



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD  
PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**

**Adrián Esteban Espinoza Abreu**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, febrero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD  
PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ADRIÁN ESTEBAN ESPINOZA ABREU**

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

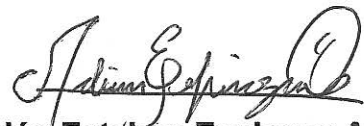
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Alan Geovani Cosillo Pinto
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD  
PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de abril de 2013.



**Adrián Estéban Espinoza Abreu**



Guatemala, 16 de octubre de 2014  
REF.EPS.DOC.1064.10.2014

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Adrián Esteban Espinoza Abreu** con carné No. **200714740**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO.**

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 del Rosario Classon de Pinto  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
CCdP/ra



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

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

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



Guatemala,  
27 de octubre de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Adrián Esteban Espinoza Abreu, con Carnet No. 200714740, 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,

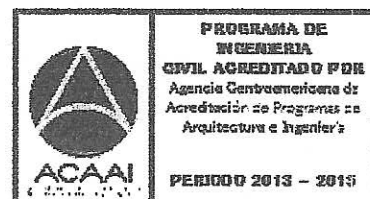
DIRIGIDA A TODOS LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA USAC



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

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 29 de octubre de 2014

Ref.EPS.D.630.10.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Adrián Esteban Espinoza Abreu, carné 200714740**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





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

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Christa del Rosario Classon de Pinto y Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Adrián Esteban Espinoza Abreu, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

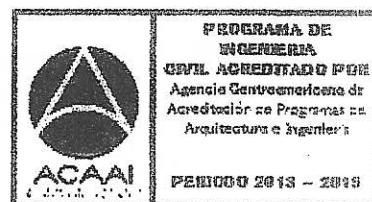
  
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2015.

/bbdeb.

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







El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario: **Adrián Esteban Espinoza Abreu**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 17 de febrero de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por estar conmigo en todo momento, darme sabiduría, dirección a mi vida, fuerza para vencer obstáculos, protegerme y permitirme lograr este triunfo para poder iniciar otra etapa en mi vida.

### **Mis padres**

Alba Abreu Tabarini y Carlos Espinoza Polanco, porque son el apoyo que siempre necesito para seguir adelante; este logro es de ustedes más que mío y no hubiera sido posible sin su amor y esfuerzo; que esto sea una mínima recompensa, muchas gracias.

### **Mi hermana**

Marié Andreé Espinoza Abreu, por todo el apoyo incondicional otorgado en este arduo proceso.

### **Mis abuelas**

Alba Tabarini y Concepción Polanco, por ser ejemplo y motivación.

### **Mis tíos y primos**

Por su aprecio y el apoyo que siempre me han manifestado, comparto este triunfo y orgullo.

**Mis amigos y  
compañeros**

Personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo, por sus consejos, apoyo, ayuda y el cariño incondicional que me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Por estar conmigo en todo momento, darme sabiduría, dirección a mi vida, fuerza para vencer obstáculos, protegerme y permitirme lograr este triunfo para poder iniciar otra etapa de mi vida.

### **Mis padres**

Alba Abreu Tabarini y Carlos Espinoza Polanco, por haber confiado en mí, por sus múltiples sacrificios, paciencia, ayuda incondicional, instrucción, apoyo, amor, esperanza que me brindaron en todo momento, a ellos por ser un ejemplo a seguir y dignos de mi admiración, dedico este triunfo alcanzado.

### **Mi hermana**

Marié Andreé Espinoza Abreu, con mucho cariño y aprecio, por esos momentos compartidos, tu apoyo y comprensión. Que mi triunfo sea un ejemplo y no desfallezcas ante nada.

### **Mis abuelas**

Alba Tabarini y Concepción Polanco, por su gran amor, sus consejos, su ejemplo e inculcarme espíritu de lucha, las llevo siempre en mi corazón.

**Mis tíos**

Hamilton Abreu, Kira de Abreu, Francia de Corzo, Jorge Corzo, Alvin Abreu y Lili de Abreu, por su apoyo y cariño incondicional.

**Mis primos**

Israel Corzo, David Corzo, Karin Abreu, Jennifer Abreu y Kimberly Abreu, por ese calor de hermanos que siempre me han brindado.

**Mis amigos y  
compañeros**

Giovanni Castillo, Eduardo Nuñez, José Nuñez, Diego Yalibath, Luis Fernando de León, Barry Velásquez, Brian Velásquez, Roberto Sampuel, Josué Utrera, Julio Linares, Carlos García, Diego Biegansky, Daniel Piedrasanta, Sergio Cetino, Héctor Rivera, Ania Miranda, Andrea Vásquez, Ana Cristina Hernández, Herta Juarez, María Isabel Gallardo, Ana Lucía Dubón, Ana Gabriela Dubón, Luisa Morales, Ana Paula Oxom, Ana Lucía Valladares, y a todos aquellos que han estado conmigo en las buenas y en las malas, contribuyendo con sus conocimientos y consejos para alcanzar este triunfo.

**Inga. Christa Classon**

Por su valioso tiempo, apoyo técnico y profesional y por su asesoría al presente trabajo de graduación.

**La Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por haberme dado la oportunidad de ingresar, en especial a la Facultad de Ingeniería por expandir mis conocimientos científicos, técnicos y éticos.

**La Municipalidad de San  
Antonio la Paz**

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones, en especial a los miembros de la Oficina Municipal de Planificación por su apoyo y amistad.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Solución.....	1
1.3. Extensión territorial y ubicación geográfica .....	2
1.4. Clima .....	4
1.5. Historia .....	4
1.6. Población.....	5
1.6.1. Población por edad.....	5
1.6.2. Población por grupo étnico .....	6
1.6.3. Densidad poblacional .....	6
1.7. Actividad productiva.....	7
1.7.1. Producción agrícola .....	7
1.7.2. Producción pecuaria.....	8
1.7.3. Obtención de ingresos familiares.....	8
1.8. Servicios públicos .....	9
1.8.1. Educación.....	9
1.8.2. Comunicación .....	10
1.8.3. Salud .....	12



1.8.4.	Agua potable .....	12
1.8.5.	Saneamiento .....	13
1.8.6.	Energía eléctrica .....	13
1.8.7.	Uso del suelo.....	13
2.	PARÁMETROS DE DISEÑO .....	15
2.1.	Estudio de población .....	15
2.1.1.	Población actual .....	15
2.1.2.	Población futura .....	16
2.1.3.	Método de estudio de población.....	16
2.2.	Factores de diseño.....	16
2.2.1.	Factor de Día Máximo y Factor de Hora Máxima. ...	17
2.2.2.	Período de diseño .....	17
2.2.3.	Población de diseño .....	17
2.2.4.	Caudal de aforo.....	17
2.2.5.	Dotación .....	18
2.2.6.	Análisis de la calidad del agua .....	19
2.3.	Levantamiento topográfico .....	19
2.3.1.	Planimetría .....	20
2.3.2.	Altimetría .....	21
2.4.	Especificaciones técnicas .....	22
2.4.1.	Renglones de trabajo a considerar.....	22
2.4.2.	Descripción del trabajo de instalación de tubería ....	27
3.	BASES DE DISEÑO .....	43
3.1.	Diseño del sistema.....	43
3.1.1.	Demanda de agua.....	43
3.1.2.	Caudal medio diario .....	43
3.1.3.	Caudal máximo diario.....	44

3.1.4.	Caudal máximo horario.....	45
3.2.	Captación .....	46
3.2.1.	Aforos de agua .....	46
3.2.2.	Tipo de captación .....	47
3.3.	Cálculo hidráulico .....	48
3.3.1.	Línea de conducción.....	48
3.3.2.	Presión estática .....	49
3.3.3.	Presión dinámica .....	50
3.3.4.	Línea de distribución.....	50
3.3.5.	Volumen del tanque de distribución.....	52
3.3.6.	Diseño del tanque de distribución.....	53
3.3.7.	Diseño de vertederos de caja distribuidora de caudales .....	67
3.3.8.	Desinfección .....	70
4.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	73
5.	CRONOGRAMA DE INVERSIÓN Y EJECUCIÓN .....	75
6.	PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	77
6.1.	Operación del sistema .....	79
6.2.	Mantenimiento del sistema .....	82
6.3.	Gastos de mantenimiento.....	89
6.4.	Gastos de operación.....	90
6.4.1.	Gastos de desinfección .....	90
6.4.2.	Gastos operativos.....	91
6.4.3.	Gastos administrativos .....	91
6.5.	Tarifa propuesta.....	91
6.5.1.	Tipos de tarifa .....	92

6.5.2.	Inflación .....	93
6.5.3.	Cálculo de tarifa propuesta.....	93
6.5.4.	Tarifa de una nueva conexión domiciliaria .....	95
6.5.5.	Reinstalación del servicio .....	95
7.	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA .....	97
7.1.	Valor Presente Neto (VPN) .....	98
7.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	100
8.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	101
8.1.	Impactos ambientales .....	101
8.2.	Plan de mitigación .....	102
	CONCLUSIONES .....	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICES.....	113
	ANEXOS.....	123

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Macrolocalización (municipio de San Antonio La Paz).....	2
2.	Microlocalización (aldea El Soyate) .....	3
3.	Foto aérea de la aldea El Soyate .....	3
4.	Pirámide poblacional por edades 2013 .....	5
5.	Pirámide poblacional por grupos étnicos.....	6
6.	Vía de acceso a la aldea El Soyate.....	11
7.	Ampliación de vía de acceso a la aldea El Soyate .....	11
8.	Armado de losa del tanque de distribución .....	60
9.	Corte de muro del tanque de distribución.....	62
10.	Vertederos de caja distribuidora de caudales .....	70

### TABLAS

I.	Producción agrícola .....	7
II.	Producción pecuaria .....	8
III.	Alumnos por grado.....	10
IV.	Aforo de la fuente.....	47
V.	Cargas y momentos sobre muro de tanque .....	65
VI.	Presupuesto final del proyecto .....	73
VII.	Cronograma de inversión y ejecución .....	75
VIII.	Tarifa propuesta .....	94
IX.	Ajuste de tarifa .....	94



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>hf</b>	Altura del tanque de distribución bajo tierra
<b>H</b>	Altura hasta donde se encuentra el agua
<b>Ø</b>	Ángulo de fricción interna del suelo
<b>B</b>	Ángulo de inclinación del terreno con relación a la horizontal.
<b>α</b>	Ángulo vertical
<b>n</b>	Años transcurridos
<b>As<sub>min</sub></b>	Área de acero mínimo
<b>At</b>	Área tributaria en losa
<b>B</b>	Base del muro del tanque de distribución
<b>W</b>	Carga
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>CU<sub>LM</sub></b>	Carga última de losa sobre muros
<b>CU<sub>VM</sub></b>	Carga última de vigas sobre muros
<b>CU</b>	Carga última
<b>CUM</b>	Carga última sobre los muros
<b>CUT</b>	Carga última total
<b>CV</b>	Carga viva
<b>CVU</b>	Carga viva última
<b>Q<sub>D</sub></b>	Caudal de diseño del tramo
<b>Q</b>	Caudal de la fuente
<b>Qs</b>	Caudal de uso simultáneo

<b>Qc</b>	Caudal máximo diario o caudal de conducción
<b>Qd</b>	Caudal máximo horario o caudal de distribución
<b>Q<sub>m</sub></b>	Caudal medio diario
<b>Q<sub>req</sub></b>	Caudal requerido por la población
<b>Q<sub>u</sub></b>	Caudal unitario
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>T<sub>c</sub></b>	Cobro de tarifa
<b>T<sub>a</sub></b>	Cobro de tarifa anual
<b>kd</b>	Coefficiente de deslizamiento
<b>C</b>	Coefficiente de rugosidad de tubería
<b>K<sub>a</sub></b>	Constante de Rankine
<b>k</b>	Constante que tiene el valor de 0,15
<b>CT<sub>proyecto</sub></b>	Costo total del proyecto
<b>ρ</b>	Densidad del agua
<b>D</b>	Diámetro interno de tubería
<b>Δh</b>	Diferencia de lectura entre hilo superior e inferior
<b>DN</b>	Diferencia de nivel entre dos puntos
<b><math>\bar{X}</math></b>	Distancia hacia centro de masa
<b>DH</b>	Distancia horizontal entre dos puntos
<b>Dot</b>	Dotación
<b>S</b>	Espaciamiento del acero dentro del concreto
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>e</b>	Excentricidad
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>Ø<sub>r</sub></b>	Factor de reducción de resistencia
<b>FS<sub>d</sub></b>	Factor de seguridad al deslizamiento
<b>FS<sub>v</sub></b>	Factor de seguridad al volteo
<b>FV</b>	Factor de volumen del tanque de distribución

<b>FU</b>	Franja unitaria
<b>G<sub>m.m</sub></b>	Gasto de mantenimiento mensual
<b>G<sub>adm</sub></b>	Gastos de administración
<b>G<sub>des</sub></b>	Gastos de desinfección
<b>G<sub>moa</sub></b>	Gastos de mantenimiento y operación anuales
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>I</b>	Inflación
<b>b</b>	Lado mayor de la losa
<b>a</b>	Lado menor de la losa
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l/alumno/día</b>	Litros por alumno al día
<b>l/habitante/día</b>	Litros por habitante al día
<b>l/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>L</b>	Longitud de tubería
<b>mca</b>	Metro columna de agua
<b>M<sub>v</sub></b>	Momento a volteo
<b>M<sub>a</sub></b>	Momento de lado corto de la losa
<b>M<sub>b</sub></b>	Momento de lado corto de la losa
<b>M</b>	Momento
<b>M<sub>Asmin</sub></b>	Momento usando el acero mínimo
<b>n<sub>p</sub></b>	Número de viviendas abastecidas por el proyecto
<b>n<sub>v</sub></b>	Número de viviendas del tramo
<b>d</b>	Peralte efectivo de un elemento estructural
<b>Hf</b>	Pérdida de carga
<b>W<sub>acabados</sub></b>	Peso de los acabados
<b>γ<sub>conc</sub></b>	Peso específico del concreto
<b>γ<sub>cc</sub></b>	Peso volumétrico del concreto ciclópeo
<b>γ<sub>s</sub></b>	Peso volumétrico del suelo
<b>Pf</b>	Población futura



<b>P<sub>o</sub></b>	Población inicial
<b>P<sub>a</sub></b>	Presión activa en el suelo
<b>q<sub>ad</sub></b>	Presión admisible del terreno
<b>q<sub>t</sub></b>	Presión en el talón del muro del tanque de distribución.
<b>q<sub>p</sub></b>	Presión en la punta del muro del tanque de distribución.
<b>P</b>	Presión estática
<b>f<sub>y</sub></b>	Resistencia del acero
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>r</b>	Tasa de crecimiento
<b>i</b>	Tasa de interés
<b>T</b>	Tiempo en que se llena el recipiente de aforo
<b>VP</b>	Valor Presente
<b>VPN</b>	Valor Presente Neto
<b>V</b>	Volumen del recipiente para aforar
<b>V<sub>T.D.</sub></b>	Volumen del tanque de distribución

## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales. Evita grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto.
<b>Aforo</b>	Operación que consiste en medir un caudal de agua; es la producción de una fuente.
<b>Agua potable</b>	Agua que es sanitariamente segura, que debe ser además, inodora, insípida, incolora y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos de un terreno o construcción.
<b>ASPT</b>	Estándares Americanos para Pruebas de Tuberías.
<b>ASTM</b>	Estándares Americanos para Pruebas de Materiales.
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente. Su rango varía de 0 a 360 grados.

<b>Bases de diseño</b>	Bases técnicas adoptadas para el diseño del proyecto.
<b><i>By-pass</i></b>	Derivación de la tubería que se instala para no interrumpir el flujo de agua cuando una estructura del acueducto no se encuentra en funcionamiento, es decir, que pasa en forma directa.
<b>Caja rompe presión</b>	Estructura que permite disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños a la tubería.
<b>Calidad de agua</b>	Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin riesgos para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor.
<b>Captación</b>	Estructura por la cual se colecta agua de una fuente.
<b>Carga muerta</b>	Peso constante soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el peso propio.
<b>Carga viva</b>	Peso variable dado por el uso de una estructura, muebles, maquinaria móvil y otros, el cual es soportado por el elemento.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.

<b>Caudal máximo diario</b>	El máximo consumo de agua durante 24 horas observado durante un año.
<b>Caudal máximo horario</b>	El máximo consumo en una hora del día de máximo consumo de un año.
<b>Caudal medio diario</b>	Es el promedio de los consumos diarios observados en el período de un año.
<b>Cloración</b>	Aplicación de cloro con fines de desinfección.
<b>Clorador</b>	Dispositivo para aplicación de cloro.
<b>Cloro residual</b>	Es la cantidad total de cloro que queda en el agua después de un período de contacto definido.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto de terreno, referido a un nivel determinado.
<b>Cota piezométrica</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución, es decir, la que alcanzaría una columna de agua si en dicho punto se colocara un manómetro.
<b>Desinfección</b>	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua mediante procesos químicos.

<b>Dotación</b>	Cantidad de agua necesaria para cubrir el consumo requerido por una persona.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de fuerza por unidad de área.
<b>Especificaciones</b>	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales. De acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>Línea de conducción</b>	Es la tubería que transporta el agua, desde el punto de captación hasta el reservorio tanque.
<b>Línea de distribución</b>	Es la tubería que transporta el agua, desde el tanque de distribución a la red de distribución, que finalmente llega a los usuarios por conexiones domiciliarias.
<b>Momento</b>	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
<b>NSF</b>	Fundación Nacional de Salubridad.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>Pérdida de carga</b>	Es la pérdida de presión en la tubería, debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua.

<b>Perfil</b>	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con-una-eficiencia-aceptable.
<b>Planimetría</b>	Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación, que puede ser el norte magnético o astronómico, y partiendo de él, conocer la orientación de los puntos que definen el terreno en estudio.
<b>Presión</b>	Fuerza ejercida sobre un área determinada.
<b>Tanque de distribución</b>	Unidad destinada a compensar las variaciones horarias de caudal y garantizar la alimentación la red de distribución.
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno.
<b>Topografía</b>	Parte de la geodesia que tiene por objetivo representar el terreno en el cual se trabaja sobre papel de la manera más exacta posible. Los gráficos que representan un terreno se llaman planos topográficos; y el conjunto de operaciones que se realizan para ejecutarlos, levantamiento topográfico.

<b>Tramo</b>	Longitud comprendida entre dos puntos de una tubería.
<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora de Proyectos para Acueductos Rurales.
<b>Uniones</b>	Accesorios que sirven para enlazar o juntar dos tramos de tubería.
<b>Válvula de aire</b>	Válvula para eliminar el aire existente en las tuberías. Se ubican en los puntos altos de la línea.
<b>Válvula de limpieza</b>	Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red o conducción para eliminar la acumulación de sedimentos.

## RESUMEN

La aldea El Soyate está ubicada dentro del municipio de San Antonio La Paz, a 4,5 kilómetros de la cabecera municipal, en el departamento de El Progreso. Los pobladores de la cabecera municipal han manifestado, dentro de sus prioridades, el reemplazo de la línea de conducción existente, y a su vez un sistema de abastecimiento adecuado para esta aldea.

El descontento surgió debido a que los habitantes de este lugar, al no ser considerados dentro del diseño original del sistema, se conectaron a la línea de conducción que abastecía únicamente a la cabecera municipal, lo cual produjo problemas en el saneamiento e higiene de la misma.

Como solución al problema se planteó un proyecto que consiste en redistribuir el recurso de una manera equitativa para ambas comunidades. Esto se pretende lograr a través del reemplazo de la línea de conducción existente y del diseño y construcción de una caja distribuidora de caudales, que reparta el caudal de forma proporcional a la demanda de cada población.

Luego de dividir el caudal, este se llevará a dos distintos tanques de distribución, uno ya existente (el de la cabecera municipal) y uno que se construirá exclusivamente para la aldea El Soyate. De este tanque saldrá una línea de distribución, la cual se encargará de llevar el recurso hídrico a los habitantes de la aldea y repartirlo a través de una red de ramales abiertos, debido a la dispersión de las viviendas.



En el presente documento, además de lo descrito anteriormente, también se presentará el presupuesto del proyecto, el cronograma de ejecución e inversión, y un manual de mantenimiento y operación para que el proyecto pueda ser aprovechado de forma correcta por los pobladores de la aldea El Soyate durante la proyección de 21 años de vida útil.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Soyate, San Antonio La Paz, El Progreso.

### **Específicos**

1. Efectuar un diagnóstico de la necesidad de un sistema de abastecimiento para la aldea El Soyate, por medio de una investigación e inspección del área.
2. Hacer evidentes los beneficios que la población de la aldea alcanzará al ser ejecutado y puesto en marcha el sistema de abastecimiento de agua potable propuesto.
3. Crear un manual adecuado de operación y mantenimiento para el sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea El Soyate.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los países más ricos en recursos hídricos en el continente americano; sin embargo, no toda su población tiene la oportunidad de contar con un servicio de agua potable constante y confiable. El municipio San Antonio La Paz, en el departamento de El Progreso es un ejemplo de este problema, ya que tiene el recurso hídrico, pero no se ha podido aprovechar de la mejor manera, ya sea por la falta de planificación o de presupuesto.

Este proyecto se plantea debido a varias razones: es trascendental, constituye un resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y porque se logró plantear gracias a la ayuda de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

Actualmente, incluso en parte de la misma cabecera municipal, se han tenido problemas con la red de distribución de agua potable. La red ya ha sobrepasado su período de diseño y los pobladores de la aldea El Soyate han hecho una gran cantidad de conexiones en la línea de conducción. Esto ha provocado que el recurso sea escaso y no se distribuya de forma adecuada para ambas comunidades.

El proyecto propuesto consiste en hacer una redistribución del recurso hídrico para el beneficio tanto de la cabecera municipal como de la aldea El Soyate, por lo que se pretende remplazar la línea existente de conducción hacia la cabecera municipal por una nueva, e introducir un sistema de distribución aparte, para la aldea.

En el presente documento se podrá encontrar el análisis, cálculo, diseño, presupuesto, tiempo de ejecución y un manual de operación y mantenimiento del proyecto, el cual logrará satisfacer la necesidad común que se identificó en estas dos comunidades.

# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Planteamiento del problema**

Parte de la cabecera municipal de San Antonio La Paz, desde hace más de 35 años, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que sale de la fuente, conocida por los pobladores como El Tular. Esta se encuentra ubicada cerca de la aldea El Soyate.

En sus inicios el sistema funcionó muy bien, pero debido a que la línea de conducción atraviesa la aldea mencionada anteriormente y los habitantes se han conectado a la línea provocando así que no llegue el agua necesaria al tanque de distribución que abastece a parte de la cabecera municipal.

Esto ha provocado el descontento de los originales usuarios del sistema e incluso dentro de los mismos habitantes de la aldea El Soyate, ya que aunque el recurso si está disponible, no se ha aprovechado de la manera adecuada.

## **1.2. Solución**

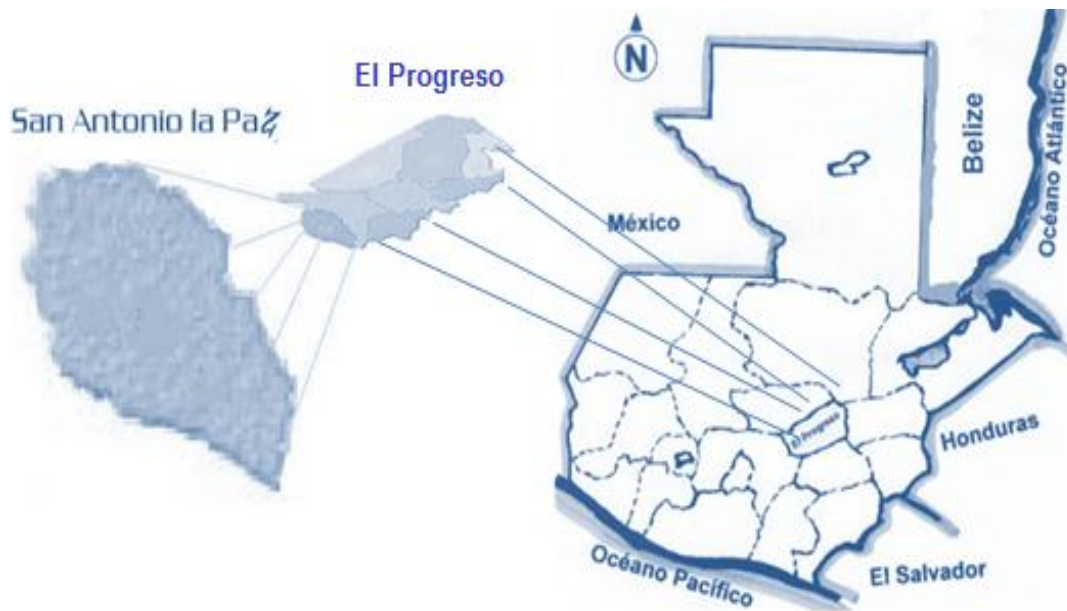
Para que tanto, los habitantes de la aldea el Soyate, como los de la cabecera municipal, puedan disponer del recurso hídrico, se debe reemplazar toda la tubería del sistema actual. Ya que esta rebasó su período de diseño. También se debe hacer una caja distribuidora de caudales, de la que salgan dos líneas de conducción.

Una de las líneas debe salir hacia un nuevo tanque de distribución para la aldea El Soyate y la otra, hacia el tanque existente que abastece a una parte de la cabecera, el cual se encuentra en buen estado.

### 1.3. Extensión territorial y ubicación geográfica

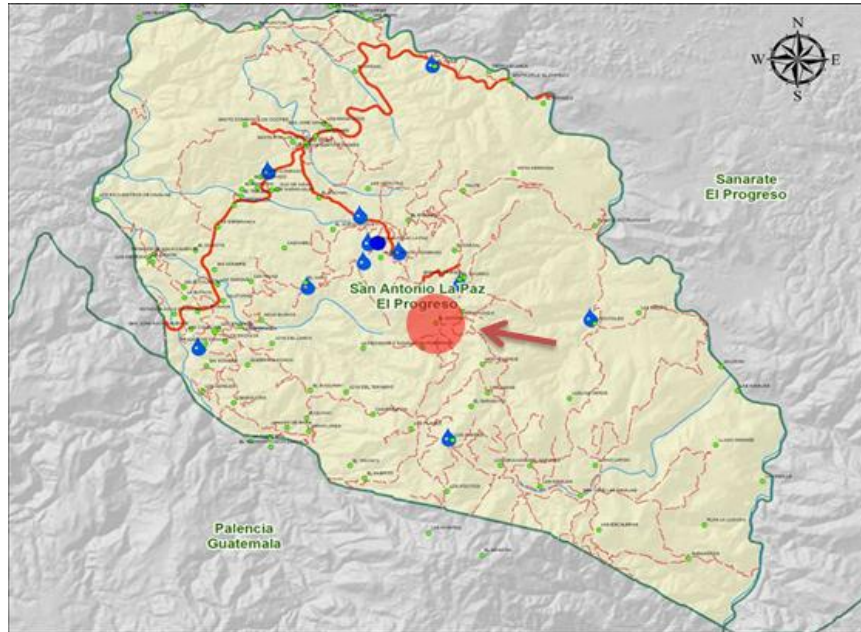
La aldea el Soyate se encuentra a una altura aproximada de 1 350 metros sobre el nivel del mar, a 4,5 kilómetros de distancia al sureste de la cabecera municipal, y a 45,5 kilómetros de la capital, según el Plan de Desarrollo Municipal vigente (PDM 2010-2025). Sus coordenadas geográficas son latitud 14° 44'13" y longitud 90° 16'23".

Figura 1. **Macrolocalización (municipio de San Antonio La Paz)**



Fuente: Plan de desarrollo San Antonio La Paz, El Progreso (2011-2025).

Figura 2. **Microlocalización (aldea El Soyate)**



Fuente: Plan de desarrollo San Antonio La Paz, El Progreso (2011-2025).

Figura 3. **Foto aérea de la aldea El Soyate**



Fuente: Google Earth. Consulta: 24 de enero del 2014.



#### **1.4. Clima**

La aldea El Soyate posee un clima templado frío con un promedio de lluvia anual de 750 milímetros por metros cuadrados. Su temperatura promedio es de 27 grados Celsius, con una mínima de 12 grados Celsius y una máxima de 34 grados Celsius, temperaturas alcanzadas durante los meses de enero y agosto.

#### **1.5. Historia**

Según los pobladores, la aldea tiene más de un siglo desde su fundación. Esta en sus principios fue una finca con el nombre de Finca El Soyate, la cual pertenecía al señor José María del Cid, fundador de la aldea, y quien decidió conservar el mismo nombre para esta.

La finca en ese entonces no poseía vías de comunicación, servicios, iglesia, o escuela. No fue sino hasta 1960, ya como aldea, que se hizo el primer camino, y en 1972 que se introdujo la luz. En 1983, se fundó la escuela, con ayuda de Reconstrucción Nacional, quienes pusieron los materiales de construcción, y la aldea puso la mano de obra. En 1994, un español llamado Lorenzo González fundó la iglesia y donó los materiales, con la condición de que la aldea proveyera la mano de obra.

Desde sus inicios como finca, y ahora como aldea, ha tenido mucha vegetación, bosques. Ha servido para la crianza de ganado y se ha cultivado caña en grandes cantidades.

Siempre ha contado con agua para sus habitantes, la cual actualmente proviene de dos principales fuentes. Una fue provista por la municipalidad, que es el sistema que viene del ojo de agua El Tular.

La otra fuente fue provista por Plan Internacional, que viene de un riachuelo aledaño a la aldea, el cual no se encuentra en buenas condiciones.

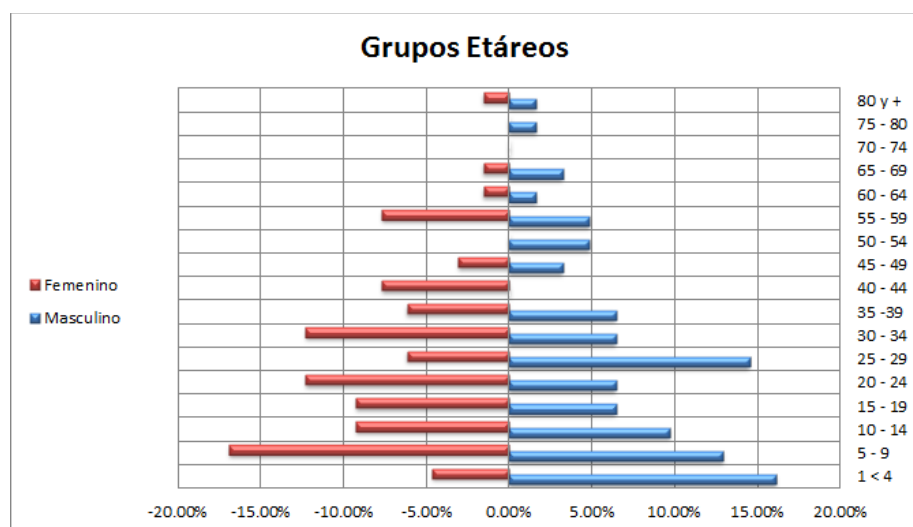
## 1.6. Población

La población actual de la aldea es relativamente pequeña, ya que en ella habitan 159 personas, de las cuales el 49,7 por ciento está conformado por hombres y el 50,3 por ciento, por mujeres.

### 1.6.1. Población por edad

La población de la aldea es diversa, desde menores de un año hasta mayores de ochenta años de edad. Se puede observar que la población predominante está entre las edades de uno a treinta años de edad, resultado que da sustento a considerarle como una aldea con población joven.

Figura 4. Pirámide poblacional por edades 2013

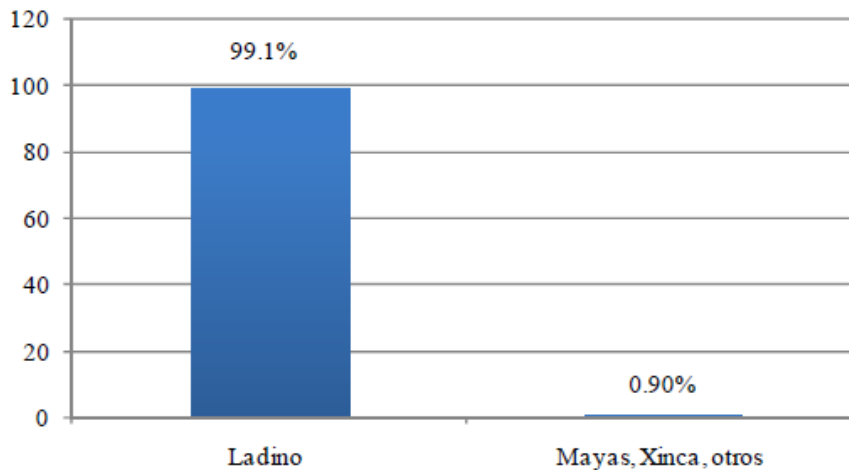


Fuente: elaboración propia.

### 1.6.2. Población por grupo étnico

Con relación a los grupos étnicos, el 99,1 por ciento de la población está conformada por población no indígena y solamente el 0,90 por ciento está representada por población indígena, tal como lo demuestra la gráfica de la figura 5.

Figura 5. Pirámide poblacional por grupos étnicos



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2002.

### 1.6.3. Densidad poblacional

La aldea cuenta con una densidad de 73,18 habitantes por kilómetro cuadrado que es inferior a la densidad promedio nacional de 103 habitantes por kilómetro cuadrado. Esto quiere decir que la aldea es poco poblada en comparación a su área de extensión.

La dispersión poblacional es parecida al resto de aldeas del municipio de San Antonio La Paz.

## 1.7. Actividad productiva

Los ingresos económicos y el desarrollo productivo de la aldea El Soyate se concentran básicamente en dos actividades laborales principales: la agrícola y la pecuaria.

### 1.7.1. Producción agrícola

Es importante mencionar que existen diversos cultivos que forman parte de la dieta alimenticia de los pobladores de la aldea, entre los cuales se encuentran maíz, frijol, tomate, banano, café y caña de azúcar.

Entre los cultivos mencionados anteriormente, el de mayor productividad en la aldea es el café, el cual algunos comercian, aunque en su mayoría se utiliza para el consumo propio.

Tabla I. Producción agrícola

Cultivos	Número de viviendas	Producción obtenida en quintales
Maíz	8	110
Frijol	7	82
Tomate	1	400
Café	11	1 030
Caña de azúcar	1	400
Banano	2	30
<b>Totales</b>	<b>30</b>	<b>2 052</b>

Fuente: elaboración propia.

### 1.7.2. Producción pecuaria

La actividad pecuaria tiene un desarrollo mínimo en la aldea, como se puede ver en la tabla II. Por otro lado, la crianza y producción de aves de corral (gallinas y patos) se reduce a consumo familiar.

