El cuerpo es un cilindro vertical que se calcula como un depósito de pared delgada, el cual va a contener agua a una presión “P” en lbs/pie<sup>2</sup>; está sometido a fuerzas de tensión según su sección transversal. Las presiones deben analizarse por medio de capas o anillos. Estos anillos tendrán las alturas de las planchas que los conforman (anchos comerciales de láminas).

El estándar AWWA D 100-05 establece que el espesor de las placas de los elementos del tanque sometidas a fuerzas por la presión del agua, podrán ser calculados por la fórmula:

$$t = \frac{2,60 h_p D_c G}{S E}$$

En donde:

t = espesor requerido [plg]

h<sub>p</sub> = altura del nivel de diseño del líquido [pie]

G = gravedad específica del líquido, para agua 1,0

S = esfuerzo permisible de diseño, tabla XXVIII [lbs/plg<sup>2</sup>]

E = eficiencia de la junta, tabla XXIX [%]

D<sub>c</sub> = diámetro nominal del cuerpo del tanque [pie]

Esta misma norma especifica que los elementos que se encuentran en contacto con el agua, cuando el depósito esté en su capacidad máxima no será menor a 1/4 de pulgada.

Por lo tanto, el espesor de las placas que conforman el cuerpo cilíndrico de un tanque metálico se regirá a la siguiente norma:

$$\left. \begin{array}{l} t_c = t + t_{cor} \\ \\ t_c = t_{cor} \end{array} \right\} \text{ o el mayor de los dos}$$

En donde:

$t$  = espesor requerido

$t_c$  = espesor nominal de la placa

$t_{cor}$  = espesor de la placa por corrosión

El espesor por corrosión difiere para algunos constructores ya que el  $t_{cor}$  de la norma es 1/16 de pulgada y algunos constructores con experiencia prefieren cambiar este por 1/8 de pulgada, convirtiéndose este en un  $t_{exp}$ .

Para determinar el espesor del cuerpo cilíndrico, este se divide en los anillos con el alto de las láminas que lo conforman, por lo que se realiza el análisis en el primer anillo (de abajo hacia arriba), el cual tienen una altura de 6 pies, y la altura del líquido que le genera presión es de 20 pies, se utiliza el  $t_{exp}$ , para los cálculos del depósito:

$$t = \frac{2,60 * 20 * 18,462 * 1}{15\ 000 * 0,85} = 0,075 \text{ plg}$$

$$t = t_c + t_{exp} = 0,075 + 1/8 \text{ plg} = 0,20 \longrightarrow 1/4 \text{ plg}$$

El espesor del primer anillo es el mínimo especificado por la Norma AWWA D 100-05, por lo tanto este espesor se mantiene para todo el cuerpo cilíndrico.

Tabla XXVIII. **Esfuerzo permisible de diseño (S)**

<b>Reglón</b>	<b>Clase</b>	<b>Esfuerzo permisible (lbs/plg<sup>2</sup>)</b>
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: Estándar de la asociación Americana de Abastecimiento de Agua AWW-D 100-05.  
p. 21.

Tabla XXIX. **Eficiencia de la junta (E)**

<b>Tipo de junta</b>	<b>Tensión (%)</b>	<b>Compresión (%)</b>
Doble con penetración completa	85	100
Doble con 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

Continuación de la tabla XXIX.

A traslape con filete continuo en un lado o discontinuos por los dos lados	$75[(1+X)/2]^+$	$75[(1+X)/2]^+$
A traslape soldado con filete, a puntos o discontinuo por un lado	$75[(XW_1 + YW_2)/2t^{++}]$	$75[(XW_1 + YW_2)/2t^{++}]$
<p>* Longitud de penetración de soldadura.          + X, es la longitud del filete discontinuo comparado con la longitud total de la junta, expresado como decimal.          ++ X &amp; Y, son las longitudes de filetes discontinuos de cada lado comparado con las longitudes totales de las juntas <math>W_1</math> y <math>W_2</math> respectivamente. Cuando está soldado por una cara, <math>W_2</math> es cero, y están expresados como decimal. T y t, son los espesores respectivos a analizar, use las placas más delgadas del manto.</p>		

Fuente: Estándar de la asociación Americana de Abastecimiento de Agua AWW-D 100-05, tabla 15, p. 43.

#### 2.10.4.3.3. Diseño de cubierta o techo

La función principal del techo es la de cubrir el depósito de la intemperie y de los rayos del sol, para evitar que se formen algas en el agua o que caigan materiales contaminantes. Estos se pueden fabricar de forma cónica o plana según sea conveniente para el diseñador.

Los techos que sobrepasan los 22 pies de diámetro o de diseño plano no importando su diámetro necesitan vigas y refuerzos internos, los cónicos no necesitan refuerzo interno si no sobrepasen los 22 pies de diámetro. A todo tipo de techo se le considera una carga de servicio entre 15 a 30 lbs/pie<sup>2</sup> para su mantenimiento.

El diseño del techo cónico del depósito no sobrepasa los 22 pies por lo que no será necesario diseñar refuerzo; por lo tanto, se determina una altura tentativa del techo que se encuentre, dentro del rango:

$$1 \text{ pie} < h_t < \frac{D_c}{6}$$

En donde:

$h_t$  = altura del techo [pie]

$D_c$  = diámetro nominal del cuerpo del tanque [pie]

Por lo tanto:

$$h_t = 1 \text{ pie}$$

$$h_t = \frac{18,46}{6} = 3,08 \text{ pie}$$

Esta altura de acuerdo a la estándar AWWA D 100-5, tendrá una pendiente que conforme un ángulo dentro de los límites siguientes:

$$m_{\text{máx}} = \frac{9}{12}, \text{ conformando un ángulo } \beta = 37^\circ$$

$$m_{\min} = \frac{2}{12}, \text{ conformando un ángulo } \beta = 9,5^\circ$$

$$\text{tang}(\beta) = \frac{h_t}{r} \rightarrow \beta = \text{tang}^{-1}\left(\frac{h_t}{r}\right)$$

En donde:

$m_{\text{máx}}$  = pendiente máxima

$m_{\text{min}}$  = pendiente mínima

$r$  = radio nominal del cuerpo del tanque [pie]

$\beta$  = ángulo que se forma entre la horizontal y la pendiente del techo [°]

Por lo tanto:

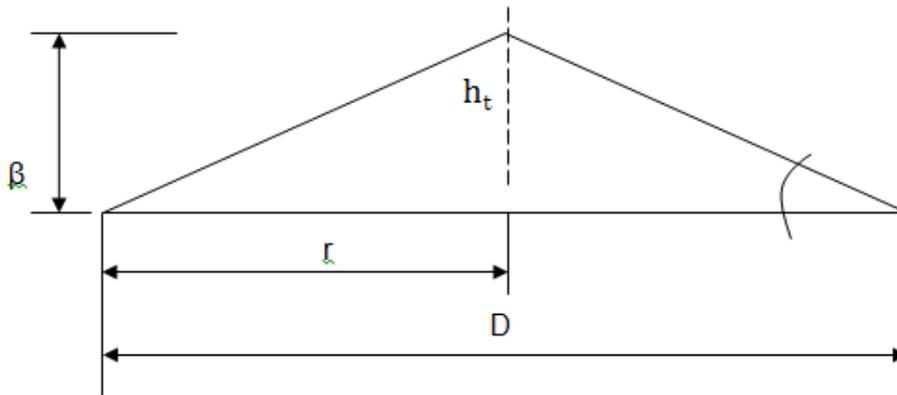
$$\beta = \text{tang}^{-1}\left(\frac{3,08}{9,23}\right) = 18,44^\circ$$

$$\beta = \text{tang}^{-1}\left(\frac{1}{9,23}\right) = 6,18^\circ$$

Por lo que se determina una altura de 3 pies para el techo, formando este un ángulo dentro de los límites normados por la estándar AWWA D 100-5.

Para determinar el espesor del techo se divide este en franjas circulares de 1 pie, usando para el diseño la más crítica, siendo esta la que se encuentra un pie arriba de la franja que se sujeta al cuerpo cilíndrico. Para dicho cálculo se debe determinar la longitud de radio ( $l'$ ), para posteriormente determinar la longitud de la curva ( $l''$ ), en el centro de la franja.

Figura 10. Vista lateral de techo cónico



Fuente: RUANO PAZ, Antonio Marco. *Manual para el diseño de tanques elevados en la República de Guatemala*. p. 13.

El techo se divide en secciones radiales, empezando el primer tanteo, en 8 secciones para poder conformar el cono y haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$l' = \sqrt{h_t^2 + r^2}$$

$$l'' = \frac{[l' - 2(X)] \pi}{n}$$

En donde:

$l'$  = longitud de radio

$h_t$  = altura del techo

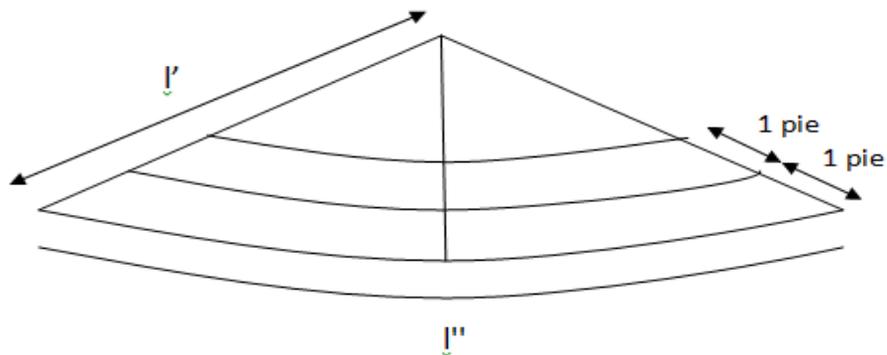
$r$  = radio del cuerpo cilíndrico

$l''$  = longitud de curva

X = distancia entre el perímetro del cuerpo cilíndrico al centro de la franja en análisis

n = número de secciones radiales que conforman el cono

Figura 11. Vista en perspectiva de techo cónico



Fuente: VALLS ROBLES, Fernando. *Ayudas para el diseño de tanques metálicos elevados*. p. 38.

Por lo tanto:

$$l' = \sqrt{3^2 + 9,23} = 9,705 \text{ pie}$$

$$l'' = \frac{[9,705 - 2(1,5)] \pi}{8} = 2,633 \text{ pie}$$

Determinando cargas actuantes sobre el techo:

$$W_{\text{lam}} = 490 * \frac{3}{16} * \frac{1}{12} = 7,66 \text{ lbs/pie}^2$$

$$W_v = 30 \text{ lbs/pie}^2 \text{ (carga por personal de mantenimiento)}$$

$$W_t = W_{lam} + W_v = 7,66 + 30 = 37,66 \text{ lbs/pie}^2$$

En donde:

$W_v$  = carga viva

$W_t$  = carga total

$W_{lam}$  = peso de la lámina

Se transforma la carga distribuida a lineal para la franja  $l''$ , y con este valor, se calcula el espesor por flexión considerando apoyos en el borde y vértice del cono.

$$W_{tl} = 37,66 * 1 = 37,66 \text{ lbs/pie}$$

$$M = \frac{W * l'^2}{8} = \frac{37,656 * 2,633^2}{8} = 32,63 \text{ lbs-pie} = 391,59 \text{ lbs-plg}$$

$$S_{req} = \frac{M}{S} = \frac{391,59}{18\ 000} = 0,022 \text{ plg}^3$$

En donde:

$S_{req}$  = módulo de sección requerida

$M$  = momento

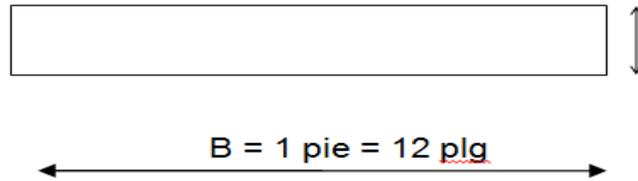
$S$  = esfuerzo permisible de diseño, tabla XXVIII

$W_{tl}$  = carga total lineal del techo cónico

$l'$  = longitud radial

$l''$  = franja a diseñar

Figura 12. Vista transversal de faja l''



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto se determina el espesor de la lámina ( $t_c$ ):

$$S_{\text{req}} = \frac{B t_c^2}{6}$$

En donde:

$S_{\text{req}}$  = módulo de sección requerida

$B$  = base de franja de diseño en corte transversal

$t_c$  = espesor nominal de la placa

Despejando  $t_c$ , dentro de la ecuación se tiene:

$$t_c = \sqrt{\frac{0,0218 * 6}{12}} = 0,104 \text{ plg}$$

Para los elementos que no se encuentran en contacto con el agua tal es el caso del techo, no se considerará  $t_{\text{cor}}$ , a menos que el tanque se construya en comunidades con un alto grado de humedad o salinidad relativa.

El espesor de corrosión normado es  $t_{\text{cor}} = 1/16$  de pulgada a menos que el proveedor del material especifique un parámetro diferente, o que se decida trabajar con el  $t_{\text{exp}} = 1/8$  de pulgada.

Para el diseño del tanque se utilizará el  $t_{\text{cor}} = 1/16$  de pulgada, para elementos que no tengan contacto directo con el agua y el  $t_{\text{exp}} = 1/8$  de pulgada, para aquellos elementos que estén en contacto directo con el agua.

El estándar AWWA-D 100-05 también establece que el espesor mínimo de elementos que no se encuentran en contacto con el agua será  $3/16$  de pulgada.

$$t = t_c + t_{\text{cor}}$$

$$t = 0,104 + \frac{1}{16} = 0,17 \text{ plg}$$

$$t = \frac{3}{16} \text{ plg}$$

Se verifica si el  $t = 3/16$  de pulgada, es capaz de resistir las cargas, por medio de la ecuación del módulo de sección requerida y el momento inducido por la carga.

$$S_{\text{req}\frac{3}{16}} = \frac{b t^2}{6} = \frac{12 * \left(\frac{3}{16}\right)^2}{6} = 0,0703 \text{ plg}$$

$$M = \frac{W * l'^2}{8} \rightarrow l'' = \sqrt{\frac{F_s * 8 * S \frac{3}{16}}{W * 12}} = 4,73$$

Estos resultados se sustituyen dentro de la fórmula de longitud de curva despejando el “n” y verificando que el número de secciones elegido sea el correcto.

$$n = \frac{[l'-2(1,5)] * \pi}{l''} = \frac{[9,705-3] * \pi}{4,733} = 4,45$$

El resultado indica la mínima cantidad de secciones de la cubierta que soportan el momento inducido por la carga. La cubierta del depósito se diseña con 8 secciones, facilitando con esto el armado en planta debido al tamaño de la cubierta y las dimensiones de la lámina que conforma cada sección.

- Anillo de cerramiento

Para el diseño de este se debe encontrar el mayor valor del módulo de sección (Z), encontrado en la fórmula:

$$Z = \frac{D_c^2}{250}$$

En donde:

Z = módulo de sección [plg<sup>3</sup>]

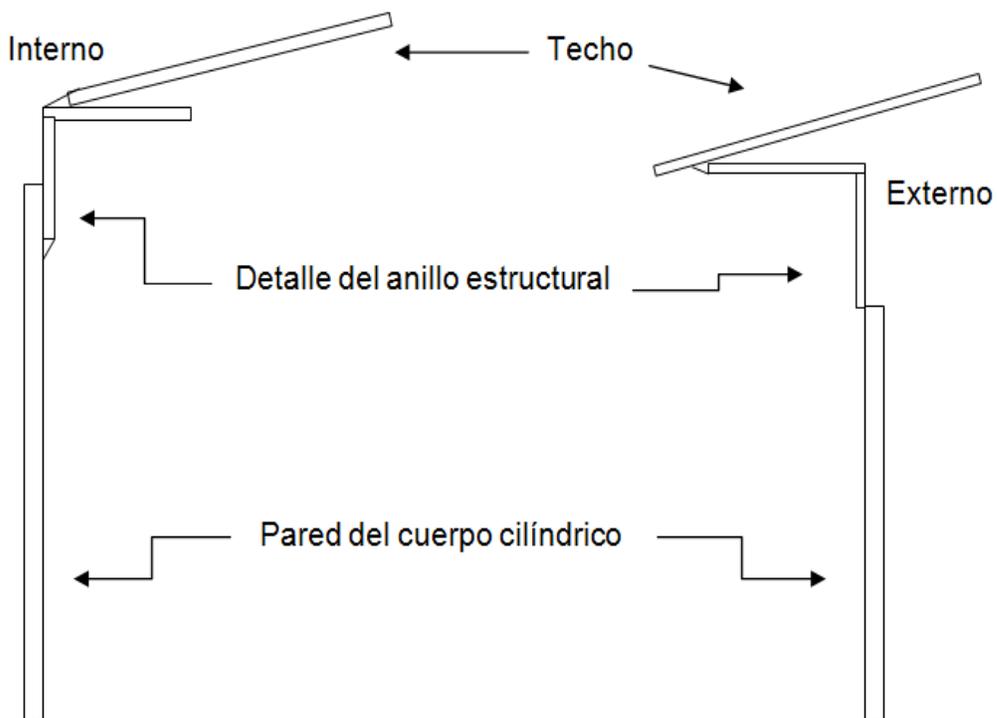
D<sub>c</sub> = diámetro nominal del cuerpo del tanque [pie]

Este es un angular que se coloca en la parte interior del diámetro del cuerpo del tanque o en el exterior y sirve para proporcionar firmeza en el cuerpo del tanque y le dá rigidez al techo (ver figura 13).

Por lo tanto:

$$Z = \frac{18,462^2}{250} = 1,36 \text{ plg}^3$$

Figura 13. **Unión del cuerpo del depósito con el techo y anillo de cerramiento**



Fuente: VALLS ROBLES, Fernando. *Ayudas para el diseño de tanques metálicos elevados.*

p. 41.

Tabla XXX. **Propiedades mecánicas de angulares estructurales**

<b>Dimensiones en pulgadas</b>	<b>Espesor en pulgadas</b>	<b>Módulo de sección</b>	<b>Radio de giro</b>
3 x 3	1/4"	0,577	0,930
4 x 4	1/4"	1,050	1,250
4 x 4	5/16"	1,290	1,240
2 x 2	3/8"	0,351	0,594
2 1/2" x 2 1/2"	3/8"	0,566	0,753
3 x 3	3/8"	0,833	0,913
4 x 4	3/8"	1,520	1,230
6 x 6	3/8"	3,530	1,880
3 x 3	1/2"	1,070	0,898
4 x 4	1/2"	1,970	1,220
6 x 6	1/2"	4,610	1,860

Fuente: tablas de propiedades de perfiles estructurales Multigroup de Guatemala.

El módulo del angular de 4 pulgadas por 3/8 de pulgada es 1,52, siendo este el que más se aproxima a "Z", por lo que se utiliza este para el diseño.

#### **2.10.4.3.4. Diseño del fondo**

Existen varios tipos de fondo para tanques metálicos, siendo el más usual por sus características el fondo cónico, ya que este permite evacuar los sedimentos que se recolectan en el agua, facilitando su limpieza, por medio de válvulas de lavado.

El fondo de tanques metálicos de forma cónica se diseña a tensión debido a que el líquido sobre ellos ejerce fuerza hacia el centro del cono en toda la superficie del mismo. El fondo se dimensiona asumiendo una altura de fondo ( $h_f$ ) que está en el rango de:

$$2 \text{ pies} \leq h_f \leq \frac{D_c}{4}$$

Con esta altura definida se determina el radio del disco o hipotenusa del fondo ( $d$ ), y el área de la superficie de carga en el fondo del tanque:

$$d = \sqrt{h_f + \left(\frac{D_c}{2}\right)^2}$$

$$A_f = \pi \left(\frac{D_c}{2}\right) d$$

En donde:

$d$  = radio del disco o hipotenusa del fondo [pie]

$h_f$  = altura del fondo cónico [pie]

$D_c$  = diámetro nominal del cuerpo del tanque [pie]

$A_f$  = área de superficie de carga [pie]

Por lo tanto:

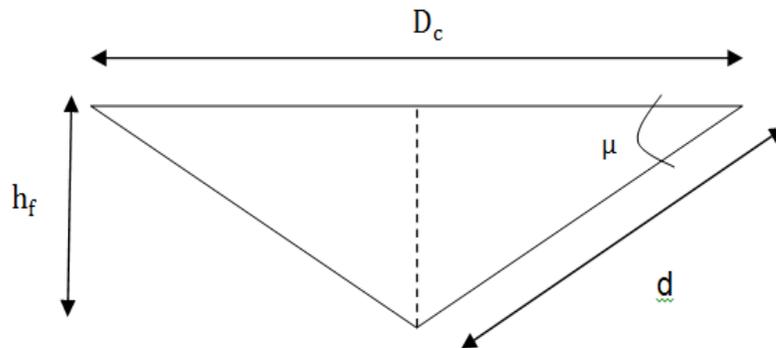
$$h_f = \frac{D_c}{4} = 4,5 \text{ pie}$$

Se asumirán 3 pies

$$d = \sqrt{3^2 + \left(\frac{18,46}{2}\right)^2} = 9,70 \text{ pie}$$

$$A_f = \pi \left(\frac{18,46}{2}\right) 9,70 = 281,27 \text{ pie}^2$$

Figura 14. **Vista lateral de fondo cónico**



Fuente: RUANO PAZ, Antonio Marco. *Manual para el diseño de tanques elevados en la República de Guatemala*. p. 31.

Con el radio del disco o hipotenusa ( $d$ ) y el área de la superficie de carga ( $A_f$ ), se determina la carga por presión hidrostática en el fondo del tanque ( $P_f$ ). Esta  $P_f$  será igual a la carga por fluido establecido en las combinaciones de carga del ASCE 7-10.

$$P_f = \frac{W_{h_2o}}{A_f}$$

En donde:

$P_f$  = carga por presión hidrostática en el fondo del tanque [lbs/pie<sup>2</sup>]

$A_f$  = área de la superficie de carga en el fondo del tanque [pie<sup>2</sup>]

$W_{h_2o}$  = peso del agua en el tanque [lbs]

El diseño del espesor de la lámina se hace por tensión utilizando la fórmula del esfuerzo circunferencial deducido:

$$\phi S = \frac{P_f * \frac{d}{2}}{t}$$

o

$$\phi S = 2,60 \frac{(h_c + h_f) * d * \sec(\mu)}{t_f}$$

En donde:

$\phi$  = factor de reducción

$s$  = esfuerzo permisible de diseño [lbs/plg<sup>2</sup>]

$h_c$  = altura del cuerpo del tanque [pie]

$h_f$  = altura del fondo del tanque [pie]

$d$  = radio del disco o hipotenusa del fondo [pie]

$\mu$  = ángulo que se forma entre la horizontal y el radio del disco [°]

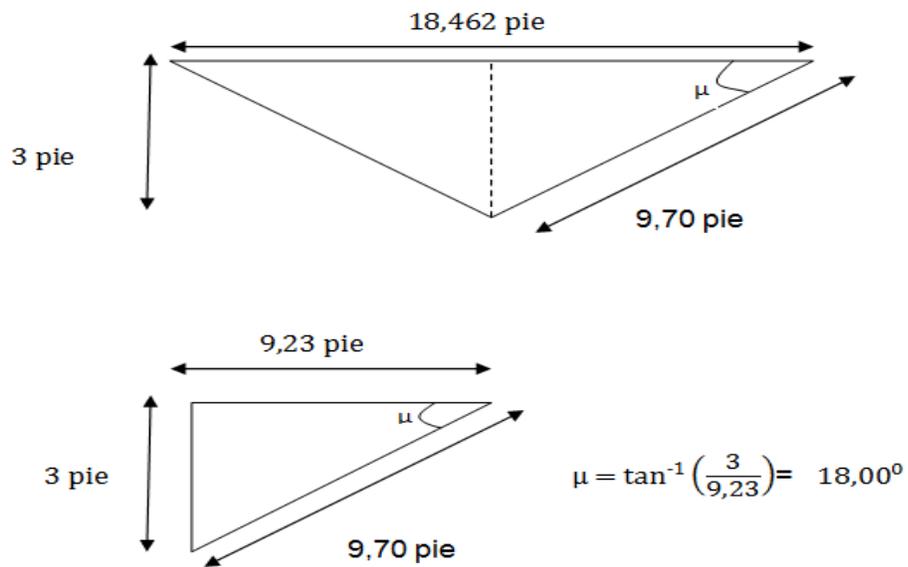
$t_f$  = espesor de lámina de fondo de depósito [plg]

Despejando “ $t_f$ ” de la ecuación:

$$t_f = 2,60 \frac{(h_c + h_f) * d * \sec(\mu)}{\phi S}$$

El ángulo "μ" formado por el radio del disco (d) y el diámetro del cilindro se determina con una relación de triángulos (ver figura 15).

Figura 15. Secciones del fondo cónico del tanque



Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo valores en la fórmula:

$$t_f = 2,60 \frac{(20 + 3) * 9,70 * 1,05}{0,85 * 15\ 000} = 0,018 \text{ plg}$$

$$t = t_f + t_{\text{exp}} = 0,018 + \frac{1}{8} = 0,143 \longrightarrow \frac{1}{4} \text{ plg}$$

## Resumen de resultados del depósito metálico

Altura del techo = 3 pie, fabricado con lámina de 3/16 plg

Diámetro = 18,46 pie

Altura del cilindro = 20 pies fabricado con lámina de ¼ plg

Altura de fondo = 3 pies fabricado con lámina de ¼ plg

(Ver referencia en figura 7)

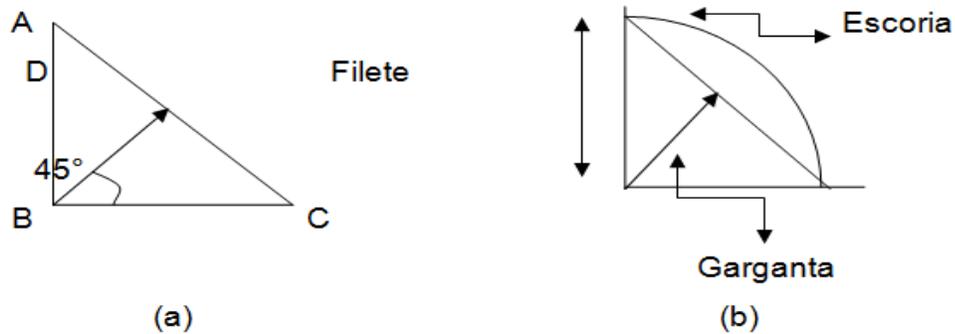
### **2.10.4.3.5. Diseño de la base del tanque para la torre**

Para el diseño de las bases del tanque de la estructura metálica se consideran los tipos de apoyos de la torre, ya que de este dependen los esfuerzos de carga normal, sísmica y viento. Estas bases están conformadas por esquineros por dentro del tanque y una platina en la parte externa del mismo, la cual debe tener una altura de por lo menos 1 ½ pulgadas por encima del corte de la columna. Estas platina junto a los esquineros internos y a los aletones deben colocarse entre las columna y la parte inferior del depósito, estos garantizan la transmisión correcta de los momentos y fuerzas inducidas por los sismos y el viento. Los aletones normalmente se unen por soldadura en campo cuando ya el depósito se ensambla con la torre.

- Esfuerzos en soldaduras: se le denomina de esta manera a la resistencia al corte, tensión o flexión de un cordón de soldadura. Este esfuerzo está en función del electrodo, material y tipo de junta que se utilice en la unión de los materiales. Existen tres tipos de juntas: juntas a tope, juntas traslapadas y juntas en “T”; la selección del tipo de junta depende de la magnitud de la carga, forma en que esta aplicada y del costo de la preparación de la soldadura.

La soldadura más comúnmente utilizada en la construcción es la de filete, la cual presenta una sección transversal aproximadamente triangular y se forma entre la superficie de los miembros conectados. El tamaño de una soldadura de filete es la longitud del cateto del triángulo isósceles inscrito en su sección (AB o BC de la figura 16 a). La raíz del filete de soldadura es el punto situado en el fondo del mismo (punto B de la figura 16 a). La garganta es la distancia perpendicular que hay de la raíz a la hipotenusa del triángulo isósceles más grande que pueda inscribirse en la sección de la soldadura (distancia BD de la figura 16 a). La superficie de una soldadura no es plana como lo indica la figura 16 a, sino que generalmente es convexa, como lo indica la figura 16 b; por consiguiente, la garganta real puede ser un poco mayor a la calculada.

Figura 16. **Soldadura de filete**



Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I*.  
p. 35.

La garganta de un filete de soldadura es igual al tamaño del filete, multiplicado por el  $\text{Cos}(45^\circ)$  y la resistencia permisible de trabajo o capacidad de soldadura ( $C_s$ ) de un filete es igual a la garganta por el esfuerzo de corte permisible.

Tabla XXXI. **Esfuerzos unitarios permisibles en soldaduras ( $E_s$ )**

<b>Tipo de esfuerzo</b>	<b>Tipo acero</b>	<b>Clase de electrodo</b>	<b>Esfuerzo permisible (lbs/plg<sup>2</sup> de área en la garganta)</b>
Esfuerzo en soldadura de filete, tapón y ranura; esfuerzos de tensión transversales al eje de soldadura de penetración parcial y cortante.	A - 7 A - 373	E - 60	13 600
	A - 36 A - 242 A - 441	E - 70	15 800

Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth, Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I.*  
p. 36.

Tabla XXXII. **Esfuerzos permisibles de trabajo en soldaduras de filete**

<b>Tamaño del filete de soldadura (pulgadas)</b>	<b>Esfuerzo permisible unitario, electrodo E – 60 (libras por pulgada lineal)</b>	<b>Esfuerzo permisible unitario, electrodo E – 70 (libras por pulgada lineal)</b>
3/16"	1 800	2 100
1/4"	2 400	2 800
5/16"	3 000	3 500
3/8"	3 600	4 200
1/2"	4 800	5 600
5/8"	6 000	7 000
3/4"	7 200	8 400
1"	9 600	11 200

Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth, Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I.*  
p. 36.

Para soldaduras en aceros A-36 (acero del cual se conforma la torre y el depósito), el electrodo que presenta mayor eficiencia es de clase E-70, el cual alcanza 15 800 lbs/plg<sup>2</sup> de esfuerzo permisible en el área de la garganta (ver tabla XXXII).

El espesor de platina a utilizar para la base del depósito a la torre es de ¼ de pulgada, por lo tanto el filete tiene el mismo tamaño. Considerando electrodo E-70 se procede a calcular la capacidad de la soldadura ( $C_s$ ) por medio de la siguiente fórmula:

$$C_s = \cos(45^\circ) t E_s$$

En donde:

$C_s$  = capacidad de soldadura [lbs-plg]

$t$  = espesor de platina [plg]

$E_s$  = esfuerzo unitario permisible de soldadura [lbs/plg<sup>2</sup>]

Por lo tanto:

$$C_s = \cos(45) * \frac{1}{4} * 15\,800 = 2\,800 \text{ lbs-plg} = 2,8 \text{ kps-plg}$$

Para determinar las longitudes de soldadura se utiliza siguiente fórmula:

$$L_s = \frac{W_c}{C_s}$$

En donde:

$L_s$  = longitud de soldadura [plg]

$W_c$  = carga recibida por columna [kps]

$C_s$  = capacidad de soldadura [[kps-plg]

- Pernos de anclaje: estos se encargan de unir los elementos que conforman la estructura y sujetarla al cimiento de concreto armado. Los pernos deben calcularse cuidadosamente ya que el fallo de estos puede traer al colapso la estructura. Dentro del grupo de tornillos o pernos se reconocen los tornillos ordinarios, y los de alta resistencia.

Los tornillos ordinarios o comunes denominados por la ASTM como A-307 fabricados con acero al carbono con características de esfuerzo y deformaciones muy parecidas al del acero A-36, estos se utilizan para cargas ligeras y estáticas o en miembros secundarios como largueros, correas, riostras, plataformas, armaduras pequeñas.

Los tornillos de alta resistencia, fabricados con base en acero al carbono tratado térmicamente y aceros aleados; tienen resistencias a la tensión de dos o más veces la de los tornillos ordinarios. Existen dos tipos básicos: los A-325 (hechos de acero al carbono tratado térmicamente) y los A-490 de mayor resistencia (hechos de acero al carbono tratado térmicamente, pero hechos con acero aleado).

A continuación se describen las tensiones en kips a 0,70 veces la resistencia mínima, requeridas en los tornillos para conexiones tipo fricción y conexiones sujetas a tensión directa, como se estipula en las especificaciones ASTM para tornillos A-325 y A-490.

Tabla XXXIII. Resistencia a tensión de tornillos según su diámetro expresadas en kips

Diámetro del tornillo (pulgadas)	Tornillo A-325	Tornillo A-490
1/2"	12	15
5/8"	19	24
3/4"	28	35
7/8"	39	49
1"	51	64
1 1/8"	56	80
1 1/4"	71	102
1 3/8"	85	121
1 1/2"	103	148

Fuente: La casa del tornillo, datos proporcionados por distribuidores de tornillos en Guatemala.

Para determinar el tipo de perno y su área nominal en corte ( $A_{NV}$ ), se hace uso de la tabla XXXIV. La cantidad de pernos se obtiene al asumir un diámetro de perno razonable y sustituyendo el área nominal de corte de este, en la fórmula siguiente:

$$\#_p = \frac{R_x}{A_{NV}}$$

En donde:

$\#_p$  = número de pernos

$R_x$  = corte actuante [kips]

$A_{NV}$  = área nominal en corte simple del perno [plg<sup>2</sup>]

Por lo tanto:

Este se divide dentro del número de marcos formados por las columnas, que en este caso son tres. Por lo que el cortante estático se divide dentro de estos. (Encontrado en análisis página 225).

$$\#_p = \frac{51,03}{16,8} = 3,04 \approx 4 \text{ pernos de } \emptyset 7/8 \text{ plg A-490 por unión}$$

Los pernos de anclaje que conectarán la estructura metálica con el concreto deben estar diseñados para proporcionar la resistencia necesaria incluyendo las componentes de tensión neta de cualquier momento de volteo ( $M_v$ ) en la parte inferior de la torre ( $B_i$ ), que pueda resultar de la combinación de fuerzas del cortante estático en la base ( $V_{est}$ ) por la altura al centro de masa del tanque ( $H_{cm}$ ); y de acuerdo a lo estipulado en el Capítulo J, Tabla J3.2., y sección J9 del AISC 360-10.

El diseño de los pernos de anclaje embebidos en los pedestales de concreto, para el traslado de fuerzas a la cimentación, debe cumplir de igual manera con los requisitos del Apéndice D del Código del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute) ACI 318-08. El cálculo de estos se encuentra en la página 239.

Tabla XXXIV. Área nominal de pernos en corte simple y doble

TABLE I-D. SHEAR													
ASTM Designation	Connection Type <sup>a</sup>	Hole Type <sup>b</sup>	$F_v$ ksi	Loading <sup>c</sup>	Nominal Diameter $d$ , in.								
					Area (Based on Nominal Diameter) in. <sup>2</sup>								
					5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	
					.3068	.4418	.6013	.7854	.9940	1.227	1.485	1.767	
Bolts	A307	—	STD	10.0	S	3.1	4.4	6.0	7.9	9.9	12.3	14.8	17.7
			NSL		D	6.1	8.8	12.0	15.7	19.9	24.5	29.7	35.3
	A325	SC <sup>a</sup> Class A	STD	17.0	S	5.22	7.51	10.2	13.4	16.9	20.9	25.2	30.0
				D	10.4	15.0	20.4	26.7	33.8	41.7	50.5	60.1	
			OVS, SSL	15.0	S	4.60	6.63	9.02	11.8	14.9	18.4	22.3	26.5
			D	9.20	13.3	18.0	23.6	29.8	36.8	44.6	53.0		
		LSL	12.0	S	3.68	5.30	7.22	9.42	11.9	14.7	17.8	21.2	
			D	7.36	10.6	14.4	18.8	23.9	29.4	35.6	42.4		
	N	STD, NSL	21.0	S	6.4	9.3	12.6	16.5	20.9	25.8	31.2	37.1	
			D	12.9	18.6	25.3	33.0	41.7	51.5	62.4	74.2		
	X	STD, NSL	30.0	S	9.2	13.3	18.0	23.6	29.8	36.8	44.5	53.0	
			D	18.4	26.5	36.1	47.1	59.6	73.6	89.1	106.0		
	A490	SC <sup>a</sup> Class A	STD	21.0	S	6.44	9.28	12.6	16.5	20.9	25.8	31.2	37.1
				D	12.9	18.6	25.3	33.0	41.7	51.5	62.4	74.2	
			OVS, SSL	18.0	S	5.52	7.95	10.8	14.1	17.9	22.1	26.7	31.8
			D	11.0	15.9	21.6	28.3	35.8	44.2	53.5	63.6		
LSL		15.0	S	4.60	6.63	9.02	11.8	14.9	18.4	22.3	26.5		
		D	9.20	13.3	18.0	23.6	29.8	36.8	44.6	53.0			
N	STD, NSL	28.0	S	8.6	12.4	16.8	22.0	27.8	34.4	41.6	49.5		
		D	17.2	24.7	33.7	44.0	55.7	68.7	83.2	99.0			
X	STD, NSL	40.0	S	12.3	17.7	24.1	31.4	39.8	49.1	59.4	70.7		
		D	24.5	35.3	48.1	62.8	79.5	98.2	119.0	141.0			
Rivets	A502-1	—	STD	17.5	S	5.4	7.7	10.5	13.7	17.4	21.5	26.0	30.9
				D	10.7	15.5	21.0	27.5	34.8	42.9	52.0	61.8	
A502-2 A502-3	—	STD	22.0	S	6.7	9.7	13.2	17.3	21.9	27.0	32.7	38.9	
				D	13.5	19.4	26.5	34.6	43.7	54.0	65.3	77.7	
Threaded Parts	A36 ( $F_u=58$ ksi)	N	STD	9.9	S	3.0	4.4	6.0	7.8	9.8	12.1	14.7	17.5
				D	6.1	8.7	11.9	15.6	19.7	24.3	29.4	35.0	
	X	STD	12.8	S	3.9	5.7	7.7	10.1	12.7	15.7	19.0	22.6	
			D	7.9	11.3	15.4	20.1	25.4	31.4	38.0	45.2		
	A572, Gr. 50 ( $F_u=65$ ksi)	N	STD	11.1	S	3.4	4.9	6.7	8.7	11.0	13.6	16.5	19.6
				D	6.8	9.8	13.3	17.4	22.1	27.2	33.0	39.2	
X	STD	14.3	S	4.4	6.3	8.6	11.2	14.2	17.5	21.2	25.3		
		D	8.8	12.6	17.2	22.5	28.4	35.1	42.5	50.5			
A588 ( $F_u=70$ ksi)	N	STD	11.9	S	3.7	5.3	7.2	9.3	11.8	14.6	17.7	21.0	
			D	7.3	10.5	14.3	18.7	23.7	29.2	35.3	42.1		
X	STD	15.4	S	4.7	6.8	9.3	12.1	15.3	18.9	22.9	27.2		
		D	9.4	13.6	18.5	24.2	30.6	37.8	45.7	54.4			

<sup>a</sup>SC = Slip critical connection.  
N: Bearing-type connection with threads *included* in shear plane.  
X: Bearing-type connection with threads *excluded* from shear plane.  
<sup>b</sup>STD: Standard round holes ( $d + 1/16$  in.) OVS: Oversize round holes  
LSL: Long-slotted holes normal to load direction SSL: Short-slotted holes  
NSL: Long-or short-slotted hole normal to load direction  
(required in bearing-type connection).  
<sup>c</sup>S: Single shear D: Double shear.  
For threaded parts of materials not listed, use  $F_v = 0.17F_u$  when threads are included in a shear plane, and  $F_v = 0.22F_u$  when threads are excluded from a shear plane.  
To fully pretension bolts 1 1/8-in. dia. and greater, special impact wrenches may be required.  
Where bearing-type connections used to splice tension members have a fastener pattern whose length, measured parallel to the line of force, exceeds 50 in., tabulated values shall be reduced by 20%. See AISC ASD Commentary Sect. J3.4.

Fuente: American Institute of Steel Construction sección 4-5.

#### 2.10.4.4. Diseño de la torre

La torre es una armazón estructural de gran altura con la función de sostener otra estructura en su parte superior, la cual puede ser un tanque para agua o cualquier otro líquido, una señal satelital, tendido de cables, entre otros. Está compuesta por un conjunto de elementos llamados columnas (c), riostras horizontales (h), y breizas (b), (ver figura 16), unidos entre sí por medio de placas o platinas. Cada elemento debe diseñarse lo más simple posible, y las uniones o conexiones entre los mismos, por medio de placas o platinas, podrán ser soldadas o pernadas.

Con el diámetro del cuerpo ( $D_c$ ), la altura de torre ( $H_t$ ), y el número de columnas (n) determinados, se procede a dimensionar la parte superior de la torre ( $B_s$ ) y la parte inferior de la torre ( $B_i$ ). La parte superior de la torre depende del tamaño del cilindro que conforma el depósito (ver figura 18). El número de columnas (n) de la torre vistas en planta se ubicarán con un ángulo ( $\Phi$ ) formado entre un radio que pasa por una columna (c) y la proyección del eje central horizontal (ver figura 18). La parte superior de la torre ( $B_s$ ) se dimensiona de acuerdo a la expresión:

$$B_s = D_c \cos(\Phi)$$

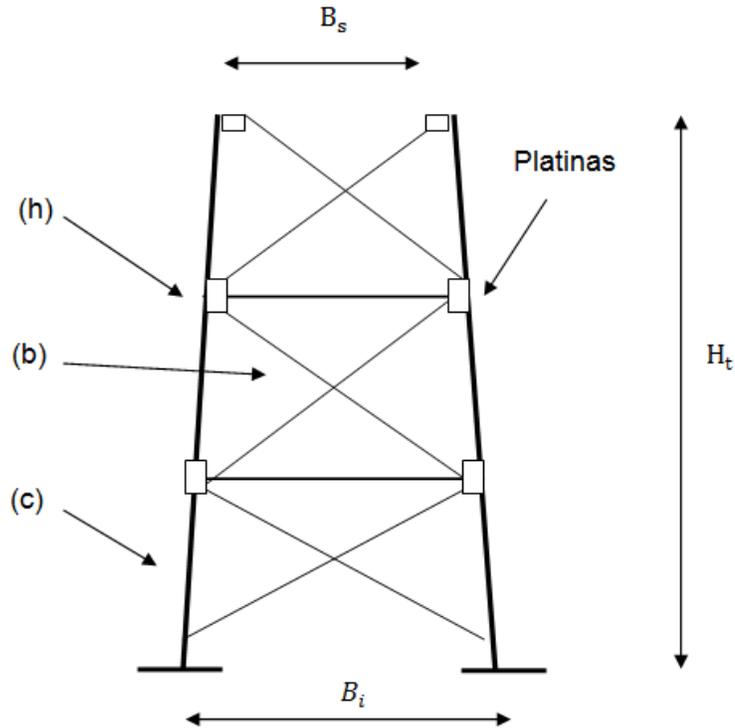
En donde:

$B_s$  = longitud superior de la torre [pie]

$D_c$  = diámetro nominal del cuerpo del tanque [pie]

$\Phi$  = ángulo que se forma entre el radio de un círculo inscrito entre las bases de la torre [°]

Figura 17. Elevación de torre y elementos que la conforman



Fuente: RUANO PAZ, Antonio Marco. *Manual para el diseño de tanques elevados en la República de Guatemala*. p. 16.

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 demasiado extensos, determinándose de la siguiente manera las distancias  $L_z$  y  $L$ . (ver figura 18).

$$0\% \leq m \leq 15\% \quad ; \quad L_z = m * H_t$$

$$L = L_z \cos (\Phi) \quad ; \quad \Phi = \frac{360}{n}$$

En donde:

$L$  = longitud producto de la diferencia en planta de las bases inferior y superior de la torre [pie] (ver figura 18)

$L_z$  = longitud producto de la inclinación de la columna al zenit [pie]

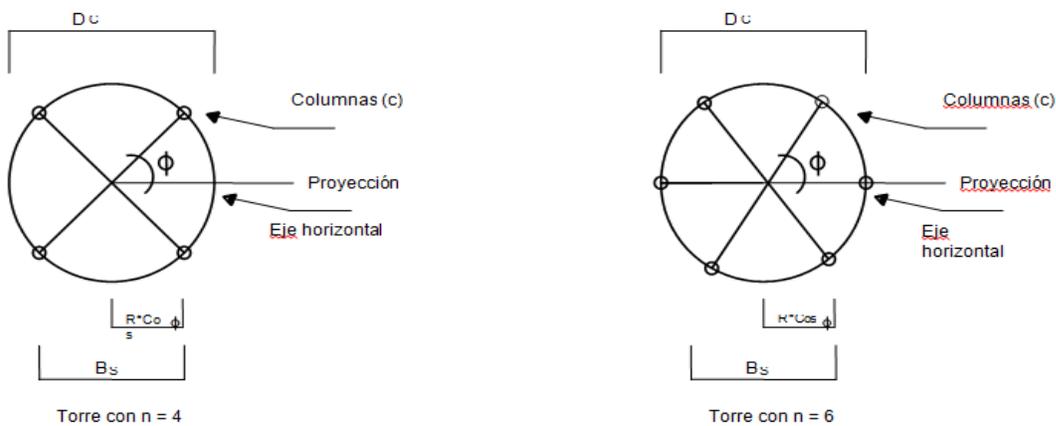
$m$  = inclinación de las columnas de la torre [%]

$H_t$  = altura de la torre [pie]

$\Phi$  = ángulo que se forma entre el radio de un círculo inscrito entre las bases de la torre y la proyección de la planta [°] (ver figura 17)

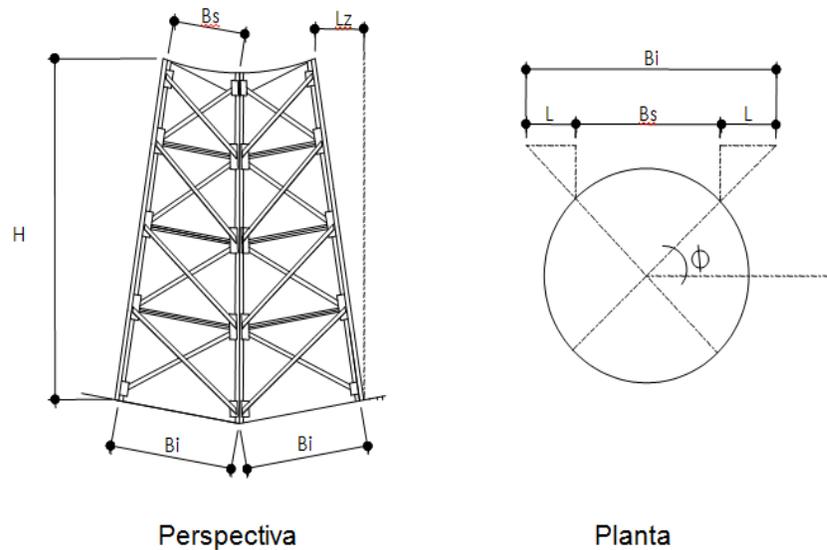
$n$  = número de columnas

Figura 18. **Planta, dimensión parte superior de la torre**



Fuente: RUANO PAZ, Antonio Marco. *Manual para el diseño de tanques elevados en la República de Guatemala*. p. 18.

Figura 19. **Perspectiva de la torre y planta de dimensiones con base de torre**



Fuente: RUANO PAZ, Antonio Marco. *Manual para el diseño de tanques elevados en la República de Guatemala*. p. 18.

#### 2.10.4.4.1. Centro de gravedad

Para determinar el centro de gravedad de la estructura se deben considerar las figuras geométricas que la componen. En el caso de los tanques elevados son dos figuras las que intervienen siendo estos el cuerpo cilíndrico y el cono invertido del fondo del depósito ya que solo estas estarán en contacto con el fluido y transmitirán esfuerzos a la estructura, adicionándole a esta la altura de la torre. Para determinar dichos valores se presentan las siguientes fórmulas:

Elemento	Volumen en pie <sup>3</sup>	Z en pies	Z * Volumen
Cilindro	$V_{cil} = \pi r^2 h_{cil}$	$Z_{tr} = \frac{1}{2} h_{cil} + Z_{tor}$	$H_{tr} V_{cil}$
Cono	$V_{con} = \frac{h_{con} r^2 \pi}{3}$	$Z_{tr} = \frac{3}{4} h_{con} + Z_{tor}$	$H_{tr} V_{con}$

$$\sum V \sum (Z V)$$

$$\bar{Z} = \frac{\sum(Z V)}{\sum V}$$

#### 2.10.4.4.2. Diseño de columnas

Las torres generalmente se hacen con columnas colocadas verticalmente o ligeramente inclinadas, de sección constante o variable y pueden ser perfiles estructurales, formas tubulares o secciones compuestas.

