



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE
ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y
AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO
SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**

José Carlos Emmanuel Cobox Yax

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE
ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y
AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO
SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
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 CON TANQUE
ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y
AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO
SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**

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

José Carlos Emmanuel Cobox Yax

Guatemala, 22 de agosto de 2021

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

Estimado ingeniero Argueta Hernández

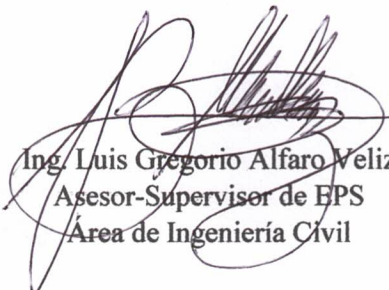
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Practica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Carlos Emmanuel Cobox Yax**, **Registro Académico 201131482** y **CUI 2338 74887 0901** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 06 de septiembre de 2021
REF.EPS.D.175.08.2021

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

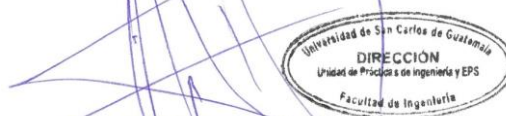
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Carlos Emmanuel Cobox Yax, CUI 2338 74887 0901 y Registro Académico 201131482**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 04 de septiembre de 2021

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Fuentes:

Le informo que he revisado el informe Final de EPS, **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **José Carlos Emmanuel Cobox Yax, Registro Académico, 201131482**, quien contó con la asesoría del **Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz**.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C

Cc: Estudiante xxxxxxxxxx
Archivo

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante José Carlos Emmanuel Cobox Yax **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca



Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, noviembre 2021

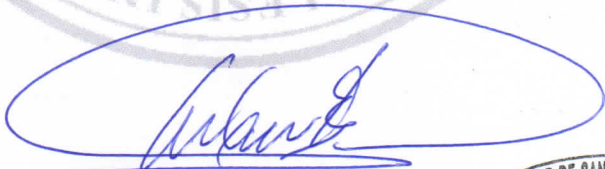
/mrrm



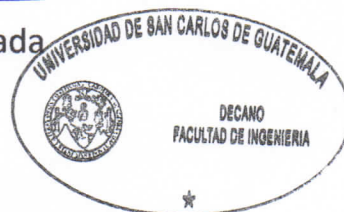
DTG.609.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **José Carlos Emmanuel Cobox Yax**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad de nacer en este mundo y haberme proporcionado un apoyo tan especial como lo son mis padres, hermanas, familia y amigos.
- Mis padres** Carlos Alberto Cobox Bartolo y Juana Lucrecia Yax Roblero. Quienes han sido siempre mi motivación principal, además de ser siempre mi fuente de inspiración.
- Mi abuela** Angela Transito Roblero. Por su humildad y sencillez que siempre la ha caracterizado y por brindarme todos esos consejos que posteriormente aplique en el transcurso de la carrera.
- Mi tío** José Luis Estrada Quemé. Quien siempre ha sido una gran inspiración para mí y por haberme ayudado académicamente siempre que lo necesité.

Mi Padrino

Edwin René de León López. (Q. e. p. d.) A quien le agradezco siempre su buen humor y sus consejos que siempre tuve presentes a lo largo de mi carrera.

Familia y amigos

Que siempre han estado en los peores momentos y alentarme siempre a seguir adelante a pesar de las circunstancias.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

Carlos Alberto Cobox Bartolo y Juana Lucrecia Yax Roblero, por haber sido el pilar principal de mi preparación académica, por ese apoyo incondicional que siempre me han dado y por ser las mejores personas que he conocido en mi vida.

Mi familia

A mis hermanas, primos, tías y tíos por siempre motivarme a culminar esta meta y ser grandes y muy especiales personas para mí.

Mi asesor

Luis Gregorio Alfaro Veliz, por su valiosa ayuda y por haberme compartido sus conocimientos en el transcurso de la realización de mi EPS.

Mis amigos

Williams Sacalxot, Sebastián Navichoc, Darwin Santos, Dylan Godoy, Jorge Pacheco, Alejandra Castañeda y Carolina de León por brindarme su amistad y apoyo incondicional siempre que lo necesité.

Municipalidad de SA

En especial a los trabajadores de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), por darme la oportunidad de realizar mi EPS y por colaborar conmigo en el proceso.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi alma mater y haber sido la sede de donde me formé académicamente y por los conocimientos y experiencias adquiridos durante todo este tiempo de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Antonio Suchitepéquez	1
1.1.1. Antecedentes históricos	1
1.1.2. Localización geográfica y límites territoriales	1
1.1.3. Aspectos climáticos	4
1.1.4. Economía	4
1.1.5. Población	5
1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades y servicios básicos e infraestructura en el municipio de San Antonio Suchitepéquez	5
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Priorización de las necesidades	6
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA	7
2.1. Descripción del proyecto	7
2.2. Información preliminar	7

2.7.6.	Componentes del sistema	42
2.7.6.1.	Captación	43
2.7.6.2.	Caseta de bombeo y equipo de bombeo.....	43
2.7.6.3.	Tanque de distribución	44
2.7.6.4.	Línea de conducción	44
2.7.6.5.	Red de distribución.....	45
	2.7.6.5.1. Diseño de la red de distribución.....	45
2.8.	Diseño de tanque elevado	52
2.8.1.	Volumen de almacenamiento	52
2.8.2.	Partes del tanque elevado.....	52
2.8.3.	Cuerpo del tanque	55
	2.8.3.1. Dimensiones del tanque.....	55
2.8.4.	Torre de soporte	57
2.9.	Diseño de la torre de soporte	60
2.9.1.	Integración de cargas	62
2.9.2.	Diseño de elementos estructurales	70
2.9.3.	Cimentación.....	91
2.10.	Presupuesto general.....	106
2.11.	Evaluación de impacto ambiental	108
3.	AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ	111
3.1.	Descripción del proyecto a desarrollar	111
3.2.	Levantamiento topográfico.....	111
	3.2.1. Planimetría.....	112
	3.2.2. Altimetría.....	112
3.3.	Descripción del sistema a utilizar	113

3.4.	Partes de un alcantarillado sanitario	113
3.4.1.	Candelas domiciliarias.....	114
3.4.2.	Conexiones domiciliarias.....	114
3.4.3.	Colectores.....	115
3.4.4.	Pozos de visita.....	115
3.5.	Período de diseño.....	116
3.6.	Población futura	116
3.7.	Determinación de caudales	117
3.7.1.	Población tributaria	117
3.7.2.	Dotación de agua.....	118
3.7.3.	Factor de retorno	119
3.7.4.	Caudal sanitario.....	119
3.7.4.1.	Caudal domiciliar.....	120
3.7.4.2.	Caudal comercial más caudal industrial	121
3.7.4.3.	Caudal conexiones ilícitas.....	122
3.7.4.4.	Caudal de infiltración.....	124
3.7.5.	Factor caudal medio	125
3.7.6.	Factor de Harmond.....	126
3.7.7.	Caudal de diseño.....	126
3.8.	Fundamentos hidráulicos.....	127
3.8.1.	Ecuación de Manning	127
3.9.	Parámetros de diseño hidráulico	127
3.9.1.	Coeficiente de rugosidad.....	128
3.9.2.	Velocidades máximas y mínimas	128
3.9.3.	Diámetro de tubería.....	129
3.9.4.	Ancho de zanja	129
3.9.5.	Volumen de excavación	130
3.9.6.	Carga de velocidad.....	131

3.10.	Ubicación de pozos de visita	132
3.11.	Profundidad de los pozos de visita	132
3.12.	Diseño hidráulico	133
3.13.	Ejemplo de diseño de un tramo	133
3.14.	Tratamiento	139
	3.14.1. Ubicación	139
	3.14.2. Diseño de fosas sépticas	140
3.15.	Administración, operación y mantenimiento	147
3.16.	Elaboración de planos	148
3.17.	Elaboración de presupuesto	149
3.18.	Evaluación socioeconómica	150
	3.18.1. Valor presente neto (VAN).....	150
	3.18.2. Tasa interna de retorno (TIR)	150
3.19.	Evaluación de impacto ambiental	151
CONCLUSIONES		153
RECOMENDACIONES.....		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157
APÉNDICES		161
ANEXOS		173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de San Antonio Suchitepéquez	2
2.	Mapa de San Antonio Suchitepéquez	3
3.	Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015.....	16
4.	Interpolación aproximada	18
5.	Representación gráfica de la base mayor de la torre de soporte	58
6.	Representación gráfica de la base menor de la torre de soporte	59
7.	Representación gráfica del tanque elevado	60
8.	Representación gráfica del ángulo de inclinación	66
9.	Fuerzas ejercidas por sismo en planta.....	68
10.	Fuerzas ejercidas por sismo en perfil.....	69
11.	Cargas finales	70
12.	Dimensiones de la torre a utilizar	74
13.	Cálculo del ángulo	75
14.	Longitud de riostras	83
15.	Longitud de tensores	84
16.	Sección de la placa base.....	87
17.	Volumen aproximado de excavación.....	131

TABLAS

I.	Parámetros climáticos promedio de San Antonio Suchitepéquez	4
II.	Diámetros comerciales tubería PVC	28
III.	Diámetros comerciales tubería HG	29

IV.	Costo de tubería al mes (según listado de precios Ferromax 2020)	34
V.	Costo de bombeo al mes.....	35
VI.	Costo total al mes	36
VII.	Propiedades mínimas de metal de soldadura	80
VIII.	Tabla I-A de pernos y remaches a tensión.....	81
IX.	Resultados del ensayo de corte triaxial.....	92
X.	Cálculo del peralte para la verificación del corte por flexión	101
XI.	Cálculo del peralte para la verificación del corte por punzonamiento	103
XII.	Presupuesto 1	107
XIII.	Cálculo del caudal comercial.....	121
XIV.	Valores de rugosidad más utilizados.....	128
XV.	Rango de velocidades	129
XVI.	Anchos mínimos de zanja según diámetro de tubería	130
XVII.	Presupuesto 2.....	149

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<i>cm</i>	Centímetros
<i>cm²</i>	Centímetros cuadrados
<i>°C</i>	Grados Celsius
<i>° ' "</i>	Grados minutos y segundos
<i>kg/cm²</i>	Kilogramo fuerza entre centímetro cuadrado
<i>kg/m³</i>	Kilogramo fuerza entre metro cubico
<i>kg/m</i>	Kilogramo fuerza entre metro lineal
<i>kg – m</i>	Kilogramo fuerza por metro lineal
<i>kg</i>	Kilogramo fuerza
<i>lb/pulg²</i>	Libras entre pulgada cuadrada
<i>l/hab/día</i>	Litros por habitante por día
<i>l/s</i>	Litros por segundo
<i>m</i>	Metro
<i>m²</i>	Metros cuadrados
<i>m³</i>	Metros cúbicos
<i>ml</i>	Metros lineales
<i>mca</i>	Metros por columna de agua
<i>mm</i>	Milímetros
<i>#</i>	Número de varilla para el armado propuesto
<i>"</i>	Pulgadas
<i>@</i>	Separación existente
<i>Ton</i>	Toneladas

GLOSARIO

Aerobio	Procesos u organismos que necesitan oxígeno para desarrollarse y vivir.
Aforo	Medición de la cantidad de agua que de un pozo se puede extraer en un periodo de tiempo determinado.
Anaerobio	Procesos u organismos que se desarrollan en un medio sin existencia de oxígeno.
Coliformes	Designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
Cota invert	Se definen como el nivel de profundidad o altura, de la parte baja de las tuberías de drenajes
Ensayo de corte triaxial	Método de medición de las propiedades mecánicas de muchos sólidos deformables, especialmente suelos.
Lixiviado	Producto de la percolación de las precipitaciones con los desechos sólidos al aire libre.

Proliferación

Reproducción acelerada de un organismo vivo.

RESUMEN

El planteamiento principal del ejercicio profesional supervisado es mejorar los servicios básicos de agua en algunos sectores del municipio de San Antonio Suchitepéquez por medio de un diseño de un sistema abastecimiento de agua potable con su propio tanque elevado metálico y una ampliación de un alcantarillado sanitario ya existente.

Para el sistema de abastecimiento de agua se optó por la captación de aguas subterráneas por medio de la perforación de un pozo mecánico de donde se bombeará agua hacia el tanque elevado de acero al carbón para posteriormente ser distribuido por gravedad hacia la comunidad de Santa Rita Pachipá, haciendo uso de las normas AISC para estructuras de acero y siguiendo las respectivas normas ASTM A36 para acero al carbón para la estructura del tanque y la norma ASTM D2241 para tubería PVC. También se hace uso de los parámetros de calidad del agua según el Acuerdo Gubernativo 178-2009 y la norma COGUANOR NGO 29001. El sistema completo está diseñado haciendo uso del manual de diseño proporcionada por el INFOM “Normas de diseño para sistemas rurales de abastecimiento de agua”.

Así mismo se realiza el diseño de la ampliación del alcantarillado sanitario que proviene de algunos puntos del casco urbano del municipio, haciendo uso de la normativa ASTM F949 para tubería PVC corrugado y diseñando con base al manual proporcionado por el INFOM “Normas generales para sistemas de alcantarillados sanitarios” el cual se utiliza también para el diseño de las fosas sépticas.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Santa Rita Pachipá y colonia La Blanquita y ampliar el sistema de alcantarillado sanitario del casco urbano de San Antonio Suchitepéquez.

Específicos

1. Diseñar de acuerdo con las normas establecidas por COGUANOR y las especificaciones de, INFOM, UNEPAR para una óptima calidad en la construcción de las estructuras.
2. Disminuir la proliferación de enfermedades producidas por el mal manejo de las aguas residuales en una parte del casco urbano y por el consumo de agua contaminada en las comunidades.
3. Proporcionar un documento y planos que contengan la información detallada para la construcción de los proyectos a diseñar.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Antonio Suchitepéquez se ha convertido en uno de los más importantes del departamento de Suchitepéquez, debido a su rápido crecimiento en infraestructura en el área urbana y rural en los últimos años. A pesar de ello actualmente existen áreas en las cuales los servicios necesarios como salubridad, educación, acceso vial, entre otros, son escasos.

Se realizó un diagnóstico en el municipio para determinar los problemas que aquejan a los habitantes de la zona urbana y rural, y se encontró que hay un problema con el manejo de las aguas residuales en una de las calles principales de la ciudad, lo cual afecta directamente a los habitantes de la zona por la contaminación que esto produce. Además, existe un sector del municipio que carece de un sistema de agua potable eficiente y los pobladores consumen agua contaminada, lo que afecta a la salubridad de la comunidad.

En el presente trabajo de graduación se plantea la problemática que algunos sectores del municipio enfrentan con respecto al suministro de agua potable y manejo de aguas residuales. El propósito es resolver la problemática por medio del diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en las comunidades del caserío Santa Rita Pachipá y colonia La Blanquita, así como la ampliación del alcantarillado sanitario en el casco urbano del municipio de San Antonio Suchitepéquez.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Antonio Suchitepéquez.

A continuación, se describen algunos aspectos más importantes que caracterizan al municipio de San Antonio Suchitepéquez.

1.1.1. Antecedentes históricos

En el año 1549, fue fundada la población Glorioso San Antonio Suchitepéquez, ciudad más antigua habitada por los españoles y primer asiento del gobierno provisional, hasta que en el año 1851 paso a ser Mazatenango. Le dieron el nombre de San Antonio Suchitepéquez porque la fecha de fundación coincide con el aniversario de la muerte del santo, acaecida en Padua, Italia.

Los frailes franciscanos se dieron a la tarea de convencer a los indígenas de que salieran de las montañas en donde se refugiaron debido a los malos tratos que habían recibido. Les asignaron sus viviendas y principiaron a adoctrinarlos.

San Antonio Suchitepéquez, hoy en día, es un municipio del departamento de Suchitepéquez de la región suroccidente de la república de Guatemala. El municipio es reconocido por todo el país por ser uno de los lugares más culturales que tiene Guatemala.

San Antonio Suchitepéquez, después de todos los cambios de categoría por su importancia en todos los aspectos, llego a ser ciudad gracias a las gestiones de la autora de esta obra con el aval del Concejo Municipal, presidido por el profesor Jaime Domínguez en 1996.¹

1.1.2. Localización geográfica y límites territoriales

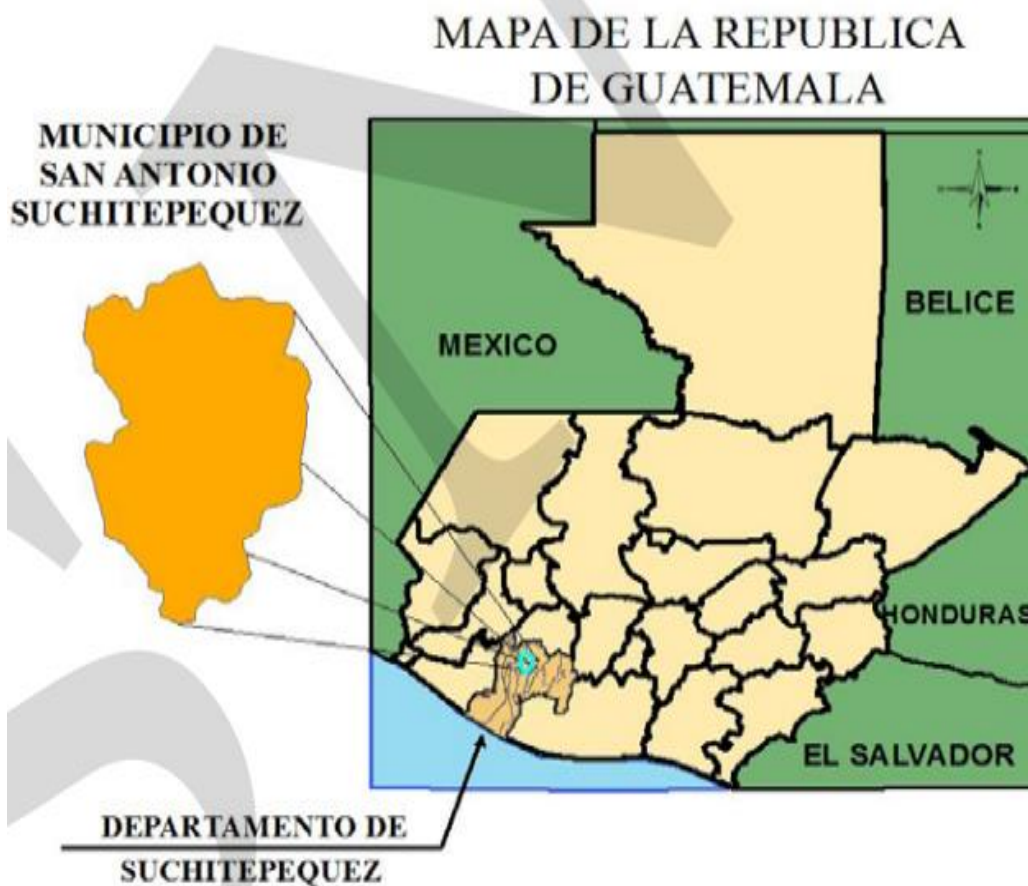
Se encuentra asentado sobre la planicie que forman los ramales de la cordillera de Los Andes al bajar hacia la costa. Se localiza en la parte central del

¹ deguate.com. *Municipio de San Antonio Suchitepéquez.*
<https://www.deguate.com/municipios/pages/suchitepequez/san-antonio-suchitepequez.php>.
Consulta: 2 de julio de 2018.

departamento de Suchitepéquez y su extensión territorial es de 64 kilómetros cuadrados.

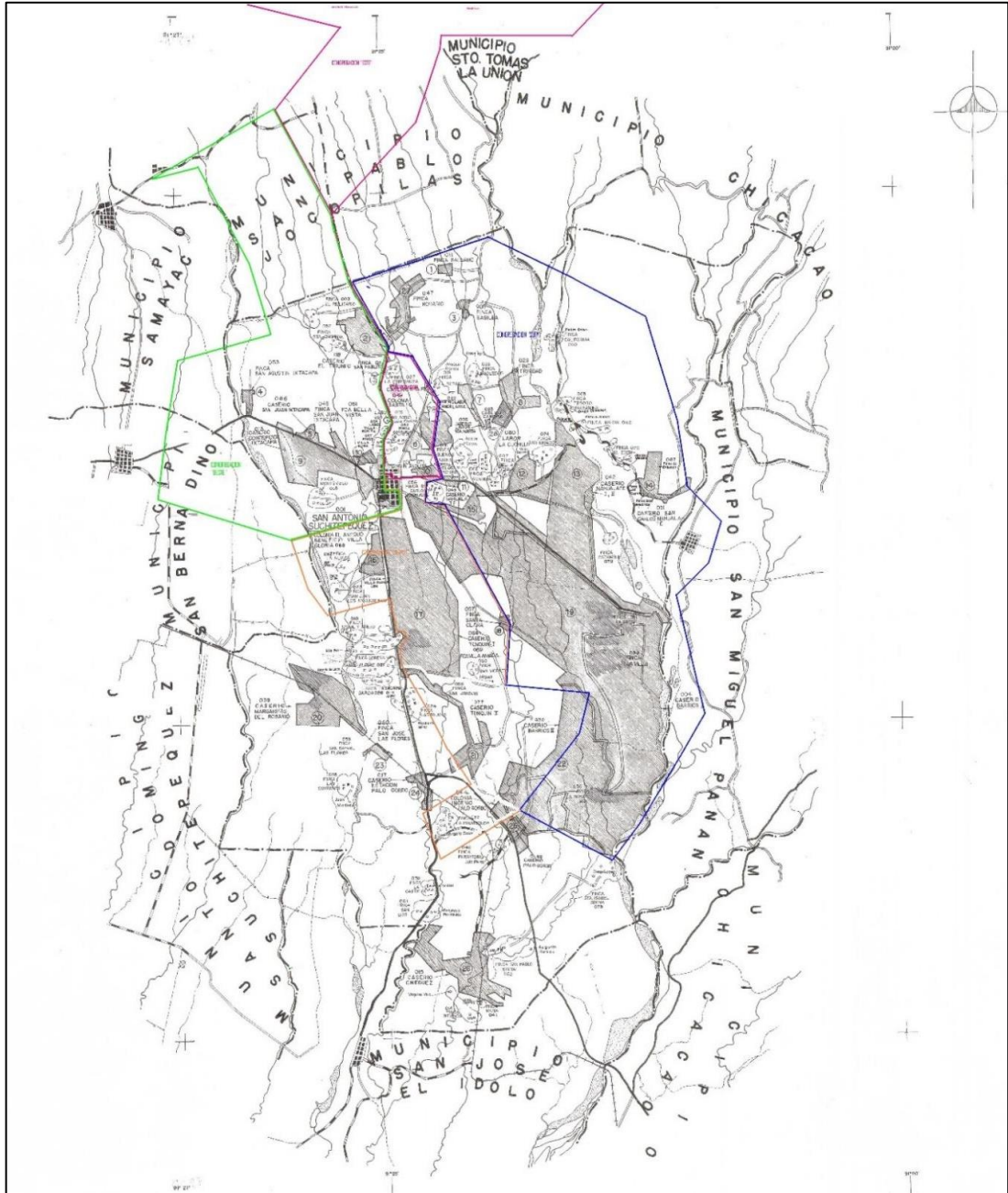
Limita al norte con San Pablo Jocopilas y Chicacao, al este con San Miguel Panán y Chicacao, al sur con Chicacao y San José El Ídolo, y al oeste con Santo Domingo, San Bernardino y Samayac.

Figura 1. **Ubicación del municipio de San Antonio Suchitepéquez**



Fuente: Concejo Municipal de San Antonio, Suchitepéquez. *Plan de Desarrollo Municipal Y Ordenamiento Territorial San Antonio, Suchitepéquez. 2019 – 2032.* p.13.

Figura 2. Mapa de San Antonio Suchitepéquez



Fuente: Dirección municipal de planificación, Municipalidad De San Antonio Suchitepéquez.

1.1.3. Aspectos climáticos

La cabecera municipal de San Antonio Suchitepéquez tiene clima cálido y tropical.

Tabla I. **Parámetros climáticos promedio de San Antonio Suchitepéquez**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máx, media (°C)	32,7	33,2	33,6	33,4	32,8	31,9	32,0	32,1	31,3	31,3	31,5	32,1	32,3
Temperatura media (°C)	26,2	26,6	27,2	27,6	27,5	26,9	26,9	27,0	26,5	26,4	26,1	26,0	26,7
Temperatura mín, media (°C)	19,7	20,0	20,9	21,8	22,2	22,0	21,8	21,9	21,7	21,5	20,8	19,9	21,2
Precipitación total (mm)	8	15	38	132	327	507	383	380	539	531	117	29	3006

Fuente: CLIMATE-DATA.ORG. *San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala.*
<https://en.climate-data.org/north-america/guatemala/suchitepequez/san-antonio-suchitepequez-53884/>. Consulta: febrero 2018.

1.1.4. Economía

La economía del municipio depende de la agricultura, el comercio y la industria. Su suelo está clasificado como uno de los más fértiles de la región y del país.

Los cultivos propios de la región son café, caña de azúcar, maíz, hule, citronela, plátano, banano y gran variedad de frutos tropicales.

La compañía agrícola industrial Ingenio Palo Gordo S.A. constituye fuente principal de la economía del municipio. Es una hacienda de 17 caballerías ubicada en el kilómetro 142 y medio de la ruta al Pacífico CA-2, que inició operaciones en 1939 en este municipio.

1.1.5. Población

De acuerdo a proyecciones poblacionales para el municipio (INE, 2002), en el año 2009 San Antonio Suchitepéquez posee una población aproximada de 47 844 habitantes.

El municipio posee una extensión territorial de 64 km² y ocupa el 8,61 % de la superficie departamental. Es el décimo municipio en cuanto a extensión territorial de los veinte municipios que conforman el departamento. La relación entre población y superficie territorial arroja una densidad de 592 personas/km² lo que indica que el área territorial está en proceso de crisis debido al descenso de disponibilidad de la tierra, la presión sobre los recursos y a su relación con el crecimiento poblacional. Es el tercer municipio con mayor densidad territorial después de Samayac (1 108) y Rio Bravo (787).

1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades y servicios básicos e infraestructura en el municipio de San Antonio Suchitepéquez

Se realizó un diagnóstico de las necesidades del municipio y se llegó a la conclusión de hacer énfasis en tres principales servicios que se describen a continuación:

1.2.1. Descripción de las necesidades

- Agua potable: en el municipio de San Antonio Suchitepéquez actualmente se ha diagnosticado una deficiencia de agua potable en el caserío Santa Rita Pachipá y la colonia La Blanquita, debido a que no existe un sistema de abastecimiento adecuado, por lo que los habitantes han estado haciendo uso de pozos artesanales y riachuelos.
- Alcantarillado sanitario: se ha identificado que una parte del casco urbano no cuenta con una conducción de aguas residuales adecuada, por lo que utilizan un riachuelo cercano como desfogue de las aguas negras, provocando así la proliferación de enfermedades en el área.
- Sistema vial: se ha diagnosticado que el caserío Santa Rita Pachipá no cuenta con adoquinamiento de calles, lo cual resulta inconveniente para la circulación de vehículos y el manejo del agua pluvial.

1.2.2. Priorización de las necesidades

En consenso con las autoridades municipales y miembros del Cocode de Santa Rita Pachipá y la colonia La Blanquita, se determinaron las necesidades prioritarias:

- Agua potable.
- Alcantarillado Sanitario.
- Sistema vial.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA

2.1. Descripción del proyecto

El diseño consiste en abastecer de agua potable a los habitantes del caserío Santa Rita Pachipá y la colonia La Blanquita por medio de la construcción de un pozo mecánico, de donde se extraerá agua a un cierto nivel de profundidad por medio de una bomba sumergible, el cual conducirá el agua hacia un tanque elevado ubicado a 15 metros del suelo sostenido por una torre de estructura metálica y con la capacidad de hasta 75 metros cúbicos de agua. Una tubería de impulsión de hierro galvanizado conducirá el agua subterránea hacia el tanque para luego distribuirla por gravedad a cada vivienda del caserío y la colonia, por medio del diseño de una red de distribución de tubería de PVC. Verificando que cumpla con los requerimientos establecidos de control de calidad del agua y las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) para un funcionamiento óptimo del sistema.

2.2. Información preliminar

Para un diseño correcto de un sistema de agua potable es necesario tener en cuenta la siguiente información preliminar.

2.2.1. Fuentes de abastecimiento de agua

Es la parte más importante en un diseño de abastecimiento, la fuente de agua dará a conocer los diferentes factores que se necesitan para un diseño eficiente en cuestión de calidad y cantidad del agua para suministro de la comunidad.

En Guatemala existen diferentes tipos de fuentes de abastecimiento de agua potable los cuales pueden ser: pluviales, superficiales y subterráneos. Las fuentes pluviales se utilizan en zonas de alta precipitación, las superficiales están constituidas por los ríos y los lagos, pero que en general están contaminados, teniéndose que hacer un tratamiento previo al almacenamiento del agua para desinfección y asegurar la calidad del agua.

Es por esto que en Guatemala la fuente de abastecimiento de agua más utilizado es el subterráneo, debido a que esta presenta generalmente buena calidad y en la mayoría de los casos el tratamiento para la desinfección del agua suele ser el menos costoso.

2.2.2. Aforo de las fuentes de agua

El procedimiento de aforo consiste en determinar el caudal que ofrece la fuente de abastecimiento de agua. Una vez llegado a los 300 pies de profundidad, se realizó el aforo volumétrico del pozo, con una duración de 36 horas se determinó el caudal llenando un tonel de agua de 200 litros y tomando el tiempo en que tardaba en llenarse. Se debe repetir este proceso varias veces durante las 24 horas de aforo y se toma nota de los datos proporcionados, llegando a tener caudales bajos durante los primeros aforos y caudales altos en los últimos,

luego se hace un promedio de todas esas mediciones tomadas para llegar a obtener el caudal más probable.

Con este procedimiento se calculó un caudal aproximado de 170 galones por minuto que es equivalente a 10,72 litros por segundo.

2.2.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico tiene como finalidad dar una representación gráfica del terreno de la comunidad donde se llevará a cabo el diseño de abastecimiento de agua potable. Para el presente diseño la Municipalidad de San Antonio Suchitepéquez ya disponía de un estudio topográfico de altimetría y planimetría en la aldea de Santa Rita Pachipá dejando como constancia una libreta de puntos que será utilizado para la representación gráfica del terreno en ese sector y posteriormente la realización del diseño de abastecimiento.

Debido a que en la colonia La Blanquita no había ningún registro de topografía, se prestaron los servicios de la empresa Siglo 21 del departamento de San Marcos para realizar los estudios de altimetría y planimetría con la finalidad de tener una representación gráfica del terreno de la colonia y adjuntar estos datos a la topografía ya existente del caserío Santa Rita Pachipá.

2.2.3.1. Altimetría

Estudia los métodos y procedimientos para la construcción a escala de la altura de un punto respecto a un plano de referencia dando una representación en relieve de un terreno.

El estudio altimétrico de Santa Rita Pachipá había sido realizado anteriormente por la Municipalidad de San Antonio Suchitepéquez, la cual ha proporcionado los datos para la creación de las curvas de nivel y perfiles que serán necesarios para la representación en relieve del terreno de las comunidades a servir.

El estudio altimétrico de la colonia La Blanquita fue realizado por la empresa Siglo 21 utilizando el siguiente equipo de topografía:

- Estación total Sokkia modelo IM50
- Tripode de metal
- Baston de 4,6 metros
- Kit de prisma marca Sokkia
- Pintura, cinta métrica, clavos y martillo.

2.2.3.2. Planimetría

Estudia los procedimientos para la construcción a escala de una superficie plana representados en una proyección horizontal.

La municipalidad de San Antonio Suchitepéquez proporcionó los datos del estudio de la planimetría llevada a cabo anteriormente en Santa Rita Pachipá, estos datos serán utilizados para la orientación de la línea de conducción, línea de distribución entre otros factores que ayudarán al diseño del proyecto.

El estudio de planimetría de la colonia La Blanquita fue realizado por la empresa Siglo 21 utilizando el siguiente equipo de topografía:

- Estación total Sokkia modelo IM50

- Tripode de metal
- Baston de 4,6 metros
- Kit de prisma marca Sokkia
- Pintura y cinta métrica

2.2.4. Calidad del agua

La calidad del agua es muy importante para cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, debe ser analizada de tal manera que los resultados proporcionen datos positivos para que sea apto para el consumo humano. Normalmente los parámetros y límites de la calidad del agua se rigen por las acciones del ministerio de Salud pública por medio de la norma COGUANOR NTG 29001 que determina si el agua es potable o no.

El análisis del agua puede ser dividido en dos partes; un análisis físico-químico y un análisis bacteriológico. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) que proporcionó los resultados que se describen a continuación.

2.2.4.1. Análisis fisicoquímico

El análisis físico comprende las características físicas del agua como lo son el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica y solidos disueltos. El análisis químico determina la presencia de ciertas sustancias en el agua como el calcio, cloro, manganeso, sulfatos, magnesio, hierro, entre otras.

Los resultados del análisis fisicoquímico (Anexo 1), concluyeron lo siguiente: “Desde el punto de vista físico químico sanitario: Las determinaciones

arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles de normalidad según la norma COGUANOR NGT 29001”² lo cual indica características físicas y químicas no representan peligro alguno para la salud del consumidor.

2.2.4.2. Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico del agua puede determinar la probabilidad de contaminación de organismos patógenos que podrían causar enfermedades gastrointestinales, como los coliformes totales y los coliformes fecales. Este análisis es muy importante debido a que brinda información para determinar el tipo de tratamiento a aplicar al agua para que sea potable.

Los resultados del análisis bacteriológico (Anexo 1) concluyeron que: “Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según la norma COGUANOR NTG 29001”, lo cual significa que existe la presencia de agentes patógenos en el agua que puede ser perjudicial para la salud del consumidor, por lo que es necesario realizar tratamiento de desinfección.

2.2.4.3. Tratamiento de desinfección

Este tratamiento tiene como objetivo la garantizar la potabilidad del agua asegurando la ausencia de microorganismos patógenos. El ministerio de Salud Pública y Asistencia Social a través del Acuerdo Ministerial No. 1148-09 “Manual de normas sanitarias que establecen los métodos de purificación de agua para consumo humano” establece los métodos para el proceso de desinfección que se presentan a continuación:

² COGUANOR. *NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones.* p. 5.

- Aplicación de cloro y sus derivados

Este método se debe aplicar, obligatoriamente, en todos los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. El manual indica que es necesario verificar que el agua tenga un potencial de hidrogeno (pH) entre 6,5 y 8,5, así como un valor de turbiedad menor que 15 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

La cantidad de cloro o derivados que se adicionen al agua, deben ser tal que se produzca una concentración residual de cloro libre no menor de 0,5 mg/lit (Véase LMP del cloro residual en norma COGUANOR NTG 29001) en el punto más alejado de la red de distribución, respecto al punto de aplicación de cloro.

Además, indica también que para determinar la cantidad de cloro que se deba adicionarse al caudal de agua que se va a desinfectar, debe realizarse una prueba de demanda total de cloro, así como mantener un control de la concentración de cloro residual, todo esto con fines de asegurar la potabilidad del agua a abastecer.

- Aplicación de Ozono

Según el manual, el método de aplicación de ozono se debe utilizar como opción complementaria para la desinfección de agua para consumo humano, pero nunca como sustituto del método de aplicación de cloro o sus derivados, esto es debido a que el efecto residual de ozono es casi despreciable. Si se utilizara este método, el manual indica que se debe reducir previamente la turbiedad del agua, por medio del método de infiltración.

- Aplicación de radiación ultravioleta

Este método, al igual que el método de aplicación de ozono, se debe utilizar como opción complementaria para la destrucción de patógenos presentes en el agua para consumo humano; pero nunca como sustituto del método de aplicación de cloro o sus derivados, debido a que no cuenta con un efecto residual. Si se aplicara este método, el manual indica que se deben tomar en consideración los niveles esperados de patógenos, sólidos en suspensión y otros factores que inciden en la absorción de luz ultravioleta, así como los caudales promedio y máximo que determinan el tiempo de retención. También se debe reducir previamente la turbiedad del agua al aplicar este método.

- Aplicación de otros procesos y métodos

El Acuerdo Ministerial también contempla la aplicación de otros métodos para desinfección del agua, distintos a los ya establecidos anteriormente, con la autorización del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, presentando una solicitud por escrito por parte de la institución pública o privada encargada al abastecimiento de agua, dirigida al Departamento de Regulación de los Programas de la Salud y Ambiente, acompañada de los estudios técnicos que demuestren la eficacia y eficiencia del método para el fin propuesto.

Se propone entonces el método de desinfección por cloro y sus derivados, con la utilización de un hipoclorador automático PPG en donde se dosificarán las tabletas de hipoclorito de calcio al 65 % de concentración para luego ser diluido en pequeñas dosis directamente al tanque de distribución, eliminando los microorganismos existentes en el agua y después de su aplicación deja un cloro residual que sigue eliminando bacterias, lo que lo hace aún más efectivo. Este

método es muy utilizado debido a que no consume energía eléctrica, es fácil de usar y sencillo en su mantenimiento.

Existen diferentes tipos de hipoclorador, esto depende del caudal de entrada al tanque. Tomando en cuenta el caudal de bombeo y sus horas de servicio al día en el inciso 2.7.4. se llegó a la conclusión de utilizar un hipoclorador tipo PPG 3015 con capacidad de 22 tabletas de 200 gr ya que es recomendado para trabajar en sistemas de gravedad y bombeo con densidades de población similares a este proyecto.

La turbiedad del agua es un factor importante ya que debe estar clara para poder aplicarle cloro y gracias al análisis físico-químico sabemos que el agua del pozo proporciona una apariencia clara con una turbiedad de 0,5 UNT, además presenta un potencial de hidrogeno (pH) de 6,65 unidades, ideales para la aplicación del cloro.

2.2.4.3.1. Dosis de cloro a utilizar

La cantidad residual de cloro debe estar dentro de los parámetros permisibles en la norma COGUANOR NTG 29001, para asegurar la calidad del agua.

El límite máximo admisible para la cantidad de cloro residual es de 0,5 mg/L y el límite máximo permisible es de 1 mg/L. El análisis fisicoquímico estima que no hay registros de cloro residual en el agua por lo que se toma la cantidad de 0,4 mg/L como la demanda de cloro.

El flujo de cloro está determinado por la siguiente formula:

$$FC = Q * Dc * 0,06$$

Donde:

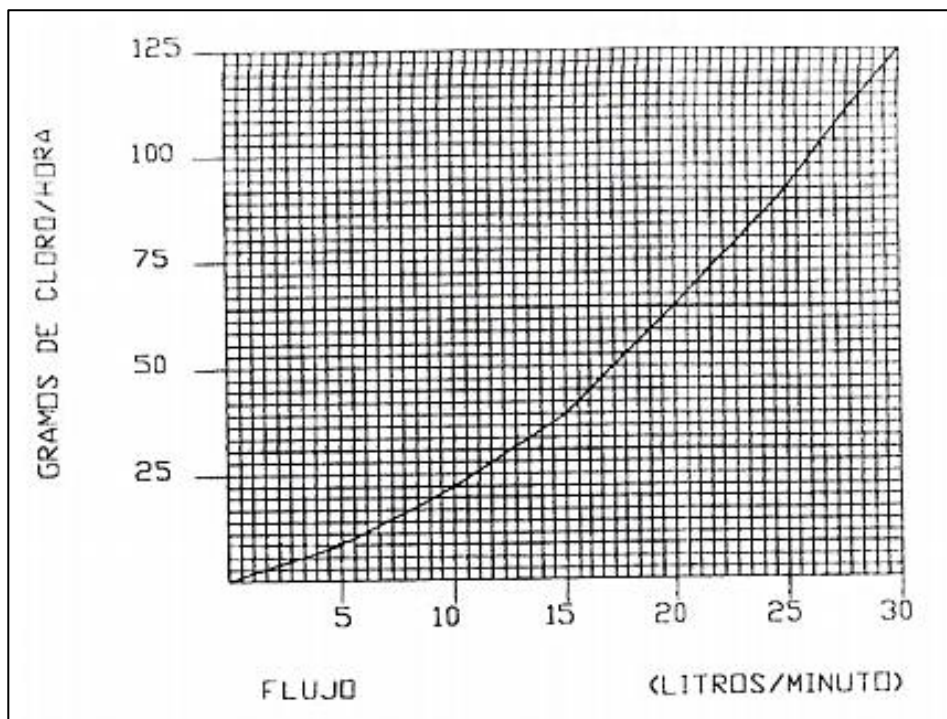
FC = flujo de cloro (g/hr)

Q = caudal de agua conducida (caudal de bombeo)(lts/min)

Dc = demanda de cloro (mg/L) o(Partes por millar PPM)

Luego se interpola este resultado en la gráfica de hipoclorador del modelo especificado anteriormente para determinar el flujo de agua a aplicar en litros por minuto.

Figura 3. **Gráfica de hipoclorador automático PPG 3015**



Fuente: Comisión de Calidad Tratamiento y Depuración. *Manual de la cloración*. p. 5.

Normalmente este flujo es muy pequeño y se obtendrá mediante la calibración de la válvula de compuerta que se colocará al ingreso del hipoclorador por tanto, es necesario calcular el tiempo en segundos que tarda en llenarse un recipiente de un litro. Este cálculo vendrá dado por la fórmula siguiente:

$$t = 60/Sc$$

Donde:

t = tiempo en segundos de llenado en un recipiente de un litro (s)

Sc = Flujo de agua en (lt/min)

Memoria de cálculo:

Datos:

Caudal de bombeo:

$$Q = 4,92 \text{ lts/seg}$$

$$Q = 295,2 \text{ lts/min}$$

Demanda de cloro:

$$Dc = 0,4 \text{ mg/lt}$$

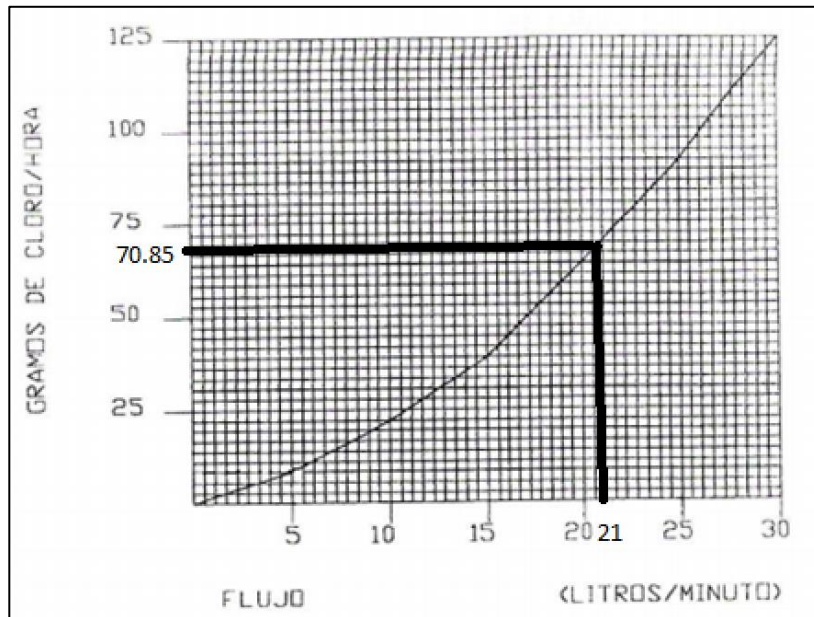
$$Dc = 4 \text{ PPM}$$

Flujo de cloro:

$$FC = 295,2 * 4 * 0,06 = 70848$$

$$FC = 70,85 \text{ gr/hr}$$

Figura 4. Interpolación aproximada



Fuente: elaboración propia, empleando el Manual de la cloración de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento.

Según la gráfica del hipoclorador, al tener un flujo de cloro de 70,85 gr/hr se debería tener un flujo de agua aproximadamente de 21 litros/minuto, el cual al sumarlo con el flujo sin clorar da como resultado la concentración de la demanda 4 PPM. Entonces se procede a estimar el tiempo de llenado de un litro de agua.

$$t = \frac{60}{21} = 2,85$$

$$t = 3 \text{ segundos}$$

El tiempo de llenado de un recipiente de 1 litro de agua es de 3 segundos, en este sistema, se procede a calibrar la válvula de compuerta.

El flujo de cloro del hipoclorador es de 70,85 gr/hora, se calcula la cantidad de tabletas que se consumirán en cada hora durante el tiempo de bombeo.

$$\frac{70,85\text{gr}}{\text{hora}} * \frac{1\text{tableta}}{200\text{gr}} = 0,35 \text{ tabletas/hora}$$

Al mismo tiempo se calcula el consumo de las tabletas al mes si se tiene 12 horas de bombeo diarias.

$$\frac{0,35 \text{ tabletas}}{\text{hora}} * \frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 126 \text{ tabletas/mes}$$

Comercialmente las tabletas de hipoclorito de calcio se obtienen en empaques de 150 tabletas por lo que el rendimiento será de:

$$\frac{126 \text{ tabletas}}{150} = 0,84 = 1 \text{ empaque/mes}$$

En conclusión, se utilizará un hipoclorador automático tipo PPG 3015 para el tratamiento de desinfección, el cual trabajará en paralelo al periodo de bombeo hacia el tanque y manejado por un fontanero especializado, utilizando un empaque de 150 tabletas de hipoclorito de calcio al mes que es lo que se necesita para un rendimiento adecuado y el agua a abastecer sea de calidad potable y apta para el consumo humano.

2.3. Periodo de diseño

El periodo de diseño de un proyecto de abastecimiento de agua potable representa el intervalo de tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en que el uso de la obra sobrepasa las condiciones establecidas en el

diseño. Los dos aspectos principales que intervienen en un periodo de diseño son: la durabilidad de los componentes y su capacidad de prestar el mejor servicio posible para las condiciones previstas.

Para el presente proyecto se consideró un periodo de diseño de 20 años de promedio de vida útil de los materiales a utilizar para la construcción y 4 años que corresponden al diseño, planificación y ejecución del proyecto, dando un total de 24 años.

2.4. Estimación de la población de diseño

Cuando se trata de obras de agua potable es necesario tener una estimación del crecimiento de la población a abastecer, esto con la finalidad de cubrir las necesidades de los usuarios dentro del periodo de diseño establecido, por lo que se utilizará el dato de la población futura para determinar la demanda de agua para el final del periodo de diseño.

Existen varios métodos para determinar la población futura. Los métodos analíticos suelen ser los más precisos por eso se utilizará para este caso el método de incremento geométrico.

$$P = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura

P₀ = Población inicial (tomando una densidad de vivienda de 6 hab/lote)

r = Tasa de crecimiento

n = Años transcurridos

Según el Instituto Nacional de Estadística, en San Antonio Suchitepéquez se realizó un censo poblacional en los años 2008 y año 2013. Esto significa que se puede hallar la tasa de crecimiento poblacional (r) con la siguiente ecuación:

$$r = (P_f/P_0)^{1/n} - 1$$

Poblacion en 2008 = 45 560 hab

Poblacion en 2013 = 50 279 hab

$$r = \left(\left(\frac{50,279}{45,560} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right) * 100 = 1,99 \%$$

$$r = 1,99 \%$$

Utilizando esta tasa de crecimiento poblacional, el número de viviendas actuales y un periodo de retorno de 24 años, se procede a aplicarla en la ecuación de población futura.

$$P = P_0 * (1 + r)^n$$

$$P_0 = 6 \text{ hab/casa} * 315 \text{ casas} = 1\ 890 \text{ habitantes}$$

$$n = 24 \text{ años}$$

$$P_f = 1890 * (1 + 0,0199)^{24} = 3\ 034$$

$$P_f = 3\ 034 \text{ habitantes}$$

2.5. Dotación

La dotación es el volumen de agua que una persona consume en un determinado tiempo, los factores que determinan la dotación de una comunidad son: clima, nivel de vida, actividades productivas, servicios públicos, facilidad de drenaje, entre otros. Según la guía de normas de diseño para sistemas rurales

de abastecimiento de agua proporcionado por el INFOM la dotación puede ser de 60 a 120 lt/hab/día para conexiones prediales.

Tomando en cuenta que se trata de un clima cálido y actividades agrícolas en el área donde se ubica el caserío Santa Rita Pachipá se procederá a seleccionar una dotación de 70 lts/hab/día.

2.6. Cálculo del consumo

El consumo de agua en una comunidad puede dividirse en los siguientes caudales:

2.6.1. Caudal medio diario

Generalmente las personas consumen un determinado caudal todos los años en una comunidad y aunque este caudal puede variar dependiendo del clima, por el cual se reduce el consumo de agua en épocas de lluvia y luego se incrementa en épocas calurosas, a lo largo de un año, es posible suponer un caudal promedio. El consumo de un caudal promedio de todos los días está determinado por la dotación establecida multiplicada por el número de habitantes al final del periodo de diseño, dividiendo esta cantidad por los segundos que tiene un día.

$$Q_m = \frac{\text{Dot} * P_f}{86\ 400}$$
$$Q_m = \frac{(70 * 3\ 034)}{86\ 400} = 2,46$$
$$Q_m = 2,46 \text{ lts/seg}$$

2.6.2. Caudal máximo diario

Como se explica en el inciso 2,6.1. el consumo de agua puede variar a lo largo de un año y el caudal máximo diario permite saber cuánto se incrementa el caudal cuando está siendo utilizado por los pobladores en un día de consumo máximo en el año. Este caudal se utiliza para el diseño de la línea de conducción del sistema de abastecimiento.

Para encontrar este caudal es necesario identificar un factor de día máximo (FDM) y multiplicarlo por el caudal medio diario, ya que no se encontraron registros estadísticos por parte de la población beneficiada. Este factor puede variar de 1,2 a 1,5 si la población es menor de 1000 habitantes y es igual a 1,2 si es mayor a 1000 habitantes en la comunidad.

$$Q_{MD} = FDM * Q_m$$
$$Q_{MD} = 1,2 * 2,46 = 2,95$$
$$Q_{MD} = 2,95 \text{ lts/seg}$$

2.6.3. Caudal máximo horario

Este caudal representa el consumo máximo de agua de una población en un determinado momento durante el periodo de un día. Esto se debe a que es muy notoria la diferencia que existe en la demanda del caudal, en diferentes horas del día. Este caudal es utilizado para el diseño de líneas y redes de distribución.

Para determinar el caudal máximo horario es necesario identificar el factor de hora máxima (FHM) y multiplicarlo por el caudal medio diario debido a que no se encontraron registros estadísticos por parte de la población beneficiada. El

factor se estima que es de 2 a 3 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes. En este caso se utilizará el factor de 2, ya que la población futura supera los 1 000 habitantes.

$$Q_{MH} = FHM * Q_m$$
$$Q_{MH} = 2 * 2,46 = 4,92$$
$$Q_{MH} = 4,92 \text{ lts/seg}$$

2.6.4. Caudal instantáneo

Este caudal representa la cantidad de litros por segundo que pasaría por la tubería si teóricamente todas las conexiones domiciliarias de un ramal estuvieran abiertas al mismo tiempo. El caudal instantáneo o de uso simultáneo no deberá ser menor a 0,20 litros por segundo, de ser así se tomará este como valor mínimo.

Para el diseño de un ramal en las redes de distribución del sistema se tomará el valor más grande entre el caudal instantáneo y el caudal máximo horario.

La ecuación que definirá el caudal instantáneo es la siguiente:

$$q = k * \sqrt{n - 1}$$

Donde:

q = caudal instantaneo

k = coeficiente k

n = numero de viviendas futuras en el tramo

Los valores que el coeficiente k dependen de la cantidad de viviendas en el ramal a diseñar, siendo estos:

$k = 0,15$ si el numero de vivendas es menor a 55

$k = 0,20$ si el numero de viviendas es mayor a 55

$k = 0,25$ para ramales con sistema de llena a cantaros

Es importante que se conozca la densidad de vivienda de la población para determinar el caudal instantáneo.

2.7. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se dará siguiendo los parámetros dados por la guía para normas de diseño para sistemas rurales de abastecimiento de agua potable dados por el INFOM.

2.7.1. Generalidades

Para todo diseño de sistema de línea de conducción y red de distribución de tuberías en abastecimientos de agua potable, se aplica la ecuación de Hazen-Williams para tuberías y conductos a sección llena.

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

Donde:

H_f = pérdida de carga en metros columna de agua (mca)

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal de diseño (lts/seg)

\emptyset = diametro de tubería (pulg)

C = coeficiente Hazen – Williams

El valor del coeficiente Hazen-Williams depende de la naturaleza de las paredes de la tubería, siendo en este caso 150 por ser tubería de PVC.

Se utiliza también una ecuación para determinar la longitud de las tuberías de diferentes diámetros la cual es la siguiente:

$$L_2 = L_t * \left[\frac{H - H_1}{H_2 - H_1} \right]$$

Esta también puede ser simplificada y quedar de la siguiente forma:

$$L_2 = L_2 * L_t$$

Donde:

L_2 = longitud del tramo 2 (m)

L_1 = longitud del tramo 1 (m)

L_t = longitud total (m)

H_1 = pérdida de carga de la longitud total (m)

H_2 = pérdida de carga de la longitud total con el diámetro comercial menor para el segundo tramo (m)

H = diferencia de nivel en todo el tramo (m)

2.7.2. Presiones y velocidades

Es necesario determinar la presión del agua dentro de la tubería para establecer si se encuentra dentro de los límites recomendados. La presión en un punto puede ser descrita como la diferencia entre la cota piezométrica del punto

y la cota del terreno. Normalmente la presión es medida en metros por columna de agua donde $1 \text{ mca} = 1,422 \text{ lb/pulg}^2 \text{ (PSI)}$.

La velocidad del caudal dentro de la tubería se puede expresar usando la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

V = velocidad del caudal (m/s)

Q = caudal de la tubería (m³/s)

A = área transversal del tubo (m²)

D = diametro de la tubería (m)

2.7.3. Tuberías

La tubería es un conducto cerrado que transporta el agua potable desde la toma de agua desde un tanque de distribución hacia cada vivienda de la comunidad que se va a abastecer.

En Guatemala existen dos tipos de tubería que son los más utilizados dentro de un diseño de abastecimiento de agua potable, estos son:

- Tubería PVC (Cloruro de polivinilo)

Este tipo de tubería destaca por su buena trabajabilidad, durabilidad y bajo costo. Por lo general el PVC es usado en cualquier red de distribución, a pesar

de su fragilidad en la construcción y su baja resistencia a la intemperie emplea un buen funcionamiento en un sistema de abastecimiento.

En la siguiente tabla se muestra la resistencia en PSI para ciertos diámetros comerciales.

Tabla II. **Diámetros comerciales tubería PVC**

Resistencia (PSI)	Diámetros comerciales (Pulg)
80	2" hasta 12",15"
100	2" hasta 24"
125	2" hasta 24"
160	1" hasta 24"
250	$\frac{3}{4}$ " hasta 12",15",16"
315	$\frac{1}{2}$ ", 2", 3", 4".

Fuente: GOÑAS GIRÓN, Byron Antonio. *Diseño de la línea de conducción y tanque elevado del sistema de agua potable para la aldea la salvadora, Santa Catarina Pinula, Guatemala.* p. 45.

- Tubería de HG (hierro galvanizado).

Esta tubería es más utilizada en sistemas de alta presión y tiene la ventaja de poder ser utilizada a la intemperie debido a que su recubrimiento le brinda protección contra la temperatura y las inclemencias del tiempo. Pero tiene la desventaja de no poder ser enterrada debido a que por su reacción con la tierra el hierro tiende a corroerse con el tiempo.

A diferencia del PVC el HG posee una enorme resistencia a presión y se ve más a menudo en sistemas de líneas de impulsión por bombeo.

Tabla III. **Diámetros comerciales tubería HG**

Característica	Resistencia (PSI)	Diámetros comerciales (plg)
Ligero (Cedula 20)	700	1/2" hasta 4"
Mediano (Cedula 30)	900	1/2" hasta 6"
Pesado (Cedula 40)	1500	1/2" hasta 12"

Fuente: GOÑAS GIRÓN, Byron Antonio. *Diseño de la línea de conducción y tanque elevado del sistema de agua potable para la aldea la salvadora, Santa Catarina Pinula, Guatemala.* p. 45.

Para el presente diseño se utilizará tubería de PVC para la red de distribución debido a que esta clase de tubería es económica, fácil de transportar y trabajar. Esta tubería tiene un coeficiente Hazen – Williams de $C = 150$ para efectos de diseño.

2.7.4. Sistema por bombeo

El sistema de bombeo se refiere al conjunto de elementos mecánicos que conduce un flujo de agua desde un acuífero subterráneo hacia un tanque elevado de distribución.

En un sistema de bombeo en un pozo subterráneo se debe tomar en consideración ciertas disposiciones generales como: la capacidad de la bomba y la potencia del motor, su eficiencia, su instalación y periodo de bombeo.

2.7.4.1. Información básica para la determinación de una bomba

Según el manual del INFOM para sistemas rurales de abastecimiento de agua se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

- Caudal de bombeo (lts/seg)
- Temperatura del agua: (°C)
- Temperatura del lugar (°C)
- Altura sobre el nivel del mar (m)
- Presión atmosférica del lugar (m.c.a.)
- Presión de vapor (m.c.a.)
- Columna de succión positiva neta (C.S.P.N.) (m)
- Columna de succión positiva hidráulica (C.S.P.H.) (m)
- Velocidad específica (r.p.m.)
- Eficiencia (%)

2.7.4.2. Memoria de cálculo de la línea de impulsión

A continuación, se diseñarán los parámetros que se deben respetar al momento de seleccionar la bomba. Se debe considerar un caudal lo suficientemente grande para satisfacer el consumo máximo diario en un periodo de bombeo establecido.

Es recomendable un periodo de bombeo diario de 12 horas como máximo por la vida útil de los equipos de bombeo según lo normado por el INFOM. Teniendo esto en cuenta la selección de la bomba deberá satisfacer factores como el caudal de bombeo (Q_B) la eficiencia de la bomba, y la carga dinámica total (CDT).

Para determinar el caudal de bombeo se deben definir primero la capacidad de almacenamiento del tanque elevado, es decir un caudal para abastecer a la población de servicio. El INFOM provee una ecuación para determinar el caudal de bombeo:

$$Q_B = \frac{Q_{MD} * 24}{H_b}$$

Donde:

H_b = período de bombeo (Hrs/día)

Q_B = caudal de bombeo (lts/s)

$$Q_B = \frac{2,95 * 24}{12}$$

$$Q_B = 4,92 \text{ lts/seg}$$

Dado el caudal de bombeo se procede a determinar el diámetro y tubería más económica para la línea de impulsión, teniendo en cuenta no sobrepasar el intervalo de velocidades establecidas por el INFOM (0,6-2 m/seg).

- Datos de la perforación del pozo para el diseño de la línea de impulsión.

Cota inferior o boca del pozo	414,00 m
Cota superior o nivel de descarga	435,75 m
Nivel estático	406,00 m
Nivel dinámico	369,00 m
Ubicación de la bomba	353,00 m
Periodo de bombeo	12,00 horas
Altura del tanque	21,75 m

A continuación, se determina el diámetro más económico de la línea de impulsión de la siguiente forma:

$$D = \sqrt{\frac{1,974 * Q_B}{Vel}}$$

Donde:

D = diametro de la tubería (Pulg)

Vel = velocidad de diseño (m/seg)

$$D_1 = \sqrt{\frac{1,974*4,92}{0,6}}$$

$$D_1 = 4,02$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{1,974*4,92}{2}}$$

$$D_2 = 2,20$$

El número de tubos por usar se estima utilizando la altura del tanque y la distancia que hay entre la bomba y el terreno natural con un 5 % adicional de factor de seguridad. Según los datos obtenidos de la perforación del pozo, la bomba se ubica en la cota 353,00 m y la boca del pozo en la cota 414,00 m entonces la diferencia entre estas cotas da como resultado 61,00 m, esto sumado a la altura del tanque elevado que son 21,75 m da como resultado 82,75 m que es la longitud total de la tubería de la línea de impulsión.

$$\text{No. de tubos} = \frac{\text{Longitud total} * 1,05}{6}$$

$$\text{No. de tubos} = \frac{82,75 * 1,05}{6} = 14,48$$

$$\text{No. de tubos} = 15$$

El material de la tubería a usar será de hierro galvanizado (HG) debido a las grandes presiones que generará la bomba al momento de succionar el agua hacia el tanque de almacenamiento. Esto se verá más a detalle en el cálculo del golpe de ariete.

Significa que los diámetros comerciales de tubería de hierro galvanizado serán de 2, 2½ y 4 pulgadas.

Es necesario determinar una tasa de amortización que estipula el incremento de la depreciación comercial del material a utilizar. Esta amortización se puede calcular utilizando una serie de ecuaciones ya establecidas que son:

$$R = \frac{I/100}{12}$$
$$A = \frac{R(R + 1)^n}{((R + 1)^n) - 1}$$

Donde:

R = tasa de interés (%)

I = interés anual (%)

n = tiempo en meses en el que se pagará la tubería (meses)

A = amortización

Es habitual tener un interés anual del 15 % en unos 10 años (120 meses) de tiempo en pagar la tubería, por lo tanto:

$$R = \frac{15/100}{12}$$
$$R = 0,125$$
$$A = \frac{0,0125(0,0125+1)^{120}}{((0,0125+1)^{120})-1} = 0,013$$
$$A = 0,013$$

Con estos datos se procede a calcular el costo por longitud de tubería para determinar el costo de tubería por mes.

Tabla IV. **Costo de tubería al mes (según listado de precios Ferromax 2020)**

Diámetro (pulg)	Amortización	# de tubos	PU	Costo total	Costo al mes
2"	0,013	15,00	Q 1 750,00	Q 26 250,00	Q 328,13
2 1/2"	0,013	15,00	Q 2 500,00	Q 37 500,00	Q 468,75
4"	0,013	15,00	Q 3 500,00	Q 52 500,00	Q 656,25

Fuente: elaboración propia.

Según las especificaciones de la norma ASTM A53 los tubos de hierro galvanizado deberán ser de grado 72 es decir una resistencia de 72 000 PSI, espesor de pared 1,2 mm y una presión de 700 PSI para diámetros comerciales de 1/2" a 4".

Seguidamente se realiza la comparación con el costo de bombeo al mes para cada diámetro de la tabla IV, determinando sus respectivas perdidas de carga por longitud de tubería y la potencia requerida.

Para ello se utilizarán la ecuación de Hazen-Williams establecida en el inciso 2.7.1.:

- El caudal de bombeo es el mismo anteriormente mencionado (4,92 lts/seg) y el coeficiente Hazen-Williams pasa a ser 120 debido a que se trata de tubería de hierro galvanizado.

La ecuación para determinar la potencia de la bomba, la cual está dada por el INFOM es:

Donde:

Q_B = Caudal de bombeo (lts/seg)

H_{fd} = Pérdida de carga (m)

e = Eficiencia del equipo de bombeo (%)

Pot = Potencia de la bomba (HP)

La eficiencia del equipo de bombeo se estima en un 75 %.

Además, también se tiene en cuenta el costo de kw-hr que usualmente se paga en el municipio para bombeo trifásico (220 – 460 voltios) que corresponde a Q.2,00 kw-hr.

El número de horas al mes que la bomba está destinada a trabajar que son 12 horas diarias por 30 días del mes que llegan a ser 360 horas al mes.

Es necesaria también la conversión de los caballos de fuerza que genera la bomba (HP) a kilo watts (kw) para un mejor entendimiento en la comparación.

Teniendo todos estos datos en cuenta se procede a calcular el costo de bombeo al mes según cada diámetro comercial anteriormente dado:

Tabla V. **Costo de bombeo al mes**

Diámetro (Pulg)	Pérdida de carga H_f (m)	Potencia (HP)	Conversión de HP a Kw	PU (kw/hr)	n (Hrs/mes)	Costo Bombeo al mes
2	3,6912	0,3184	0,2375	Q 2,00	360	Q 171,00
2 1/2	1,2451	0,1074	0,0801	Q 2,00	360	Q 57,68
4	0,1262	0,0109	0,0081	Q 2,00	360	Q 5,85

Fuente: elaboración propia.

Sumando el costo de tubería al mes con el costo de bombeo al mes se llega a la siguiente tabla:

Tabla VI. **Costo total al mes**

Díámetro (Pulg)	Costo bombeo	Costo tubería	Costo total mensual
2	Q 171,00	Q 328,13	Q 499,12
2 1/2	Q 57,68	Q 468,75	Q 526,43
4	Q 5,85	Q 656,25	Q 662,10

Fuente: elaboración propia.

En la cual podemos observar que el diámetro más económico es el de 2 pulgadas, pero la diferencia entre los otros diámetros no es muy significativa. Por lo tanto, se selecciona el tubo de 4" por ser el que menos costo de bombeo posee y su diferencia respecto a los otros si es significativa.

- Cálculo del golpe de ariete

Con el diámetro de la tubería de la línea de impulsión se procede a calcular el golpe de ariete y determinar si la tubería de hierro galvanizado propuesto es capaz de soportarlo. Esto se realiza con el fin de evitar averías en el sistema de captación producidas por un cambio brusco de presiones.

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

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{k}{E} * \frac{D_i}{e}\right)}}$$

Donde:

k = modulo de elasticidad del fluido (kg/cm^2)

E = modulo de elasticidad del material (kg/cm^2)

D_i = diámetro interno de la tubería (mm)

e = espesor de la pared de la tubería (mm)

α = celeridad (m/seg)

El módulo de elasticidad del agua es de 20 700 kg/cm^2 , el módulo de elasticidad del tubo (HG) es de 2 050 000 kg/cm^2 , el diámetro interno es de 4 pulgadas y el espesor de pared de 0,047 pulg (1,2 mm). Con estos datos se puede calcular la celeridad:

$$\alpha = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \left(\frac{20\,700 \cdot 4}{2\,050\,000 \cdot 0,047}\right)}} = 1\,041,37$$
$$\alpha = 1\,041,37 \text{ m/seg}$$

Se debe calcular la velocidad del fluido dentro de la tubería para determinar la sobrepresión con la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q_b = caudal de bombeo (lts/seg)

ϕ = diametro interno (pulg)

v = velocidad del fluido (m/seg)

Sabiendo que el caudal de bombeo es 4,92 lts/seg y el diámetro interno de 4 pulgadas, al sustituir datos se obtiene:

$$v = \frac{1,94 * 4,92}{4^2} = 0,6$$

$$v = 0,60 \text{ m/seg}$$

Teniendo la velocidad del fluido y la celeridad se puede proceder a calcular la sobrepresión en el sistema hidráulico con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\alpha * v}{g}$$

Donde:

v = velocidad del fluido (m/seg)

α = celeridad (m/seg²)

g = gravedad (9,8 m/seg²)

P = sobrepresión o golpe de ariete (mca)

Sustituyendo datos se obtiene:

$$P = \frac{1041,37 * 0,60}{9,8} = 63,34$$

$$P = 63,34 \text{ mca}$$

A continuación, se verifica si el material de la tubería resiste la sobrepresión generada tomando en cuenta la presión total que se obtiene de la diferencia entre la cota inferior (boca del pozo) y el nivel dinámico (N.D.).

$$P_{\max} = P + (\text{Cota inferior} - \text{N.D.})$$

$$P_{\max} = 63,34 + (414,00 - 369,00) = 108,34$$

$$P_{\max} = 108,34 \text{ mca}$$

$$P_{\max} = 153,89 \text{ PSI}$$

Según la norma ASTM A53 la presión del tubo de Hierro Galvanizado de 4 pulgadas Cedula 20 es de 700 PSI, por lo tanto, si resiste a la presión total generada en el sistema hidráulico.

- Cálculo de la carga dinámica total

La carga dinámica total (CDT) es la suma de dos partes, la carga estática y la carga dinámica. Por un lado, la carga estática representa la resistencia en un sistema de bombeo antes de que el líquido entre en movimiento y por el otro lado la carga dinámica es la resistencia de un sistema de bombeo mientras el fluido bombeado está en movimiento.

Para el cálculo de la carga dinámica total se deben tomar en cuenta los datos de la perforación del pozo.

- Cota inferior (boca del pozo) – Nivel dinámico (N. D.)

$$414,00 - 359,00 = 45 \text{ m}$$

- Pérdida de carga por succión (ubicación bomba a boca del pozo)

$$H_{fs} = \frac{1\,743,811 * 4,92^{1,85} * 61 * 1,05}{120^{1,85} * 4^{4,87}} = 0,3540$$

$$H_{fs} = 0,35 \text{ m}$$

- Cota superior (nivel de descarga) – Cota inferior (boca del pozo)

$$435,75 - 414,00 = 21,75 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la línea de impulsión (altura del tanque)

$$H_{fl} = \frac{1\,743,811 * 4,92^{1,85} * 104,5 * 1,05}{120^{1,85} * 4^{4,87}} = 0,6065$$

$$H_{fl} = 0,61 \text{ m}$$

- Carga de velocidad $\left(h_{fv} = \frac{v^2}{2g}\right)$

$$h_{fv} = \frac{0,60^2}{2 * 9,8} = 0,0181$$

$$h_{fv} = 0,018 \text{ m}$$

- Pérdidas menores (10% de H_{fl})

$$0,61 * 0,10 = 0,06 \text{ m}$$

Carga dinámica total (sumatoria de todas las anteriores)

$$CDT = 45 + 0,35 + 21,75 + 0,61 + 0,018 + 0,06 = 67,7892$$

$$CDT = 67,79 \text{ m}$$

2.7.5. Cálculo de la potencia

Para estimar la potencia de la bomba el INFOM provee la siguiente ecuación:

Donde:

Q_B = caudal de bombeo (lts/seg)

e = eficiencia del equipo de bombeo (%)

CDT = carga dinamica total (mca)

Pot = potencia de la bomba (HP)

El caudal de bombeo es de 4,92 litros por segundo, la eficiencia del equipo se estima alrededor del 75 % y la carga dinámica total de 67,79 metros. Con estos datos se procede a calcular la potencia que la bomba requiere:

$$\text{Pot} = \frac{4,92 * 67,79}{76 * 0,75}$$

$$\text{Pot} = 5,85 \text{ HP}$$

Dado a que en el mercado no existe una bomba de la potencia requerida se debe considerar una bomba de 7,5 HP. Específicamente se habla de una bomba sumergible, de motor trifásico, 4 polos (1735 RPM), de 220 voltios y una frecuencia de motor de 60 Hz.

Se realiza la conversión de la potencia a kw para estimar el costo de energía al mes.

$$\text{Pot} = 5,85 \text{ kw}$$

Con la potencia estimada se procede a determinar el costo directo de energía eléctrica que esta requiere para su funcionamiento durante un periodo de 360 horas al mes que corresponden a 12 horas diarias, esto junto a la potencia en kilowatts y suponiendo un precio unitario de 2 quetzales el kw/hr en el municipio de San Antonio Suchitepéquez.

$$\text{Costo total al mes} = \text{Pot} * \text{PU} * n$$

Donde:

Pot = potencia de la bomba (kw)

PU = precio unitario del kw/hr (Q)

n = horas de funcionamiento al mes (hrs)

Costo total al mes = $5,85 * 2 * 360 = 4\ 028,40$

Costo total al mes = Q 4 028,40

La tarifa de consumo por vivienda se calcula sumando el precio de 4 bombas (que es el mínimo de bombas para el periodo de diseño de 24 años), las cuales tienen un valor aproximado de Q. 700,00 cada una y suman un total de Q. 2 800,00, este valor se divide entre el número de meses que hay en los 24 años de periodo de diseño dando como resultado Q. 9,72 al mes. Esto sumado al salario mínimo al mes de un fontanero y el consumo de energía al mes se determina el gasto de mantenimiento al mes.

4 bombas	Q. 9,72 mensual
Pago de fontanero al mes	Q. 3 075,10 mensual
Consumo de energía al mes	Q. 4 028,40 mensual
Total de gastos de mantenimiento al mes	Q. 7 113,22 mensual

Al dividir este resultado entre el número de viviendas actuales se llega a un total de Q. 22,58 el cual es la tarifa de consumo al mes por vivienda.