El poco desarrollo de la actividad pecuaria en la aldea se debe a la falta de capacitación y asistencia técnica, al incremento de insumos pecuarios y a la indisponibilidad de recursos para el manejo de la actividad productiva, como créditos blandos, agua para ganado, terrenos apropiados para pastos, mercadeo de los productos y derivados pecuarios.

Tabla II. Producción pecuaria

Tipo de producción pecuaria	Número de viviendas	Total	Producción de leche	Producción de huevos
<b>Ganado</b>				
Bovino	4	48	33	-
Caprino	2	10	-	-
<b>Aves</b>				
Gallinas, gallos, pollas y pollos	6	124	-	24
Patos	2	5	-	-

Fuente: elaboración propia.

### 1.7.3. Obtención de ingresos familiares

En la mayoría de los casos, el hombre es el encargado de percibir el ingreso económico para la subsistencia de la familia; sin embargo en algunos casos, la mujer aporta un pequeño ingreso al hogar.

La mayoría de los hombres trabajan fuera de la aldea, con excepción de los que obtienen ganancias de sus cultivos y ganado.

Entre los oficios que estos desempeñan, los más comunes son la agricultura y la docencia.

## **1.8. Servicios públicos**

A pesar de su tamaño territorial, la aldea El Soyate cuenta prácticamente con todos los servicios públicos básicos, posee escuela, servicio de electricidad, agua potable, vías de acceso y otros que se detallarán a continuación.

### **1.8.1. Educación**

El edificio escolar dispone de tan solo dos aulas, dos letrinas: una para niños y otra para niñas, una pila y una pequeña bodega, que a veces es utilizada como aula. La escuela no posee área de recreación, cocina o dirección.

La escuela está construida de paredes de block, techo de lámina, piso de torta de cemento en el pasillo exterior y piso de granito en las aulas. Nunca se le ha hecho mantenimiento.

En cuanto al mobiliario, la escuela cuenta con pizarrones, 18 mesas con su silla y cuatro librerías. Este, en general, no se encuentra en buen estado.

Cada uno de los niños cuenta con uno o dos cuadernos, lápiz y muy pocos libros.

Actualmente solo trabajan tres maestros: uno que imparte primero, tercero y quinto primaria; otro que se encarga de segundo, cuarto y sexto primaria y otro que imparte el nivel parvulario. Este último docente solo imparte clases dos semanas al mes. Todas las clases se imparten en castellano.

La escuela tiene un total de 33 alumnos, entre hombres y mujeres. La tabla III muestra la cantidad de alumnos por grado.

Tabla III. **Alumnos por grado**

<b>Grado</b>	<b>Cantidad de alumnos</b>
Párvulos	3
<b>Primaria</b>	
Primero	12
Segundo	3
Tercero	6
Cuarto	5
Quinto	2
Sexto	2
<b>Total</b>	<b>33</b>

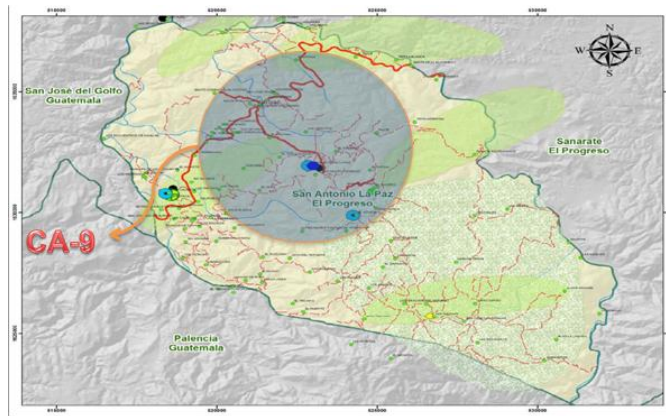
Fuente: elaboración propia.

### **1.8.2. Comunicación**

La única vía de acceso hacia la aldea es la que viene de la cabecera municipal, a la cual se accede por la carretera Interamericana CA-9. Actualmente, existe una bifurcación en el kilómetro 36,5, luego de la cual hay que recorrer 4,5 kilómetros hasta la cabecera municipal y luego 4,5 kilómetros más hacia el sureste de esta para llegar a la aldea.

El camino hacia la cabecera municipal, está asfaltado y es monitoreado por la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL). Solo un pequeño tramo del camino que va de la cabecera hacia la aldea cuenta con asfalto, luego en su mayoría es de terracería.

Figura 6. **Vía de acceso a la aldea El Soyate**



Fuente: Plan de desarrollo San Antonio La Paz, El Progreso (2011-2025).

Figura 7. **Ampliación de vía de acceso a la aldea El Soyate**



Fuente: Plan de desarrollo San Antonio La Paz, El Progreso (2011-2025).



### **1.8.3. Salud**

Según los datos del centro de salud de San Antonio La Paz, las diez enfermedades que comúnmente se manifiestan más entre las personas adultas son las siguientes: amigdalitis, resfriado común, infecciones del tracto urinario, gastritis, diarrea, parasitosis intestinal, micosis superficial, calambres, espasmos y neuralgias. En los niños las diez más comunes son: amigdalitis, resfriados comunes, diarrea, asma, bronquitis, micosis superficial, micosis no especificada, alergia, retardo desarrollo y conjuntivitis.

Las 10 enfermedades que con frecuencia son causa de muerte en adultos son: infarto agudo al miocardio, accidentes vasculares encefálicos, tumor maligno de hígado, neumonía bronconeumonía, carcinoma de célula hepática, hipertensión esencial, carcinoma *in situ* de la próstata, enfermedad pulmonar obstructora, paro cardíaco no especificado, hemorragias y hematomas. En el caso de los niños, no hay registros de fallecimientos por enfermedad.

La aldea El Soyate no cuenta con centro de salud, curanderos, ni comadronas, por lo que sus habitantes tienen que acudir al centro de salud en la cabecera municipal que queda a 4,5 kilómetros de distancia. Algunos pobladores de la aldea consideran insatisfactorio el servicio de este centro, por lo que las personas de escasos recursos prefieren no acudir a este, y las que sí tienen los recursos necesarios, van al hospital de Sanarate o a la ciudad capital.

### **1.8.4. Agua potable**

En la comunidad viven 30 familias, de las cuales el 80 por ciento cuenta con agua entubada proveniente del sistema de agua potable que tiene como fuente El Tular.

Este sistema ya ha rebasado su período de diseño y debido a las varias conexiones que se hicieron en la línea de conducción, su servicio y la continuidad son deficientes en las horas de máximo, sobre todo para la cabecera municipal. El 20 por ciento restante está conformado por familias que poseen pozos propios, familias que no han querido formar parte del proyecto, familias recién llegadas a la comunidad que aún no han comprado el derecho de conexión al sistema y familias abastecidas por otra fuente de agua que proviene de un riachuelo cercano a la aldea.

#### **1.8.5. Saneamiento**

Con relación al sistema de disposición de excretas, se identificó que el 90 por ciento de las familias poseen letrinas de tipo tradicional, es decir pozo ciego con plancha y taza de cemento o inodoro. El 10 por ciento de la población evacua sus necesidades fisiológicas al aire libre. Las familias de la aldea, actualmente, no poseen sistema de drenaje.

#### **1.8.6. Energía eléctrica**

La aldea cuenta con alumbrado público y se estimó que el 90 por ciento de las viviendas cuentan con energía eléctrica, la cual es provista por la empresa ENERGUATE (anteriormente DEOCSA).

#### **1.8.7. Uso del suelo**

La mayor parte del suelo se ha utilizado para la ubicación de las viviendas. Luego, el uso más común que los pobladores le dan a este, es para la agricultura, sobre todo el cultivo de frijol, maíz, café y caña. Un pequeño porcentaje es utilizado para ganadería.



## **2. PARÁMETROS DE DISEÑO**

La fuente, conocida por los pobladores como El Tular, es la que abastece actualmente la mayor parte de la comunidad. Este nacimiento cuenta con un caudal de 0,82 litros por segundo, el cual se aforó en época de estiaje.

Este caudal que la fuente provee, cubrirá la demanda actual y futura de la aldea a 54 años, pero debido a que este se debe compartir con parte de la cabecera municipal y a las muchas conexiones en la línea de captación no se ha podido aprovechar al máximo e incluso ha escaseado.

### **2.1. Estudio de población**

Para el estudio poblacional se procedió a hacer un censo con la autorización de la Municipalidad, para obtener la cantidad exacta de habitantes en la aldea. Teniendo este dato y con los datos obtenidos de los censos elaborados por el INE anteriormente, se logró calcular la población futura.

#### **2.1.1. Población actual**

La población actual de la aldea es de aproximadamente 159 habitantes distribuidos en 30 familias.

Para la realización de este proyecto se tomaron en cuenta todas las viviendas construidas, tanto ocupadas, como no ocupadas; y las viviendas que se encuentran en proceso de construcción.

### **2.1.2. Población futura**

Se tomó un período de diseño de 21 años, por lo que la población para el 2034 será aproximadamente de 221 personas.

La tasa de crecimiento utilizada es del 1,57 por ciento, la cual se obtuvo del promedio de las tasas de crecimiento calculadas en los censos efectuados por el INE (Instituto Nacional de Estadística).

### **2.1.3. Método de estudio de población**

Debido a que el nivel de dificultad de este proyecto no es muy grande, se utilizó el Método Geométrico para calcular la población futura. Este se describe a continuación:

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

Donde:

Pf = población futura

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento

n= años transcurridos

$$Pf = 159 (1 + 0,0157)^{21}$$

$$Pf = 221 \text{ habitantes}$$

## **2.2. Factores de diseño**

Las bases de diseño de este proyecto dependen de factores como: nivel de vida, clima, actividad productiva, calidad del agua, patrones de consumo de la población y aspectos socioeconómicos.

### **2.2.1. Factor de Día Máximo y Factor de Hora Máxima**

El Factor de Día Máximo (FDM), oscila entre 1,2 y 1,8. El 1,2 corresponde a poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y el 1,8, a las menores de 1 000 habitantes, por lo que para el proyecto se tomó un FDM = 1,8.

Según las normas generalmente aceptadas, el Factor de Hora Máxima en el área rural oscila entre 2 y 3. Este es un factor de seguridad, porque el consumo de agua presentará variaciones de hora a hora. El Factor de Hora Máxima que se utilizará será FHM = 3, ya que la población es pequeña.

### **2.2.2. Período de diseño**

Para el diseño de este proyecto se tomó un período de diseño de 21 años, en el cual se consideró el tiempo que tardará tanto la gestión, como la ejecución del mismo.

### **2.2.3. Población de diseño**

La población de diseño utilizada fue la población futura obtenida del método geométrico, la cual dio como resultado 221 habitantes. Para este cálculo se usó el período de diseño de 21 años y una tasa de crecimiento del 1,57 por ciento calculado con los datos de los censos hechos por el INE.

### **2.2.4. Caudal de aforo**

El aforo a la fuente El Tular se realizó en abril del 2012, época correspondiente al estiaje. Para hacerlo se utilizó un recipiente de cinco galones y se tomó el tiempo en que la fuente llenó el recipiente.

Este procedimiento se llevó a cabo diez veces para luego obtener un promedio de tiempo, con lo que se obtuvo un caudal de aforo de 0,82 litros por segundo.

### **2.2.5. Dotación**

Para determinar la dotación a utilizar, es necesario tomar en cuenta los parámetros propuestos por la Unidad Ejecutora de Proyectos para Acueductos Rurales (UNEPAR) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), los cuales satisfacen las necesidades de los usuarios. A continuación una lista de estos:

- Clima
- Capacidad de fuente
- Condiciones socioeconómicas de la población
- Nivel de vida y características de la población
- Tipo de sistema de abastecimiento del agua
- Costos de servicio de agua al usuario
- Grupo étnico
- Recursos hidrológicos

Dentro de la dotación que se proporcionará a los usuarios no solo se debe tomar en cuenta el agua para el consumo humano, sino también para otros usos:

- Aseo personal
- Lavado de sanitarios
- Lavado de ropa
- Limpieza de la casa
- Bebida para animales

De acuerdo con las especificaciones de UNEPAR, la dotación para conexiones domiciliarias en áreas rurales debe estar entre 90 a 150 litros por habitante por día. Para efectos de este proyecto se utilizó una dotación de 100 litros por habitante por día, ya que el caudal de la fuente no es exclusivo para la aldea El Soyate, sino que también, para la cabecera municipal.

### **2.2.6. Análisis de la calidad del agua**

El agua de la fuente fue sometida a análisis fisicoquímico y bacteriológico completos en el Laboratorio Unificado de Microbiología Sanitaria de la Universidad de San Carlos. En estos se determinó que el agua cumple, tanto con la norma guatemalteca COGUANOR NGO-29001, como con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua, y que esta necesita tan solo un tratamiento simple de desinfección a través de un hipoclorador, para que pueda ser utilizada.

### **2.3. Levantamiento topográfico**

Los levantamientos topográficos son parte de la topografía plana; esta al realizar los trabajos de campo, desprecia la curvatura de la tierra y la considera plana. Los levantamientos se aplican en áreas reducidas y su objetivo principal consiste en representar las características del terreno en un plano o mapa.

Para la realización del levantamiento topográfico de este proyecto se contó con la ayuda y colaboración de trabajadores de la Municipalidad y de una cuadrilla de topografía, quienes contribuyeron a definir las líneas de conducción y distribución, utilizando el método y el equipo apropiado.



Con los datos obtenidos en el trabajo de campo y mediante la aplicación de procedimientos matemáticos, se calcularon las distancias, ángulos, direcciones, coordenadas y elevaciones necesarias para el diseño del proyecto.

El método utilizado fue el de poligonales abiertas, en el cual se miden las distancias horizontales mediante el estadal, los ángulos y direcciones por conservación de azimut y vuelta de campana (método de orientación de 180 grados) y la nivelación por el método taquimétrico.

El levantamiento realizado para este proyecto se dividió en levantamiento planimétrico y altimétrico, partes que juntas permiten plasmar la ubicación y elevación de cada punto en los planos topográficos.

Para realizar tanto la planimetría, como la altimetría se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito WILD T1 (serie F. Nr. 248043)
- Una cinta métrica de 50 metros
- Dos plomadas de 1 libra
- Un estadal
- 2 libras de clavo de lámina
- 1/8 de galón de pintura amarilla
- Estacas de madera

### **2.3.1. Planimetría**

El levantamiento se hizo en forma de poligonal abierta a través del método de conservación de azimut y se hizo referencia al meridiano magnético.

Para determinar la distancia horizontal entre dos puntos se aplicó la siguiente fórmula:

$$DH = 100 \times \Delta h \times (\sin \alpha)^2$$

Donde:

DH = distancia horizontal entre dos puntos en metros

$\Delta h$  = diferencia de lectura entre hilo superior e inferior en metros

$\alpha$  = ángulo vertical

### **2.3.2. Altimetría**

La altimetría toma en cuenta las diferencias de nivel existente entre puntos distintos de un terreno. Para conocer estas diferencias de nivel se deben medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente. A estas operaciones se les denomina nivelación.

El método que se utilizó en este proyecto fue el taquimétrico con uso de estadal, el cual se emplea para determinar rápidamente la distancia, dirección y diferencia de elevación de un punto por medio de una sola observación sobre el estadal hecha desde una misma estación del instrumento. Este método es el más comúnmente utilizado en nuestro medio.

Para determinar la diferencia de nivel entre dos puntos, se empleó la siguiente fórmula:

$$DN = 100 \times \Delta h \times \frac{1}{2} (\sin 2\alpha)$$

Donde:

DN = diferencia de nivel entre dos puntos en metros

$\Delta h$  = diferencia de lectura entre hilo superior e inferior en metros

$\alpha$  = ángulo vertical

## **2.4. Especificaciones técnicas**

En la mayoría de las comunidades rurales de nuestro país se han diseñado y construido sistemas de abastecimiento de agua por gravedad, como se propone también en este proyecto.

Las obras a ser implementadas son las más frecuentemente utilizadas en este tipo de sistema.

A continuación se encontrará una breve descripción de las obras a utilizar en el proyecto, las cuales se han escogido de acuerdo con las normas de diseño y especificaciones de construcción que el Ministerio de Salud Pública, el Instituto de Fomento Municipal y otras instituciones que realizan proyectos de agua, han aceptado.

### **2.4.1. Renglones de trabajo a considerar**

Dentro de los renglones de trabajo se describirá en que consiste y cuál es la función de cada una de las partes principales del sistema de abastecimiento de agua potable.

- Línea de captación: tubería que en su mayoría es de PVC. Sale de la fuente hacia el tanque de distribución. Dentro de esta se consideraron las siguientes obras:
  - Caja de válvula de limpieza: estructura que se colocará en las partes con depresiones grandes o donde el diseño hidráulico lo indique. Servirá para protección de la válvula de limpieza y se elaborará de mampostería de piedra. Los muros deben tener un espesor de 0,15 metros. y la losa y tapadera deberán ser de concreto reforzado. La válvula será de bronce y adaptada para tubería con accesorios de PVC. Esta servirá para eliminar los sedimentos que contenga la línea de conducción.
  - Caja de válvula de aire: estructura que se colocará después de una depresión y en la parte más alta, o donde el diseño hidráulico lo indique. Servirá para la protección de la válvula de aire tipo ventosa y se elaborará de mampostería de piedra. Los muros deben tener un espesor de 0,15 metros y la losa y tapadera deberán ser de concreto reforzado. La válvula será de bronce y adaptada para tubería con accesorios de PVC. Esta servirá para eliminar el aire que pueda acumular la línea de conducción
  - Instalación de tubería: esta en su mayoría, será de PVC y estará a una profundidad de 1,20 metros debido a la circulación de vehículos que hay en el lugar donde la línea pasará. La excavación de zanjas será de 0,40 metros de ancho, y luego de probada la tubería se tendrá que rellenar la zanja con el material extraído.

En caso de suelos duros o en los tramos donde ambos sistemas (el de la aldea El Soyate y el de la cabecera municipal) coincidan, se harán de hasta 0,6 metros. En suelos de piedra se revestirá con mampostería de piedra. Para casos donde el PVC no soporte altas presiones o la tubería deba ir expuesta, se utilizará hierro galvanizado (HG).

- Pasos de zanjón: son estructuras con pequeñas columnas de concreto reforzado que se instalan en pequeñas depresiones o en pasos de ríos donde se coloca tubería HG; en algunos casos, estos se pueden realizar para tuberías PVC con vigas de mampostería de piedra que atraviesan las depresiones o pasos de río, con el fin de soportar cualquier impacto dinámico que se les ocasione.
- Anclajes de tubería: son obras de mampostería de piedra que se colocan para sujetar la tubería de conducción en pendientes pronunciadas, curvas con ángulos cerrados y en descargas de los desagües. Las dimensiones serán de base de 0,30 x 0,30 metros y de alto de 0,40 metros.
- Tanque de distribución: depósito para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, cuyo volumen es igual al 40 por ciento del caudal medio diario y se compone de las siguientes obras:
  - Depósito principal: esta estructura contiene el volumen de agua para las horas de mayor consumo. Su diseño se explicará en el capítulo 3 de este documento.

- Caja de válvula de entrada: esta estructura servirá para la protección de la válvula de control del caudal de entrada al depósito principal. Se hará de mampostería de piedra. Los muros deben ser de un espesor de 0,15 metros y la losa y tapadera se construirán de concreto reforzado. La válvula será de bronce, adaptada para tubería con accesorios de PVC.
- Caja de válvula de salida: esta estructura servirá para la protección de la válvula de control del caudal de salida del depósito principal. Se hará de mampostería de piedra. Los muros serán de un espesor de 0,15 metros, y la losa y tapadera serán construidas de concreto reforzado. La válvula será de bronce, adaptada para tubería con accesorios de PVC.
- Clorador: este se deberá colocar en la entrada del tanque de distribución.
- Caja distribuidora de caudales: se emplea para dividir un caudal en dos, tres o cuatro partes, en proporción al número de personas que este abastecerá por cada línea o ramal. La división de caudales se obtiene generalmente mediante vertederos rectangulares hechos con una plancha de acero sujeta a la caja mediante pernos. La caja distribuidora de caudales se hará de mampostería de piedra. Sus muros tendrán un espesor de 0,20 metros, y la losa y tapadera se construirán de concreto reforzado. Todas las válvulas de compuerta y de flote serán de bronce y adaptadas para tubería con accesorios de PVC.
- Red de distribución: son las tuberías que distribuyen el agua a los puntos de toma, que en este caso serán conexiones domiciliarias.

Las tuberías de la red de distribución saldrán del tanque de distribución formando una red de ramales abiertos. Esta se componen de las siguientes obras:

- Instalación de tubería: ésta en su mayoría será de PVC y estará a una profundidad de 1,20 metros debido a la circulación de vehículos que hay en el lugar donde la línea pasará. La excavación de zanjas será de 0,40 metros de ancho y luego de probada la tubería se tendrá que rellenar la zanja con el material extraído. En caso de suelos duros o en los tramos donde ambos sistemas (el de la aldea El Soyate y el de la cabecera municipal) coincidan, se harán de hasta 0,6 metros. En suelos de piedra se revestirá con mampostería de piedra. Para casos donde el PVC no soporte altas presiones o la tubería deba ir expuesta, se utilizará hierro galvanizado (HG).
- Cajas de válvulas de compuerta: estructura que servirá para la protección de la válvula de control de caudales en un ramal. Se elaborará de mampostería de piedra, los muros tendrán un espesor de 0,15 metros, y la losa y tapadera se construirán de concreto reforzado. La válvula será de bronce, adaptada para tubería con accesorios de PVC. Esta obra se colocará solo cuando el diseño hidráulico lo indique.
- Desinfección: para la desinfección se implementará un hipoclorador que utiliza pastillas de hipoclorito de calcio en la entrada del tanque de distribución. Estas tendrán por finalidad proporcionar una solución de cloro al tanque de distribución de la aldea El Soyate, para mantener la potabilidad del agua.

La concentración de cloro deberá garantizar una proporción de cloro residual en el punto más alejado de la red que esté en el rango entre 0,7 y 1,5 miligramos por litro.

#### **2.4.2. Descripción del trabajo de instalación de tubería**

Esta descripción pertenece tanto a la línea de conducción de la aldea El Soyate, como de la cabecera municipal y también a la línea de distribución de la aldea.

- Generalidades: esta sección incluye las especificaciones generales de cada uno de los reglones del trabajo de instalación de tubería de acuerdo a lo indicado en los planos y en la descripción del proyecto.
  - Antes de iniciar el trabajo, se deberán localizar y marcar cuidadosamente la ubicación de las instalaciones y las tuberías existentes para evitar dañarlas. Los daños que se ocasionen, así como el arreglo del material de acabado de las calles que sea necesario remover constituyen completa responsabilidad del contratista.
  - Se colocarán indicaciones de peligro y las protecciones necesarias en los puntos en que exista tránsito vehicular o peatonal.
  - Al terminar el trabajo, debe retirarse todo material sobrante y efectuarse todas las reparaciones de daños ocasionados.
  - Las tuberías se colocarán en el lugar y niveles indicados en los planos o donde lo fijen las bases especiales.



- Deberán utilizarse las herramientas adecuadas y los métodos de trabajo recomendados por los fabricantes.
  - Todo daño o desperfecto que se ocasione por motivo de trabajo a otras instalaciones existentes, como las de electricidad, será reparado a la brevedad por cuenta del contratista y sin recibir por ello compensación adicional.
  - Cualquier pavimento que fuera necesario romper para instalar la tubería, deberá reponerse y dejarse en condiciones iguales o superiores a las que tenía antes de la instalación.
- Limpia, chapeo y desmonte
    - Se deben eliminar los troncos, árboles, vegetación viva o muerta que haya alrededor del lugar donde se llevará a cabo la instalación de la línea para la tubería (un ancho mínimo de 1,20 metros; 0,60 metros a cada lado del eje de instalación de la tubería).
    - El supervisor podrá ordenar la preservación de árboles u otro tipo de vegetación dentro del área de limpieza.
    - Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmonte deberá colocarse en un lugar donde no ocasione daño a las propiedades vecinas o lejos de donde exista posibilidad de un incendio.

- Realización de zanjas
  - Las tuberías se colocarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos, como lo señale el supervisor o las bases especiales.
  - Se deberá hacer una zanja simétrica al eje de instalación de la tubería y dejar los siguientes recubrimientos sobre el diámetro del tubo; a menos que las bases especiales indique algo distinto:
    - En terrenos cultivados, caminos o áreas de tránsito liviano se dejará una distancia de 1,00 metros.
    - En caminos de tránsito pesado, de 1,20 metros.
    - Donde no exista posibilidad de tránsito o cultivo, de 0,80 metros.
  - El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería. En los casos de suelos que contengan piedras, se deberán remover todas las que aparezcan en el fondo de la zanja rellenando los espacios con material suelto compactado para uniformarla el fondo de la zanja.
  - En los suelos con poca estabilidad, se deberá apuntalar la zanja para evitar desplomes de las paredes.
  - Se deberán tomar las medidas necesarias para vaciar la zanja de agua proveniente de infiltración o lluvia por medio de un desagüe en los puntos bajos o por bombeo, según convenga el caso, y mantenerla seca hasta que se rellene.

- En los casos en que la tubería deba ser colocada en zanja cortada en roca, deberá excavarse hasta un mínimo de 15 centímetros por debajo del nivel de instalación de la tubería y rellenarla posteriormente con material compacto adecuado para formar apoyo uniforme.
- Si los materiales que se encuentran a la profundidad de instalación de la tubería no son satisfactorios debido a que pueden causar asentamientos desiguales o ser perjudiciales para la tubería, se deberán remover en todo el ancho de la zanja en una profundidad de 0,20 metros o más si lo indica el supervisor y sustituirlos con material satisfactorio debidamente compactado.
- El ancho de la zanja deberá ser suficiente para la correcta instalación de la tubería, así como para permitir una adecuada compactación del relleno a los lados de la misma.
- Según el tipo de tubería que se use, podrá ser necesario hacer ampliaciones de la zanja en los puntos de unión o de instalación de accesorios para permitir una adecuada instalación de las uniones.
- El supervisor deberá aprobar el ancho de la zanja, así como las dimensiones de las ampliaciones, tomando en cuenta el método para la realización de zanjas y el tipo de tubería a instalarse. En general, el ancho de la zanja que se realizará por métodos manuales deberá ser de 0,40 metros, más el diámetro exterior de la tubería.

- Soportes para tubería
  - Cuando la tubería deba instalarse a nivel del terreno o sobre él, deberá hacerse soportes. Salvo que en los planos se indique lo contrario, los soportes serán fabricados de mampostería, concreto o en casos especiales de acero, de tal forma que aseguren la tubería firmemente contra movimiento en toda dirección.
  - El espaciamiento de los soportes y sus dimensiones serán los mostrados en los planos. En los casos que no se detalle el tipo de soporte, el contratista deberá diseñarlos y colocar un mínimo de dos por cada tubo y distribuirlos de tal forma que no coincidan con las uniones o como lo indique el supervisor.
  
- Anclajes de tubería: se deberán colocar en los siguientes casos:
  - En todos los puntos de cambio de dirección de las tuberías se deben elegir sus dimensiones, peso y diseño de forma tal que absorba el empuje producido por la presión interna en el punto de inflexión. Tales anclajes serán de mampostería o de concreto y deberán estar en firme contacto con la tubería o accesorio en el punto de inflexión.
  - En los casos donde el empuje sea hacia arriba, dentro de los 45 grados con la vertical.
  - En los casos donde se coloquen tuberías a una pendiente del 30 por ciento o mayor, el anclaje deberá ser por medio de soportes.

Estos soportes deberán colocarse en cada cuarto tubo; cuando la tubería cuente con uniones que no absorban tensión; y a cada 50 metros, cuando la tubería cuente con uniones que absorban tensión. Deberán ser capaces de absorber el empuje producido por el peso de la tubería entre anclajes, más sus accesorios y el agua que contiene, en la dirección del eje de la tubería.

- Se podrán omitir tales anclajes, siempre que no se indique lo contrario en los planos o descripción, o en los siguientes casos:
  - En tuberías con uniones capaces de absorber la tensión cuando estas estén enterrada a las profundidades normales de instalación.
  - En tuberías con uniones que no absorban tensión pero que tengan un accesorio que logre un esfuerzo unitario de 1 kilogramo por centímetro cuadrado o menor sobre el terreno, calculado por la fuerza de empuje resultante de la presión interna y la proyección del área del accesorio en la dirección del empuje.
  - En tuberías colocadas a una pendiente del 30 por ciento o mayor, cuando estas estén enterradas a profundidades normales y el empuje producido en la dirección del tubo por el peso de la tubería, más sus accesorios y el agua que contiene, sea menor que la fricción del tubo contra la tierra (fricción calculada a 1 900 kilogramo sobre centímetro cuadrado del área exterior del tubo).

En los casos que el empuje sea mayor que la fricción, los anclajes deberán ser diseñados solo para absorber la diferencia.

- Instalación de tubería de PVC
  - Se cortará la tubería a escuadra utilizando guías. Luego, se quitará la rebaba del corte y se limpiará el tubo interior y exteriormente. El tubo debe penetrar en el accesorio o campana de otro tubo, sin ser forzado, por lo menos un tercio de la longitud de la copla; si esto no es posible, deberá afilarse o lijarse la punta del tubo.
  - Se aplicará el cemento solvente que debe estar completamente fluido; si este empieza a endurecerse en el frasco, deberá desecharse.
  - Antes de aplicar el cemento solvente, se debe quitar, con un paño seco, toda clase de suciedad, tanto en el exterior del tubo como en la superficie interior del accesorio.
  - Para aplicar el cemento, colocar una capa delgada y uniforme, usando cepillo o brocha. Esto debe hacerse rápidamente, ya que el cemento seca en dos minutos aproximadamente. No se usará mucho solvente, sino que solo el necesario para darle un revestimiento a las dos piezas.
  - La tubería deberá colocarse cuidadosamente en la zanja y con el cuidado necesario para que los operarios no se paren en ella.

- Para el ensamble, se deberá hacer una rotación de  $\frac{1}{4}$  de vuelta: presionar el tubo cuando las superficies todavía estén húmedas y dejar fija la unión por lo menos 30 minutos.
- La tubería se colocará en forma de zigzag en la zanja y se cubrirá dejando expuestas las uniones para hacer la prueba que más adelante se especifica.
- La tubería deberá cubrirse en las primeras horas de la mañana cuando el clima esté frío y no cuando esta esté dilatada por la acción del calor.
- Instalación de tubería de hierro galvanizado
  - Los cortes de la tubería se harán con cortador de disco para lograrlos perfectamente a escuadra.
  - Las roscas se harán con tarraja para que sea cónica. Si se usan niples prefabricados, estos deberán tener rosca cónica. Las tarrajas deberán tener los dados en perfecto estado para que las roscas sean perfectas y sin destornillamientos.
  - Si por el manipuleo, se dañan los bordes de las roscas de fábrica de los tubos o estas pierden su forma circular, se deberán cortar y rehacer de nuevo.
  - Al hacer las uniones, los tubos deben penetrar en el accesorio un mínimo de cinco hilos de la rosca y no dejar más de tres hilos expuestos.

El tramo de la rosca que quede fuera del accesorio se pintará con anticorrosivo a base de cromato de zinc. Si se usa Permatex o su equivalente, se colocará en la rosca macho.

- La tubería y las uniones entre tubo y accesorio deberán estar en línea recta. Los accesorios torcidos serán sustituidos.
- Se colocarán uniones universales junto a todas las válvulas, una tee, cruces o puntos donde sea necesario, para permitir separar la tubería por ramales. En tramos largos se colocará una unión, por lo menos a cada 100 metros.
- Prueba de tuberías
  - Se deberán hacer pruebas de todas las instalaciones de tubería para verificar su resistencia y que no existan estancamientos. Para esto, deberán someterse a presión interna por agua antes de hacer el relleno total de las zanjas.
  - Se deberán rellenar previamente solo aquellas partes en las que se necesite un soporte del suelo como anclaje de la tubería.
  - La tubería se someterá a la prueba de presión con agua, después de llenarla totalmente hasta expulsar todo el aire por los puntos altos.
  - Los tramos a probar deberán estar de preferencia aislados por las válvulas instaladas y en tramos no mayores de 400 metros, a menos que lo autorice el supervisor.



- La presión a aplicar será la mayor entre 99 libras por pulgada cuadrada y la presión máxima de trabajo, determinada por la presión estática más un 20 por ciento. Esta presión será aplicada por un periodo mínimo de 2 horas, tiempo en el que no deberá fallar ninguna de las partes.
  
- Relleno de zanjas
  - Después de la prueba de presión, tan pronto como se haya aprobado y aceptado la instalación, se deberán rellenar las zanjas de instalación de tubería.
  
  - Debajo y a los lados de la tubería se deberá rellenar en varias capas perfectamente compactadas hasta llegar a la media altura de la tubería. Luego, se deben de rellenar 30 centímetros sobre el tubo en 2 capas de 15 centímetros cada una. El material para rellenar las zanjas, hasta este nivel, deberá escogerse cuidadosamente para que esté libre de piedras y permita una buena compactación. Si el material que se extrajo de la zanja no es adecuado, se hará el relleno con material seleccionado.
  
  - De los 30 centímetros sobre el tubo hasta el nivel del terreno, se hará un relleno total en capas no mayores de 30 centímetros, y el material podrá contener piedras de dimensiones indicadas y permitidas por el supervisor.
  
  - Todo el material sobrante de las zanjas deberá retirarse del área de instalación y disponerse en forma satisfactoria.

- En los lugares donde el asentamiento del relleno no es de importancia, como en las líneas de conducción instaladas en poca pendiente, no será necesario hacer la compactación desde 30 centímetros sobre el tubo hasta el nivel del terreno. En este caso se podrá colocar todo el material excavado en la zanja, hasta formar un camellón uniforme sobre el terreno.
- En los casos de terrenos con 20 por ciento o más de pendiente, se deberán construir muros de retención del relleno, transversales al eje de la tubería, con un ancho tal que les permita quedar firmemente soportados por el terreno a los lados de la zanja. Tales muros de retención se podrán construir de mampostería o concreto ciclópeo de tamaño y diseño aprobados por el supervisor. El espaciamiento de los muros de retención no será mayor de 30 metros.
- De la misma manera, en todos los puntos donde la instalación de la tubería pase, de estar enterrada, hasta el nivel del terreno, deberá construirse un muro de retención del relleno, que podrá ser a la vez soporte de la tubería.
- Lavado y desinfección interior de la tubería
  - Antes de poner en servicio las tuberías instaladas, deberá procederse a lavarlas y desinfectarlas interiormente.
  - El agua a emplearse para el lavado final será de calidad igual a la que circulará por la tubería en su funcionamiento normal.