El empalme de placas en las estructuras de las columnas, deberá ser lo suficiente para tomar toda la posible tensión debido a esfuerzos producidos por cargas laterales y así mantener completamente los extremos de las secciones en línea. Cuando los extremos de las columnas son acordonados, no es usual tener empalmes de placas que tomen una porción grande del esfuerzo de compresión, sino de un 25 a 33 %, aproximadamente.

El diseño de los elementos columnas (c) se realizan utilizando como base los resultados de las cargas muertas (muerta + sobrecarga) y viva máximas aplicadas en estos y de los parámetros de aceleración espectral a períodos cortos ( $S_{DS}$ ) obtenidos del análisis estructural y empleados en la combinación gravitacional de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CG = (1,20 + 0.20 S_{DS}) CM + 0,50CV$$

En donde:

CG = combinación gravitacional

CM = cargas muertas

CV = cargas vivas

$S_{DS}$  = parámetro de aceleración espectral a periodos cortos

Se debe revisar que las fuerzas totales de compresión y tensión establecidas de acuerdo a la capacidad de los elementos breizas (b), y la combinación gravitacional se rija a lo siguiente:

- Las propiedades o especificaciones de la sección propuesta cumplan con las indicadas en la tabla 2-3 del AISC 360-10.
- La sección propuesta cumpla con los límites de compacidad sísmica establecidos en la Sección 8.2b., tabla I-8-1 del AISC 341-05.
- La sección propuesta cumpla con la esbeltez límite indicada en la Sección 13.2a. del AISC 341-05.
- El diseño por compresión de la sección propuesta cumpla con lo establecido en el Capítulo E del AISC 360-10.
- El diseño por tensión de la sección propuesta cumpla con lo establecido en el Capítulo D del AISC 360-10.
- La relación Demanda/Capacidad de la sección propuesta, tanto en compresión como en tensión, sea menor del 95 %.

#### **2.10.4.4.3. Diseño de arriostras horizontales**

Las arriostras horizontales (h) son aquellas que unen las columnas y su función principal es la de aumentar la resistencia de la armazón. Estos elementos pueden ser de diferentes formas y pueden trabajar a tensión o a compresión.

El diseño de estos elementos se realiza utilizando como base los resultados de las componentes horizontal y vertical de las fuerzas de tensión y compresión aplicadas en estos, y establecidas de acuerdo a la capacidad de los elementos breizas (b), y se deben regir a:

- Las propiedades o especificaciones de la sección propuesta cumplan con las indicadas en la tabla 2-3 del AISC 360-10.
- La sección propuesta cumpla con los límites de compacidad sísmica.

#### **2.10.4.4.4. Diseño de arriostras inclinadas**

Estas al igual que los arriostres horizontales están sujetas a fuerzas de tensión y compresión, se utilizan para darle una mayor ductilidad y resistencia a la estructura en caso de sismo extremo. El diseño de los elementos breizas (b) se realiza utilizando como base los resultados de las cargas de tensión y compresión máximas aplicadas en estos y obtenidos del análisis estructural, y se revisará que:

- Las propiedades o especificaciones de la sección propuesta cumplan con las indicadas en la tabla 2-3 del AISC 360-10.

- La sección propuesta cumpla con los límites de compacidad sísmica establecidos en la Sección 8.2b., tabla I-8-1 del AISC 341-05.
- La sección propuesta cumpla con la esbeltez límite indicada en la Sección 13.2a. del AISC 341-05.
- El diseño por compresión de la sección propuesta cumpla con lo establecido en el Capítulo E del AISC 360-10.
- El diseño por tensión de la sección propuesta cumpla con lo establecido en el Capítulo D del AISC 360-10.
- La relación Demanda/Capacidad de la sección propuesta, tanto en compresión como en tensión, sea menor del 95 %.

#### **2.10.4.4.5.      Diseño de placas para arriostras y bases de columnas**

Las placas que sirven para la unión de las arriostras tanto horizontales como inclinadas deben estar capacitadas para resistir fuerzas de tensión y flexión, por lo que el espesor mínimo recomendado para las mismas es de 1/4 de pulgada. El diseño de las conexiones con placa se deberá realizar utilizando como base los resultados de las fuerzas de tensión y compresión máximas aplicadas en éstas, y establecidas de acuerdo a la capacidad de los elementos revisando que esta cumpla con lo siguiente:

- Los elementos estructurales que unirán las placas deben acomodarse sin que uno interfiera al otro.
- Se debe dejar una distancia mínima de 2 1/3 de diámetro de separación de centro a centro de los agujeros (preferiblemente dejar 3 diámetros).

- Deben tener la suficiente longitud para que el cordón de soldadura que une la placa a la columna pueda resistir los esfuerzos inducidos.
- Se debe tomar en cuenta que la placa ya unida a la columna debe ser accesible para que el armador pueda colocar los elementos que unirán a la torre.
- Las propiedades o especificaciones del elemento breiza (b) cumplan con las indicadas en la tabla 2-3 del AISC 360-10.
- Las propiedades o especificaciones de la placa de conexión cumplan con las indicadas en la tabla 2-4 del AISC 360-10.
- El diseño en tensión y en compresión de la conexión cumpla con lo establecido en el Capítulo J del AISC 360-10.

#### Diseño de platina en la base de columna

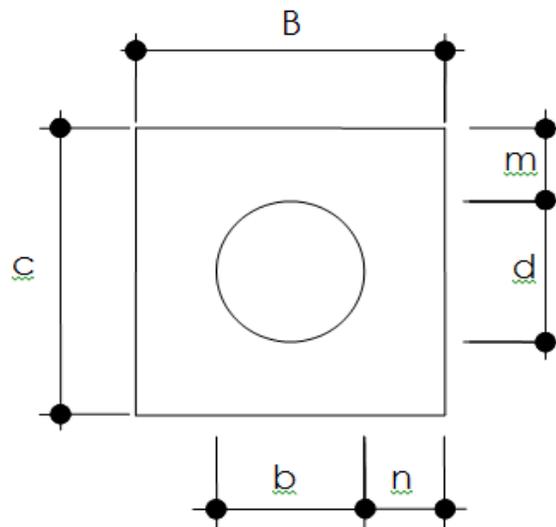
El área de la placa de la base se encuentra fácilmente, dividiendo la carga de la columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible en el concreto, dependiendo de la calidad del mismo.

El diseño de la placa de base se deberá realizar utilizando los resultados de la fuerza de compresión máxima aplicada en ésta, y establecida de acuerdo a la capacidad de los elementos breizas (b), y se revisará que:

- Las propiedades o especificaciones del elemento columna (c) cumplan con las indicadas en la tabla 2-3 del AISC 360-10.

- Las propiedades o especificaciones de la placa de base cumplan con las indicadas en la tabla 2-4 del AISC 360-10.
- El dimensionamiento de la placa de base cumpla con lo establecido en el Capítulo J, sección J8, y parte 14 del AISC 360-10.
- La resistencia del pedestal de concreto cumpla con lo establecido en el Capítulo J, sección J8, del AISC 360-10.
- El espesor requerido de la placa de base cumplan con lo establecido en la parte 14 del AISC 360-10.

Figura 20. **Planta de platina en base de columna**



Fuente: GÓMEZ SANTIAGO, Elioth, Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I*.

p. 21.

- Memoria de cálculo, diseño de la torre

Se realizan las integraciones de pesos de la estructura para lo cual se necesitan los siguientes datos:

$$\gamma_{h_2O} = 62,4 \text{ lbs/pie}^3$$

$$\gamma_{ac} = 490 \text{ lbs/pie}^3$$

En donde:

$\gamma_{h_2O}$  = peso específico del agua

$\gamma_{ac}$  = peso específico del acero

- Peso del tanque lleno de agua

- Peso del agua

$$W_{h_2O} = V_{alm} \gamma_{h_2O}$$

$$W_{h_2O} = 330,53 \text{ kips}$$

- Peso del depósito

Techo cónico

$$W_t = \pi r \sqrt{r^2 + h^2} t \gamma_{ac}$$

Cuerpo cilíndrico

$$W_z = (2 \pi r h + 2 \pi r) t \gamma_{ac}$$

Fondo cónico

$$W_t = \pi r \sqrt{r^2 + h^2} t \gamma_{ac}$$

Peso del depósito

$$W_d = 17,03 \text{ kips}$$

- Peso total del depósito

$$W_D = 330,53 + 17,03 = 347,56 \text{ Kips}$$

- Peso de la torre

Para determinar el peso de la misma se necesita asumir los elementos de la torre, consultando la página 1-93 del AISC (novena edición) por lo tanto se asume:

- Columnas de tubo HSS 10,00 X 0,50
- Riostras diagonales de tubo HSS 6,00 X 0,37.
- Riostras horizontales de tubo HSS 6,00 X 0,50

Tabla XXXV. **Peso de la torre**

SECCIONES PROPUESTAS INICIALES						
SECCION	ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTOS	LONGITU (PIE)	PESO (Klb)	DIAMETRO O ALTURA	AREA SOLIDA (PIE <sup>2</sup> )
HSS10.00X0.50	COLUMNA	24,00	237,54	12,06	0,83	197,95
HSS6.00X0.50	HORIZONTAL	18,00	310,00	9,11	0,50	155,00
HSS6.00X0.375	BREIZAS	48,00	557,40	12,54	0,50	278,70
33,72						<b>631,65</b>

Fuente: elaboración propia.

- Accesorios

El peso de los accesorios son las escaleras, los pernos, platinas de agarre y son tomados como el 5 % de las cargas que integran la torre y el depósito.

$$W_{ac} = 2,54 \text{ kips}$$

Peso total de la estructura (torre más depósito y accesorios).

$$W_T = W_D + W_{tor} + W_{ac} = 383,82 \text{ kips}$$

- Análisis

Fuerzas de viento

Velocidad V	80,00	mph, tabla XII
Factor de dirección, ( $K_d$ )	0,95	tabla XIII
Categoría de riesgo	IV	tabla XIV
Factor de imp. del viento, ( $I_v$ )	1,15	tabla XV

Rugosidad de la superficie

Categoría de exposición	B	página 90
Coeficiente, ( $\alpha$ )	7,00	tabla XVI
Coeficiente, ( $Z_g$ )	1 200,00	tabla XVI
Coeficiente Z	62,37	pie, $H_T + H_C + H_{tec}$

Coeficiente de presión de  
velocidad ( $K_z$ )                      0,86    página 92

En donde:

$H_T$  = altura de la torre [pie]

$H_c$  = altura del cuerpo cilíndrico [pie]

$H_{tec}$  = altura del techo cónico [pie]

Factor de topografía

Factor topográfico                      1    Sección 26.8.2 ASCE 7-10

Presión de velocidad

Presión de velocidad ( $q_z$ )            15,46    página 93

Periodo de la estructura

Altura al centro de masa, ( $H_{cm}$ )    49,37    pie, página 167

Gravedad                                  32,18    pie/seg<sup>2</sup>

Desplazamiento lateral, ( $\delta_{st}$ )    0,23    pie, página 93

Periodo, (T)                              0,53    seg, página 93

Frecuencia natural de la estructura

Frecuencia de la estructura (f)    1,89    HZ, página 94

Si  $f \geq 1$  Hz = estructura rígida

Si  $f < 1$  Hz = estructura flexible

Por lo tanto se concluye que la estructura es rígida

Altura equivalente de la estructura

Altura equivalente, ( $\bar{Z}$ )	23,75	pie, página 167
Altura equivalente mínima, ( $Z_{\min}$ )	30,00	pie, tabla XVI

Si  $\bar{Z} < Z_{\min} \rightarrow$  Utilizar  $Z_{\min}$

Por lo tanto se utiliza ( $Z_{\min}$ ) = 30,00 pie

Factor de ráfaga para estructuras rígidas

Intensidad de turbulencia, ( $I_z$ )	0,30	pie, página 95
Constante de exposición del terreno (C)	0,30	tabla XVI
Longitud integral de turbulencia, ( $L_z$ )	309,99	pie, página 95
Constante de exposición del terreno, ( $\ell$ )	320,00	tabla XVI
Constante de exposición del terreno, ( $\epsilon$ )	0,33	tabla XVI
Factor máximo de respuesta del viento, ( $g_v$ )	3,4	página 96
Factor máximo de respuesta del viento, ( $g_q$ )	3,4	página 96
Base del tanque, (B)	18,46	pie
Altura del tanque, (H)	20,00	pie
Factor de respuesta del fondo, (Q)	0,92	página 95
Factor de resonancia máxima, ( $g_r$ )	4,34	página 96

### Velocidad media del viento

Constante de exposición del terreno, ( $b$ )	0,84	tabla XVI
Altura equivalente, ( $\bar{Z}$ )	0,30	pie, tabla XVI
Constante de exposición del terreno, ( $\alpha$ )	0,25	tabla XVI
Velocidad del viento a una altura equivalente, ( $\bar{V}_Z$ )	96,24	pie/seg, página 97

### Frecuencia reducida

Frecuencia natural, (f)	1,89	página 94
Longitud integral de turbulencia, ( $L_z$ )	309,99	pie, página 95
Velocidad del viento a una altura equivalente, ( $\bar{V}_Z$ )	96,24	pie/seg, página 97
Frecuencia reducida, (N1)	6,10	

### Factor de ráfaga para estructuras rígidas

Factor de estructuras rígidas de ecuación, (G)	0,88	página 99
Factor de estructuras rígidas según Norma ASCE 7-10, (G)	0,85	página 99

Por lo tanto el factor de efecto ráfaga (G) que se utiliza en el diseño de la estructura es de 0,85.

Coeficiente de fuerza del tanque

Relación H/D	1,08	página 100
$D\sqrt{q_z}$	72.58	página 100
Coeficiente de fuerza del depósito $C_f$ tanque	0,50	tabla XVII
Coeficiente de fuerza de la torre		
Área sólida	138,27	página 182
Área gruesa	479,63	página 182
Relación Área sólida/ Área gruesa	0,29	página 99
Coeficiente de fuerza del depósito $C_f$ tanque	0,90	tabla XVII

- Determinación del cortante en la base debido al tanque ( $V_{\text{tanque}}$ )

Tabla XXXVI. **Cortante en la base de la torre debido al tanque**

INTEGRACIÓN DE CARGA DE VIENTO DE CORTANTE DEBIDO AL TANQUE				
Z (PIES)	Kz	qz (lbs/pie)	$P=qz*G*C_f$ (lbs/pie <sup>2</sup> )	V tributario kips
39,37	0,76	13,55	106,33	0,00
42,37	0,77	13,84	108,58	0,33
46,37	0,79	14,20	111,42	0,45
50,37	0,81	14,54	114,08	0,46
53,37	0,83	14,78	115,99	0,35
57,37	0,84	15,09	118,41	0,47
62,37	0,86	15,46	121,27	0,61
66,87	0,88	15,77	123,70	0,56
<b>V por viento</b>				<b>3,21</b>

Fuente: elaboración propia.

### Relación Área sólida / Área Gruesa, ( $\epsilon$ )

Con las dimensiones de la torre definidas y los elementos estructurales predimensionados, se procede a determinar la relación ( $\epsilon$ ). 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 XXXVII. **Secciones propuestas iniciales de la torre**

SECCIONES PROPUESTAS INICIALES						
SECCIÓN	ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTOS	LONGITUD (pie)	PESO (kips)	DIÁMETRO O ALTURA	ÁREA SÓLIDA (pie <sup>2</sup> )
HSS10X0,50	COLUMNA	24,00	237,54	12,06	0,83	197,95
HSS6X0,50	HORIZONTAL	18,00	310,00	9,11	0,50	155,00
HSS6X0,375	BREIZAS	48,00	557,40	12,54	0,50	278,70
33,72						<b>631,65</b>

Fuente: elaboración propia.

$$A_s = \left( \frac{A_s(\text{columnas})}{6} \right) 2 + \frac{A_s(\text{horizontales})}{6} + \frac{A_s(\text{breizas})}{6}$$

$$A_s = 138,27 \text{ pie}^2$$

Tabla XXXVIII. Dimensiones de la torre

DIMENSIONES DE TORRE		
$B_s$	9,23	pie
m	0,15	
$L_z$	5,91	pie
L	2,95	
$B_i$	15,14	pie
$H_{Torre}$	39,37	pie

Fuente: elaboración propia.

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

$$A_g = 479,63 \text{pie}^2$$

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

$$\varepsilon = 0,29$$

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

Tabla XXXIX. **Coordenadas locales de columnas de la torre**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>L<sub>proyectada</sub></b>	39,59 pie
0,00	0,00	0,00	2,95	2,95	39,37	<b>D<sub>columna</sub></b>	0,83 pie
2,95	2,95	39,37					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Carga de viento cortante de las columnas de la torre**

%	<b>H<sub>Torre</sub></b>	<b>K<sub>z</sub></b>	<b>q<sub>z</sub></b>	<b>q<sub>z</sub>*G</b>	<b>DVq<sub>z</sub></b>	<b>C<sub>f</sub> torre</b>	<b>q<sub>z</sub>*G*C<sub>f</sub></b>	<b>F (kips)</b>	<b>V<sub>Torre</sub></b>
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,000	0,00
0,20	7,92	0,48	8,57	7,29	2,44	0,90	6,56	0,007	0,05
0,40	15,84	0,58	10,45	8,88	2,69	0,90	7,99	0,008	0,06
0,60	23,75	0,66	11,73	9,97	2,85	0,90	8,97	0,009	0,07
0,80	31,67	0,71	12,74	10,83	2,97	0,90	9,74	0,010	0,08
1,00	39,59	0,76	13,57	11,54	3,07	0,90	10,38	0,010	0,08
								<b>V<sub>col</sub></b>	0,35
								<b>Cantidad</b>	2,00
								<b>V<sub>total</sub></b>	0,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Coordenadas del elemento horizontal (h1)**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>L<sub>proyectada</sub></b>	13,19 pie
0,00	0,00	9,84	0,00	13,19	0,00	<b>D<sub>horizontal</sub></b>	0,50 pie
0,00	13,19	9,84					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Carga de viento cortante del elemento h1 de la torre**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D <sup>1/2</sup> q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,000	0,00	
0,20	2,64	0,35	6,26	5,32	1,25	0,90	4,79	0,005	0,01	
0,40	5,28	0,43	7,63	6,49	1,38	0,90	5,84	0,006	0,02	
0,60	7,91	0,48	8,57	7,28	1,46	0,90	6,56	0,007	0,02	
0,80	10,55	0,52	9,30	7,91	1,53	0,90	7,12	0,007	0,02	
1,00	13,19	0,55	9,92	8,43	1,57	0,90	7,59	0,008	0,02	
									V <sub>h1</sub>	0,08
									Cantidad	1,00
									V <sub>total</sub>	0,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Coordenadas del elemento horizontal (h2)**

X	Y	Z	dx	dy	dz	L <sub>proyectada</sub>	12,19 pie
0,00	0,00	19,68	0,00	12,19	0,00	D <sub>horizontal</sub>	0,50 pie
0,00	12,19	19,68					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Carga de viento cortante del elemento h2 de la torre**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D <sup>1/2</sup> q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,000	0,00	
0,20	2,44	0,34	6,12	5,20	1,24	0,90	4,68	0,005	0,01	
0,40	4,88	0,42	7,46	6,34	1,37	0,90	5,71	0,006	0,01	
0,60	7,31	0,47	8,38	7,12	1,45	0,90	6,41	0,006	0,02	
0,80	9,75	0,51	9,10	7,73	1,51	0,90	6,96	0,007	0,02	
1,00	12,19	0,54	9,70	8,24	1,56	0,90	7,42	0,007	0,02	
									V <sub>h2</sub>	0,08
									Cantidad	1,00
									V <sub>total</sub>	0,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Coordenadas del elemento horizontal (h3)**

X	Y	Z	dx	dy	dz	L <sub>proyectada</sub>	10,72 pie
0,00	0,00	29,53	0,00	10,72	0,00	D <sub>horizontal</sub>	0,50 pie
0,00	10,72	29,53					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Carga de viento cortante del elemento h3 de la torre**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D√q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,000	0,00
0,20	2,14	0,33	5,90	5,02	1,21	0,90	4,51	0,005	0,01
0,40	4,29	0,40	7,19	6,11	1,34	0,90	5,50	0,006	0,01
0,60	6,43	0,45	8,08	6,87	1,42	0,90	6,18	0,006	0,01
0,80	8,58	0,49	8,77	7,45	1,48	0,90	6,71	0,007	0,01
1,00	10,72	0,52	9,35	7,94	1,53	0,90	7,15	0,007	0,02
								V <sub>h3</sub>	0,06
								Cantidad	1,00
								V <sub>total</sub>	0,06

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Coordenadas breizas (tramo 1)**

X	Y	Z	dx	dy	dz	L <sub>proyectada</sub>	12,48 pie
-7,57	13,10	0,00	7,57	-1,27	9,84	D <sub>breiza</sub>	0,50 pie
0,00	11,83	9,84				h <sub>t. inicial</sub>	0,00pie

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Carga de viento cortante de breizas tramo 1**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D√q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,000	0,00	
0,20	2,50	0,34	6,16	5,24	1,24	0,90	4,71	0,005	0,01	
0,40	4,99	0,42	7,51	6,39	1,37	0,90	5,75	0,006	0,01	
0,60	7,49	0,47	8,44	7,17	1,45	0,90	6,45	0,006	0,02	
0,80	9,98	0,51	9,16	7,78	1,51	0,90	7,01	0,007	0,02	
1,00	12,48	0,55	9,76	8,30	1,56	0,90	7,47	0,007	0,02	
									V <sub>b 1</sub>	0,08
									<b>Cantidad</b>	2,00
									V <sub>total</sub>	0,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Coordenadas breizas (tramo 2)**

X	Y	Z	dx	dy	dz	L <sub>proyectada</sub>	11,64 pie
0,00	11,83	9,84	-6,09	-1,29	9,84	D <sub>breiza</sub>	0,50 pie
-6,09	10,54	19,68				h <sub>t. inicial</sub>	9,84 pie

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Carga de viento cortante de breizas tramo 2**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D√q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>	
0,00	9,84	0,51	9,12	7,75	1,51	0,90	6,98	0,007	0,07	
0,20	12,17	0,54	9,69	8,24	1,56	0,90	7,41	0,007	0,02	
0,40	14,50	0,57	10,19	8,66	1,60	0,90	7,79	0,008	0,02	
0,60	16,82	0,59	10,63	9,04	1,63	0,90	8,13	0,008	0,02	
0,80	19,15	0,62	11,03	9,38	1,66	0,90	8,44	0,008	0,02	
1,00	21,48	0,64	11,40	9,69	1,69	0,90	8,72	0,009	0,02	
									V <sub>b 2</sub>	0,16
									<b>Cantidad</b>	2,00
									V <sub>total</sub>	0,33

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Coordenadas breizas (tramo 3)**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>L<sub>proyectada</sub></b>	11,64 pie
-6,09	10,54	19,68	6,09	-1,28	9,84	<b>D<sub>breiza</sub></b>	0,50 pie
0,00	9,26	29,52				<b>h<sub>t. inicial</sub></b>	19,68 pie

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Carga de viento cortante de breizas tramo 3**

<b>%</b>	<b>H<sub>Torre</sub></b>	<b>K<sub>z</sub></b>	<b>q<sub>z</sub></b>	<b>q<sub>z</sub>*G</b>	<b>D√q<sub>z</sub></b>	<b>C<sub>f</sub> torre</b>	<b>q<sub>z</sub>*G*C<sub>f</sub></b>	<b>F (kips)</b>	<b>V<sub>Torre</sub></b>
0,00	19,68	0,62	11,12	9,45	1,67	0,90	8,50	0,009	0,17
0,20	22,01	0,64	11,48	9,76	1,69	0,90	8,78	0,009	0,02
0,40	24,34	0,66	11,81	10,04	1,72	0,90	9,04	0,009	0,02
0,60	26,66	0,68	12,12	10,31	1,74	0,90	9,28	0,009	0,02
0,80	28,99	0,69	12,42	10,56	1,76	0,90	9,50	0,010	0,02
1,00	31,32	0,71	12,70	10,79	1,78	0,90	9,71	0,010	0,02
								<b>V<sub>b 3</sub></b>	0,28
								<b>Cantidad</b>	2,00
								<b>V<sub>total</sub></b>	0,55

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Coordenadas breizas (tramo 4)**

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>dx</b>	<b>dy</b>	<b>dz</b>	<b>L<sub>proyectada</sub></b>	10,90 pie
0,00	9,26	29,52	-4,52	-1,28	9,84	<b>D<sub>breiza</sub></b>	0,50 pie
-4,52	7,98	39,36				<b>h<sub>t. inicial</sub></b>	29,52 pie

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Carga de viento cortante de breizas tramo 4**

%	H <sub>Torre</sub>	K <sub>z</sub>	q <sub>z</sub>	q <sub>z</sub> *G	D√q <sub>z</sub>	C <sub>f</sub> torre	q <sub>z</sub> *G*C <sub>f</sub>	F (kips)	V <sub>Torre</sub>
0,00	29,52	0,70	12,48	10,61	1,77	0,90	9,55	0,010	0,28
0,20	31,70	0,71	12,74	10,83	1,78	0,90	9,75	0,010	0,02
0,40	33,88	0,73	12,98	11,04	1,80	0,90	9,93	0,010	0,02
0,60	36,06	0,74	13,22	11,23	1,82	0,90	10,11	0,010	0,02
0,80	38,24	0,75	13,44	11,42	1,83	0,90	10,28	0,010	0,02
1,00	40,42	0,76	13,66	11,61	1,85	0,90	10,45	0,010	0,02
								V <sub>b 4</sub>	0,39
								Cantidad	2,00
								V <sub>total</sub>	0,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Resultados de corte basal por viento**

V columnas	0,69	kips
V horizontales	0,22	kips
V Breizas	1,82	kips
V torre	2,73	kips
V tanque	3,21	kips
<b>V tanque + torre</b>	<b>5,95</b>	kips

Fuente: elaboración propia.

- Cargas de sismo

Clase de sitio	D	tabla XVIII
Municipio	Sta. Catarina Pinula	ubicación
Parámetro, (S <sub>s</sub> )	1,50	tabla XIX
Parámetro, (S <sub>1</sub> )	0,50	tabla XIX
Categoría de riesgo	IV	tabla XIV
Período de transición a largo plazo, (T <sub>L</sub> )	8,00	tabla XXII

Factor de importancia del sismo, ( $I_s$ )	1,5	tabla XXIII
Gravedad específica (g)	32,18	pie/seg <sup>2</sup>
Centro de masa de la estructura, ( $H_{cm}$ )	49,37	pie
Peso total de la estructura, ( $W_T$ )	383,82	kips
Tipo de estructura	Tanques elevados, con breizas simétricas	tabla XXVI
Derivada máxima permisible		
Derivada máxima permisible, ( $\Delta_{per}$ )	0,49	tabla XXVII
Coeficientes de sitio		
Coeficiente de sitio, ( $F_a$ )	1,00	tabla XX
Coeficiente de sitio, ( $F_v$ )	1,50	tabla XXI
Coeficiente para máximo sismo esperado		
Coeficiente de aceleración espectral		
en períodos cortos, ( $S_{MS}$ )	1,50	página 121
Coeficiente de aceleración espectral		
en períodos de 1 segundo, ( $S_{M1}$ )	0,75	página 121
Parámetros de diseño de aceleración espectral		
Coeficiente de aceleración espectral		
en periodos cortos, ( $S_{DS}$ )	1,00	página 122
Coeficiente de aceleración espectral		
en períodos de 1 segundo, ( $S_{D1}$ )	0,50	página 122
.Categoría de diseño sísmico		

Categoría por $S_{DS}$	D	tabla XXIV
Categoría por $S_{D1}$	D	tabla XXV
Usar categoría	D	

#### Coeficientes de diseño sísmico

Coeficiente de modificación de respuesta, (R)	3,00	tabla XXVI
Factor de sobre esfuerzo, ( $\Omega_o$ )	2,00	tabla XXVI
Factor de amplificación, ( $C_d$ )	2,50	tabla XXVI

#### Periodo fundamental de la estructura

Desplazamiento lateral, ( $\delta_{st}$ )	0,30	página 125
Período, ( T )	0,60	página 126
Tipo de estructura	Flexible	

#### Coeficiente de respuesta sísmica

Coeficiente de respuesta sísmica, ( $C_s$ )	0,50	página 128
Si , $T \leq T_L$ , entonces $C_{s(max)}$	0,41	página 128
Si , $T > T_L$ , entonces $C_{s(max)}$	5,50	página 128
Coeficiente de respuesta sísmica, ( $C_{s(min)}$ )	0,03	página 128
Por lo tanto se usará el $C_{s(max)}$	0,41	página 128

- Cortante en la base para estructuras flexibles

Tabla LVI. **Resultados del corte inducido por sismo en estructuras flexibles**

$C_s (\max)$	0,41	
$W_T$	383,82	kips
$V_{\text{sismo}} = W_T C_s (\max)$	<b>159,18</b>	<b>kips</b>

Fuente: elaboración propia.

Debido a que el corte por sismo ( $V_{\text{sismo}}$ ) es mucho mayor que el corte por viento ( $V_{\text{viento}}$ ); se tomará este para el diseño de la estructura.

Carga por presión hidrostática en el cuerpo del tanque

Altura de la torre, ( $H_{\text{torre}}$ )	39,37	pie
Altura del techo ( $H_{\text{techo}}$ )	3,00	pie
Altura del fondo ( $H_{\text{fondo}}$ )	3,00	pie
Altura del cuerpo ( $H_{\text{cuerpo}}$ )	20	pie
Peso del agua, ( $\delta_{\text{h}_2\text{o}}$ )	62,40	lbs/pie <sup>3</sup>

$$P_c = \delta_{\text{h}_2\text{o}} H_{\text{cuerpo}}$$

$$P_c = 1,25 \text{ kips / pie}^2$$

En donde

$P_c$  = carga por presión hidrostática en el cuerpo (carga de agua PR)

$\delta_{h_2o}$  = peso específico del agua [lbs/pie<sup>3</sup>]

$H_{cuerpo}$  = altura del cuerpo cilíndrico [pie]

Para poder determinar la presión hidrostática en el fondo del depósito se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_x + B_y + C_z + D$$

En donde

$A_x$  = constante de presión orientada en la dirección X

$B_y$  = constante de presión orientada en la dirección Y

$C_z$  = constante de presión orientada en la dirección Z

D = constante de presión por la altura del líquido

Las constantes  $A_x$  y  $B_y$  son cero ya que la presión orientada en esas direcciones no influye en la presión que resiste el fondo del depósito. Para determinar las otras dos incógnitas se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$C_z = \frac{\delta_{h_2o}}{H_{cuerpo}} ; \quad D = (H_{torre} + H_{cuerpo}) \delta_{h_2o}$$

Por lo tanto

$$C_z = 0,06 \text{ kips/pie}^3$$

$$D = 3,70 \text{ kips/pie}^3$$

Al evaluar estos datos en los parámetros de presión superficial en el fondo del depósito que presenta el programa de SAP2000, hay que verificar hacia donde están orientados los ejes de presión, para determinar el signo de ellos o cambiarlos a conveniencia.

Se considera que los lectores o diseñadores poseen el conocimiento de las características básicas para la utilización del paquete de *software* o programa SAP2000, por lo que los datos para el diseño de los elementos de acero de la estructura se determinaron por medio del método denominado diseño por capacidad, utilizando como base los resultados obtenidos del análisis estructural realizado por el *software* o programa SAP2000.

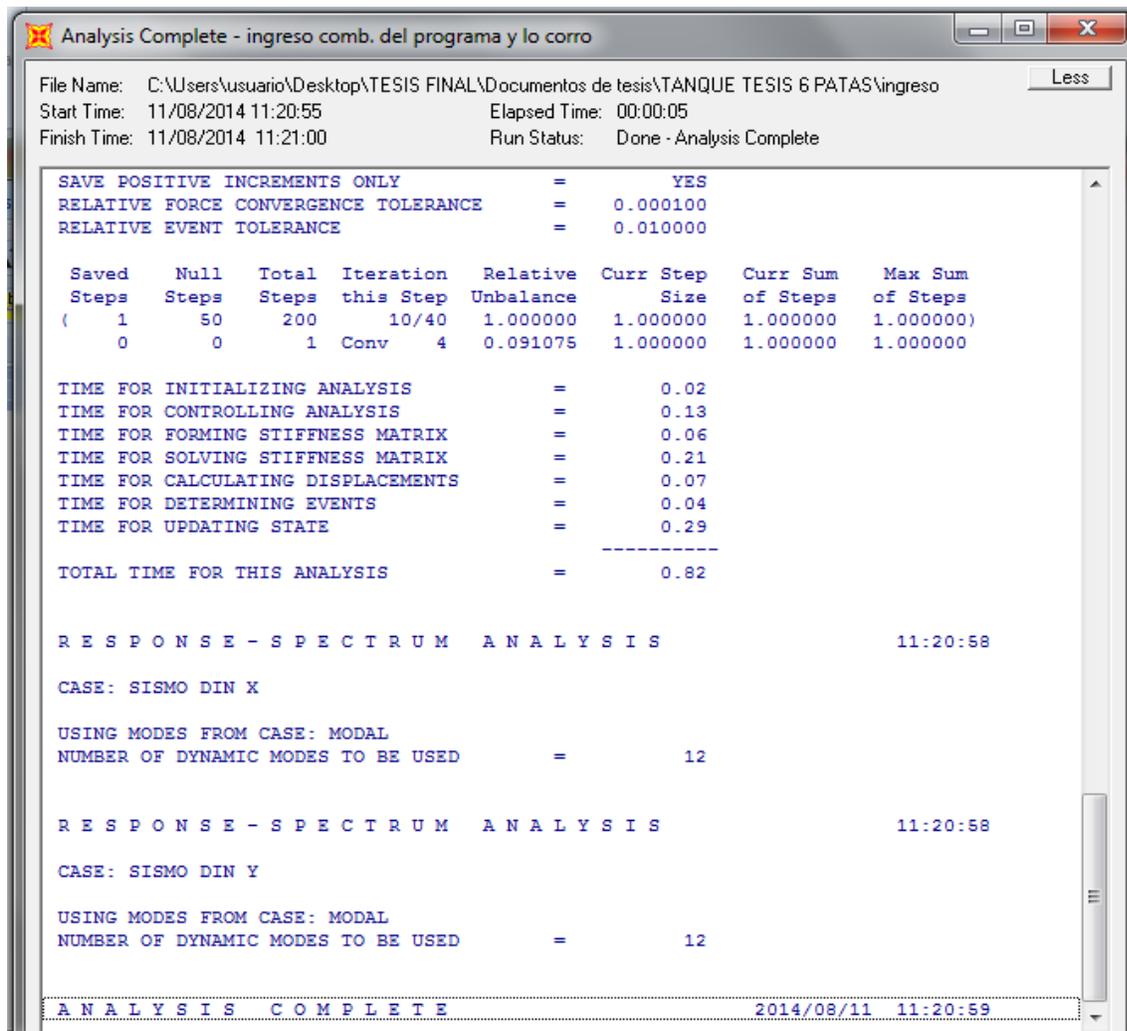
La estructura se modificó e idealizó para que a la geometría del modelo se le asignaran las características de las secciones de los elementos de la torre denominados columnas (C), horizontales (h), breizas (b) y al depósito el cuerpo cilíndrico, techo y fondo. Para tener una guía de cómo se ingresan los datos de las fuerzas cortantes por viento ( $V_{\text{viento}}$ ) y por sismo ( $V_{\text{sismo}}$ ), dentro del *software* o programa SAP200, se recomienda tomar como guía la tesis de maestría del Ing. Marco Antonio Ruano Paz, citada en la bibliografía de este trabajo de graduación.

Se debe revisar que el 85 % del cortante estático ( $V_{\text{estático}}$ ) en la base sea menor que el cortante dinámico ( $V_{\text{dinámico}}$ ) en la base y además que la partición modal no difiera en más de un 10 %, todo esto para garantizar la estabilidad de la estructura.

Para realizar dicha verificación se debe hacer correr el programa SAP2000 con la combinación de cargas para estructuras metálicas y en

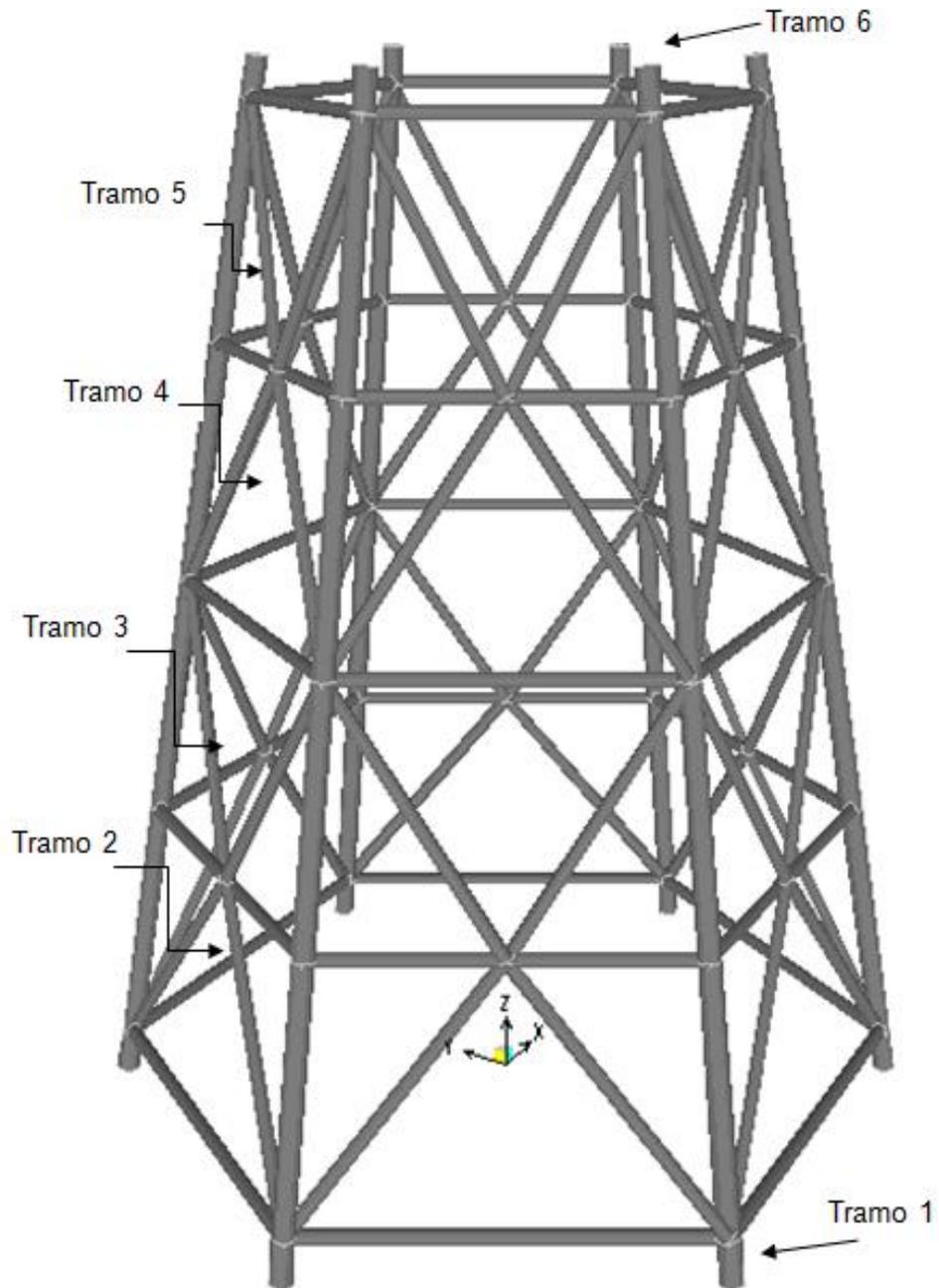
modo de estructuras espaciales, verificar que el análisis se haya completado correctamente para posteriormente revisar los cortantes y la partición modal de la masa, esto se verifica dos veces, al inicio con los elementos propuestos y posteriormente con los elementos obtenidos del diseño realizado.

Figura 21. **Análisis estructural de tanque elevado en SAP2000**



Fuente: elaboración propia, ventana de análisis de Sap2000.

Figura 22. Estructura de la torre



Fuente: elaboración propia, ventana de análisis (partición modal de masas) de Sap2000.

- Diseño de elemento breiza

Resultados obtenidos del análisis estructural y de la geometría de la estructura en SAP2000.

Tabla LVII. **Resultados del análisis estructural**

CARGAS MÁXIMAS APLICADAS			GEOMETRÍA	
Tramo	Tensión máxima (kips)	Compresión máxima (kips)	Altura de tramo (pie)	Longitud de breiza (pie)
5	22,93	22,93	9,1	10,3
4	21,48	21,48	9,1	11
3	19,01	19,01	9,1	11
2	19,54	19,54	9,1	11,81

Fuente: elaboración propia.

Se diseña la sección de la breiza sobre la cual actúa la mayor combinación de cargas (la más crítica).

- Predimensionamiento de la sección

$$\begin{aligned}
 E &= 29\,000,00 \text{ kips/plg}^2 \\
 F_y &= 42 \text{ kips/plg}^2 \\
 \text{Long}_{\text{breiza}} &= 10,30 \text{ pie} \\
 K &= 1 \\
 \text{Long}_{\text{breiza}} &= 123,60 \text{ plg} \\
 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} &= 105,11
 \end{aligned}$$

$$r_{\min} = 1,18 \text{ plg}$$

Con  $r_{\min}$  se propone sección HSS circular

- Propiedades de la breiza

Sección propuesta = HSS 4 X 0.188

Acero = A500 Gr (Round) tabla 2-3 AISC 360-10

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_u = 58 \text{ kips/plg}^2$$

- Paso 1. Compacidad sísmica de la breiza

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \text{ tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

$$D = 4,00 \text{ plg}$$

$$t = 0,174 \text{ plg}$$

$$\frac{D}{t} = 22,99$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la breiza

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{Tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,35 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 91,56$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez

- Paso 3. Diseño por compresión

Capacidad axial en la breiza

$$\phi_c = 0,9$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 34,15 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,23$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \right] F_y = 25,10 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 29,95 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 47,21 \text{ kips capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 91,56$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

Compresión máxima = 22,93 kips          Demanda  
 Demanda/Capacidad = 0,49

La sección si cumple, con un 49 % (máximo del 95 %)

- Paso 4. Diseño por tensión

Fluencia en el área gruesa (capítulo D, -AISC- 360-10)

$$\phi_t = 0,90$$

$$\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g = 79,00 \text{ kips}$$

Ruptura en el área neta

Tabla LVIII. **Propiedades de la placa de conexión**

<b>Propiedades de placa de conexión</b>		
Acero	A - 36	
$F_y$	36	kips/plg <sup>2</sup>
$F_u$	58	kips/plg <sup>2</sup>
$t_{\text{placa}}$	5/16	plg
$L_{\text{conexión}}$	14	plg
1.3 D	5,20	plg

Fuente: elaboración propia.

$\phi_t =$	0,75	
$U =$	1	Capítulo D , AISC 360-10
$X_c = \frac{D}{\pi} =$	1,27 plg	
$U = 1 - \left( \frac{X_c}{L_{conexión}} \right)$	0,91	
=		
$A_{slot} = 2 t_{placa} a t =$	0,11 plg <sup>2</sup>	
$A_n = A_g - A_{slot} =$	1,98 plg <sup>2</sup>	
$A_u = U A_n =$	1,98 plg <sup>2</sup>	
$\phi_t P_n = \phi_t F_u A_u =$	86,22 kips	Capacidad
Capacidad en tensión =	79,00 kips	
Tensión máxima =	22,93 kips	Demanda
Demanda/Capacidad =	0,29	

La sección si cumple, con un 29 % (máximo del 95 %), dominando la fluencia en el área gruesa, por lo que no necesita refuerzo

- Diseño de elemento columna

Resultados obtenidos del análisis estructural y de la geometría de la estructura en SAP2000.

Tabla LIX. **Resultados del análisis de la estructura en SAP2000 de las columnas**

Tramo	Longitud de columna (pie)
6	1,5
5	9,2
4	9,2
3	9,2
2	9,2
1	1,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Combinación gravitacional en columnas para  $S_{DS} = 1$**

FUERZA DE COMPRESIÓN GRAVITACIONAL EN COLUMNAS (COMBINACIÓN GRAVITACIONAL)				
Tramo	Carga muerta (C.M.) (kips)	Sobrecarga AGUA (kips)	Carga Viva (C.V.) (kips)	Combinación Gravitacional (1,20 + 0,20 $S_{DS}$ ) C.M. + 0,5 C.V. (kips)
6	2,88	52,41	0,92	77,866
5	2,05	33,62	0,59	50,233
4	2,27	33,72	0,59	50,681
3	3,31	44,2	0,75	66,889
2	3,57	44,05	0,75	67,043
1	4,82	55,74	0,94	85,254

Fuente: elaboración propia.

Los elementos estructurales HSS circulares se encuentran en el mercado en longitudes entre 6,00 a 6,10 metros, depende el fabricante, por lo que se analizan dos secciones HSS Circulares para conformar una de las columnas de la torre, abarcando cada una tres tramos.

Elemento HSS Circular 1 = Tramos 4, 5, y 6.

Elemento HSS Circular 2 = Tramos 1, 2, y 3.

$$\Phi = 0,9$$

$$R_y = 1,4 \text{ tabla I-6-1, AISC 341-05}$$

$$F_{y \text{ breiza}} = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2$$

Tabla LXI. **Fuerza de compresión en columnas**

<b>FUERZA DE COMPRESIÓN EN COLUMNAS (CAPACIDAD BREIZAS + COMPRESIÓN GRAVITACIONAL)</b>					
<b>Tramo</b>	<b>Cos <math>\beta</math></b>	<b>Compresión Breiza 0.3 Pn Cos <math>\beta</math> (kips)</b>	<b>Tensión Breiza Ry Fy Ag Cos <math>\beta</math> (kips)</b>	<b>Compresión Gravitacional (kips)</b>	<b>Compresión Total (kips)</b>
6	0	0	0	77,87	77,87
5	0,88	13,76	0	50,23	64,00
4	0,87	0	106,43	50,68	170,87
3	0,79	12,40	0	66,89	199,48
2	0,82	0	100,77	67,04	300,40
1	0	0	0	85,25	318,62

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Fuerza de tensión en columnas**

<b>FUERZA DE TENSIÓN EN COLUMNAS (CAPACIDAD BREIZAS + COMPRESIÓN GRAVITACIONAL)</b>					
<b>Tramo</b>	<b>Cos <math>\beta</math></b>	<b>Compresión Breiza 0.3 Pn Cos <math>\beta</math> (kips)</b>	<b>Tensión Breiza Ry Fy Ag Cos <math>\beta</math> (kips)</b>	<b>Compresión Gravitacional (kips)</b>	<b>Compresión Total (kips)</b>
6	0	0	0	-77,87	-77,87
5	0,86	0	105,34	-50,23	55,11
4	0,87	13,63	0	-50,68	68,29
3	0,79	0	96,84	-66,89	148,92
2	0,82	12,91	0	-67,04	161,67
1	0	0	0	-85,25	143,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Fuerzas de compresión y tensión en columnas**

HSS Circular 1		HSS Circular 2	
Compresión (kips)	Tensión (kips)	Compresión (kips)	Tensión (kips)
170,87	69,29	318,62	161,67

Fuente: elaboración propia.

Se diseña la columna con el tramo que presenta el mayor esfuerzo a compresión y tensión, siendo esta la sección HSS Circular 2, por lo que esta rige el diseño.

- Propiedades de la columna

Sección propuesta = HSS 8X 0.375  
 Acero = A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10  
 E = 29 000 kips/plg<sup>2</sup>  
 F<sub>y</sub> = 42 kips  
 F<sub>u</sub> = 58 kips  
 Columna<sub>log.</sub> = 9,2 pie  
 Columna<sub>log.</sub> = 110,4 plg  
 K = 1

- Paso 1. Compacidad sísmica de la columna

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

D = 8,63 plg  
 t = 0,34 plg

$$\frac{D}{t} = 25,37$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la columna

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 2,93 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 37,68$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez

- Paso 3. Diseño por compresión

Capacidad axial en la columna

$$\phi_c = 0,9$$

$$A_g = 9,07 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} = 201,60 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 0,21$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \right] F_y = 38,50 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 176,81 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 314,22 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 37,68$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

Compresión máxima = 300,40 kips Demanda

Demanda / Capacidad = 0,95

La sección si cumple, con un 95 % (máximo del 95 %)

○ Paso 4. Diseño por tensión

Fluencia en el área gruesa (capítulo D, AISC 360-10)

$$\phi_t = 0,90$$

$$\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g = 342,85 \text{ kips}$$

Ruptura en el área neta

$$\phi_t = 0,75$$

$$U = 1 \quad \text{Capítulo D , AISC 360-10}$$

$$A_n = A_g = 9,07 \text{ plg}$$

$$\begin{aligned}
 A_e = U A_n &= 9,07 \text{ plg} \\
 \phi_t P_n = \phi_t F_u A_u &= 394,55 \text{ kips} \quad \text{Capacidad} \\
 \text{Capacidad en tensión} &= 342,85 \text{ kips} \\
 \text{Tensión máxima} &= 161,67 \text{ kips} \quad \text{Demanda} \\
 \text{Demanda/Capacidad} &= 0,47
 \end{aligned}$$

La sección si cumple, con un 47 % (máximo del 95 %), dominando la fluencia en el área gruesa, por lo que no necesita refuerzo

- Diseño de elementos horizontales

Resultados obtenidos del análisis estructural y de la geometría de la estructura en SAP2000.

Tabla LXIV. **Resultados del análisis estructural en SAP2000 de los elementos horizontales**

<b>Elemento horizontal</b>	<b>Longitud L (pie)</b>
h-5	9,46
h-4	10,82
h-3	12,19
h-2	13,55
h-1	14,91

Fuente: elaboración propia.

$$R_y = 1,4 \text{ tabla I-6-1 AISC 341-05}$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

Tabla LXV. **Capacidad y componentes inducidos por las breizas**

<b>Capacidad de las breizas y componentes inducidos por las breizas</b>					
<b>Elemento horizontal</b>	<b>Compresión Pn (kips)</b>	<b>Tensión RyFyAg (kips)</b>	<b><math>\emptyset</math></b>	<b>Componente Horizontal Ph= (RyFyAg + Pn) sin <math>\emptyset</math> (kips)</b>	<b>Componente Vertical Pv= (RyFyAg - Pn) cos <math>\emptyset</math> (kips)</b>
h - 4	52,5	122,89	29	-85,62	-61,43
	52,5	122,89	30	87,15	61,09
h - 2	52,5	122,89	38	-107,54	-55,61
	52,5	122,89	35	100,48	57,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Corte, carga axial y momentos máximos en elementos h-4 y h-2**

<b>Elemento horizontal</b>	<b>Longitud L (pie)</b>	<b>Cortante máximo (kips)</b>	<b>Carga axial máxima (kips)</b>	<b>Momento M = Pv L / 4 (kips - pie)</b>	<b>Momento máximo (kips - pie)</b>
h - 4	10,82	-0,35	1,53	-166,18	-0,94
				165,24	
h - 2	13,55	2,09	-7,06	-188,38	7,07
				195,45	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVII. **Corte, carga axial y momentos máximos en elementos h-5, h-3 y h-1**

<b>Elemento horizontal</b>	<b>Longitud L (pie)</b>	<b>Cortante máximo (kips)</b>	<b>Carga axial máxima (kips)</b>	<b>Momento máximo (kips - pie)</b>
h - 5	9,46	0,072	14,18	0,68
h - 3	12,19	0,062	5,18	0,76
h - 1	14,91	0,0066	1,2	0,10

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de elemento horizontal h – 1.

Propiedades de la horizontal

Sección propuesta

= HSS 5 X 0,188

Acero = A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10

E = 29 000 kips/plg<sup>2</sup>

F<sub>y</sub> = 42 kips/plg<sup>2</sup>

F<sub>u</sub> = 58 kips/plg<sup>2</sup>

Horizontal<sub>log.</sub> = 14,91 pie

Horizontal<sub>log.</sub> = 178,92 plg

K = 1

- Paso 1. Compacidad sísmica de la horizontal h-1

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

$$D = 5 \text{ plg}$$

$$t = 0,17 \text{ plg}$$

$$\frac{D}{t} = 29,41$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la horizontal h-1

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,71 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 104,63$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez

➤ Paso 3. Diseño por flexo-compresión

Capacidad axial en la horizontal h-1

$$\phi_b = 0,9$$

$$A_g = 2,64 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla Manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 26,14 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,61$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{F_y}{F_e}\right)\right] F_y = 21,44 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 22,93 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 50,94 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 104,63$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

$$\text{Compresión máxima} = 1,2 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = 0,02 \text{ kips}$$

La sección cumple con la carga axial aplicada en un 2 % (máximo del 95 %)

Capacidad a flexión de la horizontal h-1

$$\phi_b = 0,9$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$z = 2,77 \text{ plg}^3$$

$$M_c = \phi_b M_n = \phi_b F_y z = 8,73 \text{ kips - pie}$$

$$\text{Momento máximo, } M_r = - 0,1 \text{ kips - pie} \quad \text{Demanda}$$

Aplicación de la ecuación H1 – 1 del capítulo H del AISC 360-10

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1 - 1a})$$

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} < 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1 - 1b})$$

Utilizar ecuación H1-1a

$$P_c = 50,94 \text{ kips}$$

$$P_r = 1,2 \text{ kips}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = 0,02 \quad \text{Utilizar ecuación H1-1a}$$

$$\text{H1 - 1a} = 0,03$$

La sección cumple con la flexo-compresión ya que  $0,03 < 1$

➤ Paso 4. Diseño por corte

Capacidad a corte de la horizontal (capítulo G, AISC 360-10)

$$\phi_v = 0,90$$

$$F_{cr} = \frac{1,6 E}{\sqrt{\frac{\text{Horizontal}_{\log.}}{2} \cdot D}} \left(\frac{D}{t}\right)^{5/4} = 160,15 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2a, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 141,81 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2b, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = 0,60F_y = 25,2 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,64 \text{ plg}^2$$

$$\phi_v V_n = \phi_v \frac{A_g}{2} = 29,94 \text{ kips}$$

$$\text{Corte máximo} = 0,0066 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = 0,00$$

La sección si cumple por corte

- Diseño de elemento horizontal h – 2.

Propiedades de la horizontal

$$\text{Sección propuesta} = \text{HSS } 4,5 \times 0,188$$

$$\text{Acero} = \text{A500 Gr B (Round)} \quad \text{tabla 2-3 AISC 360-10}$$

E =	29 000 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>y</sub> =	42 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>u</sub> =	58 kips / plg <sup>2</sup>
Horizontal <sub>log.</sub> =	13,55 pie
Horizontal <sub>log.</sub> =	162,6 plg
K =	1

➤ Paso 1. Compacidad sísmica de la horizontal h-2

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

$$D = 4,5 \text{ plg}$$

$$t = 0,17 \text{ plg}$$

$$\frac{D}{t} = 26,47$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

➤ Paso 2. Límite de esbeltez en la horizontal h-2

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,53 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 106,28$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez.

➤ Paso 3. Diseño por flexo-compresión

Capacidad axial en la horizontal h-2

$$\phi_b = 0,9$$

$$A_g = 2,36 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla Manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 25,34 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,66$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \right] F_y = 20,99 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 22,23 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 44,58 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 106,28$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

$$\begin{aligned} \text{Compresión máxima} &= -7,06 \text{ kips} && \text{Demanda} \\ \text{Demanda / Capacidad} &= -0,16 \end{aligned}$$

La sección cumple con la carga axial aplicada en un 2 % (máximo del 95 %)

Capacidad a flexión de la horizontal h-2

$$\begin{aligned} \phi_b &= 0,9 \\ F_y &= 42 \text{ kips/plg}^2 \\ z &= 3,26 \text{ plg}^3 \\ M_c = \phi_b M_n = \phi_b F_y z &= 10,27 \text{ kips - pie} \\ \text{Momento máximo, } M_r &= 7,07 \text{ kips - pie} \quad \text{Demanda} \end{aligned}$$

Aplicación de la ecuación H1 – 1 del capítulo H del AISC 360-10

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1} - 1a)$$

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} < 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1} - 1b)$$

Utilizar ecuación H1-1a

$$\begin{aligned} P_c &= 44,58 \text{ kips} \\ P_r &= 7,06 \text{ kips} \end{aligned}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = 0,16 \quad \text{Utilizar ecuación H1-1a}$$

$$H1 - 1a = 0,45$$

La sección cumple con la flexo - compresión ya que  $0,45 < 1$

➤ Paso 4. Diseño por corte

Capacidad a corte de la horizontal (capítulo G, AISC 360-10)

$$\phi_v = 0,90$$

$$F_{cr} = \frac{1,6 E}{\sqrt{\frac{\text{Horizontal}_{\log.}}{2} \frac{2}{D}}} \left(\frac{D}{t}\right)^{5/4} = 181,81 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2a, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 166,09 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2b, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = 0,60F_y = 25,2 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,36 \text{ plg}^2$$

$$\phi_v V_n = \phi_v \frac{A_g}{2} = 26,76 \text{ kips}$$

$$\text{Corte máximo} = 2,09 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = 0,08$$

La sección si cumple por corte

- Diseño de elemento horizontal h – 3.

Propiedades de la horizontal

Sección propuesta =	HSS 4.5 X 0,188
Acero =	A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10
E =	29 000 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>y</sub> =	42 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>u</sub> =	58 kips / plg <sup>2</sup>
Horizontal <sub>log.</sub> =	12,19 pie
Horizontal <sub>log.</sub> =	146,28 plg
K =	1

- Paso 1. Compacidad sísmica de la horizontal h-3

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

$$D = 4.5 \text{ plg}$$

$$t = 0,17 \text{ plg}$$

$$\frac{D}{t} = 26,47$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la horizontal h-3

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,53 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 95,61$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez

- Paso 3. Diseño por flexo-compresión

Capacidad axial en la horizontal h-3

$$\phi_b = 0,9$$

$$A_g = 2,36 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla Manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 31,31 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,34$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{F_y}{F_e}\right)\right] F_y = 23,96 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 27,46 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 50,88 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 95,61$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

Compresión máxima	=	5,18	Demanda
Demanda/Capacidad	=	0,10	

La sección cumple con la carga axial aplicada en un 10 % (máximo del 95 %)

Capacidad a flexión de la horizontal h-3

$\phi_b$	=	0,9	
$F_y$	=	42 kips/plg <sup>2</sup>	
$z$	=	3,26 plg <sup>3</sup>	
$M_c = \phi_b M_n = \phi_b F_y z$	=	10,27 kips - pie	
Momento máximo, $M_r$	=	0,76 kips - pie	Demanda

Aplicación de la ecuación H1 – 1 del capítulo H del AISC 360-10.

Cuando  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$  (H1 – 1a)

Cuando  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$  (H1 – 1b)

Utilizar ecuación H1-1a

$$P_c = 50,88$$

$$P_r = 5,18 \text{ kips}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = 0,104 \text{ Utilizar ecuación H1-1a}$$

$$H1 - 1a = 0,17$$

La sección cumple con la flexo - compresión ya que  $0,17 < 1$

➤ Paso 4. Diseño por corte

Capacidad a corte de la horizontal (capítulo G, AISC 360-10)

$$\phi_v = 0,90$$

$$F_{cr} = \frac{1,6 E}{\sqrt{\frac{\text{Horizontal}_{log.}}{2} \frac{2}{D}}} \left(\frac{D}{t}\right)^{5/4} = 191,69 \text{ kips/plg}^2 \text{ G6-2a, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 166,09 \text{ kips/plg}^2 \text{ G6-2b, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = 0,60F_y = 25,2 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,36 \text{ plg}^2$$

$$\phi_v V_n = \phi_v \frac{A_g}{2} = 26,76 \text{ kips}$$

Corte máximo	=	0,062	Demanda
Demanda / Capacidad	=	0,002	

La sección si cumple por corte

- Diseño de elemento horizontal h – 4.

Propiedades de la horizontal

Sección propuesta =	HSS 4 X 0,188
Acero =	A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10
E =	29 000 kips/plg <sup>2</sup>
F <sub>y</sub> =	42 kips/plg <sup>2</sup>
F <sub>u</sub> =	58 kips/plg <sup>2</sup>
Horizontal <sub>log.</sub> =	10,82 pie
Horizontal <sub>log.</sub> =	129,84 plg
K =	1

- Paso 1. Compacidad sísmica de la horizontal h-4

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{Tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

D =	4 plg
t =	0,17 plg
$\frac{D}{t}$ =	23,53

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección si cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la horizontal h-4

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,35 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 96,18$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección si cumple; sección dentro del límite de esbeltez

- Paso 3. Diseño por flexo-compresión

Capacidad axial en la horizontal h-4

$$\phi_b = 0,9$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla Manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} = 30,94 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,36$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \left( \frac{F_y}{F_e} \right) \right] F_y = 23,80 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 27,14 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 44,76 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 96,18$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

$$\text{Compresión máxima} = 1,53 \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = 0,03$$

La sección cumple con la carga axial aplicada en un 3 % (máximo del 95 %)

Capacidad a flexión de la horizontal h-4

$$\phi_b = 0,9$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$z = 2,55 \text{ plg}^3$$

$$M_c = \phi_b M_n = \phi_b F_y z = 8,03 \text{ kips - pie}$$

$$\text{Momento máximo, } M_r = - 0,94 \text{ kips - pie} \quad \text{Demanda}$$

Aplicación de la ecuación H1 – 1 del capítulo H del AISC 360-10

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \quad \rightarrow \quad \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1 – 1a})$$

Cuando  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$  (H1 – 1b)

Utilizar ecuación H1-1<sup>a</sup>

$$\begin{aligned} P_c &= 44,76 \\ P_r &= 1,53 \text{ kips} \\ \frac{P_r}{P_c} &= 0,034 \text{ Utilizar ecuación H1-1a} \\ H1 - 1a &= -0,07 \end{aligned}$$

La sección cumple con la flexo-compresión ya que  $-0,07 < 1$

➤ Paso 4. Diseño por corte

Capacidad a corte de la horizontal (capítulo G, AISC 360-10)

$$\begin{aligned} \phi_v &= 0,90 \\ F_{cr} &= \frac{1,6 E}{\sqrt{\frac{\text{Horizontal}_{log.}}{2} D}} \left( \frac{D}{t} \right)^{5/4} = 222,25 \text{ kips/plg}^2 \text{ G6-2a, AISC 360-10} \end{aligned}$$

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 198,19 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2b, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = 0,60F_y = 25,2 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2$$

$$\phi_v V_n = \phi_v \frac{A_g}{2} = 23,70 \text{ kips}$$

$$\text{Corte máximo} = -0,35 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = -0,02$$

La sección si cumple por corte

- Diseño de elemento horizontal h – 5

Propiedades de la horizontal

$$\text{Sección propuesta} = \text{HSS 4 X 0,188}$$

$$\text{Acero} = \text{A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10}$$

$$E = 29\,000 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_u = 58 \text{ kips/plg}^2$$

$$\text{Horizontal}_{log.} = 9,46 \text{ pie}$$

$$\text{Horizontal}_{log.} = 113,52 \text{ plg}$$

$$K = 1$$

- Paso 1. Compacidad sísmica de la horizontal h-4

$$\frac{D}{t} < 0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) \quad \text{tabla I-8.1, AISC 341-05}$$

$$D = 4 \text{ plg}$$

$$t = 0,17 \text{ plg}$$

$$\frac{D}{t} = 23,53$$

$$0,044 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 30,38$$

La sección sí cumple; sección sísmicamente compacta

- Paso 2. Límite de esbeltez en la horizontal h-4

$$\frac{KL}{r} < 4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{tabla 13.2a., AISC 341-05}$$

$$r = 1,35 \text{ plg}$$

$$\frac{KL}{r} = 83,77$$

$$4 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 105,11$$

La sección sí cumple; sección dentro del límite de esbeltez

➤ Paso 3. Diseño por flexo-compresión

Capacidad axial en la horizontal h-4

$$\phi_b = 0,9$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2 \quad \text{tabla Manual AISC}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 40,778 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 1,03$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{F_y}{F_e}\right)\right] F_y = 27,29 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E2-2, AISC 360-10)}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 35,76 \text{ kips/plg}^2 \quad F_{cr} \text{ ( E3-3, AISC 360-10)}$$

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{cr} A_g = 51,34 \text{ kips} \quad \text{Capacidad}$$

$$\frac{KL}{r} = 83,77$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 123,76$$

$$\text{Compresión máxima} = 14,18 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda/Capacidad} = 0,30$$

La sección cumple con la carga axial aplicada en un 30 % (máximo del 95 %)

Capacidad a flexión de la horizontal h-5

$$\phi_b = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 F_y &= 42 \text{ kips/plg}^2 \\
 z &= 2,55 \text{ plg}^3 \\
 M_c = \phi_b M_n = \phi_b F_y z &= 8,03 \text{ kips - pie} \\
 \text{Momento máximo, } M_r &= - 0,94 \text{ kips - pie Demanda}
 \end{aligned}$$

Aplicación de la ecuación H1 – 1 del Capítulo H del –AISC- 360-10.

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1 - 1a})$$

$$\text{Cuando } \frac{P_r}{P_c} < 0,2 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{H1 - 1b})$$

Utilizar ecuación H1-1a

$$\begin{aligned}
 P_c &= 51,34 \text{ kips} \\
 P_r &= 14,18 \text{ kips} \\
 \frac{P_r}{P_c} &= 0,280 \text{ utilizar ecuación H1-1a} \\
 \text{H1 - 1a} &= 0,40
 \end{aligned}$$

La sección cumple con la flexo - compresión ya que  $0,4 < 1$

➤ Paso 4. Diseño por corte

Capacidad a corte de la horizontal (capítulo G, AISC 360-10)

$$\phi_v = 0,90$$

$$F_{cr} = \frac{1,6 E}{\sqrt{\frac{\text{Horizontal}_{log.}}{2} \frac{D}{D}}} \left(\frac{D}{t}\right)^{5/4} = 237,69 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2a, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = \frac{0,78 E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{3/2}} = 198,19 \text{ kips/plg}^2 \quad \text{G6-2b, AISC 360-10}$$

$$F_{cr} = 0,60F_y = 25,2 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2$$

$$\phi_v V_n = \phi_v \frac{A_g}{2} = 23,70 \text{ kips}$$

$$\text{Corte máximo} = 0,35 \text{ kips} \quad \text{Demanda}$$

$$\text{Demanda / Capacidad} = 0,02$$

La sección si cumple por corte

Al obtener un esfuerzo de flexo-compresión tan bajo se pensaría en bajar el tamaño del elemento para acercarse más al 95 % máximo permitido, esto no se realiza debido a que por la longitud del elemento, el límite de esbeltez y la compacidad sísmica no lo permiten ya que al hacerlo estos no estarían dentro de los parámetros permitidos por el AISC 360-10.

Tabla LXVIII. Resumen de elementos diseñados por capacidad

Tramo	Breiza	Columna	Horizontal
6		HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	
5	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40	HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40
4	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40	HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40
3	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40	HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40
2	HSS 4 X 0,188 , Cédula 40	HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	HSS 4.5 X 0,188 , Cédula 40
1		HSS 8 X 0,375 , Cédula 40	HSS 5 X 0,188 , Cédula 40

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Verificación del cortante de diseño de elementos en SAP2000

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX Kip	GlobalFY Kip	GlobalFZ Kip	GlobalMX Kip-ft	GlobalMY Kip-ft
MODAL	LinModal	Mode	6	0,001622	0,0004184	-0,0006795	0,0192	-0,0139
MODAL	LinModal	Mode	7	-0,002706	-0,0006536	-3808,759	-0,0353	0,0289
MODAL	LinModal	Mode	8	-0,007427	-42,67	-0,000297	4674,428	-0,3836
MODAL	LinModal	Mode	9	-42,666	0,005039	0,001084	-0,3398	-4674,5192
MODAL	LinModal	Mode	10	0,00921	0,002214	-0,001424	0,1184	-0,0963
MODAL	LinModal	Mode	11	-0,003732	-0,000785	0,0006702	-0,038	0,044
MODAL	LinModal	Mode	12	-0,002304	-0,0004928	0,001687	-0,0199	0,0252
MUERTA	LinStatic			-1,599E-14	7,133E-14	30,857	0,00000001904	0,00000001251
VIVA	LinStatic			-2,87E-14	1,228E-14	5,523	0,00000000357	-8,846E-13
AGUA	LinStatic			3,677E-13	0,00000000018	327,799	0,00000004275	0,00000004434
AGUA PR	LinStatic			-3,489E-13	1,415E-13	0,0002387	0,00000003562	0,00000007625
SISMO X	LinStatic			-153,08	0,00000001096	0,00000001378	0,00000002609	-3316,1836
SISMO Y	LinStatic			0,00000001084	-153,08	0,00000004635	3316,1773	0,00000002686
VIENTO X	LinStatic			-3,489	0,00000008793	1,781	0,0000000325	-17,3618
VIENTO Y	LinStatic			0,00000005077	-3,625	1,603	18,5628	0,0000001709
SISMO DIN X	LinRespSpec	Max		132,748	39,824	0,00001511	859,7197	2865,7376
SISMO DIN Y	LinRespSpec	Max		39,824	132,748	0,000004557	2865,7322	859,7213
P-DELTA	NonStatic	Max		0,00000000214	0,00000001779	439,224	0,0003632	-0,0006053
P-DELTA	NonStatic	Min		0,00000000214	0,00000001779	439,224	0,0003632	-0,0006053
N x 1	LinStatic			-0,062	3,215E-15	3,123E-16	-7,661E-14	-1,0439

Fuente: programa o software SAP2000, tabla de reacciones en la base.

Como ya se indicó se debe revisar que el 85 % del cortante estático ( $V_{\text{estático}}$ ) en la base sea menor que el cortante dinámico ( $V_{\text{dinámico}}$ ) en la base y que la partición modal no difiera en más de un 10 %.

$$0,85 V_{\text{estático}} \leq (V_{\text{dinámico}}) \rightarrow 0,85 (153,08) = 130,12 < 132,78$$

Figura 24. **Verificación de la razón modal de diseño de elementos en SAP2000**

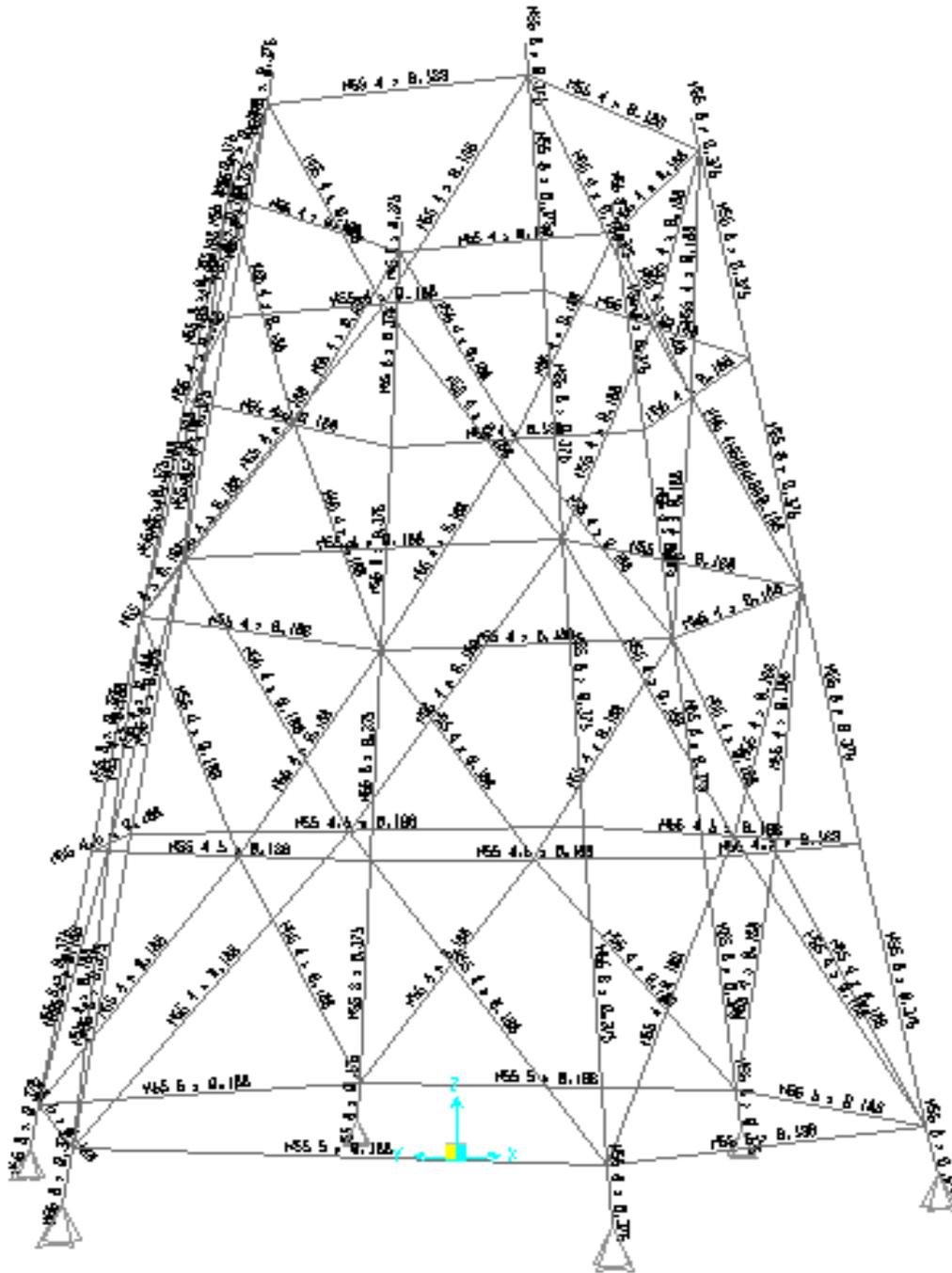
The screenshot shows the 'Modal Participating Mass Ratios' window in SAP2000. The window title is 'Modal Participating Mass Ratios' and it has a menu bar with 'File', 'View', 'Format-Filter-Sort', 'Select', and 'Options'. Below the menu bar, it says 'Units: As Noted' and there is a dropdown menu showing 'Modal Participating Mass Ratios'. The main area contains a table with the following data:

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0,353505	1,186E-15	0,98226	0	1,186E-15	0,98226
	MODAL	Mode	2	0,353505	0,98226	1,187E-15	0	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	3	0,117111	1,453E-14	1,715E-18	0,89787	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	4	0,103167	2,29E-14	0,000005093	7,78E-17	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	5	0,103167	0,000005092	1,878E-15	1,26E-16	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	6	0,102604	2,06E-15	8,511E-17	1,512E-16	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	7	0,101059	5,821E-15	1,957E-16	0,08494	0,98226	0,98226
	MODAL	Mode	8	0,099853	1,479E-13	0,00001015	7,157E-17	0,98226	0,98227
	MODAL	Mode	9	0,099853	0,00001014	9,451E-14	5,895E-16	0,98227	0,98227
	MODAL	Mode	10	0,098012	6,764E-14	2,295E-15	6,068E-16	0,98227	0,98227
	MODAL	Mode	11	0,098011	1,12E-14	3,097E-16	5,707E-16	0,98227	0,98227
	MODAL	Mode	12	0,097348	4,281E-15	1,378E-16	1,096E-15	0,98227	0,98227

Fuente: programa o *software* SAP2000, tabla de partición modal.

La partición modal se encuentra dentro del 10 % permitido.

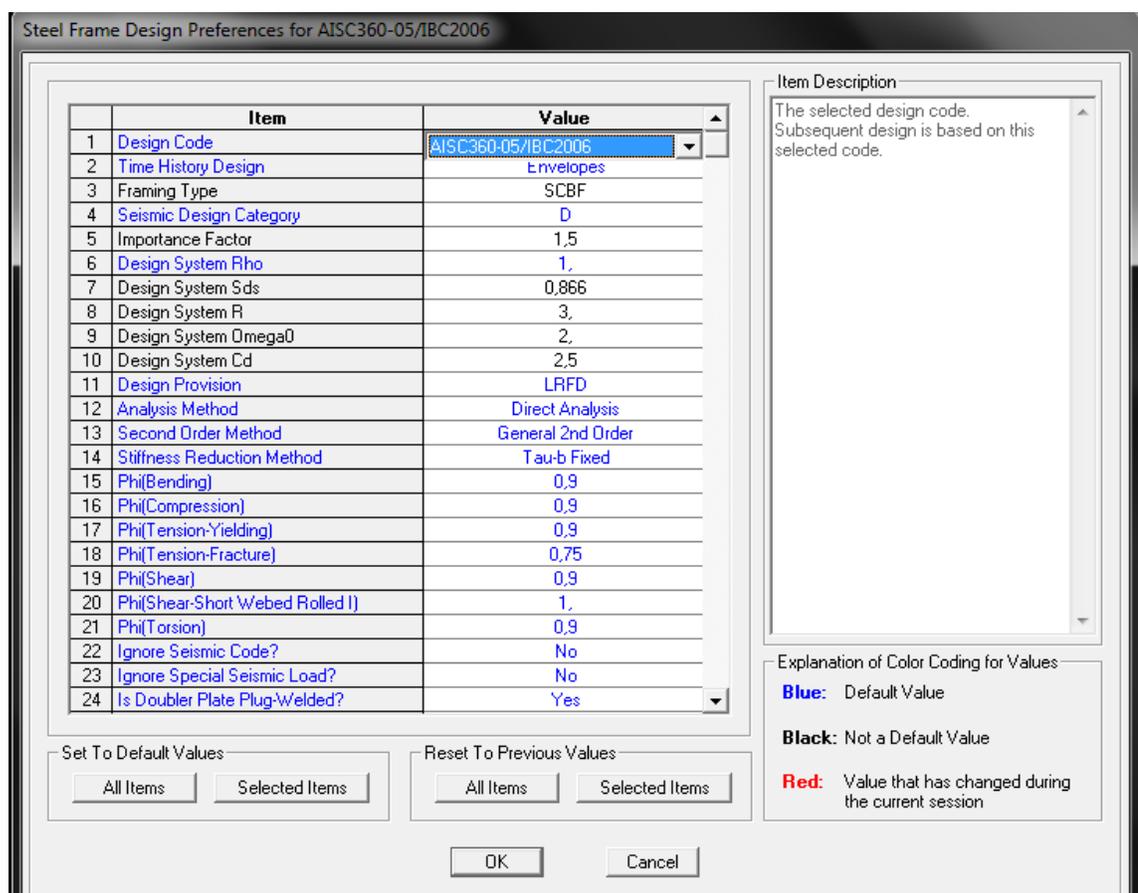
Figura 25. Torre con asignación de secciones en elementos estructurales



Fuente: elaboración propia, con programa o *software* SAP2000.

Después de haber diseñado los elementos y asignados en la estructura, se procede a verificar el diseño de estos por medio del *software* o programa SAP2000. Para esto se debe definir el código de diseño, sistema estructural, método de diseño, parámetros y coeficiente.

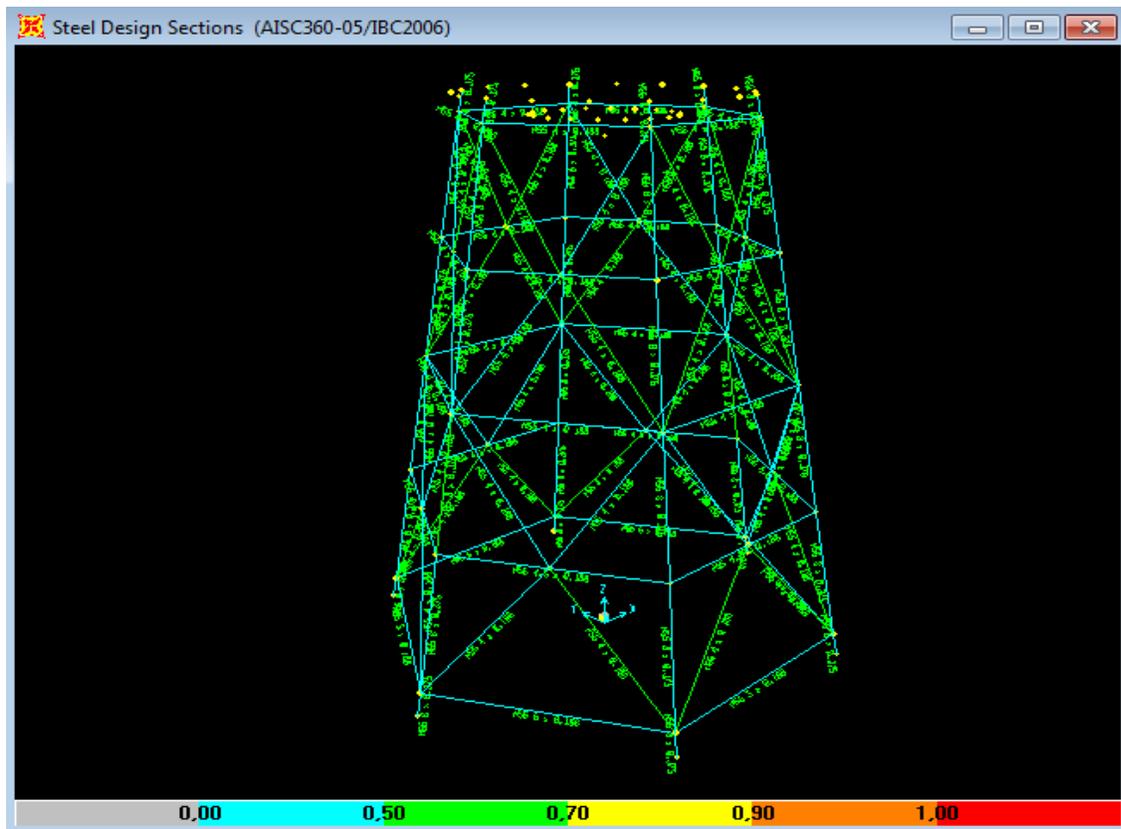
Figura 26. Ventana de asignación de datos para el diseño en SAP2000



Fuente: programa o *software* SAP2000. Cuadro de designación de datos para el diseño.

La verificación de la estructura se verifica por medio de la tabla de colores, la cual indica en que porcentaje están trabajando los elementos.

Figura 27. Verificación de diseño por color en SAP2000



Fuente: programa o *software* SAP2000. Gráfica Demanda/Capacidad.

La estructura cumple con la escala de colores, con lo cual se garantiza que el diseño está correcto.

Se podría ir cambiando secciones hasta acercarse más al color amarillo o naranja, siempre y cuando se verifique que los elementos propuestos existan dentro del mercado nacional; porque de no ser así el diseño sería obsoleto por el alto costo que este tendría al exportar los materiales a utilizar.

- Diseño de conexiones

Resultados obtenidos del análisis estructural y de la geometría de la estructura en SAP2000.

Tabla LXIX. **Resultados del análisis del diseño de conexiones de la estructura SAP2000**

<b>Tramo</b>	<b>Diámetro Breizas (D<sub>HSS</sub>) (plg)</b>	<b>Ancho de Whitmore A = 2(L<sub>conexión</sub> * Sen 30) + D<sub>HSS</sub> (plg)</b>
5	4	18
4	4	18
3	4	18
2	4	18

Fuente: elaboración propia.

Se diseña la placa de conexión con la breiza que mayores esfuerzos presenta, y se generaliza para todas las demás.

$$R_y = 1,4 \text{ tabla I-6-1 AISC 341-05}$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_g = 2,09 \text{ plg}^2$$

$$P_n = 79,00 \text{ kips}$$

Tabla LXX. **Fuerzas de tensión y compresión máximas aplicadas**

<b>Tramo</b>	<b>Tensión máxima T<sub>máx</sub> = R<sub>y</sub> F<sub>y</sub> A<sub>g</sub> (kips)</b>	<b>Compresión máxima P<sub>máx</sub> = 1,1R<sub>y</sub> P<sub>n</sub> (kips)</b>
5	122,89	121,66
4	122,89	121,66
3	122,89	121,66
2	122,89	121,66

Fuente: elaboración propia.

Propiedades de la breiza

$$E = 29\,000 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_y = 42 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_u = 58 \text{ kips/plg}^2$$

Propiedades de la conexión

$$E = 29\,000 \text{ kips/plg}^2$$

$$F_y = 36 \text{ kips/plg}^2$$

$$t_{\text{placa}} = 5/16 \text{ plg}$$

$$F_u = 58 \text{ kips/plg}^2$$

$$\text{Acero} = \text{A - 36}$$

- Paso 1. Diseño de conexión en tensión
  - Paso 1.1. Diseño de la placa de conexión

Fluencia en tensión en la placa

Capítulo J,J4 AISC 360-10

$$\begin{aligned} \phi_b &= 0,9 \\ F_y &= 36 \text{ kips/plg}^2 \\ A_{g,\min} &= \frac{T_{\max}}{\phi F_y} = 3,79 \text{ plg}^2 \\ \text{Ancho}_{\text{whit}} &= 18 \text{ plg} \\ t_{\min} &= \frac{A_{g,\min}}{\text{Ancho}_{\text{whit}}} = 0,21 \text{ plg} \\ t_{\text{placa}} &= 0,31 \text{ plg} \\ F_y &= 36 \text{ kips/plg}^2 \\ A_g &= \text{Ancho}_{\text{whit}} t_{\text{placa}} = 5,58 \text{ plg}^2 \\ \phi R_n &= \phi F_y A_g = 180,79 \text{ kips} \end{aligned}$$

Ruptura en tensión en la placa

$$\begin{aligned} \phi_b &= 0,75 \\ F_u &= 58 \text{ kips/plg}^2 \\ A_e &= A_g = 5,58 \text{ plg}^2 \\ \phi R_n &= \phi F_u A_e = 242,73 \text{ kips} \end{aligned}$$

Capacidad en tensión	=	180,79 kips	
Tensión máxima	=	122,89 kips	Demanda
Demanda / Capacidad	=	0,70	

La sección cumple, domina la fluencia en el acero

Fluencia de corte en la placa

$$\begin{aligned} \phi_b &= 1 \\ F_y &= 36 \text{ kips/plg}^2 \\ A_{gv} = \text{Long. conexión } t_{\text{placa}} &= 4,34 \text{ plg}^2 \\ \phi R_n = \phi 0,6 F_y A_{gv} &= 93,74 \text{ kips} \\ \phi R_{n \text{ total}} = 2 \phi R_n &= 187,50 \text{ kips} \end{aligned}$$

Ruptura de corte en la placa

$$\begin{aligned} \phi_b &= 0,75 \\ F_u &= 58 \text{ kips/plg}^2 \\ A_{nv} = \text{Long. conexión } t_{\text{placa}} &= 4,34 \text{ plg}^2 \\ \phi R_{nv} = \phi 0,6 F_y A_{nv} &= 113,27 \text{ kips} \\ \phi R_{nv \text{ total}} = 2 \phi R_n &= 226,55 \text{ kips} \end{aligned}$$

Capacidad en corte	=	187,50 kips	
Tensión máxima	=	122,89 kips	Demanda
Demanda / Capacidad	=	0.65	

La sección cumple, domina la fluencia en el acero

### Soldadura entre breiza y placa de conexión

$$L_{\text{soldadura}} = 4 L_{\text{conexión}} = 56 \text{ plg}$$

$$D_{\text{min}} = \frac{T_{\text{max}}}{1,392 L_{\text{soldadura}}} = 1,58 /16 \text{ de plg}$$

$$\text{Usar } D_{\text{electrodo}} = 3/16 \text{ plg}$$

$$\phi R_n = 1,392 D L_{\text{soldadura}} = 233,86 \text{ kips}$$

Tensión máxima	=	122,89 kips	Demanda
Demanda/Capacidad	=	0,53	

La soldadura propuesta chequea

➤ Paso 1.2 Diseño de conexión en la breiza

### Fractura en la sección neta

Para que el elemento breiza no se deba reforzar debe dominar la fluencia en el  $A_g$ , y no la ruptura  $A_e$  de lo contrario se tendrá que reforzar la breiza en la unión con la placa.

$$\phi R_t F_u A_e \geq R_y F_y A_g \rightarrow \frac{A_e}{A_g} \geq \frac{R_y F_y}{\phi R_t F_u} \quad \text{tabla I-6-1, AISC 341-05}$$

$R_y =$	1,4	tabla I-6-1, AISC 341-05
$F_y \text{ breiza} =$	42 kips/plg <sup>2</sup>	
$\phi =$	0,75	tabla I-6-1, AISC 341-05
$R_t =$	1,3	tabla I-6-1, AISC 341-05

$$F_{u \text{ breiza}} = 58 \text{ kips/plg}^2$$

$$\frac{A_e}{A_g} = 1,04$$

Debido a que la relación  $(A_e / A_g) > 1$ ; la breiza debe reforzarse en la unión para no fracturarse.

Acero de refuerzo en la breiza

$$A_{g.breiza} = 2,09 \text{ plg}^2$$

$$A_{slot} = 2 t_{placa} t_{HSS} = 0,11 \text{ plg}^2$$

$$A_{e.actual} = A_{g.breiza} - A_{slot} = 1,98 \text{ plg}^2$$

$$A_{e.min} \geq A_{g.breiza} \rightarrow A_{e.min} = 2,20 \text{ plg}^2$$

Se le aumenta  $0,11 \text{ plg}^2$  al  $A_g$  actual del elemento breiza. Esto se realiza creando una camisa por encima del perímetro de la breiza.

Dimensiones del refuerzo

$$D_{HSS} = 4 \text{ plg}$$

Sección con mismo diámetro = HSS 4 x 0,188

$$t_{refuerzo} = 0,174 \text{ plg}$$

$$A_{g.refuerzo} = 0,348 \text{ plg}^2$$

$$2 A_{g.refuerzo} = 0,696 \text{ plg}^2$$

$$A_{e.final} = 2,676 \text{ plg}^2$$

Al utilizar una sección del mismo material se obtiene un  $A_{e.final} > A_{e.min}$  por lo que la sección resistirá los esfuerzos sin fracturarse.

Fuerza de tensión en placa de refuerzo

$$F_{tensión} = \frac{A_{ref}}{A_e} T_{max} = 15,98 T_{max}$$

$$L_{soldadura} = L_{conexión} + 2 D_{HSS} = 22 \text{ plg}$$

Fluencia en corte de la placa

$$\phi R_{nv} = \phi 0,6 F_y A_{nv} = 82,68 \text{ kips}$$

$$\phi = 1,00$$

$$F_y = 36 \text{ kips/plg}^2$$

$$A_{gv} = L_{soldadura} t_{placa \text{ refuerzo}} = 3,83 \text{ plg}^2$$

Ruptura en corte en la placa

$$\phi R_{nv} = \phi 0,6 F_y A_{nv} = 99,911 \text{ kips}$$

$$\phi = 0,75$$

$$F_y = 58 \text{ kips/plg}^2$$

Capacidad en corte, $\phi R_{max}$	=	82,68 kips	
$F_{tensión}$	=	15,98 kips	Demanda
Demanda/Capacidad	=	0,19	

La placa chequea en corte

Soldadura entre HSS y placa de refuerzo

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} = 1,392 D L_{\text{soldadura}} &= 91,87 \text{ kips} \\ L_{\text{soldadura}} &= 22 \text{ plg} \\ D_{\min} = \frac{\phi R_{n.\max}}{1,392 L_{\text{soldadura}}} &= 2,7 /16 \\ D_{\text{usar}} &= 3/16 \text{ plg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{tensión}} &= 15,98 \text{ kips} && \text{Demanda} \\ \text{Demanda/Capacidad} &= 0,17 \end{aligned}$$

La soldadura chequea

Tabla LXXI. **Resumen de las conexiones de la breiza**

<b>RESUMEN</b>	
$t_{\text{placa}}$	5/16 plg
$L_{\text{conexión}}$	14 plg
$D_{\text{soldadura}}$	3/16 plg
Soldadura de filete, electrodo	E-70

Fuente: elaboración propia.

- Paso 2. Diseño de conexión en compresión

Fluencia en tensión en la placa

Capítulo J, J4 y capítulo E del AISC 360-10

Cuando  $\frac{KL}{r} \leq 25 \rightarrow P_n = F_y A_g$

Cuando  $\frac{KL}{r} > 25 \rightarrow$  Aplica capítulo E

$$\begin{aligned} \frac{KL}{r} &= 4,50 \\ K &= 0,65 \\ L = 2 t_{placa} &= 0,62 \text{ plg} \\ r = \sqrt{\frac{I}{A}} &= 0,09 \text{ plg} \\ I = \frac{1}{12} (b h^3) &= 0,05 \text{ plg}^4 \\ b = A_{whit} &= 18 \text{ plg} \\ h = t_{placa} &= 0,31 \text{ plg} \\ A &= 5,58 \text{ plg}^2 \\ \phi P_n = \phi P_n P_n &= 180,79 \text{ kips} \\ \phi &= 0,9 \\ F_y &= 36 \text{ kips/plg}^2 \\ A_g &= 5,58 \text{ plg}^2 \end{aligned}$$

Compresión máxima = 121,66 kips      Demanda  
 Demanda/Capacidad = 0,67

La placa chequea en compresión

- Diseño de placa de base

#### Propiedades de la columna

Sección propuesta =	HSS 8,625 X 0,375
Acero =	A500 Gr B (Round) tabla 2-3 AISC 360-10
E =	29 000 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>y</sub> =	42 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>u</sub> =	58 kips / plg <sup>2</sup>
D =	8,625 plg

#### Propiedades de la placa de base

Acero =	A-36 tabla 2-4 AISC 360-10
F <sub>y</sub> =	36 kips / plg <sup>2</sup>
F <sub>u</sub> =	58 kips / plg <sup>2</sup>

#### Propiedades del pedestal

F' <sub>C pedestal</sub> =	3,00 kips / plg <sup>2</sup>
F' <sub>C Group</sub> =	4,00 kips / plg <sup>2</sup>

- Paso 1. Área de placa base

$$A_{\text{req.1}} = \frac{P_u}{\phi_c 0,85 F'_C \text{ pedestal}} = 192,23 \text{ plg}^2$$

$$P_u = 318,62$$

$$\phi_c = 0,65$$

$$L_{\text{placa}} = \sqrt{A_{\text{req.1}}} = 13,87 \text{ plg}$$

$$\text{Dimensiones placa base (NB)} = 14 \text{ plg} \times 14 \text{ plg}$$

$$\text{Verificar que } N \geq D + 2(3\text{plg}) = 14,63 \text{ plg} \quad \text{No cumple}$$

$$\text{Verificar que } B \geq D + 2(3\text{plg}) = 14,63 \text{ plg} \quad \text{No cumple}$$

No cumple por lo que se propone una sección de placa de 16 plg x 16 plg

$$A_1 = NB = 256 \text{ plg}^2$$

El  $A_1$  es mayor al  $A_{\text{req.1}}$  por lo que las dimensiones de la placa son las adecuadas.