2.7.6. Componentes del sistema

Los componentes del sistema de abastecimiento de agua son los elementos que se encargan del perfecto funcionamiento del sistema, en este caso se trata de una captación subterránea en la que se bombea el agua hacia el tanque

elevado de almacenamiento para posteriormente distribuir por gravedad a la población. Estos sistemas tienen los siguientes componentes:

2.7.6.1. Captación

La captación se refiere a la fuente que provee agua en cantidad y calidad suficiente al sistema. En este caso se trata de un pozo perforado que cumple con los estándares para ser una captación ideal al sistema.

El pozo se encuentra ubicado en una zona alta, libre de inundaciones o de cualquier potencial de contaminación y de fácil acceso. No está a menos de 20 metros de una fuente de contaminación similares a las letrinas, sumideros, entre otros.

2.7.6.2. Caseta de bombeo y equipo de bombeo

Al ser una fuente de agua subterránea se debe construir cerca una caseta en donde se instalará el panel de control de donde se manejará y distribuirá la energía necesaria para el funcionamiento del equipo de bombeo.

El equipo de bombeo anteriormente descrito tendrá su mantenimiento utilizando las herramientas o repuestos que se guardarán en la caseta de bombeo y que serán utilizadas por el respectivo operario o encargado asignado a esta función.

Esta caseta pretende ser de uso exclusivo para el panel de control por lo que sus dimensiones serán de 3 metros de largo por 2 metros de ancho y una altura de 2,40 desde el nivel del suelo, contará con iluminación para los trabajos de noche y será de losa maciza de 10 centímetros de espesor además contará

con dos ventanas y una puerta de acceso. Su cimentación, columnas y soleras tendrán un diseño básico.

Los detalles de construcción de la caseta de bombeo se pueden encontrar en los planos de los anexos junto con la instalación eléctrica de los paneles de control.

2.7.6.3. Tanque de distribución

Según el INFOM el tanque de distribución representa el lugar donde se almacenará y regulará el agua potable que será distribuida a la población de servicio y depende de la oferta y la demanda de agua en un tiempo determinado. Estos tanques pueden llegar a ser de diferentes formas y materiales dependiendo de su tipo.

En este caso se utilizará un tanque elevado de estructura metálica de aproximadamente 20 metros de altura en donde se almacenará el agua extraída del pozo subterráneo previamente excavado. Con la altura de este tanque se tendrá la energía necesaria para que pueda ser distribuida el agua potable a la población, con el caudal, velocidad y presión adecuados para un correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento. El tanque será diseñado en el inciso 2.8. y la torre de soporte en el inciso 2.9.

2.7.6.4. Línea de conducción

Según el INFOM, es la línea conformada por los dispositivos que se encargan de transportar el agua desde el punto de captación al punto de almacenamiento. En general se trata de una tubería que transporta a presión, por gravedad o impulsada por una bomba, el agua que se pretende distribuir a la

población. Es diseñada a manera de minimizar las pérdidas de energía, analizando los diámetros que permitan mantener las presiones estables en el sistema.

El análisis de la línea de conducción en una captación de agua subterránea comprende lo que es la línea de impulsión que genera la bomba desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Determina el diámetro más económico que deberá tener la tubería y de que material será. El diseño de la línea de impulsión se presenta en el inciso 2.7.4.

2.7.6.5. Red de distribución

Según INFOM la distribución es el conjunto de dispositivos (líneas, redes, válvulas y otros dispositivos de control) que cumple con la función de distribuir el agua potable en la comunidad.

La red de tuberías distribuirá el agua potable proveniente del tanque de almacenamiento a las comunidades de la colonia la blanquita y el caserío Santa Rita Pachipá. Esta será de material PVC de diferentes diámetros y de 160 PSI.

2.7.6.5.1. Diseño de la red de distribución

Según la topografía realizada en la colonia La Blanquita y el caserío Santa Rita Pachipá el terreno favorece al diseño ya que se hallaron los puntos más bajos al final de las comunidades mencionadas. De este modo se utilizará el método de los ramales abiertos, para el diseño de la red de distribución.

Para el diseño de la red de distribución se tomarán en cuenta los parámetros establecidos en los incisos anteriores.

Según el manual del INFOM se debe establecer algunos criterios básicos para el desarrollo del diseño los cuales son los siguientes:

- Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal unitario por vivienda (obtenido con el FMH) y el criterio de uso simultáneo. Deberá utilizarse el resultado que sea mayor de ambos.
- La velocidad del agua en las tuberías estará entre 0,60 y 3,00 m/seg; fuera de este rango el diseñador deberá justificarlo en su memoria de cálculo.
- Las presiones de servicio en cualquier punto de red, estarán limitadas entre 10 y 60 metros de columna de agua.
- Diseño del tramo E1 – E2

Datos iniciales:

Tipo de sistema	Urbano
Conexión	Domiciliar
Dotación	70 lts/hab/día
Período de diseño	24 años
Población inicial	1 890 Habitantes
Población futura	3 034 Habitantes
No. de casas	315 casas
No. de casas futuras	506 casas
Caudal medio diario	2,46 lts/seg

Factor máximo diario (FDM)	1,2
Caudal máximo diario	2,95 lts/seg
Factor máximo horario (FHM)	2
Caudal máximo horario	4,92 lts/seg

- Número de casas

El número de casas a utilizar en el diseño serán aquellas casas que estén después del tramo por analizar y siempre será calculado para cada tramo por medio de la ecuación de la población futura vista anteriormente. Por ejemplo, para este tramo se observan las 315 casas que existen actualmente, pero es necesario estimar las casas futuras durante el periodo de diseño que corresponden a 506 casas que es el número de casas a utilizar en este caso.

No. de casas = 315 casas

No. de casas futuras = 506 casas

- Caudales

Se realiza la comparación entre el caudal unitario y el caudal instantáneo y se escoge el mayor para el diseño del tramo. Para ello debemos encontrar primero la constante de caudal por vivienda y caudal por vivienda futura, la cual es el resultado de dividir el caudal máximo horario entre el número de casas actuales y futuras respectivamente.

$$\text{Caudal por vivienda} = \frac{Q_{md}}{\text{No. casas}} = \frac{4,92}{315} = 0,015606996$$

$$\text{Caudal por vivienda futura} = \frac{Q_{md}}{\text{No. casas futuras}} = \frac{4,92}{506} = 0,00972222$$

- Caudal unitario:

$Q_U = \text{Caudal por vivienda futura} * \text{No. de casas futuras}$

$$Q_U = 0,009722222 * 506 = 4,92 \text{ lts/seg}$$

- Caudal instantáneo:

$$Q_i = k * \sqrt{n - 1}$$

$$Q_i = 0,20 * \sqrt{506 - 1} = 4,49 \text{ lts/seg}$$

- Caudal de diseño:

$$Q_d = 4,92 \text{ lts/seg}$$

- Longitud del tramo

Es la longitud de tubería del tramo, es decir la distancia entre E1 y E2.

$$L = 13,12 \text{ m}$$

- Coeficiente Hazen-williams

Es el coeficiente que se usará dependiendo del material a utilizar.

$$C = 150$$

- Carga disponible

Es la diferencia entre la cota piezométrica inicial y la cota final del terreno tomados por el estudio topográfico. En este primer tramo, para la cota piezométrica inicial se utilizará la cota del terreno en E1 más la altura del tanque elevado para dar un total de 429,00 metros.

$$\begin{aligned} \text{Cota de terreno final} &= 414,17 \text{ m} \\ \text{Cota de terreno inicial} &= 414,00 \text{ m} \\ \text{Cota piezométrica inicial} &= 414 + 15 = 429,00 \text{ m} \\ H_f &= 429,00 \text{ m} - 414,17 \text{ m} = 14,83 \text{ m} \end{aligned}$$

- Diámetro por utilizar

Es el diámetro de la tubería en el tramo; en los primeros tramos es recomendable utilizar diámetros grandes que vayan disminuyendo a medida que se avanza en el diseño de la red, esto con la finalidad de aumentar velocidades y reducir la presión dentro de la tubería.

Se utiliza la ecuación de Hazen-Williams utilizando todos los datos anteriormente encontrados.

$$\begin{aligned} D &= \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * Q_{\text{Tramo}}^{1,85} * L}{C^{1,85} * H_f}} \\ D &= \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 4,22^{1,85} * 13,22}{150^{1,85} * 14,83}} = 1,23 \text{ p} \end{aligned}$$

Se utilizará entonces un diámetro de 4 pulgadas para efectos de diseño.

- Perdidas de carga reales

Son las pérdidas de carga que se le restan a la cota piezométrica inicial para obtener la cota piezométrica final. Se calcula con la ecuación de Hazen-Williams utilizando el diámetro real en este caso 4".

$$H_f = \frac{1743,811 * Q_{Tramo}^{1,85} * L}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$
$$H_f = \frac{1743,811 * 4,22^{1,85} * 13,22}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = 0,048 \text{ m}$$

- Velocidad de diseño

Es la velocidad que debe de tener el fluido dentro de la tubería y que debe de estar dentro de los estándares mencionados anteriormente. Se calcula mediante una ecuación proporcionada por el INFOM:

$$Vel_d = \frac{1,974 * Q_{Tramo}}{D^2}$$
$$Vel_d = \frac{1,974 * 4,92}{4^2} = 0,61 \text{ m/seg}$$

La velocidad del fluido dentro del tramo se encuentra dentro de los límites establecidos por el INFOM, es decir entre 0,6 y 3,0 m/seg, por lo tanto, es admisible.

- Cotas piezométricas

Son las sumas de la cota natural del terreno y la altura dinámica. En este primer tramo se inicia con la cota piezométrica de salida de 429,00 m debido a que comprende la altura del terreno con la altura del tanque elevado. A esta cota

se le resta la pérdida de carga real anteriormente hallada para determinar la cota piezométrica de llegada.

$$\text{Cota piezometrica de salida} = 429,00 \text{ m}$$

$$\text{Cota piezometrica de llegada} = 429,00 - 0,048 = 428,95 \text{ m}$$

- Presiones

Se establecen las presiones iniciales y finales en cada tramo, de modo que no se salgan de los parámetros establecidos anteriormente. La presión inicial puede interpretarse como la carga disponible que existe en el tramo, lo cual ya se calculó. La presión final es la diferencia entre la cota piezométrica de llegada y la cota de terreno final.

$$\text{Cota de terreno final} = 414,17 \text{ m}$$

$$\text{Cota de terreno inicial} = 414,00 \text{ m}$$

$$\text{Presion inicial} = 428,95 - 414,17 = 14,78 \text{ m}$$

$$\text{Presion final} = 429,00 - 414,17 = 14,83 \text{ m}$$

Se puede observar que las presiones están dentro del intervalo proporcionado por el INFOM de 10 y 60 msnm.

La tabla de resumen final del análisis de los tramos completos se puede observar en el Anexo.

2.8. Diseño de tanque elevado

A continuación, se establecen los parámetros que deben cumplir todos los elementos estructurales que conforman el tanque elevado y su respectiva torre de soporte.

2.8.1. Volumen de almacenamiento

Al momento de diseñar las dimensiones del tanque, se debe tener primero en cuenta el volumen de almacenamiento que abastecerá a la población. La normativa del INFOM indica que se recomienda utilizar los datos de la demanda real para establecer el volumen del tanque de distribución. Pero al no contar con estos se considerará el del 25 % a 40 % del caudal medio diario. El resultado se multiplica por los segundos que tiene un día y dividiendo entre la cantidad de litros en un metro cúbico para la eliminación de las dimensionales.

La ecuación para determinar el volumen de almacenamiento sería de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\text{Vol de tanque} &= \frac{\% * Q_m * 86\ 400}{1\ 000} \\ \text{Vol de tanque} &= \frac{0,35 * 2,46 * 86\ 400}{1\ 000} = 74,39 \\ \text{Vol de tanque} &= 75\ \text{m}^3\end{aligned}$$

2.8.2. Partes del tanque elevado

A continuación, se indican algunas de las partes más importantes que componen al tanque elevado de distribución. El material a utilizar es acero al

carbón y su diseño estructural se indica en los incisos 2,8.3. para el cuerpo del tanque y en el inciso 2.9. para la torre que soportará el peso del tanque.

- Cubierta del tanque

Es la parte que se encuentra en la parte superior del cuerpo del tanque y puede tener forma plana o cónica. Su principal función es cubrir el agua dentro del tanque de la intemperie. En esta parte se halla el acceso al interior y deberá contar con un área de ventilación.

En este caso la cubierta del tanque tendrá una forma de cono de dimensiones que se detallarán más adelante.

- Cuerpo del tanque

Representa el lugar donde se almacenará el agua potable, esta es la parte que debe tener el volumen anteriormente calculado. Está compuesto por un cilindro y un cono invertido y sus paredes se diseñarán de modo que soporten la presión ejercida por el agua adentro.

- Torre de soporte

Esta es la parte del tanque elevado que sostiene el cuerpo del tanque, su estructura está compuesta básicamente de 4 columnas de acero (preferiblemente de sección transversal circular) unidas por una serie de elementos horizontales (Riostras) que están unidas al mismo tiempo por elementos que dan rigidez a la estructura (Breizas). Estos elementos transmiten la carga del agua y del tanque hacia la cimentación formando así una estructura rígida que a su vez debe de ser

analizada mediante criterios de las respectivas normas de los materiales a utilizar.

La torre de soporte también debe tener un análisis por sismo debido a que Guatemala es un país con una alta actividad sísmica, para evitar fallos a futuro en la estructura.

- Pedestales

Los pedestales son los elementos estructurales cuya única función es soportar el peso de las columnas de la torre de soporte y la transmitir las hacia la cimentación. Se tratan de pequeñas columnas de concreto reforzado que se conectan a las columnas por medio de placas de acero y pernos debidamente diseñados.

- Cimentación

Son todos aquellos elementos estructurales que transmiten todo el peso de la estructura hacia el suelo. Es una de las partes más importantes a diseñar ya que de ello depende que el suelo no colapse ante el peso del agua almacenada en el tanque.

Para realizar el diseño de la cimentación se debe realizar un estudio específico para conocer la estabilidad del suelo, esta se hace mediante un ensayo triaxial que arrojará datos necesarios para el cálculo de la capacidad soporte del suelo. En el anexo se pueden observar los datos obtenidos de este estudio realizado en el laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sabiendo cual es la capacidad soporte del suelo donde se realizará la obra se procede a elegir el tipo de cimentación de esta. Usualmente se utilizan zapatas aisladas para los tanques elevados que a su vez estarán conectadas por medio de una solera de amarre y se diseñarán con las especificaciones del ACI 318-19.

2.8.3. Cuerpo del tanque

A continuación, se describen las dimensiones necesarias del tanque, tanto diámetros como altura.

2.8.3.1. Dimensiones del tanque

Sabiendo el volumen que tendrá el tanque elevado se procede a determinar las dimensiones de este.

Está establecido que el cuerpo del tanque está compuesto por un cilindro y un cono invertido, el volumen de estos dos debe ser igual a 75 m³.

- Cilindro:

Se propone un diámetro para el pre-dimensionamiento, utilizando la ecuación del volumen de un cilindro, se determina la altura aproximada del tanque, en este caso se usará un diámetro de 4:

$$\text{Vol}_{\text{cilindro}} = \pi r^2 * h$$

$$h = \frac{\text{Vol}_{\text{cilindro}}}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{75}{\pi(2)^2} = 5,96$$

Se propone entonces una altura de 5,5 metros.

Con este dato y el diámetro propuesto se procede a determinar el volumen real del cilindro:

$$\text{Vol}_{\text{cilindro}} = \pi(2)^2 * (5,5) = 69,12 \text{ m}^3$$

- Cono invertido:

Se ubica en la parte inferior del tanque y tiene forma de cono invertido para soportar las presiones con mayor facilidad, se estima que la altura debe de ser menos de la mitad del diámetro del cilindro, en este caso se utilizará 1,25 metros para efectos constructivos y económicos. Utilizando la ecuación del volumen de un cono se obtiene:

$$\begin{aligned}\text{Vol}_{\text{Cono invertido}} &= \frac{1}{3} \pi r^2 * h \\ \text{Vol}_{\text{Cono invertido}} &= \frac{1}{3} \pi (2)^2 * (1,25) = 5,24 \\ \text{Vol}_{\text{Cono invertido}} &= 5,24 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Realizando la suma del volumen del cilindro y del cono invertido obtenemos el volumen real del tanque de almacenamiento:

$$\begin{aligned}\text{Vol}_{\text{tanque}} &= \text{Vol}_{\text{Cilindro}} + \text{Vol}_{\text{Cono invertido}} \\ \text{Vol}_{\text{tanque}} &= 69,12 + 5,24 = 74,35 \text{ m}^3\end{aligned}$$

De esta forma se cumple con la demanda descrita anteriormente. Se debe tener en cuenta que las dimensiones del tanque se tomaron de forma que su ejecución sea viable y su presupuesto rentable.

2.8.4. Torre de soporte

La torre de soporte cuenta con dos tipos de base, la base mayor, que es la distancia entre columnas que pasa por el centro del tanque, y la base menor, que es la distancia entre columnas más cercanas. Además de un ángulo de inclinación de columnas que da estabilidad a la estructura.

En el caso de las columnas de la torre de soporte deberán tener una inclinación del 25 % de la altura del tanque sobre el eje vertical. Sabiendo que la altura del tanque está a 15 metros del nivel del suelo y las columnas están conectadas a partir del fondo del cilindro, es decir 1,25 metros de la salida de agua, se tiene como resultado una altura de 16,25 metros (ver figura 6)

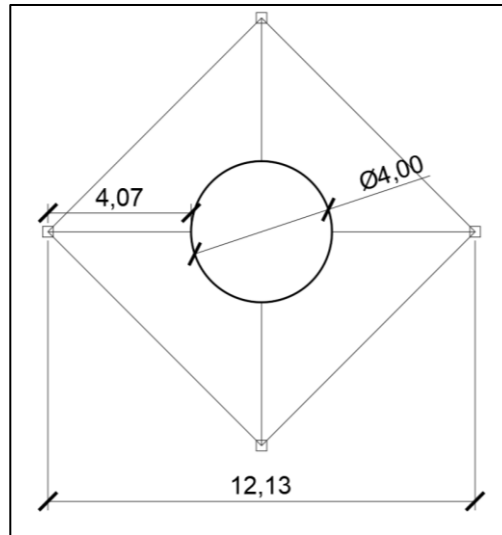
$$16,25 * 0,25 = 4,07 \text{ m}$$

Así entonces se obtiene como resultado la distancia vista en planta entre las paredes del tanque y el final de las columnas tal y como se muestra en la figura 4.

De esta manera se calcula primero la base mayor sumando la distancia del porcentaje de inclinación de la altura con el diámetro del cilindro del tanque como se representa en la siguiente ecuación.

$$\text{Base}_{\text{mayor}} = (4,07 * 2) + 4 = 12,13 \text{ m}$$

Figura 5. **Representación gráfica de la base mayor de la torre de soporte**

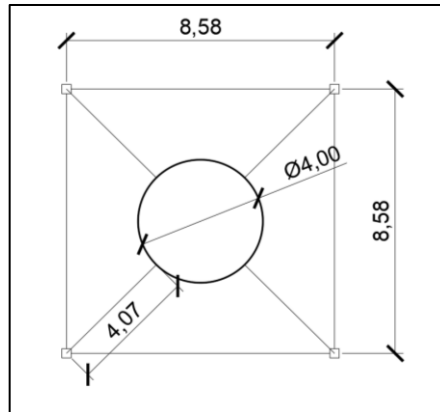


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

La base menor se obtiene haciendo uso del teorema de Pitágoras tomando como catetos la distancia del porcentaje de inclinación de la altura sumado con el radio de cilindro del tanque.

$$\text{Base}_{\text{menor}} = \sqrt{(4,07 + 2)^2 + (4,07 + 2)^2} = 8,58 \text{ m}$$

Figura 6. **Representación gráfica de la base menor de la torre de soporte**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

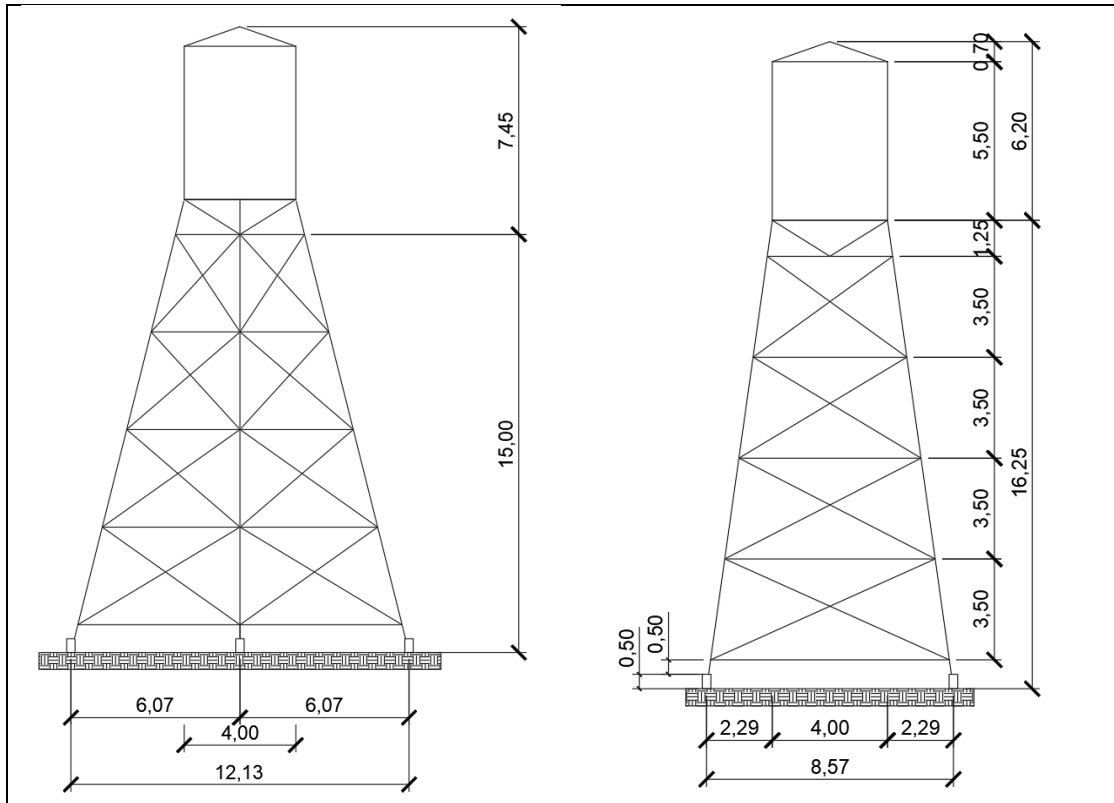
Se debe estimar la distancia entre las piezas horizontales de la estructura, estos son comúnmente llamados riostras en el campo, el primer arriostre debe ubicarse de 0,50 a 1,00 metros del nivel del suelo y según las especificaciones del AISC para un tanque de 14 a 18 metros de altura se determina una distancia entre 3,25 y 4,50 metros entre riostras.

Para este diseño se tomó una distancia entre riostras de 3,50 metros lo cual cumple con las especificaciones del AISC y generará facilidad en el plano constructivo de la torre.

El primer arriostre se encontrará a una altura de 0,50 metros del pedestal el cual al mismo tiempo tendrá una altura de 0,50 metros sobre el nivel del suelo, teniendo así 1 metro de distancia entre el nivel del suelo y el primer arriostre.

El modelo de la torre de soporte del tanque elevado de distribución puede observarse mejor en la figura 7.

Figura 7. Representación gráfica del tanque elevado



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.9. Diseño de la torre de soporte

Antes de proceder a diseñar los elementos estructurales que componen la torre de soporte se debe analizar el cuerpo del tanque, que materiales soportaran la presión que generará el volumen de agua hacia las paredes del tanque. Esto permite conocer también el peso total que debe soportar la torre para una adecuada integración de cargas.

La carga que ejerce el agua sobre las paredes del tanque se puede determinar con la siguiente ecuación:

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

Donde:

T = carga ejercida sobre las paredes (kg/m)

r = radio del tanque (m)

h = altura del tanque (m)

γ = peso específico del agua (kg/m³)

Sustituyendo datos en la ecuación se obtiene:

$$T = 1\,000 * 6,75 * 2 = 13\,500 \text{ kg/m}$$

Pero se debe tomar una franja unitaria (1 metro) en el perímetro del tanque por lo tanto la carga es:

$$T = 13\,500 \text{ kg}$$

El material de las paredes del tanque es acero al carbono (Norma ASTM A-36) y se tomará un grado de acero para este diseño de:

$$F_y = 36\,000 \text{ lb/pulg}^2$$

$$F_y = 2\,531,05 \text{ kg/cm}^2$$

Con este dato se procede a calcular el esfuerzo de trabajo a tensión con la siguiente ecuación según la AISC:

$$F_s = 0,45 * F_y$$

$$F_s = 0,45 * 2\,531,05 = 1\,138,97 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora se calcula el área de acero requerido mediante la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{T}{F_s}$$
$$A_s = \frac{13\,500}{1\,138,97} = 11,85 \text{ cm}^2$$

Tomando la franja unitaria (1 metro) y dividiéndolo entre el área de acero se obtiene el espesor de las paredes del tanque.

$$t = \frac{11,85}{100} = 0,1185 \text{ cm}$$
$$t = 0,12 \text{ cm}$$

Entonces con los datos obtenidos se opta por la utilización de planchas de lámina negra de 40'x8'x1/4" según la norma ASTM A-36 para las paredes del tanque de almacenamiento con una soldadura de penetración E 6011 para las paredes interiores y E 7018 para las paredes exteriores.

2.9.1. Integración de cargas

En esta sección se integran las cargas ejercidas sobre la torre de soporte para posteriormente diseñar los elementos estructurales y la cimentación.

- Peso del agua

El peso del agua está compuesto por el volumen del cilindro sumado al volumen del cono invertido multiplicados por el peso específico del agua esto se plantea en la siguiente ecuación:

$$P_{\text{agua}} = \left((\pi r^2 h_1) + \left(\frac{\pi r^2 h_2}{3} \right) \right) * \gamma_{\text{agua}}$$

Donde:

P_{agua} = peso del agua

h_1 = altura del cilindro (m)

h_2 = altura del cono invertido (m)

r = radio del tanque (m)

γ_{agua} = peso específico del agua (kg/m³)

Sustituyendo datos y teniendo en cuenta que el peso específico del agua corresponde a una constante de 100 kg/m³ se obtiene el peso total del agua:

$$P_{\text{agua}} = \left((\pi * (2)^2 (5,5)) + \left(\frac{\pi (2)^2 (1,25)}{3} \right) \right) * 1000 = 74351,03$$

$$P_{\text{agua}} = 74,35 \text{ Ton}$$

- **Peso del acero**

Para determinar el peso de las paredes del tanque se deben indicar el peso específico del acero, el área superficial del tanque y el espesor de la lámina de acero. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{\text{acero}} = (A_c + A_s + A_i) * t * \gamma_{\text{acero}}$$

Donde:

A_c = área superficial del cilindro (m²)

A_{ci} = área superficial del cono inferior (m²)

A_{cs} = área superficial del cono superior (m^2)

t = espesor de lámina del acero (m)

γ_{acero} = peso específico del acero (ton/m^3)

Se determinan los valores de área superficial del cilindro, cono superior y cono inferior. Para ello se especifican los siguientes términos:

h_1 = altura del cilindro (m)

h_2 = altura del cono inferior(m)

h_3 = altura del cono superior (m)

r = radio del tanque (m)

\emptyset = diametro del cilindro (m)

Sustituyendo los valores en las ecuaciones correspondientes se obtienen los siguientes resultados:

$$A_c = 2\pi * r * h_1$$

$$A_c = 2\pi * 2 * 5,5 = 69,12 \text{ m}^2$$

$$A_{ci} = \pi * r * (r^2 + (h_2)^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$A_{ci} = \pi * (2) * ((2)^2 + (1,25)^2)^{\frac{1}{2}} = 14,82 \text{ m}^2$$

$$A_{cs} = \pi * r * (r^2 + (h_3)^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$A_{cs} = \pi * (2) * ((2)^2 + (0,70)^2)^{\frac{1}{2}} = 15,71 \text{ m}^2$$

Con los datos encontrados anteriormente y teniendo en cuenta que el espesor de lámina es de 1/4" que corresponden a 0,0063 m y que el peso

específico del acero al carbón es de 7,849 ton/m³ (según especificaciones de la norma ASTM A-36) se puede proceder a determinar el peso del acero del tanque.

$$P_{\text{acero}} = (69,12 + 14,82 + 15,71) * 0,0063 * 7,85 = 4\,972,91$$

$$P_{\text{acero}} = 4,97 \text{ Ton}$$

El peso total del tanque corresponde a la sumatoria del peso del agua y el peso del tanque, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

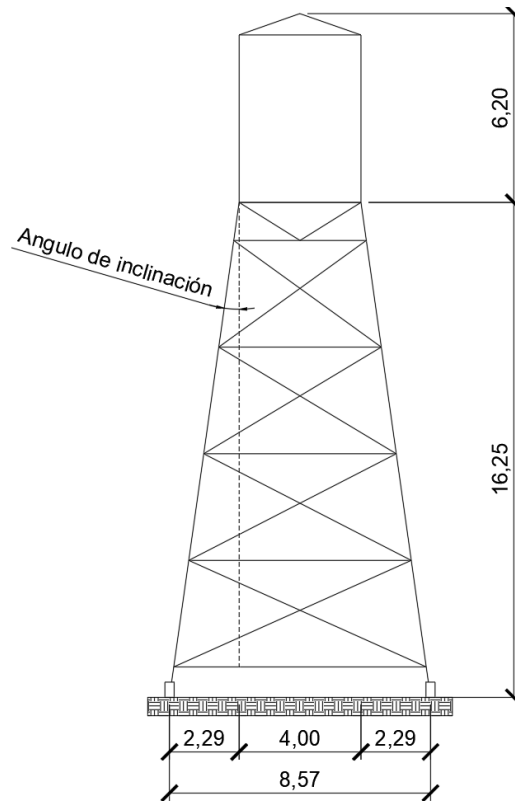
$$P_{\text{Tanque}} = P_{\text{agua}} + P_{\text{acero}}$$

$$P_{\text{Tanque}} = 74,35 + 4,97 = 79,32 \text{ toneladas}$$

$$P_{\text{Tanque}} = 80 \text{ toneladas}$$

Para efectos de diseño se redondeará el resultado a 80 toneladas. Esto se hace para tener cargas puntuales en las 4 columnas que soportaran el peso del tanque. Como estas columnas se encuentran inclinadas se debe calcular un ángulo de inclinación para determinar la dirección a la cual se ejercerá el peso del tanque. Este ángulo se calcula de la siguiente manera:

Figura 8. Representación gráfica del ángulo de inclinación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

El ángulo de inclinación (β) se obtiene de la tangente inversa de los catetos que forman el triángulo rectángulo que se ve en la figura 8.

$$\beta = \left(\frac{2,29}{16,25} \right) = 8,01^\circ$$

Con este dato se procede a determinar la dirección a la que estará ejercida la carga que soportará la columna. Primero se divide el peso total del tanque entre 4 para determinar la carga puntual que hay en cada columna luego se divide entre el coseno del ángulo de inclinación para la carga resultante.

$$C_{\text{resultante}} = \frac{80/4}{\text{Cos}(8,01)} = 20,19 \text{ Toneladas}$$

- Carga por sismo

Esta parte es fundamental para el diseño de la torre de soporte, es recomendable utilizar el coeficiente sísmico de 0,20 siguiendo las normas de AGIES NSE 1, NSE 2, NSE 2,1 y NSE 3 del 2018, esto representa el 20 % de la carga total aplicada sobre el tanque para la fuerza del sismo (FS) de este modo se tiene que:

$$FS = P_{\text{tanque}} * 0,20$$

$$FS = 80 * 0,20 = 16 \text{ Ton}$$

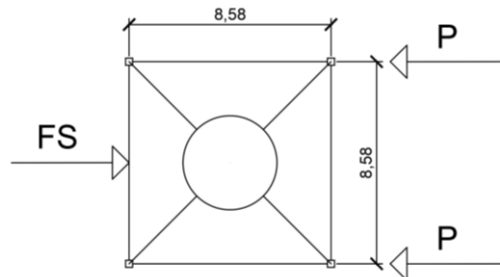
Esta fuerza actúa en una dirección horizontal del tanque en el cual también actúan otras dos fuerzas P de igual magnitud y en sentido contrario tal y como se muestra en la figura 9. Realizando la sumatoria de fuerzas en el eje horizontal se procede a hallar las fuerzas P :

$$\sum F_x = 0$$

$$FS = 2P$$

$$P = \frac{16}{2} = 8 \text{ Ton}$$

Figura 9. **Fuerzas ejercidas por sismo en planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Estas fuerzas P de 8 toneladas actúan en el extremo superior del tanque y se debe de hallar las fuerzas en el extremo inferior C y T que corresponden a los apoyos de la torre y que van en sentido vertical tal y como se muestra en la figura 10. Estas fuerzas se determinan realizando la sumatoria de momentos respecto al punto T, teniendo positivo a favor de las agujas del reloj.

$$\sum M_T = 0$$

$$(8 * 16,25) - (C * 8,58) = 0$$

$$C = 15,16 \text{ ton}$$

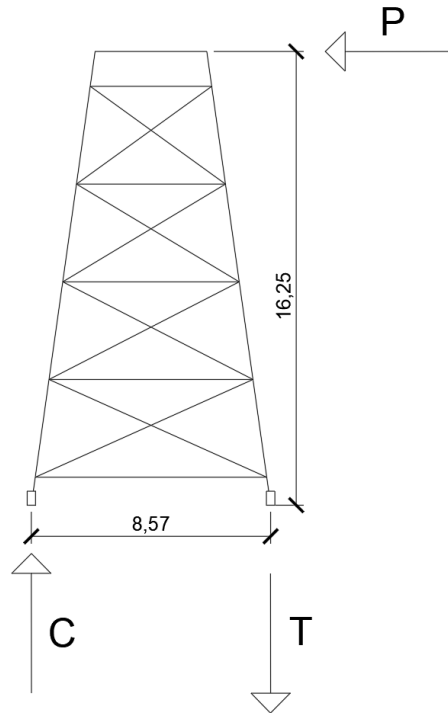
Consecuentemente debido a las sumatorias de fuerzas en el eje vertical es 0, se tiene que:

$$\sum F_y = 0$$

$$15,16 - T = 0$$

$$T = 15,16 \text{ ton}$$

Figura 10. **Fuerzas ejercidas por sismo en perfil**



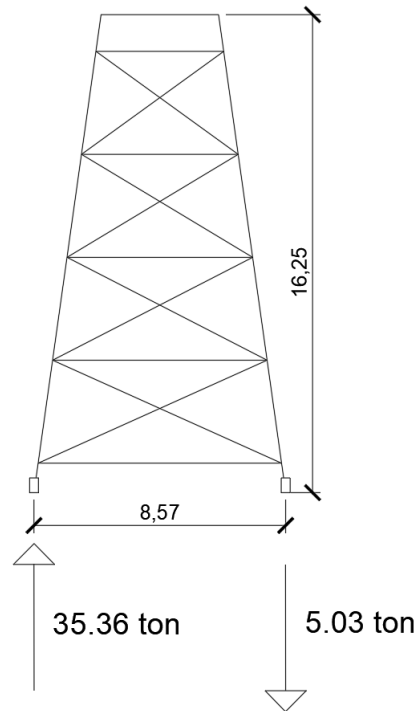
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

De este modo se tiene que las cargas finales de diseño son la sumatoria de las cargas sísmicas y las cargas del peso del tanque que se realizó anteriormente. Las resultantes se ven en la figura 11.

$$\sum F_C = 20,19 + 15,16 = 35,36 \text{ Ton}$$

$$\sum F_T = 20,19 - 15,16 = 5,03 \text{ Ton}$$

Figura 11. **Cargas finales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.9.2. **Diseño de elementos estructurales**

- Columnas

Para el análisis y diseño estructural de las columnas de la torre de soporte se debe proponer una sección transversal. Debido a que el material es acero al carbón se tomará como referencia el manual del AISC específicamente en la página 1-93 ya que ahí se indican las propiedades del tubo dependiendo de sus dimensiones. Se propone entonces un tubo de sección transversal redonda y un

diámetro aproximado de 6" por su excelente resistencia a la torsión y rigidez estable, además de que es el más utilizado en este tipo de estructuras de acero.

Antes de proceder a diseñar las columnas de la torre de soporte se deben definir algunos detalles. La relación de esbeltez $\left(\frac{KL}{r}\right)$ de las columnas será determinada con base en las tablas según el manual del AISC siguiendo los parámetros de material y sección transversal seleccionado. Luego se debe calcular el esfuerzo unitario permisible (F_a) haciendo uso de las tablas del AISC y después comparar el dato de la carga permisible (P_a) con la carga de diseño la cual debe de ser menor para determinar si la sección transversal es la ideal a usar, en caso contrario se deberá proponer otra sección más grande.

Según las tablas del manual AISC el tubo de hierro al carbón (ASTM A-36) posee las siguientes propiedades a utilizar:

Diametro = 6 pulgadas

Área de seccion transversal = 5,58 pulg²

Radio de giro = 2,25 pulg

Peso por pie lineal = 18,97 lbs/pie = 28,23 kg/m

longitud de columna = 3,50 m = 137,79 pulg

Carga de diseño (P_d) = 35,36 ton

Con estos datos se procede a calcular la relación de esbeltez utilizando como constante $K = 1$ y teniendo las dimensionales en pulgadas.

$$\frac{KL}{r} = 1$$

Donde:

r = radio de giro

L = longitud de columna

$$\frac{(1)(137,79)}{(2,25)} = 61,85$$

Entonces según las tablas del AISC, específicamente la tabla C-36, cuando se tiene una relación de esbeltez como la que se acaba de encontrar, se obtiene un valor del esfuerzo permisible de $F_a = 17240 \text{ lb/pulg}^2$.

Se procede entonces a calcular la carga permisible:

$$P_a = F_a * \text{área de sección transversal}$$

$$P_a = 17\,240 * 5,58 = 96\,199,20 \text{ lbs}$$

$$P_a = 43\,726,91 \text{ kg} = 43,72 \text{ ton}$$

Al comparar la carga permisible con la carga de diseño se puede observar que la carga de diseño es relativamente menor a la otra por lo tanto la sección transversal que se propuso es la ideal a usar.

$$P_a = 43,72 \text{ ton} > P_d = 35,36 \text{ ton}$$

En conclusión, se utilizarán columnas de tubo circular de diámetro de 6 pulgadas Grado 40 cedula estándar según Normas ASTM A36.

- Tensores

Son las piezas que unen las columnas y las piezas horizontales de la estructura de la torre, también llamadas comúnmente en campo como “breizas”.

Estas piezas están sujetas a un esfuerzo de tensión y para evitar el peligro de pandeo en estas se debe proponer una sección transversal especial y tomar en cuenta la rigidez del acero.

Para este caso se utilizará una sección transversal tipo "L" y los parámetros de dicho elemento se pueden encontrar en la página 1-48 del manual del AISC. Los datos a utilizar para el diseño de las breizas son:

$$\text{Dimensiones} = 4" \times 4"$$

$$\text{Espesor} = 1/2 \text{ pulg}$$

$$\text{Area de sección transversal} = 3,75 \text{ pulg}^2 = 24,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{Peso por pie lineal} = 12,80 \text{ lbs/pie} = 19,04 \text{ kg/m}$$

$$\text{Radio de giro en el eje Y} = 1,22 \text{ pulg}$$

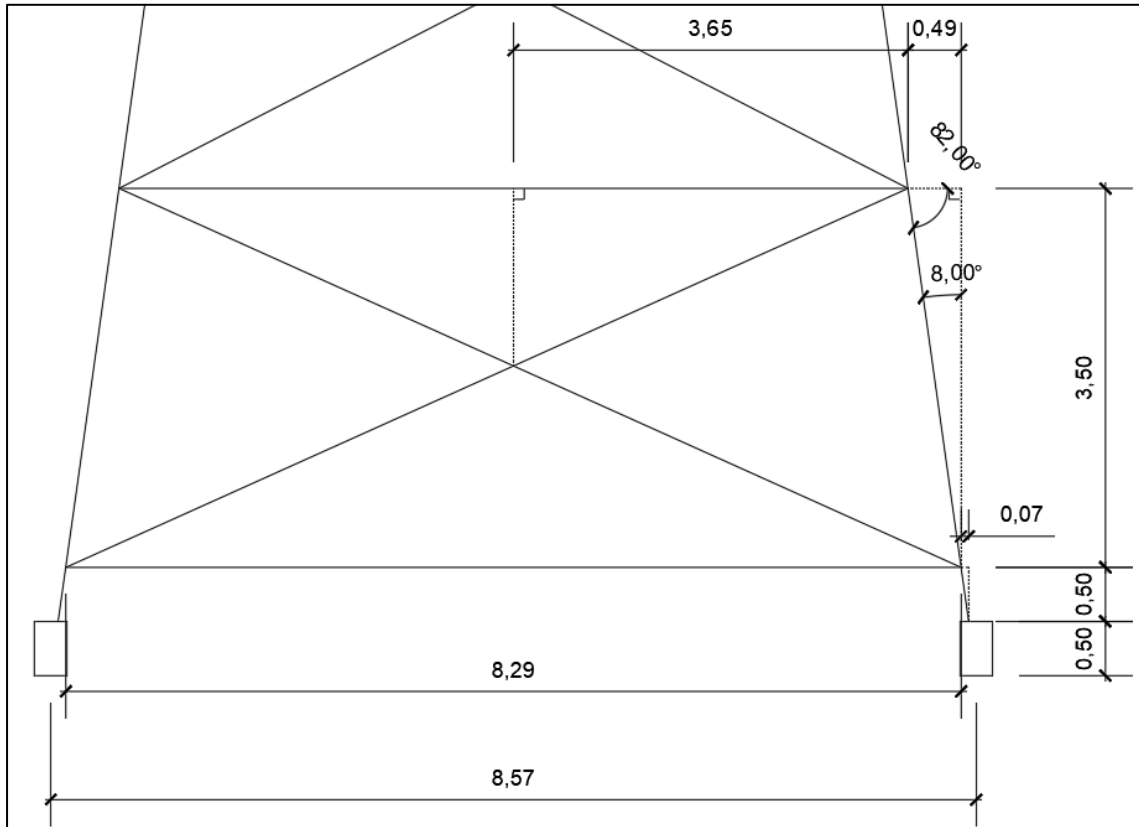
$$\text{Radio de giro en el eje X} = 1,22 \text{ pulg}$$

$$\text{Esfuerzo a tensión (FS)} = 1 \ 138,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Carga horizontal (P)} = 8 \text{ ton}$$

Para el cálculo de la dirección en la que estará sometido el esfuerzo de los tensores se debe de estimar el ángulo entre el tensor y la columna. Este ángulo se puede estimar haciendo uso de algunas ecuaciones trigonométricas, hallando triángulos rectángulos y triángulos semejantes, teniendo como base el ángulo de inclinación que se determinó anteriormente, la altura de la columna y otras dimensiones ya establecidas de la torre. La ilustración de estos se puede observar en la figura 12 y la figura 13.

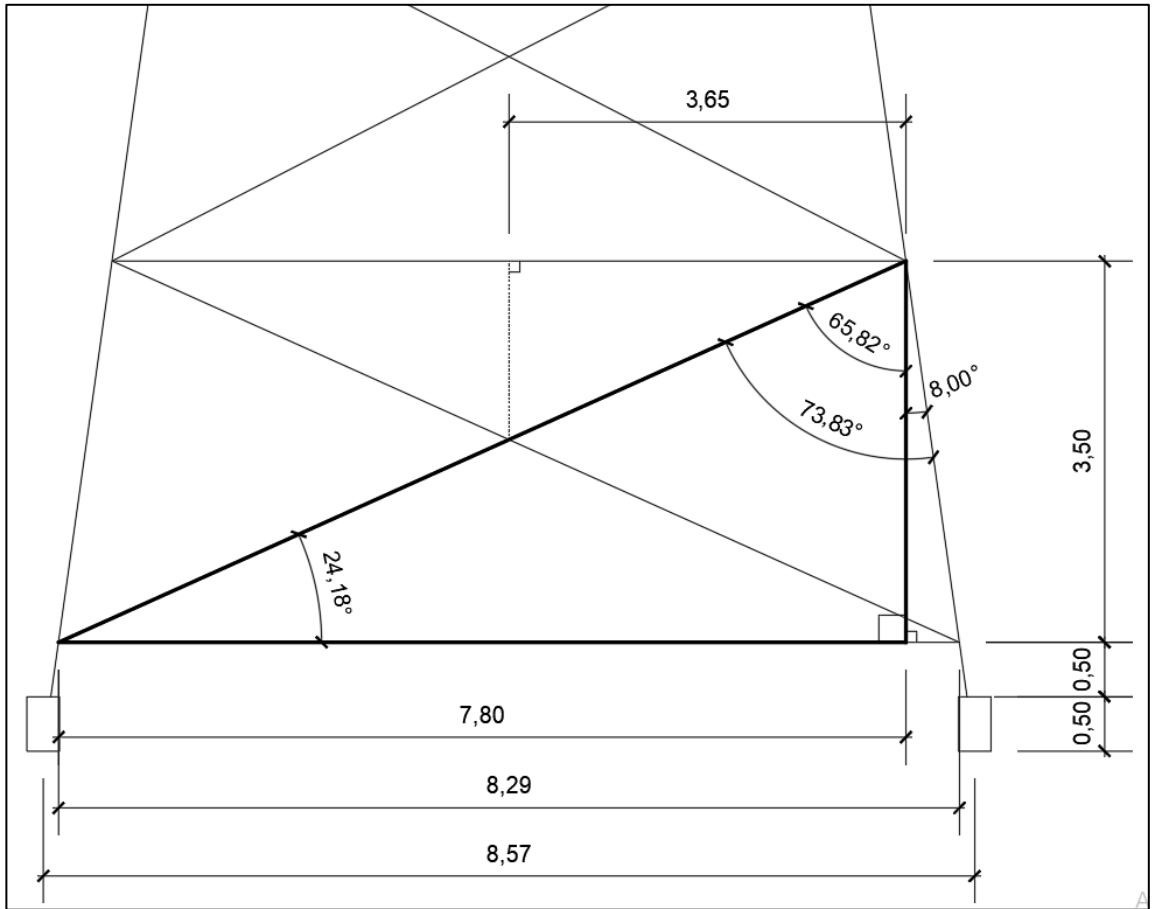
Figura 12. Dimensiones de la torre a utilizar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

En la figura 12 se pueden observar las dimensiones a utilizar para hallar el ángulo entre los tensores y la columna, hay que tener en cuenta también la longitud de la primera pieza horizontal (arriostre) que conecta las columnas del tanque, la cual se determina restando una pequeña distancia (0,07 m) producto de la inclinación de las columnas.

Figura 13. Cálculo del ángulo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Se encuentra entonces un triángulo rectángulo que tiene como hipotenusa uno de los tensores. Hallando los ángulos correspondientes del triángulo y sumando también el ángulo de inclinación se obtiene que el ángulo que se busca es $73,83^\circ$.

Utilizando la carga horizontal estimada anteriormente, se aplica la siguiente ecuación para hallar el peso que soportará el tensor:

$$T = \frac{8}{\cos(73,83)} = 28,73$$

$$T = 29 \text{ ton}$$

Se procede a calcular el área de la sección transversal que requiere el material a usar para soportar esta carga, utilizando el dato del esfuerzo a tensión:

$$\text{Área de sección transversal} = \frac{T}{FS}$$

$$\text{Área de seccion transversal} = \frac{29}{1,14} = 25,22 \text{ cm}^2$$

Realizando la comparación se obtiene:

$$\text{Área del perfil} = 35,10 \text{ cm}^2 > \text{Área requerida} = 25,22 \text{ cm}^2$$

Lo que significa que los tensores de perfil tipo "L" de 4x4 pulgadas y 3/4 de pulgada de espesor si cumple con los requerimientos según la norma ASTM A-36.

- Piezas horizontales

Estos elementos también son llamados comúnmente "riostras" en construcción y poseen una función similar a los tensores con la diferencia que trabajan también a compresión y flexión.

Al momento de diseñar las riostras se debe proponer una sección transversal según criterio del diseñador y se deberán anotar los datos generales encontrados en el manual del AISC específicamente en la página 1-93. Una vez obtenidos los parámetros a utilizar se procede a calcular la relación de esbeltez,

haciendo uso de la longitud del elemento y un valor de constante $K = 1$. Luego se procede a calcular el esfuerzo unitario permisible según la relación de esbeltez en las tablas del manual AISC. Este dato se debe multiplicar por el área de la sección transversal anteriormente propuesta para hallar la carga permisible sobre el elemento. Se comparan los datos de carga permisible y la carga de diseño para verificar si la sección propuesta es la indicada, de lo contrario se procede a elegir otra de mayores dimensiones.

Luego de que la carga de diseño haya cumplido con el requisito se debe aplicar la ecuación de esfuerzos combinados para finalizar con el diseño y esta deberá tener un valor menor e igual a uno, de lo contrario se debe proponer otra sección. La sección transversal a utilizar será un tubo redondo de 5 pulgadas de diámetro con las siguientes especificaciones:

$$\text{Diámetro interno} = 5,05 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Diámetro externo} = 5,56 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Espesor} = 0,26 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Área de sección transversal} = 4,30 \text{ pulg}^2 = 27,74 \text{ cm}^2$$

$$\text{Peso por pie lineal} = 14,62 \text{ lbs/pie} = 21,76 \text{ kg/m}$$

$$\text{Radio de giro} = 1,88 \text{ pulg}$$

$$\text{Momento de inercia (I)} = 15,20 \text{ pulg}^4$$

$$\text{Esfuerzo a flexión (F}_b) = 0,5 F_y = 0,5 * 36\,000 = 18\,000 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\text{Centroide del tubo (c)} = 2,78 \text{ pulg}$$

$$\text{Longitud de primer arriostre (L)} = 8,29 \text{ m} = 27,20 \text{ pies}$$

$$\text{Carga horizontal de diseño (P}_d) = 8 \text{ ton}$$

Utilizando estos datos, primero se proceda calcular la relación de esbeltez:

$$\frac{KL}{r} = \frac{(1 * 8,29)}{1,88} = 173,60$$

Ahora utilizando las tablas del AISC, específicamente la tabla C36 de esfuerzos permisibles, cuando se obtiene una esbeltez como la que se acaba de encontrar, podemos obtener un valor de $F_a = 5\,230 \text{ lb/pulg}^2$.

Este valor es utilizado para encontrar la carga permisible (P_a), multiplicándolo por el área de la sección transversal.

$$P_a = F_a * \text{área de sección transversal} = 5\,230 * 4,30 = 22\,489 \text{ lbs}$$

$$P_a = 10,22 \text{ ton}$$

Se realiza entonces la comparación entre las cargas:

$$P_a = 10,22 \text{ ton} > P_d = 8 \text{ ton}$$

Como la carga permisible es mayor a la carga de diseño se verifica que la sección transversal propuesta si cumple con los requerimientos establecidos en el diseño del arriostre.

A continuación, se determina si los esfuerzos combinados cumplen con los parámetros anteriormente descritos. Se procede a encontrar el momento actuante (M_a), utilizando la carga puntual y el peso por pie lineal. La carga puntual debe de ser de 200 libras ya que es el peso promedio de una persona.

$$M_a = \frac{(P * L)}{4} + \frac{W * L^2}{8}$$

$$M_a = \frac{(200 * 27,20)}{4} + \frac{14,62 * 27,20^2}{8} = 2\,711,77 \text{ lb - pie}$$

$$M_a = 375,04 \text{ kg} - \text{m}$$

Con el momento actuante se procede ahora a calcular si las ecuaciones de los esfuerzos combinados satisfacen a la siguiente desigualdad:

$$-\frac{(P_d/A)}{F_a} \pm \frac{(M_a * c/I)}{F_b} \leq 1$$

Se sustituyen los datos y se obtiene los siguientes resultados convirtiendo las dimensionales correspondientes a libras y pulgadas para mejor entendimiento:

$$-\frac{\left(\frac{8\,000 * 2,2}{4,3}\right)}{5\,230} + \frac{\left(2619,36 * 12 * \frac{2,78}{15,2}\right)}{18\,000} = -0,451958$$

$$-\frac{\left(\frac{8\,000 * 2,2}{4,3}\right)}{5\,230} - \frac{\left(2619,36 * 12 * \frac{2,78}{15,2}\right)}{18\,000} = -1,113251$$

Como ambos valores resultaron ser menor que uno se tiene la verificación de que se pueden utilizar tubos redondos de acero al carbón de 5 pulgadas de diámetro, cedula 40 estándar según ASTM A-36 para las piezas horizontales de la estructura del tanque.

- Pernos y soldadura

En esta parte se procede a calcular la soldadura para cada miembro y el tipo de pernos a utilizar para cada unión de elementos estructurales que componen la torre de soporte.

En la tabla VII se pueden observar que resistencias tienen algunos electrodos a utilizar para estimar el tipo de soldadura a emplear en la junta de la platina y la columna, así como también la soldadura de la platina y la riostra tubular.

Tabla VII. **Propiedades mínimas de metal de soldadura**

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tracción		Límite de fluencia		Alargamiento por 100
	kg/cm ²	psi	kg/cm ²	psi	
E60xx	4,350	62,000	3,520	50,000	17-25
E70xx	4,920	70,000	4,000	57,000	22
E80xx	5,620	80,000	4,700	67,000	19
E90xx	6,330	90,000	5,400	77,000	14-17
E100xx	7,030	100,000	6,000	87,000	13-16
E120xx	8,440	120,000	7,500	107,000	14

Fuente: MA SAN ZAPATA, Jorge. *Diseño de elementos de máquinas I*. p. 105.

La soldadura con el electrodo E 7018 (la cual se utilizará en las uniones de las paredes del taque) tiene una resistencia aproximada de 70 000 libras por pulgada cuadrada, pero se debe de considerar cuando está al límite de fluencia es decir 57 000 libras por pulgada cuadrada. El tipo de soldadura a utilizar es a tope en T con esquinas agudas.

Para determinar si la soldadura a aplicar soporta la tensión generada por los elementos a soldar simplemente se compara el valor de la resistencia a tracción por pulgada cuadrada de la soldadura que debe ser mayor a la carga a tensión.

$$\text{Resistencia de soldadura } (R_s) = 70\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 31\,818,18 \text{ kg/pulg}^2$$

$$\text{Carga a tensión } (T) = 26\,000 \text{ kg}$$

La resistencia por cada pulgada de soldadura es mayor a la carga a tensión generada por los elementos de manera que la soldadura a utilizar es la adecuada.

Para el dimensionamiento de pernos es necesario definir la resistencia a corte del acero teniendo como referencia la tabla I-A del manual del AISC en el cual se indica que para un perno A325 (designación proporcionada por la norma ASTM) la resistencia a tracción es aproximadamente $f_y = 44\,000 \text{ lb/pulg}^2$.

Y para calcular la cantidad de pernos a utilizar en cada unión, simplemente se debe dividir la carga actuante en el elemento con esta resistencia del acero a corte siguiendo también algunas especificaciones del AISC.

Tabla VIII. **Tabla I-A de pernos y remaches a tensión**

BOLTS, THREADED PARTS AND RIVETS
Tension
Allowable loads in kips

TABLE I-A. BOLTS AND RIVETS									
Tension on gross (nominal) area									
ASTM Designation	F_t Ksi	Nominal Diameter d , in.							
		5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2
		Area (Based on Nominal Diameter), in. ²							
		0.3068	0.4418	0.6013	0.7854	0.9940	1.227	1.485	1.767
A307 bolts	20.0	6.1	8.8	12.0	15.7	19.9	24.5	29.7	35.3
A325 bolts	44.0	13.5	19.4	26.5	34.6	43.7	54.0	65.3	77.7
A490 bolts	54.0	16.6	23.9	32.5	42.4	53.7	66.3	80.2	95.4
A502-1 rivets	23.0	7.1	10.2	13.8	18.1	22.9	28.2	34.2	40.6
A502-2,3 rivets	29.0	8.9	12.8	17.4	22.8	28.8	35.6	43.1	51.2

The above table lists ASTM specified materials that generally are intended for use as structural fasteners.
 For dynamic and fatigue loading, only A325 or A490 high-strength bolts should be specified. See AISC Specification, Appendix K4.
 For allowable combined shear and tension loads, see AISC ASD Specification Sects. J3.5 and J3.6.

Fuente: AISC. *Manual of Steel Construction: Allowable Stress*. p. 4-3.

$$\text{Resistencia a corte del acero (F}_c) = 44\,000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 20\,000 \text{ kg/pulg}^2$$

$$\text{Carga a tensión (T)} = 27\,000 \text{ kg}$$

Para cada unión se necesita la siguiente área de acero:

$$\text{Area} = \frac{T}{F_c} = \frac{27}{20} = 1,35 \text{ pulg}^2$$

Entonces según la tabla I-A de la página 4-3 del manual del AISC el área de acero de un perno de 5/8 de pulgada de diámetro es de 0,4418 pulgadas cuadradas y si utilizamos 5 pernos en cada unión se tiene un área de 1,53 pulgadas cuadradas lo cual satisface las necesidades del área neta calculada anteriormente.

Por lo tanto, es preciso utilizar soldaduras con electrodo E 7018 a tope en T en donde sea necesario y utilizar 5 pernos de 5/8 de pulgada de diámetro y 2 pulgadas de longitud para cada unión de breizas. Para esto se utilizarán platinas de 60x30 cm de 3/8" de espesor.

- Placas base para las columnas

En esta parte se procede a diseñar las placas que ajustaran y soportaran el peso de las columnas de la torre que descansaran en los pedestales de concreto. Esto se hace para evitar fallos por punzonamiento por parte del concreto. Básicamente la columna queda fija a la placa por medio de la soldadura y la placa a su vez se fija en el pedestal utilizando tornillos de anclaje.

Para el diseño de las placas de metal se deberán determinar los pesos totales de los elementos que componen la estructura:

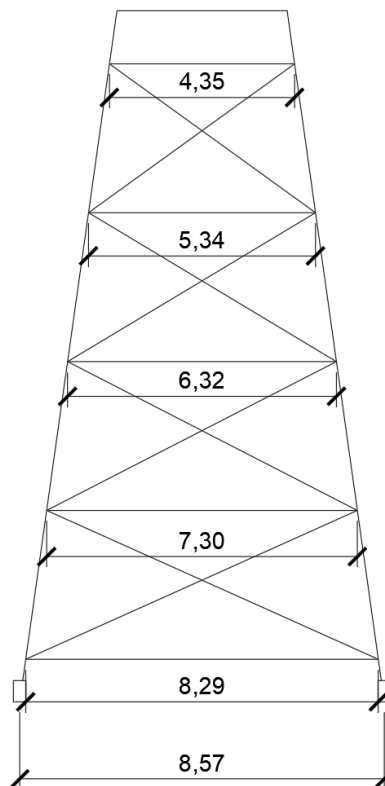
$$\text{Longitud total de columnas (LC)} = \frac{16,25 * 4}{\text{Cos}(8,01)} = 65,64 \text{ m}$$

$$\text{Peso por pie lineal} = 18,97 \text{ lbs/pie} = 28,23 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de las columnas (PC)} = 65,64 * 28,23 = 1\ 856,48 \text{ kg}$$

Para el cálculo de la longitud de las piezas horizontales (riostras) se deberá tomar en cuenta la reducción en longitud de estas desde abajo hasta arriba de la torre según la figura 14:

Figura 14. **Longitud de riostras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

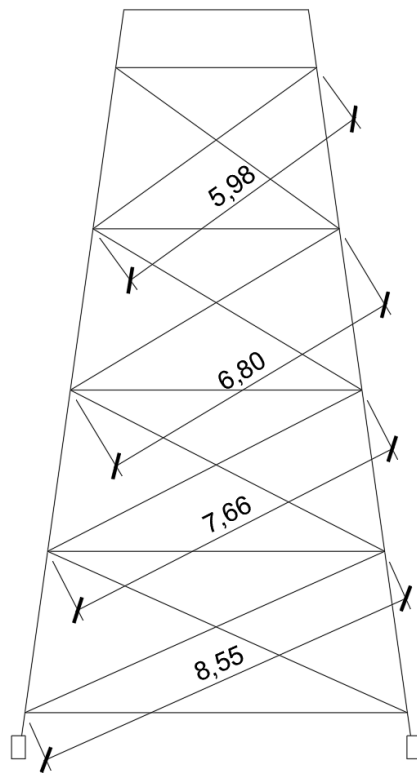
Haciendo la suma total de estas longitudes y multiplicando el resultado por 4 se obtiene la longitud total de las riostras (L_a):

$$L_a = (8,29 + 7,30 + 6,32 + 5,34 + 4,35) * 4 = 126,44$$

$$L_a = 127 \text{ m}$$

Ahora se debe encontrar la longitud total de los tensores sabiendo que los primeros tienen la misma longitud que va decreciendo de abajo hacia arriba, haciendo uso del teorema de Pitágoras y triángulos semejantes se obtiene los resultados de la figura 15.

Figura 15. **Longitud de tensores**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Se obtiene la longitud total de las breizas (L_b) sumando todas estas distancias multiplicándolas por 8.

$$L_b = (8,55 + 7,66 + 6,80 + 5,98) * 8 = 231,92$$

$$L_b = 232 \text{ m}$$

Una vez encontrado las longitudes totales de estos elementos se procede a hallar sus respectivos pesos haciendo uso de los pesos por pie lineal encontrados en el manual del AISC.

$$\text{Peso por pie lineal arriostres} = 14,62 \text{ lbs/pie} = 21,76 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso por pie lineal tensores} = 12,80 \text{ lbs/pie} = 19,04 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de los arriostres} = 127 * 21,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 2763,52 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de los tensores} = 232 * 19,04 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 4417,28 \text{ kg}$$

Sumando los pesos de los elementos que componen la torre de soporte se puede determinar su peso total.

$$\text{Peso total de la torre} = 2763,52 + 4417,28 + 1856,48 = 9037,28 \text{ kg}$$

A esto le agregamos el peso del tanque de distribución en la condición más crítica, es decir, cuando este se encuentra lleno:

$$\text{Peso Total} = 80000 + 9037,28 = 89037,28 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 90 \text{ ton}$$

Este peso se distribuye en las cuatro columnas, generando una carga puntual en cada una de ellas que corresponde a la carga total que cada placa deberá soportar.

$$\text{Peso total por columna} = 22,5 \text{ ton}$$

A continuación, se procede a establecer la sección que deberá tener la placa, determinando el área a utilizar primero. Esta área se calcula dividiendo la carga total por columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto debido a que la placa se encuentra en la cima del pedestal de concreto. Según especificaciones del ACI el concreto a utilizar tendrá un esfuerzo a compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y el esfuerzo unitario de compresión permisible (F_p) representa el 25 % de este valor cuando la placa ocupa todo el espacio de la sección transversal del pedestal del concreto. Teniendo como resultado lo siguiente:

$$\text{Area de placa} = \frac{\text{Peso total por columna}}{F_p} = \frac{22,5}{0,25 * 0,210} = 428,57 \text{ cm}^2$$
$$\text{Area de placa} = 66,43 \text{ pulg}^2$$

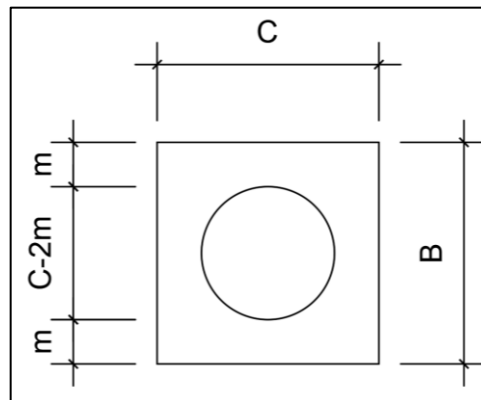
Al tratarse de una placa cuadrada se aplica la raíz cuadrada al área para obtener los lados de la placa a necesitar:

$$\text{Lados de la placa} = \sqrt{66,43} = 8,08 \text{ pulg}$$

Por lo tanto, es preciso proponer una placa cuadrada de 12"x12" lo cual cumple con los requerimientos mostrados anteriormente. El espesor de la placa debe de diseñarse teniendo en cuenta el esfuerzo de trabajo a flexión (F_b), el cual se determinó anteriormente y que tiene un valor de 8,18 ton/pulg² según

algunas especificaciones del AISC. Además, se debe de encontrar un dato llamado proyección de la placa fuera de la columna (m), este dato se calcula haciendo uso de la figura 16.

Figura 16. **Sección de la placa base**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Sabiendo que el diámetro de la columna es de 6 pulgadas, la proyección se encuentra haciendo uso de un simple despeje de ecuaciones:

$$C - 2m = 6$$

$$12 - 2m = 6$$

$$m = \frac{6}{2} = 3 \text{ pulgadas}$$

Luego se debe encontrar la presión sobre la placa (p) que es el peso total por columna dividido la sección de la placa:

$$p = \frac{\text{Peso total por columna}}{12 \times 12} = \frac{22,5}{144} = 0,16 \text{ ton/pulg}^2$$

El espesor de la placa se determina usando la siguiente ecuación:

$$t = \frac{\sqrt{3 * p * m^2}}{F_b} = \frac{\sqrt{3 * (0,16) * (3)^2}}{8,18} = 0,25 \text{ pulg}$$

El espesor de la placa se aproximará a 0,5 pulgadas, por lo tanto, se propone entonces, utilizar una placa cuadrada con una sección de 12"x12" y un espesor de ½". Se utilizarán cuatro pernos de ½" de diámetro y 10" de largo con sus respectivas tuercas y roldanas en cada unión.

- Pedestales de cimentación.

Estos elementos estructurales que se utilizan principalmente para trasladar las cargas desde las columnas metálicas hacia las zapatas. Un pedestal puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo directo hacia la zapata y permitir diseñar una cimentación con menos refuerzo. Para el diseño de los pedestales primero se debe pre dimensionar una sección transversal óptima para después seleccionar una altura adecuada. Para el refuerzo de este se tratará de seguir los lineamientos del código ACI 318-19.

Se propone entonces una sección cuadrada de 30 centímetros de modo que la placa de metal que sostendrá la columna quede bien colocada posteriormente. Con una altura de 50 centímetros.

Se determina la relación de esbeltez siguiendo los parámetros del ACI capítulo 10,10 para considerar el tipo de columna a utilizar. Sabiendo que el factor de pandeo k representa una unidad por la magnitud pequeña del elemento y el radio de giro de la sección será igual a un tercio de uno de los lados de la sección transversal cuando se trata de una columna de sección cuadrada.

$$\frac{kl}{r} = (1) * \frac{1,5}{0,3 * 0,3} = 16,667 \leq 22$$

Se trata entonces de una columna corta.

Ahora se procede a calcular la resistencia última del concreto, utilizando los parámetros anteriormente encontrados y tomando en cuenta que el momento causado por la componente horizontal de la carga total, esto se debe a que el ángulo de inclinación de la columna metálica que transmite la carga es demasiado pequeño. La ecuación para determinar esta resistencia última es proporcionada por el ACI 318-19 en el capítulo 10,3-3.

$$P_u = \phi \left(0,85 * f'c * (A_g - A_s) + (f_y * A_s) \right)$$

Donde:

P_u = carga última (kg)

ϕ = factor de compresión (0,75)

$f'c$ = resistencia nominal del concreto (210 kg/cm²)

A_g = área de seccion de la columna (cm²)

A_s = área de acero (cm²)

f_y = resistencia a fluencia del acero (2 818,19 kg/cm²)

$$P_u = 0,75 \left(0,85(210) * (0,09 - (0,01 * 0,09)) + ((2 818,19) * (0,01 * 0,09)) \right)$$

$$P_u = 138,305,41 \text{ kg}$$

$$P_u = 138,30 \text{ ton}$$

Este dato se compara con la carga de diseño que se tiene de para cada columna metálica, la cual corresponde a 22,5 toneladas y si la carga ultima es

mayor entonces la sección propuesta si es la adecuada, de lo contrario se debe proponer otra sección.

$$\begin{aligned} P_u &> \text{Peso total por columna} \\ 138,30 \text{ ton} &> 22,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

La carga ultima es mucho mayor al peso total por columna por lo tanto se establece que la sección es la adecuada.

Ahora se define el acero de refuerzo a corte, siguiendo los lineamientos del ACI 318-19 se debe dejar un espaciamiento (S) mínimo menor o igual a la mitad al peralte efectivo ($d = 25 \text{ cm}$) y un recubrimiento mínimo de 2,5 centímetros para cada lado.

$$S = \frac{d}{2} = \frac{25}{2} = 12,5$$

Para efectos de facilidad de construcción se redondea este valor a 15 centímetros.

Se establece entonces el diseño del pedestal con dimensiones de 30x30 centímetros de sección transversal con una altura de 50 centímetros y un refuerzo de 4 varillas de acero número 4 y estribos número 3 a cada 10 centímetros.

- Cimiento corrido

Además de los pedestales de cimentación que transmitirán la carga hacia las zapatas, se debe colocar un cimiento corrido que conectará cada pedestal y así evitar el desplazamiento de las zapatas.

Este cimiento corrido actuará como una solera de amarre y su diseño consiste con proponer una sección común que consiste en un ancho de 20 centímetros y 20 centímetros de alto con una longitud de 34,29 metros con un simple armado convencional de 4 varillas de acero número 3 y estribos número 2 a cada 15 centímetros.

2.9.3. Cimentación

- Valor soporte del suelo

Primero se debe determinar la capacidad soporte del suelo, la cual es indispensable en el diseño de cualquier estructura. Este valor se obtiene realizando un ensayo llamado triaxial según la norma ASTM D-2850, este ensayo consiste en extraer una muestra inalterada del suelo a cierta profundidad y someterla a esfuerzos de compresión en probetas especiales teniendo en cuenta si es consolidado y drenado. De esta manera el ensayo arroja datos característicos del suelo relevantes en su estructura y capacidad, pero los más importantes son su ángulo de fricción interna y la cohesión.

Para este proyecto se obtuvieron los siguientes resultados relacionados a las propiedades y características del suelo: (Ver Anexo)

Tabla IX. **Resultados del ensayo de corte triaxial**

Resultados			ASTM D-2850	
Tipo de ensayo	No consolidado y no drenado			
Descripción del suelo	Limo color café oscuro			
Dimensión y tipo de probeta	2,5"x5,0"			
Observaciones	Muestra proporcionada por el interesado			
Probeta no	1	2	3	
Presión lateral	5	2	20	ton/m ²
Desviador en rotura	8,35	13,9 5	23,7 2	ton/m ²
Deformación en rotura	2	4	6	%
Densidad seca	1,12	1,12	1,12	ton/m ³
Densidad húmeda	1,55	1,55	1,55	ton/m ³
Humedad	38	38,4	38,4	%
Angulo de fricción interna	19,83			Grados sexagesimales
Cohesión (Cu)	1,15			Ton/m ²

Fuente: Laboratorio de suelos, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Con estos resultados se procede a la utilización de una ecuación llamada fórmula de Karl Terzaghi, específicamente para una zapata cuadrada aislada.

$$q_0 = 0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma + 1,3 * C_u * N_c + \gamma_s * D * N_q$$

Donde:

q_0 = valor soporte del suelo (ton/m²)

γ_s = peso específico del suelo o densidad húmeda (ton/m³)

B = base de la zapata (m)

N_γ = factor flujo de carga del suelo

N_c = factor de carga última

N_q = factor de carga

D = profundidad de zapata (m)

C_u = cohesión (ton/m^2)

Antes del cálculo del valor soporte del suelo se debe establecer primero los siguientes factores utilizando el ángulo de fricción interna que el ensayo arrojó como resultado ($\phi = 19,83^\circ$).