- Para el lavado se hará circular agua a velocidad no menor de 0,75 metros por segundo, por un período mínimo de 15 minutos o el tiempo necesario para que circule dos veces el volumen contenido por las tuberías.
- Para la desinfección, se deberá comenzar por vaciar la tubería y luego, se deberá llenar con agua que contenga 20 miligramos por litro de cloro, la cual se mantendrá 24 horas en la tubería. Después de este período, se vaciarán las tuberías o se procederá a lavarlas haciendo circular agua en cantidad suficiente para eliminar la empleada para desinfección.
- Materiales
  - Tubería y accesorios de PVC (cloruro de polivinilo)
    - La tubería de PVC debe ser rígida, estabilizada con estaño y debe cumplir con la Norma ASTM-D2467-67 y CS-256-63. Deberá soportar una presión mínima de trabajo de 315 libras sobre pulgadas cuadradas para tubos de 1/2 pulgadas, 250 libras sobre pulgadas cuadradas para tubos de 3/4 pulgadas; y para tubos de diámetro igual o mayor a 1 pulgadas, la presión que se indique en las bases especiales o en los planos. Las uniones deben ser conectadas por medio de campana y espiga.
    - El solvente a utilizar será el recomendado por el fabricante de la tubería.

- Los accesorios serán de la misma clase: para una presión mínima de 250 libras sobre pulgadas cuadradas para tubos de diámetro mayor a 1 pulgadas y libras sobre pulgadas cuadradas para diámetros menores.
  - La tubería y los accesorios deberán tener la aprobación de NSF (National Sanitation Foundation), por sus siglas en inglés, Fundación Nacional de Salubridad, o de otra institución similar.
  - Los materiales se almacenarán de forma que garanticen la preservación de su calidad y se colocarán de manera que permitan una fácil inspección.
  - En la medida de lo posible deberán almacenarse bajo techo, pero si esto no fuera posible, podrán ser almacenados a la intemperie siempre y cuando estén protegidos de los rayos del sol.
  - Los tubos no deben apilarse a más de 60 centímetros de altura y deben tomarse las precauciones necesarias para que los transeúntes no pasen sobre ellos.
- Tubería y accesorios de hierro galvanizado
    - La tubería de acero galvanizado no debe tener costuras, debe estar soldada eléctricamente, galvanizada en caliente tipo mediano para 700 libras por pulgadas cuadradas de presión, salvo que se indique una presión mayor en planos.

Deberá ser del tipo estándar americana y cumplir con las normas ASTM-A57T: debe estar acoplada mediante manguito y rosca y traer sus respectivos protectores. Las roscas se ajustarán a las normas ASPT (American Standard for Piping Test).

- Los accesorios deben soportar una presión de trabajo mínima de 700 libras sobre pulgadas cuadradas, con refuerzo plano y roscas según normas ASPT. Deben satisfacer la Especificación Federal WW-P521 Tipo II.
  - En todas las uniones roscadas se usará Permatex No. 2, como mínimo, o su equivalente.
- Válvulas de compuerta
- Salvo indicación de otro tipo en los planos o en bases especiales, las válvulas de compuerta de hasta 4 pulgadas serán de bronce, con vástago ascendente, disco de cuña sencillo o doble, para una presión de 250 libras sobre pulgadas cuadradas, excepto que se indique otra presión en los planos.
  - Las válvulas de compuerta para tubería mayor de 4 pulgadas serán de cuerpo de hierro fundido y montura de bronce. Para unirse a la tubería se deberá hacer por medio de bridas planas roscadas, aseguradas con pernos o con los extremos roscados.

- Las válvulas automáticas

Las válvulas automáticas de aire serán de bronce o de hierro fundido. Deberán permitir la admisión y expulsión de aire, según sea el caso. Se deben unir con una rosca hembra que cumpla con la norma ASPT.

- Materiales de albañilería y refuerzo

- Concreto ciclópeo: material compuesto de piedra bola en un 67 por ciento, con un 33 por ciento de mortero. El mortero será un concreto compuesto de cemento, arena de río y piedrín, en una proporción volumétrica 1:2:3.
- Concreto: material compuesto de cemento, arena y piedrín en una proporción volumétrica de 1:2:2 o con una proporción que garantice una resistencia  $f_c$  igual 3 000 libras sobre pulgadas cuadradas.
- Mampostería de piedra: material compuesto de piedra bola en un 67 por ciento, con un 33 por ciento de mortero. El mortero será de sabieta con cemento y arena de río en una proporción 1:2.
- Alisado: material que se colocará en la impermeabilización interna de todas las cajas o depósitos principales que guarden agua. El mortero que se utilizará será de cemento y arena de río cernida en una proporción de 2:1.

- Repello: material que se colocará en la parte externa de todas las cajas o depósitos, el cual se realizará con un mortero de sabieta con una proporción de 1:2 de cemento y arena de río cernida.
  
- Refuerzo: el refuerzo de todas las obras de concreto armado se hará con el hierro de diámetro especificado en los planos y con una resistencia no menor a 40 000 libras sobre pulgadas cuadradas, a menos que en los planos se indique una resistencia mayor.
  
- Seguridad: en todas las tapaderas del proyecto se anclarán ganchos de hierro de 1/2 pulgada, de tal forma que puedan cerrarse con candado.

### **3. BASES DE DISEÑO**

#### **3.1. Diseño del sistema**

Para el diseño del sistema se tuvo que tomar en cuenta varios factores y variables. Entre estas la demanda de agua, caudales medio, de conducción, diseño, y el cálculo hidráulico.

##### **3.1.1. Demanda de agua**

La dotación asignada para el proyecto es de 100 litros por habitante por día, más un caudal asignado a la escuela de 50 litros por alumno por día y un caudal asignado a la iglesias de 75 litros por habitante por día; de esta forma, se concluye que para el 2034, la población requerirá 27,100 litros por día, y se espera que la fuente produzca 70,848 litros por día; se garantizará que la población tenga agua para este período de diseño.

##### **3.1.2. Caudal medio diario**

El caudal medio se obtiene de la razón del caudal requerido para proveer de agua a todos los habitantes futuros, entre el total de segundos que hay en un día, que es de 86 400.

$$Q_m = \frac{Q_{req}}{86\,400}$$



Como se mencionó anteriormente, el caudal requerido por día para el período de diseño de este proyecto es de 27 100 litros, dato con el cual se obtiene el caudal medio del proyecto.

$$Q_m = \frac{27\ 100}{86\ 400}$$

$$Q_m = 0,311/s$$

### 3.1.3. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario es el caudal que se transportará en la línea de conducción, el cual corresponde al mayor consumo que se da en un día del año. Este caudal será el producto del caudal medio diario por el factor de día máximo que tendrá un valor de 1,8 debido a que la población futura es menor a 1 000 habitantes.

$$Q_c = Q_m \times FDM$$

Donde:

$Q_c$  = caudal máximo diario o caudal de conducción en l/s

FDM = factor de día máximo

$Q_m$  = caudal medio diario en l/s

$$Q_c = 0,31 \times 1,8$$

$$Q_c = 0,56\ l/s$$

Siempre se debe verificar que el caudal de conducción sea menor al que la fuente puede producir; efectivamente en este caso, así es, por lo que no se tendrá ningún problema.

#### **3.1.4. Caudal máximo horario**

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

Este caudal será el producto del caudal medio diario por el factor de hora máxima que tendrá un valor de 3, debido a que la población futura es reducida.

$$Q_d = Q_m \times FHM$$

Donde:

$Q_d$  = caudal máximo horario o caudal de distribución en l/s

FHM = factor de hora máximo

$Q_m$  = caudal medio diario en l/s

$$Q_d = 0,31 \times 3$$

$$Q_d = 0,94 \text{ l/s}$$

El caudal máximo horario es el caudal de distribución por lo que aunque sea mayor que el que la fuente puede producir, no hay problema.

## 3.2. Captación

El tanque de captación del sistema de agua potable existente, se encuentra en buen estado, por lo que no se tomará en cuenta su diseño en este proyecto, pero si se le hizo un aforo para obtener el caudal que sale de este.

### 3.2.1. Aforos de agua

Para aforar corrientes pequeñas y manantiales, el método más común es el volumétrico y puede realizarse de la siguiente forma:

- Captar todo el caudal disponible mediante una obra provisoria.
- Colocar un recipiente de volumen conocido en un lugar apropiado.
- Tomar el tiempo que tarda en llenarse el recipiente.
- Calcular el caudal con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = caudal de la fuente en l/s

V = volumen del recipiente en l

T = tiempo que tarda en llenarse en s

El aforo se realizó en la fuente de agua llamada El Tular el día 24 de abril del 2012 en época de estiaje.

A continuación se presentan los datos del aforo realizado:

Tabla IV. **Aforo de la fuente**

<b>Aforo de fuente "El Tular"</b>		
<b>No.</b>	<b>Tiempo de llenado (s)</b>	<b>Volumen (l)</b>
1	31	18,926
2	20	18,926
3	22	18,926
4	21	18,926
5	22	18,926
6	21	18,926
7	23	18,926
8	23	18,926
9	21	18,926
10	26	18,926
<b>Promedio</b>	<b>23</b>	<b>18,926</b>

Fuente: elaboración propia.

Al utilizar la fórmula anterior se obtuvo:

$$Q = \frac{18,926}{23} = 0,82 \text{ l/s}$$

### **3.2.2. Tipo de captación**

La fuente es de tipo superficial de brote difuso, por lo que la obra más adecuada fue una captación de galería de infiltración, la cual ya estaba construida.

### **3.3. Cálculo hidráulico**

El cálculo hidráulico consta de las líneas de conducción, tanto de la aldea como de la cabecera municipal, del tanque de distribución de la aldea y de la línea y red de distribución de la misma.

#### **3.3.1. Línea de conducción**

Es la tubería destinada al transporte del agua desde la fuente captada hasta el tanque de distribución. Esta, en su mayoría, será de policloruro de vinilo (PVC), con un coeficiente de rugosidad de  $C = 150$ , presiones menores de 90 metros columna agua (mca) y velocidades dentro del rango de 0,40 a 2,00 metros sobre segundo. Se colocará 1,20 metros de profundidad debido al paso vehicular.

El diseño de la línea de conducción será el de un sistema por gravedad, por lo que se debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el caudal deseado; por esta misma razón, en la mayoría de los casos, conducirá el diámetro económico que permita soportar presiones menores que no dañen el material de conducción que se esté utilizando.

Para una línea de conducción por gravedad deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- La carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- La capacidad para transportar el caudal máximo diario ( $Q_c$ ).
- El tipo de tubería que soporte las presiones hidrostáticas.

- La inclusión de obras necesarias en el trayecto de la línea de conducción.
- La utilización de los diámetros económicos para el beneficio económico del proyecto.

Para el cálculo hidráulico de la línea de conducción, se utilizó la fórmula de Hazen-Williams que se presenta a continuación:

$$H_f = \frac{1743,811141 \times L \times Q_c^{1,85}}{D^{4,87} \times C^{1,85}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga en m

$L$  = longitud de tubería más un factor de 5% por la topografía del terreno en m

$Q_c$  = caudal de conducción en l/s

$D$  = diámetro interno de tubería en pulg

$C$  = coeficiente de rugosidad de tubería (PVC = 150 y HG = 100)

### 3.3.2. Presión estática

Es la presión existente cuando el fluido en la tubería se encuentra en reposo. En la línea de conducción y de distribución, la máxima presión estática no debe ser mayor que la presión de trabajo de la tubería de (80 metros columna de agua), ya que mayores presiones producen fallos en los empaques y las válvulas. La presión estática es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura:

$$P = \rho \times H$$

### 3.3.3. Presión dinámica

Es la presión que se genera cuando el fluido está en movimiento. Esta disminuye 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 presión dinámica en las redes de distribución debe estar comprendida entre 10 y 40 metro columna de agua.

### 3.3.4. Línea de distribución

La red de distribución comprende las tuberías que van del tanque de distribución a las líneas que conforman las conexiones domiciliarias.

Debido a la dispersión de las viviendas, se utilizó una red de distribución con ramales abiertos. Para el diseño de cada ramal de la línea, se tomó el mayor entre el caudal de uso simultáneo y el caudal unitario.

- Caudal de uso simultáneo ( $Q_s$ ):

$$Q_s = \sqrt{k(n_v - 1)}$$

Donde:

$Q_s$  = caudal de uso simultáneo en l/s

$k$  = constante que tiene el valor de 0,15 (0-55 viviendas) ó de 0,20 (>55 viviendas)

$n_v$  = número de viviendas del tramo

- Caudal unitario ( $Q_u$ ):

$$Q_u = \frac{Q_d}{n_p}$$

Donde:

$Q_u$  = caudal por vivienda en l/s

$Q_d$  = caudal de distribución o máximo horario en l/s

$n_p$  = número de viviendas abastecidas por el proyecto

Luego de calcular el caudal unitario, se procede a obtener el caudal de diseño para cada tramo:

$$Q_D = Q_u \times n_v$$

Donde:

$Q_u$  = caudal unitario en l/s

$Q_D$  = caudal de diseño del tramo en l/s

$n_v$  = número de conexiones en el tramo

Para cada ramal o tramo de la red de distribución se efectuaron los dos cálculos anteriores, y se utilizó el mayor de los resultados como caudal de diseño del ramal.



### 3.3.5. Volumen del tanque de distribución

Debido a que no se contaba con un estudio de demandas, se recurrió a las normas de diseño para calcular el volumen de almacenamiento, el cual se dedujo con la siguiente fórmula:

$$V_{T.D.} = \frac{Pf * Dot * FDM * FV}{1\ 000}$$

Donde:

$V_{T.D.}$  = volumen del tanque de distribución en  $m^3$

Pf = población futura

Dot = dotación

FDM = factor de día máximo

FV = factor de volumen del tanque (entre 25-40 %)

Cálculo:

$$V_{T.D.} = \frac{221 * 100 * 1,8 * 0,40}{1\ 000}$$

$$V_{T.D.} = 15,91\ m^3$$

Se tomó un volumen de 15,75  $m^3$  para el diseño del tanque, por lo que sus dimensiones son las siguientes:

Altura = 1,50 m

Ancho = 3,00 m

Largo = 3,50 m

### 3.3.6. Diseño del tanque de distribución

Los tanques semienterrados son los más utilizados, ya que estos permiten que las estructuras sean más livianas y el terreno alrededor del tanque absorba parte del empuje de la tierra.

Para la construcción de este tipo de tanque, se consideran el peso propio del tanque, el empuje del suelo y el empuje causado por el líquido almacenado; sin embargo, en este caso, el empuje del líquido no se tomó en cuenta ya que el diseño fue realizado considerando el tanque vacío, que es el momento cuando la condición de carga es más crítica y solo actúa el empuje horizontal del suelo sobre las paredes y la reacción del suelo sobre el fondo. En cambio, cuando el tanque está lleno, el empuje horizontal del agua se contrarresta con el del suelo.

El espesor mínimo de los muros del tanque es de 0,30 metros y la losa estará embebida en una viga perimetral de 0,15 x 0,20 metros. Esto produce un incremento de 0,075 metros en cada lado de la losa, por lo que se obtiene una luz crítica de 3,65 metros.

Como mínimo, habrá un espacio libre del nivel del agua hasta la losa de 0,30 metros, por lo que la altura total del muro será de 2,30 metros. La base del muro se puede considerar entre el 50–70 por ciento de la altura neta del muro (es decir, sin considerar la losa inferior que es de  $t = 0,30$  metros). Para este diseño se aplicara el 50 por ciento.

$$B = 0,5 \times 2,00 = 1,00 \text{ m}$$

Donde:

B = base del muro en m

Este tipo de tanque debe estar enterrado por debajo de la mitad de la altura del agua contenida dentro de él, puesto que las paredes del mismo están sujetas únicamente al empuje del agua. Debido a esto, el tanque estará enterrado a una profundidad de 1,35 metros bajo el nivel del terreno.

- Espesor de losa del tanque de distribución

Para obtener el espesor, se usará la fórmula:

$$t = \frac{P_{\text{losa}}}{180}$$

Donde:

t = espesor de losa en m

P = perímetro de losa en m

$$t = \frac{(2 \times 3,65) + (2 \times 3,15)}{180} = 0,076 \text{ m}$$

Debido a que el código ACI 318-08 recomienda como espesor mínimo de losa un valor de 0,09 metros, y por facilidad en su ejecución, se consideró un espesor  $t = 0,10$  metros.

- Relación m en losa del tanque de distribución

La relación entre el lado menor y mayor de la losa es la siguiente:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{3,15}{3,65} = 0,86 > 0,50$$

Debido a que la relación es mayor a 0,5, se diseñará la losa en dos sentidos por medio del método 3 del código ACI. Y debido a que es una losa discontinua en los cuatro lados, se tomó el caso 1.

- Integración de cargas de la losa
  - Carga muerta: se considerará un peso de acabados de 90 kilogramos por metro cuadrado.

$$CM = (\gamma_{\text{conc}} \times t) + w_{\text{acabados}}$$

$$(2400 \times 0,10) + 90 = 330 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva: será una losa con acceso.

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2$$

- Carga muerta última:

$$CMU = 1,4 CM = 1,4(330) = 462 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva última:

$$CVU = 1,7 CV = 1,7(200) = 340 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última:

$$CU = CMU + CVU = 462 + 340 = 802 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última total: es la multiplicación de la carga última por la franja unitaria (FU) que se asume de 1,00 metro.

$$CUT = CU \times FU = 802 \times 1 = 802 \text{ kg/m}$$

#### Determinación de momentos

- Momentos positivos:

$$\begin{aligned} M_a^+ &= (C_a \times CMU \times l_a^2) + (C_a \times CVU \times l_a^2) \\ &= [0,049 \times 462 \times (3,15)^2] + [0,049 \times 340 \times (3,15)^2] \\ &= 389,93 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b^+ &= (C_b \times CMU \times l_b^2) + (C_b \times CVU \times l_b^2) \\ &= [0,0266 \times 462 \times (3,65)^2] + [0,0266 \times 340 \times (3,65)^2] \\ &= 284,21 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

- Momentos negativos: por ser una losa con discontinuidad en todos sus lados, el método 3 del código ACI supone los momentos negativos iguales a un tercio de los momentos positivos, respectivamente.

$$M_a^- = \frac{1}{3} M_a^+ = \frac{1}{3} (389,93) = 129,98 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_b^- = \frac{1}{3} M_b^+ = \frac{1}{3} (284,21) = 94,74 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Cálculo del refuerzo

Se diseñó con un recubrimiento de 2,50 centímetros, debido a que según el Código ACI 318-08 en la sección 7.7.1, el recubrimiento mínimo que una losa debe tener es de 2,00 centímetros.

- Peralte efectivo:

$$d = t - 2,5 = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

- Área de acero: esta se calculó de acuerdo a la fórmula del acero mínimo de refuerzo mediante la franja unitaria que tiene como base 1,00 metro.

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Donde:

$A_{s_{\min}}$  = área de acero mínimo

b = base de la franja unitaria en cm

d = peralte efectivo en cm

$f_y$  = resistencia del acero en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (en este caso 40 000 psi)

- Cálculo del área de acero:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1(100)(7,5)}{2810} = 3,76 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento máximo:

$$S_{\max} = 3 \times t = 3(10) = 30 \text{ cm}$$

- Cálculo de espaciamento con propuesta de varillas No. 3:

$$3,76 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{0,71 \times 100}{3,76} = 18,88 \approx 20 \text{ cm}$$

$$20 \text{ cm} < S_{\max}$$

- Cálculo de momento usando el área de acero mínimo:

$$M_{As_{\min}} = \phi_r \cdot A_{s_{\min}} \cdot f_y \left( d - \frac{A_{s_{\min}} \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \right)$$

Donde:

$M_{As_{\min}}$  = momento usando el acero mínimo, en kg-cm

$\phi_r$  = factor de reducción de resistencia, en este caso será de 0,90

$A_{s_{\min}}$  = área de acero mínima en  $\text{cm}^2$

$f_y$  = resistencia del acero en  $\text{kg/cm}^2$   
 $d$  = peralte efectivo de la losa en cm  
 $f'_c$  = resistencia del concreto en  $\text{kg/cm}^2$   
 $b$  = base de la franja unitaria en cm

$$M_{Asmin} = 0,90(3,76)(2\ 810) \left( 7,5 - \frac{3,76 \times 2\ 810}{1,7 \times 210 \times 100} \right)$$
$$= 68\ 503,55 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_{Asmin} = 68\ 503,55 \div 100$$
$$= 685,04 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{Asmin} > M_a^+$$

$$M_{Asmin} > M_b^+$$

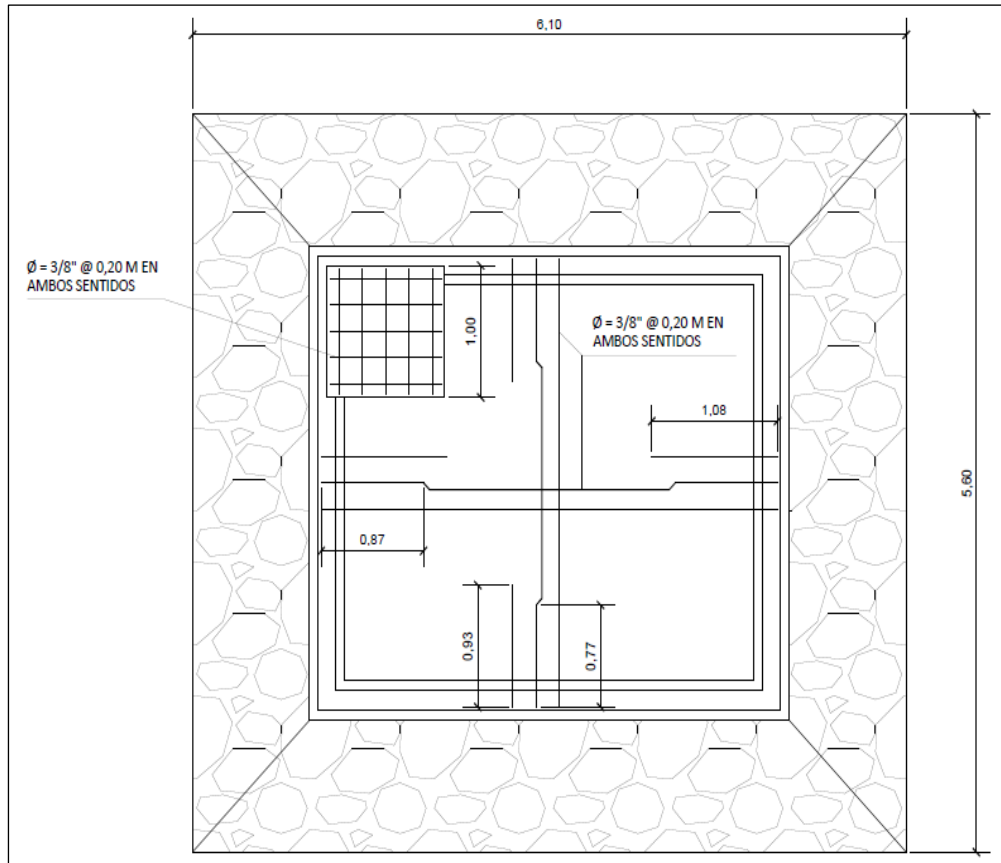
El momento que resiste el área de acero mínimo es mayor que los momentos que actúan en la losa; por lo tanto, la losa se diseñó con varillas N° 3 a un espaciamiento de 0,20 metros en ambos sentidos.

En la losa habrá un ingreso que será utilizado por los habitantes de la aldea para realizar el mantenimiento del tanque de distribución; este contará con una tapadera de 0,80 x 0,80 metros en una de las esquinas opuestas a la ubicación del hipoclorador. Debido a esto, en este lugar se construirán las escaleras.

El armado final de la losa del tanque se presenta en la figura 8.



Figura 8. Armado de losa del tanque de distribución



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Diseño de muros y losa inferior del tanque de distribución
  - Fuerza debida al suelo:

El cálculo de estas fuerzas horizontales está basado fundamentalmente en las dimensiones del tanque y en las características del suelo.

Los factores que se tomarán en cuenta, dependen del método de cálculo a usar; entre estos el que más se utiliza por su simplicidad, es el método de Rankine, en el cual se determina la constante para el empuje activo  $K_a$ , para luego calcular la presión activa  $P_a$ , según el tipo de suelo.

El empuje activo se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$K_a = \frac{\cos \beta - \sqrt{(\cos \beta)^2 - (\cos \phi)^2}}{\cos \beta + \sqrt{(\cos \beta)^2 - (\cos \phi)^2}}$$

Donde:

$\phi$  = ángulo de fricción interna, que en nuestro caso es  $22,38^\circ$

$K_a$  = constante de Rankine

$\beta$  = inclinación del terreno con relación a la horizontal

Debido a que no hay inclinación se considerará  $\beta=0$  y se obtiene:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin(22,38)}{1 + \sin(22,38)} = 0,45$$

La presión activa se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma_s \cdot K_a \cdot h_f^2$$

Donde:

$\gamma_s$  = peso volumétrico del suelo (se consideró con un valor de  $1,75 \text{ ton/m}^3$ )

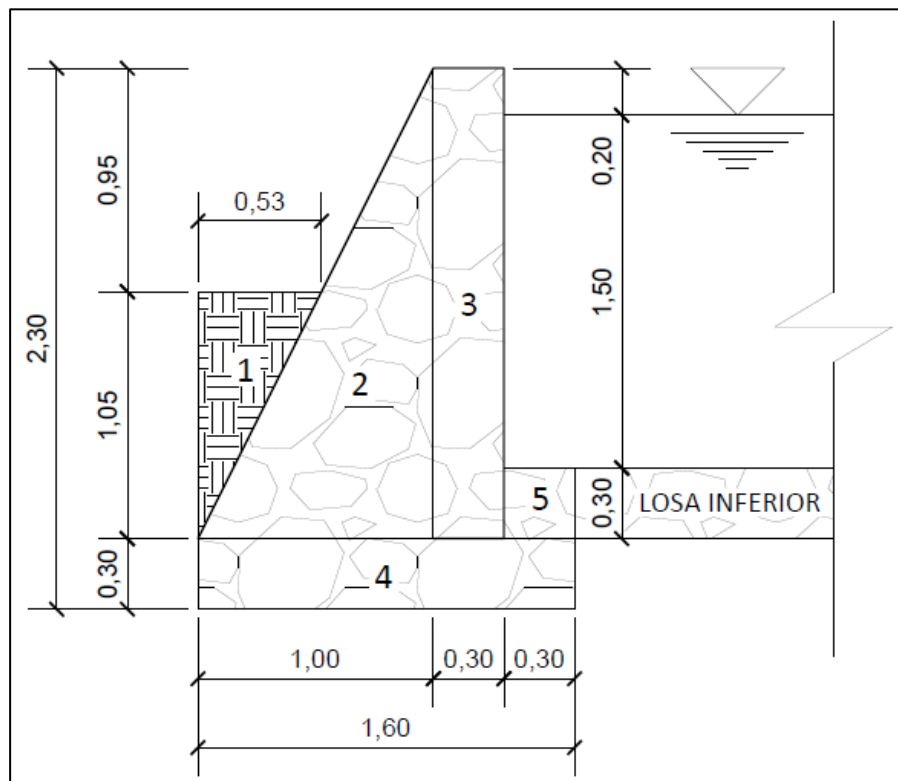
$h_f$  = altura del tanque bajo tierra en m

$$P_a = 0,5(1,75)(0,45)(1,35)^2 = 0,72 \text{ ton/m}$$

- Determinación de cargas y momentos del muro:

Para el cálculo, como primer paso, se dividió el corte típico del muro en distintas partes (ver figura 9). Luego se determinó el área y la distancia de cada una hacia el centro de masa, para así calcular las cargas verticales y momentos que se producen respecto al origen. Al resultado, se le sumará la carga y el momento que produce la losa superior. Todo esto se puede observar en la tabla V.

Figura 9. **Corte de muro del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Determinación de áreas:

$$A_1 = \frac{0,53 \times 1,05}{2} = 0,28 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{1,00 \times 2,00}{2} = 1,00 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0,30 \times 2,00 = 0,60 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 0,30 \times 1,60 = 0,48 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 0,30 \times 0,30 = 0,09 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de las cargas y los momentos de cada parte del muro se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$W = A \cdot \gamma_{material} \cdot FU$$

$$M = W \cdot \bar{X}$$

Donde:

W = carga en ton

M = momento en ton-m

A = área de cada parte del muro en m<sup>2</sup>

$\gamma_{cc}$  = peso volumétrico del concreto ciclópeo (2,5 ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_s$  = peso volumétrico del suelo (1,75 ton/m<sup>3</sup>)

FU = factor unitario de 1,00 m

$\bar{X}$  = distancia hacia centro de masa en m

- Integración de cargas de la losa sobre los muros:

- Área tributaria:

$$\begin{aligned}At &= \left(\frac{3,15}{2}\right)^2 + (3,65 - 3,15)\left(\frac{3,15}{2}\right) \\ &= 3,27 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Carga última de la losa sobre los muros:

$$CU_{LM} = At \times CU = 3,27 \times 802 = 2\,622,54 \text{ kg}$$

- Carga última de la viga perimetral sobre los muros:

$$CU_{VM} = 1,4 \times (\gamma_{conc} \times b_V \times h_V) \times b =$$

$$1,4 \times (2\,400 \times 0,15 \times 0,2) \times 3,65 = 367,92 \text{ kg}$$

- Carga última sobre los muros:

$$CUM = \frac{CU_{LM} \times CU_{VM}}{b} = \frac{2\,622,54 + 367,92}{3,65}$$

$$= 819,30 \text{ kg/m} = 0,82 \text{ ton/m}$$

El resultado será la sumatoria de las cargas y momentos de cada parte y de la carga de la losa, el cual se observa en la tabla siguiente:

Tabla V. **Cargas y momentos sobre muro de tanque**

<b>Cargas y momentos sobre muros de tanque de distribución</b>				
<b>No,</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\bar{X}</math> (m)</b>	<b>W (ton)</b>	<b>M (ton-m)</b>
1	0,28	0,18	0,49	0,09
2	1,00	0,67	2,50	1,68
3	0,60	1,15	1,50	1,73
4	0,48	0,80	1,20	0,96
5	0,09	1,45	0,23	0,33
P	-	1,15	0,82	0,94
<b>Totales</b>			<b>6,74</b>	<b>5,73</b>

Fuente: elaboración propia.

- Revisión por volteo:

- Momento de volteo:

$$M_v = \frac{P_a \cdot h_f}{3} = \frac{0,72(1,35)}{3}$$

$$= 0,32 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

- Factor de seguridad a volteo: debe de ser mayor o igual a 2.

$$F.S._v = \frac{M}{M_v} = \frac{5,73}{0,32}$$

$$= 17,91 > 2$$

El muro es estable al volteo.

- Revisión por deslizamiento:

Para esta revisión, se calcula el factor de seguridad a deslizamiento, que debe ser mayor de 1,5, pero primero hay que considerar un coeficiente de deslizamiento ( $k_d$ ). Este coeficiente está entre el rango de 0,35 a 0,65. Para efectos del cálculo, se tomó con un valor de 0,35.

$$\begin{aligned} F. S._d &= \frac{W \cdot k_d}{P_a} = \frac{6,74(0,35)}{0,72} \\ &= 3,28 > 1,5 \end{aligned}$$

El muro es estable al deslizamiento.

- Revisión por presión sobre el suelo:

- Excentricidad:

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{M - M_v}{W} = \frac{1,60}{2} - \frac{5,73 - 0,32}{6,74} \\ &= -0,003 \text{ m} \end{aligned}$$

- Presión en la punta: tiene que ser menor a la presión admisible del terreno ( $q_{ad}$ ) que se consideró de 10,00 toneladas por metro cuadrado.

$$q_p = \frac{W}{B} \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{6,74}{1,6} \left( 1 - \frac{6 \times 0,003}{1,6} \right) = 4,17 \text{ ton/m}^2$$

$$< 10,00 \text{ ton/m}^2$$

- Presión en talón: tiene que ser menor a la presión admisible del terreno y mayor a 0,00 toneladas por metro cuadrado.

$$q_t = \frac{W}{B} \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{6,74}{1,6} \left( 1 + \frac{6 \times 0,003}{1,6} \right) = 4,25 \text{ ton/m}^2$$

$$10,00 \text{ ton/m}^2 > 4,25 \text{ ton/m}^2 > 0,00 \text{ ton/m}^2$$

El muro no sufrirá asentamiento debido a la presión sobre el suelo.

Por lo determinado anteriormente, las dimensiones del muro son adecuadas para el tanque de distribución.

### 3.3.7. Diseño de vertederos de caja distribuidora de caudales

El caudal se distribuyó en dos: un caudal para la cabecera municipal y otro para la aldea El Soyate. Debido a esto, se diseñaron 2 vertederos rectangulares, ya que estos tienen la ventaja de ser proporcionales a la longitud para una misma carga.

Para el cálculo de los vertederos, se utilizó la fórmula de flujo crítico y el siguiente procedimiento:

$$\frac{Q_c^2}{g} = \frac{A_c^3}{B} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El caudal es el área por la velocidad del fluido:

$$Q_c = A_c * V_c \quad (\text{Ecuación 2})$$



Al sustituir  $Q_c$  de la ecuación 2 en la ecuación 1:

$$\frac{(Ac \cdot V_c)^2}{g} = \frac{Ac^3}{B} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Al aplicar la igualdad de la velocidad crítica, se obtiene:

$$V_c = \sqrt{\frac{Ac \cdot g}{B}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El área crítica está determinada por la ecuación, donde  $y_c$  es el tirante crítico definido por el diseñador:

$$Ac = B \cdot y_c \quad (\text{Ecuación 5})$$

Sustituir ecuación 5 en ecuación 4:

$$V_c = \sqrt{\frac{B \cdot y_c \cdot g}{B}} \rightarrow V_c = \sqrt{y_c \cdot g} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Por último, al utilizar la ecuación 3 en función de  $B$  y al sustituir la velocidad crítica de la ecuación 6:

$$B = \frac{Ac^3 \cdot g}{(Ac \cdot V_c)^2} \rightarrow B = \frac{Ac^3 \cdot g}{(Ac \cdot \sqrt{y_c \cdot g})^2}$$

$$B = \frac{Q_c}{y_c^{3/2} \cdot g^{1/2}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$Q_c$  = caudal crítico (para cada línea de conducción) en  $m^3/s$

$A_c$  = área crítica en  $m^2$

$B$  = base del vertedero en m

$y_c$  = tirante crítico en m

$g$  = gravedad en  $m/s$

Al obtener la ecuación 7, se procedió a medir la base de cada vertedero.