- Paso 2. Área del pedestal

$$\text{Sección propuesta} = 18 \text{ plg} \times 18 \text{ plg}$$

$$A_2 = 324 \text{ plg}^2$$

Verificar la capacidad del concreto

$$\phi_C P_p = \phi_C 0,85 F'_C \text{ pedestal } A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1,7 F'_C \text{ pedestal } A_1$$

$$\phi_C P_p = \phi_C 0,85 F'_C \text{ pedestal } A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 477,36 \text{ kips}$$

$$1,7 F'_C \text{ pedestal } A_1 = 1\,305,60 \text{ kips}$$

Si cumple

$$\phi_c P_p > P_u$$

$$\phi_c P_p = 477,36 \text{ kips}$$

$$P_u = 422,57 \text{ kips}$$

- Paso 3. Espesor de la placa de base

Parte 14 del AISC 3

$$m = n = \frac{N - 0,80D}{2} = 4,21 \text{ plg}$$

$$n = \frac{\sqrt{D} D}{4} = 2,16 \text{ plg}$$

$$X = \frac{4 D^2 P_u}{(D+D)^2 \phi_c P_p} = 0,67$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{X}}{1+\sqrt{1-X}} \leq 1 = 1,04$$

$$\text{Usar } \lambda = 1$$

$$\lambda n' = 2,16$$

$$\ell = \text{máx}(m, n, \lambda n') = 4,21 \text{ plg}$$

$$F_{pu} = \frac{P_u}{NB} = 1,25 \text{ kips/plg}^2$$

$$t_{placa(req)} = \ell \sqrt{\frac{2 F_{pu}}{\phi_b F_y}} = 1,17 \text{ plg}$$

$$\phi_b = 0,9$$

El  $t_{placa(usar)}$  será de 1 ½"

Tabla LXXII. **Resumen de la placa base y pedestal de columnas**

Dimensión de placa	16 plg X 16 plg
Espesor de platina	1 ½ plg
Dimensión de pedestal	18 plg X 18 plg

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de placa de base

Resultados obtenidos del análisis estructural y de la geometría de la estructura en SAP2000.

Corte basal por sismo $V_{estatico}$ =	153,06 kips
Centro de masa $H_{cm}$ =	49,37 pie
Parte inferior de la torre $B_i$ =	15,14 pie

Propiedad del perno de anclaje

Acero =	Gr-36	Tabla 2.2 Guia Diseño 1, AISC 360-10
$F_u$ =		58 kips / plg <sup>2</sup>
$F_{nt}$ =		43 kips / plg <sup>2</sup>
$F_{nv}(x)$ =		29 kips / plg <sup>2</sup>
$F_{nv}(y)$ =		23,20 kips / plg <sup>2</sup>

- Paso 1. Momento de volteo

Capítulo J, sección J9, AISC 360-10

$$M_V = V_{\text{estatico}} H_{\text{cm}} = 7\,556,57 \text{ kips} \cdot \text{pie}$$

- Paso 2. Tensión debido al momento  $M_V$

$$\text{Tensión en zapatas } 2T = \frac{M_V}{B_i} = 499,11 \text{ kips}$$

$$T = 249,57 \text{ kips}$$

- Paso 3. Diámetro de perno de anclaje

$$A_{\text{req}} = \frac{T}{\phi 0,75F_u} = 7,65 \text{ plg}^2$$

$$\phi = 0,75$$

$$\phi_{\text{perno}} = \frac{A_{\text{req}}}{n} = 0,96 \text{ plg}$$

$$n = 8 \text{ unidades}$$

Usar 8 pernos por columna Gr-36 de 1 ¼ plg por 24 plg

#### 2.10.4.5. Diseño de cimentación

La cimentación para una estructura metálica se diseña bajo el mismo criterio seguido para estructuras de concreto reforzado, diferenciando los casos en los que las columnas de la estructura metálica inicia desde el nivel del terreno, la cimentación del tanque elevado cuenta con una columna corta

llamada pedestal, la cual se proyecta desde la parte superior de la cimentación hasta unos 15 centímetros por encima del nivel final del terreno.

#### 2.10.4.5.1. Diseño de zapata

Estas son las que transmiten las cargas de las superestructuras al suelo ya que sobre estas se concentran las reacciones de las columnas. La zapata que se trabaja en el diseño de la torre es una de tipo aislada, la cual consiste en una losa cuadrada que puede tener un espesor constante con refuerzo en dos direcciones. Primero se obtiene el momento de volteo respecto a la base de apoyo para el cálculo de estabilidad de las siguientes fórmulas:

$$M_v = V_{est} H_{cm}$$

$$M_e = W_T \frac{B_i}{2}$$

En donde:

$M_v$  = momento de volteo [kips-pie]

$M_e$  = momento estabilizante [kips-pie]

$V_{est}$  = corte estático de la estructura [kips]

$H_{cm}$  = altura del centro de masa de la estructura [pie]

$W_T$  = peso total de la estructura [kips]

$B_i$  = separación en la base de las columnas [pie]

Al existir fuerzas laterales actuando, estas provocan el momento de volteo. Este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte a una distancia  $X_u$ .

$$X_u = \frac{M_v}{W_T}$$

En donde:

$X_u$  = desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte [m]

$M_v$  = momento de volteo [ton-m]

$W_T$  = peso total de la estructura [ton]

La estabilidad permanecerá asegurada si se cumple con la siguiente condición:

$$X_u < \frac{L}{6}$$

Donde "L" es el diámetro a centro de las columnas. Esta estabilidad también se da cuando la relación entre el momento estabilizante y el momento de volteo sea mayor o igual a 1,5.

$$CE = \frac{M_e}{M_v} \geq 1,5$$

En donde:

CE = coeficiente de estabilidad

$M_e$  = momento estabilizante [kips-pie]

$M_v$  = momento de volteo [kips-pie]

- Diseño de zapata

Parámetros de diseño

Densidad del suelo $\gamma_{\text{suelo}}$	=	1,44 ton/m <sup>3</sup>
Densidad del concreto $\gamma_{\text{concreto}}$	=	2,4 ton/m <sup>3</sup>
Valor soporte $v_s$	=	161 ton/m <sup>2</sup>
Valor soporte del viento $1,33v_s = v_{sv}$	=	214,13 ton/m <sup>2</sup>
$F'_c$	=	210 kg/cm <sup>2</sup>
$F_y$	=	2 810 kg/cm <sup>2</sup>

### Cargas aplicadas

Tensión máxima $T_{\text{máx}}$	=	73,33 ton
Compresión máxima $P_u$	=	144,52 ton

Para diseñar la cimentación de una torre con depósito, se debe chequear primero el momento de volteo ( $M_{\text{vol}}$ ) y el momento resistente ( $M_r$ ), para determinar la profundidad de la zapata, el peralte y si esta puede ser una zapata aislada, combinada o una losa de cimentación. Chequeando el momento de volteo:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tanque}} &= 388,82 \text{ kips} \\
 B_i &= 15,14 \text{ pie} \\
 V_{\text{est}} &= 153,06 \text{ kips} \\
 H_{\text{cm}} &= 49,37 \text{ pie} \\
 M_{\text{vol}} = V_{\text{est}} H_{\text{cm}} &= 7\,556,57 \text{ kips-pie} \\
 M_r = W_{\text{tanque}} \frac{B_i}{2} &= 2\,943,37 \text{ kips-pie}
 \end{aligned}$$

$$\frac{M_r}{M_{\text{vol}}} > 1,5$$

$$\frac{M_r}{M_{vol}} > 1,5 \quad 0,40$$

No chequea, por lo que se diseña una losa de cimentación

- Diseño de losa de cimentación
  - Paso 1. Peso total del suelo y losa

$$P_{tsl} = \gamma_{suelo} D A + \gamma_{concreto} t A = 220,61 \text{ ton}$$

$$\text{Desplante } D = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Área de losa hexagonal } A = 65,66 \text{ m}^2$$

$$\text{Peralte } d = 0,50 \text{ m}$$

- Paso 2. Momento estabilizante

$$M_{est} = (P_{tsl} + P_u) (B/2) = 1\,935,20 \text{ ton-m}$$

$$\text{La cara más pequeña proyectada } B = 10,60 \text{ m}$$

Chequeando con momento de volteo

$$M_{vol} = 1\,044,74 \text{ ton-m}$$

$$\frac{M_{est}}{M_{vol}} > 1,5 \quad 1,85 \text{ ok}$$

Revisando estabilidad global

$$F_{sd} = 0,4 \frac{P_{tsl} P_u}{2B} > 1,5 \quad 6,89 \text{ ok}$$

Las dimensiones propuestas para la losa chequean

- Paso 3. Chequear presiones

$$a = \frac{M_{est} - M_{vol}}{P_{tsl} + P_u} = 2,43 \text{ m}$$

$$P \geq \frac{2(P_{tsl} + P_u)}{3 a B} < 12 = 9,45 \text{ ok}$$

En la losa

$$P_{losa} = 1,7 [(P - (\gamma_{concreto} t) - (\gamma_{suelo} D))] = 10,35 \text{ ton/m}$$

$$M_{vol.l} = P_{losa} \frac{1,00^2}{2} = 5,17 \text{ ton-m/m}$$

$$M_{Lc} = \frac{P_{losa} B_i^2}{8} - M_{vol.l} = 22,38 \text{ ton-m/m}$$

- Paso 4. Cálculo de acero en losa

$$M_{máx.l} = \frac{V_{est}(H_{col} + t)}{n} = 24\,879,08 \text{ Kg-m}$$

$$n = 6 \text{ columnas}$$

$$H_{col} = 1,65 \text{ m}$$

$$t = 0,50 \text{ m}$$

$$V_{est} = 69\,430 \text{ kg}$$

$$P_u = 144\,520 \text{ kg}$$

$$\text{Se asume una } B = 200 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 5 \text{ cm}$$

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

$$F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left\{ (Bd) - \sqrt{(Bd)^2 - \frac{M_{\text{máx.l}} B}{0,003825 F'_c}} \right\} \left\{ \frac{0,85 F'_c}{F_y} \right\}$$

$$A_s = 23,67 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 14,1 \frac{Bd}{F_y} = 45,16 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se colocan dos camas de varilla # 9 @ 0.30

#### 2.10.4.5.2. Diseño de pedestal

La sección del pedestal ya fue definida en el diseño de la placa de la torre (18 plg x 18 plg) por lo que solo se debe considerar un recubrimiento de 1 pulgada como mínimo alrededor de la armadura de hierro y definir esta. El pedestal trabaja para el cimiento como una columna corta, por lo tanto la relación de esbeltez tiene que ser menor o igual a 22.

La capacidad nominal de la sección del pedestal a compresión es considerada un área bruta de la sección transversal “ $A_g$ ” de ancho “ $b$ ” y un peralte total, que este reforzada con un área total de acero “ $A_{st}$ ” repartida en

todas las caras de la columna. El área neta de la sección transversal de concreto es  $A_g - A_{st}$ . Por lo tanto para obtener la capacidad máxima de carga axial para la columna sumando la contribución del concreto, siendo  $0,85 (A_g - A_{st})$  y la contribución del acero, que es  $A_{st}F_y$ , en la que “ $A_g$ ” es el área bruta total de la sección de concreto y “ $A_{st}$ ” el área del acero =  $A_s + A'_s$ , se obtiene:

$$P_o = 0,70[0,85 f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st} f_y]$$

El refuerzo transversal de la columna se requiere para prevenir el desplazamiento del concreto o el pandeo local de las varillas longitudinales. Este refuerzo logra con estribos distribuidos uniformemente en la altura de la columna a intervalos específicos.

- Calculando la resistencia última:

El área de acero mínima ( $A_{min}$ ), según el Manual del ACI en la sección 10,9, especifica que para elementos a compresión no debe ser menor que 0,01, ni mayor que 0,08 veces el área bruta ( $A_g$ ) de la sección, por lo tanto:

Propiedad del pedestal

Sección =	18 plg x 18 plg
$F'_c$ =	3,00 kips / plg <sup>2</sup>
$F_y$ =	4,00 kips / plg <sup>2</sup>
$A_g$ =	324 plg <sup>2</sup>
$P_u$ =	318,61, kips

$$A_{\min} = 0,01 A_g = 3.20 \text{ plg}^2$$

$$\text{Se propone } 8 \# 6 = A_{s \text{ prop}} = 3,52 \text{ plg}^2 \text{ Si cumple}$$

$$P_o = 0,70[0,85 f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st} f_y] = 581,91 \text{ kips}$$

$P_o > P_u$ , por lo tanto la armadura longitudinal será de 8 # 6.

El espaciamiento vertical (S) de los estribos para el refuerzo por corte, no debe exceder de 16 diámetros de la barra longitudinal, de 48 diámetros de la barra o alambre de los estribos, o la menor dimensión del elemento a compresión, esto según el manual del ACI sección 7,10,5,2.

Por lo tanto el valor del espaciamiento vertical (S), será el menor de los especificados por el ACI, los cuales son:

$$S = 16 \Phi_{\text{varilla log.}} = 12 \text{ plg}$$

$$S = 48 \Phi_{\text{estribo}} = 18 \text{ plg}$$

$$S = \text{lado menor de la columna} = 18 \text{ plg}$$

Este mismo código en la sección 7,10,5,4, especifica que la distancia vertical entre los estribos de los extremos del elemento y la parte superior de la zapata, debe ser menor a la mitad del espaciamiento entre estribos. Por lo tanto el espaciamiento vertical (S), arriba de la zapata y bajo la platina que sujeta la torre es de:

$$S_{\text{ext}} = \frac{S}{2} = 6 \text{ plg}$$

El armado del pedestal será el siguiente: se utilizan 8 varillas # 6 (3/4 plg)+ estribo # 3 (3/8 plg) @ 0,30 m con eslabón # 3 en ambas direcciones, se

colocarán estribos @ 0,15 m en los extremos de la columna corta en una longitud de 0,50 m máximo.

### 2.10.4.5.3. Diseño de viga cimiento

La viga cimiento es utilizada cuando la capacidad soporte del suelo es muy baja, por lo que el terreno se vuelve inestable para la estructura o cuando las zapatas se vuelven inestables por extracción, esto debido a un momento de volteo bastante grande. Esta también es utilizada para absorber la fuerza lateral y se coloca en la parte alta del pedestal considerando el 10 % de los esfuerzos máximos de la fuerza cortante basal.

Cuando la viga no trabaja para absorber fuerzas cortantes o momentos inducidos por las zapatas, y solo se diseña para darle estabilidad por empuje a las zapatas aisladas, se le llamarse viga conectora. Esta viga conectora se diseña a tensión, solo con refuerzo de acero, recubriéndola con 2 pulgadas de concreto por estar a la intemperie y en contacto con el suelo, quedando una viga armada simple con refuerzo. El tamaño de la sección debe ser aquella que cumpla con las condiciones de una viga simplemente reforzada y tenga los recubrimientos mínimos de concreto para el acero.

El concreto no está diseñado para trabajar a tensión, solo a compresión, por lo que la fórmula para determinar la cantidad de acero a tensión necesaria para resistir dicha fuerza viene dada por:

$$0,10 V_{est} = A_{st} F_y$$

En donde:

$V_{est}$  = corte basal en la estructura [kips]

$A_{st}$  = área de acero a tensión [plg<sup>2</sup>]

$F_y$  = esfuerzo en el acero [kps/plg<sup>2</sup>]

Propiedad de la viga

Sección propuesta = 12 plg x 16 plg

$F'_c$  = 3,00 kips / plg<sup>2</sup>

$F_y$  = 4,00 kips / plg<sup>2</sup>

$A_g$  = 192 plg<sup>2</sup>

$P_{u \text{ viga}} = 0.10 V_{est}$  = 15,31 kips

$$A_{st} = \frac{0.10 V_{est}}{F_y} = 3,83 \text{ plg}^2$$

Se propone 6 # 6 + 2 # 7 =  $A_{s \text{ prop}}$  = 3,84 plg<sup>2</sup> si cumple

Por lo tanto la armadura longitudinal será de 6 # 6 + 2 # 7

El valor del espaciamiento vertical (S), será el menor de los especificados por el ACI, los cuales son:

$S = 16 \Phi_{\text{varilla log.}}$  = 12 plg

$S = 48 \Phi_{\text{estribo}}$  = 18 plg

$S = \text{Lado menor de la columna}$  = 12 plg

$S_{ext} = \frac{12}{2}$  = 6 plg

El armado de la viga cimienta será el siguiente: se utilizan 6 varillas # 6 (3/4 plg) + 2 varillas # 7 (7/8 plg) + estribo # 3 (3/8 plg) @ 0,30 m, se colocarán

estribos @ 0,15 m en los extremos de la columna corta en una longitud de 1,00 m. Debido a que el cimiento de la estructura es una losa esta viga no será necesaria incluirla en la cimentación, dejando el cálculo de la misma por referencia.

### **2.10.5. Obras hidráulicas, válvulas y otros detalles**

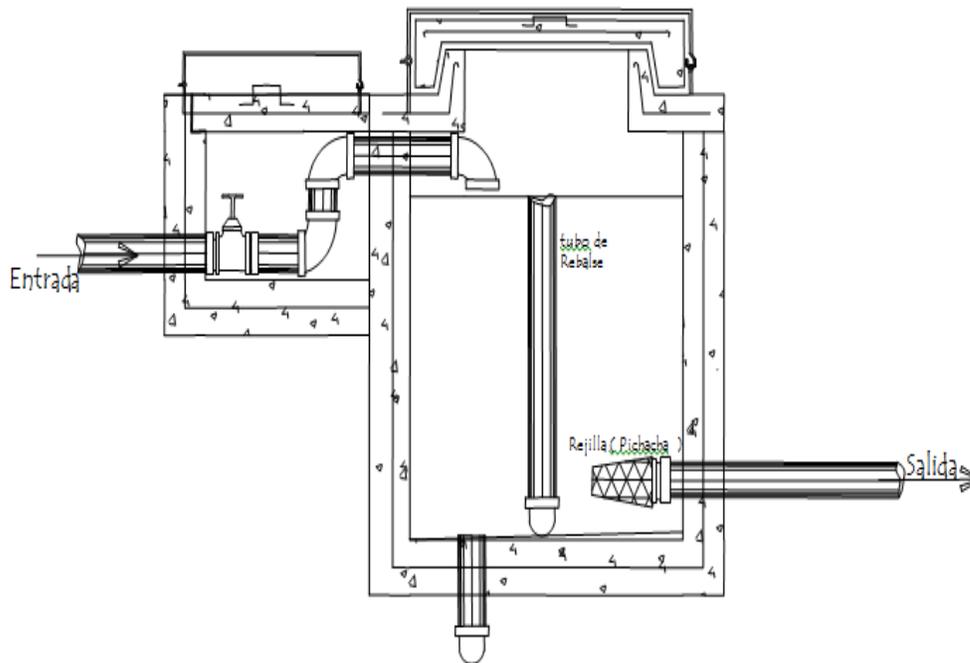
Las obras hidráulicas son aquellas que constituyen un conjunto de estructuras construidas con el objeto de manejar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o defensa.

#### **2.10.5.1. Caja rompe presión**

Se le denomina de esta manera a una obra de arte que se proyecta en los puntos de la conducción, cuya presión estática es mayor o igual a la presión máxima de trabajo de la tubería. Estas pueden construirse de ladrillo con un recubrimiento de cemento o fundidas de concreto con una tapadera hermética. La salida del agua deberá estar por lo menos a 10 centímetros sobre el fondo de la caja y deberá contar con sus respectivas válvulas en la entrada y salida (ver figura 24).

El proyecto utiliza una caja rompe presión en el tramo por gravedad en la estación 35.

Figura 28. **Detalle de caja rompe presión fundida**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 200.

### 2.10.5.2. **Válvula de limpieza**

Estas válvulas sirven para extraer de la tubería la arena que haya ingresado al sistema, la cual tiende a depositarse en los puntos más bajos del perfil. Como válvula de limpieza se emplea una de compuerta, de diámetro igual al de la tubería que sirve, pero nunca puede ser menor de 2 pulgadas. Estas válvulas deben protegerse con cajas de concreto o ladrillo que tengan el espacio suficiente para que quien instale y repare dicha válvula pueda trabajar sin estorbos. Esta deberá tener un drenaje en el fondo del tipo válvula de pila.

El proyecto utiliza una válvula de limpieza conectada a la tubería HG, en el punto más bajo del tramo por bombeo.

### **2.10.5.3. Válvula de aire**

El aire disuelto en el agua, o aquel que quede atrapado dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos altos del perfil de la tubería.

La cantidad de aire que puede acumularse puede reducir la sección de la tubería y por lo tanto, su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede llegar a impedir completamente la circulación del agua. Las válvulas de aire permiten tanto el ingreso como la salida de este, el acceso de aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida del agua, como en el caso de una ruptura, de no contarse con una válvula de aire, pueden producirse presiones negativas dentro de la misma llegando a romper la tubería si es de PVC, o a colapsarse si es de acero. El diámetro a usar en una válvula de aire es normalmente de 3/4 de pulgada.

Estas válvulas, como todas, deben estar bien protegidas contra los elementos de la naturaleza, animales y el vandalismo, por lo que normalmente se encuentran dentro de cajas de concreto o ladrillo, estas cajas suelen no ser muy grandes y la ventilación en estas consta de varios tubos o niples colocados en las paredes de la caja en la parte superior de las mismas o pueden ser bloques de celosía debidamente colocados.

El proyecto utiliza una válvula de aire conectada a la tubería PVC, en el punto más alto del tramo por bombeo.

#### **2.10.5.4. Válvulas de compuerta**

La principal función de estas es el de abrir o cerrar el flujo del agua dentro del sistema, es totalmente incorrecto que esta se utilice para regular el flujo. El cierre y la apertura de estas se realizan mediante un disco, el cual es accionado por un vástago. El vástago puede subir al abrir la válvula de compuerta.

Las válvulas de compuerta pueden ser de hierro fundido, de bronce o de plástico. Las primeras se emplean principalmente para diámetros de 6 pulgadas en adelante; las de bronce son más económicas que las de hierro fundido de 4 pulgadas de diámetro o menos, las de plástico se emplean en los equipos dosificadores de solución de hipoclorito de calcio.

El proyecto utiliza tres válvulas de compuerta conectadas a tubería PVC en el tramo por gravedad.

#### **2.10.5.5. Pasos aéreos**

Estos se utilizan para salvar alguna depresión del terreno como una quebrada, siendo estos de mucha utilidad, aunque en si no sea una obra de tipo hidráulica. Estas estructuras pueden ser de distintas formas, dependiendo del criterio y de los materiales con que cuente el diseñador. Suelen ser sencillas cuando se tratan de tuberías pequeñas, pero con tuberías grandes resultan ser estructuras mayores. El proyecto no utiliza pasos aéreos.

#### **2.10.5.6. Desinfección**

Se le llama así al proceso de eliminación de microorganismos patógenos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos y

químicos. La desinfección en los acueductos rurales, es la realizada con hipoclorito de calcio. Para este proyecto, se contempló realizar la desinfección mediante un dosificador por erosión de tabletas de un compuesto clorado.

- Tipo de cloro: para este sistema se propone usar tabletas de disolución lenta de hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , con no menos del 65 % de ingredientes activos o tabletas de tri-cloro al 90 %. El hipoclorito de calcio es una de las formas en las cuales el cloro se encuentra como producto sólido. El ácido tricloroisocianurico o cloro 90 es más fácil de controlar en su dosificación por ser menos soluble que el hipoclorito de calcio y la mayor aportación de cloro activo ya que este contiene en porcentaje en peso un 90 % de cloro activo, mientras que el hipoclorito de calcio contiene un 65 % aproximadamente.
- Cloro residual libre: se deberá graduar el flujo de agua para que permita una concentración de cloro residual libre, medido en el punto más alejado de la red de distribución, según la Norma Coguanor 29 001. El cloro residual libre es aquella cantidad de cloro residual total que esté “libre” y que sirve de medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de estas. El límite máximo aceptable del cloro residual libre debe ser de 0,5 mg/lts, medido en los puntos más alejados del sistema de distribución, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un PH menor de 8,0, con el propósito de reducir en un 99 % la concentración de *escherichia coli* y ciertos virus. El límite máximo permisible del cloro residual libre debe ser de 1,0 mg/lts.

En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, este valor puede mantenerse en 2,0 mg/lts.

- Período de contacto: se ha establecido un mínimo de 30 minutos para que se realicen las acciones mutuas entre el cloro y el agua y lograr una desinfección eficaz.
- Tipo de dosificador: será un clorinador que funcione de acuerdo al caudal de agua y que utilice pastillas de disolución lenta; deberá ser automático, sin partes móviles o corrosivas, sin requerimiento de energía eléctrica y deberá permitir la entrada de agua a través del dosificador para que el flujo erosione las tabletas de hipoclorito de calcio o tri-cloro, para formar la solución que luego descargará en el tanque.
- Dosificación: para calcular la cantidad compuesto clorado (hipoclorito de calcio o tri-cloro) que se necesita para preparar soluciones con determinada concentración de cloro, la fórmula que se utiliza es:

$$P = \frac{C V}{B 10}$$

En donde:

P = cantidad de compuesto clorado [g]

C = concentración de la solución que se prepara [mg/lts]

V = volumen de solución clorada que se desea preparar [lts]

B = porcentaje de cloro que tiene el compuesto clorado

Se considera que el volumen de agua a desinfectar va a ser el que produce la fuente en 12 horas, mismo que llegará al tanque de distribución, por lo tanto el volumen a desinfectar es:

$$V = Q * 86\ 400 * \frac{T}{24}$$

En donde:

V = volumen de agua a desinfectar [lts]

Q = caudal de agua [lts/seg]

T = tiempo de funcionamiento del sistema [hrs]

Por lo tanto:

$$V = 8,37 * 86\ 400 * \frac{12}{24} = 361\ 584 \text{ lts}$$

Para determinar la concentración de solución en el agua, es necesario realizar mediciones del cloro residual libre; estas deben estar entre 0,5 y 1,5 mg/lts. Si están fuera del rango, se debe regular la cantidad de agua en la solución. Sin embargo, se estima una concentración inicial de  $C = 2$  mg/lts, por lo tanto al utilizar tabletas de tri-cloro al 90 % la demanda de este para un día es:

$$P = \frac{2 * 361\ 584}{90 * 10} = 803,52 \text{ g}$$

Y la demanda para un mes será de:

$$P = 803,52 * 30 = 24\ 105,60 \text{ g}$$

La cantidad anterior equivale a 75 tabletas de 300 g cada una, lo que significa una dosificación de dos tabletas y media por día.

## **2.11. Planos y detalles**

Ver apéndices

## **3. ANÁLISIS TARIFARIO**

### **3.1. Generalidades**

El sistema de agua potable tiene que ser autosostenible y constituye una política firme, de ingresos seguros e independientes que exigen un alto nivel de eficiencia en todas las etapas que lo conforman, desde la planificación hasta la respuesta de la población.

El proyecto es autosostenible si tiene autofinanciamiento del total de los costos de mantenimiento y operación del sistema, los cuales deben ser pagados por los beneficiarios por medio de una tarifa mensual.

### **3.2. Tipos de tarifas**

Básicamente existen dos tipos de tarifas manejables en los sistemas de abastecimientos de agua potable, denominados sistema unitario y sistema diferencial.

#### **3.2.1. Sistema unitario**

En el sistema unitario, toda el agua se cobra a una tarifa uniforme y el cobro mensual se calcula multiplicando esta tarifa, por el número de metros cúbicos de agua consumida.

### **3.2.2. Sistema diferencial**

Prevalcen dos conceptos con relación a las tarifas diferenciales de agua. El primero trata acerca de la disminución de la tarifa conforme el consumo de agua aumenta, sistema inverso. El segundo concepto consiste en que las tarifas aumenten conforme aumenta el consumo, sistema directo, el cual predomina en casi todos los países latinoamericanos.

### **3.3. Cálculo de la tarifa**

Al estar en funcionamiento el sistema de agua potable, las autoridades municipales serán quienes tengan el control total del funcionamiento y el cobro de una cuota mensual en concepto por consumo de agua. Debido a que las comunidades no cuentan con medidores de consumo, la tarifa adoptada es la del sistema unitario.

#### **3.3.1. Personal de operación**

Este consiste en el operador de la bomba y el fontanero.

#### **3.3.2. Operador de la bomba y fontanero**

El operador de la bomba es aquel que se encarga del funcionamiento de la misma en las horas indicadas y tiene a su cargo la desinfección diaria del sistema, será un trabajador fijo pagado por día y con las prestaciones legalmente establecidas.

Salario diario	Q 100,00
Factor de prestaciones	67,11 %

Cuantificando para los 365 días se tiene:

Salario total anual	Q 33 600,00
Prestaciones 67,11 %	<u>Q 22 548,96</u>
Total.....	Q. 56 148,96

### 3.4. Insumos

Se considera el consumo de energía eléctrica para el funcionamiento de la bomba y la cloración del agua para la desinfección del sistema.

#### 3.4.1. Energía eléctrica

Por la información proporcionada en el departamento de planificación de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula se sabe que el costo por KWH para bombeo trifásico (220 - 460 voltios) en el municipio es de Q 2,00, por lo que el gasto de la bomba viene dado por:

$$G_{KW} = 0,746 P_B H_B D_T C_Q$$

En donde:

$G_{KW}$  = gasto de energía [Q]

$P_B$  = potencia de la bomba [HP]

$H_B$  = horas de bombeo [hrs]

$D_T$  = días efectivos de trabajo [Días]

$C_Q$  = costo de la energía por hora [Q/KWhrs]

Por lo tanto:

$$G_{KW} = 0,746 * 60 * 12 * 365 * 2 = 392\ 097,60$$

El gasto de energía anual será de Q. 392 097,60

### 3.4.2. Cloración del agua

Esta cloración se realiza por medio de tabletas de tri-cloro con una concentración del 90 %. Las tabletas se pueden encontrar en el mercado por cubetas de 250 unidades en presentaciones que van de los 150 g hasta los 300 g en el mercado guatemalteco. El costo de estas cubetas es de Q 1 400,00, por lo que el gasto de la cloración anual viene dado por:

$$G_{clo} = T_m M C_t$$

En donde:

$G_{clo}$  = gasto anual de la cloración [Q]

$T_m$  = tabletas utilizadas en un mes [U]

$M$  = tiempo de desinfección en un año [meses]

$C_t$  = costo por tableta [Q]

Por lo tanto:

$$G_{clo} = 80 * 12 * \frac{1\ 400}{250} = 5\ 376,00$$

El gasto por cloración anual será de Q 5 376,60

### 3.5. Reposición del equipo de bombeo

Los equipos de bombeo deben ser sustituidos al final de su período de diseño, que generalmente se considera de 10 años, en los cuales el equipo trabaja óptimamente, dependiendo de un mantenimiento adecuado, al cabo de este período se reduce su valor hasta un valor de rescate.

La fórmula para calcular la cuota anual equivalente de depreciación es:

$$Q_{aeb} = \frac{C_{eb}}{n}$$

En donde:

$C_{eb}$  = costo del equipo de bombeo a los 10 años [Q]

$Q_{aeb}$  = costo anual para la reposición del equipo de bombeo [Q]

$n$  = vida útil del equipo de bombeo [años]

Si se toma en cuenta 1 año de planificación y se considera que el equipo aumentará un 10 % cuando este necesite reponerse, entonces se tiene:

$$C_{eb} = 1,1 * 51\ 260 = 56\ 386$$

$$Q_{aeb} = \frac{56\ 386}{10}$$

$$Q_{aeb} = 5\ 638,60 \text{ anuales}$$

### 3.6. Reparaciones y gastos indirectos

Las reparaciones y gastos directos que se deben considerar para el mantenimiento de la línea de conducción son el cambio de válvulas o empaques de las mismas, mantenimiento de la caseta de bombeo y tanque elevado, tomando estas como 1 % del costo anual del servicio, dando un costo total de Q 4 538,85.

### 3.7. Tarifa adoptada

Al integrar el costo anual de cada una de las actividades a realizarse para el abastecimiento de agua potable se calcula:

Personal de operación.....	Q 56 148,96
Energía eléctrica.....	Q 392 097,60
Cloración del agua.....	Q 5 376,00
Reposición del equipo de bombeo.....	Q 5 638,60
Reparaciones y gastos indirectos.....	<u>Q 4 538,85</u>
Total	Q 463 800,01

Tomando en cuenta que esta línea de conducción beneficiará a 300 viviendas aproximadamente, las cuales tendrán que pagar la cantidad de Q 1 546,00 por año, se establece que la tarifa mensual por consumo de agua será de Q 128,63 durante los primeros 5 años.

### 3.8. Aporte económico de la población

La participación económica de la población es la del aporte económico mensual de la tarifa básica, para el funcionamiento del sistema.

## **4. PRESUPUESTO**

### **4.1. Costos del proyecto**

Se le denominan costos de un proyecto a todas aquellas actividades y elementos que lo integran y que causan un desembolso económico para la ejecución del proyecto. Todos los costos deben analizarse cuidadosamente para garantizar una buena proyección económica y con esto no tener pérdidas a futuro que conlleven a la paralización parcial o total de los trabajos en ejecución, causando con esto pérdidas tanto a la unidad ejecutora como a la municipalidad, entidad gubernamental o algún organismo internacional que designe el proyecto.

Para poder tener un costo que se adapte a la realidad de la obra se debe tener un listado de precios actualizados de mano de obra y materias primas, determinar los tiempos de trabajo y tener la información de las especificaciones técnicas y especiales de la obra a realizar, planos bien detallados y la memoria descriptiva; a todos estos se les denominan costos directos.

Los costos indirectos son los gastos que la ejecución de la obra ocasiona al contratista y que no pueden ser incluidos entre los costos directos, se caracterizan por ser gastos que no se identifican físicamente en la obra, ni cargarse particularmente a alguno de los reglones de trabajo, pero que han hecho posible la ejecución.

Estos costos indirectos se calculan en función de los costos directos, como un porcentaje de incremento que se carga proporcionalmente a cada

región de trabajo. El valor total de todo el proyecto se obtiene partiendo de los precios unitarios fijados para cada actividad, dentro de estos unitarios van incluidos los costos directos e indirectos.

#### 4.2. Cuadro de resumen

A continuación se presenta un resumen de los costos de todo el proyecto desde que empieza hasta que finaliza con la puesta en funcionamiento del tanque elevado.

Tabla LXXIII. Resumen de los costos

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario (Q)	Costo parcial (Q)
1	<b>CASETA DE BOMBEO</b>				
1.1	Limpieza, trazo y punteo	25	m <sup>2</sup>	58,42	1 460,61
1.2	Cimentación	13	ml	366,01	4 758,11
1.3	Solera de humedad	13	ml	254,99	3 314,88
1.4	Solera intermedia	13	ml	254,99	3 314,88
1.5	Solera final o de coronó	13	ml	254,99	3 314,88
1.6	Levantado de muros	32	m <sup>2</sup>	227,69	7 286,23
1.7	Columnas tipo C-1	7	unidad	515,59	3 609,13
1.8	Columnas tipo C-2	2	unidad	407,13	814,26
1.9	Piso de cemento	8,7	m <sup>2</sup>	388,28	3 378,01
1.10	Losa	15	m <sup>2</sup>	739,12	11 086,78
1.11	Ventanería + puertas metálicas + balcones	1	global	6 058,75	6 058,75
	<b>Total de caseta de bombeo</b>				<b>48 396,53</b>
2	<b>LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE</b>				
2.1	Limpieza, trazo y punteo	3 760,00	ml	33,08	124 367,12
2.2	Demolición de carpeta asfáltica	1 880,00	m <sup>2</sup>	59,63	112 106,07
2.3	Excavación para instalación de tubería	3 760,00	ml	63,54	238 919,69
2.4	Colocación de base de selecto para tubo (1 capa de 0,10 m, compactado)	3 760,00	ml	11,82	44 442,07
2.5	Instalación de tubería HG de 4"	1 152,55	ml	318,03	366 540,62
2.6	Instalación de tubería PVC de 4"	890,50	unidad	349,38	311 125,34
2.7	Instalación de tubería PVC de 3"	447,53	unidad	218,94	97 980,95
2.8	Instalación de tubería PVC de 2"	1 441,00	unidad	68,36	98 505,61
2.9	Instalación de tubería PVC de 1 ½"	60,00	unidad	92,15	5 529,02
2.10	Instalación de válvulas en tubería HG	5,00	unidad	4 694,50	23 472,50

Continuación de la tabla LXXIII.

2.11.	Instalación de válvulas en tubería PVC	8,00	unidad	3 508,07	28 064,58
2.12.	Instalación de clorinador	1,00	unidad	5 759,84	5 759,84
2.13.	Caja para clorinador	1,00	unidad	2 420,69	2 420,69
2.14.	Caja para válvulas	11,00	unidad	2 212,56	24 338,15
2.15.	Caja rompe presión (colocada en el tramo por gravedad)	1,00	unidad	8 283,45	8 283,45
2.16.	Anclajes para accesorios de concreto fundido (codos 90, 45, 22.5 y válvulas)	95,00	unidad	69,24	6 577,87
2.17.	Anclajes para tubería	22,00	unidad	244,23	5 373,12
2.18.	Relleno y compactación con material selecto (3 capas de 0,10 m sobre el tubo y sus costados)	3 760,00	ml	47,71	179 383,60
2.19.	Relleno y compactación con material extraído (2 capas de 0,15 m, compactadas)	3 760,00	ml	12,24	46 034,67
2.20.	Relleno y compactación con material selecto (2 capas de 0,10 m)	3 760,00	ml	22,72	85 441,40
2.21.	Limpieza y extracción de materiales sobrantes	1 843,00	m <sup>3</sup>	70,45	129 830,40
2.22.	Colocación de capa de cemento asfáltico con espesor de 0,07 m	1 880,00	m <sup>2</sup>	245,15	460 873,73
2.23.	Equipamiento de pozo mecánico	1,00	global	399 013,27	399 013,27
<b>Total de línea de conducción</b>				<b>2 804 383,74</b>	
3	<b>TANQUE ELEVADO (ESTRUCTURA METALICA)</b>				
3.1	Limpieza, trazo y puenteo	144	m <sup>2</sup>	40,16	5 783,20
3.2.	Zapata	1	unidad	136 756,51	136 756,51
3.3.	Pedestal	6	unidad	2 729,48	16 376,90
3.4.	Relleno y compactación de material extraído	99,00	m <sup>3</sup>	63,68	6 304,01
3.5.	Limpieza y acarreo de materiales sobrantes	19,00	m <sup>3</sup>	122,02	2 318,40
3.6.	Tanque de estructura metálica (Global)	1,00	unidad	715 740,00	715 740,00
<b>Total de tanque elevado</b>				<b>883 279,02</b>	
<b>Costo total del proyecto</b>			<b>Q 3 736 059,29</b>		

Fuente: elaboración propia.

### 4.3. Cronograma de ejecución

Para la realización del proyecto es necesario llevar un cronograma específico de las tareas que se van a llevar a cabo para llevar el orden de los pasos que conllevarán al término del mismo.

Figura 29. Cronograma

No.	Descripción	mes 1			mes 2			mes 3			mes 4			mes 5			mes 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
<b>Caceta de bombeo</b>																				
1.c	Limpieza trazo y puesteo	■																		
2.c	Cimentación	■	■																	
3.c	Levantado de muros, fundición de columnas, soleras.	■	■	■																
4.c	Losa			■	■															
5.c	Piso de cemento				■	■														
6.c	Acabados						■	■												
<b>Línea de conducción de agua potable</b>																				
1.L	Limpieza trazo y puesteo	■	■	■	■															
2.L	Demolición de carpeta asfáltica	■	■	■	■	■	■	■	■											
3.L	Acarreo de material demolido		■	■	■	■	■	■	■	■										
3.L	Excavación para instalación de tubería		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
5.L	Colocación de base de selecto para tubo. de 0.10m. Compactado		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
6.L	Instalación de tubería y accesorios		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
7.L	Instalación de válvulas y clorificador		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
8.L	Instalación de cajas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
9.L	Instalación de anclajes		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
10.L	Relleno y compactación con material selecto		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
11.L	Relleno y compactación con material extraído		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
<b>Pavimento asfáltico</b>																				
1.P	Preparación de base selecto de 0.20m de espesor compactado				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.P	Imprimación con líquido MC-70 a razón de 0,30 g/l/m <sup>2</sup>				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3.P	Aplicación de carpeta asfáltica con espesor de 0,10m				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4.P	Limpieza final y retiro de material sobrante																	■	■	■
<b>Tanque elevado</b>																				
1.T	Limpieza trazo y puesteo				■	■														
2.T	Excavación				■	■	■													
3.T	Losa de cimentación					■	■	■												
4.T	Pedestal						■	■	■											
5.T	Fundiciones							■	■	■										
6.T	Relleno y compactación de material extraído								■	■	■									
7.T	Limpieza y acarreo de materiales sobrantes									■	■	■								
8.T	Montaje de tanque de estructura metálica										■	■	■							

Fuente: elaboración propia.

## **5. IMPACTO AMBIENTAL**

### **5.1. Información general**

Se le denomina impacto ambiental a las consecuencias causadas por la ejecución de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales que estos están en condiciones de proporcionar.

Por lo tanto es importante antes de ejecutar cualquier trabajo de infraestructura, realizar los estudios pertinentes basándose en referencias teóricas de estudios y documentos previamente desarrollados por autoridades municipales y organizaciones dedicadas al estudio de desastres naturales que hagan referencia al lugar en donde se pretende ejecutar la obra o sus alrededores.

### **5.2. Influencia del proyecto**

El proyecto en cuestión no tendrá un impacto ambiental negativo permanente sobre el ecosistema del lugar, ya que solo sucederá durante la ejecución por la excavación de las zanjas por donde pasará la tubería.

Como impacto ambiental positivo se podría mencionar la distribución de agua totalmente potable a los usuarios garantizando la disminución de enfermedades causadas por el contacto con agua no potable, y una mejor calidad de vida al contar con el vital líquido.

### **5.3. Control ambiental**

El control ambiental dentro del municipio se da por un monitoreo del ecosistema y por medio de un medidor del desarrollo social, cultural y económico de la región. Las áreas con más control son aquellas que presentan peligro de derrumbe o desbordamientos de ríos en épocas de invierno.

Santa Catarina Pinula es un municipio muy vulnerable a los desastres naturales debido a su fisiografía y a la falla que pasa por el municipio por lo que se está al tanto de la detección de movimientos telúricos.

### **5.4. Plan de mitigación**

El plan de mitigación es el que se realiza antes de que ocurra algún desastre natural y es la etapa de planificación para situaciones de emergencia y desastre. Estas planificaciones se fundamentan en el mejor conocimiento posible de la vulnerabilidad del sector en cuestión.

En el sistema de agua potable esta vulnerabilidad se dá por deficiencias en su capacidad de prestación del servicio u operatividad, debilidades físicas de los componentes ante las solicitudes externas y debilidades de organización ante eventuales emergencias.

A continuación se enuncia la información básica que permita la planificación de ese plan de mitigación analizada mediante tres conceptos básicos:

- Física: esta trata acerca de la estimación de daños posibles en los componentes de la infraestructura.

- Operativa: valoración de la capacidad remanente para prestar el servicio de agua potable, que incluye el cálculo del tiempo en el cual el sistema será rehabilitado.
- Organizativa: este análisis trata acerca de la capacidad de respuesta con base en la experiencia, organización y capacidad económica de la institución responsable.

Debe existir un Comité de Emergencia conformado por los vecinos del sector que esté disponible para ayudar a los empleados municipales en situaciones de emergencia. Los planos y croquis necesarios para la fácil localización de las válvulas del sistema deben estar en perfecto estado. Se debe mantener una reserva de los materiales que según el estudio de vulnerabilidad del sistema pudieran fallar.



## 6. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

### 6.1. Valor Presente Neto (VPN)

Este método lleva todos los ingresos y egresos futuros al presente, verificando con esto si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. A continuación se desglosan los datos calculados del proyecto:

Tabla LXXIV. Valor presente neto

Descripción	Costos
Costo inicial del proyecto	3 736 059,29
<b>Costos anuales</b>	
Energía eléctrica	392 097,60
Cloración del agua	5 376,00
Personal de operación	56 148,96
Reparación de equipo de bombeo	5 638,60
Reparaciones menores y gastos directos	4 538,85
<b>Ingresos anuales</b>	
Aporte económico anual de la comunidad	463 800,01

Fuente: elaboración propia.

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula invertirá lo calculado en el costo inicial en la ejecución del proyecto.

La fórmula para determinar el VPN es la siguiente:

$$VPN = F \left( 1 + \frac{i}{m} \right)^{-mn}$$

En donde:

VPN = valor presente neto

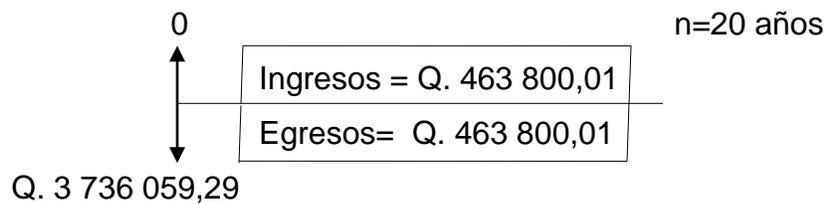
F = monto del pago

i = tasa de interés

m = pagos al año

n = años

Diagrama de flujo de efectivo del proyecto.



Los datos obtenidos para este proyecto se sitúan en una línea de tiempo, utilizando una tasa de interés del 15 %. Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos, por lo tanto sustituyendo valores en la fórmula:

$$VPN = - 3\,736\,059,29 - 463\,800,01 \left( 1 + \frac{0,15}{1} \right)^{-1*20} + 463\,800,01 \left( 1 + \frac{0,15}{1} \right)^{-1*20}$$

$$VPN = - 3\,736\,059,29$$

El VPN es menor que cero, por lo tanto el proyecto no es rentable. Debido a que, por ser un proyecto de carácter social, no se estipulan ingresos.

## 6.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, como su nombre lo indica es el interés que hace que los ingresos y los egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.

La tasa interna de retorno puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$TIR = T_m + \frac{\Delta i \cdot VPN_m}{|\sum VPN|}$$

En donde:

TIR = tasa interna de retorno

$T_m$  = tasa de interés menor

$\Delta i$  = diferencias entre tasas de interés

$VPN_m$  = valor presente neto de tasa de interés menor

$|\sum VPN|$  = sumatorias de valor presente menor y mayor

La tasa interna de retorno (TIR) se define como la tasa en la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto en donde un proyecto no tiene ni pérdidas ni ganancias.

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula ejecutará el proyecto con un costo inicial de Q 3 736 059,29, por otra parte la municipalidad necesita cubrir una cuota de amortización de Q 463 800,00 anualmente, esto por un periodo de

20 años el cual corresponde al sistema. A continuación se desglosan los datos calculados anuales del proyecto:

Tabla LXXV. **Datos anuales del proyecto (costos)**

<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Costo inicial del proyecto	3 736 059,29
<b>Costos anuales (egresos)</b>	
Energía eléctrica	392 097,60
Cloración del agua	5 376,00
Personal de operación	56 148,96
Reparación de equipo de bombeo	5 638,60
Reparaciones menores y gastos directos	4 538,85
<b>Ingresos anuales</b>	
Aporte económico anual de la comunidad	463 800,01

Para determinar la TIR se requieren valores de ingresos que reflejen utilidades, las cuales no existen para éste proyecto, por ser de carácter social, por lo que no se puede utilizar la TIR.

## CONCLUSIONES

1. Un sistema de agua potable eficiente permite el desarrollo de las comunidades, mejorando su calidad de vida.
2. El tanque de almacenamiento el Huisital mejorará el servicio al mantener los caudales y presiones para la distribución.
3. La capacidad de almacenamiento del tanque el Huisital mejorará, debido a un tanque elevado que ayudará a mantener un nivel óptimo para la distribución.
4. La línea de conducción será mixta, lo que significa que trabajará por bombeo hasta el tanque elevado y bajará por gravedad hacia el tanque de almacenamiento el Huisital.
5. El tramo de la línea de conducción por bombeo se trabaja con dos tipos de tubería HG tipo mediana y PVC 260 PSI, esto para economizar en materia prima y garantizar el perfecto funcionamiento de la conducción al soportar la sobre presión y el golpe de ariete.
6. Debido a la diferencia de alturas entre el tanque elevado y el de almacenamiento el Huisital, se tuvo que diseñar una caja rompepresión que libere la energía causada por el fluido y compense las presiones aceptables dentro de la tubería.



## RECOMENDACIONES

1. Debido a la vulnerabilidad del municipio por sus características fisiográficas, se recomienda crear planes de mitigación y emergencia para salvaguardar el sistema de agua potable.
2. Para la operación y mantenimiento de la línea de conducción, se recomienda que el operador o fontanero disponga de un diseño gráfico del sistema, para realizar su trabajo y estar preparado para eventos catastróficos, contar con un inventario en bodega capaz de solventar reparaciones menores, y una bitácora de trabajo con la cual se pueda llevar un historial del funcionamiento del sistema en cuestión.
3. Al sistema de agua potable, es recomendable realizarle inspecciones periódicas para verificar su perfecto estado, abriendo las válvulas de limpieza para sacar sedimentos, verificar las válvulas, manteniendo limpias las áreas en donde estas se encuentran.
4. El tanque elevado por ser de estructura metálica, se le tiene que dar un mantenimiento periódico para cuidarlo de la corrosión, considerando el clima húmedo de la zona en donde se ubicará.
5. Realizar programas de carácter social en los cuales se concientice a la población acerca de la importancia de cuidar los recursos naturales.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Institute of Steel Construction. *Manual of Steel Construction*. 9a ed. USA: AISC, 1989. 325 p.
2. BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. *Ingeniería económica*. 5a ed. Mexico: McGraw-Hill, 2004. 796 p.
3. CANO ZAMORA, Wilfredo Antonio. *Análisis de vulnerabilidad del sistema de agua potable de Santa Catarina Pinula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 118 p.
4. Comisión Guatemalteca de Normas. *Agua potable: especificaciones Coguanor NGO 29 001:99*. 2a ed. Guatemala: Coguanor, 1999. 25 p.
5. Comité ACI 318. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario*. Estados Unidos: ACI, 2008. 520 p.
6. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 p.
7. Instituto de Fomento Municipal, Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. 2a ed. Guatemala: INFOM, UNEPAR, 1997. 100 p.

8. LÓPEZ VÁSQUEZ, Orzibal Jeovany. *Diseño del sistema de introducción de agua potable por bombeo de la aldea Santa María Sibaja, del municipio de San Pedro Yepocapa, departamento de Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 96 p.
9. MONTENEGRO PAIZ, José Gabriel. *Análisis y diseño de tanques elevados*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 185 p.
10. RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para el diseño estructural de tanques elevados en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 201 p.
11. SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995, 71 p.
12. VALLS ROBLES, Fernando. *Ayudas para el diseño de tanques metálicos elevados para agua*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 101 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. **Resultado del análisis de laboratorio**

- Análisis fisicoquímico del agua
- Análisis bacteriológico del agua
- Ensayo de compresión triaxial

# Análisis de laboratorio, agua del pozo la salvadora

## Análisis fisicoquímico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Nº 19899**

---

O.T. No. 29 381

ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

INF. No. 24 676

INTERESADO: <b>BYRON ANTONIO GOÑAS GIRÓN</b> (carne No. 200112725)		PROYECTO: <b>EPS: "DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea La Salvadora</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2012-01-17; 08 h 30 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2012-01-17; 12 h 00 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>Santa Catarina Pinula</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>			

**RESULTADOS**

1. ASPECTO: <u>Clara</u>		4. OLOR: <u>Inodora</u>		7. TEMPERATURA: <u>...° C</u> (En el momento de recolección)	
2. COLOR: <u>04,00 Unidades</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>295,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>00,45 UNT</u>		6.potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,95 unidades</u>			

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,43	6. CLORUROS (Cl)	07,50	11. SOLIDOS TOTALES	132,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> )	00,001	7. FLUORUROS ( F )	00,80	12. SOLIDOS VOLÁTILES	09,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	00,22	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	21,00	13. SOLIDOS FIJOS	123,00
4. CLORO RESIDUAL	- -	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,31	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	2,00
5. MANGANESO (Mn)	00,086	10. DUREZA TOTAL	82,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	120,00

**ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)**

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	110,00	110,00

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista fisico químico sanitario: HIERRO, MANGANESO en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según norma COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NG 29 001, SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y 29001 ( AGUA POTABLE ) DE GUATEMALA.  
Guatemala, 2012-03-07



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**

**DIRECCION**

**Zenón Wladimir Santos**  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



**LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA**  
"ORA ALBA TABARINI MOLINA"  
USAC GUATEMALA

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/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, Universidad de San Carlos de Guatemala.

# Análisis de laboratorio, agua del pozo la salvadora

## Análisis bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19900

O.T. No. 29 381		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 312 811	
INTERESADO	BYRON ANTONIO GOÑAS GIRÓN <small>(carné No. 200112725)</small>	PROYECTO:	EPS "DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y TANQUE ELEVADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LA SALVADORA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA"		
MUESTRA RECOLECTADA POR	interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC		
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Aldea La Salvadora	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2012-01-17, 08 h 30 hrs.		
FUENTE:	Pozo	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2012-01-17, 12 h 00 min.		
MUNICIPIO:	Santa Catarina Pinula	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Guatemala				
SABOR:	----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Lig.cantidad		
ASPECTO:	Clara	COLOR RESIDUAL			
OLOR:	Inodora				
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)					
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA			
		FORMACION DE GAS			
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C		
10,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
01,00 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
00,10 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria		
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		< 2	< 2		
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 <sup>ST</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.					
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua ES POTABLE. Según norma COGUANOR NGO 29 001.					
Guatemala, 2012-03-07					
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC	 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 Zenobio Machi Santos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			

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, Universidad de San Carlos de Guatemala.

# Análisis de laboratorio, suelo de aldea el Pueblito

## Ensayo de compresión triaxial



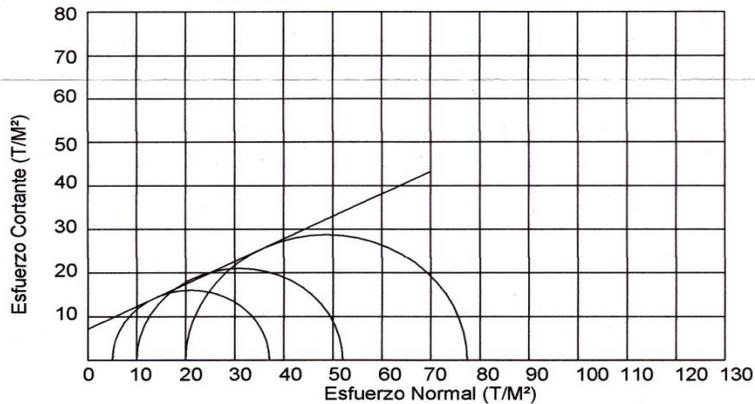
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15628

### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INTERESADO: Byron Antonio Goñas Girón  
PROYECTO: EPS- Diseño de Línea de conducción y Tanque Elevado  
Ubicación: Aldea La salvación  
Fecha: 24 de noviembre del 2011  
pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



#### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 27.25^\circ$       COHESIÓN:  $C_u = 7.2 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arcilloso color café  
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	11.28	18.43	31.15
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.0	5.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.44	1.44	1.44
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.71	1.71	1.71
HUMEDAD (%H)	19.9	19.9	19.9

Vo. Bo.

Inga. Teima Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIVUSAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Apéndice 2. Libreta topográfica

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
E - 1	Visando con Nort. Mag.		0	0	0	301.33
E-1	E-2	10.4	223	20	34	303.313
E- 2	E - 3	47.199	4	6	21	302.279
	3.1	19.75	189	51	13	
	3.2	14.23	226	54	14	
	3.3	25.67	269	31	45	
	3.4	66.67	282	10	10	
E -3	E -4	100.16	297	30	18	317.609
	4.1	17.04	159	28	55	
	4.2	11.08	162	1	21	
	4.3	7.37	131	43	21	
	4.4	13.7	94	37	20	
E - 4	E - 5	70.25	82	0	16	331.54
	5.1	16.64	237	4	0	
	5.2	5.89	269	26	13	
	5.3	13.41	331	34	3	
	5.4	63.85	316	50	0	
E - 5	E - 6	195.057	322	20	36	357.604
	6.1	23.64	147	16	50	
	6.2	6.45	122	11	28	
	6.3	4.83	96	7	32	
E - 6	E -7	189.66	13	27	58	386.331
	7.1	39.55	199	40	10	
	7.2	15.58	196	50	57	
	7.3	5.29	87	59	26	
	7.4	22.14	53	58	0	
	7.5	70.13	55	21	30	
E - 7	E - 8	131.517	52	32	35	406.426
	8.1	26.01	237	25	33	
	8.2	8.64	219	20	0	
E - 8	E - 9	20.13	94	53	24	409.717
	9.1	51.99	76	45	14	
	9.2	99.56	71	35	33	
E -9	E - 10	167.874	73	56	8	437.16
	10.1	26.52	257	0	40	
	10.2	11.92	291	28	4	
E - 10	E -11	93.95	35	41	53	451.62
	11.1	2.3	175	57	8	
	11.2	23.31	71	20	1	
E - 11	E - 12	61.113	78	30	44	456.719
	12.1	10.75	108	43	50	
	12.2	46.74	110	28	41	
E -12	E - 13	94.33	98	24	30	467.128
	13.1	23.95	252	57	47	

Continuación del apéndice 2.

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
	13.2	12.02	248	26	5	
	13.3	6.9	31	6	31	
	13.4	30.9	32	11	22	
E - 13	E - 14	154.362	23	56	20	480.946
	14.1	51.89	203	7	9	
	14.2	12.2	76	20	15	
E - 14	E - 15	70.738	82	56	11	488.303
	15.1	12.35	291	44	14	
	15.2	8.15	53	9	7	
	15.3	17.04	60	9	27	
	15.4	64.98	56	21	1	
E - 15	E - 16	126.825	61	10	45	496.546
	16.1	36.52	264	42	31	
	16.2	15.79	293	52	36	
	16.3	7.73	27	20	58	
E - 16	E - 17	46.119	112	53	6	496.7
	17.1	12.82	334	52	18	
E - 17	E - 18	66.16	154	36	41	496.476
	18.1	7.39	316	22	0	
	18.2	11.71	96	6	27	
E - 18	E - 19	80.88	90	38	32	501.933
	19.1	41.78	87	49	50	
E - 19	E - 20	56.52	70	1	26	500
	20.1	4.91	166	38	33	
E - 20	E - 21	39.023	33	29	0	499.45
	21.1	5.3	288	43	11	
E - 21	E - 22	105.478	333	6	0	500.97
	22.1	9.01	141	15	84	
	22.2	5.66	33	42	49	
	22.3	41.26	13	36	1	
E - 22	E - 23	102.3	19	59	0	500.21
	23.1	2.81	261	45	34	
	23.2	29.75	354	7	47	
E - 23	E - 24	85.85	349	43	30	499.12
	24.1	11.3	164	59	55	
	24.2	56.06	15	27	27	
E - 24	E - 25	104.67	18	32	40	496.14
	25.1	6.9	211	49	52	
E - 25	E - 26	28.5	343	17	20	494.88
	26.1	13.15	12	58	1	
E - 26	E - 27	143.656	349	11	0	484.53
	27.1	19.86	169	11	0	
	27.2	13.28	39	32	15	
E - 27	E - 28	49.208	45	31	0	482.77

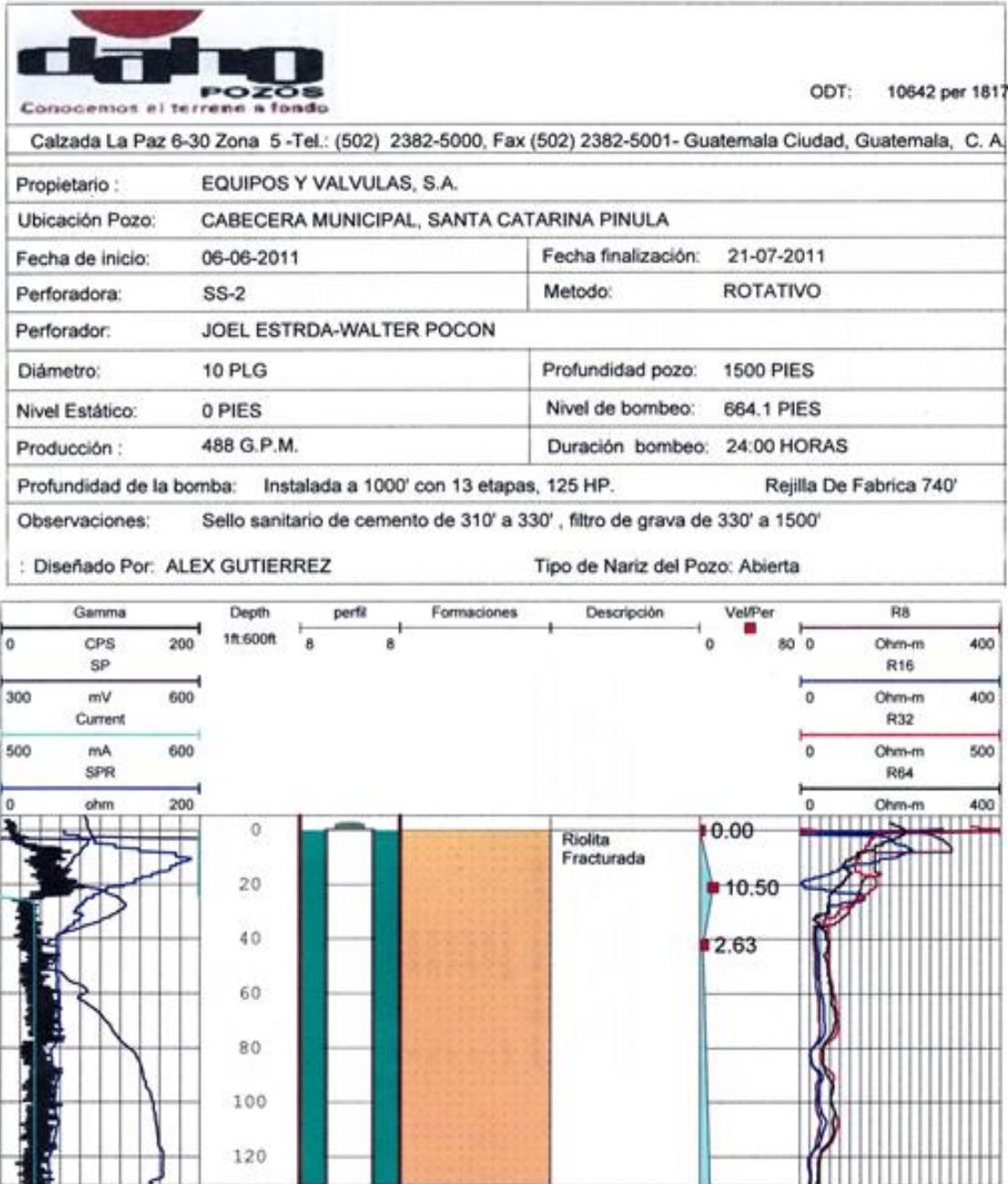
Continuación del apéndice 2.

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
	28.1	7.02	199	49	40	
E - 28	E - 29	60.814	72	50	40	480.49
	29.1	5.9	273	19	36	
	29.2	22.96	6	17	12	
E - 29	E - 30	49.087	10	3	0	478.39
	30.1	8.46	301	50	44	
E - 30	E - 31	38.952	351	20	0	477.11
	31.1	9.64	239	40	47	
	31.2	19.38	346	21	30	
E - 31	E - 32	83.44	16	40	20	475.54
	32.1	10.63	230	26	59	
	33.2	6.21	201	46	48	
E - 33	E - 34	74.124	38	49	30	474.224
	34.1	26.3	15	59	59	
E - 34	E - 35	57.843	22	54	58	470.886
	35.1	14.3	218	51	16	
	35.2	52.16	0	32	19	
	35.3	76.13	359	25	25	
E - 35	E - 36	166.361	3	56	37	459.646
	36.1	30.68	186	14	52	
E - 36	E - 37	51.43	347	42	45	457.042
	37.1	19.45	204	39	42	
	37.2	11.12	304	29	24	
E - 37	E - 38	114.639	5	26	42	447.053
	38.1	39.74	193	13	34	
	38.2	24.18	330	59	1	
	38.3	54.23	333	19	28	
E - 38	E - 39	112.346	330	5	14	440.51
	39.1	30.21	161	37	57	
	39.2	19.49	296	0	25	
E - 39	E - 40	116.401	314	31	6	425.22
	40.1	28.44	285	18	24	
E - 40	E - 41	83.838	310	18	47	415.997
	41.1	21.52	138	32	4	
	41.2	23.71	307	1	31	
E - 41	E - 42	120.78	308	46	32	403.245
	42.1	54.87	135	37	22	
	42.2	20.43	304	5	15	
E - 42	E - 43	103.41	320	46	20	388.01
	43.1	35.89	145	44	21	
	43.2	9.64	253	7	35	
E - 43	E - 44	40.745	267	7	38	386.03
	44.1	10.73	225	15	20	

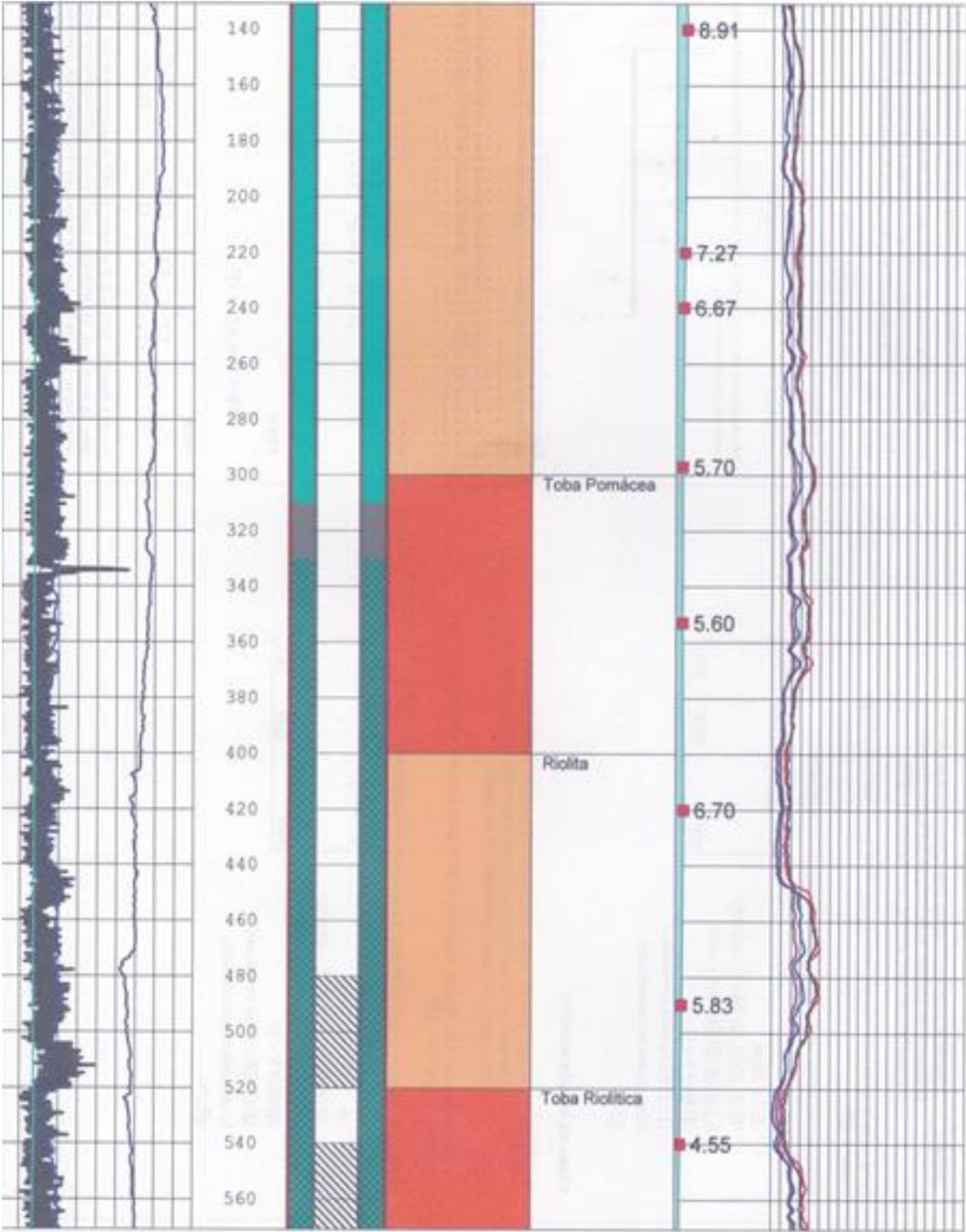
Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3

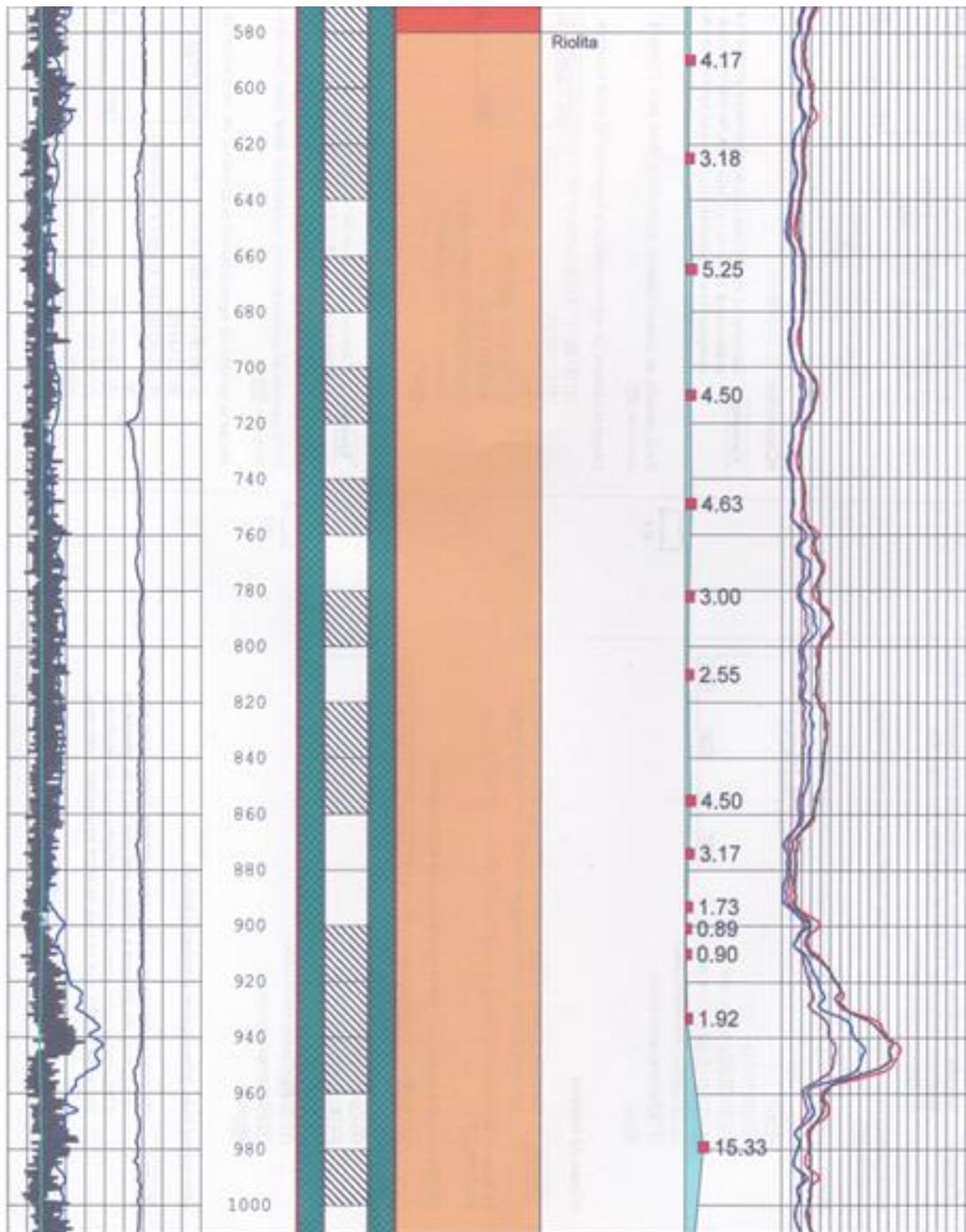
Figura 3.1. Perfil estratigráfico



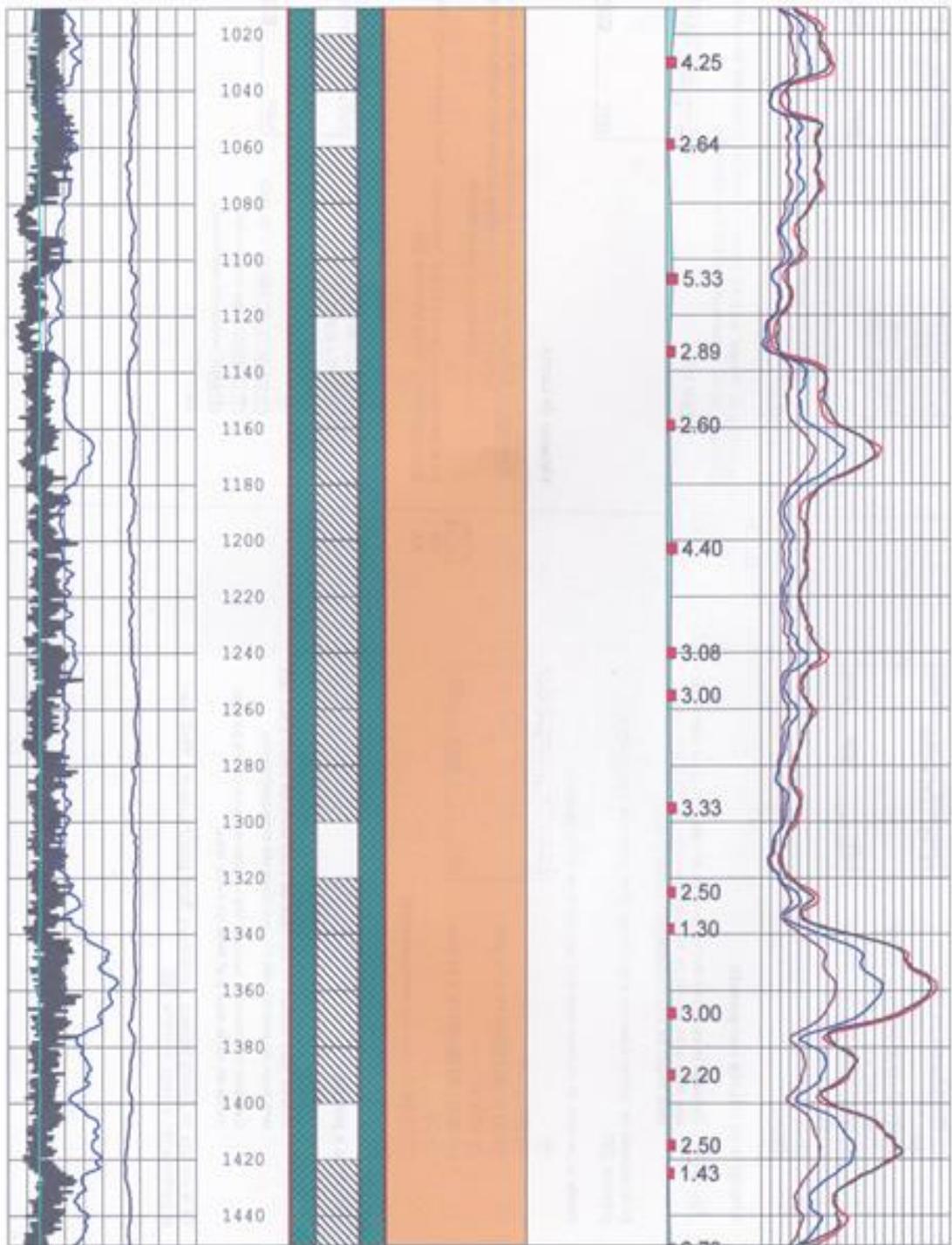
Continuación de la figura 3.1.



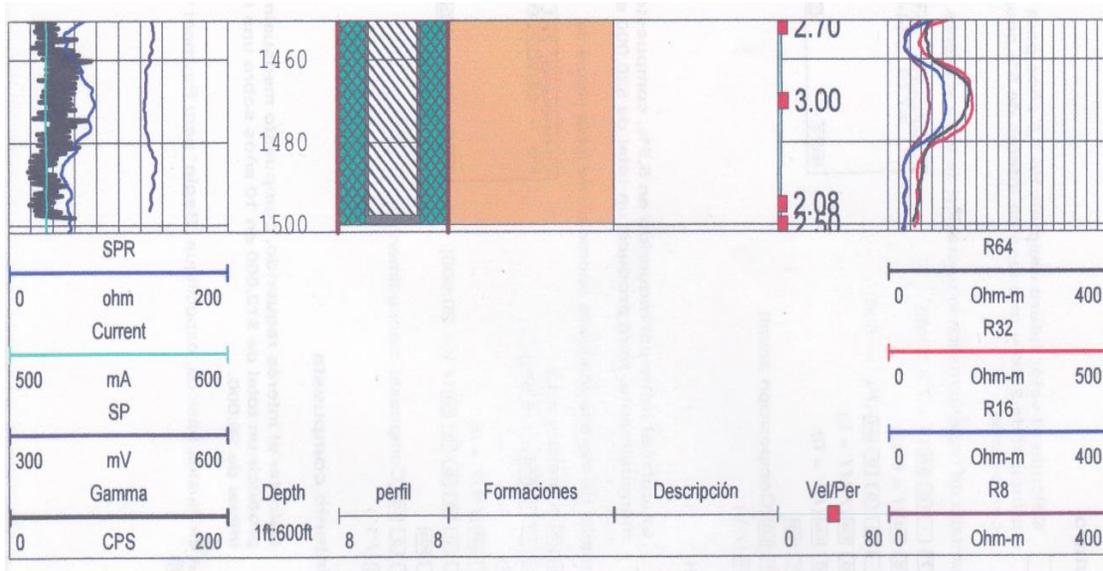
Continuación de la figura 3.1.



Continuación de la figura 3.1.



Continuación de la figura 3.1.



Fuente: datos proporcionados por la empresa Daho Pozos de Centroamérica, S. A.

Tabla 3.1. Resumen del cálculo hidráulico

**DISEÑO HIDRAULICO**  
**TRAMO POR BOMBEO**

Lugar: Aldea La Salvadora  
Municipio: Santa Catarina Pinulá  
Departamento: Guatemala

Elevación	Est.	Pto. Ob.	Distancia (m)	Incremento	Dist. Final	# tubos	Tipo de tub.	Q. (bombeo)	Diámetro	Cte. De tub.	Hf. (perdidas)	Cota piezométrica	
												Estática	Final
301.33	1	norte mag.										525.47	558.09
303.313	1	2	10.4	1.06	11.02	2	H.G	8.37	4	100	0.23	525.47	557.86
302.28	2	3	47.2	1.06	50.03	8	H.G	8.37	4	100	1.04	525.47	556.82
317.61	3	4	100.16	1.06	106.17	18	H.G	8.37	4	100	2.20	525.47	554.62
331.54	4	5	70.25	1.06	74.47	12	H.G	8.37	4	100	1.54	525.47	553.08
357.604	5	6	195.06	1.06	206.76	34	H.G	8.37	4	100	4.29	525.47	548.79
386.331	6	7	189.66	1.06	201.04	34	H.G	8.37	4	100	4.17	525.47	548.79
406.43	7	8	131.52	1.06	139.41	23	H.G	8.37	4	100	2.89	525.47	544.63
409.72	8	9	20.13	1.06	21.34	4	H.G	8.37	4	100	0.44	525.47	541.30
437.16	9	10	167.87	1.06	177.94	30	H.G	8.37	4	100	3.69	525.47	541.30
451.62	10	11	93.95	1.06	99.59	17	H.G	8.37	4	100	2.06	525.47	537.61
456.72	11	12	61.11	1.06	64.78	11	H.G	8.37	4	100	1.34	525.47	535.54
467.13	12	13	94.33	1.06	99.99	17	PVC	8.37	4	150	0.98	525.47	534.20
480.95	13	14	154.36	1.06	163.62	27	PVC	8.37	4	150	1.60	525.47	533.22
488.3	14	15	71.74	1.06	76.04	13	PVC	8.37	4	150	0.74	525.47	531.62
496.55	15	16	126.83	1.06	134.44	22	PVC	8.37	4	150	1.32	525.47	530.88
496.7	16	17	46.12	1.06	48.89	8	PVC	8.37	4	150	0.48	525.47	529.56
496.48	17	18	66.16	1.06	70.13	12	PVC	8.37	4	150	0.69	525.47	529.08
501.93	18	19	80.88	1.06	85.73	14	PVC	8.37	4	150	0.84	525.47	528.40
500	19	20	56.52	1.06	59.91	10	PVC	8.37	4	150	0.59	525.47	527.56
499.45	20	21	39.02	1.06	41.36	7	PVC	8.37	4	150	0.40	525.47	526.97
500.97	21	22	105.48	1.06	111.81	19	PVC	8.37	4	150	1.09	525.47	526.56
			1928.75		2044.48	341							525.47
													32.62

Continuación de la tabla 3.1.

**DISEÑO HIDRAULICO**

**PRIMER TRAMO POR GRAVEDAD**

Lugar: Aldea La Salvadora  
 Municipio: Santa Catarina Pinula  
 Departamento: Guatemala

Elevacion	Est.	Pto. Ob.	Distancia (m)	Incremento	Dist. Final	# de tubos	Tipo de tub.	Q. (bombeo)	Diámetro	Cte. De tub.	Hf. (perdidas)	Cota piezometrica	
												Estática	Final
512.97	22	Torre										517.97	517.97
500.21	22	23	102.30	1.06	108.44	18	PVC	4.18	3	150	1.19	517.97	516.78
499.12	23	24	85.85	1.06	91.00	15	PVC	4.18	3	150	1.00	517.97	515.77
496.14	24	25	104.67	1.06	110.95	18	PVC	4.18	3	150	1.22	517.97	514.55
494.88	25	26	28.50	1.06	30.21	5	PVC	4.18	3	150	0.33	517.97	514.22
	26	26.1.1	100.88	1.06	106.93	18	PVC	4.18	3	150	1.18	517.97	514.22
484.53	26.1.1	27	42.79	1.06	45.35	8	PVC	4.18	2	150	3.60	517.97	513.04
482.77	27	28	49.21	1.06	52.16	9	PVC	4.18	2	150	4.14	517.97	509.44
480.49	28	29	60.81	1.06	64.46	11	PVC	4.18	2	150	5.11	517.97	505.30
478.39	29	30	49.09	1.06	52.04	9	PVC	4.18	2	150	4.13	517.97	500.19
477.11	30	31	38.95	1.06	41.29	7	PVC	4.18	2	150	3.28	517.97	496.06
475.54	31	32	83.44	1.06	88.45	15	PVC	4.18	2	150	7.02	517.97	492.79
476.41	32	33	44.90	1.06	47.59	8	PVC	4.18	2	150	3.78	517.97	485.77
474.22	33	34	74.12	1.06	78.57	13	PVC	4.18	2	150	6.23	517.97	481.99
470.89	34	35	57.84	1.06	61.31	10	PVC	4.18	2	150	4.86	517.97	475.76
			923.35		531.21	163		4.18	3	150	47.07		470.897

Continuación de la tabla 3.1.

### DISEÑO HIDRAULICO

#### SEGUNDO TRAMO POR GRAVEDAD

Lugar: Aldea La Salvadora  
 Municipio: Santa Catarina Pinula  
 Departamento: Guatemala

Elevación	Est.	Pto. Ob.	Distancia (m)	Incremento	Dist. Final	# de tubos	Tipo de tub.	Q. (bombeo)	Diámetro	Cte. De tub.	Hf. (perdidas)	Estática	Cota piezométrica	
													Inicial	Final
470.89	35	Caja R. Pres.										475.89	475.89	
454.65	35	36	166.36	1.06	176.34	29	PVC	4.18	2	150	13.99	475.89	475.89	461.90
452.04	36	37	51.43	1.06	54.52	9	PVC	4.18	2	150	4.33	475.89	461.90	457.57
442.05	37	38	114.64	1.06	121.52	20	PVC	4.18	2	150	9.64	475.89	457.57	447.93
435.51	38	39	112.35	1.06	119.09	20	PVC	4.18	2	150	9.45	475.89	447.93	438.49
425.22	39	40	116.40	1.06	123.39	21	PVC	4.18	2	150	9.79	475.89	438.49	428.70
416.00	40	41	83.84	1.06	88.87	15	PVC	4.18	2	150	7.05	475.89	428.70	421.65
403.25	41	42	120.78	1.06	128.03	21	PVC	4.18	2	150	10.16	475.89	421.65	411.49
	42	42.1.1	92.32	1.06	97.85	16	PVC	4.18	2	150	7.76	475.89	411.49	403.73
388.01	42.1.1	43	11.10	1.06	11.76	2	PVC	4.18	1.5	150	3.79	475.89	403.73	399.94
<b>386.03</b>	43	44	40.75	1.06	43.19	7	PVC	4.18	1.5	150	13.91	475.89	399.94	<b>386.03</b>
			909.95		964.55	161					89.86			

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 4

Tabla 4.1. **Resumen de las cantidades de trabajo calculadas e integración de unitarios**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario (Q)	Costo parcial (Q)
1	<b>CASETA DE BOMBEO</b>				
1.1.	Limpieza, trazo y puenteo	25	m <sup>2</sup>	58,42	1 460,61
1.2.	Cimentación	13	ml	366,01	4 758,11
1.3.	Solera de humedad	13	ml	254,99	3 314,88
1.4.	Solera intermedia	13	ml	254,99	3 314,88
1.5.	Solera final o de corono	13	ml	254,99	3 314,88
1.6.	Levantado de muros	32	m <sup>2</sup>	227,69	7 286,23
1.7.	Columnas tipo C-1	7	unidad	515,59	3 609,13
1.8.	Columnas tipo C-2	2	unidad	407,13	814,26
1.9.	Piso de cemento	8,7	m <sup>2</sup>	388,28	3 378,01
1.10.	Losa	15	m <sup>2</sup>	739,12	11 086,78
1.11.	Ventanería + puertas metálicas + balcones	1	global	6 058,75	6 058,75
<b>Total de caseta de bombeo</b>					<b>48 396,53</b>
2	<b>LINEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE</b>				
2.1.	Limpieza, trazo y puenteo	3 760,00	ml	33,08	124 367,12
2.2.	Demolición de carpeta asfáltica	1 880,00	m <sup>2</sup>	59,63	112 106,07
2.3.	Excavación para instalación de tubería	3 760,00	ml	63,54	238 919,69
2.4.	Colocación de base de selecto para tubo (1 capa de 0,10 m, compactado)	3 760,00	ml	11,82	44 442,07
2.5.	Instalación de tubería HG de 4"	1 152,55	ml	318,03	366 540,62
2.6.	Instalación de tubería PVC de 4"	890,50	unidad	349,38	311 125,34
2.7.	Instalación de tubería PVC de 3"	447,53	unidad	218,94	97 980,95
2.8.	Instalación de tubería PVC de 2"	1 441,00	unidad	68,36	98 505,61
2.9.	Instalación de tubería PVC de 1 ½"	60,00	unidad	92,15	5 529,02
2.10.	Instalación de válvulas en tubería HG	5,00	unidad	4 694,50	23 472,50

Continuación de tabla 4.1.

2.11.	Instalación de válvulas en tubería PVC	8,00	unidad	3 508,07	28 064,58
2.12.	Instalación de clorinador	1,00	unidad	5 759,84	5 759,84
2.13.	Caja para clorinador	1,00	unidad	2 420,69	2 420,69
2.14.	Caja para válvulas	11,00	unidad	2 212,56	24 338,15
2.15.	Caja rompe presión (colocada en el tramo por gravedad)	1,00	unidad	8 283,45	8 283,45
2.16.	Anclajes para accesorios de concreto fundido (codos 90, 45, 22.5 y válvulas)	95,00	unidad	69,24	6 577,87
2.17.	Anclajes para tubería	22,00	unidad	244,23	5 373,12
2.18.	Relleno y compactación con material selecto (3 capas de 0,10 m sobre el tubo y sus costados)	3 760,00	ml	47,71	179 383,60
2.19.	Relleno y compactación con material extraído (2 capas de 0,15 m, compactadas)	3 760,00	ml	12,24	46 034,67
2.20.	Relleno y compactación con material selecto (2 capas de 0,10 m)	3 760,00	ml	22,72	85 441,40
2.21.	Limpieza y extracción de materiales sobrantes	1 843,00	m <sup>3</sup>	70,45	129 830,40
2.22.	Colocación de capa de cemento asfáltico con espesor de 0,07 m	1 880,00	m <sup>2</sup>	245,15	460 873,73
2.23.	Equipamiento de pozo mecánico	1,00	global	399 013,27	399 013,27
<b>Total de línea de conducción</b>				<b>2 804 383,74</b>	
3	<b>TANQUE ELEVADO (ESTRUCTURA METÁLICA)</b>				
3.1	Limpieza, trazo y puenteo	144	m <sup>2</sup>	40,16	5 783,20
3.2.	Zapata	1	unidad	136 756,51	136 756,51
3.3.	Pedestal	6	unidad	2 729,48	16 376,90
3.4.	Relleno y compactación de material extraído	99,00	m <sup>3</sup>	63,68	6 304,01
3.5.	Limpieza y acarreo de materiales sobrantes	19,00	m <sup>3</sup>	122,02	2 318,40
3.6.	Tanque de estructura metálica (Global)	1,00	unidad	715 740,00	715 740,00
<b>Total de tanque elevado</b>				<b>883 279,02</b>	
<b>Costo total del proyecto</b>			<b>Q 3 736 059,29</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.2. Integración de precios unitarios

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.1					
Concepto: Limpieza, trazo y puenteo					
Cantidad: 25					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones : Terreno casi plano, con vegetación					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Estacas de 3" x 2" x 3( costo por pie tablar Q. 5.50)	16	unidad	14.63	234.08	343.08
Reglas de 2" x 3" x 3'( costo por pie tablar Q. 5.50)	8	unidad	9.75	78	
Clavo de 2"	1	libra	7	7	
Hilo plástico	1	unidad	12	12	
Cal	4	libra	3	12	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (de personal)	2	flete	50	100	100
<b>Mano de obra</b>					
Limpieza trazo y puenteo	25	m <sup>2</sup>	10	250	300
Ayudante ( Factor del 20 %)				50	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			38.01	201.93
Aginaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			31.92	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			13.38	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			20.73	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			55.32	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			10.65	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			31.92	
Total de prestaciones	67.11%				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			75.60	359.10
Imprevistos	10% del costo directo			94.50	
Utilidad	20% del costo directo			189.00	
Total costos directos + indirectos					1304.11
Impuesto al valor agregado (IVA)					156.49
Total del reglón					1460.61
Precio unitario					58.42

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.2					
Concepto: Cimentación					
Cantidad: 13					
Unidad de medida : ml					
Observaciones : Suelo arcilloso, duro.					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	11	quintal	78	858	1481
Arena	0.6	m <sup>3</sup>	125	75	
Piedrín	1	m <sup>3</sup>	230	230	
Hierro de 3/8"	8	unidad	25	200	
Hierro de 1/4"	6	unidad	15	90	
Alambre de amarre	4	libra	7	28	
Maquinaria y Equipo					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	flete	200	200	400
Transporte ( de personal)	4	flete	50	200	
Mano de obra					
Zanjo de 0.40m de ancho hasta una profundidad de 0.80m	13	ml	17.25	224.25	715.73
Nivelación de zanja.	13	ml	2.3	29.9	
Armadura para cimiento corrido de 0.20mx0.40m con 3 hierros No. 3 mas hecha de eslabón No. 2 a 0.20m, (incluye el centrado).	13	ml	5.63	73.19	
Fundición de cimiento corrido de 0.40mx0.20m.	13	ml	20.7	269.1	
Ayudante ( factor del 20 %)				119.29	
Prestaciones					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			90.68	481.76
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			76.15	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			31.92	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			49.46	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			131.98	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			25.41	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			76.15	
Total de prestaciones	67.11%				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>3078.48</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			246.28	1169.82
Imprevistos	10% del costo directo			307.85	
Utilidad	20% del costo directo			615.70	
Total costos directos + indirectos					4248.31
Impuesto al valor agregado (IVA)					509.80
Total del reglón					4758.11

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.3					
Concepto: Solera de humedad					
Cantidad: 13					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	5	quintal	78	390	1242.25
Arena	0.25	m <sup>3</sup>	125	31.25	
Piedrín	0.4	m <sup>3</sup>	230	92	
Tablas 12' x 12' x 1" (1/3 del costo, Q. 8,50 pie tablar)	8	unidad	34	272	
Hierro de 3/8"	10	unidad	25	250	
Hierro de 1/4"	11	unidad	15	165	
Alambre de amarre	6	libra	7	42	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	flete	100	100	150
Transporte ( de personal)	1	flete	50	50	
<b>Mano de obra</b>					
Armado de solera de 0.15mx0.20m con 4 hierros No. 3 mas hecha de estribo de hierro No. 2 a cada 0.20m.	13	ml	7.13	92.69	449.75
Fundición de solera de 0.15mx0.20m incluye formaleta	13	ml	20.7	269.1	
Desencofrado	13	ml	1	13	
Ayudante ( factor del 20 %)				74.96	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			56.98	302.73
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			47.85	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			20.06	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			31.08	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año) / (282 días / año) = 18.44%			82.93	
Vacaciones	(10 días / año) / (282 días / año) = 3.55 %			15.97	
Indemnización	( 30 días / año) / ( 282 días / año) = 10.64 %			47.85	
Total de prestaciones	67.11%				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>2144.72</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			171.58	814.99
Imprevistos	10% del costo directo			214.47	
Utilidad	20% del costo directo			428.94	
Total costos directos + indirectos					2959.72
Impuesto al valor agregado (IVA)					355.17
Total del reglón					3314.88
Precio unitario					254.99

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.4					
Concepto: Solera intermedia					
Cantidad: 13					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	5	quintal	78	390	1242.25
Arena	0.25	m³	125	31.25	
Piedrín	0.4	m³	230	92	
Tablas 12' x 1' x 1/2" (1/3 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	8	unidad	34	272	
Hierro de 3/8"	10	unidad	25	250	
Hierro de 1/4"	11	unidad	15	165	
Alambre de amarre	6	libra	7	42	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	flete	100	100	150
Transporte ( de personal)	1	flete	50	50	
<b>Mano de obra</b>					
Armado de solera de 0.15mx0.20m con 4 hierros No. 3 mas hecha de estribo de hierro No. 2 a cada 0.20m.	13	ml	7.13	92.69	449.75
Fundición de solera de 0.15mx0.20m incluye formaleta	13	ml	20.7	269.1	
Desencofrado	13	ml	1	13	
Ayudante ( factor del 20 %)				74.96	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			56.98	302.73
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			47.85	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			20.06	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			31.08	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			82.93	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			15.97	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			47.85	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			171.58	814.99
Imprevistos	10% del costo directo			214.47	
Utilidad	20% del costo directo			428.94	
Total costos directos + indirectos					2959.72
Impuesto al valor agregado (IVA)					355.17
Total del reglón					3314.88
Precio unitario					254.99

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.5					
Concepto: Solera de remate o corona					
Cantidad: 13					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	5	quintal	78	390	1242.25
Arena	0.25	m³	125	31.25	
Piedrín	0.4	m³	230	92	
Tablas 12' x 12" x 1" (1/3 del costo, Q.8.50 pie tablar)	8	unidad	34	272	
Hierro de 3/8"	10	unidad	25	250	
Hierro de 1/4"	11	unidad	15	165	
Alambre de amarre	6	libra	7	42	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	flete	100	100	150
Transporte ( de personal)	1	flete	50	50	
<b>Mano de obra</b>					
Armado de solera de 0.15mx0.20m con 4 hierros No. 3 mas hecha de estribo de hierro No. 2 a cada 0.20m.	13	ml	7.13	92.69	449.75
Fundición de solera de 0.15mx0.20m incluye formaleta	13	ml	20.7	269.1	
Desencofrado	13	ml	1	13	
Ayudante (factor del 20%)				74.96	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			56.98	302.73
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			47.85	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			20.06	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			31.08	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			82.93	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			15.97	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			47.85	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					2144.72
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			171.58	814.99
Imprevistos	10% del costo directo			214.47	
Utilidad	20% del costo directo			428.94	
Total costos directos + indirectos					2959.72
Impuesto al valor agregado (IVA)					355.17
Total del reglón					3314.88
Precio unitario					254.99