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

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

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

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 19,83\right)\tan(19,83)}}{2 * \cos^2\left(45 + \frac{19,83}{2}\right)} = 3,25$$

$$N_c = \cot(19,83) * (3,25 - 1) = 6,25$$

$$N_\gamma = 2 * (3,25 + 1) \tan \tan (19,83) = 3,07$$

Se debe tomar en cuenta también un factor de seguridad que debe de estar entre un valor de 1,5 y 3 dependiendo de la descripción del suelo. En este caso se asignará un valor de 2,5 ya que se describe como limo café oscuro.

Se realiza el cálculo entonces de la capacidad soporte del suelo teniendo en cuenta que los datos obtenidos del ensayo y que la base de la zapata propuesta es de 1,90 metros a una profundidad de 2,5 metros.

$$q_0 = (0,4 * 1,55 * 1,5 * 3,07) + (1,3 * 1,15 * 6,25) + (1,55 * 2,5 * 3,25)$$

$$q_0 = 25,57 \text{ ton/m}^2$$

Aplicando el factor de seguridad podemos obtener el valor soporte del suelo:

$$q_0 = \frac{25,57 \text{ ton/m}^2}{2,5}$$
$$q_0 = 8,52 \text{ ton/m}^2$$

Con este dato se puede proceder al diseño de las zapatas.

- Zapatas

Para el diseño de las zapatas se debe considerar el peso completo de la estructura teniendo en cuenta todos los elementos estructurales diseñados anteriormente.

$$\text{Peso total de la estructura} = 89\,037,28 \text{ kg}$$

Agregando el peso de los pedestales y teniendo en cuenta que el peso específico del concreto es de $2\,400 \text{ kg/m}^3$, se tiene que:

$$\text{Peso de los pedestales} = 0,3 * 0,3 * 1,5 * 2\,400 * 4 = 1296 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 89\,037,28 + 1296 = 90\,333,28 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 90 \text{ toneladas}$$

Antes de empezar a diseñar las zapatas se debe considerar lo siguiente:

Las fuerzas laterales, reduciéndose a una fuerza concentrada (FS) aplicada a cierta altura (H), generará un momento flector respecto a la base llamado momento de volteo (MV). Esto también producirá esfuerzos de tensión sobre las

columnas del lado donde actuará la fuerza lateral y a compresión en las columnas opuestas.

$$MV = FS * H$$

La altura H representa la altura desde la base del pedestal de la zapata hasta la mitad del depósito la cual se calcula a continuación:

$$H = 15 + h_{\text{cono}} + \frac{h_{\text{cilindro}}}{2}$$
$$H = 15 + 1,25 + \frac{5,5}{2} = 19 \text{ m}$$

La fuerza lateral concentrada será equivalente al 10 % del peso total de la estructura:

$$FS = 90 * 0,10 = 9 \text{ toneladas}$$

Entonces el momento de volteo (MV) será:

$$MV = 9 * 19 = 171$$

$$MV = 171 \text{ ton} - \text{m}$$

El peso total de la estructura con el tanque lleno también genera un momento respecto a la separación entre dos columnas consecutivas, este es llamado momento estabilizante (Me) y se calcula de la siguiente manera:

$$Me = \text{Peso total} * \text{Separación entre columnas}$$

$$Me = 90 * 8,57 = 771,30$$

$$Me = 771,30 \text{ ton} - \text{m}$$

Ahora bien, según el ACI 318-19, para que la estabilidad del conjunto esté asegurada, se debe cumplir las siguientes condiciones:

$$X_u \leq \frac{SL}{6} \text{ y } CE \geq 1,5$$

Donde X_u representa un pequeño desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte provocado por el momento de volteo y se calcula dividiendo el momento de volteo (MV) entre el peso total de la estructura.

$$X_u = \frac{MV}{\text{Peso total}} = \frac{171}{90} = 1,9$$
$$X_u = 1,9 \text{ m}$$

SL es la separación entre columnas pasando por el centro, también llamada base mayor tal y como se muestra en la figura 5 de modo que:

$$\frac{SL}{16} = \frac{12,13}{16} = 2,02 \text{ m}$$

Entonces:

$$1,90 \leq 2,02$$

Significa que X_u sí verifica.

CE es el coeficiente de estabilidad que se calcula dividiendo el momento estabilizante entre el momento de volteo:

$$CE = \frac{Me}{MV} = \frac{771,30}{171} = 4,51$$

Entonces:

$$4,51 \geq 1,5$$

Significa que CE sí verifica

Al ser verificados los valores anteriores, se puede determinar entonces que la estructura tiene una estabilidad asegurada.

- Dimensionamiento de la zapata

Se procede ahora a realizar el dimensionamiento de la zapata, para ello se debe de tener en cuenta los siguientes datos:

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

$$Fy = 2\,818,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_0 = 8\,427,73 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Seccion de pedestal} = 30 \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

$$\text{Carga viva} = CV$$

$$\text{Carga muerta} = CM$$

La carga viva es constituida solo por el peso del tanque cuando está lleno de agua el cual ya se vio anteriormente y su valor es de 74,35 toneladas, pero como se tratan de 4 zapatas se debe de tomar el siguiente valor:

$$CV = \frac{74,35}{4} = 18,58$$

$$CV = 18,58$$

La carga muerta es todo lo demás que compone la estructura, acero del depósito, peso de las columnas, riostras, breizas, y pedestales.

Peso del acero del tanque = 4,97 ton

Peso de columnas = 4,08 ton

Peso de tensores = 9,87 ton

Peso de elementos horizontales = 6,23 ton

Peso de pedestales = 1,29 ton

$$CM = \frac{26,44}{4} = 6,61$$

$$CM = 6,61 \text{ ton}$$

Con estos datos se determina la carga última según especificaciones del ACI 318-19:

$$CU = 1,2CV + 1,6CM$$

$$CU = 1,2 * (18,58) + 1,6 * (6,61) = 37,26$$

$$CU = 37,26 \text{ ton}$$

Se calcula ahora el área de la zapata con la siguiente formula:

$$\text{Área de zapata} = 1,2 * \left(\frac{(CM + CV)/4}{q_0} \right)$$

$$\text{Área de zapata} = 1,2 * \left(\frac{(6,61 + 18,58)}{8,52} \right) = 3,55$$

$$\text{Área de zapata} = 3,55 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata cuadrada por lo tanto sus dimensiones son:

$$\text{Dimensiones} = \sqrt{3,55} = 1,88 \text{ m}$$

Dimensiones = 1,90 * 1,90 m

A continuación, se determina el esfuerzo de diseño (P_d), dividiendo la carga ultima entre el área de la zapata, tal y como lo indica la siguiente ecuación:

$$P_d = \frac{CU}{\text{Área de zapata}}$$

$$P_d = \frac{37,26}{3,55} = 10,49$$

$$P_d = 10,49 \text{ kg/m}^2$$

- Verificación de corte por flexión

Ahora bien, con estos valores se procede a verificar el corte por flexión, es decir en una sola dirección y según las indicaciones del ACI 318-19, se debe cumplir la siguiente condición:

$$V_C > V_U$$

Donde:

V_C = resistencia ultima por corte

V_U = esfuerzo de corte actuante

Las ecuaciones para hallar estos valores también están especificadas en el ACI 318-19, estas son:

$$V_C = 0,53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_U = P_d * \text{Área nominal}$$

Donde:

b = sección unitaria (190 cm)

d = Peralte de zapata

λ = factor de modificación (Corresponde a 0,75 según ACI 318 – 19)

El valor del área nominal es el equivalente a la sección de cortante crítico el cual se calcula multiplicando la base de la zapata (b) por una distancia (a) a la cual se le denomina como longitud de volado y que se le debe restar el peralte (d), este valor se estima con la siguiente ecuación:

$$\text{Área nominal} = (b * (a - d))$$

La longitud de volado (a) se calcula dividiendo en dos el resultado de restar la base (b) con el ancho del pedestal (c_1). De esta manera se tiene que el área nominal es:

$$\text{Área nominal} = \left(b * \left(\frac{b - c_1}{2} - d \right) \right)$$

El peralte (d) se debe calcular de tal forma que los valores de (V_C) y (V_U) cumplan con la condición $V_C > V_U$ de esta forma se tiene que las ecuaciones son de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{(0,53 * 0,75 * \sqrt{210} * 190 * d)}{1\ 000}$$
$$V_U = \frac{10\ 488,87 * \left(1,90 * \left(\frac{1,90 - 0,3}{2} - \frac{d}{100} \right) \right)}{1\ 000}$$

En la siguiente tabla se pueden ver las comparaciones de (V_C) y (V_U) dependiendo del valor que se le dé al peralte (d), nótese que se dividió el valor entre 1000 para que las dimensionales quedaran en toneladas.

Tabla X. **Cálculo del peralte para la verificación del corte por flexión**

Peralte (d) (cm)	Vc (ton)	Vu (ton)
12	13,13	13,57
13	14,23	13,37
14	15,32	13,17
15	16,42	12,97
Si $V_c > V_u$ entonces se toma el peralte que se utilizó en ambas ecuaciones		

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla X se puede observar que el peralte puede ser de 13 cm en adelante para que se cumpla con la condición $V_C > V_U$, pero para efectos de redondeo se tomará 15 cm.

- Verificación de corte por punzonamiento

Se le llama corte por punzonamiento cuando el peso actúa en las dos direcciones del cortante por lo que se debe cumplir la misma condición para la verificación.

$$V_C > V_U$$

Donde:

V_C = resistencia ultima por corte en dos direcciones

V_U = esfuerzo de corte actuante en dos direcciones

Las ecuaciones para el cálculo de estas variables varían en cuestiones de constantes regidas por el código ACI 318-19, siendo ahora de la siguiente manera:

$$V_C = 1,1 * \lambda * \sqrt{f'c} * b_0 * d$$
$$V_U = P_d * (B^2 - \text{Área de punzonamiento})$$

Donde:

b_0 = perímetro punzonante

λ = factor de modificación (0,75)

El área de punzonamiento es el área que comprende el lado del pedestal (c_1) más la distancia del peralte (d) y como se trata de una zapata cuadrada esto se eleva al cuadrado, para ello se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Área de punzonamiento} = (c_1 + d)^2$$

Para el perímetro punzonante se debe de multiplicar por 4 el lado del pedestal (c_1) mas la distancia del peralte (d).

$$b_0 = 4 * (c_1 + d)$$

Las ecuaciones para determinar que peralte usar, para que cumpla la condición establecida, son:

$$V_c = 1,1 * 0,75 * \sqrt{210} * (4 * (0,3 + d)) * d$$

$$V_u = 10\,488,87 * \left(1,90^2 - \left(0,3 + \frac{d}{100} \right)^2 \right)$$

En la tabla XI se pueden observar las comparaciones de (V_c) y (V_u) dependiendo del valor que se le dé al peralte (d), nótese que se dividió el valor entre 1 000 para que las dimensionales quedaran en toneladas.

Tabla XI. **Cálculo del peralte para la verificación del corte por punzonamiento**

Peralte (d) (cm)	Vc (ton)	Vu (ton)
15	32,28	35,74
16	35,20	35,65
18	41,32	35,45
20	47,82	35,24
Si $V_c > V_u$ entonces se toma el peralte que se utilizó en ambas ecuaciones		

Fuente: elaboración propia.

Se puede notar en la tabla XI que cuando el peralte es 15 cm no verifica la condición $V_c > V_u$ por lo tanto se optará por usar un peralte de 20 cm.

- Espesor de zapata

Con el peralte establecido se procede a determinar el espesor de la zapata mediante la siguiente ecuación:

$$t = d + \frac{\phi}{2} + r$$

Donde:

t = espesor de zapata (cm)

ϕ = diámetro de varilla de acero propuesto (cm)

r = recubrimiento (cm)

d = peralte (cm)

El recubrimiento mínimo para una zapata aislada es de 7,5 cm por lo que se utilizará este valor para este caso.

El diámetro de la varilla de acero es casi despreciable, pero se debe tomar en cuenta en este caso se propondrá un diámetro óptimo de $\frac{3}{4}$ ".

$$t = 20 + \frac{1,905}{2} + 7,5 = 28,45$$
$$t = 30 \text{ cm}$$

Se redondeará a 30 centímetros el espesor para efectos de conveniencia en la construcción.

Ahora con el espesor de zapata establecido se procede a hallar el peralte real a utilizar en el diseño el cual es el siguiente:

$$d = 30 - \left(\frac{1,905}{2}\right) - 7,5 = 21,55$$
$$d = 21,55 \text{ cm}$$

- Área de acero

Primero se debe encontrar el momento último haciendo uso de la siguiente ecuación establecida por el ACI 318-19:

$$M_u = P_d * \frac{\left(\frac{(B - c_1)}{2}\right)^2}{2}$$

Donde:

M_u = momento último (ton – m)

B = base de la zapata (m)

c_1 = lado del pedestal (m)

P_d = esfuerzo de diseño (ton/m²)

$$M_u = 10,49 * \frac{\left(\frac{(1,90 - 0,3)}{2}\right)^2}{2} = 3,36$$

$$M_u = 3,36 \text{ ton – m}$$

A continuación, se determina el área de acero que se requiere para soportar el momento último que se acaba de calcular. Para esto se hace uso de la siguiente ecuación:

$$A_s = \left((b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \left(\frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}\right)} \right) * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

Donde:

A_s = área de acero (cm²)

b = base de la zapata (190 cm)

d = peralte a utilizar (21,55 cm)

$f'c$ = esfuerzo del concreto (210 kg/cm²)

F_y = resistencia del acero (2 812,29 kg/cm²)

M_u = momento último (3 360 kg – m)

Sustituyendo valores en la ecuación se obtiene lo siguiente:

$$A_s = \left((190 * 21,55) - \sqrt{(190 * 21,55)^2 - \left(\frac{3\,360 * b}{0,003825 * 210} \right)} \right) * \frac{0,85 * 210}{2\,812,29} = 6,24$$

$$A_s = 6,24 \text{ cm}^2$$

Una vez encontrado el acero requerido para soportar el momento último, se establece el refuerzo mínimo a flexión según tablas del ACI 318-19:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{F_y} * b * d$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{2812,29} * 190 * 21,55 = 20,40$$

$$A_{s \text{ min}} = 20,40 \text{ cm}^2$$

Se puede observar que el acero mínimo es mucho mayor al acero requerido por lo tanto se toma el refuerzo mínimo para este caso.

Se establece entonces, para resistir la carga de la estructura, unas zapatas cuadradas de 1,90 m de lado con un espesor de 30 centímetros y 7,5 de recubrimiento con un armado final de 10 varillas de 5/8" en ambos sentidos con una separación de 17,5 cm.

2.10. Presupuesto general

La elaboración del presupuesto se basa en el costo total aproximado de la obra a construir con base en el diseño ya establecido anteriormente.

Tabla XII. Presupuesto 1

PRESUPUESTO 1					
PROYECTO: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con tanque elevado en caserío Santa Rita Pachipá y colonia La Blanquita					
CUADRO DE RENGLONES					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	PU	Total
1	PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y chapeo área de tanque y caseta	m2	54	Q 19,53	Q 1 054,62
1,2	Nivelación	m2	54	Q 9,77	Q 527,31
1,3	Bodega de almacenamiento de materiales	Global	1	Q 9 190,94	Q 9 190,94
2	INSTALACÓN DE EQUIPO DE BOMBEO				
2,1	Bomba sumergible 7,5 HP motor trifásico	Global	1	Q 75 825,00	Q 75 825,00
2,2	Tubería de línea de impulsión	Tubos	15	Q 1 893,15	Q 28 397,24
2,3	Válvulas	Unidad	3	Q 651,00	Q 1 953,00
2,4	Panel de control	Global	1	Q 5 602,63	Q 5 602,63
3	CASETA DE BOMBEO				
3,1	Cimiento corrido	ml	11,5	Q 125,98	Q 1 448,77
3,2	Levantamiento de muros	m2	17	Q 116,58	Q 1 981,86
3,3	Solera hidrófuga	ml	10	Q 90,14	Q 901,40
3,4	Solera intermedia block "U"	ml	7,5	Q 78,56	Q 589,20
3,5	Solera de corona	ml	10	Q 95,45	Q 954,50
3,6	Columna C-1	Unidad	5	Q 1 098,56	Q 5 492,80
3,7	Columna C-2	Unidad	3	Q 984,58	Q 2 953,74
3,8	Losa de concreto	m2	13,5	Q 341,58	Q 4 611,33
3,9	Fundición de piso de concreto	m2	5	Q 298,87	Q 1 494,35
3,1	Instalación eléctrica	Global	1	Q 1 598,54	Q 1 598,54
3,11	Puertas y ventanas	Global	1	Q 2 250,00	Q 2 250,00
4	TANQUE DE DISTRIBUCÓN				
4,1	Zapatas	Unidad	4	Q 4 826,89	Q 19 307,56
4,2	Pedestales y placa de apoyo	Unidad	4	Q 6 541,17	Q 26 164,68
4,3	Solera de amarre	ml	34,28	Q 175,78	Q 6 025,74
4,4	Construcción de torre de soporte	Global	1	Q 301 522,87	Q 301 522,87
4,6	Accesorios de entrada y salida	Global	1	Q 11 564,78	Q 11 564,78
5	CONEXIONES DOMICILIARES				
4,1	Tubería PVC 1/2" 315 PSI	Tubos	160	Q 75,00	Q 12 000,00
4,2	Contadores de 1/2"	Unidad	320	Q 310,00	Q 99 200,00
4,3	Caja de concreto prefabricada	Unidad	320	Q 210,00	Q 67 200,00
6	LÍNEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 3/4" 160 PSI				
6,1	Excavación relleno y compactación	m3	142,35	Q 23,80	Q 3 387,93
6,2	Tubería PVC 3/4" 160 psi	ml	189,8	Q 19,58	Q 3 716,28
6,3	Accesorios	Global	1	Q 1 148,52	Q 1 148,52
7	LÍNEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 1" 160 PSI				
7,1	Excavación relleno y compactación	m3	708,04	Q 23,80	Q 16 851,29
7,2	Tubería PVC 1" 160 PSI	ml	944,05	Q 28,74	Q 27 132,00
7,3	Accesorios	Global	1	Q 3 876,96	Q 3 876,96
8	LÍNEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 1 1/4" 160 PSI				
8,1	Excavación relleno y compactación	m3	352,67	Q 23,80	Q 8 393,43
8,2	Tubería PVC 1 1/4" 160 PSI	ml	470,22	Q 32,56	Q 15 310,36
8,3	Accesorios	Global	1	Q 1 972,58	Q 1 972,58

Continuación de la tabla XII.

9	LINEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 1 1/2" 160 PSI					
9,1	Excavación relleno y compactación	m3	618,53	Q	23,80	Q 14 721,07
9,2	Tubería PVC 1 1/2" 160 PSI	ml	824,71	Q	38,97	Q 32 138,95
9,3	Accesorios	Global	1	Q	3 120,45	Q 3 120,45
10	LINEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 2" 160 PSI					
10,1	Excavación relleno y compactación	m3	120,44	Q	23,80	Q 2 866,53
10,2	Tubería PVC 2" 160 PSI	ml	160,59	Q	42,83	Q 6 878,07
10,3	Accesorios	Global	1	Q	841,89	Q 841,89
11	LINEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 2 1/2" 160 PSI					
11,1	Excavación relleno y compactación	m3	192,99	Q	23,80	Q 4 593,16
11,2	Tubería PVC 2 1/2" 160 PSI	ml	257,32	Q	61,45	Q 15 812,31
11,3	Accesorios	Global	1	Q	1 089,47	Q 1 089,47
12	LINEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 3" 160 PSI					
12,1	Excavación relleno y compactación	m3	339,59	Q	23,80	Q 8 082,30
12,2	Tubería PVC 3" 160 PSI	ml	452,79	Q	82,48	Q 37 346,12
12,3	Accesorios	Global	1	Q	2 569,50	Q 2 569,50
13	LINEA DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC 4" 160 PSI					
13,1	Excavación relleno y compactación	m3	269,06	Q	23,80	Q 6 403,69
13,2	Tubería PVC 4" 160 PSI	ml	358,75	Q	92,87	Q 33 317,11
13,3	Accesorios	Global	1	Q	2 189,58	Q 2 189,58
					TOTAL	Q 943 572,42

Fuente: elaboración propia.

2.11. Evaluación de impacto ambiental

Todo proyecto a realizar debe tener un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), con el cual se analicen todos los puntos en los que la ejecución del proyecto afecte al medio ambiente. El proyecto tiene un impacto ambiental positivo para la comunidad a servir, debido a que mejorara la calidad de vida y se evitaran menos enfermedades por el consumo de agua contaminada. A continuación, se desglosarán los puntos más importantes que puedan ser perjudiciales para el medio ambiente con la ejecución del proyecto y sus respectivas medidas de mitigación.

- Eliminación de la vegetación y reducción de la calidad del suelo en la realización del movimiento de tierras para la instalación de tuberías. La excavación e instalación de las tuberías se harán de forma precisa y cubriendo el material excavado si se está en temporada de lluvia, además contemplando un relleno y compactación de forma que vuelva a brotar la vegetación removida.
- Desechos y residuos del proceso constructivo. Se depositarán en lugares específicos para después ser transportados mediante un camión de carga hacia un lugar lejos del área urbana donde reciban un tratamiento adecuado.

3. AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ

3.1. Descripción del proyecto a desarrollar

Los habitantes de la quinta avenida y la séptima calle de la ciudad de San Antonio Suchitepéquez han estado haciendo uso de un riachuelo que pasa por el lugar como disposición final de las aguas residuales sin ningún tratamiento previo. Esto genera una proliferación de enfermedades bacterianas que pueden ser perjudiciales para la salud de los habitantes.

Por lo que se pretende conducir estas aguas hacia un terreno propiedad de la municipalidad donde se instalará una planta de tratamiento de aguas residuales para una disposición final adecuada al sistema ampliando el sistema ya existente y conectando a los domicilios por los cuales pasará el colector principal.

Así mismo también se dejará constancia del diseño de dos fosas sépticas que se construirán en al final de los tramos 2 y 4 debido a que la pendiente de estos tramos no permite conducir las aguas residuales al terreno destinado a la planta de tratamiento.

3.2. Levantamiento topográfico

El estudio de topografía fue realizado utilizando el equipo de topografía prestado a la facultad de ingeniería con el fin de recolectar los datos fundamentales del terreno necesarios para el diseño del alcantarillado.

Luego de haber realizado el levantamiento y haber apuntado los datos en una libreta de campo, se procedió a determinar los puntos (x,y,z) con coordenadas georreferenciadas para luego importarlos a AutoCad Civil 3D y de esa manera tener una representación gráfica de la planimetría y altimetría del terreno.

3.2.1. Planimetría

La planimetría estudia los métodos y procedimientos para la construcción a escala de una superficie plana representados en una proyección horizontal.

Para el proyecto de alcantarillado se utilizó el método de conservación de azimut para el levantamiento topográfico con vuelta de campana de una poligonal abierta en el cual se ubicaron los principales puntos de importancia.

Para el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito marca SOUTH
- Tripode de metal
- Estadal marca MYZOX de 5 metros
- Cinta métrica de 30 metros de longitud
- Plomada, estacas, pintura y clavos

3.2.2. Altimetría

La altimetría estudia los métodos y procedimientos para la construcción a escala de la altura de un punto respecto a un plano de referencia dando una representación en relieve de un terreno.

Para el proyecto de alcantarillado fue necesario realizar un levantamiento topográfico para determinar el perfil del terreno, además por ser un proyecto de drenajes se necesitó tomar las medidas con una precisión de 00°00'05".

Para el levantamiento se utilizó el equipo de topografía siguiente:

- Nivel de precisión marca SOUTH
- Tripode de metal
- Estadal marca MYZOX de 5 metros
- Cinta métrica de 30 metros
- Estacas, pintura y clavos

3.3. Descripción del sistema a utilizar

Para el proyecto se utilizará el sistema de alcantarillado sanitario que se describe como una red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales de una determinada población (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños al medio ambiente.

3.4. Partes de un alcantarillado sanitario

Un alcantarillado sanitario se compone de diferentes partes para su óptimo funcionamiento, a estas partes se les conoce como obras de arte en alcantarillados sanitarios y su función es verificar que el sistema funcione correctamente. A continuación, se hace una pequeña descripción de cada una de estas.

3.4.1. Candelas domiciliarias

Las candelas domiciliarias comunican una vivienda con el sistema de alcantarillado sanitario. Se trata de un tubo colocado en forma vertical que por lo general se construye de concreto con un diámetro mínimo de 12" y altura variable. Funciona como un pozo de visita pequeño el cual en el fondo tendrá un espacio de 5 centímetros que formará una pequeña laguna de agua y al mismo tiempo un desarenador que permitirá que el flujo no dañe la base y los sólidos de tamaño considerable no dañen ni obstruyan la tubería.

Además, debe contar con una pendiente en el fondo entre la entrada y la salida del caudal y deberá estar sellada con una tapadera de concreto para inspecciones y mantenimiento.

3.4.2. Conexiones domiciliarias

Se les llama conexiones domiciliarias los conductos subterráneos que llevan las aguas servidas desde la candela domiciliar de la vivienda edificio o comercio hacia los colectores primarios o secundarios.

Usualmente se utiliza un mínimo de 6" de diámetro para sistemas de tubería de PVC con una pendiente mínima de 2 %, para mejor flujo del caudal formando un ángulo de 45° con respecto a la línea central. El tubo de la conexión que sale de la candela domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal. Para efectos de diseño de este proyecto las conexiones domiciliarias cuentan con los parámetros mencionados.

3.4.3. Colectores

Los colectores representan a los conductos subterráneos del alcantarillado público a los cuales llegan las aguas servidas por medio de las conexiones domiciliarias. Generalmente se construyen debajo del nivel en medio de las calles donde se les facilita a las viviendas conectarse para evacuar adecuadamente las aguas residuales.

Los colectores pueden clasificarse en:

- Colector principal: son sucesiones de tramos que siguen la dirección de los caudales más grandes a partir de la descarga de las conexiones domiciliarias.
- Colector secundario: siguen la dirección de los mayores caudales a partir del colector principal.

3.4.4. Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras de forma cilíndrica de dimensiones variables que se construyen con el objetivo de conectar diferentes ramales de una red de alcantarillado sanitario, además también cumplen la función de tener un acceso en la parte superior para labores de limpieza, inspección y mantenimiento del sistema.

Su sección es circular y generalmente tienen un diámetro mínimo de 1,20 metros y la altura varía respecto a la pendiente del terreno y su conveniencia para transportar caudales por gravedad, sus paredes usualmente se construyen con mampostería de ladrillo cuyo fondo es una losa de concreto en donde se detalla una pendiente que conduce el agua desde la tubería de entrada hasta la tubería

de salida y la parte superior toma una forma de cono truncado con una tapadera que permite el acceso a su interior usualmente de 60 centímetros de diámetro.

3.5. Período de diseño

El período de diseño para el proyecto de alcantarillado sanitario será de 35 años tomando en cuenta 30 años del promedio de la vida útil de los materiales utilizados, el entorno del lugar y parámetros que exige la normativa del instituto de fomento municipal. Y 5 años adicionales para cuestiones de planificación y construcción de la obra en la Municipalidad de San Antonio Suchitepéquez.

3.6. Población futura

Es la población que se beneficiará del proyecto durante el periodo de diseño y que será establecida tomando en cuenta la población actual del lugar, haciendo una estimación de cuantas personas habrán después de determinado tiempo.

Los métodos estadísticos más utilizados para la estimación de la población futura en el diseño de una obra de ingeniería sanitaria, se pueden clasificar en analíticos y gráficos. Los métodos analíticos han sido los más precisos por lo que se utilizará el método de incremento geométrico.

$$P = P_0 * (1 + r)^n$$

Pf = población futura

P₀ = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = años transcurridos

3.7. Determinación de caudales

A continuación, se presenta la forma en que se determinarán los caudales que se utilizarán en el proceso de diseño, tomando en cuenta que se trata de una ampliación de alcantarillado sanitario por lo tanto el caudal principal de diseño deberá sumarse al caudal existente.

3.7.1. Población tributaria

Es la población futura que se utilizará para fines de diseño. Sustituyendo valores en la ecuación del método geométrico y según los datos obtenidos por el instituto nacional de estadística (INE) de las poblaciones en San Antonio Suchitepéquez en los años 2008 y 2013 obtenemos la población que tributará caudales al sistema al final del periodo de diseño:

$$P = P_0 * (1 + r)^n$$

$$r = (P_f/P_0)^{1/n} - 1$$

$$\text{Poblacion en 2 008} = 45\ 560 \text{ hab}$$

$$\text{Poblacion en 2 013} = 50\ 279 \text{ hab}$$

$$r = \left(\left(\frac{50,279}{45,560} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right) * 100 = 1,99 \%$$

$$r = 1,99 \%$$

$$P_0 = 6 \frac{\text{hab}}{\text{lote}} * 567 \text{ lotes (según municipalidad)} = 3\ 402 \text{ habitantes}$$

$$n = 35 \text{ años}$$

$$P_f = 3\ 402 * (1 + 0,0199)^{35} = 6\ 780,31$$

$$P_f = 6\ 781 \text{ habitantes}$$

Sin embargo, esta población futura está estimada para el caudal de diseño que se acumula al principio de este diseño. Para la ampliación y la población total a servir se sumará la siguiente población futura:

$$P_0 = 6 \frac{\text{hab}}{\text{lote}} * 286 \text{ lotes} = 1\,716 \text{ habitantes}$$

$$n = 35 \text{ años}$$

$$P_f = 1\,716 * (1 + 0,0199)^{35} = 3\,420,05$$

$$P_f = 3\,421 \text{ habitantes}$$

Sumando ambas poblaciones podemos estimar la población total actual y futura a servir en el diseño del alcantarillado sanitario.

$$P_0 = 3\,402 + 1\,716 = 5\,118 \text{ habitantes}$$

$$P_f = 6\,781 + 3\,421 = 10\,202 \text{ habitantes}$$

3.7.2. Dotación de agua

La dotación representa la cantidad de agua que se le asigna a una persona para satisfacer sus necesidades diarias, se expresa en litros por habitante al día (lts/hab/día).

Los factores que se consideran para la dotación de agua son: clima, nivel de vida, actividad, productividad, abastecimiento privado y servicios comunales o públicos.

La dotación que se tomó es de 200 lt/hab/día, de acuerdo a lo que indica el instituto de fomento municipal como mínimo.

3.7.3. Factor de retorno

En el consumo de agua diaria existe un porcentaje de agua que no va directo al alcantarillado sanitario debido a usos como riego de jardín, que se infiltra en el subsuelo y va directo a los acuíferos subterráneos, lavado de ropa, en el cual el agua se evapora al momento de secar la ropa, esto entre otros factores como el clima, en el cual el consumo es mayor en zonas cálidas y menor en zonas frías.

Para este caso se considerará un factor de retorno de 85 % por efectos de clima cálido que existe en el municipio y considerando la poca infiltración de agua en un área urbana.

3.7.4. Caudal sanitario

Es el caudal que representa la suma de todos los caudales existentes en las lotificaciones donde se realizará el alcantarillado sanitario y cada uno de estos caudales tiene una manera diferente de ser calculados.

El caudal sanitario se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_{San} = Q_{Dom} + Q_{Com+Ind} + Q_{CI} + Q_{Inf}$$

Donde:

Q_{San} = caudal sanitario

Q_{Dom} = caudal domiciliar

$Q_{Com+Ind}$ = caudal comercial más caudal industrial

Q_{CI} = caudal de conexiones ilícitas

Q_{Inf} = caudal de infiltración

Como observación el caudal sanitario debe ser menor al caudal generado cuando la sección transversal de la tubería a utilizar este llena, para esto el tirante de agua deberá ser menor al 75 % del diámetro de la tubería.

3.7.4.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar se refiere al agua que ha sido utilizada por las personas para labores domésticas en un hogar promedio, esta es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado.

El agua de desechos domiciliarios está directamente relacionada con la dotación del suministro de agua potable y el número de habitantes, pero existe un porcentaje del agua que ingresa que no es conducida hacia la red de alcantarillado sanitario (véase 3.7.2. Factor de retorno), todo esto dividido por los segundos que tiene un día para dejar el caudal en litros por segundo, por lo tanto, la ecuación de caudal domiciliar queda como:

$$Q_{\text{Dom}} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. de habitantes} * \text{Factor de Retorno}}{86\ 400 \text{ segundos}}$$

Datos:

Dotación = 200 lt/hab/día

No. de habitantes = 6 781 habitantes

Factor de retorno = 85 %

Sustituyendo las incógnitas anteriormente vistas tenemos que el caudal domiciliar es igual a:

$$Q_{\text{Dom}} = \frac{200 \text{ lts/hab/día} * 6781 \text{ hab} * 0,85}{86\ 400 \text{ segundos}} = 13,34$$

$$Q_{Dom} = 13,34 \text{ lt/seg}$$

3.7.4.2. Caudal comercial más caudal industrial

Se refiere a todos los caudales que provienen de establecimientos dedicados al comercio tales como; restaurantes, locales de espectáculo, centros de salud, tiendas, entre otras.

Para este caso se tomó en cuenta que la 5ta. avenida de la zona 1 del municipio de San Antonio Suchitepéquez es un sector que tiene varios establecimientos de venta que se describe en la Tabla XIII y según el reglamento para presentación de proyectos de agua potable de la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), el caudal comercial se pudo determinar de la forma siguiente:

Tabla XIII. **Cálculo del caudal comercial**

No.	Comercio	Unidad		Subtotal		Dotación		Caudal total	
7	Ventas de comida	10	sillas/venta de comida	70	sillas	70	lts/día/silla	4900	lts/día
4	Bares	60	m2/bar	240	m ²	40	lts/día-m2	9600	lts/día
1	Colegio	600	alumnos/colegio	600	alumnos	40	lts/día/alumno	24 000	lts/día
4	Clínicas medicas	3	camas/clínica	12	camas	600	lts/día/cama	7 200	lts/día
3	Clínicas dentales	1	clínica/clínica	3	clínicas	1 000	lts/día/clínica	3 000	lts/día
1	Clínica veterinaria	1	consultor/veterinaria	1	consultor	500	lts/día/consultor	500	lts/día
12	Tiendas	20	m2/tienda	240	m ²	10	lts/día-m2	2 400	lts/día
Total								51 600	lts/día

Fuente: elaboración propia.

Realizando la conversión se obtiene el caudal comercial en litros por segundo:

$$51\ 600 \frac{\text{lt}}{\text{día}} * \frac{1\text{día}}{86\ 400\text{seg}} = 0,5972 \text{ lts/seg}$$
$$Q_{\text{Com}} = 0,60 \text{ lt/seg}$$

3.7.4.3. Caudal conexiones ilícitas

Se le conoce como conexiones ilícitas a las tuberías que conducen agua pluvial al sistema de alcantarillado que son instaladas en las residencias por los pobladores. El cálculo de este caudal es importante ya que suele ser significativo en las consideraciones de diseño por ello existen varios métodos para calcularlo, pero para este caso se utilizará el método racional.

- Método racional

Este método puede utilizarse para calcular el caudal de conexiones ilícitas tomando factores como la dimensión aproximada de los lotes para establecer un promedio de áreas techadas y patios, la intensidad de lluvia en el lugar y un coeficiente de escorrentía que es tomado dependiendo de las dimensiones del área a drenar dando como resultado un caudal en metros cúbicos por segundo. Además, se puede estimar un porcentaje de las viviendas de la localidad que pueden realizar estas conexiones de forma ilícita, siendo este de 0,5 % a 2,5 % de las viviendas.

$$Q_{\text{CI}} = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q_{CI} = caudal de conexiones ilicitas (m^3/seg)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia ($mm/hora$)

A = área de viviendas a utilizar (hectareas)

El coeficiente de escorrentía se calcula sumando los coeficientes de escorrentía que se aplica a un área específica donde caerá el agua de lluvia dividido por el área total.

$$C = \frac{C_i * A_i + C_{ii} + A_{ii} + \dots C_n * A_n}{A_T}$$

Donde:

C_i = coeficiente de escorrentía del area a evaluar

A_i = área a evaluar

Debido a que existe un coeficiente de escorrentía para techos de 0,80 y un coeficiente para patios de 0,40 que es lo que conforma el área de un lote de vivienda de $100 m^2$ aproximadamente y teniendo en cuenta un 80 % de área de techo ($80 m^2$) y un 20 % de área de patio ($20 m^2$).

$$C = \frac{0,8 * 80 m^2 + 0,4 * 20 m^2}{100 m^2}$$
$$C = 0,72$$

Según la página web del INSIVUMEH en la sección de hidrología, atlas hidrológico, se pudo determinar que la intensidad de lluvia en la región con una duración de 20 minutos y un periodo de retorno de 30 años es:

$$I = 120 \text{ mm/hr}$$

El área promedio de vivienda es de un lote de 100 m² (8 m x 12,5 m) y el número de viviendas es 567 y suponiendo que un 0,5 % de estas viviendas conectan su tubería de alcantarillado al agua pluvial obtenemos que:

$$A = (567 * 0,005) * 100 \text{ m}^2$$

$$A = 283,5 \text{ m}^2 * \frac{1 \text{ ha}}{10,000 \text{ m}^2}$$

$$A = 0,028 \text{ ha}$$

Sustituyendo valores en la ecuación del método racional se puede determinar que el caudal de conexiones ilícitas es:

$$Q_{CI} = \frac{0,72 * 120 \text{ mm/hr} * 0,028 \text{ ha}}{360} * 1\,000 \text{ lts/m}^3 = 6,72 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{CI} = 6,72 \text{ lts/seg}$$

3.7.4.4. Caudal de infiltración

Este caudal depende de factores como la profundidad del nivel freático, la permeabilidad del terreno, la longitud de la tubería, el tipo de junta y la calidad de mano de obra, dividido por los segundos que posee un día, de este modo establecer el caudal en litros por segundo. La dotación de infiltración puede variar desde 12,000 lts/km/día y 15,000 lts/km/día. La ecuación que define el caudal de infiltración puede representarse en:

$$Q_{Inf} = \frac{F_{inf} * \left(\frac{\text{m de tubería} + \text{No. de casas} * 6\text{m}}{1\,000} \right)}{86\,400}$$

Datos:

m de tubería = 985 m (aproximadamente)

No. de casas = 567 casas

Finf = 13 000 lts/km/día

Sustituyendo valores obtenemos:

$$Q_{Inf} = \frac{13\,000 \text{ lts/km/día} * \left(\frac{985 \text{ m} + (567 * 6\text{m})}{1\,000}\right)}{86\,400} = 0,66008 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{Inf} = 0,66 \text{ lt/seg}$$

Tomando los valores de los caudales obtenidos anteriormente, se puede determinar el caudal sanitario:

$$Q_{San} = 13,34 \text{ lt/seg} + 0,60 \text{ lt/seg} + 0,66 \text{ lt/seg} + 6,72 \text{ lt/seg} = 21,32 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{San} = 21,32 \text{ lt/seg}$$

3.7.5. Factor caudal medio

Es el factor que se obtiene de la relación entre el caudal sanitario o caudal medio, como suele llamarse también, y la población tributaria es decir la población futura que fue estimada para efectos de diseño. Este factor debe estar dentro de 0,002 y 0,005 según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), de lo contrario se debe aproximar al valor más cercano.

$$fqm = \frac{Q_{San}}{P}$$

$$fqm = \frac{20,31 \text{ lts/seg}}{6\,781 \text{ habitantes}} = 0,002995 \text{ lts/seg/habitantes}$$

$$fqm = 0,002995$$

3.7.6. Factor de Harmond

También llamado flujo instantáneo, es un factor de seguridad que incrementa el caudal de diseño debido a la posibilidad que en un determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, lo que provocaría un congestionamiento del flujo de agua. Se obtiene de una ecuación que involucra únicamente la población tributaria:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P/1\,000}}{4 + \sqrt{P/1\,000}}$$
$$FH = \frac{18 + \sqrt{6\,781/1\,000}}{4 + \sqrt{6\,781/1\,000}} = \frac{20,60}{6,60} = 3,12$$
$$FH = 3,12$$

3.7.7. Caudal de diseño

Es el caudal que se utilizará para efectos del diseño del sistema de alcantarillado expresado en litros por segundo. Se obtiene del producto entre el factor de Harmond, el factor de caudal medio y el número de habitantes a servir, como se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{Dis} = FH * fqm * \text{No. de hab}$$
$$Q_{Dis} = 3,12 * 0,0029 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 6\,781 \text{ habitantes} = 61,35 \text{ lts/seg}$$
$$Q_{Dis} = 61,35 \text{ lts/seg}$$

3.8. Fundamentos hidráulicos

En la realización del diseño de un alcantarillado sanitario por gravedad se realiza un cálculo de las tuberías, que trabajan a sección parcialmente llena, principalmente en los datos de velocidad, pendiente, diámetro, etc. para obtener un caudal óptimo que se encuentren dentro de los parámetros establecidos por INFOM, para esto se utiliza una ecuación que involucra tablas de relaciones hidráulicas ya establecidas por estudios anteriores, a esta ecuación se le conoce como la ecuación de Manning.

3.8.1. Ecuación de Manning

Se trata de una ecuación para el cálculo de velocidad del flujo de agua en canales, en este caso para tuberías de secciones parcialmente llenas. La ecuación se define de la siguiente manera:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad del flujo (m/s)

D = diámetro de la tubería (pulg)

S = pendiente del terreno

n = coeficiente de rugosidad

3.9. Parámetros de diseño hidráulico

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para el diseño hidráulico.

3.9.1. Coeficiente de rugosidad

Este valor dependerá del tipo de tubería a utilizar en el diseño, esto es debido a que existe un coeficiente de rugosidad para cada tipo de material. Los valores más utilizados son para materiales descritos en la siguiente tabla:

Tabla XIV. Valores de rugosidad más utilizados

Material	n
Tubo de concreto < 24"	0,015
Tubo de concreto > 24"	0,013
PVC	0,009
Tubo de metal corrugado	0,021

Fuente: CABRERA RIÉPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 9.

3.9.2. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro y tipo de la tubería a utilizar. Según INFOM existe un rango de velocidad del flujo a tomar en cuenta en cualquier diseño de alcantarillado sanitario por gravedad, esto se debe a que una velocidad muy pequeña no es suficiente para arrastrar materias orgánicas e inorgánicas que se sedimentan debido al efecto de estancamiento provocando así posibles taponamientos en la tubería. En el caso de una velocidad muy alta podría provocar efectos de erosión con la existencia de materiales abrasivos como la arena dando como resultado un desgaste en el interior de la tubería.

Según las especificaciones reguladas por el INFOM 2001 edición 2009 la velocidad debe estar dentro del siguiente rango:

Tabla XV. **Rango de velocidades**

Mínimo	Máximo
0,6 m/s	2,5 m/s

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*.
p. 16.

3.9.3. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo de las tuberías a utilizar en el diseño de alcantarillados sanitarios, según las especificaciones del INFOM 2001 edición 2009, será de 8” para tubos de concreto y 6” para tubos de PVC.

3.9.4. Ancho de zanja

El ancho de zanja es el que define el volumen de excavación y está determinado por el espacio mínimo que debe tener un operario para permitir un correcto acomodo de la tubería. Para obtener un ancho constante en la excavación es recomendable utilizar una retroexcavadora con cucharón pequeño especial para excavación de zanjas.

En la siguiente tabla se presentan los anchos mínimos de zanjas recomendados para diferentes diámetros de tubería y para suelos estables.

Tabla XVI. **Anchos mínimos de zanja según diámetro de tubería**

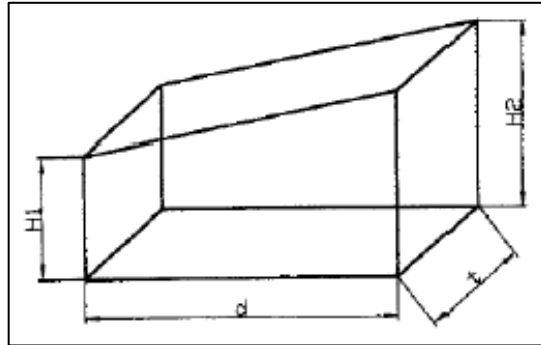
Diámetro nominal		Ancho de zanja	
mm	pulg	metros	pulg
100	4	0,5	20
150	6	0,55	22
200	8	0,62	24
250	10	0,67	26
300	12	0,75	28
375	15	0,80	32
450	18	0,90	36
600	24	1,10	44
675	27	1,16	46
750	30	1,25	48
825	33	1,35	50
900	36	1,45	54
1 000	42	1,55	60
1 200	48	1,80	66

Fuente: TUBOSISTEMAS. *Manual de diseño NOVAFORT y NOVALOC*. p. 31.

3.9.5. Volumen de excavación

Es el volumen de tierra que se extrae para una adecuada instalación de la tubería, este puede ser aproximadamente calculado tomando en cuenta las profundidades de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de zanja, de esta forma obteniendo un prisma como en la siguiente imagen:

Figura 17. **Volumen aproximado de excavación**



Fuente: CONTRERAS, Joan. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala.* p. 22.

De la figura 17 se puede obtener la siguiente ecuación para el volumen de excavación:

$$\text{Vol} = ((H_1 + H_2)/2) * d * t$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m³)

H₁ = profundidad del primer pozo (m)

H₂ = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre los pozos (m)

t = ancho de zanja (m)

3.9.6. **Carga de velocidad**

Es la diferencia como mínimo entre la cota invert de la tubería que entra y la cota invert de la tubería que sale de un pozo de visita en el tubo de salida según especificaciones de INFOM. Cuando el tubo de entrada y el de salida son

del mismo diámetro y están en línea recta se omite este procedimiento por lo que las tuberías se instalan según la pendiente.

$$h_v = \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

h_v = carga de velocidad (m)

v = velocidad en el tramo correspondiente (m/s)

g = gravedad (9,8 m/s²)

3.10. Ubicación de pozos de visita

Según especificaciones del INFOM 2001, edición 2009 en sus normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios, se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro de la tubería.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24".
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias menores 100 metros en línea recta en diámetros hasta 24".
- A distancias menores de 300 metros en diámetros superiores a 24".

3.11. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de un pozo de visita al inicio de un tramo va a depender de la cota invert de salida y del diámetro de la tubería, teniendo como mínimo 1

metro de profundidad desde el coronamiento del tubo con respecto a la superficie del terreno. La profundidad se puede expresar como:

$$PPV = \text{Cota del terreno} - \text{cota invert salida}$$

Donde:

PPV = Profundidad de pozo de visita (m)

Por efectos de diseño la profundidad máxima resulto ser de 5,37 metros mientras que la mínima de 1,15 metros de profundidad.

3.12. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se trabajó en una hoja de Excel, cada tramo se diseñó cumpliendo con los parámetros establecidos anteriormente en 3,9 y también con otras especificaciones del INFOM 2001, edición 2009.

3.13. Ejemplo de diseño de un tramo

A continuación, se presenta el procedimiento seguido para la realización del diseño de la ampliación de alcantarillado sanitario en San Antonio Suchitepéquez, tomando como referencia solamente el diseño del primer tramo.

Debe tomarse en cuenta que por tratarse de una ampliación ya existe un caudal acumulado en el primer tramo lo que indica que la profundidad el pozo se eleva y junto con el diámetro de la tubería.

- Diseño del tramo PV1 a PV2

Datos iniciales:

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario por gravedad
Período de diseño	35 años
Población actual	5 118 habitantes
Población de diseño	9 428 habitantes
Tasa de crecimiento	1,99%
Tipo de tubería	PVC Novafort, según ASTM F-949
Conexión domiciliar	Diámetro 4" pendiente mínima de 2%
Dotación	200 lt/hab/día
Tráfico	Normal
Factor de retorno	0,85
Densidad de vivienda	6 hab/lote
Factor de rugosidad	0,010 (según INFOM)
Caudal acumulado para la ampliación	63,17 lt/seg
Distancia	87,88 m
Cota del terreno inicial	391,00 msnm
Cota terreno inicial	388,19 msnm
No viviendas	22
Viviendas acumuladas	22

- Pendiente del terreno:

$$S_{\text{terreno}} = \left(\frac{CT_{\text{inicial}} - CT_{\text{final}}}{\text{Distancia}} \right) * 100$$
$$S_{\text{terreno}} = \left(\frac{391,00 - 388,19}{87,88} \right) * 100 = 3,20 \%$$

- Habitantes acumulados futuros:

$$P_f = P_0(1 + r)^n$$

$$P_f = (22 * 6)(1 + 0,0199)^{31} = 244 \text{ habitantes}$$

- Número de conexiones futuras (n):

$$n = \frac{P_f}{\text{Densidad de vivienda}}$$

$$n = \frac{200 \text{ hab}}{6 \text{ habs/lote}} = 41 \text{ conexiones futuras}$$

- Caudal domiciliar:

- Para $n < 100$:

$$Q_{\text{dom}} = (0,45 * (n - 1)^{0,5})$$

- Para $100 < n < 1000$:

$$Q_{\text{dom}} = \left(0,75 * n * 6 * \left(\frac{200}{86\ 400} \right) \right) * \left(\frac{18 + (n * 0,006)^{0,5}}{4 + (n * 0,006)^{0,5}} \right)$$

- Para $n > 1000$:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{n * 6 * 200 * 2,5}{86\ 400}$$

En este caso $n = 48$

$$Q_{\text{dom}} = (0,45 * (41 - 1)^{0,5}) = 2,84 \text{ lts/seg}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{\text{CI}} = 0,10 * Q_{\text{dom}}$$

$$Q_{\text{CI}} = 0,10 * 2,84 = 0,284 \text{ lts/seg}$$

- Caudal de infiltración

- Para tuberías sobre el nivel freático:

- Tuberías de concreto: $Q_{\text{Inf}} = 0,025 * \text{Diametro en pulgadas}$

- Tuberías de PVC: $Q_{\text{Inf}} = 0,010 * \text{Diametro en pulgadas}$

- Para tuberías debajo del nivel freático:

- Tuberías de concreto: $Q_{\text{Inf}} = 0,15 * \text{Diametro en pulgadas}$

- Tuberías de PVC: $Q_{\text{Inf}} = 0,02 * \text{Diametro en pulgadas}$

- Para este caso la tubería esta sobre el nivel freático y es de PVC:

$$Q_{\text{Inf}} = 0,010 * 10'' = 0,1 \text{ lt/seg}$$

- Caudal de diseño (futuro)

$$Q_{\text{dis}} = (Q_{\text{dom}} + Q_{\text{CI}} + Q_{\text{Inf}})$$

$$Q_{\text{dis}} = (2,84 + 0,28 + 0,1) = 3,22 \text{ lt/seg}$$

Sumando el caudal acumulado para la ampliación:

$$Q_{\text{dis}} = (63,17 + 3,22) = 66,40 \text{ lt/seg}$$

- Pendiente propuesta

$$S = 2\%$$

- Diámetro propuesto

$$\phi = 10''$$

- Velocidad y caudal a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (10)^{2/3} * (0,02)^{1/2}}{0,010} = 2,23 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A = V * \left(\frac{\pi}{4} * \phi^2\right) = 2,23 * \left(\frac{\pi}{4} * (10 * 0,0254)^2\right) = 109,23 \text{ lts/seg}$$

- Relaciones hidráulicas según tablas en anexo

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{66,40}{109,23}\right) = 0,6047$$

$$\frac{d}{D} = 0,25 < 0,74 \text{ dentro de los parámetros}$$

$$\frac{v}{V} = 1,05$$

- Velocidad de flujo

$$v = 1,05 * 2,23 = 2,34 \text{ m/s}$$

$$0,6 \text{ m/s} < 2,34 \text{ m/s} < 2,5 \text{ m/s} \text{ dentro de los parámetros}$$

- Cotas invert

$$\text{CIS} = \text{Cota de terreno inicial} - \text{Altura de pozo}$$

$$\text{CIS} = 391,00 - 2,62 = 388,35 \text{ m}$$

$$\text{CIE} = \text{CIS} - ((Dh - \text{Diametro de pozo}) * \text{Pendiente de tubería})$$

$$\text{CIE} = 388,35 - ((87,88 - 1,2) * 0,02) = 386,62 \text{ m}$$

- Profundidad de pozos de visita

La profundidad del PV1 aumentó debido a que la altura mínima desde el coronamiento de la tubería a la cota del terreno es de 1 metro por lo que se tuvo que profundizar más para obtener este resultado para no afectar el diámetro de la tubería y la velocidad de diseño ya que el caudal acumulado para la ampliación ya era lo suficientemente grande.

$$\text{PPV1} = \text{Cota terreno inicial} - \text{CIS}$$

$$\text{PPV1} = 391,00 - 388,35 = 2,65 \text{ m}$$

$$\text{PPV2} = \text{Cota terreno final} - \text{CIE}$$

$$\text{PPV2} = 388,19 - 386,62 = 1,57 \text{ m}$$

Debido a un cambio de diámetro de la tubería se procede a sacar la carga de velocidad en el siguiente tramo la cual da como resultado 0,10 m, este valor se sumó a la altura final del PV2 dando como resultado:

$$\text{PPV2} = 1,57 + 0,10 = 1,67 \text{ m} = 1,70 \text{ m (redondeando)}$$

- Volumen de excavación

El ancho de zanja mínimo para el diámetro de tubería a utilizar en la instalación es de 0,67 según Tabla XVI. Para efectos de construcción se utilizará 0,70.

$$\text{Vol} = \frac{(2,65 + 1,70)}{2} * 87,88 * 0,70 = 133,80 \text{ m}^3$$

3.14. Tratamiento

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) por medio del acuerdo gubernativo 232-2006, todo sistema de alcantarillado sanitario debe tener un tratamiento previo a la descarga final a un sistema hídrico natural.

Por lo tanto, en este proyecto se le propone a un ingeniero sanitaria realizar un tratamiento completo a las aguas residuales a través del diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales para que luego estas puedan tener un destino libre de contaminación hacia su desfogue en el río Las Vacas.

Para los tramos 2 y 4 se propone el diseño de una fosa séptica para cada tramo, debido a que son los únicos tramos que no conducen las aguas residuales al colector principal.

3.14.1. Ubicación

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) debe estar ubicado en la zona más baja del sistema de alcantarillado, en este caso estará ubicada a 5,65 m del ultimo pozo de visita el cual es el punto más bajo medido al momento de realizar la topografía. Además, la municipalidad de San Antonio Suchitepéquez optó por la adquisición de un terreno de 873,62 m² en esta ubicación.

Las fosas sépticas de los tramos 2 y 4 se ubican al final de los pozos de visita correspondientes.

3.14.2. Diseño de fosas sépticas

Una fosa séptica o tanque séptico se trata de un tanque hermético de dimensiones variables que es diseñado para el tratamiento de aguas residuales. Básicamente retienen el agua residual por un periodo lo suficientemente prolongado para permitir que las partículas suspendidas en el líquido sean separadas.

Estas partículas formarán una capa flotante de espuma en la parte superior del tanque si su densidad es menor que el fluido que las transporta como las grasas, espumas, aceites entre otras, y se sedimentaran en el fondo del tanque formando una capa de lodos si su densidad es mayor que el fluido. De esta manera se forman tres diferentes zonas dentro del tanque: la zona inferior, la zona intermedia y la zona superior.

Al proceso de separación de las partículas se le conoce como proceso de descomposición anaeróbica el cual es una transformación físico-químico de la materia que permite la descomposición de las partículas orgánicas en sustancias más simples y estables como dióxido de carbono (CO_2) o metano (CH_4) mediante la acción de bacterias anaeróbicas que pueden realizar su metabolismo sin la necesidad de oxígeno. Este proceso toma lugar en la zona intermedia del tanque.

Luego de cierto periodo de tiempo, la acumulación de lodos y natas llega a ser lo suficientemente grande para reducir la capacidad volumétrica efectiva del tanque. Por lo que es conveniente darle un mantenimiento periódico adecuado el cual se definirá en la sección 3.15.

A continuación, se diseñarán dos fosas sépticas para los tramos 2 y 4 respectivamente debido a que estos tramos no conducen al colector principal que

lleva a la disposición final. Estos tramos a su vez conducen a un zanjón donde pueden ser desalojadas las aguas residuales después de ser tratadas por la fosa séptica.

Para el diseño de la fosa séptica del tramo 2 se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tiempo de retención	Tr = 0,5 días (12 hrs)
Tasa de acumulación de lodos	TAL = 50 lts/hab/año
Periodo de limpieza	PL = 1 año (12 meses)
Población a servir	Pob = 96 hab
Dotación	200 lts/hab/día

- Volumen de fosa séptica:

$$\text{Vol}_{fs} = \text{Vol}_s + \text{Vol}_d$$

Donde:

Vol_{fs} = volumen de fosa septica (m^3)

Vol_s = volumen de sedimentación (m^3)

Vol_d = volumen de lodos (m^3)

- Caudal aportado:

$$Q = \text{Dotación} * \text{FR} * \text{hab} = \frac{200 * 0,85 * 96}{1\ 000} = 16,32 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen de sedimentación:

$$\text{Vol}_s = Q * \text{Tr} = 16,32 * 0,5 = 8,16 \text{ m}^3$$

- Volumen de lodos:

$$\begin{aligned} \text{Vol}_d &= \text{Pob} * \text{TAL} * \text{PL} \\ \text{Vol}_d &= \frac{(96 * 50 * 1)}{1\ 000} = 4,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volumen total de fosa séptica:

$$\text{Vol}_{fs} = 8,16 + 4,8 = 12,96 \text{ m}^3$$

A continuación, se calculan las dimensiones de una fosa séptica de modo que soporte el volumen requerido:

Volumen requerido Vol = 12,96 m³

Profundidad propuesta de fosa séptica H_{fs} = 1,8 m

Dimensiones:

- Área superficial:

$$A_s = \frac{12,96 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m}} = 7,2 \text{ m}^2$$

- Profundidad máxima espuma sumergida:

$$H_e = \frac{0,6}{A_s} = \frac{0,6}{7,2} = 0,083 \text{ m}$$

- Profundidad libre de lodo:

$$H_o = 0,30 \text{ m (mínimo)}$$

- Profundidad de sedimentación:

$$H_s = \frac{Vol_s}{A_s} = \frac{8,16 \text{ m}^3}{7,2 \text{ m}^2} = 1,13 \text{ m}$$

- Profundidad de espacio libre:

$$H_{\text{libre}} = \text{el mayor entre } H_s \text{ y } (H_o + 0,1)$$

$$H_o + 0,1 = 0,40 \text{ m}$$

$$H_s = 1,13 \text{ m}$$

$$H_{\text{libre}} = 1,13 \text{ m}$$

- Profundidad y digestión de almacenamiento de lodos:

$$H_d = \frac{Vol_d}{A_s} = \frac{4,8 \text{ m}^3}{7,2 \text{ m}^2} = 0,66 \text{ m}$$

- Profundidad efectiva:

$$H = H_e + H_{\text{libre}} + H_d = 0,083 + 1,13 + 0,66 = 1,87 \text{ m}$$

- Relación largo/ancho:

$$2 < \frac{\text{Largo}}{\text{ancho}} < 4$$

Para obtener un diseño óptimo que cumpla con la profundidad establecida y la relación largo/ancho para el volumen requerido se optó por una fosa séptica del tramo 2 con las siguientes dimensiones:

$$H = 2 \text{ m} \quad \text{Ancho} = 1,50 \text{ m} \quad \text{Largo} = 4,50 \text{ m}$$

Para el diseño de la fosa séptica del tramo 4 se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tiempo de retención	Tr = 0,5 días (12 hrs)
Tasa de acumulación de lodos	TAL = 50 lts/hab/año
Periodo de limpieza	PL = 1 año (12 meses)
Población a servir	Pob = 54 hab
Dotación	200 lts/hab/día

Volumen de fosa séptica:

- Caudal aportado:

$$Q = \text{Dotación} * FR * \text{hab} = \frac{200 * 0,85 * 54}{1\ 000} = 9,18 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen de sedimentación:

$$\text{Vol}_s = Q * \text{Tr} = 9,18 * 0,5 = 4,59 \text{ m}^3$$

- Volumen de lodos:

$$\text{Vol}_d = \text{Pob} * \text{TAL} * \text{PL}$$

$$\text{Vol}_d = \frac{(96 * 50 * 1)}{1000} = 2,7 \text{ m}^3$$

- Volumen total de fosa séptica:

$$\text{Vol}_{fs} = 4,59 + 2,7 = 7,29 \text{ m}^3$$

A continuación, se calculan las dimensiones de una fosa séptica de modo que soporte el volumen requerido:

Volumen requerido	$\text{Vol} = 7,29 \text{ m}^3$
Profundidad propuesta de fosa séptica	$H_{fs} = 1,8 \text{ m}$

Dimensiones

- Área superficial:

$$A_s = \frac{7,29 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m}} = 4,05 \text{ m}^2$$

- Profundidad máxima espuma sumergida:

$$H_e = \frac{0,6}{A_s} = \frac{0,6}{4,05} = 0,15 \text{ m}$$

- Profundidad libre de lodo:

$$H_o = 0,30 \text{ m (mínimo)}$$

- Profundidad de sedimentación:

$$H_s = \frac{V_s}{A_s} = \frac{4,59 \text{ m}^3}{4,05 \text{ m}^2} = 1,13 \text{ m}$$

- Profundidad de espacio libre:

$$H_{\text{libre}} = \text{el mayor entre } H_s \text{ y } (H_o + 0,1)$$

$$H_o + 0,1 = 0,40 \text{ m}$$

$$H_s = 1,13 \text{ m}$$

$$H_{\text{libre}} = 1,13 \text{ m}$$

- Profundidad y digestión de almacenamiento de lodos:

$$H_d = \frac{\text{Vol}_d}{A_s} = \frac{2,7 \text{ m}^3}{4,05 \text{ m}^2} = 0,67 \text{ m}$$

- Profundidad efectiva:

$$H = H_e + H_{\text{libre}} + H_d = 0,15 + 1,13 + 0,67 = 1,95 \text{ m}$$

- Relación largo/ancho:

$$2 < \frac{\text{Largo}}{\text{ancho}} < 4$$

Para obtener un diseño óptimo que cumpla con la profundidad establecida y la relación largo/ancho para el volumen requerido se optó por una fosa séptica del tramo 4 con las siguientes dimensiones:

$$H = 2 \text{ m} \text{ Ancho} = 1,50 \text{ m} \text{ Largo} = 3,50 \text{ m}$$

3.15. Administración, operación y mantenimiento

El sistema trabaja por gravedad y no requiere una operación en específico, sin embargo, si debe contemplarse la limpieza y revisión de la tubería y pozos de visita una vez al año como mínimo, así como también el mantenimiento del sistema de fosas sépticas implementadas, administradas por la municipalidad de San Antonio Suchitepéquez.

El mantenimiento de la fosa séptica implica que se efectúen trabajos de inspección y limpieza. Al momento de la inspección es muy importante que el operario primero abra cuidadosamente la tapa de registro del lado del deflector de salida debido a que los gases que emanan pueden llegar a ser tóxicos si se aspiran y de este lado de la fosa séptica se encuentran acumulados en menor cantidad, luego se abre la tapa que se encuentra del lado del deflector de entrada teniendo el mismo cuidado, de esta manera se hace una inspección más completa. Una vez levantadas las tapas se debe esperar unos 5 minutos para que los gases tóxicos e inflamables puedan escapar y no generen peligro a los operarios. Se revisa el tubo de entrada y se verifica que no haya natas acumuladas entre las paredes y el tabique difusor de entrada.

Al momento de efectuar la limpieza se deben de considerar los siguientes pasos:

- Es recomendable contar con un equipo de bombeo y camión cisterna se introduce la manguera en la superficie donde se encuentran las natas acumuladas y se extraen para depositarlas en la cisterna. Se debe tener en cuenta que al llegar al volumen donde se encuentran los lodos estos deben extraerse dejando un residuo que será una capa aproximadamente de 5 cm, esto con el propósito de que se produzca la inoculación de las bacterias.
- Una vez vaciada la fosa séptica, se deberán revisar las bocas de entrada y salida, verificando que se encuentren completamente libres, teniendo en cuenta que la persona que se encargue de esta revisión haga uso de una mascarilla para no inhalar los gases remanentes.
- Una vez vaciada la fosa séptica, deberán colocarse nuevamente las tapas de registro, teniendo cuidado de que queden bien aseguradas y así evitar posibles fugas de olores o gases.
- El material retirado de una fosa séptica puede enterrarse en lugares deshabitados, preferiblemente fuera del perímetro urbano, en zanjas con un mínimo de 60 cm de profundidad.

3.16. Elaboración de planos

Los planos finales del diseño de la ampliación del alcantarillado sanitario de San Antonio Suchitepéquez se presentan en el apéndice y está conformado por:

- Planta de densidad de vivienda.
- Planta general.
- Perfil del tramo principal.

- Perfil tramos 2, 3 y 4.
- Detalle de pozos de visita.
- Detalle de fosas sépticas.

3.17. Elaboración de presupuesto

A continuación de la tabla XVII, se presenta el presupuesto de la ampliación del sistema de alcantarillado.

Tabla XVII. Presupuesto 2

PRESUPUESTO 2					
PROYECTO: Diseño de ampliación de sistema de alcantarillado San Antonio Suchitepéquez.					
CUADRO DE RENGLONES					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	PU	Total
1	PRELIMINARES				
1,1	Limpieza, chapeo y desmonte de áreas para F.S.	m ²	10,84	Q 4,56	Q 49,40
1,2	Levantamiento y colocación adoquín existente	m ²	555,57	Q 124,47	Q 69 150,09
1,3	Replanteo topográfico	km	1,27	Q 1 227,60	Q 1 559,26
2	COLECTOR PRINCIPAL DEL SISTEMA				
2,1	Excavación y relleno	m3	1768,31	Q 212,99	Q 376 640,83
2,2	Tubería de PVC de 6" NOVAFORT	Tubo	51	Q 1 752,21	Q 89 362,86
2,3	Tubería de PVC de 10" NOVAFORT	Tubo	15	Q 3 651,38	Q 54 770,68
2,4	Tubería de PVC de 12" NOVAFORT	Tubo	129	Q 4 559,46	Q 588 170,52
2,5	Tubería de PVC de 15" NOVAFORT	Tubo	17	Q 6 002,08	Q 102 035,32
3	POZOS DE VISITA				
3,1	Pozos de 1 a 2 m	Unidad	17	Q 9 767,53	Q 166 048,00
3,2	Pozos de 2 a 3 m	Unidad	7	Q 14 129,01	Q 98 903,04
4	FOSA SEPTICA TRAMO 2				
4,1	Columnas C-1	ml	8,8	Q 124,37	Q 1 094,44
4,2	Solera de remate	ml	12	Q 130,78	Q 1 569,38
4,3	Muros y cortina	m2	27	Q 105,86	Q 2 858,31
4,4	Losa	m2	6,75	Q 310,60	Q 2 096,52
4,5	Base	m2	6,75	Q 238,78	Q 1 611,74
4,6	Tubería	Global	1	Q 1 201,98	Q 1 201,98
4,7	Tapaderas	Unidad	2	Q 102,14	Q 204,29
5	FOSA SEPTICA TRAMO 4				
5,1	Columnas C-1	ml	9,6	Q 133,76	Q 1 284,13
5,2	Solera de remate	ml	10	Q 137,96	Q 1 379,64
5,3	Muros y cortina	m2	25	Q 105,86	Q 2 646,59
5,4	Losa	m2	5,25	Q 343,11	Q 1 801,33
5,5	Base	m2	5,25	Q 238,78	Q 1 253,58
5,6	Tubería	Global	1	Q 1 201,98	Q 1 201,98
5,7	Tapaderas	Unidad	2	Q 102,14	Q 204,29
				TOTAL	Q 1 567 098,21

Fuente: elaboración propia.

3.18. Evaluación socioeconómica

Cuando se desea invertir en un proyecto, se debe estimar su rentabilidad económica, para ello se debe calcular el valor actual neto (VAN), la inversión y la tasa interna de retorno (TIR).

3.18.1. Valor presente neto (VAN)

El valor presente neto se utiliza para evaluar alternativas mutuamente excluyentes, consiste en trasladar todo el flujo de efectivo a un presente y evaluar si se recupera la inversión o no, desde el punto de vista de lo rentable.

En este caso el valor presente neto negativo del proyecto está representado por Q. 1 567 098,21 (un millón quinientos sesenta y siete mil noventa y ocho quetzales con veintiuno centavos) y será la inversión social por parte de la Municipalidad de San Antonio Suchitepéquez, esto significa que la inversión no se recupera si no que representa un beneficio a la población en servicios básicos, por lo cual no se estipula ningún ingreso ni rentabilidad del proyecto.

3.18.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR mide la rentabilidad del proyecto y corresponde a la determinación de la tasa de interés que lleva a cero el valor actual neto del proyecto. Si la tasa resultante es mayor que los intereses pagados por el dinero invertido, el proyecto es conveniente. En caso contrario no conviene.

Se obtiene reintegrando todos los gastos realizados durante el proyecto. Para este caso la tasa del proyecto es negativa debido a que este no tiene utilidad

económica y solamente cumple con la función social para el desarrollo del municipio de San Antonio Suchitepéquez.

3.19. Evaluación de impacto ambiental

Para este caso se desglosarán los puntos más importantes que puedan ser perjudiciales para el medio ambiente con la ejecución del proyecto y sus respectivas medidas de mitigación.

- Emisión de gases tóxicos por el uso de la maquinaria en la construcción. Esto puede ser reducido en calidad de los gases teniendo al alcance maquinaria en buen estado y con el combustible adecuado a la hora de la ejecución del proyecto.
- Eliminación de la vegetación y reducción de la calidad del suelo en la realización del movimiento de tierras para la instalación de tuberías. La excavación e instalación de las tuberías se harán de forma precisa y cubriendo el material excavado si se está en temporada de lluvia, además contemplando un relleno y compactación de forma que vuelva a brotar la vegetación removida.
- Residuos de obra y del proceso constructivo. Se depositarán en lugares específicos para después ser transportados mediante un camión de carga hacia un lugar lejos del área urbana donde reciban un tratamiento adecuado.

- Desechos orgánicos e inorgánicos por parte de los trabajadores en horario laboral. Serán instalados baños portátiles y depósitos de basura en la obra para reducir la contaminación por desechos orgánicos e inorgánicos respectivamente producidos por los trabajadores al momento de la realización de la obra.

CONCLUSIONES

1. Se diseñaron satisfactoriamente los proyectos que ayudarán al desarrollo de la infraestructura del municipio de San Antonio Suchitepéquez. El servicio de agua potable que se le suministrará a la población del caserío Santa Rita Pachipá representa el avance que el municipio en el cuidado del medio ambiente, debido a que evitará la sobre explotación y contaminación de los acuíferos subterráneos, también mejorará las condiciones de vida de la comunidad. La conducción y tratamiento adecuado de las aguas servidas de una parte del casco urbano del municipio evitará la contaminación de las fuentes superficiales de agua como lo son los ríos y reducirá el riesgo de contraer enfermedades producidas por el consumo de agua contaminada.
2. Las normas establecidas en los criterios de diseño son base fundamental para el óptimo funcionamiento de los proyectos a realizar y constituye una parte obligatoria a cumplir en el momento de la ejecución de las obras.
3. Entre los aspectos más importantes a destacar en el municipio dentro del campo de salubridad se encuentra el problema de la proliferación de enfermedades causadas por el consumo de agua contaminada en varios sectores. Con el tratamiento de desinfección de agua en el sistema de abastecimiento se eliminan los microorganismos patógenos que representan un riesgo a la salud mediante el método de aplicación de cloro y sus derivados. Lo mismo sucede con el manejo adecuado de las aguas residuales, al momento de que estas tengan un tratamiento respectivo y

completo, el efluente final podrá ser descargado de nuevo a una masa de agua natural.

4. Todos los documentos y planos elaborados en este informe tienen como función ser una fuente de información para la debida ejecución de los proyectos respectivos teniendo información detallada que puede ser útil a largo plazo.