- Vertedero para línea de conducción de la aldea El Soyate

Datos:

$Q_c = 0,00056 m^3/s$  (0,56 l/s)

$y_c = 0,03 m$

$g = 9,81 m/s^2$

$$B = \frac{0,00056}{(0,03^{3/2}) * (9,81^{1/2})} = 0,034 m$$

- Vertedero para línea de conducción de la cabecera municipal

Datos:

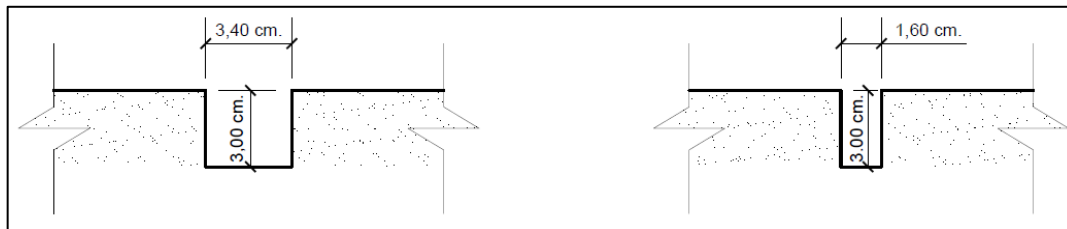
$Q_c = 0,00026 m^3/s$  (0,26 l/s)

$y_c = 0,03 m$

$g = 9,81 m/s^2$

$$B = \frac{0,00056}{(0,03^{3/2}) * (9,81^{1/2})} = 0,016 m$$

Figura 10. **Vertederos de caja distribuidora de caudales**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

### 3.3.8. **Desinfección**

Para la desinfección se implementará un hipoclorador que utiliza pastillas de hipoclorito de calcio, en la entrada del tanque de distribución. Estas tendrán por finalidad proporcionar una solución de cloro al tanque de distribución de la aldea El Soyate para mantener la potabilidad del agua. La concentración de cloro deberá garantizar una proporción de cloro residual en el punto más alejado de la red que esté en el rango entre 0,7 y 1,5 miligramos por litro. Deberá tener las siguientes características.

- Alimentación de cloro: se hará con tabletas de hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  con no menos del 65 por ciento de ingrediente activo. Estas tendrán un diámetro de 3 1/8 pulgadas, alto de 1 ¼ pulgadas y peso de 300 gramos.
- Funcionamiento: deberá ser automático, sin partes móviles y sin requerir energía eléctrica para su funcionamiento. Debe permitir el flujo de agua a través de las tabletas de hipoclorito de calcio para generar así la solución.

- Dimensiones: deberá ser pequeño, con dimensiones aproximadas a los 0,30 metros de diámetro y 0,90 metros de alto.
- Rango de flujo: este deberá estar entre los 5 y los 20 galones por minuto.
- Ubicación del clorador: la persona que lleve el proyecto a ejecución deberá instalar el clorador en una caja colocada a la entrada del tanque de distribución y deberá graduar el flujo para que permita que la cantidad de cloro residual en el punto más alejado de la red, esté entre los 0,7 y los 15 miligramos por litro.
- Planos de instalación y manual de operación y mantenimiento: el ejecutor, antes de la recepción de la obra, deberá entregar al director de control y seguimiento, dos copias de los planos de instalación y dos del manual de operación del sistema de cloración. Estas deberán estar debidamente identificadas con el nombre del proyecto, datos del autor del manual y lugar a donde se harán las consultas relacionadas con el uso del equipo.
- Caja para hipoclorador: su finalidad es proteger al clorador. En lo posible, deberá construirse con materiales locales e incluir una tapadera de registro con pasador y candado. Las dimensiones interiores serán de 1,00 x 0,50 metros en planta, por 1,00 metro de altura.



## 4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación se presenta el presupuesto final del proyecto, el cual se calculó con los precios actuales de materiales y mano de obra, por lo que se debe considerar que su monto podría variar en el futuro.

Tabla VI. **Presupuesto final del proyecto**

PRESUPUESTO FINAL					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Subtotales
1	Trabajos Preliminares	3 462,00	ml	Q3,02	Q10 468,80
2	Excavación de zanjas	2 272,91	m3	Q71,50	Q162 513,07
3	Relleno de zanjas	2 157,78	m3	Q35,75	Q77 140,64
4	Tanque de distribución de 15,75 m3	1,00	unidad	Q57 932,46	Q57 932,46
5	Cajas de válvulas de aire	2,00	unidad	Q6 501,78	Q13 003,56
6	Cajas de válvulas de limpieza	2,00	unidad	Q5 180,25	Q10 360,50
7	Cajas rompepresión	2,00	unidad	Q3 648,57	Q7 297,14
8	Caja distribuidora de caudales	1,00	unidad	Q6 061,55	Q6 061,55
9	Caja de válvulas de compuerta	2,00	unidad	Q3 447,16	Q6 894,32
10	Hipoclorador	1,00	unidad	Q8 964,12	Q8 964,12
<b>Línea de conducción General</b>					
11	Aldea El Soyate tubería PVC diámetro 1" 160 psi	312,23	ml	Q54,79	Q17 107,08
12	Aldea El Soyate tubería PVC diámetro 3/4" 250 psi	249,24	ml	Q53,98	Q13 453,98
13	Aldea El Soyate tubería HG diámetro 1" 700 psi	39,65	ml	Q142,87	Q5 664,80
14	Cabecera municipal tubería PVC diámetro 1" 160 psi	1 446,48	ml	Q54,79	Q79 252,64
15	Cabecera municipal tubería PVC diámetro 3/4" 250 psi	1 969,72	ml	Q53,98	Q106 325,49

Continuación de la tabla VI.

16	Cabecera municipal tubería HG diámetro 3/4" 700 psi	75,42	ml	Q120,72	Q9 104,70
<b>Red de distribución de Aldea el Soyate</b>					
17	Tubería PVC diámetro 1" 160 psi	702,96	ml	Q54,79	Q38 515,18
18	Tubería PVC diámetro 3/4" 250 psi	621,50	ml	Q53,98	Q33 548,57
19	Tubería PVC diámetro 1 1/4" 160 psi	194,16	ml	Q59,34	Q11 521,45
20	Tubería PVC diámetro 1 1/2" 160 psi	1 462,51	ml	Q65,78	Q96 203,91
21	Conexiones domiciliarias	30,00	unidad	Q1 802,86	Q54 085,80
<b>Total del Proyecto</b>					<b>Q825 419,74</b>

Fuente: elaboración propia.

## 5. CRONOGRAMA DE INVERSIÓN Y EJECUCIÓN

A continuación se muestra el cronograma de inversión y ejecución del proyecto, cuyo tiempo aproximado es de 4 meses. El ejecutor deberá encargarse de que este se cumpla en este plazo, ya que el tiempo perdido influye en su costo.

Tabla VII. Cronograma de inversión y ejecución

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN Y EJECUCIÓN																		
Proyecto:		Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Soyate, San Antonio la Paz, El Progreso.																
Municipio:		San Antonio la Paz																
Departamento:		El Progreso																
No.	Región	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Costo
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Trabajos preliminares	■																Q. 10 468,80
2	Excavación de zanjas		■	■	■													Q. 16 2513,07
3	Caja distribuidora de caudales				■													Q. 60 61,55
4	Línea de conducción de la aldea El Soyate					■	■	■	■									Q. 36 225,85
5	Línea de conducción de la cabecera municipal						■	■	■	■								Q. 194 682,83
6	Tanque de distribución de la aldea El Soyate							■	■									Q. 579 32,46
7	Cajas de válvulas de compuerta							■	■									Q. 6 894,32
8	Hipoclorador								■	■								Q. 8 964,12
9	Cajas rompedor									■	■							Q. 7 297,14
10	Red de distribución de la aldea El Soyate										■	■	■	■				Q. 179 789,11
11	Casa de válvulas de limpieza y de aire											■	■					Q. 23 364,06
12	Conexiones domiciliarias													■	■			Q. 54 085,08
13	Relleno de zanjas															■	■	Q. 77 140,64
Inversión estimada por mes		Q. 138 415,15				Q. 267 454,72				Q. 252 365,62				Q. 167 184,26				Q. 825 419,74

Fuente: elaboración propia.





## 6. PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El primer paso, antes de hablar de un programa de operación y mantenimiento, es formar un comité que lo lleve a cabo. Para esto, se debe cumplir con el reglamento para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas rurales de agua potable, establecido en el Acuerdo Gubernativo 293-82. Este asigna las siguientes responsabilidades del comité.

- Administrar el sistema de agua potable.
- Mantener en funcionamiento el sistema.
- Recaudar y manejar los fondos que el sistema produzca.

El acuerdo también establece la cantidad de miembros y sus funciones:

- Presidente: dirige las acciones del comité.
- Secretario: levanta actas en cada reunión mensual que se lleve a cabo, responde la correspondencia y lleva el control de jornales.
- Tesorero: cobra a los usuarios la tarifa mensual establecida y extiende los recibos legales, se encarga de los pagos relacionados con trabajos y lleva el control, en el libro de caja, de los ingresos y gastos, como el pago del fontanero, compra de cemento o tubería para reparaciones, pasajes o viáticos de visitas a instituciones relacionadas con el financiamiento de agua y saneamiento, entre otras.
- Vocales: sustituyen temporalmente a los miembros del comité cuando están ausentes y ayudan en todas las actividades.

El comité debe obtener todos los documentos legales que sean necesarios antes de la construcción del sistema de agua potable. Estos documentos se enumeran a continuación:

- Escritura de fuente.
- Derechos de paso de tubería.
- Escritura del predio para el tanque.
- Otros que pidan las instituciones financieras.

El comité debe organizar a la comunidad para que ayude durante la construcción del sistema en las siguientes actividades:

- Trabajo de construcción, como mano de obra no calificada.
- Transporte de materiales.
- Otras labores que sean necesarias

Durante la ejecución, el comité debe encargarse de los siguientes aspectos:

- Formación de grupos de trabajo.
- Control de los jornales.
- Solicitudes de materiales locales.
- Control de la bodega de materiales.

Las responsabilidades del comité luego de la construcción del sistema serán las siguientes:

- Mantener el buen funcionamiento del sistema.
- Administrar el dinero recaudado por pago de tarifa mensual.

- Vigilar el buen uso del agua.
- Realizar nuevas conexiones.
- Control de los ingresos y egresos.

El comité deberá reunirse por lo menos una vez al mes para discutir los problemas que surjan y proponer soluciones. También deben llevar a cabo reuniones de información para la comunidad, en las que se procure la asistencia de todos los vecinos.

Trimestralmente el comité deberá rendir cuentas a la gobernación departamental, para lo cual tendrá que presentar las facturas y los recibos debidamente legalizados y el libro de caja.

El comité deberá abrir una cuenta bancaria para guardar el dinero recaudado del pago de tarifas; esta cuenta deberá estar a nombre del comité y debe tener dos firmas para poder hacer retiros bancarios: la firma del presidente y la del tesorero.

## **6.1. Operación del sistema**

La operación del sistema consiste en que cada parte de este logre cumplir su función adecuadamente. A continuación se describe la finalidad de cada una de ellas:

- Captación: el tanque de captación es una obra realizada de muros de mampostería y sello sanitario de concreto con el fin de aislar el nacimiento de agua producido en la intemperie. Está integrado por un sello sanitario y una caja de reunión, con su respectivo rebalse y drenaje.

El sello sanitario está formado por piedra bola de 4 a 6 pulgadas de diámetro.

- Línea de captación: sirve para conducir el agua a presión desde el tanque de captación al tanque de distribución.
  
- Tanque de distribución: sirve para almacenar y distribuir el agua a la comunidad, cuenta con las siguientes características:
  - Caja de válvula de entrada
  - Tubería de entrada
  - Tapadera y entrada al tanque
  - Drenaje
  - Ventilación
  - Rebalse
  - Pichacha y tubería de salida
  - Caja de válvula de salida
  
- Sistema de desinfección: los cuidados que se deben tener al manejar cloro son los siguientes:
  - El cloro es una sustancia tóxica y por lo tanto, presenta un riesgo potencial para la salud si no se usa en forma adecuada.
  - El cloro, en concentraciones de 3 a 5 miligramos por litro es un agente irritante para el sistema respiratorio.
  - En casos extremos, puede llegar a dificultar la respiración y causar la muerte.

- En un ambiente saturado de cloro se percibe un olor penetrante y una apariencia de color amarillo verdoso; en casos como este se deben tomar medidas de seguridad.
  - Las tabletas de hipoclorito de calcio deben almacenarse en lugares secos y frescos.
  - Los compuestos clorados en lugares húmedos son corrosivos, al igual que las soluciones cloradas, por lo que deben almacenarse en depósitos plásticos o de vidrio.
  - Se debe capacitar al operador del sistema de desinfección para mantener un alto nivel en este, y para saber qué hacer si la solución de cloro es muy alta.
  - El operador debe usar botas y guantes de hule.
- Línea de distribución: está colocada entre el tanque de distribución y la comunidad. Sirve para conducir el agua a presión desde el tanque, hasta cada una de las viviendas. En esta red se colocan válvulas de compuerta en cada ramal las cuales sirven para aislar y realizar conexiones futuras o reparaciones en dicho tramo.
  - Conexión domiciliar: es la instalación que se coloca dentro del predio de cada casa, para que cada familia pueda abastecerse del agua. Una conexión domiciliar consta de las siguientes partes: una tee reductora de PVC que reduce el diámetro de la línea principal al diámetro de la conexión domiciliar; una llave de paso de bronce que permite regular o cerrar el paso del agua; una protección para la llave de paso que se construye con un pedazo de tubo de PVC de 2 pulgadas y una tapadera de concreto y un vástago.

## **6.2. Mantenimiento del sistema**

El mantenimiento es necesario si se desea que el sistema de abastecimiento de agua de la aldea El Soyate funcione bien durante la totalidad de su vida útil.

- **Mantenimiento preventivo**

Es la acción de protección de cada una de las partes del sistema de agua potable con la finalidad de:

- Evitar daños.
- Disminuir los efectos dañinos.
- Asegurar la continuidad del servicio de agua potable.

- **Mantenimiento correctivo**

Es la acción de reparación de daños de las partes del sistema de agua potable, los que pueden suceder por:

- Accidentes naturales (terremotos, derrumbes y otros).
- Deterioro debido al mal uso.
- Desgaste de los accesorios.

- **Mantenimiento del área de la captación**

- Inspeccionar dos veces por mes, los alrededores de la captación, para verificar que no existan fuentes de contaminación, ni deforestación.

- Limpiar el área de piedras y plantas una vez al mes.
  - Revisar el cerco de protección cada tres meses y de ser necesario hacerle reparaciones.
  - Revisar el sello sanitario del tanque dos veces por mes para evitar que haya un taponamiento y que raíces de los árboles no entren en el mismo.
  - Revisar la estructura del tanque cada seis meses para verificar que no existan fugas, grietas o roturas, y también que no haya derrumbes, cajas o cualquier pieza que represente una carga para el mismo. Si existieran daños, se deberán hacer las reparaciones existentes.
  - Verificar cada seis meses que no haya agua estancada que acumule lodo. En caso hubiera, se deberá limpiar y drenar debidamente.
  - En época de invierno, se deberá revisar que la tubería de desagüe esté funcionando correctamente y se deberá limpiar el sello sanitario del tanque.
- Mantenimiento de válvulas
    - Válvulas de compuerta: cada 3 meses se deberá:
      - Verificar que no existan roturas, fugas, o falta de piezas.
      - Revisar que estén funcionando adecuadamente las válvulas, abriéndolas y cerrándolas lentamente para identificar fugas y el cierre correcto de estas.
      - En caso de desperfectos, remplazar la válvula o repararla.



- Válvulas de paso
  - Revisar que la regulación sea la misma que se dejó desde el principio del proyecto.
  - Si se necesita cortar un servicio domiciliario se deberá cerrar.
  - Si se desea cambiar la regulación del caudal, se deberá retirar la tapadera y girar la llave lentamente para obtener el caudal deseado.
  
- Válvulas de chorro
  - Revisar que estas válvulas no tengan goteo alguno, ya que significaría una pérdida de agua.
  - Si hubiera necesidad de reparar una válvula de chorro, se tendrá que cerrar la válvula de paso, desenroscar la corona y revisar el empaque; en casos que lo amerite, se deberá cambiar y volver a armar para luego revisar que funcione.
  
- Mantenimiento de cajas de válvulas
  - Cada tres meses, se tendrán que revisar que no haya roturas ni agua acumulada en las paredes de las cajas y las tapaderas.
  - Si existieran roturas, se deberán reparar.
  - Si existiera agua acumulada, se tendrá que drenar y limpiar el piso de la caja.
  
- Mantenimiento de contador
  - Realizar lecturas mensuales.

- Verificar si opera adecuadamente durante las lecturas.
- Verificar si no ha sufrido manipulación por parte de vecinos.
- Mantenimiento del tanque de distribución: cada 3 meses
  - Revisar su estructura, como se indicó anteriormente.
  - Examinar las válvulas.
  - Lavar el tanque siguiendo el procedimientos que se describe a continuación:
    - Cerrar la válvula del hipoclorador y de entrada, y luego abrir la de desvío o *by pass*.
    - Luego, abrir la válvula de desagüe.
    - A continuación, se procederá a limpiar las paredes y el piso del tanque con agua y un cepillo de raíz o de plástico.
    - Al terminar, se cerrará la válvula de desagüe y se abrirá la de entrada y la del hipoclorador.
- Mantenimiento de la línea de distribución: una vez al mes se deberá
  - Verificar la limpieza a lo largo de todo el sendero.
  - Revisar que no haya roturas y fugas.
  - Examinar la condición de los pasos de zanjón, de los anclajes y recubrimientos.
  - Verificar la correcta operación de las cajas rompe-presión, de las válvulas de limpieza y de las válvulas de aire.
  - Donde sea necesario, aplicar medidas correctivas.

- Mantenimiento de las tuberías de hierro galvanizado (HG)
  - Revisar que toda tubería de HG se encuentre en buen estado, y si por alguna razón, no lo está debe, procederse a repararla. Para reparar daños en tuberías de HG, es necesario contar con herramientas, materiales y accesorios especiales como niples, coplas, uniones universales y otros.
  - Para la reparación se procede de la siguiente forma:
    - Cortar cuarenta centímetros de la tubería, aunque podría ser menor, dependiendo de la longitud del daño.
    - Preparar un nuevo tubo de treinta y cinco centímetros.
    - Hacer rosca en los dos extremos.
    - Colocar copla en la tubería original.
    - Colocar el nuevo tubo en la copla instalada.
    - Incluir una unión universal en los extremos del tubo y en el tubo original.
    - Ajustar y cerrar la línea con la corona de la unión universal.
- Mantenimiento de las tuberías de PVC
  - Al igual que en las tuberías de HG, se debe revisar que no existan fugas en el sistema y si existen, se deberán reparar.
  - Para reparar daños en tubos PVC, se necesita un tubo PVC, una sierra, una brocha y pegamento, y se procede de la siguiente forma:
    - Desenterrar el tubo uno o dos metros a ambos lados de la fuga.

- Cortar una pieza de treinta centímetros del tubo dañado.
  - Cortar, del tubo nuevo, una parte que mida aproximadamente treinta y ocho centímetros.
  - Preparar fuego para calentar cada extremo del tubo.
  - Cuando el tubo se encuentre blando, meterlo en el extremo de otro tubo para hacerle una campana en ambos extremos.
  - Eliminar imperfecciones en los cortes del tubo y limpiar los extremos con un trapo.
  - Aplicar pegamento alrededor de los extremos de la tubería y dentro de la campana.
  - Mantener la presión y dejar secar.
  
- Mantenimiento del hipoclorador
  - Cada tres días, preparar la dosificación correspondiente, limpiar el residuo existente en el fondo del hipoclorador, enterrar el residuo resultante de la preparación de desechos y verificar la concentración de cloro libre residual, que no debe de ser menor a 0.70 miligramos por litro en la parte más lejana de la red de distribución.
  - Cada mes, verificar la existencia de cloro para todo el siguiente mes de operación.
  - Debido a que el sistema de cloración se realiza por medio de pastillas, se debe verificar la concentración del cloro durante los primeros días del mes para calibrar la cantidad de agua que debe ingresar al dispositivo; esto con el objetivo de que tenga la concentración de cloro libre residual no menor de 0.70 miligramos por litro en el punto más lejano de la red de distribución.

- Cada día revisar la dosificación del hipoclorito en el tanque de distribución y el nivel de solución en el depósito, así como controlar que no haya fugas.
- Materiales y herramientas para mantenimiento

A continuación se presenta una lista de herramientas y materiales necesarios para el mantenimiento del proyecto:

- Pala
- Piocha
- Azadón
- Cubeta
- Cuchara de albañil
- Martillo
- Tenaza
- Rastrillo Metálico
- Sierra
- Llave *Stilson* o de tubo según diámetro de tubería HG
- Alicata
- Destornilladores
- Lima
- Cepillo de raíz o plástico
- Prensa
- Tarrajas según diámetros de tubería HG
- Manguera
- Kit de comparímetro de cloro libre residual

### 6.3. Gastos de mantenimiento

En estos, se debe considerar el mantenimiento preventivo y el correctivo. El preventivo cubrirá gastos de reparaciones pequeñas que evitarán daños mayores en el sistema. El correctivo se realizará por daños al sistema; para llevarlo a cabo se necesitarán materiales y accesorios en el menor tiempo posible. Es importante mantener en bodega, materiales y accesorios para cubrir fallas inmediatas en el sistema.

El mantenimiento incluye también la compra de herramienta y equipo necesario para las reparaciones.

Para determinar el costo por mantenimiento mensual, se debe considerar el periodo de vida útil del sistema. Se ha estimado que mensualmente se requerirá un 0,40 por ciento del total del proyecto.

$$G_{m.m.} = \frac{0,004 \cdot CT_{\text{proyecto}}}{21}$$

Donde:

$G_{m.m.}$  = gasto de mantenimiento mensual

$CT_{\text{proyecto}}$  = costo total del proyecto

$$G_{m.m.} = \frac{0,004 \times 825\,419,74}{21} = Q. 157,22$$

## 6.4. Gastos de operación

Entre los gastos de operación se incluyen todo lo que se necesite para que el sistema de abastecimiento de agua funcione de manera adecuada. Estos son en tres: los administrativos, de desinfección y operativos.

### 6.4.1. Gastos de desinfección

Este consiste en el tratamiento que se le da al agua a la entrada del tanque de distribución para que esta sea potable.

En los sistemas de agua potable se utiliza hipoclorito de calcio. La concentración de este depende del grado de contaminación del agua, por lo que el gasto de desinfección estará en relación directa con el gasto de hipoclorito de calcio.

Un fontanero se encargará de la desinfección, será él quien brinde servicio a todo el sistema. Este desembolso está incluido en los gastos de operación y mantenimiento.

$$G_{des} = C_t \cdot N_t$$

Donde:

$C_t$  = costo de tableta (Q. 11,50)

$N_t$  = número de tabletas a utilizar por mes

$$G_{des} = 11,50 \times 9 = Q. 103,50$$

#### **6.4.2. Gastos operativos**

Para la operación del sistema de agua, es indispensable la contratación de un fontanero, ya que será él, quien brinde operación y mantenimiento adecuados al sistema. Se estima contratar a la persona por servicios personales, por lo que no se incluirán prestaciones laborales. Este trabajará un día a la semana, lo que hace un total de 52 días al año, con un salario de Q.90,00 por día. Esto hace un salario anual de Q.4 680,00 y un salario mensual de Q.390,00.

#### **6.4.3. Gastos administrativos**

Entre estos, se incluyen gastos de papelería, mobiliario, equipo de oficina, pagos por concepto de viáticos para los miembros del comité o de alguna otra persona que tenga que realizar trámites relacionados con el sistema de agua potable.

Este se estima como el 15 por ciento de la suma de todos los gastos descritos anteriormente.

$$G_{adm} = 0,15 (G_{op} + G_{m.m.} + G_{des})$$

$$G_{adm} = 0,15 (390 + 157,22 + 103,50) = Q.97,61$$

#### **6.5. Tarifa propuesta**

Para que se puedan cubrir todos los gastos del sistema de agua potable descritos anteriormente, se debe proponer una tarifa mensual adecuada que los pueda cubrir.



### **6.5.1. Tipos de tarifa**

Para efectos de este proyecto se eligió el tipo de tarifa que más se adecuó a las necesidades del mismo. Entre los distintos sistemas de tarifa existentes se encuentran los tres siguientes:

- Sistema uniforme

Es un sistema de tarifa en donde el volumen de agua consumida se cobrará mensualmente por cuota general a la población, debido a que no se instalarán medidores de volumen de consumo, y el cobro mensual se calcula al dividir el total de gasto entre el total de servicios.

- Sistema unitario

En el sistema unitario, toda el agua se cobra a una tarifa uniforme y el cobro mensual se calcula al multiplicarla por cantidad de metros cúbicos de agua consumida.

- Sistema diferencial

Con respecto a este sistema hay dos alternativas a tomar. La primera consiste en que la tarifa disminuya conforme el consumo de agua aumenta: sistema diferencial inverso. Y la segunda, en que las tarifas aumenten conforme aumenta el consumo, sistema diferencial directo. Este último es el que predomina en casi todos los países latinoamericanos, y es el que se usará para este proyecto.

### **6.5.2. Inflación**

El motivo por el cual se incluye la inflación en este punto es porque influye directamente en el cobro de la tarifa, ya que el sistema necesita mantenerse en operación y recibir mantenimiento y para esto, es necesario adquirir materiales y desembolsar el pago de mano de obra.

La inflación es el aumento del costo que estos materiales y la mano de obra sufrirán en el transcurso del tiempo. Por lo general, se ha observado que el precio fluctúa aproximadamente en un 10 por ciento, el cual seguramente variará con el paso de los años debido al alza desmedida de los precios que se genera actualmente. Por esta razón, también podría considerarse la aplicación de un porcentaje del costo total del proyecto.

Ahora bien, el comité que se encarga del agua, deberá considerar cómo absorber un alza superior a los parámetros establecidos anteriormente.

El cálculo de inflación se determina de la siguiente manera:

$$I = \%Inflación \times (G_{op} + G_{m.m.} + G_{des} + G_{adm})$$

$$I = 0,10(390 + 157,22 + 103,50 + 97,61) = Q.74,83$$

### **6.5.3. Cálculo de tarifa propuesta**

Para el cálculo de la tarifa se sumaron todos los gastos del sistema descritos anteriormente más la inflación, y este costo se dividirá entre el total de conexiones domiciliarias.

Tabla VIII. **Tarifa propuesta**

<b>Tarifa propuesta</b>	
Gastos de administración	Q. 97,61
Gastos de desinfección	Q. 103,50
Gastos de operación	Q. 390,00
Gastos de mantenimiento	Q. 157,22
Inflación	Q. 74,83
<b>Total</b>	<b>Q. 823,16</b>
No. conexiones	30
Total / No. conexiones	Q. 27,44
<b>Tarifa</b>	<b>Q. 28,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Se establece que el cobro de la tarifa mensual tendrá un valor de veintiocho 00/100 quetzales (Q), y por cada mil litros que consuma en exceso el domicilio, se cobrará un quetzal más.

Tabla IX. **Ajuste de tarifa**

<b>Ajuste de Tarifa</b>	
Tarifa actual	Q. 28,00
Tarifa a 5 años	Q. 30,00
Tarifa a 10 años	Q. 35,00
Tarifa a 15 años	Q. 42,00
Tarifa a 20 años	Q. 50,00

Fuente: elaboración propia.

#### **6.5.4. Tarifa de una nueva conexión domiciliaria**

Una nueva conexión al sistema de agua, producirá gastos de instalación relacionados con pagos de fontanero y personal administrativo, por lo que la cuota por una nueva instalación será de mil quetzales (Q. 1 000,00). Esta será recaudada por el comité de agua, a menos que el nuevo beneficiario del sistema desarrolle los trabajos previos a la conexión, que incluyen la excavación y compra de materiales desde la línea de tubería más cercana a su casa, por lo que únicamente efectuará el pago mensual de la tarifa establecida.

#### **6.5.5. Reinstalación del servicio**

A los beneficiarios del servicio del sistema de agua potable que no efectúen sus pagos mensuales de la tarifa durante 6 meses consecutivos, se les cortará el servicio con previo aviso verbal y escrito antes del corte. Para la reinstalación de este servicio se deberá pagar una cuota de trescientos quetzales (Q 300,00) por concepto de corte e instalación, más los meses no pagados.



## 7. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

La evaluación socioeconómica del proyecto tiene como propósito principal identificar los beneficios del mismo, para luego darles un valor adecuado que indique la rentabilidad social a través del análisis de costo-beneficio. La definición de los beneficios se verifica a partir de los aspectos físicos del mismo, ya que el flujo de beneficios es una función directa de la capacidad instalada del proyecto, tomando en cuenta su utilización para todo el año.

Para hacer la evaluación del proyecto, el flujo de beneficios se elaborará de acuerdo con la naturaleza de los beneficios establecidos. En todo caso deben definirse y medirse los beneficios incrementados, ciclo con ciclo, los cuales deben ser atribuidos exclusivamente al proyecto; es decir, aquellos que sean resultado de la presencia del proyecto en la comunidad.

Con relación a los costos, estos se distinguen básicamente en:

- Costos de inversión: son aquellos que se efectúan para poder instalar el proyecto. Estos se ejecutan entre el primer desembolso y el momento en que empieza a operar el proyecto.
- Costos de mantenimiento y reposición: son los que se deben hacer para reponer los elementos dañados debido a desgaste o aquellos que por alguna razón dejan de funcionar, consecuencia del uso durante su vida útil.
- Costos de funcionamiento: son los costos necesarios para la correcta operación del proyecto, con el fin de que este siga aportando los beneficios previstos a la población.

## 7.1. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto es una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de su vida útil, en otras palabras es el valor presente de su flujo de ingresos futuros menos el valor presente de su flujo de gastos. Según este método la inversión es aceptable cuando el valor presente neto es positivo, por lo tanto, si el VPN fuera negativo, indicaría que la inversión genera pérdidas a una cierta tasa de interés y si el VPN fuera mayor que cero, indicaría que la inversión generará ganancias. Si el VPN es igual a cero, la inversión no genera ni pérdidas ni ganancias.

Para el análisis del VPN se tomó una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva actual que es del 12 por ciento. También se debe de tomar en cuenta que el costo total del proyecto (Q. 825 419,74) será proporcionado por alguna institución, ya sea gubernamental o no, por lo que no será recuperable y para este análisis no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sustentable.

Para el cálculo del Valor Presente se utilizará la siguiente fórmula:

$$VP = \text{Monto} * \frac{(i + 1)^n - 1}{i * (i + 1)^n}$$

Donde:

i = tasa de interés

n=vida útil del proyecto

- Gastos de mantenimiento y operación anuales ( $G_{moa}$ ):

$$G_{moa} = (G_{op} + G_{m.m} + G_{des} + G_{adm} + I) * 12$$

$$G_{moa} = (390 + 157,22 + 103,50 + 97,61 + 74,83) * 12 = Q. 9 877,92$$

- Cobro de Tarifa Anual ( $T_a$ ):

$$T_a = T_c * \text{No. Conexiones} * 12$$

$$T_a = 28 * 30 * 12 = Q. 10 080,00$$

- Valor Presente de  $G_{moa}$ :

$$VP = G_{moa} * \frac{(i + 1)^n - 1}{i * (i + 1)^n} = 9 877,92 * \frac{(0,12 + 1)^{21} - 1}{0,12 * (0,12 + 1)^{21}} = Q. 74 696,86$$

- Valor Presente de  $T_a$ :

$$VP = T_a * \frac{(i + 1)^n - 1}{i * (i + 1)^n} = 10 080 * \frac{(0,12 + 1)^{21} - 1}{0,12 * (0,12 + 1)^{21}} = Q. 76 224,99$$

El VPN se obtendrá de la resta entre los ingresos y los gastos que se obtengan durante la vida útil del proyecto.

$$VPN = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$VPN = 76 224,99 - 74 696,86 = Q. 1 528,13$$



Este valor muestra que el proyecto será autosustentable y que la tarifa propuesta es adecuada.

## 7.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa de interés con la cual el Valor Presente Neto es igual a cero. La TIR es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, en donde a mayor TIR, mayor rentabilidad. Esta se utiliza para decidir si se rechaza o elige un proyecto de inversión. De este modo, una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido, de lo contrario, la inversión no es provechosa.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una Tasa Interna de Retorno atractiva, por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio. Este se determina restando el VPN obtenido del costo total del proyecto y luego dividiéndolo entre la cantidad de habitantes futuros.

$$\text{Costo} = CT_{\text{proyecto}} - \text{VPN}$$

$$\text{Costo} = 825\,419,74 - 1\,528,13 = \text{Q. } 823\,891,61$$

$$\text{Beneficio} = \text{hab. futuros} = 221 \text{ habitantes}$$

$$\text{Costo/Beneficio} = \frac{823\,891,61}{221} = \text{Q. } 3\,728,02/\text{hab.}$$

Con el valor obtenido de costo/beneficio las instituciones podrán decidir si les es rentable a su punto de vista el proyecto.

## **8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

A continuación se presentan los impactos ambientales que se generan comúnmente por la ejecución de un sistema de agua potable rural, así como el plan de mitigación de los mismos.

### **8.1. Impactos ambientales**

El impacto ambiental es el efecto que produce la actividad de las personas sobre el medio ambiente. En otras palabras, son los efectos que se producen debido a la alteración del mismo por parte de los humanos. A continuación se mencionan los que podrían generarse por la ejecución del proyecto.

- Desechos sólidos, líquidos y otros: estos surgen únicamente en la fase de construcción y están constituidos únicamente por los materiales sobrantes, tales como madera, ripio, papel, restos de tubos de PVC, restos de metales de tubería HG, compuestos líquidos utilizados para el mantenimiento de la maquinaria y equipo a utilizar o por las pruebas y limpiezas de la tubería, residuos inorgánicos generados por el personal de obra y desechos humanos.
- Combustibles utilizados y gases emanados: los combustibles que se utilizan en acueductos rurales son los utilizados por los vehículos que llevan los materiales a la comunidad y los vehículos del personal que supervisa y construye el proyecto.

- Generación de polvo: este se genera debido a la construcción, obras civiles y zanjeo para la colocación de tuberías.
- Eliminación de vegetación: durante el proceso de construcción, se eliminará vegetación herbácea y arbustiva en cantidades pequeñas donde se requiera para crear el paso del proyecto u obras complementarias.
- Disminución del nivel de agua subterráneo: esta se generará durante todo el período útil del proyecto por el uso que los pobladores harán de ella.

