



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA  
XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**

**Salvador García Mejía**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, octubre de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SALVADOR GARCÍA MEJÍA**

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de agosto de 2018.



**Salvador García Mejía**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de julio de 2019  
REF.EPS.DOC.480.07.2019

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

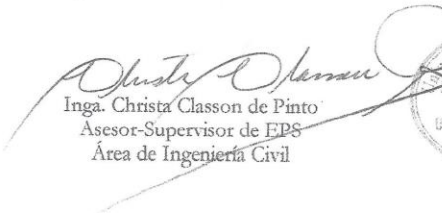
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Salvador García Mejía**, **Registro Académico 201020579** y **CUI 2072 63671 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA.**

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"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
CCdP/ra





Guatemala,  
24 de julio de 2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Salvador García Mejía, con DPI 2072636710101 y con No de Registro Estudiantil. 201020579, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS



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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



---

*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 26 de julio de 2019  
REF.EPS.D.276.07.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Salvador García Mejía, CUI 2072 63671 0101 y Registro Académico 201020579**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Salvador García Mejía **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, octubre 2019

/mrrm.







Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 491.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA XAYÁ, SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **Salvador García Mejía**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Anabela Cordova-Estrada  
Decana



Guatemala, octubre de 2019

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por todas las bendiciones a mi vida, por darme iluminación, sabiduría y perseverancia. Por permitir realizarme como profesional.
<b>Mis padres</b>	Salvador García y Aneliz Mejía, por su apoyo incondicional.
<b>Mi esposa</b>	Johanna Reyes, por su amor incondicional.
<b>Mis hijos</b>	Ximena y Salvador García, por ser dos ángeles en mi vida.
<b>Mis hermanos</b>	Javier, Cristian García Reyes, por estar siempre en los buenos momentos
<b>Mi familia</b>	A cada uno de ustedes por estar siempre a mi lado.
<b>Amigos</b>	Gracias por brindarme su confianza, ayuda en cada ocasión y amistad que compartimos.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por la enseñanza superior para ejercer como profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser una Facultad valiosa en la Universidad que aporta ingenieros preparados a Guatemala.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Marvin Felipe, Álvaro Leroy, Juan Simón, Julio Prado, Rodrigo Chacón y a todos con quienes tuve el placer de convivir, gracias por su apoyo.
<b>Ing. Christa Classon</b>	Por su valiosa asesoría en el presente trabajo de graduación y haber confiado en mí.
<b>Ing. Ricardo Pinto</b>	Por el apoyo prestado para terminar mi trabajo de graduación.
<b>Ing. Eduardo Del Valle</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, así como en mi vida.
<b>Arq. Billy García</b>	Por el apoyo prestado para ejercer como profesional.
<b>Ing. Axel Morales Gaitán</b>	Por su apoyo a inicios de mi carrera que me llevaron aquí.









2.3.4.	Bomba para el pozo perforado .....	23
2.3.4.1.	Especificaciones del equipo de bombeo.....	23
2.3.4.2.	Determinación de la potencia de la bomba.....	24
2.3.4.2.1.	Carga dinámica total.....	25
2.3.4.3.	Caudal de vivienda (Qv) .....	31
2.3.5.	Presión estática .....	32
2.3.6.	Presión dinámica .....	32
2.4.	Bases de diseño .....	32
2.4.1.	Cálculo de diseño hidráulico .....	35
2.4.1.1.	Resultados del programa EPANET .....	39
2.4.2.	Tanque de almacenamiento .....	44
2.4.3.	Determinación de volumen .....	46
2.4.4.	Diseño del tanque de distribución (tanque elevado).....	47
2.4.5.	Memoria cálculo estructural.....	48
2.4.5.1.	Diseño de la estructura portante.....	48
2.4.5.2.	Dimensiones del tanque elevado.....	48
2.4.5.2.1.	Fondo del tanque.....	49
2.4.5.3.	Datos tanque elevado propuesto .....	49
2.4.5.4.	Diseño del tanque.....	51
2.4.5.5.	Diseño zapatas .....	74
2.4.6.	Obras de arte.....	76
2.4.6.1.	Caja rompresión .....	76
2.4.6.2.	Profundidad de zanja para la colocación de tubería.....	77
2.4.6.3.	Conexiones.....	77
2.4.6.4.	Diámetro, tipo y clase de tubería .....	78

2.4.7.	Presupuesto .....	79
2.4.8.	Cronograma de ejecución .....	99
2.4.8.1.	Sistema tarifario .....	100
2.4.9.	Operación y mantenimiento.....	100
2.4.9.1.	Manual de operación y mantenimiento.....	100
2.4.9.1.1.	Válvulas de compuerta .....	101
2.4.9.1.2.	Válvulas de compuerta para limpieza .....	101
2.4.9.1.3.	Válvulas de globo.....	101
2.4.9.1.4.	Válvula de aire .....	102
2.4.9.1.5.	Estrategia de capacitación .....	102
2.4.9.1.6.	Actividades de mitigación de desastres naturales .....	103
2.5.	Procedimientos para la operación y mantenimiento de bomba y tanque de almacenamiento, líneas de distribución sistema de agua potable aldea Xayá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	106
2.5.1.	Operación.....	107
2.5.2.	Mantenimiento.....	107
2.5.3.	Responsable de la operación y mantenimiento .....	108
2.5.3.1.	Operación y mantenimiento del almacenamiento .....	109
2.5.3.2.	Operación puesta en marcha .....	109
2.5.3.3.	Limpieza y desinfección .....	109

	2.5.3.3.1.	Limpieza exterior .....	110
	2.5.3.3.2.	Limpieza interior .....	110
	2.5.3.3.3.	Desinfección .....	110
2.5.3.4.		Mantenimiento .....	112
	2.5.3.4.1.	Mensual .....	112
	2.5.3.4.2.	Trimestral.....	112
	2.5.3.4.3.	Semestral .....	112
	2.5.3.4.4.	Anual .....	113
2.5.3.5.		Cloración del agua.....	113
	2.5.3.5.1.	Procedimiento para su instalación .....	113
	2.5.3.5.2.	Recomendaciones.....	114
2.5.3.6.		Operación y mantenimiento para líneas distribución de sistemas de abastecimiento de agua potable .....	114
	2.5.3.6.1.	Definiciones .....	114
2.5.3.7.		Observaciones.....	115
2.5.3.8.		Funcionamiento .....	116
2.5.3.9.		Cálculo de consumo de bomba .....	120
CONCLUSIONES .....			127
RECOMENDACIONES.....			129
BIBLIOGRAFÍA.....			131
APÉNDICE.....			133



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa del departamento de Escuintla .....	1
2.	Trayectoria desde la Universidad de San Carlos de Guatemala hacia aldea Xayá.....	2
3.	Trayectoria desde Santa Lucía Cotzumalguapa hacia aldea Xayá .....	3
4.	Datos del clima.....	4
5.	Mapa de ríos de la cuenca Coyolate .....	6
6.	Escuela aldea Xayá.....	10
7.	Caja de captación del río Agua Zarca .....	12
8.	Sitio de captación del río Agua Zarca.....	12
9.	Alumbrado eléctrico aldea Xayá.....	13
10.	Eficiencia de bomba 30 HP .....	31
11.	Introducción de datos del proyecto a programa EPANET .....	35
12.	Red altura de terreno y consumos por tramo .....	36
13.	Introducción de datos de tramos de tubería .....	36
14.	Introducción de datos de tramos de tubería 2 .....	37
15.	Introducción de datos de tramos de tubería 3.....	38
16.	Resultados de tuberías velocidades y diámetros .....	39
17.	Resultados de tuberías velocidades y diámetros 2 .....	40
18.	Resultados de nudo, presión metros columna de agua .....	41
19.	Resultados de nudo, presión metros columna de agua 1 .....	42
20.	Resultados de nudo, presión metros columna de agua 3 .....	43
21.	Red presión y velocidad .....	44
22.	Estructura portante.....	51

23.	Fuerzas de sismo.....	57
24.	Sumatoria de cargas.....	59
25.	Diseño de pedestal tanque elevado.....	75
26.	Pintar con pintura anticorrosiva para evitar la oxidación.....	116
27.	Maniobrar periódicamente las válvulas.....	117
28.	Inspeccionar la línea para detectar fugas y repararlas .....	118

## TABLAS

I.	Diseño de línea de impulsión de bomba .....	30
II.	Bases de diseño .....	33
III.	Cálculo de caudales.....	34
IV.	Presupuesto de sistema de agua potable.....	79
V.	Integración precio unitario pozo mecánico.....	80
VI.	Integración precio unitario sistema de alimentación con bomba.....	81
VII.	Integración precio unitario instalación de bomba .....	82
VIII.	Integración precio unitario equipamiento de bomba .....	83
IX.	Integración precio unitario caseta para equipos .....	84
X.	Integración precio unitario tanque elevado .....	85
XI.	Integración precio unitario línea de distribución PVC 4" .....	86
XII.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 3" .....	87
XIII.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 2 ½ " .....	88
XIV.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 2" .....	89
XV.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1 ½ " .....	90
XVI.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1 ¼ " .....	91
XVII.	Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1" .....	92
XVIII.	Integración precio unitario conexiones domiciliarias.....	93
XIX.	Integración precio unitario válvula de control 4".....	94
XX.	Integración precio unitario válvula de control de 3".....	95

XXI.	Integración precio unitario válvula de control de 2" .....	96
XXII.	Integración precio unitario válvula de control de 1 ½" .....	97
XXIII.	Integración precio unitario prueba de presión y desinfección de tubería .....	98
XXIV.	Cronograma de ejecución – inversión .....	99
XXV.	Planificación de mantenimiento.....	105
XXVI.	Cantidad de hipoclorito de calcio al 30 % en cucharas soperas para la desinfección de instalaciones de agua.....	119
XXVII.	Costo de energía eléctrica consumo de bomba .....	120
XXVIII.	Cálculo de tarifa .....	121
XXIX.	Periodos de mantenimiento.....	121
XXX.	Construcción sistema de agua potable con perforación de pozo, aldea Xayá. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	123
XXXI.	Construcción sistema de agua potable, aldea Xayá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.....	125





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qb</b>	Caudal de bombeo
<b>QDM</b>	Caudal de día máximo
<b>QHM</b>	Caudal de hora máxima
<b>Qo</b>	Caudal inicial
<b>Qi</b>	Caudal instantáneo
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>Qri</b>	Caudal real instantáneo
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo (material de tubo plástico)
<b>C</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>K</b>	Constante para pérdidas menores
<b>CO</b>	Cota inicial
<b>Cf</b>	Cota final
<b>PIEZO</b>	Cota piezométrica inicial
<b>PIEZf</b>	Cota piezométrica final
<b>D</b>	Diámetro
<b>Dh</b>	Diferencia de altura entre la fuente y el tanque
<b>Dot</b>	Dotación
<b>F</b>	Factor de almacenamiento
<b>FHM</b>	Factor de hora máxima
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>h</b>	Hora

<b>Hab</b>	Habitante
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>km</b>	Kilómetro
<b>kw</b>	Kilowatt
<b>lt</b>	Litros
<b>L</b>	Longitud
<b>L1</b>	Longitud diámetro mayor
<b>L2</b>	Longitud diámetro menor
<b>LT</b>	Longitud total
<b>m</b>	Metro
<b>mca</b>	Metros columna de agua
<b>m3</b>	Metros cúbicos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>NV</b>	Número de viviendas
<b>Hf</b>	Pérdida de carga
<b>n</b>	Período de diseño (20 años)
<b>Pf</b>	Población futura
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pb</b>	Potencia de la bomba
<b>H</b>	Presión estática
<b>seg</b>	Segundos
<b>i</b>	Tasa de crecimiento
<b>t</b>	Tiempo
<b>V</b>	Velocidad de diseño
<b>Vol</b>	Volumen

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Acción de medir un caudal de una fuente.
<b>Captación</b>	Estructura que permite recoger y entubar las aguas de la fuente abastecedora.
<b>Carga estática</b>	Llamada también presión estática. Es la diferencia de alturas que existe entre la superficie libre de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto, no más allá de su descarga libre. Se mide en metros columna de agua (mca).
<b>Carga dinámica</b>	Es la presión ejercida por el agua circulante en un punto determinado del acueducto, es decir, la suma de las cargas de velocidad ( $V^2/2g$ ) y de presión.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo (Vol/t), que pasa en un punto determinado donde circule un líquido. En el sistema métrico decimal se mide en metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).
<b>Cota de terreno</b>	En un plano topográfico, es el número que indica la altura de un punto, sobre el nivel del mar o sobre otro plano de referencia.

<b>Desinfección</b>	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, entre otros.
<b>Dotación</b>	Es el volumen de consumo de agua por persona por día.
<b>Manantial</b>	También llamado nacimiento en el área rural. Es el afloramiento de agua subterránea, en un área restringida.
<b>Pérdida de carga</b>	Es la disminución de la presión, dentro de la tubería, debido a la fricción.
<b>Perfil</b>	Delineación de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a puntos de control.
<b>Topografía</b>	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
<b>Pozo</b>	Hoyo profundo que se hace en tierra, especialmente para sacar agua procedente de manantiales subterráneos.

## RESUMEN

En Guatemala, país considerado como tercermundista, la población demanda de sus líderes los servicios necesarios para llevar una vida más sana; situación que se ve limitada debido a la falta de recursos de los entes llamados a proporcionarlos.

En este informe, correspondiente al trabajo de graduación, se presentan los aspectos más importantes, considerados durante el desarrollo del proyecto de la red de la red de distribución de agua potable en la aldea de Xayá, del municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, departamento de Escuintla. De acuerdo a la información y características del lugar, se determinaron los servicios básicos que el área en estudio requiere, desarrollándose el diseño.

Luego, se describen todas las condiciones y requerimientos de diseño, tomados como base para el proceso y determinación de: levantamiento topográfico, tipo de sistema a implementar, población a la cual tendrá que cumplir, cálculo y diseño.

También, se considera la vulnerabilidad que los sistemas puedan experimentar, debido a las múltiples amenazas naturales bajo las cuales pueda estar expuesto, manifestando con ello la necesidad de implementar medidas de prevención y mitigación.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño del sistema de agua potable para la aldea Xayá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y el diagnóstico sobre las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura de la aldea Xayá, del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.
2. Diseñar el sistema de agua potable en la aldea Xayá, del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, mediante las normas utilizadas en Guatemala.
3. Elaborar los planos y presupuestos del proyecto.
4. Elaborar el manual de operaciones y mantenimiento del proyecto de
5. Agua potable en la aldea Xayá.





## INTRODUCCIÓN

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Guatemala cuenta con varias aldeas, en las cuales se engloban problemas generales en temas de salud. El proyecto busca mitigar las causas de enfermedades en la aldea Xayá, por medio del diseño de una línea de conducción de agua potable; el proyecto busca mejorar el ornato del municipio.

Debido a la cercanía de grandes industrias azucareras, la población de la aldea Xayá ha aumentado de población, lo que provoca que la ausencia de dichos servicios, afecten directamente al municipio en general.

La aldea Xayá, cuenta actualmente con un sistema de abastecimiento de agua potable que provee el Ingenio Madre Tierra, un servicio de agua entubada racionado de 2 horas diarias equivalente a 500 litros para una familia de 5 habitantes por día, este abastece un 30 % de la población solo en tiempo de zafra, al no tener un sistema de agua potable ideal, se ven obligados a caminar hacia el río más cercano, buscar agua en las cercanías o en algunos casos a la construcción de pozos artesanales, estos métodos pueden no ser aptas para el consumo humano; debido a que no se les da un manejo adecuado por parte de los pobladores, lo que conlleva a problemas de salud.



# 1. MONOGRAFÍA

## 1.1. Descripción demográfica

Descripción demográfica aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

### 1.1.1. Ubicación geográfica

La aldea Xayá, ubicada en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, se localiza en la latitud  $14^{\circ} 15' 00''$  y en la longitud  $91^{\circ} 07' 00''$ . Limita al norte con cañaverales del Ingenio Madre Tierra; al sur, con la aldea Cañaverales; al este, con el Ingenio La Unión; y al oeste, con el departamento de Suchitepéquez y el río Cuyolá.

Figura 1. Mapa del departamento de Escuintla



Fuente: *Mapa de la división territorial de Escuintla*. [www.mapasguatemala.net/mapa/mapa-escuintla-mapa-division-territorial.html](http://www.mapasguatemala.net/mapa/mapa-escuintla-mapa-division-territorial.html). Consulta: 9 de diciembre del 2018.

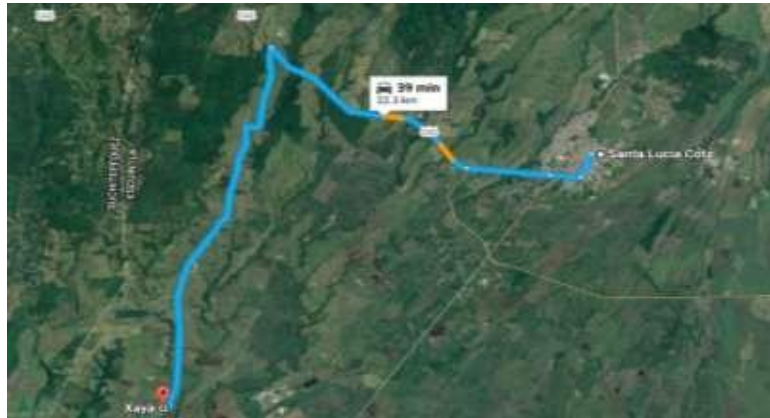
Para llegar a la aldea Xayá tomando como punto de referencia la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicada en la zona 12, se tiene que tomar la ruta como lo indica la figura 2. La aldea Xayá se encuentra a 22,3 km del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, según se puede observar en la figura 2, a un tiempo estimado de llegada de 45 minutos. Se realiza un cruce para la izquierda viniendo del casco urbano de Santa Lucía Cotzumalguapa para la aldea, dejando la carretera CA-2 y tomando un camino de terracería hacia el lugar.

Figura 2. **Trayectoria desde la Universidad de San Carlos de Guatemala hacia aldea Xayá**



Fuente: *Trayectoria desde la Universidad de San Carlos hacia aldea Xayá.*  
[www.google.com/maps](http://www.google.com/maps). Consulta: 9 de diciembre del 2018.

Figura 3. **Trayectoria desde Santa Lucía Cotzumalguapa hacia aldea Xayá**



Fuente: *Trayectoria desde Santa Lucía Cotzumalguapa hacia aldea Xayá*  
[www.google.com/maps](http://www.google.com/maps). Consulta: 9 de diciembre del 2018.

### **1.1.2. Distribución administrativa actual**

La aldea Xayá se encuentra dentro del territorio del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, administrativamente está compuesto por 1 ciudad o centro urbano, que es la cabecera municipal Santa Lucía Cotzumalguapa, 41 colonias, 5 aldeas que son: río Santiago, Xayá, Las Playas, Miriam y El Tránsito; así como con 7 caseríos que son: Cruce de Camantulul, Agüero, El Carrizal, Las Flores, El Amatillo, El Jícara y El Barco; 3 parcelamientos, 4 microparcelamientos, 60 fincas, 6 guardianías, 1 ranchería y 14 haciendas.

### **1.1.3. Clima**

La aldea Xayá no cuenta con una estación meteorológica que brinde información del clima, por lo que se tomaron los valores de la estación meteorológica del INSIVUMEH más cercana. En la estación de Camantulul,

ubicada en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, es en donde se recopiló la información de 2019.

Se caracteriza por tener un clima cálido en la parte más baja y en la meseta, superior ligeramente templado; tiene una temperatura promedio de 25,3 °C. Es uno de los lugares que recibe más precipitación pluvial en la temporada de lluvia, está un promedio de 3 500 mm al año, que inicia en el mes de abril y finaliza en octubre o a principios de noviembre.

Durante la temporada de lluvia su intensidad provoca tormentas eléctricas y fuertes vientos. Se encuentra a una altura de 370 metros sobre el nivel del mar. La velocidad del viento promedio anual es de 2,3 kilómetros por hora, la dirección del viento durante 1990 hasta 2006 fue constante hacia el sur, a partir del 2007 hasta el 2019, la dirección promedio anual varió de este a sur y de sur a este. El promedio anual de nubosidad es de 4 octas (4/8 de cielo cubierto o cielo parcialmente nublado). El porcentaje de humedad relativa es de un 78 % y la evaporación es de 128,40mm. La temperatura se encuentra dentro del rango de 17 °C a 32 °C.

Figura 4. Datos del clima

Localidad	Elevación (Msnm).	Brillo Solar Total/Hrs/Promedio Mes.	Humedad Relativa (en %)	Velocidad de Viento (Kms/hr.)	Evaporación (Milímetros)
Sta. Lucia Cotz. Camantulul	280	-99	78	-99	128.4

Fuente: INSIVUMEH, estación Camantulul. *Registro meteorológico*. p. 5.

#### **1.1.4. Características de la población**

A continuación se realiza una descripción de la población.

##### **1.1.4.1. Idiomas**

En la aldea Xayá el idioma predominante es el español. En Santa Lucía Cotzumalguapa, aún se encuentran entrelazados indígenas y ladinos, por lo que se habla el k'iche', el kaqchikel y el español. Este último lo habla gran parte de la población.

##### **1.1.4.2. Economía**

La economía de la aldea Xayá se basa en las grandes industrias de los ingenios azucareros como: Madre Tierra, El Baúl, Los Tarros y La Unión que, por su cercanía, permiten que muchos pobladores de la aldea trabajen para dichos ingenios. Santa Lucía Cotzumalguapa basa gran parte de su economía en la producción agrícola de caña de azúcar, maíz, frijol, hule, citronela, té de limón también la producción pecuaria, crianza de ganado vacuno principalmente; porcino, aves de corral. Igualmente, en fábricas de aceites de citronela y limón, de hielo, licores, velas, jabones, panela, entre otras.

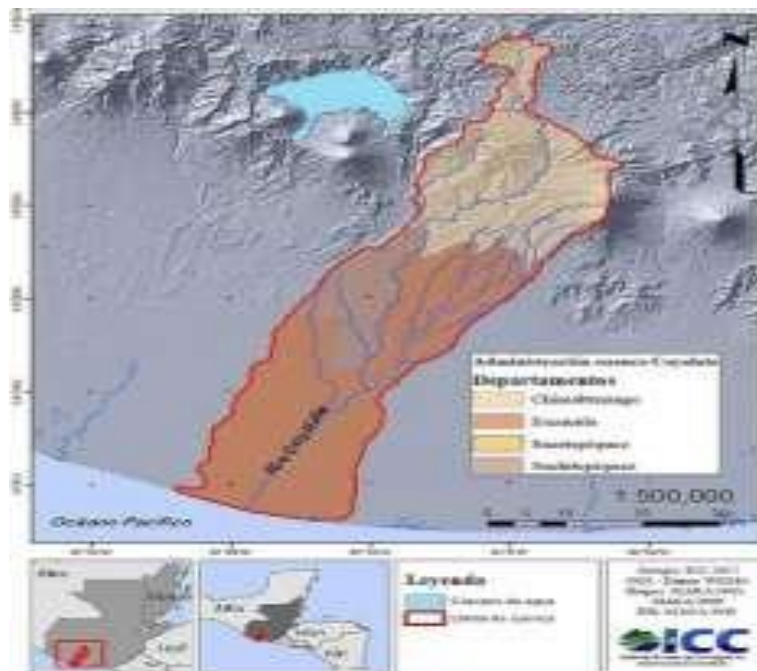
#### **1.1.5. Recursos naturales**

Recursos naturales de aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

### 1.1.5.1. Hídricos

Los ríos más críticos para la aldea Xayá son el Agua Zarca y Aguná considerados como los más importantes para el sector. Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con la vertiente de varios ríos que lo hacen sobresalir en las actividades agropecuarias, por lo que se hace necesario mencionar los que se consideran más importantes. Entre estos están: río Coyolate, Acomé, Petayá, Agüero, Cristobal, Pantaleón, Popoyá, Santiago, Camarón, Xata, La Parida, Martir, Del Ganado, Del Muerto, Gobernador y Santo Domingo. Estos ríos son parte de la cuenca Coyolate, según se pueden observar en la figura 5.

Figura 5. **Mapa de ríos de la cuenca Coyolate**



Fuente: *Mapa de ríos de la cuenca Coyolate.*

[www.walterbardalesrecursoshidricos.blogspot.com/2009/11/mapas-de-la-cuenca-coyolate.html](http://www.walterbardalesrecursoshidricos.blogspot.com/2009/11/mapas-de-la-cuenca-coyolate.html). Consulta: 02 de enero de 2019.



En la época lluviosa los cauces de los ríos crecen, lo cual provoca inundaciones en las poblaciones cercanas a los mismos. La aldea Xayá se encuentra en medio de los ríos Aguna y Agua Zarca, la crecida del río Agua Zarca provoca varios problemas para los habitantes y en el sistema de distribución de agua que es suministrado por el Ingenio Madre Tierra. Las inundaciones hacen que la distribución del agua dentro de la aldea sea interrumpida porque las tuberías que la conducen atraviesan el río haciendo que estas se dañen, perdiendo operatividad del sistema por la sedimentación de materiales y la ausencia de desarenadores que lo impidan.

#### **1.1.5.2. Bosques**

Los bosques tienen características muy húmedas, subtropicales y cálidas, las principales especies forestales son: latifoliados que poseen una extensión territorial de 40 km<sup>2</sup> y bosques naturales de 50 km<sup>2</sup>. En los últimos años el área boscosa de la aldea Xayá ha disminuido debido a la tala de árboles y al crecimiento de la siembra de caña de azúcar, que es el cultivo predominante de la región, lo cual deteriora el ambiente y vuelve más lenta la tasa de retorno del ciclo hidrológico. La erosión provocada por la tala de árboles contribuye a que ocurran inundaciones en las zonas cercanas a los cauces de los ríos.

#### **1.1.5.3. Orografía**

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con dos montañas: los achiotés y montaña China localizadas al suroeste de la cabecera, entre los ríos Coyolate y Agua Zarca, las cuales importantes por albergar diversas especies de vegetación y animales silvestres. También existen los cerros de Belanjuyú, La Cumbre y Sanaí. El 80 % del municipio está conformado por planicie.

#### **1.1.5.4. Microrregiones**

Por las características del relieve, el municipio se divide en tres regiones representativas: el alta, que está entre los límites de altura de 800 y 400 msnm; la región media, entre los límites de altura de 400 y 200 msnm y la región baja, entre los 200 y 100 msnm.

Dentro de estas regiones existen microrregiones que, por sus características de actividad económica, localización y entorno, se agrupan en cinco áreas que presentan condiciones similares de vida.

La aldea Xayá, por las características de su relieve, se encuentra en la región media, a una altura aproximada de 346 msnm.

#### **1.1.5.5. Población**

Tomando en consideración los datos estadísticos, como resultado proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), se estima que los habitantes de Santa Lucía Cotzumalguapa se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

#### **1.1.5.6. Número de hogares y tasa de crecimiento**

Según los censos poblacionales de 1994 y 2013 el total de habitantes era de 52 211 y 85 974, respectivamente, para 2013 según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), Santa Lucía Cotzumalguapa, contaba con una población de 129 341 habitantes.

En la aldea Xayá para 2016 se registraron 1 001 personas según datos brindados por el censo realizado por la municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa.

#### **1.1.5.7. Por sexo, edad, pertenencia étnica y área geográfica**

La población de la aldea Xayá se encuentra distribuida étnicamente de la siguiente manera: el 10 % indígena y 90 % no indígena. En los censos poblacionales de 1994 y 2013, las áreas urbanas del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa son todas aquellas que de forma oficial son reconocidas como colonias o pueblos. En cuanto a las rurales se consideran las fincas, aldeas, parcelamientos, caseríos y asentamientos. La población se concentra principalmente para 2018 en el área rural con un 58 % y un 42 % en la urbana. El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa está conformado por jóvenes y adultos entre las edades de 15 y 64 años, que corresponden al 59 % del total de habitantes. En donde según los datos del Instituto Nacional de Estadística - INE-13 el mayor porcentaje de la población económicamente activa lo ocupa el sexo masculino, estadísticas que se pueden tomar para la aldea Xayá por la ausencia de datos.

#### **1.1.5.8. Infraestructura y servicios básicos**

En los siguientes incisos se expondrá acerca de la infraestructura y servicios básicos con los que cuenta la aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

### **1.1.5.9. Cobertura educativa**

La aldea Xayá tiene una escuela que cubre las necesidades de la población estudiantil, brinda educación a 196 niños y niñas según las inscripciones de 2018.