RECOMENDACIONES

1. Contar con los servicios de un fontanero. Este se encargará de diversas tareas entre ellas el uso correcto de la bomba sumergible, también será el encargado de maniobrar las válvulas, de la dosificación de cloro y la inspección del tanque elevado.
2. Tener en cuenta la presión del golpe de ariete que pueda generar la bomba sumergible, esta presión es evitada por el material de la tubería de la línea de impulsión que es de hierro galvanizado, pero es necesario revisar la presión antes de encender la bomba para evitar cualquier inconveniente.
3. Realizar la inspección del tanque elevado se debe de realizar con las medidas de seguridad correspondientes, el inspector deberá hacer uso de casco, guantes, chaleco y arnés.
4. Inspeccionar mediante los servicios de un fontanero especializado; los pozos de visita y de las fosas sépticas entre los tramos correspondientes.
5. Orientar al personal encargado del mantenimiento de las fosas sépticas en tomar las precauciones y medidas de seguridad correspondientes con respecto a la salida de los gases nocivos que puedan emanar al momento de retirar la tapadera de inspección.

BIBLIOGRAFÍA

1. AISC. *Manual of Steel Construction: Allowable Stress*. 9ª ed. USA: AISC, 1989. 1145 p.
2. American Concrete Institute: *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Farmington Hill Michigan, USA: ACI, 2019. 580 p.
3. CABRERA RIÉPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria* 2. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 135 p.
4. CLIMATE-DATA.ORG. *San Antonio Suchitepéquez, Suchitepéquez, Guatemala*. [en línea]. <<https://en.climate-data.org/north-america/guatemala/suchitepequez/san-antonio-suchitepequez-53884/>>. [Consulta: febrero 2018].
5. COGUANOR. *NTG 29001. Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: Ministerio de Economía, 2005. 12 p.
6. Comisión de Calidad Tratamiento y Depuración. *Manual de la cloración*. Madrid: Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento, 1984. 32 p.

7. Concejo Municipal de San Antonio, Suchitepéquez. *Plan de Desarrollo Municipal Y Ordenamiento Territorial San Antonio, Suchitepéquez. 2019 – 2032*. Guatemala: SEGEPLAN, 2018. 117 p.
8. CONTRERAS, Joan. *Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 183 p.
9. deguate.com. *Municipio de San Antonio Suchitepéquez*. [en línea]. <<https://www.deguate.com/municipios/pages/suchitepequez/san-antonio-suchitepequez.php>>. [Consulta: 2 de julio de 2018].
10. EMPAGUA. *Reglamento para presentación de proyectos de agua potable*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2001. 23 p.
11. GOÑAS GIRÓN, Byron Antonio. *Diseño de la línea de conducción y tanque elevado del sistema de agua potable para la aldea la salvadora, Santa Catarina Pinula, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 418 p.
12. Instituto de Fomento Municipal y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para el consumo humano*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2011. 64 p.

13. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 32 p.

14. Instituto nacional de estadística. *Caracterización departamental Suchitepequez 2013*. [en línea]. <<https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2015/07/20/Yt4ifi3KB0INKUjra1E20payptPjaiDw.pdf>>. [Consulta: 23 de julio de 2018].

15. Instituto nacional de estadística. *Caracterización departamental Suchitepequez 2008*. [en línea]. <<https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2013/12/10/HB7lxgyjhPZrt63NXxLZ2KoQ26v8w7UG.pdf>>. [Consulta: 23 de julio de 2018].

16. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Atlas Climatológico*. [en línea]. <http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/d-lluvia.jpg>. [Consulta: 12 de agosto de 2018].

17. MA SAN ZAPATA, Jorge. *Diseño de elementos de máquinas I*. Sevilla: Fundación Universitaria Andalu, 2013. 150 p.

18. Ministerio de salud pública y asistencia social. *Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano, Acuerdo Ministerial no. 1148-09*. [en línea]. <<https://www.ecosistemas.com.gt/wp-content/uploads/2015/07/06-Acuerdo-ministerial-1148-09-Manual-normas-sanitarias.pdf>>. [Consulta: 12 de agosto de 2018].

19. TEJEDA REYES, Christian Emilio. *Diseño de sistema de agua potable para la aldea el paraíso y escuela para párvulos de la aldea ciudad Pedro de Alvarado, del municipio de Moyuta, departamento de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 179 p.

20. TUBOSISTEMAS. *Manual de diseño NOVAFORT y NOVALOC*. Panamá: AMANCO, 2016. 46 p.

APÉNDICES

- Apéndice 1. **Memoria de cálculo del diseño de la ampliación del alcantarillado sanitario San Antonio Suchitepéquez**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

TRAMO 2

D e	A	COTA TERRENO		Dist (m)	DIST. ACUM (m)	Pendiente del terreno	Casas		Habitantes		Habitantes futuros		Numero de conexiones		Q de diseño (lt/seg)		ø(pulg)	PENDIENTE %	SECCIÓN LLENA		Relaciones hidraulicas			Vel (m/s)	COTAS INVERT		PPV	Ancho de zanja	Volumen de excavación	
		PV	PV				INICIAL	FINAL	Local	Acum	Local	Acum	Local	Acum	Act	Fut			Act	Fut	V(m/s)	Q(lt/s)	q/Q		d/D	v/V				Salida
15	##	369,11	366,96	60,00	119,85	3,58	10	28	60	168	111	311	28	52	1,54	2,16	6	0,50	1,77	31,33	0,0683	0,1770	0,57	1,01	367,11	365,64	2,00	0,75	74,70	
##	16	366,96	365,47	59,85	59,85	2,49	18	18	108	108	200	200	18	34	2,53	3,45	6	2,50	1,77	31,33	0,1100	0,2240	0,66	1,16	365,64	364,17	1,32	0,75	58,80	
16																														
TOTAL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN																											133,50			

TRAMO 3

D e	A	COTA TERRENO		Dist (m)	DIST. ACUM (m)	Pendiente del terreno	Casas		Habitantes		Habitantes futuros		Numero de conexiones		Q de diseño (lt/seg)		ø(pulg)	PENDIENTE %	SECCIÓN LLENA		Relaciones hidraulicas			Vel (m/s)	COTAS INVERT		PPV	Ancho de zanja	Volumen de excavación	
		PV	PV				INICIAL	FINAL	Local	Acum	Local	Acum	Local	Acum	Act	Fut			Act	Fut	V(m/s)	Q(lt/s)	q/Q		d/D	v/V				Salida
17	15	372,26	369,11	99,82	99,82	3,16	22	22	132	132	244	244	22	41	2,33	3,19	6	3,50	2,10	37,17	0,0858	0,1980	0,61	1,28	371,06	367,61	1,20	0,80	107,81	
15																														
TOTAL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN																											107,81			

TRAMO 4

D e	A	COTA TERRENO		Dist (m)	DIST. ACUM (m)	Pendiente del terreno	Casas		Habitantes		Habitantes futuros		Numero de conexiones		Q de diseño (lt/seg)		ø(pulg)	PENDIENTE %	SECCIÓN LLENA		Relaciones hidraulicas			Vel (m/s)	COTAS INVERT		PPV	Ancho de zanja	Volumen de excavación	
		PV	PV				INICIAL	FINAL	Local	Acum	Local	Acum	Local	Acum	Act	Fut			Act	Fut	V(m/s)	Q(lt/s)	q/Q		d/D	v/V				Salida
18	19	367,80	365,44	82,92	82,92	2,85	9	9	54	54	100	100	9	17	1,46	2,04	6	3,00	1,94	34,34	0,0591	0,1650	0,55	1,06	366,30	363,85	1,50	0,75	96,39	
TOTAL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN																											96,39			
TOTAL																														
1768,31																											m³			

Apéndice 2. **Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con tanque elevado en caserío Santa Rita Pachipá y Colonia La Blanquita**

TABLA FINAL									
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA									
Dotación	Tipo de tubería	Constante Hazen-Williams	Presion de trabajo	Caudal actual por vivienda	Caudal futuro por vivienda	Periodo de diseño	Poblacion actual	Poblacion futura	Tasa de crecimiento (r)
70 lt/hab/día	PVC	150	160 PSI	0,015606996	0,009722222	24 años	1 890	3 034	1,99%

TRAMO LINEA PRINCIPAL 1																		
TRAMO	DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)		DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
	Inicio	Final	DH	Camnamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Intantaneo	Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													429,00		15,00
E1	E2	13,12	0+013,12	414,00	414,17	315	506	4,92	4,49	4,92	1,23	4	0,0480	0,61	429,00	428,95	14,78	14,83
E2	E3	72,48	0+085,60	414,17	411,6	315	506	4,92	3,54	4,92	1,69	4	0,2651	0,61	428,95	428,69	17,10	17,36
E3	E4	69,80	0+155,40	411,59	412,3	315	506	4,92	3,54	4,92	1,70	4	0,2553	0,61	428,69	428,43	16,17	16,43
E4	E5	191,30	0+346,70	412,26	412,8	315	506	4,92	3,54	4,92	2,11	4	0,6997	0,61	428,43	427,73	14,90	15,60
E5	E79	12,05	0+358,75	412,83	413,00	315	506	4,92	3,54	4,92	1,21	4	0,0441	0,61	427,73	427,69	14,69	14,73
E79	E6	61,76	0+420,51	413,00	412,5	293	470	4,57	4,33	4,57	1,64	3	0,8020	1,00	427,69	426,89	14,37	15,17
E6	E91	13,53	0+434,04	412,52	412,5	293	470	4,57	4,33	4,57	1,21	3	0,1757	1,00	426,89	426,71	14,24	14,42
E91	E104	44,67	0+478,71	412,47	411,5	269	432	4,20	4,15	4,20	1,49	3	0,4953	0,92	426,71	426,21	14,69	15,19
E104	E112	31,83	0+510,54	411,52	410,5	247	397	3,85	3,98	3,98	1,35	3	0,3193	0,87	426,21	425,90	15,45	15,76
E112	E7	66,40	0+576,94	410,45	408	223	358	3,48	3,78	3,78	1,50	3	0,6060	0,83	425,90	425,29	17,28	17,89

TRAMO LA BLANQUITA 1																		
TRAMO	DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)		DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
	Inicio	Final	DH	Camnamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Intantaneo	Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													426,89		
E79	E83	20,88	0+020,88	413,00	412,02	22	35	0,34	0,88	0,88	0,70	1 1/2	0,3751	0,77	426,89	427,31	15,29	14,87
E83	E80	30,27	0+051,15	412,02	410,7	20	32	0,50	0,84	0,84	0,73	1 1/2	0,4973	0,73	427,31	426,82	16,10	16,59
E80	E85	37,59	0+088,74	410,72	409,3	16	26	0,25	0,75	0,75	0,72	1 1/2	0,5005	0,66	426,82	426,32	17,04	17,54
E85	E86	50,21	0+138,95	409,28	407,4	12	19	0,19	0,64	0,64	0,71	1	3,6374	1,27	426,32	422,68	15,24	18,88
E86	E81	35,75	0+174,70	407,44	405,48	6	10	0,09	0,44	0,44	0,59	1	1,2951	0,87	422,68	421,38	15,90	17,20

TRAMO LA BLANQUITA 2																		
TRAMO	DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)		DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
	Inicio	Final	DH	Camnamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Intantaneo	Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													426,21		
E91	E92	25,12	0+025,12	412,47	411,56	24	39	0,38	0,92	0,92	0,74	1 1/2	0,4917	0,81	426,21	426,22	14,66	14,65
E92	E93	21,45	0+046,57	411,56	410,65	20	32	0,31	0,84	0,84	0,69	1 1/2	0,3524	0,73	426,22	425,87	15,22	15,57
E93	E94	38,94	0+085,51	410,65	409,57	18	29	0,28	0,79	0,79	0,76	1 1/2	0,5794	0,70	425,87	425,29	15,72	16,30
E94	E95	24,56	0+110,07	409,57	408,89	14	23	0,22	0,70	0,70	0,65	1 1/2	0,2862	0,61	425,29	425,00	16,11	16,40
E95	E96	16,48	0+126,55	408,89	408,89	12	19	0,19	0,64	0,64	0,59	1	1,1939	1,27	425,00	423,81	14,92	16,11
E96	E98	65,34	0+191,89	408,89	405,34	9	15	0,14	0,55	0,55	0,71	1	3,5665	1,09	423,81	420,24	14,90	18,47

TRAMO LA BLANQUITA 3																		
TRAMO	DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)		DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
	Inicio	Final	DH	Camnamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Intantaneo	Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													426,21		
E104	E105	20,31	0+020,31	411,52	411,41	22	35	0,34	0,88	0,88	0,70	1 1/2	0,3649	0,77	426,21	425,85	14,44	14,80
E105	E106	40,25	0+060,56	411,41	410,04	20	32	0,31	0,84	0,84	0,78	1 1/2	0,6612	0,73	425,85	425,18	15,14	15,81
E106	E107	39,79	0+100,35	410,04	409,04	16	26	0,25	0,75	0,75	0,74	1 1/2	0,5298	0,66	425,18	424,65	15,61	16,14
E107	E108	29,91	0+130,26	409,04	408,24	12	19	0,19	0,64	0,64	0,66	1	2,1668	1,27	424,65	422,49	14,25	16,41
E108	E109	9,92	0+140,18	408,24	407,86	8	13	0,13	0,52	0,52	0,50	1	0,4856	1,03	422,49	422,00	14,14	14,63
E109	E110	35,28	0+175,46	407,86	406,39	8	13	0,13	0,52	0,52	0,64	1	1,7269	1,03	422,00	420,27	13,88	15,61
E110	E111	27,59	0+203,05	406,39	404,89	4	7	0,06	0,35	0,35	0,52	1	0,6563	0,69	420,27	419,62	14,73	15,38

Continuación del apéndice 2.

TRAMO LA BLANQUITA 4																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													425,90		
E112	E113	31,16	0+031,16	410,45	410,54	24	39	0,38	0,92	0,92	0,77	1 1/2	0,6099	0,81	425,90	425,29	14,75	15,36
E113	E114	41,11	0+072,27	410,54	409,39	20	32	0,31	0,84	0,84	0,78	1 1/2	0,6754	0,73	425,29	424,61	15,22	15,90
E114	E115	31,11	0+103,38	409,39	408,38	16	26	0,25	0,75	0,75	0,71	1 1/2	0,4142	0,66	424,61	424,20	15,82	16,23
E115	E116	39,32	0+142,70	408,38	407,78	12	19	0,19	0,64	0,64	0,70	1	2,8485	1,27	424,20	421,35	13,57	16,42
E116	E118	26,6	0+169,30	407,78	406,86	8	13	0,13	0,52	0,52	0,61	1	1,3020	1,03	421,35	420,05	13,19	14,49
E118	E119	45,26	0+214,56	406,86	404,14	6	10	0,09	0,44	0,44	0,63	1	1,6396	0,87	420,05	418,41	14,27	15,91

TRAMO LINEA PRINCIPAL 2																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+576,95													425,29		
E7	E8	23,39	0+600,34	408,01	409,10	223	358	3,48	3,78	0,00	1,23	3	0,2135	0,83	425,29	425,08	15,98	16,19
E8	E9	7,55	0+607,89	409,10	408,1	223	358	3,48	3,78	0,00	0,97	3	0,0689	0,83	425,08	425,01	16,89	16,96
E9	E10	51,54	0+659,43	408,12	410,6	223	358	3,48	3,78	3,78	1,49	3	0,4703	0,83	425,01	424,54	13,92	14,39
E10	E11	64,81	0+724,24	410,62	414,5	205	329	3,20	3,62	3,62	1,65	3	0,5471	0,79	424,54	423,99	10,01	10,02
E11	E35	30,50	0+754,74	414,52	413,80	12	19	0,19	0,64	0,64	0,73	2	0,0756	0,60	423,99	423,91	10,11	10,19
E35	E36	123,50	0+878,24	413,80	411,6	10	16	0,16	0,58	0,58	0,90	1 1/2	1,0421	0,51	423,91	422,87	11,29	12,33
E36	E37	50,00	0+928,24	411,58	409,80	2	3	0,03	0,23	0,23	0,52	3/4	2,1842	0,80	422,87	420,69	10,89	13,07

TRAMO SANTA RITA 1																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													424,54		
E10	E31	12,03	0+012,03	410,62	413,12	11	18	0,17	0,61	0,61	0,58	1 1/4	0,2692	0,77	424,54	424,27	11,15	11,42
E31	E32	93,65	0+105,68	413,12	408,99	11	18	0,17	0,61	0,61	0,83	1 1/4	2,0954	0,77	424,27	422,18	13,19	15,28
E32	E33	15,70	0+121,38	408,99	409,73	4	7	0,06	0,35	0,35	0,49	1	0,3735	0,69	422,18	421,80	12,07	12,45
E33	E34	35,75	0+157,13	409,73	407,07	3	5	0,05	0,29	0,29	0,52	3/4	2,4719	1,03	421,80	419,33	12,26	14,73

TRAMO SANTA RITA 2																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													423,99		
E11	E12	87,31	0+087,31	414,52	412,34	193	309,83	3,01	3,51	3,51	1,68	3	0,6968	0,77	423,99	423,29	10,95	11,65
E12	E13	34,21	0+121,52	412,34	411,85	185	297	2,89	3,44	3,44	1,38	2 1/2	0,6379	1,09	423,29	422,66	10,81	11,44
E13	E14	43,17	0+164,69	411,85	410,29	131	210,33	2,04	2,89	2,89	1,34	2 1/2	0,5843	0,91	422,66	422,07	11,78	12,37
E14	E15	20,22	0+184,91	410,29	409,56	121	194,33	1,89	2,78	2,78	1,12	2 1/2	0,2543	0,88	422,07	421,82	12,26	12,51
E15	E16	12,74	0+197,65	409,56	409,12	121	150	1,89	2,78	2,78	1,02	2 1/2	0,1602	0,88	421,82	421,66	12,54	12,70
E16	E17	28,63	0+226,28	409,12	408,14	121	194,33	1,89	2,78	2,78	1,19	2 1/2	0,3600	0,88	421,66	421,30	13,16	13,52
E17	E18	13,26	0+239,54	408,14	407,73	73	423,99	1,14	2,16	2,16	0,92	2 1/2	0,1041	0,68	421,30	421,19	13,46	13,57
E18	E19	37,60	0+277,14	407,73	407,14	73	117,17	1,14	2,16	2,16	1,13	2 1/2	0,2952	0,68	421,19	420,90	13,76	14,05
E19	E20	15,50	0+292,64	407,14	406,60	68	109,17	1,06	2,08	2,08	0,93	2 1/2	0,1139	0,66	420,90	420,78	14,18	14,30
E20	E21	8,59	0+301,23	406,60	406,44	67	107,67	1,05	2,07	2,07	0,82	2 1/2	0,0623	0,65	420,78	420,72	14,28	14,34
E21	E22	43,40	0+344,63	406,44	405,85	66	106	1,03	2,05	2,05	1,13	2 1/2	0,3103	0,65	420,72	420,41	14,56	14,87
E22	E23	37,92	0+382,55	405,85	405,34	59	95	0,92	1,94	1,94	1,07	2	0,7243	0,96	420,41	419,69	14,35	15,07
E23	E24	7,90	0+390,45	405,34	405,01	55	88	0,86	1,87	1,87	0,77	2	0,1412	0,92	419,69	419,55	14,54	14,68
E24	E25	42,15	0+432,60	405,01	403,47	55	88	0,86	1,87	1,87	1,07	2	0,7534	0,92	419,55	418,79	15,32	16,08
E25	E26	33,96	0+466,56	403,47	402,01	28	45	0,44	0,99	0,99	0,80	1 1/2	0,7675	0,87	418,79	418,02	16,01	16,78
E26	E27	32,71	0+499,27	402,01	400,80	15	24	0,23	0,72	0,72	0,70	1 1/2	0,4084	0,63	418,02	417,62	16,82	17,22
E27	E28	14,91	0+514,18	400,80	399,96	4	7	0,06	0,35	0,35	0,45	1	0,3547	0,69	417,62	417,26	17,30	17,66
E28	E29	9,33	0+523,51	399,96	399,43	4	7	0,06	0,35	0,35	0,41	1	0,2219	0,69	417,26	417,04	17,61	17,83
E29	E30	49,74	0+573,25	399,43	398,05	4	7	0,06	0,35	0,35	0,57	1	1,1832	0,69	417,04	415,86	17,81	18,99

Continuación del apéndice 2.

TRAMO SANTA RITA 2 (a)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													422,07		
E14	E78	3,27	0+03,27	410,29	411,60	2	3	0,03	0,23	0,23	0,31	1	0,0352	0,61	422,07	422,03	10,43	10,47
E78	E41	40,99	0+44,26	411,60	411,50	2	3	0,03	0,23	0,23	0,52	1	0,4411	0,61	422,03	421,59	10,09	10,53

TRAMO SANTA RITA 2 (b)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													420,90		
E19	E76	2,35	0+02,35	407,14	407,16	2	3	0,03	0,23	0,23	0,27	3/4	0,1027	0,80	420,90	420,80	13,64	13,74
E76	E77	21,5	0+23,85	407,16	407,20	2	3	0,03	0,23	0,23	0,43	3/4	0,9392	0,80	420,80	419,86	12,66	13,60

TRAMO SANTA RITA 2 (c)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													420,41		
E22	E56	21,98	0+021,98	405,85	406,15	3	5	0,05	0,29	0,29	0,47	3/4	1,5198	1,03	420,41	418,89	12,74	14,26
E56	E57	20,00	0+41,98	406,15	406,20	2	3	0,03	0,23	0,23	0,43	3/4	0,8737	0,80	418,89	418,02	11,82	12,69

TRAMO SANTA RITA 2 (d)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													418,02		
E26	E70	9,93	0+09,93	402,01	401,89	8	13	0,13	0,52	0,52	0,49	1	0,4861	1,03	418,02	417,53	15,64	16,13
E70	E71	5,75	0+15,68	401,89	401,86	6	10	0,09	0,44	0,44	0,41	1	0,2083	0,87	417,53	417,33	15,47	15,67
E71	E72	16,54	0+32,22	401,86	401,37	6	10	0,09	0,44	0,44	0,51	1	0,5992	0,87	417,33	416,73	15,36	15,96

TRAMO SANTA RITA 2 (e)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													417,62		
E27	E73	44,13	0+044,13	400,80	399,89	7	11	0,11	0,48	0,48	0,63	1	1,8811	0,95	417,62	415,74	15,85	17,73
E73	E74	4,64	0+48,77	399,89	399,77	2	3	0,03	0,23	0,23	0,31	3/4	0,2027	0,80	415,74	415,54	15,77	15,97
E74	E75	33,58	0+82,35	399,77	398,79	2	3	0,03	0,23	0,23	0,45	3/4	1,4669	0,80	415,54	414,07	15,28	16,75

TRAMO SANTA RITA 3																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													422,66		
E13	E38	42,12	0+042,12	411,85	410,92	50	80	0,78	1,34	1,34	1,00	2	0,4045	0,66	422,66	422,26	11,34	11,74
E38	E39	29,54	0+71,66	410,92	410,70	37	60	0,58	1,15	1,15	0,88	1 1/2	0,8689	1,01	422,26	421,39	10,69	11,56
E39	E40	41,73	0+113,39	410,70	409,38	7	11	0,11	0,48	0,48	0,68	1	1,7788	0,95	421,39	419,61	10,23	12,01

TRAMO SANTA RITA 4																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													422,26		
E38	E42	67,22	0+067,22	410,92	408,82	11	18	0,17	0,61	0,61	0,80	1 1/4	1,5040	0,77	422,26	420,76	11,94	13,44
E42	E43	1,92	0+69,14	408,82	408,82	3	5	0,05	0,29	0,29	0,30	1	0,0327	0,58	420,76	420,72	11,90	11,94
E43	E44	29,78	0+98,92	408,82	408,82	3	5	0,05	0,29	0,29	0,52	1	0,5073	0,58	420,72	420,22	11,40	11,90

Continuación del apéndice 2.

TRAMO SANTA RITA 5																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													421,39		
E39	E52	44,83	0+044,83	410,70	408,82	28	45	0,44	0,99	0,99	0,89	1 1/2	1,0132	0,87	421,39	420,38	11,56	12,57
E52	E53	41,46	0+86,29	408,82	407,85	22	35	0,34	0,88	0,88	0,84	1 1/2	0,7449	0,77	420,38	419,63	11,78	12,53
E53	E50	22,64	0+108,93	407,85	407,25	11	18	0,17	0,61	0,61	0,65	1 1/4	0,5066	0,77	419,63	419,13	11,88	12,38
E50	E49	7,39	0+116,32	407,25	407,93	3	5	0,05	0,29	0,29	0,40	1	0,1259	0,58	419,13	419,00	11,07	11,20
E49	E45	29,98	0+146,30	407,93	406,71	3	5	0,05	0,29	0,29	0,52	1	0,5107	0,58	419,00	418,49	11,78	12,29

TRAMO SANTA RITA 5 (a)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													419,63		
E53	E54	18,64	0+018,64	407,85	408,28	9	15	0,14	0,55	0,55	0,61	1 1/4	0,3432	0,70	419,63	419,29	11,01	11,35
E54	E55	74,25	0+92,89	408,28	406,04	7	11	0,11	0,48	0,48	0,75	1 1/4	1,0676	0,61	419,29	418,22	12,18	13,25

TRAMO SANTA RITA 5 (b)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													419,13		
E50	E51	60,64	0+060,64	407,25	404,37	6	10	0,09	0,44	0,44	0,68	1	2,1967	0,87	419,13	416,93	12,56	14,76

TRAMO SANTA RITA 6																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													421,30		
E17	E44	30,94	0+030,94	408,14	408,22	45	72	0,70	1,27	1,27	0,90	1 1/2	1,0933	1,11	421,30	420,21	11,99	13,08
E44	E45	62,43	0+93,37	408,22	406,71	42	68	0,66	1,22	1,22	1,02	1 1/2	2,0675	1,07	420,21	418,14	11,43	13,50
E45	E46	22,80	0+116,17	406,71	406,02	35	56	0,55	1,12	1,12	0,82	1 1/2	0,6370	0,98	418,14	417,50	11,48	12,12
E46	E47	30,86	0+147,03	406,02	404,29	16	26	0,25	0,75	0,75	0,74	1	2,9601	1,48	417,50	414,54	10,25	13,21
E47	E48	21,23	0+168,26	404,29	402,70	4	7	0,06	0,35	0,35	0,52	1	0,5050	0,69	414,54	414,04	11,34	11,84

TRAMO SANTA RITA 6 (a)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													414,54		
E47	E61	41,84	0+041,84	404,29	403,81	7	11	0,11	0,48	0,48	0,69	1 1/4	0,6016	0,61	414,54	413,94	10,13	10,73

TRAMO SANTA RITA 7																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO (lts/seg)	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/seg)	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo		Diseño	Comercial			Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													417,50		
E46	E58	33,55	0+033,55	406,02	405,61	16	26	0,25	0,75	0,75	0,76	1 1/4	1,0855	0,94	417,50	416,41	10,80	11,89
E58	E59	34,59	0+68,14	405,61	404,62	11	18	0,17	0,61	0,61	0,71	1 1/4	0,7739	0,77	416,41	415,64	11,02	11,79
E59	E60	16,00	0+84,14	404,62	403,92	6	10	0,09	0,44	0,44	0,54	1	0,5796	0,87	415,64	415,06	11,14	11,72
E60	E62	13,45	0+97,59	403,92	403,58	6	10	0,09	0,44	0,44	0,52	1	0,4872	0,87	415,06	414,57	10,99	11,48
E62	E63	6,95	0+104,54	403,58	403,42	6	10	0,09	0,44	0,44	0,46	1	0,2518	0,87	414,57	414,32	10,90	11,15
E63	E64	24,18	0+128,72	403,42	402,62	3	5	0,05	0,29	0,29	0,50	1	0,4119	0,58	414,32	413,91	11,29	11,70

Continuación del apéndice 2.

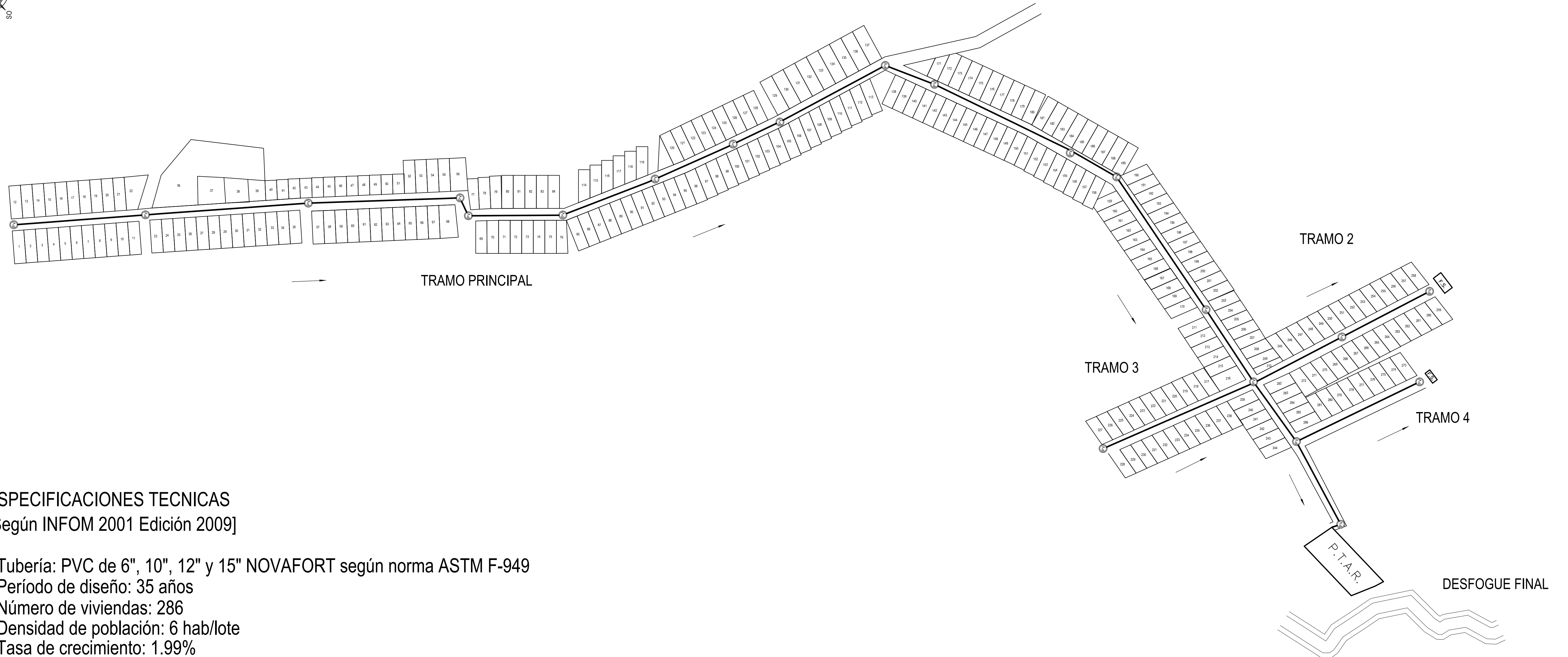
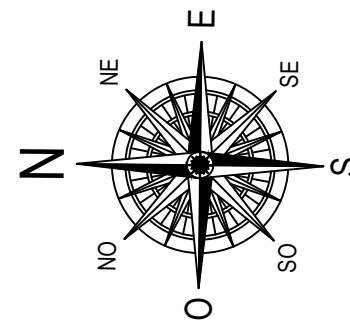
TRAMO SANTA RITA 8																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA	VELOCIDAD DE DISEÑO	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo	(lts/seg)	Diseño	Comercial	(m)	(m/seg)	Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													418,79		
E25	E64	23,88	0+023,88	403,47	402,62	21	34	0,33	0,86	0,86	0,71	1 1/4	1,0004	1,09	418,79	417,79	15,17	16,17
E64	E65	20,00	0+43,88	402,62	402,53	18	29	0,28	0,79	0,79	0,67	1 1/4	0,7231	1,00	417,79	417,07	14,54	15,26
E65	E66	8,09	0+51,97	402,53	402,49	15	24	0,23	0,72	0,72	0,54	1 1/4	0,2455	0,91	417,07	416,82	14,33	14,58
E66	E67	19,84	0+71,81	402,49	402,09	15	24	0,23	0,72	0,72	0,65	1 1/4	0,6020	0,91	416,82	416,22	14,13	14,73
E67	E68	21,47	0+93,28	402,09	401,62	4	7	0,06	0,35	0,35	0,50	1	0,5107	0,69	416,22	415,71	14,09	14,60

TRAMO SANTA RITA 5 (b)																		
TRAMO		DISTANCIA		COTA DEL TERRENO		NO. VIVIENDAS		CAUDALES (lts/seg)		CAUDAL DE DISEÑO	DIAMETROS (pulg)		PERDIDA DE CARGA	VELOCIDAD DE DISEÑO	COTAS PIEZOMETRICAS		PRESIONES	
Inicio	Final	DH	Caminamiento	Inicio	Final	Actual	Futura	Unitario	Instantaneo	(lts/seg)	Diseño	Comercial	(m)	(m/seg)	Salida	Llegada	INICIAL	FINAL
			0+000,00													416,22		
E67	E69	46,52	0+046,52	402,09	402,49	7	11	0,11	0,48	0,48	0,67	1	1,9829	0,95	416,22	414,24	11,75	13,73

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Apéndice 3. **Planos del diseño de la ampliación del alcantarillado sanitario San Antonio Suchitepéquez**

Fuente: elaboración propia.

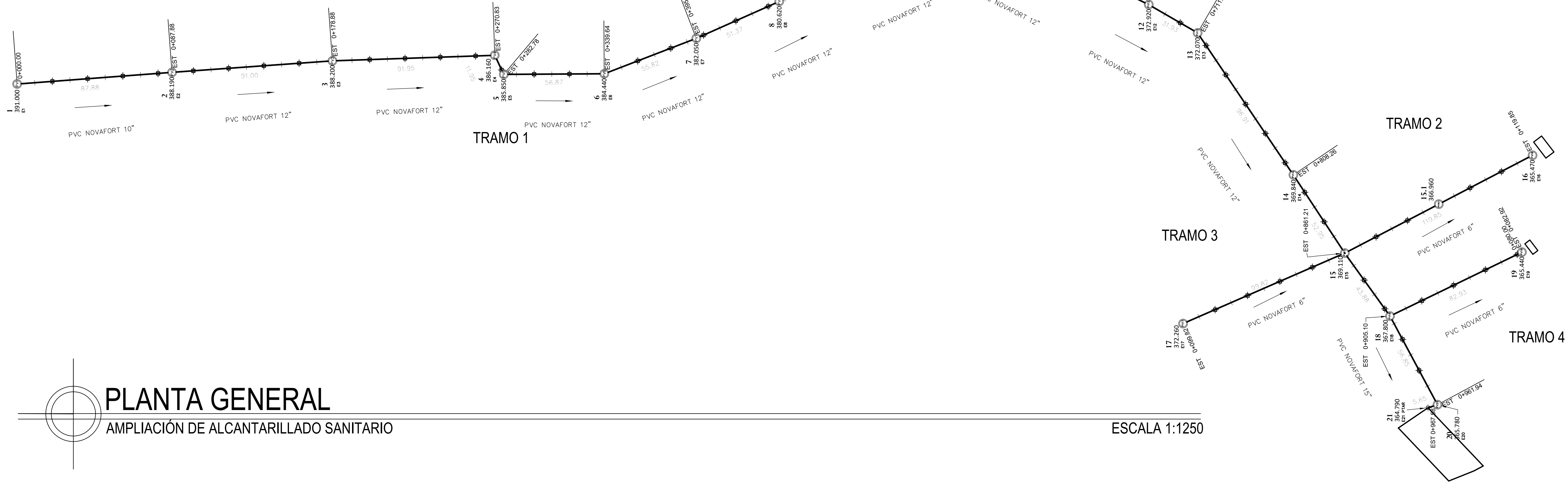
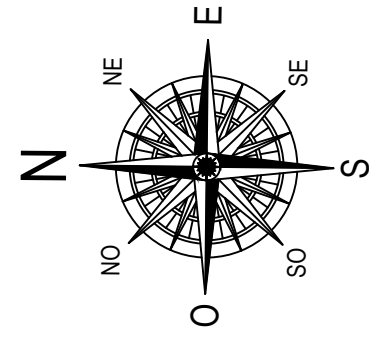


ESPECIFICACIONES TECNICAS
[Según INFOM 2001 Edición 2009]

- Tubería: PVC de 6", 10", 12" y 15" NOVAFORT según norma ASTM F-949
- Período de diseño: 35 años
- Número de viviendas: 286
- Densidad de población: 6 hab/lote
- Tasa de crecimiento: 1.99%
- Dotación: 200 lt/hab/día
- Factor de rugosidad: 0.010
- Caudal acumulado para la ampliación: 61.35 lts/seg

SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA EN PLANTA
No.	NUMERO DE LOTE
F.S.	FOSA SEPTICA DEL TRAMO
P.T.A.R.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO:	PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDA	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
UBICACIÓN:	SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DIBUJO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
		FECHA: MAYO 2019
		ESCALA: INDICADA
<small>Vo. Bo. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLIGADO No. 5383 ASESOR SUPERVISOR EPS</small>		HOJA NO. 1 / 6



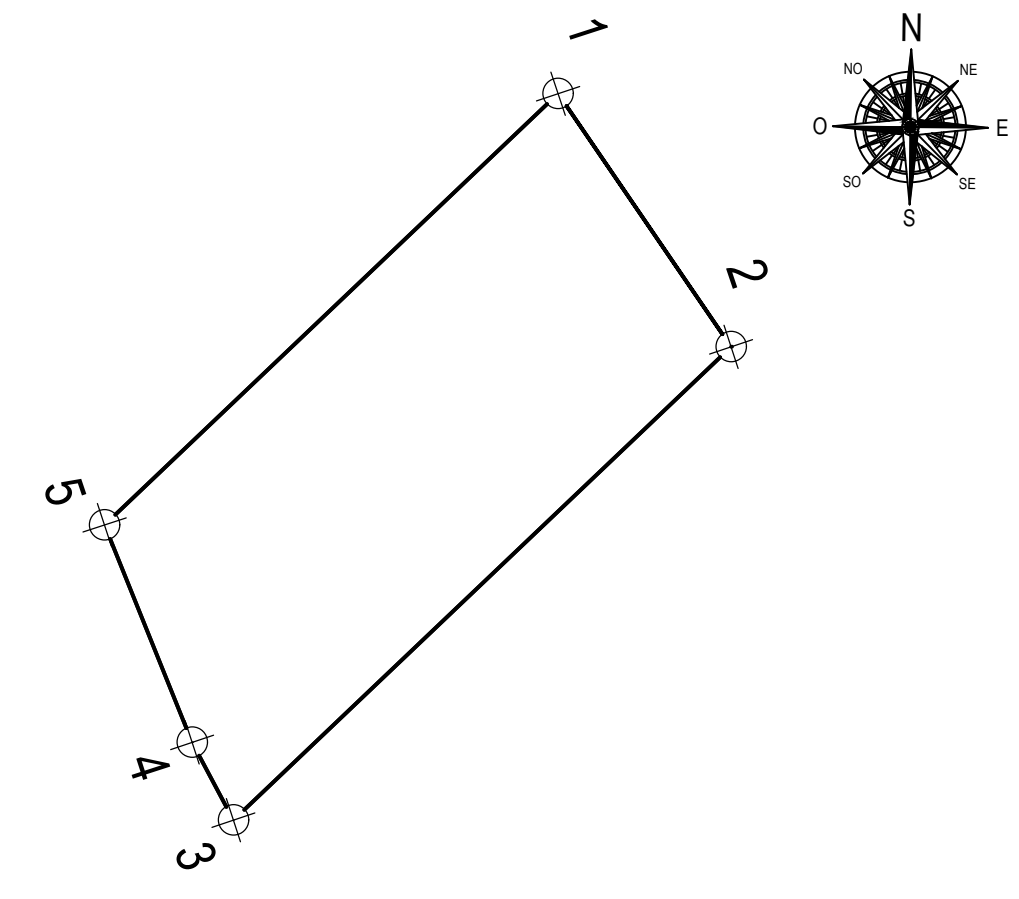
LIBRETA TOPOGRÁFICA		
Trayecto	Azimut	Dist (m)
1	175° 42' 92"	87.88
2	175° 53' 30"	91.00
3	178° 02' 20"	91.95
4	244° 53' 10"	11.95
5	179° 39' 20"	56.87
6	158° 56' 25"	55.82
7	156° 02' 25"	51.37
8	154° 25' 05"	38.39
9	151° 49' 20"	70.34
10	201° 02' 35"	31.94
12	205° 52' 25"	91.90
13	210° 03' 10"	31.93
14	236° 00' 47"	96.91
15	236° 40' 22"	52.95
16	152° 30' 02"	119.85
17	336° 26' 52"	99.82
18	234° 16' 27"	43.89
19	154° 08' 37"	82.93
20	241° 48' 15"	56.84
21	341° 48' 10"	5.64
DISTANCIA TOTAL		1270.20

PLANTA GENERAL
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO

ESCALA 1:1250

LIBRETA DEL POLIGONO			
POLIGONO			
EST.	P.O.	RUMBO	DISTANCIA
1	2	S 32° 14' 40" E	20.28
2	3	S 48° 32' 28" W	45.42
3	4	N 25° 17' 44" W	5.82
4	5	N 19° 50' 40" W	15.5
5	1	N 48° 32' 18" E	41.39

SUPERFICIE = 873.62 M²

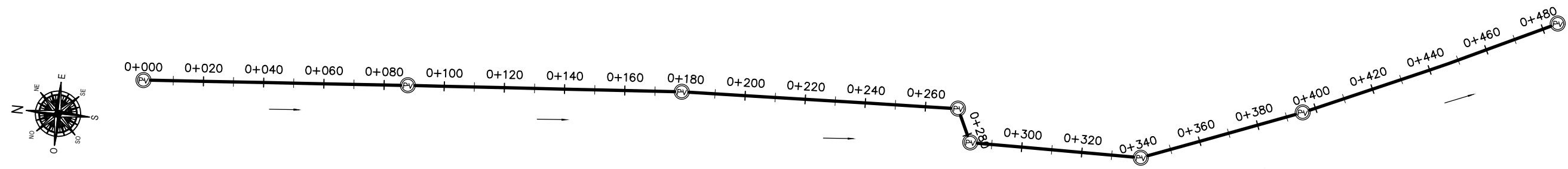


SIMBOLOGIA	
	POZO DE VISITA EN PLANTA
	PUNTOS DE AREA DE P.T.A.R.
	ELVACIONES A CADA 20 M
EST	ESTACION
E?	NUMERO DE ESTACION
	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

PLANTA GENERAL AREA DE PLANTA DE TRATAMIENTO
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO

ESCALA 1:250

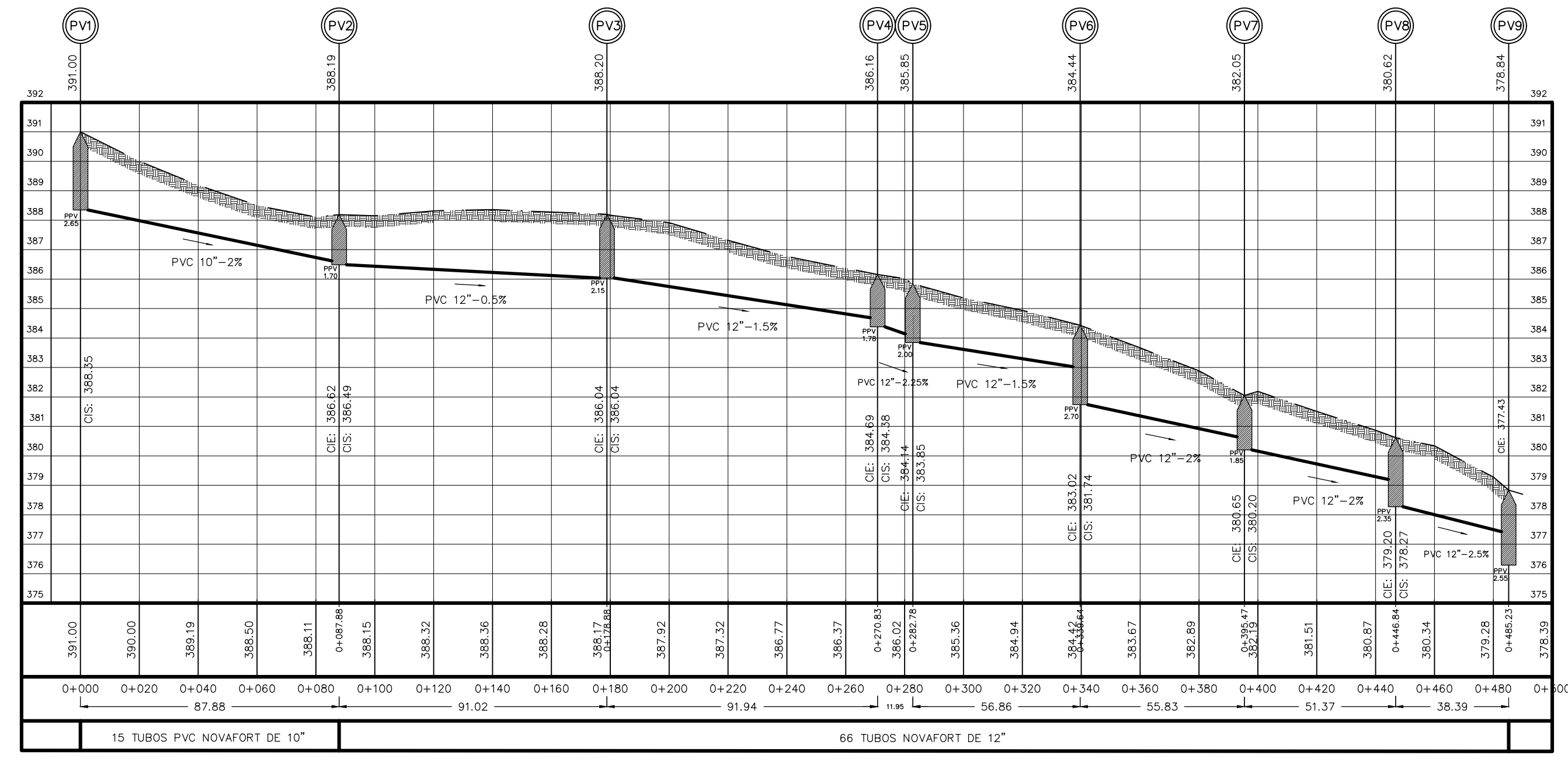
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO: PLANTA GENERAL.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DEBIDO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ	
	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
	HOJA NO. 2	6



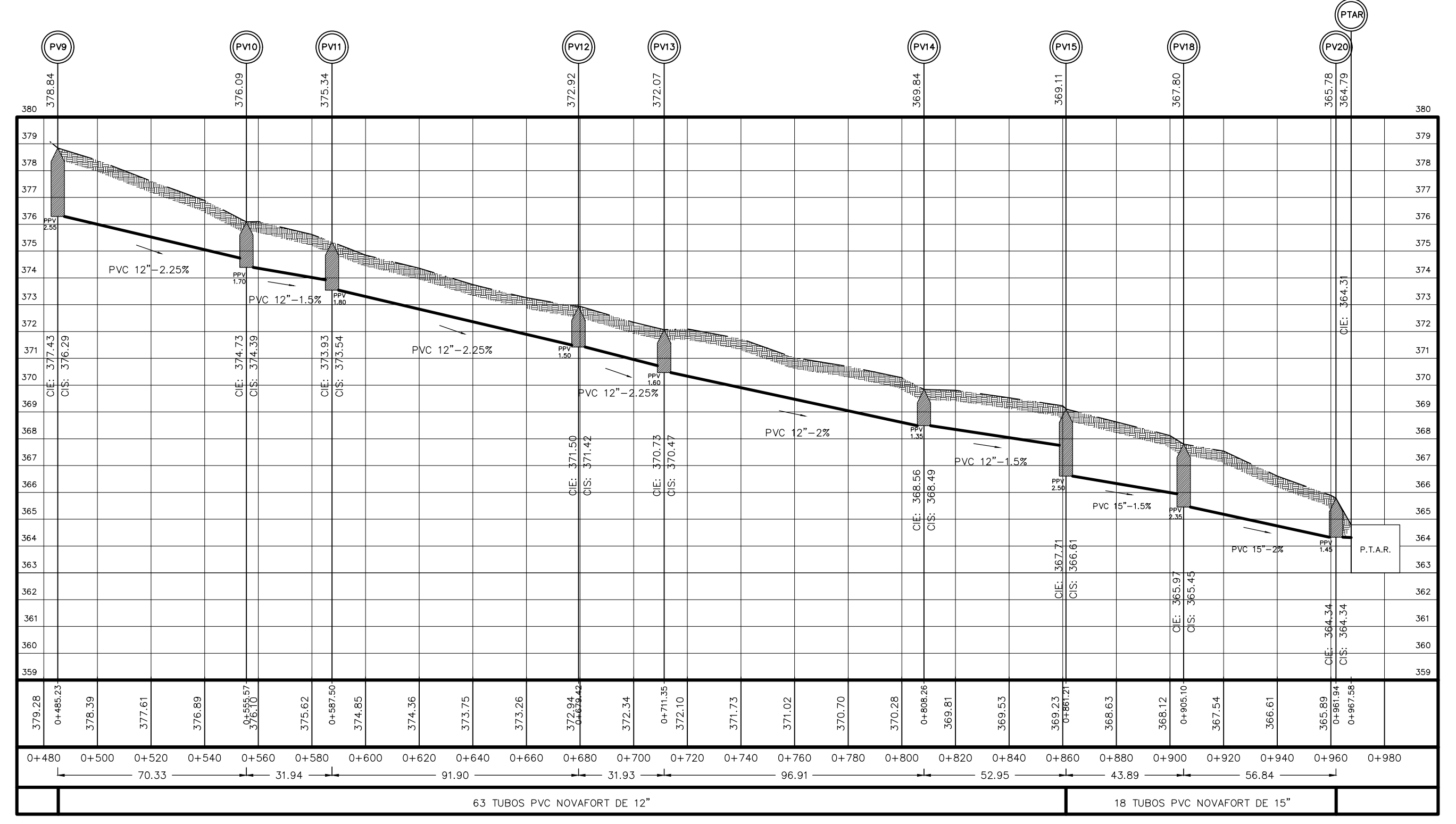
TRAMO 1.1 EN PLANTA DE 0+000 HASTA 0+480
 AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500



TRAMO 1.2 EN PLANTA DE 0+480 HASTA 0+967.58
 AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500



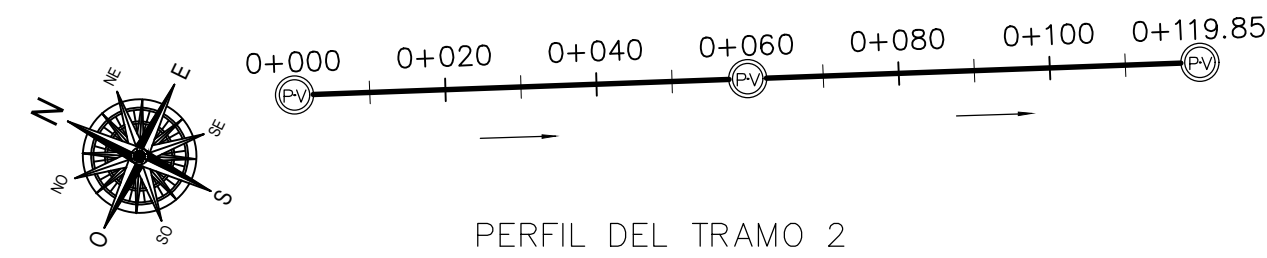
PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAMO 1.1
 AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500
 ESCALA VERTICAL 1:100



PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAMO 1.2
 AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500
 ESCALA VERTICAL 1:100

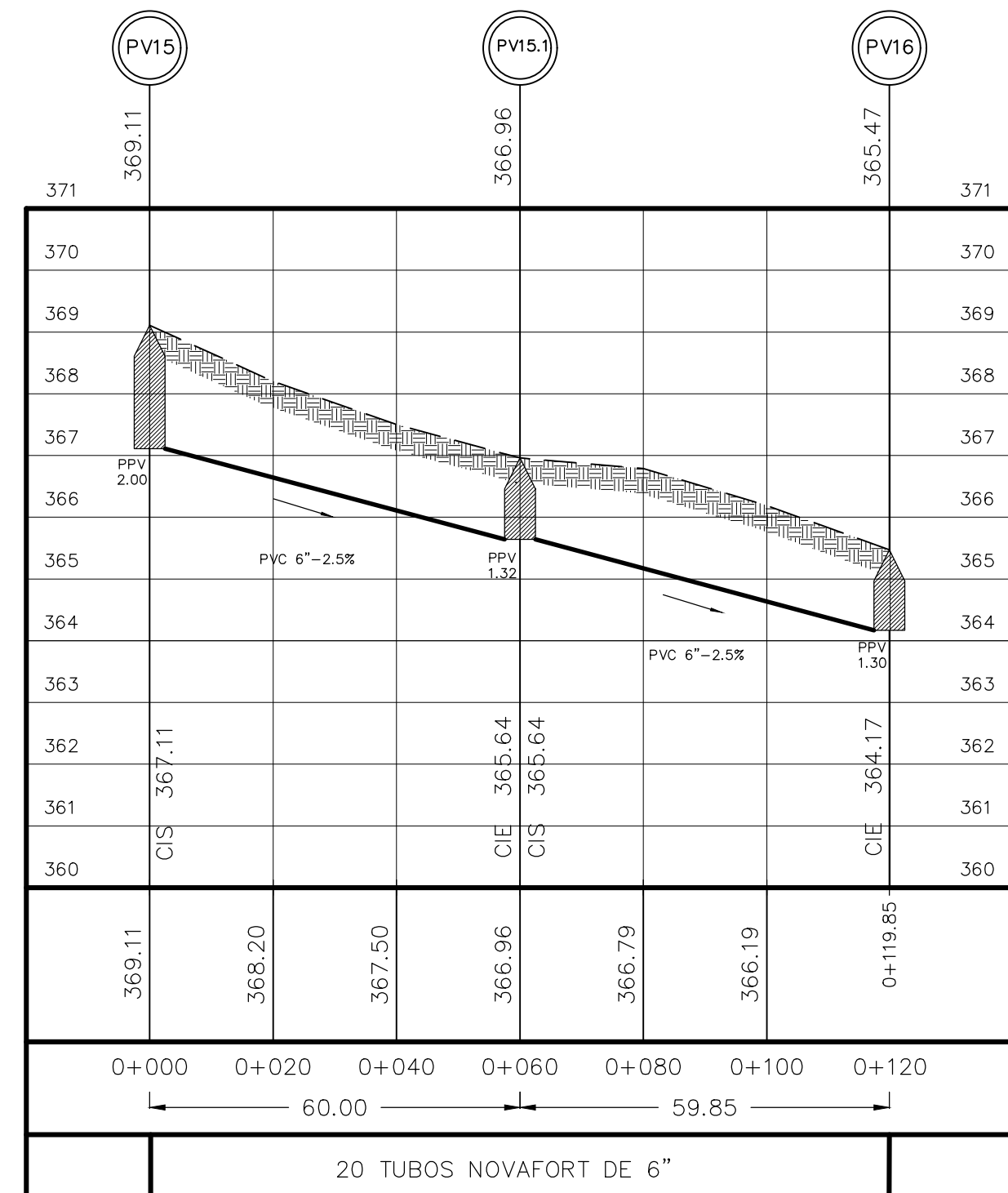
SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
PV	POZO DE VISITA No.
PPV	COTA DE TERRENO
0+000	CAMINAMIENTO
—	TUBERIA A INSTALAR
⊙	POZO DE VISITA EN PLANTA
⊙	POZO DE VISITA EN PERFIL
C.I.E	COTA INVER DE ENTRADA
C.I.S	COTA INVER DE SALIDA
%	PENDIENTE DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO: PERFIL TRAMO PRINCIPAL	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DIBUJO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	
HOJA NO. 3		6



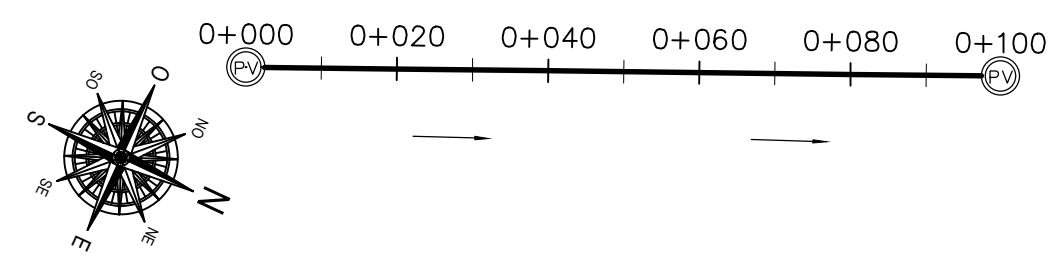
TRAMO 2 EN PLANTA DE 0+000 HASTA 0+119.85

AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000



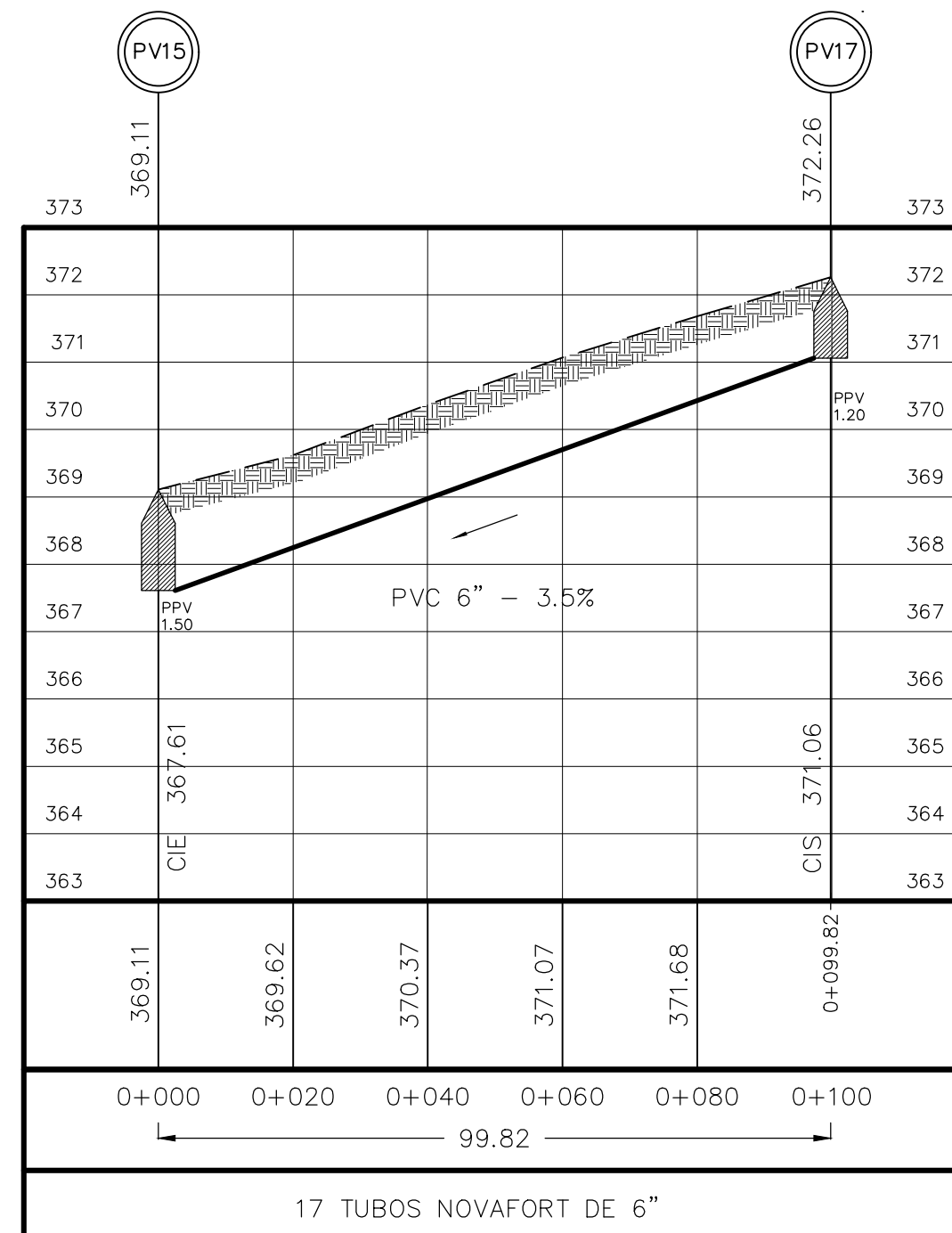
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 2

AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



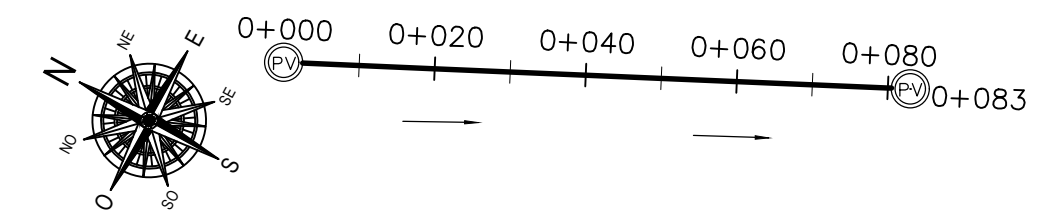
TRAMO 3 EN PLANTA DE 0+000 HASTA 0+099.82

AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000



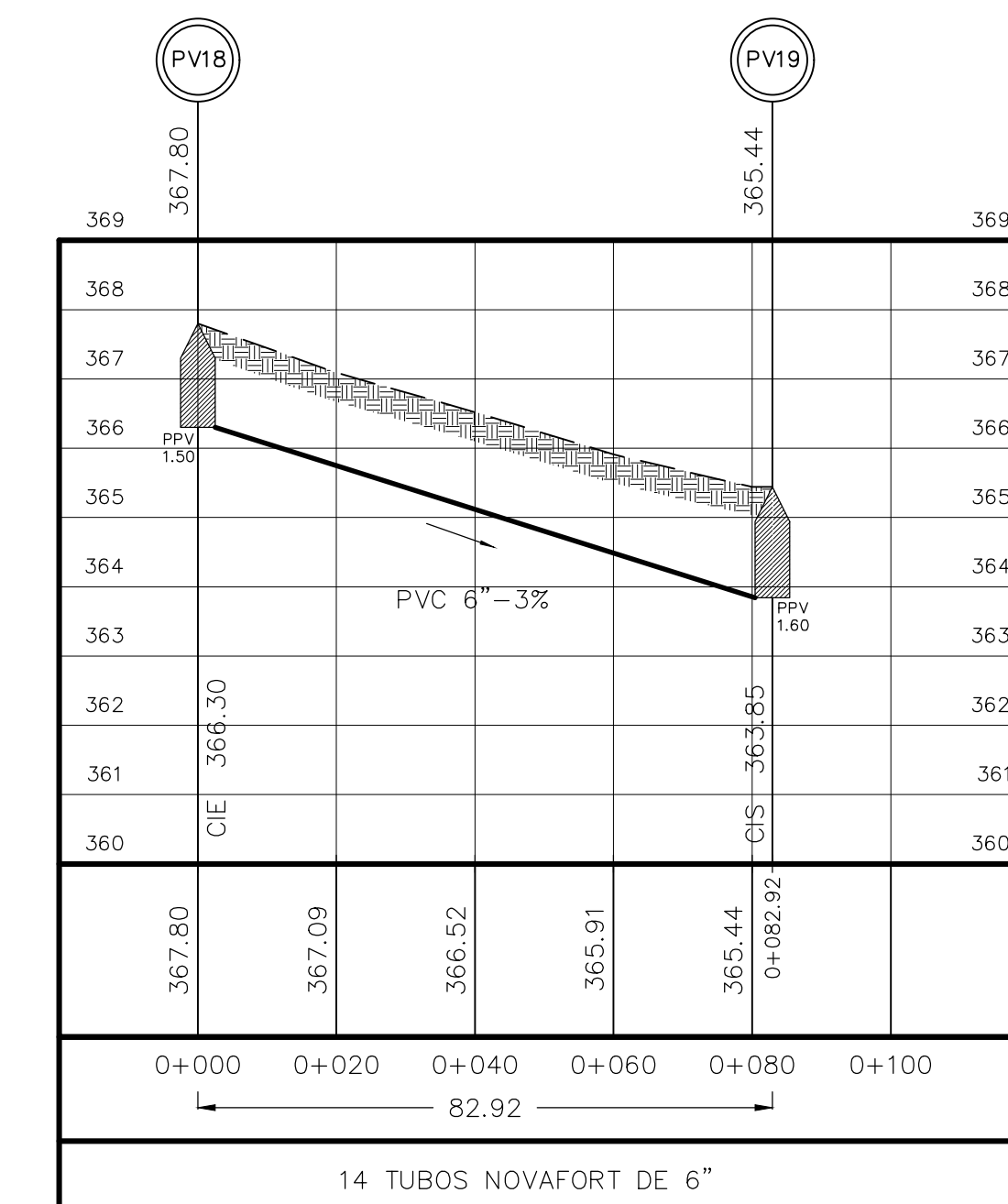
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 3

AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



TRAMO 4 EN PLANTA DE 0+000 HASTA 0+82.92

AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000

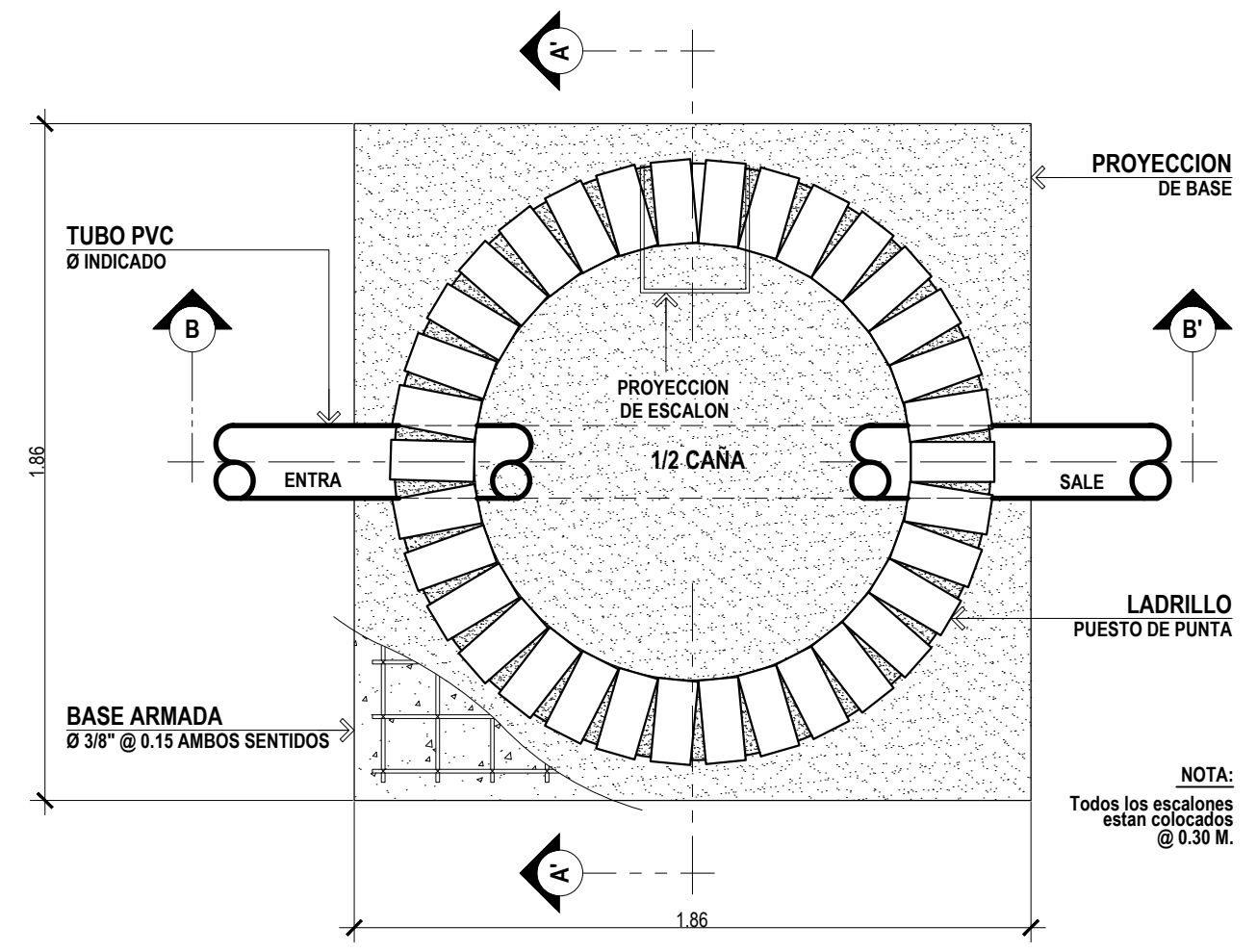


PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 4

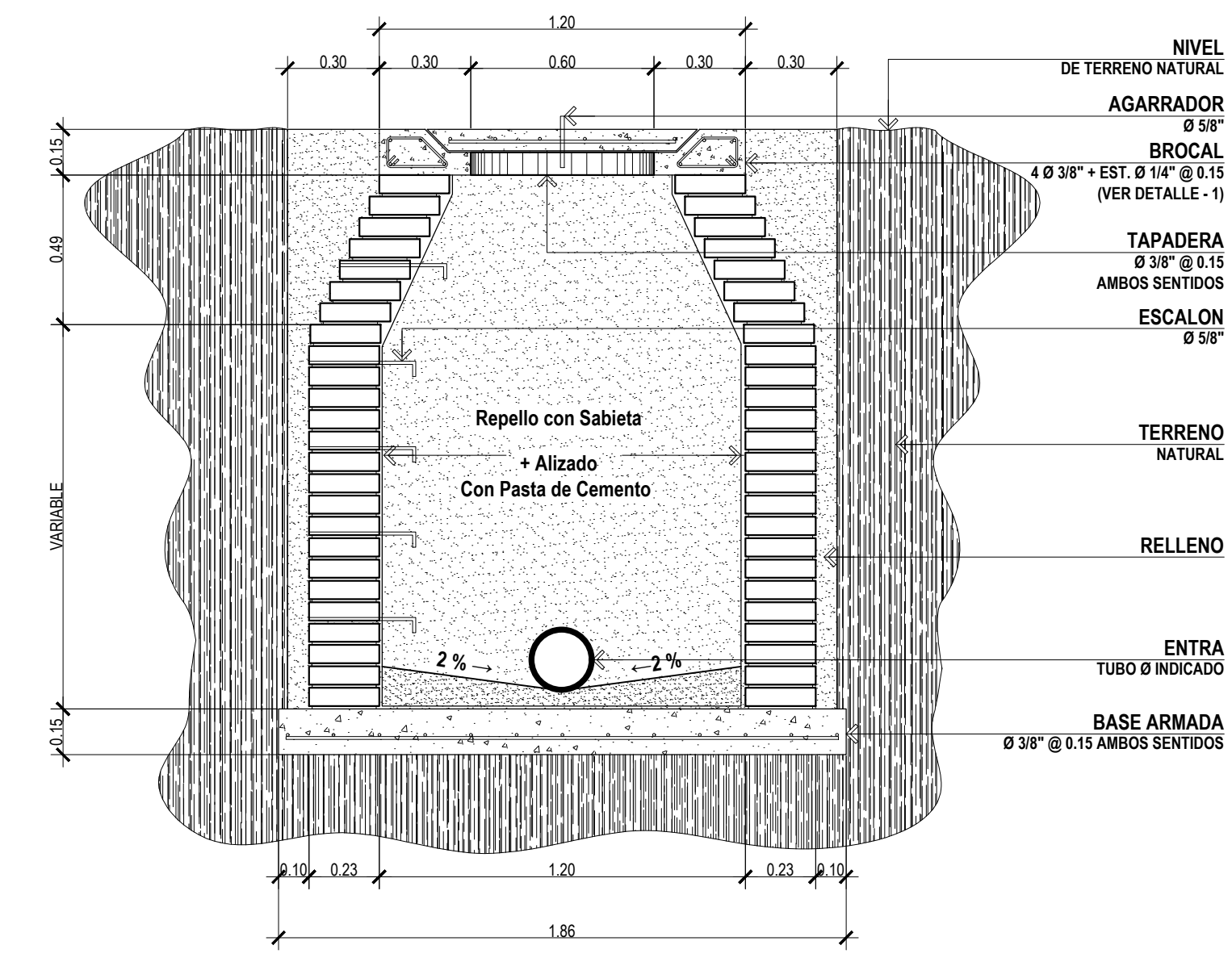
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
PV	POZO DE VISITA No.
PPV	COTA DE TERRENO
0+000	CAMINAMIENTO
—	TUBERIA A INSTALAR
⊙	POZO DE VISITA EN PLANTA
⊕	POZO DE VISITA EN PERFIL
C.I.E	COTA INVER DE ENTRADA
C.I.S	COTA INVER DE SALIDA
%	PENDIENTE DE TUBERIA
→	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