## **8.2. Plan de mitigación**

Es necesario debido a que permite la reducción de la vulnerabilidad y el daño a la vida y el ambiente que se encuentra alrededor del proyecto. A continuación se presentan algunas de las medidas que se tomarán:

- Los residuos orgánicos e inorgánicos serán recolectados y transportados a botaderos de ripio, situados fuera del área del proyecto. En cuanto al material extraído de las zanjas, se considera que por tratarse de partículas del subsuelo no causarán ningún daño, además se prevé que el 90 por ciento del volumen de excavación será reutilizado para el relleno de las estructuras y zanjas.
- Para minimizar al máximo la generación de polvo, se humedecerá el suelo con agua.
- La emanación de gases es mínima, por lo que se considera despreciable.

- Debido a que el sitio del proyecto está fuera de las zonas de reserva, solo basta con la reforestación y compostaje para mitigar la eliminación de vegetación necesaria por el proyecto.
- En lo concerniente a la disminución del nivel de agua subterráneo, se tomarán medidas de reforestación y se crearán estructuras que permitan la filtración del agua.



## CONCLUSIONES

1. Con la ejecución del proyecto propuesto, se cubrirá la principal necesidad existente en la aldea El Soyate en lo a que recursos hídricos se refiere, ya que este proveerá a la población de este recurso y de este modo, mejorará la higiene y saneamiento de la comunidad.
2. El caudal que produce la fuente El Tular, de 0,82 litros por segundo, es el suficiente para poder cubrir la demanda de la aldea El Soyate, y además, proveer a parte de la cabecera municipal por un período de 21 años.
3. Debido a que las viviendas están muy dispersas y a la topografía del lugar, el diseño de la red de distribución se hizo a través de ramales abiertos.
4. Debido a que todo el sistema de agua potable se ejecutará en un camino vehicular donde transitan vehículos pesados, se consideró instalar la tubería a una profundidad de 1,20 metros y evitar así a consecuencia del tránsito vehicular.
5. El impacto ambiental que provocará el proyecto será muy poco y será compensado con el gran beneficio que la comunidad recibirá del sistema de agua potable.
6. El cobro de la tarifa mensual cubrirá los gastos de operación y mantenimiento del proyecto, siempre y cuando la recaudación sea eficiente.

7. El proyecto beneficiará actualmente a 30 familias, las cuales suman un total de 159 personas; y al terminar el período de diseño, que es de 21 años, se estima que beneficiará aproximadamente a 42 familias, las cuales sumarán un total de 221 personas.

## RECOMENDACIONES

1. Durante la ejecución del proyecto, se recomienda contratar los servicios de un profesional de la ingeniería que esté en la capacidad de supervisar que se cumplan tanto las especificaciones técnicas, como los requerimientos de los materiales de construcción y los procedimientos de construcción.
2. Solicitar a la comunidad que aporte mano de obra no calificada con cierta experiencia en este tipo de trabajos para que se puedan reducir los costos del proyecto.
3. Reforestar el área aledaña al nacimiento para garantizar que el nivel de agua no se pierda con el paso del tiempo, ni en época de estiaje.
4. Seleccionar un comité de agua adecuado (formado por personas íntegras que tengan conocimiento sobre el trabajo) que vele por el correcto funcionamiento del proyecto, por su mantenimiento y el correcto uso del dinero recaudado de la tarifa mensual que se cobrará a los beneficiarios del proyecto.
5. Cumplir con el mantenimiento descrito en este documento para garantizar que el proyecto llegue a funcionar correctamente durante su vida útil (21 años).
6. Realizar un aforo anual para evaluar si el caudal producido por la fuente ha disminuido o aumentado y tomar las medidas correspondientes.



7. Proveer a la comunidad de capacitaciones sobre la correcta utilización del recurso hídrico para mejorar la higiene y saneamiento, así como para evitar el desperdicio de este.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUÍZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 169 p.
2. ALCÁNTARA GARCÍA, Dante. *Topografía y sus aplicaciones*. México: Patria, 2007. 386 p.
3. BATZ PUZUL, Samuel Isaac. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua para la aldea San Pablo y sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Tapatá, municipio de Zacapa, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 105 p.
4. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR); Ministerio de Economía. Norma COGUANOR NGO 29 001, *Agua Potable Especificaciones*. Publicación en el Diario Oficial, Guatemala 18 de octubre de 1985. 14 p.
5. Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala. Unidad de diseño de agua y alcantarillado. *Reglamento para presentación de proyectos de agua potable*. Guatemala: EMPAGUA, 2000. 45 p.
6. FUENTES OROZCO, Bernardo. *Normas generales para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1959. 100 p.

7. Instituto de Fomento Municipal. *Manual de administración, operación y mantenimiento*. Guatemala: UNEPAR, 2004. 73 p.
8. \_\_\_\_\_. *Modelo básico para proyectos de abastecimiento de agua potable, saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental a nivel rural*. Guatemala: UNEPAR, 2001. 55 p.
9. \_\_\_\_\_. *Normas de diseño de agua potable*. Guatemala: INFOM, 1979. 150 p.
10. \_\_\_\_\_. Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. 2a. ed. Guatemala: UNEPAR, 1997. 70 p.
11. LÓPEZ OGALDEZ, José Carlos. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío segundo centro Río Blanco y del edificio modelo para auxiliatura municipal, municipio de Sacapulas, departamento del Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 273 p.
12. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*, 12va. McGraw Hill Colombia, 1999. 722 p.

13. PÉREZ CASTILLO, Estuardo Antonio. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Saspán y edificación para el salón comunal de la aldea Tierra Colorada, municipio de San José la Arada, departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 103 p.
  
14. TAYLOR, George A. *Ingeniería económica*. 5a ed. México: Limusa, 1998. 640 p.



## **APÉNDICES**



## Apéndice 1. Bases de diseño

BASES DE DISEÑO		
<p>Proyecto: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Soyate, San Antonio la Paz, El Progreso.</p> <p>Municipio: San Antonio la Paz</p> <p>Departamento: El Progreso</p> <p>Fecha: jun-14</p>		
DATOS DE LA POBLACIÓN		
Año:	2014	
Institución	Municipalidad de San Antonio la Paz	
Número de habitantes actuales:	159	hab.
Número de viviendas actuales:	30	viv.
Densidad de población:	6	hab./viv.
SERVICIOS PÚBLICOS EXISTENTES		
Escuela:	1	
Iglesia:	1	
CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA		
Período de diseño:	21	años
Tasa de crecimiento geométrico:	1,57	%
Población futura:	221	hab.
Viviendas futuras:	42	viv.
Año de período de diseño:	2035	
CÁLCULO DE CAUDALES		
Dotación para la Población:	100	lt/hab/día
Dotación para la Escuela:	50	lt/alumno/día
Dotación para la Iglesia:	75	lt/hab/día
Aforo de la fuente:	0.82	lt/s
Caudal que produce la fuente:	70848	lt/día
Cudal diario de la población:	27100	lt/día
Factor de día máximo:	1,8	
Factor de hora máximo:	3	



Continuación del apéndice 1.

Caudal medio (Qm):	0.31	lt/s
Caudal de día máximo (Qc):	0.56	lt/s
Caudal de hora máximo (Qd):	0.94	lt/s
<b>TANQUE DE DISTRIBUCIÓN</b>		
Porcentaje de almacenamiento:	40	%
Volumen calculado del tanque:	15.91	m <sup>3</sup>
Volumen adoptado del tanque:	15.75	m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Línea de conducción de la aldea El Soyate

Línea de conducción de la aldea El Soyate																										
Tramo Est	P.O.	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)	Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Qc (lt/s)	ø económico (pulg)	ø a utilizar (pulg)	Tipo tubería	Clase tubería	Cte de tubería	Pérdida Hf (m)	Longitud (m)		Cantidad de tubos	Hf real (m)	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática			
		Inicial	Final											L1	L2				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-1	CD-1	200.47	200.00	2.47	8.63	9.06	0.56	0.846	1	HC	700	100	1.095	9.06	0.00	14	1.095	1.099	202.47	201.38	0.00	1.38	0.00	2.47	14.38	
E-2	E-3	200.00	188.09	11.91	59.13	30.59	0.56	0.786	1	HC	700	100	3.656	0.00	30.59			3.656	1.099	201.38	197.68	1.38	9.59	2.47	14.38	
E-3	E-4	188.09	186.29	1.80	51.94	55.59	0.56						1.095	9.06	0.00			1.099	188.09	188.09	0.00	0.00	0.00	14.38	56.32	
E-4	E-5	186.29	177.53	8.76	96.20	101.01	0.56						3.2044	436.41	0.00	73	24.907	1.099	188.09	163.18	0.00	17.03	14.38	56.32		
E-5	E-6	177.53	171.60	5.93	64.45	67.67	0.56																			
E-6	E-7	171.60	161.44	10.16	83.77	87.96	0.56	0.899		PVC	160	150														
E-7	E-8	161.44	153.16	8.28	65.96	69.26	0.56																			
E-8	E-9	153.16	147.55	5.61	40.22	42.23	0.56																			
E-9	E-10	147.55	139.22	8.33	72.04	75.64	0.56		3/4	PVC	250	150	130.078	0.00	125.06	21	28.973	1.095	163.18	134.21	17.03	0.00	56.32	68.36		
E-10	TD-1	139.22	134.21	5.01	59.15	62.11	0.56																			

Fuente: elaboración propia

Apéndice 3. Línea de conducción de la cabecera municipal

Est	Tramo P.O.	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)	Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Qc (lit/s)	Qc económico (pulg)	ø a utilizar (pulg)	Tipo tubería	Clase tubería	Cte de tubería	Pérdida Hf (m)	Longitud (m)		Cantidad de tubos	Hf real (m)	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática		
		Inicial	Final											L1	L2				Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
CD-1	E-1	200.47	200.00	2.47	8.63	9.06	0.26	0.626	3/4	HC	700	100	1.025	9.06	0.00	14	1.025	0.884	201.45	0.00	1.45	0.00	2.47		
	E-2	200.00	188.09	11.91	29.13	30.59	0.26	0.582	3/4	HC	700	100	3.459	30.59	0.00		3.459	0.884	197.99	1.45	9.90	2.47	14.38		
	E-3	188.09	186.29	1.80	52.94	55.59	0.26																		
	E-4	186.29	177.53	8.76	96.20	101.01	0.26																		
	E-5	177.53	171.60	5.93	64.45	67.67	0.26																		
	E-6	171.60	161.44	10.16	85.77	87.96	0.26																		
	E-7	161.44	153.16	8.28	65.96	69.26	0.26	0.648	3/4	PVC	250	150	45.154	845.48	0.00	141	45.154	0.884	197.99	152.83	9.90	56.86	14.38	106.50	
	E-8	153.16	147.55	5.61	40.22	42.23	0.26																		
	E-9	147.55	139.22	8.33	72.04	75.64	0.26																		
	TD-1	139.22	134.21	5.01	59.15	62.11	0.26																		
	E-10	134.21	121.98	12.23	111.76	117.35	0.26																		
	E-11	121.98	112.60	9.38	61.57	64.65	0.26																		
	E-12	112.60	95.97	16.63	97.16	102.02	0.26																		
	E-13	95.97	84.37	11.60	82.37	86.49	0.26																		
	E-14	84.37	62.14	22.23	125.05	131.30	0.26																		
	E-15	62.14	48.73	13.41	184.02	193.22	0.26																		
	E-16	48.73	40.97	7.76	91.34	95.91	0.26																		
	E-17	40.97	41.28	-0.31	70.00	73.50	0.26																		
	E-18	40.97	41.28	-0.31	70.00	73.50	0.26																		
	E-19	41.28	52.64	-11.36	177.27	186.13	0.26		1	PVC	460	150	33.822	1405.54		235	18.492	0.497	194.34	152.83	194.34	56.86	72.08	0.00	33.71
	E-20	52.64	60.23	-7.59	189.70	199.19	0.26																		
	E-21	60.23	67.46	-7.23	73.29	76.95	0.26																		
	E-22	67.46	65.75	1.71	123.89	130.08	0.26																		
	E-23	65.75	66.97	-1.22	79.87	83.86	0.26																		
	E-24	66.97	60.97	6.00	180.80	189.84	0.26																		
	E-25	60.97	63.39	-2.42	69.92	75.42	0.26																		
	E-26	63.39	69.31	-5.92	152.77	160.41	0.26																		
	E-27	69.31	72.16	-2.85	59.86	62.85	0.26																		
	E-28	72.16	64.85	7.31	143.65	150.81	0.26																		
	E-29	64.85	63.66	1.19	79.98	83.98	0.26																		
	E-30	63.66	54.09	9.57	95.02	97.67	0.26																		
	E-31	54.09	40.73	13.36	93.08	97.73	0.26																		
	E-32	40.73	31.92	8.81	74.97	78.72	0.26																		
	E-33	31.92	17.20	14.72	143.49	150.66	0.26																		
	E-34	17.20	15.25	1.95	159.98	167.98	0.26																		
	E-35	15.25	35.41	-20.16	34.07	35.77	0.26																		
	TD-2	35.41	35.41	0.00	0.00	0.00	0.26	0.539	3/4	HC	700	100	4.045	35.77	0.00	12	4.045	0.884	72.11	68.07	56.86	32.66	80.72	60.56	

Fuente: elaboración propia.

**DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN**

Ramal	Tramo		Viviendas Actuales	Habitantes Actuales	Viviendas Futuras	Habitantes Futuros	Viv. Actuales Acum.	Viv. Futuras Acum.	Hab. Futuros Acum.	Qd	Qd Acum.	Q Simultaneo	Q Diseño
	De Est.	A Est.											
Principal	E-1	E-15	0	0	0	0	32	44	266	0.000	0.924	0.984	0.984
Ramal 1	E-15	E-15.2	0	0	0	0	2	2	16	0.000	0.056	0.150	0.200
Ramal 1.1	E-15.2	E-15.3	1	6	1	8	1	1	8	0.028	0.028	0.000	0.200
Ramal 1.2	E-15.2	E-15.4	1	6	1	8	1	1	8	0.028	0.028	0.000	0.200
Principal	E-15	E-18	5	30	7	42	30	42	250	0.146	0.868	0.960	0.960
Ramal 2	E-18	E-18.4	4	24	6	33	4	6	33	0.115	0.115	0.335	0.335
Principal	E-18	E-20	5	30	7	42	21	29	175	0.146	0.608	0.794	0.794
Ramal 3	E-20	E-20.1	1	6	1	8	1	1	8	0.028	0.028	0.000	0.200
Principal	E-20	E-31	15	90	21	125	15	21	125	0.434	0.434	0.671	0.671

	Viviendas Actuales	Habitantes Actuales	Viviendas Futuras	Habitantes Futuros	Qd
<b>Totales</b>	32	192	44	266	0.924

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Línea de distribución de la aldea El Soyate (ramal principal)

CÁLCULO DE LÍNEA Y RED DE DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE																						
Ramal Principal																						
Est	Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)	Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viviendas Actuales	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum. Simult.	Q Diseño Acum.	Q nominal (pulg.)	Ø interno (pulg.)	Clase tubería	Cte de Pérdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
		Inicial	Final														Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-12	TD-1	121.98	121.98	12.23	111.76	117.35	0	44	0.927	0.984	1	1.195	160	150	7.855	20	1.341	126.35	0.00	4.37	0.00	12.23
E-13	E-12	121.98	112.60	9.38	61.57	64.65	0	44	0.927	0.984	1	1.195	160	150	4.327	11	1.341	126.35	12.203	4.37	9.43	12.23
E-14	E-13	112.60	95.97	16.63	97.16	102.02	0	44	0.927	0.984	1	1.195	160	150	6.839	18	1.341	122.03	115.20	9.43	19.23	38.24
E-15	E-14	95.97	84.37	11.60	82.37	86.49	0	44	0.927	0.984	1	1.195	160	150	5.789	15	1.341	115.20	109.41	19.23	25.04	49.84
E-16	E-15	84.37	65.14	19.23	125.05	131.30	2	44	0.872	0.984	1 1/4	1.532	160	150	2.621	22	0.816	84.37	81.75	0.00	19.61	32.23
E-17	E-16	65.14	48.73	16.41	184.02	193.22	2	39	0.813	0.935	1 1/2	1.754	160	150	1.780	33	0.585	81.75	79.97	19.61	31.24	22.23
E-18	E-17	48.73	40.97	7.76	91.34	95.91	2	36	0.753	0.887	1 1/2	1.754	160	150	0.819	16	0.582	79.97	79.15	31.24	38.18	35.64
E-19	E-18	40.97	41.28	-0.31	70.00	73.50	2	28	0.580	0.779	1 1/2	1.754	160	150	0.494	13	0.493	79.15	78.66	38.18	37.38	43.40
E-20	E-19	41.28	53.64	-11.36	177.27	186.13	2	35	0.521	0.735	1 1/2	1.754	160	150	1.121	32	0.485	78.66	77.54	37.38	24.90	45.09
E-21	E-20	53.64	60.23	-6.59	189.70	199.19	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	1.013	34	0.435	77.54	76.52	24.90	16.29	31.73
E-22	E-21	60.23	67.46	-7.23	75.29	76.95	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.393	13	0.435	76.52	76.13	16.29	8.67	24.14
E-23	E-22	67.46	63.75	3.71	123.89	130.08	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.662	22	0.435	76.13	75.47	8.67	11.72	16.91
E-24	E-23	63.75	66.97	-3.22	79.87	83.86	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.427	14	0.435	75.47	75.04	11.72	8.07	20.62
E-25	E-24	66.97	60.97	6.00	180.80	189.84	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.966	32	0.435	75.04	74.08	8.07	13.11	23.40
E-26	E-25	60.97	63.39	-2.42	69.92	73.42	0	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.374	13	0.435	74.08	73.70	13.11	10.31	20.88
E-27	E-26	63.39	69.31	-5.92	152.77	160.41	3	21	0.434	0.671	1 1/2	1.754	160	150	0.816	27	0.435	73.70	72.89	10.31	3.58	20.98
E-28	E-27	69.31	71.16	-1.85	59.86	62.85	4	17	0.347	0.600	1 1/4	1.532	160	150	0.503	11	0.498	72.89	72.38	3.58	0.23	15.06
E-29	E-28	71.16	64.85	6.31	143.63	150.81	3	11	0.233	0.474	1	1.195	160	150	2.619	26	0.647	72.38	69.76	0.23	4.91	12.21
E-30	E-29	64.85	63.66	1.19	79.98	85.98	0	7	0.146	0.367	1	1.195	160	150	0.909	14	0.501	69.76	68.86	4.91	5.20	19.52
E-31	E-30	63.66	54.09	9.57	95.02	97.67	5	7	0.146	0.367	1	1.195	160	150	1.057	17	0.501	68.86	67.80	5.20	13.71	20.71

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Línea de distribución de la aldea El Soyte (ramal principal)

Ramal 1																							
Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)		Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum.	Q Simulta neo	Q Diseño Acum.	Ø a utilizar (pulg)	Ø interno (pulg)	Clase tubería	Cte de tubería	Perdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
Est	P.O.	Inicial	Final															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-15	E-15.1	84.37	71.97	12.40	29.85	31.34	0	0.056	0.150	0.200	3/4	0.936	250	150	0.381	6.000	0.454	84.37	83.99	0.00	12.02	0.00	12.40
E-15.1	E-15.2	71.97	65.04	6.93	30.58	33.11	0	0.056	0.150	0.200	3/4	0.936	250	150	0.391	6.000	0.454	83.99	83.60	12.02	18.56	12.40	19.33
Ramal 1.1																							
Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)		Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum.	Q Simulta neo	Q Diseño Acum.	Ø a utilizar (pulg)	Ø interno (pulg)	Clase tubería	Cte de tubería	Perdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
Est	P.O.	Inicial	Final															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-15.2	E-15.3	65.04	59.55	5.49	45.11	47.37	1	0.028	0.000	0.200	3/4	0.936	250	150	0.576	8.000	0.454	83.60	83.02	18.56	23.47	19.33	24.82
Ramal 1.2																							
Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)		Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum.	Q Simulta neo	Q Diseño Acum.	Ø a utilizar (pulg)	Ø interno (pulg)	Clase tubería	Cte de tubería	Perdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
Est	P.O.	Inicial	Final															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-15.2	E-15.4	65.04	59.37	5.67	30.21	31.72	1	0.028	0.000	0.200	3/4	0.936	250	150	0.386	6.000	0.454	83.60	83.21	18.56	23.84	19.33	25.00
Ramal 2																							
Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)		Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum.	Q Simulta neo	Q Diseño Acum.	Ø a utilizar (pulg)	Ø interno (pulg)	Clase tubería	Cte de tubería	Perdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
Est	P.O.	Inicial	Final															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-8	E-8.1	40.97	39.69	1.28	9.83	10.32	0	0.115	0.300	0.300	3/4	0.936	250	150	0.266	2.000	0.681	79.15	78.88	38.18	39.19	43.40	44.68
E-8.1	E-8.2	39.69	37.74	1.95	109.97	115.47	1	0.115	0.300	0.300	3/4	0.936	250	150	2.975	20.000	0.681	78.88	75.91	39.19	38.17	44.68	46.63
E-8.2	E-8.3	37.74	39.34	-1.60	107.98	113.38	1	0.087	0.260	0.260	3/4	0.936	250	150	2.239	19.000	0.590	75.91	73.67	38.17	34.33	46.63	45.03
E-8.3	E-8.4	39.34	43.62	-4.18	38.55	40.48	2	0.059	0.212	0.212	3/4	0.936	250	150	0.549	7.000	0.482	73.67	73.12	34.33	29.60	45.03	40.85
Ramal 3																							
Tramo	Cota terreno (m)		Diferencia de Cotas (m)		Longitud tomada (m)	Longitud de Diseño (m)	Viv. Futuras Acum.	Qd Acum.	Q Simulta neo	Q Diseño Acum.	Ø a utilizar (pulg)	Ø interno (pulg)	Clase tubería	Cte de tubería	Perdida Hf (m)	Cantidad de tubos	V (m/s)	Cota Piezométrica		Presión dinámica		Presión estática	
Est	P.O.	Inicial	Final															Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-20	E-20.1	52.64	56.29	-3.65	189.82	199.31	1	0.028	0.000	0.200	3/4	0.936	250	150	2.425	34.000	0.454	77.54	75.11	24.90	18.82	31.73	28.08

Fuente: elaboración propia.




## **ANEXOS**






# Anexo 1. Exámenes fisicoquímicos y bacteriológicos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Nº 19987**

---

O.T. No. 29 909

ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO

INF. No. 24804

INTERESADO: <b>ADRIÁN ESTEBAN ESPINOZA ABREU</b> <small>(carné 200714740)</small>		PROYECTO: <b>EPS: "CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL SOYATE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO"</b>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>ALDEA EL SOYATE</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2012-05-22, 09 h 13 min.</u>	
FUENTE: <u>Captación el Tular</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2012-05-23, 10 h 20 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>San Antonio La Paz</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>El Progreso</u>			

**RESULTADOS**

1. ASPECTO: <u>Claro</u>		4. OLOR: <u>Inodora</u>		7. TEMPERATURA: <small>(En el momento de recolección)</small> <u>19° C</u>	
2. COLOR: <u>04,00 Unidades</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>104,50 amhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>04,23 UNT</u>		6 potencial de Hidrógeno ( pH): <u>06,32 unidades</u>			

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,11	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	12,00	11. SOLIDOS TOTALES	84,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,020	7. FLUORUROS ( F <sup>-</sup> )	00,18	12. SOLIDOS VOLÁTILES	19,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	01,54	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	01,00	13. SOLIDOS FIJOS	65,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,11	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	05,00
5. MANGANESO (Mn)	00,010	10. DUREZA TOTAL	50,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	56,00

**ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)**

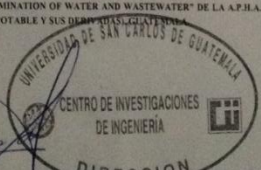
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	32,00	52,00	52,00

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:** Ver Informe Fuentes de Agua

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21<sup>ra</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR Y OTRAS NORMAS INTERNACIONALES DE UNIDADES) Y 29001 ( AGUA POTABLE Y SUS DERIVADOS).

Guatemala, 2012-06-01



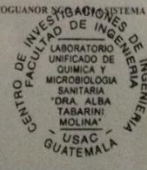
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**

**DIRECCION**

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

*Zetón Much Santos*

**Zetón Much Santos**  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio




Vo.Bo. *[Firma]*  
Inga. Dilia Janet Meléndez Jol  
DIRECTORA DE CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12


Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA  
"DRA. ALBA TABARINI MOLINA"  
—USAC—  
GUATEMALA

Continuación del anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Nº 19988**

---

**BALANCE DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES**

ORDEN DE TRABAJO 29909 FECHA 2012-06-01

MUESTRA No. 24804

SÓLIDOS TOTALES 84.00 TEMPERATURA 19 °C

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 104.50 micro mhos/cm

ANIONES			CATIONES		
	mg/L	me/L		mg/L	me/L
CLORUROS	12.00	0.33852	CALCIO	7.21	0.35978
CARBONATOS	0.00	0.00	MAGNESIO	7.80	0.64163
BICARBONATOS	52.00	0.85228	SODIO	--	--
SULFATOS	1.00	0.02083	POTASIO	3.90	0.09972
<b>TOTAL</b>		<b>1.21163</b>	<b>TOTAL</b>		<b>1.10113</b>

Observaciones: el balance de aniones y cationes se expresa en me/l.

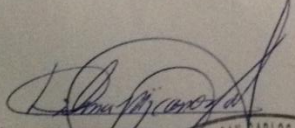
**ÍNDICE DE SATURACIÓN**

pH LABORATORIO	pH SATURACIÓN	ÍNDICE DE SATURACIÓN
6.32	9.10	-2.78


Corrosiva

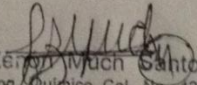
**CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA**

DUREZA TOTAL	DUREZA CARBÓN	DUREZA NO CARBÓN
50.00	50.00	0.00

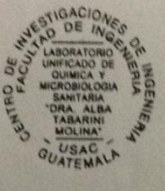
Vo. Bo. 

Inga. Dilma Yañet Mejías, Jol  
DIRECTORA a.i. CI-USAC






Zenón Much Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio




FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



Continuación del anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Nº 19989**

---

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

O.T. No. 29909

INF. No. A - 313 345

<p>INTERESADO: <u>ADRIÁN ESTEBAN ESPINOZA ABREU</u> (Carné 200714740)</p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Aldea El Soyate</u></p> <p>FUENTE: <u>Captación El Tular</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>San Antonio La Paz</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>El Progreso</u></p>	<p>PROYECTO: <u>EPS: "CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL SOYATE SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO"</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2012-05-22; 09 h 13 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2012-05-23; 10 h 20 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
<p>SABOR: <u>-----</u></p> <p>ASPECTO: <u>Claro</u></p> <p>OLOR: <u>Inodora</u></p>	<p>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>Lig. cantidad</u></p> <p>CLORO RESIDUAL: _____</p>


**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++---
01,00 cm <sup>3</sup>	+----	+	-
00,10 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NUMERO MAS PROBABLE DE GÉRMINES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		30	4

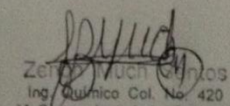
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN 1. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

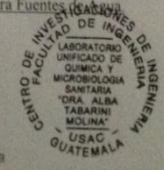
Guatemala, 2012-06-31



V.o.B.o.  
Inga Dilma Yonel Mejías  
DIRECTORA a.i. CI/USAC




Zetzel Yuch  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio




LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" CI/USAC GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**Nº 19990**

---

**ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BACTERIOLÓGICOS PARA FUENTES DE AGUA**

O.T No. **29909** **INFORME 24804**

INTERESADO:	Adrian Esteban Espinoza Abreu, <small>came 230714740</small>	PROYECTO:	EPS: "Conducción y distribución de agua potable para la aldea El Soyate San Antonio La Paz, El Pr.
RECOLECTADA POR:	interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE ING./USAC
LUG. DE RECOLECCION:	Aldea El Soyate	FECHA Y HORA DE RECOLECCION:	2012-05-22; 09h13min.
FUENTE:	Captacion El Tular	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL:	2012-05-23; 10h20min.
DEPARTAMENTO:	San Antonio La Paz	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Con Refrigeración
MUNICIPIO:	El Progreso		

COLOR Unidades	4.00	SOLIDOS DISUELTOS	56.00	SOLIDOS SEDIMENT. Cm <sup>3</sup> /L en 1 hora:	--	TURBIEDAD UTN:	4.23
----------------	------	-------------------	-------	---	----	----------------	------

**2. ANALISIS QUIMICO**

**2.1 COMPUESTOS QUE INFLUYEN SOBRE LA POTABILIDAD DEL AGUA**

CINC mg/L	--	SODIO mg/L	--
COBRE mg/L	0.05	SULFATOS mg/L	1.00
HIERRO mg/L	0.11	SULFUROS mg/L	--
MANGANESO mg/L	0.010	SULFONATO DE ALQUIL	
MAGNESIO mg/L	7.80	BENCILO(ETERGENTES) mg/L	--

**2.2 COMPUESTOS PELIGROSOS PARA LA SALUD**

NITRATOS mg/L	1.54	FLUORUROS mg/L	0.18
---------------	------	----------------	------

**2.3 SUSTANCIAS TOXICAS**

ARSENICO	0.003	MERCURIO	--
BARIO	--	PLOMO	0.01
CADMIO	0.001	SELENIO	--
CROMO (HEXAVALENTE)	0.05	COMP. FENÓLICOS	0.02
CIANURO	0.004		

**2.4 INDICADORES QUIMICOS DE CONTAMINACION**

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO <sub>5</sub> )	--	NITROGENO TOTAL	--
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DOO)	--	AMONIACO	0.11
OXIGENO DISUELTO	--	GRASAS	--

A - 313345


PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS 35 °C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10.0 cm <sup>3</sup>	++++	++++	+++
01.0 cm <sup>3</sup>	+++	+	-
00.1 cm <sup>3</sup>	----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO NUMERO MAS PROBABLE DE GERMESES		30	4

**OTRAS DETERMINACIONES:**

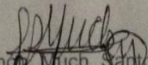
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad fisica el agua cumple con la norma. Desde el punto de vista de la calidad quimica SUSTANCIAS TOXICAS Compuestos fenolicos sobrepasan la concentración máxima aceptable. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la salud para fuentes de agua.

BACTERIOLÓGICAMENTE: El Agua se enmarca en la clasificación I, calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección según normas internacionales de la Organización Mundial de la salud para fuentes de Agua.


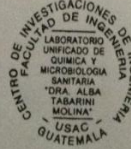
Guatemala, 2012, 19990



Inga. Dilma Yañet Méndez  
DIRECTORA a. S. U. S. C.



Zeno Much Santos  
Ing. Químico Col. No. 420  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de investigaciones de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



## Anexo 2. Coeficientes para momentos en losas

**TABLA 12.3**  
**Coeficientes para momentos negativos en losas<sup>a</sup>**

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde  $w$  = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

Continuación del anexo 2.

**TABLA 12.4**  
**Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas<sup>d</sup>**

$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$   
 $M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$  donde  $w$  = carga muerta uniforme total

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1.00	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.020	$C_{b, dl}$ 0.023
0.95	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{a, dl}$ 0.021	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{a, dl}$ 0.031	$C_{b, dl}$ 0.021
0.90	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{a, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{a, dl}$ 0.025	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{b, dl}$ 0.013
0.85	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{a, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{b, dl}$ 0.021	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{b, dl}$ 0.028
0.80	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{a, dl}$ 0.026	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{a, dl}$ 0.042	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{b, dl}$ 0.029
0.75	$C_{a, dl}$ 0.061	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{a, dl}$ 0.043	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{a, dl}$ 0.048	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{b, dl}$ 0.020
0.70	$C_{a, dl}$ 0.068	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{a, dl}$ 0.030	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{b, dl}$ 0.009
0.65	$C_{a, dl}$ 0.074	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{b, dl}$ 0.007
0.60	$C_{a, dl}$ 0.081	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{b, dl}$ 0.006
0.55	$C_{a, dl}$ 0.088	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{a, dl}$ 0.062	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{a, dl}$ 0.053	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{b, dl}$ 0.003
0.50	$C_{a, dl}$ 0.095	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{a, dl}$ 0.037	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{a, dl}$ 0.071	$C_{b, dl}$ 0.001	$C_{a, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.001	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{b, dl}$ 0.003



Continuación del anexo 2.

**TABLA 12.5**  
**Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas<sup>a</sup>**

$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2$   
donde  $w$  = carga viva uniforme total  
 $M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1.00	$C_{a, ll}$ 0.036	$C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.027	$C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.032	$C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.035	$C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.028	$C_{b, ll}$ 0.030
0.95	$C_{a, ll}$ 0.040	$C_{b, ll}$ 0.033	$C_{a, ll}$ 0.030	$C_{b, ll}$ 0.025	$C_{a, ll}$ 0.031	$C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.035	$C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.034	$C_{b, ll}$ 0.024
0.90	$C_{a, ll}$ 0.045	$C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.034	$C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.035	$C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.039	$C_{b, ll}$ 0.026	$C_{a, ll}$ 0.037	$C_{b, ll}$ 0.021
0.85	$C_{a, ll}$ 0.050	$C_{b, ll}$ 0.026	$C_{a, ll}$ 0.037	$C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.040	$C_{b, ll}$ 0.024	$C_{a, ll}$ 0.043	$C_{b, ll}$ 0.023	$C_{a, ll}$ 0.041	$C_{b, ll}$ 0.019
0.80	$C_{a, ll}$ 0.056	$C_{b, ll}$ 0.023	$C_{a, ll}$ 0.041	$C_{b, ll}$ 0.017	$C_{a, ll}$ 0.045	$C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.048	$C_{b, ll}$ 0.020	$C_{a, ll}$ 0.044	$C_{b, ll}$ 0.016
0.75	$C_{a, ll}$ 0.061	$C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.045	$C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.051	$C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.052	$C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.047	$C_{b, ll}$ 0.013
0.70	$C_{a, ll}$ 0.068	$C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.049	$C_{b, ll}$ 0.012	$C_{a, ll}$ 0.057	$C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.057	$C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.051	$C_{b, ll}$ 0.011
0.65	$C_{a, ll}$ 0.074	$C_{b, ll}$ 0.013	$C_{a, ll}$ 0.053	$C_{b, ll}$ 0.010	$C_{a, ll}$ 0.064	$C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.062	$C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.055	$C_{b, ll}$ 0.009
0.60	$C_{a, ll}$ 0.081	$C_{b, ll}$ 0.010	$C_{a, ll}$ 0.058	$C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.071	$C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.067	$C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.062	$C_{b, ll}$ 0.007
0.55	$C_{a, ll}$ 0.088	$C_{b, ll}$ 0.008	$C_{a, ll}$ 0.062	$C_{b, ll}$ 0.006	$C_{a, ll}$ 0.080	$C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.072	$C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.063	$C_{b, ll}$ 0.005
0.50	$C_{a, ll}$ 0.095	$C_{b, ll}$ 0.006	$C_{a, ll}$ 0.066	$C_{b, ll}$ 0.004	$C_{a, ll}$ 0.088	$C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.077	$C_{b, ll}$ 0.005	$C_{a, ll}$ 0.067	$C_{b, ll}$ 0.004

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*, 12va edición. Editorial Mc Graw-Hill, Colombia, 1999, p. 378-380.