Figura 6. **Escuela aldea Xayá**



Fuente: escuela aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

### **1.1.5.10. Deserción**

La tasa de deserción en la aldea Xayá es del 5 % en relación con el total de alumnos inscritos, las principales causas de esta problemática son que los niños tienen que ir a traer agua para uso doméstico, y según la investigación, en un mayor porcentaje son las niñas; mientras los niños se marchan con los padres para realizar trabajos en las fincas de las cercanías o en los ingenios azucareros.

### **1.1.5.11. Salud**

Acceso a servicios de salud de aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

#### **1.1.5.11.1. Centros de atención médica**

La aldea Xayá no cuenta con algún centro de atención médica, se les brinda un servicio durante 1 vez al mes cuando llega el centro de salud a la aldea. Para optar a un servicio se tienen que dirigir a Santa Lucía Cotzumalguapa que se encuentra a 22,3 km de distancia. El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, un Centro de Salud tipo B que pasó a ser Centro de Atención Permanente (CAP) con atención de partos sin riesgo, dos puestos de salud ubicados en aldea El Cajón y El Jabalí, clínicas privadas, sanatorios, laboratorios y un consultorio parroquial.

### **1.1.5.12. Agua**

Existen algunas comunidades que no cuentan con el servicio de agua, especialmente en el área rural, en donde la población beneficiada con este servicio es del 57 % y el restante 42 % tiene pozos en sus hogares.

La captación del agua que se distribuye por el Ingenio Madre Tierra para la aldea Xayá se realiza en los nacimientos del río Agua Zarca debido a que no se cuenta con un sistema de distribución municipal, según se pueden observar en las figuras 7 y 8, donde se aprecia la caja de captación y parte del nacimiento que llega hasta ahí.

Figura 7. **Caja de captación del río Agua Zarca**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Sitio de captación del río Agua Zarca**



Fuente: elaboración propia.

Debido a la deficiencia en la cobertura del servicio de agua potable que se le brinda a la comunidad, es un total de 500 litros por familia al día, distribuidos en 2 horas de servicio, es importante la implementación de sistemas alternativos de captación de agua que cubran un volumen mayor al servicio que ya se les brinda.

### **1.1.6. Energía eléctrica domiciliar**

En la aldea Xayá se cuenta con servicio de energía eléctrica, se cubre la demanda para la mayoría de los pobladores de la comunidad. En la figura 9 se puede observar el tendido eléctrico con el que cuenta Xayá, tiene una cobertura ininterrumpida del servicio eléctrico de aproximadamente 85 %.

Figura 9. **Alumbrado eléctrico aldea Xayá**



Fuente: alumbrado eléctrico en aldea Xayá, municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.

La falta de cobertura del servicio de energía eléctrica para todos los hogares en el municipio deja como mejor opción sistemas alternativos de captación de agua que no necesiten energía eléctrica para su funcionamiento.

El municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa cuenta con servicio de energía eléctrica domiciliar proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA). Para 2002 la cobertura abastece a 19 590 hogares. Según datos del Ministerio de Energía y Minas (MEM) en 2016 incrementó a 29 816 viviendas, un total de 25 447 usuarios con un índice de 85,35 %.

Según los datos del índice de cobertura eléctrica de 2016 del Ministerio de Energía y Minas, la cobertura eléctrica para 2016 en hogares del área urbana con servicio fue de 4 051, un 96 % y sin servicio 188, un 4 %. Así se tiene que para ese año un 77 % (10 618) de hogares en el área rural ya tenía el servicio y un 23 % (3 215) no.



## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

### **2.1. Levantamiento topográfico**

A continuación se detallan los trabajos del estudio topográfico realizado.

#### **2.1.1. Criterios**

El estudio del proyecto se realizó con un teodolito digital, la precisión del teodolito es de 10 segundos.

Todas las viviendas fueron radiadas y niveladas, a efecto de tener, posteriormente, una mayor precisión en la cuantificación de tuberías.

#### **2.1.2. Criterios y bases de diseño**

Aparte de apegarse a las normas manejadas por UNEPAR, este estudio se diseñó tomando en cuenta los siguientes criterios:

### **2.2. Dotación, tipo de servicio y aforos**

De acuerdo con las normas de UNEPAR e INFOM, dado que la comunidad tiene un clima caliente, y que es área rural, se adopta una dotación (Dot) de 125 litros / habitante / día.

Es la cantidad de agua que se le asigna a una persona para consumo diario, siendo el consumo diario la cantidad real que utiliza una persona, y se expresa en litros por habitante por día.

En acueductos rurales, especialmente en clima cálido, se adopta la siguiente dotación:

El tipo de servicio que mayor impacto tiene en la salud y economía familiar en el área rural es el predial, un chorro en cada casa, y, de conformidad con la producción de la fuente y los cálculos es factible implementar este tipo de servicio en la aldea Xayá.

### **2.3. Tasa de crecimiento poblacional, población actual**

Según los datos de población del Instituto Nacional de Estadística se reporta para el departamento de Escuintla una tasa intercensal del 3,50 % de crecimiento, lo que se ha tomado en cuenta para estimar la población futura. La población actual se determinó por medio del levantamiento topográfico de densidad y vivienda. Se obtuvo la siguiente información.

La población actual de la comunidad es de 1 320 habitantes, 220 viviendas.

#### **2.3.1. Período de diseño, población futura**

A continuación una breve descripción del período de diseño y su población a 20 años plazo.

### **2.3.1.1. Período de diseño**

En apego a las normas de la materia, el proyecto fue diseñado para un período de 20 años.

Se consideró factible un período de 20 años, debido a que se va a utilizar tubería de PVC, lo cual permite una durabilidad de las instalaciones y de la capacidad de agua que genera la fuente de servicio.

### **2.3.1.2. Población futura**

Para calcular el crecimiento de una población y estimar la población se utilizó el método geométrico, ya que éste es aplicable a población dispersa y con poca probabilidad de crecimiento.

Según la fórmula de crecimiento geométrico siguiente:

$$Pf = Pa \times (1 + i)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual según censo realizado en el EPS

i = tasa de crecimiento

n = período de diseño (en años)

Al sustituir datos en la fórmula anterior, se tiene:

$$Pf = 1\,322 \times (1 + 0,035)^{20}$$

$$.Pf = 2\ 627\ hab$$

### **2.3.2. Factores de consumo y caudales**

Se detalla a continuación los distintos factores de caudal, máximo por día, por hora, medio entre otros.

#### **2.3.2.1. Caudal medio (Qm)**

Es la cantidad de agua que requiere una población en un día. Otra definición es el consumo durante un día (24h), la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios en el periodo de un año.

Dado que el caudal requerido es permanente durante un día, se calcula según la siguiente expresión:

$$Qm = \frac{D \times N}{86\ 400}$$

Donde:

Qm = caudal medio en l/s.

Dot = dotación = 125 L/H/D.

N = número de habitantes futuros.

Al sustituir datos en la fórmula anterior, se tiene:

$$Qm = \frac{200 \times 2\ 627}{86\ 400}$$

$$Q_m = 6,08 \text{ l/s}$$

### **2.3.2.2. Factor y caudal de día máximo (QDM)**

El caudal máximo diario se utiliza para diseñar la línea de conducción del proyecto. Este caudal se define como el máximo consumo de agua durante las 24 horas, observado en el período de un año.

El factor de día máximo que se utiliza en el área rural es de 1,2-1,5. En este proyecto se utiliza el factor 1,5 por ser un clima cálido y porque existen variaciones o desviaciones de consumo durante el día.

También llamado caudal de conducción, el caudal de día máximo es el mayor consumo en un día al año reportado en un sistema de distribución de agua. Dado que el presente trabajo se realiza en un proyecto nuevo, se tomarán como referencia las Normas de UNEPAR, INFOM. Para su estimación, que indican que:

$$Q_{dm} = Q_m \times F_{dm}$$

Donde:

FMD = factor de día máximo, que, según norma, se adopta 1,5.

Se tiene:

$$Q_{dm} = 6,08 \times 1,5 = 9,12 \text{ l/s}$$

### 2.3.2.3. Factor y caudal de hora máximo (QHM)

El caudal horario máximo se utiliza para diseñar la red de distribución. Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día en el período de un año.

Según las normas generalmente aceptadas, el factor de hora máxima en el área rural es de 1,8 - 2. Este es un factor de seguridad, porque el consumo de agua presentará variaciones hora a hora, mostrando horas de consumo máximo y horas de consumo mínimo. Este factor se originó de un diagrama de consumo (Q) contra tiempo (hora). El factor de horas máximas a utilizarse en este diseño es de 2.

También llamado caudal de distribución, el caudal de hora máximo es el mayor consumo en una hora del día y se utiliza para diseñar la red de distribución. Se tomarán como referencia las Normas de UNEPAR, INFOM, para su estimación:

$$Q_{hm} = Q_m \times F_{hm}$$

Donde:

FHM = factor de hora máximo, según norma se adopta 2.

Se tiene:

$$Q_{hm} = 6,08 \times 2 = 12,16 \text{ l/s}$$

#### **2.3.2.4. Velocidades y presiones**

De conformidad con las Normas de UNEPAR, se adoptarán las velocidades de diseño:

Para conducciones mínima = 0,40 m/seg y máxima =3,00 m/seg.

Para distribución, máxima = 2,00 m/seg.

Las presiones en la conducción no deben exceder a la presión de trabajo de las tuberías; en la distribución, la presión de servicio debe estar en el rango de 5 a 60 metros columna de agua (mca), y la presión hidrostática máxima será de 80 mca.

#### **2.3.3. Conducciones**

A continuación se detallan los tipos de conducciones que se utilizará en el proyecto.

Se diseñarán como libres o forzadas, dependiendo de las condiciones particulares de cada caso. Para agua de alta calidad o tratada, la conducción no deberá ser a cielo abierto.

- Red de distribución

La red de distribución comprende tuberías que van desde el tanque de distribución hasta las líneas que conforman las conexiones domiciliarias.

La red de distribución cuenta con una red principal; según el diseño, tendrán diámetros de 4 a ¾ de pulgadas.

### **2.3.3.1. Conducciones forzadas**

Se emplearán en las condiciones desde las captaciones hasta los tanques de almacenamiento y en las redes de distribución. En las conducciones forzadas se tendrán en cuenta los siguientes datos básicos para el cálculo hidráulico.

En este caso en particular la red de distribución está constituida por ramales cerrados, debido a las características geométricas de la comunidad. Diámetros mínimos.

Se recomienda un diámetro mínimo de 38 mm (1 ½ “). Atendiendo a razones hidráulicas o económicas podrán aceptarse diámetros hasta de 19 mm (3/4”).

### **2.3.3.2. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías**

Para determinar las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Hazen Williams, que viene dada por:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = pérdida de carga en metros

L = longitud de diseño en metros

Q = caudal en litros por segundo



C = coeficiente de fricción interno (para PVC (C=140), y para HG (C=100))

D = diámetro interno en pulgadas

Al conocer la altura máxima disponible por perder, se asume como Hf, con lo cual es posible encontrar el diámetro teórico. Al despejarlo de la fórmula, queda la siguiente expresión:

$$D = \frac{(1\,743,811 \times L \times Q^{1,852})^{1/4,87}}{C^{1,852} \times Hf}$$

Con el diámetro teórico, se selecciona el diámetro comercial superior y se calcula el Hf final.

### **2.3.4. Bomba para el pozo perforado**

Para la perforación del pozo, es necesario tomar en cuenta el equipo de bombeo, la potencia del equipo entre otros.

#### **2.3.4.1. Especificaciones del equipo de bombeo**

Previo al diseño de la línea de impulsión (bombeo), debe calcularse el caudal que se impulsará, el cual se denomina caudal de bombeo, que es el caudal suficiente para abastecer el consumo máximo horario en un determinado tiempo de bombeo.

$$Q_b = 9,15 \text{ l/s}$$

- El equipo de bombeo debe cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones:

- El equipo de bombeo debe ser accionado por corriente eléctrica.
- Con una potencia mínima de 60 kilovatio.
- Con un diámetro de salida de 4 pulgadas.
- Bomba de tipo sumergible.
- La bomba estará protegida contra intemperie y abrasivos.

#### 2.3.4.2. Determinación de la potencia de la bomba

Es la fuerza necesaria para elevar el flujo estimado como caudal de bombeo desde el nivel dinámico de la bomba, hasta el tanque de almacenamiento.

Para esto se deben calcular pérdidas por fricción en la tubería del pozo, la altura desde la boca del pozo a la descarga, las pérdidas de carga en la línea de impulsión y la carga de velocidad, la potencia del conjunto deberá vencer la diferencia de nivel entre los 2 puntos y las pérdidas de carga en todo el trayecto, se determina por la siguiente ecuación:

$$H_f = \frac{1743,811 \times L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

$$D = \frac{(1743,811 \times L \times Q^{1,852})^{1/4,87}}{C^{1,852} \times H_f}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = pérdida de carga en metros

L = longitud de diseño en metros

Q = caudal en litros por segundo

C = coeficiente de fricción interno (para PVC (C=140), y para HG (C=100))

D = diámetro interno en pulgadas

#### 2.3.4.2.1. Carga dinámica total

Es la unificación de todas las pérdidas que afectan la subida del agua al tanque de distribución.

- Pérdidas por altura en la conducción

Es la diferencia de altura entre la cota de captación en este caso la bomba y la cota de abastecimiento del tanque de distribución:

$H_f =$  (pérdida por altura en la conducción)

$H_{f1} =$  Altura dinámica de boca al pozo = 85 m

$H_{f2} =$  Altura del abastecimiento del tanque = 21 m

- Pérdidas en la tubería de impulsión

De la ecuación de Hazen Williams se calcula las pérdidas por fricción en la tubería:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times 85 \times 9,15^{1,852}}{150^{1,852} \times 4^{4,87}} = 0,98 \text{ mca}$$

- Pérdidas por velocidad

Las pérdidas por velocidad se deben principalmente por la velocidad y la gravedad que actúa sobre el líquido. Se determina con la fórmula siguiente:

$$Hfv = \frac{v^2}{2 \times g}$$

Donde:

Hfv = pérdida por velocidad

G = gravedad : 9,81 m/s<sup>2</sup>.

V = velocidad.

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$V = 1,974 \times \frac{9,15}{4} = 4,51$$

$$Hfv = \frac{(4,51)^2}{2 \times 9,81} = 1,04 \text{ mca}$$

- Pérdidas menores

Las pérdidas menores se atribuyen a pérdidas en accesorios que se utilizan en la línea de conducción, para el presente proyecto no existen muchos accesorios utilizados que signifiquen una pérdida significativa, por lo que se asume un 10 % de las pérdidas por fricción en la tubería de impulsión.

$$Hfm = 10 \% \times Hf$$

Donde:

Hfm = pérdidas menores

Hf = pérdida de carga en metros

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$H_{fm} = 10 \% \times 0,98 = 0,098mca$$

- Carga dinámica total (CDT)

Al haber calculado todas las pérdidas disponibles en la línea de impulsión se proceden a realizar los cálculos de la carga dinámica total:

$$\begin{aligned} CDT &= H_{f1} + H_{fi} + H_{fv} + H_{fm} \\ CDT &= 85m + 21m + 0,98m + 1,04m + 0,10 \\ CDT &= 108,12 \end{aligned}$$

- Potencia del equipo de bombeo

La potencia de la bomba debe garantizar el buen funcionamiento del sistema, ya que es parte esencial de éste. Para obtener la potencia de la bomba se utiliza la fórmula siguiente:

La potencia de la bomba está dada por la ecuación:

$$PW = \frac{Q * CDT}{76 * e}$$

Donde:

PW = potencia de bombeo

Q = caudal

Hf = pérdida de carga en metros.

e = eficiencia, se estima en un 70 %

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$PW = \frac{9,15 * 108,12}{76 * 0,70} = 18,59 \approx 30Hp$$

- Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete a la variación de presión en una tubería, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producida por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de la bomba. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa).

Para los cálculos de la sobrepresión del golpe de ariete, antes es necesario realizar el cálculo de la celeridad y se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ce = \frac{1420}{1 + \frac{K \times Di}{E \times esp}}$$

Donde:

Ce = celeridad o velocidad de onda en metros/segundo

K = módulo de elasticidad volumétrica del agua = 20 700 kg/cm<sup>2</sup>

E<sub>pvc</sub> = módulo de elasticidad de tubería de PVC = 28 100 kg/cm<sup>2</sup>

Di = diámetro interno de la tubería de 4" = 106,42 mm

Esp = espesor de la pared de la tubería de 4" = 7,12 mm

Al sustituir los datos se obtiene el siguiente resultado:

$$C_e = \frac{1\,420}{1 + \frac{20\,700 \times 106,42}{28\,100 \times 7,12}} = 118,23 \text{ m/s}$$

Para realizar el cálculo de sobrepresión se utiliza la siguiente fórmula:

$$SP = \frac{C_e \times v}{g}$$

Donde:

Ce = celeridad o velocidad de onda en metros/segundo

SP = sobre presión en metros

g = gravedad = 9,81 m/s<sup>2</sup>

v = velocidad en m/s

Al sustituir los datos se obtiene:

$$SP = \frac{118,23 \times 4,51}{9,81} = 54,40 \text{ m}$$

De acuerdo con el valor anterior, se sumaría la altura del tanque:

$$SP = 54,40 \text{ m} + 21 \text{ m} = 75,4 \text{ m}$$

Esta sería la presión soportada por la tubería, por lo que se utilizará una tubería de HG de 4 pulgadas, con un cheque después de la bomba para que el agua no regrese nuevamente a la bomba y le ocasione daños.

Tabla I. **Diseño de línea de impulsión de bomba**

<b>DISEÑO LÍNEA DE IMPULSIÓN - BOMBA</b>		
Fuente de agua	Pozo mecánico	
Pozo mecánico existente	8" a 300' profundidad	
Profundidad de bomba	90,00	m
Nivel dinámico a boca de pozo	85,00	m
Altura a entrada tubería a tanque	21,00	m
Caudal requerido (145 GPM)	9,15	Lts/seg
Diámetro de tubería propuesto	4	"
Altura nivel dinámico a boca de pozo	85,00	m
Salida de pozo a descarga	21,00	m
Pérdida en línea de impulsión	0,98	m
Carga de velocidad	1,04	m
Pérdidas menores	0,10	m
Carga total	108,12	m
Potencia de bomba requerida	18,59	HP
Potencia de bomba propuesta	30,00	HP
Golpe de ariete		
Celeridad	118,22	m/s
Velocidad real	4,51	m/s
Sobre-pPresión	54,40	m
Verificación	75,40	m < 350 mC agua (HG)
Tubería de impulsión HG de 4" tipo tiviano		

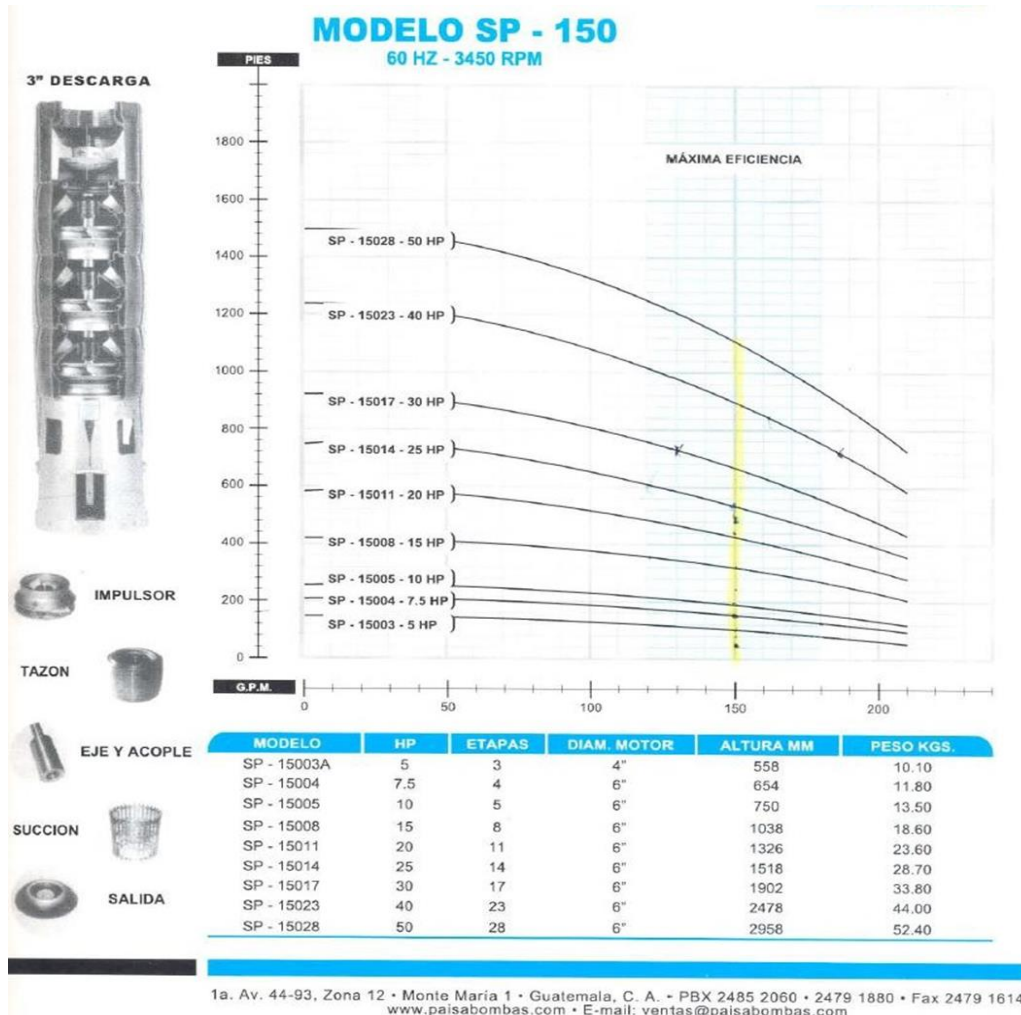
Fuente: elaboración propia.

En el pozo se colocará una bomba sumergible de 5 etapas con motor de 30 HP de 230 voltios trifásico. La conexión hidráulica se hará con tubería de diámetro de 4".

Para la introducción de la energía eléctrica se extenderá una línea trifásica de 13,2 kv. con un banco de transformación de 2x15kv.



Figura 10. Eficiencia de bomba 30 HP



Fuente: Paisa. Bombas. p. 18.

### 2.3.4.3. Caudal de vivienda (Qv)

El caudal de vivienda nos sirve para diseñar una red de distribución. Se determina por medio del caudal máximo horario dividido entre el número total de viviendas de una población.

$$Qv = \left( \frac{\text{Caudal de distribución } Qmh}{\text{Total de viviendas}} \right)$$

$$Qv = \left( \frac{9,12 \text{ l/s}}{220 \text{ viviendas}} \right) = 0,0415 \text{ l/s}$$

### **2.3.5. Presión estática**

Se produce cuando todo el líquido existente en la tubería se encuentra en reposo. En la línea de distribución, la máxima presión estática no debe ser mayor de 60 metros de columna de agua, ya que con mayores presiones fallan los empaques de gritería y válvulas. La presión estática es igual al peso específico del agua, es decir, el peso del agua multiplicado por la altura ( $P = \beta * H$ ).

### **2.3.6. Presión dinámica**

Se produce cuando hay movimiento de agua. La presión estática modifica su valor disminuyéndose, debido a la fricción que causan las paredes de la tubería. La presión dinámica en un punto es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno. La menor presión dinámica en las casas debe estar comprendida entre 4 y 15 metros de columna de agua, y la máxima presión dinámica es de 40 metros por columna de agua.

## **2.4. Bases de diseño**

A continuación en la tabla II, se detallan las bases de diseño:

Tabla II. **Bases de diseño**

<b>DISEÑO AGUA POTABLE XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, ESCUINTLA</b>		
Fuente de Agua		Pozo Mecanico
Poblacion Actual	1 320,00	Habitantes
Viviendas Actual	220,00	Viviendas
Densidad de Poblacion	6,00	Habitantes por Vivienda
Tasa de Crecimiento Anual	3,50%	
Periodo de Diseño	20,00	Años
Poblacion Futura	2 627,00	Habitantes
Viviendas Futuras	438,00	Viviendas
Dotacion	200,00	Lts/hab/dia
Factor de dia máximo	1,50	
Factor de hora máximo	2,00	
Caudal Medio	6,08	Lts/seg
Caudal de Dia máximo	9,12	Lts/seg
Caudal de Hora máximo	12,16	Lts/seg
Porcentaje de Almacenamiento	25,00%	
Almacenamiento Diario	131,35	m3
Tanque Metálico Elevado	100,00	m3
Número de veces a llenar durante el día	1,3	Vez

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Cálculo de caudales

TABLA DE CÁLCULO DE CAUDALES							
PDC	Viv Act	Hab Act	Viv Fut	Hab Fut	Dotacion (l/viv/día)	Longitud (m)	Caudal Promedio $\bar{Q}$
1	1	6	2	12	200	20,960	0,028
2	11	66	22	131	200	57,380	0,304
3	4	24	8	48	200	46,430	0,111
4	2	12	4	24	200	35,370	0,055
5	5	30	10	60	200	36,860	0,138
6	2	12	4	24	200	39,960	0,055
7	2	12	4	24	200	37,590	0,055
8	5	30	10	60	200	67,960	0,138
9	3	18	6	36	200	71,220	0,083
10	2	12	4	24	200	66,330	0,055
11	9	54	18	107	200	165,430	0,249
12	3	18	6	36	200	37,400	0,083
13	2	12	4	24	200	35,830	0,055
14	2	12	4	24	200	58,010	0,055
15	4	24	8	48	200	77,260	0,111
16	4	24	8	48	200	71,400	0,111
17	2	12	4	24	200	45,790	0,055
18	2	12	4	24	200	46,680	0,055
19	3	18	6	36	200	107,800	0,083
20	1	6	2	12	200	7,180	0,028
21	4	24	8	48	200	66,650	0,111
22	3	18	6	36	200	66,790	0,083
23	2	12	4	24	200	22,940	0,055
24	1	6	2	12	200	21,940	0,028
25	3	18	6	36	200	46,420	0,083
26	11	66	22	131	200	210,880	0,304
27	10	60	20	119	200	61,850	0,276
28	1	6	2	12	200	76,150	0,028
29	9	54	18	107	200	185,990	0,249
30	2	12	4	24	200	97,160	0,055
31	3	18	6	36	200	50,270	0,083
32	1	6	2	12	200	54,230	0,028
33	6	36	12	72	200	84,010	0,166
34	3	18	6	36	200	47,720	0,083
35	7	42	14	84	200	54,320	0,193
36	10	60	20	119	200	88,900	0,276
37	18	108	36	215	200	186,000	0,498
38	6	36	12	72	200	68,150	0,166
39	2	12	4	24	200	67,450	0,055
40	4	24	8	48	200	31,870	0,111
41	3	18	6	36	200	75,510	0,083
42	2	12	4	24	200	39,420	0,055
43	7	42	14	84	200	70,340	0,193
44	3	18	6	36	200	98,000	0,083
45	6	36	12	72	200	87,600	0,166
46	8	48	16	96	200	90,150	0,221
47	8	48	16	96	200	83,400	0,221
48	4	24	8	48	200	84,400	0,111
49	1	6	2	12	200	10,000	0,028
50	3	18	6	36	200	59,900	0,083
	<b>220</b>	<b>1320</b>	<b>438</b>	<b>2627</b>			<b>6,08102</b>

Fuente: elaboración propia.