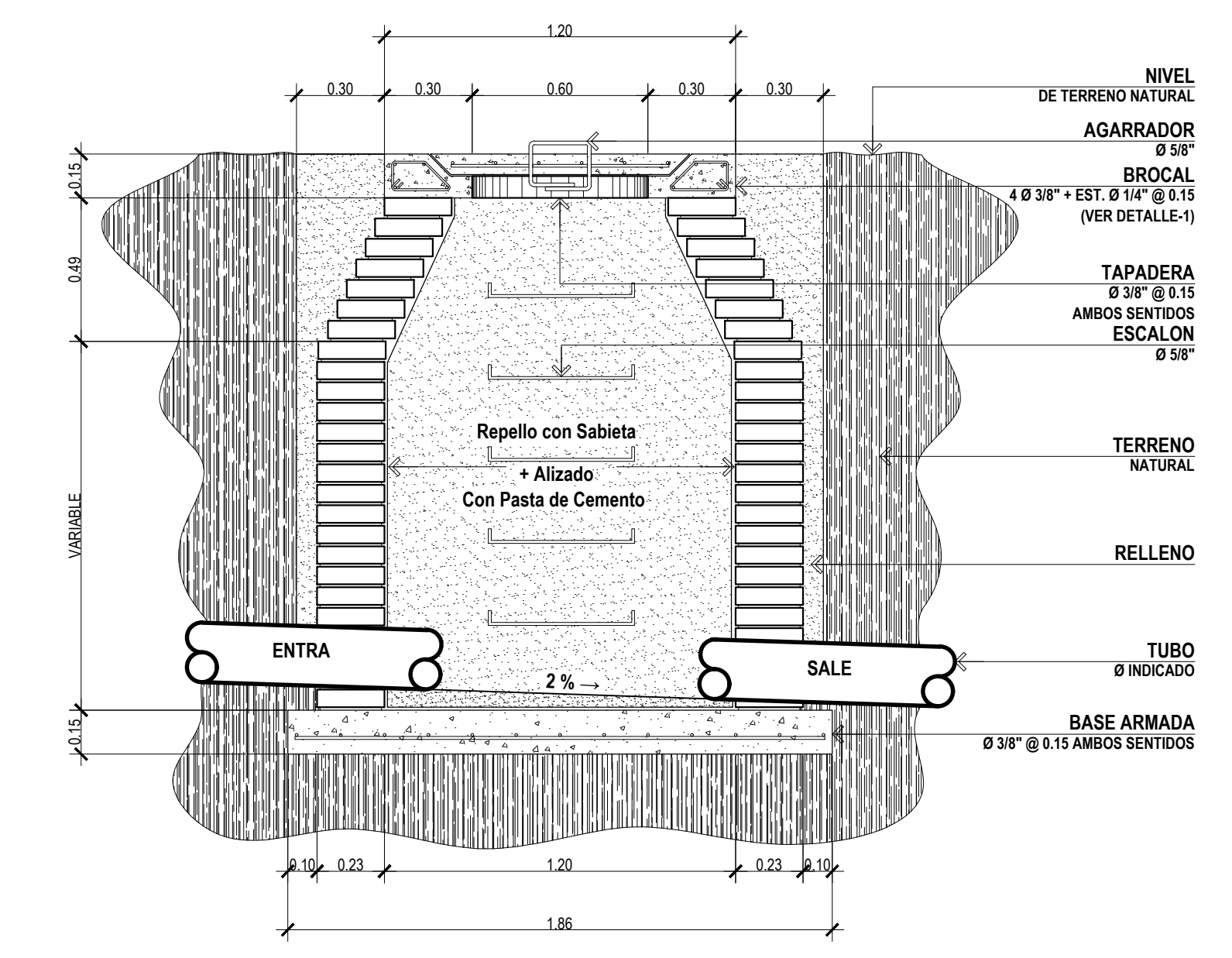
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO:	PERFIL TRAMOS 2, 3 Y 4	
UBICACIÓN:	SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX DIBUJO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ FECHA: MAYO 2019 ESCALA: INDICADA
HOJA NO. 4		ESCALA: INDICADA HOJA NO. 6



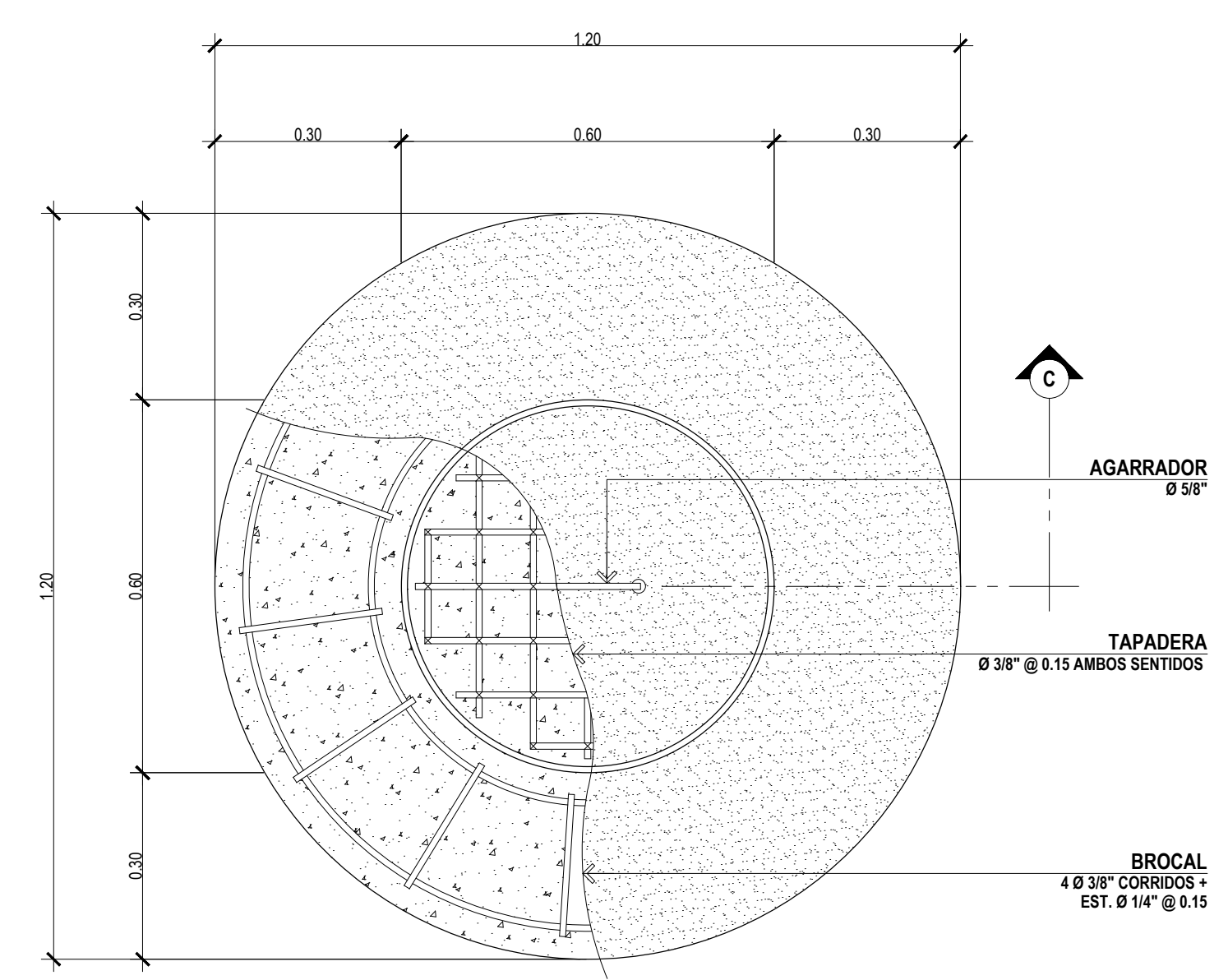
PLANTA DE POZO DE VISITA
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:20



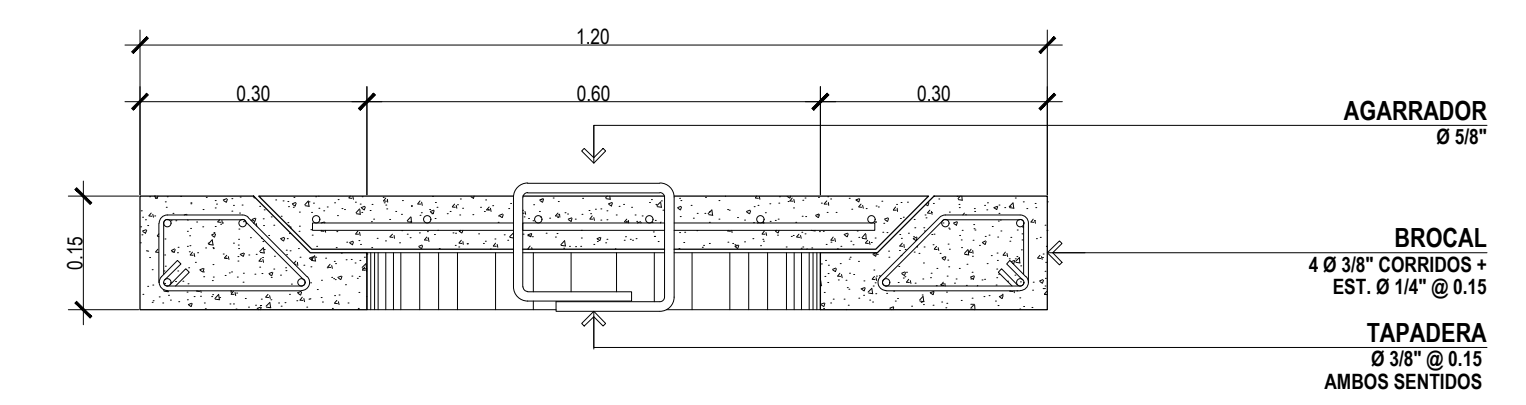
SECCION A-A'
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:20



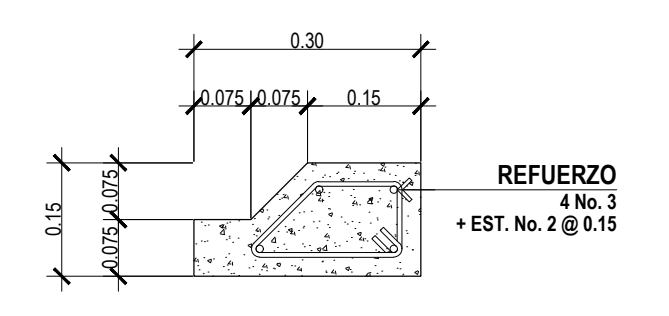
SECCION B-B'
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:20



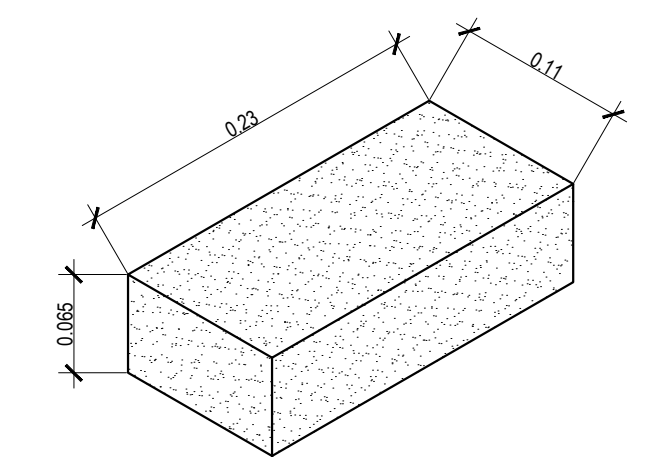
PLANTA DE BROCAL Y TAPADERA
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10



SECCION C DE BROCAL Y TAPADERA
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10

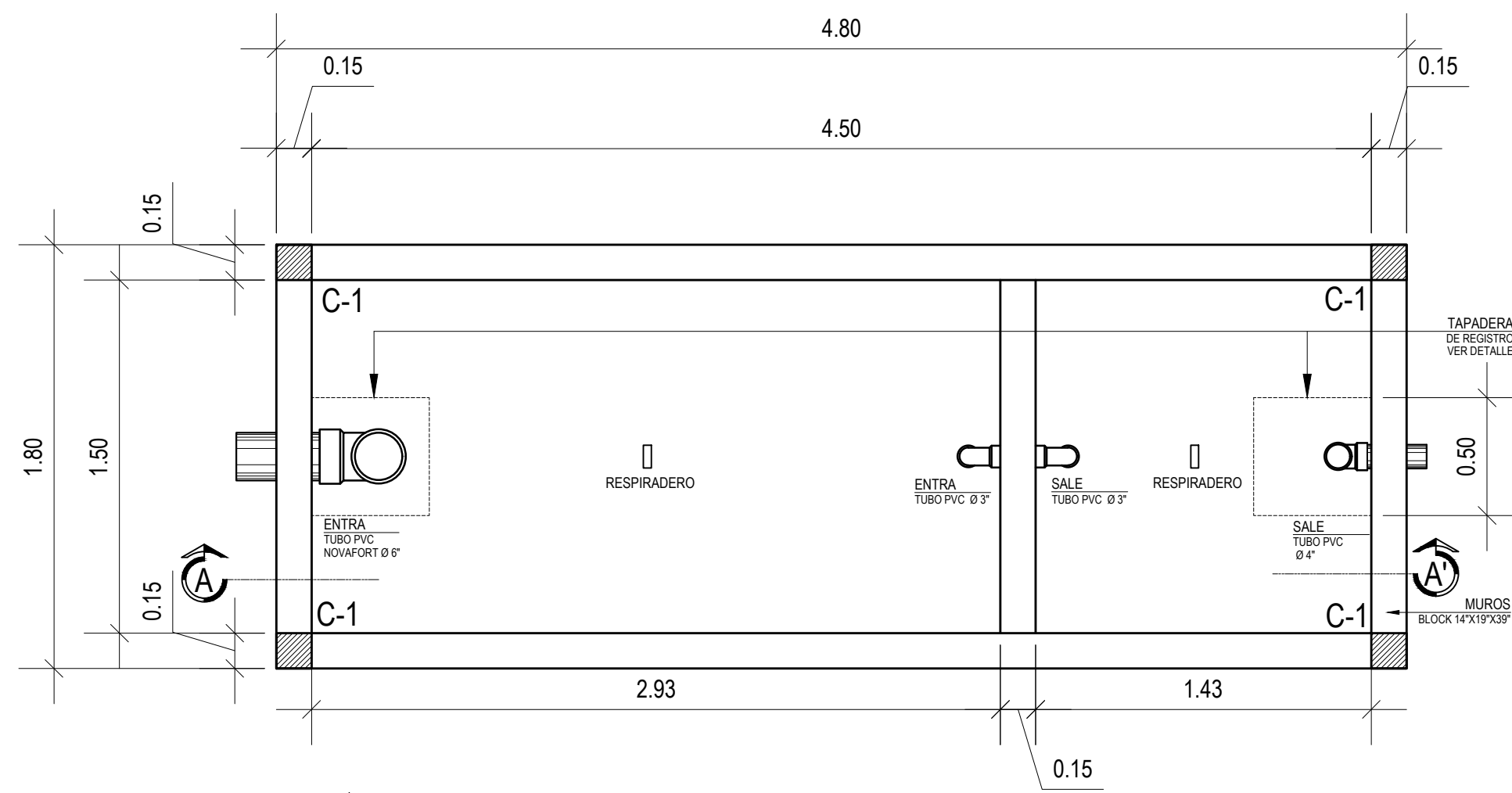


DETALLE -1 DE BROCAL
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10

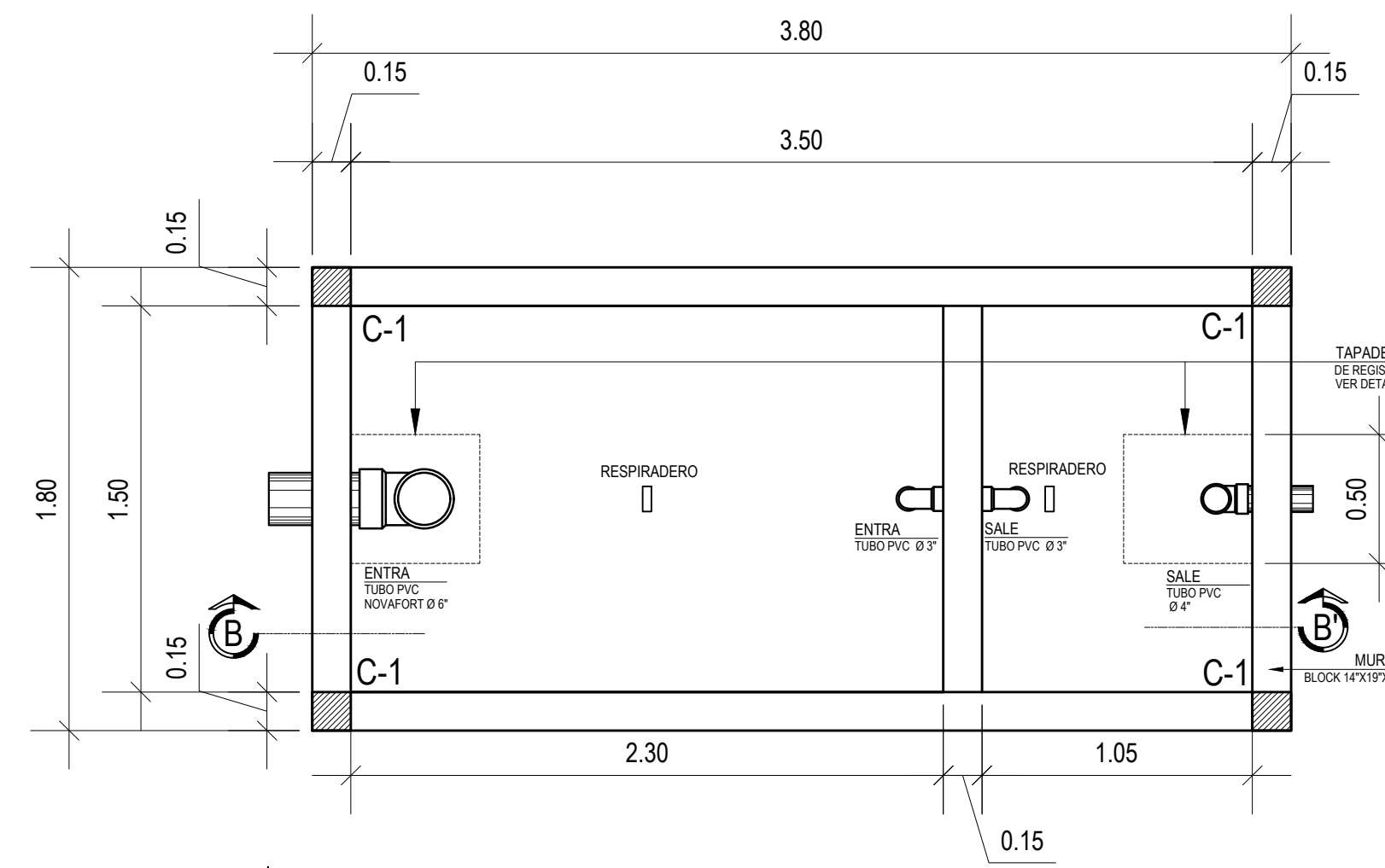


DETALLE DE LADRILLO TAYUYO
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10

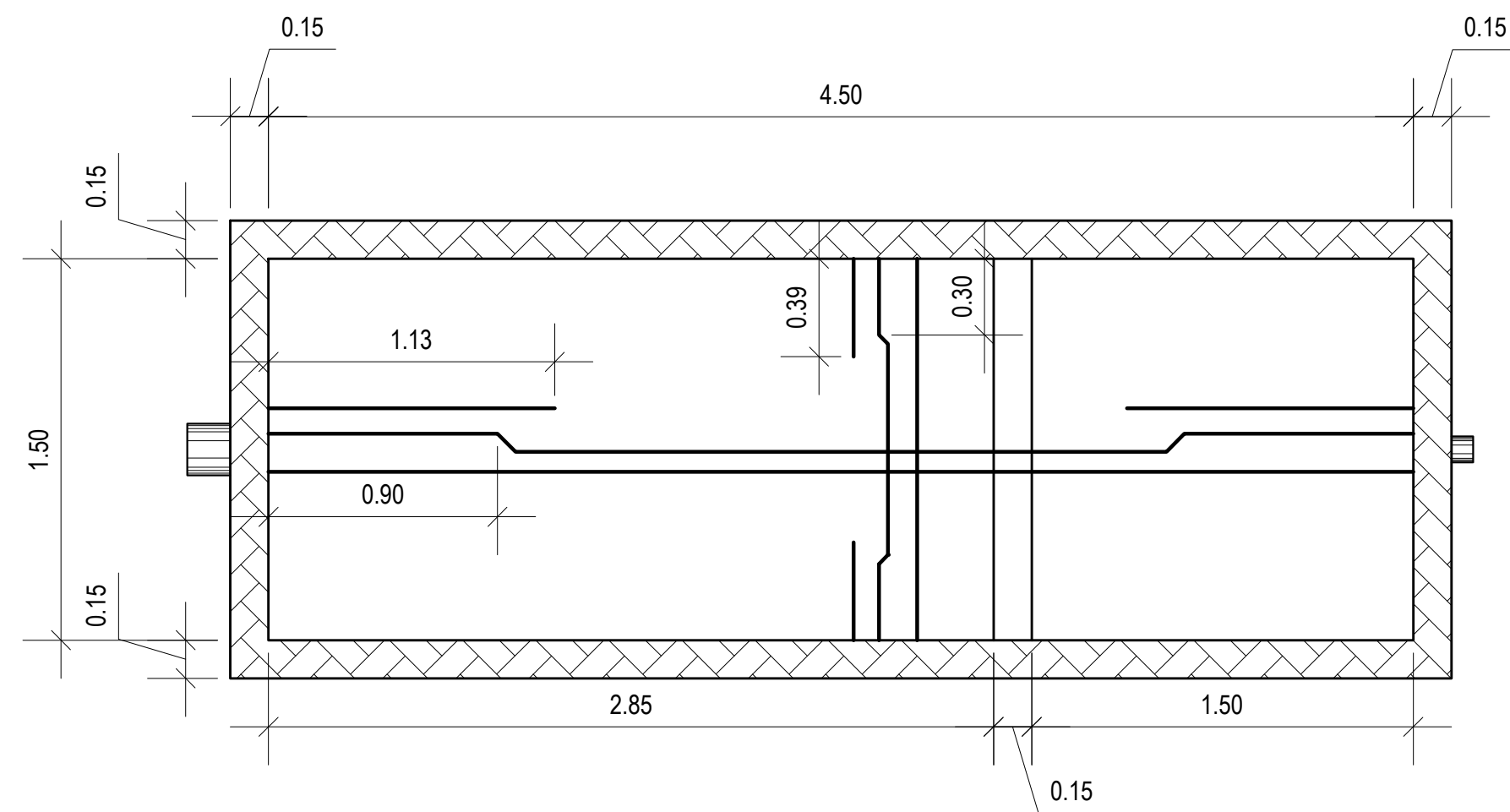
PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO: DETALLE DE POZO DE VISITA	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DIBUJO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ	
	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
	HOJA NO.: 5	TOTAL: 6



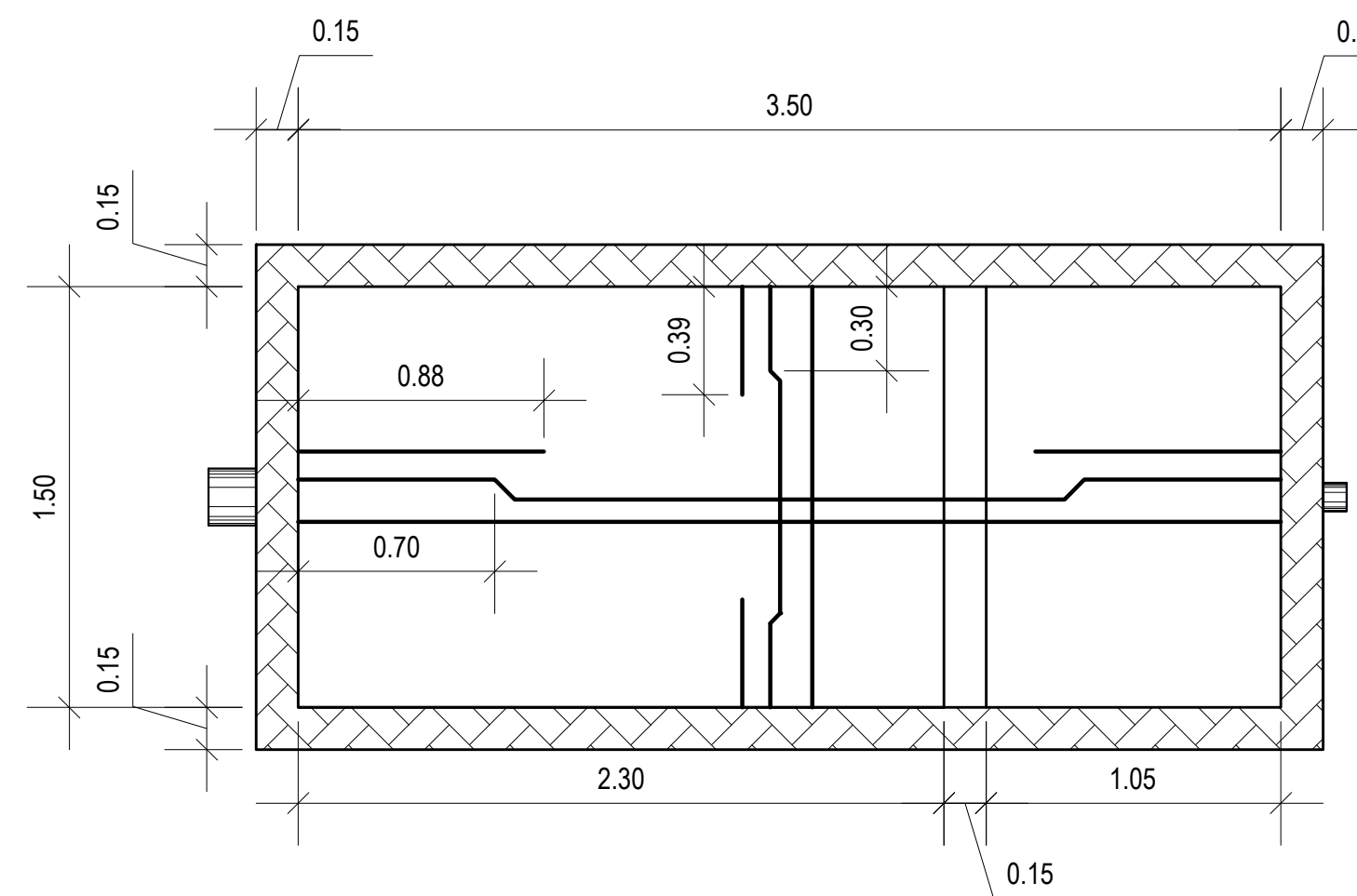
PLANTA ARQUITECTONICA FOSA SEPTICA TRAMO 2
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250



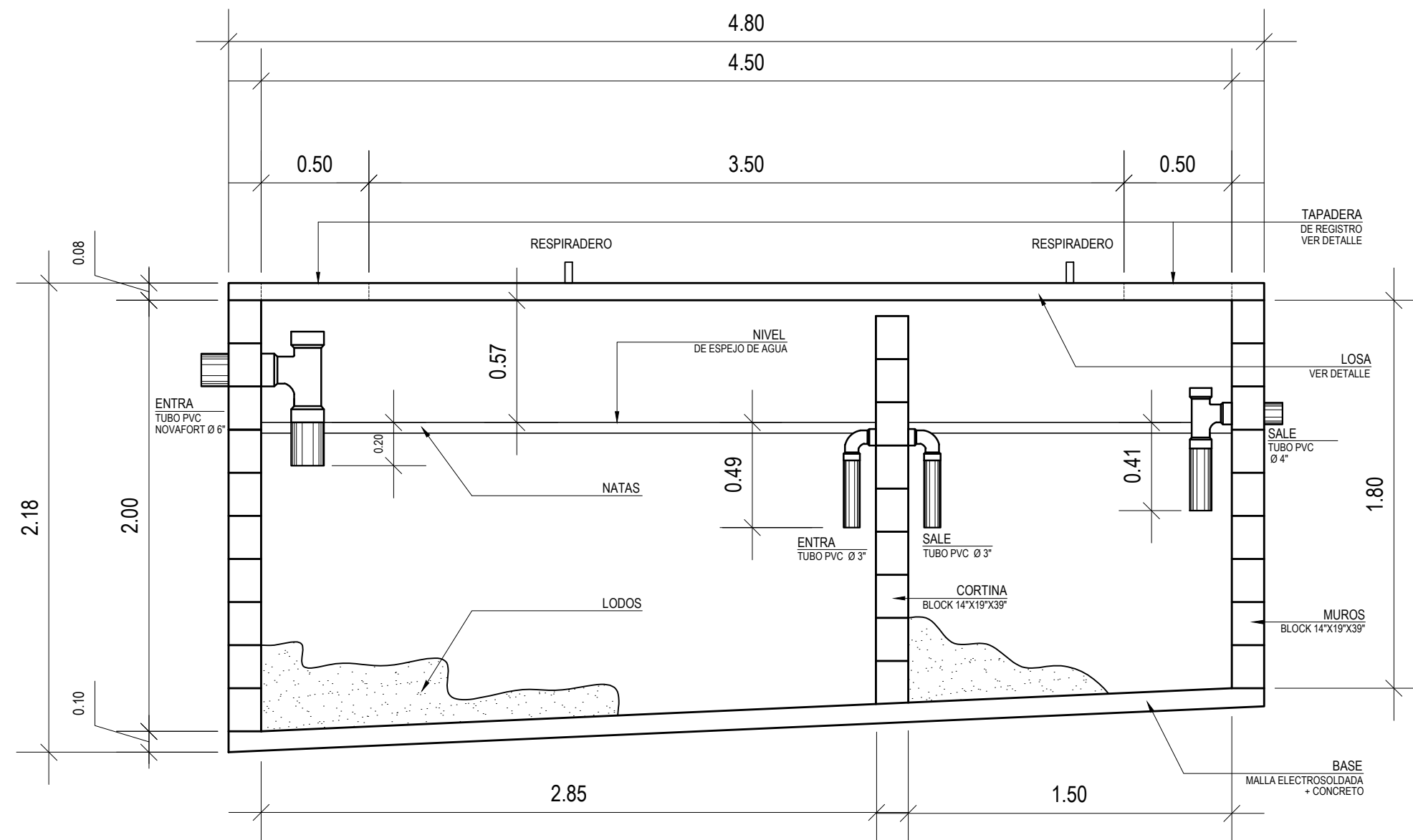
PLANTA ARQUITECTONICA FOSA SEPTICA TRAMO 4
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250



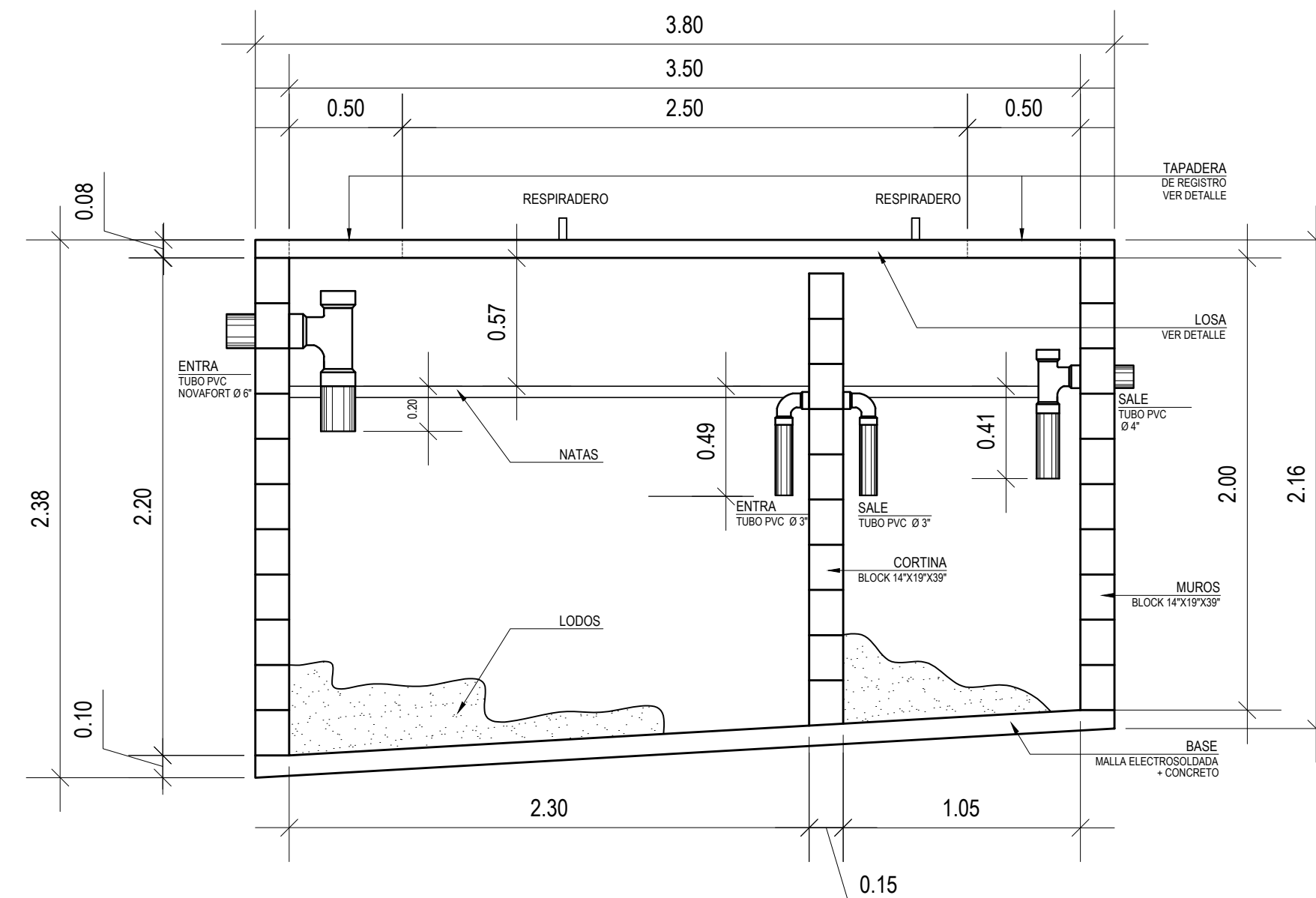
DETALLE DE LOSA FOSA SEPTICA TRAMO 2
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250



DETALLE DE LOSA FOSA SEPTICA TRAMO 4
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250

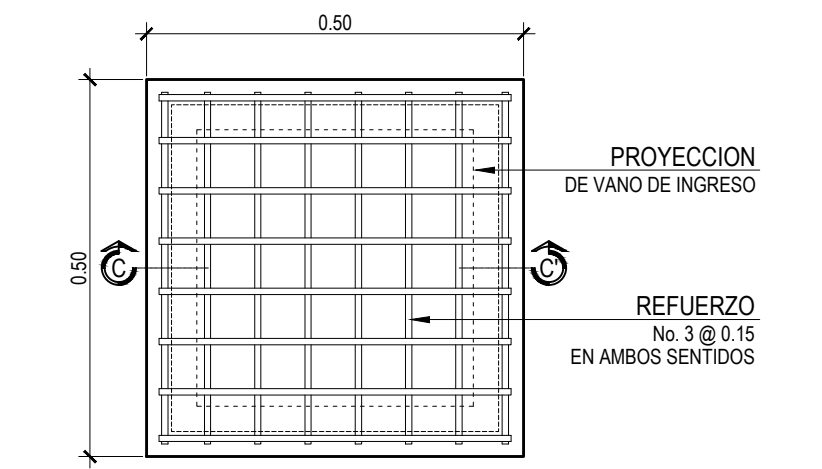


SECCION A - A' DE FOSA SEPTICA TRAMO 2
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250

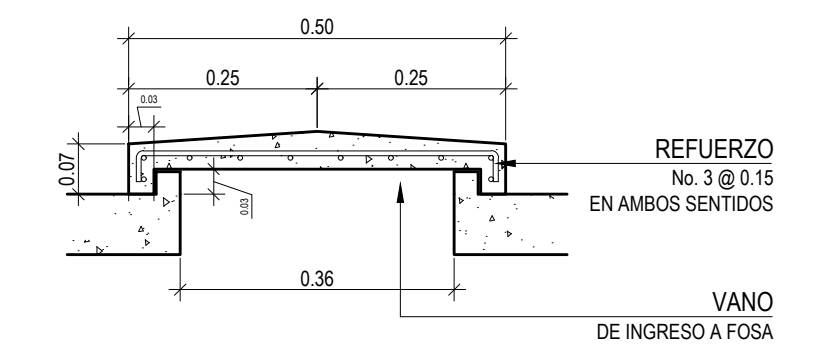


SECCION B - B' DE FOSA SEPTICA TRAMO 4
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:250

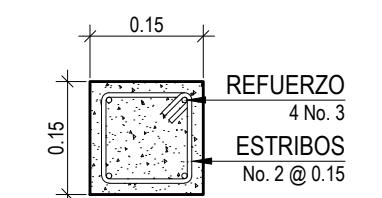
SIMBOLOGIA DE LOSA	
	BASTON: ACERO No. 3 @ 0.20
	TENSION: ACERO No. 3 @ 0.20
	RIEL: ACERO No. 3 @ 0.20



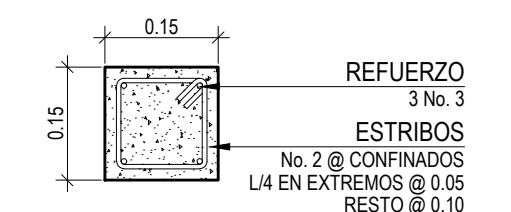
TAPADERA DE INGRESO
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10



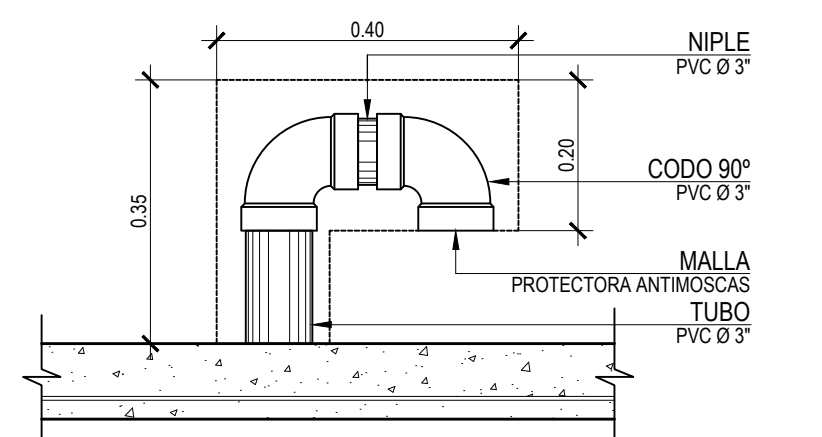
SECCION C-C' TAPADERA DE INGRESO
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10



COLUMNA C-1
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10



SOLERA DE CORONA
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10

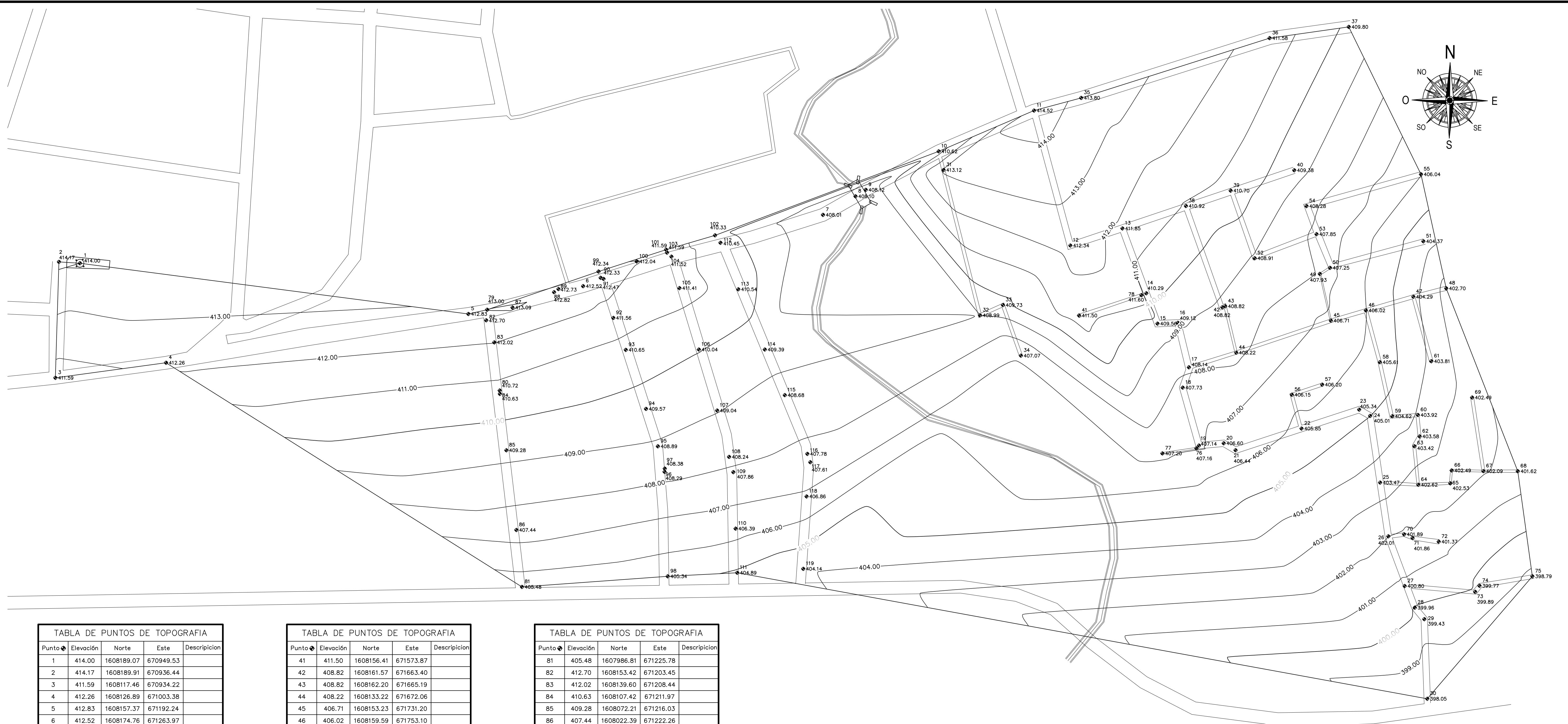


DETALLE DE RESPIRADERO
AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO ESCALA 1:10

PROYECTO: AMPLIACIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
CONTENIDO:	DETALLE DE FOSAS SEPTICAS	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
UBICACIÓN:	SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DEBIDO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX
PROPIETARIO:	MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
		FECHA: MAYO 2019
		ESCALA: INDICADA
		HOJA NO. 6
<small>VO. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLEGADO No. 5385 ASESOR-SUPERVISOR EPS</small>		

Apéndice 4. **Planos del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con tanque elevado en caserío Santa Rita Pachipá y Colonia La Blanquita**

Fuente: elaboración propia.



Punto	Elevación	Norte	Este	Descripción
1	414.00	1608189.07	670949.53	
2	414.17	1608189.91	670936.44	
3	411.59	1608117.46	670934.22	
4	412.26	1608126.89	671003.38	
5	412.83	1608157.37	671192.24	
6	412.52	1608174.76	671263.97	
7	408.01	1608219.29	671413.87	
8	408.10	1608230.89	671434.18	
9	408.12	1608234.93	671440.56	
10	410.62	1608258.99	671486.14	
11	414.52	1608284.46	671545.74	
12	412.34	1608200.15	671568.44	
13	411.85	1608210.80	671600.95	
14	410.29	1608170.30	671615.89	
15	409.56	1608151.33	671622.90	
16	409.12	1608151.83	671635.63	
17	408.14	1608124.04	671642.51	
18	407.73	1608111.36	671638.63	
19	407.14	1608075.16	671648.79	
20	406.60	1608076.57	671664.23	
21	406.44	1608072.23	671671.64	
22	405.85	1608085.77	671712.87	
23	405.34	1608097.60	671748.90	
24	405.01	1608093.69	671755.76	
25	403.47	1608052.01	671762.01	
26	402.01	1608018.44	671767.12	
27	400.80	1607987.37	671777.35	
28	399.96	1607973.87	671783.68	
29	399.43	1607966.65	671789.59	
30	398.05	1607916.94	671791.45	
31	413.12	1608247.35	671489.19	
32	408.99	1608156.52	671511.99	
33	409.73	1608162.93	671526.32	
34	407.07	1608131.32	671537.54	
35	413.80	1608292.39	671575.19	
36	411.58	1608329.73	671692.91	
37	409.80	1608336.74	671742.42	
38	410.92	1608224.83	671640.66	
39	410.70	1608234.43	671668.60	
40	409.38	1608247.16	671708.34	

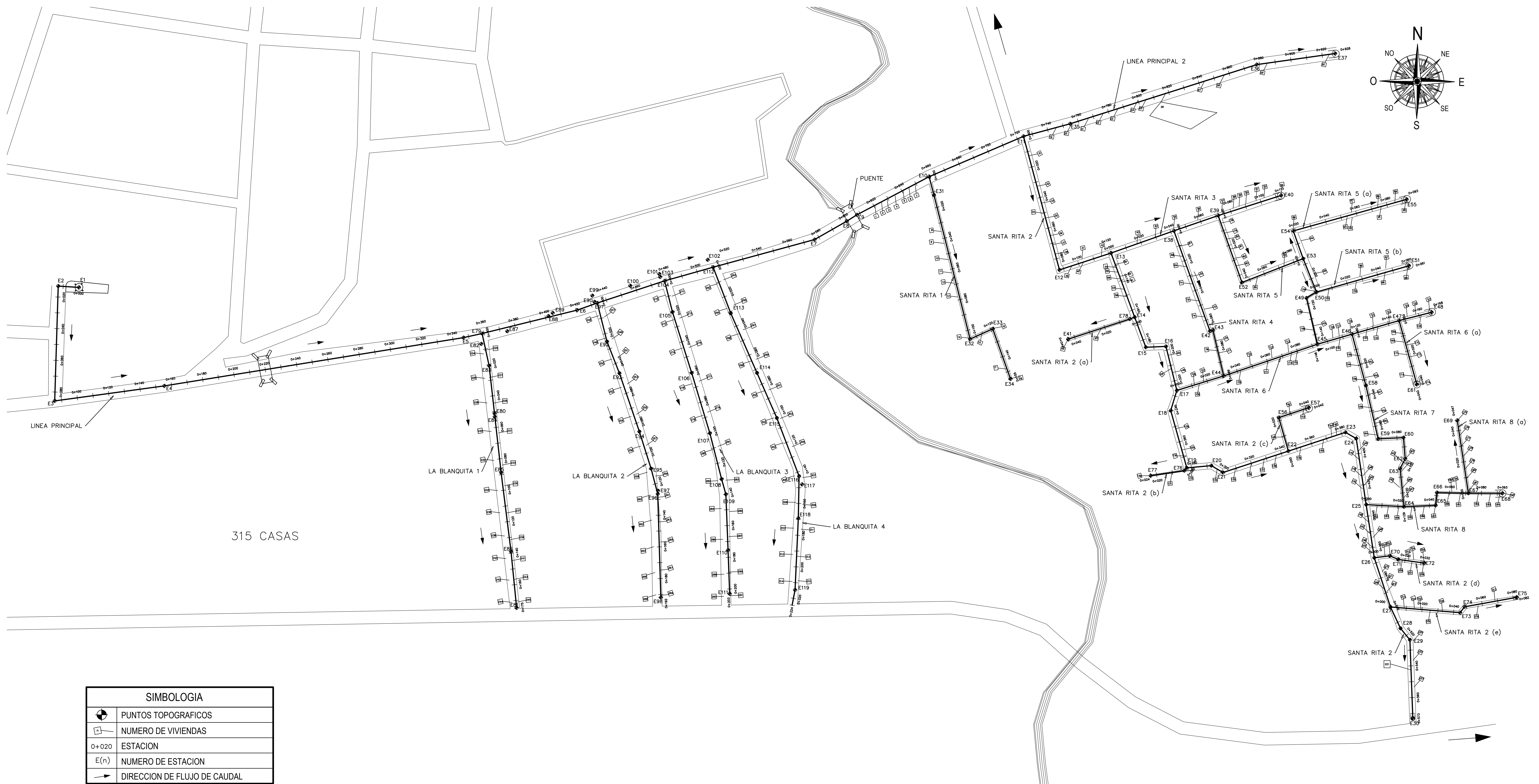
Punto	Elevación	Norte	Este	Descripción
41	411.50	1608156.41	671573.87	
42	408.82	1608161.57	671663.40	
43	408.82	1608162.20	671665.19	
44	408.22	1608133.22	671672.06	
45	406.71	1608153.23	671731.20	
46	406.02	1608159.59	671753.10	
47	404.29	1608168.13	671782.76	
48	402.70	1608173.38	671803.33	
49	407.93	1608182.41	671724.33	
50	407.25	1608186.20	671730.67	
51	404.37	1608202.76	671789.01	
52	408.91	1608192.19	671683.62	
53	407.85	1608207.22	671722.26	
54	408.28	1608224.77	671715.99	
55	406.04	1608244.65	671787.53	
56	406.15	1608106.90	671706.83	
57	406.20	1608113.22	671725.81	
58	405.61	1608127.20	671761.85	
59	404.62	1608093.48	671769.58	
60	403.92	1608094.26	671785.56	
61	403.81	1608127.83	671794.01	
62	403.58	1608080.86	671786.67	
63	403.42	1608074.72	671783.41	
64	402.62	1608050.66	671785.85	
65	402.53	1608051.54	671805.83	
66	402.49	1608059.58	671806.70	
67	402.09	1608059.18	671826.54	
68	401.62	1608059.11	671848.01	
69	402.49	1608105.16	671819.50	
70	401.89	1608019.68	671776.97	
71	401.86	1608017.36	671782.23	
72	401.37	1608015.09	671798.61	
73	399.89	1607983.77	671821.33	
74	399.77	1607987.50	671824.09	
75	398.79	1607993.46	671857.14	
76	407.16	1608073.43	671647.20	
77	407.20	1608070.24	671625.94	
78	411.60	1608169.13	671612.84	
79	413.00	1608160.00	671204.00	INICIO NUEVA TOPO
80	410.72	1608109.56	671211.85	

Punto	Elevación	Norte	Este	Descripción
81	405.48	1607986.81	671225.78	
82	412.70	1608153.42	671203.45	
83	412.02	1608139.60	671208.44	
84	410.63	1608107.42	671211.97	
85	409.28	1608072.21	671216.03	
86	407.44	1608022.39	671222.26	
87	413.09	1608161.42	671219.84	
88	412.82	1608170.99	671245.84	
89	412.73	1608172.94	671248.55	
90	412.33	1608179.99	671274.94	
91	412.47	1608179.27	671276.72	
92	411.56	1608154.90	671282.83	
93	410.65	1608134.93	671290.66	
94	409.57	1608098.08	671303.26	
95	408.89	1608074.67	671310.69	
96	408.29	1608058.72	671314.87	
97	408.38	1608060.75	671315.00	
98	405.34	1607993.43	671316.80	
99	412.34	1608183.88	671273.59	
100	412.04	1608190.16	671297.47	
101	411.59	1608197.56	671315.83	
102	410.33	1608206.51	671346.39	
103	411.59	1608195.68	671316.40	
104	411.52	1608193.21	671319.17	
105	411.41	1608173.52	671324.18	
106	410.04	1608135.14	671336.30	
107	409.04	1608097.03	671347.74	
108	408.24	1608068.07	671355.18	
109	407.86	1608058.51	671357.85	
110	406.39	1608023.26	671359.25	
111	404.89	1607995.68	671360.25	
112	410.45	1608201.86	671349.80	
113	410.54	1608172.78	671360.94	
114	409.39	1608135.13	671377.50	
115	408.68	1608106.65	671390.02	
116	407.78	1608069.94	671404.09	
117	407.61	1608064.74	671405.95	
118	406.86	1608043.34	671403.58	
119	404.14	1607998.13	671401.52	

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL Y PUNTOS DE TOPOGRAFIA
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

ESCALA 1:1250

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL Y PUNTOS TOPOGRAFICOS		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CALIDAD: JOSE CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
<small>Vs. Sr. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLGADO No. 3382 ASESOR SUPERVISOR EPS</small>		HOJA NO. 1 / 10



315 CASAS

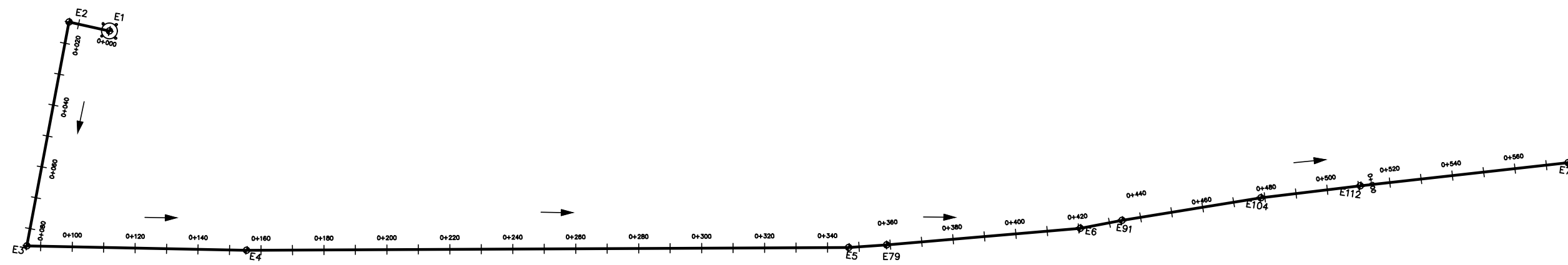
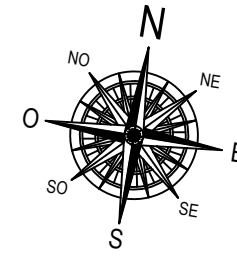
SIMBOLOGIA	
	PUNTOS TOPOGRAFICOS
	NUMERO DE VIVIENDAS
0+020	ESTACION
E(n)	NUMERO DE ESTACION
	DIRECCION DE FLUJO DE CAUDAL

PLANTA DE DENSIDAD DE VIVIENDAS
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

ESCALA 1:1250

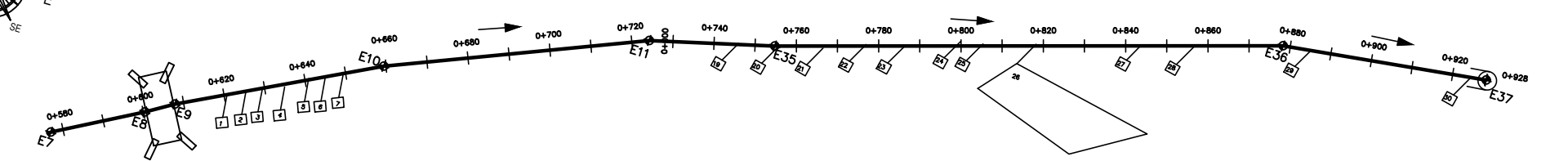
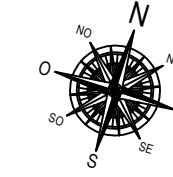
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL Y PUNTOS TOPOGRAFICOS		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CALCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	DIBUJO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
FECHA: MAYO 2019		ESCALA: INDICADA
HOJA NO.: 2		10

Yo Bo. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLEGADO No. 5383 ASESOR-SUPERVISOR EPS



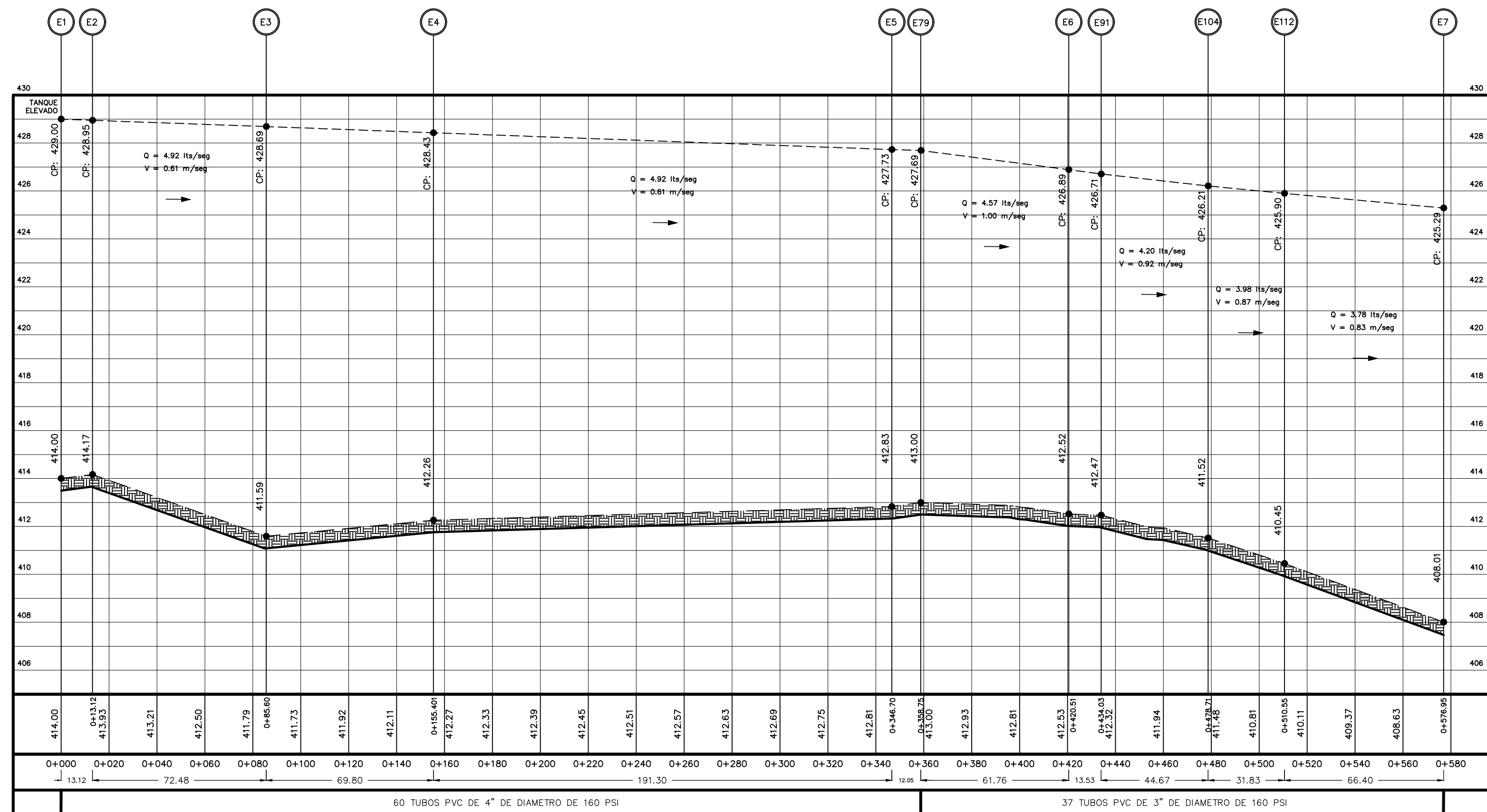
PLANTA TRAMO LINEA PRINCIPAL 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

ESCALA 1:1500



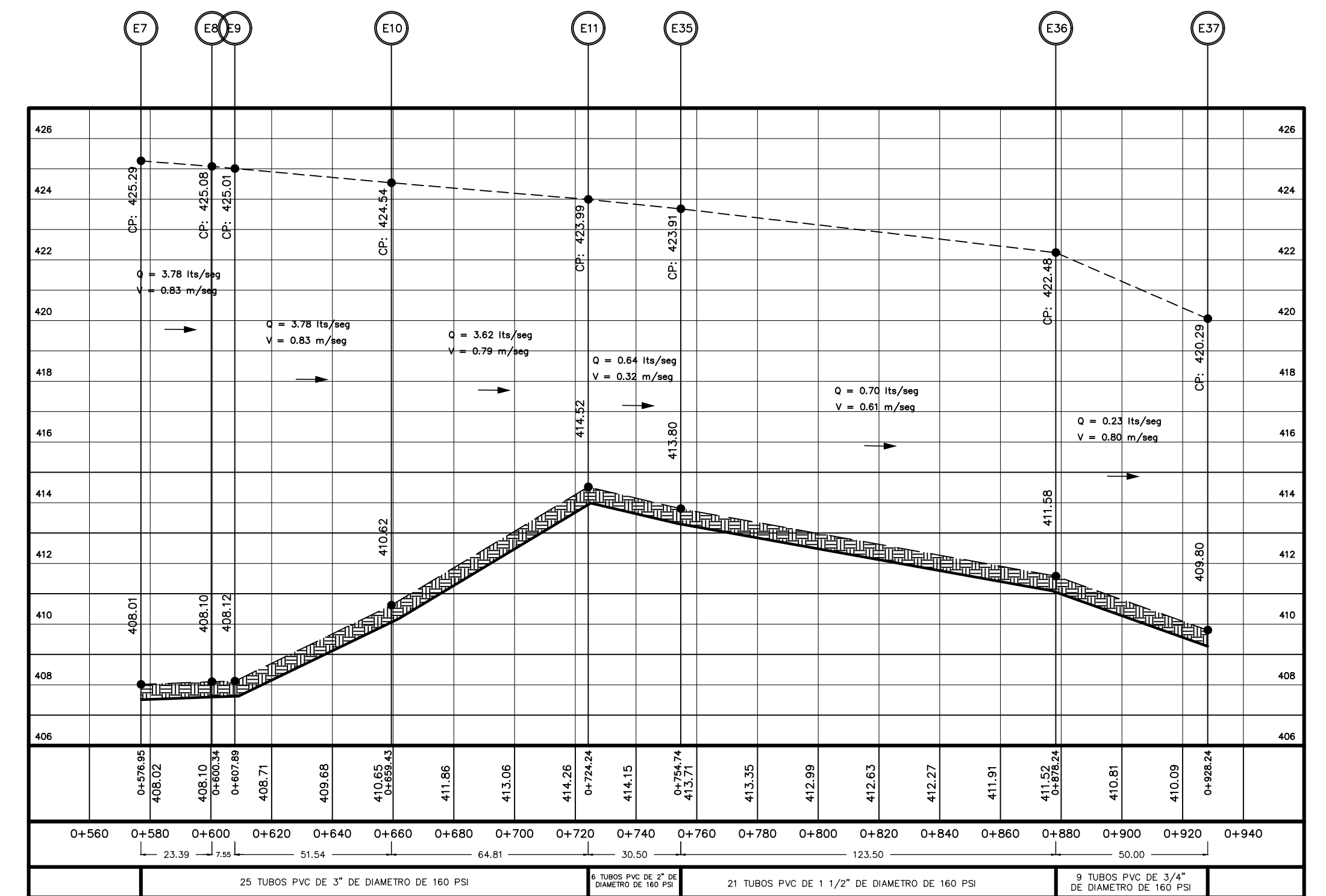
PLANTA TRAMO LINEA PRINCIPAL 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

ESCALA 1:1500



PERFIL LONGITUDINAL LINEA PRINCIPAL 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

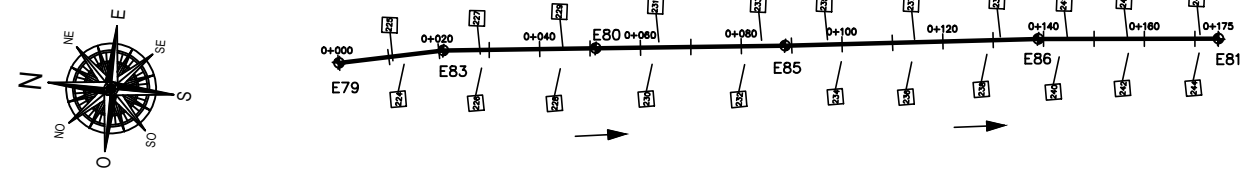
ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:100



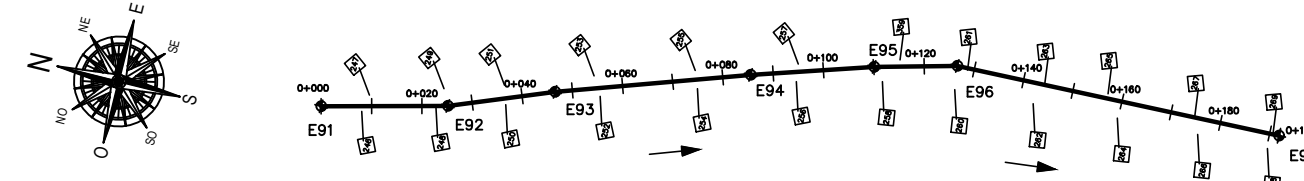
PERFIL LONGITUDINAL LINEA PRINCIPAL 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO

ESCALA 1:1500
ESCALA 1:100

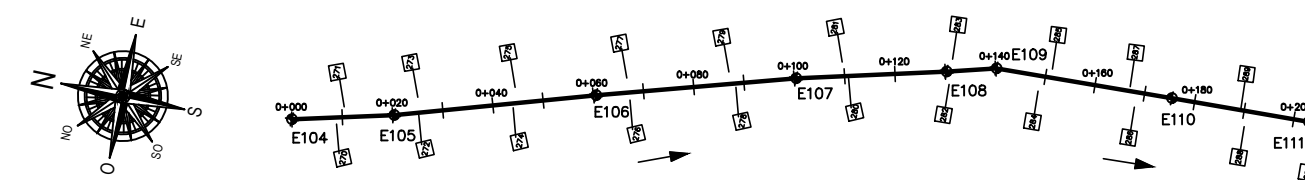
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS LINEA PRINCIPAL 1 Y 2		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CALIFICADO: JOSE CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	
ESCALA: INDICADA		ESCALA: INDICADA
HOJA NO. 3		10



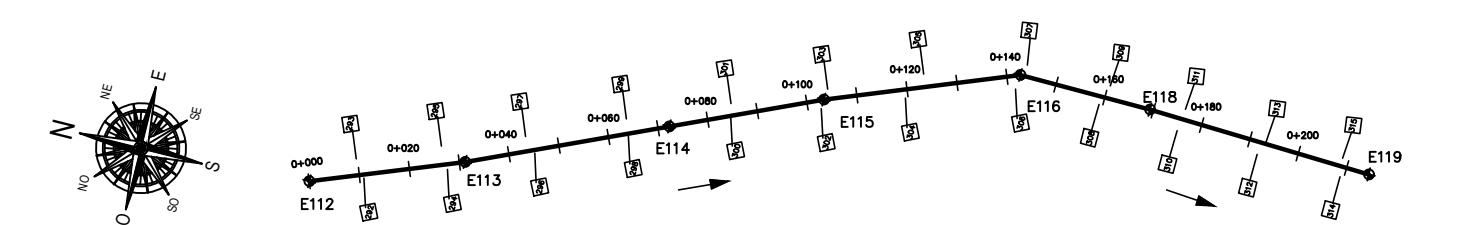
PLANTA TRAMO LA BLANQUITA 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



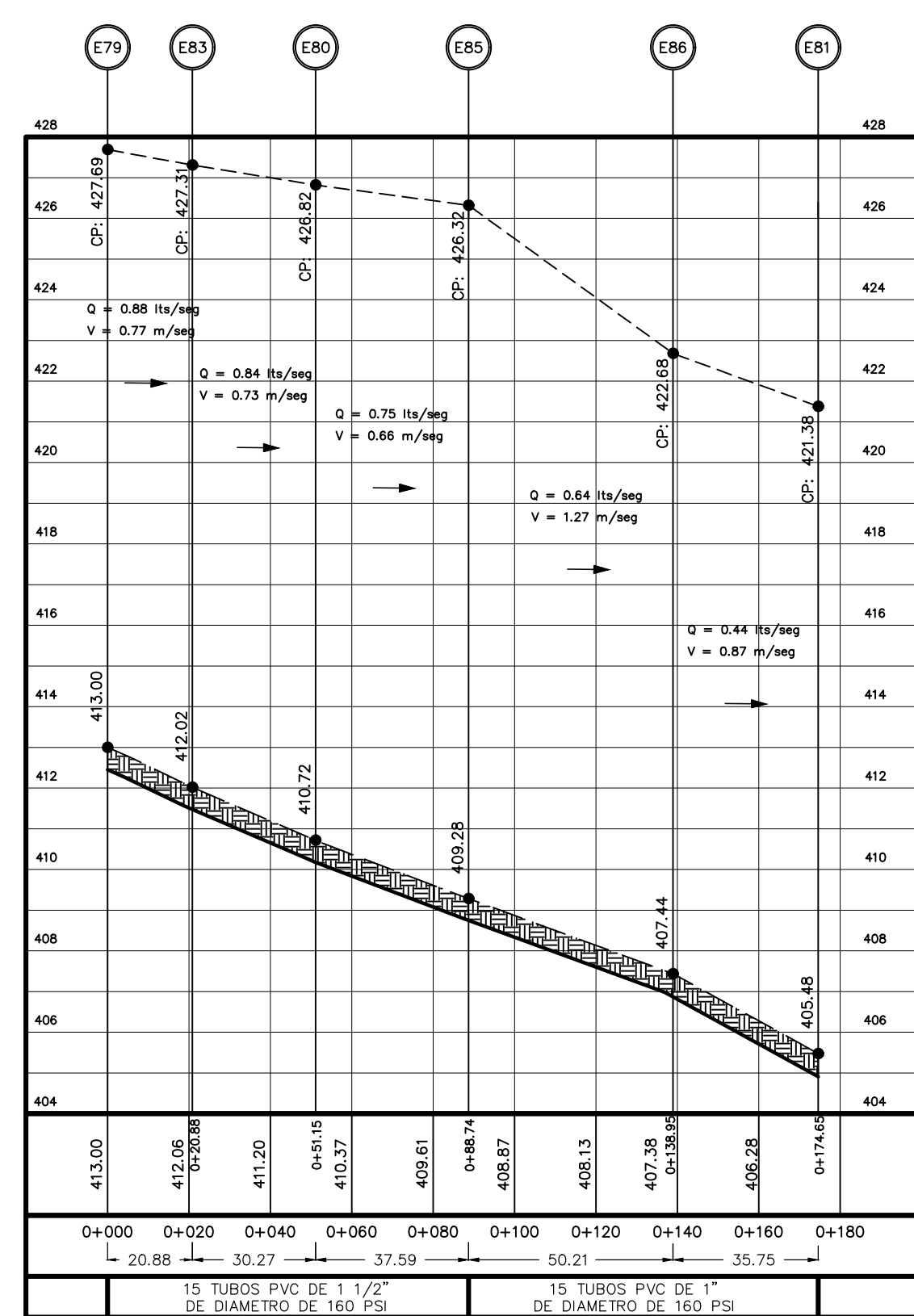
PLANTA TRAMO LA BLANQUITA 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



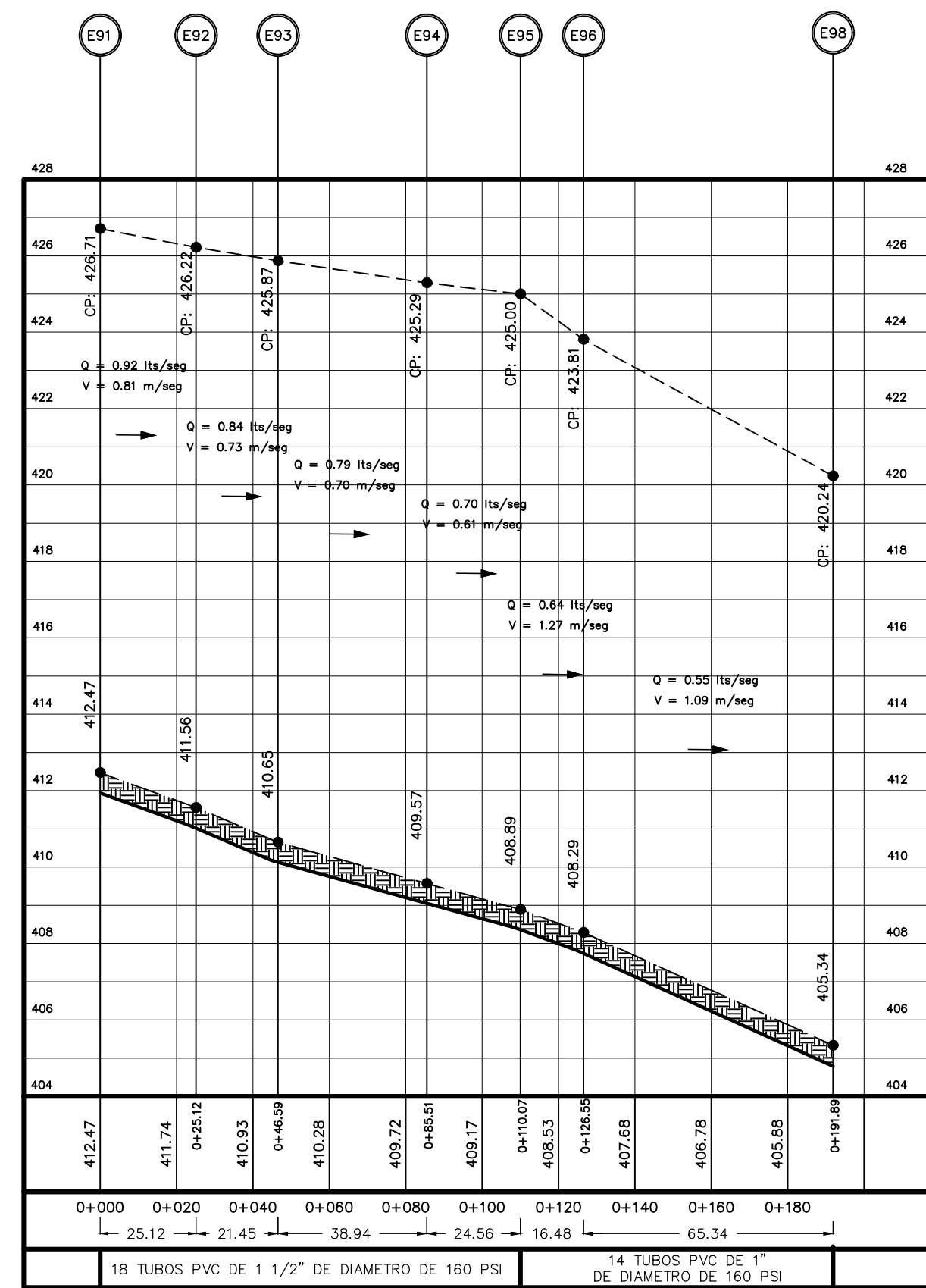
PLANTA TRAMO LA BLANQUITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



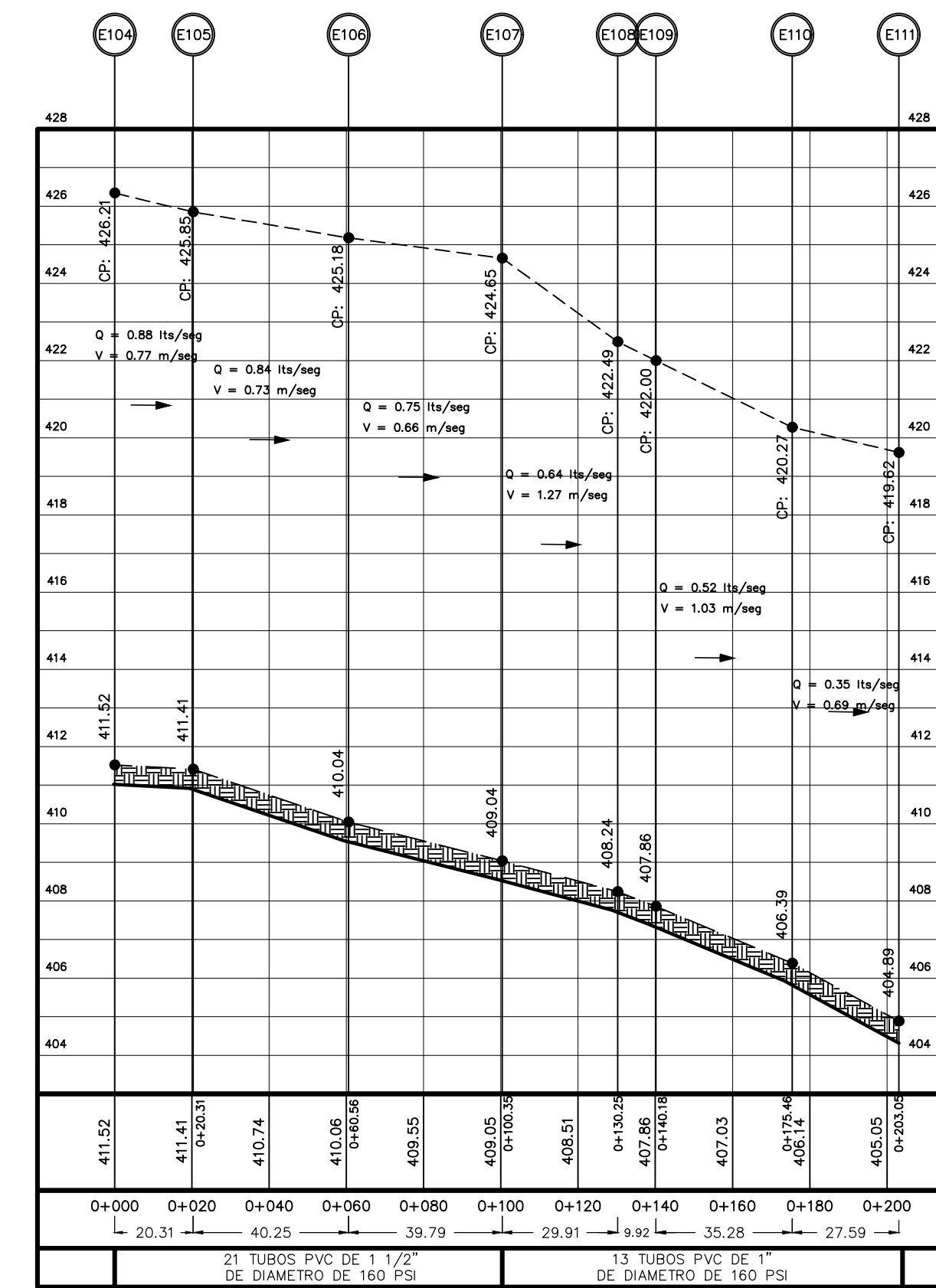
PLANTA TRAMO LA BLANQUITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



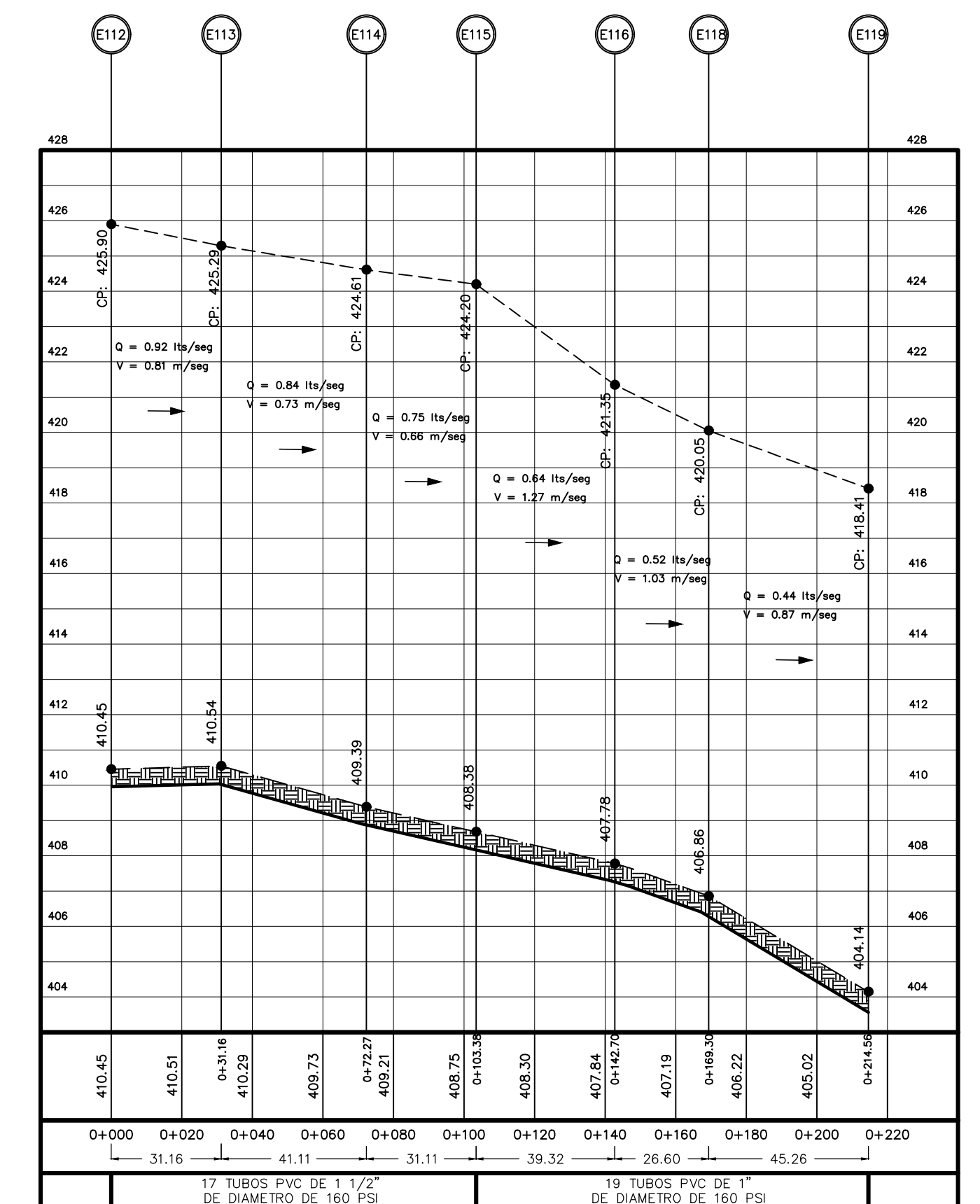
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO LA BLANQUITA 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100



PERFIL LONGITUDINAL TRAMO LA BLANQUITA 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100



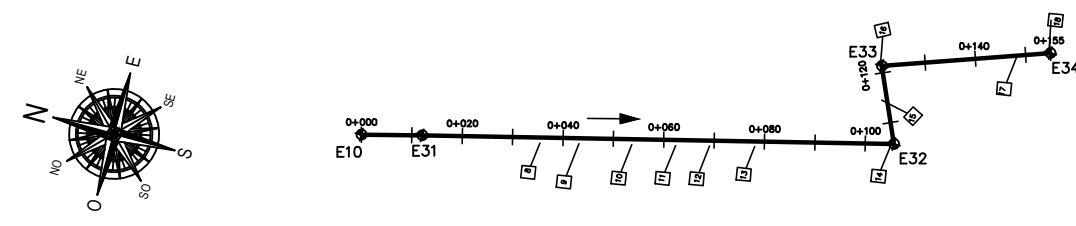
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO LA BLANQUITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100



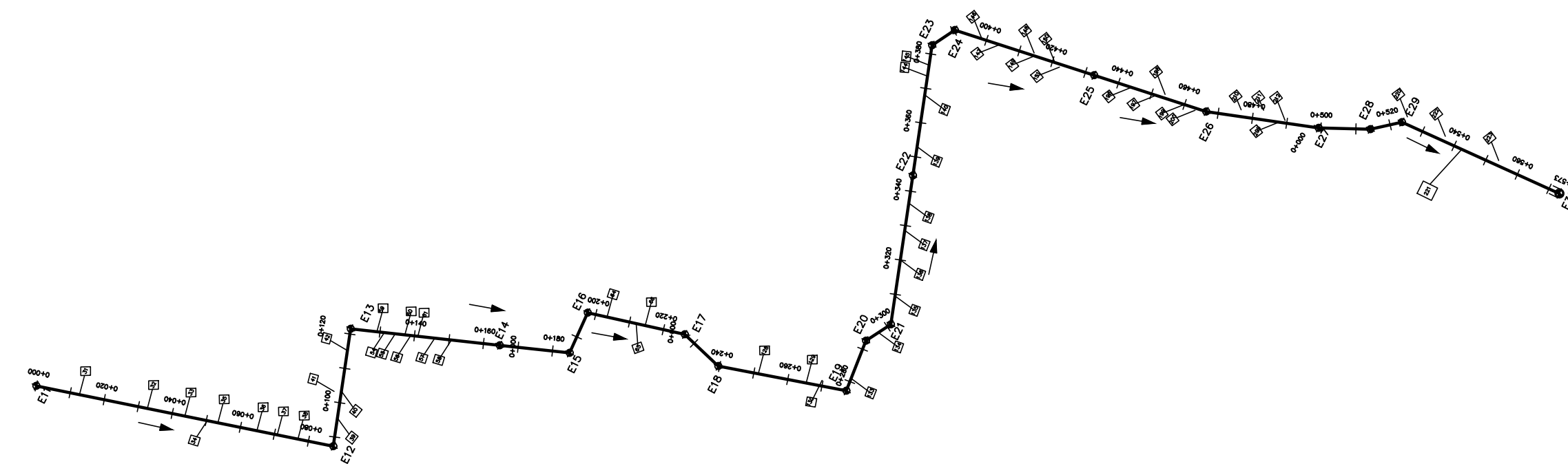
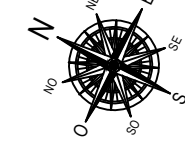
PERFIL LONGITUDINAL TRAMO LA BLANQUITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA HORIZONTAL 1:100
ESCALA VERTICAL 1:100

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS LA BLANQUITA 1, 2, 3 Y 4		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
FECHA: MAYO 2019		ESCALA: INDICADA
HOJA NO.: 4		TOTAL: 10

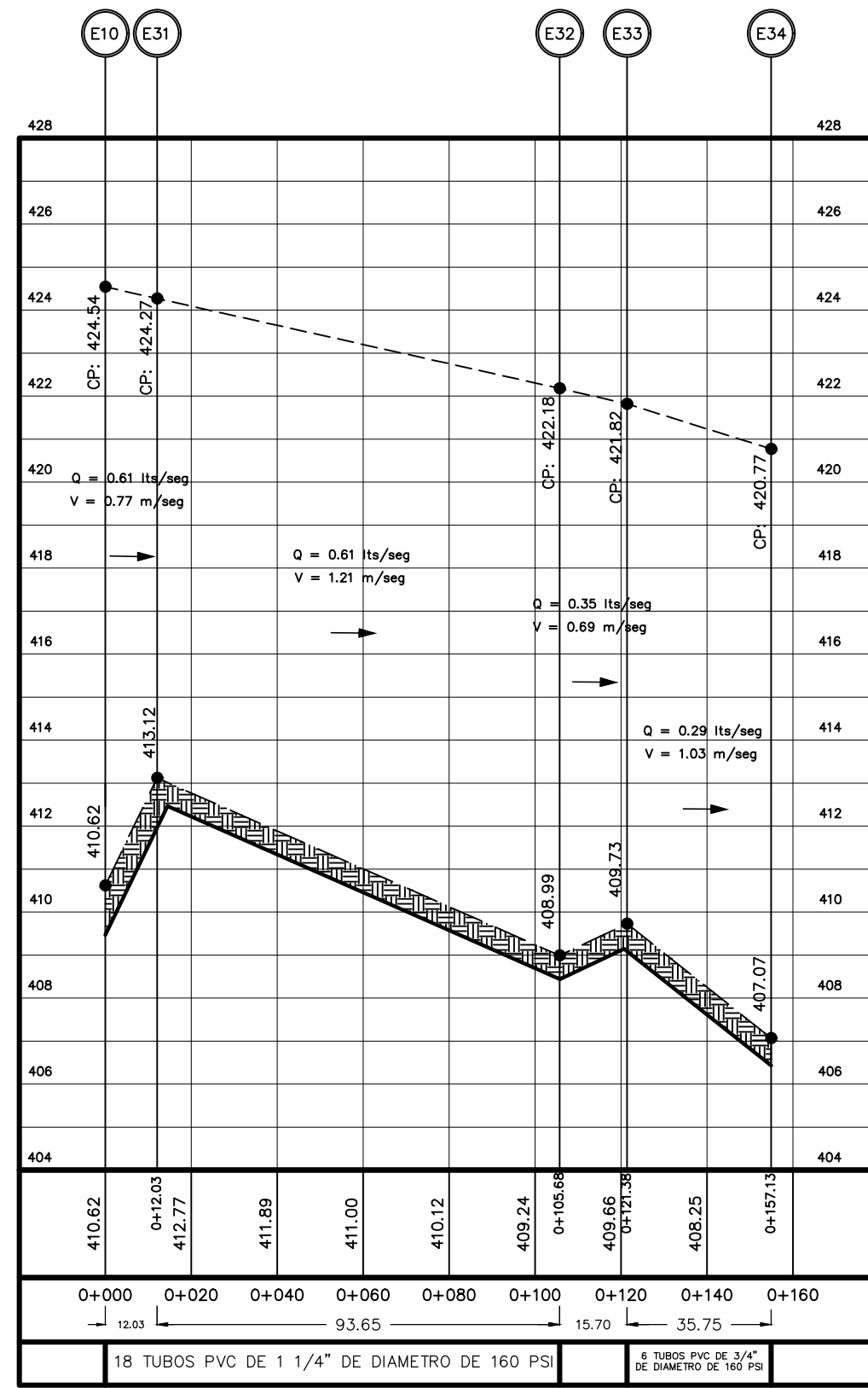
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLIGADO No. 536
ASESOR SUPERVISOR EPS



PLANTA TRAMO SANTA RITA 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1500

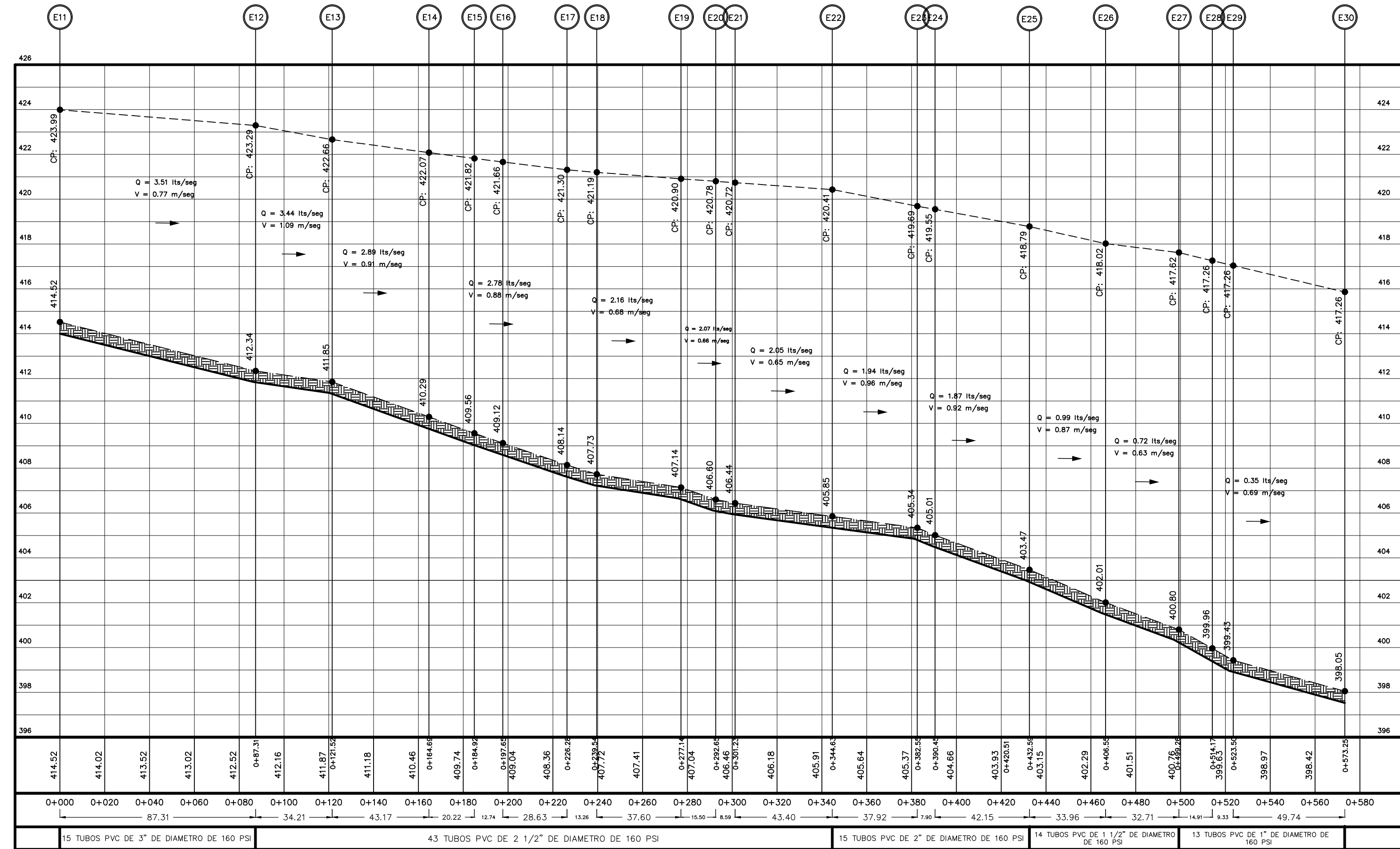


PLANTA TRAMO SANTA RITA 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1500



18 TUBOS PVC DE 1 1/4" DE DIAMETRO DE 160 PSI
3 TUBOS PVC DE 1" DE DIAMETRO DE 160 PSI

PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 1
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1500
ESCALA 1:100

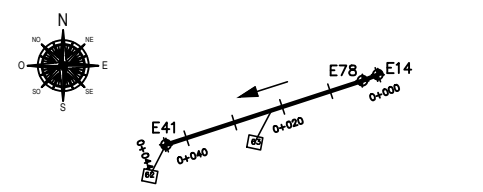


15 TUBOS PVC DE 3" DE DIAMETRO DE 160 PSI
43 TUBOS PVC DE 2 1/2" DE DIAMETRO DE 160 PSI
15 TUBOS PVC DE 2" DE DIAMETRO DE 160 PSI
14 TUBOS PVC DE 1 1/2" DE DIAMETRO DE 160 PSI
13 TUBOS PVC DE 1" DE DIAMETRO DE 160 PSI

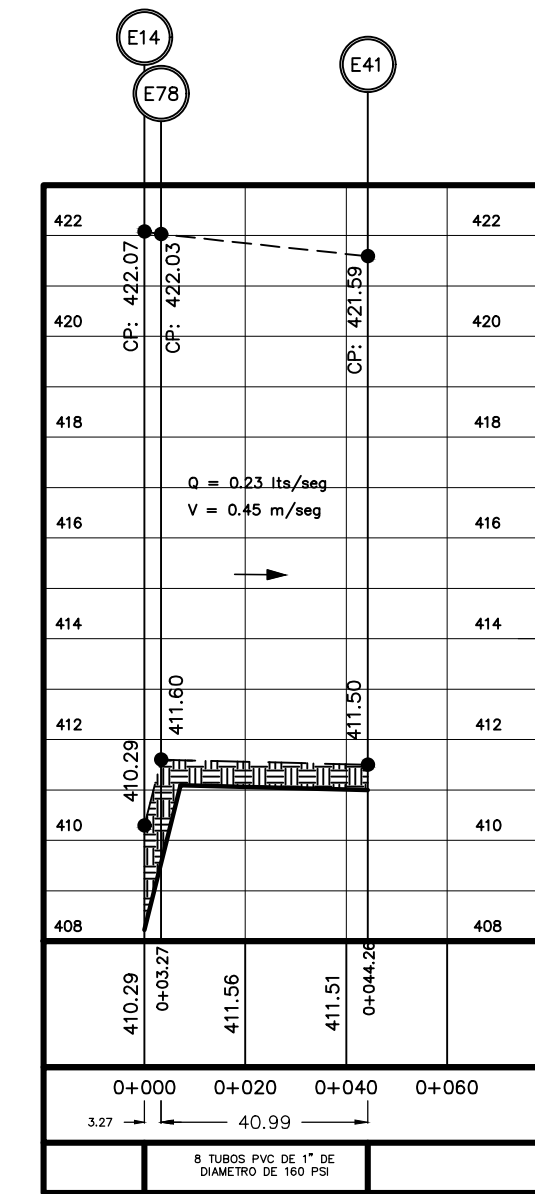
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA HORIZONTAL 1:1500
ESCALA VERTICAL 1:100

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS SANTA RITA 1 Y 2		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.		REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
FECHA: MAYO 2019		ESCALA: INDICADA
HOJA NO. 5		10

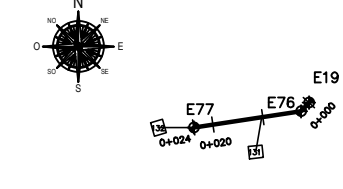
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLEGIO No. 583 ASESOR SUPERVISOR EPS



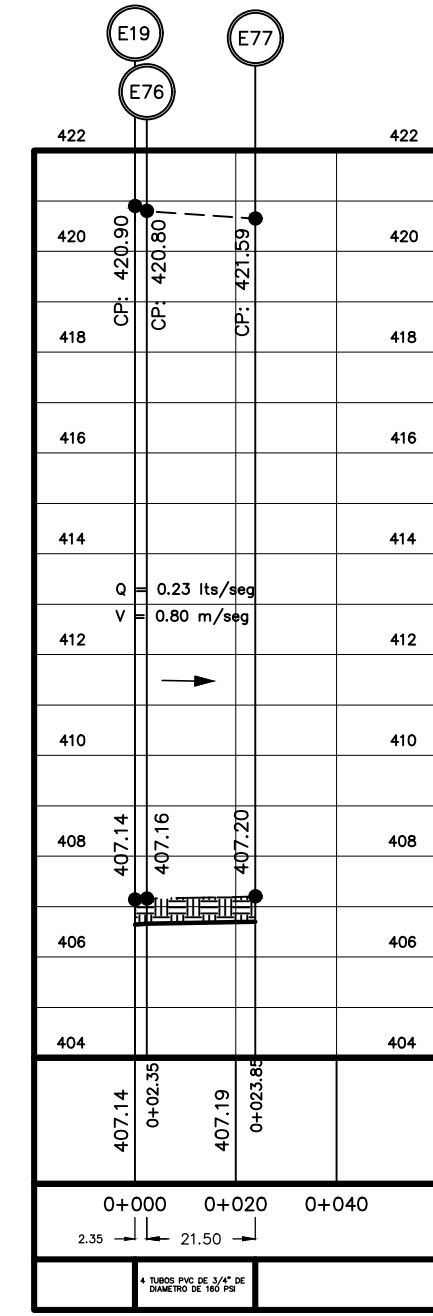
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



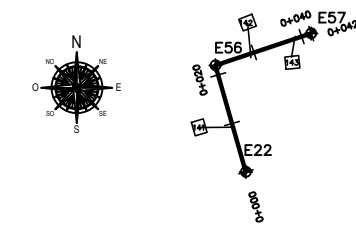
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



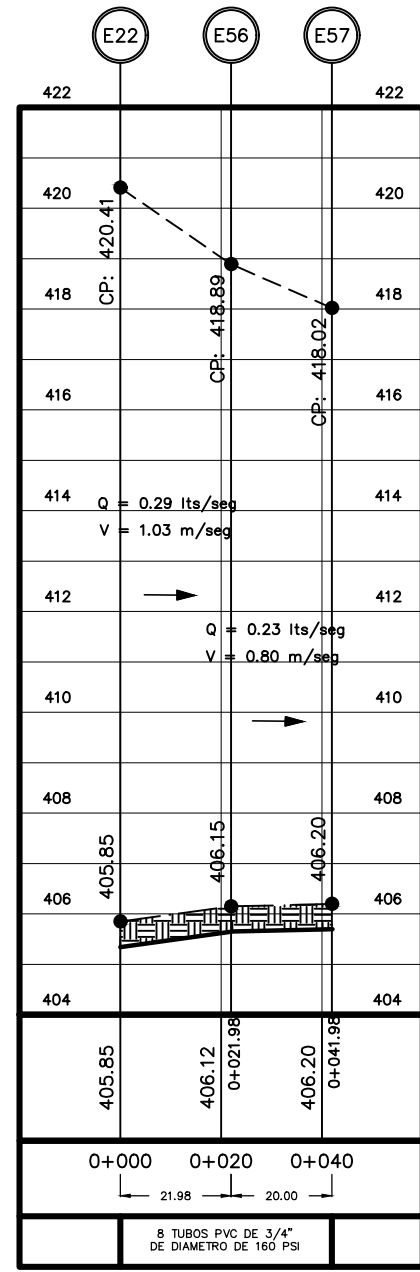
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (b)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



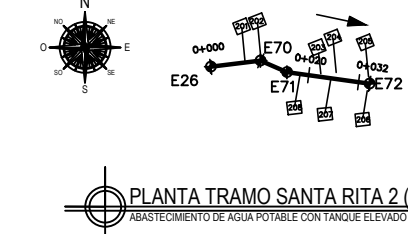
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (b)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



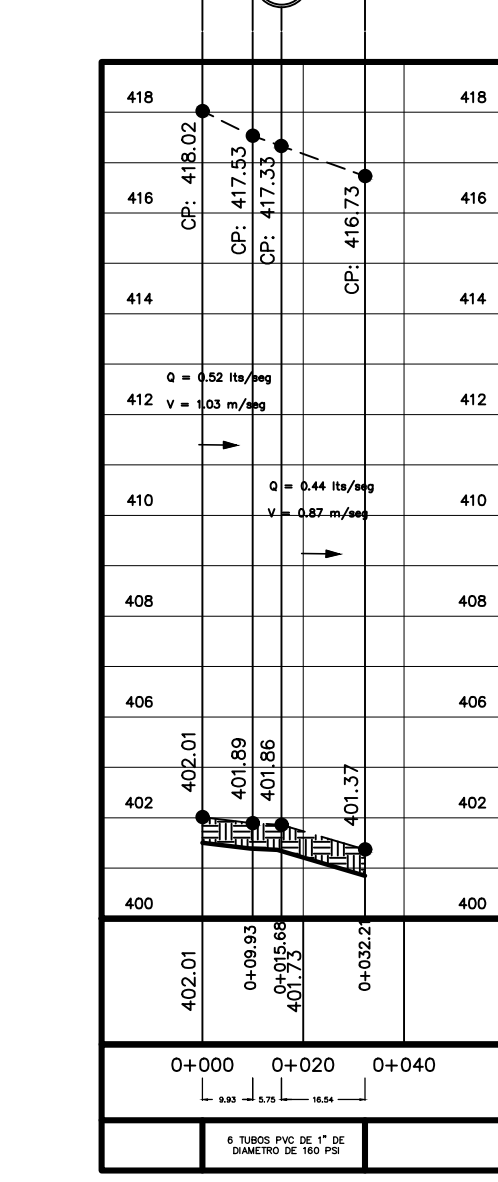
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (c)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



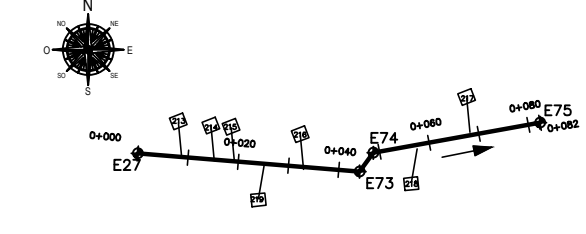
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (c)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



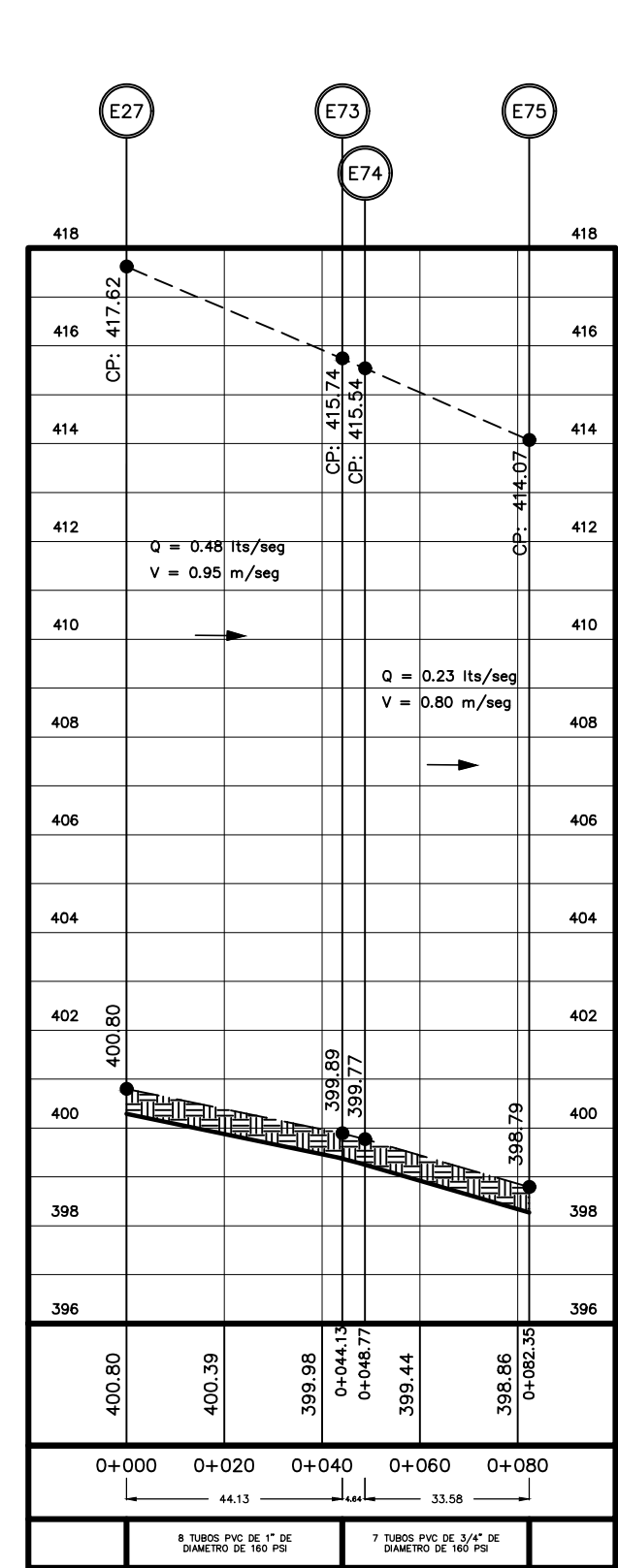
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (d)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



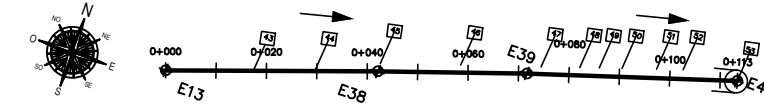
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (d)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



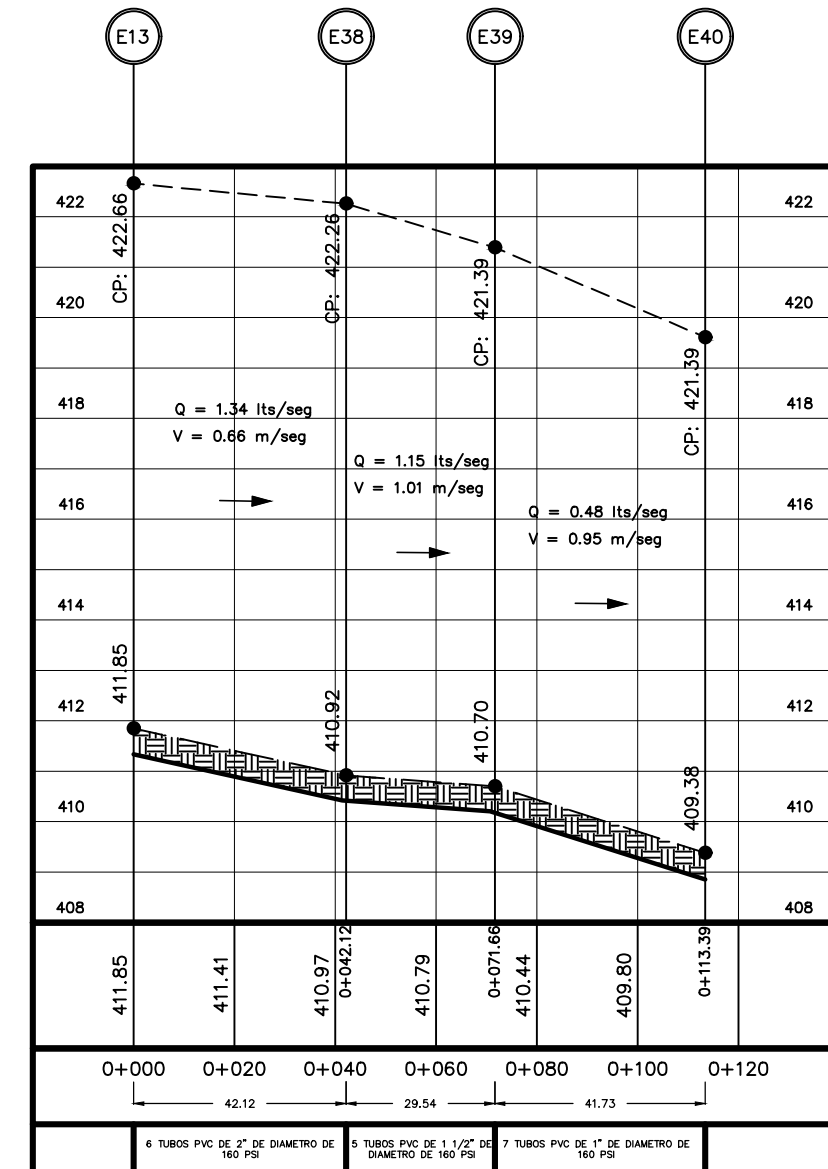
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (e)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



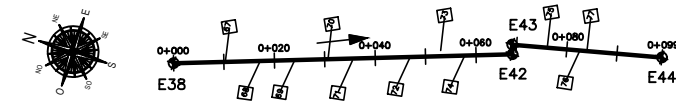
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (e)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



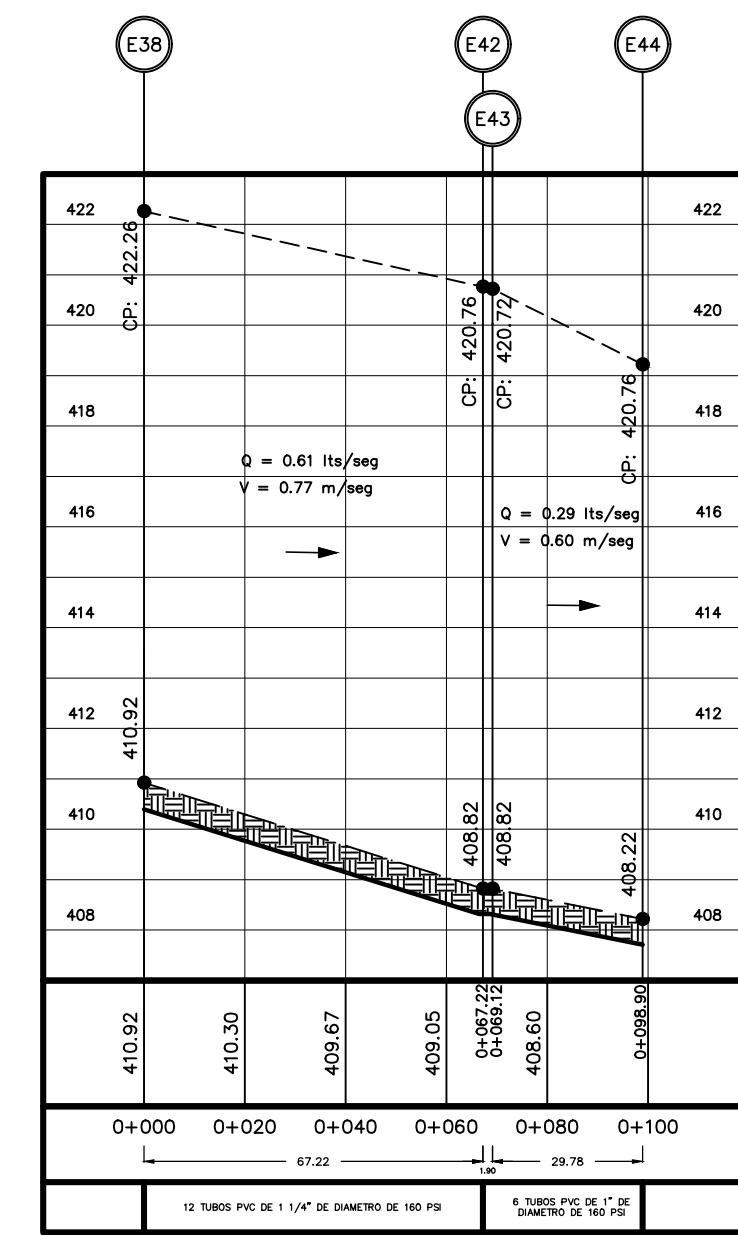
PLANTA TRAMO SANTA RITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



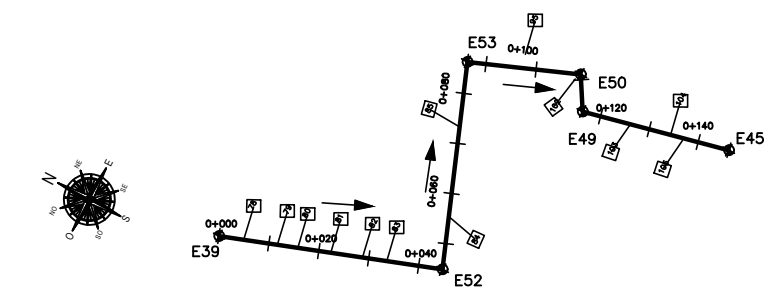
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



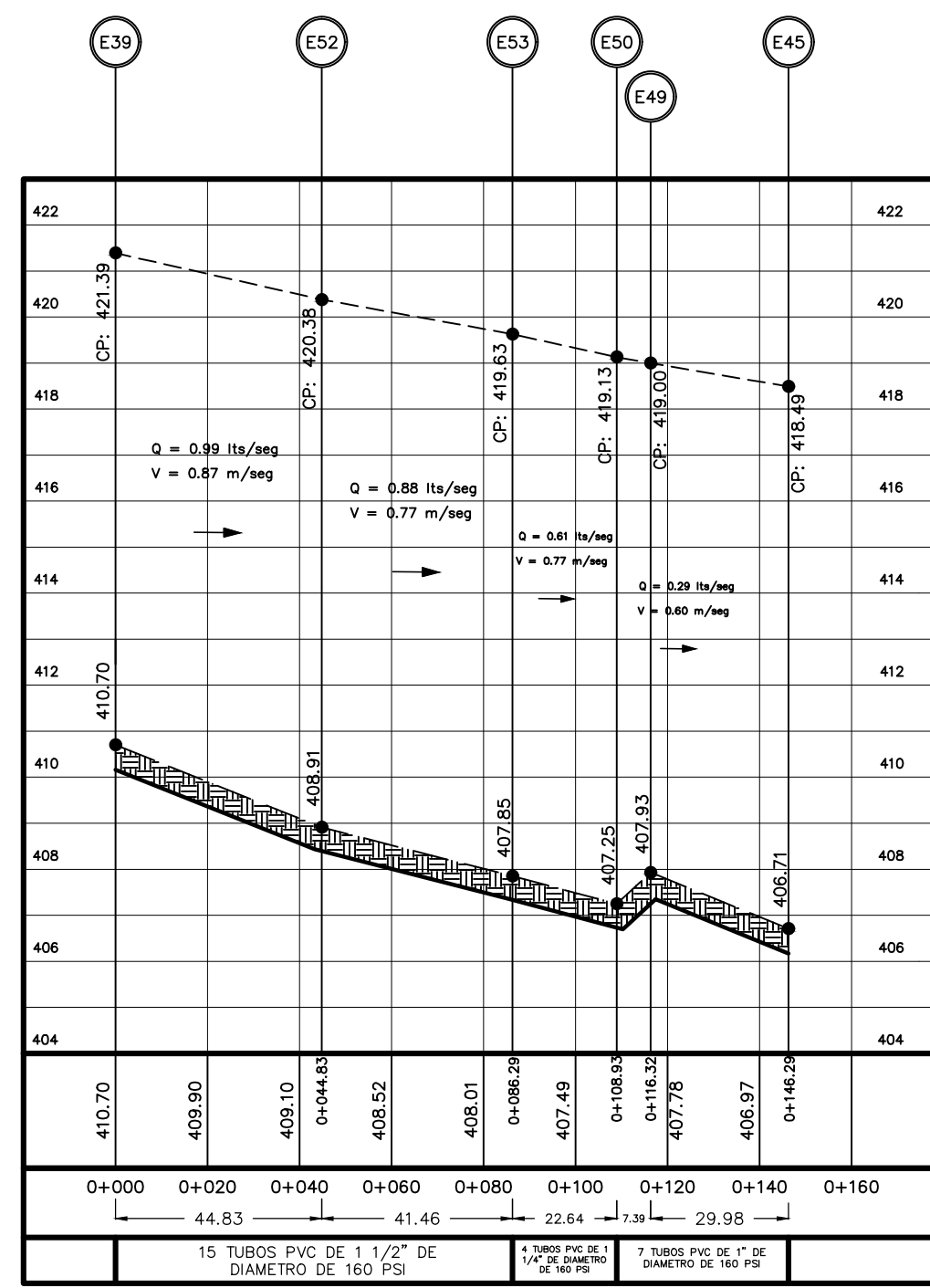
PLANTA TRAMO SANTA RITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:100



PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



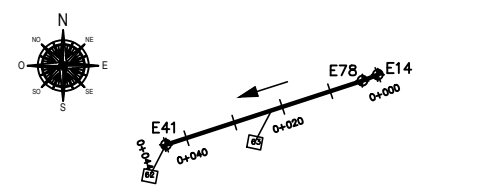
PLANTA TRAMO SANTA RITA 5
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000



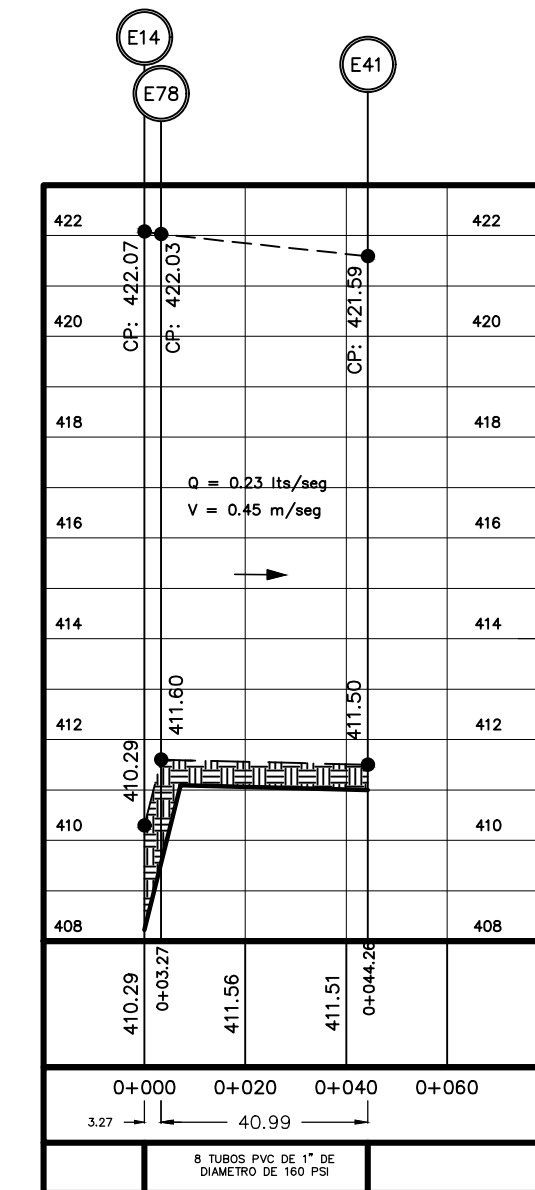
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 5
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERIO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS SANTA RITA 2(a), 2(b), 2(c), 2(d) 2(e), 3, 4 y 5		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ	ESCALA: INDICADA
FECHA: MAYO 2019		HOJA NO.: 6 / 10

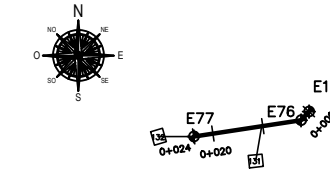
Yo, Sr. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLEGADO No. 5383 ASESOR SUPERVISOR EPS.



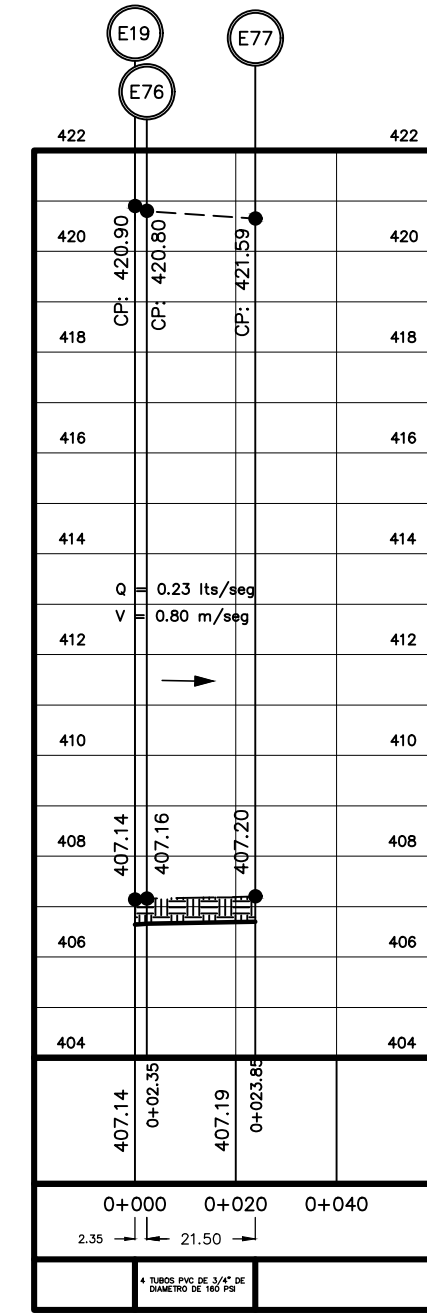
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



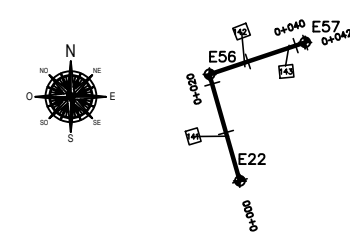
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



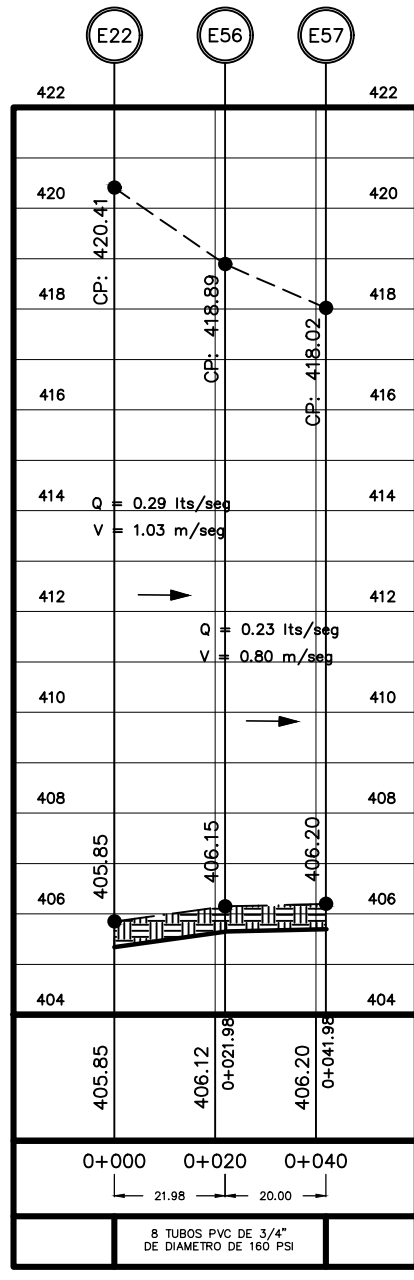
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (b)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



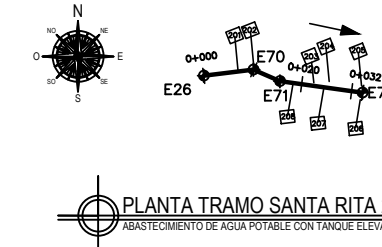
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (b)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



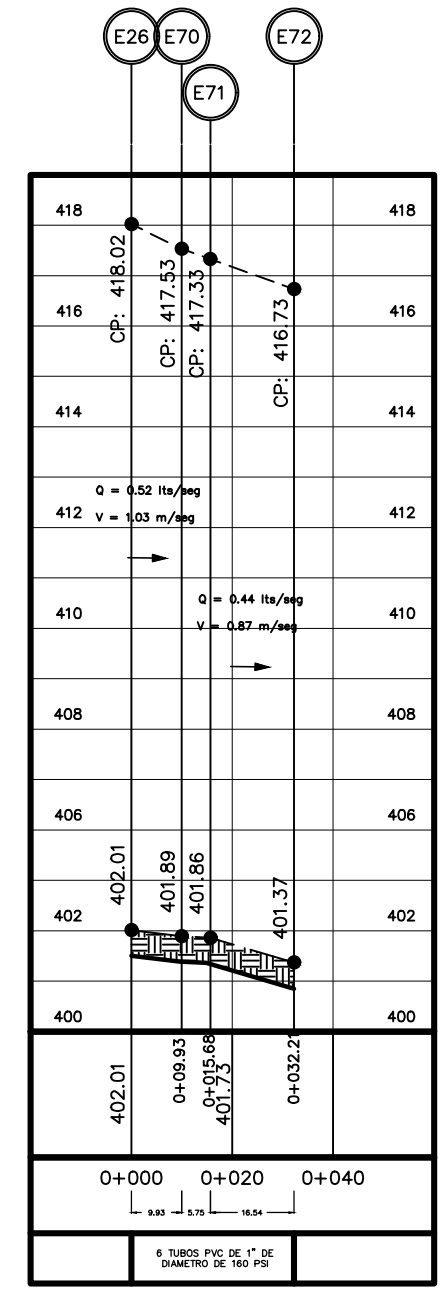
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (c)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



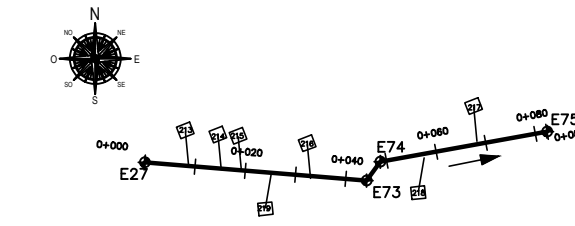
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (c)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



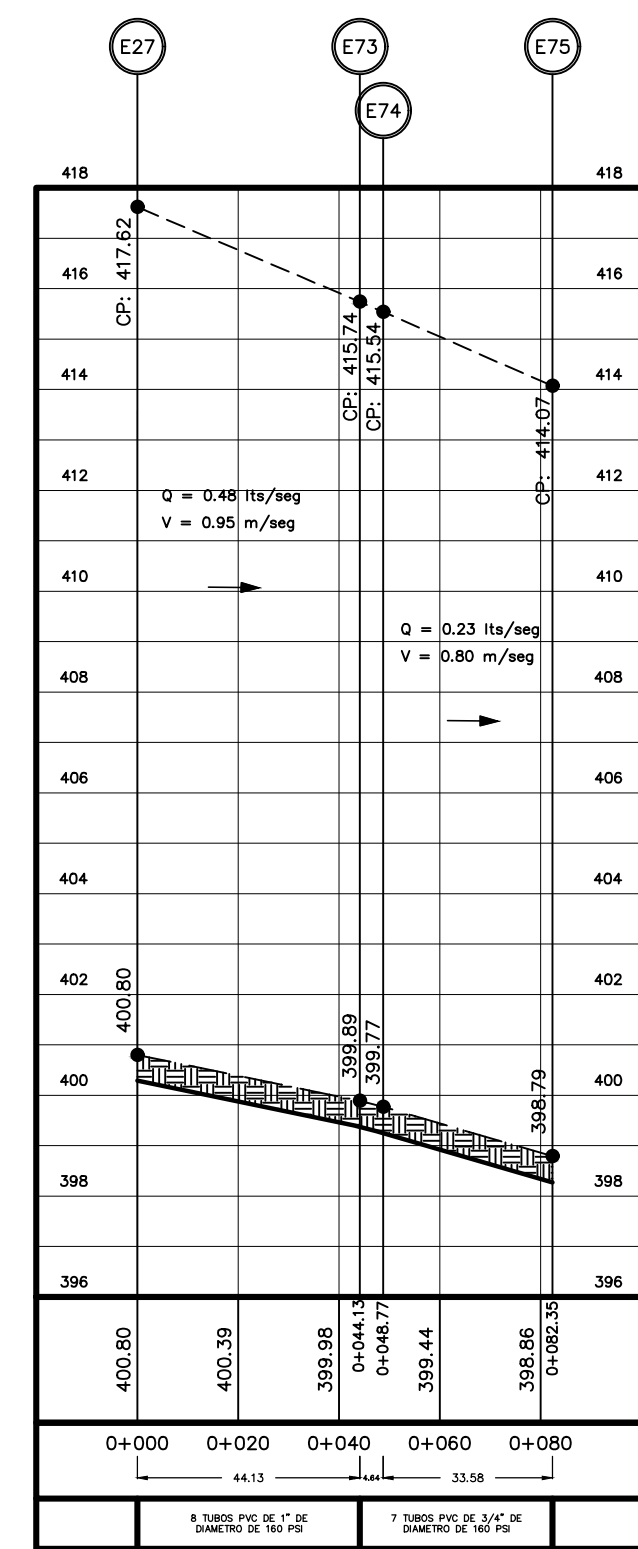
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (d)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



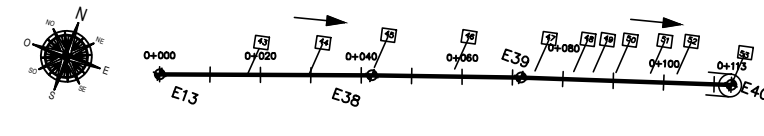
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (d)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



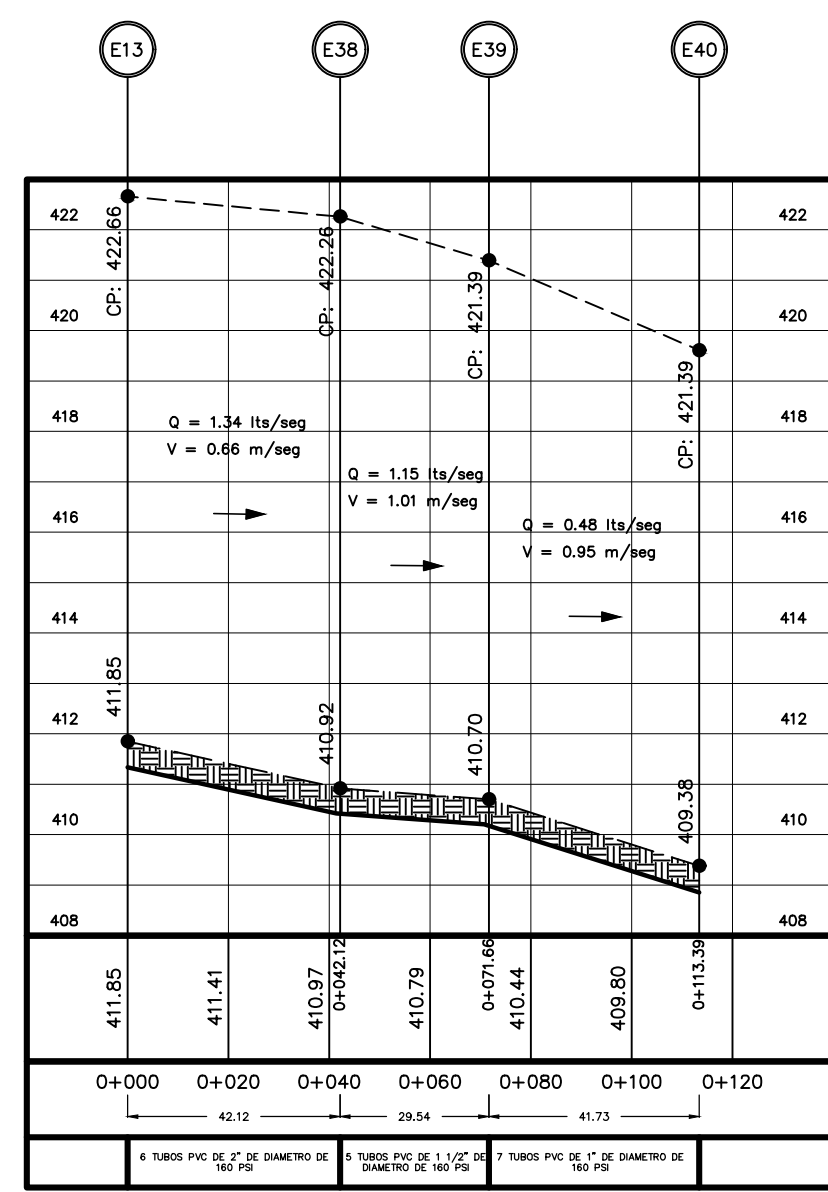
PLANTA TRAMO SANTA RITA 2 (e)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



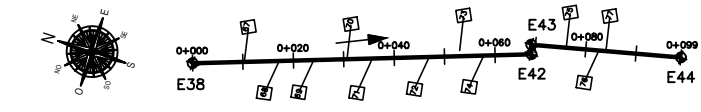
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 2 (e)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



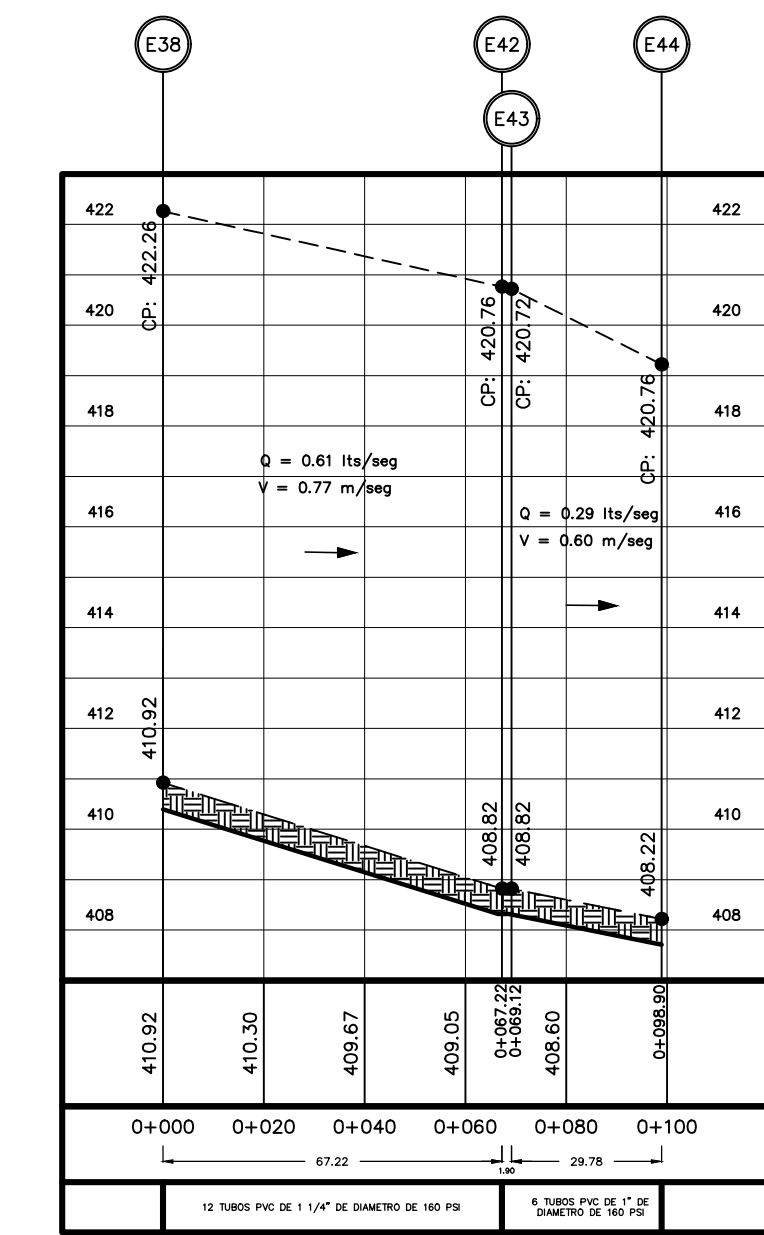
PLANTA TRAMO SANTA RITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



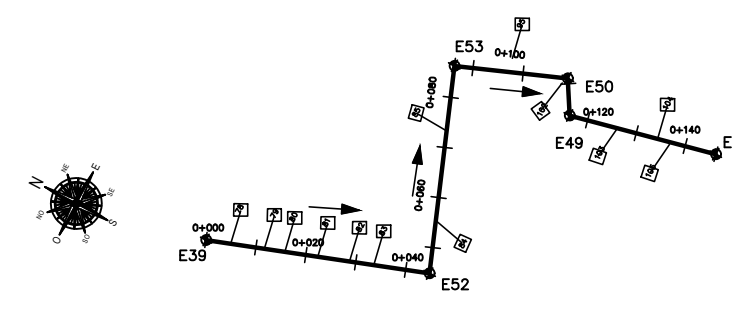
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 3
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



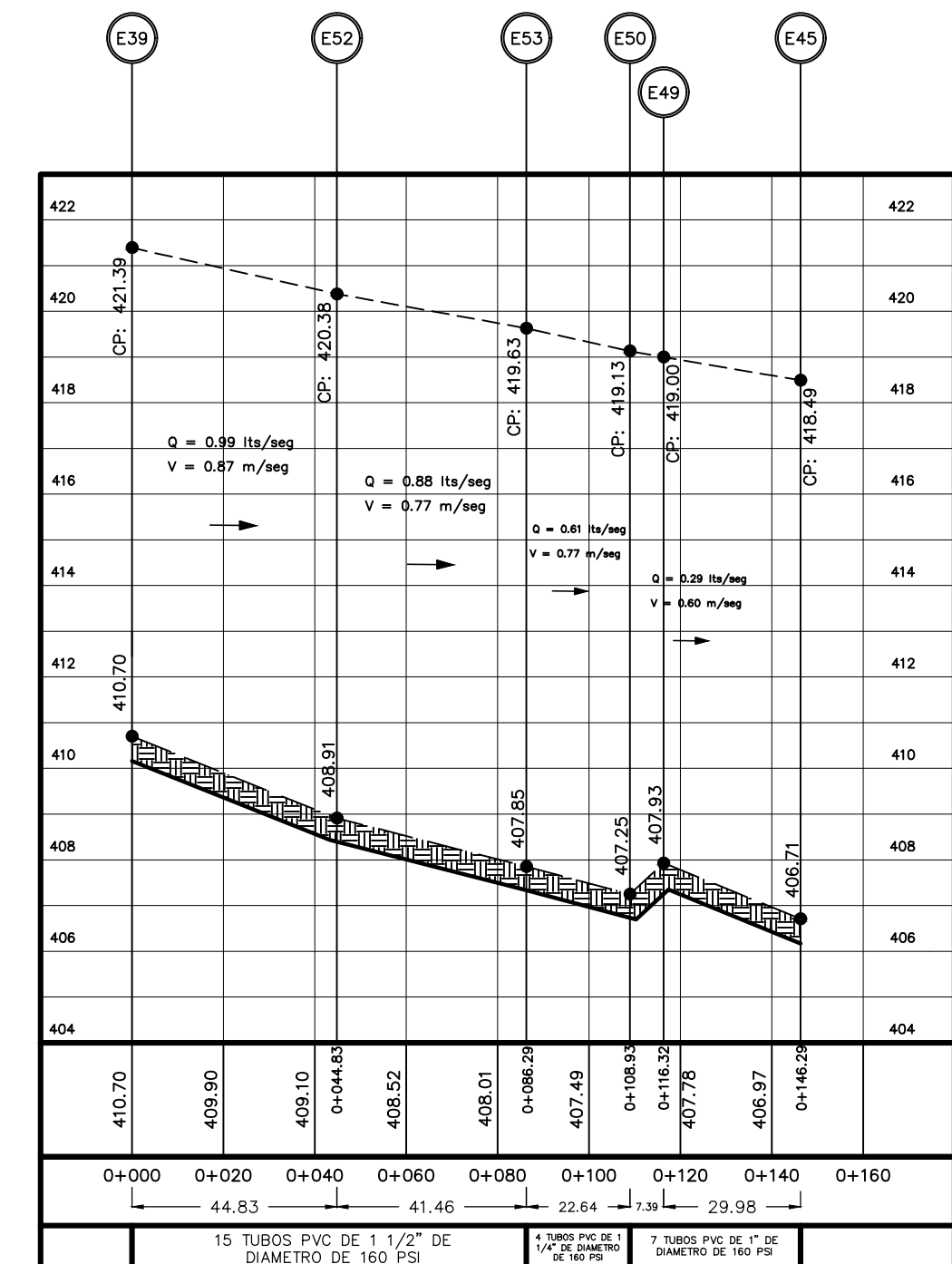
PLANTA TRAMO SANTA RITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100



PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 4
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100

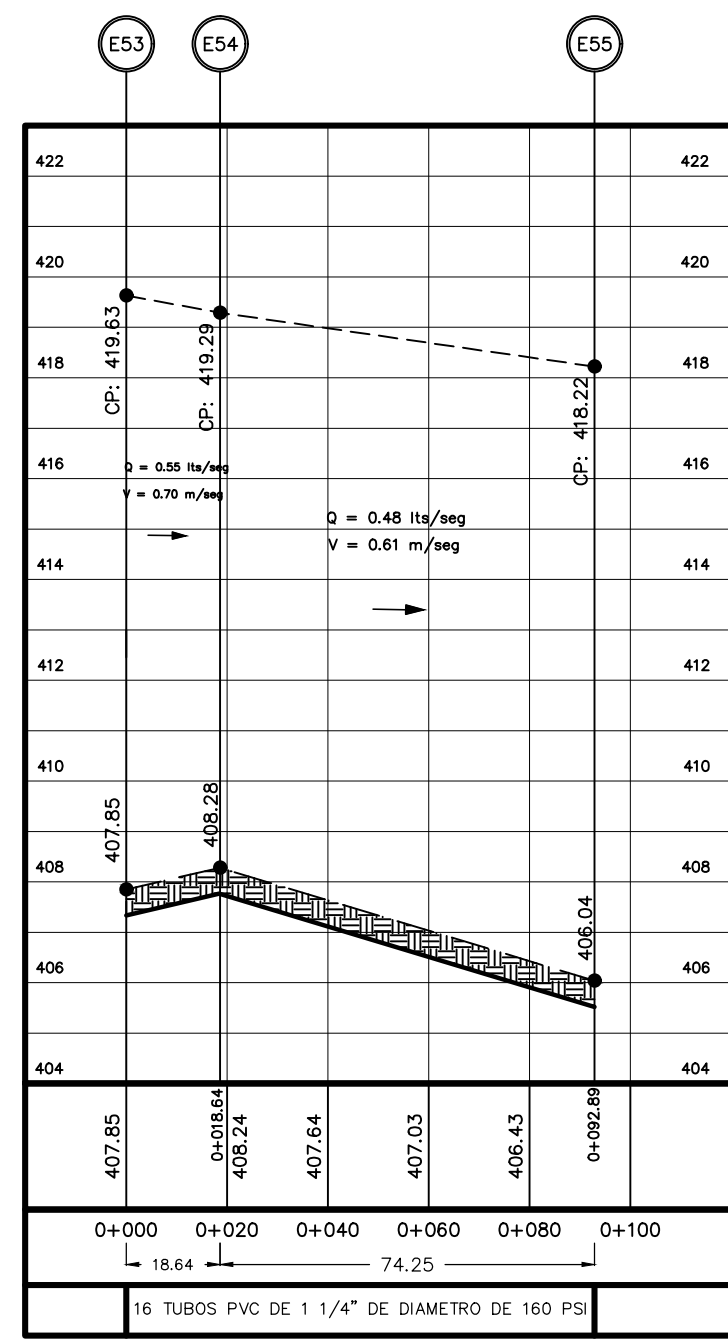
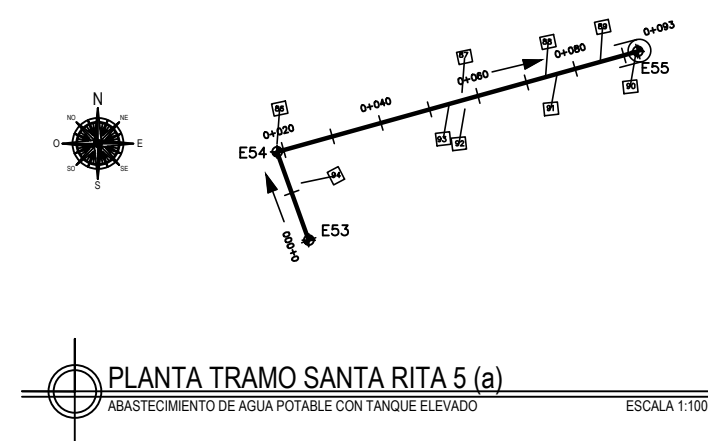


PLANTA TRAMO SANTA RITA 5
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100

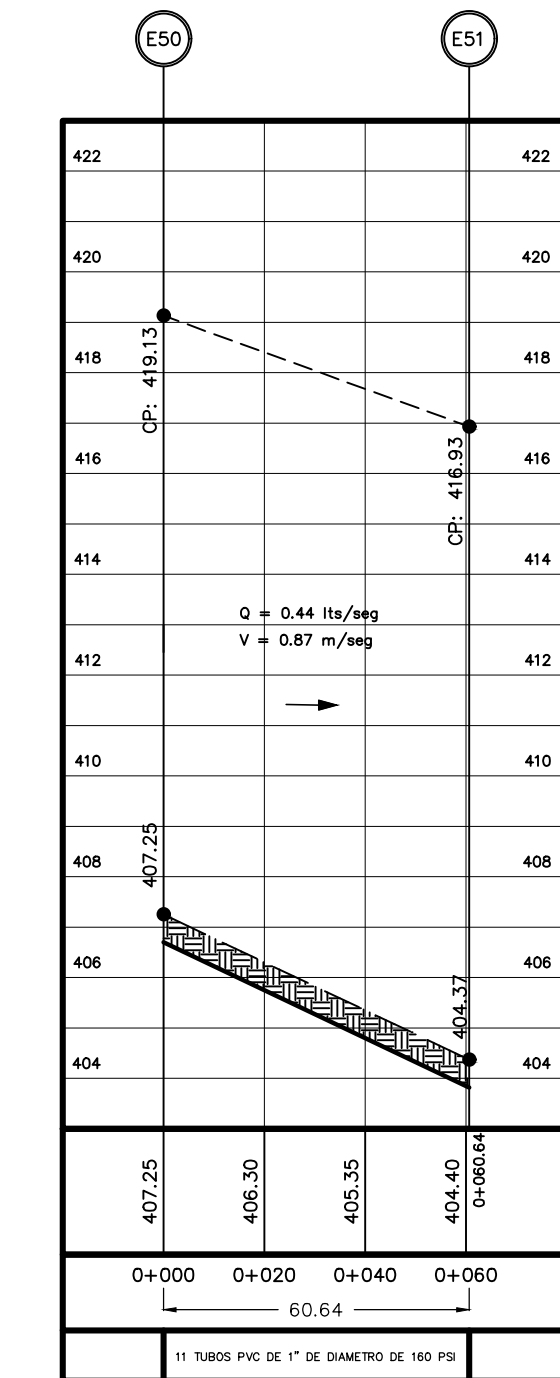
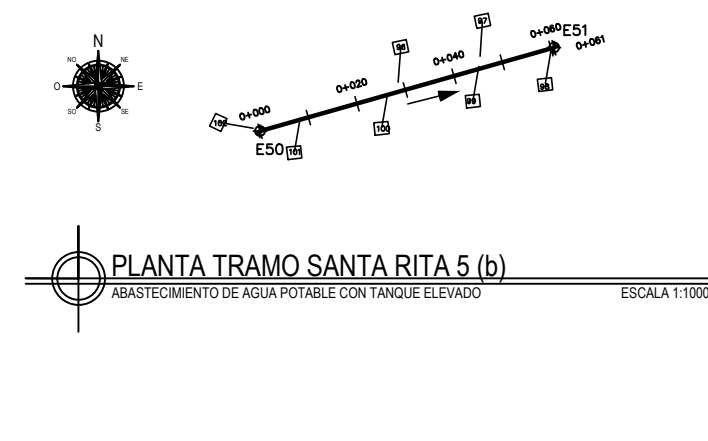


PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 5
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:100

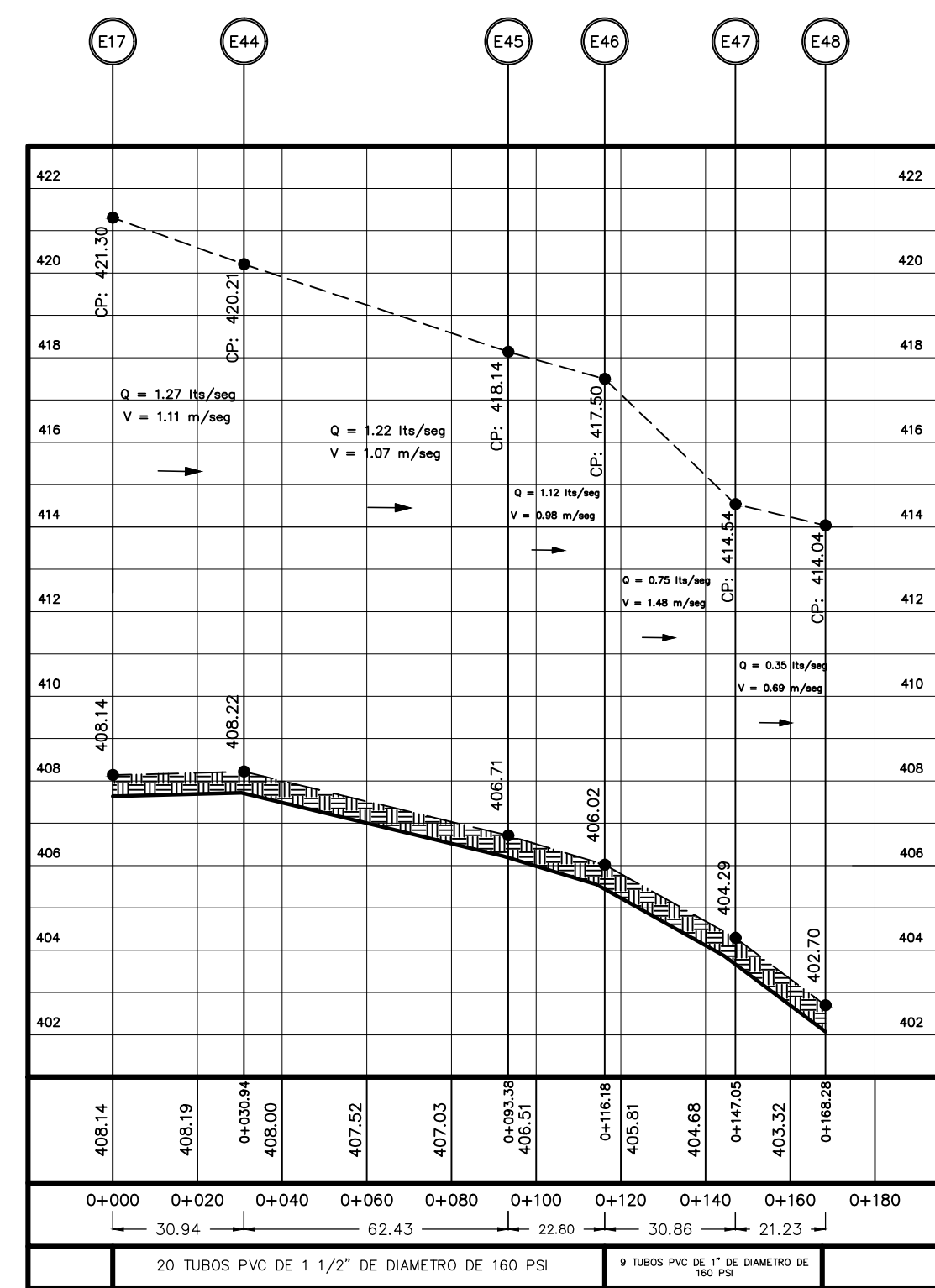
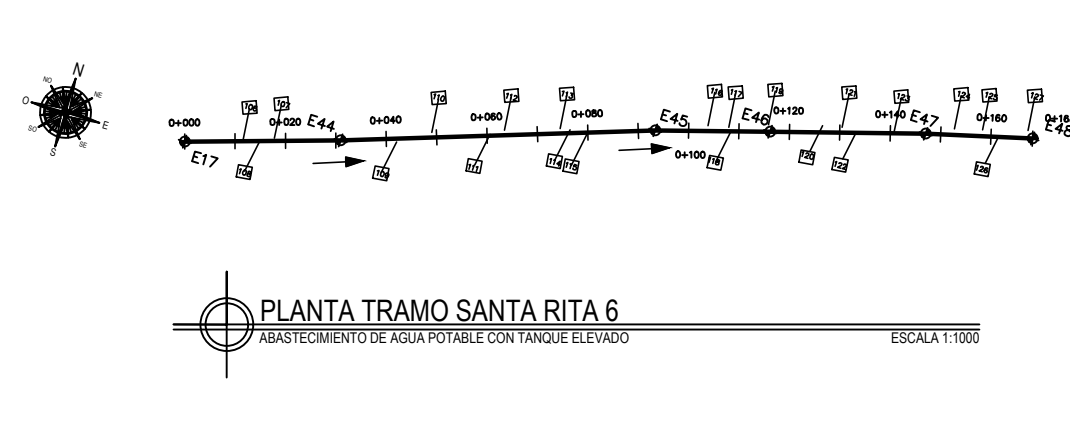
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERIO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS SANTA RITA 2(a), 2(b), 2(c), 2(d) 2(e), 3, 4 y 5		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	ELABORÓ: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
FECHA: MAYO 2019		ESCALA: INDICADA
HOJA NO. 7		10



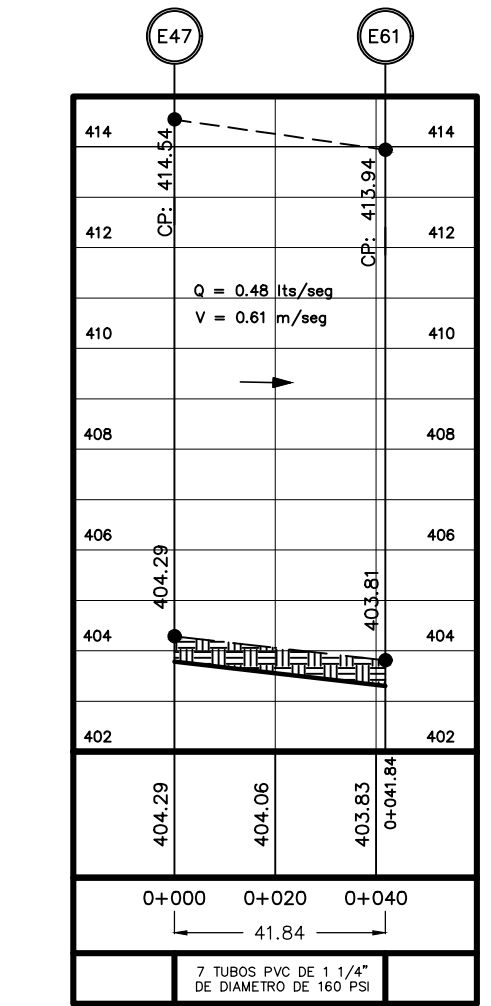
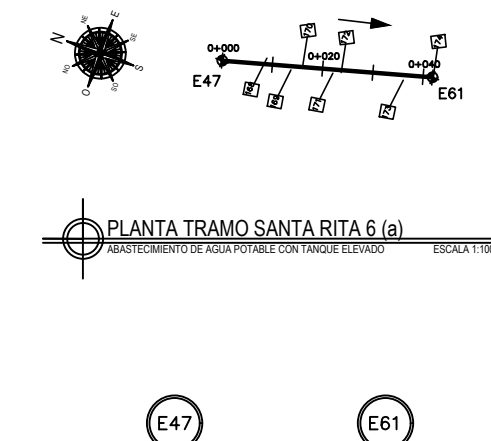
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 5 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



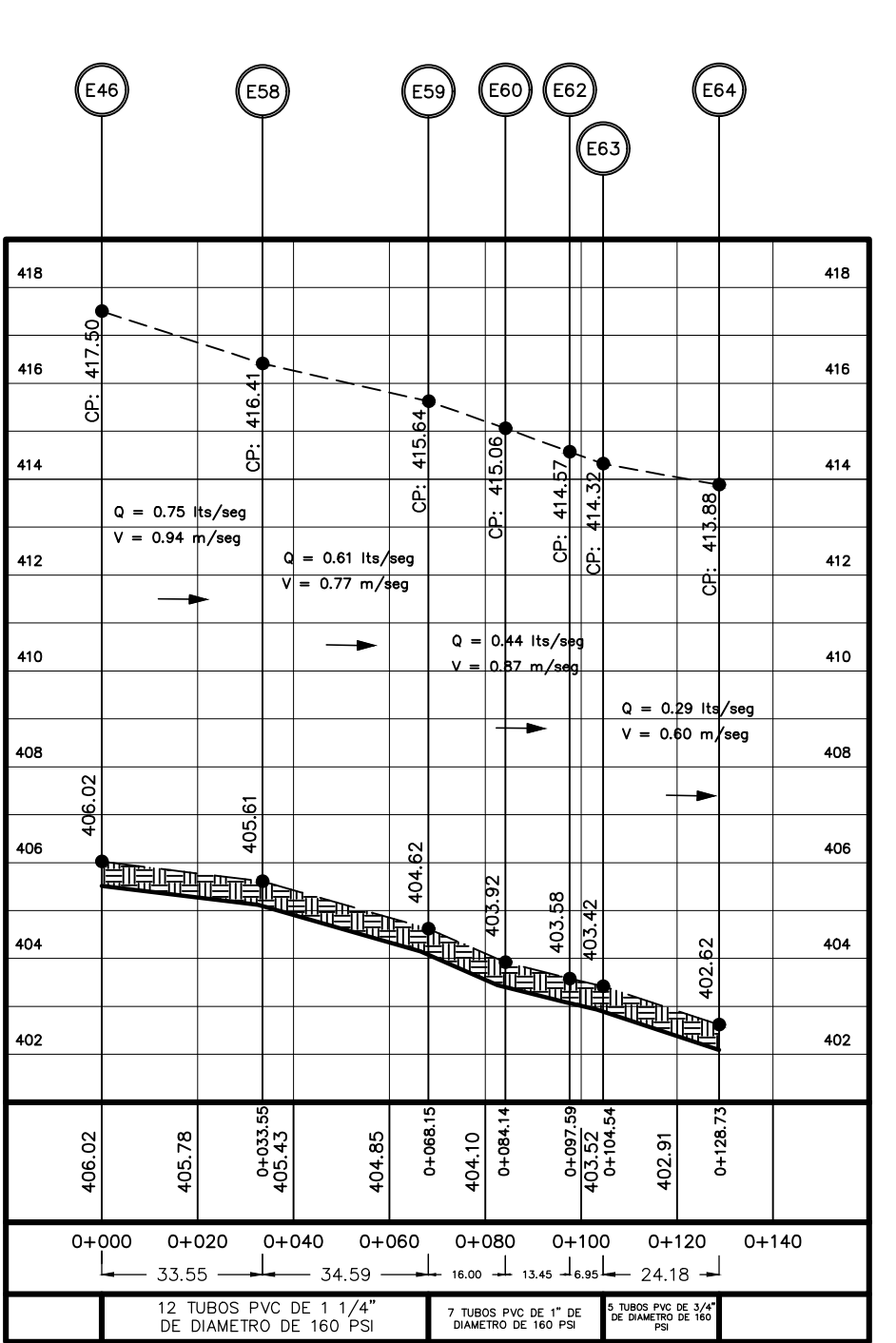
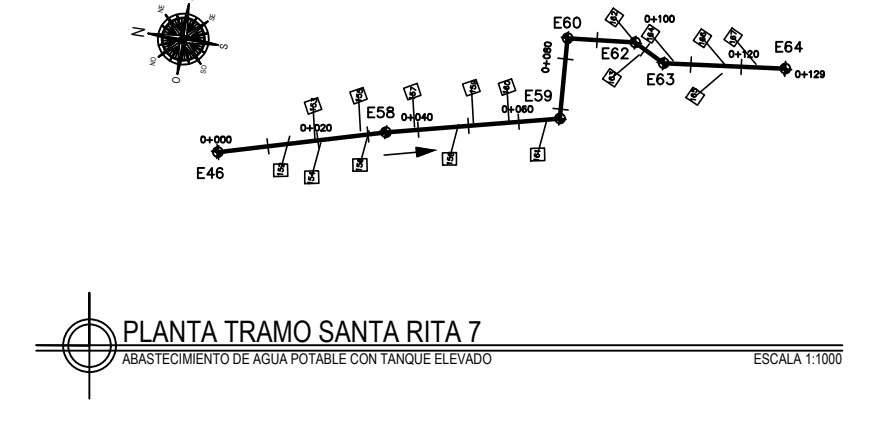
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 5 (b)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



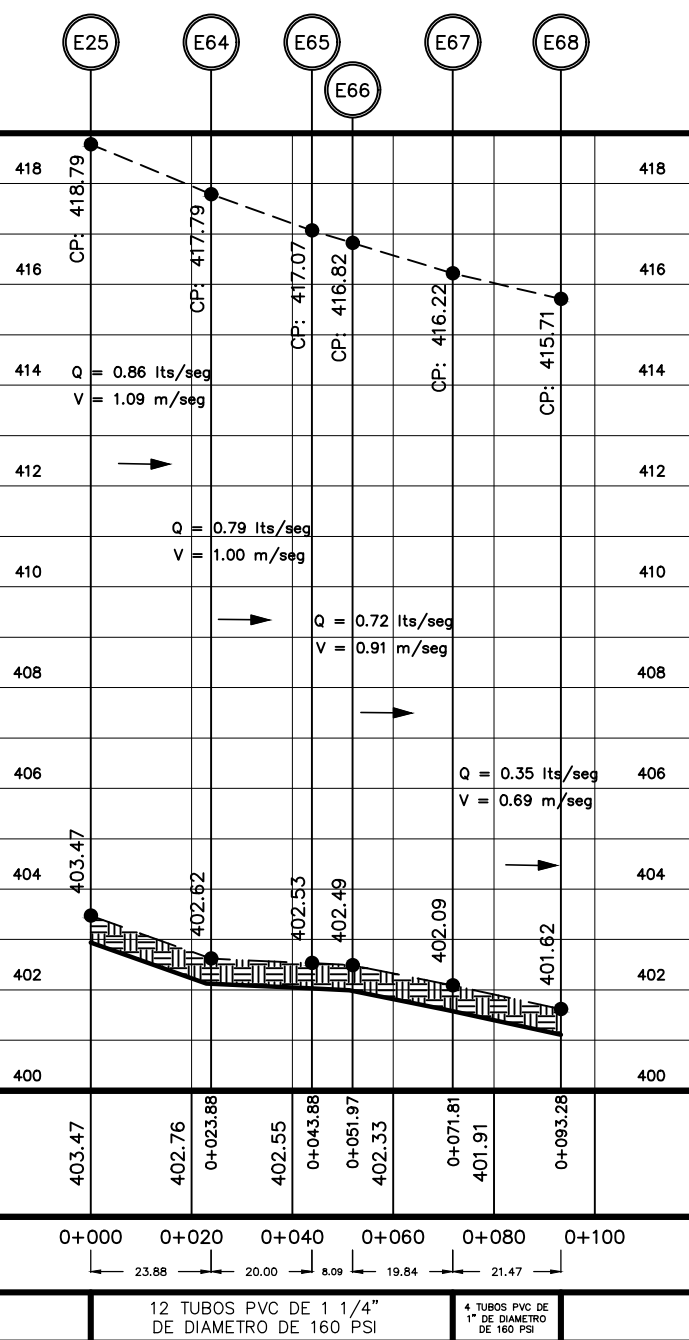
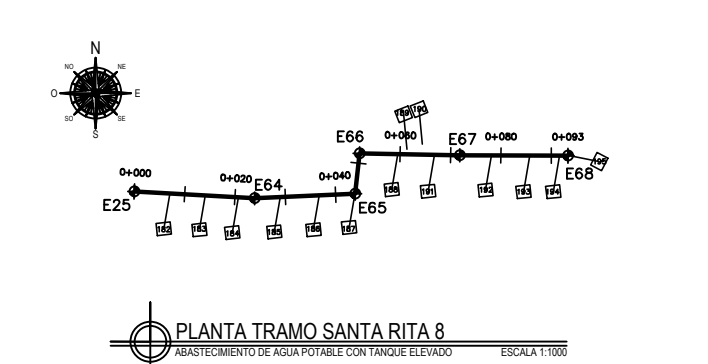
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 6
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



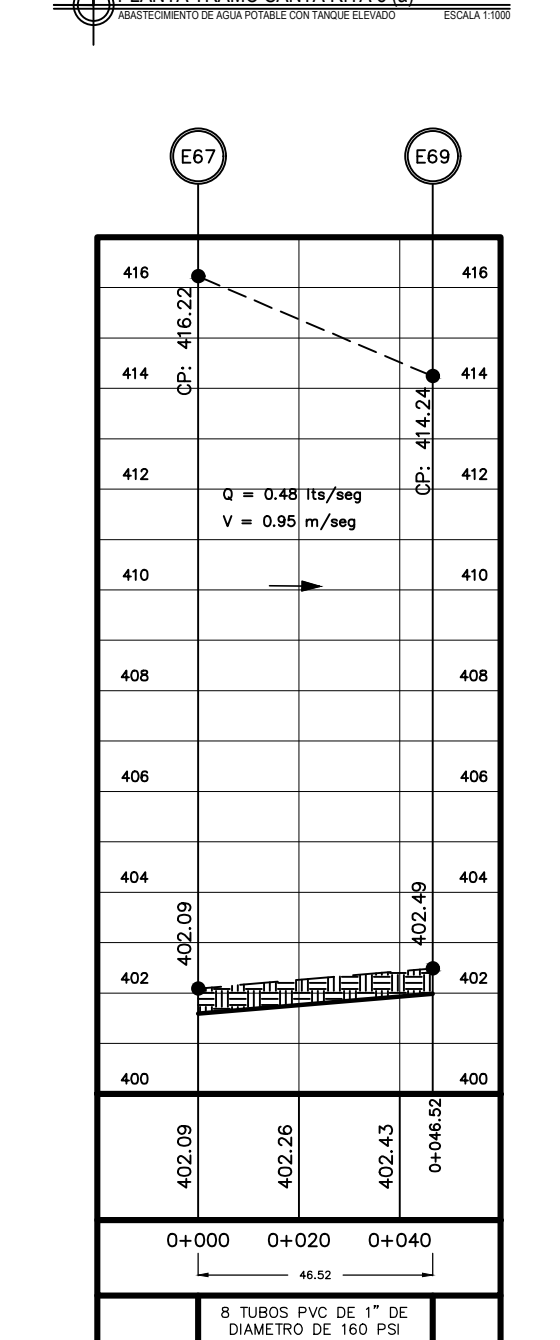
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 6 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



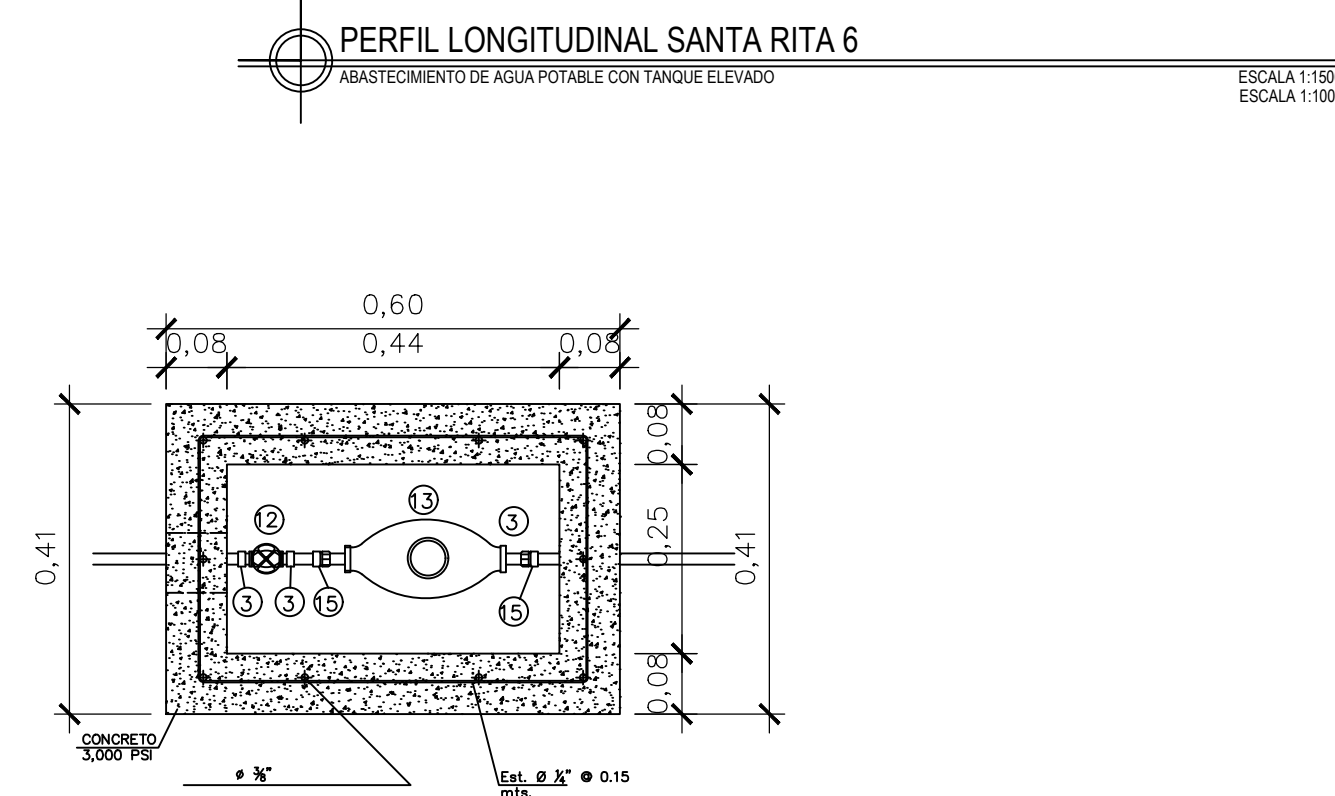
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 7
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



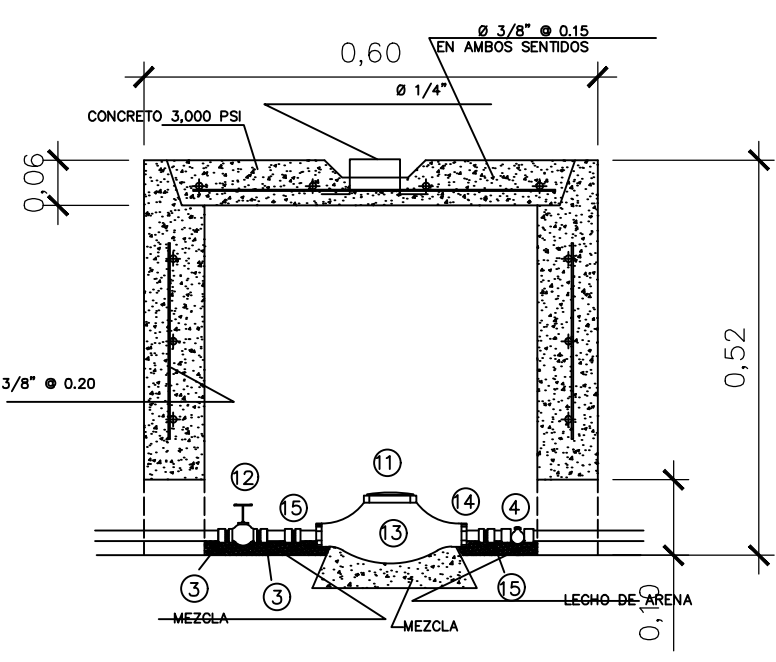
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 8
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



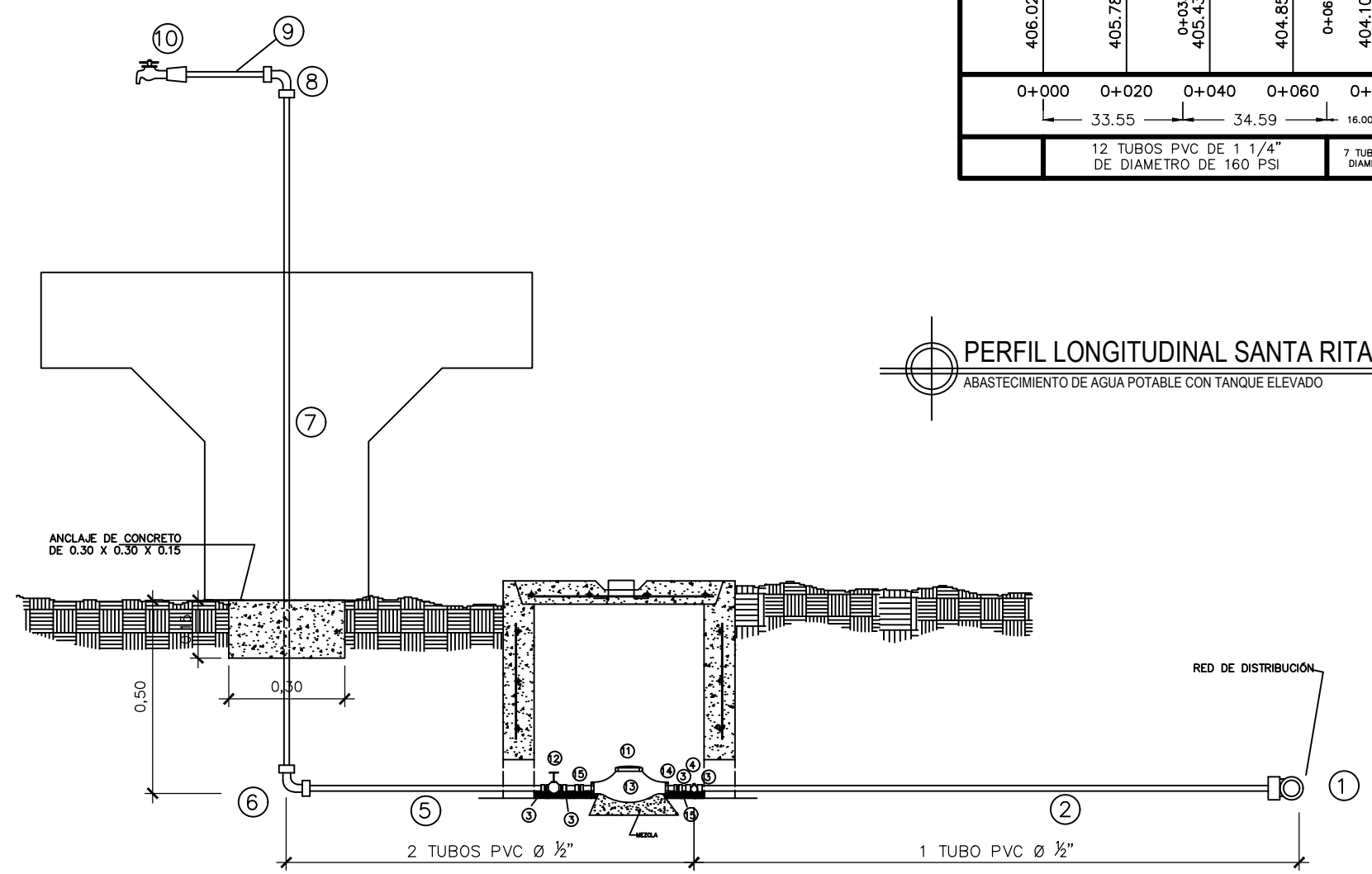
PERFIL LONGITUDINAL SANTA RITA 8 (a)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:1000
ESCALA 1:100



PLANTA DE CAJA Y CONTADOR DE AGUA
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:10



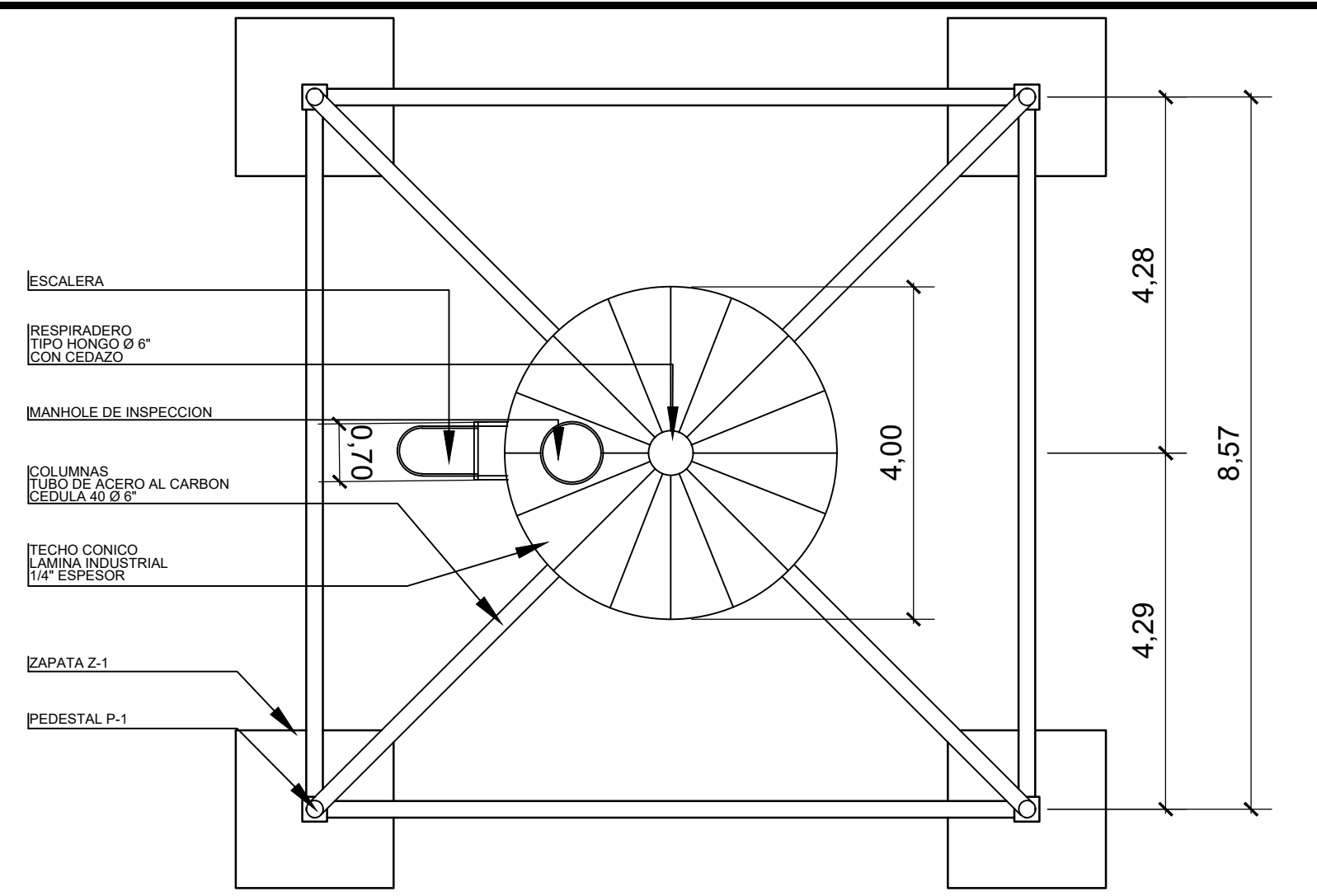
PLANTA DE CAJA Y CONTADOR DE AGUA
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
ESCALA 1:10



DETALLE DE ACOMETIDAS
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO
SIN ESCALA

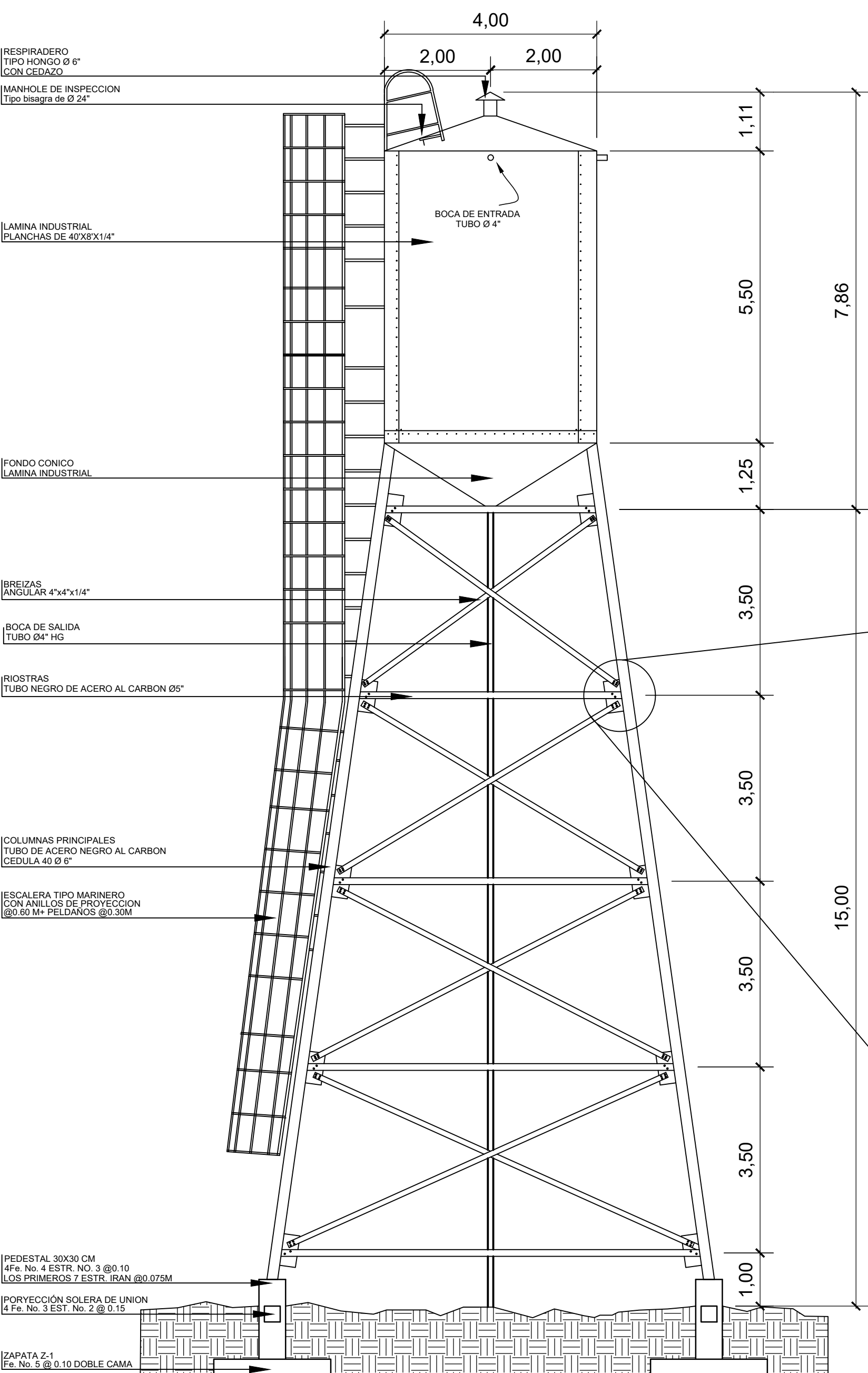
- REFERENCIA DE MATERIALES
1. TEE REDUCTORA PVC ϕ TUBERÍA PRINCIPAL A ϕ 1/2"
 2. TUBERÍA PVC ϕ 1/2"
 3. ADAPTADOR MACHO PVC ϕ 1/2"
 4. LLAVE DE PASO DE BRONCE ϕ 1/2"
 5. TUBERÍA PVC ϕ 1/2"
 6. CODO HG 90° ϕ 1/2" + ADAPTADOR MACHO
 7. NIPLE HG 1.50 ϕ 1/2"
 8. CODO HG 90° ϕ 1/2"
 9. NIPLE HG 0.15 ϕ 1/2"
 10. GRIFO DE BRONCE TIPO AMERICANO
 11. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR
 12. LLAVE DE COMPUERTA DE ϕ 1/2" BRONCE TIPO AMERICANO
 13. CONTADOR ϕ 1/2" BRONCE
 14. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR ϕ 1/2"
 15. ADAPTADOR HEMBRA PVC ϕ 1/2"

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES DE TRAMOS SANTA RITA 5(a), 5(b), 6, 6(a), 7, 8 y 8(a) Y DETALLE DE CONTADORES Y ACOMETIDAS.		
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISÓ: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
No. Hoja: 8		Hoja No.: 10



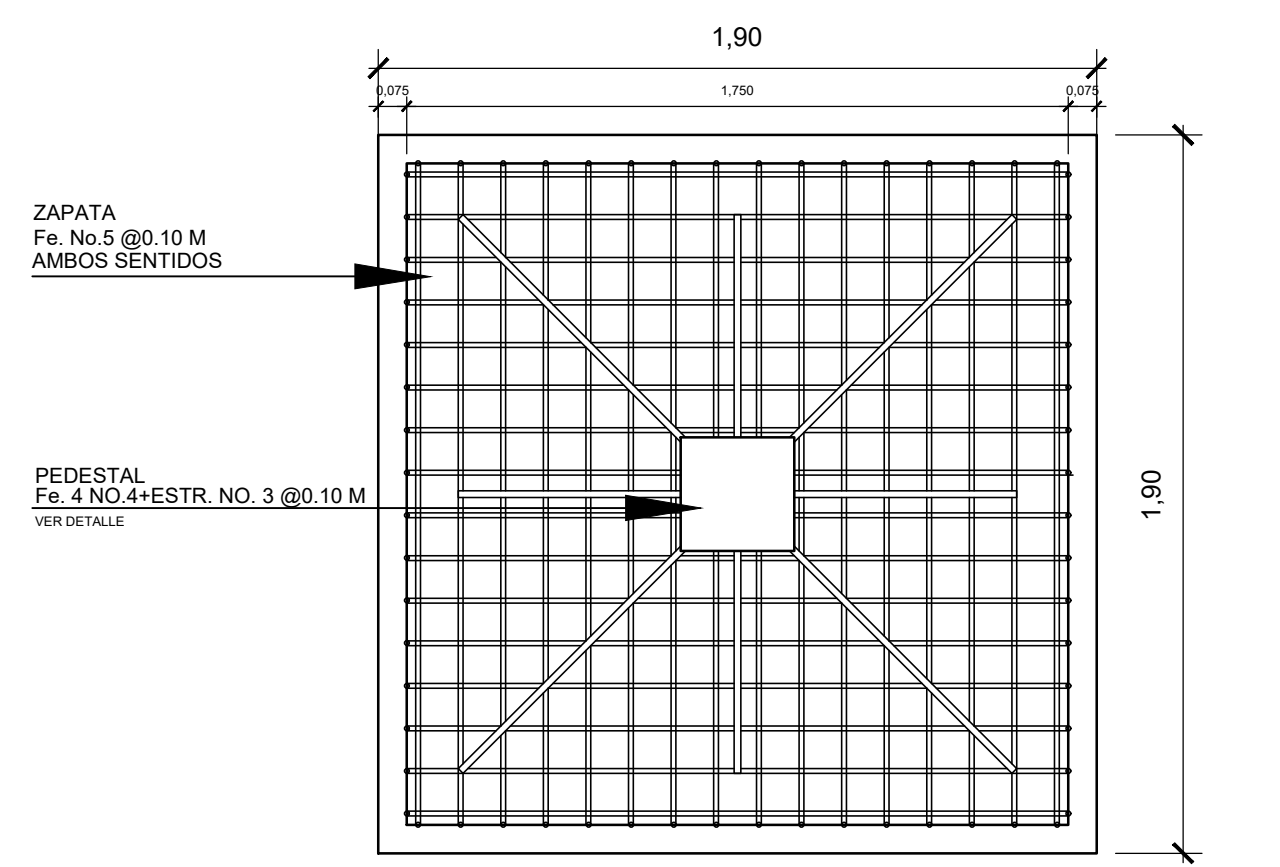
PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCION

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:75



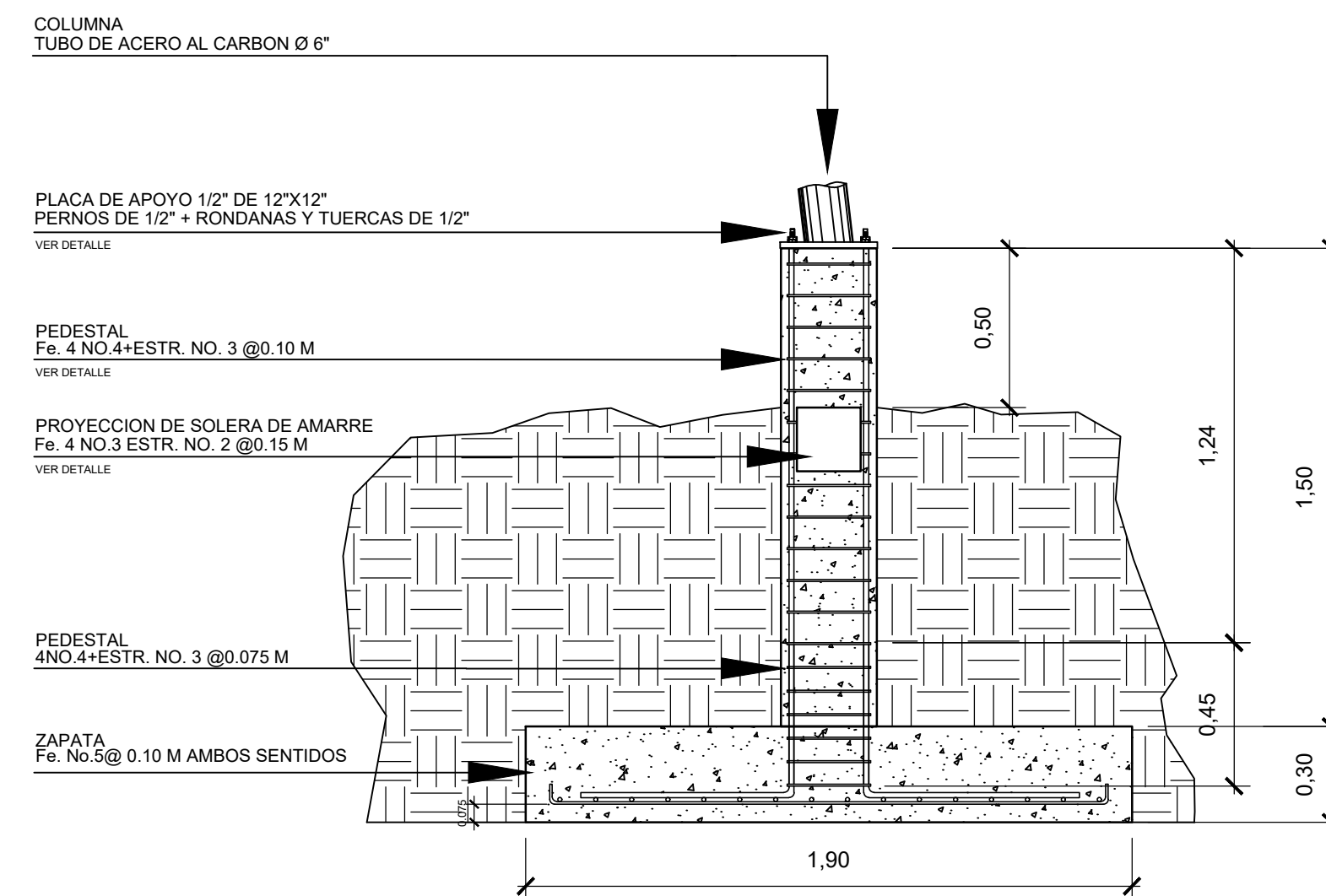
ELEVACION DEL TANQUE DE DISTRIBUCION

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:75



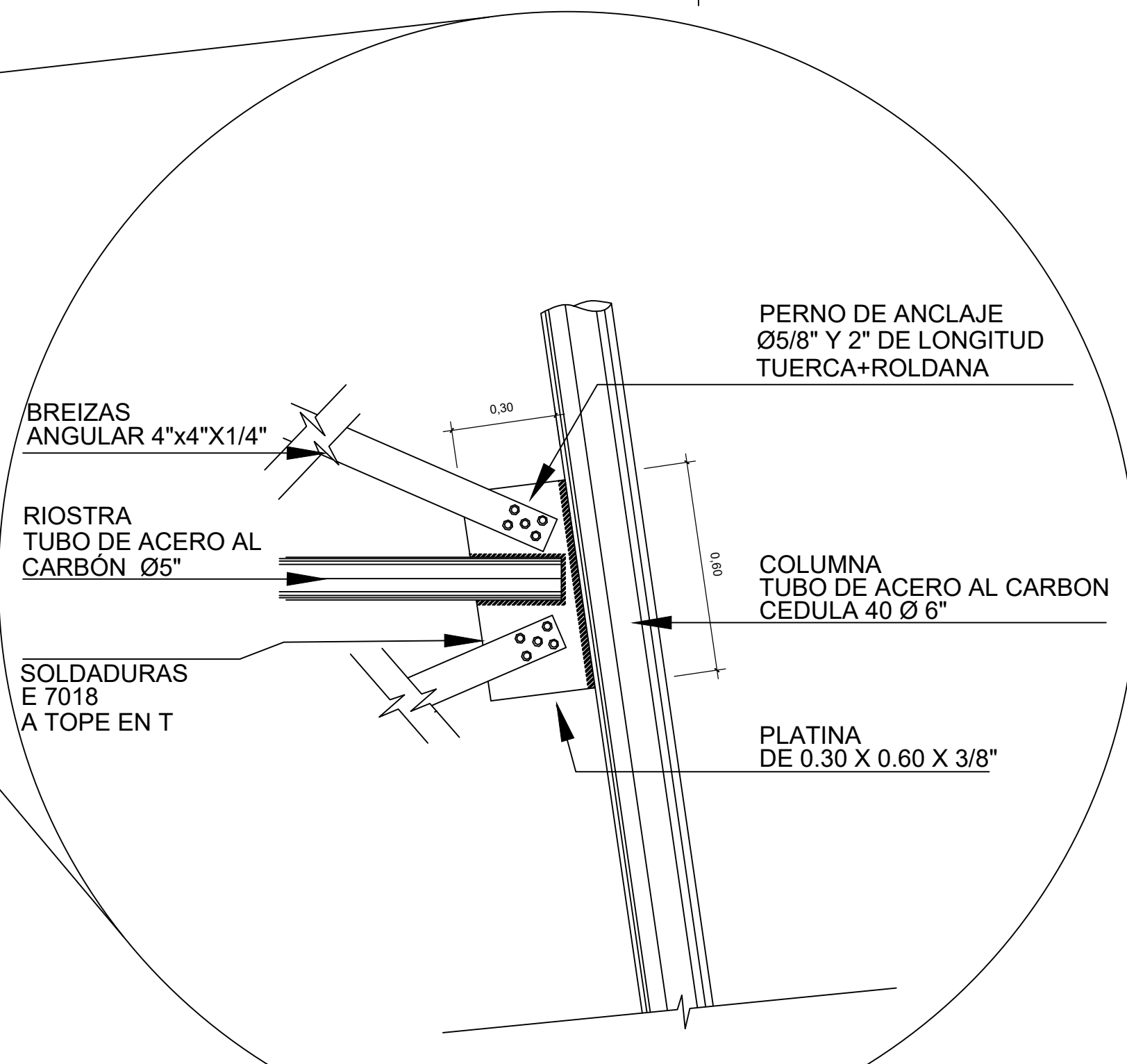
DETALLE DE ZAPATA Z-1

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:20



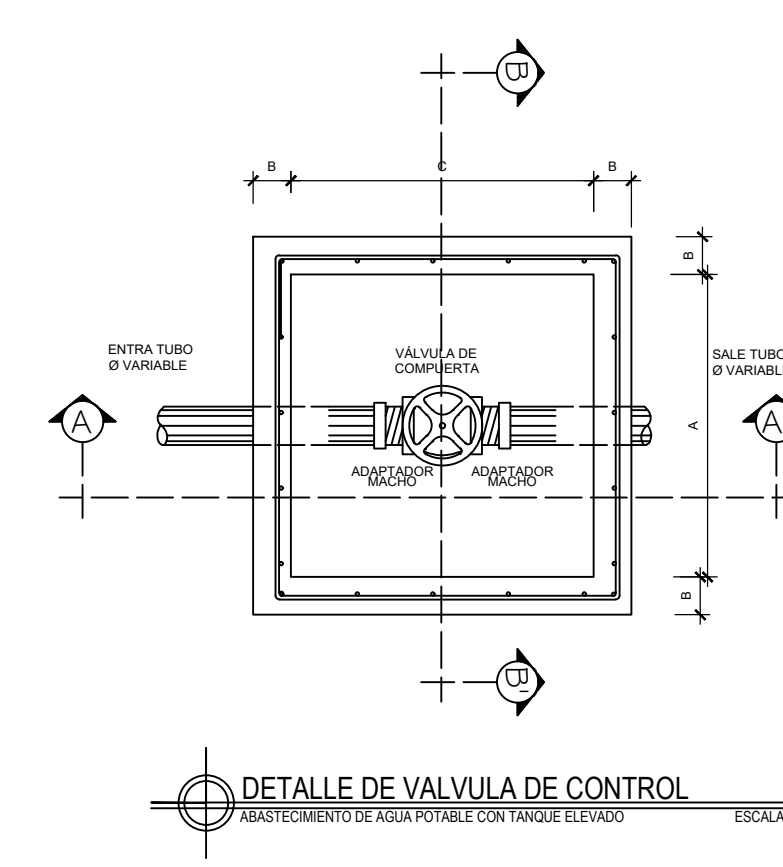
PERFIL DE PEDESTAL Y ZAPATA Z-1

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:20



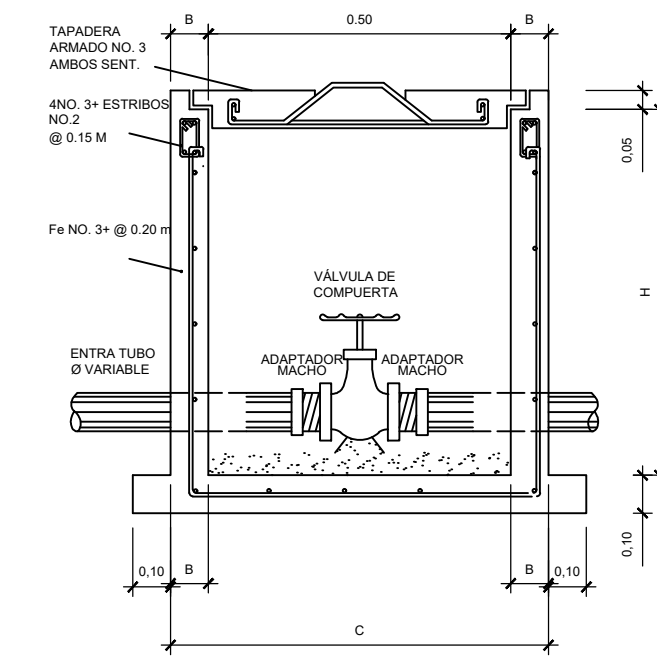
DETALLE DE CONEXIONES DE BREZAS Y RIOSTRAS

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:15



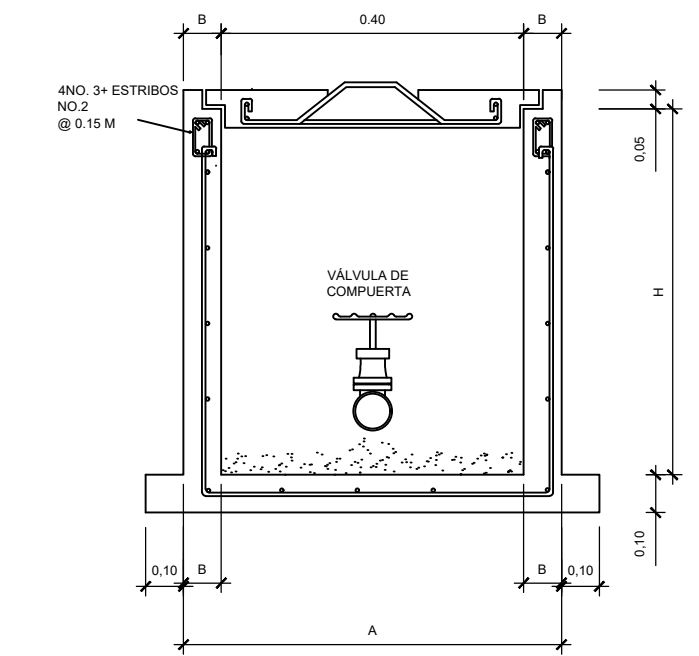
DETALLE DE VALVULA DE CONTROL

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



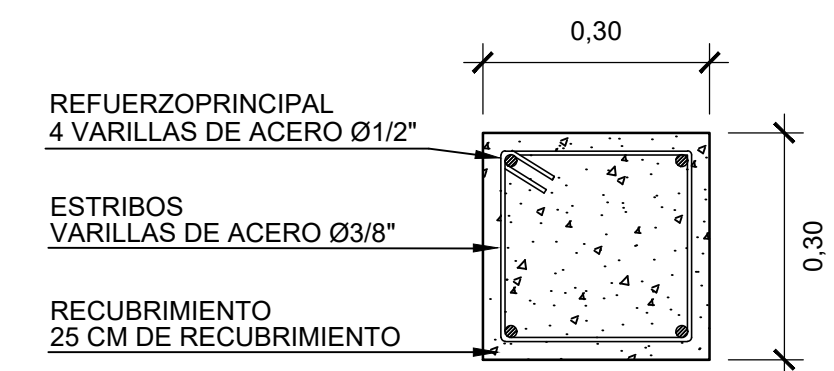
SECCION A-A' DE VALVULA DE CONTROL

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



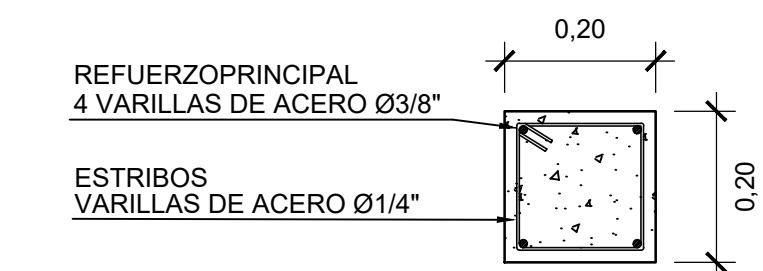
SECCION B-B' DE VALVULA DE CONTROL

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



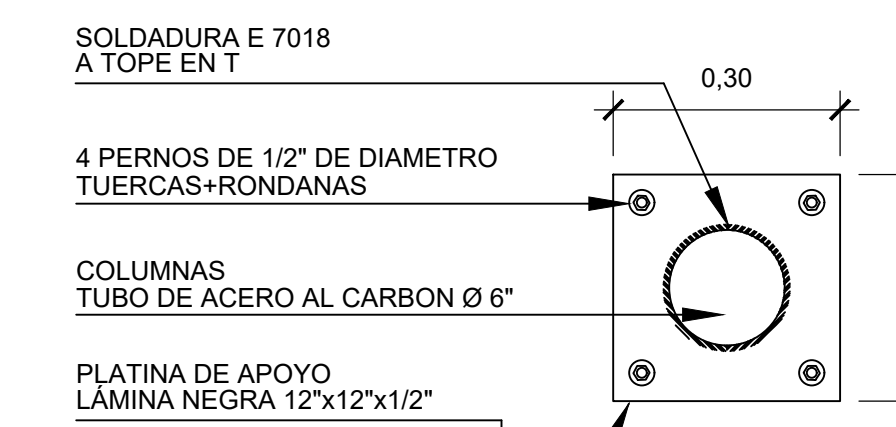
DETALLE DE PEDESTAL

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



DETALLE DE SOLERA DE AMARRE

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



DETALLE DE PLACA DE APOYO

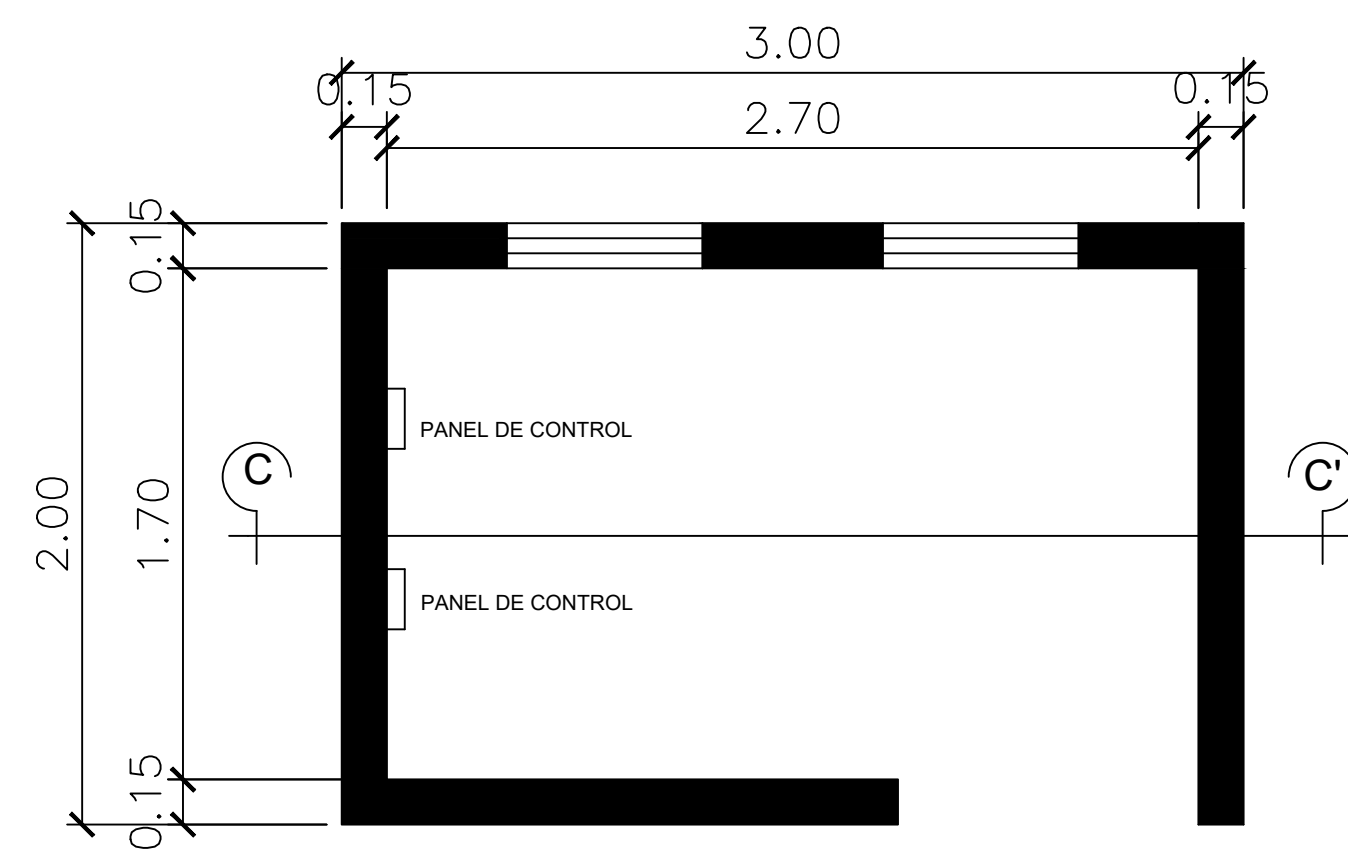
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10

DIMENSION SEGUN DIAMETRO

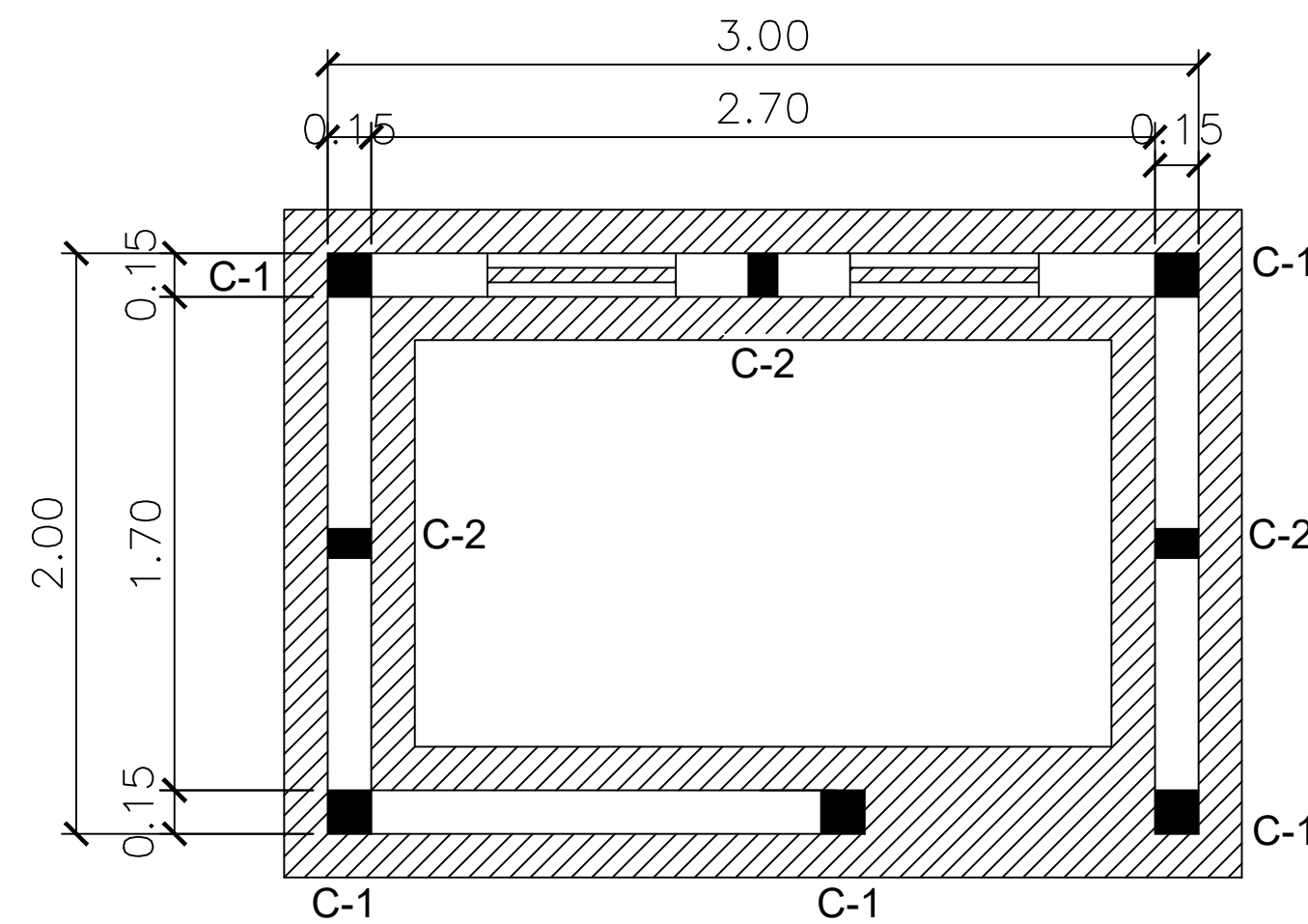
DIMENSION	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
A	0.40	0.40	0.66	0.66	0.66
B			0.10	0.10	0.10
C	0.50	0.50	0.66	0.80	0.90
H	0.50	0.50	0.60	0.70	0.80

LA ALTURA (H) DE LAS CAJAS PUEDE VARIAR DEPENDIENDO DE LA PROFUNDIDAD DE LA TUBERIA, POR LO QUE QUEDA A CRITERIO DEL INGENIERO SUPERVISOR DE OBRAS.

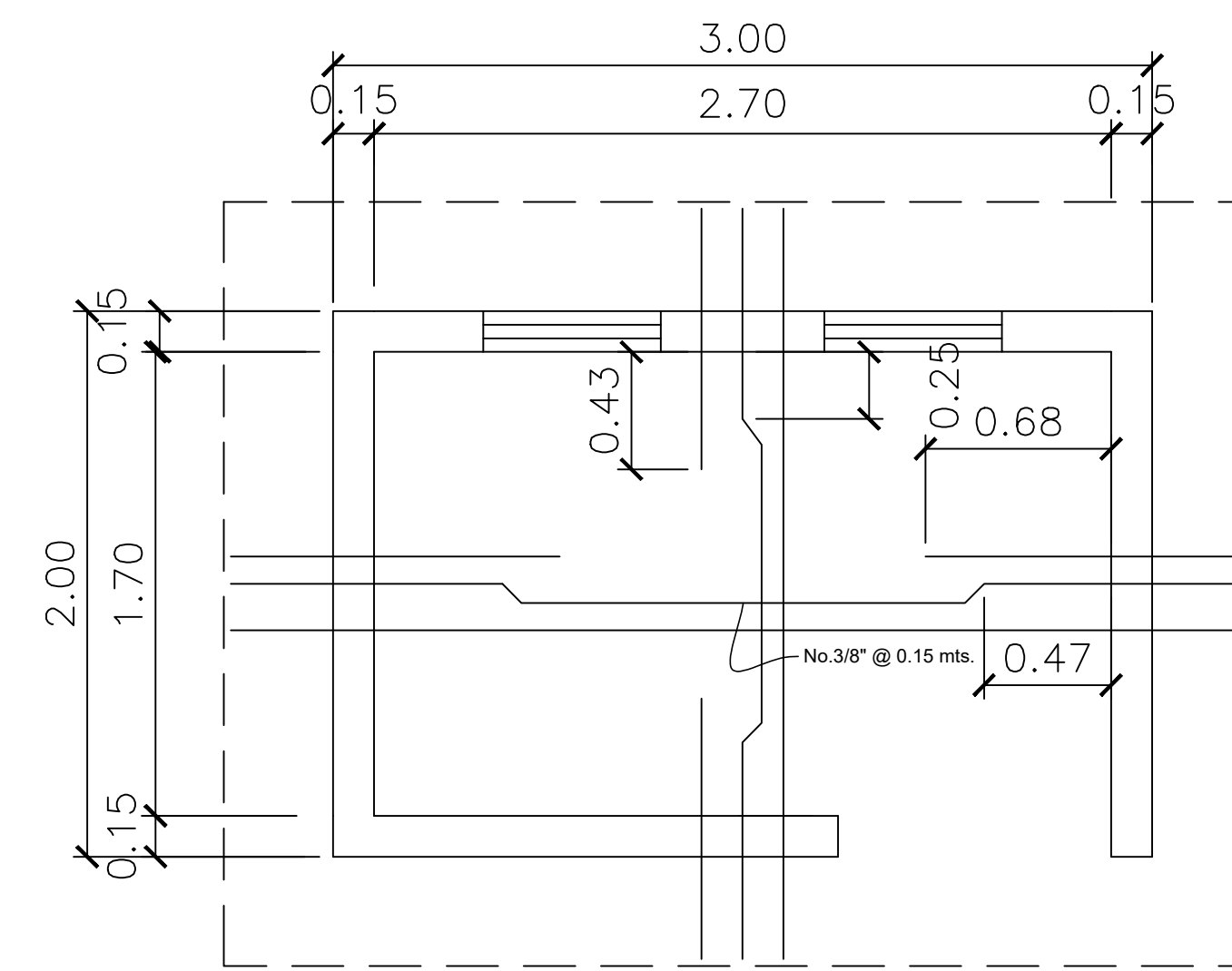
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERIO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES DEL TANQUE DE DISTRIBUCION Y VALVULA DE CONTROL	DISEÑO Y CALIFICADO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	
UBICACIÓN: SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ.	REVISADO: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ	
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
<p>Ho. No. ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ COLEGADO No. 5383 ASESOR SUPERVISOR EPS</p>		<p>HOJA No. 9</p>



DETALLE DE MUROS, PUERTAS Y VENTANAS
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25

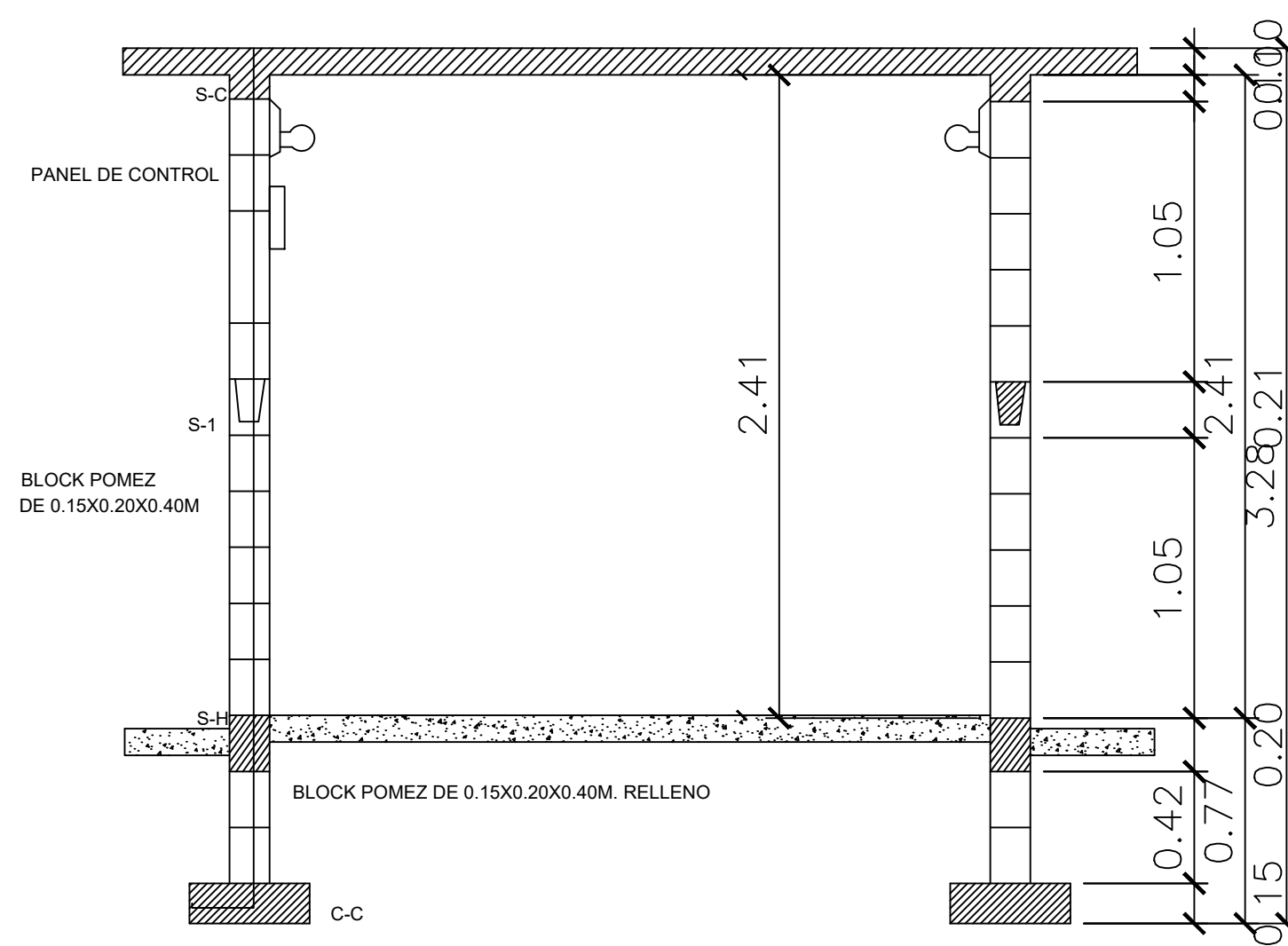


PLANTA DE CIMIENTOS
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25

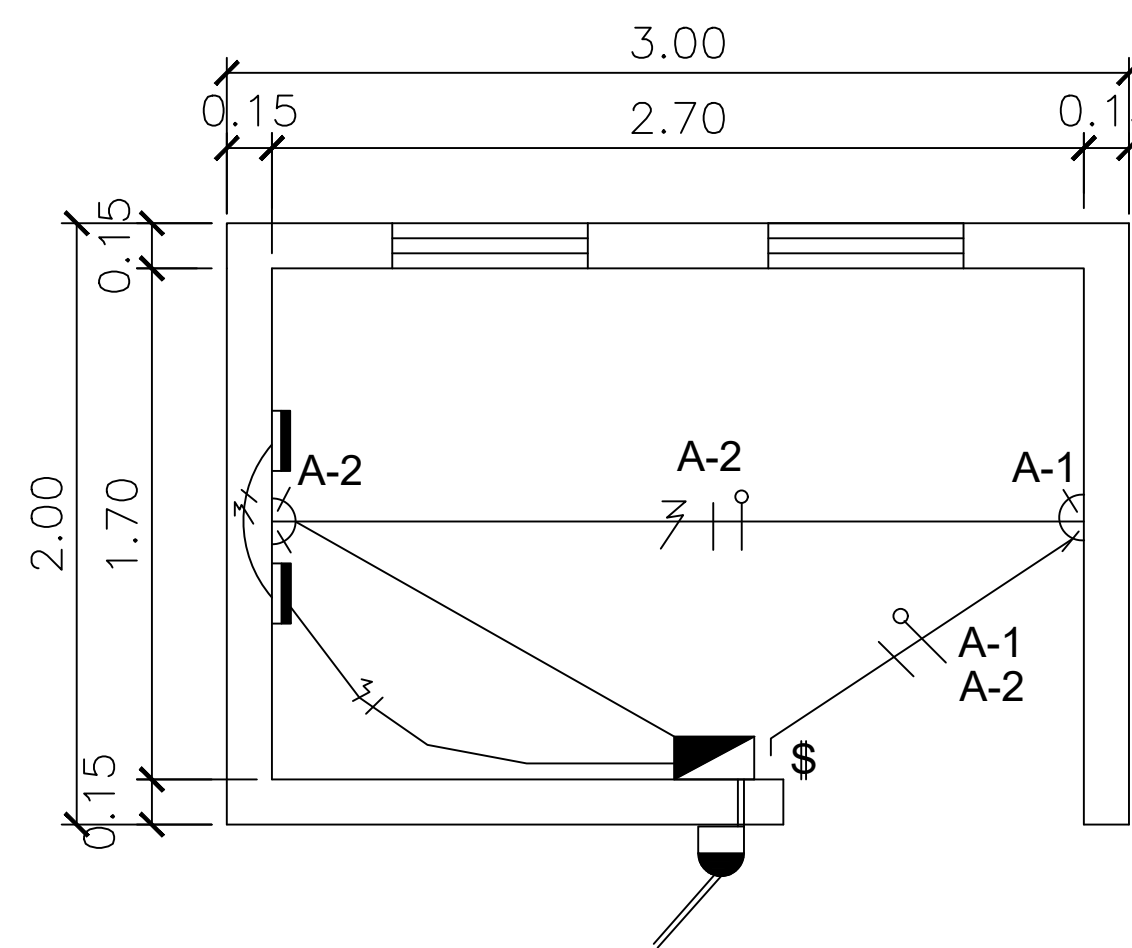


PLANTA DE ARMADO DE LOSA
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25

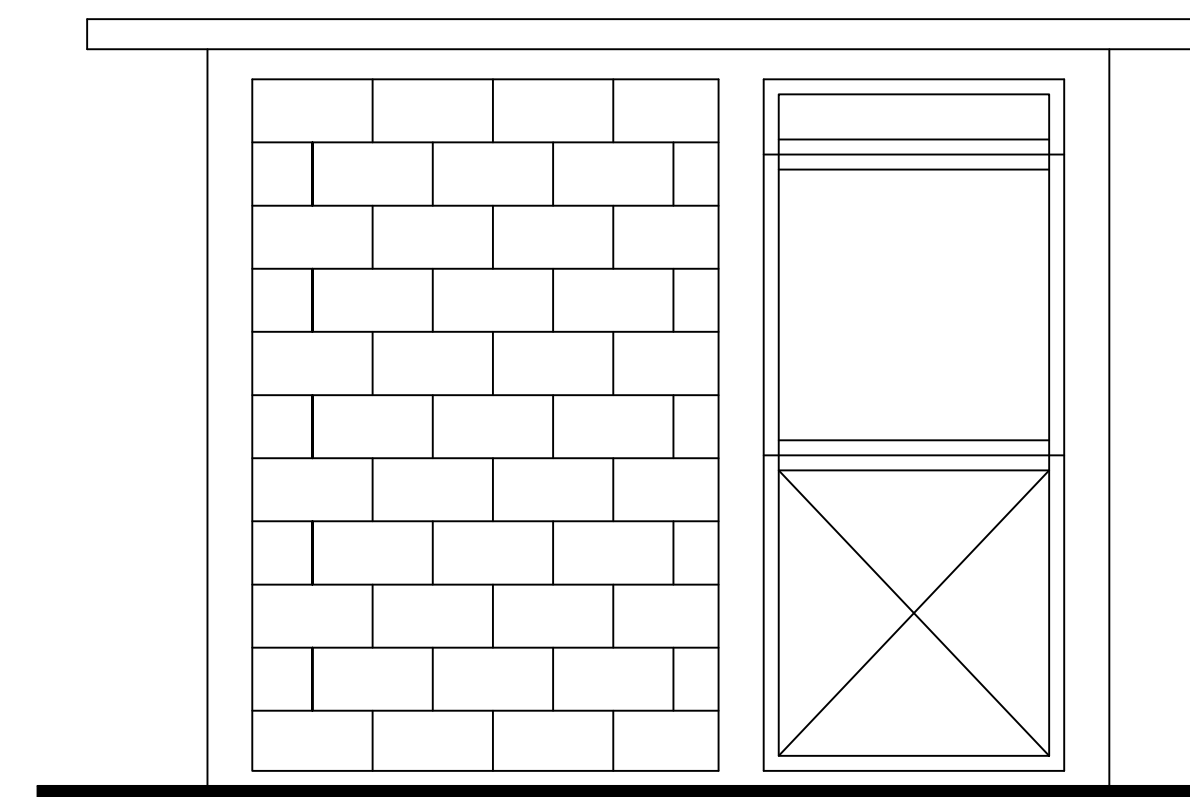
NOTA: TODO EL REFUERZO SERÁ DE VARILLAS NO. 3/8", ESPACIADOS A CADA 15 CM EN AMBOS SENTIDOS CON UN ESPESOR DE LOSA DE 10 CM.



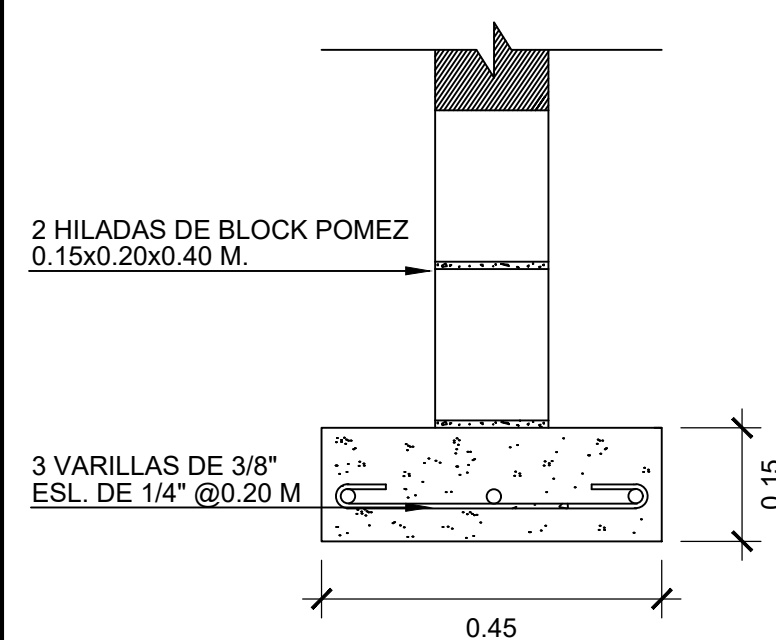
SECCION C-C'
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



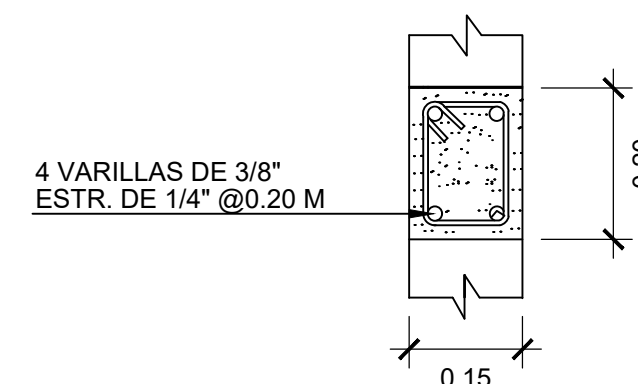
DETALLE DE INSTALACION ELECTRICA
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



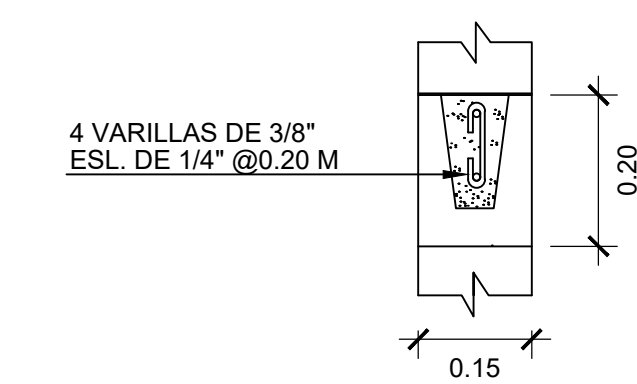
FACHADA PRINCIPAL
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:25



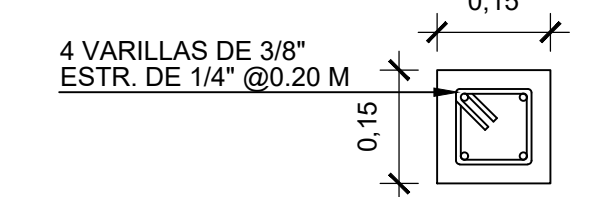
DETALLE DE CIMENTO CORRIDO C-C
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



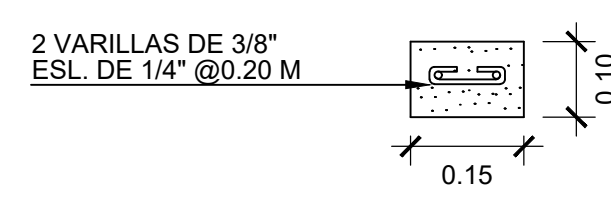
DETALLE DE SOLERA HIDROFUGA S-H
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



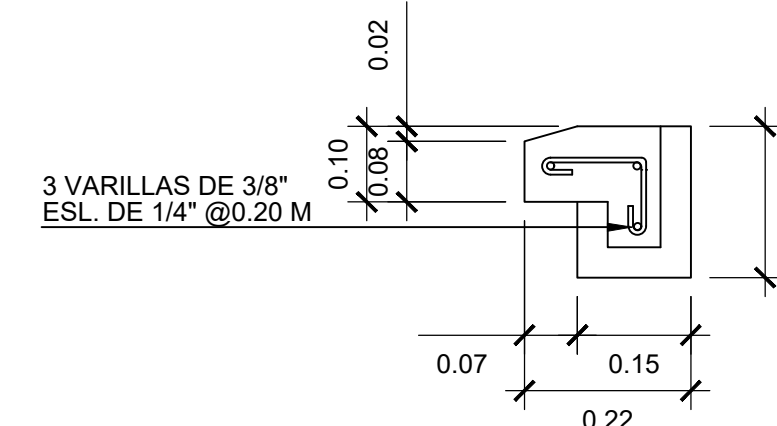
DETALLE DE SOLERA INTERMEDIA S-I
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



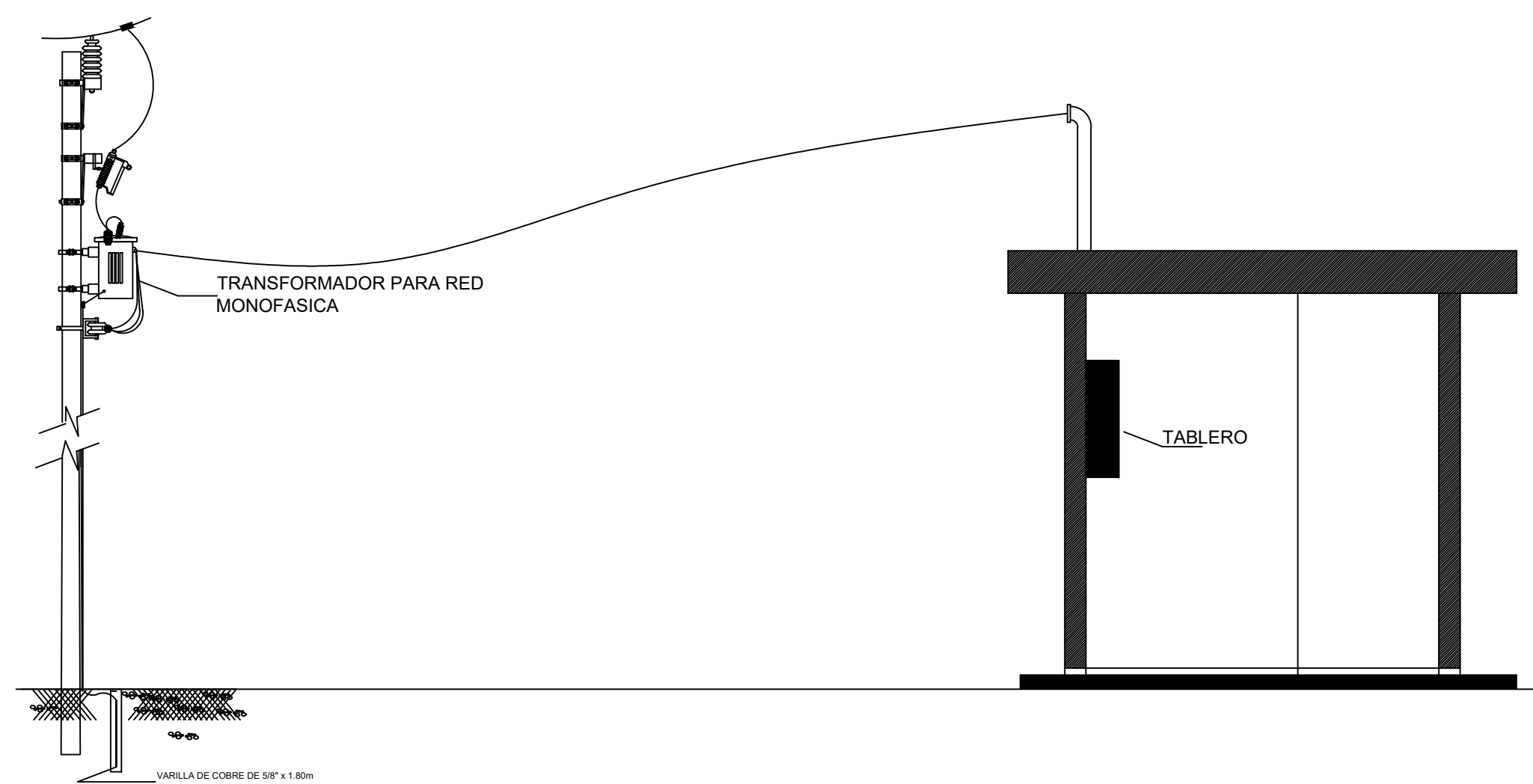
DETALLE DE COLUMNA C-1
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



DETALLE DE COLUMNA C-2
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



DETALLE DE SOLERA DE CORONA S-C
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:10



INSTALACION ELECTRICA "MONOFASICA"
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO ESCALA 1:50

SIMB	NOMENCLATURA
Ⓜ	CONTADOR
▬	CAJA DE CIRCUITOS
⊙	LAMPARA EN PARED
Ⓢ	INTERRUPTOR DOBLE
▬	PANEL DE CONTROL
A-1	UNIDADES POR CIRCUITO
—	LINEA NEUTRA
—	LINEA VIVA
—	LINEA DE RETORNO
—	LINEA DE ILUMINACION
—	LINEA DE FUERZA
—	LINEA DE INTERRUPCION

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA		
CONTEIDO: DETALLES ESTRUCTURALES DE CUARTO DE CONTROL DE PANELES E INSTALACION ELECTRICA		
UBICACION: SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, SUCHITEPEQUEZ.	DISEÑO Y CALIFICADO: JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX	REVISOR: ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELIZ
PROPIETARIO: MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ.	FECHA: MAYO 2019	ESCALA: INDICADA
		HOJA NO. 10

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de relaciones hidráulicas 1

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0,000001	0,001	0,019224	0,000054	0,020878	0,1	0,401157	0,052044	0,087571	0,2	0,61506	0,142377
0,000005	0,002	0,030507	0,000152	0,021319	0,101	0,403692	0,05281	0,08846	0,201	0,61689	0,143398
0,000011	0,003	0,039963	0,000279	0,021765	0,102	0,406216	0,053579	0,089353	0,202	0,61872	0,144419
0,000021	0,004	0,048396	0,000429	0,022215	0,103	0,40873	0,054351	0,09025	0,203	0,62055	0,145443
0,000034	0,005	0,056141	0,000599	0,02267	0,104	0,411234	0,055127	0,091152	0,204	0,62238	0,146468
0,00005	0,006	0,06337	0,000788	0,02313	0,105	0,413727	0,055906	0,092057	0,205	0,62421	0,147495
0,00007	0,007	0,070215	0,000992	0,023594	0,106	0,41621	0,056688	0,092967	0,206	0,62604	0,148524
0,000093	0,008	0,076728	0,001212	0,024063	0,107	0,418683	0,057473	0,093881	0,207	0,62787	0,149555
0,00012	0,009	0,08297	0,001446	0,024537	0,108	0,421146	0,058262	0,094799	0,208	0,6297	0,150587
0,000151	0,01	0,08898	0,001693	0,025015	0,109	0,423599	0,059054	0,095721	0,209	0,63153	0,151622
0,000185	0,011	0,094787	0,001952	0,025498	0,11	0,426042	0,059849	0,096647	0,21	0,63336	0,152658
0,000223	0,012	0,100417	0,002224	0,025986	0,111	0,428476	0,060648	0,097577	0,211	0,634871	0,153696
0,000265	0,013	0,105887	0,002506	0,026479	0,112	0,430901	0,061449	0,098512	0,212	0,636643	0,154736
0,000311	0,014	0,111215	0,0028	0,026976	0,113	0,433316	0,062254	0,09945	0,213	0,638415	0,155778
0,000361	0,015	0,116413	0,003105	0,027477	0,114	0,435721	0,063062	0,100393	0,214	0,640187	0,156821
0,000415	0,016	0,121493	0,003419	0,027984	0,115	0,438117	0,063873	0,10134	0,215	0,641959	0,157867
0,000473	0,017	0,126464	0,003744	0,028495	0,116	0,440505	0,064686	0,10229	0,216	0,643731	0,158914
0,000536	0,018	0,131335	0,004078	0,02901	0,117	0,442883	0,065503	0,103245	0,217	0,645503	0,159963
0,000602	0,019	0,136112	0,004421	0,029531	0,118	0,445252	0,066323	0,104204	0,218	0,647275	0,161013
0,000672	0,02	0,140803	0,004773	0,030056	0,119	0,447612	0,067146	0,105167	0,219	0,649047	0,162065
0,000746	0,021	0,145412	0,005134	0,030585	0,12	0,449964	0,067972	0,106134	0,22	0,650819	0,163119
0,000825	0,022	0,149945	0,005503	0,031119	0,121	0,452307	0,068801	0,107105	0,221	0,652382	0,164175
0,000908	0,023	0,154406	0,005881	0,031658	0,122	0,454641	0,069633	0,10808	0,222	0,654108	0,165233
0,000995	0,024	0,1588	0,006266	0,032202	0,123	0,456967	0,070468	0,109059	0,223	0,655834	0,166292
0,001086	0,025	0,163129	0,00666	0,03275	0,124	0,459284	0,071306	0,110042	0,224	0,65756	0,167353
0,001182	0,026	0,167398	0,007061	0,033302	0,125	0,461593	0,072147	0,111029	0,225	0,659286	0,168415
0,001282	0,027	0,171609	0,00747	0,03386	0,126	0,463893	0,07299	0,11202	0,226	0,661012	0,169479
0,001386	0,028	0,175765	0,007887	0,034422	0,127	0,466185	0,073837	0,113015	0,227	0,662738	0,170545
0,001495	0,029	0,179868	0,008311	0,034988	0,128	0,46847	0,074686	0,114014	0,228	0,664464	0,171613
0,001608	0,03	0,183921	0,008741	0,035559	0,129	0,470746	0,075538	0,115017	0,229	0,66619	0,172682
0,01725	0,031	0,187926	0,009179	0,036135	0,13	0,473014	0,076393	0,116024	0,23	0,667916	0,173753
0,001847	0,032	0,191885	0,009624	0,036715	0,131	0,475274	0,077251	0,117035	0,231	0,669441	0,174825
0,001973	0,033	0,1958	0,010076	0,0373	0,132	0,477526	0,078112	0,11805	0,232	0,671122	0,175899
0,002103	0,034	0,19962	0,010534	0,03789	0,133	0,47977	0,078975	0,119069	0,233	0,672803	0,176975
0,002238	0,035	0,203503	0,010999	0,038484	0,134	0,482007	0,079841	0,120091	0,234	0,674484	0,178052
0,002378	0,036	0,207295	0,01147	0,039083	0,135	0,484236	0,08071	0,121118	0,235	0,676165	0,179131
0,002521	0,037	0,211049	0,011947	0,039686	0,136	0,486457	0,081582	0,122149	0,236	0,677846	0,180212
0,00267	0,038	0,214766	0,012431	0,040294	0,137	0,488671	0,082456	0,123183	0,237	0,679527	0,181294
0,002823	0,039	0,218448	0,012921	0,040906	0,138	0,490877	0,083333	0,124221	0,238	0,681208	0,182377
0,00298	0,04	0,222095	0,013417	0,041523	0,139	0,493076	0,084212	0,125263	0,239	0,682889	0,183463
0,003142	0,041	0,225709	0,013919	0,042145	0,14	0,495268	0,085095	0,12631	0,24	0,68457	0,184549
0,003308	0,042	0,229291	0,014427	0,042771	0,141	0,497452	0,08598	0,12736	0,241	0,686065	0,185638
0,003479	0,043	0,232842	0,014941	0,043401	0,142	0,499629	0,086867	0,128413	0,242	0,687704	0,186728
0,003654	0,044	0,236362	0,01546	0,044036	0,143	0,501799	0,087757	0,129471	0,243	0,689343	0,187819
0,003814	0,045	0,239853	0,015985	0,044676	0,144	0,503961	0,08865	0,130533	0,244	0,690982	0,188912
0,004019	0,046	0,243315	0,016516	0,04532	0,145	0,506117	0,089545	0,131598	0,245	0,692621	0,190006
0,004208	0,047	0,246749	0,017052	0,045969	0,146	0,508265	0,090443	0,132667	0,246	0,69426	0,191102
0,004401	0,048	0,250157	0,017594	0,046622	0,147	0,510407	0,091344	0,13374	0,247	0,695899	0,1922
0,004599	0,049	0,253537	0,018141	0,04728	0,148	0,512541	0,092247	0,134817	0,248	0,697538	0,193299
0,004802	0,05	0,256893	0,018693	0,047943	0,149	0,514669	0,093152	0,135897	0,249	0,699177	0,194399
0,005009	0,051	0,260223	0,019251	0,048609	0,15	0,51679	0,09406	0,136982	0,25	0,700816	0,195501
0,005221	0,052	0,263528	0,019813	0,049281	0,151	0,518904	0,094971	0,13807	0,251	0,702273	0,196605
0,005438	0,053	0,26681	0,020381	0,049956	0,152	0,52011	0,095884	0,139162	0,252	0,703871	0,197709
0,005659	0,054	0,270068	0,020954	0,050637	0,153	0,523112	0,096799	0,140258	0,253	0,705469	0,198816
0,005885	0,055	0,273304	0,021532	0,051322	0,154	0,525206	0,097717	0,141357	0,254	0,707067	0,199923

Continuación del anexo 1.

0,006115	0,056	0,276517	0,022116	0,052011	0,155	0,527293	0,098637	0,14246	0,255	0,708665	0,201033
0,00635	0,057	0,279709	0,022703	0,052705	0,156	0,529374	0,09956	0,143567	0,256	0,710263	0,202143
0,00659	0,058	0,282879	0,023296	0,053403	0,157	0,531449	0,100485	0,144678	0,257	0,711861	0,203255
0,006834	0,059	0,286029	0,023894	0,054106	0,158	0,533517	0,101413	0,145792	0,258	0,713459	0,204369
0,007083	0,06	0,289158	0,024496	0,054813	0,159	0,535578	0,102343	0,14691	0,259	0,715057	0,205484
0,007337	0,061	0,292267	0,025103	0,055524	0,16	0,537633	0,103275	0,148032	0,26	0,716655	0,2066
0,007595	0,062	0,295356	0,025715	0,05624	0,161	0,539682	0,10421	0,149158	0,261	0,718079	0,207718
0,007858	0,063	0,298427	0,026332	0,056961	0,162	0,541725	0,105147	0,150287	0,262	0,719635	0,208837
0,008126	0,064	0,30148	0,026953	0,057686	0,163	0,543761	0,106087	0,15142	0,263	0,721191	0,209957
0,008398	0,065	0,304512	0,027578	0,058415	0,164	0,545792	0,107028	0,152556	0,264	0,722747	0,211079
0,008675	0,066	0,307527	0,028208	0,059149	0,165	0,547816	0,107972	0,153696	0,265	0,724303	0,212202
0,008956	0,067	0,310524	0,028843	0,059887	0,166	0,549834	0,108919	0,15484	0,266	0,725859	0,213327
0,009243	0,068	0,313504	0,029481	0,06063	0,167	0,551845	0,109867	0,155988	0,267	0,727415	0,214452
0,009533	0,069	0,316466	0,030125	0,061377	0,168	0,553851	0,110818	0,157139	0,268	0,728971	0,21558
0,009829	0,07	0,319412	0,030772	0,062128	0,169	0,555851	0,111772	0,158293	0,269	0,730527	0,216708
0,010129	0,071	0,322342	0,031424	0,062884	0,17	0,557845	0,112727	0,159452	0,27	0,732083	0,217838
0,010434	0,072	0,325255	0,03208	0,063644	0,171	0,559833	0,113685	0,160613	0,271	0,733498	0,218969
0,010744	0,073	0,328152	0,032741	0,064409	0,172	0,561815	0,114645	0,161779	0,272	0,735	0,220102
0,011058	0,074	0,331034	0,033405	0,065178	0,173	0,563791	0,115607	0,162948	0,273	0,736502	0,221236
0,011377	0,075	0,3339	0,034074	0,065951	0,174	0,565762	0,116571	0,164121	0,274	0,738004	0,222371
0,011701	0,076	0,33651	0,034746	0,066729	0,175	0,567726	0,117537	0,165297	0,275	0,739506	0,223507
0,012029	0,077	0,33958	0,035423	0,067511	0,176	0,569685	0,118506	0,166477	0,276	0,741008	0,224645
0,012362	0,078	0,342408	0,036104	0,068298	0,177	0,571638	0,119477	0,16766	0,277	0,74251	0,225784
0,0127	0,079	0,345215	0,036789	0,069088	0,178	0,573586	0,12045	0,168847	0,278	0,744012	0,226924
0,013043	0,08	0,348007	0,037478	0,069883	0,179	0,575528	0,121425	0,170037	0,279	0,745514	0,228065
0,01339	0,081	0,350786	0,038171	0,070683	0,18	0,577464	0,122402	0,171231	0,28	0,747016	0,229208
0,013742	0,082	0,353551	0,038868	0,071487	0,181	0,579395	0,123382	0,172428	0,281	0,748542	0,230352
0,014098	0,083	0,356302	0,039568	0,072295	0,182	0,58132	0,124363	0,173629	0,282	0,750015	0,231497
0,014459	0,084	0,359039	0,040273	0,073107	0,183	0,58324	0,125347	0,174833	0,283	0,751488	0,232644
0,014825	0,085	0,361764	0,040981	0,073924	0,184	0,585154	0,126332	0,176041	0,284	0,752961	0,233792
0,015196	0,086	0,364475	0,041693	0,074745	0,185	0,587063	0,12732	0,177253	0,285	0,754434	0,23494
0,015571	0,087	0,367173	0,042409	0,07557	0,186	0,588966	0,12831	0,178467	0,286	0,755907	0,236091
0,015951	0,088	0,369859	0,043128	0,0764	0,187	0,590864	0,129302	0,179686	0,287	0,757378	0,237242
0,016336	0,089	0,372532	0,043851	0,077234	0,188	0,592756	0,130296	0,180907	0,288	0,758853	0,238394
0,016726	0,09	0,375193	0,044578	0,078072	0,189	0,594644	0,131292	0,182132	0,289	0,760326	0,239548
0,01712	0,091	0,37842	0,045309	0,078914	0,19	0,596526	0,13229	0,183361	0,29	0,761799	0,240703
0,017518	0,092	0,380479	0,046043	0,079761	0,191	0,598402	0,13329	0,184593	0,291	0,763223	0,241859
0,017922	0,093	0,383103	0,046781	0,080612	0,192	0,600274	0,134292	0,185828	0,292	0,76466	0,243016
0,01833	0,094	0,385717	0,047522	0,081467	0,193	0,60214	0,135296	0,187066	0,293	0,766097	0,244175
0,018743	0,095	0,388318	0,048267	0,082326	0,194	0,604001	0,136302	0,188309	0,294	0,767534	0,245334
0,019161	0,096	0,390908	0,049016	0,08319	0,195	0,605857	0,13731	0,189554	0,295	0,768971	0,246495
0,019583	0,097	0,393487	0,049768	0,0840058	0,196	0,607708	0,13832	0,190803	0,296	0,770408	0,247657
0,02001	0,098	0,396055	0,050523	0,08493	0,197	0,609553	0,139331	0,192055	0,297	0,771845	0,24882
0,020441	0,099	0,398611	0,051282	0,085806	0,198	0,611394	0,140345	0,19331	0,298	0,773282	0,249984
				0,086687	0,199	0,61323	0,141361	0,194569	0,299	0,774719	0,251149

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 88.

Anexo 2. Tablas de relaciones hidráulicas 2

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0,195831	0,3	0,776156	0,252316	0,336988	0,4	0,90217	0,37353	0,5	0,5	1,000016	0,5
0,197097	0,301	0,777553	0,253461	0,33853	0,401	0,903283	0,374778	0,501698	0,501	1,000848	0,501273
0,198365	0,302	0,778955	0,254622	0,340074	0,402	0,904396	0,376026	0,503397	0,502	1,00169	0,502546
0,199637	0,303	0,780357	0,255783	0,34162	0,403	0,905509	0,377274	0,505097	0,503	1,002532	0,503819
0,200913	0,304	0,781759	0,256944	0,343169	0,404	0,906622	0,378522	0,506798	0,504	1,003374	0,505092
0,202191	0,305	0,783161	0,258105	0,34472	0,405	0,907735	0,37977	0,508499	0,505	1,004216	0,506365
0,203473	0,306	0,784563	0,259266	0,346272	0,406	0,908848	0,381018	0,510202	0,506	1,005058	0,507638
0,204758	0,307	0,785965	0,260427	0,347827	0,407	0,909961	0,382266	0,511905	0,507	1,0059	0,508911
0,206046	0,308	0,787367	0,261588	0,349385	0,408	0,911074	0,383514	0,513609	0,508	1,006742	0,510184
0,207338	0,309	0,788769	0,262749	0,350944	0,409	0,912187	0,384762	0,515314	0,509	1,007584	0,511457
0,208633	0,31	0,790171	0,26391	0,352505	0,41	0,9133	0,38601	0,517019	0,51	1,008426	0,51273
0,20993	0,311	0,791539	0,265071	0,354068	0,411	0,914237	0,387258	0,518726	0,511	1,009185	0,514003
0,21232	0,312	0,79291	0,266232	0,355634	0,412	0,915317	0,388506	0,520433	0,512	1,01	0,515276
0,212536	0,313	0,794281	0,267393	0,357201	0,413	0,916397	0,389754	0,52214	0,513	1,010815	0,516549
0,213843	0,314	0,795652	0,268554	0,358771	0,414	0,917477	0,391002	0,523849	0,514	1,01163	0,517822
0,215154	0,315	0,797023	0,269715	0,360342	0,415	0,918557	0,39225	0,525558	0,515	1,012445	0,519095
0,216468	0,316	0,798394	0,270876	0,361916	0,416	0,919637	0,393498	0,527268	0,516	1,01326	0,520368
0,217785	0,317	0,799765	0,272037	0,363492	0,417	0,920717	0,394746	0,528979	0,517	1,014075	0,521641
0,219105	0,318	0,801136	0,273198	0,365069	0,418	0,921797	0,395994	0,53069	0,518	1,01489	0,522914
0,220428	0,319	0,802507	0,274359	0,366649	0,419	0,922877	0,397242	0,532402	0,519	1,015705	0,524187
0,221755	0,32	0,803878	0,27552	0,36823	0,42	0,923957	0,39849	0,534114	0,52	1,01652	0,52546
0,223084	0,321	0,805193	0,276681	0,369814	0,421	0,924918	0,399738	0,535828	0,521	1,017271	0,526733
0,224416	0,322	0,806527	0,277842	0,371399	0,422	0,925971	0,400986	0,537541	0,522	1,018057	0,528006
0,225752	0,323	0,807861	0,279003	0,372986	0,423	0,927021	0,402234	0,539256	0,523	1,018843	0,529279
0,227091	0,324	0,809195	0,280164	0,374576	0,424	0,928071	0,403482	0,54097	0,524	1,019629	0,530552
0,228433	0,325	0,810529	0,281325	0,376167	0,425	0,929121	0,40473	0,542686	0,525	1,020415	0,531825
0,229777	0,326	0,811863	0,282486	0,37776	0,426	0,930171	0,405978	0,544402	0,526	1,021201	0,533098
0,231125	0,327	0,813197	0,283647	0,379355	0,427	0,931221	0,407226	0,546118	0,527	1,021987	0,534371
0,232476	0,328	0,814531	0,284808	0,380952	0,428	0,932271	0,408474	0,547836	0,528	1,022773	0,535644
0,23383	0,329	0,815865	0,285969	0,382551	0,429	0,933321	0,409722	0,549553	0,529	1,023559	0,536917
0,235187	0,33	0,817199	0,28713	0,384151	0,43	0,934371	0,41097	0,551271	0,53	1,024345	0,53819
0,236547	0,331	0,818521	0,288291	0,385753	0,431	0,935321	0,412218	0,55299	0,531	1,025108	0,539463
0,23791	0,332	0,819823	0,289452	0,387358	0,432	0,936371	0,413466	0,554709	0,532	1,02587	0,540736
0,239275	0,333	0,821125	0,290613	0,388964	0,433	0,937321	0,414714	0,556428	0,533	1,026632	0,542009
0,240644	0,334	0,822427	0,291774	0,390571	0,434	0,938371	0,415962	0,558148	0,534	1,027394	0,543282
0,242016	0,335	0,823729	0,292935	0,392181	0,435	0,939421	0,41721	0,559868	0,535	1,028156	0,544555
0,243391	0,336	0,825031	0,294096	0,393792	0,436	0,940471	0,418458	0,561589	0,536	1,028918	0,545828
0,244768	0,337	0,826333	0,295257	0,395405	0,437	0,941446	0,419706	0,56331	0,537	1,02968	0,547101
0,246149	0,338	0,827635	0,296418	0,39702	0,438	0,942467	0,420954	0,565031	0,538	1,030442	0,548374
0,247532	0,339	0,828937	0,297579	0,398637	0,439	0,943488	0,422202	0,566753	0,539	1,031204	0,549647
0,248919	0,34	0,830239	0,29874	0,400255	0,44	0,944509	0,42345	0,568475	0,54	1,031966	0,55092
0,250308	0,341	0,831531	0,299901	0,401875	0,441	0,945469	0,424698	0,570197	0,541	1,032696	0,552193
0,2517	0,342	0,832802	0,301062	0,403497	0,442	0,946466	0,425946	0,57192	0,542	1,033433	0,553466
0,253095	0,343	0,834073	0,302223	0,40512	0,443	0,947451	0,427194	0,573643	0,543	1,03417	0,554739
0,254493	0,344	0,835344	0,303384	0,406745	0,444	0,948442	0,428442	0,575366	0,544	1,034907	0,556012
0,255894	0,345	0,836615	0,304545	0,408372	0,445	0,949433	0,42969	0,57709	0,545	1,035644	0,557285
0,257297	0,346	0,837886	0,305706	0,41	0,446	0,950424	0,430938	0,578814	0,546	1,036381	0,558558
0,258704	0,347	0,839157	0,306867	0,41163	0,447	0,951415	0,432186	0,580538	0,547	1,037118	0,559831
0,260113	0,348	0,840428	0,308028	0,413262	0,448	0,952406	0,433434	0,582262	0,548	1,037855	0,561104
0,261525	0,349	0,841699	0,309189	0,414895	0,449	0,953397	0,434682	0,583986	0,549	1,038592	0,562377
0,26294	0,35	0,84297	0,311919	0,41653	0,45	0,954388	0,43593	0,585711	0,55	1,039329	0,56365
0,264357	0,351	0,844231	0,313134	0,418166	0,451	0,955346	0,437178	0,587436	0,551	1,040036	0,564923
0,265778	0,352	0,84547	0,314349	0,419804	0,452	0,956312	0,438426	0,589161	0,552	1,04075	0,566196
0,267201	0,353	0,846709	0,315564	0,421443	0,453	0,957278	0,439674	0,590886	0,553	1,041464	0,567469
0,268627	0,354	0,847948	0,316779	0,423084	0,454	0,958244	0,440922	0,592611	0,554	1,042178	0,568742
0,270055	0,355	0,849187	0,317994	0,424727	0,455	0,95921	0,44217	0,594336	0,555	1,042892	0,570015
0,271487	0,356	0,850426	0,319209	0,426371	0,456	0,960176	0,443418	0,596062	0,556	1,043606	0,571288
0,272921	0,357	0,851665	0,320424	0,428016	0,457	0,961142	0,444666	0,597787	0,557	1,04432	0,572561
0,274357	0,358	0,852904	0,321639	0,429663	0,458	0,962108	0,445914	0,599513	0,558	1,045034	0,573834
0,275797	0,359	0,854143	0,322854	0,431312	0,459	0,963074	0,447162	0,601239	0,559	1,045748	0,575107
0,277239	0,36	0,855382	0,324069	0,432962	0,46	0,96404	0,44841	0,602964	0,56	1,046462	0,57638
0,278684	0,361	0,856627	0,325284	0,434613	0,461	0,964962	0,449658	0,60469	0,561	1,047128	0,577653
0,280131	0,362	0,85784	0,326499	0,436266	0,462	0,9659	0,450906	0,606416	0,562	1,047815	0,578926
0,281581	0,363	0,859053	0,327714	0,43792	0,463	0,966838	0,452154	0,608141	0,563	1,048502	0,580199
0,283034	0,364	0,860266	0,328929	0,439576	0,464	0,967776	0,453402	0,609867	0,564	1,049189	0,581472

Continuación del anexo 2.

0,284489	0,365	0,861479	0,330144	0,441233	0,465	0,968714	0,45465	0,611593	0,565	1,049876	0,582745
0,285947	0,366	0,862692	0,331359	0,442891	0,466	0,969652	0,455898	0,613318	0,566	1,050563	0,584018
0,287407	0,367	0,863905	0,332574	0,444551	0,467	0,97059	0,457146	0,615044	0,567	1,05125	0,585291
0,288871	0,368	0,865118	0,333789	0,446212	0,468	0,971528	0,458394	0,616769	0,568	1,051937	0,586564
0,290336	0,369	0,866331	0,335004	0,447874	0,469	0,972466	0,459642	0,618494	0,569	1,052624	0,587837
0,291805	0,37	0,867544	0,336219	0,449538	0,47	0,973404	0,46089	0,620219	0,57	1,053311	0,58911
0,293275	0,371	0,868725	0,337434	0,451203	0,471	0,974317	0,462138	0,621944	0,571	1,053973	0,590383
0,294749	0,372	0,869907	0,338649	0,452869	0,472	0,97523	0,463386	0,623669	0,572	1,054635	0,591656
0,296225	0,373	0,871089	0,339864	0,454537	0,473	0,976143	0,464634	0,625394	0,573	1,055297	0,592929
0,297703	0,374	0,872271	0,341079	0,456206	0,474	0,977056	0,465882	0,627119	0,574	1,055959	0,594202
0,299184	0,375	0,873453	0,342294	0,457876	0,475	0,977969	0,46713	0,628843	0,575	1,056621	0,595475
0,300667	0,376	0,874635	0,343509	0,459548	0,476	0,978882	0,468378	0,630567	0,576	1,057283	0,596748
0,302153	0,377	0,875817	0,344724	0,46122	0,477	0,979795	0,469626	0,632291	0,577	1,057945	0,598021
0,303642	0,378	0,876999	0,345939	0,462894	0,478	0,980708	0,470874	0,634015	0,578	1,058607	0,599294
0,305132	0,379	0,878181	0,347154	0,464569	0,479	0,981621	0,472122	0,635738	0,579	1,059269	0,600567
0,306626	0,38	0,879363	0,348369	0,466246	0,48	0,982534	0,47337	0,637461	0,58	1,059931	0,60184
0,308121	0,381	0,88053	0,349584	0,467923	0,481	0,983415	0,474618	0,639184	0,581	1,060607	0,603113
0,30962	0,382	0,881694	0,350799	0,469602	0,482	0,9843	0,475866	0,640906	0,582	1,061208	0,604386
0,31112	0,383	0,882858	0,352014	0,471281	0,483	0,985185	0,477114	0,642629	0,583	1,061846	0,605659
0,312623	0,384	0,884022	0,353229	0,472962	0,484	0,98607	0,478362	0,64435	0,584	1,062484	0,606932
0,314128	0,385	0,885186	0,354444	0,474644	0,485	0,986955	0,47961	0,646072	0,585	1,063122	0,608205
0,315636	0,386	0,88635	0,355659	0,476327	0,486	0,98784	0,480858	0,647793	0,586	1,06376	0,609478
0,317146	0,387	0,887514	0,356874	0,478012	0,487	0,988725	0,482106	0,649514	0,587	1,064398	0,610751
0,318659	0,388	0,888678	0,358089	0,479697	0,488	0,98961	0,483354	0,651234	0,588	1,065036	0,612024
0,320174	0,389	0,889842	0,359304	0,481383	0,489	0,990495	0,484602	0,652954	0,589	1,065674	0,613297
0,321691	0,39	0,890908	0,360519	0,483071	0,49	0,99138	0,48585	0,654673	0,59	1,066312	0,61457
0,32321	0,391	0,892047	0,361734	0,484759	0,491	0,992258	0,487098	0,656392	0,591	1,06692	0,615843
0,324732	0,392	0,893186	0,362949	0,486449	0,492	0,99312	0,488346	0,658111	0,592	1,06753	0,617116
0,326256	0,393	0,894325	0,364164	0,488139	0,493	0,993982	0,489594	0,659829	0,593	1,06814	0,618389
0,327782	0,394	0,895464	0,365379	0,489831	0,494	0,994844	0,490842	0,661546	0,594	1,06875	0,619662
0,329311	0,395	0,896603	0,366594	0,491523	0,495	0,995706	0,49209	0,663263	0,595	1,06936	0,620935
0,330842	0,396	0,897742	0,367809	0,493217	0,496	0,996568	0,493338	0,66498	0,596	1,06997	0,622208
0,332375	0,397	0,898881	0,369024	0,494911	0,497	0,99743	0,494586	0,666696	0,597	1,07058	0,623481
0,33391	0,398	0,90002	0,370239	0,496607	0,498	0,998292	0,495834	0,668411	0,598	1,07119	0,624754
0,335448	0,399	0,901057	0,371454	0,498303	0,499	0,999154	0,497082	0,670126	0,599	1,0718	0,626027

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 89.

Anexo 3. Tablas de relaciones hidráulicas 3

q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A	q/Q	d/D	v/V	a/A
0,67184	0,6	1,07241	0,6264	0,837238	0,7	1,119836	0,747684	0,977467	0,8	1,139719	0,859501
0,673554	0,601	1,073021	0,627717	0,8388	0,701	1,120116	0,748851	0,978664	0,801	1,139761	0,858369
0,675267	0,602	1,073606	0,629034	0,84036	0,702	1,120439	0,750018	0,979855	0,802	1,139803	0,859655
0,676979	0,603	1,074191	0,630351	0,841917	0,703	1,120762	0,751185	0,981042	0,803	1,139845	0,860941
0,678691	0,604	1,074776	0,631668	0,843471	0,704	1,121085	0,752352	0,982223	0,804	1,139887	0,862227
0,680401	0,605	1,075361	0,632985	0,845024	0,705	1,121408	0,753519	0,983399	0,805	1,139929	0,863513
0,682112	0,606	1,075946	0,634302	0,846573	0,706	1,121731	0,754686	0,984571	0,806	1,139971	0,864799
0,683821	0,607	1,076531	0,635619	0,84812	0,707	1,122054	0,755853	0,985737	0,807	1,140013	0,866085
0,68553	0,608	1,077116	0,636936	0,849664	0,708	1,122377	0,75702	0,986897	0,808	1,140055	0,867371
0,687238	0,609	1,077701	0,638253	0,851206	0,709	1,1227	0,758187	0,988053	0,809	1,140097	0,868657
0,688945	0,61	1,078286	0,63957	0,852745	0,71	1,123023	0,759354	0,989203	0,81	1,140139	0,869943
0,690652	0,611	1,078871	0,640887	0,854282	0,711	1,123346	0,760521	0,990348	0,811	1,140023	0,871229
0,692357	0,612	1,079456	0,642204	0,855815	0,712	1,123669	0,761688	0,991487	0,812	1,140028	0,872515
0,694062	0,613	1,080041	0,643521	0,857346	0,713	1,123992	0,762855	0,992621	0,813	1,140033	0,873801
0,695766	0,614	1,080581	0,644838	0,858875	0,714	1,124315	0,764022	0,99375	0,814	1,140027	0,875087
0,697469	0,615	1,08114	0,646155	0,8604	0,715	1,124638	0,765189	0,994873	0,815	1,140021	0,876373
0,699172	0,616	1,081699	0,647472	0,861923	0,716	1,124961	0,766356	0,995991	0,816	1,140015	0,877659
0,700873	0,617	1,082258	0,648789	0,863443	0,717	1,125284	0,767523	0,997103	0,817	1,140009	0,878945

Continuación del anexo 3.

0,702574	0,618	1,082817	0,650106	0,86496	0,718	1,125607	0,76869	0,998209	0,818	1,140003	0,880231
0,704273	0,619	1,083376	0,651423	0,866474	0,719	1,12593	0,769857	0,99931	0,819	1,139997	0,881517
0,705972	0,62	1,083935	0,65274	0,867985	0,72	1,126253	0,771024	1,000405	0,82	1,139991	0,882803
0,707669	0,621	1,084494	0,654057	0,869494	0,721	1,126383	0,772191	1,001495	0,821	1,139985	0,884089
0,709366	0,622	1,085053	0,655374	0,870999	0,722	1,12666	0,773358	1,002579	0,822	1,139877	0,885375
0,711062	0,623	1,085567	0,656691	0,872502	0,723	1,126937	0,774525	1,003657	0,823	1,139841	0,886661
0,712757	0,624	1,0861	0,658008	0,874002	0,724	1,127214	0,775692	1,004729	0,824	1,139802	0,887947
0,71445	0,625	1,086633	0,659325	0,875498	0,725	1,127491	0,776859	1,005795	0,825	1,139763	0,889233
0,716143	0,626	1,087166	0,660642	0,876992	0,726	1,127768	0,778026	1,006856	0,826	1,139724	0,883429
0,717834	0,627	1,087699	0,661959	0,878482	0,727	1,128045	0,779193	1,00791	0,827	1,139685	0,884393
0,719525	0,628	1,088232	0,663276	0,87997	0,728	1,128322	0,78036	1,008959	0,828	1,139646	0,885357
0,721214	0,629	1,088765	0,664593	0,881455	0,729	1,128599	0,781527	1,010002	0,829	1,139551	0,886321
0,722903	0,63	1,089298	0,66591	0,882936	0,73	1,128876	0,782694	1,011038	0,83	1,139489	0,887285
0,72459	0,631	1,089829	0,667227	0,884414	0,731	1,129099	0,783861	1,012069	0,831	1,139423	0,888249
0,726276	0,632	1,09035	0,668544	0,885889	0,732	1,129344	0,785028	1,013093	0,832	1,139357	0,889213
0,727961	0,633	1,09086	0,669861	0,887361	0,733	1,129589	0,786195	1,014112	0,833	1,139291	0,890177
0,729645	0,634	1,09137733	0,671178	0,88883	0,734	1,129834	0,787362	1,015124	0,834	1,139225	0,891141
0,731327	0,635	1,09189283	0,672495	0,890296	0,735	1,130079	0,788529	1,01613	0,835	1,139159	0,892105
0,733008	0,636	1,09240833	0,673812	0,891758	0,736	1,130324	0,789696	1,017129	0,836	1,139039	0,893069
0,734688	0,637	1,09292383	0,675129	0,893217	0,737	1,130569	0,790863	1,018122	0,837	1,13895	0,894033
0,736367	0,638	1,09343933	0,676446	0,894673	0,738	1,130814	0,79203	1,019109	0,838	1,138861	0,894997
0,738045	0,639	1,09395483	0,677763	0,896125	0,739	1,131059	0,793197	1,02009	0,839	1,138772	0,895961
0,739721	0,64	1,09447033	0,67908	0,897575	0,74	1,131304	0,794364	1,021064	0,84	1,138683	0,896925
0,741396	0,641	1,09498583	0,680397	0,89902	0,741	1,131532	0,795531	1,022031	0,841	1,138594	0,897889
0,743069	0,642	1,095424	0,681714	0,900463	0,742	1,13175	0,796698	1,022992	0,842	1,138446	0,898853
0,744742	0,643	1,095909	0,683031	0,901902	0,743	1,131968	0,797865	1,023947	0,843	1,138333	0,899817
0,746413	0,644	1,096394	0,684348	0,903337	0,744	1,132186	0,799032	1,024895	0,844	1,13822	0,900781
0,748082	0,645	1,096879	0,685665	0,90477	0,745	1,132404	0,800199	1,025836	0,845	1,138107	0,901745
0,74975	0,646	1,097364	0,686982	0,906198	0,746	1,132622	0,801366	1,02677	0,846	1,137994	0,902709
0,751417	0,647	1,097849	0,688299	0,907623	0,747	1,13284	0,802533	1,027698	0,847	1,137881	0,903673
0,753082	0,648	1,098334	0,689616	0,909045	0,748	1,133058	0,8037	1,028619	0,848	1,137768	0,904637
0,754726	0,649	1,098819	0,690933	0,910463	0,749	1,133276	0,804867	1,029533	0,849	1,137659	0,905601
0,756408	0,65	1,099304	0,69225	0,911878	0,75	1,133494	0,806034	1,03044	0,85	1,137542	0,906564
0,758069	0,651	1,099789	0,693567	0,913289	0,751	1,133674	0,807201	1,031341	0,851	1,137428	0,907528
0,759729	0,652	1,100274	0,694884	0,914696	0,752	1,133865	0,808368	1,032234	0,852	1,137315	0,908492
0,761387	0,653	1,100759	0,696201	0,9161	0,753	1,134056	0,809501	1,03312	0,853	1,137202	0,909456
0,763043	0,654	1,101178	0,697518	0,9175	0,754	1,134247	0,810634	1,033999	0,854	1,137089	0,910420
0,764698	0,655	1,101635	0,698835	0,918896	0,755	1,134438	0,811767	1,034871	0,855	1,136976	0,911384
0,766351	0,656	1,102092	0,700152	0,920288	0,756	1,134629	0,812900	1,035736	0,856	1,136863	0,912348
0,768002	0,657	1,102549	0,701469	0,921677	0,757	1,13482	0,814033	1,036594	0,857	1,136750	0,913312
0,769652	0,658	1,103006	0,702786	0,923062	0,758	1,135011	0,815166	1,037444	0,858	1,136637	0,914276
0,771301	0,659	1,103463	0,704103	0,924443	0,759	1,135202	0,816300	1,038287	0,859	1,136524	0,915240
0,772947	0,66	1,10392	0,70542	0,925821	0,76	1,135393	0,817433	1,039122	0,86	1,136411	0,916204
0,774592	0,661	1,104377	0,706737	0,927194	0,761	1,135584	0,818566	1,040000	0,861	1,136298	0,917168
0,776236	0,662	1,104834	0,708054	0,928564	0,762	1,135775	0,819700	1,040871	0,862	1,136185	0,918132
0,777877	0,663	1,105291	0,709371	0,92993	0,763	1,135966	0,820833	1,041742	0,863	1,136072	0,919096
0,779517	0,664	1,105748	0,710688	0,931292	0,764	1,136157	0,821966	1,042613	0,864	1,135959	0,920060
0,781155	0,665	1,106205	0,712005	0,93265	0,765	1,136348	0,823100	1,043484	0,865	1,135846	0,921024
0,782791	0,666	1,106662	0,713322	0,934003	0,766	1,136539	0,824233	1,044355	0,866	1,135733	0,921988
0,784426	0,667	1,107119	0,714639	0,935353	0,767	1,136730	0,825366	1,045226	0,867	1,135620	0,922952
0,786059	0,668	1,107576	0,715956	0,936699	0,768	1,136921	0,826500	1,046097	0,868	1,135507	0,923916
0,78769	0,669	1,108033	0,717273	0,938041	0,769	1,137112	0,827633	1,046968	0,869	1,135394	0,924880
0,789319	0,67	1,108490	0,71859	0,939379	0,77	1,137303	0,828766	1,047839	0,87	1,135281	0,925844
0,790946	0,671	1,108947	0,719907	0,940712	0,771	1,137494	0,829900	1,048710	0,871	1,135168	0,926808
0,792571	0,672	1,109404	0,721224	0,942042	0,772	1,137685	0,831033	1,049581	0,872	1,135055	0,927772
0,794195	0,673	1,109861	0,722541	0,943367	0,773	1,137876	0,832166	1,050452	0,873	1,134942	0,928736
0,795816	0,674	1,110318	0,723858	0,944688	0,774	1,138067	0,833300	1,051323	0,874	1,134829	0,929700
0,797436	0,675	1,110775	0,725175	0,946005	0,775	1,138258	0,834433	1,052194	0,875	1,134716	0,930664
0,799054	0,676	1,111232	0,726492	0,947317	0,776	1,138449	0,835566	1,053065	0,876	1,134603	0,931628
0,800669	0,677	1,111689	0,727809	0,948626	0,777	1,138640	0,836700	1,053936	0,877	1,134490	0,932592
0,802283	0,678	1,112146	0,729126	0,94993	0,778	1,138831	0,837833	1,054807	0,878	1,134377	0,933556
0,803895	0,679	1,112603	0,730443	0,951229	0,779	1,139022	0,838966	1,055678	0,879	1,134264	0,934520
0,805504	0,68	1,113060	0,73176	0,952524	0,78	1,139213	0,840100	1,056549	0,88	1,134151	0,935484
0,807112	0,681	1,113517	0,733077	0,953815	0,781	1,139404	0,841233	1,057420	0,881	1,134038	0,936448
0,808717	0,682	1,113974	0,734394	0,955102	0,782	1,139595	0,842366	1,058291	0,882	1,133925	0,937412
0,810321	0,683	1,114431	0,735711	0,956384	0,783	1,139786	0,843500	1,059162	0,883	1,133812	0,938376

Continuación del anexo 3.

0,811922	0,684	1,113884	0,737028	0,957661	0,784	1,138601	0,841901	1,056811	0,884	1,129907	0,9357
0,813521	0,685	1,114256	0,738345	0,958934	0,785	1,138697	0,843001	1,057443	0,885	1,129611	0,936466
0,815118	0,686	1,114628	0,739662	0,960203	0,786	1,138793	0,844101	1,058066	0,886	1,129315	0,937232
0,816713	0,687	1,115	0,740979	0,961466	0,787	1,138889	0,845201	1,05868	0,887	1,129019	0,937998
0,818305	0,688	1,115372	0,742296	0,962726	0,788	1,138985	0,846301	1,059284	0,888	1,128638	0,938764
0,819896	0,689	1,115744	0,743613	0,96398	0,789	1,13904	0,847401	1,05988	0,889	1,128309	0,93953
0,821484	0,69	1,116116	0,74493	0,96523	0,79	1,139095	0,848501	1,060466	0,89	1,127975	0,940296
0,82307	0,691	1,116488	0,746247	0,966476	0,791	1,13915	0,849601	1,061043	0,891	1,127634	0,941062
0,824653	0,692	1,11686	0,747564	0,967716	0,792	1,139205	0,850701	1,06161	0,892	1,127293	0,941828
0,826235	0,693	1,117232	0,748881	0,968952	0,793	1,13926	0,851801	1,062168	0,893	1,126952	0,942594
0,827814	0,694	1,117604	0,750198	0,970183	0,794	1,139315	0,852901	1,062716	0,894	1,126611	0,94336
0,82939	0,695	1,117976	0,751515	0,971409	0,795	1,13937	0,854001	1,063254	0,895	1,12627	0,944126
0,830964	0,696	1,118348	0,752832	0,972631	0,796	1,139425	0,855101	1,063783	0,896	1,125847	0,944892
0,832536	0,697	1,11872	0,754149	0,973847	0,797	1,139593	0,856201	1,064301	0,897	1,125472	0,945658
0,834106	0,698	1,119092	0,755466	0,975059	0,798	1,139635	0,857301	1,06481	0,898	1,125097	0,946424
0,835673	0,699	1,119464	0,756783	0,976265	0,799	1,139677	0,858401	1,065309	0,899	1,124722	0,94719
								1,065797	0,9	1,124311	0,947956

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. p. 90.

Anexo 4. Análisis físico químico sanitario



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



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

O.T. No. 40 068

No. 10497

INTERESADO: <u>JOSÉ CARLOS EMMANUEL COBOX YAX, REGISTRO ACADÉMICO 201131402</u>	PROYECTO: <u>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERÍO SANTA RITA PACHIPÁ Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACIÓN DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ"</u>
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>2ª Calle zona 1 a un lado salón municipal</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB: <u>2019-09-23, 17 h 30 min.</u>
FUENTE: <u>Orfio pozo</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>2019-09-23, 11 h 51 min.</u>
MUNICIPIO: <u>San Antonio Suchitepequez</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Suchitepequez</u>	

RESULTADOS

1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>-- °C</u>
2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u>	5. SAOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>218,00 μmhos/cm</u>
3. TURBIDEZ: <u>00,50 UNT</u>	6 potencial de Hidrogeno (pH): <u>06,65 unidades</u>	9 SÓLIDOS DISUELTOS: <u>116,00 mg/l.</u>

SUSTANCIAS	mg/l.	SUSTANCIAS	mg/l.
1. CALCIO (Ca)	24,05	6. CLORURO (Cl)	15,00
2. NITRITO (NO ₂)	0,016	7. MAGNESIO (Mg)	07,29
3. NITRATO (NO ₃)	13,20	8. SULFATO (SO ₄)	05,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03
5. MANGANESO (Mn)	00,008	10. DUREZA TOTAL	90,00

HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL
mg/l.	mg/l.	mg/l.	mg/l.
00,00	00,00	110,00	110,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario. Las determinaciones arriba indicadas, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles de normalidad. Según norma COGUA NOR-NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUA NOR-NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2019-10-08

Vo.Bo.

INGA. TELMA MARCELA CANO MORAL
DIRECTORA CE/USAC



Zelma Much Santes
Ing. Químico Col. No. 270
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



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

Continuación del anexo 4.



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



EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 40 068 Nº. ~~10 493~~ 970

INTERESADO: <u>JOSÉ CARLOS EMMANUEL COROY YAX</u> <small>REGISTRO ACADEMICO 201131492</small>	PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON TANQUE ELEVADO EN CASERIO SANTA RITA PACHIPA Y COLONIA LA BLANQUITA Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SAN ANTONIO SUCHITEPEQUEZ, SUCHITEPEQUEZ"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>2ª Calle zona 1 a un lado salita municipal</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2019-09-22, 17 h 30 min.</u>
FUENTE: <u>Orfio peso</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2019-09-23, 11 h 51 min.</u>
MUNICIPIO: <u>San Antonio Suchitepequez</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Suchitepequez</u>	

SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>
ASPECTO: <u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL: <u>-----</u>
OLOR: <u>Inodora</u>	

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENOS)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
01,00 cm ³	+ + + +	+++	+ +
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NUMERO MAS PROBABLE DE GERMINES COLIFORMES/100cm ³		79	33


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

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29001.

Guatemala, 2019-10-08

Vo. Bo.

INGA. TIZAMA MARCELA CANO MORALES
DIRECTORA CIZUSAC



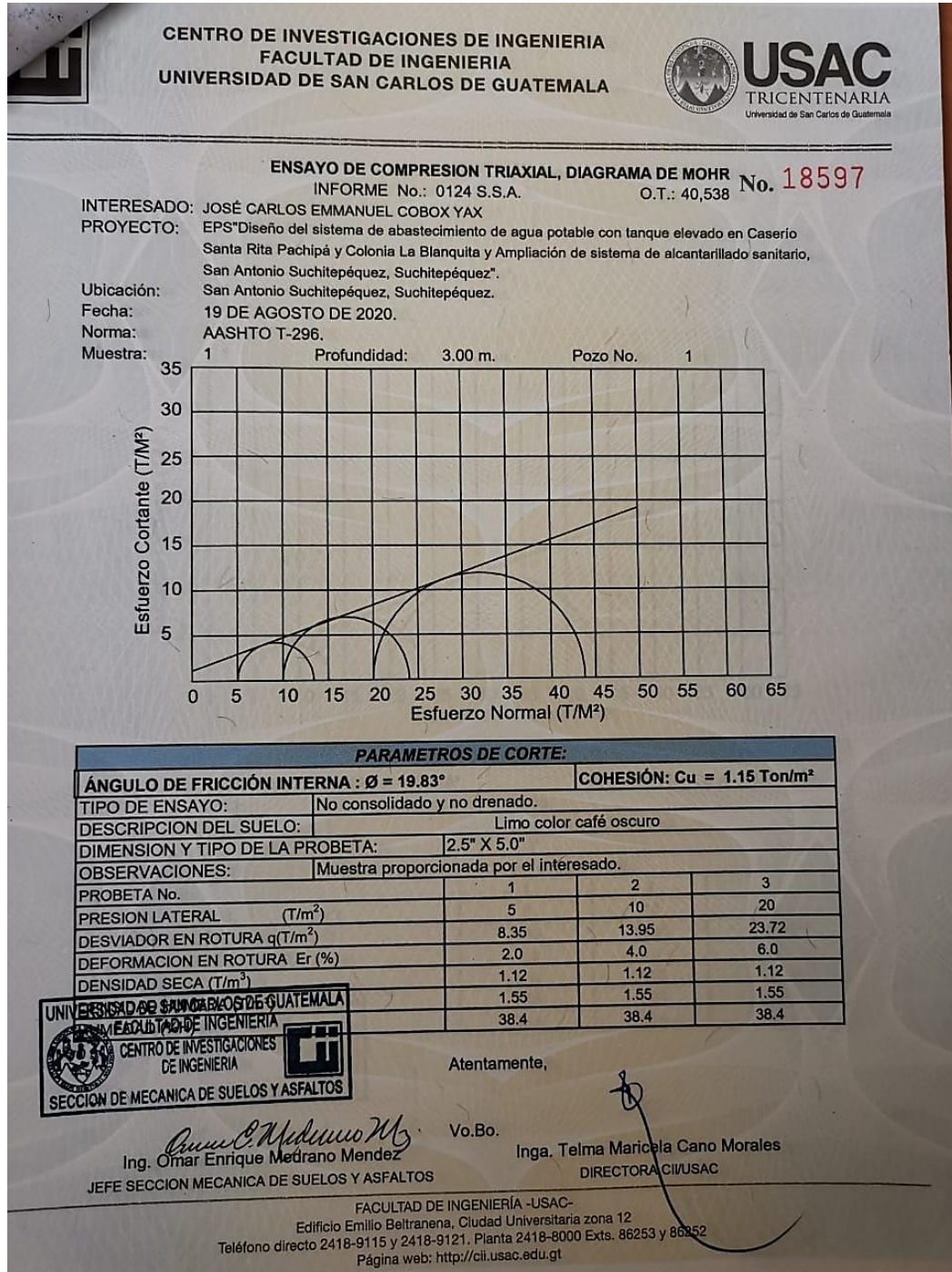
Zoraida Much Bahies
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 80209 y 80221 Fax: 2418-9121
 Página web: http://ci.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 5. Ensayo triaxial



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