TOPOGRAFÍA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL SOYATE

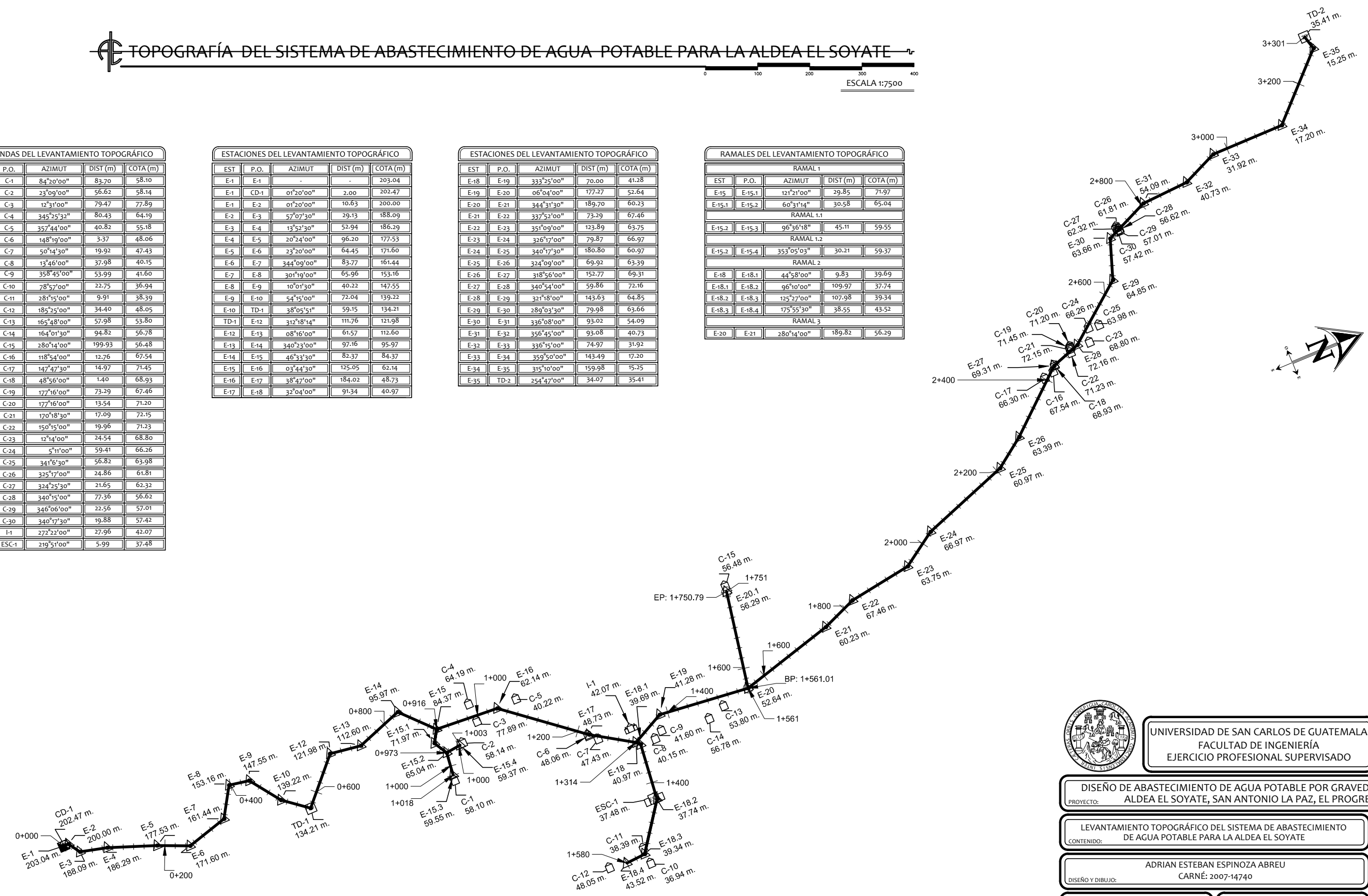
ESCALA 1:7500

VIVIENDAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO				
EST	P.O.	AZIMUT	DIST (m)	COTA (m)
E-15.1	C-1	84°20'00"	83.70	58.10
E-15.1	C-2	23°09'00"	56.62	58.14
E-15	C-3	12°31'00"	79.47	77.89
E-15	C-4	345°25'32"	80.43	64.19
E-16	C-5	357°44'00"	40.82	55.18
E-17	C-6	148°19'00"	3.37	48.06
E-17	C-7	50°14'30"	19.92	47.43
E-18	C-8	13°46'00"	37.98	40.15
E-18	C-9	358°45'00"	53.99	41.60
E-18.3	C-10	78°57'00"	22.75	36.94
E-18.3	C-11	281°15'00"	9.91	38.39
E-18.4	C-12	185°25'00"	34.40	48.05
E-20	C-13	165°48'00"	57.98	53.80
E-20	C-14	164°01'30"	94.82	56.78
E-20	C-15	280°14'00"	199.93	56.48
E-27	C-16	118°54'00"	12.76	67.54
E-27	C-17	147°47'30"	14.97	71.45
E-27	C-18	48°56'00"	1.40	68.93
E-28	C-19	177°16'00"	73.29	67.46
E-28	C-20	177°16'00"	13.54	71.20
E-28	C-21	170°18'30"	17.09	72.15
E-28	C-22	150°15'00"	19.96	71.23
E-28	C-23	12°14'00"	24.54	68.80
E-28	C-24	5°11'00"	59.41	66.26
E-28	C-25	341°6'30"	56.82	63.98
E-30	C-26	325°17'00"	24.86	61.81
E-30	C-27	324°25'30"	21.65	62.32
E-30	C-28	340°15'00"	77.36	56.62
E-30	C-29	346°06'00"	22.56	57.01
E-32	C-30	340°17'30"	19.88	57.42
E-18	I-1	272°22'00"	27.96	42.07
E-18	ESC-1	219°51'00"	5.99	37.48

ESTACIONES DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO				
EST	P.O.	AZIMUT	DIST (m)	COTA (m)
E-1	E-1	-	-	203.04
E-1	CD-1	01°20'00"	2.00	202.47
E-1	E-2	01°20'00"	10.63	200.00
E-2	E-3	57°07'30"	29.13	188.09
E-3	E-4	13°52'30"	52.94	186.29
E-4	E-5	20°24'00"	96.20	177.53
E-5	E-6	23°20'00"	64.45	171.60
E-6	E-7	344°09'00"	83.77	161.44
E-7	E-8	301°19'00"	65.96	153.16
E-8	E-9	10°01'30"	40.22	147.55
E-9	E-10	54°15'00"	72.04	139.22
E-10	TD-1	38°05'15"	59.15	134.21
TD-1	E-12	312°18'14"	111.76	121.98
E-12	E-13	08°16'00"	61.57	112.60
E-13	E-14	340°23'00"	97.16	95.97
E-14	E-15	46°33'30"	82.37	84.37
E-15	E-16	03°44'30"	125.05	62.14
E-16	E-17	38°47'00"	184.02	48.73
E-17	E-18	32°04'00"	91.34	40.97

ESTACIONES DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO				
EST	P.O.	AZIMUT	DIST (m)	COTA (m)
E-18	E-19	333°25'00"	70.00	41.28
E-19	E-20	06°04'00"	177.27	52.64
E-20	E-21	344°31'30"	189.70	60.23
E-21	E-22	337°52'00"	73.29	67.46
E-22	E-23	351°09'00"	123.89	63.75
E-23	E-24	326°17'00"	79.87	66.97
E-24	E-25	340°17'30"	180.80	60.97
E-25	E-26	324°09'00"	69.92	63.39
E-26	E-27	318°56'00"	152.77	69.31
E-27	E-28	340°54'00"	59.86	72.16
E-28	E-29	321°18'00"	143.63	64.85
E-29	E-30	289°03'30"	79.98	63.66
E-30	E-31	336°08'00"	93.02	54.09
E-31	E-32	356°45'00"	93.08	40.73
E-32	E-33	336°15'00"	74.97	31.92
E-33	E-34	359°50'00"	143.49	17.20
E-34	E-35	315°10'00"	159.98	15.25
E-35	TD-2	254°47'00"	34.07	35.41

RAMALES DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO				
EST	P.O.	AZIMUT	DIST (m)	COTA (m)
RAMAL 1				
E-15	E-15.1	121°21'00"	29.85	71.97
E-15.1	E-15.2	60°31'14"	30.58	65.04
RAMAL 1.1				
E-15.2	E-15.3	96°36'18"	45.11	59.55
RAMAL 1.2				
E-15.2	E-15.4	353°05'03"	30.21	59.37
RAMAL 2				
E-18	E-18.1	44°58'00"	9.83	39.69
E-18.1	E-18.2	96°10'00"	109.97	37.74
E-18.2	E-18.3	125°27'00"	107.98	39.34
E-18.3	E-18.4	175°55'30"	38.55	43.52
RAMAL 3				
E-20	E-21	280°14'00"	189.82	56.29





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO

CONTENIDO: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL SOYATE

ESCALA: 1:7500

DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU  
CARNÉ: 2007-14740

FECHA: 2014

VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ

INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

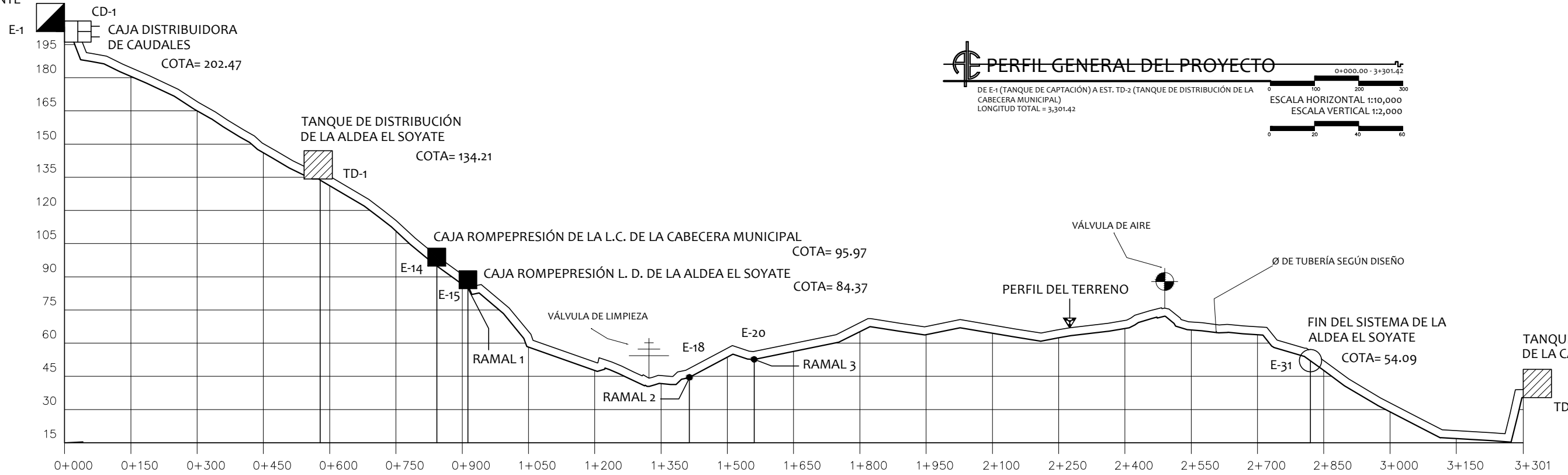
HOJA 1 / 14

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

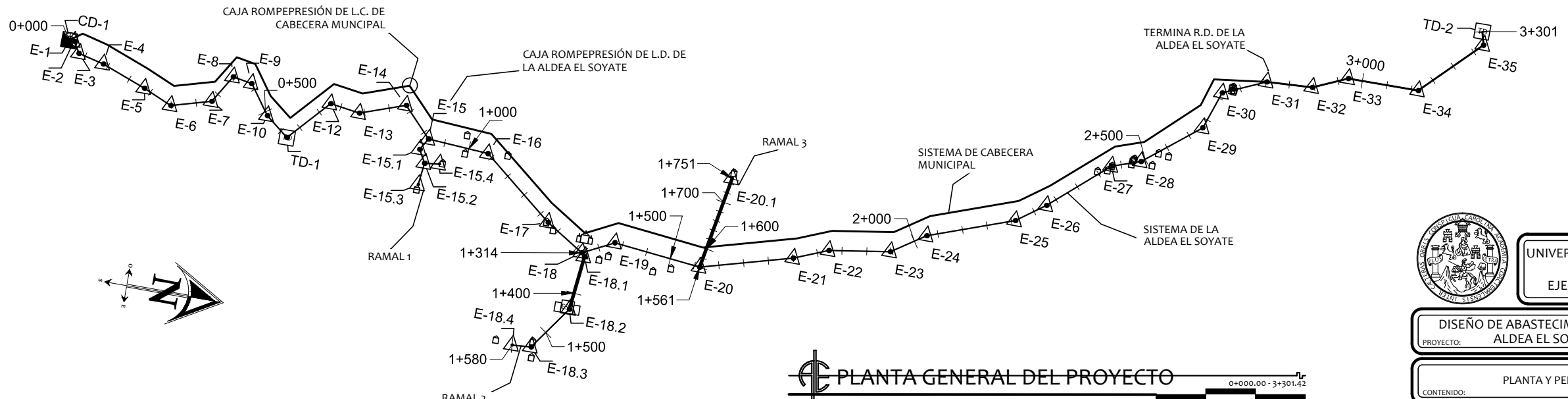
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

COTA= 203.04

TANQUE DE CAPTACIÓN EXISTENTE



**PERFIL GENERAL DEL PROYECTO**  
 DE E-1 (TANQUE DE CAPTACIÓN) A EST. TD-2 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL)  
 LONGITUD TOTAL = 3,301.42  
 ESCALA HORIZONTAL 1:10,000  
 ESCALA VERTICAL 1:2,000



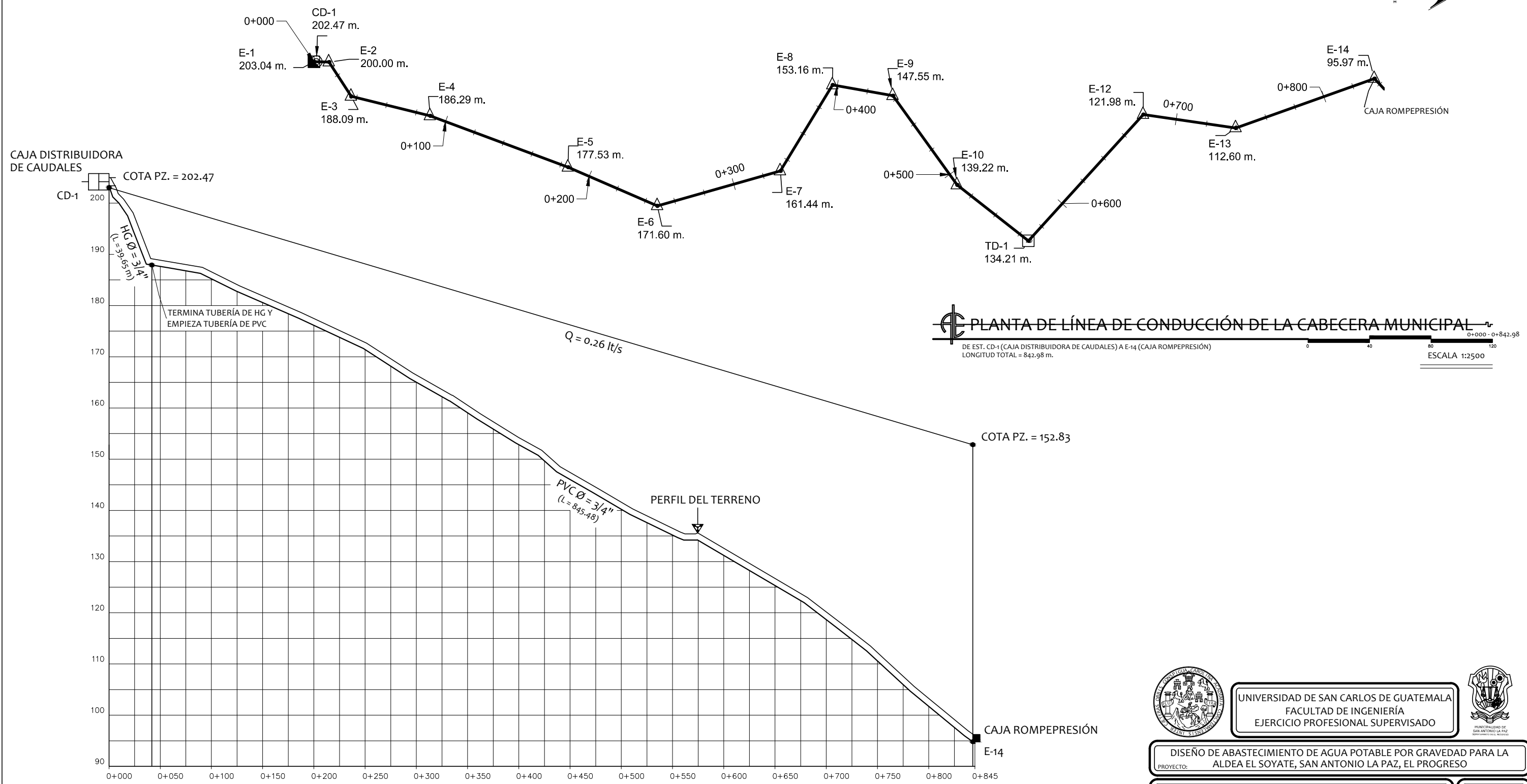
**PLANTA GENERAL DEL PROYECTO**  
 DE E-1 (TANQUE DE CAPTACIÓN) A EST. TD-2 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL)  
 LONGITUD TOTAL = 3,301.42  
 ESCALA 1:10,000



<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA                  FACULTAD DE INGENIERÍA                  EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO</p>	
<p>CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL GENERAL DEL PROYECTO</p>	<p>INDICADA ESCALA:</p>
<p>DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU                  CARNÉ: 2007-14740</p>	<p>2014                  FECHA:</p>
<p>VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ</p>	<p>INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO</p>
<p>HOJA                  2</p>	<p>14</p>

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

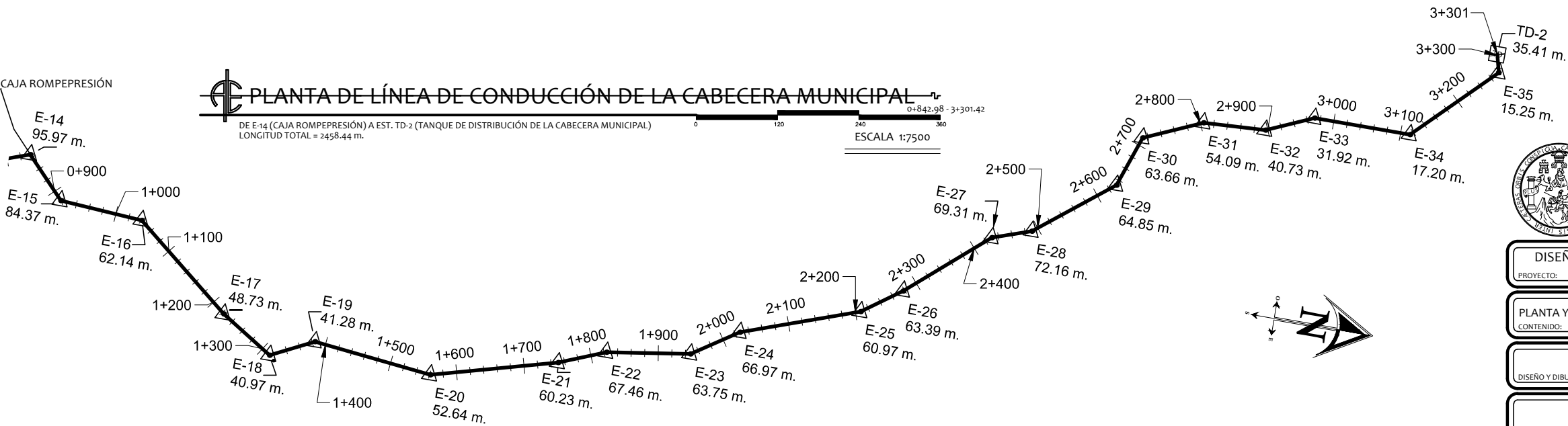
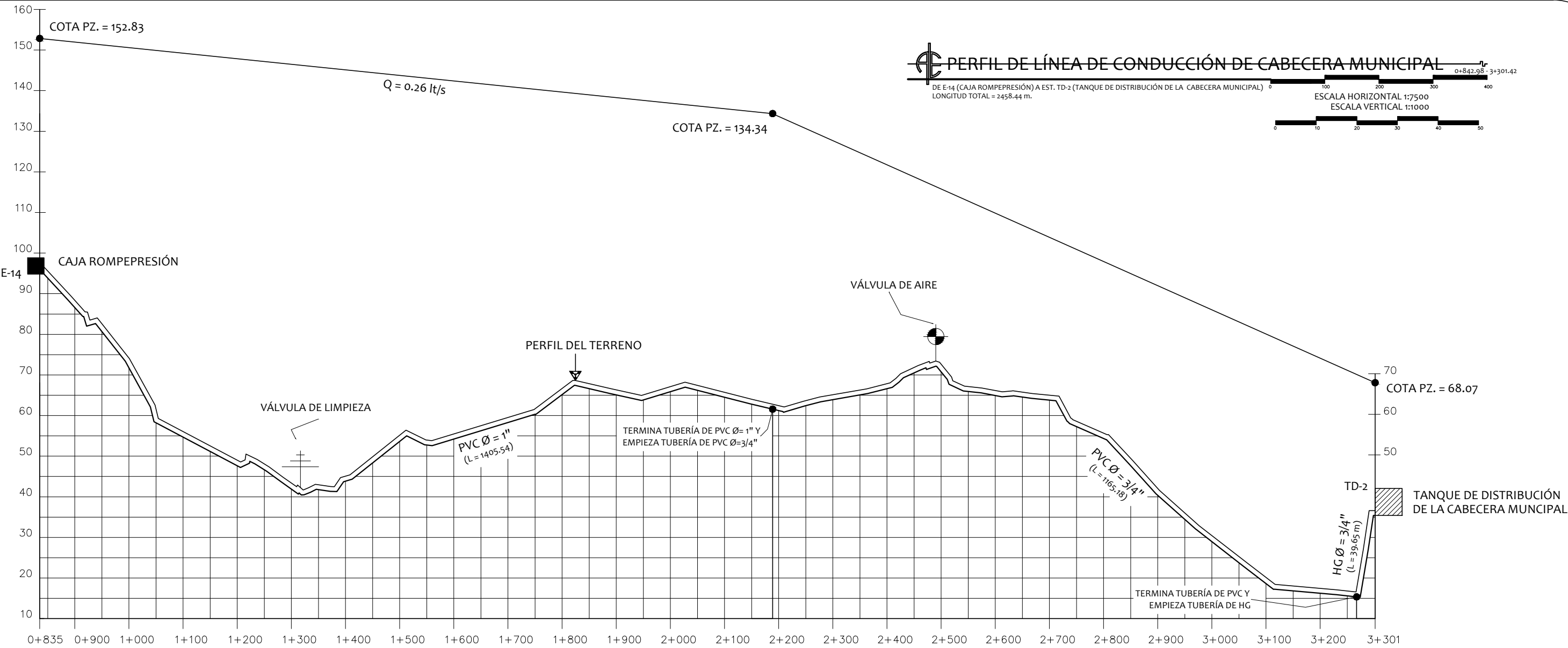
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



**PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL**  
 DE EST. CD-1 (CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES) A E-14 (CAJA ROMPEPRESIÓN)  
 LONGITUD TOTAL = 842.98 m.  
 ESCALA 1:2500

**PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL**  
 DE EST. CD-1 (CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES) A E-14 (CAJA ROMPEPRESIÓN)  
 LONGITUD TOTAL = 842.98 m.  
 ESCALA HORIZONTAL 1:3750  
 ESCALA VERTICAL 1:750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL		INDICADA ESCALA:
DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740		2014 FECHA:
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ		INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 3		14



**PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL**  
 DE E-14 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A EST. TD-2 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL)  
 LONGITUD TOTAL = 2458.44 m.  
 ESCALA 1:7500

**PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE CABECERA MUNICIPAL**  
 DE E-14 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A EST. TD-2 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL)  
 LONGITUD TOTAL = 2458.44 m.  
 ESCALA HORIZONTAL 1:7500  
 ESCALA VERTICAL 1:1000

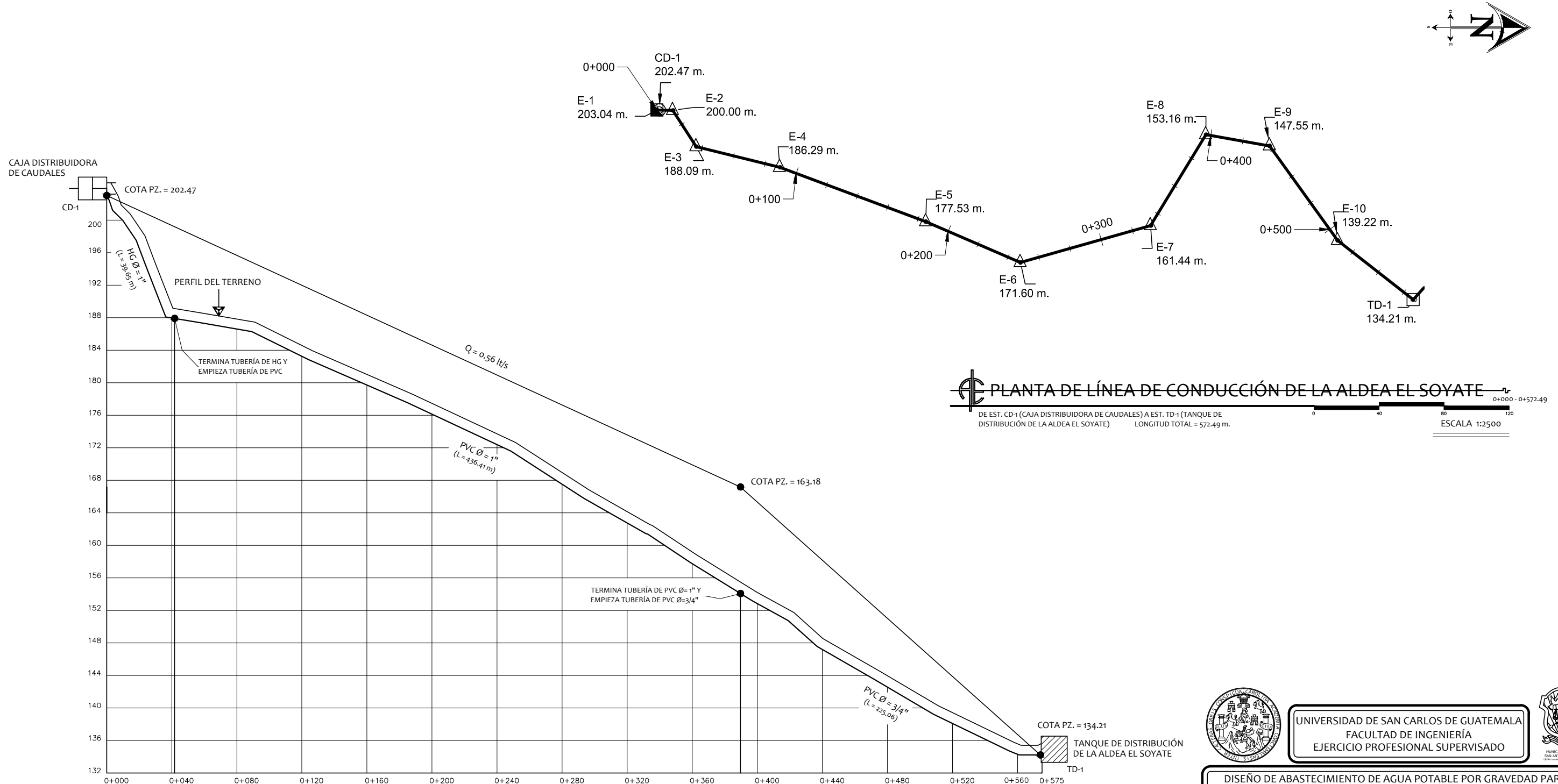
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA                  FACULTAD DE INGENIERÍA                  EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO PROYECTO:	
PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA CABECERA MUNICIPAL CONTENIDO:	INDICADA ESCALA:
ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740 DISEÑO Y DIBUJO:	
2014 FECHA:	
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ	INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 4	14

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

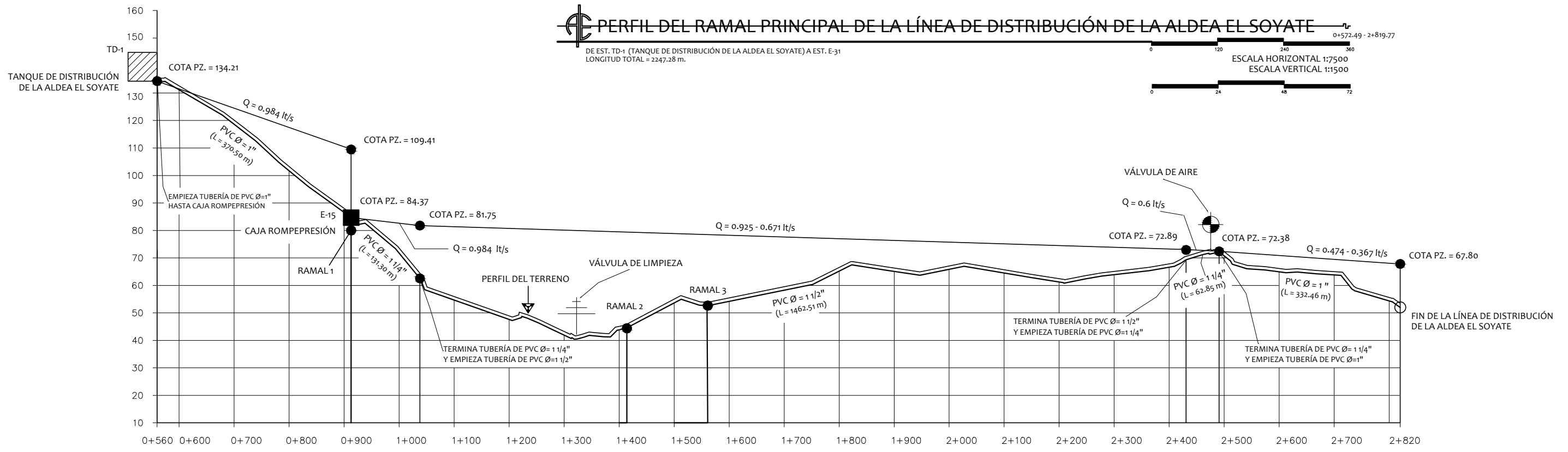
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



**PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE**  
 DE EST. CD-1 (CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES) A EST. TD-1 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE) LONGITUD TOTAL = 572.49 m.  
 ESCALA 1:2500

**PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE**  
 DE EST. CD-1 (CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES) A EST. TD-1 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE) LONGITUD TOTAL = 572.49 m.  
 ESCALA HORIZONTAL 1:2500  
 ESCALA VERTICAL 1:500

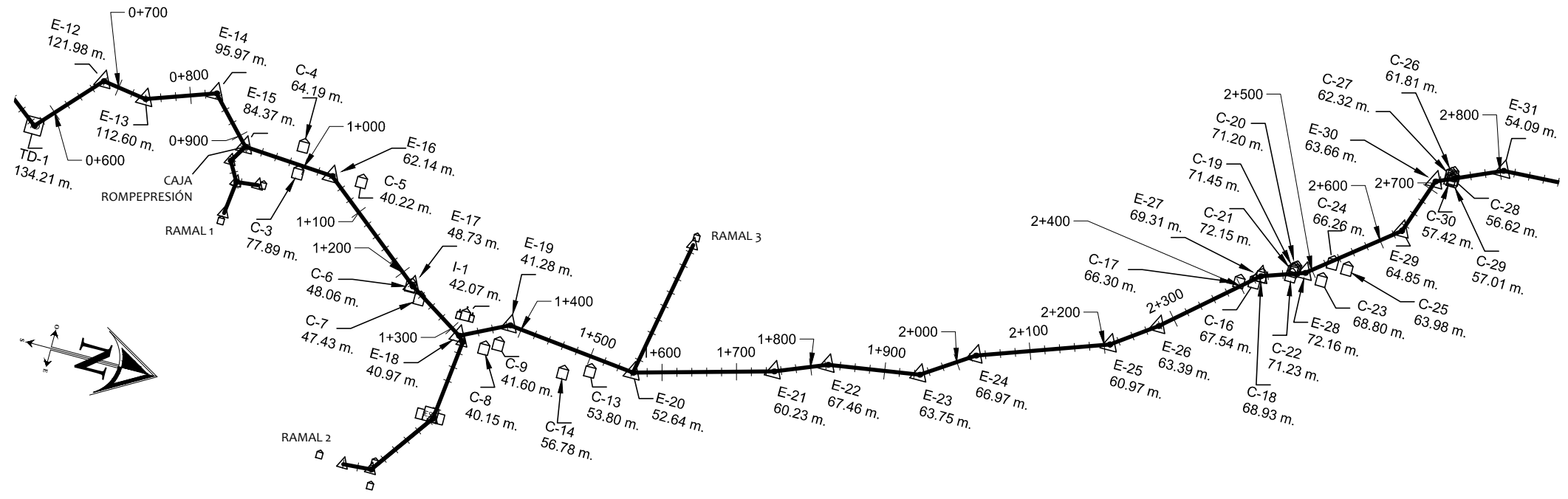
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ
PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE		INDICADA ESCALA:
DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740		FECHA: 2014
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ		INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 5		14





### PLANTA DEL RAMAL PRINCIPAL DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE

DE EST. TD-1 (TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE) A EST. E-31  
LONGITUD TOTAL = 2247.28 m.