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.6					
Concepto: Levantado de muros					
Cantidad: 32					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	6	quintal	78	468	2458
Arena	0.8	m <sup>3</sup>	125	100	
Block de 0.14m x 0.19m x 0.19m	420	m <sup>3</sup>	4.5	1890	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 6 Ton)	1	Flete	400	400	650
Transporte ( de personal)	5	Flete	50	250	
<b>Mano de obra</b>					
Levantado de block de 0.14mx0.19mx0.19m con sisas marcadas en ambas caras.	32	m <sup>2</sup>	25	800	960
Ayudante (factor del 20%)				160	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			121.63	646.18
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			102.14	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			42.82	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			66.34	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			177.02	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			34.08	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			102.14	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>4714.18</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			377.13	1791.39
Imprevistos	10% del costo directo			471.42	
Utilidad	20% del costo directo			942.84	
Total costos directos + indirectos					6505.56
Impuesto al valor agregado (IVA)					780.67
Total del reglón					7286.23
Precio unitario					227.69

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.7					
Concepto: Columna tipo C-1					
Cantidad: 7					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	6	quintal	78	468	1588
Arena	0.3	m³	125	37.5	
Piedrín	0.45	m³	230	103.5	
Tablas 12' x 12" x 1" (1/3 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	8	unidad	34	272	
Hierro de 3/8"	20	unidad	25	500	
Hierro de 1/4"	11	unidad	15	165	
Alambre de amarre	6	libra	7	42	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	flete	100	100	100
<b>Mano de obra</b>					
Armado de columna de 0.15mx0.15m con 4 hierros No. 3 mas hecha de estribo de hierro No. 2 a cada 0.20m, (incluye el	21.7	ml	7.13	154.721	537.21
fundición de columnas entre muros(incluye formaleta)	21.7	ml	12.5	271.25	
Desencofrado	21.7	ml	1	21.7	
Ayudante (factor del 20 %)				89.53	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			68.06	361.59
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			57.16	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			23.96	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			37.12	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			99.06	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			19.07	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			57.16	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					2586.80
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			206.94	982.98
Imprevistos	10% del costo directo			258.68	
Utilidad	20% del costo directo			517.36	
Total costos directos + indirectos					3569.78
Impuesto al valor agregado (IVA)					428.37
Total del reglón					3998.16
Precio unitario					571.17

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.8					
Concepto: Columna tipo C-2					
Cantidad: 2					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	1	quintal	78	78	269.95
Arena	0.05	m <sup>3</sup>	125	6.25	
Piedrín	0.09	m <sup>3</sup>	230	20.7	
Tablas 12' x 1' x 1/2" (1/3 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	2	unidad	34	68	
Hierro de 3/8"	3	unidad	25	75	
Hierro de 1/4"	1	unidad	15	15	
Alambre de amarre	1	libra	7	7	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	Flete	100	100	100
<b>Mano de obra</b>					
Armado de costilla de 2 hierros No.3 mas hecha de eslabón de hierro de No. 2 a 0.20m.	6.2	ml	3	18.6	89.28
fundición de columnas entre muros(incluye formaleta)	6.2	ml	8	49.6	
Desencofrado	6.2	ml	1	6.2	
Ayudante ( factor del 20%)				14.88	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			11.31	60.09
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			9.50	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			3.98	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			6.17	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			16.46	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			3.17	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			9.50	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			41.55	197.34
Imprevistos	10% del costo directo			51.93	
Utilidad	20% del costo directo			103.86	
Total costos directos + indirectos					716.67
Impuesto al valor agregado (IVA)					86.00
Total del reglón					802.67
Precio unitario					401.33

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.9					
Concepto: Piso de cemento					
Cantidad: 8.7					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	10	quintal	78	780	
Arena	0.61	m <sup>3</sup>	125	76.25	
Piedrín	1.11	m <sup>3</sup>	230	255.3	
Electro malla	1	unidad	350	350	
					1461.55
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	1	Flete	100	100	
Transporte ( de personal)	2	flete	50	100	
					200
<b>Mano de obra</b>					
Fundición de pisos de concreto con 0.12m de espesor con sin armadura.	8.7	m <sup>2</sup>	25	217.5	
Limpieza y nivelación de área de trabajo	8.7	m <sup>2</sup>	5	43.5	
Ayudante (factor del 20 %)				52.2	
					313.2
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			39.68	
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			33.32	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			13.97	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			21.64	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			57.75	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			11.12	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			33.32	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					2185.56
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			174.85	
Imprevistos	10% del costo directo			218.56	
Utilidad	20% del costo directo			437.11	
Total costos directos + indirectos					3016.08
Impuesto al valor agregado (IVA)					361.93
Total del reglón					3378.01
Precio unitario					388.28

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.10					
Concepto: Losa					
Cantidad: 15					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	19	quintal	78	1482	4163.86
Arena	1	m <sup>3</sup>	125	125	
Piedrín	1.5	m <sup>3</sup>	230	345	
Hierro de 3/8"	27	unidad	25	675	
Alambre de amarre	11	libra	7	77	
Tendal de 3" x 2" x 14' (1/2 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	4	unidad	29.75	119	
Parales de 3" x 3" x 10' (1/2 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	17	unidad	31.9	542.3	
Tablas de 1" x 12" x 14' (1/3 del costo; Q. 8.50 pie tablar)	16	unidad	39.66	634.56	
Clavo de 2"	5	unidad	7	35	
Caja octagonal	2	unidad	7.9	15.8	
Caja rectangular	2	unidad	6.6	13.2	
Poliducto	20	ml	5	100	
<b>Maquinaria y equipo</b>					
Transporte (Camión de 3 Ton)	2	flete	200	400	600
Transporte ( de personal)	4	flete	50	200	
<b>Mano de obra</b>					
Armado de losa tradicional plana o inclinada (incluye: tarima, armadura con hierro de No.3 y arrastres).	15	m <sup>2</sup>	65	975	1440
Fundición de losa tradicional o prefabricada, plana o inclinada (terminada).	15	m <sup>2</sup>	15	225	
Ayudante (factor del 20 %)				240	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			182.45	969.26
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			153.22	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			64.22	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			99.50	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			265.54	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			51.12	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			153.22	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					7173.12
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			573.85	2725.79
Imprevistos	10% del costo directo			717.31	
Utilidad	20% del costo directo			1434.62	
Total costos directos + indirectos					9898.91
Impuesto al valor agregado (IVA)					1187.87
Total del reglón					11086.78
Precio unitario					739.12

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 1: Caseta de bombeo					
Numeral : 1.11					
Concepto: Ventaneria, puerta, balcones					
Cantidad: Global					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones : Los costos ya incluyen transporte e instalación					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Puerta de 1.00 m x 2.15 m	1	unidad	1500	1500	3920
Ventana de 1m x 1m (Incluye vidrio transparente de 3mm)	2	unidad	650	1300	
Balcones de 1.15m x 1.15m	2	unidad	560	1120	
<b>Maquinaria y equipo</b>					
					0
<b>Mano de obra</b>					
					0
<b>Prestaciones</b>					
					0
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>3920.00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			313.6	1489.60
Imprevistos	10% del costo directo			392	
Utilidad	20% del costo directo			784	
Total costos directos + indirectos					5409.60
Impuesto al valor agregado (IVA)					649.15
Total del reglón					6058.75

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.1					
Concepto: Limpieza, trazo y puenteo					
Cantidad: 3,760.00					
Unidad de medida : ml					
Observaciones : El trazo se realiza sobre la carretera, pasando en algunos lugares sobre el arriate.					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Estacas de 3" x 3" x 3' ( costo por el uso; Q. 5.50 pie tablar)	100	unidad	12.4	1240	3475
Reglas de 2 " x 3" x 4' ( costo por el uso; Q. 5.50 pie tablar)	75	unidad	11	825	
Clavo de 2"	50	libra	7	350	
Hilo plástico	30	unidad	12	360	
Cal	20	quintal	35	700	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	30	flete	50	1500	1500
<b>Mano de obra</b>					
Limpieza trazo y puenteo	3,760.00	ml	10	37600	45120
Ayudante ( factor del 20%)				7520	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			5716.70	30370.27
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			4800.77	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			2012.35	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			3117.79	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			8320.13	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			1601.76	
Indemnización	$( 30 \text{ días / año}) / ( 282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			4800.77	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			6437.22	30576.80
Imprevistos	10% del costo directo			8046.53	
Utilidad	20% del costo directo			16093.054	
Total costos directos + indirectos					111042.08
Impuesto al valor agregado (IVA)					13325.05
Total del reglón					124367.12
Precio unitario					33.08

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.2					
Concepto: Demolición de carpeta asfáltica					
Cantidad:	1,880.00				
Unidad de medida :	m <sup>2</sup>				
Observaciones :	El ripio se acumulara a cada 80 metros aproximadamente				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
					0
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	48	flete	50	2400	32900
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> )	30	flete	350	10500	
Mini cargador, (El costo incluye el Diesel)	8	día	2500	20000	
<b>Mano de obra</b>					
Demolición de carpeta asfáltica	1,880.00	m <sup>2</sup>	10	18800	23688
Acarreo de material demolido hasta 80 metros de distancia	282	m <sup>3</sup>	20	5640	
Ayudante (factor del 20%)				4888	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			3001.2696	15944.39
Aginaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			2520.40	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			1056.48	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			1636.84	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año) / (282 días / año) = 18.44%			4368.07	
Vacaciones	(10 días / año) / (282 días / año) = 3.55 %			840.92	
Indemnización	( 30 días / año) / ( 282 días / año) = 10.64 %			2520.40	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>72532.39</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			5802.59	27562.31
Imprevistos	10% del costo directo			7253.24	
Utilidad	20% del costo directo			14506.479	
Total costos directos + indirectos					100094.70
Impuesto al valor agregado (IVA)					12011.36
Total del reglón					112106.07
Precio unitario					59.63

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable						
Numeral : 2.3						
Concepto: Excavación para instalación de tubería						
Cantidad: 3,760.00						
Unidad de medida : ml						
Observaciones :						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>Materiales</b>						
					0	
Maquinaria y Equipo						
Transporte (Personal)	72	flete	50	3600	3600	
Mano de obra						
Zanjeo de 0.50m de ancho hasta una profundidad de 1.00m	3,760.00	ml	20	75200	90240	
Ayudante(factor del 20 %)				15040		
Prestaciones						
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			11433.408	60740.54	
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			9601.54		
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			4024.70		
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			6235.58		
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			16640.26		
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			3203.52		
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			9601.54		
Total de prestaciones	0.6711					
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>						<b>154580.54</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Administrativos	8% del costo directo			12366.444	58740.61	
Imprevistos	10% del costo directo			15458.054		
Utilidad	20% del costo directo			30916.109		
Total costos directos + indirectos					213321.15	
Impuesto al valor agregado (IVA)					25598.54	
Total del reglón					238919.69	
Precio unitario					63.54	

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.4					
Concepto: Colocación de base selecto con espesor de 0.10m compactado					
Cantidad: 3,760.00					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Selecto	200	m <sup>3</sup>	65	13000	13000
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	15	flete	50	750	7450
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> )	17	flete	300	5100	
transporte (Camión cisterna)	4	flete	400	1600	
<b>Mano de obra</b>					
Relleno y compactación de zanja.	3,760.00	ml	1.1	4136	4963.2
Ayudante(factor del 20 %)				827.2	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			628.84	3340.73
Agüinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			528.08	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			221.36	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			342.96	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			915.21	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			176.19	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			528.08	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			2300.31	10926.49
Imprevistos	10% del costo directo			2875.39	
Utilidad	20% del costo directo			5750.79	
Total costos directos + indirectos					39680.42
Impuesto al valor agregado (IVA)					4761.65
Total del reglón					44442.07
Precio unitario					11.82

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.5					
Concepto: Instalación de tubería H.G. de 4"					
Cantidad: 1,152.55					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tubo galvanizado de 4" tipo mediano	192	unidad	1001.2	192230.4	224940.4
Codo H.G. 90°	1	unidad	225.75	225.75	
Codo H.G. 45°	7	unidad	238.5	1669.5	
Codo H.G. 22.5°	10	unidad	250	2500	
Codo H.G. 11.25	12	unidad	250	3000	
Coplas H.G.	215	unidad	115.65	24864.75	
Teflón	15	unidad	30	450	
					224940.4
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	23	flete	50	1150	1750
Transporte (Camión de estaca)	2	flete	300	600	
					1750
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería H.G. de 4"	1,152.55	ml	4	4610.2	6252.24
Fabricación de rosca en tubería en accesorios	30.00	unidad	20	600	
Ayudante(factor del 20 %)				1042.04	
					6252.24
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			792.16	4208.38
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			665.24	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			278.85	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			432.03	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año) / (282 días / año) = 18.44%			1152.91	
Vacaciones	(10 días / año) / (282 días / año) = 3.55 %			221.95	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			665.24	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>237151.02</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			18972.082	90117.39
Imprevistos	10% del costo directo			23715.102	
Utilidad	20% del costo directo			47430.205	
<b>Total costos directos + indirectos</b>					<b>327268.41</b>

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.6					
Concepto: Instalación de tubería P.V.C. de 4"					
Cantidad: 890.50					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tubo P.V.C. de 4", 250 psi junta rápida	150	unidad	1270	190500	
Codo P.V.C. 90°	3	unidad	138.4	415.2	
Codo P.V.C. 45°	5	unidad	174.3	871.5	
Codo P.V.C. 22.5°	7	unidad	230	1610	
Codo P.V.C. 11.25	8	unidad	230	1840	
Pegamento P.V.C.	1.5	galón	490	735	
					195971.7
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	23	flete	50	1150	1750
Transporte (Camión de estaca)	2	flete	300	600	
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 4"	890.50	ml	2	1781	2137.2
Ayudante(factor del 20 %)				356.2	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			270.78	1438.55
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			227.40	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			95.32	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			147.68	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			394.10	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			75.87	
Indemnización	$( 30 \text{ días / año}) / ( 282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			227.40	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					201297.45
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			16103.796	76493.03
Imprevistos	10% del costo directo			20129.745	
Utilidad	20% del costo directo			40259.49	
Total costos directos + indirectos					277790.48
Impuesto al valor agregado (IVA)					33334.86
Total del reglón					311125.34
Precio unitario					349.38

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.7					
Concepto: Instalación de tubería P.V.C. de 3"					
Cantidad: 447.53					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tubo P.V.C. de 3", 250 psi junta rápida	77	unidad	767	59059	60595.7
Codo P.V.C. 90°	1	unidad	119.2	119.2	
Codo P.V.C. 45°	0	unidad	118.3	0	
Codo P.V.C. 22.5°	3	unidad	160	480	
Codo P.V.C. 11.25	4	unidad	160	640	
Pegamento P.V.Ç.	1.5	galón	150	225	
Reductor de 3" a 2"	1	unidad	72.5	72.5	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	23	flete	50	1150	1450
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 3"	447.53	ml	1.5	671.295	805.554
Ayudante(factor del 20%)				134.259	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			102.06369	542.22
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			85.71	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			35.93	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			55.66	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			148.54	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			28.60	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			85.71	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>63393.47</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			5071.4778	24089.52
Imprevistos	10% del costo directo			6339.3472	
Utilidad	20% del costo directo			12678.694	
Total costos directos + indirectos					87482.99
Impuesto al valor agregado (IVA)					10497.96
Total del reglón					97980.95
Precio unitario					218.94

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.8					
Concepto: Instalación de tubería P.V.C. de 2"					
Cantidad: 1441					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tubo P.V.C. de 2", 160 psi junta rápida	241	unidad	236	56876	
Codo P.V.C. 90°	0	unidad	20.8	0	
Codo P.V.C. 45°	2	unidad	24.2	48.4	
Codo P.V.C. 22.5°	10	unidad	70	700	
Codo P.V.C. 11.25	18	unidad	70	1260	
Pegamento P.V.C.	1	galón	490	490	
Reductor de 2" a 1 1/2"	1	unidad	15.4	15.4	
					59389.8
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	23	flete	50	1150	
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
					1450
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 2"	1,441.00	ml	1	1441	
Ayudante(factor del 20 %)				288.2	
					1729.2
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			219.08964	
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			183.98688	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			77.12232	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			119.49	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año) / (282 días / año) = 18.44%			318.86	
Vacaciones	(10 días / año) / (282 días / año) = 3.55 %			61.39	
Indemnización	( 30 días / año) / ( 282 días / año) = 10.64 %			183.99	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>63732.92</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			5098.634	
Imprevistos	10% del costo directo			6373.2925	
Utilidad	20% del costo directo			12746.585	
Total costos directos + indirectos					87951.44
Impuesto al valor agregado (IVA)					10554.17
Total del reglón					98505.61
Precio unitario					68.36

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.9					
Concepto: Instalación de tubería P.V.C. de 1 1/2"					
Cantidad: 60					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tubo P.V.C. de 1 1/2", 160 psi junta cementada	10	unidad	141	1410	2006.8
Codo P.V.C. 90°	2	unidad	13.4	26.8	
Codo P.V.C. 45°	0	unidad	19.1	0	
Codo P.V.C. 22.5°	0	unidad	40	0	
Codo P.V.C. 11.25	2	unidad	40	80	
Pegamento P.V.C.	1	galón	490	490	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	23	flete	50	1150	1450
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 2"	60.00	ml	1	60	72
Ayudante(factor del 20 %)				12	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			9.12	48.46
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			7.66	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			3.21	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			4.98	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			13.28	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			2.56	
Indemnización	$( 30 \text{ días / año}) / ( 282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			7.66	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			286.18	1359.36
Imprevistos	10% del costo directo			357.73	
Utilidad	20% del costo directo			715.45	
Total costos directos + indirectos					4936.62
Impuesto al valor agregado (IVA)					592.39
Total del reglón					5529.02
Precio unitario					92.15

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.10					
Concepto: Instalación de válvulas en tubería de H.G.					
Cantidad: 5					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Válvulas de retención de 4", bronce.	4	unidad	2550	10200	
Válvulas de limpieza de 4"	1	unidad	2500	2500	
Nipe de 4" H.G.	10	unidad	82.9	829	
Copla de 4" H.G.	10	unidad	115.65	1156.5	
Teflón	5	unidad	30	150	
					14835.5
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	1	flete	50	50	50
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 2"	30.00	unidad	5	150	180
Ayudante (factor del 20 %)				30	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS (Patrono)	Salario x 12.67%			22.81	121.16
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			19.15	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			8.03	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			12.44	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			33.19	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55\%$			6.39	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			19.15	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					15186.66
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			1214.93	5770.93
Imprevistos	10% del costo directo			1518.67	
Utilidad	20% del costo directo			3037.33	
Total costos directos + indirectos					20957.59
Impuesto al valor agregado (IVA)					2514.91
Total del reglón					23472.50
Precio unitario					4694.50

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.11					
Concepto: Instalación de válvulas en tubería de P.V.C.					
Cantidad: 8					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Válvulas de retención de 4"	4	unidad	2500	10000	
Válvulas de aire de 2"	1	unidad	1550	1550	
Válvulas de paso de 4"	1	unidad	2500	2500	
Copla con adaptador macho P.V.C. de 4"	12	unidad	76.2	914.4	
Válvula de compuerta de 3"	1	unidad	650	650	
Válvula de paso de 3"	1	unidad	675	675	
Copla con adaptador macho de 3"	4	unidad	53.6	214.4	
Válvula de compuerta de 2"	1	unidad	325	325	
Adaptador macho de 2"	4	unidad	14.2	56.8	
Pichacha en tubo de 2" en caja rompe presión	1	unidad	345	345	
Válvula de compuerta para tubo de 2" en drenaje de limpieza de	1	unidad	325	325	
Abrazadera domiciliar de bronce, de 4" y salida de 2"	1	unidad	1250	1250	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	1	flete	50	50	50
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de tubería P.V.C. de 2"	25.00	unidad	11	275	330
Ayudante ( factor del 20%)				55	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			41.81	222.12
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			35.11	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			14.72	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			22.80	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			60.85	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55\%$			11.72	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			35.11	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>18157.72</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			1452.62	6899.93
Imprevistos	10% del costo directo			1815.77	
Utilidad	20% del costo directo			3631.54	
Total costos directos + indirectos					25057.66
Impuesto al valor agregado (IVA)					3006.92
Total del reglón					28064.58
Precio unitario					3508.07

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.12					
Concepto: Instalación de clorinador de tabletas					
Cantidad: 1					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Clorinador para tubería de 4"	1	unidad	2576.8	2576.8	2973.9
Niple HG de 4"	2	unidad	82.9	165.8	
Copla HG de 4"	2	unidad	115.65	231.3	
Teflon	1	unidad	30	30	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	1	flete	50	50	50
<b>Mano de obra</b>					
Instalación de clorinador	350.00	unidad	1	350	420
Ayudante ( factor del 20%)				70	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			53.21	282.70
Agüinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			44.69	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			18.73	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			29.02	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			77.45	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55\%$			14.91	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			44.69	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			298.13	1416.11
Imprevistos	10% del costo directo			372.66	
Utilidad	20% del costo directo			745.32	
Total costos directos + indirectos					5142.71
Impuesto al valor agregado (IVA)					617.13
Total del reglón					5759.84
Precio unitario					5759.84

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.13					
Concepto: Caja para clorinador					
Cantidad: 1					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	4	unidad	78	312	614.25
Arena	0.25	unidad	125	31.25	
Piedrín	0.4	unidad	230	92	
Hierro # 3	6	unidad	25	150	
Hierro # 2	1	unidad	15	15	
Alambre de amarre	2	unidad	7	14	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	3	flete	50	150	450
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
<b>Mano de obra</b>					
Construcción de caja para clorinador ya con tapadera y cernida	1.00	unidad	250	250	300
Ayudante ( factor del 20 %)				50	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			38.01	201.93
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			31.92	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			13.38	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			20.73	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			55.32	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			10.65	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			31.92	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1566.18</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			125.2944	595.15
Imprevistos	10% del costo directo			156.618	
Utilidad	20% del costo directo			313.236	
Total costos directos + indirectos					2161.33
Impuesto al valor agregado (IVA)					259.36
Total del reglón					2420.69
Precio unitario					2420.69

Continuación de la tabla 4.2.

Región 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.14					
Concepto: Caja para válvulas					
Cantidad: 11					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	55	unidad	78	4290	8425.5
Arena	3.5	unidad	125	437.5	
Piedrín	4.5	unidad	230	1035	
Hierro # 3	66	unidad	25	1650	
Hierro # 2	1	unidad	15	15	
Alambre de amarre	20	unidad	7	140	
Tablas de 12'( Q. 8.50 pie tablar),(1/3 del costo por el uso)	24	unidad	34	816	
Clavo de 3"	6	libra	7	42	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	20	flete	50	1000	1800
Transporte (Camión de estaca)	2	flete	400	800	
<b>Mano de obra</b>					
Construcción de caja para válvulas ya con tapadera y cernida	11.00	unidad	250	2750	3300
Ayudante ( factor del 20 %)				550	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			418.11	2221.23
Agüinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			351.12	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			147.18	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			228.03	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			608.52	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			117.15	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			351.12	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>15746.73</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			1259.738	5983.76
Imprevistos	10% del costo directo			1574.673	
Utilidad	20% del costo directo			3149.346	
Total costos directos + indirectos					21730.49
Impuesto al valor agregado (IVA)					2607.66
Total del reglón					24338.15
Precio unitario					2212.56

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.15					
Concepto: Caja rompe presión					
Cantidad: 1					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	19	unidad	78	1482	
Arena	1	unidad	125	125	
Piedrín	1.5	unidad	230	345	
Hierro # 3	22	unidad	25	550	
Hierro # 2	1	unidad	15	15	
Alambre de amarre	7	unidad	7	49	
Tablas de 8'(Q. 8.50 pie tablar),(1/3 del costo por el uso)	12	unidad	22.67	272.04	
Clavo de 3"	2	libre	7	14	
					2852.04
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	4	Fletes	50	200	
Transporte (Camión de estaca)	1	Fletes	400	400	
					600
<b>Mano de obra</b>					
Construcción de caja rompe presión ya con tapadera, cernida y drenaje instalado	1.00	Unidad	950	950	
Ayudante ( factor del 20 %)				190	
					1140
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			144.44	
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			121.30	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			50.84	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			78.77	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			210.22	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			40.47	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			121.30	
Total de prestaciones	0.6711			767.33	
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					5359.37
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			428.75	
Imprevistos	10% del costo directo			535.94	
Utilidad	20% del costo directo			1071.87	
Total costos directos + indirectos					7395.94
Impuesto al valor agregado (IVA)					887.51
Total del reglón					8283.45
Precio unitario					8283.45

Continuación de la tabla 4.2.

Región 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.16					
Concepto: Anclajes para accesorios(codos 90,45,22.5,11.25 y válvulas)					
Cantidad: 95					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	20	unidad	78	1560	2030
Arena	1	unidad	125	125	
Piedrín	1.5	unidad	230	345	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	8	flete	50	400	700
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
<b>Mano de obra</b>					
Colocación de armadura y fundición de anclaje	95	unidad	8	760	912
Ayudante ( factor del 20%)				152	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			115.55	613.87
Aginaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			97.04	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			40.68	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			63.02	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			168.17	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			32.38	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			97.04	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>4255.87</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			340.47	1617.23
Imprevistos	10% del costo directo			425.59	
Utilidad	20% del costo directo			851.17	
Total costos directos + indirectos					5873.10
Impuesto al valor agregado (IVA)					704.77
Total del reglón					6577.87
Precio unitario					69.24

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.17					
Concepto: Anclajes para tubería					
Cantidad: 22					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones :Tramo por bombeo					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	16	unidad	78	1248	
Arena	1	unidad	125	125	
Piedrín	1.5	unidad	230	345	
Hierro # 3	7	unidad	25	175	
					1893
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	8	flete	50	400	
Transporte (Camión de estaca)	1	flete	300	300	
					700
<b>Mano de obra</b>					
Colocación de armadura y fundición de anclaje	22	unidad	20	440	
Ayudante ( factor del 20 %)				88	
					528
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			66.90	
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			56.18	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			23.55	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			36.48	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			97.36	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55\%$			18.74	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			56.18	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>3476.40</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			278.11	1321.03
Imprevistos	10% del costo directo			347.64	
Utilidad	20% del costo directo			695.28	
Total costos directos + indirectos					4797.43
Impuesto al valor agregado (IVA)					575.69
Total del reglón					5373.12
Precio unitario					244.23

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.18					
Concepto: Relleno y compactación con material selecto(3 capas de 0.10m sobre el tubo. y sus costados.)					
Cantidad: 3,760.00					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Selecto	800	m <sup>3</sup>	65	52000	52000
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	30	flete	50	1500	31600
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> )	67	flete	300	20100	
transporte (Camión cisterna)	25	flete	400	10000	
<b>Mano de obra</b>					
Relleno y compactación de zanja.	3,760.00	ml	4.3	16168	19401.6
Ayudante (factor del 20 %)				3233.6	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			2458.18	13059.22
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			2064.33	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			865.31	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			1340.65	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			3577.66	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			688.76	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año ) = 10.64 %			2064.33	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			9284.87	44103.11
Imprevistos	10% del costo directo			11606.08	
Utilidad	20% del costo directo			23212.16	
Total costos directos + indirectos					160163.93
Impuesto al valor agregado (IVA)					19219.67
Total del reglón					179383.60
Precio unitario					47.71

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.19					
Concepto: Relleno y compactación con material de zanja (2 capas de 0.15m.)					
Cantidad: 3,760.00					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Material de zanja	600	m <sup>3</sup>	0	0	0
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	25	flete	50	1250	5250
transporte (Camión cisterna)	10	flete	400	4000	
<b>Mano de obra</b>					
Relleno y compactación de zanja.	3,760.00	ml	3.25	12220	14664
Ayudante(factor del 20 %)				2444	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			1857.929	9870.34
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			1560.25	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			654.01	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			1013.28	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			2704.04	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55 \%$			520.57	
Indemnización	$( 30 \text{ días / año}) / ( 282 \text{ días / año}) = 10.64 \%$			1560.25	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			2382.747	11318.05
Imprevistos	10% del costo directo			2978.434	
Utilidad	20% del costo directo			5956.868	
Total costos directos + indirectos					41102.39
Impuesto al valor agregado (IVA)					4932.29
Total del reglón					46034.67
Precio unitario					12.24

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.20					
Concepto: Relleno y compactación con material selecto(2 capas de 0.10m.)					
Cantidad: 3,760.00					
Unidad de medida : ml					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Material de zanja	400	m <sup>3</sup>	65	26000	26000
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	25	flete	50	1250	13050
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> )	34	flete	300	10200	
transporte (Camión cisterna)	4	flete	400	1600	
<b>Mano de obra</b>					
Relleno y compactación de zanja.	3,760.00	ml	2.15	8084	9700.8
Ayudante(factor del 20 %)				1616.8	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			1229.09	6529.61
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			1032.17	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			432.66	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			670.33	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			1788.83	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			344.38	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			1032.17	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			4422.43	21006.56
Imprevistos	10% del costo directo			5528.04	
Utilidad	20% del costo directo			11056.08	
Total costos directos + indirectos					76286.96
Impuesto al valor agregado (IVA)					9154.44
Total del reglón					85441.40
Precio unitario					22.72

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.21					
Concepto: Limpieza de material extraído y materiales sobrantes					
Cantidad: 1,843.00					
Unidad de medida : m <sup>3</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Material de zanja	1843	m <sup>3</sup>	0	0	0
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> , incluye alquiler de cargador	155	flete	300	46500	84000
Cargador frontal con Diesel incluido	15	días	2500	37500	
<b>Mano de obra</b>					
					0
<b>Prestaciones</b>					
					0
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					84000.00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			6720	31920.00
Imprevistos	10% del costo directo			8400	
Utilidad	20% del costo directo			16800	
Total costos directos + indirectos					115920.00
Impuesto al valor agregado (IVA)					13910.40
Total del reglón					129830.40
Precio unitario					70.45

Continuación de la tabla 4.2.

Región 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.22					
Concepto: Colocación de capa de cemento asfáltico con espesor de 0.07m					
Cantidad: 1,880.00					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Imprimación con liquido MC-70 a razón de 0,30gls/m2	1880	m <sup>2</sup>	17	31960	360960
Aplicación de carpeta asfáltica con espesor de 0.10m	1880	m <sup>2</sup>	175	329000	
Maquinaria y Equipo					0
Mano de obra					0
Precios de materia prima incluyen el personal					0
Prestaciones					0
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>360960.00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	4% del costo directo			14438.4	50534.40
Imprevistos	5% del costo directo			18048	
Utilidad	5% del costo directo			18048	
Total costos directos + indirectos					411494.40
Impuesto al valor agregado (IVA)					49379.33
Total del región					460873.73
Precio unitario					245.15

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 2: Línea de conducción de agua potable					
Numeral : 2.23					
Concepto: Equipamiento pozo mecánico					
Cantidad: 1.00					
Unidad de medida : Global					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Bomba sumergible CRI Modelo S6S-150.26	1	unidad	28500	28500	278898.25
Motor Franklin Electric 2.30 trifásico	1	unidad	22,760	22760	
Tubería de H.G. tipo mediana de 4"	51	unidad	1001.2	51061.2	
Coplas de H.G. para tubo de 4"	51	unidad	115.65	5898.15	
Nipes H.G. de 4" x 10"	4	unidad	70	280	
Válvula de cheque tipo vertical de 4", bronce	1	unidad	2500	2500	
Sello sanitario de 10" x 4"	1	unidad	50	50	
Collarín soporte de acero de 4"	1	unidad	120	120	
Tee de H.G. de 4"	1	unidad	278.9	278.9	
Manómetro de presión	1	unidad	2250	2250	
Cable sumergible de 4 puntos	1000	pies	139.6	139600	
Cable de tierra	1000	pies	10.35	10350	
Cable para señal de electrodos	1000	pies	9.25	9250	
Tablero alambrado tipo gabinete	1	unidad	4000	4000	
Protector de equipo sumergible	1	unidad	2000	2000	
					278898.25
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte	1	global	1500		3500
Grúa (Para el montaje del quipo de bombeo)	1	global	2000		
<b>Mano de obra</b>					
Este se toma como el 30% del costo de materiales	1.00	global	97614.388		97614.388
<b>Prestaciones</b>					
					0
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					380012.64
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	5% del costo directo			19000.63	19000.63
Total costos directos + indirectos					399013.27
Total del reglón					399013.27
Precio unitario					399013.27
Los precios tabulados en la presente tabla ya incluyen IVA					

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 3: Tanque elevado					
Numeral : 3.1					
Concepto: Limpieza, trazo y puenteo					
Cantidad: 144					
Unidad de medida : m <sup>2</sup>					
Observaciones : Terreno casi plano, con vegetación					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Estacas de 3" x " x 3	30	unidad	12.37	371.1	550.6
Reglas de 2" x 3" x 3'	10	unidad	8.25	82.5	
Clavo de 2"	2	libra	7	14	
Hilo plástico	4	unidad	12	48	
Cal	1	quintal	35	35	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (de personal)	6	flete	50	300	300
<b>Mano de obra</b>					
Limpieza trazo y puenteo	144	m <sup>2</sup>	10	1440	1728
Ayudante ( factor del 20 %)				288	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			218.9376	1163.12
Aguinaldo	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			183.86	
Feriado	$(12 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 4.26\%$			77.07	
Sábado ( 3 hrs)	$(3 \text{ hrs / semana} * 52 \text{ semanas}) / (8 \text{ hrs} * 282 \text{ días}) = 6.91\%$			119.40	
Domingo ( 7° día)	$(52 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 18.44\%$			318.64	
Vacaciones	$(10 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 3.55\%$			61.34	
Indemnización	$(30 \text{ días / año}) / (282 \text{ días / año}) = 10.64\%$			183.86	
Total de prestaciones	0.6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>3741.72</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			299.33734	1421.85
Imprevistos	10% del costo directo			374.17168	
Utilidad	20% del costo directo			748.34336	
Total costos directos + indirectos					5163.57
Impuesto al valor agregado (IVA)					619.63
Total del reglón					5783.20
Precio unitario					40.16

Continuación de la tabla 4.2.

Región 3: Tanque elevado					
Numeral : 3.2					
Concepto: Losa de cimentación					
Cantidad: 1					
Unidad de medida : Unidad					
Observaciones : Suelo arcilloso, duro.					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Cemento	330	quintal	78	25740	
Arena	17,5	m³	125	2187,5	
Piedrín	29	m³	230	6670	
Hierro de 1 1/8"	94	unidad	209,69	19710,86	
Alambre de amarre	125	libra	7	875	
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte ( Camión )	10	flete	300	3000	3750
Transporte ( de personal)	15	flete	50	750	
<b>Mano de obra</b>					
Loza de cimentación de 132m³ (Q. 55.00 m³)	132	m³	55	7260	17660,52
Armadura de cimientto con hierro# 9 @ 0,35m en ambos sentidos. (Q. 3,15 el ml)	534	ml	3,15	1682,1	
Fundición de zapata con un peralte de 0.50m (175 m³)	33	m³	175	5775	
Ayudante (factor del 20 %)				2943,42	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			2237,59	11887,30
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			1879,08	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			787,66	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			1220,34	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año) / (282 días / año) = 18.44%			3256,60	
Vacaciones	(10 días / año) / (282 días / año) = 3.55 %			626,95	
Indemnización	( 30 días / año) / ( 282 días / año) = 10.64 %			1879,08	
Total de prestaciones	0,6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>88481,18</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			7078,49	33622,85
Imprevistos	10% del costo directo			8848,12	
Utilidad	20% del costo directo			17696,24	
Total costos directos + indirectos					122104,02
Impuesto al valor agregado (IVA)					14652,48
Total del reglón					136756,51
Precio unitario					136756,51

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 3: Tanque elevado						
Numeral : 3.3						
Concepto: Pedestal						
Cantidad: 6						
Unidad de medida : Unidad						
Observaciones :						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						
<b>Materiales</b>						
Cemento	24	quintal	78	1872	7911,3	
Arena	1,5	m <sup>3</sup>	125	187,5		
Piedrín	2,5	m <sup>3</sup>	230	575		
Tablas 8' x 1' x 1" (1/3 del costo por el uso)	48	unidad	22,67	1088,16		
Hierro de 3/4"	24	unidad	145,36	3488,64		
Hierro de 3/8"	21	unidad	25	525		
Alambre de amarre	25	libra	7	175		
<b>Maquinaria y Equipo</b>						
Transporte (Camión )	2	flete	300	600	750	
Transporte de personal	3	flete	50	150		
<b>Mano de obra</b>						
Armado de columna de 0.46mx0.46m con 8 fierros No. 6 mas hecha de estribo de hierro No. 3 y eslabón No. 3 a cada 0.30m, (incluye el centrado).	6	unidad	66,59	399,54	1156,248	
Fundición de columnas 0.46m x 0.46m incluye formaleta con entranquillado(Q. 38 ml)	6	unidad	76	456		
Desencolado (Q. 1.50 ml)	6	unidad	18	108		
Ayudante(factor del 20 %)				192,708		
<b>Prestaciones</b>						
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			146,50	778,27	
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			123,02		
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			51,57		
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			79,90		
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			213,21		
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			41,05		
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			123,02		
Total de prestaciones	0,6711					
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>						<b>10595,82</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
Administrativos	8% del costo directo			847,67	4026,41	
Imprevistos	10% del costo directo			1059,5819		
Utilidad	20% del costo directo			2119,1637		
Total costos directos + indirectos					14622,23	
Impuesto al valor agregado (IVA)					1754,67	
Total del reglón					16376,90	
Precio unitario					2729,48	

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 3: Tanque elevado					
Numeral : 3.4					
Concepto: Relleno y compactación con material extraído (capas de 0.15m.)					
Cantidad: 99,00					
Unidad de medida : m <sup>3</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Material de zanja	99	m <sup>3</sup>	0	0	0
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Personal)	5	flete	50	250	650
		flete			
transporte (Camión sistema)	1	flete	400	400	
<b>Mano de obra</b>					
Relleno y compactación de zanja.	99,00	m <sup>3</sup>	17,25	1707,75	2049,3
Ayudante(factor del 20 %)				341,55	
<b>Prestaciones</b>					
IGGS(Patrono)	Salario x 12.67%			259,65	1379,38
Aguinaldo	(30 días / año) / (282 días / año) = 10.64%			218,05	
Feriado	(12 días / año) / (282 días / año) = 4.26%			91,40	
Sábado ( 3 hrs)	(3 hrs / semana * 52 semanas) / (8 hrs * 282 días) = 6.91%			141,61	
Domingo ( 7° día)	(52 días / año ) / (282 días / año) = 18.44%			377,89	
Vacaciones	(10 días / año ) / (282 días / año) = 3.55 %			72,75	
Indemnización	( 30 días / año ) / ( 282 días / año) = 10.64 %			218,05	
Total de prestaciones	0,6711				
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			326,29	1549,90
Imprevistos	10% del costo directo			407,87	
Utilidad	20% del costo directo			815,74	
Total costos directos + indirectos					5628,58
Impuesto al valor agregado (IVA)					675,43
Total del reglón					6304,01
Precio unitario					63,68

Continuación de la tabla 4.2.

Reglón 3: Tanque elevado					
Numeral : 3.5					
Concepto: Limpieza y acarreo de materiales sobrantes					
Cantidad: 19,00					
Unidad de medida : m <sup>3</sup>					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Material de zanja	19	m <sup>3</sup>	0	0	0
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Transporte (Camión de 12 m <sup>3</sup> , Incluye limpieza y acarreo)	3	flete	500	1500	1500
<b>Mano de obra</b>					
					0
<b>Prestaciones</b>					
					0,00
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>1500,00</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	8% del costo directo			120	570,00
Imprevistos	10% del costo directo			150	
Utilidad	20% del costo directo			300	
Total costos directos + indirectos					2070,00
Impuesto al valor agregado (IVA)					248,40
Total del reglón					2318,40
Precio unitario					122,02

Continuación de la tabla 4.2.

Región 3: Tanque elevado					
Numeral : 3.6					
Concepto: Tanque de estructura metálica					
Cantidad: 1,00					
Unidad de medida : Global					
Observaciones :					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>					
<b>Materiales</b>					
Tanque elevado con la capacidad de almacenar 150 m <sup>3</sup> de agua, fabricado con acero – ASTM – A - 36 en su totalidad; cuerpo cilíndrico con un diámetro de 18.5 pies y 20 pies de altura con lamina de 1/4", tapadera cónica de 8 secciones de lamina de 3/16" y puerta de inspección con lamina de 1/8", fondo con cónico con lamina de 1/4", niple de entrada de 4" y niple de salida de 3", tubo de rebalse de 4", respiradero con cedazo de 8". La torre esta conformada por seis palas de tubo redondo cedula 40 de 8", riostras horizontales con tubo redondo de 4" cedula 40 las primeras tres, uan de tubo redondo de 4,5" cedula 40 y otra con tubo redondo de 5" cedula 40, riostras diagonales con tubo redondo de 4" cedula 40 . Los agarres de los elementos de la torre se realizaran por medio de pernos que cumplan con las normas – ASTM – para tornillos A - 325 y A - 490 con cuerdas UNC. Platinas de agarre de elementos de 5/16" y base de platina de 1 1/2" con agarre a pedestal. Escalera tipo marinero interna y externa con tubo proceso mecánico de 3/4" y 1", pintura anticorrosiva Celco R-15 de trafico pesado como anticorrosivo y esmalte blanco de la misma marca, pintura interna con anticorrosiva Gil A Coat, para la potabilidad del agua.					681657,14
<b>Maquinaria y Equipo</b>					
Precio incluye transporte e instalación					0
<b>Mano de obra</b>					
Ya incluido en el precio					0
<b>Prestaciones</b>					
					0
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>					<b>681657,14</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
Administrativos	5% del costo directo			34082,857	
					34082,86
Total costos directos + indirectos					715740,00
Total del región					715740,00
Precio unitario					715740,00
Los precios tabulados en la presente tabla ya incluyen IVA					

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 7. **Planos y detalles estructurales**





FINAL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN  
TANQUE EL HUISITAL

INICIO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN  
POZO DE EXTRACCIÓN DE AGUA  
ALDEA LA SALVADORA

PLANTA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.  
Línea de conducción aldea la Salvadora a cabecera municipal.  
ESCALA : 1/10000

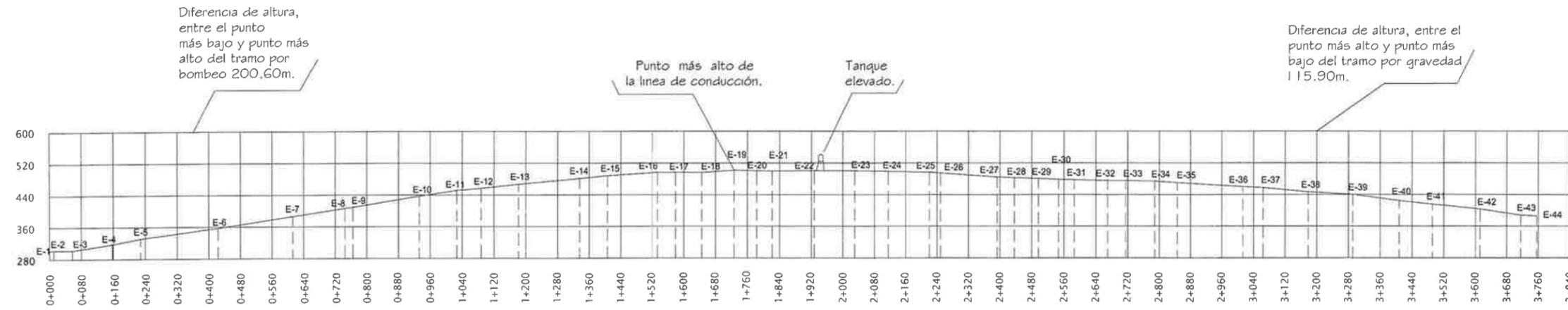
Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

Planta:  
Plano de ubicacion de línea de conducción

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Carné: 2001-12725
Dibujó: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic García	Fecha: agosto 2012

Hoja No. 14  
Ing. Angel R. Sic García  
ASISTENTE SUPERVISOR(A) DE EPS  
Escuela de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**LIBRETA TOPOGRÁFICA**

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
E-1	Visando con Nort. Mag.	0	0	0	0	301.33
E-1	E-2	10.4	223	20	34	303.313
E-2	E-3	47.199	4	6	21	302.279
		3.1	19.75	189	51	13
		3.2	14.23	226	54	14
		3.3	25.67	269	31	45
		3.4	66.67	282	10	10
E-3	E-4	100.16	297	30	18	317.609
		4.1	17.04	159	28	55
		4.2	11.08	162	1	21
		4.3	7.37	131	43	21
		4.4	13.7	94	37	20
E-4	E-5	70.25	82	0	16	331.54
		5.1	16.64	237	4	0
		5.2	5.89	269	26	13
		5.3	13.41	331	34	3
		5.4	63.85	316	50	0
E-5	E-6	195.057	322	20	36	357.604
		6.1	23.64	147	16	50
		6.2	6.45	122	11	28
		6.3	4.83	96	7	32
E-6	E-7	189.66	13	27	58	386.331
		7.1	39.55	199	40	10
		7.2	15.58	196	50	57
		7.3	5.29	87	59	26
		7.4	22.14	53	58	0
		7.5	70.13	55	21	30
E-7	E-8	131.517	52	32	35	406.426
		8.1	26.01	237	25	33
		8.2	8.64	219	20	0
E-8	E-9	20.13	94	53	24	409.717
		9.1	51.99	76	45	14
		9.2	99.56	71	35	33
E-9	E-10	167.874	73	56	8	437.16
		10.1	26.52	257	0	40
		10.2	11.92	291	28	4
E-10	E-11	93.95	35	41	53	451.62
		11.1	2.3	175	57	8
		11.2	23.31	71	20	1
E-11	E-12	61.113	78	30	44	456.719
		12.1	10.75	108	43	50
		12.2	46.74	110	28	41
E-12	E-13	94.33	98	24	30	467.128
		13.1	23.95	252	57	47
		13.2	12.02	248	26	5
		13.3	6.9	31	6	31
		13.4	30.9	32	11	27
E-13	E-14	154.362	23	56	20	480.946
		14.1	51.89	203	7	9
		14.2	12.2	76	20	15
E-14	E-15	70.738	82	56	11	488.303
		15.1	12.35	291	44	14
		15.2	8.15	53	9	7
		15.3	17.04	60	9	27
		15.4	64.98	56	21	1
E-15	E-16	126.825	61	10	45	496.546
		16.1	36.52	264	42	31
		16.2	15.79	293	52	36
		16.3	7.73	27	20	58
E-16	E-17	46.119	112	53	6	496.7
		17.1	12.82	334	52	18
E-17	E-18	66.16	154	36	41	496.476
		18.1	7.39	316	22	0
		18.2	11.71	96	6	27
E-18	E-19	80.88	90	38	32	501.933
		19.1	41.78	87	49	50
E-19	E-20	56.52	70	1	26	500
		20.1	4.91	166	38	33
E-20	E-21	39.023	33	29	0	499.45
		21.1	5.3	288	43	11

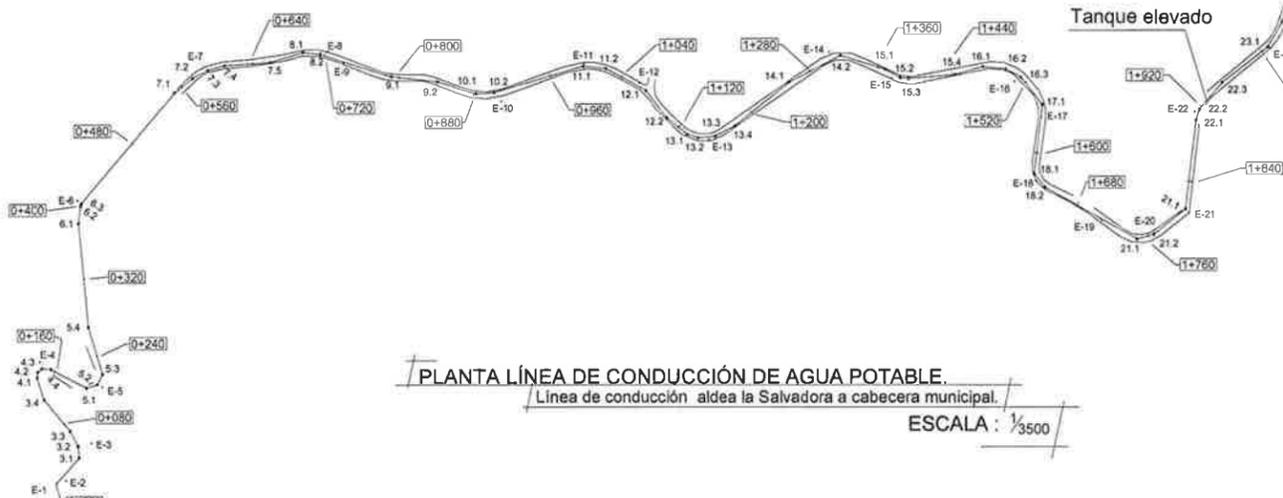
**PERFIL GENERAL DEL TERRENO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**

Línea de conducción aldea la Salvadora a cabecera municipal.

ESCALA : 1/6000

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
E-21	E-22	105.478	333	6	0	500.97
		22.1	9.01	141	15	84
		22.2	5.66	33	42	49
		22.3	41.26	13	36	1
E-22	E-23	102.3	19	59	0	500.21
		23.1	2.81	261	45	34
		23.2	29.75	354	7	47
E-23	E-24	85.85	349	43	30	499.12
		24.1	11.3	164	59	55
		24.2	56.06	15	27	27
E-24	E-25	104.67	18	32	40	496.14
		25.1	6.9	211	49	52
E-25	E-26	28.5	343	17	20	494.88
		26.1	13.15	12	58	1
E-26	E-27	143.656	349	11	0	484.53
		27.1	19.86	169	11	0
		27.2	13.28	39	32	15
E-27	E-28	49.208	45	31	0	482.77
		28.1	7.02	199	49	40
E-28	E-29	60.814	72	50	40	480.49
		29.1	5.9	273	19	36
		29.2	22.96	6	17	12
E-29	E-30	49.087	10	3	0	478.39
		30.1	8.46	301	50	44
E-30	E-31	38.952	351	20	0	477.11
		31.1	9.64	239	40	47
		31.2	19.38	346	21	30
E-31	E-32	83.44	16	40	20	475.54
		32.1	10.63	230	26	59
		32.2	6.21	201	46	48

Est.	P.O	Dist. (m)	Grad.	Min.	Seg.	Elev.
E-33	E-34	74.124	38	49	30	474.224
		34.1	26.3	15	59	59
E-34	E-35	57.843	22	54	58	470.886
		35.1	14.3	218	51	16
		35.2	52.16	0	32	19
		35.3	76.13	359	25	25
E-35	E-36	166.361	3	56	37	459.646
		36.1	30.68	186	14	52
E-36	E-37	51.43	347	42	45	457.042
		37.1	19.45	204	39	42
		37.2	11.12	304	29	24
E-37	E-38	114.639	5	26	42	447.053
		38.1	39.74	193	13	34
		38.2	24.18	330	59	1
		38.3	54.23	333	19	28
E-38	E-39	112.346	330	5	14	440.51
		39.1	30.21	161	37	57
		39.2	19.49	296	0	25
E-39	E-40	116.401	314	31	6	425.22
		40.1	28.44	285	18	24
E-40	E-41	83.838	310	18	47	415.997
		41.1	21.52	138	32	4
		41.2	23.71	307	1	31
E-41	E-42	120.78	308	46	32	403.245
		42.1	54.87	135	37	22
		42.2	20.43	304	5	15
E-42	E-43	103.41	320	46	20	388.01
		43.1	35.89	145	44	21
		43.2	9.64	253	7	35
E-43	E-44	40.745	267	7	38	386.03
		44.1	10.73	225	15	20



**PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**

Línea de conducción aldea la Salvadora a cabecera municipal.

ESCALA : 1/3500

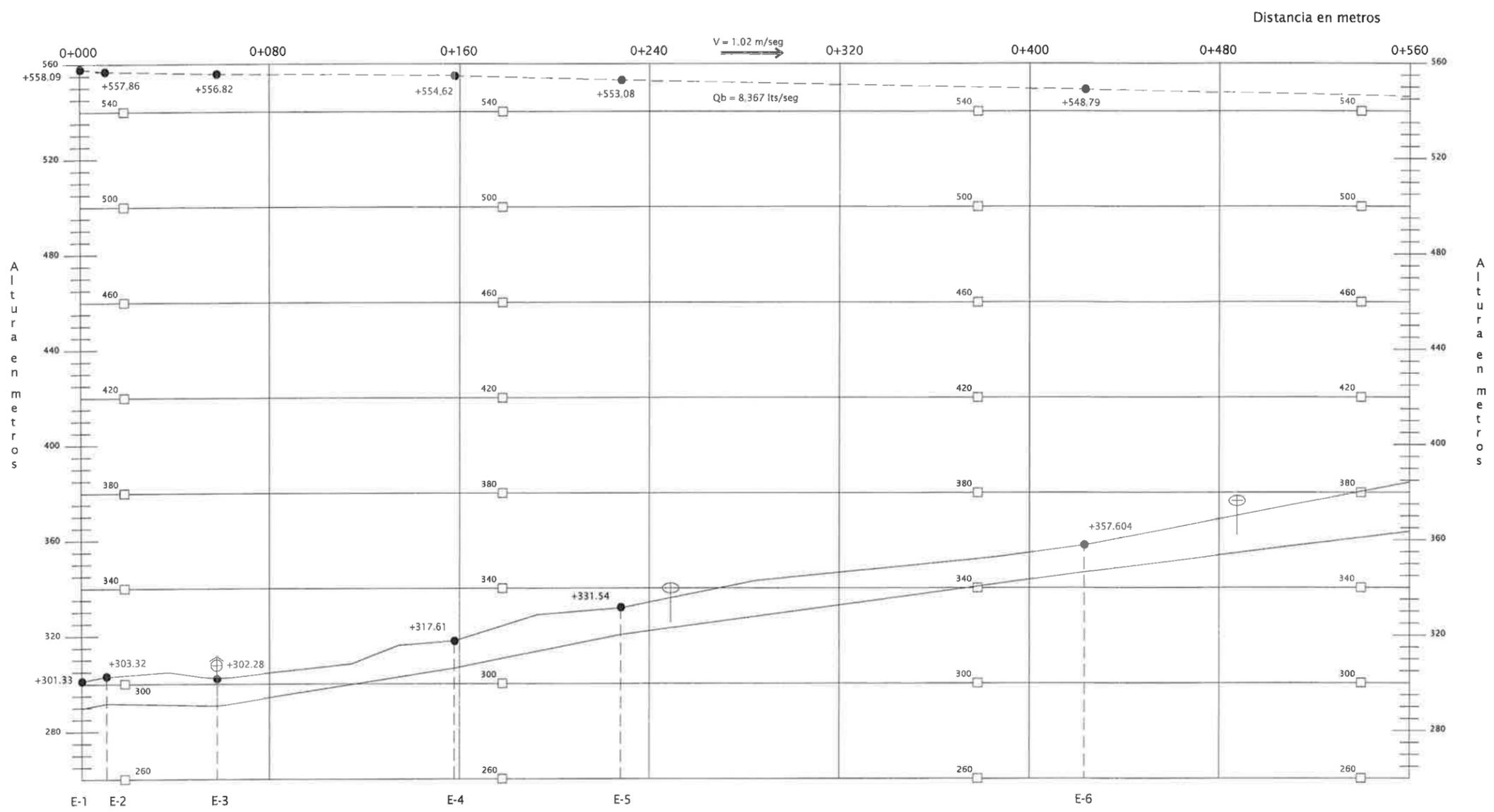
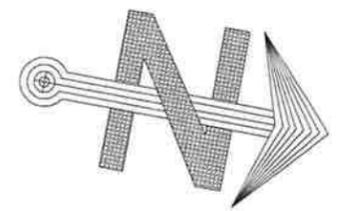
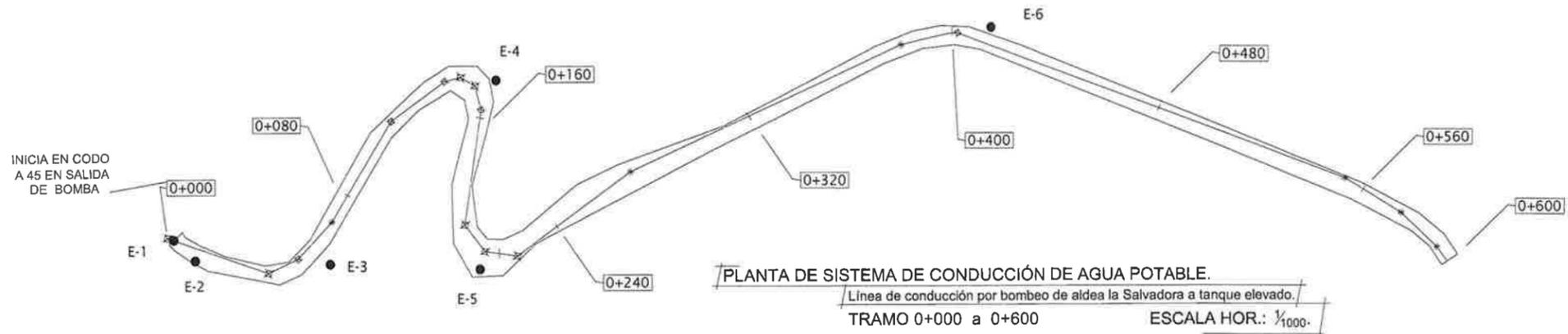
Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

Planta:  
Planta y perfil de línea de conducción

Cálculo y maeta:	Carra:
Byron Antonio Gofias Giron.	2001-12725
Dibujó:	Escala:
Byron Antonio Gofias Giron	Indicada
Supervisor:	Fecha:
Ing. Angel R. Sic Garcia	agosto 2012

Va Bo  
Hoja No.  
2  
14  
Ing. Angel R. Sic Garcia



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊗
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -

99 TUBOS HG DE 4" DE DIÁMETRO, ASTM A 53, TIPO MEDIANO.

PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.  
 Línea de conducción por bombeo de aldea la Salvadora a tanque elevado.  
 TRAMO 0+000 a 0+560 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/1000

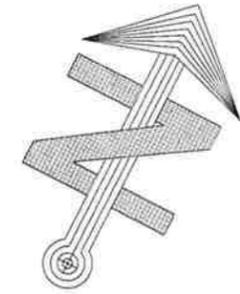
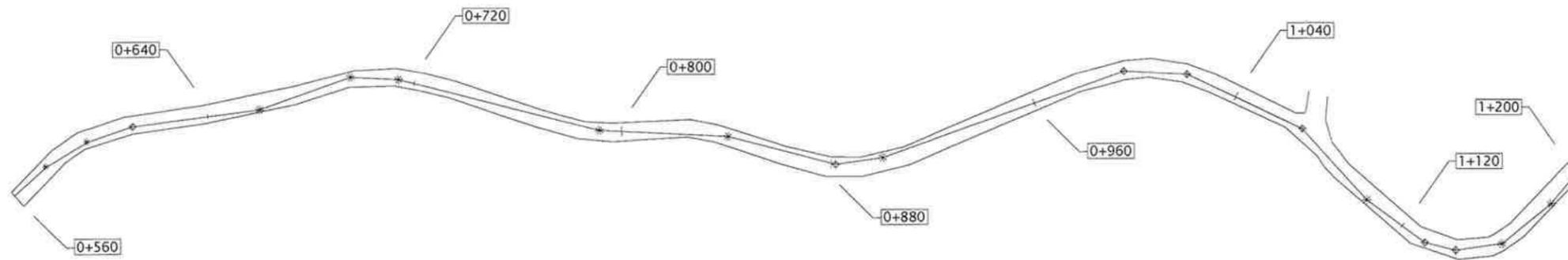
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

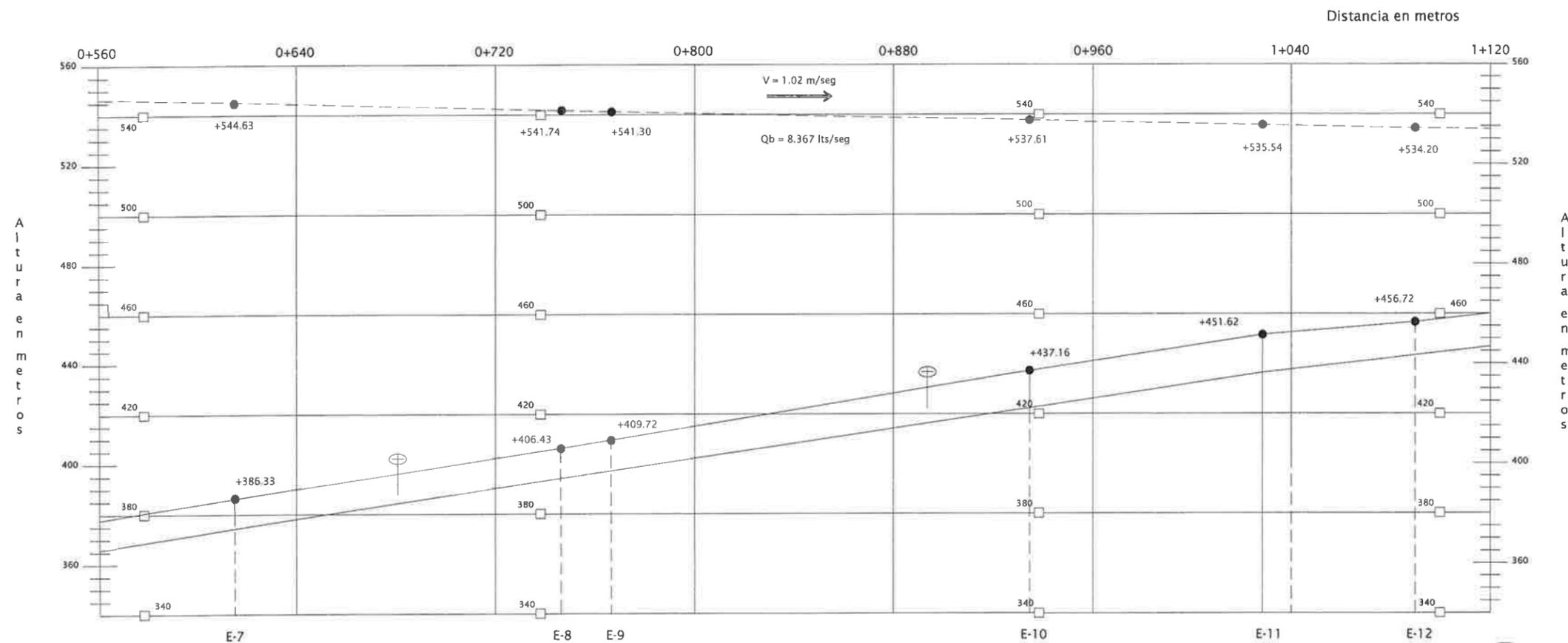
Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por bombeo

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cama: 2001-12725
Diseño: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012
Hoja No. 3	Hoja No. 14

Ing. Angel R. Sic Garcia  
 Facultad de Ingeniería



**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo de aldea la Salvadora a tanque elevado.  
 TRAMO 0+560 a 1+200 ESCALA HOR.: 1/1000.



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊗
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -

93 TUBOS HG DE 4" DE DIÁMETRO, ASTM A 53, TIPO MEDIANO.

6 TUBOS PVC DE 4" DE DIÁMETRO, DE 250 PSI.

**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo de aldea la Salvadora a tanque elevado.  
 TRAMO 0+560 a 1+120 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/1000

Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

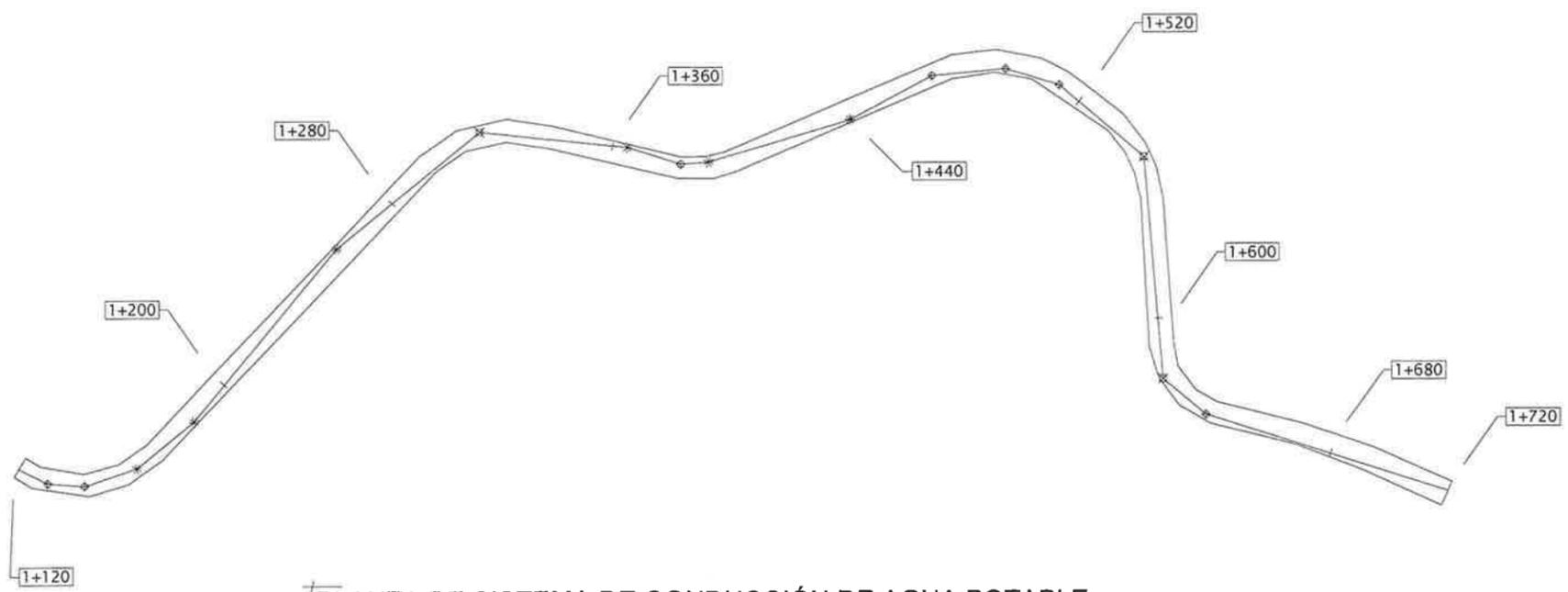
Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por bombeo

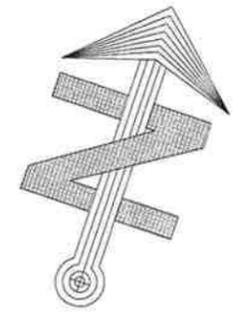
Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cena: 2001-12725
Dibujo: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012

Hoja No. 14

Ing. José Ángel Siquilit de Ingeniería

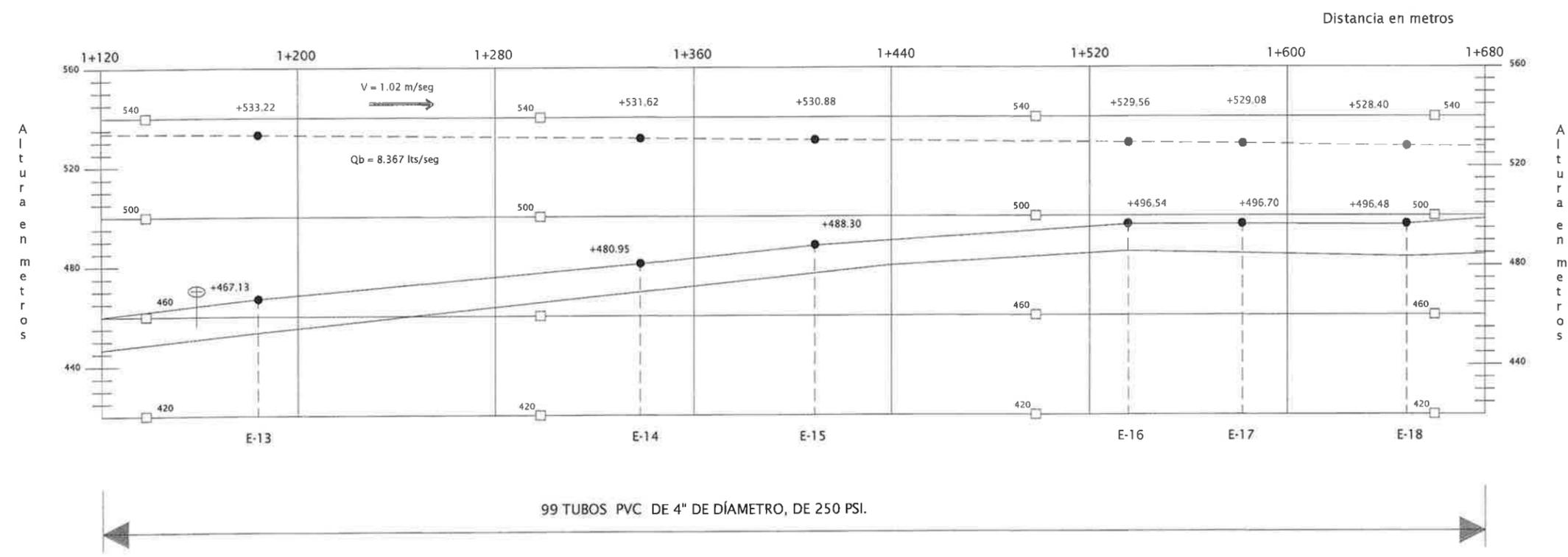


**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo de aldea la Salvadora a tanque elevado.  
 TRAMO 1+120 a 1+720 ESCALA HOR.: 1/1000.



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊗
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -



**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo de aldea la Salvadora a tanque elevado.  
 TRAMO 1+120 a 1+680 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/1000

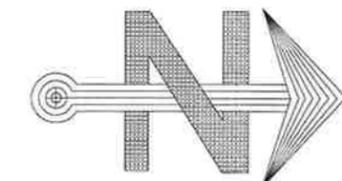
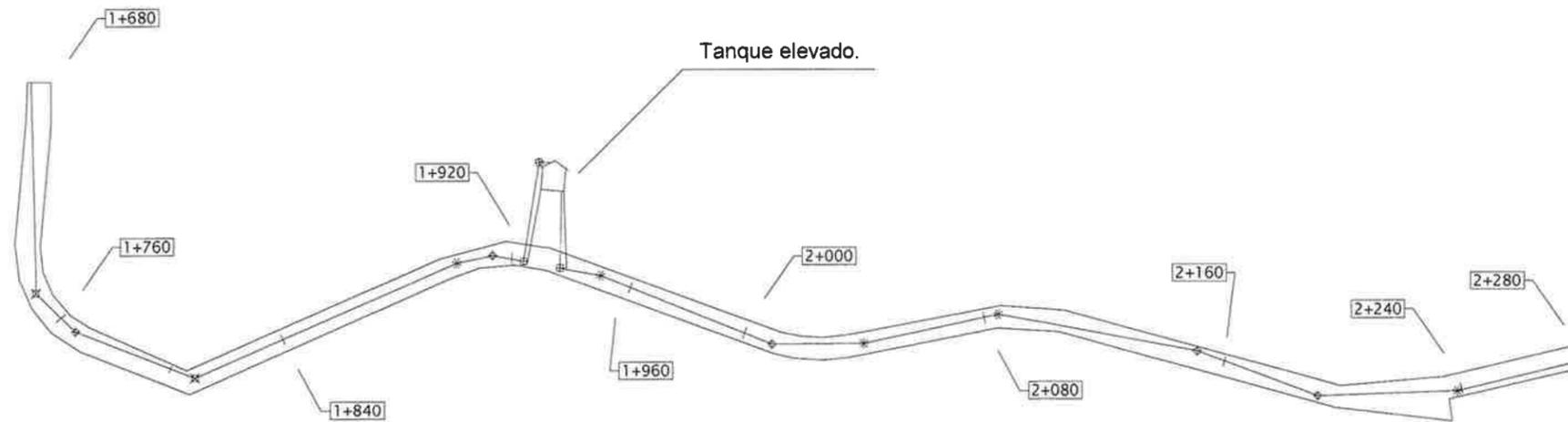
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por bombeo

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Carné: 2001-12725
Dibujo: Byron Antonio Goñas Giron	Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012

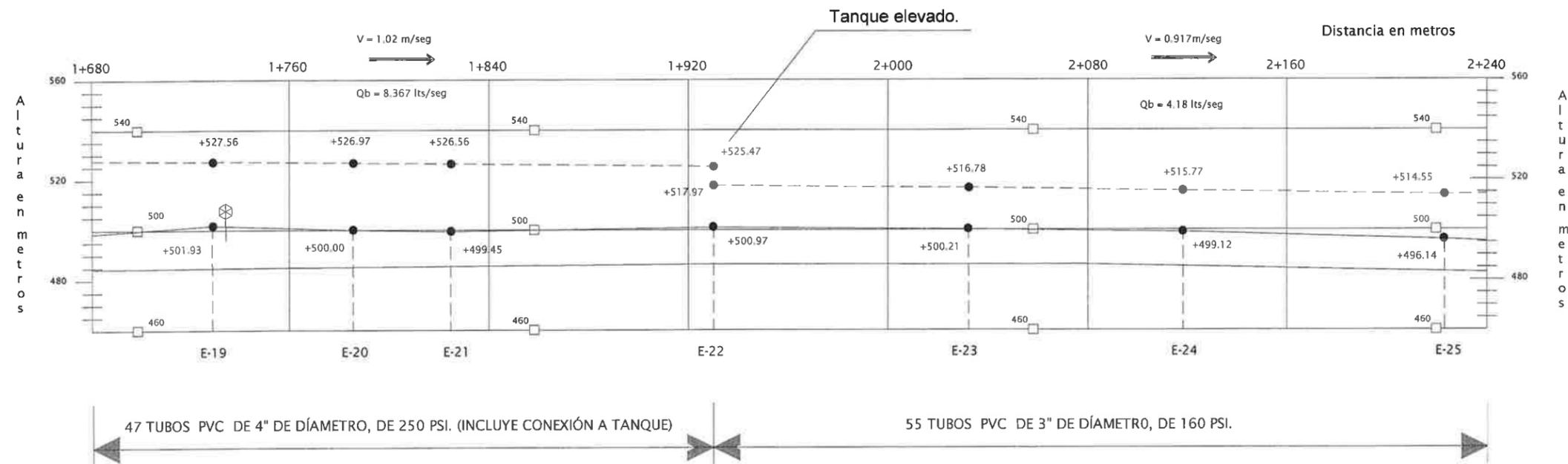
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Hoja No. 5  
 Ing. Angel R. Sic



**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo y gravedad de aldea la Salvadora a tanque el Huisital.  
 TRAMO 1+680 a 2+280 ESCALA HOR.: 1/1000.

SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	---

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊙
Válvula de aire	⊗
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -



47 TUBOS PVC DE 4" DE DIÁMETRO, DE 250 PSI. (INCLUYE CONEXIÓN A TANQUE)      55 TUBOS PVC DE 3" DE DIÁMETRO, DE 160 PSI.

**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por bombeo y gravedad de aldea la Salvadora a tanque el Huisital.  
 TRAMO 1+680 a 2+240 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/1000

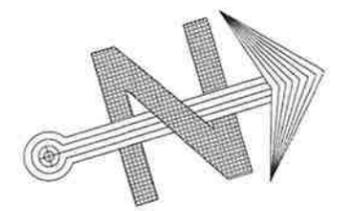
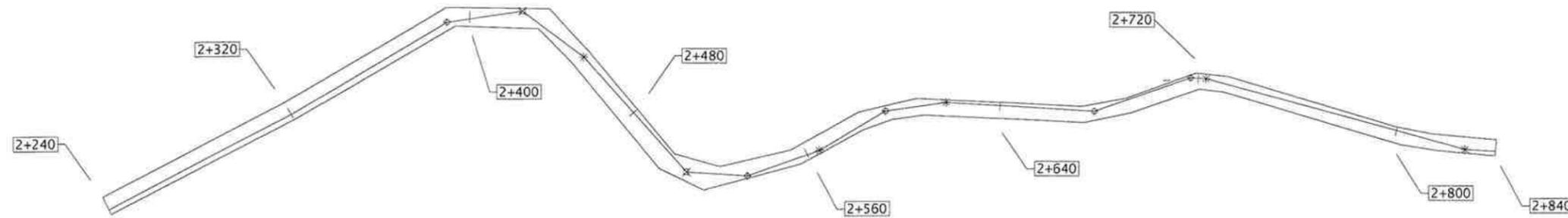
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

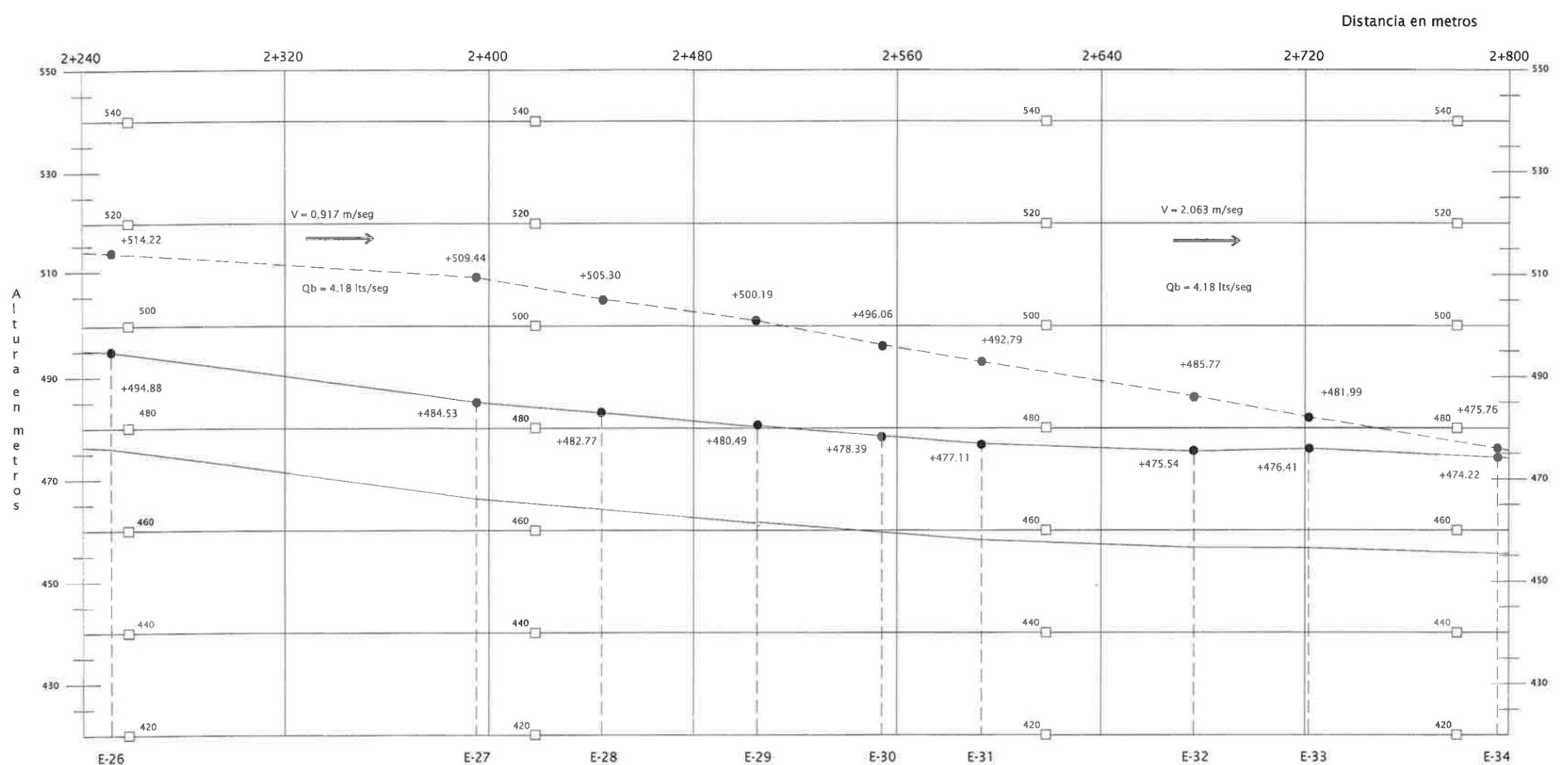
Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cama: 2001-12725
Dibujo: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisión: Ing. Ángel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012

Va Bo:   
 Hoja No.: 6  
 Ing. Ángel R. Sic

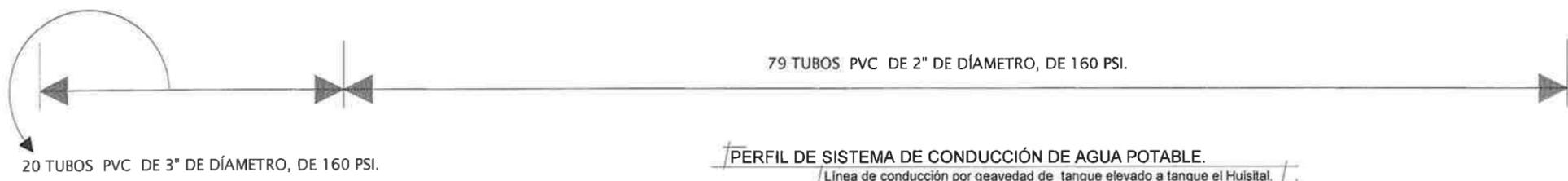


**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 2+240 a 2+840 ESCALA HOR.: 1/1000.



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊞
Codo 45° radio largo	⊞
Codo 22.5° radio largo	⊞
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊞
Válvula de limpieza	⊞
Válvula de aire	⊞
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -



**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 2+240 a 2+800 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/500

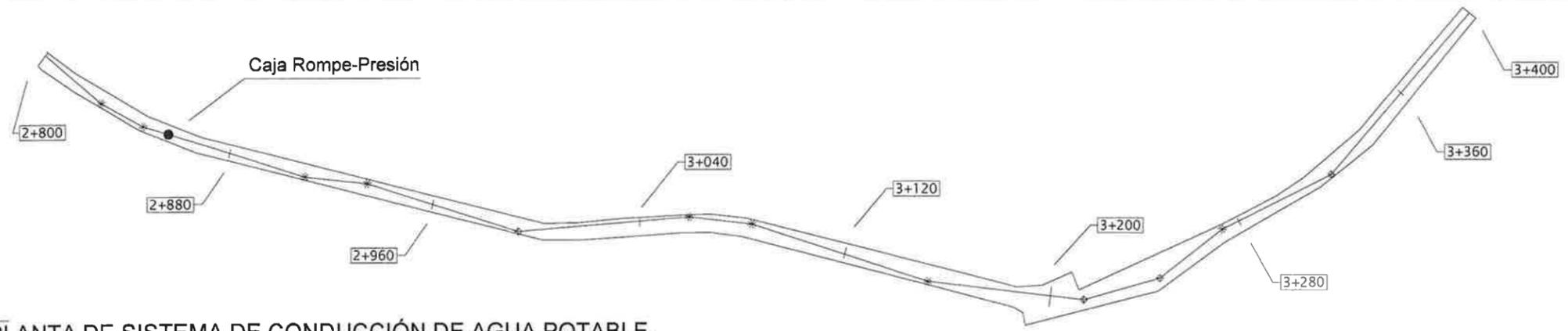
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

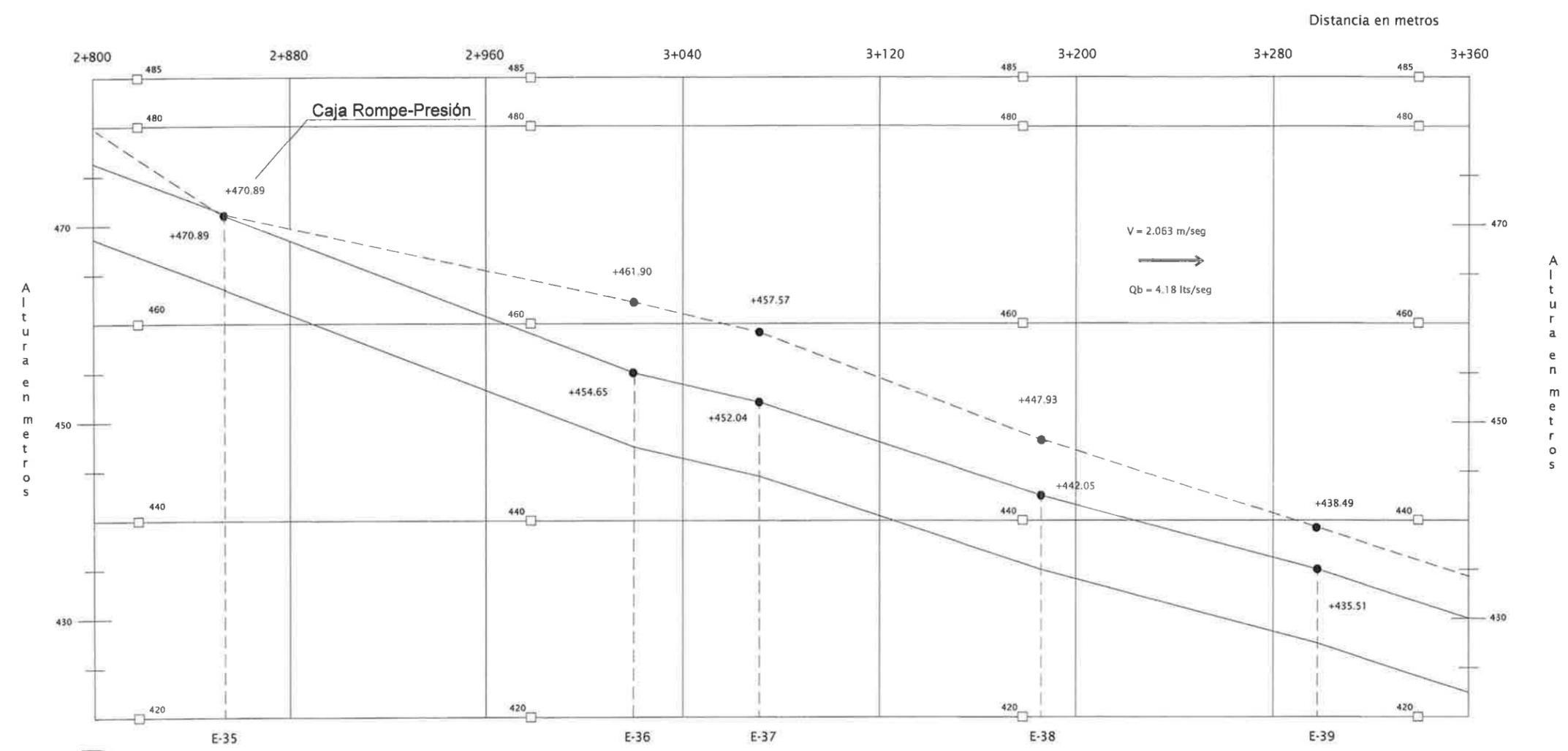
Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por gravedad

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cama: 2001-12725
Dibujo: Byron Antonio Goñas Giron	Fecha: agosto 2012
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Indicada Hoja No. 7

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Ing. Angel R. Sic



**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 2+800 a 3+400 ESCALA HOR.: 1/1000.



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊗
Válvula de aire	⊙
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -

10 TUBOS PVC DE 2" DE DIÁMETRO, DE 160 PSI.

89 TUBOS PVC DE 2" DE DIÁMETRO, DE 160 PSI.

**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 2+800 a 3+360 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/250

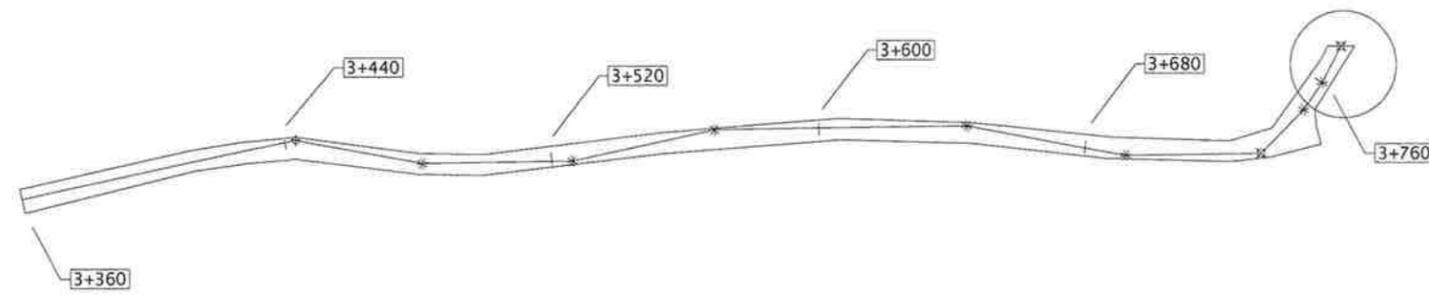
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

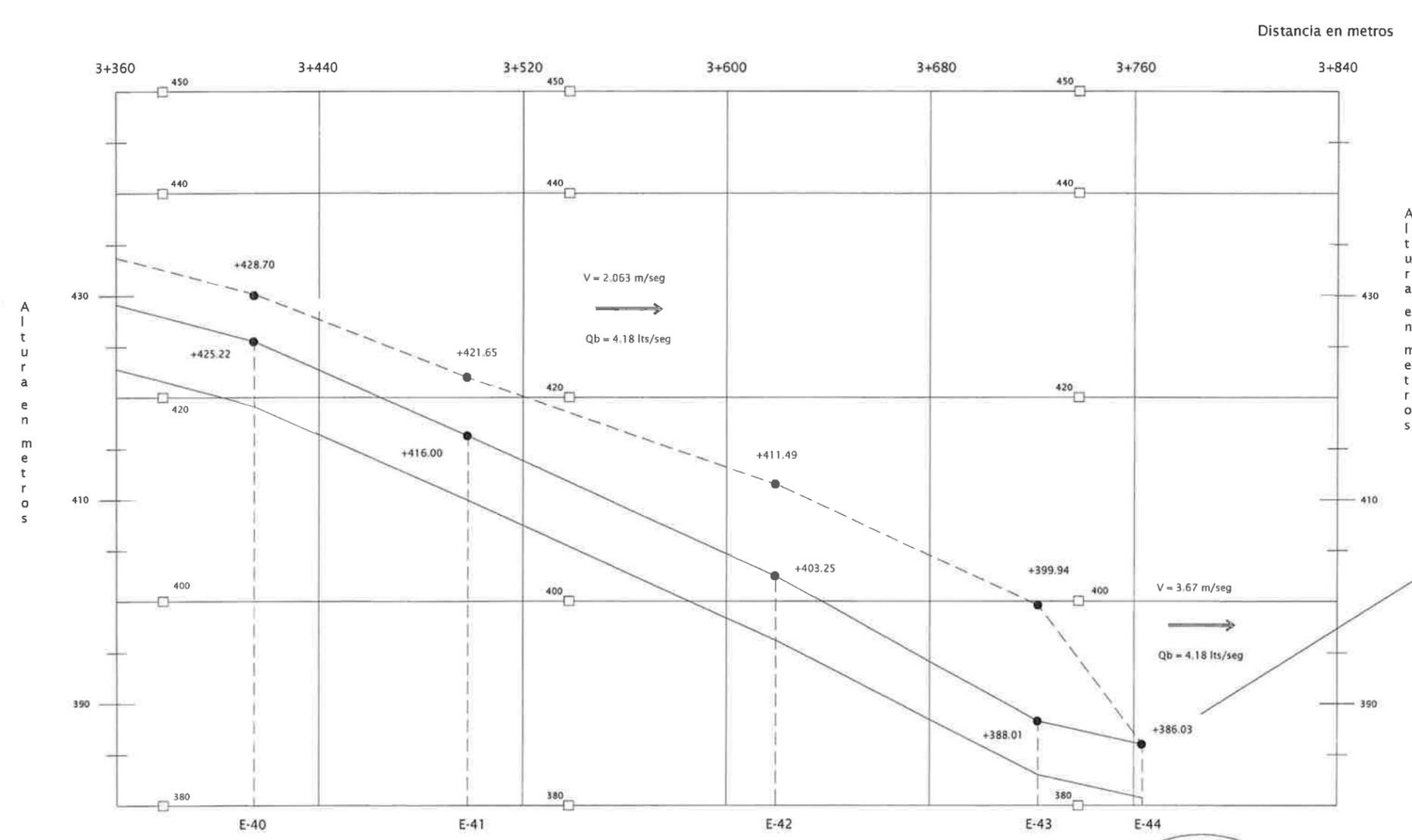
Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por gravedad

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cable: 2001-12725
Dibujó: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic García	Fecha: agosto 2012

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Huidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 8  
 Facultad de Ingeniería  
 Ing. Angel R. Sic



**PLANTA DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 3+360 a 3+760 ESCALA HOR.: 1/1000.



SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
Tubería	—
Codo 90° radio largo	⊕
Codo 45° radio largo	⊗
Codo 22.5° radio largo	⊙
Codo 11.25° radio largo	*
Carretera en planta	—

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
Válvula de retención	⊕
Válvula de limpieza	⊗
Válvula de aire	⊙
Estación	●
Altura de cuadrícula	□
Perfil de tubería	—
Línea piezométrica	- - -

63 TUBOS PVC DE 2" DE DIÁMETRO, DE 160 PSI.

**PERFIL DE SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE.**  
 Línea de conducción por gravedad de tanque elevado a tanque el Huisital.  
 TRAMO 3+360 a 3+840 ESCALA H.: 1/1000 ; V.: 1/250.

9 TUBOS PVC DE 1 1/2" DE DIÁMETRO, DE 160 PSI.

Tanque de distribución el Huisital

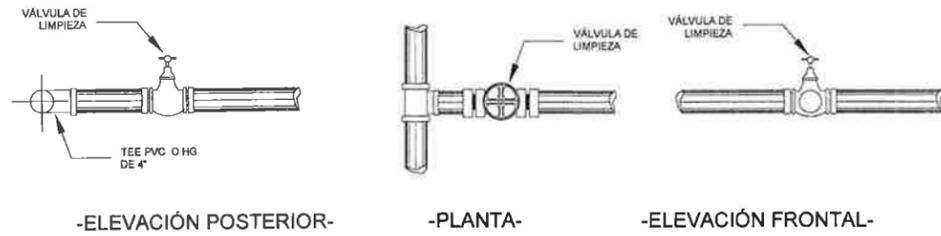
Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

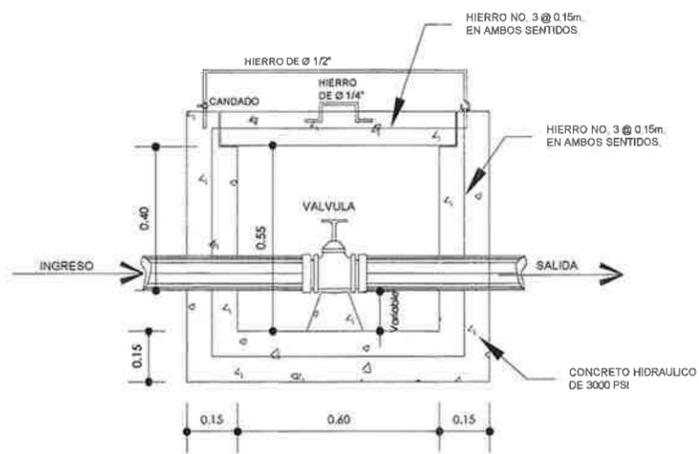
Planta:  
 Planta y perfil de línea de conducción por gravedad

Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron.	Cena: 2001-12725
Dibujó: Byron Antonio Goñas Giron	Escala: Indicada
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012

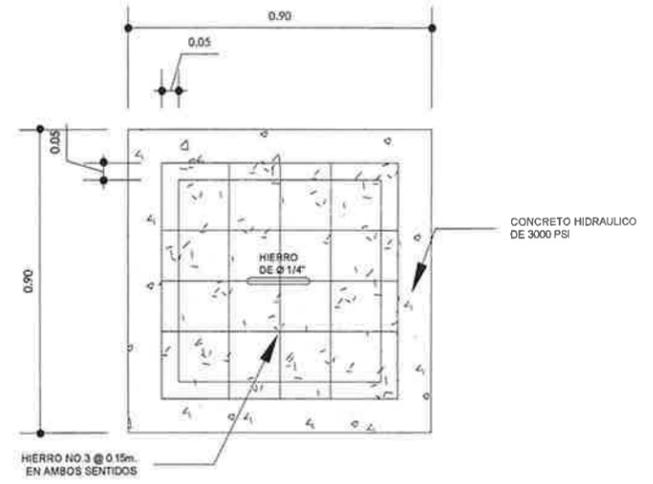
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Hoja No. 9  
 Facultad de Ingeniería  
 Ing. Angel R. Sic 14



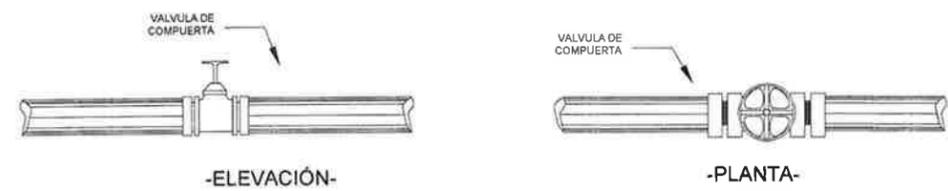
-ELEVACIÓN POSTERIOR- -PLANTA- -ELEVACIÓN FRONTAL-  
**DETALLE VÁLVULA DE LIMPIEZA.**  
 ESCALA 1/15



-SECCIÓN-

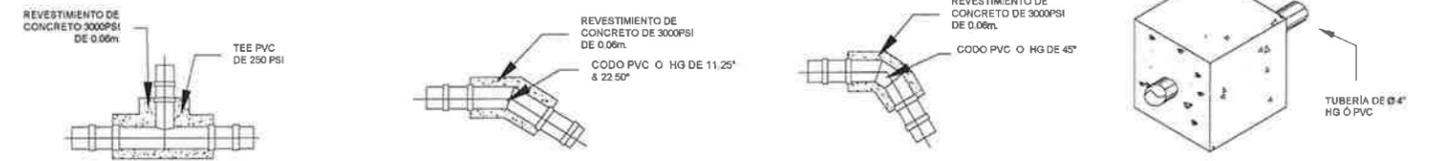


-PLANTA-



-ELEVACIÓN- -PLANTA-  
**DETALLE VÁLVULA DE COMPUERTA.**  
 ESCALA 1/10

**DETALLE CAJA DE VÁLVULAS.**  
 ESCALA 1/10



-BLOQUES DE ANCLAJE PARA ACCESORIOS (CODOS Y TEE)-

-BLOQUE DE ANCLAJE PARA TUBERIA-



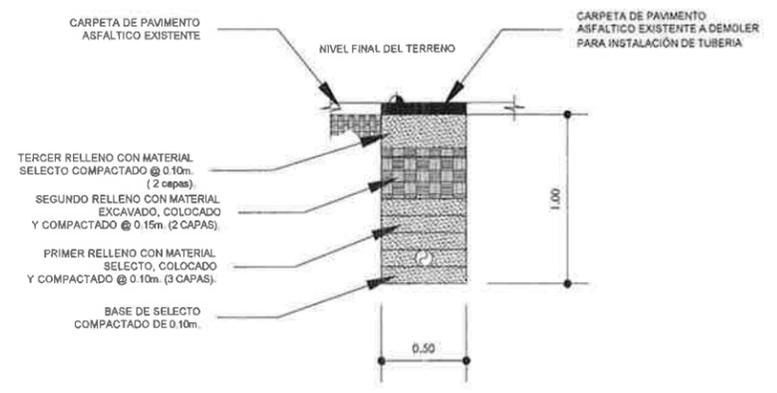
-SECCIÓN- -ELEVACIÓN-

**DETALLE DE ANCLAJES DE ACCESORIOS Y TUBERÍAS.**  
 ESCALA 1/15

**DETALLE VALVULA DE RETENCION.**  
 ESCALA 1/10



-ELEVACIÓN- -SECCIÓN-



**DETALLE DE ZANJA.**  
 ESCALA 1/20

**DETALLE VALVULA DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE.**  
 ESCALA : 1/10

Universidad De San Carlos De Guatemala  
 Facultad de Ingeniería  
 Ejercicio Profesional Supervisado  
 Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
 Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

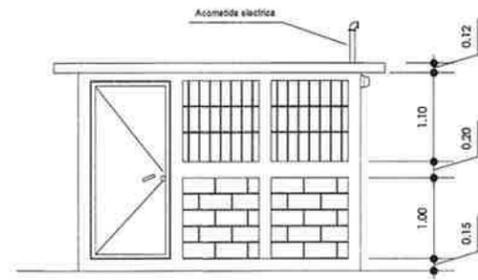
Planta:  
 Detalles de accesorios de la línea de conducción

Cálculo y diseño:  
 Byron Antonio Goñas Giron. 2001-12725

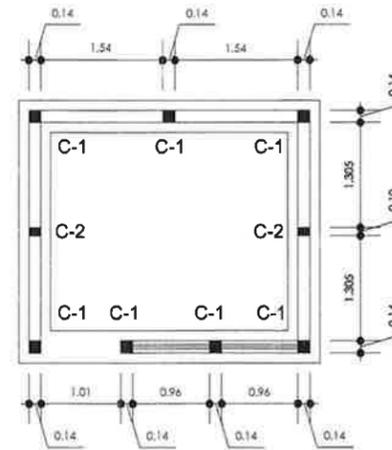
Dibujo:  
 Byron Antonio Goñas Giron de San Carlos

Supervisor:  
 Ing. Angel R. Sic García agosto 2012

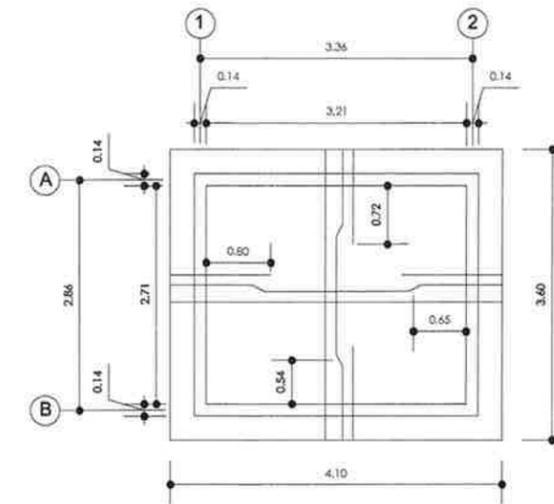
Vo Bo  
 ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS  
 Hoja No. 10  
 Facultad de Ingeniería  
 Ing. Angel R. Sic 14



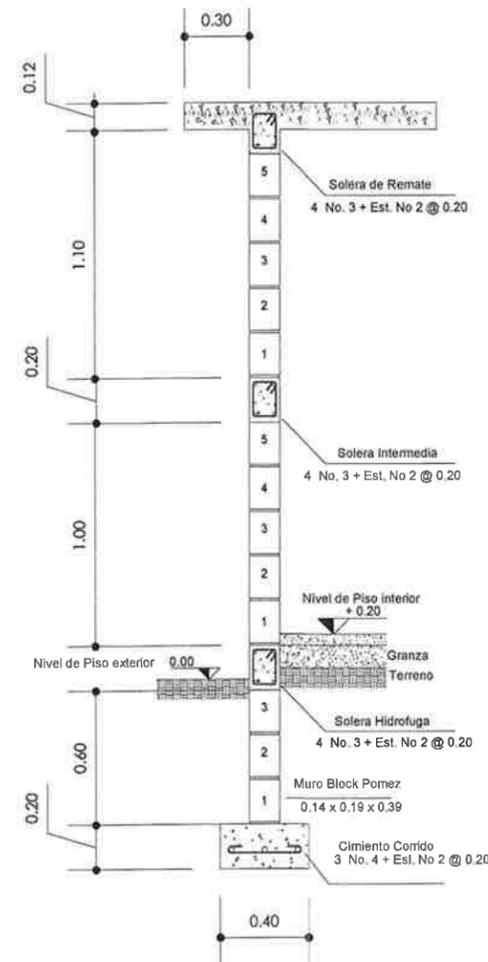
FACHADA FRONTAL  
ESCALA 1/50



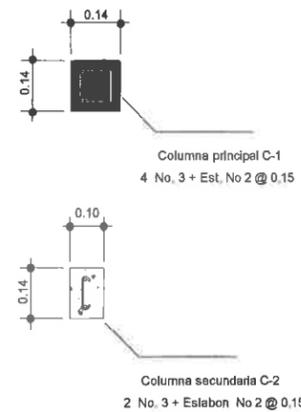
PLANTA DE CIMENTACIONES  
ESCALA 1/50



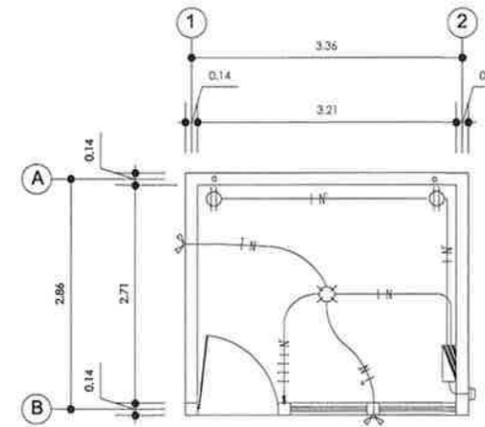
PLANTA DE LOSA  
ESCALA 1/50



DETALLE DE MURO  
ESCALA 1/15



DETALLE DE COLUMNAS  
ESCALA 1/10



PLANTA ELECTRICA  
ESCALA 1/50

SIMBOLOGÍA ELECTRICA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
	CONTADOR
	INDICA REFLECTOR EN PARED
	INDICA TUBERÍA EN CIELO PVC Ø 3/4"
	INDICA TUBERÍA EN SUELO PVC Ø 3/4"
	INDICA INTERRUPTOR TRIPLE
	INDICA TOMACORRIENTE DOBLE, 16A, 120V, POLARIZADO h: 0.50 MTS. S/NPT
	CONDUCTOR NEUTRO CON CABLE No. 12 THHN O INDICADO
	CONDUCTOR RETORNO CON CABLE No. 12 THHN O INDICADO
	CONDUCTOR POSITIVO CON CABLE No. 12 THHN O INDICADO

**ESPECIFICACIONES TECNICAS :**

- EL ESFUERZO DEL CONCRETO PARA LA LOSA Y CIMIENTO CORRIDO SERA DE 4,000 P.S.I. Y EL ACERO DE REFUERZO SERA UNICAMENTE DE GRADO 40 LEGITIMO.
- PARA LAS SOLERAS INTERMEDIAS, DE REMATE, HIDROFUGAS, MOCHETAS, DINTELES TENDRA UNA RESISTENCIA DE 3,000 P.S.I. Y ACERO DE REFUERZO GRADO 40 LEGITIMO.
- EL RECUBRIMIENTO PARA EL CIMIENTO CORRIDO SERA DE 7 CM, PARA COLUMNAS DE 2.5 CM.
- DEBERAN UTILIZARSE TACOS DE CONCRETO DE 2"X2" PARA FUNDIR EL CIMIENTO CORRIDO.

Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
Municipalidad de Santa Catarina Pínula

Proyecto:  
Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pínula

Planta:  
Detalles de caseta de bombeo

Cálculo y diseño:  
Byron Antonio Goñas Giron. 2001-12725

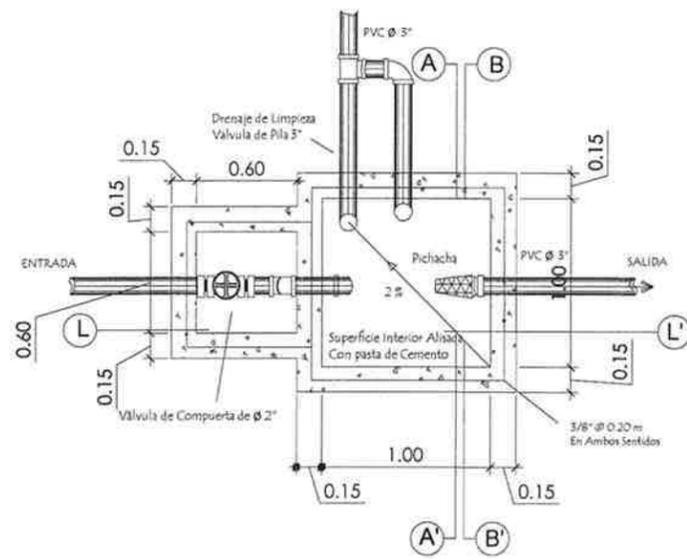
Dibujo:  
Byron Antonio Goñas Giron de San Indicación Guatemala

Supervisor:  
Ing. Angel R. Sic Garcia agosto 2012

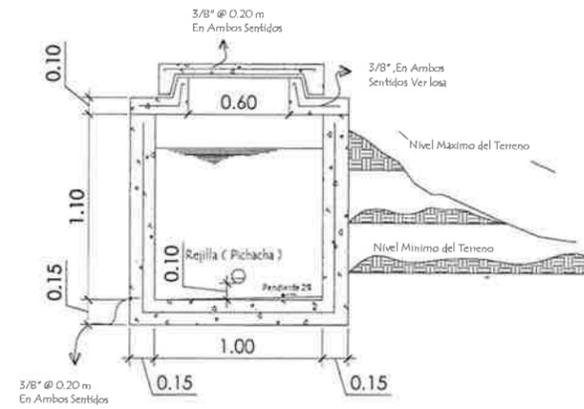
Asesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Municipalidad de Santa Catarina Pínula

Hoja No. 11  
Facultad de Ingeniería

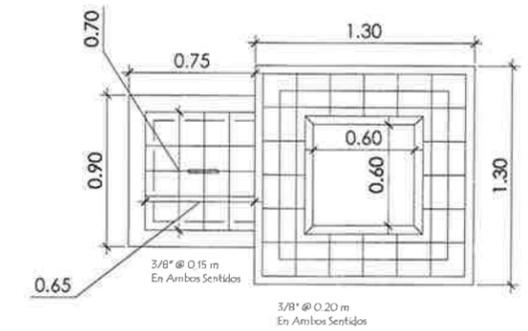
Ing. Angel R. Sic 14



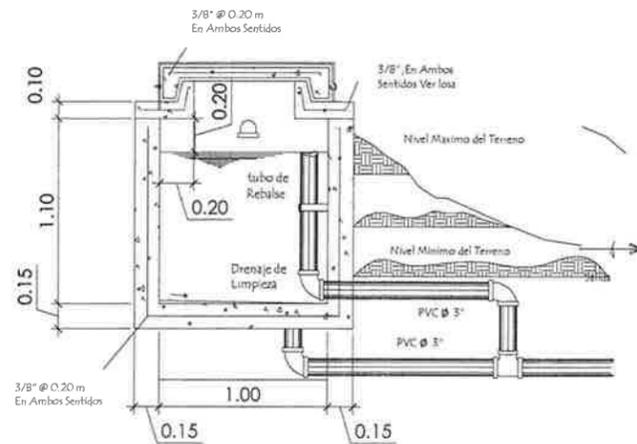
PLANTA DE CAJA ROMPE PRESIÓN.  
ESCALA 1/20



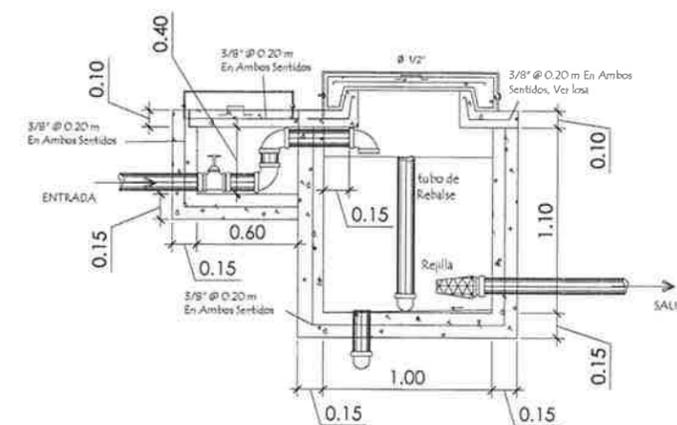
B - B' DE CAJA ROMPE PRESIÓN  
ESCALA 1/20



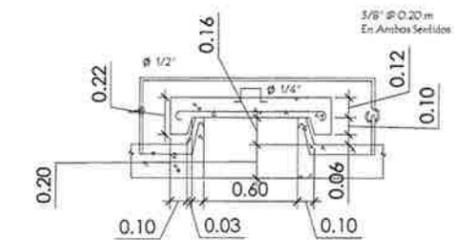
LOSA DE CAJA ROMPE PRESIÓN  
ESCALA 1/20



A - A' DE CAJA ROMPE PRESIÓN  
ESCALA 1/20



A - A' DE CAJA ROMPE PRESIÓN  
ESCALA 1/20



TÁPADERA DE CAJA ROMPE PRESIÓN  
ESCALA 1/20

Universidad De San Carlos De Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
Municipalidad de Santa Catarina Pinula

Proyecto:  
Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula

Planta:  
Detalles de caja rompe presión

Cálculo y diseño:  
Byron Antonio Goñas Giron. Escala: 2001-12725

Dibujo:  
Byron Antonio Goñas Giron. Escala: 2001-12725

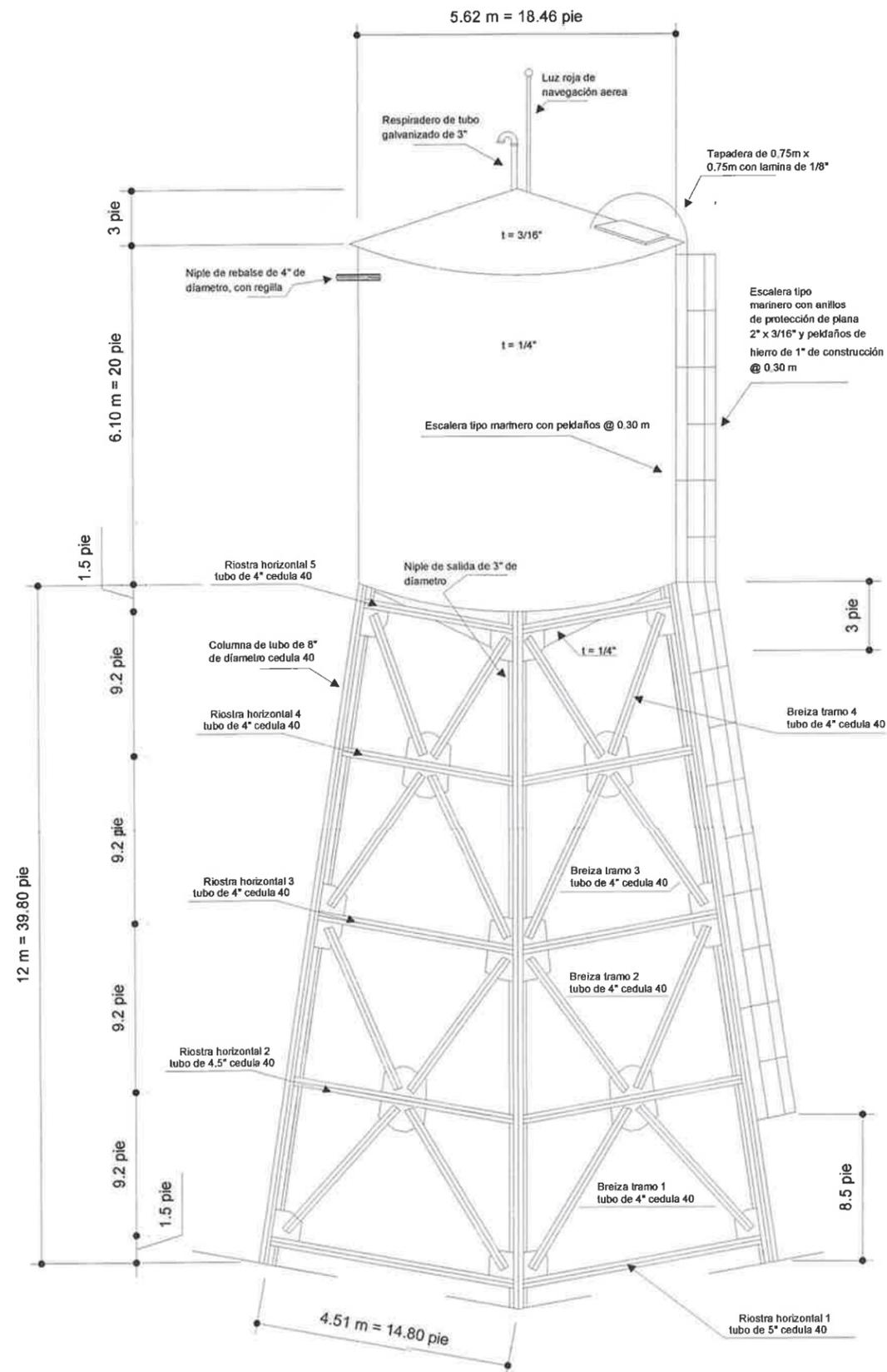
Supervisor:  
Ing. Angel R. Sic Garcia. Fecha: agosto 2012

Asesor (A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Brácticas de Ingeniería y EPS

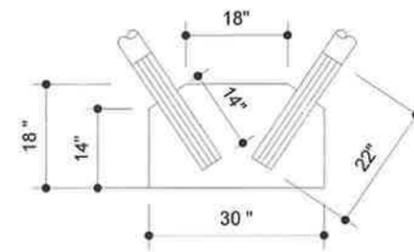
Hoja No. 12

Facultad de Ingeniería

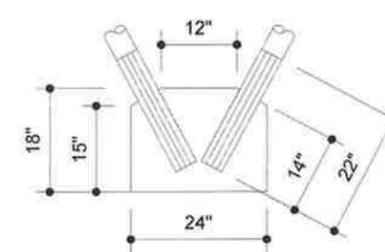
Ing. Angel R. Sic 14



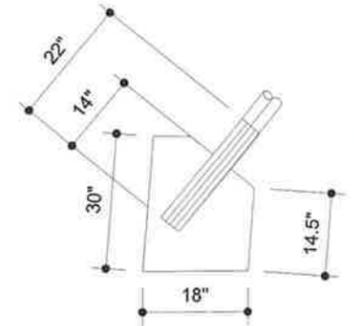
ELEVACIÓN TANQUE Y TORRE DE ESTRUCTURA METÁLICA.  
ESCALA 1/50



Diseño de placa para sujetar breizas de tramos 1 y 2 con horizontal 2. Soldaduras corridas de filete de 14\"/>

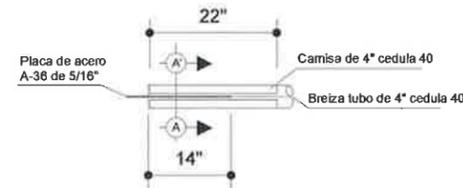


Diseño de placa para sujetar breizas de tramos 3 y 4 con horizontal 4. Soldaduras corridas de filete de 14\"/>

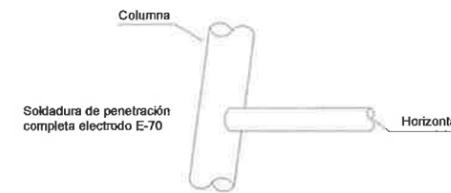


Diseño de placa para sujetar breizas de tramos 2, 3 y 4 con columnas. Soldaduras corridas de filete de 14\"/>

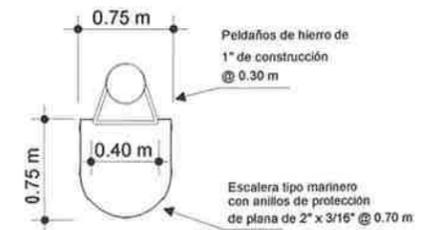
DETALLE UNIÓN DE CONEXIONES CON PLACA  
ESCALA 1/15



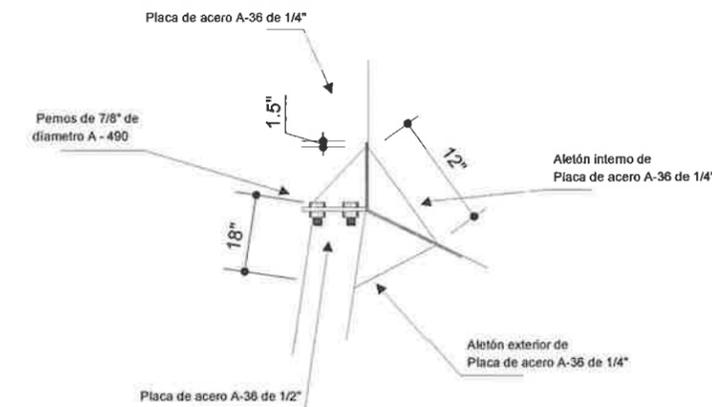
DETALLE CONEXION DE BREIZA A PLACA  
ESCALA 1/15



DETALLE DE CONEXION DE HORIZONTAL A COLUMNA  
ESCALA 1/15



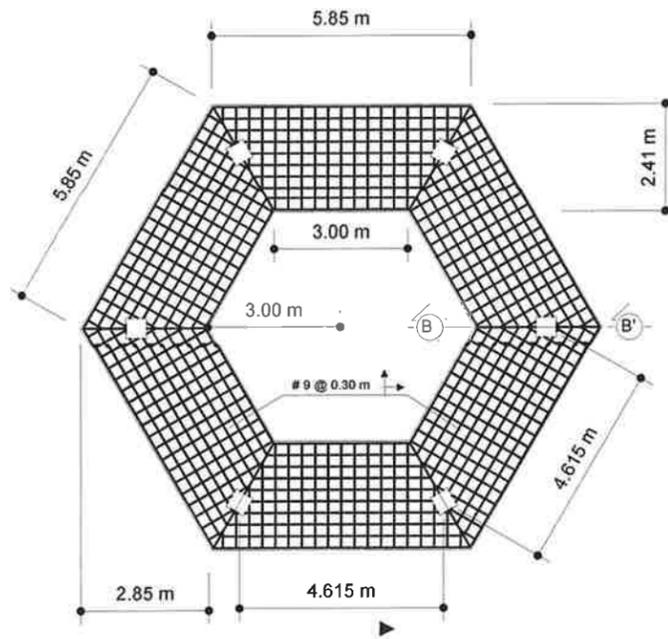
DETALLE DE ESCALERA EXTERIOR  
ESCALA 1/25



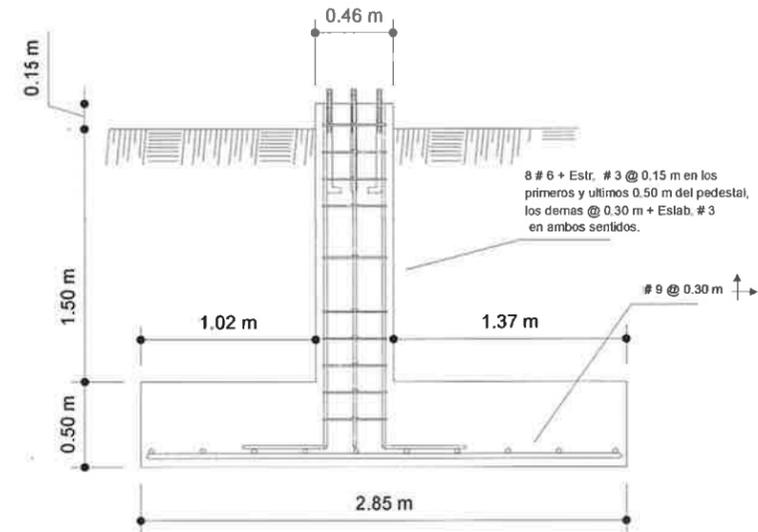
DETALLE UNIÓN DE COLUMNA A DEPÓSITO  
ESCALA 1/20

Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
Proyecto: Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula	
Planta: Tanque elevado de estructura metálica	
Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron	Carné: 2001-12725
Escala: Indicada	
Revisado por: Ing. Angel R. Sic Garcia agosto 2012	
Hoja No. 13	
Facultad de Ingeniería Ing. Angel R. Sic	

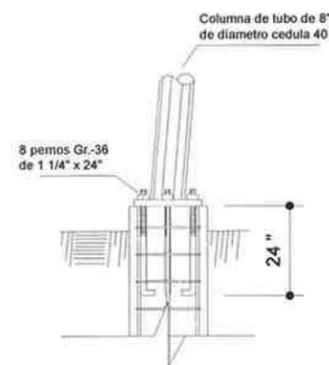
La planta de cimentaciones se realiza sobre un círculo de radio 4.61 m, posicionando cada columna @ 60 grados y @ 4.61m de separación adyacente.  
 $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$   
 Código de diseño: ACI - 318R - 99



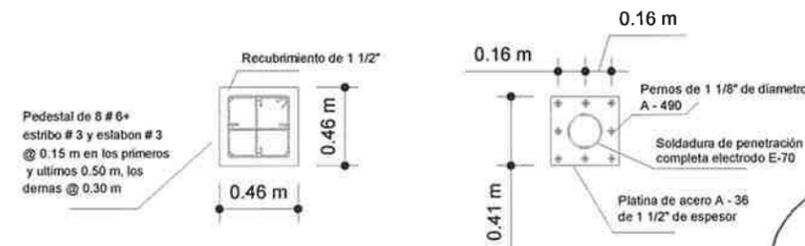
PLANTA DE CIMENTACION  
 ESCALA 1/75



ELEVACIÓN DE ZAPATA Y PEDESTAL SECCIÓN A - A'  
 ESCALA 1/20



DETALLE DE PLACA BASE  
 Y PERNOS DE ANCLAJE  
 ESCALA 1/20



PLANTA DE PEDESTAL Y PLACA DE BASE  
 ESCALA 1/20

**ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA ESTRUCTURA METALICA :**

- TANQUE Y TORRE:
- Tanque y placas de conexión, Acero ASTM A-36.
- Elementos de la torre, Acero ASTM A500 Gr.
- Soldaduras en electrodos E-70, de penetración completa.
- Códigos de diseño:
  - AISC 341 - 05
  - AISC 360 - 10
  - ASCE 7 - 10
  - AGIES 2 010
  - IBC 09

Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería Ejercicio Profesional Supervisado Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
Proyecto: Diseño de la línea de conducción de aldea la Salvadora a cabecera municipal Santa Cat. Pinula	
Planta: Detalle de cimentación de tanque elevado	
Cálculo y diseño: Byron Antonio Goñas Giron	Carne: 2001-12725
Supervisor: Ing. Angel R. Sic Garcia	Fecha: agosto 2012
Hoja No.	14
Ing. Angel R. Sic	

## ANEXOS

### Anexo 1. Suelos de Santa Catarina Pinula: posición fisiográfica, material madre y características de los perfiles de los suelos de Guatemala

Serie	Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje interno	color	Textura y consistencia aproximado	Esesor aproximado	color	Consistencia	Textura	Esesor aproximado
Acasagustian	Ac	serpentina	inclinado a escarpado	bueno	café rojizo oscuro	franco arcillosa; friable	10 - 15 cm	café rojizo a rojizo	friable	franco arcillosa a arcillosa	15 - 25 cm
Alotenango	Al	ceniza colcánica (máfica) de color oscuro	fuertemente ondulado a escarpado	excesivo	café oscuro a café muy oscuro	franco arenosa; suelta	25 - 40 cm	grisáceo o oscuro	suelta	franco arenos	40 - 50 cm
Barberena	Bb	lahar pedregoso	fuertemente ondulado a escarpado	bueno	café muy oscuro	franco arcillosa; friable	40 - 50 cm	café rojizo oscuro	friable	arcillosa	40 - 50 cm
Camanchá	Cm	ceniza volcánica de color claro	ondulado a fuertemente ondulado	bueno	café muy oscuro	franco; friable	50 cm	café amarillento	friable	franco arcilloso	75 cm
Cauque	Cq	ceniza volcánica (pomácea) de color	fuertemente ondulado a escarpado	bueno	café muy oscuro	franco; friable	20 - 40 cm	café amarillento oscuro	friable	franco arcillosa	60 - 75 cm
Chinautla	Chn	granito; dneis	escarpado	regular	café grisáceo oscuro	franco; friable	10 - 20 cm	café grisáceo claro	plástica	franco arcillosa; micácea	20 - 30 cm
Chuarrancho	Chr	esquistos arcillosos	escarpado	moderado	café claro	franco; friable	15 cm	café rojizo	friable	franco arcillosa a franco arcillo-limosa	20 - 30 cm

Continuación del anexo 1.

Serie	Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje interno	color	Textura y consistencia	Espesor aproximado	color	Consistencia	Textura	Espesor aproximado
Escuintla	Es	lahar pedregoso	suavemente inclinado a inclinado	moderado	café muy oscuro	franco; friable	40 - 50 cm	café amarillento a café rojizo	friable	franco arcillosa	50 - 60 cm
Frailjanes	Fr	toba volcánica de color claro	escarpado	bueno	café muy oscuro	arcillosa o franco arcillosa; friable	20 - 30 cm	café a café amarillento	friable	franco arcillosa	40 - 50 cm
Guatemala	Gt	ceniza volcánica (pomácea) de color claro	casi plano	bueno	café muy oscuro	franco arcillosa; friable	30 - 50 cm	café rojizo	friable (plástica cuando hay humedad)	arcillosa	50 - 100 cm
Jalapa	Jl	ceniza volcánica cementada de color claro	escarpado	bueno	gris oscuro	franco arenosa fina; firme a suelta	10 - 15 cm	amarillo grisáceo	friable	franco arcillosa arenosa fina	20 cm
Jigua	Ja	andesita	escarpado	malo	negro	arcillosa; plástica	30 cm	café amarillento	plástica	arcillosa	15 - 20 cm
Morán	Ml	ceniza volcánica pomácea	fuertemente inclinado a inclinado	bueno	café oscuro	franco arcillosa; friable	40 - 50 cm	café rojizo	friable	arcillosa	50 - 60 cm
Pacaya	Pa	lava máfica	moderadamente escarpado	muy rápido	café oscuro	franco arenosa muy fina; friable	15 - 20 cm	café	friable	franco arenosa fina	20 - 30 cm

Continuación del anexo 1.

Serie	Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje interno	color	Textura y consistencia	Espesor aproximado	color	Consistencia	Textura	Espesor aproximado
Palín	PI	toba volcánica	muy escarpado	bueno	café oscuro a café muy oscuro	franco arenosa, pedregosa; friable	20 - 30 cm	café a café amarillento	friable	franco arenosa pedregosa	60 - 75 cm
Pínula	PI	toba breccia de color claro	escarpado	bueno	café oscuro	franco limosa, gravosa; friable	20 - 30 cm	café	friable	arcilla a franco arcillo-arenosa	60 - 80 cm
Salamá	SI	ceniza volcánica cementada de color claro	casi plano a fuertemente ondulado	bueno	café a café grisáceo	franco arenosa suelta	15 - 25 cm	café amarillento	friable	franco arenosa fina	20 - 40 cm
Subinal	Sub	caliza	escarpado	bueno	café muy oscuro a negro	arcillosa; friable	10 - 25 cm	capa de roca			

Fuente: SIMMONS, Charles Shaffer; Instituto Agropecuario Nacional (Guatemala); Servicio Cooperativo Inter-americano de Guatemala. Guatemala. *Clasificación de reconocimiento del suelo de la República de Guatemala*. p. 38.

Anexo 2. **Suelos de Guatemala, características importantes que influyen en su uso**

Serie	Símbolo	Decive dominante (Por ciento)	Drenaje a través del suelo	Capacidad de abastecimiento de humedad	Capa que limita la penetración de las raíces	Peligro de erosión	Perfil natural	Problemas especiales en el manejo del suelo
Acasagustlan	Ac	15 - 20	lento	baja	roca serpentina a 40 cm	muy alta	muy baja	Combate de erosión
Alotenango	Al	12 - 40	muy rápido	muy baja	ninguna	alta	regular	combate de erosión
Barberena	Bb	15 - 20	moderado	alta	ninguna	alta	alta	combate de erosión
Camanchá	Cm	6 - 10	rápido	alta	ninguna	alta	regular	combate de erosión y heladas
Cauque	Cq	15 - 19	regular	alta	ninguna	alta	alta	combate de erosión y mantenimiento de materia orgánica
Chinautla	Chn	20 - 50	lento	baja	roca a 40 - 50 cm	muy alta	baja	combate de erosión
Churranchó	Chr	20 - 30	rápido	baja	esquistoso arcilloso a 30 - 40 cm	muy alta	regular	combate de erosión y mantenimiento de fertilidad
Escuintla	Es	8 - 10	moderado	alta	ninguna	muy alta	muy baja	Combate de erosión
Fraijanes	Fr	40 - 60	rápido	moderado	ninguna	alta	regular	combate de erosión
Guatemala	Gt	0 - 2	lento	muy alta	ninguna	alta	alta	combate de erosión
Jalapa	Jl	15 - 25	rápido	muy baja	ceniza volcánica cementada a 30 - 50 cm	alta	moderada	sequía, inclinación y erosión

Continuación del anexo 2.

Serie	Símbolo	Declive dominante (Por ciento)	Drenaje a través del suelo	Capacidad de abastecimiento de humedad	Capa que limita la penetración de las raíces	Peligro de erosión	Perfil natural	Problemas especiales en el manejo del suelo
Jigüá	Jg	20 - 40	lento	baja	andesita a 50 cm	muy alta	regular	Combate de erosión
Morán	Mr	8 - 15	regular	alta	ninguna	alta	alta	Combate de erosión y mantenimiento de materia orgánica
Pacaya	Pa	20 - 25	muy rápido	baja	lava a 50 cm	muy alta	regular	pedregosidad y combate de erosión
Palín	Pl	40 - 60	rápido	baja	ninguna	muy alta	regular	combate de erosión y pedregosidad
Pínula	Pi	10 - 20	regular	regular	toba breccia a 1 metro	alta	moderado	pedregosidad y combate de erosión
Salamá	Sl	0 - 5	muy rápido	muy baja	ninguna	alta	regular	sequia
Subinal	Sub	10 - 30	rápido	baja	capa de roca de caliza a 30 - 50 cm	alta	alta	pedregosidad y combate de erosión

Fuente: SIMMONS, Charles Shaffer; Instituto Agropecuario Nacional (Guatemala); Servicio Cooperativo Inter-americano de Guatemala. *Clasificación de reconocimiento del suelo de la República de Guatemala*. p. 40.

Anexo 3. **Tablas para el diseño estructural del tanque metálico**

Tabla 3.1. **Esfuerzos unitarios permisibles para acero A-36**

$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>	$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>	$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>
1	21,56	27	20,15	53	18,08
2	21,52	28	20,08	54	17,99
3	21,48	29	20,01	55	17,90
4	21,44	30	19,94	56	17,81
5	21,39	31	19,87	57	17,71
6	21,35	32	19,80	58	17,62
7	21,30	33	19,73	59	17,53
8	21,25	34	19,65	60	17,43
9	21,21	35	19,58	61	17,33
10	21,16	36	19,50	62	17,24
11	21,10	37	19,42	63	17,14
12	21,05	38	19,35	64	17,04
13	21,00	39	19,27	65	16,94
14	20,95	40	19,19	66	16,84
15	20,89	41	19,11	67	16,74
16	20,83	42	19,03	68	16,64
17	20,78	43	18,95	69	16,53
18	20,72	44	18,86	70	16,43
19	20,66	45	18,78	71	16,33
20	20,60	46	18,70	72	16,22
21	20,54	47	18,61	73	16,12
22	20,48	48	18,53	74	16,01
23	20,41	49	18,44	75	15,90
24	20,35	50	18,35	76	15,79
25	20,28	51	18,26	77	15,69
26	20,22	52	18,17	78	15,58

Continuación de la tabla 3.1.

$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>	$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>	$\frac{KL}{r}$	Fa Kips/plg <sup>2</sup>
79	15,47	106	12,20	132	8,57
80	15,36	107	12,07	133	8,44
81	15,24	108	11,94	134	8,32
82	15,13	109	11,81	135	8,19
83	15,02	110	11,67	136	8,07
84	14,90	111	11,54	137	7,96
85	14,79	112	11,40	138	7,84
86	14,67	113	11,26	139	7,73
87	14,56	114	11,13	140	7,62
88	14,44	115	10,99	141	7,51
89	14,32	116	10,85	142	7,41
90	14,20	117	10,71	143	7,30
91	14,09	118	10,57	144	7,20
92	13,97	119	10,43	145	7,10
93	13,84	120	10,28	146	7,01
94	13,72	121	10,14	147	6,91
95	13,60	122	9,99	148	6,82
96	13,48	123	9,85	149	6,73
97	13,35	124	9,70	150	6,64
98	13,10	125	9,55	151	6,55
100	12,98	126	9,41	152	6,46
101	12,85	127	9,26	153	6,38
102	12,72	128	9,11	154	6,30
103	12,59	129	8,97	155	6,22
104	12,47	130	8,84	156	6,14
105	12,33	131	8,70	157	6,06

Fuente: SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de Estructuras Metálicas I*, Tabla

3-1. p. 14.

Tabla 3.2. Propiedades de tubos redondos estructurales cédula 40 según las especificaciones del AISC para acero A-36

PIPE									
Dimensions and properties									
Dimensions				Weight per Ft Lbs. Plain Ends	Properties				Schedule No.
Nominal Diameter In.	Outside Diameter In.	Inside Diameter In.	Wall Thickness In.		A In. <sup>2</sup>	I In. <sup>4</sup>	S In. <sup>3</sup>	r In.	
Standard Weight									
½	.840	.622	.109	.85	.250	.017	.041	.261	40
¾	1.050	.824	.113	1.13	.333	.037	.071	.334	40
1	1.315	1.049	.133	1.68	.494	.087	.133	.421	40
1¼	1.660	1.380	.140	2.27	.669	.195	.235	.540	40
1½	1.900	1.610	.145	2.72	.799	.310	.326	.623	40
2	2.375	2.067	.154	3.65	1.07	.666	.561	.787	40
2½	2.875	2.469	.203	5.79	1.70	1.53	1.06	.947	40
3	3.500	3.068	.216	7.58	2.23	3.02	1.72	1.16	40
3½	4.000	3.548	.226	9.11	2.68	4.79	2.39	1.34	40
4	4.500	4.026	.237	10.79	3.17	7.23	3.21	1.51	40
5	5.563	5.047	.258	14.62	4.30	15.2	5.45	1.88	40
6	6.625	6.065	.280	18.97	5.58	28.1	8.50	2.25	40
8	8.625	7.981	.322	28.55	8.40	72.5	16.8	2.94	40
10	10.750	10.020	.365	40.48	11.9	161	29.9	3.67	40
12	12.750	12.000	.375	49.56	14.6	279	43.8	4.38	—
Extra Strong									
½	.840	.546	.147	1.09	.320	.020	.048	.250	80
¾	1.050	.742	.154	1.47	.433	.045	.085	.321	80
1	1.315	.957	.179	2.17	.639	.106	.161	.407	80
1¼	1.660	1.278	.191	3.00	.881	.242	.291	.524	80
1½	1.900	1.500	.200	3.63	1.07	.391	.412	.605	80
2	2.375	1.939	.218	5.02	1.48	.868	.731	.766	80
2½	2.875	2.323	.276	7.66	2.25	1.92	1.34	.924	80
3	3.500	2.900	.300	10.25	3.02	3.89	2.23	1.14	80
3½	4.000	3.364	.318	12.50	3.68	6.28	3.14	1.31	80
4	4.500	3.826	.337	14.98	4.41	9.61	4.27	1.48	80
5	5.563	4.813	.375	20.78	6.11	20.7	7.43	1.84	80
6	6.625	5.761	.432	28.57	8.40	40.5	12.2	2.19	80
8	8.625	7.625	.500	43.39	12.8	106	24.5	2.88	80
10	10.750	9.750	.500	54.74	16.1	212	39.4	3.63	60
12	12.750	11.750	.500	65.42	19.2	362	56.7	4.33	—
Double-Extra Strong									
2	2.375	1.503	.436	9.03	2.66	1.31	1.10	.703	—
2½	2.875	1.771	.552	13.69	4.03	2.87	2.00	.844	—
3	3.500	2.300	.600	18.58	5.47	5.99	3.42	1.05	—
4	4.500	3.152	.674	27.54	8.10	15.3	6.79	1.37	—
5	5.563	4.063	.750	38.55	11.3	33.6	12.1	1.72	—
6	6.625	4.897	.864	53.16	15.6	66.3	20.0	2.06	—
8	8.625	6.875	.875	72.42	21.3	162	37.6	2.76	—
The listed sections are available in conformance with ASTM Specification A53 Grade B or A501. Other sections are made to these specifications. Consult with pipe manufacturers or distributors for availability.									

Fuente: Manual of Steel Construction, p. 1-92.

Tabla 3.3. **Propiedades de angulares estructurales según tabla de Multiperfiles, Guatemala para acero A-36**

<b>ANGULARES MULTIGROUP</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>PESO</b>	<b>ÁREA</b>	<b>INERCIA</b>	<b>MÓDULO</b>	<b>RADIO</b>
<b>TAMAÑO plg</b>	<b>ESPELOR plg</b>	<b>lb/pie</b>	<b>plg<sup>2</sup></b>	<b>plg<sup>4</sup></b>	<b>SECCIÓN plg<sup>3</sup></b>	<b>GIRO plg</b>
1/2 x 1/2	1/8	0.37	0.109	0.002	0.009	0.135
5/8 x 5/8	1/8	0.48	0.140	0.005	0.011	0.180
3/4 x 3/4	1/8	0.58	0.170	0.008	0.016	0.220
1 x 1	1/8	0.80	0.234	0.022	0.031	0.304
1 1/4 x 1 1/4	1/8	1.01	0.297	0.044	0.049	0.385
1 1/2 x 1 1/2	1/8	1.23	0.359	0.078	0.072	0.465
2 x 2	1/8	1.65	0.484	0.190	0.131	0.626
1 x 1	3/16	1.16	0.340	0.030	0.044	0.297
1 1/4 x 1 1/4	3/16	1.48	0.434	0.061	0.071	0.377
1 1/2 x 1 1/2	3/16	1.80	0.527	0.110	0.104	0.457
2 x 2	3/16	2.44	0.715	0.272	0.190	0.617
2 1/2 x 2 1/2	3/16	3.07	0.902	0.547	0.303	0.778
3 x 3	3/16	3.71	1.090	0.962	0.441	0.939
1 x 1	1/4	1.49	0.438	0.037	0.056	0.290
1 1/4 x 1 1/4	1/4	1.92	0.563	0.077	0.091	0.369
1 1/2 x 1 1/2	1/4	2.34	0.688	0.139	0.134	0.449
2 x 2	1/4	3.19	0.938	0.348	0.247	0.609
2 1/2 x 2 1/2	1/4	4.10	1.190	0.703	0.394	0.769
3 x 3	1/4	4.90	1.440	1.240	0.577	0.930
4 x 4	1/4	6.60	1.940	3.040	1.050	1.250
4 x 4	5/16	8.20	2.400	3.710	1.290	1.240
2 x 2	3/8	4.70	1.360	0.479	0.351	0.594
2 1/2 x 2 1/2	3/8	5.90	1.730	0.984	0.566	0.753
3 x 3	3/8	7.20	2.110	1.760	0.833	0.913
4 x 4	3/8	9.80	2.860	4.360	1.520	1.230
6 x 6	3/8	14.90	4.360	15.400	3.530	1.880
3 x 3	1/2	9.400	2.750	2.220	1.070	0.898
4 x 4	1/2	12.80	3.750	5.560	1.970	1.220
6 x 6	1/2	19.60	5.750	19.900	4.610	1.860

**CUMPLE NORMA ASTM A6 Y A36**

Fuente: cuadernillo técnico de Multiperfiles, Guatemala, p. 4.