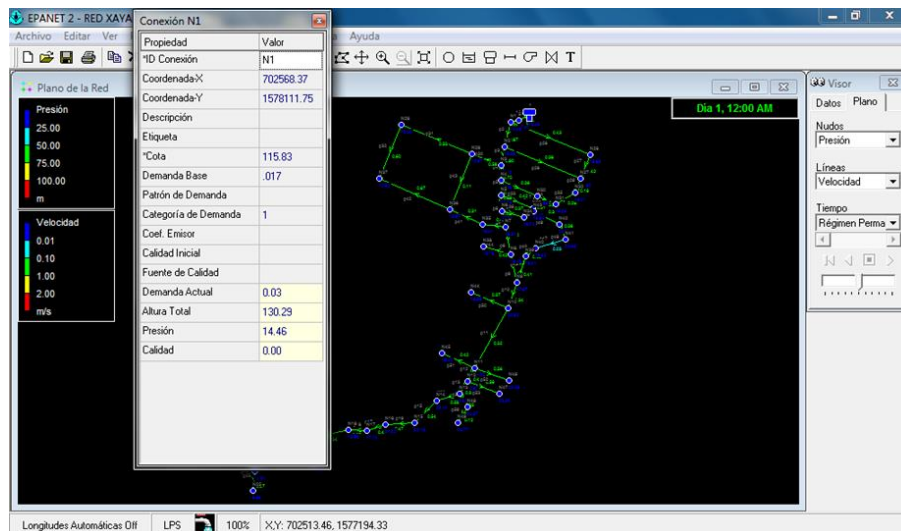
### 2.4.1. Cálculo de diseño hidráulico

El cálculo del diseño hidráulico se realizó mediante el programa de computadora EPANET, el software de modelación hidráulica, versión 2.0. El programa trabaja mediante la simulación de las características hidráulicas de una red de distribución cerrada.

EPANET es un programa de ordenador para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. Aunque en general puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión.

La versión original del programa fue desarrollada en inglés por la EPA y ha sido traducida al español por varias instituciones. En España y Latinoamérica una de las de mayor difusión es la desarrollada por la Universidad Politécnica de Valencia.

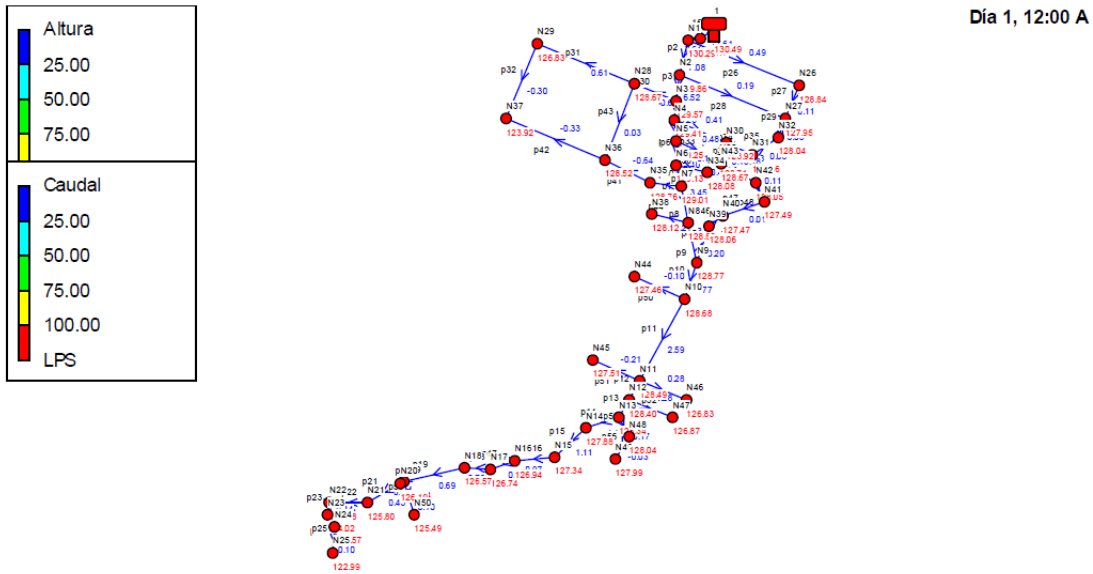
Figura 11. Introducción de datos del proyecto a programa EPANET



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Red altura de terreno y consumos por tramo

### DISEÑO AGUA POTABLE ALDEA XAYA



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Introducción de datos de tramos de tubería

```

Página 1                                     11/05/2019 12:11:25 p.m.
*****
*                                     E P A N E T                                     *
*                                     Análisis Hidráulico y de Calidad                               *
*                                     de Redes Hidráulicas a Presión                               *
*                                     Versión 2.0 Ve                                           *
*                                                                                             *
*                                     Traducido por:                                           *
*                                     Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos           *
*                                     Universidad Politécnica de Valencia                       *
*                                                                                             *
*****

```

Archivo de Entrada: RED XAYA11.NET

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Introducción de datos de tramos de tubería 2**

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
p1	51	N1	21.25	105.52
p2	N1	N2	62.6	105.52
p3	N2	N3	46.43	105.52
p4	N3	N4	35.37	105.52
p5	N4	N5	36.86	105.52
p6	N5	N6	39.96	105.52
p7	N6	N7	37.59	105.52
p8	N7	N8	67.96	105.52
p9	N8	N9	71.22	105.52
p10	N9	N10	66.33	82.04
p11	N10	N11	165.4	82.04
p12	N11	N12	37.4	67.45
p13	N12	N13	35.39	67.45
p14	N13	N14	58.01	55.71
p15	N14	N15	77.26	55.71
p16	N15	N16	71.4	55.71
p17	N16	N17	46.25	55.71
p18	N17	N18	46.22	55.71
p19	N18	N19	107.9	55.71
p20	N19	N20	7.176	44.56
p21	N20	N21	66.65	38.92
p22	N21	N22	66.79	38.92
p23	N22	N23	22.94	30.36
p24	N23	N24	21.94	30.36
p25	N24	N25	46.42	30.36
p27	N26	N27	61.85	30.36
p34	N31	N30	50.27	30.36
p49	N43	N42	70.35	30.36
p48	N42	N41	39.42	30.36
p47	N41	N40	75.51	30.36
p46	N40	N39	31.87	30.36
p42	N37	N36	186	30.36
p43	N28	N36	144.8	30.36

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Introducción de datos de tramos de tubería 3**



Página 2

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
p41	N36	N35	88.91	30.36
p40	N35	N7	54.32	30.36
p50	N44	N10	98.01	30.36
p56	N49	N48	46.26	30.36
p54	N48	N13	36.75	30.36
p55	N50	N19	59.9	30.36
p35	N31	N32	54.23	30.36
p26	N1	N26	210.8	44.56
p28	N2	N27	201.22	30.36
p29	N32	N27	36	30.36
p33	N4	N30	97.16	30.36
p37	N33	N30	31.95	30.36
p36	N5	N33	84.01	30.36
p38	N33	N43	5.7	30.36
p45	N9	N39	67.45	30.36
p30	N3	N28	76.15	55.71
p31	N28	N29	186	44.56
p32	N37	N29	140.9	30.36
p53	N12	N47	83.4	30.36
p44	N8	N38	68.15	30.36
p51	N45	N11	87.6	30.36
p52	N11	N46	90.16	30.36
p57	51	1	3	105.52
p39	N6	N34	83.72	30.36

Fuente: elaboración propia.

Referencias:

- ID línea = Tubería número
- Nudo inicial = Nodo inicial
- Nudo final = Nodo final
- Longitud <M> = Longitud (m)



Diámetro <MM> = Diámetro (milímetros)

#### 2.4.1.1. Resultados del programa EPANET

A continuación se muestran en las figuras de la 11 a la 15, los resultados del programa EPANET.

Figura 16. Resultados de tuberías velocidades y diámetros

Resultados de Nudo:

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
51	0.00	130.44	15.44
N1	0.04	130.11	14.28
N2	0.42	129.26	14.78
N3	0.15	128.71	14.24
N4	0.08	128.38	15.32
N5	0.19	128.11	15.44
N6	0.08	127.90	15.29
N7	0.08	127.72	15.62
N8	0.19	127.43	14.98
N9	1.10	127.18	16.38
N10	0.08	126.81	18.95
N11	0.11	126.06	19.31
N12	0.11	125.79	20.26
N13	0.08	125.60	21.03
N14	0.08	125.09	20.35
N15	0.15	124.46	19.28
N16	0.15	123.98	18.06

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Resultados de tuberías velocidades y diámetros 2

↑
 Página 3  
 Resultados de Nudo: (continuación)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
N17	0.08	123.73	14.73
N18	0.08	123.50	12.89
N19	0.11	123.03	12.65
N20	0.04	123.00	12.58
N21	0.15	122.40	11.40
N22	0.11	122.04	10.59
N23	0.08	121.79	9.30
N24	0.02	121.64	8.88
N25	0.24	121.37	7.24
N26	0.23	128.44	18.49
N27	0.23	126.72	16.67
N32	0.04	125.24	16.41
N31	0.24	123.20	12.97
N30	0.88	122.30	10.06
N33	0.23	121.59	9.81
N43	1.65	120.91	9.18
N42	0.08	121.51	14.17
N41	0.11	122.00	15.47
N40	0.15	123.51	12.49
N39	0.08	124.54	12.49
N29	0.34	126.78	10.38
N37	0.82	124.09	11.09
N36	0.38	126.07	13.22
N28	0.04	128.26	12.50
N35	0.13	126.83	14.48
N38	0.30	126.85	13.91
N44	0.30	125.97	15.37
N45	0.30	125.30	17.21
N46	0.30	125.28	20.53
N47	0.30	125.07	21.50
N49	0.30	124.89	21.67
N48	0.00	125.29	21.82
N50	0.30	122.52	10.33
N34	0.30	127.17	15.83
1	-12.05	130.49	15.49

Fuente: elaboración propia.

Referencias:

ID línea.	=	Tubería número
Caudal <LPS>	=	Caudal medio hora (l/s)
Velocidad <MPS>	=	Velocidad (m/s)
Pérd unit <M/KM>	=	Pérdida de presión (metros columna de agua/km)

Figura 18. **Resultados de nudo, presión metros columna de agua**

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
p1	12.05	1.38	15.78	Abierto
p2	11.19	1.28	13.55	Abierto
p3	10.39	1.19	11.90	Abierto
p4	8.97	1.03	9.16	Abierto
p5	7.95	0.91	7.37	Abierto
p6	6.70	0.77	5.42	Abierto

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Resultados de nudo, presión metros columna de agua 1

↑  
 Página 4  
 Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
p7	6.32	0.72	4.81	Abierto
p8	5.81	0.66	4.14	Abierto
p9	5.32	0.61	3.53	Abierto
p10	3.50	0.66	5.58	Abierto
p11	3.12	0.59	4.55	Abierto
p12	2.40	0.67	7.29	Abierto
p13	1.98	0.55	5.19	Abierto
p14	1.60	0.66	8.86	Abierto
p15	1.52	0.62	8.12	Abierto
p16	1.37	0.56	6.75	Abierto
p17	1.22	0.50	5.49	Abierto
p18	1.14	0.47	4.89	Abierto
p19	1.06	0.44	4.33	Abierto
p20	0.65	0.41	5.22	Abierto
p21	0.61	0.51	8.95	Abierto
p22	0.46	0.38	5.43	Abierto
p23	0.34	0.47	10.69	Abierto
p24	0.27	0.37	6.88	Abierto
p25	0.24	0.33	5.84	Abierto
p27	0.59	0.82	27.76	Abierto
p34	0.46	0.64	17.92	Abierto
p49	-0.30	0.41	8.47	Abierto
p48	-0.38	0.52	12.60	Abierto
p47	-0.49	0.68	20.02	Abierto
p46	-0.64	0.89	32.13	Abierto
p42	-0.34	0.47	10.62	Abierto
p43	0.42	0.58	15.12	Abierto
p41	-0.30	0.42	8.65	Abierto
p40	-0.44	0.60	16.22	Abierto
p50	-0.30	0.42	8.64	Abierto
p56	-0.30	0.42	8.64	Abierto
p54	-0.30	0.42	8.64	Abierto
p55	-0.30	0.42	8.64	Abierto
p35	-0.70	0.97	37.60	Abierto
p26	0.82	0.53	7.93	Abierto
p28	0.38	0.52	12.62	Abierto
p29	-0.74	1.02	41.20	Abierto

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Resultados de nudo, presión metros columna de agua 3**

p33	0.94	1.30	62.65	Abierto
p37	-0.52	0.72	22.09	Abierto
p36	1.06	1.46	77.62	Abierto
p38	1.35	1.86	119.64	Abierto
p45	0.72	0.99	39.21	Abierto
p30	1.28	0.52	5.95	Abierto
p31	0.82	0.53	7.91	Abierto
p32	-0.48	0.66	19.12	Abierto
p53	0.30	0.42	8.64	Abierto
p44	0.30	0.42	8.64	Abierto



Página 5

Resultados de Línea: (continuación)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Estado
p51	-0.30	0.42	8.64	Abierto
p52	0.30	0.42	8.64	Abierto
p57	-12.05	1.38	15.32	Abierto
p39	0.30	0.42	8.64	Abierto

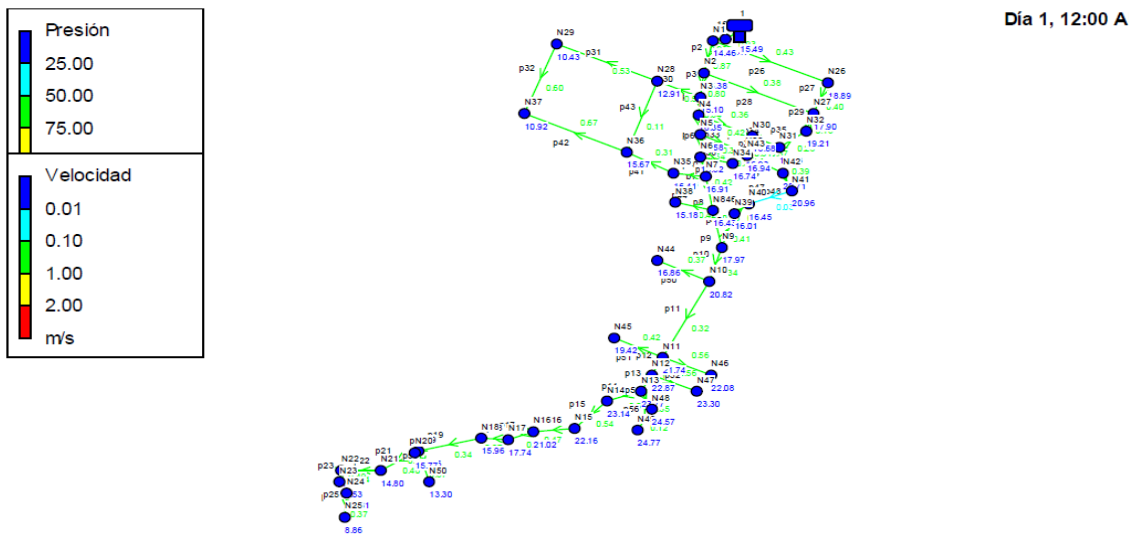
Fuente: elaboración propia.

Referencias:

ID.Nodo	=	Número de nodo
Demanda <LPS>	=	Caudal medio hora (l/s)
Altura <M>	=	Elevación del nodo
Presión <M>	=	Presión en metros columna de agua

Figura 21. Red presión y velocidad

### DISEÑO AGUA POTABLE ALDEA XAYA



Fuente: Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa. *Diseño de agua potable.*

#### 2.4.2. Tanque de almacenamiento

En todo sistema, incluyendo aquéllos con abastecimiento por gravedad durante las 24 horas del día, debe diseñarse un tanque como mínimo para el almacenamiento del agua.

- Se diseñó un tanque elevado de metal, con las siguientes funciones:
  - Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución
  - Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias
  - Regulares presiones en la red de distribución

- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios

Se podría suprimir el tanque de almacenamiento, sólo cuando la fuente asegure un caudal superior a 3 veces el consumo medio diario de la población, en toda época del año. En cuanto a la estructura que se va a utilizar, dependerá de varios factores:

- Cuando hay niveles topográficos aprovechables en las cercanías de la localidad, que permiten obtener presiones aceptables con diámetros económicos, se emplearán tanques de concreto armado sobre el terreno o semienterrados (se prefieren los primeros por el poco mantenimiento que requieren durante su vida útil). Cuando las condiciones topográficas del terreno así lo requieran, se utilizarán tanques elevados, ya sea de concreto armado, pretensado, postensado o de metal.
- Los tanques de almacenamiento normalmente son abastecidos por bombeo, en el que se tendrá en cuenta el período de bombeo, período de diseño y las variaciones horarias en el consumo; además, se deberán tomar en cuenta aspectos como: el nivel mínimo del agua en el tanque que sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.

Además, deberá proveerse de un paso directo que permita mantener el servicio, mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque (*by-pass*). Todos los tanques deberán tener los siguientes dispositivos:

- Cubierta hermética que impida la penetración del exterior de agua de lluvia, polvo, aves, entre otros, con su respectiva escotilla de visita para inspección y limpieza.

- Tubo de ventilación, que saque el aire durante el llenado, en diámetro no menor de 2", con abertura exterior hacia abajo y provista de rejilla, que impida la entrada de insectos.
- Válvula de flote y cierre automático, cuando el depósito se ha llenado (si lo cree necesario el diseñador).
- Tubería de entrada al tanque que estará situada cerca del acceso para facilitar el aforo en cualquier momento.
- Diámetro mínimo de la tubería de rebalse, que será igual al de la tubería de entrada al tanque.
- Escaleras interiores y exteriores, en caso de que las dimensiones excedan 1,20.
- Un tubo de desagüe con un mínimo de 4" con su correspondiente llave de paso.

### **2.4.3. Determinación de volumen**

Para la determinación de volumen se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- El volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará del 25 % al 35 % del consumo medio diario y por bombeo de 35 % al 50 %.
- Para poblaciones menores de 1 000 habitantes, el 35 % del consumo medio diario de la población, en este no se consideran para eventualidades.
- Para poblaciones entre 1 000 y 5 000 habitantes, el 35 % del consumo medio diario, más un 10 % para eventualidades.
- Poblaciones mayores de 5 000 habitantes, el 40 % del consumo medio diario, más un 10 % para eventualidades.



- En el caso de sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser la del 35 % al 50 % de un día de consumo medio, salvo en los casos en que se necesite proveer una capacidad adicional para contingencias o incendios.

#### 2.4.4. Diseño del tanque de distribución (tanque elevado)

Como la topografía del lugar es plana y no existe una elevación natural, se propone construir un tanque elevado de almacenamiento o distribución. Este tendrá como principales objetivos suministrar agua a la población durante todo el día, no importando las variaciones de consumo que se tengan y la de tener agua en reserva por cualquier suspensión del agua de la fuente, por lo que es muy importante para el funcionamiento del diseño del proyecto.

El volumen del tanque de distribución o almacenamiento en metros cúbicos, es el siguiente:

$$V = 0,25 \left( \frac{Fdm \times Pf \times Dot}{86\ 400} \right)$$

$$V = 0,25 \left( \frac{1,5 \times 2\ 627 \times 200}{86\ 400} \right) \times \left( \frac{86\ 400}{1\ 000} \right) = 131,35\ m^3$$

Se propone un tanque de 100 m<sup>3</sup>.

El tanque será de forma cilíndrica, por trabajar de mejor forma, apoyándose del terreno por medio de una torre de soporte de una altura previamente establecida, la cual descansará a la vez en sus cimientos.

La cubierta del tanque: su función es cubrir el tanque de la intemperie, en esta se encuentra el acceso al interior del tanque y tiene además, un área de ventilación. Para este caso se diseñará una cubierta cónica que tendrá una altura de 0,75 metros de alto.

Cuerpo del tanque: las paredes del cilindro y el fondo soportarán la presión ejercida por el agua y se construirá utilizando lámina negra Norma ASTM A-36.

#### **2.4.5. Memoria cálculo estructural**

Se deben tomar en cuenta para el cálculo estructural, el peso del tanque, la fuerza sísmica, ubicación, centro de gravedad, entre otros.

##### **2.4.5.1. Diseño de la estructura portante**

El aspecto a considerar y que es de importancia en el diseño estructural portante es la inclusión de las cargas sísmicas, la mayor parte del peso del tanque está ubicado en la cuba, se considera que la fuerza sísmica actúa sobre el centro de gravedad. Las columnas se diseñan para soportar el peso de la cuba y los esfuerzos generados por la carga sísmica, recomendable que sea mayor del 20 % de las cargas verticales.

##### **2.4.5.2. Dimensiones del tanque elevado**

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

El volumen dado es de 100 metros cúbicos

Donde:

V = volumen

$\pi = 3,1416$

r = radio

h = altura

$$100 = 3,1416 * 2,25 * h$$

$$h = 100/15,9 = 6,30 \text{ m}$$

#### **2.4.5.2.1. Fondo del tanque**

El fondo tendrá como invertido para soportar mayores presiones, la altura del cono se dimensionará asumiendo una altura que se debe encontrar en el rango de:  $2 \text{ pies} \leq h_{\text{fondo}} \leq D_{\text{cuerpo}} / 4$ ,

$$h = \text{cono} = \text{se adopta de } 0,75$$

$$V_{\text{cono}} = \pi r^2 h / 3 = 3,1416 * 2,25 * 0,75 / 3 = 3,94 \text{ metros cúbicos.}$$

#### **2.4.5.3. Datos tanque elevado propuesto**

Datos proporcionados

$$\text{Volumen tanque (Vrequerido)} = 100,00 \text{ m}^3 \quad 3\,510,52 \quad \text{pie}^3$$

$$\text{Altura de torre (Htorre)} = 15,00 \text{ m} \quad 49,20 \text{ pie}$$

### Dimensionamiento del tanque

Diámetro Cuerpo ( $D_{\text{cuerpo}}$ )=	4,50	m
	14,76	pie
Constante C a utilizar =	1,40	
Altura Cuerpo ( $h_{\text{cuerpo}}$ ) =	6,30	m
	20,66	pie
Altura Techo ( $h_{\text{techo}}$ )=	0,75	m
	2,46	pie
Pendiente Techo ( $\beta$ ) =	18,43	$^{\circ}$
Srequerido anillo de coronamiento =	0,8714	pul <sup>3</sup>
Sección Propuesta =	L4X4X1/4	
$S_{x,y}$ =	1,0300	pul <sup>3</sup>
Altura Fondo ( $h_{\text{fondo}}$ )=	0,75	m
	2,46	pie
Radio del disco (d) =	2,37	m
	7,78	pie
$H_{\text{cm}}$ =	18,15	m
	59,53	pie

Volumen total; se obtiene sumando el volumen del cilindro y el fondo cónico se obtiene el volumen total de almacenamiento del tanque.

### Volumen De Agua En Tanque

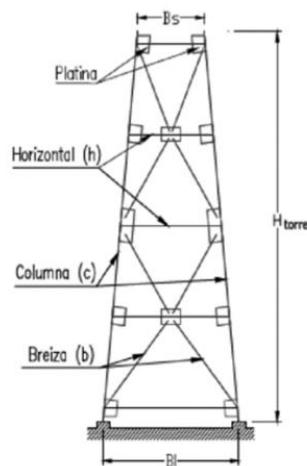
Volumen <sub>cuerpo</sub> =	99,431565	m <sup>3</sup>
Volumen <sub>fondo</sub> =	3,886718	m <sup>3</sup>
Volumen <sub>Nominal</sub> =	103,318283	m <sup>3</sup>
Volumen <sub>Nominal</sub> =	3 627,01	pie <sup>3</sup>

#### 2.4.5.4. Diseño del tanque

Por lo tanto el dimensionamiento del tanque si cumple con la demanda exigida por el volumen necesario del tanque de distribución, la cual es de  $100 \text{ m}^3$ .

Torre de soporte: los tanques elevados se apoyan sobre el terreno por medio de una torre, la cual está constituida generalmente por 4 columnas con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión (*breysas*).

Figura 22. Estructura portante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Cimentación del tanque: está constituida por zapatas aisladas cuadradas y reforzadas en ambos sentidos y un cimiento corrido. La columna metálica se colocará sobre un pedestal de concreto, el cual será apoyado a su vez sobre la zapata aislada.

De acuerdo a las condiciones locales, la cimentación se hallará sometida a la acción de las siguientes fuerzas:

- Peso propio de la estructura
- Peso del agua
- Fuerza de viento o de sismo

Diseño de las paredes del tanque: la carga ejercida sobre las paredes del tanque se puede definir por la fórmula que se describe a continuación:

$$T = P * r = \gamma * h * r$$

Donde:

T = carga ejercida sobre la pared

P = carga ejercida por el agua en kg/m

r = radio del tanque en metros

h = altura del tanque en metros

$\gamma$  = peso específico del agua 1 000 kg/m<sup>3</sup>

De esta fórmula se obtiene la carga ejercida en el cono inferior y el primer anillo que es donde actúa la mayor presión, la cual es igual a:

$$P = \gamma * h * r \quad P = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,20 \text{ m} * 2,425 \text{ m} = 12\,610 \text{ kg/m}$$

Tomando una franja unitaria de 1 metro en el perímetro del tanque:

$$P = 12\,610 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m} = 12\,610 \text{ kg}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma una resistencia de acero:

$$F_y = 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 2\,536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2\,536,37 = 1\,141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero ( $A_s$ ):

$$A_s = \frac{P}{F_s} = \frac{12\,610}{1\,141,37} = 11,05 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria de 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque.

$$\text{Área} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{A}{1 \text{ m}} = \frac{11,05}{100} = 0,11 \text{ cm, con lámina } 3/16'' (0,476 \text{ cm}), 0,11 < 0,476 \text{ cm}$$

Haciendo el mismo análisis para los siguientes anillos y la cubierta a un tercio de la altura del cuerpo del tanque.

$$P = \gamma * h * r$$

$$P = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,20/3 \text{ m} * 2,425 \text{ m} = 4\,203,33 \text{ kg/m,}$$

Tomando una franja unitaria de 1 metro en el perímetro del tanque:

$$P = 4\,203,33 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m} = 4\,203,33 \text{ kg}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma una resistencia de acero:

$$F_y = 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 2\,536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2\,536,37 = 1\,141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero ( $A_s$ ):

$$A_s = \frac{P}{F_s} = \frac{4\,203,33}{1\,141,37} = 3,68 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria de 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque.

$$\text{Área} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{A}{1 \text{ m}} = \frac{3,68}{100} = 0,368 \text{ cm}$$

con lámina 3/16" (0,476 cm),  $0,368 < 0,476 \text{ cm}$

Por análisis se toman los espesores mínimos de lámina negra Norma Ha36 de 3/16 de pulgada, en el cono inferior y el primer anillo, los anillos superiores y la cubierta se propone un espesor de 3/16 de pulgada.

Diseño de la torre de soporte

Las cargas ejercidas sobre las torres de soporte serán las siguientes:



$$P_w = [(\pi * r^2 * H) * 1\,000] + \left[ \left( \pi * r^2 * \frac{h}{3} \right) * 1\,000 \right]$$

Donde

r = radio del tanque en metros

H = altura del tanque en metros

h = altura del cono en metros

$\gamma$  = peso específico del agua 1 000 kg/m<sup>3</sup>

$$P_w = [(\pi * 2\,425^2 * 5,2) * 1\,000] + \left[ \left( \pi * 2\,425^2 * \frac{1}{3} \right) * 1\,000 \right]$$

$$P_w = 102\,225,72 \text{ kg}$$

La carga para soldadura (f) se encuentra en función del peso total del agua dividido entre el perímetro del cilindro dando un valor de:

$$f = \frac{P_w}{2 * \pi * r} = \frac{102\,225,72}{2 * \pi * 2,425} = 70\,247,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$f = 374,91 \text{ lb/plg}^2$$

Según la AISC, este valor comparado con la resistencia aproximada que resiste la soldadura (2 000 lb/pulg<sup>2</sup>), se encuentra dentro de los límites aceptables del diseño de soldaduras.

Cálculo del peso del acero

$$A_c = \pi * \emptyset * h$$

$$A_s = \pi * r * (r^2 + h^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$A_i = \pi * r * (r^2 + h_i^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Peso}_{\text{acero}} = (A_c + A_s + A_i) * t * PE$$

Donde:

Peso específico del acero P. E. = 490 lb/pie<sup>3</sup> = 7 800 kg/m<sup>3</sup>

t = espesor lámina de acero = 0,00635 metros (1/4 plg)

Pi = constante para el cálculo del área de un círculo

∅ = diámetro del cilindro en metros

h = altura del cilindro en metros

A<sub>c</sub> = área del cilindro en metros cuadrados

A<sub>s</sub> = área del cono superior en metros cuadrados

A<sub>i</sub> = área del cono inferior en metros cuadrados

h<sub>s</sub> = altura del cono superior en metros

h<sub>i</sub> = altura del cono inferior en metros

r = radio del cilindro y de los conos en metros

$$A_c = \pi * 5,2 * 4,85 = 79,23 \text{ m}^2$$

$$A_s = \pi * 2,425 * (2,425^2 + 0,6^2)^{\frac{1}{2}} = 19,03 \text{ m}^2$$

$$A_i = \pi * 2,425 * (2,425^2 + 1^2)^{\frac{1}{2}} = 19,98 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso}_{\text{acero}} = (79,23 + 19,03 + 19,98) * 0,0635 * 7 800 = 5 856,43 \text{ kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{total}} = \text{peso agua} + \text{peso del acero kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{total}} = 102 225,72 + 5 856,43 = 108 082,15 \text{ kg}$$

Se usará 110 000 kg.

Carga para cada columna

Carga exacta por columna = 27 500 kg o 27,5 toneladas; por estar las columnas inclinadas, este valor estará en función de una carga resultante. Esta se calcula encontrando el ángulo de inclinación de las columnas de la torre.

$$\beta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{2,275}{15,0}\right) = 8,62^\circ$$

El valor de la carga queda

$$Cr = \frac{T}{\cos \beta} = \frac{27,5 \text{ ton}}{\cos 8,62^\circ} = 27,81 \text{ ton}$$

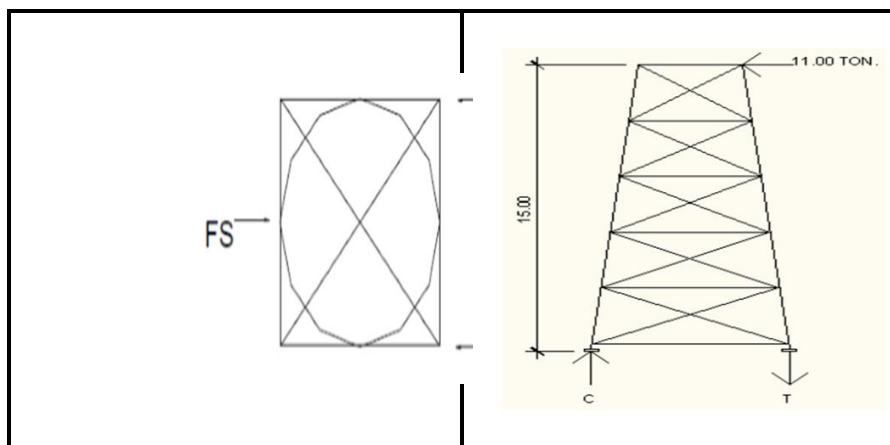
Cálculo fuerza de sismo

Se tomará un valor del 20 % de la carga total, aplicable sobre el tanque en dos sentidos.

$$Fs = 0,20 * 110 \text{ ton} = 22 \text{ ton}$$

$$Fs = 2P, P = 11 \text{ ton}$$

Figura 23. **Fuerzas de sismo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Cálculo momento de sismo (MS)

$$MS = \text{Carga } P * \text{Altura del tanque}$$

Sumatoria de momentos en el punto C será igual a cero y positivos en el sentido de las agujas del reloj.

$$MS = 11 \text{ ton} * 15,00 \text{ m} = 165 \text{ ton} - \text{m}$$

$$\Sigma MC = 0 + \uparrow$$

$$Fs * (H - T) * L$$

$$11 \text{ Ton} * (15,00 \text{ m}) - T * (8,77 \text{ m}) = 0$$

$$T = 18,81 \text{ ton}$$

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma M Fy C = 0 + \uparrow$$

$$Cr + T = FyC$$

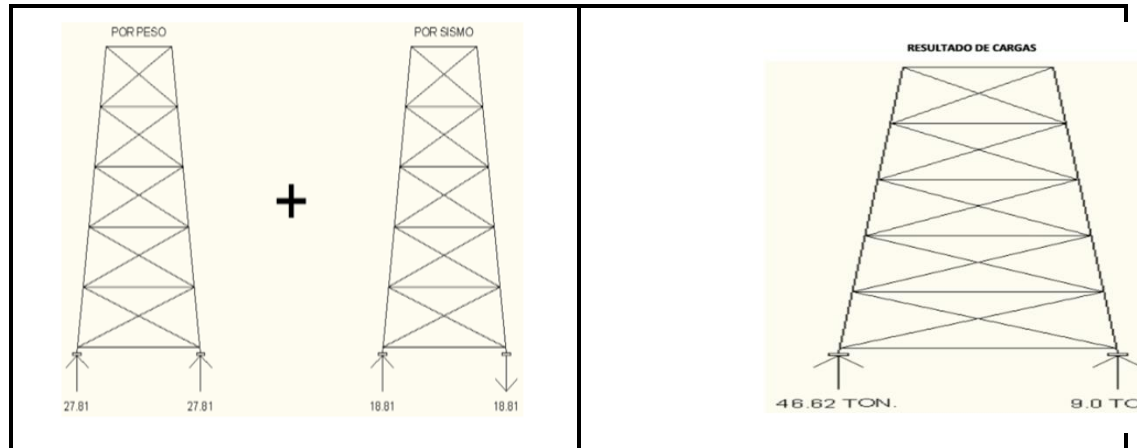
$$27,81 + 18,81 = 46,62 \text{ ton}$$

$$\Sigma M Fy T = 0 + \uparrow$$

$$Cr - T = FyT$$

$$27,81 - 18,81 = 9 \text{ ton}$$

Figura 24. Sumatoria de cargas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El uso de columnas de tubo redondo presenta las siguientes ventajas: la excelente resistencia a la torsión, misma rigidez en todas direcciones y costo; por lo que hace a la sección la más usada en este tipo de estructuras.

El manual de AISC contiene las dimensiones de estas secciones y las clasifica en estándar, extra fuerte y doble extra fuerte. Definida la carga de diseño y la longitud, se diseña la columna, según el siguiente orden:

- Paso 1: suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del manual AISC.
- Paso 2: calcular la relación de esbeltez  $KL/r$ ; siendo  $L$  la longitud de la columna. Para el valor de  $K$  se supone un valor igual a uno.
- Paso 3: calcular  $F_a$ , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.

- Paso 4: multiplicar el  $F_a$  encontrado en el paso 3, por el área de la sección transversal; este producto dará las cargas permisibles sobre la sección de la columna.
- Paso 5: comparar la carga permisible encontrada en el paso 4, con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es menor que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.

#### Paso 1

Datos: tubo redondo de 8 plg, cédula 40.

Carga de diseño = 46,62 ton = 102,75 Kips

Área = 8 399 plg<sup>2</sup>

Radio de giro = 2,94 plg

Longitud = 2,87 m = 112,99 plg

#### Paso 2

Calculando relación de esbeltez  $Kl./r$ , donde  $K= 1$

$$\text{Esbeltez} = 1 * \frac{112,99}{2,94} = 38,43 \cong 39$$

#### Paso 3

Según el manual de AISC, de acuerdo con el valor de relación de esbeltez se obtiene un valor de:

$$F_a = 19\,272,43 \text{ lbs/plg}^2$$

Calculando la carga permisible P, se obtiene:

$$P = Fa * \text{Área}$$
$$P = 19,27 \text{ Kips} / \text{plg}^2 * 8,399 \text{ plg}^2 = 162 \text{ Kips}$$

Pasos 4 y 5.

Comparación de cargas:

162 Kips > 102,75 Kips; si chequea, se usarán columnas de sección circular de 8 plg, cédula 40.

- Diseño de tensores

Para el cálculo de la sección de la pieza que se va a utilizar a tensión, como no existe peligro de pandeo, se divide la carga entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero, lo que da el área neta necesaria de la sección transversal ( $A_{req} = t / FS$ ), de aquí la selección de la sección que tenga dicha área.

El tipo de pieza a usar puede depender más del tipo de su conexión en el extremo que de cualquier otro factor, pudiéndose utilizar cualquier tipo de perfil.

Para el diseño de los tensores se seleccionó un perfil L, con las siguientes propiedades de diseño del manual AISC:

- Datos generales para el diseño:
- Carga de diseño (P) = 11 toneladas
- Dimensiones = 4 \* 4 plg

- Espesor = 3/4 plg
- Área = 5,44 plg<sup>2</sup> = 35,10 cm<sup>2</sup>
- Peso por pie lineal = 38,65 lb
- Radio de giro en X y Y = 1,27 plg
- Fs = esfuerzo de trabajo a tensión = 1,14136 ton/cm<sup>2</sup>

Solución:

$$T = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{11}{\cos 74^\circ} = 39,9 \text{ ton}$$

$$\text{Área} = \frac{T}{F_s} = \frac{39,9}{1,14136} = 34,96 \text{ cm}^2$$

Comparando los valores de las áreas: 35,10 > 34,96 cm<sup>2</sup>

Se propone utilizar tensores de perfil L de 4" x 4" de espesor 3/16", para todas las piezas inclinadas, ya que se calculó con la carga más crítica, para obtener un promedio.

- Diseño de pieza horizontal

La función de este elemento al igual que los tensores es contrarrestar la acción de la fuerza sísmica. Se seleccionará una pieza la cual será analizada por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos.

Para el diseño de este elemento se deberán seguir los pasos que a continuación se indican:



- Paso 1: suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del Manual AISC.
- Paso 2: calcular la relación de esbeltez  $KL/r$ ; siendo L la longitud del elemento. Para el valor de K se supone un valor igual a uno.
- Paso 3: calcular  $F_a$ , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.
- Paso 4: multiplicar el  $F_a$  encontrado en el paso 3, por el área de la sección transversal; este producto dará la carga permisible sobre la sección del elemento.
- Paso 5: comparar la carga permisible encontrada en el paso 4, con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es menos que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.
- Paso 6: aplicar la fórmula de combinación de esfuerzos axiales para un valor máximo o igual a uno; de lo contrario probar una sección mayor y volver a aplicar la fórmula:

Paso 1

Datos para el diseño:

Tubo redondo de 6 plg, cédula 40

Carga de diseño = 11 ton = 24,24 Kips

Área = 5,58 plg<sup>2</sup>

Carga puntual (peso aproximado de una persona) = 200 lb

Peso por pie lineal = 20 lb

Radio de giro = 2,25 plg

Centroide diámetro externo = 3,3125 plg

Longitud (1er. arriostre) = 8,77 m = 345,27 plg

Momento de inercia  $I = 28,14 \text{ plg}$

$F_b = \text{esfuerzo de trabajo a flexión} = 0,5 * F_y \text{ según AISC}$

$$F_b = 0,5 * 36\,000 \text{ lb/plg}^2 = 18\,000 \text{ lb/plg}^2$$

$$F_a = 6\,200 \text{ lb/plg}^2$$

Paso 2

Solución:

Calculando relación de esbeltez

$Kl / r$ , donde  $K = 1$

$$\text{Relación de esbeltez} = 153,46$$

Paso 3

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 153,46 se tiene un:

$$F_a = 6,22 \text{ Kips} = 6\,200 \text{ lb/ plg}^2$$

Paso 4

Calculando la carga permisible  $P$ , se obtiene;

$$P = F_a * \text{área} = 6,22 \text{ Kips / plg}^2 * 5,581 \text{ plg}^2 = 34,71 \text{ Kips}$$

Paso 5

Comparación de cargas:

34,71 Kips > 24,24 Kips chequean por compresión

Paso 6

Momento actuante

*Momento actuante = M carga puntual + M carga distribuida*

$$M_a = \frac{p * l}{4} + \frac{w * l^2}{8}$$

$$M_a = \frac{200 * 28,77}{4} + \frac{20 * 28,77^2}{8} = 3\,507,78 \text{ lb} - \text{pie} = 3,51 \text{ kips} - \text{pie}$$

$$M_a = 42,12 \text{ kips} - \text{pul}$$

Fórmula de esfuerzos combinados

$$-\frac{\frac{P}{A}}{F_a} \pm \frac{\frac{M_a * C}{I}}{F_b} \leq 1$$

Donde:

P = carga de diseño o de sismo

A = área de la sección

F<sub>a</sub> = esfuerzo unitario permisible

M = momento actuante

C = distancia del centroide a la fibra más extrema o radio externo

I = momento de inercia

F<sub>b</sub> = esfuerzo de trabajo en flexión

$$-\frac{\frac{24,24}{5,58}}{6,22} \pm \frac{\frac{42,12 * 3,3125}{28,14}}{18,0} \leq 1$$
$$-0,98 \leq 1$$

$$- 0,42 \leq 1$$

Se puede utilizar tubo de 6 pulgadas de diámetro para todas las piezas horizontales, ya que se calculó con la carga más crítica, para obtener un promedio.

#### Información para soldadura y colocación de pernos

La soldadura resiste aproximadamente 2 000 lb/plg, para calcular la longitud de soldadura de un miembro, se debe relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud total del mismo disponible para soldadura.

La resistencia del acero en corte es de 10 000 lb/plg<sup>2</sup> aproximadamente; para calcular la cantidad de pernos de determinado diámetro en una unión, los cálculos se reducen a la simple división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en cortante. Se propondrá un detalle de unión para tensores, usando la carga más crítica:

Carga Crítica T = 32 ton

Carga actuante T = 32 ton = 70,53 Kips

$$T = \frac{\rho}{\cos \theta} = \frac{11}{\cos 70^\circ} = 32,16 \text{ kg}$$

Carga Crítica T = 32,16 ton = 70,88 kips

Resistencia de soldadura Rs = 2 000 lb/plg = 2 kips /plg

Longitud de soldadura = L

$$L = \frac{T}{R_s} = \frac{70,88}{2,0} = 35,44\text{pul}$$

Dimensiones de pernos

A = área neta necesaria

F<sub>c</sub> = esfuerzo de corte = 10 000 lb/plg<sup>2</sup> = 10 kips/plg<sup>2</sup>

$$L = \frac{T}{F_c} = \frac{70,88}{10,0} = 7,088\text{pul}^2$$

Según tablas del manual AISC, un perno de 1½ pulgada le corresponde un área de 1,77 plg<sup>2</sup>; por lo tanto se utilizarán 4 pernos en cada unión para cubrir un área de acero de 7 088 plg<sup>2</sup>.

- Diseño de la placa de base para las columnas

Es necesario que la base de la columna y la placa estén en contacto total, para prevenir la falla por punzonamiento en el concreto. Por soldadura se deberá fijar la columna a la placa y éstas a su vez se fijan a la cimentación, utilizando tornillos de anclaje.

La carga de la columna está dividida por el área de la placa base, entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto, que puede ser de 0,25 f'c, estando toda el área cubierta por la placa, e igual a 0,375 f'c, cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto.

Normalmente en el concreto con f'c = 4 000 lb/plg<sup>2</sup> (281 kg/cm<sup>2</sup>), el esfuerzo permisible (F<sub>p</sub>), puede ser de concreto de 1 000 o 1 500 lb/plg<sup>2</sup>, según sea el área a cubrir de la placa. El espesor de la placa se analizará como un voladizo invertido, cuyo momento máximo se ubica en el borde de la columna.

Para determinar la sección y espesor de la placa base, se encuentra como se indica:

Paso 1

Determinar

Pt = carga total de la columna en libras

Fp = esfuerzo permisible de compresión en el pedestal de concreto en lb/plg<sup>2</sup>.

Se usará Fp como 0,25 f'c

A req = área requerida de la placa en plg<sup>2</sup>

Carga total = peso del tanque lleno + peso total de la torre de soporte

El manual AISC contiene los pesos por pie lineal para cada uno de los elementos usados para la construcción de la torre.

Solución:

Peso total columna = longitud total \* peso por pie líneal

Peso total de columnas = 205 pies \* 28,55 lb / pie = 5 852,75 lb

Peso total pieza horizontal = 380 \* 20,00 lb / pie = 7 600 lb

Peso total de tensores = 725 \* 12,80 lb / pie = 9 280 lb

Peso total de la torre de soporte =  $W_{\text{total columna}} + W_{\text{total piezas horizontal}} + W_{\text{total tensores}}$

Peso total de la torre de soporte = 5 852,75 lb + 7 600 lb + 9 280 lb

Peso total de la torre de soporte = 22 732,75 lb = 22,7 Kips

Carga total (Pt) =  $W_{\text{tanque lleno}}$  (carga resultante (C.R.)) + Carga total de la torre de soporte.

$$Pt = 61,29 + (5,675) = 66,965 \text{ kips} = 66\,965,0 \text{ lb}$$

Esfuerzo permisible del concreto:

$$F_p = 0,25 * 4\ 000\ \text{lb/plg}^2 = 1\ 000\ \text{lb/plg}^2$$

Área requerida de la placa:

Sustituir:

$$A_{req} = \frac{P_t}{F_p} = \frac{66\ 965\ \text{lb}}{1\ 000\ \text{lb}^2}$$

Como el tubo es de 8 plg y un lado de 8,18 plg. Entonces el espacio es muy reducido para la colocación de los tornillos de anclaje, por lo que se usará una placa de 12 plg.

Paso 2

Determinar el espesor requerido de la placa, como se indica a continuación:

$$t = \sqrt{\frac{3 * p * m^2}{F_b}}$$

Donde:

t = espesor de la placa en plg.

P = presión real sobre el pedestal de concreto = 465,03 lb/plg<sup>2</sup>

m = proyección de la placa por fuera de la columna en 2 plg.

F<sub>b</sub> = esfuerzo permisible en la fibra extrema de la placa de apoyo

F<sub>b</sub> = 27 000 lb/plg<sup>2</sup>

Las especificaciones del manual AISC señalan el valor de F<sub>b</sub> como 0,75F<sub>y</sub>; para acero A-36.

$$Fb = 0,75 * 36\ 000\ L/plg^2 = 27\ 000\ L/pul^2$$

Solución:

Se encuentra la carga sobre la placa por la fórmula siguiente:

$$P = \frac{Pt}{B * C} = 465,03 \frac{lb}{plg^2}$$

Calculando el espesor t

$$t = \sqrt{\frac{3 * 465,03 * 2^2}{27\ 000}} = 0,455\ plg$$

Con un espesor de 0,46 plg, se propone una placa 12 por 12 pulgadas cuadradas, más 2 pulgadas para la sujeción de los pernos, con un espesor comercial de (0,50 plg) igual a 1/2 plg.

- Diseño de la cimentación del tanque

Diseño del pedestal: con frecuencia se utilizan los pedestales como elementos de transición entre las columnas metálicas y las zapatas. Se justifica el uso de pedestales, principalmente por:

Distribuir la carga en la parte superior de la zapata; esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo directa en la zapata, o simplemente puede permitir una zapata más delgada con menos refuerzo.

Permitir que la columna termine en una elevación más alta y no permitir el contacto de esta con el suelo y evitar la corrosión, además, en casos donde se tienen que colocar zapatas a profundidades considerables.



Pasos para el diseño de los pedestales.

- Paso 1

Dimensionamiento del pedestal.

Se tomará un ancho de 0,45m, para una altura  $h = 3 * a$

Donde:

$h$  = altura del pedestal

$a$  = ancho del pedestal

$h = 3 * 0,45 = 1,35 \text{ m}$      $h = 1,40 \text{ m}$ .

- Paso núm. 2

- Refuerzo del pedestal

Relación de esbeltez: permite determinar con certeza si se trata de una columna corta, intermedio o larga. El manual ACI señala los siguientes parámetros:

Esbeltez columna corta 21

$21 \leq \text{Esbeltez} < 100$  Columna intermedia

Esbeltez columna larga 100

Para calcular la esbeltez de una columna, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Esbeltez} = K * \frac{Lu}{r}$$

Donde:

K = factor de pandeo, se tomará K = 1

Lu = longitud libre entre apoyos

r = radio de giro de la sección.

El manual ACI especifica

$r = 0,3 * b$  para columnas cuadradas o rectangulares ( $b < h$ )

$r = 0,25 * d$  para columnas circulares ( $d =$  diámetro)

Calculando la relación de esbeltez así:

$$\frac{1 * 1,35}{0,3 * 0,45} = 10$$

Donde:

10 < 21 es columna corta

Carga axial: se considera despreciable el momento causado por la componente horizontal de la carga total de la columna, debido a que el ángulo de inclinación de la columna metálica transmisora de la fuerza es muy pequeño. El manual ACI propone la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia última a compresión pura en una columna corta.

$$P_u = \phi [0,85 * f'_c * (A_g - A_{st}) + (F_y * A_{st})]$$

Donde:

$P_u$  = resistencia última de la columna

$\Phi$  = factor de compresión igual a 0,75 según ACI 10.3.3

$A_g$  = área de la sección de la columna en  $\text{cm}^2$

$A_s$  = área de acero en  $\text{cm}^2$

$f'_c$  = resistencia nominal del concreto en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$f_y$  = resistencia a fluencia del acero

Se tomará un  $f'_c$  de  $281 \text{ kg}/\text{cm}^2$  y se usarán varillas de acero grado 40.

Calculando la resistencia última.

Se prueba con el  $A_s$  mínimo, para el cual el manual ACI especifica el 1 % del área de la sección.

$$P_u = 0,75[0,85 * 281 * (2\ 025 - 20) + (2\ 800 * 20)]$$

$$P_u = 401\ 170,69 \text{ Kg} = 884\ 180,20 \text{ L}$$

Se compara:

$P_u$  columna propuesta >  $P_u$  total de cada columna

$884,18 \text{ kips} > 66,965 \text{ kips}$ , usar  $A_{s_{\text{mín}}}$

Usar 8 varillas núm. 6, que cubre un área =  $22,80 \text{ cm}^2$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 0,01 * (45^2) = 20,25 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto: para el refuerzo por corte, el manual ACI señala un espaciamiento mínimo igual o menor que la mitad del diámetro efectivo y un recubrimiento mínimo de 2,5 cm, en cada lado. Para este caso se tomará un recubrimiento de 7,5 cm.

Espaciamiento por corte:  $S \leq d/2$

$d$  = lado de la sección – 2 veces el recubrimiento

$$d = 45 - (2 * 7,5) = 30 \text{ cm}$$

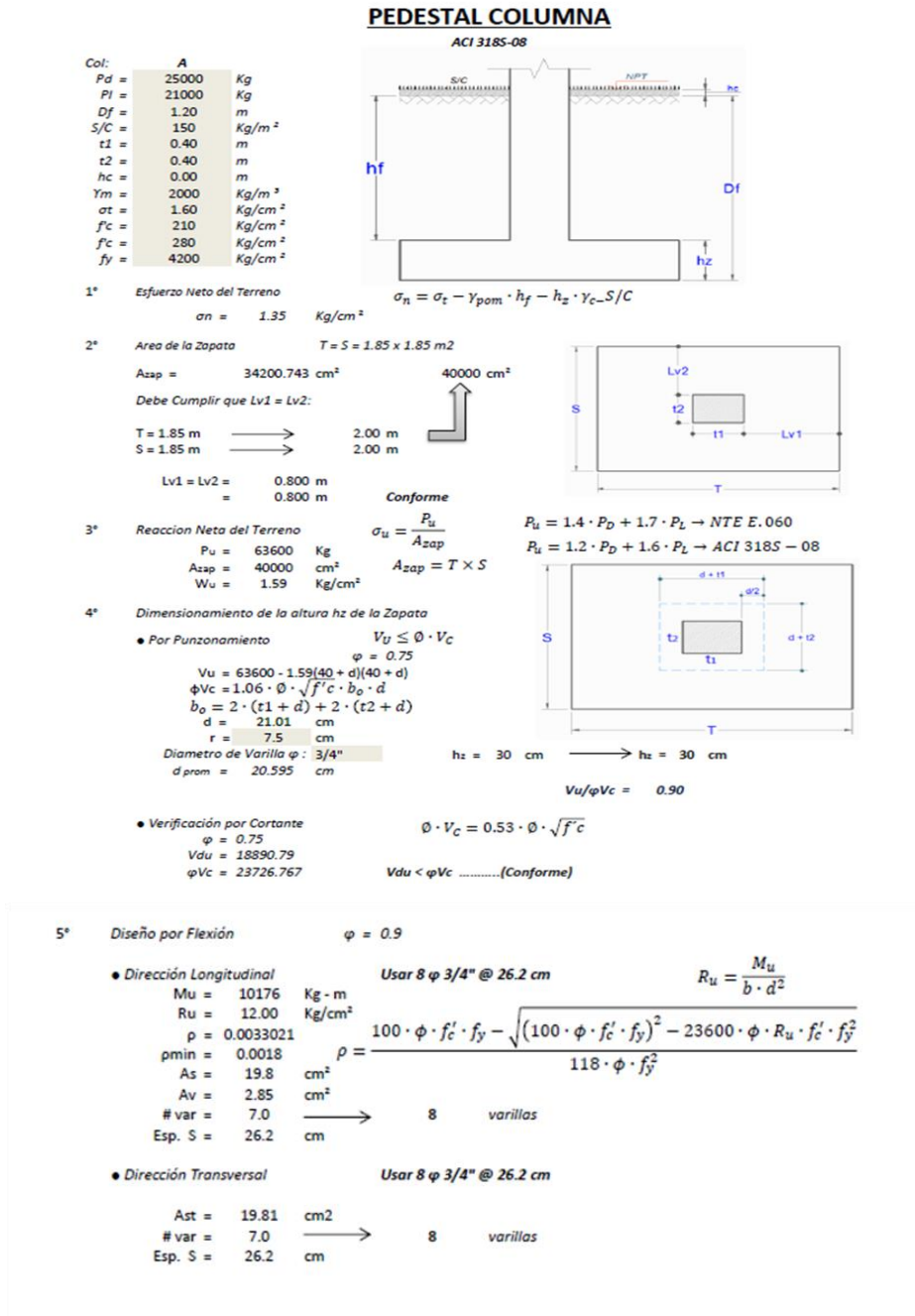
$$S = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

El armado propuesto será de 8 varillas núm. 6 + estribos núm. 3 @ 15 centímetros; para confinar, en cada extremo se colocaran los primeros 10 estribos @ 7,5 centímetros.

#### **2.4.5.5. Diseño de zapatas**

Las fuerzas laterales siguiendo un criterio conservador podrán reducirse a una fuerza concentrada  $F_s$ . aplicada a una altura  $H$ . Esta fuerza concentrada dará lugar a un momento flector respecto de la base, que producirá esfuerzos de tensión sobre las columnas del lado en que se considere que actúa la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas opuestas.

Figura 25. Diseño de pedestal tanque elevado



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

NOTA: para que no exista corrimiento en las zapatas se utilizaran vigas conectoras que ejercerán amarre entre estas.

#### **2.4.6. Obras de arte**

A continuación una breve descripción de obras de arte.

##### **2.4.6.1. Caja rompedresión**

La caja rompedresión son dispositivos que se utilizan para reducir la presión del agua y evitar así el rompimiento de la tubería. Pueden ser necesarias tanto en la conducción como en la distribución. La caja puede ser hecha de concreto armado, de block reforzado, de ladrillo tuyuyo o de mampostería.

Para localizar las cajas rompedresión en una línea de conducción, se recomienda colocarlas a menos de 90 mca. (metros columna de agua) de presión estática. Y para la línea de distribución, la localización se rige por el hecho de que los empaques de las válvulas de flotador se arruinan cuando se someten a presiones altas, por lo que no deberán ser sometidas a una carga estática de 60 mca. La diferencia entre ambas es que la caja de rompedresión solamente tiene válvula de flote cuando distribuye.

En este diseño no se utilizarán cajas rompedresión, debido a los pocos cambios de pendiente que posee.

#### **2.4.6.2. Profundidad de zanja para la colocación de tubería**

La zanja deberá ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería. En las especificaciones técnicas para la construcción de acueductos rurales, Unepar establece que las zanjas deberán tener como mínimo un ancho de 0,40 metros, y la profundidad mínima de 0,60 metros sobre la corona (nivel superior del tubo). Si los terrenos se dedican a la agricultura, la profundidad mínima será de 0,80 metros.

#### **2.4.6.3. Conexiones**

Como parte de la red de distribución se deben considerar las conexiones domiciliarias y los llenacántaros.

Las conexiones domiciliarias están compuestas de una llave de chorro y los accesorios necesarios. Para que el costo de las conexiones sea lo más bajo posible, se construyen inmediatas al cerco de la propiedad.

- Los llenacántaros se emplean en dos casos:
  - Cuando la fuente es un pozo del cual se extrae agua con una bomba de mano y se surte a varias familias.
  - Cuando existe una red de distribución, pero hay viviendas que están a mayor altura de la línea piezométrica del ramal más próximo.

#### **2.4.6.4. Diámetro, tipo y clase de tubería**

Toda tubería tiene tres características principales, que son: diámetro, clase y tipo.

Respecto al diámetro, comercialmente las tuberías se asignan por un diámetro nominal, que difiere del diámetro interno de conducto.

La clase se refiere a la norma de fabricación, íntimamente relacionada con la presión de trabajo.

- El tipo de tubería se refiere al material del que está hecha; los materiales que se emplean actualmente son el hierro fundido, el acero, el acero galvanizado y el cloruro de polivinilo.
  - Tubería de PVC: el cloruro de polivinilo (PVC) es el material que más se emplea actualmente. Es más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero es frágil y se vuelve quebradizo al estar a la intemperie. Para sistemas rurales de abastecimiento de agua se utiliza la cédula 40.
  - Tubería de acero galvanizado: el acero galvanizado tiene su principal aplicación cuando queda a la intemperie, ya que enterrado se corroe. Generalmente se le conoce como hierro galvanizado, cuando en realidad es acero galvanizado. La tubería se fabrica con las denominaciones cédula 30, 40 y 80.



## 2.4.7. Presupuesto

El presupuesto se elaboró calculando la cantidad de materiales, mano de obra (tanto calificada, como no calificada), con base en precios manejados en la región, de esta manera se obtienen los costos directos; luego se calculan los costos indirectos (gastos administrativos, utilidades, entre otros); con el total de lo mencionado se obtendrá el costo de ejecución del proyecto del sistema de agua potable. Ver tabla III, donde se proporciona el resumen del presupuesto.

Tabla IV. Presupuesto de sistema de agua potable

<b>CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALDEA XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA</b>						
NO	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL	
1	POZO MECÁNICO	Unidad	1,00	Q 428 374,80	Q	428 374,80
2	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOMBA	Unidad	1,00	Q 238 978,60	Q	238 978,60
3	BOMBA E INSTALACIÓN	Unidad	1,00	Q 117 924,80	Q	117 924,80
4	EQUIPAMIENTO DE BOMBA	Unidad	1,00	Q 48 791,95	Q	48 791,95
5	CASETA PARA EQUIPOS DE 2.80mx3.30m	Unidad	1,00	Q 32 660,50	Q	32 660,50
6	TANQUE ELEVADO METALICO DE 80 m3	Unidad	1,00	Q 300 918,20	Q	300 918,20
7	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 4"	ml	422,24	Q 200,30	Q	84 574,67
8	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 3"	ml	231,73	Q 156,30	Q	36 219,40
9	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2 1/2"	ml	72,79	Q 99,30	Q	7 228,05
10	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2"	ml	483,19	Q 82,20	Q	39 718,22
11	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/2"	ml	403,98	Q 76,63	Q	30 956,99
12	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/4"	ml	133,44	Q 55,50	Q	7 405,92
13	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1"	ml	2 267,17	Q 45,30	Q	102 702,80
14	CONEXIONES DOMICILIARES	Unidad	220,00	Q 1 419,80	Q	312 356,00
15	VALVULA DE CONTROL DE 4"	Unidad	1,00	Q 6 443,10	Q	6 443,10
16	VALVULA DE CONTROL DE 3"	Unidad	2,00	Q 3 742,50	Q	7 485,00
17	VALVULA DE CONTROL DE 2"	Unidad	1,00	Q 2 744,90	Q	2 744,90
18	VALVULA DE CONTROL DE 1 1/2"	Unidad	1,00	Q 5 100,00	Q	5 100,00
19	PRUEBA DE PRESIÓN Y DESINFECCIÓN DE TUBERIA	ml	4 014,54	Q 3,85	Q	15 455,98
<b>TOTAL DE PROYECTO</b>				<b>Q</b>	<b>1 826 039,87</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Integración precio unitario pozo mecánico

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>REGLON:</b> POZO MECÁNICO			Agua Potable XAYÁ		
<b>CANTIDAD:</b> 1,00		<b>TOTAL</b>		XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b> Global		<b>Q</b> 428 374,80		01 ENERO DEL 2019	
<b>POZO MECÁNICO</b>					
<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Unitario</u>	<u>Sub-Total</u>	
<b>MATERIALES</b>					
1 POZO MECÁNICO DAHO POZOS	Unidad	1,00	Q 333 846,75	Q	333 846,75
2				Q	-
3				Q	-
4				Q	-
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>333 846,80</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>					
1				Q	-
2				Q	-
Mano de Obra				Q	-
Prestaciones		25,00%	Q -	Q	-
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1				Q	-
2				Q	-
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>333 846,80</b>	
1 Administración		9,00%	Q 30 046,20		
2 Herramienta y equipo		0,00%	Q -		
3 Imprevistos		0,00%	Q -	Q	363 893,00
4 Utilidad		8,00%	Q 29 111,40		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 35 370,40	Q	428 374,80
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>428 374,80</b>	
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>428 374,80</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Integración precio unitario sistema de alimentación con bomba

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
<b>REGLON:</b>	<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOMBA</b>			<b>Agua Potable XAYÁ</b>
<b>CANTIDAD:</b>	1,00	<b>TOTAL</b>	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA</b>	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	Unidad	<b>Q</b>	<b>238 978,60</b>	<b>01 ENERO DEL 2019</b>
<b>SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOMBA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>
<b>MATERIALES</b>				
1 Varilla de cobre de 1/2"x6' P/tierra	Unidad	4,00	Q 100,00	Q 400,00
2 Conducto THWN #1	m	50,00	Q 25,00	Q 1 250,00
3 Terminal a compresión para varilla	Unidad	1,00	Q 50,00	Q 50,00
4 Grapa de cobre para varilla	Unidad	1,00	Q 50,00	Q 50,00
5 Equipo monofásico de 30HP 480 Voltios	Unidad	1,00	Q 7 475,20	Q 7 475,20
6 Conector de cobre UCC varilla/cable #2	Unidad	4,00	Q 44,00	Q 176,00
7 Generador de 50KVA Diesel Transferencia Manual	Unidad	1,00	Q 150 000,00	Q 150 000,00
8 Alambre de cobre 1/0 para conectar varilla de cobre	m	20,00	Q 25,00	Q 500,00
9 Arrancador suave para bomba de 40HP con interrup	Unidad	1,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>160 901,20</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Instalación de equipo	Unidad	1	Q 15 000,00	Q 15 000,00
2				Q -
<b>Mano de Obra</b>				<b>Q 15 000,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 15 000,00	<b>Q 3 750,00</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>18 750,00</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>				
1				Q -
2				Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>179 651,20</b>
1 Administración		9,00%	Q 16 168,60	
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 4 491,30	
3 Imprevistos		1,50%	Q 2 694,80	<b>Q 203 005,90</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 16 240,50	
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 19 732,20	<b>Q 238 978,60</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>238 978,60</b>
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>238 978,60</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Integración precio unitario instalación de bomba

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>REGLON: BOMBA E INSTALACIÓN</b>			<b>Agua Potable XAYÁ</b>		
<b>CANTIDAD:</b>	1,00	<b>TOTAL</b>	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	Unidad	<b>Q</b>	<b>117 924,80</b>	<b>01 ENERO DEL 2019</b>	
<b>BOMBA E INSTALACIÓN</b>					
<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>Sub-Total</u>	
<b>MATERIALES</b>					
1 Bomba sumergible de 12 etapas acero inoxidable 480V, 30HP, 500', 50GPM	Unidad	1,00	Q 60 000,00	Q	60 000,00
2 Tubería HG de 3" tipo liviano para Impulsion	Unidad	21,83	Q 350,00	Q	7 640,50
3 Tee HG de 3"	Unidad	2,00	Q 125,00	Q	250,00
4 Codo HG de 3"	Unidad	2,00	Q 70,00	Q	140,00
5 Valvula de cheque vertical de 3"	Unidad	1,00	Q 750,00	Q	750,00
6 Funda de enfriamiento de 3"	Unidad	1,00	Q 684,00	Q	684,00
7 Empalme vulcanizado y amarres	Unidad	1,00	Q 435,00	Q	435,00
8				Q	-
9				Q	-
10				Q	-
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>		<b>69 899,50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Instalacion debomba y equipo	Unidad	1	Q 15 000,00	Q	15 000,00
2				Q	-
<b>Mano de Obra</b>				<b>Q</b>	<b>15 000,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 15 000,00	Q	3 750,00
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>		<b>18 750,00</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1				Q	-
2				Q	-
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>		<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>		<b>88 649,50</b>
1 Administración		9,00%	Q 7 978,50		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 2 216,20		
3 Imprevistos		1,50%	Q 1 329,70	Q	100 173,90
4 Utilidad		8,00%	Q 8 013,90		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 9 737,00	Q	117 924,80
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>		<b>117 924,80</b>
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>		<b>117 924,80</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Integración precio unitario equipamiento de bomba

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
RENGLON:	EQUIPAMIENTO DE BOMBA			Agua Potable XAYÁ	
CANTIDAD:	1,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	48 791,95	01 ENERO DEL 2019	
EQUIPAMIENTO DE BOMBA					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-Total	
<b>MATERIALES</b>					
1 Gabinete metálico con puerta y llave T-1	Unidad	1,00	Q 2 000,10	Q 2 000,10	
2 Interruptor de 3x175A tipo industrial	Unidad	1,00	Q 1 500,00	Q 1 500,00	
3 Arrancador suave para bomba de 40HP	ml	20,00	Q 48,00	Q 960,00	
4 Protector de fases y relay de demora	ml	200,00	Q 8,95	Q 1 790,00	
5 Flipón de 2x40 amperios para mando	Unidad	1,00	Q 250,00	Q 250,00	
6 Sistema de llenado automático de tanque	Unidad	1,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	
7 Selector 1/0	Unidad	1,00	Q 500,00	Q 500,00	
8 Cable TSJ 2x12	ml	100,00	Q 7,50	Q 750,00	
9 Manifold de descarga de 3"	Unidad	1,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00	
10 Collarín de soporte de 3"	Unidad	1,00	Q 500,00	Q 500,00	
11 Motor de 40HP	Unidad	1,00	Q 5 000,00	Q 5 000,00	
12 Dosificador de cloro automático	Unidad	1,00	Q 1 500,00	Q 1 500,00	
13 Cable sumergible núm 8/3	ml	137,16	Q 15,00	Q 2 057,43	
14 Cable sumergible núm 14/3	ml	137,16	Q 10,00	Q 1 371,62	
15 Valvula de alivio	Unidad	1,00	Q 1 000,00	Q 1 000,00	
16 Sw itch de presión	Unidad	1,00	Q 250,00	Q 250,00	
17 Manómetro	Unidad	1,00	Q 750,00	Q 750,00	
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>24 179,15</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Instalación de equipo	Unidad	1	Q 10 000,00	Q 10 000,00	
2				Q -	
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 10 000,00</b>	
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 10 000,00	<b>Q 2 500,00</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>12 500,00</b>	
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>					
1				Q -	
2				Q -	
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>36 679,15</b>	
1 Administración		9,00%	Q 3 301,10		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 917,00		
3 Imprevistos		1,50%	Q 550,20	<b>Q 41 447,45</b>	
4 Utilidad		8,00%	Q 3 315,80		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 4 028,70	<b>Q 48 791,95</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>48 791,95</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>48 791,95</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Integración precio unitario caseta para equipos

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
RENLÓN:	CASETA PARA EQUIPOS DE 2.80m x3.30m			Agua Potable XAYÁ	
CANTIDAD:	1,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	32 660,50	01 ENERO DEL 2019	
CASETA PARA EQUIPOS DE 2.80mx3.30m					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-total	
<b>MATERIALES</b>					
1 Arena	m3	1,85	Q 200,00	Q	370,00
2 Piedrin	m3	1,85	Q 250,00	Q	462,50
3 Cemento	Unidad	33,30	Q 75,00	Q	2 497,50
4 Hierro legitimo de 3/8"	Varilla	58,00	Q 35,00	Q	2 030,00
5 Hierro de 1/4"	Varilla	41,00	Q 15,00	Q	615,00
6 Pie Tablar	Unidad	120,00	Q 7,50	Q	900,00
7 Block tip B de 100Kg/cm²	Unidad	230,00	Q 3,50	Q	805,00
8 Puerta metalica con marco y chapa	Unidad	1,00	Q 600,00	Q	600,00
9 Ventana metalica tipo balcon	Unidad	3,00	Q 400,00	Q	1 200,00
10 Tablero de distribución	Unidad	1,00	Q 150,00	Q	150,00
11 Flipon de 2x40	Unidad	1,00	Q 50,00	Q	50,00
12 Tuberia PVC de 3/4" eléctrica	ml	30,00	Q 4,00	Q	120,00
13 Alambre calibre 14 para conexiones	ml	50,00	Q 4,50	Q	225,00
14 Plafonera con foco de 100W e interruptor	Unidad	1,00	Q 70,00	Q	70,00
15 Tomacorriente a pared metalico	Unidad	1,00	Q 20,00	Q	20,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>		<b>10 115,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Encargado de campo	Dia	5,00	Q 150,00	Q	750,00
2 Albañil	Dia	30,00	Q 100,00	Q	3 000,00
3 Ayudante	Dia	60,00	Q 80,00	Q	4 800,00
4				Q	-
<b>Mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>8 550,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 8 550,00	<b>Q</b>	<b>2 137,50</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>		<b>10 687,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1 Concretera	Dia	15,00	Q 250,00	Q	3 750,00
2				Q	-
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>		<b>3 750,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>		<b>24 552,50</b>
1 Administración		9,00%	Q 2 209,70		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 613,80		
3 Imprevistos		1,50%	Q 368,30	<b>Q</b>	<b>27 744,30</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 2 219,50		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 2 696,70	<b>Q</b>	<b>32 660,50</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>		<b>32 660,50</b>
<b>TOTAL DEL RENLÓN</b>			<b>Q</b>		<b>32 660,50</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Integración precio unitario tanque elevado

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
REGLÓN:	TANQUE ELEVADO METALICO DE 80 m3		Agua Potable XAYÁ	
CANTIDAD:	1,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	300 918,20	01 ENERO DEL 2019
TANQUE ELEVADO METALICO DE 80 m3				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Sub-Total
<b>MATERIALES</b>				
1 Lamina de 8x20x3/16" para cuerpo de tanque A36	Unidad	2,00	Q 4 717,50	Q 9 435,00
2 Lamina de 6x20x3/16" para cuerpo de tanque A36	Unidad	2,00	Q 3 536,00	Q 7 072,00
3 Lamina de 8x20x1/8" para techo de tanque A36	Unidad	1,00	Q 3 149,58	Q 3 149,58
4 Lamina de 8x20x1/4" para fondo de tanque A36	Unidad	1,00	Q 6 299,15	Q 6 299,15
5 Tubo de 8" cedula 40 columna ASTM A36	Unidad	8,00	Q 2 235,50	Q 17 884,00
6 Viga C de 4"x2" (C4x5.4) para arriostras	Unidad	12,00	Q 416,52	Q 4 998,19
7 Angular L3x3x3/8" (L3x7.2)	Unidad	24,00	Q 555,35	Q 13 328,49
8 Lamina de 4x8x5/16" para platinas	Unidad	1,00	Q 1 574,79	Q 1 574,79
9 Pernos de 5/8"x2" grado 5	Unidad	105,00	Q 16,00	Q 1 680,00
10 Electrodo	Lb	300,00	Q 14,40	Q 4 320,00
11 Gases	Unidad	4,00	Q 1 280,00	Q 5 120,00
12 Discos para metal	Unidad	150,00	Q 10,00	Q 1 500,00
13 Pintura para interior y exterior + aplicación	Galon	10,00	Q 175,00	Q 1 750,00
14 Pernos de anclaje de 3/4"	Unidad	16,00	Q 150,00	Q 2 400,00
15 Escalera marinera de acceso a tanque	Unidad	1,00	Q 5 000,00	Q 5 000,00
16 Hierro No6	Unidad	32,00	Q 112,00	Q 3 584,00
17 Cemento	Saco	97,59	Q 75,00	Q 7 319,40
18 Arena	m3	5,32	Q 190,00	Q 1 011,41
19 Piedrin	m3	5,32	Q 290,00	Q 1 543,73
20 Fle Tablar	Unidad	88,72	Q 8,00	Q 709,76
21 Hierro No5	Unidad	64,00	Q 89,75	Q 5 744,00
22 Hierro No3	Unidad	144,00	Q 37,00	Q 5 328,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>110 751,50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Encargado	Dia	25,00	Q 250,00	Q 6 250,00
2 Soldadores	Dia	120,00	Q 200,00	Q 24 000,00
3 Albañiles	Dia	90,00	Q 100,00	Q 9 000,00
4 Ayudantes	Dia	240,00	Q 80,00	Q 19 200,00
<b>Mano de obra</b>			<b>Q</b>	<b>58 450,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 58 450,00	Q 14 612,50
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>73 062,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>				
1 Maquina de soldar	Mes	2,00	Q 2 500,00	Q 5 000,00
2 Grua	Hora	80	Q 385,00	Q 30 800,00
3 Montacarga	Dia	12	Q 550,00	Q 6 600,00
4				Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>42 400,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				
			<b>Q</b>	<b>226 214,00</b>
1 Administración		9,00%	Q 20 359,30	
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 5 655,40	
3 Imprevistos		1,50%	Q 3 393,20	<b>Q 255 621,90</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 20 449,80	
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 24 846,50	<b>Q 300 918,20</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>		<b>Q</b>		<b>300 918,20</b>
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>		<b>Q</b>		<b>300 918,20</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Integración precio unitario línea de distribución PVC 4"

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>REGLÓN:</b> LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 4"				Agua Potable XAYÁ	
<b>CANTIDAD:</b>	422,24	<b>TOTAL/DÍA</b>	Q 7 212,30	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	mI	<b>RENDIMIENTO</b>	36	01 ENERO DEL 2019	
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 4"</b>					
<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>Sub-Total</u>	
<b>MATERIALES</b>					
1	Tubo PVC de 4" de 160 PSI	Unidad	6,00	Q 501,90	Q 3 011,40
2	Reducidor bushing PVC de 4"x3"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q 7,50
3	Codo PVC de 90° de 4"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q 4,50
4	Codo PVC de 45° de 4"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q 4,20
5	Tee PVC de 4"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q 8,00
6	Pegamento PVC	Galon	0,50	Q 335,00	Q 167,50
7					Q -
8					Q -
9					Q -
10					Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q</b>	<b>3 203,10</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
1	Encargado	Dia	1,00	Q 145,00	Q 145,00
2	Plomero	Dia	2,00	Q 125,00	Q 250,00
3	Albañiles	Dia	1,00	Q 100,00	Q 100,00
4	Ayudantes	Dia	2,00	Q 80,00	Q 160,00
	<b>Mano de obra</b>				<b>Q 655,00</b>
	<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 655,00	<b>Q 163,75</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>				<b>Q</b>	<b>818,75</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1	Retroexcavadora	Hora	4	Q 350,00	Q 1 400,00
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q</b>	<b>1 400,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>Q</b>	<b>5 421,90</b>
1	Administración		9,00%	Q 488,00	
2	Herramienta y equipo		2,50%	Q 135,50	
3	Imprevistos		1,50%	Q 81,30	<b>Q 6 126,70</b>
4	Utilidad		8,00%	Q 490,10	
6	Impuestos y retenciones		9,00%	Q 595,50	<b>Q 7 212,30</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>200,30</b>	
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>84 574,67</b>	

Fuente: elaboración propia.



Tabla XII. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 3"

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENGLÓN:</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 3"</b>				<b>Agua Potable XAYÁ</b>	
<b>CANTIDAD:</b>	231,73	<b>TOTAL/DIA</b>	Q 5 627,90	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	mI	<b>RENDIMIENTO</b>	36	<b>01 ENERO DEL 2019</b>		
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 3"</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>		
<b>MATERIALES</b>						
1 Tubo PVC de 3" de 160 PSI	Unidad	6,00	Q 307,00	Q	1 842,00	
2 Codo PVC de 90° de 3"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q	4,50	
3 Codo PVC de 45° de 3"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q	4,20	
4 Tee PVC de 3"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q	8,00	
5 Pegamento PVC	Galon	0,50	Q 335,00	Q	167,50	
6 Reducidor bushing PVC de 3"x 2 1/2"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q	7,50	
				Q	-	
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>		<b>2 033,70</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
1 Encargado	Dia	1,00	Q 252,50	Q	252,50	
2 Plomero	Dia	1,00	Q 125,00	Q	125,00	
3 Albañiles	Dia	1,00	Q 100,00	Q	100,00	
4 Ayudantes	Dia	2,00	Q 80,00	Q	160,00	
<b>Mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>637,50</b>	
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 637,50	<b>Q</b>	<b>159,38</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>		<b>796,88</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1 Retroexcavadora	Hora	4	Q 350,00	Q	1 400,00	
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>		<b>1 400,00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						
			<b>Q</b>		<b>4 230,60</b>	
1 Administración		9,00%	Q 380,80			
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 105,80			
3 Imprevistos		1,50%	Q 63,50	<b>Q</b>	<b>4 780,70</b>	
4 Utilidad		8,00%	Q 382,50			
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 464,70	<b>Q</b>	<b>5 627,90</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>		<b>156,30</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>		<b>36 219,40</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 2 1/2 ”

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENGLÓN:</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2 1/2"</b>				<b>Agua Potable XAYÁ</b>	
<b>CANTIDAD:</b>	72,79	<b>TOTAL/DIA</b>	Q 4 767,90	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	mI	<b>RENDIMIENTO</b>	48	<b>01 ENERO DEL 2019</b>		
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2 1/2"</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>		
<b>MATERIALES</b>						
1 Tubo PVC de 2" de 160 PSI	Unidad	8,00	Q 210,00	Q	1 680,00	
2 Codo PVC de 90° de 2 1/2"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q	4,50	
3 Codo PVC de 45° de 2 1/2"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q	4,20	
4 Tee PVC de 2 1/2"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q	8,00	
5 Pegamento PVC	Galon	0,50	Q 335,00	Q	167,50	
6 Reducidor bushing PVC de 2 1/2"x 2"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q	7,50	
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>		<b>1 871,70</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
1 Encargado	Dia	1,00	Q 145,00	Q	145,00	
2 Plomero	Dia	1,00	Q 125,00	Q	125,00	
3 Albañiles	Dia	1,00	Q 100,00	Q	100,00	
4 Ayudantes	Dia	2,00	Q 80,00	Q	160,00	
<b>Mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>530,00</b>	
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 530,00	<b>Q</b>	<b>132,50</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>		<b>662,50</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1 Retroexcavadora	Hora	3	Q 350,00	Q	1 050,00	
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>		<b>1 050,00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>		<b>3 584,20</b>	
1 Administración		9,00%	Q 322,60			
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 89,60			
3 Imprevistos		1,50%	Q 53,80	<b>Q</b>	<b>4 050,20</b>	
4 Utilidad		8,00%	Q 324,00			
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 393,70	<b>Q</b>	<b>4 767,90</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>		<b>99,30</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>		<b>7 228,05</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 2"

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENGLÓN:</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2"</b>				<b>Agua Potable XAYÁ</b>	
<b>CANTIDAD:</b>	483,19	<b>TOTAL/DIA</b>	Q 3 945,60	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU</b>		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	m l	<b>RENDIMIENTO</b>	48	<b>01 ENERO DEL 2019</b>		
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2"</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>		
<b>MATERIALES</b>						
1 Tubo PVC de 2" de 160 PSI	Unidad	8,00	Q 143,20	Q 1 145,60		
2 Codo PVC de 90° de 2"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q 4,50		
3 Codo PVC de 45° de 2"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q 4,20		
4 Tee PVC de 2"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q 8,00		
5 Pegamento PVC	Galon	0,25	Q 335,00	Q 83,75		
6 Reducidor bushing PVC de 2"x 1 1/2"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q 7,50		
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>1 253,60</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>						
1 Encargado	Dia	1,00	Q 145,00	Q 145,00		
2 Plomero	Dia	1,00	Q 125,00	Q 125,00		
3 Albañiles	Dia	1,00	Q 100,00	Q 100,00		
4 Ayudantes	Dia	2,00	Q 80,00	Q 160,00		
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 530,00</b>		
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 530,00	<b>Q 132,50</b>		
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>662,50</b>		
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1 Retroexcavadora	Hora	3	Q 350,00	Q 1 050,00		
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>1 050,00</b>		
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						
1 Administración		9,00%	Q 266,90			
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 74,20			
3 Imprevistos		1,50%	Q 44,50	<b>Q 3 351,70</b>		
4 Utilidad		8,00%	Q 268,10			
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 325,80	<b>Q 3 945,60</b>		
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>82,20</b>		
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>39 718,22</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1 ½ ”

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>RENGLÓN:</b>	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/2"			Agua Potable XAYÁ	
<b>CANTIDAD:</b>	403,98	<b>TOTAL/DIA</b>	Q 4 597,60	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	ml	<b>RENDIMIENTO</b>	60	01 ENERO DEL 2019	
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/2"</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>	
<b>MATERIALES</b>					
1 Tubo PVC de 1 1/2" de 160 PSI	Unidad	10,00	Q 94,20	Q 942,00	
2 Codo PVC de 90° de 1 1/2"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q 4,50	
3 Codo PVC de 45° de 1 1/2"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q 4,20	
4 Tee PVC de 1 1/2"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q 8,00	
5 Pegamento PVC	Galon	0,25	Q 335,00	Q 83,75	
6 Reducidor bushing PVC de 1 1/2"x 1"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q 7,50	
7			Q 68,00	Q -	
8			Q 335,00	Q -	
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>1 050,00</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Encargado	Dia	1,00	Q 125,00	Q 125,00	
2 Plomero	Dia	2,00	Q 120,00	Q 240,00	
3 Albañiles	Dia	2,00	Q 100,00	Q 200,00	
4 Ayudantes	Dia	3,00	Q 80,00	Q 240,00	
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 805,00</b>	
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 805,00	<b>Q 201,25</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>1 006,25</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1 Retroexcavadora	Hora	4	Q 350,00	Q 1 400,00	
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>1 400,00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>3 456,30</b>	
1 Administración		9,00%	Q 311,10		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 86,40		
3 Imprevistos		1,50%	Q 51,80	<b>Q 3 905,60</b>	
4 Utilidad		8,00%	Q 312,40		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 379,60	<b>Q 4 597,60</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>76,63</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>30 956,99</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1 ¼ ”

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>RENGLÓN:</b> LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/4"				<b>Agua Potable XAYÁ</b>	
<b>CANTIDAD:</b> 133,44		<b>TOTAL/DIA</b>	<b>Q 3 330,30</b>	<b>XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU</b>	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b> m l		<b>RENDIMIENTO</b>	<b>60</b>	<b>01 ENERO DEL 2019</b>	
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/4"</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>	
<b>MATERIALES</b>					
1 Tubo PVC de 1 1/4" de 160 PSI	Unidad	10,00	Q 68,30	Q	683,00
2 Codo PVC de 90° de 1 1/4"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q	4,50
3 Codo PVC de 45° de 1 1/4"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q	4,20
4 Tee PVC de 1 1/4"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q	8,00
5 Pegamento PVC	Galón	0,25	Q 335,00	Q	83,75
6 Reducidor bushing PVC de 1 1/4"x 1"	Unidad	0,10	Q 75,00	Q	7,50
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>791,00</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Encargado	Día	1,00	Q 145,00	Q	145,00
2 Plomero	Día	1,00	Q 125,00	Q	125,00
3 Albañiles	Día	1,00	Q 100,00	Q	100,00
4 Ayudantes	Día	2,00	Q 80,00	Q	160,00
<b>Mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>530,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 530,00	Q	132,50
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>662,50</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1 Retroexcavadora	Hora	3	Q 350,00	Q	1 050,00
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>1 050,00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>2 503,50</b>	
1 Administración		9,00%	Q 225,30		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 62,60		
3 Imprevistos		1,50%	Q 37,60	Q	2 829,00
4 Utilidad		8,00%	Q 226,30		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 275,00	Q	3 330,30
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>55,50</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>7 405,92</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Integración precio unitario línea de distribución PVC de 1”

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENGLÓN:</b>	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1"				Agua Potable XAYÁ	
<b>CANTIDAD:</b>	2 267,17	<b>TOTAL/DIA</b>	Q 3 261,00	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	m	<b>RENDIMIENTO</b>	72	01 ENERO DEL 2019		
<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1"</b>						
<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>Sub-Total</u>		
<b>MATERIALES</b>						
1 Tubo PVC de 1" de 160 PSI	Unidad	12,00	Q 53,20	Q	638,40	
2 Codo PVC de 90° de 1"	Unidad	0,10	Q 45,00	Q	4,50	
3 Codo PVC de 45° de 1"	Unidad	0,10	Q 42,00	Q	4,20	
4 Tee PVC de 1"	Unidad	0,10	Q 80,00	Q	8,00	
5 Pegamento PVC	Galón	0,25	Q 335,00	Q	83,75	
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q	<b>738,90</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
1 Encargado	Día	1,00	Q 145,00	Q	145,00	
2 Plomero	Día	1,00	Q 125,00	Q	125,00	
3 Albañiles	Día	1,00	Q 100,00	Q	100,00	
4 Ayudantes	Día	2,00	Q 80,00	Q	160,00	
<b>Mano de obra</b>				Q	<b>530,00</b>	
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 530,00	Q	<b>132,50</b>	
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>				Q	<b>662,50</b>	
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1 Retroexcavadora	Hora	3	Q 350,00	Q	1 050,00	
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q	<b>1 050,00</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				Q	<b>2 451,40</b>	
1 Administración		9,00%	Q 220,60			
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 61,30			
3 Imprevistos		1,50%	Q 36,80	Q	<b>2 770,10</b>	
4 Utilidad		8,00%	Q 221,60			
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 269,30	Q	<b>3 261,00</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>				Q	<b>45,30</b>	
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>				Q	<b>102 702,80</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Integración precio unitario conexiones domiciliarias

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>				
<b>REGLÓN:</b>	CONEXIONES DOMICILIARES			Agua Potable XAYÁ
<b>CANTIDAD:</b>	220,00	<b>TOTAL</b>	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU	
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	Unidad	Q	312 356,00	01 ENERO DEL 2019
<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>				
<u>Descripción</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>Sub-Total</u>
<b>MATERIALES</b>				
1 Tubo PVC de 1/2" de 80 PSI	Unidad	2,00	Q 16,50	Q 33,00
2 Adaptador macho PVC de 1/2"	Unidad	1,00	Q 0,75	Q 0,75
3 Llave de compuerta de 1/2"	Unidad	1,00	Q 15,50	Q 15,50
4 Contador de Bronce de 1/2"	Unidad	1,00	Q 500,00	Q 500,00
5 Adaptador hembra PVC de 1/2"	Unidad	1,00	Q 1,20	Q 1,20
6 Concreto para chorro y caja	Unidad	1,00	Q 150,00	Q 150,00
7 Llave de chorro de 1/2"	Unidad	1,00	Q 43,00	Q 43,00
8 Tee de 1/2"	Unidad	1,00	Q 42,00	Q 42,00
9 Reducidor de 1" a 1/2"	Unidad	1,00	Q 25,50	Q 25,50
10				Q -
11				Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>811,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Encargado de campo	Día	0,00	Q 150,00	Q -
2 Plomero	Día	1,00	Q 125,00	Q 125,00
3 Ayudante	Día	1,00	Q 80,00	Q 80,00
4				Q -
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 205,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 205,00	<b>Q 51,25</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>256,25</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>				
1				Q -
2				Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>1 067,30</b>
1 Administración		9,00%	Q 96,10	
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 26,70	
3 Imprevistos		1,50%	Q 16,00	<b>Q 1 206,10</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 96,50	
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 117,20	<b>Q 1 419,80</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>1 419,80</b>
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>312 356,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Integración precio unitario válvula de control 4"

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
REGLÓN:	VALVULA DE CONTROL DE 4"			Agua Potable XAYÁ	
CANTIDAD:	1,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	6 443,10	01 ENERO DEL 2019	
VALVULA DE CONTROL DE 4"					
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-Total	
<b>MATERIALES</b>					
1 Arena	m3	0,18	Q 200,00	Q	36,00
2 Pedrin	m3	0,18	Q 250,00	Q	45,00
3 Cemento	Unidad	3,30	Q 75,00	Q	247,50
4 Hierro legitimo de 3/8"	Varilla	1,00	Q 35,00	Q	35,00
5 Fe Tablar	Unidad	5,00	Q 7,50	Q	37,50
6 Valvula de compuerta de bronce de 4"	Unidad	1,00	Q 3 500,00	Q	3 500,00
7 Tapon Hembra de 4"	Unidad	1,00	Q 80,00	Q	80,00
8			Q -	Q	-
9			Q -	Q	-
10			Q -	Q	-
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>		<b>3 981,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
1 Plomero	Dia	2,00	Q 125,00	Q	250,00
2 Albañil	Dia	2,00	Q 100,00	Q	200,00
3 Ayudante	Dia	3,00	Q 80,00	Q	240,00
4				Q	-
<b>Mano de obra</b>				<b>Q</b>	<b>690,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 690,00	Q	172,50
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>		<b>862,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>					
1				Q	-
2				Q	-
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>		<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>		<b>4 843,50</b>
1 Administración		9,00%	Q 435,90		
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 121,10		
3 Imprevistos		1,50%	Q 72,70	Q	5 473,20
4 Utilidad		8,00%	Q 437,90		
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 532,00	Q	6 443,10
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>		<b>Q</b>			<b>6 443,10</b>
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>		<b>Q</b>			<b>6 443,10</b>

Fuente: elaboración propia.



Tabla XX. Integración precio unitario válvula de control de 3"

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
REGLÓN:	VALVULA DE CONTROL DE 3"			Agua Potable XAYÁ
CANTIDAD:	2,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU	
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	7 485,00	01 ENERO DEL 2019
VALVULA DE CONTROL DE 3"				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-Total
<b>MATERIALES</b>				
1 Arena	m3	0,18	Q 200,00	Q 36,00
2 Piedrin	m3	0,18	Q 250,00	Q 45,00
3 Cemento	Unidad	3,30	Q 75,00	Q 247,50
4 Hierro legitimo de 3/8"	Varilla	1,00	Q 35,00	Q 35,00
5 Pie tablar	Unidad	5,00	Q 7,50	Q 37,50
6 Valvula de compuerta de bronce de 3"	Unidad	1,00	Q 1 500,00	Q 1 500,00
7 Tapon hembra de 3"	Unidad	1,00	Q 50,00	Q 50,00
8			Q -	Q -
9			Q -	Q -
10			Q -	Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>1 951,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Plomero	Dia	2,00	Q 125,00	Q 250,00
2 Albañil	Dia	2,00	Q 100,00	Q 200,00
3 Ayudante	Dia	3,00	Q 80,00	Q 240,00
4				Q -
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 690,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 690,00	<b>Q 172,50</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>862,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>				
1				Q -
2				Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>2 813,50</b>
1 Administración		9,00%	Q 253,20	
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 70,30	
3 Imprevistos		1,50%	Q 42,20	<b>Q 3 179,20</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 254,30	
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 309,00	<b>Q 3 742,50</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>		<b>Q</b>	<b>3 742,50</b>	
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>		<b>Q</b>	<b>7 485,00</b>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Integración precio unitario válvula de control de 2"

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENLÓN:</b> VALVULA DE CONTROL DE 2"				Agua Potable XAYÁ		
<b>CANTIDAD:</b> 1,00		<b>TOTAL</b>		XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b> Unidad		<b>Q</b> 2 744,90		01 ENERO DEL 2019		
<b>VALVULA DE CONTROL DE 2"</b>						
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>		<b>Sub-Total</b>
<b>MATERIALES</b>						
1	Arena	m3	0,18	Q	200,00	Q 36,00
2	Pedrin	m3	0,18	Q	250,00	Q 45,00
3	Cemento	Unidad	3,30	Q	75,00	Q 247,50
4	Hierro legitimo de 3/8"	Varilla	1,00	Q	35,00	Q 35,00
5	Pie Tablar	Unidad	5,00	Q	7,50	Q 37,50
6	Valvula de compuerta de bronce de 2"	Unidad	1,00	Q	750,00	Q 750,00
7	Tapon hembra de 2"	Unidad	1,00	Q	50,00	Q 50,00
8				Q	-	Q -
9				Q	-	Q -
10				Q	-	Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q</b>		<b>1 201,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
1	Plomero	Dia	2,00	Q	125,00	Q 250,00
2	Albañil	Dia	2,00	Q	100,00	Q 200,00
3	Ayudante	Dia	3,00	Q	80,00	Q 240,00
4						Q -
	<b>Mano de obra</b>					<b>Q 690,00</b>
	<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q	690,00	<b>Q 172,50</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>				<b>Q</b>		<b>862,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1						Q -
2						Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q</b>		<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>Q</b>		<b>2 063,50</b>
1	Administración		9,00%	Q	185,70	
2	Herramienta y equipo		2,50%	Q	51,60	
3	Imprevistos		1,50%	Q	31,00	<b>Q 2 331,80</b>
4	Utilidad		8,00%	Q	186,50	
6	Impuestos y retenciones		9,00%	Q	226,60	<b>Q 2 744,90</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>2 744,90</b>		
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>2 744,90</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Integración precio unitario válvula de control de 1 1/2"

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS				
REGLÓN:	VALVULA DE CONTROL DE 1 1/2"			Agua Potable XAYÁ
CANTIDAD:	1,00	TOTAL	XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU	
UNIDAD DE MEDIDA:	Unidad	Q	5 100,00	01 ENERO DEL 2019
VALVULA DE CONTROL DE 1 1/2"				
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-Total
<b>MATERIALES</b>				
1 Arena	m3	0,18	Q 200,00	Q 36,00
2 Pedrin	m3	0,18	Q 250,00	Q 45,00
3 Cemento	Unidad	3,30	Q 75,00	Q 247,50
4 Hierro legitimo de 3/8"	Varilla	1,00	Q 35,00	Q 35,00
5 Pie tablar	Unidad	5,00	Q 7,50	Q 37,50
6 Valvula de compuerta de bronce de 1 1/2"	Unidad	1,00	Q 2 500,40	Q 2 500,40
7 Tapon hembra de 1 1/2"	Unidad	1,00	Q 70,00	Q 70,00
8			Q -	Q -
9			Q -	Q -
10			Q -	Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>Q</b>	<b>2 971,40</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Plomero	Dia	2,00	Q 125,00	Q 250,00
2 Albañil	Dia	2,00	Q 100,00	Q 200,00
3 Ayudante	Dia	3,00	Q 80,00	Q 240,00
4				Q -
<b>Mano de obra</b>				<b>Q 690,00</b>
<b>Prestaciones</b>		25,00%	Q 690,00	<b>Q 172,50</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>			<b>Q</b>	<b>862,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>				
1				Q -
2				Q -
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>			<b>Q</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>Q</b>	<b>3 833,90</b>
1 Administración		9,00%	Q 345,10	
2 Herramienta y equipo		2,50%	Q 95,80	
3 Imprevistos		1,50%	Q 57,50	<b>Q 4 332,30</b>
4 Utilidad		8,00%	Q 346,60	
6 Impuestos y retenciones		9,00%	Q 421,10	<b>Q 5 100,00</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>	<b>5 100,00</b>
<b>TOTAL DEL REGLÓN</b>			<b>Q</b>	<b>5 100,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Integración precio unitario prueba de presión y desinfección de tubería

<b>INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>RENGLÓN:</b> PRUEBA DE PRESIÓN Y DESINFECCIÓN DE TUBERIA				Agua Potable XAYÁ		
<b>CANTIDAD:</b> 4 014,54		<b>TOTAL/DIA</b> Q 1 015,70		XAYÁ, SANTA LUCIA COTZUMALGU		
<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b> mI		<b>RENDIMIENTO</b> 264		01 ENERO DEL 2019		
<b>PRUEBA DE PRESIÓN Y DESINFECCIÓN DE TUBERIA</b>						
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Sub-Total</b>	
<b>MATERIALES</b>						
1	Hipoclorito de calcio	sacos	5,00	Q 10,00	Q	50,00
2	Cloro	Litro	1,00	Q 10,00	Q	10,00
3					Q	-
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q</b>		<b>60,00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
1	Encargado de campo	Dia	1,00	Q 150,00	Q	150,00
2	Técnico operador 1	Dia	1,00	Q 100,00	Q	100,00
3	Ayudante	Dia	1,00	Q 80,00	Q	80,00
4					Q	-
<b>Mano de obra</b>					<b>Q</b>	<b>330,00</b>
<b>Prestaciones</b>			25,00%	Q 330,00	Q	<b>82,50</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA + PRESTACIONES</b>				<b>Q</b>		<b>412,50</b>
<b>MAQUINARIA y EQUIPO</b>						
1	Bomba de presión hidraulica	Dia	1,00	Q 231,00	Q	231,00
2	Pickup	Dia	1,00	Q 60,00	Q	60,00
3					Q	-
4					Q	-
<b>TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q</b>		<b>291,00</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>Q</b>		<b>763,50</b>
1	Administración		9,00%	Q 68,70		
2	Herramienta y equipo		2,50%	Q 19,10		
3	Imprevistos		1,50%	Q 11,50	Q	<b>862,80</b>
4	Utilidad		8,00%	Q 69,00		
6	Impuestos y retenciones		9,00%	Q 83,90	Q	<b>1 015,70</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>			<b>Q</b>			<b>3,85</b>
<b>TOTAL DEL RENGLÓN</b>			<b>Q</b>			<b>15 455,98</b>

Fuente: elaboración propia.

## 2.4.8. Cronograma de ejecución

A continuación se presenta el cronograma de las actividades de ejecución.

Tabla XXIV. Cronograma de ejecución – inversión

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN INVERSIÓN												
CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE ALDEA XAYÁ					TIEMPO DE EJECUCIÓN 6 MESES						00/00/2019	
NÚM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	MESES						TOTAL	
					1	2	3	4	5	6		
1	POZO MECÁNICO	Unidad	1	Q. 428 374,80	1,00							Q. 428 374,80
					Q. 428 374,80							
1	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BOMBA	Unidad	1	Q. 238 978,60	1,00							Q. 238 978,60
					Q. 238 978,60							
2	BOMBA E INSTALACIÓN	Unidad	1	Q. 117 924,80	1,00							Q. 117 924,80
					Q. 117 924,80							
3	EQUIPAMIENTO DE BOMBA	Unidad	1	Q. 48 791,95		1,00						Q. 48 791,95
						Q. 48 791,95						
4	CASETA PARA EQUIPOS DE 2.80mk3.30m	Unidad	1	Q. 32 660,50		1,00						Q. 32 660,50
						Q. 32 660,50						
5	TANQUE ELEVADO METALICO DE 80 m3	Unidad	1	Q. 300 918,20			0,33	0,33	0,33			Q. 300 918,20
							Q. 100 306,07	Q. 100 306,07	Q. 100 306,07			
							211,12	211,12				
6	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 4"	mf	422,24	Q. 200,30			42 287,34	42 287,34				Q. 84 574,67
							115,87	115,87				
7	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 3"	mf	231,73	Q. 156,30			18 109,70	18 109,70				Q. 36 219,40
							36,40	36,40				
8	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2 1/2"	mf	72,79	Q. 99,30			3 614,02	3 614,02				Q. 7 228,05
							241,60	241,60				
9	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 2"	mf	483,19	Q. 82,20			19 859,11	19 859,11				Q. 39 718,22
							66,72	66,72				
9	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/4"	mf	133,44	Q. 55,50			3 702,96	3 702,96				Q. 7 405,92
									403,98			
10	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1 1/2"	mf	403,98	Q. 76,63					30 956,99			Q. 30 956,99
									1133,59	1133,59		
11	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PVC DE 1"	mf	2267,17	Q. 45,30					51 351,40	51 351,40		Q. 102 702,80
									110,00	110,00		
12	CONEXIONES DOMICILIARES	Unidad	220	Q. 1 419,80					156 178,00	156 178,00		Q. 312 356,00
									1,00			
13	VALVULA DE CONTROL DE 4"	Unidad	1	Q. 6 443,10						6 443,10		Q. 6 443,10
									2,00			
14	VALVULA DE CONTROL DE 3"	Unidad	2	Q. 3 742,50						7 485,00		Q. 7 485,00
									1,00			
15	VALVULA DE CONTROL DE 2"	Unidad	1	Q. 2 744,90						2 744,90		Q. 2 744,90
									1,00			
16	VALVULA DE CONTROL DE 1 1/2"	Unidad	1	Q. 5 100,00						5 100,00		Q. 5 100,00
										4 014,54		
17	PRUEBA DE PRESIÓN Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍA	mf	4014,54	Q. 3,85								Q. 15 455,98
<b>TOTAL DE PROYECTO</b>											<b>Q. 1 826 039,87</b>	
<b>INVERSION MENSUAL</b>					Q. 785 278,20	Q. 242 155,55	Q. 187 879,19	Q. 335 011,56	Q. 260 259,39	Q. 15 455,98		
<b>PORCENTAJE MENSUAL</b>					0,43004388	13,26%	10,29%	18,35%	14,25%	0,85%		
<b>INVERSION ACUMULADA</b>					Q. 785 278,20	Q. 1 027 433,75	Q. 1 215 312,95	Q. 1 550 324,51	Q. 1 810 583,89	Q. 1 826 039,87		
<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>					43,00%	56,27%	66,55%	84,90%	99,15%	100,00%		

Fuente: elaboración propia.

#### **2.4.8.1. Sistema tarifario**

La tarifa que se implemente por la prestación del servicio de agua en la aldea Xayá, debe cubrir como mínimo los costos anuales relacionados con la administración, operación y mantenimiento.

La tarifa deberá cubrir los componentes siguientes:

- Costo por consumo de energía eléctrica que realiza el equipo de bombeo.
- Costos relacionados con las medidas de prevención y mitigación del sistema.
- Gastos por cloración del sistema de agua.
- Pago de salario del operario y el fontanero que trabajen en el sistema de agua.

#### **2.4.9. Operación y mantenimiento**

Para el buen funcionamiento del sistema, es necesario realizar un manual de operación y mantenimiento con el cual se rijan los operarios.

##### **2.4.9.1. Manual de operación y mantenimiento**

En el manual de operación y mantenimiento, es importante que esté claramente descrito los distintos tipos de válvulas que conforma el sistema entero, para hacer más fácil su reparación en cualquier inconveniente.

#### **2.4.9.1.1. Válvulas de compuerta**

Estas válvulas se emplean en los abastecimientos rurales. Cuando la válvula está abierta, el paso del agua es prácticamente libre. El cierre y la apertura se realizan mediante un disco, el cual es accionado por un vástago.

Las válvulas de compuerta pueden ser de hierro fundido, de bronce y de plástico. Las primeras se emplean principalmente para diámetros de 6" en adelante; las de bronce son más económicas que las de hierro fundido; las de plástico se emplean en los equipos dosificados de solución de hipoclorito de calcio.

#### **2.4.9.1.2. Válvulas de compuerta para limpieza**

Estas válvulas sirven para extraer de la tubería arena, hojas o cualquier otro cuerpo que haya ingresado en la misma, y que tiende a depositarse en los puntos bajos del perfil, como válvula de limpieza se emplea una compuerta, de diámetro igual al de la tubería.

En este proyecto no se utilizarán válvulas de compuerta para limpieza debido a que las condiciones del perfil del terreno son muy planas.

#### **2.4.9.1.3. Válvulas de globo**

Las válvulas de globo se emplean en las conexiones domiciliarias, tanto para suspender temporalmente el servicio, como para regular el caudal.

El recorrido del agua a través de la válvula es sinuoso, lo que produce una considerable descarga, aun con la válvula completamente abierta.

#### **2.4.9.1.4. Válvula de aire**

El aire disuelto en el agua o aquel que queda atrapado dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos altos del perfil de la tubería. La cantidad de agua que pueda acumularse reduce la sección de la tubería y, por ende, su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede ser tanta que llegue a impedir completamente la circulación del agua. La eliminación del agua se obtiene con el empleo de válvulas automáticas de aire, las cuales se escogen basándose en la presión de servicio.

Estas válvulas permiten tanto la salida de aire como su ingreso; el acceso del aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida del agua, como en el caso de una rotura; de no contarse con la válvula de aire pueden llegar a producirse presiones negativas dentro de la tubería, la que podría romperse si es de PVC, o a colapsar si es de acero.

Las válvulas de aire se pueden emplear para una presión máxima determinada, ya que los dos empaques tienden a arruinarse a presiones mayores. Por ello es que debe verificarse el rango de presiones para el que está diseñada una válvula, a fin de tener la seguridad de que es la adecuada para el caso.

#### **2.4.9.1.5. Estrategia de capacitación**

Para reconocer la importancia de alcanzar la operación y el mantenimiento autosostenibles del proyecto, se debe implicar a la comunidad en todo el proceso relativo a éste. En este caso, la comunidad se encuentra organizada en comité, y por medio de éste, el proyecto se hará realidad. Esta participación comunitaria permite que los miembros de la colonia conozcan el proyecto y se



apropien de él desde un inicio, lo cual es un factor elemental para su sostenimiento, ya que permite un aprendizaje completo sobre la operación del sistema.

Se organizarán seminarios para los operadores y miembros del comité, por medio de los cuales, con un enfoque técnico y práctico, se dará capacitación sobre todos los aspectos que conducen a una adecuada operación y al mantenimiento requerido, tanto necesario como preventivo

Se organizará un grupo voluntario que será capacitado sobre la vulnerabilidad del proyecto, las medidas de mitigación que se tomarán y las acciones correctivas que se realizarán, si fuera necesario.

#### **2.4.9.1.6. Actividades de mitigación de desastres naturales**

Las razones para proteger el sistema de agua contra los desastres naturales, van desde proteger la salud hasta asegurar la inversión. Por ello es que se tiene que identificar la vulnerabilidad del sistema para así, establecer las medidas de mitigación que serán aplicadas.

Las amenazas naturales que podrían afectar este sistema son:

- Huracanes, ocurren en las cuencas tropicales de ciclones y pueden afectar el Océano Pacífico y el Mar Caribe, y producen efectos en los sistemas como:
  - Daños parciales o totales en las instalaciones y edificaciones por la fuerza de los vientos o lluvias.
  - Contaminación del agua del tanque y tuberías.

- Rotura y falla de componentes por asentamientos debidos a inundaciones.
- Inundaciones, fenómenos que pueden deberse a procesos como las lluvias, los huracanes o el crecimiento anormal del mar; entre los daños que pueden ocasionar se tienen:
  - Daños en el equipo de bombeo y eléctrico en general
  - Colmatación de componentes por arrastre de sedimentos
- Sequías, que se caracterizan por la reducción del agua, lo que produce la disminución del caudal. Puede afectar el sistema de la siguiente manera:
  - Pérdida o disminución del caudal de agua subterránea
  - Pérdida de la calidad del servicio o incremento de costos
  - Racionamiento y suspensión del servicio

La reducción de la vulnerabilidad se puede lograr mediante medidas de prevención y mitigación, las que ayudan a corregir debilidades ante la eventual ocurrencia de un desastre y, además, minimizan el riesgo en condiciones normales. En la tabla XI se presentan las medidas de prevención y mitigación que se debelan realizar.

Tabla XXV. **Planificación de mantenimiento**

<b>Parte del Sistema</b>	<b>Acción</b>	<b>MM</b>	<b>MC</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Tanque de distribución</b>	Limpieza del área			Mensual
	Revisión de estructuras			Trimestral
	Reparación de estructuras			Eventual
	Revisión de válvulas			Mensual
<b>Cajas de válvulas</b>	Reparación – cambio de válvulas			Eventual
	Revisión de cajas			Trimestral
	Reparación de cajas			Eventual
	Revisión de válvulas			Trimestral
	Reparación de válvulas			Eventual
<b>Línea de distribución</b>	Engrase de candado			Trimestral
	Revisión de líneas			Mensual
	Verificación de fugas			Mensual
	Reparación de fugas			Eventual
<b>Conexiones domiciliarias</b>	Revisión de válvulas de paso			Trimestral
	Reparación de válvulas de paso			Eventual
	Revisión de válvula de grifo			Trimestral
	Reparación-cambio válvula de grifo			Eventual

Fuente: elaboración propia.

MM: medida de mitigación o mantenimiento preventivo. MC: mantenimiento correctivo.

## **2.5. Procedimientos para la operación y mantenimiento de bomba y tanque de almacenamiento, líneas de distribución sistema de agua potable aldea Xayá, santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla**

Este documento está dirigido a técnicos encargados de la operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua. Presenta las pautas para mantener correctamente un servicio de agua potable, lo cual permitirá asegurar que la familia consuma agua de buena calidad, proporcionar agua en forma constante, prolongar la vida de los componentes del sistema y disminuir los gastos en sus reparaciones.

Se incluye información de la operación y mantenimiento, por un lado, la bomba, por otro, el tanque de almacenamiento. En el caso de la operación, se desarrollarán las acciones adecuadas y oportunas que se efectuarán para que la bomba funcione en forma continua y eficiente, según las especificaciones de diseño. Asimismo, con la finalidad de prevenir o corregir daños en la bomba, se desarrollarán dos tipos de mantenimiento, preventivo y correctivo. En el primer caso, para evitar los problemas de funcionamiento y, en el segundo, para reparar los daños causados por acciones extrañas o imprevistas o deterioros normales del uso.

Además, se incorpora información sobre la limpieza y desinfección de la captación, la frecuencia (mensual, trimestral y anual), los trabajos a realizar y las herramientas y materiales necesarios para la operación y el mantenimiento de la captación.

Finalmente, se menciona la forma de operación y mantenimiento de líneas distribución, así como los trabajos necesarios para su óptimo uso y una mejor y más larga duración de las tuberías.

### **2.5.1. Operación**

La operación es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño.

### **2.5.2. Mantenimiento**

El mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que reproduzcan en las instalaciones.

- Mantenimiento preventivo

Es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.

- Mantenimiento correctivo

Es el que se efectúa para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales del uso. De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que consuma sea de buena calidad, y que se tenga un servicio continuo y en la cantidad necesaria.

Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones.

### **2.5.3. Responsable de la operación y mantenimiento**

Comité de Agua Potable de la Comunidad o entidad responsable de la operación y mantenimiento del sistema.

El operador u operadora designado por el comité o entidad responsable, es la persona calificada o responsable de la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable.

El operador u operadora debe cumplir y hacer cumplir todas las funciones y responsabilidades establecidas en los estatutos y reglamentos que se refieren al operador y al usuario.

A continuación, algunas de las responsabilidades:

- Operar y mantener adecuadamente el servicio.
- Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema.
- Responder ante el comité o entidad responsable sobre el estado general del sistema.
- Llevar el registro y control de la operación y mantenimiento, haciendo un reporte mensual al comité o entidad responsable.
- Informar al comité o entidad responsable sobre las necesidades de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para el buen funcionamiento del sistema.

El operador u operadora deberá vivir en la comunidad a la que representa, ser usuario, saber leer y escribir, ser mayor de 18 años y, haber participado en los talleres de capacitación para operadores y en las actividades de interés comunal.

Es importante que durante la ejecución de obra se capaciten, además de los miembros del comité o entidad responsable a los usuarios de la comunidad, para que posteriormente asuman el cargo de operadores u operadoras.

#### **2.5.3.1. Operación y mantenimiento del almacenamiento**

Es una estructura que sirve, por un lado, para almacenar el agua y abastecer a la población, y por otro, para mantener una presión adecuada en las redes y dar un buen servicio.

El tanque de almacenamiento consta de dos partes: la primera, el depósito de almacenamiento; y la segunda, las válvulas de control de entrada, salida del agua, de limpia y rebose, y la de *bypass*.

#### **2.5.3.2. Operación puesta en marcha**

Para poner en operación, abrir la válvula de entrada al reservorio y la salida hacia la red de distribución. Cerrar la válvula del *bypass* y de desagüe o limpia. La operación se realiza luego de la limpieza y desinfección de la parte interna del depósito de almacenamiento.

#### **2.5.3.3. Limpieza y desinfección**

De la misma forma que tenemos el manual de mantenimiento, debe dejarse previsto los métodos de limpieza interior y exterior del tanque.

#### **2.5.3.3.1. Limpieza exterior**

- Limpiar las piedras y malezas de la zona que rodea al reservorio.
- Limpiar las paredes y el techo exterior del reservorio.
- Limpiar el canal de limpia o desagüe.
- Proteger la tubería de desagüe para evitar la entrada de animales pequeños.
- Asimismo, limpiar el dado de protección de la tubería de desagüe y el emboquillado del canal de limpia.

#### **2.5.3.3.2. Limpieza interior**

- Cerrar la válvula de entrada y salida, luego abrir la válvula de desagüe o limpia para desaguar. Abrir la válvula del bypass para beneficiar directamente de agua a la red de distribución.
- Levantar la tapa de inspección para comprobar si está vacío el reservorio.
- Cerrar la válvula del *bypass* y abrir la válvula de ingreso de agua al reservorio.
- Aprovechando el agua que ingresa, con una escobilla limpiar las paredes y el fondo del reservorio.
- Con un balde echar agua a las paredes interiores hasta que esté eliminada toda la suciedad.

#### **2.5.3.3.3. Desinfección**

La desinfección se realiza después de la construcción o reparación de la parte interna del depósito de almacenamiento.



- Echar cuatro (4) cucharas grandes con hipoclorito de calcio al 30-35 % a un recipiente de 20 litros de capacidad y disolverlo bien.
- Con la solución y un trapo frotar accesorios, paredes y piso.
- Cerrar la válvula de desagüe y limpia y llenar el reservorio.
- Para preparar una solución de hipoclorito de calcio al 30-35 % de acuerdo al volumen del reservorio, con una concentración de 50 partes por millón. Para este caso se utilizará la información del anexo A-1, donde se indica la cantidad de hipoclorito en número de cucharas y la cantidad de agua para preparar la solución.
  - Disolverlo bien.
  - Cuando esté en la mitad de su capacidad el reservorio, echar poco a poco la solución de hipoclorito de calcio, procurando que se disuelva bien.
  - Una vez lleno, cerrar la válvula de entrada y abrir el *bypass* para abastecer de agua a la red. Dejar la solución de hipoclorito de calcio en el reservorio durante cuatro (4) horas por lo menos.
  - Transcurrido ese tiempo, vaciar el agua del reservorio a la red si se tiene que desinfectar el sistema de distribución, o en su defecto vaciar abriendo la válvula de limpia.
  - Luego de las cuatro (4) horas que dura la retención de la solución en el reservorio se abre la válvula de limpia eliminando toda el agua.
  - Para poner en marcha, se cierra la válvula del *bypass* y la de limpia, y se abre la válvula de salida a la línea de aducción.
  - Cerrar y asegurar las tapas metálicas del buzón de inspección y la caseta de válvulas.

#### **2.5.3.4. Mantenimiento**

Frecuencia, actividades, herramientas y materiales.

##### **2.5.3.4.1. Mensual**

- Maniobrar las válvulas de entrada, salida y rebose para mantenerlas operativas.
- Reponer el cloro en el hipoclorinador.

##### **2.5.3.4.2. Trimestral**

- Limpiar piedras y malezas de la zona cercana al reservorio.
- Limpiar el dado de protección de la tubería de limpia y desagüe y, el emboquillado del canal de limpia.
- Limpiar el canal de escurrimiento.
- Pico, lampa, machete.
- Balde graduado en litros, reloj y libreta de campo.

##### **2.5.3.4.3. Semestral**

- Limpiar y desinfectar el reservorio.
- Lubricar y aceitar las válvulas de control.
- Revisar el estado general del reservorio y su protección, si es necesario resanarlo.
- Verificar el estado de la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación.
- Proteger con pintura anticorrosiva las válvulas de control.
- Pintar las escaleras del reservorio.
- Escobilla, escoba, brocha, lija.

- Hipoclorito, pintura, cemento, arena.

#### **2.5.3.4.4. Anual**

- Mantener con pintura anticorrosiva todos los elementos metálicos.
- Pintar las paredes externas y el techo del reservorio.
- Brocha, lija, pintura.

#### **2.5.3.5. Cloración del agua**

A través de la desinfección por cloración, se asegura y mejora la calidad de agua (se realiza con el hipoclorador).

##### **2.5.3.5.1. Procedimiento para su instalación**

- Destapar el hipoclorador.
- Limpiar la parte interior eliminando la suciedad y las impregnaciones calcáreas.
- Echar dos (2) kilos de hipoclorito de calcio al 30-35 % y agua en cantidad suficiente, para formar una masa.
- Taparlo.
- Colocar en su lugar con una cuerda de nylon.
- No olvidar cambiar el cloro cada mes o cada vez que se compruebe que el cloro residual en el agua es menor de 0,5 mg/litro.

#### **2.5.3.5.2. Recomendaciones**

- Después de cada limpieza y reparación se deberá desinfectar el reservorio.
- Instalar un cerco perimétrico para evitar que las personas y los animales puedan dañar a la estructura y reparar cuando sea necesario.
- El reservorio debe tener una tapa sanitaria que la proteja o impida la entrada de la suciedad.
- Además, esta deberá asegurarse para evitar la manipulación de personas ajenas.
- Proteger la tubería de limpieza y desagüe con una malla para evitar la entrada de los animales pequeños.
- Asimismo proteger con un emboquillado el canal de limpia.
- Observar si existen fugas o grietas en la estructura para proceder de inmediato a resanar la parte dañada con igual cantidad de cemento y arena.

#### **2.5.3.6. Operación y mantenimiento para líneas distribución de sistemas de abastecimiento de agua potable**

Establecer procedimientos para la operación y mantenimiento de las líneas distribución de sistemas de abastecimiento de agua rural.

##### **2.5.3.6.1. Definiciones**

Línea de impulsión: la línea de impulsión, transporta el agua desde la caseta de bombeo hacia el tratamiento o tanque de reserva.

Mantenimiento: es el conjunto de acciones que se realizan con la finalidad de prevenir o corregir daños que se producen en las instalaciones de un sistema de abastecimiento de agua.

Mantenimiento correctivo: trabajos que se realizan para reparar daños que no se han podido evitar con el mantenimiento preventivo.

Mantenimiento de emergencia: es aquel que se realiza cuando los sistemas o equipos han sufrido daños por causa imprevista y requieren solución rápida para poner parcialmente operativo el sistema.

Mantenimiento preventivo: consiste en una serie de acciones de conservación que se realiza con una frecuencia determinada en las instalaciones y equipos para evitar, en lo posible, que se produzcan daños que pueden ser de difícil y costosa reparación.

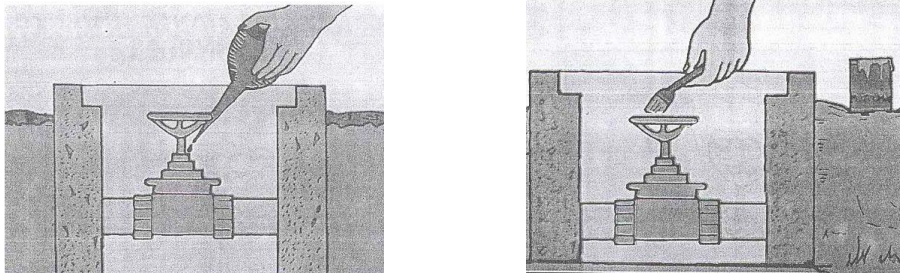
Operación: es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño.

Operador: es la persona calificada y responsable de la operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de agua potable.

#### **2.5.3.7. Observaciones**

La desinfección, en el caso de la captación de canal, sólo es necesaria en el tramo comprendido entre el filtro lento y el reservorio.

Figura 26. **Pintar con pintura anticorrosiva para evitar la oxidación**



Fuente: elaboración propia.

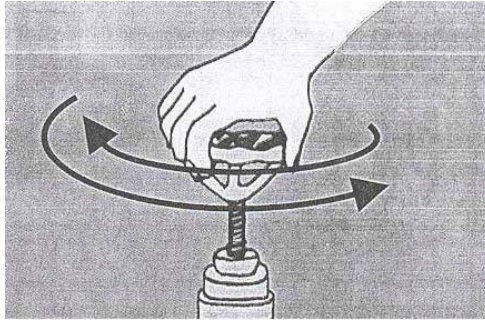
### **2.5.3.8. Funcionamiento**

El operador debe estar siempre disponible para atender consultas y dar orientación acerca del plano de la línea de impulsión.

Realizar mensualmente un recorrido de la línea, verificar el estado general de las mismas, de los accesorios e informar sobre las situaciones anormales, tales como construcciones, inconvenientes, derivaciones clandestinas, entre otros, y hacer las siguientes operaciones:

- Válvula de compuerta
  - Verificar el estado general.
  - Efectuar la limpieza.
  - Maniobrar periódicamente.

Figura 27. **Maniobrar periódicamente las válvulas**



Fuente: elaboración propia.

- Válvula de descarga (purga o de limpieza)
  - Verificar el estado general.
  - Comprobar la existencia de fuga de agua.
  - Maniobrar con frecuencia, para mantenerla en condiciones de operación.
  
- Válvula de aire (ventosa)
  - Verificar el estado general.
  - Verificar la operación del accesorio.
  
- Juntas de expansión / dilatación / anclajes
  - Verificar el estado general.
  - Comprobar la existencia de fuga.
  
- Protección contra corrosión
  - Verificar el estado general de la línea y del accesorio.

- Efectuar la medición de los parámetros de control.
- Dispositivos antigolpe de ariete
  - Verificar el estado general.
  - Verificar la operación del accesorio.
  - Control de la descarga en el tanque de reserva mediante el aforo, para verificar el funcionamiento normal de la línea de impulsión.
  - Verificar todos los meses si existen obstrucciones en las válvulas de desagüe.

Figura 28. **Inspeccionar la línea para detectar fugas y repararlas**



Fuente: elaboración propia.



Tabla XXVI. **Cantidad de hipoclorito de calcio al 30 % en cucharas soperas para la desinfección de instalaciones de agua**

Descripción	Concentración (ppm)	Tiempo de retención (hora)	Peso de hipoclorito de calcio (kg)	Cantidad de Agua para la solución (litro)	Cantidad de hipoclorito (No. De cucharas soperas)(*)
Captación ***	200	2	0.13	10.21	13.07
Buzón de ***	200	2	0.13	10.21	13.07
Reunión R.P. tipo 6 R.P. tipo 7	200	2	0.13	10.21	13.07
Tanque de 50m <sup>3</sup>	50	4	8.33	651.04	833.33
Tanque más de 50m <sup>3</sup>	50	4	**		
Tuberías	50	4	**		

Nota: para la solución se considera 12.80 gr. por 1 litro

Fuente: elaboración propia.

1 cuchara sopera = 10 gr. de cloro al 30 %

Se calcula con  $P = (CxV) / ((\% \text{ cloro}) \times 10) \%$  de hipoclorito = porcentaje de cloro libre en el producto.

$0,70 \times 0,70 * 0,40 = 0,196 \text{ m}^3 = 196 \text{ litros}$

P = peso requerido de hipoclorito de calcio en gramos.

C = concentración aplicada (mg/lt).

V = volumen de la instalación a desinfectar en litros.

El gasto de cloración comprende la compra de hipoclorito de calcio al 0,1 %, que trabaja con una concentración de 1 miligramo/litro. Según el diseño de la dosificación (realizada por una empresa privada), son necesarias 100 libras de hipoclorito al mes, lo que equivale a Q.900,00 al mes (100 libras \* Q.9,00).

El operario y el fontanero trabajarán ocho días al mes (dos días por semana). El monto mensual se estima en Q.600,00 cada uno (8 días al mes\* Q.75,00 el día).

Para calcular la tarifa se ha procedido a sumar los rubros descritos anteriormente, y el resultado se ha dividido entre el número de conexiones contempladas (271 viviendas).

### 2.5.3.9. Cálculo de consumo de bomba

La bomba funcionará 3,5 Horas para el llenado del tanque, por lo cual su consumo de energía será de 77,22Kw.

Cuando la bomba está en operación 3 veces por día para el abastecimiento de la población. Por lo tanto, el consumo será 231,675 kW/día.

Tabla XXVII. Costo de energía eléctrica consumo de bomba

<b>COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
Potencia de bomba	30 hp
Kilovatio	22,065 Kw
Horas de bombeo	3,5
Kilovatio hora/mes	5 592,00
Costo de kilovatio hora	Q. 0,60
<b>Costo total de energía por mes</b>	<b>Q. 3 355,20</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Cálculo de tarifa**

TARIFA		
núm.	Componente	Costo/Mes (Q.)
1	Costo energía eléctrica	3 355,20
2	Mantenimiento y equipo	640,32
3	Gastos de cloración	900,00
4	Fontanero	600,00
5	Operario	600,00
	Subtotal	6 095,52
	TARIFA	22,50

Fuente: elaboración propia.

El pago mensual por vivienda será de Q.22,50 al mes, monto que servirá para cubrir un salario mínimo de los encargados de la operación y el mantenimiento. Se incluye el gasto de energía eléctrica que consume la bomba, así como un estimado de los gastos de repuestos que se necesiten.

Tabla XXIX. **Períodos de mantenimiento**

DESCRIPCIÓN					
<b>Operación y mantenimiento de bomba</b>					
Operario de bomba revisión de funcionamiento					
Operación de bomba energía					
Mantenimiento de bomba					
<b>Limpiar parte interna y desinfectar:</b>					
Limpiar y desinfectar las estructuras					
Desinfectar tuberías					

Continuación de la tabla XXIX.

<b>Revisar y maniobrar las válvulas:</b>					
Revisar y maniobrar las válvulas de aire y limpieza					
Revisar y girar las válvulas de control. Dar ¼ de vuelta					
Revisar las válvulas de paso y grifos					
<b>Lubricar y aceitar las válvulas de control</b>					
<b>Verificar las estructuras</b>					
Verificar el estado del pozo de percolación del lavadero					
Verificar cajas de control, de paso, aire y limpieza					
Verificar parte interna y externa de las estructuras					
Verificar el estado de la tapa y tuberías de ventilación					
<b>Inspección tuberías y conexiones domiciliarias</b>					
Inspeccionar tuberías para detectar posibles fugas					
Inspeccionar conexiones domiciliarias					
<b>Pintar válvulas, elementos metálicos y estructuras:</b>					

Pintar las válvulas de control con anticorrosivo					
--	--	--	--	--	--

Continuación de la tabla XXIX.

Pintar escaleras de inspección del tanque de almacenamiento					
Pintar los elementos metálicos					
Pintar estructuras del sistema					
Clorar el agua					
Aforar el rendimiento del pozo					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Construcción sistema de agua potable con perforación de pozo, aldea Xayá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<b>Operación y mantenimiento de Bomba</b>				
Operario de bomba revisión de funcionamiento	jornal	140	75,00	Q.10 500,00
Operación de Bomba energía	Kw	6 950	2,23	Q.15 503,00
Mantenimiento de bomba	jornal	20	75,00	Q.1 500,00
<b>Limpiar parte interna y desinfectar:</b>				
Limpiar y desinfectar la estructura Tanque	jornal	20	75,00	Q.1 500,00
Desinfectar tuberías	jornal	8	75,00	Q 600,00

Continuación de la tabla XXX.

<b>Revisar y maniobrar las válvulas:</b>				
Revisar y maniobrar las válvulas de aire y limpieza	jornal	48	75,00	Q.3 600,00
Revisar y girar las válvulas de control. Dar ¼ de vuelta	jornal	12	75,00	Q.900,00
Revisar las válvulas de paso y grifos	jornal	12	75,00	Q.900,00
<b>Lubricar y aceitar las válvulas de control</b>				
<b>Verificar las estructuras</b>				
Verificar el estado del pozo de percolación del lavadero	jornal	4	75,00	Q.300,00
Verificar cajas de control, de paso, aire y limpieza	jornal	4	75,00	Q.300,00
Verificar parte interna y externa de las estructuras	jornal	4	75,00	Q.300,00
Verificar el estado de la tapa y tuberías de ventilación	jornal	4	75,00	Q.300,00
<b>Inspección tuberías y conexiones domiciliarias</b>				
Inspeccionar tuberías para detectar posibles fugas	jornal	96	75,00	Q.7 200,00
Inspeccionar conexiones domiciliarias	jornal	96	75,00	Q.7 200,00
<b>Pintar válvulas, tanque metálico y estructuras:</b>				
Pintar las válvulas de control con anticorrosivo	jornal	12	75,00	Q.900,00

Continuación de la tabla XXX.

Pintar escaleras de inspección del tanque de almacenamiento	jornal	1	75,00	Q.75,00
Pintar el tanque elevado	jornal	20	75,00	Q.1 500,00
Pintar estructuras del sistema	jornal	8	75,00	Q.600,00
Clorar el agua	jornal	12	75,00	Q.900,00
Aforar el rendimiento del manantial	jornal	2	75,00	Q.150,00

TOTAL                    Q.54 728,00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXI. Construcción sistema de agua potable, aldea Xayá, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla**

DESCRIPCIÓN	unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Pintura anticorrosiva	Galón	20	350,00	Q.7 000,00
Accesorios y utensilios para pintura	Global	1	1 000,00	Q.1 000,00
Hipoclorito al 30 % o 35 %	Quintal	1	300,00	Q.300,00
Accesorios para reparación de tuberías	Global	1	10 000,00	Q.10 000,00
Accesorios para bomba	Global	1	15 000,00	Q.15 000,00
<b>TOTAL</b>				<b>Q. 33 300,00</b>

Fuente: elaboración propia.

*Q. 54 728,00 de costo de operación y mantenimiento*  
*+ Q. 33 300,00 de insumos =*  
*Q. 88 028,00 dividido entre 220 servicios nos da un costo por servicio anual de Q. 400,12*



## CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema adecuado de agua potable contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento y salubridad de los habitantes de la aldea Xayá, del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, departamento de Escuintla.
2. El aprovisionamiento de agua potable se realizará por medio de un sistema de bombeo y una red de distribución cerrada, que abastecerá tanto a la población actual como a la futura.
3. Con el objeto de que el proyecto sea funcional y tenga mayor durabilidad, se ha designado una cuota mensual para cada vivienda, la cual incluye gastos de energía eléctrica, mantenimiento preventivo y correctivo. La cuota es de Q33,35, acorde al salario de los trabajadores, que oscila entre treinta y cincuenta quetzales diarios.
4. Para un desempeño óptimo, se cuenta con parámetros de administración, operación y mantenimiento del sistema.
5. La interacción entre las amenazas naturales y los sistemas de agua ha dejado en evidencia cuán expuestos están estos a ser dañados. Por ello, en el cálculo de la tarifa se ha incluido un rubro aplicable a las medidas de prevención y mitigación de desastres.



## RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Santa Lucía Cotzumalguapa. Debe gestionar la realización del proyecto de abastecimiento de agua potable de la aldea Xayá, ya que es un recurso indispensable para la vida.
2. Al Comité Comunal de Desarrollo. Es necesario concientizar a la comunidad en general y motivar su participación en proyectos de beneficio común, como éste, con su aporte económico o en mano de obra, a la medida de sus posibilidades.
3. La comunidad de la aldea Xayá debe promover el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de la red de distribución, y realizarlo en forma constante y técnica para que el sistema sea rentable.
4. Garantizar la potabilidad del agua del sistema de abastecimiento, sometiéndola a tratamiento de desinfección bacteriológica, mediante la utilización de cloro; con ello se evitará la transmisión de enfermedades hacia la población que la consume.
5. Dado que el pozo aún no está en uso, al instalar la bomba es necesario hacerla funcionar durante un período mínimo de 72 horas, antes de tomar una muestra de agua, para la obtención de un examen bacteriológico confiable.
6. Promover medidas de mitigación para proteger el sistema contra desastres naturales, así como para proteger la salud y la inversión.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUÍZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 196 p.
2. BAJAN HERNÁNDEZ, William Eduardo. *Diseño del sistema de agua  
potable para la aldea Panimaché, municipio de San Pedro  
Yepocapa, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil.  
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,  
2003. 84 p.
3. CALDERÓN ORELLANA, Débora Anayancy. *Diseño del sistema de  
agua potable para la comunidad Santa Isabel y del sistema de  
drenaje sanitario para la comunidad el Esfuerzo, Patulul,  
Suchitepequez*, Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de  
Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 150  
p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas para el diseño de  
sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo  
humano*. Guatemala: INFOM, 2011. 63 p.



## APÉNDICE

Apéndice 1. **Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Xayá**

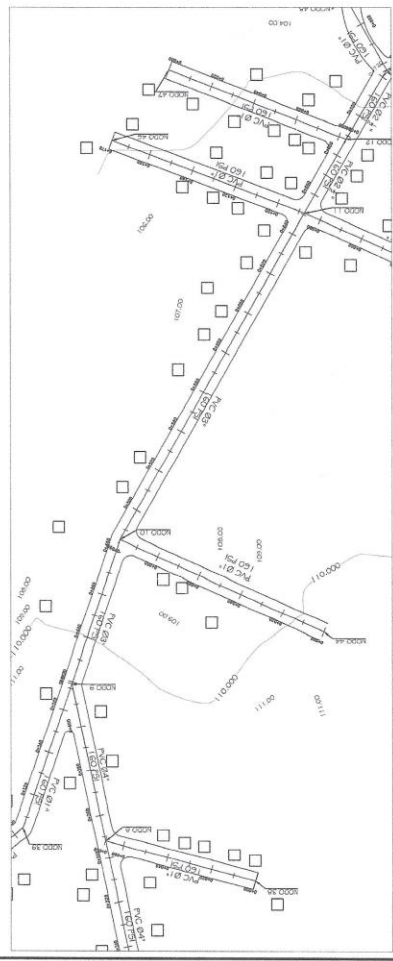
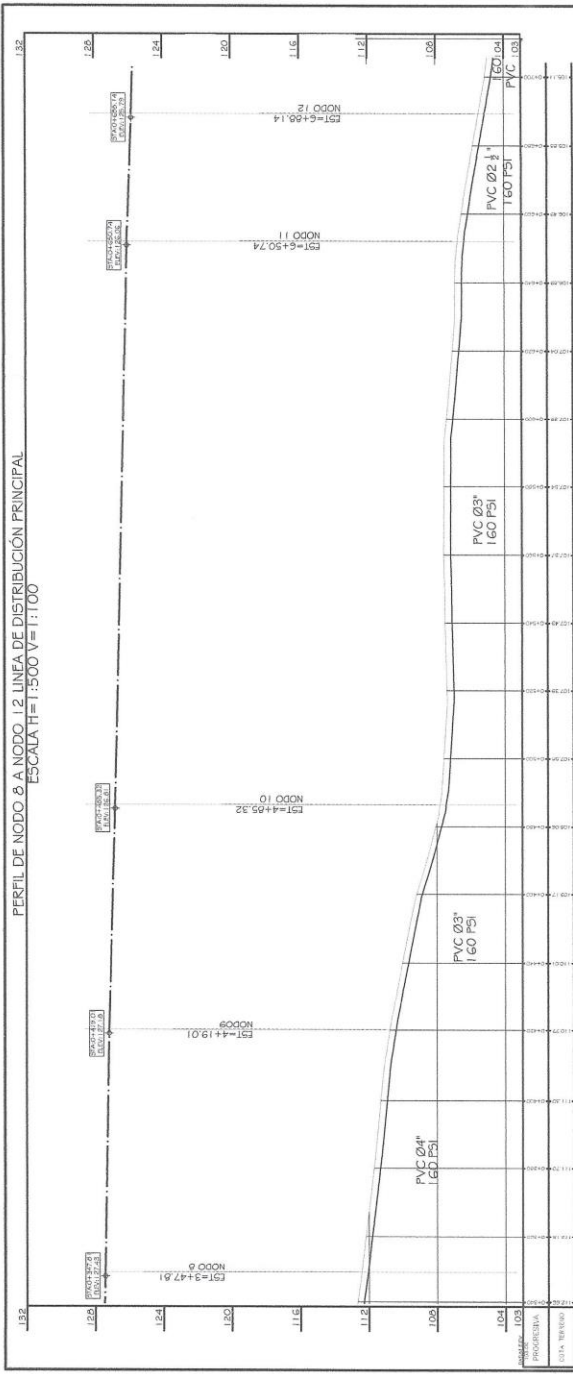
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.











**SIMBOLOGÍA PERFIL**

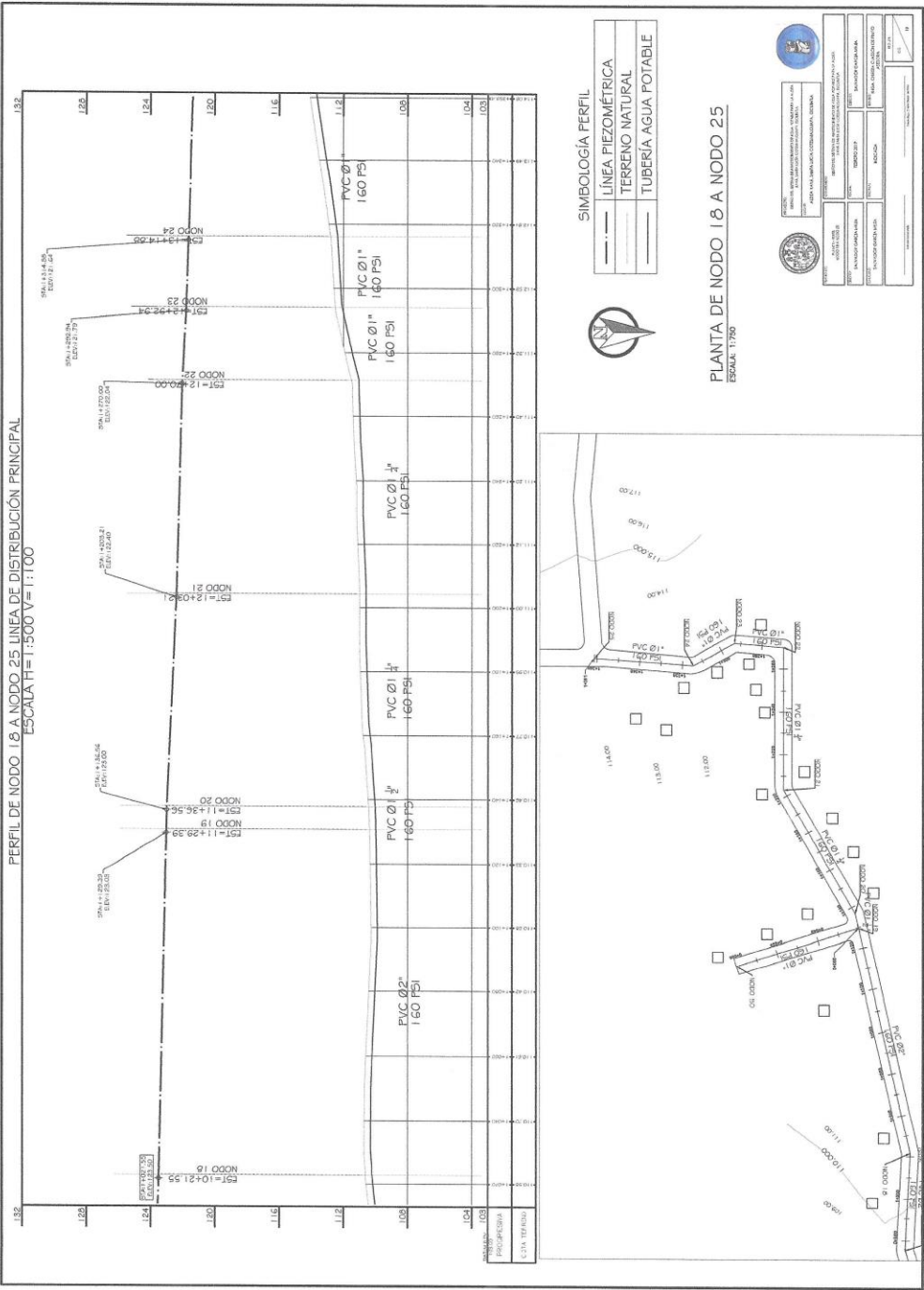
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA AGUA POTABLE



PLANTA DE NODO 8 A NODO 12  
ESCALA: 1:750

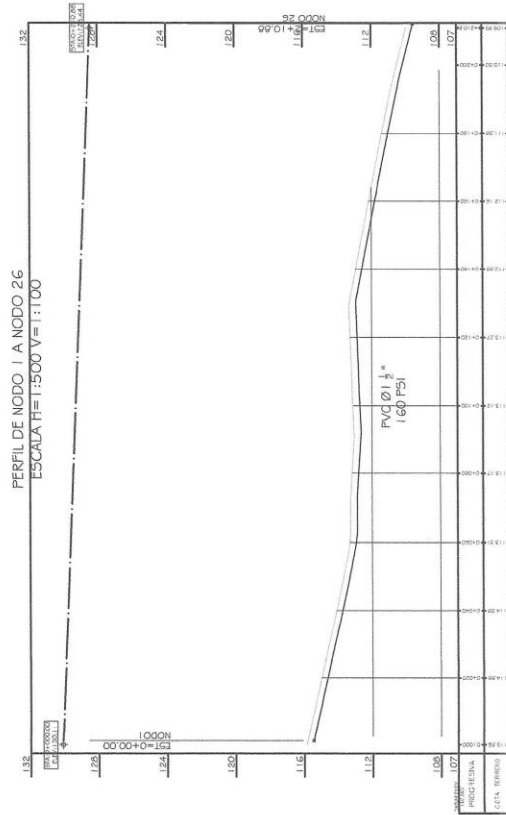
INSTITUTO DE AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS INSTITUTO DE AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS	
PROYECTO	PROYECTO DE AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS
FECHA	2020-07-01
PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA	ESCUELA DE INGENIERÍA EN AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADO
PROFESOR	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
ESTUDIANTE	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
GRUPO	01
FECHA DE ENTREGA	2020-07-01
FECHA DE RECEPCIÓN	2020-07-01
FECHA DE APROBACIÓN	2020-07-01



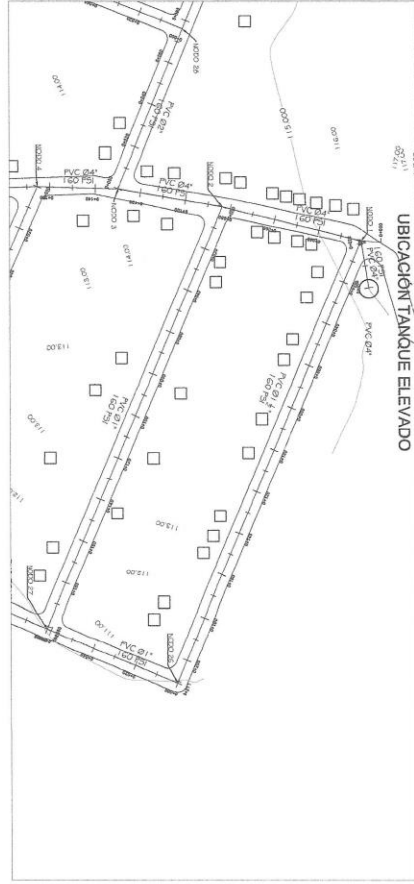
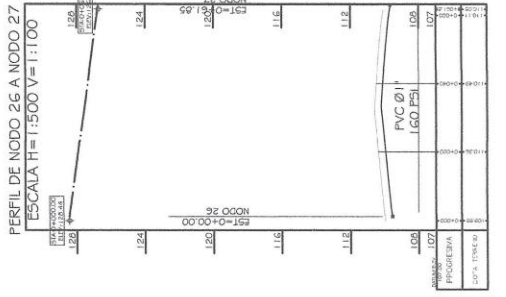




PERFIL DE NODO 26 A NODO 26  
ESCALA H=1:500 V=1:100



PERFIL DE NODO 26 A NODO 27  
ESCALA H=1:500 V=1:100





SIMBOLOGÍA PERFIL

---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
- - -	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA AGUA POTABLE

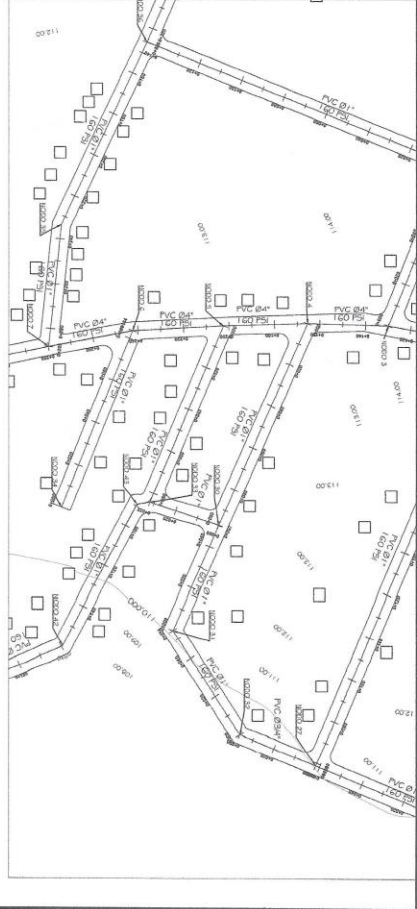
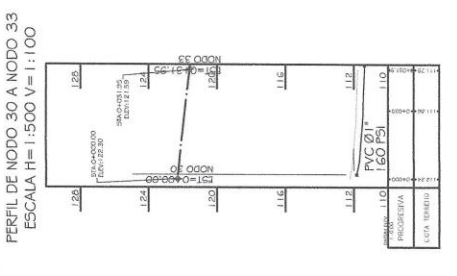
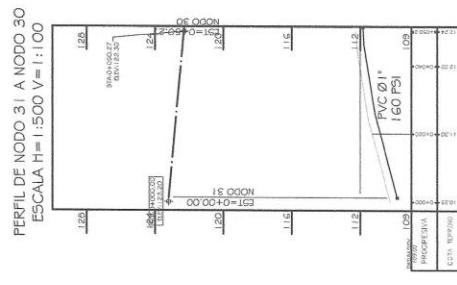
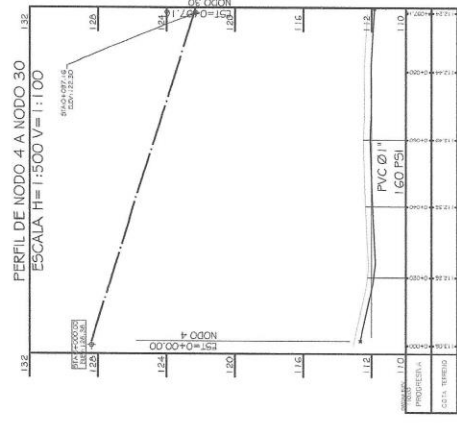


PLANTA DE NODO 1 A NODO 27  
ESCALA: 1:750

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA: ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	
TÍTULO:	PROYECTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE PARA EL NODO 1 A NODO 27
ALUMNO:	RODRIGO
PROFESOR:	RODRIGO
FECHA:	2023





SIMBOLOGÍA PERFIL

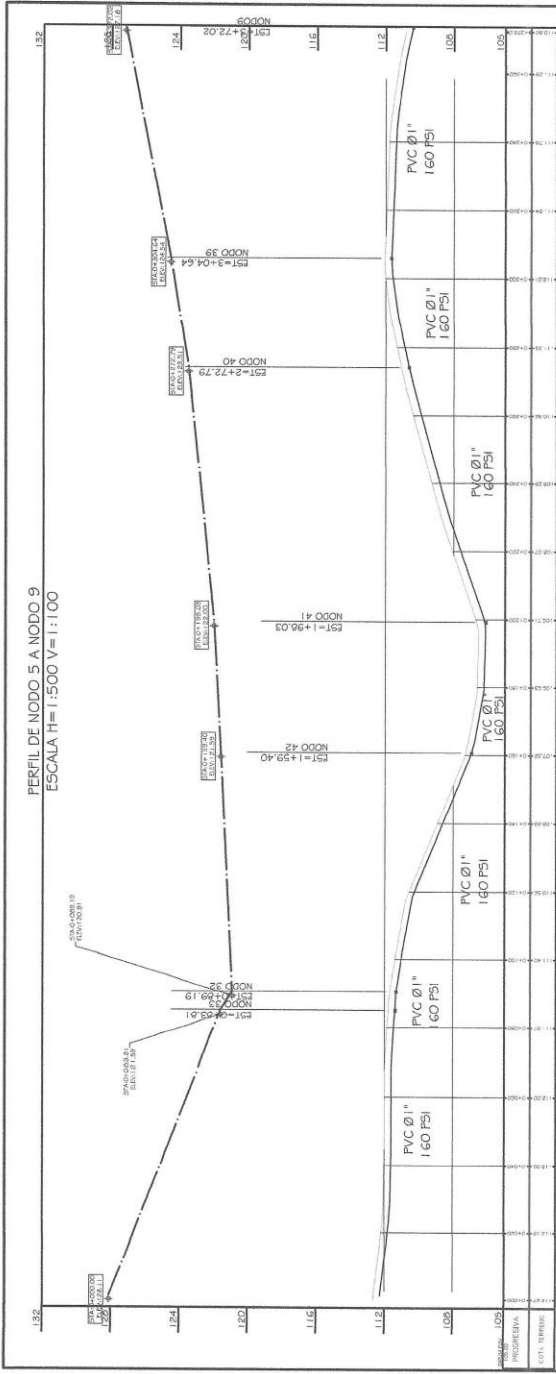
---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
- - -	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA AGUA POTABLE



PLANTA DE NODO 4 A NODO 33  
ESCALA 1:150

INSTITUCIÓN: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	
PROYECTO: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CARACAS	FECHA: 15/05/2024
PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO
PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO	PROYECTISTA: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y DE DESARROLLO TECNOLÓGICO



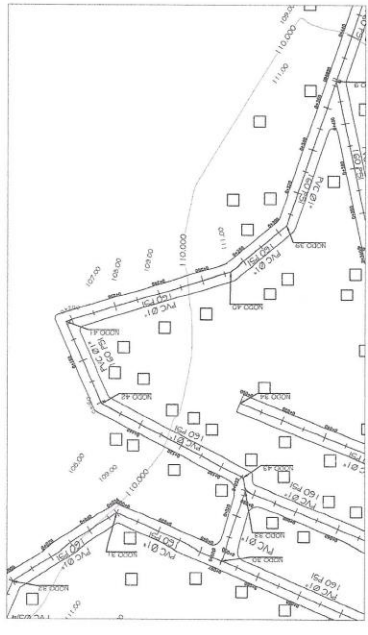


SIMBOLOGÍA PERFIL

---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA AGUA POTABLE

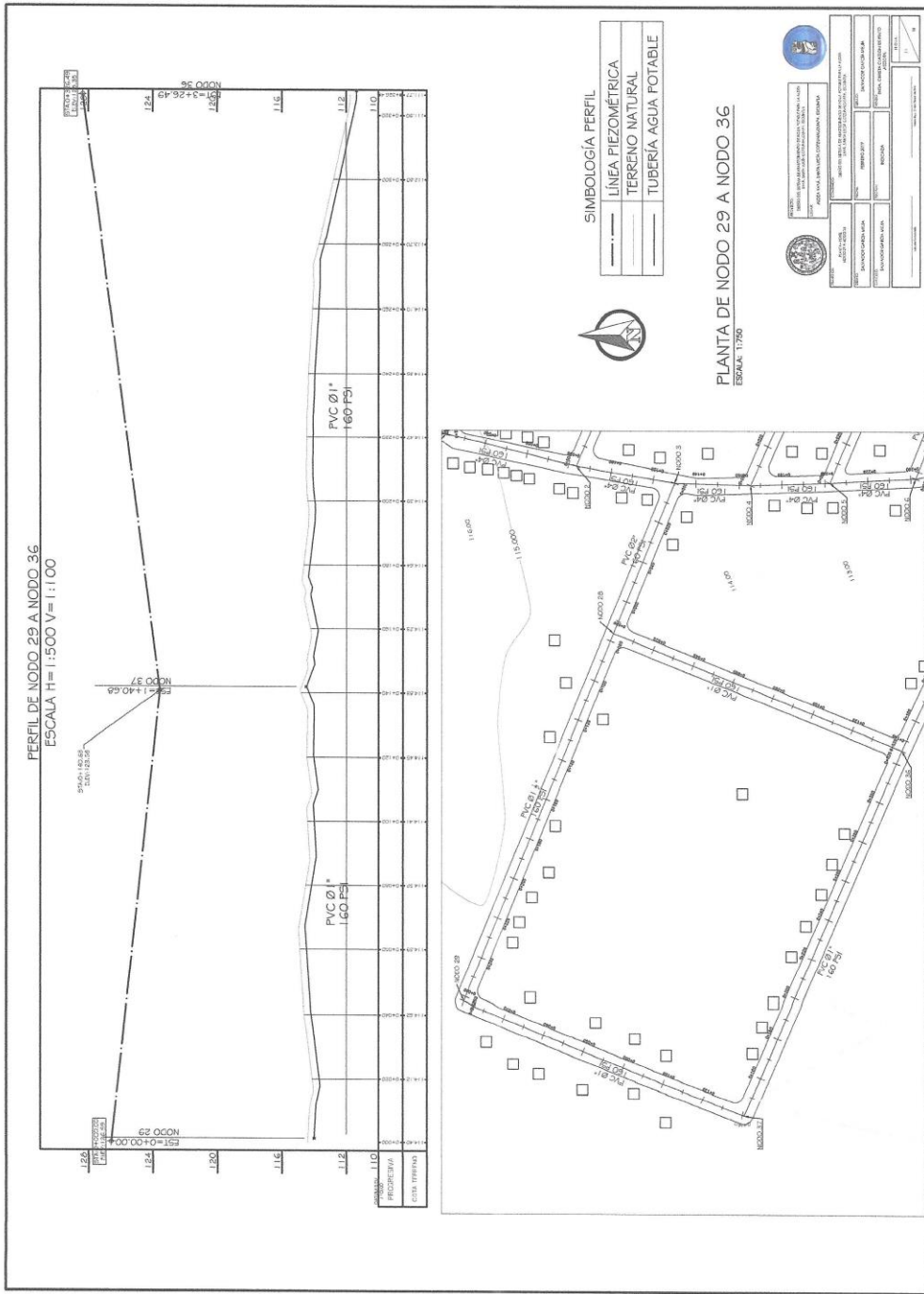


PLANTA DE NODO 5 A NODO 9  
ESCALA 1:750



INSTITUCIÓN: ... PROYECTO: ... PROGRAMA: ...	FECHA: ... ESCALA: ... TÍTULO: ...
DISEÑO: ... VERIFICADO: ... APROBADO: ...	AUTORIZADO: ... INGENIERO: ... INGENIERO: ...





PERFIL DE NODO 29 A NODO 36  
 ESCALA H=1:500 V=1:100

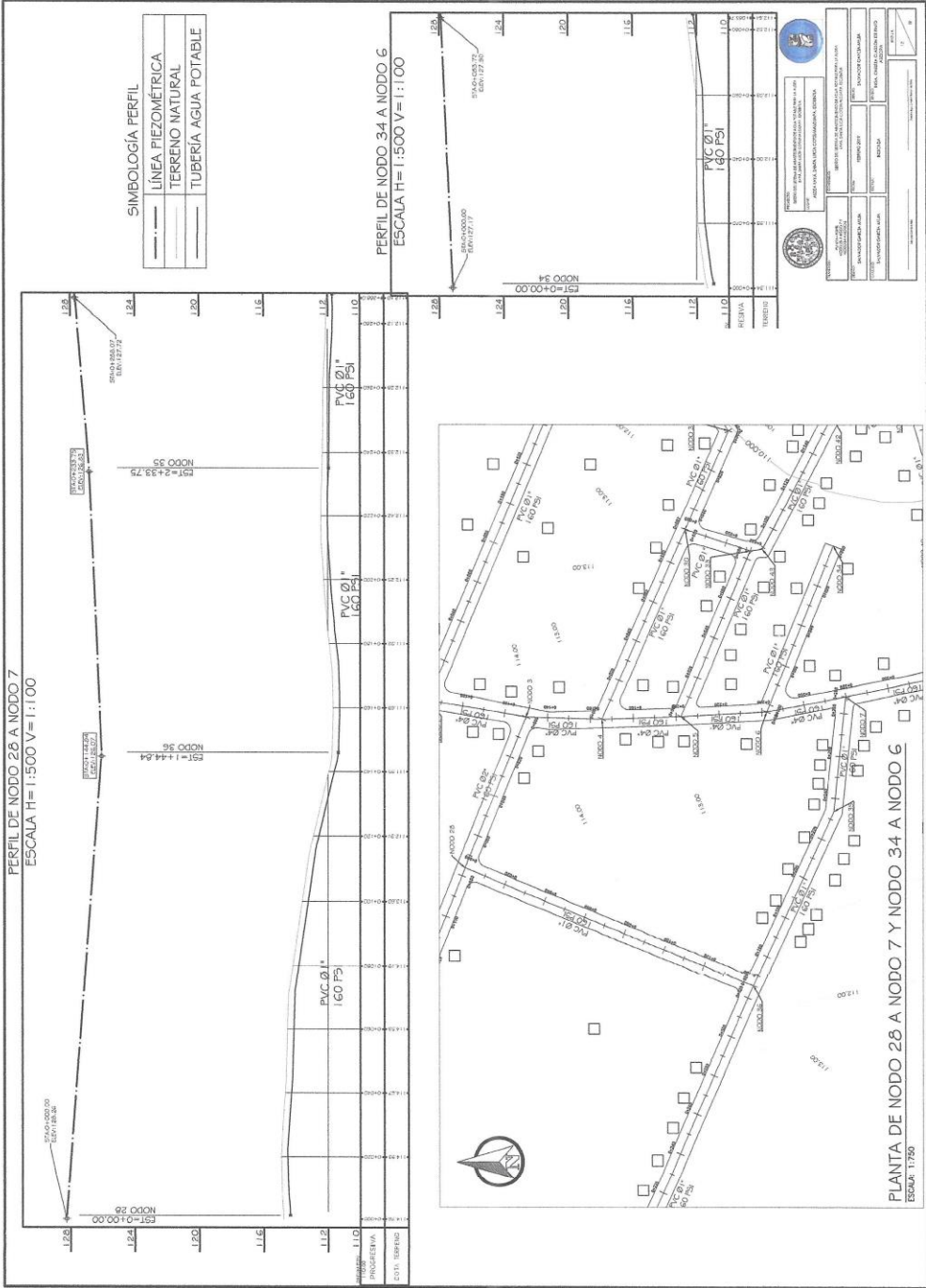
PLANTA DE NODO 29 A NODO 36  
 ESCALA 1:750

SIMBOLOGÍA PERFIL

---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
---	TERRENO NATURAL
---	TUBERÍA AGUA POTABLE



INSTITUCIÓN: INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS (IVIC)	
PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DE LA CIUDAD DE CARACAS	
FECHA: 15/05/2018	ESCALA: 1:750
AUTORES:	DISEÑO:
REVISIÓN:	APROBACIÓN:
TÍTULO:	NÚMERO:
FECHA DE EMISIÓN:	FECHA DE VIGENCIA:



PERFIL DE NODO 28 A NODO 7  
ESCALA H=1:500 V=1:100

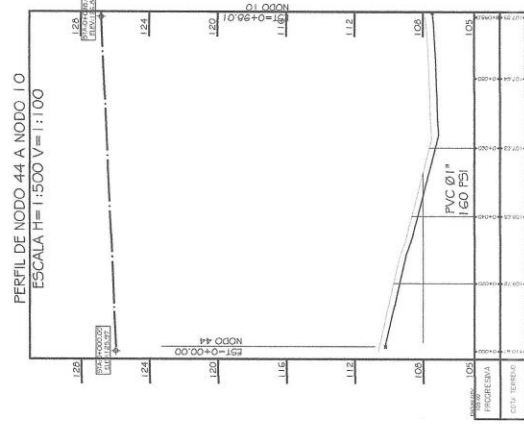
PERFIL DE NODO 34 A NODO 6  
ESCALA H=1:500 V=1:100

**SIMBOLOGÍA PERFIL**

	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA AGUA POTABLE

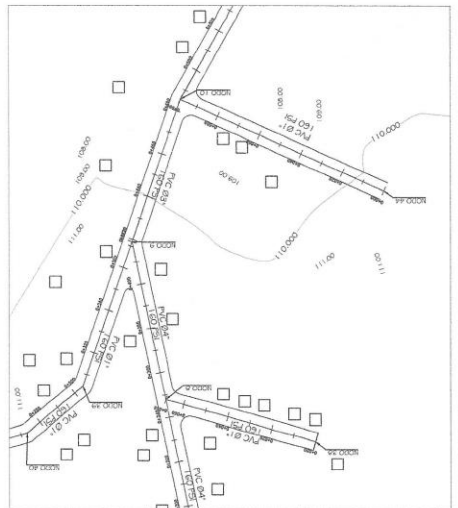
PLANTA DE NODO 28 A NODO 7 Y NODO 34 A NODO 6  
ESCALA: 1:750

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIVISIÓN DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA	
AUTOR:	INGENIERO EN CARRETERAS
TÍTULO:	TUBERÍA AGUA POTABLE
ESCALA:	1:750
FECHA:	15/05/2018
LUGAR:	CAROLINA
PROYECTO:	TUBERÍA AGUA POTABLE
NÚMERO DE PLAN:	11
TOTAL DE PLANOS:	11



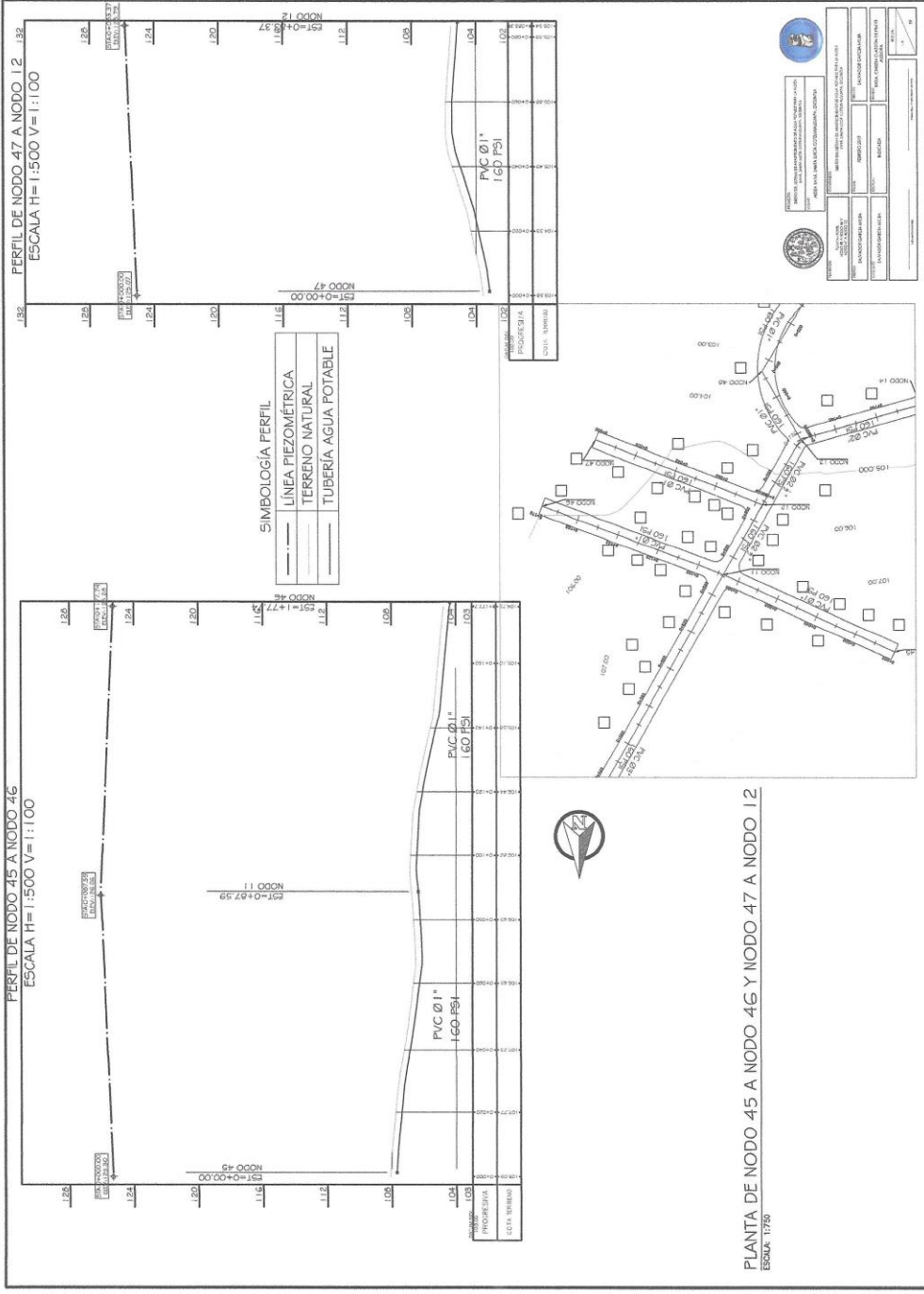
SIMBOLOGÍA PERFIL

---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
- - -	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA AGUA POTABLE



PLANTA DE NODO 36 A NODO 8 Y NODO 44 A NODO 10  
ESCALA: 1:750

PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN CUECA
FECHA	15/05/2018
PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN CUECA
FECHA	15/05/2018
PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCÍA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCÍA



PERFIL DE NODO 45 A NODO 46  
 ESCALA H= 1:500 V= 1:100

PERFIL DE NODO 47 A NODO 12  
 ESCALA H= 1:500 V= 1:100

SIMBOLOGÍA PERFIL

	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TERRENO NATURAL
	TUBERÍA AGUA POTABLE

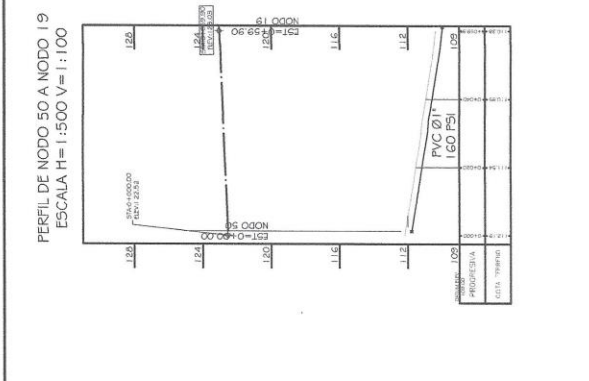
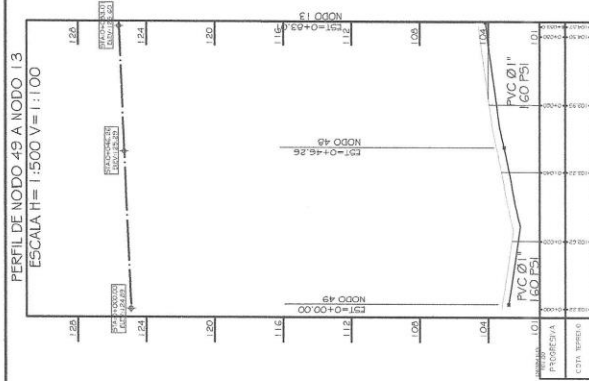
PLANTA DE NODO 45 A NODO 46 Y NODO 47 A NODO 12  
 ESCALA 1:750

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 IIVT  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

PROFESIONAL  
 NOMBRE: [Name]  
 NÚMERO: [Number]

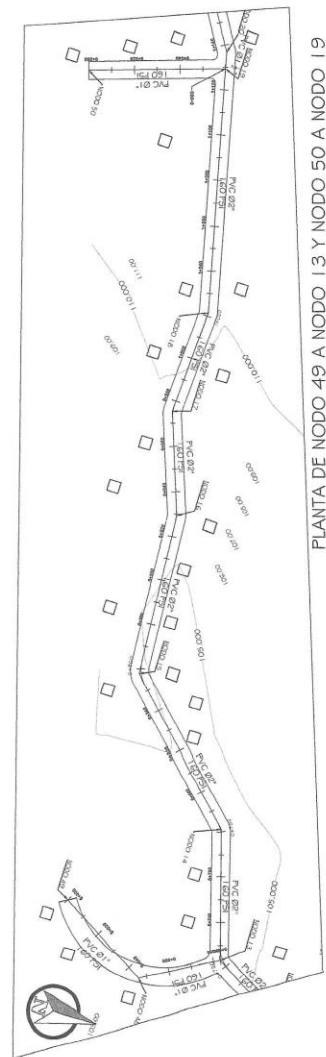
PROFESIONAL  
 NOMBRE: [Name]  
 NÚMERO: [Number]





SIMBOLOGÍA PERFIL

---	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
—	TERRENO NATURAL
—	TUBERÍA AGUA POTABLE



PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA DE SAN JOSÉ DE GUAYABAL

ACTIVIDAD: DISEÑO DE LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE

FECHA: 15/05/2018

PROYECTANTE: OSAP

DISEÑADOR: [Nombre]

REVISOR: [Nombre]

APROBADO: [Nombre]

ENCARGADO: [Nombre]

PROYECTO: [Nombre]

ACTIVIDAD: [Nombre]

FECHA: [Nombre]

PROYECTANTE: [Nombre]

DISEÑADOR: [Nombre]

REVISOR: [Nombre]

APROBADO: [Nombre]

ENCARGADO: [Nombre]