0+572.49 - 2+819.77  
ESCALA 1:7500



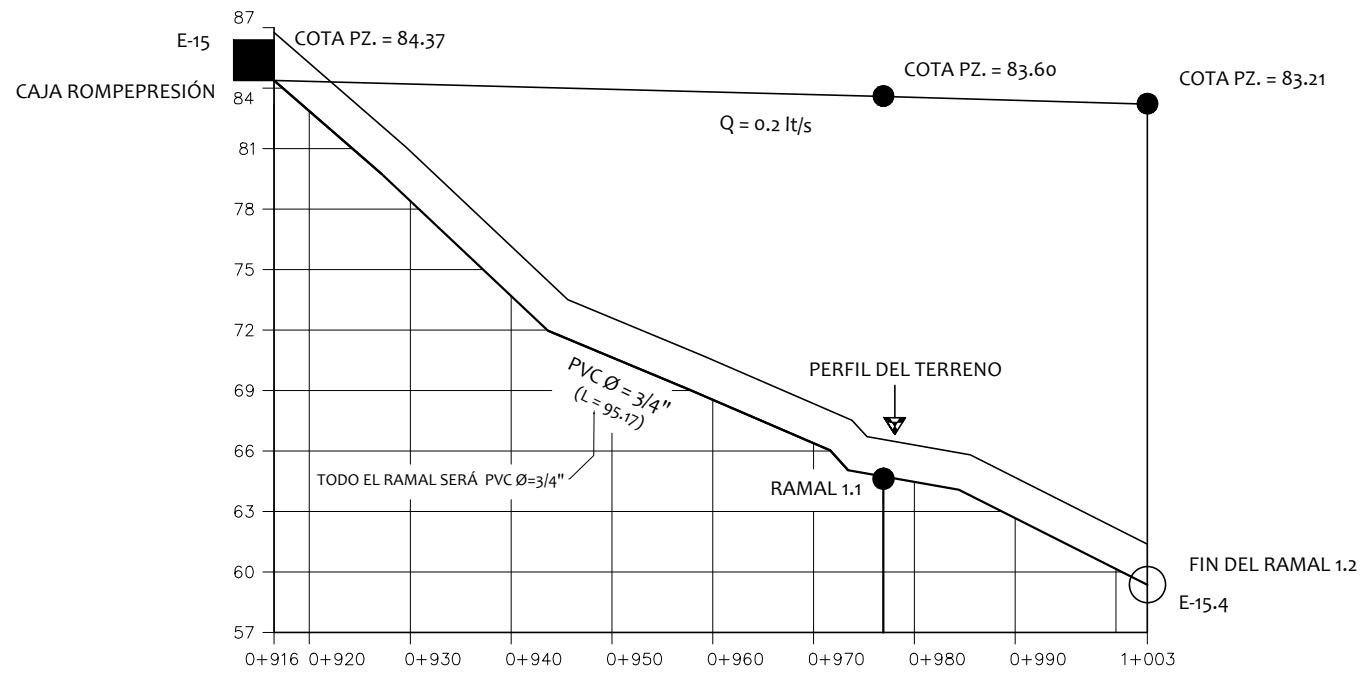
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

---

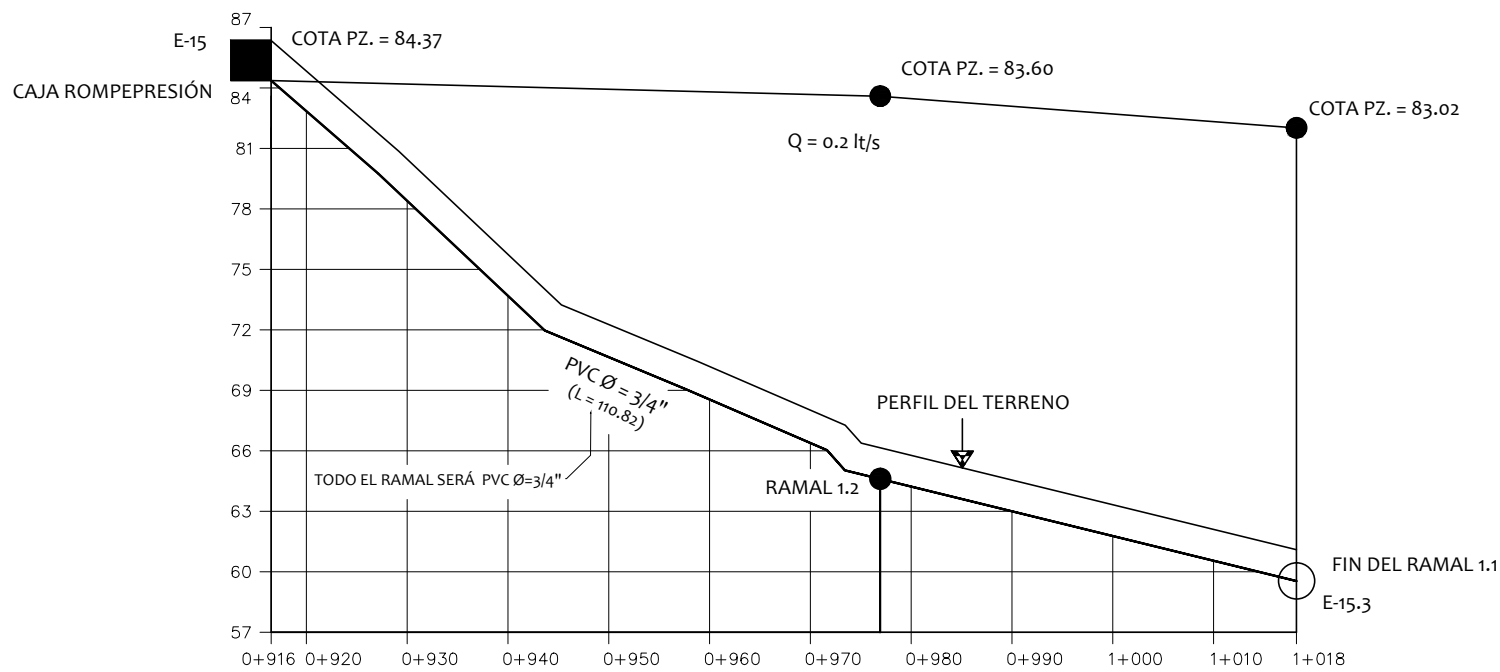
**PROYECTO:** DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO

---

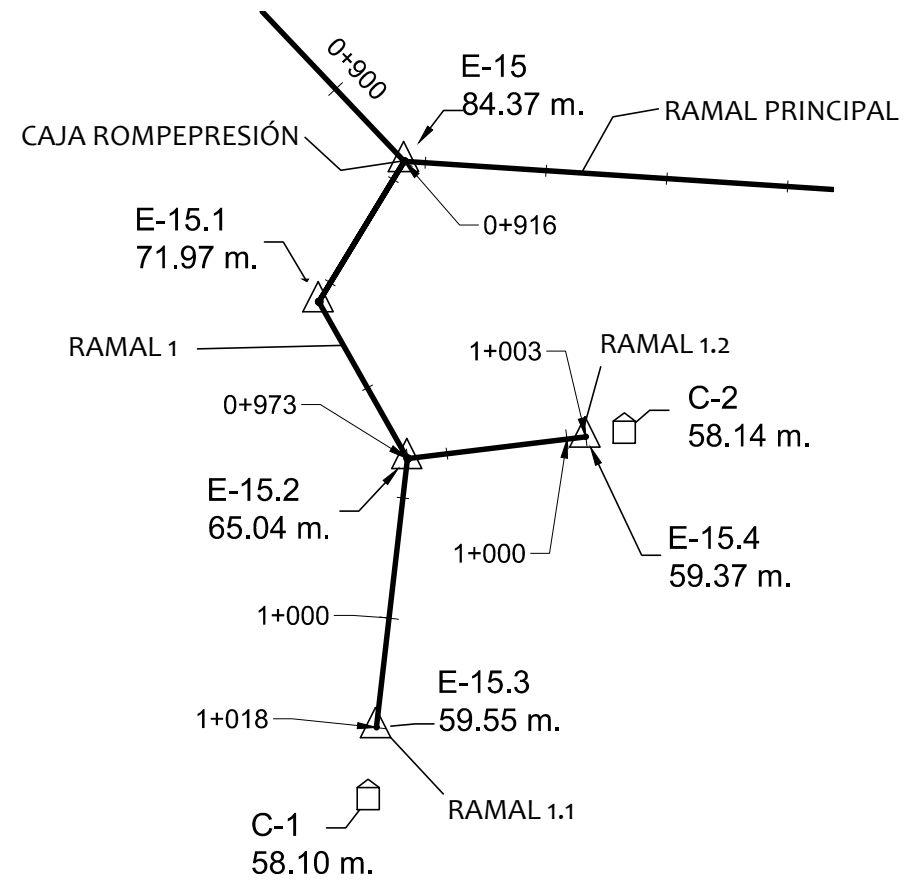
<b>CONTENIDO:</b> PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE RAMAL PRINCIPAL	<b>INDICADA ESCALA:</b>
<b>DISEÑO Y DIBUJO:</b> ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740	<b>FECHA:</b> 2014
<b>VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ</b>	<b>HOJA</b> 6 / 14



PERFIL DEL RAMAL 1 AL 1.2 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-15 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A E-15.4 LONGITUD TOTAL = 86.60 m.  
 ESCALA HORIZONTAL 1:750  
 ESCALA VERTICAL 1:375



PERFIL DEL RAMAL 1 AL 1.1 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-15 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A E-15.3 LONGITUD TOTAL = 101.71 m.  
 ESCALA HORIZONTAL 1:750  
 ESCALA VERTICAL 1:375



PLANTA DEL RAMAL 1 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-15 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A E-15.3 LONGITUD TOTAL = 101.71 m. 0+916.50 - 1+018.21  
 DE E-15 (CAJA ROMPEPRESIÓN) A E-15.4 LONGITUD TOTAL = 86.60 m. 0+916.50 - 1+003.10  
 ESCALA 1:1250



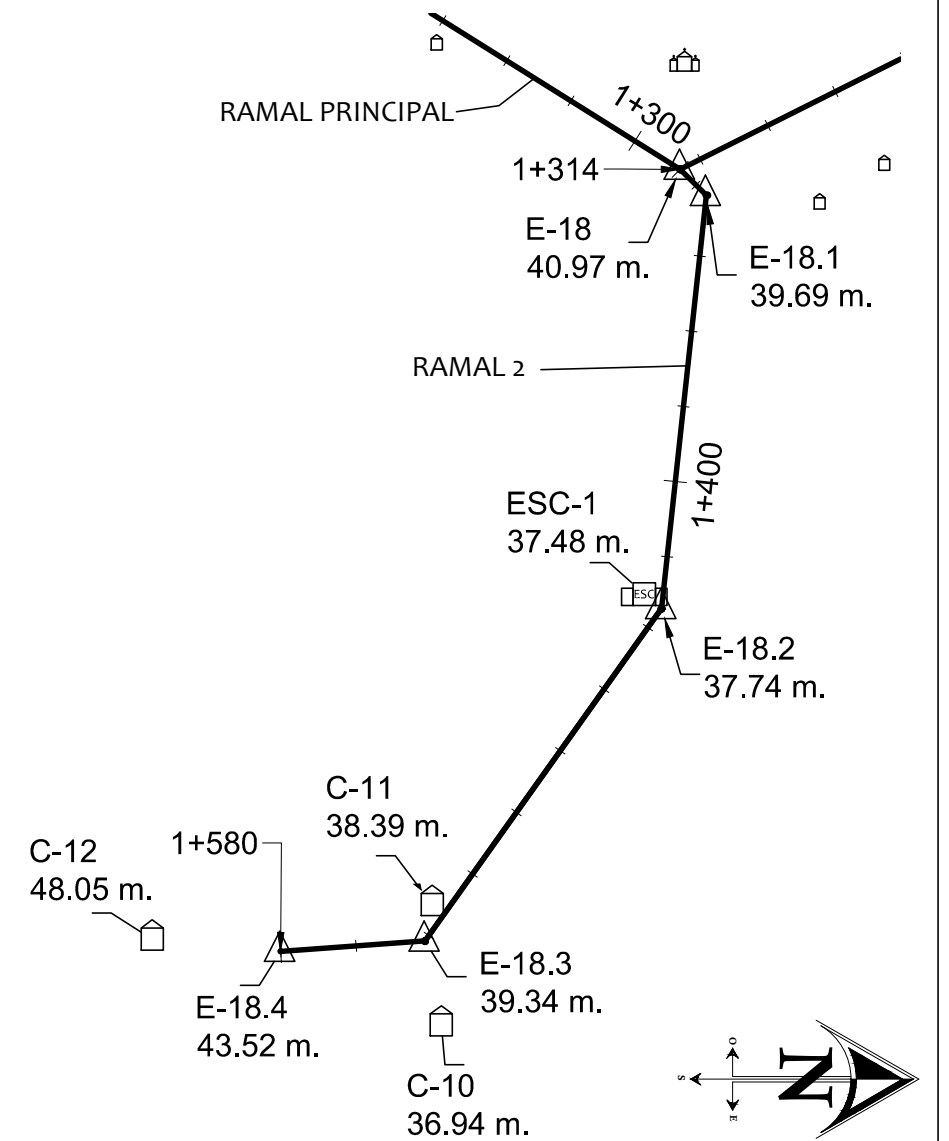
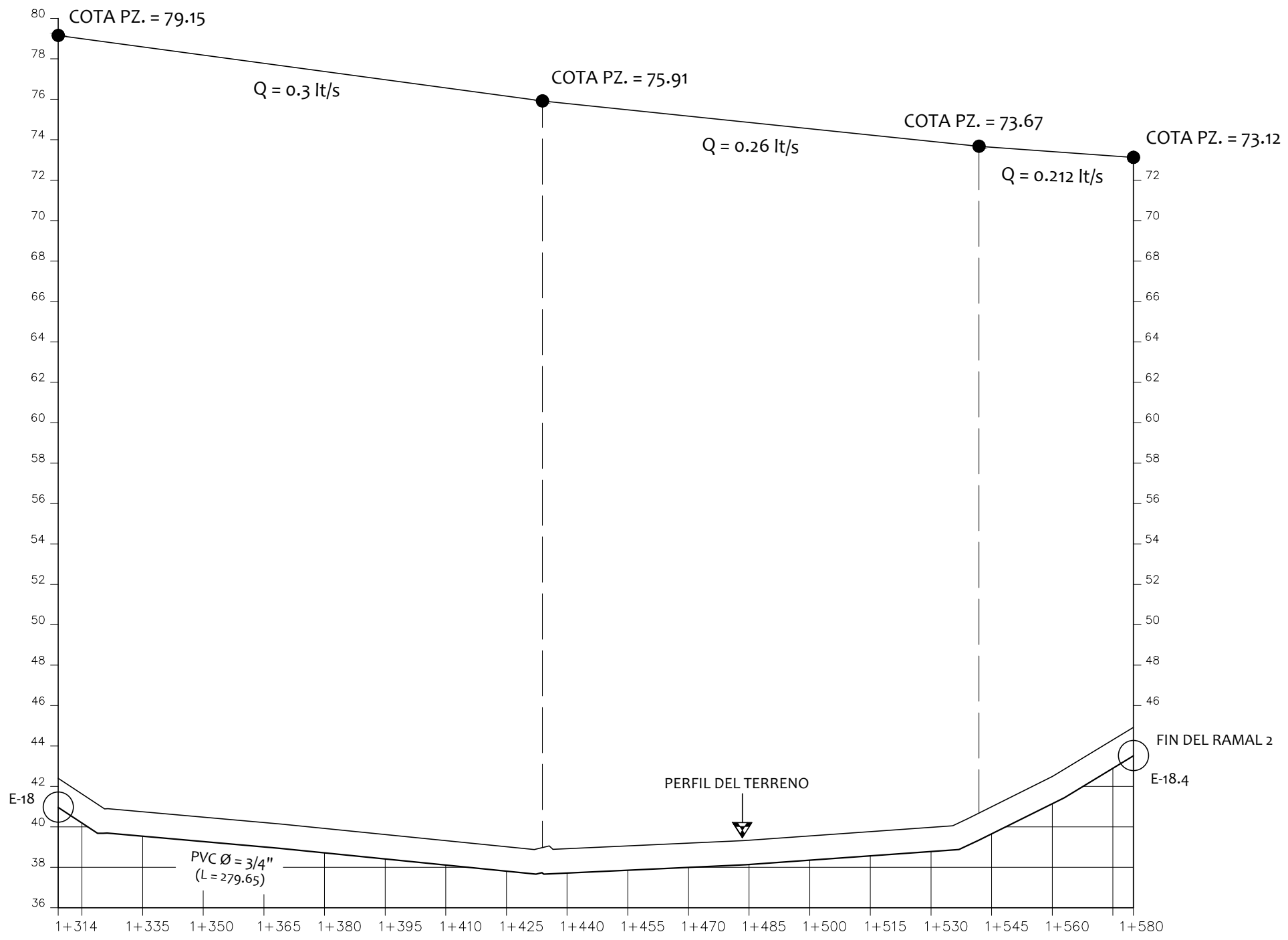
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO <small>PROYECTO:</small>	
PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE RAMAL 1 <small>CONTENIDO:</small>	INDICADA <small>ESCALA:</small>
ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740 <small>DISEÑO Y DIBUJO:</small>	2014 <small>FECHA:</small>
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ	INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 7 / 14	



PLANTA DEL RAMAL 2 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-18 A E-18.4 LONGITUD TOTAL = 265.98 m. ESCALA 1:2000



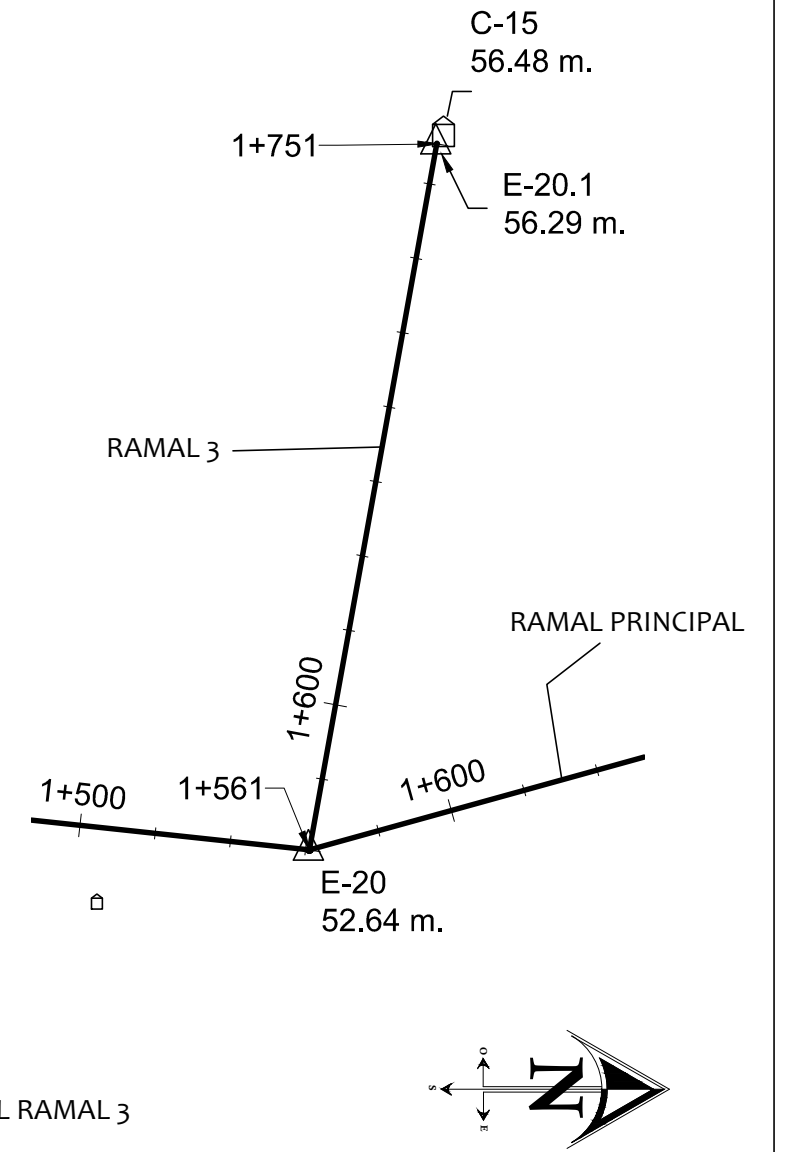
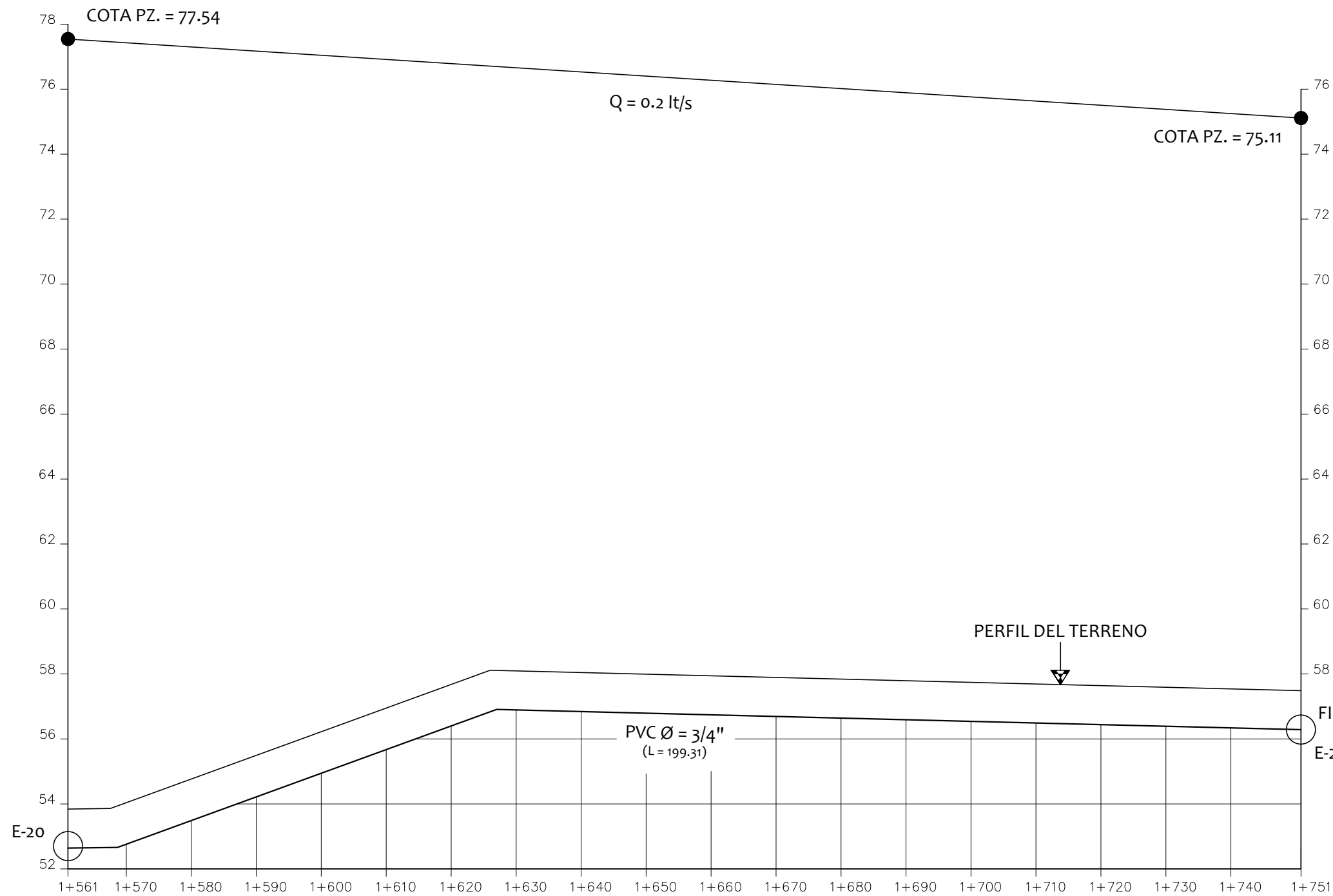
PERFIL DEL RAMAL 2 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-18 A E-18.4 LONGITUD TOTAL = 265.98 m. ESCALA HORIZONTAL 1:1250 ESCALA VERTICAL 1:250

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA                  FACULTAD DE INGENIERÍA                  EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE RAMAL 2	INDICADA ESCALA:
DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740	FECHA: 2014
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ	INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 8	14

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PLANTA DEL RAMAL 3 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-20 A E-20.1 LONGITUD TOTAL = 189.79 m. ESCALA 1:2000

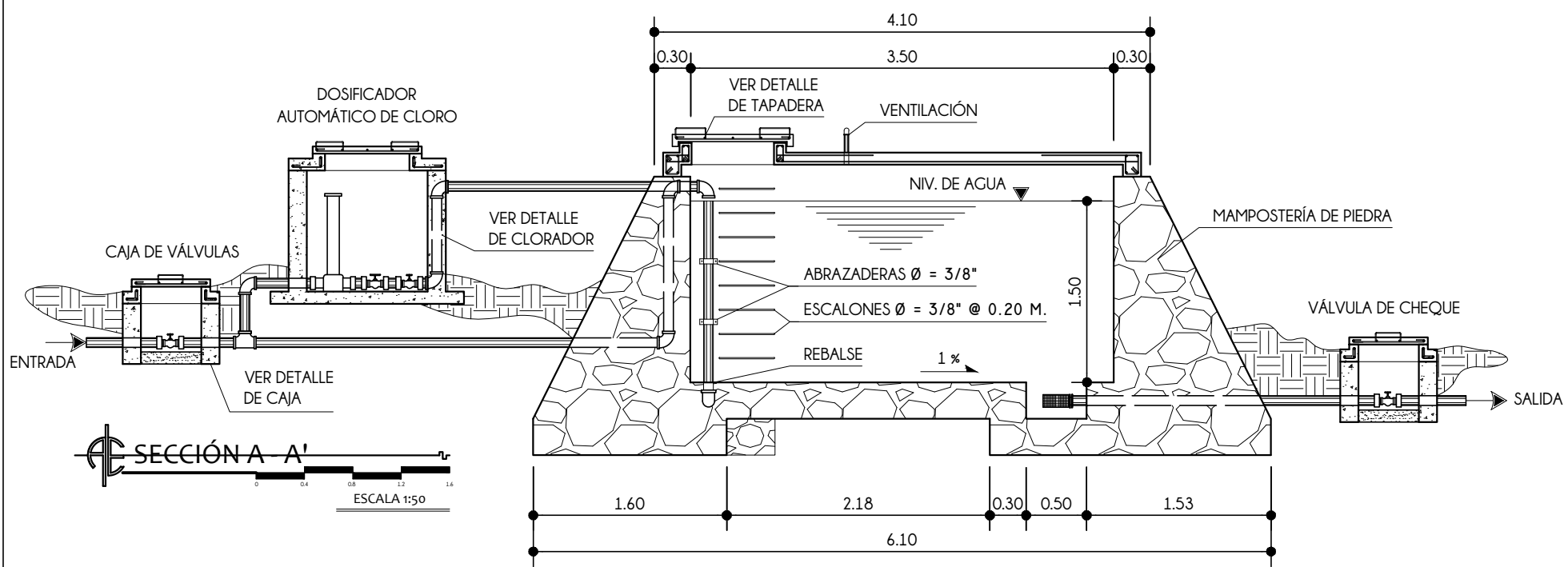


PERFIL DEL RAMAL 3 DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE  
 DE E-20 A E-20.1 LONGITUD TOTAL = 189.79 m. ESCALA HORIZONTAL 1:750 ESCALA VERTICAL 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO <small>PROYECTO:</small>	
PLANTA Y PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE <small>CONTENIDO:</small>	INDICADA <small>ESCALA:</small>
ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740 <small>DISEÑO Y DIBUJO:</small>	2014 <small>FECHA:</small>
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ	INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO <small>HOJA</small> 9 / 14

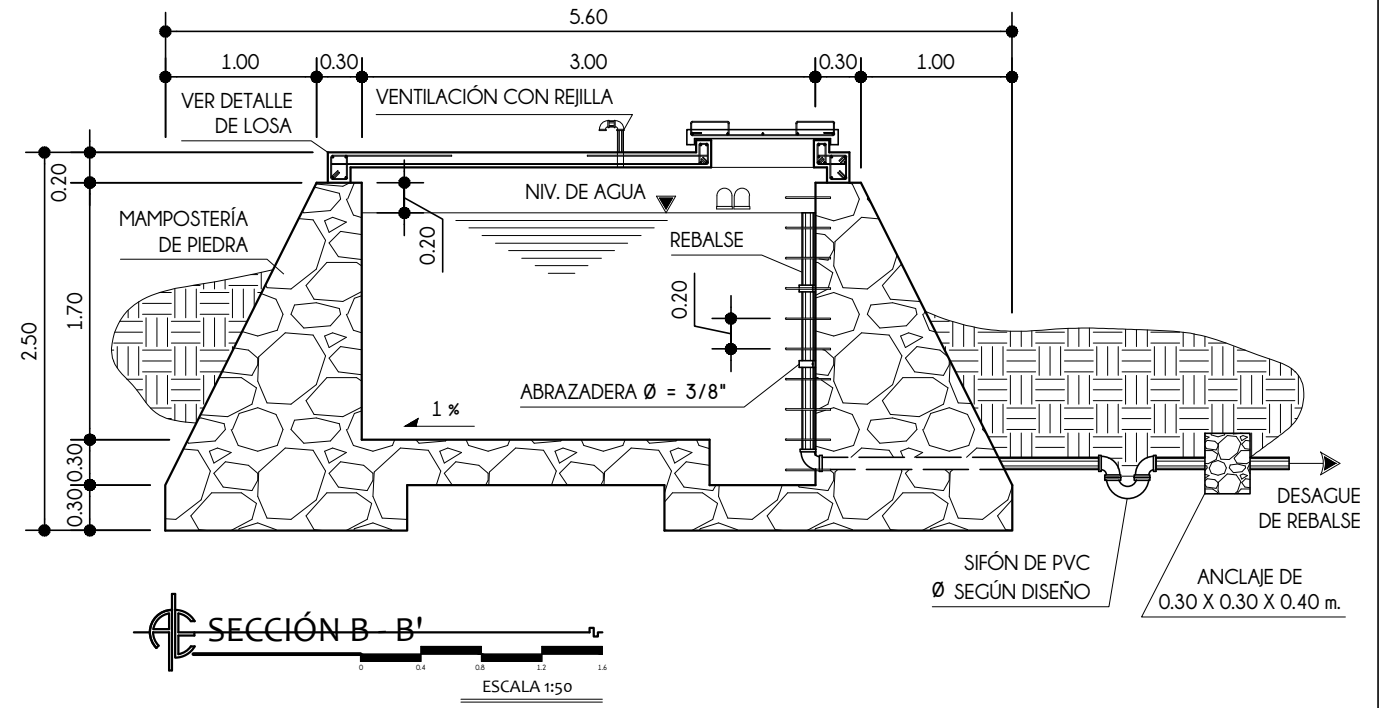
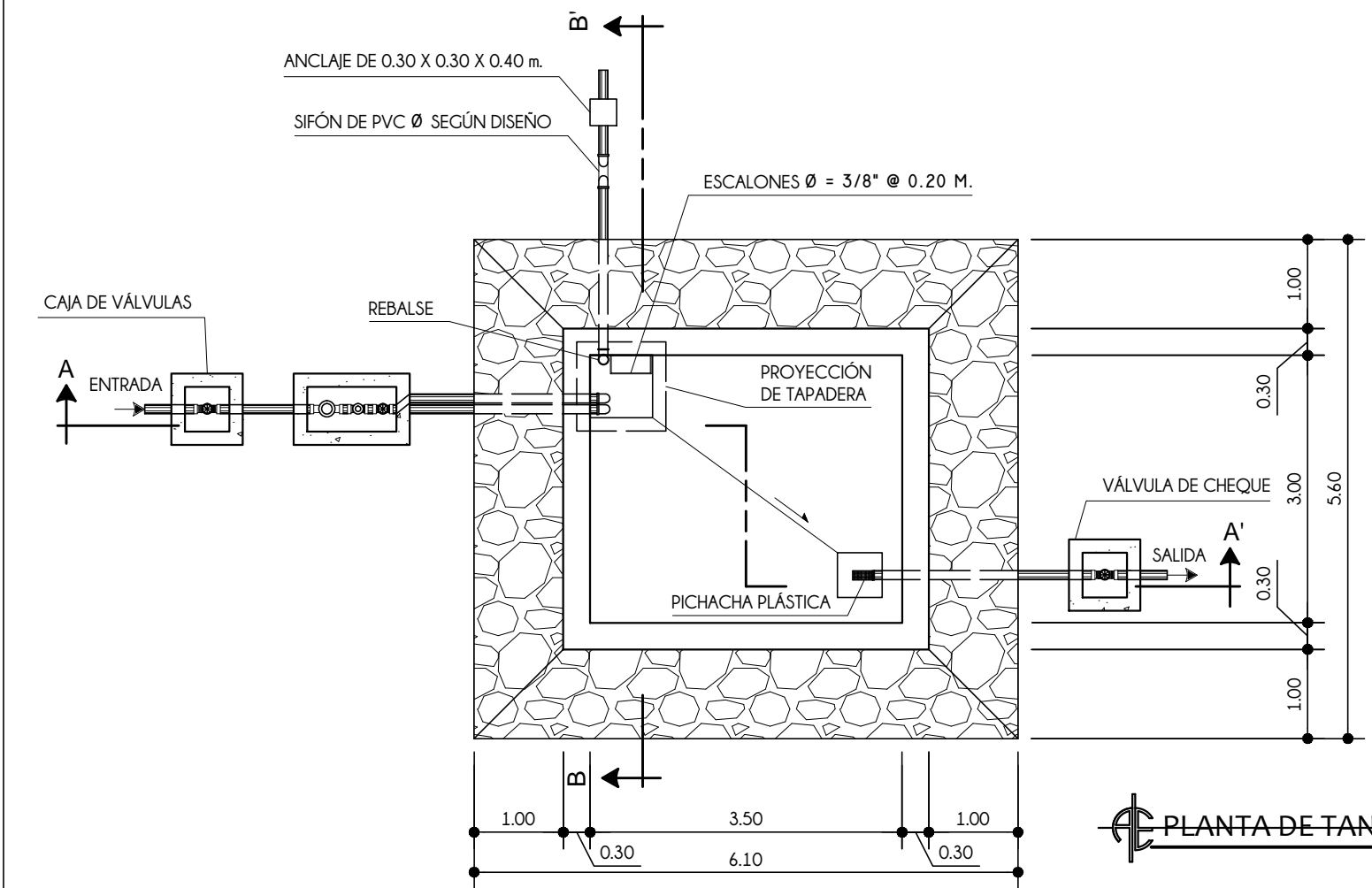
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT




ESPECIFICACIONES:


- EL CONCRETO CICLOPEO UTILIZADO EN TODO EL PROYECTO SE HARÁ UTILIZANDO UN 33 % DE MORTERO Y UN 67 % DE PIEDRA BOLA. PARA EL MISMO SE UTILIZARÁ ARENA DE RÍO, CEMENTO, Y PIEDRÍN DE 1/2".
- SE REPELLARÁ EL INTERIOR DEL TANQUE Y DE LAS CAJAS DISTRIBUIDORA DE CAUDALES Y ROMPEPRESIÓN, CON SABIETA HECHA A UNA PORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:2, CEMENTO - ARENA DE RÍO. EL ESPESOR MÍNIMO PERMITIDO ES DE 1.5 cm.
- TODA TAPADERA DEBE DE TENER UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DE PISO DEBERÁ SER APISONADO.
- SE DEBERÁ HACER UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO A UNA PROPORCIÓN 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DEL TANQUE Y DE TODAS LAS CAJAS DEL PROYECTO (INCLUYENDO LA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES).
- EL CONCRETO EN OBRA NO PUEDE TENER UNA RESISTENCIA MENOR A 3,000 PSI. EN CUANTO AL ACERO DE REFUERZO, DEBE DE UTILIZARSE GRADO 40 (40,000 PSI).



PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN  
ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO

CONTENIDO: PLANTA Y SECCIONES DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE

INDICADA ESCALA:

DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU  
CARNÉ: 2007-14740

2014  
FECHA:

VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ

INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

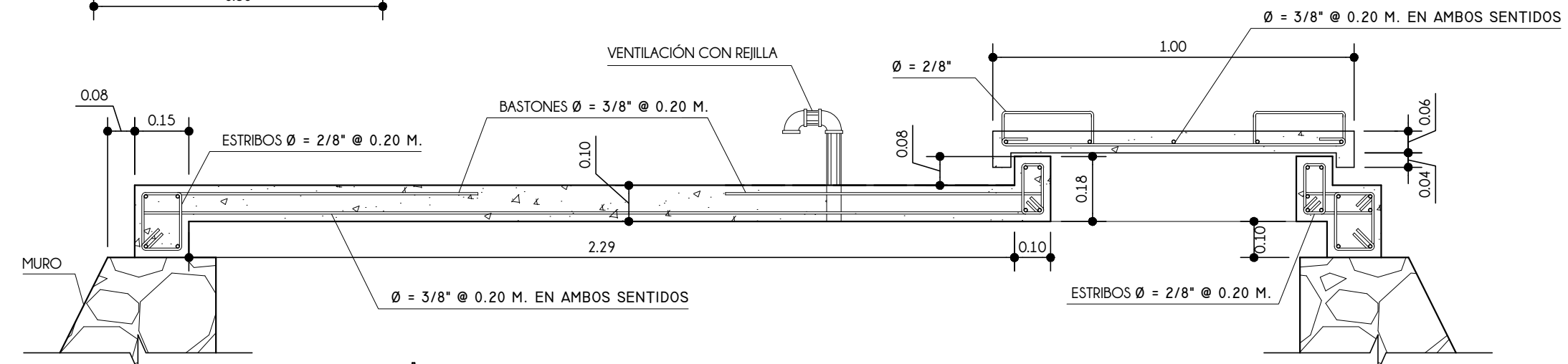
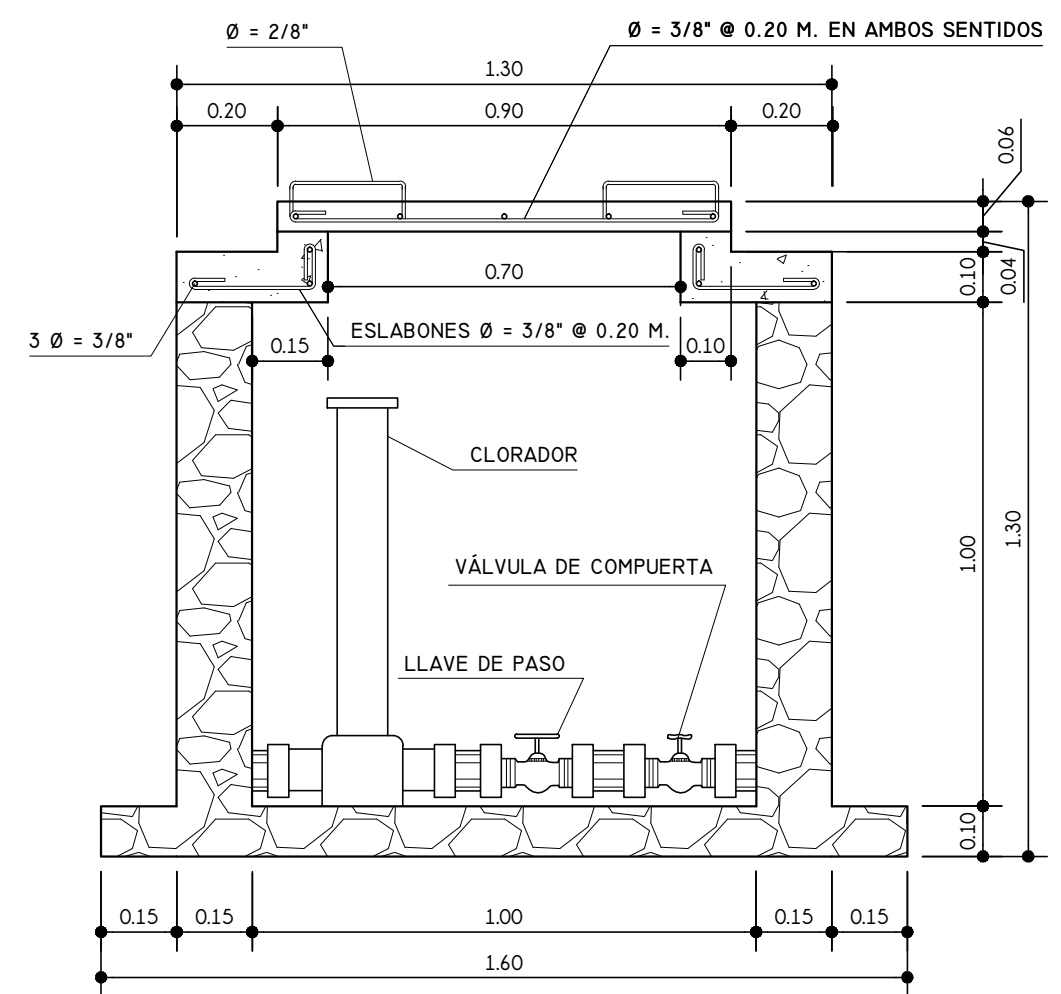
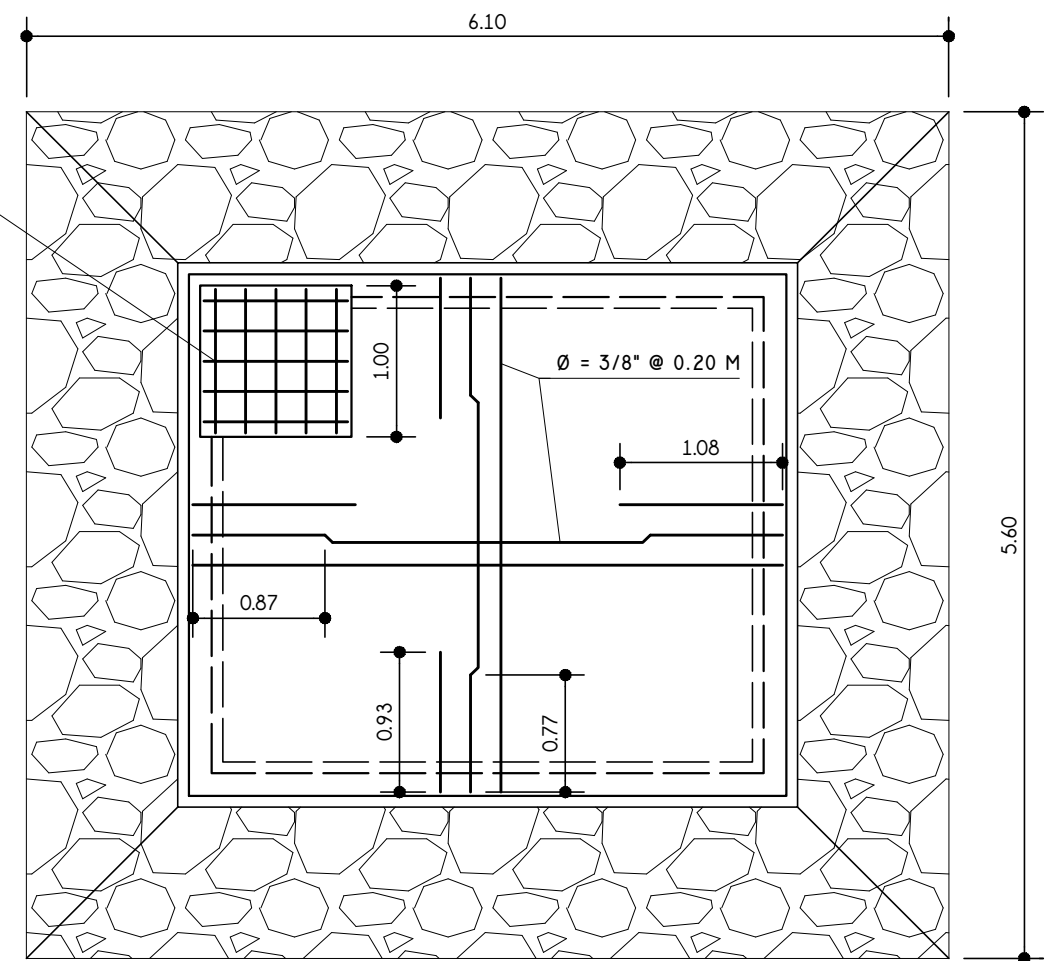
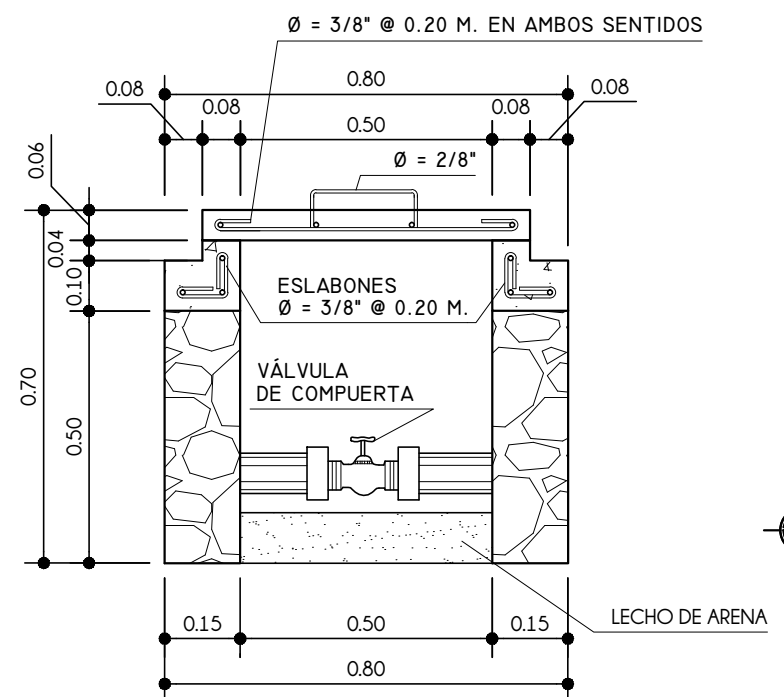
HOJA  
10 / 14

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

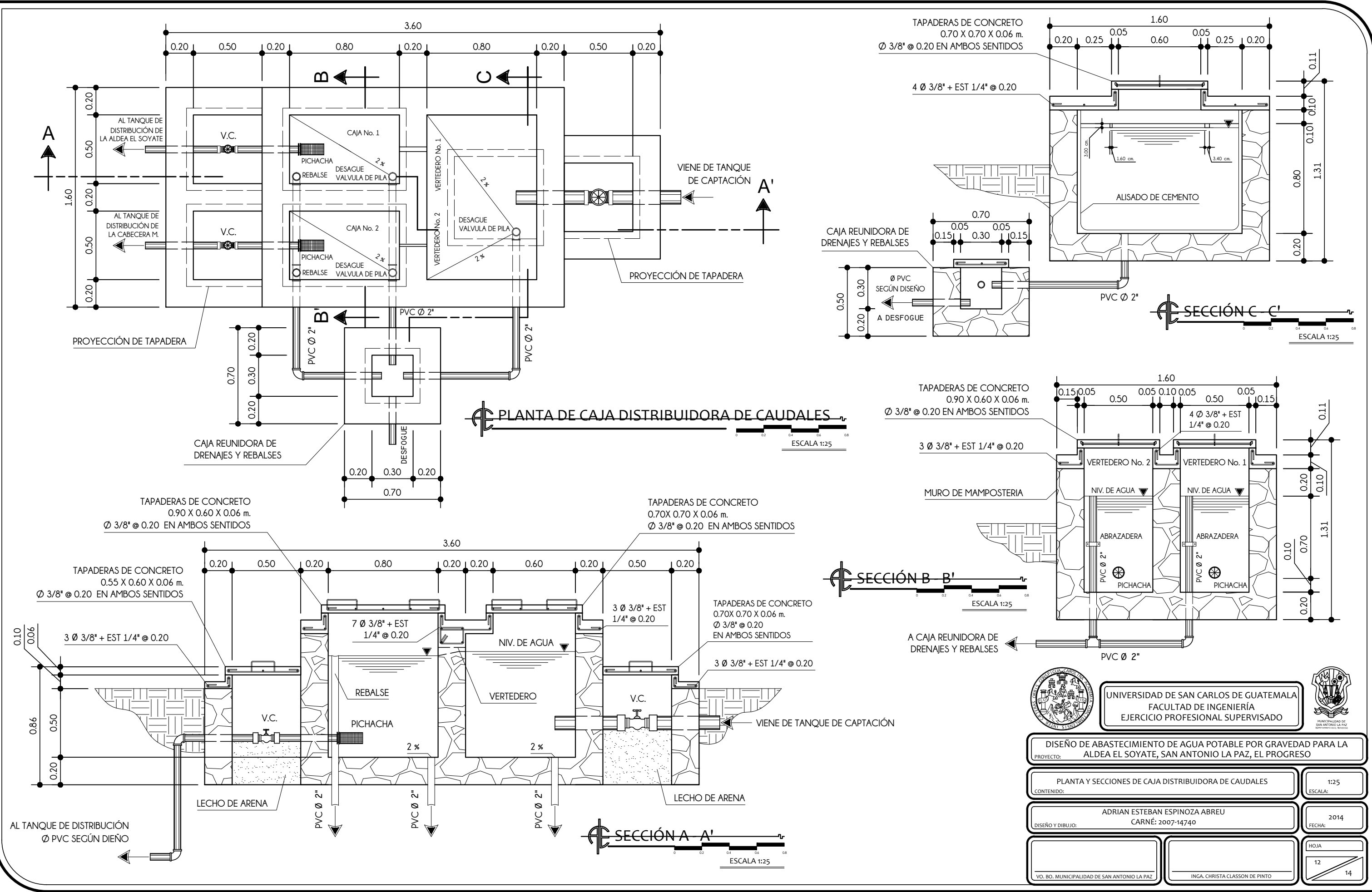
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



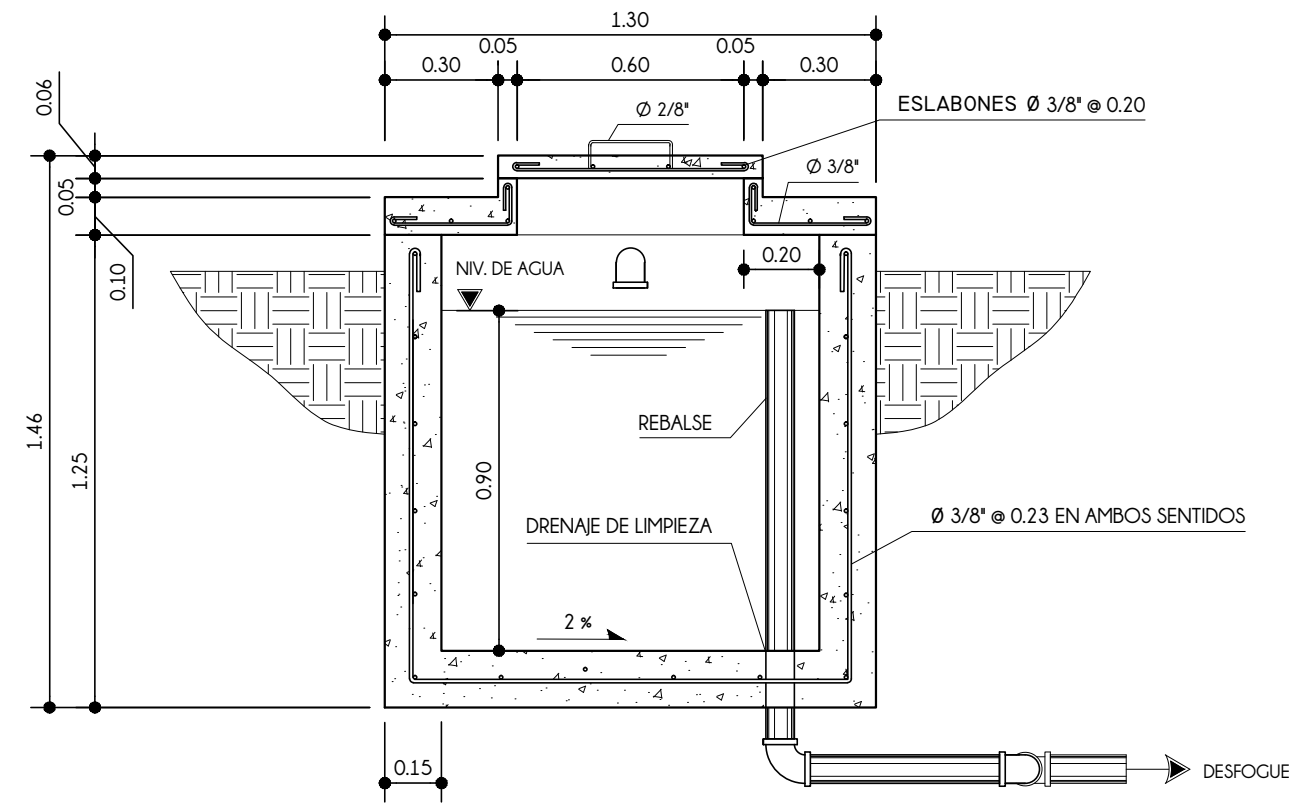
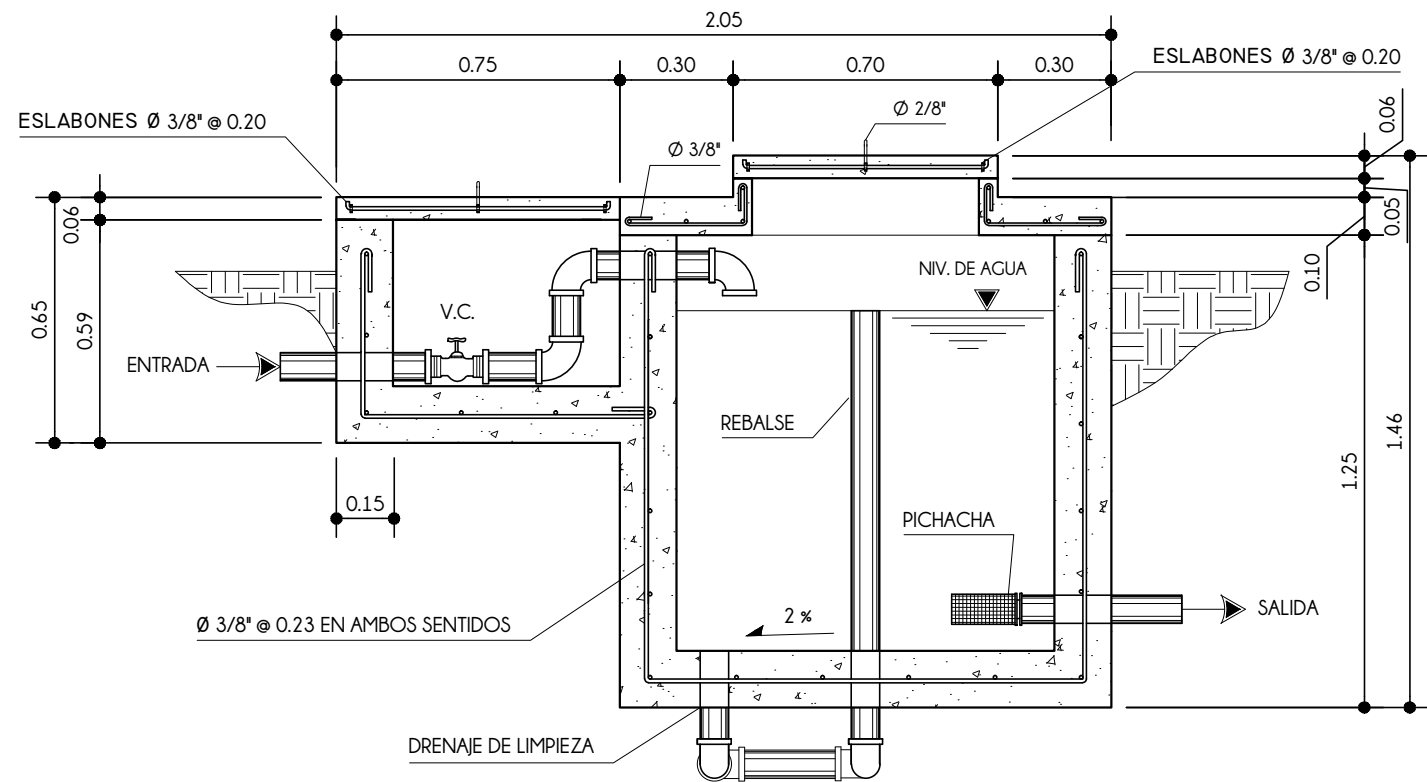
$\varnothing = 3/8" @ 0.20 \text{ M. EN AMBOS SENTIDOS}$



<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO</p>	
<p>CONTENIDO: DETALLES DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALDEA EL SOYATE</p>	<p>INDICADA ESCALA:</p>
<p>DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740</p>	<p>2014 FECHA:</p>
<p>VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ</p>	<p>INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO</p>
<p>HOJA 11</p>	<p>14</p>

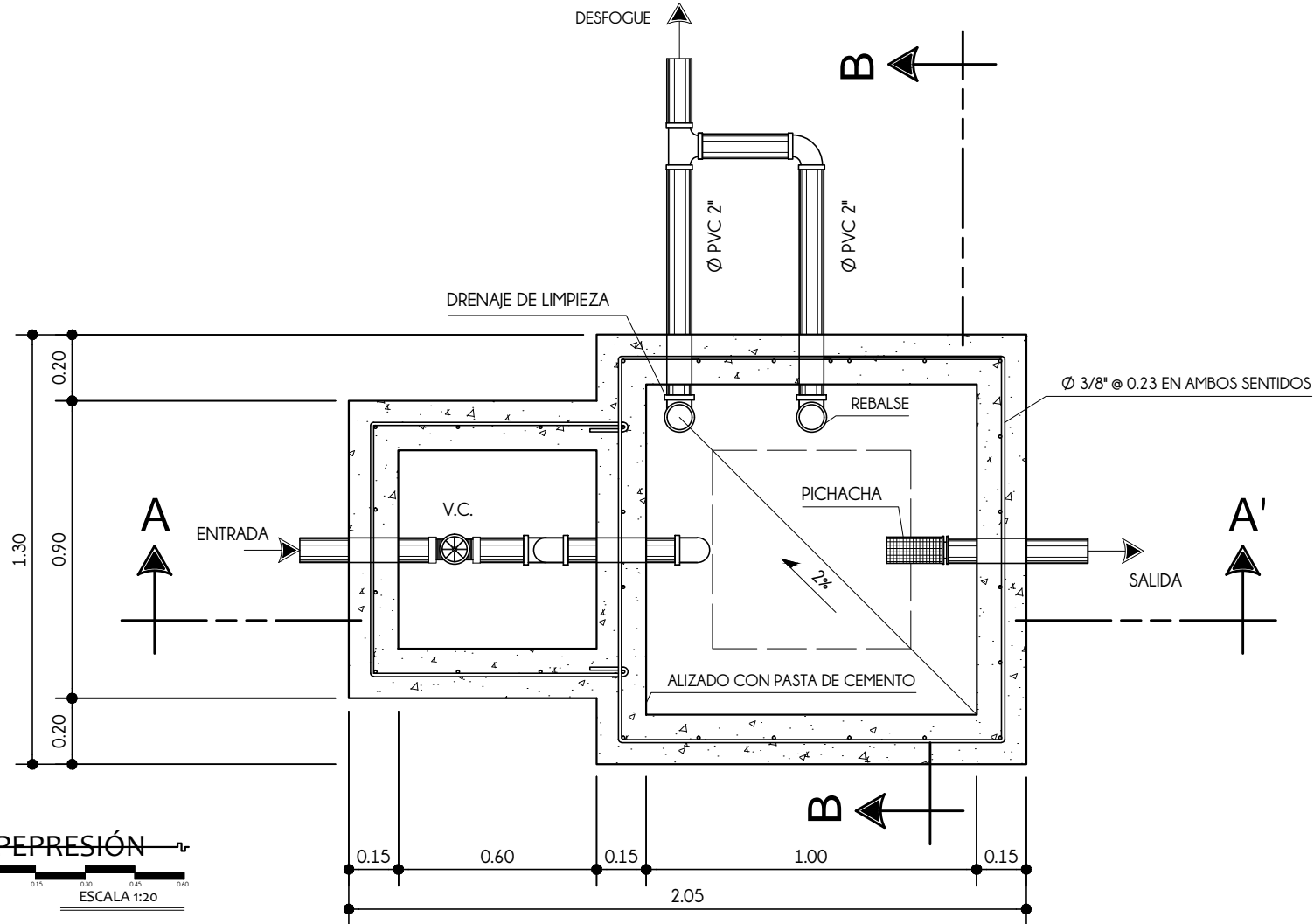


<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>PROYECTO: DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO</p>	
<p>CONTENIDO: PLANTA Y SECCIONES DE CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES</p>	<p>ESCALA: 1:25</p>
<p>DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740</p>	<p>FECHA: 2014</p>
<p>VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ</p>	<p>HOJA: 12 / 14</p>



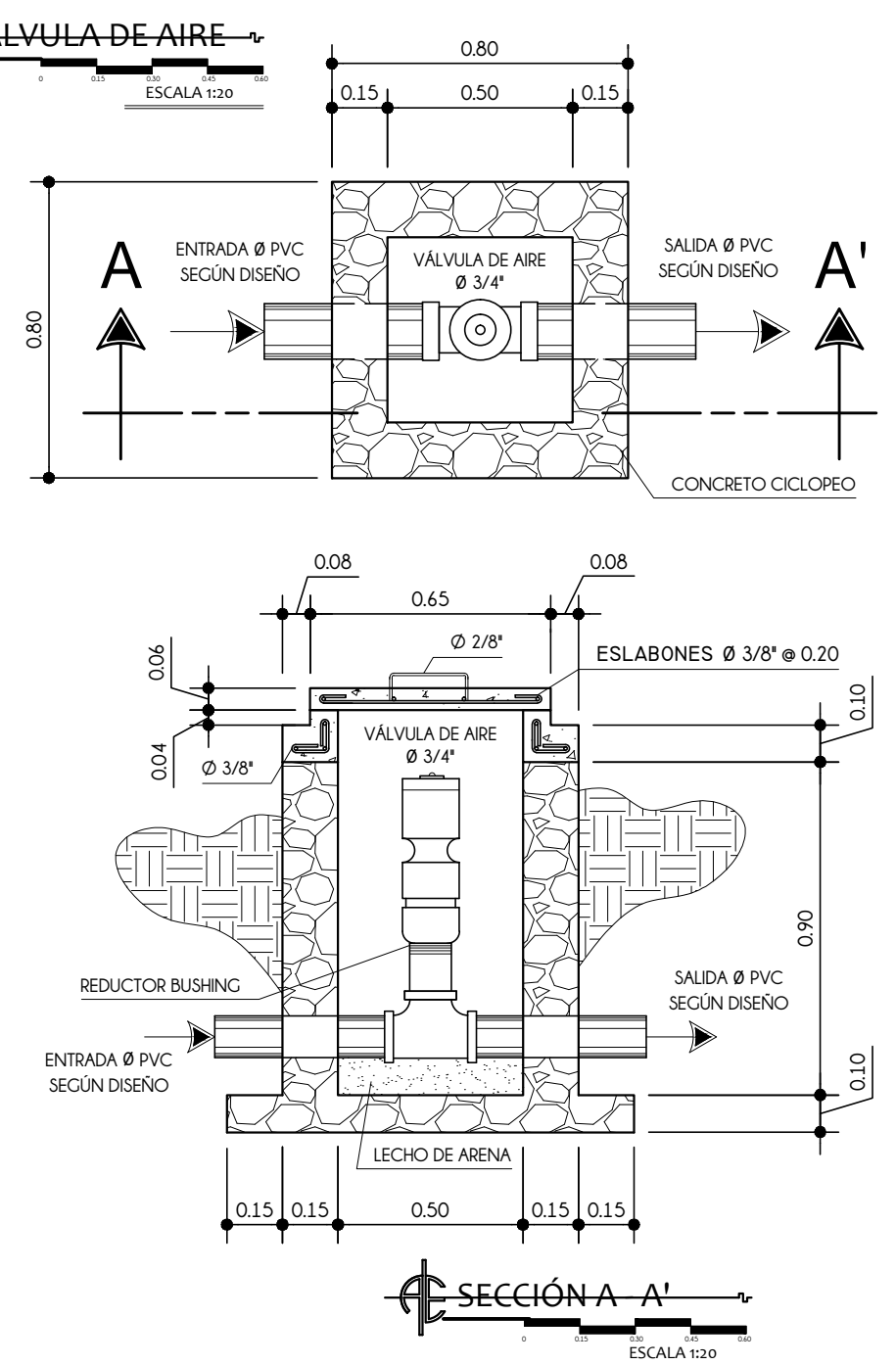
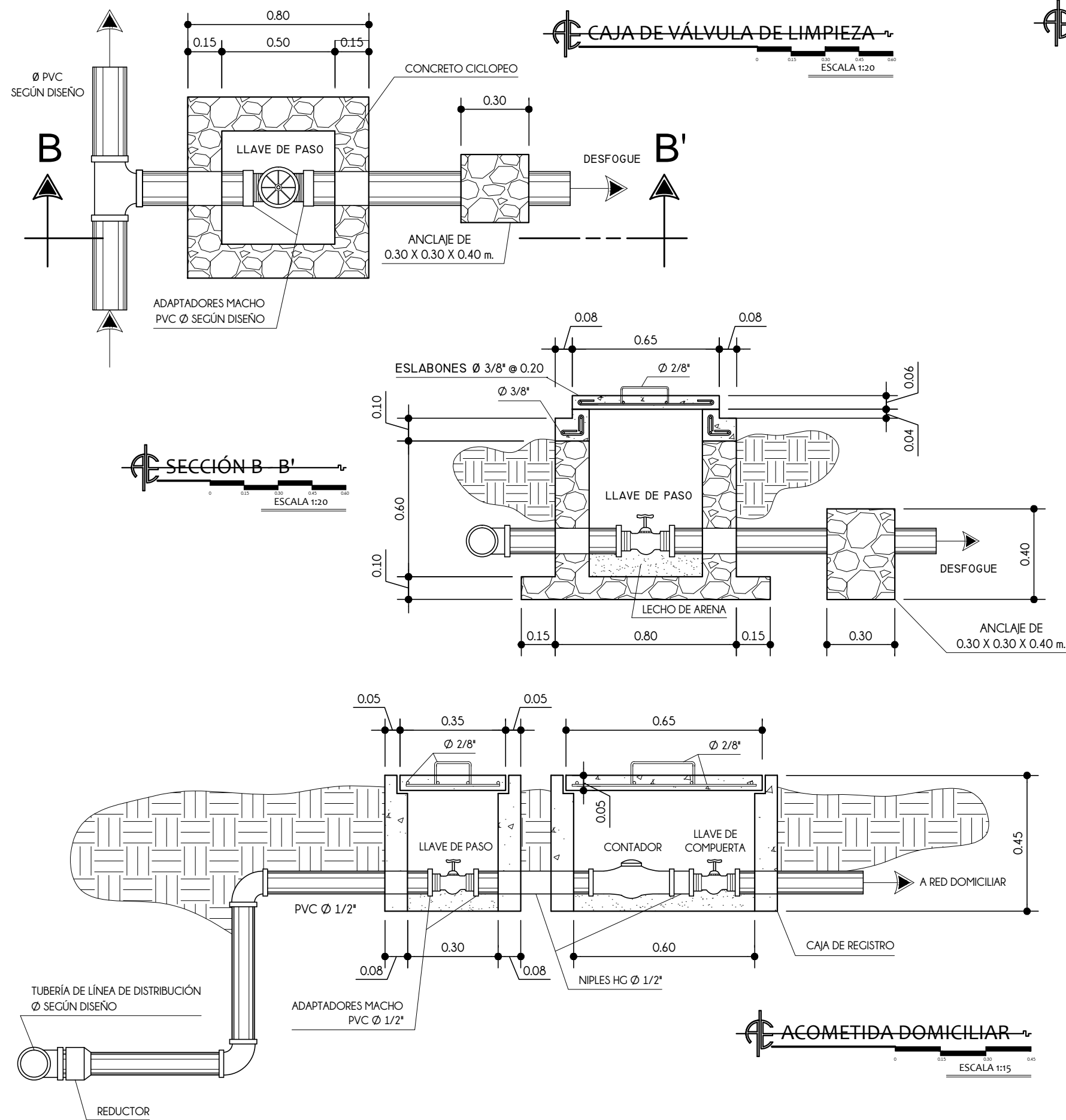
SECCIÓN A - A'  
ESCALA 1:20

SECCIÓN B - B'  
ESCALA 1:20



PLANTA DE CAJA ROMPEPRESIÓN  
ESCALA 1:20

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>	
<p>DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO</p>	
<p>PROYECTO:</p>	<p>ESCALA:</p>
<p>CONTENIDO:</p>	<p>1:20</p>
<p>DISEÑO Y DIBUJO:</p>	<p>2014</p>
<p>ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740</p>	<p>FECHA:</p>
<p>VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ</p>	<p>HOJA</p>
<p>INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO</p>	<p>13 / 14</p>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD PARA LA ALDEA EL SOYATE, SAN ANTONIO LA PAZ, EL PROGRESO PROYECTO:	
CONTENIDO: DETALLES DE VÁLVULAS DE AIRE Y LIMPEZA Y DE ACOMETIDA DOMICILIAR	INDICADA ESCALA:
DISEÑO Y DIBUJO: ADRIAN ESTEBAN ESPINOZA ABREU CARNÉ: 2007-14740	2014 FECHA:
VO. BO. MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO LA PAZ	INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO
HOJA 14 / 14	

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT