



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

**DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**

Diego Andrés de León Robledo

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DIEGO ANDRÉS DE LEÓN ROBLEDO

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

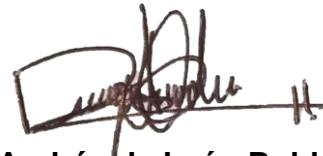
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 31 de octubre de 2019.



Diego Andrés de León Robledo



Guatemala, 12 de julio de 2023
REF.EPS.DOC.260.07.2023

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Diego Andrés de León Robledo, CUI 2990 76091 0101** y **Registro Académico 201513745** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MRGSdS/ra



Guatemala, 31 de julio de 2023

REF.EPS.D.227.07.2023

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 DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Diego Andrés de León Robledo, CUI 2990 76091 0101 y Registro Académico 201513745**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 17 de julio 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería Civil

Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de EPS, “**DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**”, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **DIEGO ANDRÉS DE LEÓN ROBLEDO**, Registro Académico: **201513745**, quien contó con la asesoría de la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA**.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
HIDRÁULICA U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado



LNG.DIRECTOR.194.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por: **Diego Andrés de León Robledo**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, septiembre de 2023



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.657.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por: **Diego Andrés de León Robledo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO a.i.
Facultad de Ingeniería

Decano a.i.

Guatemala, septiembre de 2023

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la fortaleza de seguir adelante y mantenerme en pie.
Mis padres	Heidy Robledo y Rudy de León, por estar siempre para mí y darme su apoyo incondicional. Que este logro recompense una pequeña parte de todo lo que me han brindado.
Mis hermanos	Carlos y Javier de León, que sirva de ejemplo para que sigan luchando por alcanzar sus sueños.
Mi novia	Jennifer Marroquín, por darme ánimos y motivarme siempre a seguir adelante.
Mis abuelos	Leticia Morales y Arael Robledo, que siempre han confiado en mí y me demuestran su apoyo. Olanda Velásquez y Humberto de León, que, a pesar de la distancia, siempre siento su cariño.
Mis tíos	Andrés y Salomé Robledo, por su cariño y estar siempre presentes. Cristabel, Anita y Armando de León por sus atenciones y cariño.

Mis suegros

Ninfa Eugenia Alvarado (q. e. p. d), y Ricardo Marroquín, por abrirme las puertas de su hogar y tratarme como un miembro más de su familia.

Demás familia

Bisabuelos, tíos, primos y todos aquellos involucrados en este objetivo, y que me demostraron su apoyo para alcanzarlo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi <i>alma máter</i> , por abrirme sus puertas y otorgarme la libertad de pensamiento. Id y enseñad a todos.
Facultad de Ingeniería	Por compartir todos los conocimientos adquiridos y formarme como profesional.
Mis amigos de la Facultad	Un agradecimiento especial a todos y cada uno por hacer de la universidad una de las mejores etapas de mi vida. Por levantarnos después de cada caída e intentarlo de nuevo con más ganas hasta lograrlo. Por todas las risas, alegrías, tristezas y demás emociones que pasamos juntos a lo largo de la carrera. Espero y deseo de todo corazón que todos logremos esa meta que nos trazamos hace unos años.
Mi asesora	Inga. Mayra García, por toda su paciencia, apoyo y seguimiento durante mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
Mis catedráticos	A todos esos catedráticos que tienen la dedicación y que se esfuerzan día a día para brindar una enseñanza de calidad, con el objetivo de formar un mejor país.

**Municipalidad de Villa
Canales y sus
trabajadores**

Por abrirme las puertas de sus instalaciones, darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, y darme el equipo necesario para culminar este proyecto.

**El Comité de Agua de la
aldea San José El Tablón**

Por su apoyo para llevar a cabo este diseño, por brindarme la información necesaria y darme el recorrido por la aldea. En especial al Ing. Ricardo García, por presentarme ante el comité y a Néstor Monterroso, por estar siempre al pendiente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de Villa Canales	1
1.1.1. Antecedentes históricos	1
1.1.2. Costumbres y tradiciones	2
1.1.3. Actividades productivas	2
1.1.4. Aspectos físicos del municipio de Villa Canales	3
1.1.4.1. Localización geográfica	3
1.1.4.2. Extensión territorial	4
1.1.4.3. Clima	5
1.1.4.4. Topografía	6
1.2. Monografía de la aldea San José El Tablón	6
1.2.1. Antecedentes históricos	7
1.2.2. Costumbres y tradiciones	7
1.2.3. Actividades productivas	7
1.2.4. Tipología de viviendas	8
1.2.5. Vías de acceso	8
1.2.6. Aspectos físicos de la aldea San José El Tablón	8
1.2.6.1. Localización geográfica	9

1.2.6.2.	Extensión territorial.....	10
1.2.6.3.	Clima	10
1.2.6.4.	Topografía	10
1.2.6.5.	Recursos hídricos.....	10
1.2.6.6.	Infraestructura existente.....	11
1.2.6.7.	Servicios	11
	1.2.6.7.1. Energía eléctrica.....	12
	1.2.6.7.2. Agua potable.....	12
	1.2.6.7.3. Drenajes.....	12
1.3.	Diagnóstico sobre las necesidades en servicios básicos e infraestructura de la aldea San José El Tablón	13
1.3.1.	Descripción de necesidades.....	13
1.3.2.	Evaluación y priorización de necesidades	14
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	15
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San José El Tablón.....	15
2.1.1.	Descripción del proyecto	15
2.1.2.	Características del agua.....	15
2.1.2.1.	Fuentes de abastecimiento	16
2.1.2.2.	Aforo	16
2.1.2.3.	Análisis de la calidad del agua.....	18
	2.1.2.3.1. Análisis fisicoquímico....	18
	2.1.2.3.2. Análisis bacteriológico ..	19
2.1.3.	Levantamiento topográfico	19
2.1.3.1.	Planimetría	19
2.1.3.2.	Altimetría	19
2.1.4.	Parámetros de diseño	20
	2.1.4.1. Tasa de crecimiento	20

2.1.4.2.	Población actual	20
2.1.4.3.	Población futura.....	20
2.1.4.4.	Periodo de diseño.....	21
2.1.4.5.	Dotación	21
2.1.4.6.	Caudales de diseño.....	21
2.1.4.6.1.	Caudal medio diario.....	22
2.1.4.6.2.	Caudal máximo diario ...	22
2.1.4.6.3.	Caudal máximo horario.	23
2.1.4.6.4.	Caudal de uso simultáneo.....	24
2.1.4.6.5.	Caudal de bombeo.....	25
2.1.4.7.	Velocidades	25
2.1.4.8.	Presiones.....	26
2.1.4.8.1.	Presión estática	26
2.1.4.8.2.	Presión dinámica	27
2.1.5.	Diseño hidráulico del sistema.....	27
2.1.5.1.	Captación	27
2.1.5.2.	Línea de conducción	27
2.1.5.3.	Tanque de almacenamiento.....	28
2.1.5.3.1.	Cálculo del volumen	28
2.1.5.3.2.	Diseño estructural del tanque	29
2.1.5.4.	Red de distribución.....	44
2.1.5.5.	Ejemplo para un tramo	45
2.1.5.6.	Sistema de desinfección	47
2.1.5.7.	Conexiones domiciliarias	48
2.1.6.	Obras de arte	49
2.1.6.1.	Caja unificadora de caudales	49
2.1.6.2.	Caja rompe presiones	49

2.1.6.3. Caja para válvulas.....	49
2.1.7. Propuesta de tarifa	50
2.1.8. Evaluación socioeconómica	56
2.1.9. Estudio de impacto ambiental inicial	59
2.1.10. Planos.....	63
2.1.11. Presupuesto.....	63
 CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS	69
APÉNDICES	71
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Localización geográfica Villa Canales	4
Figura 2.	Temperaturas máximas y mínimas mensuales, Villa Canales	5
Figura 3.	Precipitación mensual promedio, Villa Canales.....	6
Figura 4.	Localización geográfica San José El Tablón	9
Figura 5.	Aforo de pozo “Paraguas” mediante método volumétrico	17
Figura 6.	Momentos generados en losa sanitaria	32
Figura 7.	Momentos máximos generados en muros de tanque.....	38
Figura 8.	Momentos generados en losa de cimentación	43

TABLAS

Tabla 1.	Caudales de las fuentes de abastecimiento	18
Tabla 2.	As y separación para momentos que no resiste As mínima	36
Tabla 3.	As y separación de refuerzos para momentos en muros	41
Tabla 4.	As y separación de refuerzos para momentos en losa inferior	43
Tabla 5.	Histórico del salario mínimo no agrícola en Guatemala	52
Tabla 6.	Cuadro de impactos ambientales.....	59
Tabla 7.	Presupuesto	63

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de acero
Cm	Centímetro
EA	Empuje de agua
°C	Grados Celsius
Hz	Hertz
Kg	Kilogramo
Kg-m	Kilogramo por metro
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetro cuadrado
l/s	Litros por segundo
m	Metro
m³	Metro cúbico
m. c. a	Metros columna de agua
m/s	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
d	Peralte efectivo
γ	Peso específico
pH	Potencial de Hidrógeno
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la tracción del acero

GLOSARIO

ACI	American Concrete Institute.
Adobe	Bloque macizo de tierra sin cocer.
Aforo	Medición de la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal en un tiempo determinado.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Aguas negras	Aguas residuales procedentes de drenajes sanitarios.
Bajareque	Sistema constructivo utilizando cañas y palos entrelazados, recubiertos por barro.
Cisterna	Estructura que sirve para almacenar agua potable y abastecer un edificio o una casa.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Densidad Poblacional	Cantidad promedio de personas que habitan una unidad de superficie. Generalmente dada por kilómetros cuadrados.

DMP	Dirección Municipal de Planificación.
Dureza	Concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua.
Ebanista	Persona que tiene por oficio la carpintería, pero enfocado directamente en muebles.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.
Flexión	Tipo de deformación que presenta un elemento estructural, derivado de fuerzas de compresión y tracción aplicadas.
Fosa séptica	Sistema seguro de almacenaje y posterior eliminación de aguas residuales.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Latitud	Distancia angular que hay entre un punto de la superficie de la Tierra y el Ecuador.
Longitud	En el ámbito geográfico, es la distancia angular que hay entre un punto de la superficie de la Tierra y el meridiano cero.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Momento	Medida de tendencia de la fuerza a hacer girar un cuerpo respecto a un punto o un eje.
Monografía	Trabajo científico escrito, producto de una investigación bibliográfica para un tema determinado.
NTG	Norma Técnica Guatemalteca.
Parcelamiento	Es una porción de tierra generalmente dedicada al cultivo.
Peso específico	Es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen.
Pozo ciego	Agujero en el terreno con paredes recubiertas que recibe la descarga de aguas residuales.
Precipitación	Caída al suelo del agua contenida en la atmósfera.
Putativo	Que es considerado como propio o legítimo, sin serlo.
Topografía	Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma.
VPN	Valor Presente Neto.

RESUMEN

Los habitantes de Aldea San José El Tablón se han mostrado inconformes debido al ineficiente servicio de agua potable que se les brinda. Reciben agua domiciliar cada ocho días, aunque a veces tarda más, esto los obliga a caminar kilómetros hasta el nacimiento de agua más cercano para lavar su ropa y bañarse.

El tema de la salud también es un factor que se ha hecho presente, puesto que se han desarrollado distintas enfermedades por la falta de limpieza en los alimentos. La insuficiencia de agua potable ha provocado que los habitantes deban comprar agua pura para lavar los alimentos. Algunos utilizan el agua de lluvia que recolectan en época lluviosa.

Después de haber evaluado las situaciones mencionadas, como respuesta, se realiza el diseño de la red de abastecimiento de agua potable que se adecúa a las necesidades actuales y futuras de los habitantes. Está conformado por tubería, obras de arte y accesorios con la finalidad de brindar un servicio estable de agua potable y solventar el problema que han manifestado los habitantes de la aldea, mejorando así su calidad de vida.

OBJETIVOS

General

Diseñar la red de abastecimiento de agua potable de la aldea San José El Tablón, Villa Canales.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura para la aldea San José El Tablón, Villa Canales.
2. Capacitar a los miembros de COCODE de la aldea San José El Tablón, sobre el mantenimiento y operación de sistemas de agua potable.
3. Elaborar un presupuesto del proyecto a diseñar para que la municipalidad pueda tomar decisiones sobre su ejecución.
4. Presentar a las autoridades municipales los documentos (planos y presupuesto) del proyecto para que se realice la gestión pertinente.
5. Aplicar las normas y reglamentos que establece INFOM, ACI318S-14 y AGIES-2018 para el diseño del proyecto.

INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), busca ofrecer una solución a los problemas sociales y de infraestructura que se encuentran en las comunidades a lo largo del país. Esto mediante propuestas de proyectos, realizadas por estudiantes y revisadas por catedráticos, que son presentadas a las autoridades correspondientes para que tomen las acciones que consideren necesarias.

En la Aldea San José El Tablón, los vecinos tienen agua cada ocho días a pesar de tener conexiones domiciliares. Se cuenta con dos pozos perforados y ocho nacimientos de agua, de los cuales tres son utilizados para abastecer a la población. La red de distribución de agua potable que se encuentra actualmente ya cumplió su periodo de diseño por lo que ya no funciona eficientemente. Como respuesta a lo anterior, se presenta el proyecto: Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para la aldea San José El Tablón, Villa Canales, Guatemala.

El principal objetivo de este proyecto es presentar un diseño que ayude a cubrir una necesidad básica en la aldea, como lo es el agua potable. La red consta de aproximadamente 7 Km de tubería, se pretende almacenar el agua recolectada de tres nacimientos y dos pozos mecánicos, para luego distribuirla de manera eficiente. Además, se hace la propuesta de un nuevo tanque de almacenamiento, que estará junto al existente para aumentar su volumen.

Para realizar el diseño presentado, fue necesario seguir un procedimiento. Se inició realizando un diagnóstico de la población a beneficiar. Por medio de un censo, que se llevó a cabo con apoyo del comité de vecinos, se determinó la cantidad de viviendas dentro del área a trabajar. También se realizaron encuestas a los habitantes donde se les pregunta qué necesidad básica mejorarían en la aldea, aunque se obtuvieron distintas respuestas tales como: drenajes, educación, salud, entre otros. La mayoría de los encuestados señalaron la falta del acceso a agua potable como principal necesidad.

Una vez que se definió la necesidad sobre la que se trabajaría, comenzó la recopilación de información. Se indagó sobre ubicación de válvulas, tanques de almacenamiento, pozos mecánicos, nacimientos de agua y obras de captación. Se aforaron las fuentes de abastecimiento para conocer el caudal que está brindando cada una, también se realizan análisis fisicoquímicos y bacteriológicos al agua. Luego, se iniciaron los trabajos de topografía con ayuda de una estación total, brindada por la Municipalidad de Villa Canales. Posterior a esto, se dio inicio al trabajo de gabinete en el que se realiza el diseño de la red de agua potable y del tanque de almacenamiento nuevo.

El presente informe está estructurado por dos fases: la primera contiene la investigación realizada del municipio de Villa Canales y de la Aldea San José El Tablón. En esta se detallan los antecedentes y el diagnóstico de las necesidades básicas. La fase dos, contiene el análisis de los datos obtenidos y la muestra de cálculo del diseño realizado. En la sección de apéndices se encuentran los resultados y los planos propuestos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de Villa Canales

Se realizó una investigación detallada del municipio, haciendo énfasis en los aspectos que afectan directamente a la propuesta de proyecto presentada.

1.1.1. Antecedentes históricos

El actual Villa Canales, se llamó antiguamente pueblo Viejo que era la comunidad formada por santa Inés Petapa y San Miguel Petapa en la época de la colonia.

Villa Canales se encuentra en el valle del mismo nombre, el cual pertenecía a la alcaldía mayor de Sacatepéquez. Al sur se encontraba el valle de Petapa donde se encontraban las comunidades de Santa Inés y San Miguel Petapa. La real Audiencia de Guatemala de 1682 unió los dos pueblos y le llamaron Valle de las Mesas de Petapa.

Estas poblaciones se encontraban una tan cerca de la otra que formaban una comunidad. Sin embargo, era costumbre de la época que hubieran dos poblados: uno para ladinos - españoles y otro para indígenas. San Miguel Petapa era la población que albergaba a los españoles, ladinos, negros, mulatos y otras.

No es sino hasta el 3 de junio de 1912 que se forma el nuevo municipio de Pueblo Viejo, al que van a pertenecer las siguientes aldeas y caseríos: Pueblo

Viejo, canchón, La concha, Fraijanes, Durazno, Los Verdes, Colmenas, San José El Tablón, Rabanales, Planes de la laguna, Cerritos, Barillas y santa Rosita; mientras que el municipio de San Miguel Petapa lo conformaban: San Miguel Petapa, Santa Inés, Boca del Monte, Chichimecas, Cerro Pelado, Rustrán y la Cumbre de San Nicolás. Algunas comunidades pasaron a ser municipios actualmente y otras comunidades pasaron de un municipio a otro.

Es aproximadamente en el año 1920 cuando se le empieza a denominar popularmente como: Villa Canales.

1.1.2. Costumbres y tradiciones

El santo patrono es San Joaquín, quien es conocido como el padre de María, madre de Jesús. También es conocido como el santo patrón de los padres, los abuelos, los casados, los ebanistas y los fabricantes de lino.

El municipio cuenta con dos fiestas patronales celebradas el 25 de marzo y el 26 de julio. La primera conmemora el traslado de “Jesús en agonía” y la segunda conmemora el día de su patrono, San Joaquín. Se le da mayor énfasis a la primera.

1.1.3. Actividades productivas

Villa Canales es una tierra fértil gracias al volcán de Pacaya y el clima que prevalece en su territorio. Con una altitud promedio de 1,250 msnm, se dan condiciones adecuadas para la siembra de café, caña de azúcar, cereales y hortalizas. Aunque, la principal producción del municipio es la piña. Es el principal municipio productor de piña de alta calidad a nivel nacional; siendo el área de El

Jocotillo y El Obrajuelo, los lugares donde se encuentran las mayores plantaciones de esta fruta.

1.1.4. Aspectos físicos del municipio de Villa Canales

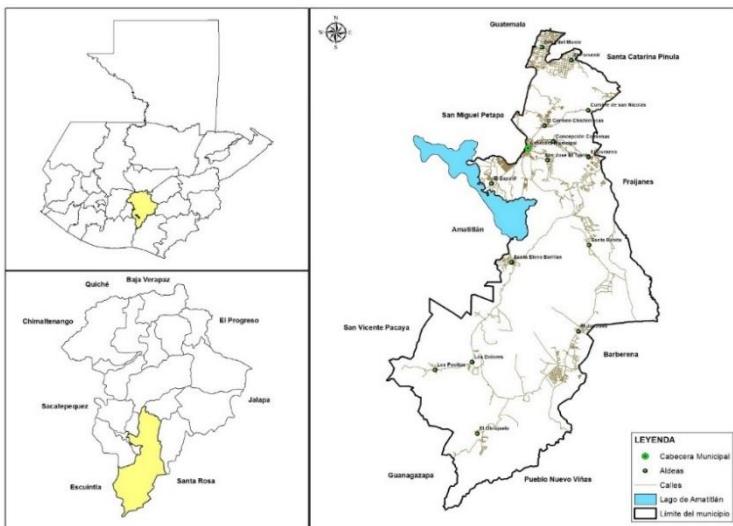
Se detallan los aspectos físicos del municipio que están involucrados directamente con el desarrollo del proyecto.

1.1.4.1. Localización geográfica

Villa Canales es un municipio del departamento de Guatemala que se encuentra ubicado a 22 km hacia el sur de la Ciudad Capital. Tiene colindancias al Norte con la Ciudad de Guatemala y con el municipio de Santa Catarina Pinula; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa, específicamente los municipios de Guanagazapa y Pueblo Nuevo Viñals; al Oeste con los municipios de San Miguel Petapa, Amatitlán y San Vicente Pacaya (este último pertenece al departamento de Escuintla); y al Este con el municipio de Fraijanes y Barberena (este último pertenece al departamento de Santa Rosa). Las coordenadas en la cabecera municipal son 14° 28' 52" N de latitud y 90° 32' 01" O de longitud.

Figura 1.

Localización geográfica Villa Canales



Nota. El municipio se encuentra en el lado sur del departamento de Guatemala. Obtenido de Dirección Municipal de Planificación Villa Canales (2018). *Mapa de Localización.* DMP Villa Canales.

1.1.4.2. Extensión territorial

El municipio de Villa Canales tiene una extensión territorial de 282.44 km². Los habitantes hasta el año 2018 son 155,422, dando como resultado una densidad poblacional de 550 habitantes por km², según datos del XII Censo nacional de población y VII de vivienda, 2018.

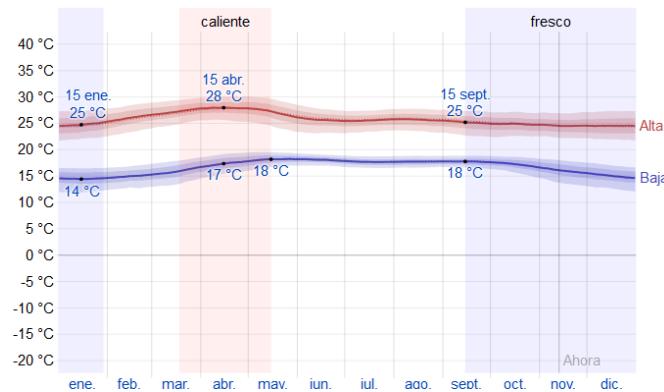
Villa Canales está constituido por 1 Villa, 14 aldeas, 56 caseríos y 2 parcelamientos, según la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

1.1.4.3. Clima

El clima es tropical, con una temperatura promedio anual de 21.3 °C y una precipitación anual promedio de 1,242 mm. La temperatura mínima y máxima varía a lo largo del año entre 14 °C y 28 °C.

Figura 2.

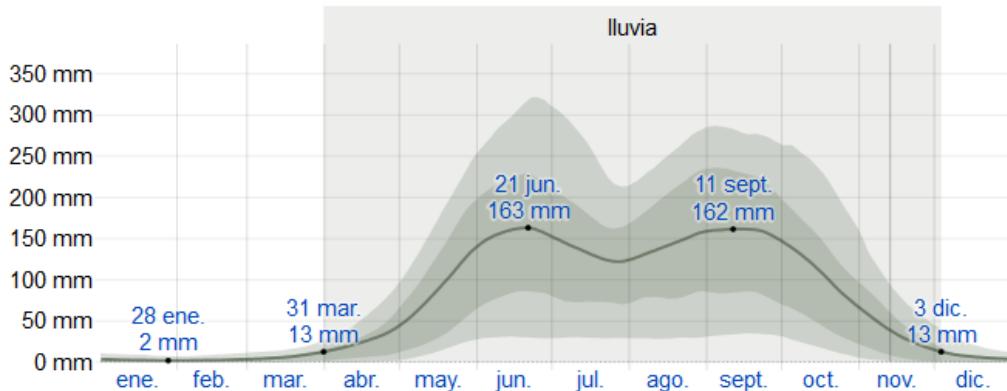
Temperaturas máximas y mínimas mensuales, Villa Canales



Nota. La temperatura promedio máxima y mínima se mantiene en 25 °C y 19 °C respectivamente. Obtenido de Weather Spark (2019). El clima en Villa Canales. (<https://es.weatherspark.com/y/11623/Clima-promedio-en-Villa-Canales-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>), consultado el 13 de noviembre de 2019. De dominio público.

Figura 3.

Precipitación mensual promedio, Villa Canales



Nota. Las lluvias comienzan en el mes de mayo y finalizan en el mes de noviembre, siendo los meses de junio y septiembre los que presentan mayor precipitación. Obtenido de Weather Spark (2019). *El clima en Villa Canales.* (<https://es.weatherspark.com/y/11623/Clima-promedio-en-Villa-Canales-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>), consultado el 13 de noviembre de 2019.

1.1.4.4. Topografía

La topografía del municipio está conformada en un 55 % de terreno quebrado o accidentado, esto representa una ventaja aprovechada para cultivos casi en su totalidad. El resto está conformado por áreas con pendientes entre el 6 % y 45 %. Esta topografía se debe a la ubicación del municipio dentro del área que contiene al valle donde se encuentra la ciudad. Las alturas respecto al nivel del mar oscilan entre los 1,200 a 1,600 metros.

1.2. Monografía de la aldea San José El Tablón

Se realizó una investigación detallada de la aldea, haciendo énfasis en los aspectos que afectan directamente a la propuesta de proyecto presentada.

1.2.1. Antecedentes históricos

El nombre actual de la aldea es San José El Tablón, pero no siempre se llamó así. No se sabe con exactitud la fecha de fundación, pero el nombre anterior era El Pajal, que se debe a las construcciones típicas de las viviendas de paja y caña.

Posterior a esto, la aldea pasó a llamarse San José gracias a su santo patrono. Luego, en el periodo del General Justo Rufino Barrios, la aldea cambió su nombre a San José El Tablón, se le dio este nombre debido a que para acceder al lugar era necesario pasar sobre unas tablas, pues la calle principal estaba separada por una pequeña laguna.

1.2.2. Costumbres y tradiciones

Su santo patrono es San José, refiriéndose a José de Nazareth, quien fue el esposo de María y padre putativo de Jesucristo.

La fiesta patronal se celebra el 19 de marzo, conmemorando el día de San José. No obstante, la mayor parte de la aldea profesa la religión católica y son devotos del Señor de Esquipulas, ocasionando que el día 15 de enero se realice también una pequeña feria en su honor.

1.2.3. Actividades productivas

En años anteriores, una de las principales fuentes económicas de los habitantes era la crianza de ganado bovino y porcino. También se cultivan las tierras donde se da principalmente la caña de azúcar, piña y maíz. El problema que se ha presentado en los últimos años es el crecimiento poblacional, haciendo

que las actividades de crianza y cultivo no sean suficientes para sostenerse; debido a esto, ahora los habitantes buscan un trabajo formal ya sea afuera o adentro de la aldea.

1.2.4. Tipología de viviendas

El nombre anterior de la aldea era El Pajal, debido a que su construcción típica eran casas de paja. Hasta la fecha aún se encuentran algunas casas de adobe y bajareque. Con el paso del tiempo, la aldea fue creciendo y adoptando nuevos tipos de construcciones.

Hasta el año 2019 un 74 % de las construcciones en la aldea son de block y ladrillo cocido, el 26 % restante corresponden a las casas de lámina, adobe y bajareque. Datos brindados por el COCODE del lugar.

1.2.5. Vías de acceso

Es posible acceder a San José El Tablón por tres rutas distintas: la primera es directamente desde la Ruta Departamental 1 (RD GUA-1), accediendo desde Villa Canales, la segunda es mediante la Ruta Departamental 27 (RD GUA-27), accediendo por la carretera a la orilla del lago de Amatitlán y la tercera opción es mediante la Ruta Departamental 10 (RD GUA-10), sobre la cual se puede acceder también a Santa Elena Barillas y tiene salida hacia carretera a El Salvador sobre la Ruta Centroamericana 1 Oriente (CA-1 Oriente).

1.2.6. Aspectos físicos de la aldea San José El Tablón

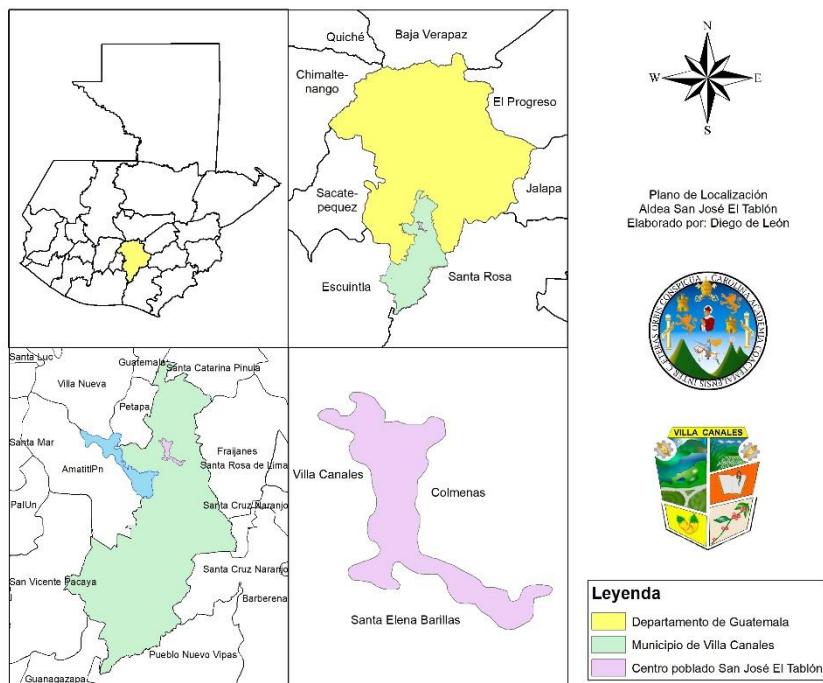
Se detallan los aspectos físicos de la aldea que están involucrados directamente con el desarrollo del proyecto.

1.2.6.1. Localización geográfica

San José El Tablón se encuentra ubicado a 2 kilómetros al Sureste de la cabecera municipal de Villa Canales. Las coordenadas de la parte central de la aldea son 14° 28' 26.13" N de Latitud y 90° 31' 15.05" O de Longitud. Tiene colindancia al Norte con Colmenas; al Este con el Durazno y Colmenas; al Oeste con la cabecera municipal de Villa Canales y El Zapote; y al Sur con el Caserío La Virgen.

Figura 4.

Localización geográfica San José El Tablón



Nota. San José el Tablón tiene colindancias con el casco central de Villa Canales, Colmenas y Santa Elena Barillas. Elaboración propia, realizado con ArcGIS.

1.2.6.2. Extensión territorial

Su extensión territorial es aproximadamente 2.35 km², lo que corresponde a 0.84 % del Municipio de Villa Canales. El perímetro de la aldea se aproxima a 13.21 km. Con una población total de habitantes hasta mayo de 2019, de 8,814 según la DMP, la densidad poblacional es de 3,751 habitantes por kilómetro cuadrado.

1.2.6.3. Clima

El clima en la aldea se presenta en el rango promedio del municipio, con una temperatura promedio anual de aproximadamente 23 °C y una precipitación promedio anual de 1,250 mm. Se encuentra ligeramente arriba de la media con altitudes que van desde los 1,300 a los 1,550 msnm.

1.2.6.4. Topografía

San José El Tablón presenta una topografía escarpada, con altitudes que oscilan entre los 1,300 y 1,550 msnm. Se encuentra ubicada sobre una montaña continua a una planicie en la orilla del lago de Amatitlán. Las pendientes contribuyen a que funcione un sistema por gravedad, aunque se encuentran algunos puntos a contrapendiente.

1.2.6.5. Recursos hídricos

La aldea cuenta con ocho nacimientos de agua, estos son: Anono, Naranjo, Guayabo, Aguacate I, Aguacate II, Candelaria, Preciso y El Bosque. De estos, se utilizan: Aguacate I, Candelaria y Preciso para distribuir agua potable a

la aldea; los demás son utilizados para lavar ropa o para acarrear agua mediante cubetas.

La aldea es atravesada en un pequeño tramo por el río El Bosque, que aguas abajo se une al cauce principal del río Villalobos y desemboca en el lago de Amatitlán. El agua del río no se utiliza más que para lavar ropa a sus orillas.

Se hizo la perforación de dos pozos de agua potable: Paraguas y Nueva Generación. Estos pozos son las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de lugar con un caudal aproximado de 59 gal/min en el pozo Paraguas y 70 gal/min en el pozo Nueva Generación. Estos caudales son un promedio obtenido mediante los aforos realizados.

1.2.6.6. Infraestructura existente

En la aldea existen dos escuelas, una en la parte central y otra en el caserío Tapacún. También cuentan con dos centros de convergencia y una iglesia católica. Existe un tanque elevado y dos pozos perforados, también cuentan con un tanque recolector de caudales, que reúne agua de tres nacimientos. La carretera de acceso principal fue recientemente pavimentada por lo que se encuentra en buenas condiciones.

1.2.6.7. Servicios

Los servicios principales con los que cuenta la aldea son los siguientes:

1.2.6.7.1. Energía eléctrica

La empresa encargada de brindar energía eléctrica en la aldea es EEGSA, la cual mediante un sistema monofásico brinda electricidad con un voltaje de 110 V y una frecuencia de 60 Hz. Se estima que un 80 % de las viviendas cuentan con energía eléctrica según el COCODE.

1.2.6.7.2. Agua potable

La aldea cuenta con ocho nacimientos de agua potable y dos pozos perforados mecánicamente. El agua que se distribuye es comunitaria, puesto que es el comité quien se encarga. Dentro de la aldea existen divisiones sobre la repartición de agua, en el caserío Tapacún se distribuye mediante el comité de vecinos del caserío, en la colonia La Felicidad la distribuyen con un pozo privado y en el resto de la aldea se encarga el comité de vecinos de El Tablón.

Según datos del comité, se cuenta con agua domiciliar en el 90 % de las viviendas en la aldea, pero se cree que el 10 % restante se da por los servicios compartidos, algo que se está tratando de eliminar.

1.2.6.7.3. Drenajes

Al tratarse de una comunidad rural se observa una gran cantidad de pozos ciegos y fosas sépticas para la disposición de excretas. Algunas viviendas que están cercanas al río desechan sus aguas negras en él sin ningún tipo de mantenimiento o desinfección. Otra parte de la aldea si cuenta con un drenaje y mediante candelas se transporta el agua hacia la planta de tratamiento de Villa Canales, debe recorrer una larga distancia con la ventaja de estar en dirección a la pendiente.

1.3. Diagnóstico sobre las necesidades en servicios básicos e infraestructura de la aldea San José El Tablón

Después de realizar un recorrido en la aldea, investigar un poco de su historia y hablar con los habitantes, se hizo un diagnóstico sobre las necesidades básicas e infraestructura.

1.3.1. Descripción de necesidades

La carretera principal fue recientemente pavimentada, aunque las calles dentro de la aldea se encuentran en mal estado. Se han presentado hundimientos en algunos puntos, lo que ocasiona que los vehículos no puedan acceder y el transporte se hace difícil. El problema se encuentra en la distancia que deben recorrer algunos niños para asistir a la escuela, pues, aunque la escuela se encuentre en un lugar céntrico, la aldea es extensa y está ampliamente distribuida.

Otra necesidad encontrada fue el sistema de alcantarillado, en múltiples viviendas se cuenta con pozos ciegos o fosas sépticas, algunas otras desechan directo al río y solo una parte está conectada a la planta de tratamiento de Villa Canales, aunque la distancia a recorrer es significativa. Al contar con un río que atraviesa la aldea y por la topografía que presenta el lugar, es factible construir un sistema de alcantarillado que recolecte las aguas residuales y las lleve hacia una planta de tratamiento que se puede construir a la orilla del río El Bosque.

El agua es una de las mayores necesidades que se presentan en la aldea, pues es un recurso vital. Los habitantes de El Tablón cuentan con conexión domiciliar en su mayoría, pero por diversas circunstancias, el agua llega a las viviendas cada cuatro u ocho días dependiendo del sector.

La falta de agua hace que más personas opten por la construcción de cisternas o tanques elevados en sus viviendas, esto provoca que acaparen la poca agua que se distribuye y a las casas en los extremos ya no les llega dicho recurso.

Otras personas optan por comprar agua de pipas para abastecerse, pero eso afecta directamente a su economía, sin mencionar que hay quienes no cuentan con el dinero necesario para pagar una y utilizan el agua del río.

1.3.2. Evaluación y priorización de necesidades

Luego de evaluar las necesidades mencionadas con anterioridad y analizar el beneficio que cada una tendría, si se resuelve, se decidió dar prioridad al abastecimiento de agua potable. La aldea cuenta con los recursos hídricos como para abastecerse de agua potable, el problema se encuentra en la distribución que se está utilizando y que el periodo de diseño de la actual red ya fue cumplido.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea San José El Tablón

Se realiza el diseño del sistema de agua potable que puede abastecer a la población actual y futura.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto presentado busca satisfacer las necesidades de agua potable en la aldea, para esto se propone un diseño del abastecimiento de dicho líquido. La aldea cuenta con tres nacimientos que brindan agua considerablemente, estos son captados en un tanque de captación. También cuenta con dos pozos perforados.

Se pretende hacer el diseño de un nuevo tanque de almacenamiento ubicado en un punto geográficamente estratégico. El tanque será superficial y estará conectado al tanque existente para aumentar el volumen de almacenamiento. De esta manera se recolecta más agua y se puede distribuir por gravedad en la aldea.

2.1.2. Características del agua

Se recopila información y datos sobre el agua potable en la aldea, que ayudan a realizar el diseño del sistema de abastecimiento.

2.1.2.1. Fuentes de abastecimiento

El agua para abastecer a la aldea proviene de tres nacimientos que son: Aguacate I, Candelaria y Preciso. También se cuenta con dos pozos perforados que reciben el nombre de Nueva Generación y Paraguas.

2.1.2.2. Aforo

La forma en que se realizó el aforo de las fuentes de abastecimiento fue mediante el método volumétrico. Este método consiste en llenar un recipiente con volumen conocido y tomar el tiempo en el que se llena. El tamaño del recipiente debe ser proporcional a el caudal de la fuente que se va a aforar. Para evitar los errores se lleva a cabo un proceso estadístico, este consiste en la toma de al menos cinco datos de tiempo distintos y luego realizar un promedio de estos.

Para el aforo de las fuentes de abastecimiento en este proyecto, se utilizó una cubeta con un volumen de 5.53 galones para los tres nacimientos y un tonel de 59.34 galones para los dos pozos.

Figura 5.

Aforo de pozo “Paraguas” mediante método volumétrico



Nota. El método de aforo volumétrico permite saber el caudal de una fuente de abastecimiento mediante un proceso estadístico, San José El Tablón, Villa Canales, Guatemala. Elaboración propia.

Los datos obtenidos del pozo Paraguas en el aforo son:

- Tiempo 1: 59.43 segundos
- Tiempo 2: 60.18 segundos
- Tiempo 3: 60.40 segundos
- Tiempo 4: 60.35 segundos
- Tiempo 5: 60.65 segundos
- Tiempo 6: 61.66 segundos

Como resultado, el promedio de los tiempos anteriores es 60.44 segundos que son 1.007 minutos. Ahora para obtener el caudal, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{59.34 \text{ galones}}{1.007 \text{ minutos}} = 58.92 \frac{\text{gal}}{\text{min}} = 3.72 \frac{\text{Litros}}{\text{segundo}}$$

Los resultados de caudales para todas las fuentes de abastecimiento de la aldea son:

Tabla 1.

Caudales de las fuentes de abastecimiento

Fuente de abastecimiento	Caudal (Litros/segundo)
Nacimiento Aguacate I	1.33
Nacimiento Candelaria	1.30
Nacimiento Preciso	1.27
Pozo Nueva Generación	4.42
Pozo Paraguas	3.72

Nota. Los nacimientos de agua tienen un caudal similar entre ellas, mientras los pozos mecánicos brindan un caudal mayor. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.2.3. Análisis de la calidad del agua

Se realizan ensayos a muestras de agua obtenidas del tanque de almacenamiento existente para determinar sus características y calidad.

2.1.2.3.1. Análisis fisicoquímico

Es el análisis que se realiza al agua para evaluar sus características físicas y químicas, tales como: aspecto, color, olor, dureza o potencial de hidrógeno (pH). Se realiza bajo la norma COGUANOR NTG 29001. Se pueden observar los resultados en el anexo 2.

2.1.2.3.2. Análisis bacteriológico

Este análisis se realiza para conocer la calidad del agua, determinando qué microorganismos se encuentran presentes, tales como: bacterias, virus y otros elementos que pueden transmitir enfermedades. Se realiza bajo la norma COGUANOR NTG 29001. Se pueden observar los resultados en el anexo 1.

2.1.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo con una estación total marca South serie NTS-370R6L proporcionada por la municipalidad de Villa Canales. Adicional se utilizó dos prismas con su bastón, plomada y cinta métrica.

2.1.3.1. Planimetría

Consiste en representar gráficamente, sobre una superficie plana ignorando el relieve, todos los elementos y trazos realizados en campo que marcan la ruta sobre la que se colocará la tubería, las obras de arte y demás elementos que forman el sistema de abastecimiento de agua potable.

2.1.3.2. Altimetría

Aquí se representan todas las diferencias de niveles obtenidas en campo, es un factor importante pues mediante este análisis se puede determinar si el agua puede llegar de un punto a otro por simple gravedad o es necesario darle un impulso. Es posible obtener una superficie con base en los datos obtenidos en campo para luego unir los datos de planimetría y altimetría y conocer la elevación de cada uno de los puntos de las tuberías y obras de arte.

2.1.4. Parámetros de diseño

Se presentan todos los parámetros que toman en cuenta para realizar el diseño de la red de abastecimiento de agua.

2.1.4.1. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento determina el porcentaje en el que crece una población. Según datos obtenidos del departamento de estadística de la Municipalidad de Villa Canales, la tasa de crecimiento del municipio es 2.50 %.

2.1.4.2. Población actual

La población actual del área a beneficiar es de aproximadamente 6,010 habitantes. Dato obtenido mediante censo realizado en conjunto con el comité de agua de la aldea. Esto se hizo visitando viviendas y tomando un recuento de todos los contadores de agua potable, colocando un dato promedio de 5 habitantes por vivienda.

2.1.4.3. Población futura

Tomando una tasa de crecimiento del 2.50 % correspondiente al municipio de Villa Canales, y un periodo de diseño de 20 años más 3 años adicionales por trámites para obtención del financiamiento e inicio de la construcción. Se hizo el cálculo de la siguiente manera:

$$P_f = P_0 * (1 + i)^t = 6,010 * (1 + 0.025)^{23} = 10,588 \text{ habitantes}$$

Donde:

P_f =Población futura

P_0 =Población inicial

i =Tasa de crecimiento poblacional

t =Periodo de diseño en años

2.1.4.4. Periodo de diseño

Este es el periodo durante el cual el proyecto cumplirá con todas las funciones para las que fue diseñado sin necesidad de ampliaciones o mejoramientos significativos. Para este proyecto se tomó un periodo de 20 años más 3 años para trámites e inicio de construcción.

2.1.4.5. Dotación

Es la cantidad de agua que se le asigna a un habitante en litros/habitante/día. Esta depende de la ubicación del sector en el que se hará el proyecto, así como sus actividades económicas. La aldea San José El Tablón, se encuentra en un área semiurbana, por lo que hizo el diseño con una dotación de 120 Litros/habitante/día.

2.1.4.6. Caudales de diseño

Existen distintos caudales que brindan información del abastecimiento de agua en función de la población a beneficiar.

2.1.4.6.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume una población en un día. Cuando se cuenta con los registros suficientes se obtiene sacando el promedio a los consumos diarios durante un año. En este caso donde no se cuenta con esos datos, se puede obtener de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{Dot * P_f}{86,400} = \frac{120 * 10,588}{86,400} = 14.70 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_m =Caudal medio diario en litros/segundo

Dot =Dotación en litros/habitante/día

P_f =Población futura

Se divide entre 86,400 debido a que estos son los segundos que contiene un día. En la aldea existe una escuela y una iglesia, a estas también se les debe calcular el caudal medio diario en función de la población futura y una dotación de 36 lt/hab/día ya que no se encuentran durante todo el día en las instalaciones. Luego de obtener el dato mencionado, se le suma al caudal medio que se calculó en la ecuación anterior.

2.1.4.6.2. Caudal máximo diario

Este caudal indica el consumo máximo diario. Este consumo sufre variaciones en más y menos. Hay días que, por la actividad, temperatura y otras causas, se demanda un consumo mayor que el promedio. Este consumo fluctúa normalmente entre 120 y 180 %.

Para determinar el caudal máximo diario se debe multiplicar el caudal medio diario por el factor máximo diario. Los valores que adopta este factor son de 1.20 y 1.80 dependiendo de la cantidad de población. En este caso por la población numerosa que se tiene y por el clima del lugar, se toma el factor 1.20.

$$QMD = Q_m * FMD = 15.39 * 1.2 = 18.46 \text{ l/s}$$

Donde:

QMD =Caudal máximo diario en litros/segundo

Q_m =Caudal medio diario en litros/segundo

FMD =Factor máximo diario (1.2 para este proyecto)

2.1.4.6.3. Caudal máximo horario

Es el caudal que indica cuál es el consumo máximo en una hora del día durante un periodo de un año. Cuando no se cuentan con los registros de consumo, se obtiene mediante la multiplicación del caudal medio diario por un factor entre 2.0 y 3.0 que depende de cuánta población futura se tendrá en el área que abarca el proyecto.

Para poblaciones rurales futuras mayores a 1,000 habitantes, se toma el valor 2.0 y para poblaciones rurales futuras menores a 1,000 habitantes se toma el valor de 3.0.

Para este proyecto, tomando en cuenta el clima, ubicación y población futura, se usará el factor 2.0.

$$QMH = Q_m * FMH = 15.39 * 2 = 30.78 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{MH} =Caudal máximo horario en litros/segundo

Q_m =Caudal medio diario en litros/segundo

FMH =Factor máximo horario (2.0 para este proyecto)

2.1.4.6.4. Caudal de uso simultáneo

Este caudal se refiere la simultaneidad en que se puedan usar los grifos en las viviendas en horas pico. Debe compararse con el caudal máximo horario y tomar el valor mayor de ambos (INFOM, 2011). Se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

q =Caudal de uso simultáneo en litros/segundo

k =Coeficiente que depende de la cantidad de viviendas

n =Número de conexiones futuras

El coeficiente k se define de la siguiente manera:

$k = 0.15$ si el número de viviendas es menor que 100

$k = 0.20$ si el número de viviendas es mayor o igual que 100

Como ejemplo se utiliza la tubería P-13 que está conectada entre los nodos J-50 y J-51. Utilizando un coeficiente k de 0.15 ya que el número de viviendas futuras se aumentará en 34 que es menor que 100.

$$q = 0.15\sqrt{34 - 1} = 0.857 \text{ l/s}$$

Comparando este valor con el Caudal máximo horario de esa misma tubería, que es de 1.078 litros/segundo se toma el valor más alto para el diseño.

2.1.4.6.5. Caudal de bombeo

Este caudal se aplica para líneas de conducción por bombeo. Para este proyecto no se tomará en cuenta este caudal debido a que ya cuentan con las líneas de conducción construidas, una para cada pozo. Estas líneas de conducción son llevadas hacia un tanque elevado que posteriormente distribuye el agua por gravedad hacia la aldea. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$Q_b = \frac{QMD * 24}{\text{No. horas de bombeo}}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo en litros/segundo

QMD = Caudal máximo diario en litros/segundo

Se recomienda que el número de horas de bombeo no sea mayor a 12 horas para bombas con motor Diésel y 18 horas para bombas eléctricas.

2.1.4.7. Velocidades

El rango de velocidades para redes de distribución está entre 0.6 y 3.0 metros/segundo.

La fórmula para calcular velocidades es la siguiente:

$$V = \frac{1.974 * QMD}{\emptyset^2}$$

Donde:

V = Velocidad en metros/segundo

QMD = Caudal máximo diario en litros/segundo

\emptyset = Diámetro en pulgadas

Tomando como ejemplo la velocidad en la tubería P-76 comprendida entre los nodos J-41 y J-115. Esta tubería tiene un diámetro nominal de 1" cuyo diámetro interno es de 1,196" y su caudal máximo diario es 1.966 litros/segundo:

$$V = \frac{1.974 * 1.966}{1.196^2} = 2.71 \text{ m/s}$$

Si se compara el resultado obtenido con los valores de velocidades para redes de distribución, se observa que se encuentra dentro del rango.

2.1.4.8. Presiones

Las determinan las presiones que se dan en el sistema para determinar qué tipo de tubería utilizar.

2.1.4.8.1. Presión estática

Esta presión se presenta cuando el líquido dentro de la tubería y en el recipiente que lo almacena se encuentra en reposo. Se obtiene con el peso específico del fluido y la altura a la que se encuentra el punto dentro la tubería o recipiente que se deseé analizar.

2.1.4.8.2. Presión dinámica

Esta presión se produce cuando hay un flujo de agua, haciendo que la presión estática modifique su valor y se disminuya por la resistencia o fricción que se ejerce en la tubería. El rango de presiones para una red de distribución con conexiones domiciliarias se recomienda entre 10 y 60 m. c.a. Presiones menores a 10 m.c. a pueden no llegar a niveles superiores y mayores a 60 m.c. a pueden provocar daños en las válvulas y artefactos si no se instalan de manera correcta (INFOM, 2011).

2.1.5. Diseño hidráulico del sistema

Aquí se incluyen todos los parámetros que determinan los valores sobre los cuales se hará el diseño.

2.1.5.1. Captación

La captación de los nacimientos ya está construida, consta de un cuarto hecho con block que capta el agua de los tres nacimientos y mediante una bomba lo envía al tanque de almacenamiento existente.

Los tres nacimientos que se captan en este lugar son: Aguacate I, Candelaria y Preciso.

2.1.5.2. Línea de conducción

La línea de conducción ya está construida, existen tres líneas que conectan al tanque existente. Hay una línea para cada pozo (Nueva Generación y Paraguas), y una línea para la captación de los tres nacimientos de agua.

2.1.5.3. Tanque de almacenamiento

Actualmente existe un tanque de dimensiones 6.45 x 5.40 x 2.58 metros que tiene capacidad para 76.63 metros cúbicos (dejando 38 cm de separación entre la losa sanitaria y el nivel del agua). Sin embargo, para abastecer a la población con agua potable por 6 horas al día con el caudal disponible, se necesita un tanque con capacidad de 116.37 metros cúbicos. Para lo cual se presenta el diseño de un tanque de almacenamiento superficial en una cota elevada sobre la aldea ubicado a la par del tanque existente, con capacidad para 39.74 m³.

2.1.5.3.1. Cálculo del volumen

El cálculo de volumen de un tanque de almacenamiento por gravedad debe realizarse con datos reales de demandas en la comunidad, sin embargo, cuando no se tengan los datos necesarios se puede utilizar entre un 25 a 40 % del caudal medio diario (Martínez, 2010).

Para este proyecto se utilizará un 35 % por cuestiones de la ubicación de la aldea. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_A = Q_m * 0,35 = 1,330.13 * 0.35 = 465.54 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

Q_m =Caudal medio diario en m³/día

V_A =Volumen de almacenamiento en m³

Para abastecer durante 6 horas al día a los habitantes se realiza una regla de tres de la siguiente manera:

$$465.54 \text{ m}^3 \rightarrow 24 \text{ horas}$$

$$X \text{ m}^3 \rightarrow 6 \text{ horas}$$

$$X = \frac{465.54 * 6}{54} = 116.37 \text{ m}^3$$

Esto quiere decir que se necesita un volumen de almacenamiento de mínimo 116.37 m³. Si a este volumen se resta el del tanque existente que es 76.63 m³, entonces se necesita un volumen de 39.74 m³. Manteniendo la altura del tanque existente, se proponen las medidas: 4.25 x 4.25 x 2.58 metros (con altura de agua de 2.20 metros).

2.1.5.3.2. **Diseño estructural del tanque**

Se diseña un tanque superficial de 39.74 metros cúbicos junto al tanque ya existente. El tanque será de concreto armado tanto en la losa sanitaria como losa de cimentación, así como los muros.

- Losa sanitaria

Primero se determina en qué sentido trabaja, esto se hace de la siguiente manera:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{4.25}{4.25} = 1 > 0.5 \rightarrow \text{trabaja en 2 sentidos}$$

Donde:

m = Relación entre lado mayor y lado menor de la losa

a = Lado menor de la losa en metros

b = Lado mayor de la losa en metros

En este caso como la losa es cuadrada, el resultado de la relación de sus lados es 1. Si el valor m es menor a 0.5 entonces la losa trabaja en 1 sentido por el contrario si es mayor a 0.5 entonces la losa trabaja en 2 sentidos.

- Ahora se calcula el espesor de la losa

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{2 * (4,25 + 4,25)}{180} = \frac{17}{180} = 0.09 \text{ metros}$$

Donde:

t =Espesor de losa en metros

Según la fórmula se necesita un espesor de 9 centímetros, pero, para este proyecto se adoptará 12 cm. Ahora se procede a calcular las cargas de diseño:

- Peso de la losa

$$CM = \gamma_{CON} * t * 1 = 2400 * 0.12 * 1 = 288 \text{ kg/m}$$

Donde:

CM =Carga Muerta en kg/m

γ_{CON} =Peso específico del concreto en kg/m²

t =Espesor de losa en metros

Se multiplica por uno debido a que para diseñar losas se hace mediante franjas unitarias con un metro de longitud. También se considera una sobrecarga de 150 kg/m² y una carga viva de 250 kg/m² ya que es una losa con acceso.

Se debe establecer la combinación de cargas a utilizar, para esto, se hace uso de una carga mayorada, la cual es una carga multiplicada por factores apropiados.

El factor que se asigna, está directamente relacionado con la precisión con que se puede calcular la solicitud y con las variaciones que pueda tener la misma durante la vida de la estructura. Por esta razón a las cargas muertas que son menos variables y se determinan con más precisión, se les asigna un factor más bajo que a las cargas vivas (American Concrete Institute, 2015).

$$C_U = 1.2CM + 1.6CV = 1.2(288 + 150) + 1.6(250) = 925,6 \text{ kg/m}$$

Donde:

C_U =Carga última en kg/m

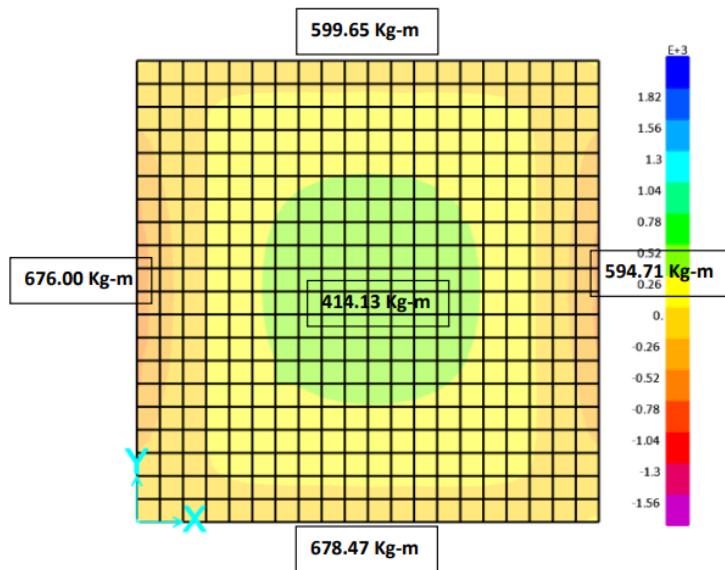
CM =Carga Muerta en kg/m

CV =Carga Viva en kg/m

Para obtener los momentos que se generan sobre la losa sanitaria, se utilizó el programa SAP 2000 en el que se ingresa la geometría de los elementos con sus dimensiones, así como también el material del cual está hecho y la combinación de cargas a utilizar.

Los resultados son:

Figura 6.
Momentos generados en losa sanitaria



Nota. Los momentos críticos de la losa se presentan a los extremos. Elaboración propia, realizado con SAP 2000.

Como se observa en la figura 6, los momentos de los extremos son negativos y el momento al centro es positivo. Ahora se debe calcular área de acero, momentos a resistir con acero calculado y espaciamiento entre refuerzos.

Los datos son los siguientes:

- Momento negativo 1 (sobre eje Y) = 676 kg-m
- Momento negativo 2 (sobre eje Y) = 594.71 kg-m
- Momento positivo (al centro de losa) = 414.13 kg-m
- Momento negativo 1 (sobre eje X) = 599.65 kg-m
- Momento negativo 2 (sobre eje X) = 678.47 kg-m
- Resistencia del concreto (f'_c) = 210 kg/cm²

- Resistencia del acero (f_y) = 2 800 kg/cm²
- Recubrimiento (rec)= 2.50 cm
- Longitud de losa (b) = 100 cm (franja unitaria para diseño)
- Espesor (t) = 12 cm
- Peralte efectivo (d) = 9.50 cm

Se calcula el área de acero mínima de la siguiente manera:

$$As_{min} = 0.40 * \frac{14.1}{f_y} * b * d = 0.40 * \frac{14.1}{2,800} * 100 * 9.50 = 1.91 \text{ cm}^2$$

Donde:

As_{min} =Área de acero mínima en cm²

f_y =Resistencia del acero en kg/cm²

b =Franja unitaria en cm

d =Peralte efectivo en cm

El siguiente paso es calcular la separación máxima del refuerzo, esto se hace con la siguiente ecuación:

$$S_{max} = 3 * t = 3 * 12 = 36 \text{ cm}$$

Donde:

S_{max} =Separación máxima en cm

t =Peralte de losa en cm

Posteriormente se debe calcular la separación para una varilla de acero No. 3 que es con la que se propone el armado, esto se hace con una regla de tres:

$$1.91 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \text{ cm}$$

Esta regla de tres establece la relación entre el área de acero mínimo con la franja unitaria, y el área de acero de una varilla No. 3 para determinar la separación.

$$X = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{1.91 \text{ cm}^2} = 37.17 \text{ cm}$$

Esto indica que la separación requerida es mayor que la separación máxima, por lo que se debe encontrar una nueva área de acero que cumpla con separación máxima.

$$As_{min_{nueva}} \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \rightarrow 36 \text{ cm}$$

$$As_{min_{nueva}} = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{36 \text{ cm}} = 1.98 \text{ cm}^2$$

Ahora que se determinó el área de acero mínima nueva que cumple con la separación máxima entre refuerzos, se calcula el mayor momento que resiste.

$$M_{As_{min}} = \varphi * (As_{min} * fy * \left(d - \frac{As_{min} * fy}{1.7 * f'c * b} \right))$$

Donde:

$M_{As_{min}}$ = Momento de área de acero mínima en kg-m

φ = Factor de reducción de resistencia

As_{min} = Área de acero mínima (se utiliza la nueva calculada) en cm²

f_y =Resistencia del acero en kg/cm²

$f'c$ =Resistencia del concreto en kg/cm²

d =Peralte efectivo en cm

b = Franja unitaria en cm

$$M_{As_{min}} = 0.90 * (1.98 * 2,800 * \left(9.50 - \frac{1.98 * 2,800}{1.7 * 210 * 100}\right)) = 466.26 \text{ kg} - \text{m}$$

El mayor momento que resiste el área de acero mínima nueva, soporta únicamente el momento positivo que se genera sobre la losa. Para el resto de los momentos, se debe calcular un área de acero que cumpla.

Mediante el uso de una regla de tres se calcula el área de acero y espaciamiento para cada uno de los momentos que no cumplen.

- Para momento negativo 1 (sobre eje Y)

$$466.26 \text{ kg} - \text{m} \rightarrow 1.98 \text{ cm}^2$$

$$676 \text{ kg} - \text{m} \rightarrow X \text{ cm}^2$$

$$X = \frac{676 \text{ kg} - \text{m} * 1.98 \text{ cm}^2}{466.26 \text{ kg} - \text{m}} = 2.87 \text{ cm}^2$$

- Separación

$$2.87 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \rightarrow X \text{ cm}$$

$$X = \frac{0.71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{2.87 \text{ cm}^2} = 24.74 \text{ cm} \rightarrow cumple con S_{max}$$

Tabla 2.*As y separación para momentos que no resiste As mínima*

Descripción	Momento (kg-m)	Asnueva (cm ²)	Snueva (cm)	Smax (cm)	Cumple / no cumple
Negativo 1 (sobre eje Y)	676.00	2.87	24.74	36	cumple
Negativo 2 (sobre eje Y)	594.71	2.53	28.06	36	cumple
Negativo 1 (sobre eje X)	599.50	2.55	27.84	36	cumple
Negativo 2 (sobre eje X)	678.47	2.88	24.65	36	cumple

Nota. Se indican el área de acero y separación requeridas para los momentos que se generan en la losa sanitaria. Elaboración propia, realizado con Excel.

Considerando que la separación entre refuerzos se encuentra aproximadamente a 36 cm al centro y a 25 cm en los extremos de la losa; se propone el siguiente armado:

Utilizar varilla No. 3 @ 25 cm + bastones No. 3 @ 20 cm

- Muros

Para calcular acero y espaciamiento de muros se utiliza el método del diseño de elementos a flexión. Se comprobará área de acero y separación de refuerzos.

El espesor mínimo de muro se calcula de la siguiente manera según ACI 350, en sección 14.6.2:

$$e_{min} = \frac{l}{30} = \frac{2.58}{30} = 0.09 \text{ metros} \approx 9 \text{ cm}$$

Donde:

e_{min} =Espesor en metros

l =Altura del tanque en metros

El espesor mínimo es de 9 cm, pero se utilizará 20 cm debido a la altura que tiene el tanque y al espesor que tiene la losa sanitaria.

Los datos son los siguientes:

- Espesor (e): 20 cm
- Resistencia del concreto ($f'c$)= 210 kg/cm²
- Resistencia del acero (fy)= 4,200 kg/cm²
- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Carga muerta (CM) calculada igual a la losa sanitaria = 480 kg/m²
- Carga Viva (CV) = 100 kg/m²
- Sobre carga (SC) = 150 kg/m²
- Empuje de Agua (EA= densidad de agua x altura de agua en tanque) = 2,200 kg/m².
- Recubrimiento (r)= 2.50 cm.
- Peralte efectivo (d)= 17.50 cm.

La combinación de cargas a utilizar según ACI 350 es la siguiente:

$$C_u = 1.3(1.2CM + 1.6CV + 1.2SC + 1.6EA)$$

Donde:

C_u =Carga última en kg/m²

CM =Carga muerta en kg/m²

CV =Carga viva en kg/m²

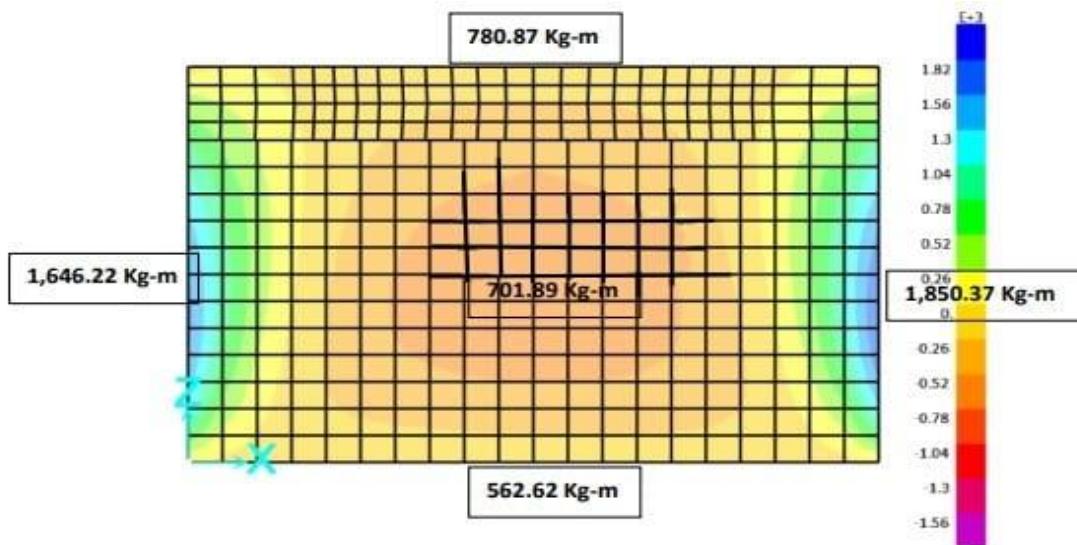
SC =Sobrecarga en kg/m²

EA =Empuje de agua en kg/m²

Los momentos generados sobre los muros del tanque, se obtuvieron mediante el programa SAP 2000, en donde se ingresaron los datos y combinaciones de carga. Luego se tomaron los momentos mayores de todos los muros para colocar un armado único para los cuatro muros.

Figura 7.

Momentos máximos generados en muros de tanque



Nota. Los momentos críticos se generan en las uniones entre muros del tanque. Elaboración propia, realizado con SAP 2000.

Los momentos máximos son los siguientes:

- Momento superior = 780.87 kg-m
- Momento inferior= 562.62 kg-m

- Momento izquierdo= 1,646.22 kg-m
- Momento derecho= 1,850.37 kg-m
- Momento central = 701.89 kg-m

Se debe calcular área de acero para cada momento generado, esto se hace con la siguiente fórmula:

$$As = 0.85 * \frac{f'c}{fy} * \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'c}} \right]$$

Donde:

As =Área de acero en cm^2

$f'c$ =Resistencia del concreto en kg/cm^2

fy =Resistencia del acero en kg/cm^2

b =Franja unitaria en cm

d =Peralte efectivo en cm

M_u =Momento último en $kg\cdot m$

Como ejemplo para momento izquierdo:

$$As = 0.85 * \frac{210}{4,200} * \left[(100 * 17.50) - \sqrt{(100 * 17.50)^2 - \frac{1,646,22 * 100}{0.003825 * 210}} \right] = 2.53cm^2$$

Ahora se calcula el área de acero mínima de la siguiente manera:

$$As_{min} = \frac{14.1}{fy} * b * d = \frac{14.1}{4,200} * 100 * 17.50 = 5.88 cm^2$$

También se debe calcular el área de acero máxima:

$$As_{max} = 0.5 * \left[0.85 * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} * \left(\frac{6,120}{6,120 + f_y} \right) \right] * b * d$$

Donde:

As_{max} =Área de acero máxima en cm²

β_1 =Coeficiente beta que depende de f'c

$f'c$ =Resistencia del concreto en kg/cm²

f_y =Resistencia del acero en kg/cm²

b =Longitud de losa en cm

d =Distancia de sección externa hacia centroide de varilla en cm

$$As_{max} = 0.5 * \left[0.85 * 0.83 * \frac{210}{4,200} * \left(\frac{6,120}{6,120 + 4,200} \right) \right] * 100 * 17.50 = 18.30 \text{ cm}^2$$

Para determinar el área de acero a utilizar, se debe tomar el mayor de los tres valores siguientes:

- As_{min}
- Área de 2 varillas del diámetro elegido para armado
- 33 % del área de acero del momento calculado

Para el armado del momento izquierdo se hace de la siguiente manera:

$$5.88 \text{ cm}^2$$

$$2 * \left(\frac{4}{8} * 2.54 \right) = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$0.33 * 2.53 = 0.84 \text{ cm}^2$$

El mayor de los tres valores es 5.88 cm² por lo que ese es el dato que se usará. Esta área de acero permite un armado de 5 varillas No. 4 a lo largo de la franja unitaria, esto quiere decir que se pueden colocar a cada 20 cm.

Tabla 3.

As y separación de refuerzos para momentos en muros

Descripción	Momento (kg-m)	As (cm ²)	Separación (cm)
Izquierdo	1,646.22	5.88	20
Derecho	1,850.37	5.88	20
Superior	780.87	5.88	20
Inferior	562.62	5.88	20
Centro	701.89	5.88	20

Nota. Área de acero requerida y separación necesaria entre refuerzos para cada uno de los momentos generados sobre los muros del tanque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se observa en la tabla anterior, el área de acero mínima es suficiente para cubrir el área de acero de todos los momentos máximos generados en el tanque. Se propone el siguiente armado:

Colocar doble cama de acero No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos

- Losa de cimentación

Este tipo de losas de piso para las estructuras contenedoras de líquidos puede ser tipo membrana, placa de fundación o losa estructural soportada sobre pilas (American Concrete Institute, 2007).

Se usará una losa tipo membrana, la cual se diseña igual que los muros del tanque con la diferencia de que el empuje del agua (EA), que se usaba en los

muros, se cambia por peso que genera el agua sobre la losa. Para determinar el peso es necesario tener el volumen que puede contener el tanque y multiplicarlo por la densidad del agua:

$$\omega_{agua} = Vol. tanque * \gamma_{agua}$$

Donde:

ω_{agua} = Peso del agua en kg

$Vol. tanque$ = Volumen que puede contener el tanque en m³

γ_{agua} = Densidad del agua en kg/m³

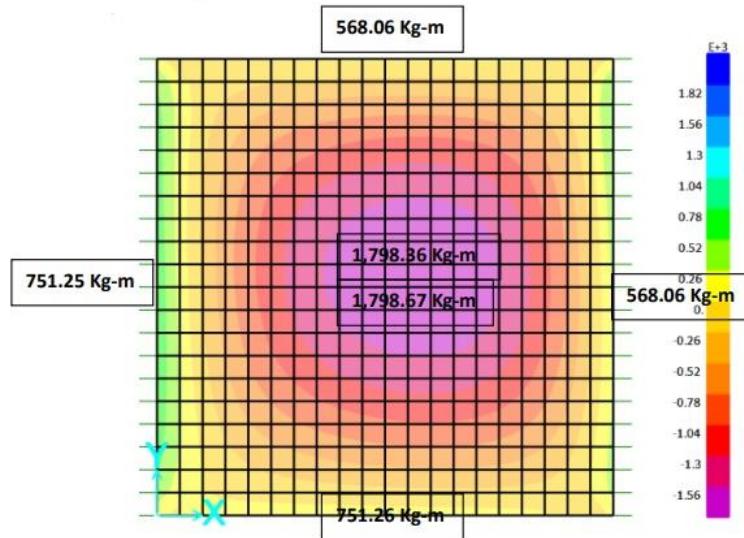
La combinación de cargas también es la misma que para el diseño de los muros. El espesor será de 25 cm debido al recubrimiento que se le da. Los datos son los siguientes:

- Espesor (e): 25 cm
- Resistencia del concreto ($f'c$)= 210 kg/cm²
- Resistencia del acero (fy)= 4,200 kg/cm²
- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Carga muerta (CM) calculada igual a la losa sanitaria = 600 kg/m²
- Carga Viva (CV) = 100 kg/m²
- Sobre carga (SC) = 150 kg/m²
- Peso del agua = 39,737.50 kg
- Recubrimiento (r)= 7.50 cm
- Peralte efectivo (d)= 17.50 cm

Los momentos generados sobre la losa de cimentación, se obtuvieron mediante el programa SAP 2000, en donde se ingresaron los datos y combinaciones de carga.

Figura 8.

Momentos generados en losa de cimentación



Nota. Contrario a la losa sanitaria, la losa de cimentación tiene su momento crítico al centro, ya que esta área resiste por completo el peso del agua. Elaboración propia, realizado con SAP 2000.

Al diseñarse igual que los muros, el armado queda de la siguiente manera:

Tabla 4.

As y separación de refuerzos para momentos en losa inferior

Descripción	Momento (kg-m)	As (cm ²)	Separación (cm)
Izquierdo	751.25	5.88	20
Derecho	568.06	5.88	20
Superior	568.06	5.88	20
Inferior	751.26	5.88	20
Centro	1,798.67	5.88	20

Nota. Área de acero y separación para momentos en losa de cimentación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Para la losa de cimentación, el área de acero mínima cubre con los momentos generados. Por lo que propone el armado igual al de los muros:

Colocar doble cama de acero No. 4 @ 20 cm en ambos sentidos

2.1.5.4. Red de distribución

Es el conjunto de instalaciones (tuberías principales y secundarias, accesorios, válvulas, entre otros), que tienen como objetivo transportar el agua desde la captación y almacenamiento hacia el consumidor final. Esta se debe diseñar con el caudal máximo horario y el caudal de uso simultáneo.

Para redes de distribuciones cerradas se utiliza el caudal máximo horario y para redes de distribución abiertas se utiliza el mayor valor entre el caudal máximo horario y caudal de uso simultáneo. Este proyecto es mixto porque se cuenta con ramales abiertos y cerrados.

Las presiones de servicio se deben mantener en el rango de 10 a 60 m.c.a. Por debajo de este rango, el agua no llegará con presión a viviendas con más de un nivel y por encima, se pueden generar daños en las uniones con los accesorios y artefactos de las viviendas.

El rango de velocidades que se deben mantener en la red es de 0.6 a 3.0 m/s. Por debajo de este rango pueden sedimentarse los posibles sólidos que el agua puede contener y por encima se genera demasiada fricción entre el agua y la pared interna de la tubería, ocasionando pérdidas y una menor presión.

2.1.5.5. Ejemplo para un tramo

Tomando como ejemplo la tubería P-87 que está comprendida entre los nodos J-162 y J-62:

- Caudal de diseño

Primero se determina el caudal de diseño, como se mencionó antes, se debe obtener el caudal de uso simultáneo y caudal máximo horario para tomar el mayor valor.

- Caudal de uso simultáneo

$$q = 0.15\sqrt{27.5 - 1} = 0.773 \text{ l/s}$$

- Caudal máximo horario

$$QMH = Q_m * FMH = 0.441 * 2 = 0.882 \text{ l/s}$$

Al comparar ambos valores, se toma el caudal máximo horario como caudal de diseño para este tramo.

Datos:

Cota J-162= 1,463.85 m

Cota J-62= 1,468.36 m

Longitud de tramo=111 m

Caudal= 0.882 l/s

Coeficiente de Hazen-Williams= 150 (tubería PVC)

- Cálculo de diámetro

$$\phi = \left(1,743.811 * \frac{L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * h_f} \right)^{\frac{1}{4,87}} = \left(1,743.811 * \frac{111 * 0.882^{1,85}}{150^{1,85} * 4.51} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1.27"$$

Donde:

ϕ =Diámetro en pulgadas

L =Longitud de tramo en m

Q =Caudal de diseño en l/s

C =Coeficiente de Hazen-Williams (depende del material de tubería)

h_f =pérdida en tubería en m

El diámetro obtenido mediante fórmula es de 1.27", sin embargo, no se consiguen diámetros comerciales de esa medida exacta. Se propone usar un diámetro comercial de 1-1/4" que posee un diámetro interior de 1.53" al que se le determinará la pérdida por fricción y chequeo de velocidad.

- Pérdida por fricción con tubería de 1-1/4"

$$h_{f_{1-1/4}} = 1,743.811 * \frac{L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,87}} = 1,743.811 * \frac{111 * 0.882^{1,85}}{150^{1,85} * 1.53^{4,87}} = 1.82 \text{ m}$$

- Cálculo de velocidad

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} * \phi^2} = \frac{\left(\frac{0.882}{1,000}\right)}{\frac{\pi}{4} * (1.53 * \frac{2.54}{100})^2} = 0.74 \text{ m/s}$$

Donde:

V =Velocidad en m/s

A =Área en m²

Q =Caudal en m³/s

- Cálculo de cota piezométrica

$$CP = Cota \text{ inicial} - h_{f_{1-1/4''}} = 1,468.36 - 1.82 = 1,466.54 \text{ m}$$

Donde:

CP =Cota piezométrica en m

$Cota \text{ inicial}$ =Cota en la que inicia el tramo a analizar en m

$h_{f_{1-1/4''}}$ =Pérdida por fricción generada con el diámetro a analizar en m

Analizando los resultados obtenidos, se puede comprobar que la cota piezométrica es mayor que la cota final; esto quiere decir que el agua llegará de un extremo de la tubería al otro sin problemas. También se puede comprobar que la velocidad se encuentra dentro del rango admisible (0.6 – 3.0 m/s), por lo que se llega a la conclusión que el diámetro de 1-1/4" cumple para este tramo.

2.1.5.6. Sistema de desinfección

La desinfección del agua es importante, el resultado del análisis bacteriológico que se hizo al tanque de almacenamiento existente determinó que el agua no es potable. En el análisis fisicoquímico también se determinó que el color y la dureza están por arriba del límite máximo admisible pero debajo del límite máximo permisible. Para poder hacer de esta agua apta para el consumo humano se debe realizar un proceso de desinfección.

El proceso de desinfección elegido es el tratamiento por hipoclorito de calcio (cloro granulado). Para poder aplicar este tratamiento, es necesario que el agua no esté turbia. Esto se puede ver según el resultado del análisis físico químico, el cual indica que la turbiedad cumple con el límite máximo admisible según la norma COGUANOR NTG 29001.

Para saber la cantidad de gramos de hipoclorito de calcio a utilizar, se emplea la siguiente fórmula:

$$\omega_{cloro} = \frac{V_{agua} * dosis\ de\ cloro}{concentración\ de\ cloro * 10} = \frac{39,740 * 2}{65 * 10} = 358.06\ gramos$$

Donde:

ω_{cloro} = Peso de cloro en gramos

V_{agua} = Volumen de agua a desinfectar en litros

dosis de cloro = Cantidad de cloro disuelto en mg/litro

concentración de cloro = Porcentaje de cloro efectivo

Esto quiere decir que se necesitan 358.06 gramos de hipoclorito de calcio para desinfectar el agua del tanque cada vez que este se llena.

2.1.5.7. Conexiones domiciliares

El diseño se realizó con una dotación apta para conexiones domiciliarias, aunque, estas conexiones no están incluidas dentro del presupuesto. Los gastos de material, mano de obra e instalación dentro del predio correrán por parte del usuario. Debe hablarse con el COCODE y con la municipalidad para la colocación de un contador de agua y el permiso para conectarse a la red general.

2.1.6. Obras de arte

En hidráulica, las obras de arte son todas aquellas estructuras destinadas a captar, extraer, almacenar, conducir y controlar. el recurso hídrico. En este proyecto se encuentran las cajas para válvulas, el tanque de almacenamiento y la captación como obras de arte.

2.1.6.1. Caja unificadora de caudales

Esta caja se encarga de reunir todos los caudales posibles y enviarlo ya sea a la red de distribución o a un tanque de almacenamiento. La aldea ya cuenta con una caja unificadora de caudales que reúne el agua de los tres nacimientos y la bombea hacia el tanque de almacenamiento.

2.1.6.2. Caja rompe presiones

Este tipo de cajas se utiliza cuando la presión de trabajo de una tubería no es capaz de soportar la máxima presión estática. En este caso se debe colocar una caja rompe presiones que libera la presión al ambiente en un punto intermedio elegido estratégicamente.

Este proyecto no cuenta con una caja rompe presiones porque en ningún punto se excede la máxima presión estática.

2.1.6.3. Caja para válvulas

Las cajas para válvulas serán de concreto, estas pueden ser fundidas in situ o prefabricadas. Las válvulas que se encuentran en este proyecto son de

compuerta para abrir y cerrar circuitos, de esta manera no se interfiere con toda la red cuando sea necesario hacer alguna reparación.

2.1.7. Propuesta de tarifa

Es importante garantizar la correcta operación de la red durante su periodo de diseño. Para lograr este objetivo, es necesario realizar mantenimientos preventivos y correctivos cuando se necesiten. También se debe tener en cuenta la compra del método de desinfección que se usará (Martínez, 2010).

La obtención de los recursos necesarios para las actividades mencionadas será mediante una tarifa mensual que se aplicará a todos los usuarios que se beneficien del proyecto. Se calcula de la siguiente manera:

- Costo de operación (CO)

Este costo incluye el salario mensual del fontanero encargado de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos, de encender y apagar la bomba del pozo, de aplicar el sistema de desinfección y velar por que la red se mantenga en buen estado.

El salario mínimo mensual no agrícola para el año 2023, establecido por el ministerio de trabajo de Guatemala (Acuerdo Gubernativo 353-2022), se encuentra en Q 3,166.38. Tomando en cuenta las prestaciones laborales obligatorias que establece el código de trabajo, que son: Bonificación incentiva, bono 14, aguinaldo, vacaciones, indemnización por despido injustificado y el IGSS, se debe realizar el siguiente cálculo:

- Estableciendo el salario base mensual en Q 4,200.00 que cubre el salario mínimo y sus posibles incrementos por los próximos 5 años, asumiendo que hay un incremento de 5.80 % anual que es el promedio de los incrementos en los últimos 20 años (ver tabla 5).

Tabla 5.*Histórico del salario mínimo no agrícola en Guatemala*

Salario mínimo de actividades no Agrícolas en Guatemala				
	Año	Salario mínimo	Diferencia	incremento
Histórico	2003	Q1,040.25	-	-
	2004	Q1,209.94	Q169.69	16.31 %
	2005	Q1,209.94	Q0.00	0.00 %
	2006	Q1,327.38	Q117.44	9.71 %
	2007	Q1,393.69	Q66.31	5.00 %
	2008	Q1,479.25	Q85.56	6.14 %
	2009	Q1,581.67	Q102.42	6.92 %
	2010	Q1,703.33	Q121.66	7.69 %
	2011	Q1,937.54	Q234.21	13.75 %
	2012	Q2,074.00	Q136.46	7.04 %
	2013	Q2,171.75	Q97.75	4.71 %
	2014	Q2,280.34	Q108.59	5.00 %
	2015	Q2,394.40	Q114.06	5.00 %
	2016	Q2,490.20	Q95.80	4.00 %
	2017	Q2,643.20	Q153.00	6.14 %
	2018	Q2,742.37	Q99.17	3.75 %
	2019	Q2,742.37	Q0.00	0.00 %
	2020	Q2,825.10	Q82.73	3.02 %
	2021	Q2,825.10	Q0.00	0.00 %
	2022	Q2,959.24	Q134.14	4.75 %
	2023	Q3,166.38	Q207.14	7.00 %
Promedio de incrementos				5.80 %
proyección	2024	Q3,350.03	Q183.65	5.80 %
	2025	Q3,544.33	Q194.30	5.80 %
	2026	Q3,749.90	Q205.57	5.80 %
	2027	Q3,967.40	Q217.49	5.80 %
	2028	Q4,197.51	Q230.11	5.80 %

Nota. Para proyectar un incremento en el salario mínimo en los próximos 5 años que sea acorde a los últimos incrementos, se recopiló información de los últimos 20 años del Ministerio de Trabajo de Guatemala. Elaboración propia, realizado con Excel.

Datos:

Salario base mensual (SB): Q4,200.00

Bonificación incentiva mensual (BI): Q 250.00

Bono 14 (B14): Q 4,200.00 al año

Aguinaldo (A): Q 4,200.00 al año

Vacaciones (V): Q 2,100.00 al año

Salario de sustituto durante vacaciones (SV): Q 2,100.00 al año

IGSS (I): 10.67 % (patrón) sobre salario base mensual de afiliado

$$CO = SB + BI + \frac{B14 + A + V + SV}{12} + (10.67 \% * SB)$$
$$CO = 4,200 + 250 + \frac{4,200 + 4,200 + 2,100 + 2,100}{12}$$
$$+ (10.67 \% * 4,200) = Q 5,948.14 / mes$$

- Costo de mantenimiento (CM)

Este renglón se usará para la compra de los insumos cuando sean necesarias reparaciones, así como para el mantenimiento preventivo. Se establece un 1 por ciento del costo total del proyecto dividido en el periodo de diseño establecido.

$$CM = \frac{0.010 * 1,406,214.72}{23} = Q 611.39 / mes$$

- Costo de tratamiento (CT)

Este costo incluye los materiales necesarios para el sistema de desinfección.

$$CT = \text{Precio x gramo} * \text{cantidad de gramos a usar en un mes}$$

$$CT = 0.12 * 33,299.58 = Q 3,995.94/\text{mes}$$

- Costo de administración (CA)

Este costo incluye todos los gastos administrativos que puedan generarse, tales como hojas, lápices, impresiones, viáticos, trámites, entre otros. Se establece como el 1 por ciento de la suma del costo de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$CA = 0.01 * (CO + CM + CT)$$

$$CA = 0.01 * (5,948.14 + 611.39 + 3,995.94) = 105.55 / \text{mes}$$

- Costo de electricidad y reserva (CER)

Este costo tiene como objetivo hacer un fondo para gastos no contemplados a futuro, y el pago de la electricidad consumida por la bomba de los pozos. Para cálculo de electricidad se establece el consumo promedio de las bombas de 15 HP con las que cuentan cada pozo, que es de 3.5 kWh cada una. Tomando la tarifa no social de EEGSA para 2023 que es de 1.36 Q/kWh y sabiendo que los pozos trabajan durante 12 horas, se realiza el siguiente cálculo:

- Consumo de electricidad pozos

*Consumo = 3.5 kWh * 2 pozos * 12 horas que trabaja el pozo al día*

$$\text{Consumo} = 84 \text{ kWh} * 1.36 \frac{Q}{\text{kWh}} = Q114,24/\text{día}$$

$$\text{Consumo} = \frac{Q114.24}{\text{día}} * \frac{365 \text{ días}}{12 \text{ meses}} = Q3,474.80/\text{mes}$$

Agregando un costo de reserva de 10 por ciento de los costos anteriores por cualquier incremento de la energía eléctrica, así como también cualquier imprevisto que pueda afectar al proyecto.

$$CER = [0.10 * (CO + CM + CT + CA)] + consumo$$

$$CER = [0.10 * (5,948.14 + 611.39 + 3,995.94 + 105.55)] + 3,474.80$$

$$CER = Q 4,540.90/\text{mes}$$

- Tarifa de propuesta (TP)

Tarifa establecida para los habitantes de la población a beneficiar.

$$TP = \frac{CO + CM + CT + CA + CER}{\text{No. de viviendas}} =$$

$$TP = \frac{5,948.14 + 611.39 + 3,995.94 + 105.55 + 4,540.90}{1,200}$$

$$TP = Q12.66/\text{vivienda}$$

Se propone una tarifa mensual de Q15.00 por vivienda beneficiada con este proyecto.

2.1.8. Evaluación socioeconómica

Esta evaluación se realiza con el objetivo de determinar si un proyecto es rentable o no, económicamente. Para este proyecto, esta evaluación sirve para determinar si es autosustentable una vez que se haya ejecutado. El método utilizado para realizar la evaluación será el Valor Presente Neto (VPN).

- Valor Presente Neto

Este valor se obtiene tomando todos los ingresos y egresos que se realizarán en un futuro y transformarlos en cantidades de dinero del presente. Si el valor es negativo, indica que habrá pérdidas de capital; si el valor es positivo, indica que es un proyecto económicamente rentable (Recinos, 2011).

Se toma una tasa de descuento de 12 % que es generalmente aceptada para proyectos de inversión social. Esta tasa representa el descuento a utilizar para reflejar el hecho de que es mucho mejor tener el dinero en el presente y no en el futuro.

El costo de ejecución, que en este caso es el presupuesto, no se tomará en cuenta para este análisis. La inversión para ejecutar este proyecto será realizada por una entidad ya sea gubernamental o no; y el objetivo de este análisis es determinar si el proyecto es autosustentable durante su periodo de vida, con sus ingresos y egresos anuales, una vez que se haya ejecutado. La fórmula es la siguiente:

$$VPN = VP_{Ingresos} - VP_{Egresos}$$

Donde:

VPN =Valor Presente Neto

$VP_{Ingresos}$ =Valor Presente de los Ingresos

$VP_{Egresos}$ =Valor Presente de los Egresos

$$VP_{Ingresos} = \text{Ingresos anuales} * \frac{(1 + k)^n - 1}{k(1 + k)^n}$$

$$VP_{Egresos} = \text{Egresos anuales} * \frac{(1 + k)^n - 1}{k(1 + k)^n}$$

Donde:

k =Tasa de descuento anual

n =Periodo de tiempo en años

Estas fórmulas para Valor Presente de ingresos y egresos se pueden aplicar solamente cuando el ingreso o egreso se mantiene constante durante todos los años, es decir no hay variaciones de ingreso o egreso año con año.

- Ingresos anuales

Estos son todos los ingresos que el proyecto genera al año. En este caso es la cuota mensual de todas las viviendas beneficiadas.

$$\text{Ingresos anuales} = \text{Cuota mensual} * \text{No. de viviendas} * 12$$

$$\text{Ingresos anuales} = 15 * 1,200 * 12 = Q216,000,00/\text{año}$$

- Egresos anuales

Estos son todos los egresos que el proyecto genera al año. En este caso es la suma de todos los costos utilizados para la propuesta de tarifa.

$$Egresos anuales = (CO + CM + CT + CA + CER) * 12$$

$$Egresos anuales = (5,948.14 + 611.39 + 3,995.94 + 105.55 + 4540.90) * 12$$

$$Egresos anuales = Q182,423.04/año$$

$$VP_{Ingresos} = Ingresos anuales * \frac{(1 + k)^n - 1}{k(1 + k)^n}$$

$$VP_{Ingresos} = 216,000 * \frac{(1 + 0.12)^{23} - 1}{0.12(1 + 0.12)^{23}} = Q 1,667,181.69$$

$$VP_{Egresos} = Egresos anuales * \frac{(1 + k)^n - 1}{k(1 + k)^n}$$

$$VP_{Egresos} = 182,423.04 * \frac{(1 + 0.12)^{23} - 1}{0.12(1 + 0.12)^{23}} = Q1,408,020.14$$

$$VPN = VP_{Ingresos} - VP_{Egresos}$$

$$VPN = 1,667,181.69 - 1,408,020.14 = Q259,161.55$$

El resultado es un Valor Presente Neto positivo, lo cual indica que este proyecto es autosustentable una vez que se haya hecho la inversión para ejecutarlo.

2.1.9. Estudio de impacto ambiental inicial

Este estudio lo solicita el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), con un formato ya establecido por ellos. Aquí se muestra el cuadro de impactos ambientales.

Tabla 6.

Cuadro de impactos ambientales

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros.)	Partículas de polvo derivadas de las excavaciones durante su fase de construcción.	A lo largo de toda la red donde se instalará tubería.	Se humedecerá constantemente el suelo para evitar que genere partículas de polvo y se levanten con el viento.
		Ruido	Ruido generado por maquinaria (retroexcavadora y vibro compactadora) durante su fase de construcción	A lo largo de toda la red donde se instalará tubería.	Se establecerán horarios para uso de maquinaria y se avisará a los vecinos del área donde se utilice.
		Vibraciones	Vibraciones generadas por la vibro compactadora durante su fase de construcción.	A lo largo de toda la red donde se instalará tubería.	Se establecerán horarios para uso de maquinaria y se dará aviso a los vecinos del área donde se utilice.
		Olores	No aplica	No aplica	No se realizará ninguna actividad que pueda generar malos olores.

Continuación de la tabla 6.

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental
2	Agua	Abastecimiento de agua	Utilización de agua de acuíferos subterráneos para consumo humano.	Todas las viviendas que serán beneficiadas.	Se establecerá un máximo de consumo mensual para evitar el uso desmedido.
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: Aproximadamente 114 000 galones al día tomando un 60 % de la dotación brindada.	Todas las viviendas que serán beneficiadas.	Se recomendará que todas las viviendas que hagan uso del sistema de agua potable cuenten con un sistema de drenaje funcional y conectado a la red de drenaje principal
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	Este proyecto abastecerá viviendas
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica	Este proyecto abastecerá viviendas
		Agua de lluvia	Captación No aplica	Descarga: No aplica	Este proyecto hace uso de los pozos mecánicos y nacimientos para obtener agua. No utiliza agua de lluvia.

Continuación de la tabla 6.

No.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: La producida por la fase de construcción	A lo largo de toda la red donde se instalará tubería.	Colocar basureros en las áreas donde se esté trabajando para que los desechos se los pueda llevar el camión recolector.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: No aplica	Disposición No aplica	No se manejan desechos peligrosos para este tipo de construcciones.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	No aplica	No aplica	Todas las viviendas que hagan uso del sistema de agua potable deben contar con sistema de drenaje.
		Modificación del relieve o topografía del área	No aplica	No aplica	No se afectará el relieve ni la topografía del lugar ya que todas las excavaciones que se realicen se llenarán al colocar la tubería.
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	No aplica	No aplica	Se busca la manera de pasar la tubería sobre áreas que no tengan árboles o plantas.

Continuación de la tabla 6.

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental
4	Biodiversidad	Fauna (animales)	No aplica	No aplica	No se realizará ninguna actividad de caza que pueda afectar la fauna.
		Ecosistema	No aplica	No aplica	No se hará alguna actividad que pueda afectar al ecosistema.
5	Visual	Modificación del paisaje	Hecha de zanjas mientras dure la fase de construcción.	A lo largo de toda la red donde se instalará tubería.	Las zanjas y agujeros que se hagan se rellanarán para dejar el paisaje tal y como estaba antes de realizar los trabajos.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Mejor calidad de vida a los habitantes beneficiados con este proyecto.	Todas las viviendas beneficiadas	El tener acceso a agua potable les brinda mejor calidad de vida a los habitantes, así como también un ambiente más higiénico.

Nota. Usando el formato de cuadros de impactos ambientales del MARN, se presentan los posibles impactos ambientales que puede generar el proyecto y las acciones a tomar para contrarrestarlos. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.1.10. Planos

Al ser un terreno escarpado se realizaron planos de planta y perfil por cada tramo.

- Planta densidad de viviendas
- Planta y perfil tramos 1 al 34
- Planta de ubicación de válvulas
- Planta tanque de almacenamiento
- Secciones tanque de almacenamiento

2.1.11. Presupuesto

Se presenta la tabla de resumen para todos los renglones que se incluyen.

Tabla 7.

Presupuesto

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
1	Topografía	7.04	km	Q 1,591.20	Q 11,202.05
2	Trazo y estaqueado	7043	metro	Q 21.55	Q 151,793.22
3	Excavación	1973.72	m3	Q 100.39	Q 198,133.99
4	Relleno y compactación	1973.72	m3	Q 73.87	Q 145,808.49
5	Línea de distribución				
5.1	Tubería de 1/2" 315 psi	152	m.l	Q 63.07	Q 9,586.62
5.2	Tubería de 3/4" 250 psi	1178	m.l	Q 67.17	Q 79,129.88
5.3	Tubería de 1" 160 psi	1599	m.l	Q 75.29	Q 120,389.73
5.4	Tubería de 1-1/4" 160 psi	1453	m.l	Q 77.43	Q 112,506.95
5.5	Tubería de 1-1/2" 160 psi	413	m.l	Q 81.32	Q 33,587.22
5.6	Tubería de 2" 160 psi	271	m.l	Q 104.73	Q 28,380.62
5.7	Tubería de 2-1/2" 160 psi	724	m.l	Q 151.55	Q 109,721.66
5.8	Tubería de 3" 160 psi	646	m.l	Q 170.46	Q 110,116.59
5.9	Tubería de 4" 160 psi	230	m.l	Q 230.46	Q 53,004.68

Continuación de la tabla 7.

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
5.10	Tubería de 6" 160 psi	377	m.l	Q 261.59	Q 98,621.31
6	Tanque de almacenamiento de 39.74 m3				
6.1	Trazo y estaqueado	18.06	m2	Q 37.34	Q 674.37
6.2	Armado y colocación	1	global	Q 38,426.96	Q 38,426.96
6.3	Fundición	38	m3	Q 2,038.41	Q 77,459.41
7	Válvulas de compuerta				
7.1	Válvula de compuerta de 1/2"	2	Unidad	Q 222.56	Q 445.12
7.2	Válvula de compuerta de 3/4"	8	Unidad	Q 321.24	Q 2,569.93
7.3	Válvula de compuerta de 1"	4	Unidad	Q 401.31	Q 1,605.22
7.4	Válvula de compuerta de 1-1/4"	9	Unidad	Q 396.03	Q 3,564.25
7.5	Válvula de compuerta de 1-1/2"	4	Unidad	Q 613.85	Q 2,455.40
7.6	Válvula de compuerta de 2-1/2"	4	Unidad	Q 882.96	Q 3,531.86
7.7	Válvula de compuerta de 3"	4	Unidad	Q 1,345.53	Q 5,382.10
7.8	Válvula de compuerta de 4"	3	Unidad	Q 2,705.70	Q 8,117.09
TOTAL					Q 1,406,214.72

Nota. Estimación general de la obra. Elaboración propia, realizado con Excel.

CONCLUSIONES

1. En la aldea hay agua disponible para abastecer a la población. Pero se está distribuyendo de manera incorrecta, de igual manera la red actual ya cumplió con su periodo de diseño. El diseño propuesto, indica que se puede brindar agua a los habitantes de la aldea durante 6 horas al día, con el siguiente horario: de 05:00 a 07:00, de 12:00 a 14:00 y de 19:00 a 21:00 horas. Esto permite el llenado de los tanques de almacenamiento de manera eficiente.
2. Se realizó un diagnóstico de las necesidades básicas en la aldea, dando como resultado: calles en mal estado que no permiten acceso vehicular y dificultad para acceso peatonal, el sistema de drenaje sanitario que no se encuentra en todas las viviendas y la falta de agua potable. La red de drenajes sanitarios está habilitada solamente para un sector y la de agua potable ya cumplió con su periodo de diseño. Este proyecto propone el diseño para una red de agua potable nueva y un tanque de almacenamiento, que permitirá la correcta recolección y distribución a lo largo de la aldea.
3. Se organizó una campaña en conjunto con el comité de la aldea para concientizar sobre el uso del agua potable y las maneras en cómo se desperdicia. También se realizaron charlas con el comité y fontaneros para el mantenimiento preventivo a la red existente y el cuidado adecuado de la posible nueva red.

4. Se elaboró el presupuesto para el proyecto, que contempla la colocación de una red de distribución completamente nueva y la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento. Igualmente se tomó en cuenta la instalación de válvulas de compuerta para poder realizar reparaciones futuras en tramos específicos sin tener que cortar el agua en toda la aldea.
5. Se tomó como bases de diseño los distintos códigos que rigen en Guatemala. Especificaciones como: presión y velocidad mínima y máxima para una red de distribución, combinaciones de cargas establecidas para obras de retención de agua, áreas de acero mínimas y máximas para una sección de concreto y otros parámetros que garanticen el correcto funcionamiento de la red durante su periodo de diseño.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un mantenimiento periódico a la red actual, aunque ya cumplió con su periodo de diseño, hasta que se ejecute la construcción de una nueva red. Y validar dónde se pueden realizar cambios en la distribución agregando pequeños tramos nuevos que no generen un costo significativo pero que pueden ayudar a distribuir el agua de mejor manera.
2. Mejorar la red de drenaje, pues no se encuentra en las mejores condiciones. La construcción de una nueva red de agua pluvial ayuda a cubrir una de las necesidades básicas en la aldea, pero genera una mayor cantidad de aguas residuales.
3. Incentivar a los habitantes a cuidar el agua mediante campañas de concientización. Crear un programa para las escuelas donde se hable del uso correcto a los niños.
4. Contar con un capital de inversión de al menos 10 % adicional sobre el monto proyectado. El presupuesto presentado es un aproximado de lo que se puede gastar al ejecutar el proyecto, tener en cuenta que puede variar a más o menos conforme se vaya avanzando.
5. Planificar mantenimientos preventivos para ayudar a preservar la red y no posponer los mantenimientos correctivos cuando sean necesarios. El proyecto está diseñado para un periodo de 23 años, siempre y cuando se le dé el cuidado adecuado.

REFERENCIAS

American Concrete Institute (2007). *Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos (ACI 350.3-01)*. Comité ACI 350.

American Concrete Institute (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI318S-14)*. Comité ACI 318.

Instituto de Fomento Municipal (2011). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. INFOM.

Martínez, B. (2010). *Diseño de la red de distribución de agua potable para la aldea Yolwitz del municipio de San Mateo Ixtatán, Huehuetenango*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

Recinos. J. (2011). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo y puente vehicular en la aldea La Paz, municipio de Jalapa*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Resultados de caudal y velocidad en tubería

Tubo	Longitud (metros)	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (pulgadas)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
1	10	J-3	J-4	3/4"	PVC	0.429	0.99
2	11	J-5	J-6	3"	PVC	15.762	2.98
3	12	J-7	J-8	1"	PVC	0.490	0.68
4	16	J-14	J-15	3/4"	PVC	0.442	1.02
5	16	J-18	J-7	1"	PVC	0.490	0.68
6	17	J-19	J-20	1 1/2"	PVC	2.193	1.40
7	18	J-21	J-22	3/4"	PVC	0.539	1.24
8	19	J-24	J-25	3/4"	PVC	0.368	0.85
9	21	J-37	J-38	3/4"	PVC	0.475	1.10
10	22	J-39	J-40	2 1/2"	PVC	4.978	1.40
11	22	J-41	J-42	3/4"	PVC	0.270	0.62
12	22	J-16	J-47	1"	PVC	1.924	2.65
13	23	J-50	J-51	3/4"	PVC	0.539	1.24
14	23	J-35	J-16	1"	PVC	1.544	2.13
15	29	J-64	J-55	1 1/4"	PVC	1.078	0.91
16	29	J-65	J-3	3/4"	PVC	1.005	2.32
17	30	J-67	J-68	1/2"	PVC	0.542	2.08
18	31	J-73	J-74	3/4"	PVC	0.741	1.71
19	31	J-75	J-45	1/2"	PVC	0.196	0.75
20	32	J-78	J-14	3/4"	PVC	0.442	1.02
21	32	J-47	J-39	2 1/2"	PVC	5.088	1.43
22	35	J-81	J-82	1 1/4"	PVC	1.483	1.25
23	35	J-83	J-84	1"	PVC	0.441	0.61
24	34	J-85	J-62	1"	PVC	0.441	0.61
25	36	J-90	J-50	3/4"	PVC	1.078	2.49
26	37	J-98	J-94	1"	PVC	0.588	0.81
27	38	J-99	J-100	3/4"	PVC	0.475	1.1
28	39	J-20	J-96	1"	PVC	0.564	0.78

Continuación del apéndice 1.

Tubo	Longitud (metros)	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (pulgadas)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
29	40	J-15	J-75	3/4"	PVC	0.417	0.96
30	42	J-74	J-67	1/2"	PVC	0.419	1.61
31	43	J-104	J-105	3"	PVC	8.703	1.65
32	43	J-106	J-107	1 1/2"	PVC	1.054	0.67
33	44	J-109	J-69	4"	PVC	16.211	1.85
34	43	J-110	J-111	3/4"	PVC	0.560	1.29
35	45	J-115	J-116	2"	PVC	2.791	1.16
36	47	J-106	J-120	1 1/2"	PVC	1.263	0.81
37	49	J-68	J-124	3/4"	PVC	0.677	1.56
38	49	J-125	J-126	1/2"	PVC	0.172	0.66
39	53	J-37	J-48	3/4"	PVC	1.009	2.33
40	54	J-22	J-102	3/4"	PVC	0.539	1.24
41	54	J-6	J-132	3/4"	PVC	0.445	1.03
42	54	J-48	J-41	3/4"	PVC	1.242	2.86
43	55	J-133	J-81	1"	PVC	0.809	1.11
44	56	J-40	J-134	1 1/4"	PVC	1.263	1.06
45	59	J-120	J-24	3/4"	PVC	0.368	0.85
46	58	J-8	J-12	3/4"	PVC	0.490	1.13
47	59	J-6	J-109	3"	PVC	15.880	3.01
48	59	J-82	J-136	1 1/4"	PVC	1.360	1.14
49	59	J-84	J-85	1"	PVC	0.441	0.61
50	64	J-138	J-90	1 1/4"	PVC	1.078	0.91
51	61	J-79	J-139	1 1/2"	PVC	1.082	0.69
52	62	J-69	J-64	1 1/4"	PVC	1.691	1.42
53	63	J-125	J-144	1 1/2"	PVC	2.034	1.30
54	64	J-126	J-79	1 1/2"	PVC	1.082	0.69
55	65	J-145	J-5	2 1/2"	PVC	15.762	4.42
56	67	J-69	J-146	4"	PVC	18.221	2.08
57	69	J-111	J-133	1 1/2"	PVC	1.017	0.65
58	69	J-132	J-115	1"	PVC	0.629	0.87
59	71	J-28	J-78	3/4"	PVC	0.491	1.13
60	71	J-148	J-73	3/4"	PVC	0.741	1.71
61	74	J-140	J-110	1 1/4"	PVC	2.130	1.79
62	77	J-55	J-138	1 1/4"	PVC	1.078	0.91
63	76	J-41	J-115	1"	PVC	1.966	2.71
64	77	J-134	J-151	1"	PVC	0.969	1.34
65	78	J-13	J-106	1/2"	PVC	0.221	0.85
66	78	J-120	J-152	1/2"	PVC	0.221	0.85
67	78	J-126	J-37	1/2"	PVC	0.254	0.98

Continuación del apéndice 1.

Tubo	Longitud (metros)	Nodo inicial	Nodo final	Diámetro (pulgadas)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
68	78	J-96	J-122	1"	PVC	0.564	0.78
69	79	J-94	J-153	1"	PVC	0.588	0.81
70	80	J-156	J-100	2 1/2"	PVC	12.559	3.52
71	89	J-38	J-99	3/4"	PVC	0.475	1.10
72	89	J-151	J-28	1"	PVC	0.663	0.91
73	90	J-156	J-125	1 1/2"	PVC	1.960	1.25
74	91	J-81	J-20	1"	PVC	0.931	1.28
75	91	J-107	J-18	1"	PVC	0.490	0.68
76	93	J-159	J-21	1"	PVC	0.539	0.74
77	93	J-136	J-65	3/4"	PVC	1.213	2.80
78	98	J-111	J-150	1 1/2"	PVC	1.994	1.28
79	101	J-124	J-145	1 1/4"	PVC	0.800	0.67
80	102	J-100	J-145	2 1/2"	PVC	14.606	4.09
81	102	J-148	J-156	3"	PVC	8.966	1.70
82	103	J-116	J-142	3"	PVC	5.440	1.03
83	102	J-116	J-110	1 1/4"	PVC	2.318	1.95
84	103	J-25	J-160	3/4"	PVC	0.368	0.85
85	103	J-74	J-100	1 1/4"	PVC	0.788	0.66
86	104	J-102	J-35	3/4"	PVC	1.213	2.80
87	111	J-62	J-162	1 1/4"	PVC	0.882	0.74
88	113	J-53	J-140	3/4"	PVC	1.211	2.79
89	116	J-163	J-104	2 1/2"	PVC	7.931	2.22
90	118	J-47	J-163	2 1/2"	PVC	7.343	2.06
91	119	J-146	J-142	4"	PVC	10.975	1.26
92	127	J-145	J-41	3/4"	PVC	0.282	0.65
93	128	J-42	J-140	3/4"	PVC	0.270	0.62
94	132	J-40	J-106	3"	PVC	3.249	0.62
95	133	J-150	J-19	2 1/2"	PVC	2.193	0.61
96	142	J-37	J-53	3/4"	PVC	0.263	0.61
97	210	J-162	T-1	6"	PVC	31.181	1.65
98	72	J-105	J-148	3"	PVC	9.009	1.71
99	133	J-98	J-144	1"	PVC	1.556	2.14
100	150	J-4	J-170	3/4"	PVC	0.429	0.99
101	167	J-146	J-162	6"	PVC	29.858	1.58
102	41	J-117	J-83	1"	PVC	0.441	0.61
103	135	J-142	J-150	2 1/2"	PVC	5.167	1.45
104	56	J-139	J-53	1 1/2"	PVC	1.082	0.69

Nota. Los parámetros caudal y velocidad son importantes al hacer un diseño de red de agua potable, ya que existen normas que establecen los valores máximos y mínimos de cada uno. Elaboración propia, realizado con Watercad y Excel.

Apéndice 2.

Resultados de presión en nodos

Nodo	Cota de terreno	Cota piezométrica	Presión m. c. a
J-3	1,412.34	1,437.81	25
J-4	1,410.41	1,437.30	27
J-5	1,422.74	1,482.84	60
J-6	1,425.00	1,483.84	59
J-7	1,370.11	1,409.48	39
J-8	1,370.16	1,409.26	39
J-12	1,372.30	1,405.55	33
J-13	1,373.03	1,407.99	35
J-14	1,354.09	1,396.83	43
J-15	1,353.44	1,396.02	42
J-16	1,361.21	1,408.94	48
J-18	1,369.11	1,409.77	41
J-19	1,447.16	1,486.30	39
J-20	1,447.73	1,485.52	38
J-21	1,328.96	1,364.43	35
J-22	1,332.26	1,365.81	33
J-24	1,375.56	1,408.96	33
J-25	1,374.76	1,408.24	33
J-28	1,354.85	1,403.04	48
J-35	1,357.76	1,405.42	48
J-37	1,396.51	1,438.33	42
J-38	1,398.46	1,439.62	41
J-39	1,367.85	1,413.14	45
J-40	1,369.45	1,412.55	43
J-41	1,417.97	1,470.57	52
J-42	1,418.03	1,471.04	53
J-45	1,343.17	1,392.86	50
J-47	1,364.00	1,414.07	50
J-48	1,404.95	1,451.21	46
J-50	1,445.00	1,473.14	28
J-51	1,415.81	1,471.38	55
J-53	1,395.83	1,435.48	40
J-55	1,437.60	1,486.31	49
J-62	1,468.36	1,493.04	25
J-64	1,436.30	1,486.99	51

Continuación del apéndice 2.

Nodo	Cota de terreno	Cota piezométrica	Presión m. c. a
J-65	1,417.15	1,444.81	28
J-67	1,403.26	1,452.77	49
J-68	1,403.80	1,460.68	57
J-69	1,433.55	1,490.36	57
J-73	1,393.78	1,441.57	48
J-74	1,397.53	1,445.83	48
J-75	1,347.95	1,394.13	46
J-78	1,351.83	1,398.51	47
J-79	1,390.64	1,434.05	43
J-81	1,429.22	1,480.11	51
J-82	1,431.59	1,478.64	47
J-83	1,456.85	1,491.13	34
J-84	1,462.15	1,491.65	29
J-85	1,464.86	1,492.53	28
J-90	1,447.09	1,483.01	36
J-94	1,366.84	1,407.81	41
J-96	1,452.48	1,484.60	32
J-98	1,371.59	1,408.76	37
J-99	1,397.37	1,444.93	47
J-100	1,395.41	1,447.18	52
J-102	1,341.70	1,369.93	28
J-104	1,382.36	1,428.26	46
J-105	1,384.01	1,429.53	45
J-106	1,370.85	1,411.91	41
J-107	1,366.21	1,411.42	45
J-109	1,430.22	1,489.16	59
J-110	1,428.77	1,479.89	51
J-111	1,428.23	1,483.39	55
J-115	1,431.09	1,488.71	58
J-116	1,431.72	1,489.80	58
J-117	1,450.85	1,490.51	40
J-120	1,375.63	1,411.15	35
J-122	1,454.54	1,482.75	28
J-124	1,410.47	1,466.31	56
J-125	1,389.08	1,431.73	43
J-126	1,389.67	1,433.27	44
J-132	1,428.05	1,486.72	59
J-133	1,428.33	1,482.65	54
J-134	1,364.08	1,410.79	47
J-136	1,432.12	1,476.52	44

Continuación del apéndice 2.

Nodo	Cota de terreno	Cota piezométrica	Presión m. c. a
J-138	1,444.30	1,484.51	40
J-139	1,392.91	1,434.80	42
J-140	1,412.98	1,473.72	61
J-142	1,446.39	1,491.08	45
J-144	1,383.83	1,429.28	45
J-145	1,410.54	1,467.67	57
J-146	1,440.77	1,492.67	52
J-148	1,385.56	1,431.80	46
J-150	1,445.96	1,487.10	41
J-151	1,355.57	1,405.86	50
J-152	1,380.90	1,407.22	26
J-153	1,357.38	1,405.80	48
J-156	1,387.45	1,435.02	47
J-159	1,306.81	1,362.43	56
J-160	1,380.49	1,404.40	24
J-162	1,463.85	1,494.84	31
J-163	1,375.23	1,420.72	45
J-170	1,395.34	1,429.84	34

Nota. La presión en los nodos y la cota piezométrica que se presenta en los distintos puntos a lo largo de la red ayudan a escoger la tubería adecuada para soportar la presión de trabajo.
Elaboración propia, realizado con Watercad y Excel.

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis bacteriológico

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 40 423		Nro. 10550 Ref. Nro. 1-366172	
INTERESADO: DIRGO ANDRES DE LIRON ROBLEDO. Registro académico 2015 13745 CUIL 29900769910101		PROYECTO: EPS: "DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSE EL TABLON, VILLA CANALES, GUATEMALA"	
MUESTRA RECOLECTADA POR: Interesado		DEPENDENCIA: Facultad de Ingeniería/USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: Aldea San José El Tablón		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2020-02-03, 15 h 35 min.	
FUENTE: Tanque de almacenamiento Aguacate		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2020-02-04, 07 h 49 min.	
MUNICIPIO: Villa Canales		CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeración	
DEPARTAMENTO: Guatemala			
SABOR: -----		SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN -----	
ASPECTO: Claro		CLORO RESIDUAL -----	
OLOR: Inodoro			
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00cm ³	+++++	+++++	++++
01,00cm ³	+++++	+++++	+++ + -
00,10 cm ³	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		> 1 600	130
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29 001.			
Guatemala, 2020-02-11			
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CI/USAC		INVESTIGACIONES DE INGENIERIA LABORATORIO UNIFICADO DE MICROBIOLOGIA DRA. ALBA TINA MOLINA Ing. Químico Col. No. 100 MSc. En Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio USAC GUATEMALA	
<small>FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –</small> <small>Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12</small> <small>Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121</small> <small>Página web: http://ci.usac.edu.gt</small>			

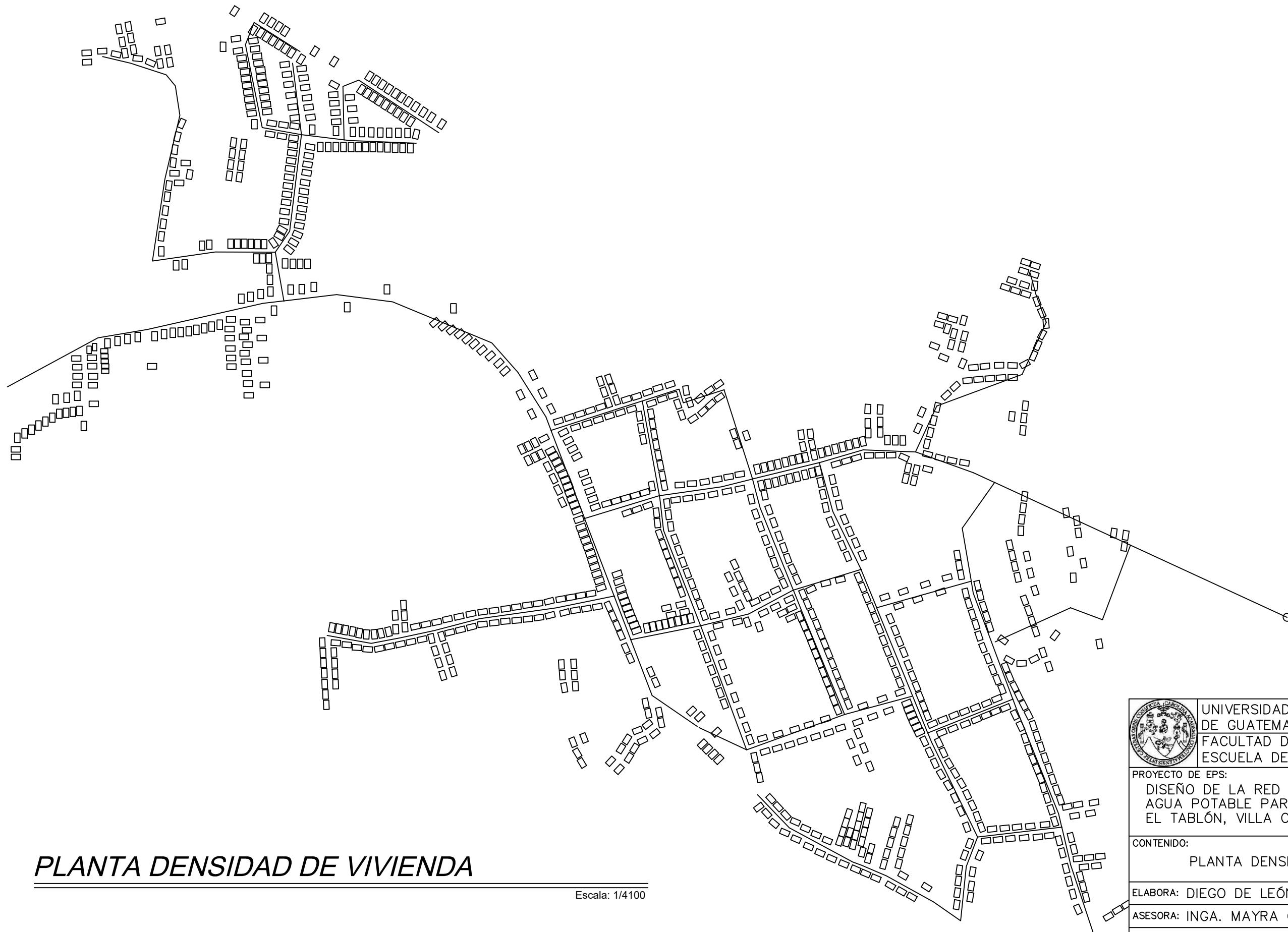
Nota. Este análisis determina la calidad del agua mediante parámetros establecidos. Obtenido del Centro de Investigaciones de Ingeniería con muestras tomadas en la aldea San José El Tablón. (2020). Norma COGUANOR NTG 29001. CII.

Anexo 2.

Análisis Fisicoquímico Sanitario

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO	
O.T. No. 40 423		INF. No. 27 927 No. 10549	
INTERESADO: DIEGO ANDRES DE LEON ROBLEDO Registro académico 2015 13745 CUI 2990 76091 0101		PROYECTO: EPS: "DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA"	
RECOLECTADA POR: Interesado		DEPENDENCIA: Facultad de Ingeniería/USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: Aldea San José El Tablón		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2020-02-03, 15 h 35 min.	
FUENTE: Tanque de almacenamiento Aguacate		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB: 2020-02-04, 07 h 49 min.	
MUNICIPIO: Villa Canales		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración	
DEPARTAMENTO: Guatemala			
RESULTADOS			
1. ASPECTO:	Clara	4. OLOR:	Inodora
2. COLOR:	12,00 Unidades	5. SABOR:	-----
3. TURBIEDAD:	00,22 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH):	06,51 unidades
		7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	- -°C
		8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	219,00 μmhos/cm
		9. SÓLIDOS DISUELVTOS:	116,00 mg/L
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. CALCIO (Ca)	39,00	6. CLORUROS (Cl ⁻)	10,00
2. NITRITOS (NO ₂)	0,004	7. MAGNESIO (Mg ²⁺)	07,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	14,00	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	02,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe ²⁺)	00,02
5. MANGANEZO (Mn)	00,006	10. DUREZA TOTAL	126,00
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	90,00	90,00
OTRAS DETERMINACIONES			
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista fisico químico sanitario: COLOR, DUREZA en Límites Máximos Permisibles Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29 001.			
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21 ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.			
Guatemala, 2020-02-11			
Vo.Bo. INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES DIRECTORA CII/USAC			
FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC - Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Ext. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt			

Nota. Este análisis determina la calidad del agua mediante parámetros establecidos. Obtenido del Centro de Investigaciones de Ingeniería con muestras tomadas en la aldea San José El Tablón. (2020). Norma COGUANOR NTG 29001. CII.



PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

Escala: 1/4100



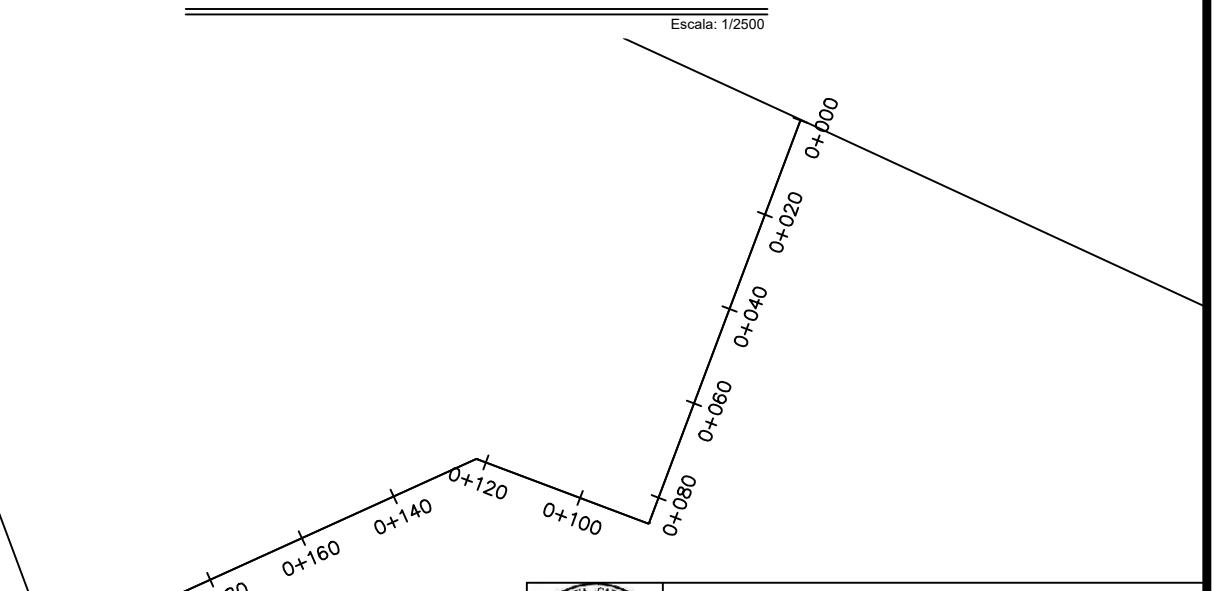
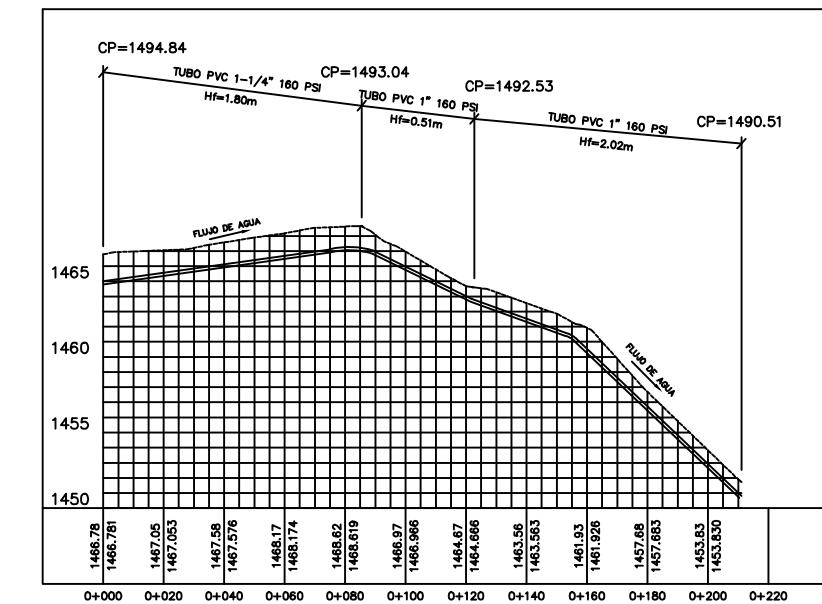
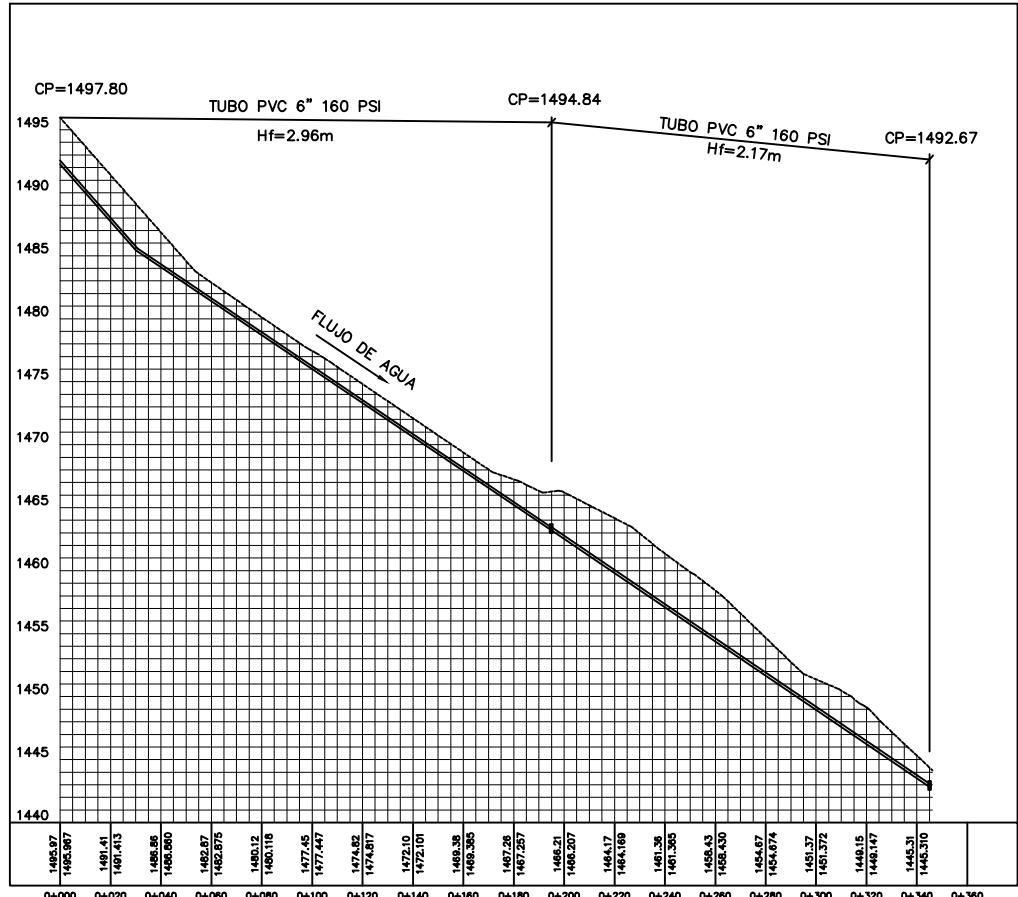
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

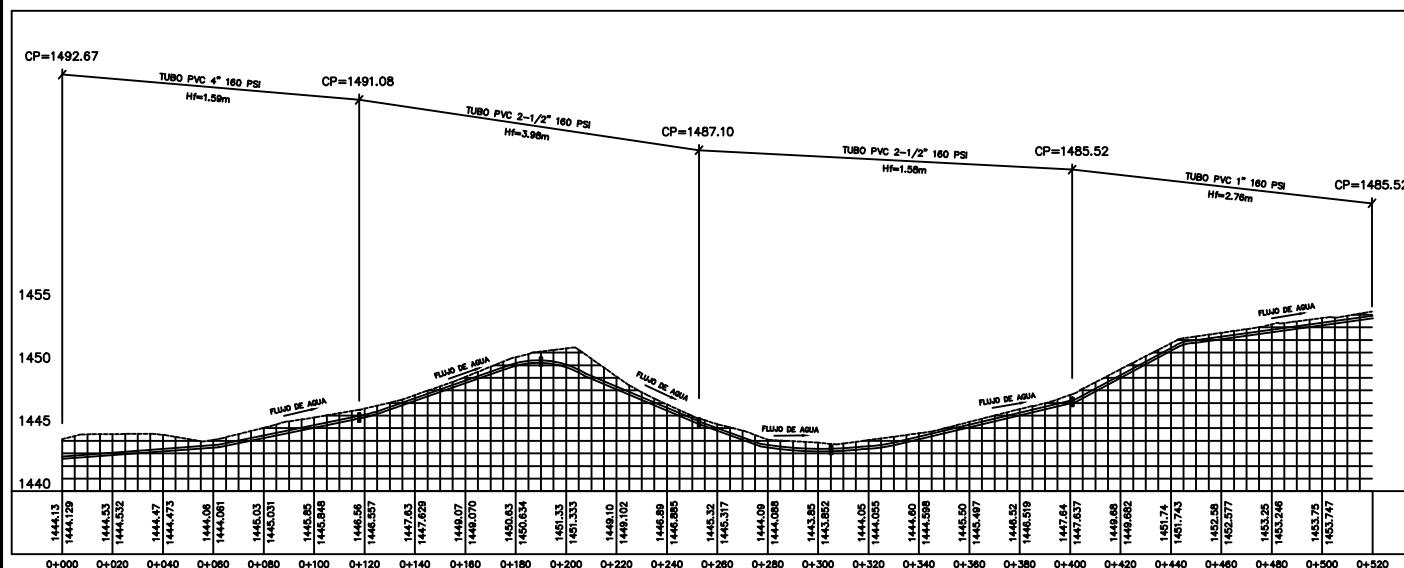
CONTENIDO:
PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: JUNIO 2023
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA PLANO:
1/21

ESCALA: INDICADA

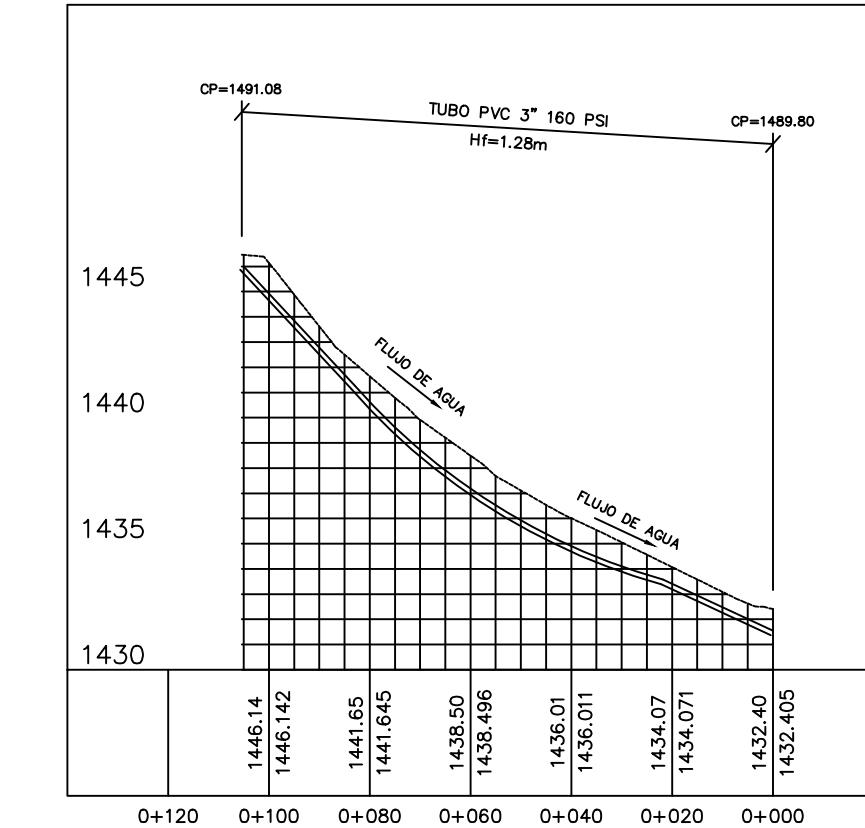


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE EPS:	DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA
CONTENIDO:	PLANTA – PERFIL TRAMO 1 Y 2
ELABORA:	DIEGO DE LEÓN
FECHA:	JUNIO 2023
ASESORA:	INGA. MAYRA GARCÍA
PLANO:	2/21
ESCALA:	INDICADA
Vo.Ba. PROFESIONAL	



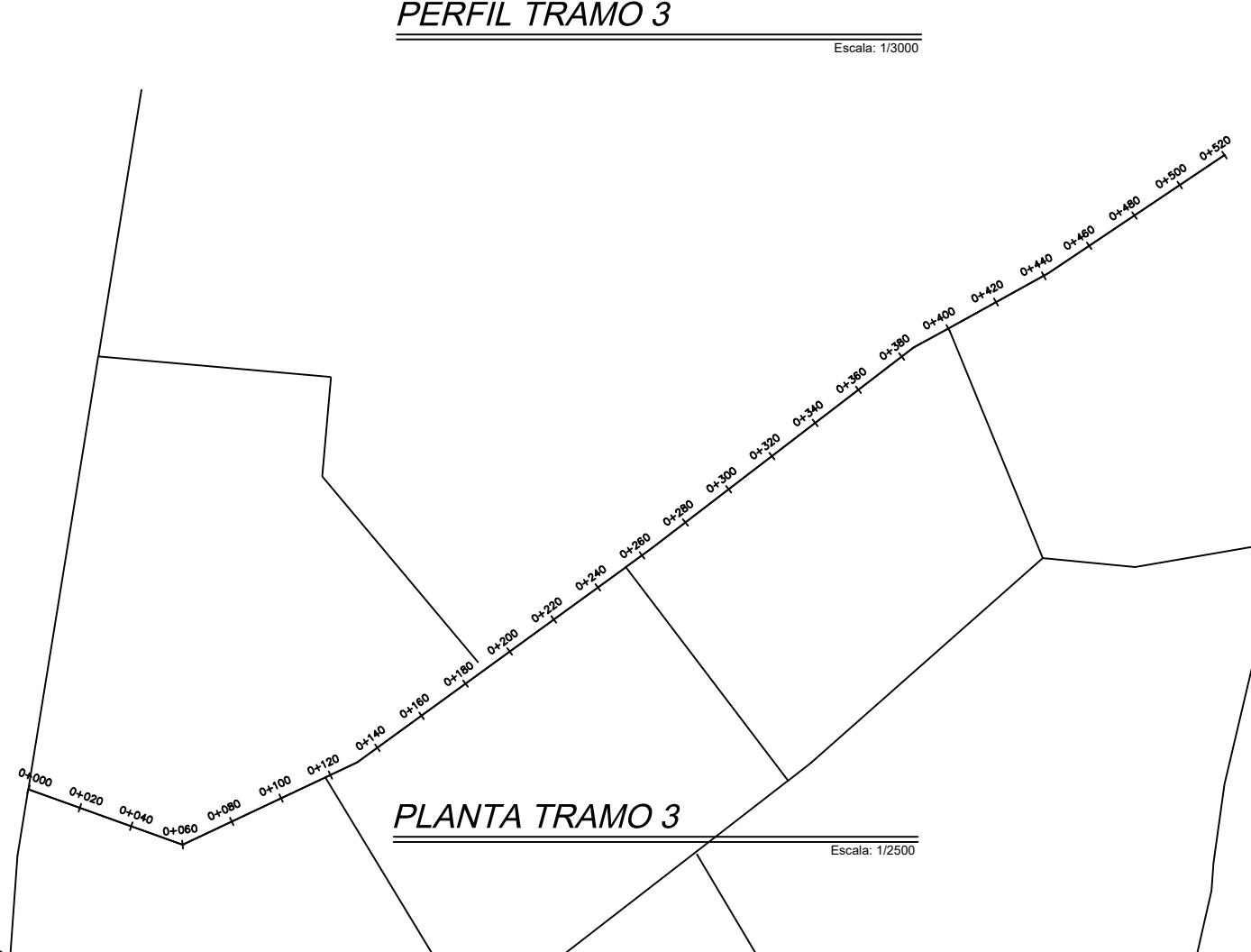
PERFIL TRAMO 3

Escala: 1/3000



PERFIL TRAMO 4

Escala: 1/1500



PLANTA TRAMO 3

Escala: 1/2500

PLANTA TRAMO 4

Escala: 1/1000



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

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:

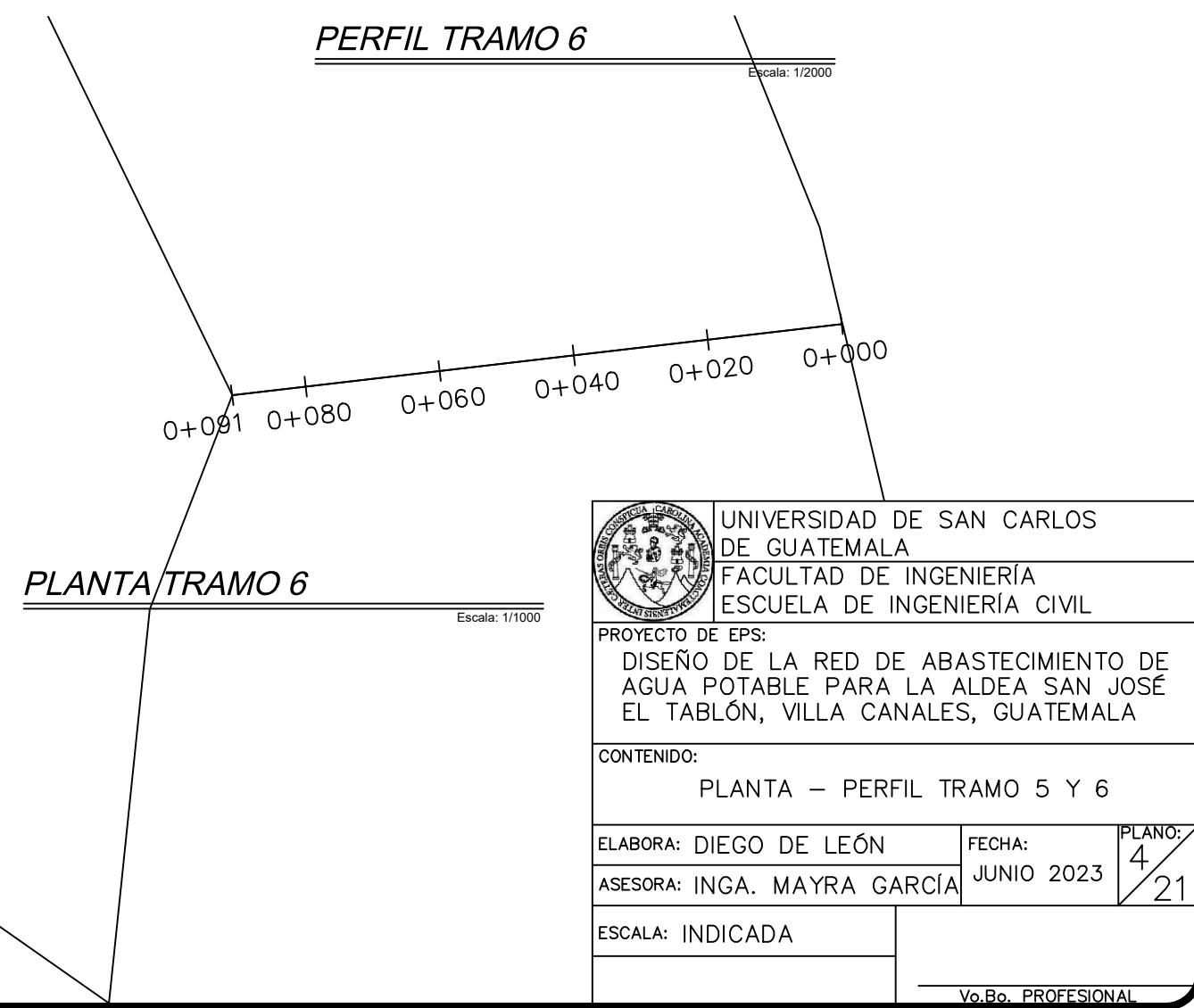
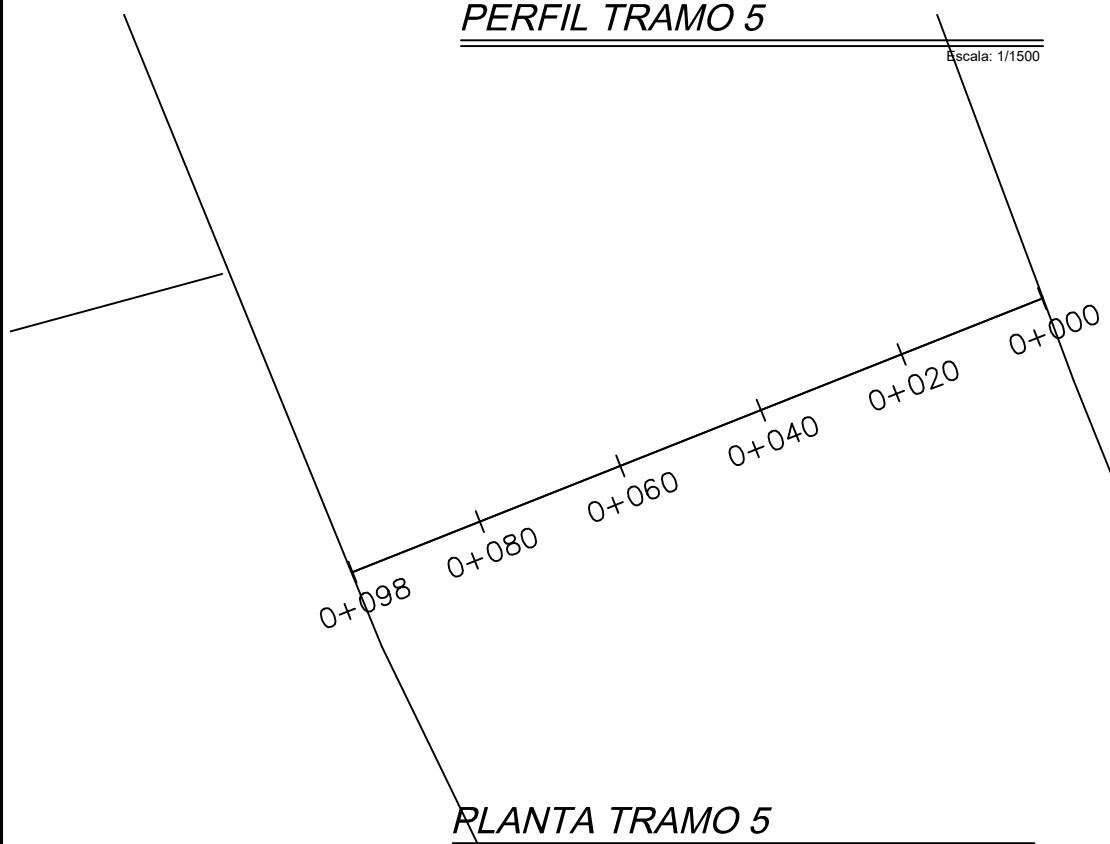
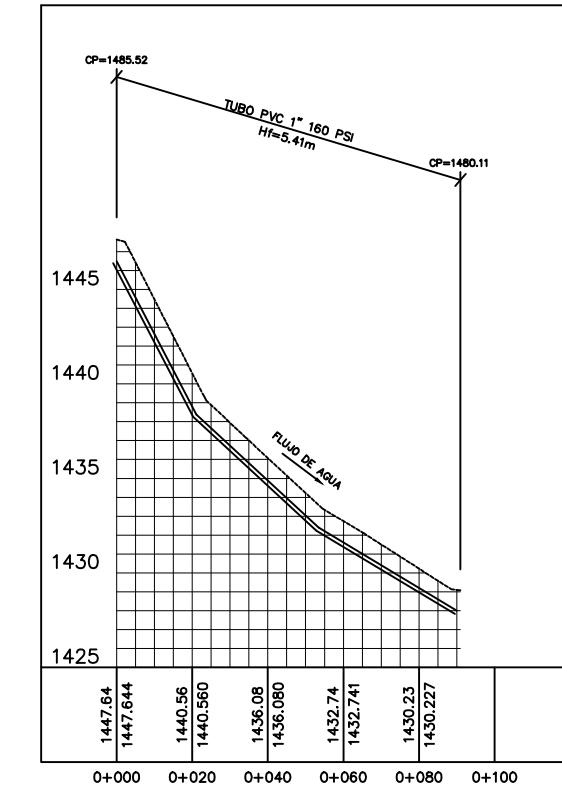
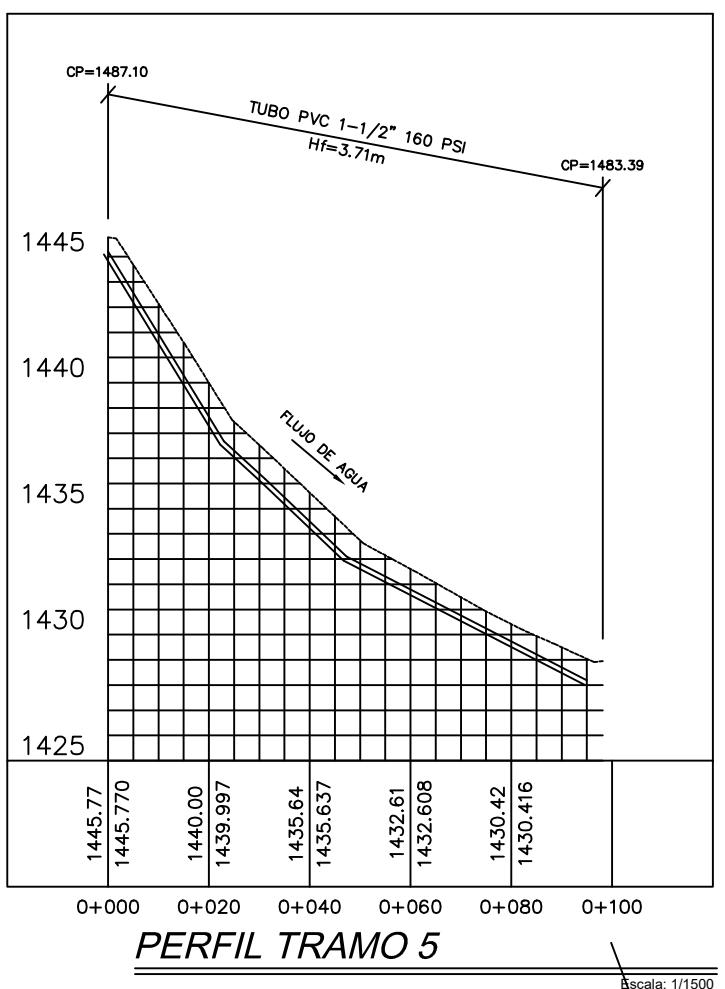
PLANTA – PERFIL TRAMO 3 Y 4

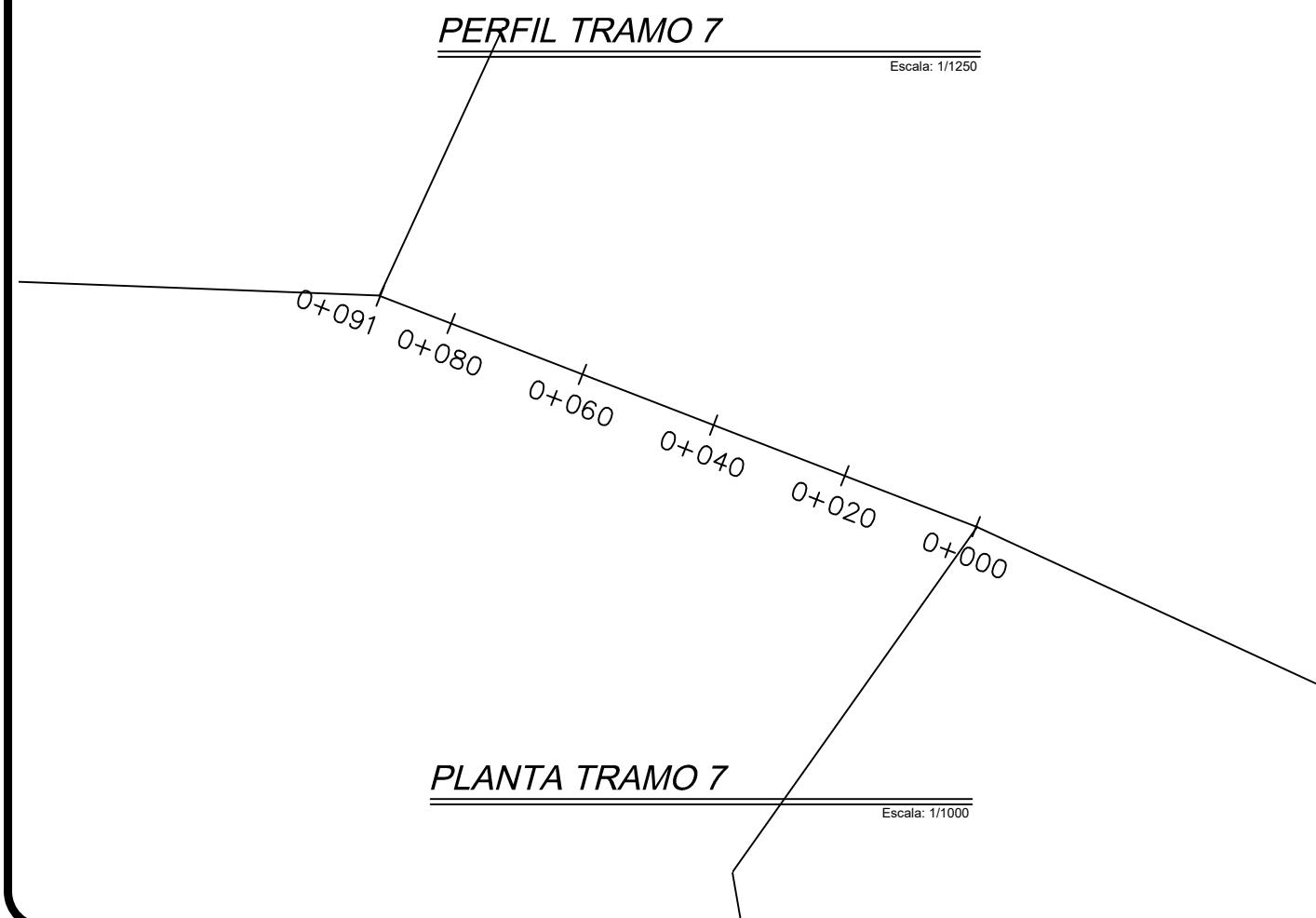
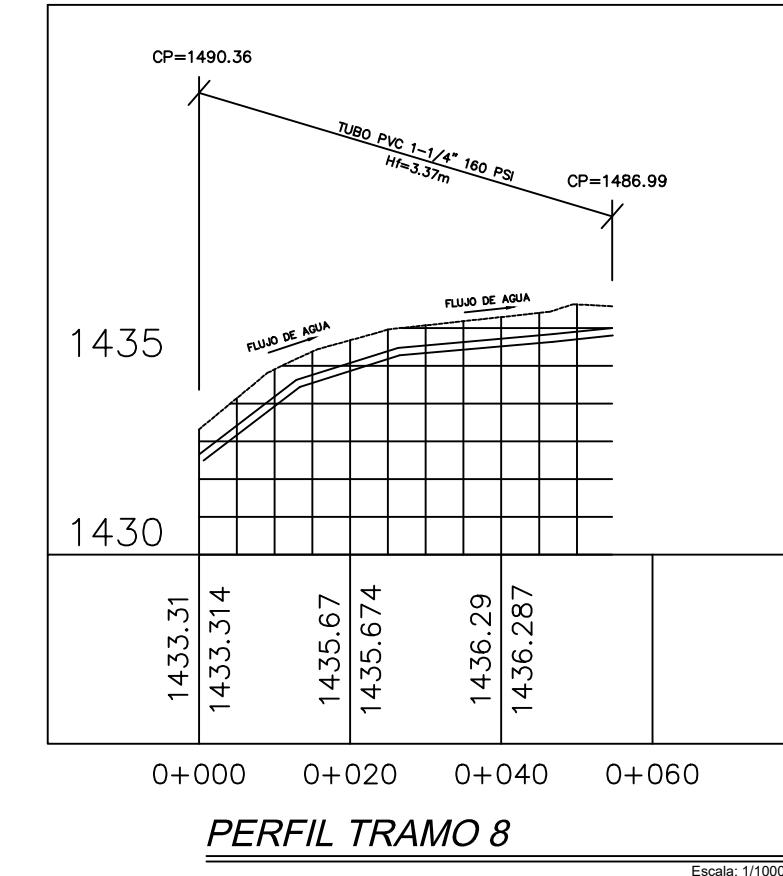
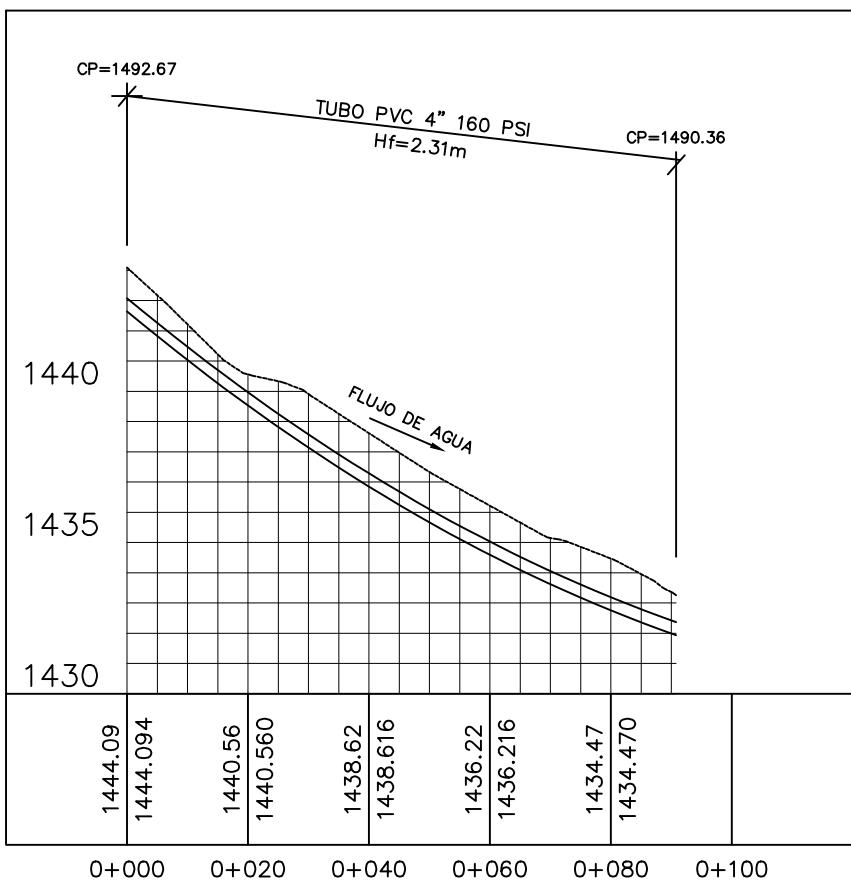
ELABORA: DIEGO DE LEÓN
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA: JUNIO 2023
PLANO: 3/21

ESCALA: INDICADA

Vo.B. PROFESIONAL





0+000 0+020 0+040 0+055

PLANTA TRAMO 8



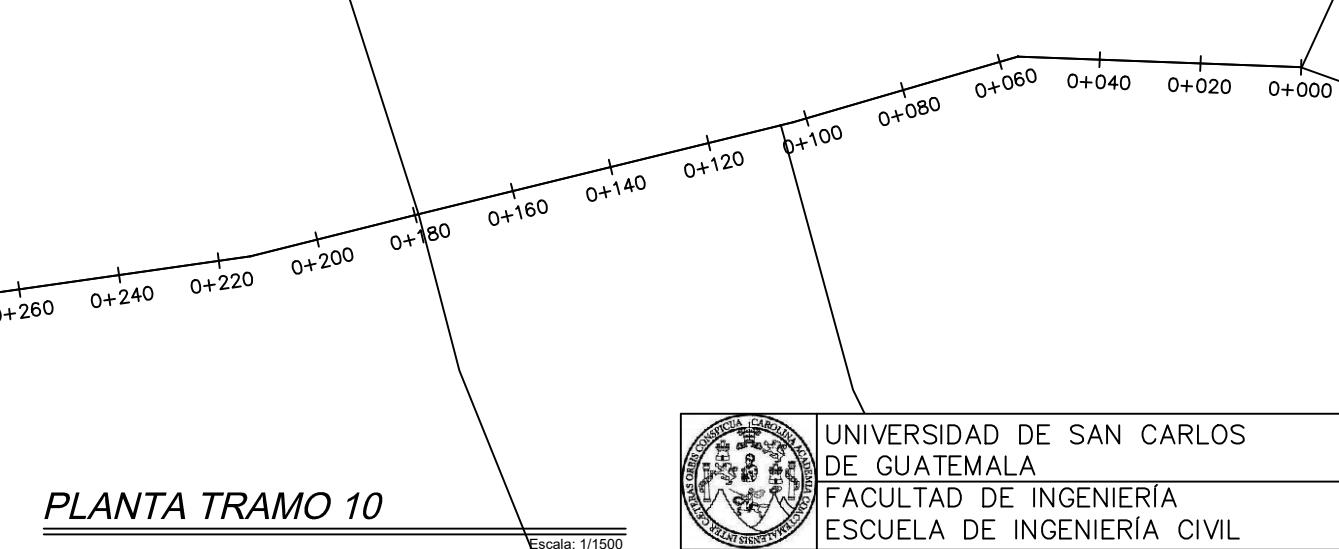
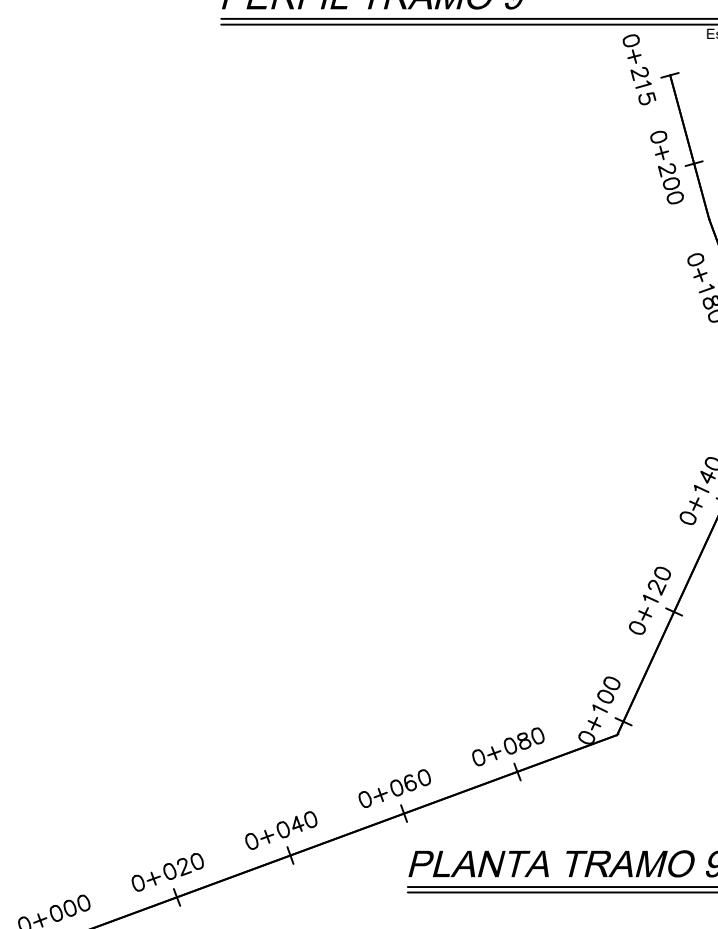
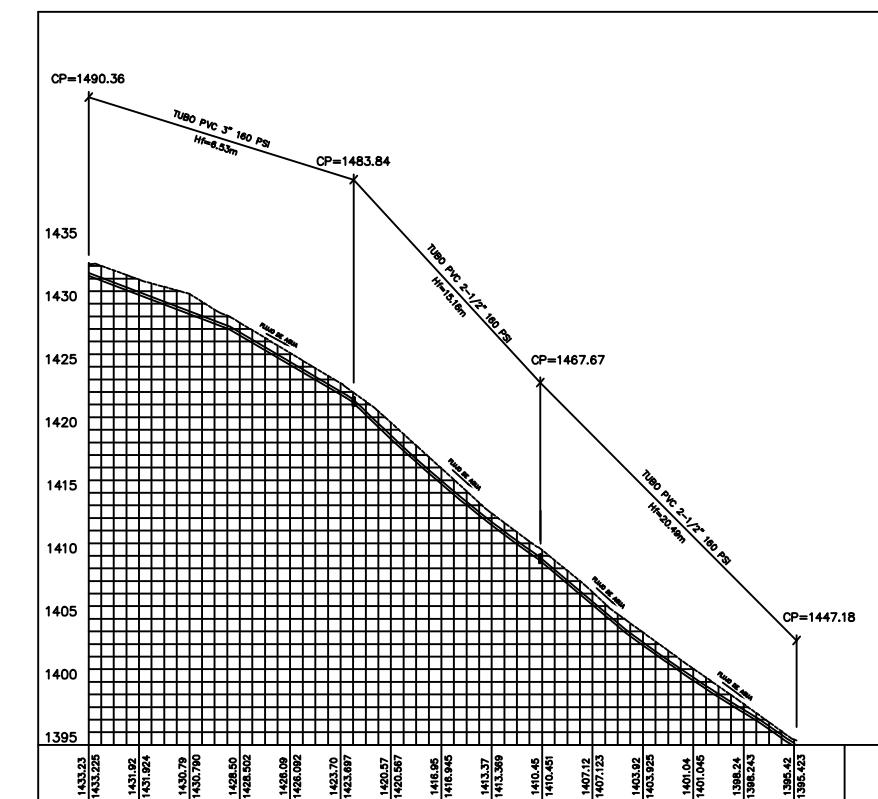
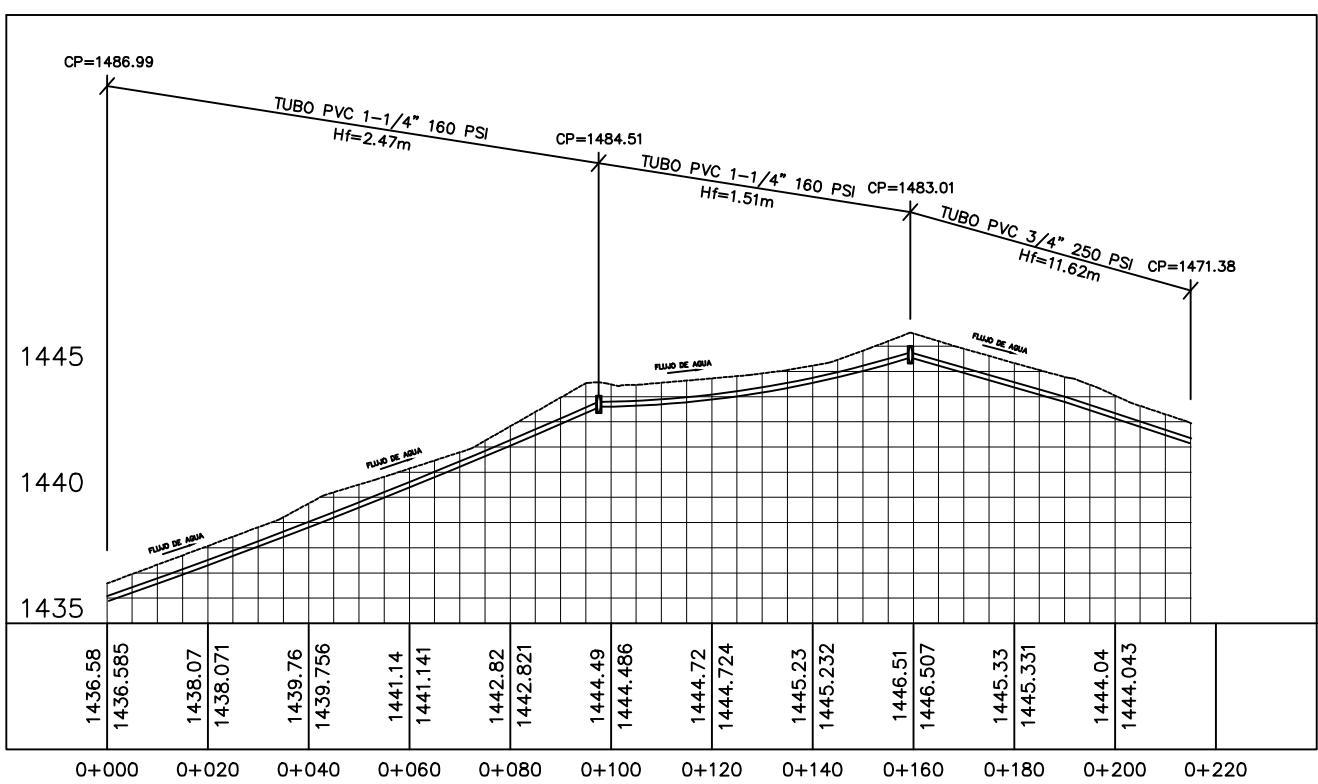
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 7 Y 8

ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: **PLANO:**
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA **JUNIO 2023** **5**
21

ESCALA: INDICADA



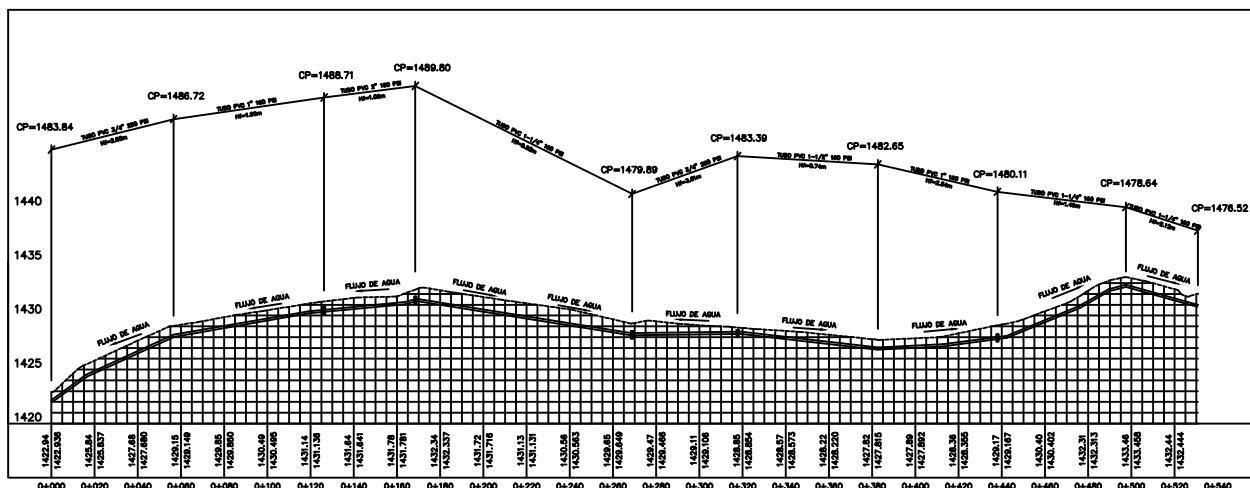
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 9 Y 10

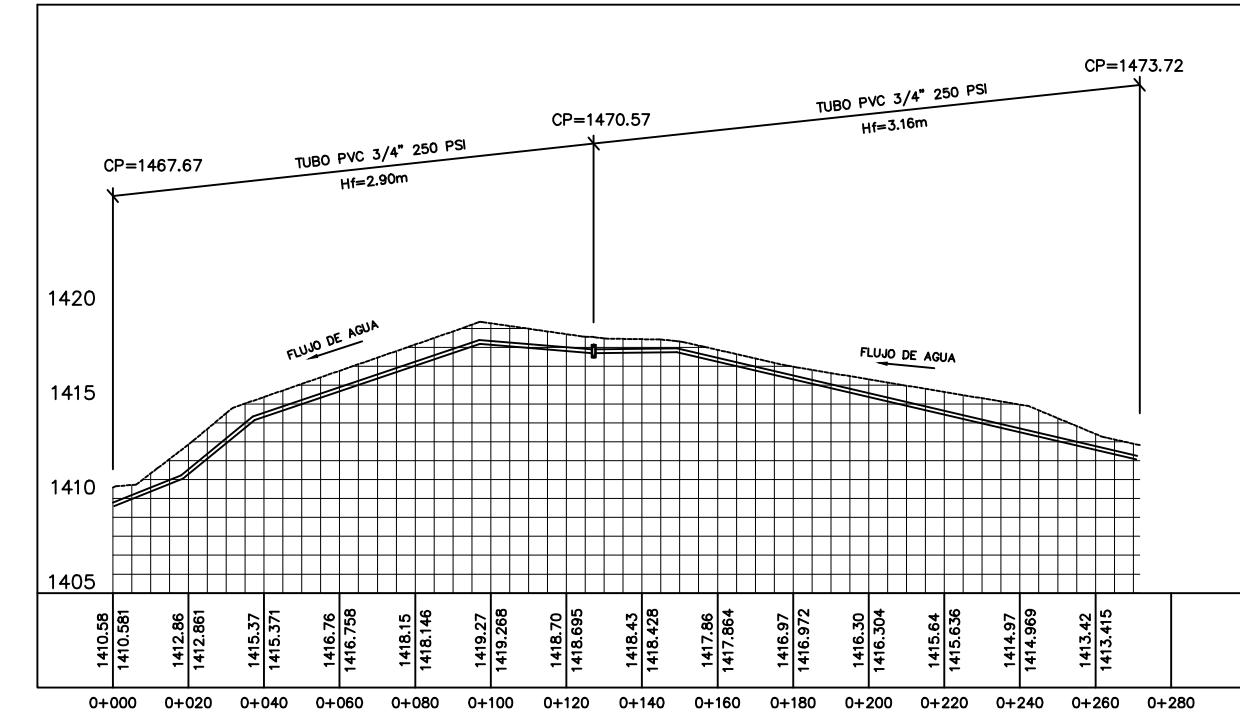
ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: JUNIO 2023
PLANO: 6/21
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA

ESCALA: INDICADA
Vo.Ba. PROFESIONAL



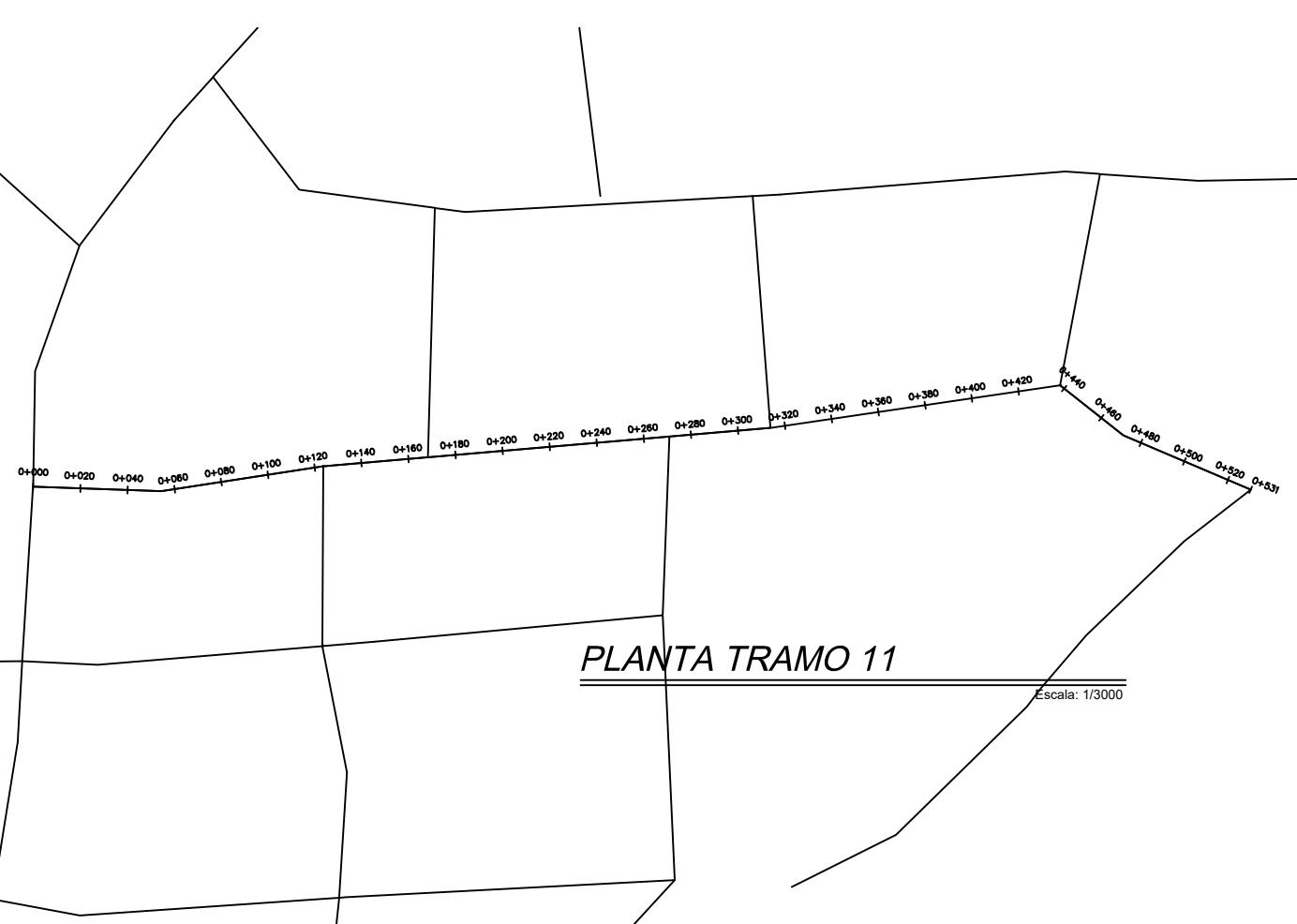
PERFIL TRAMO 11

Escala: 1/3500



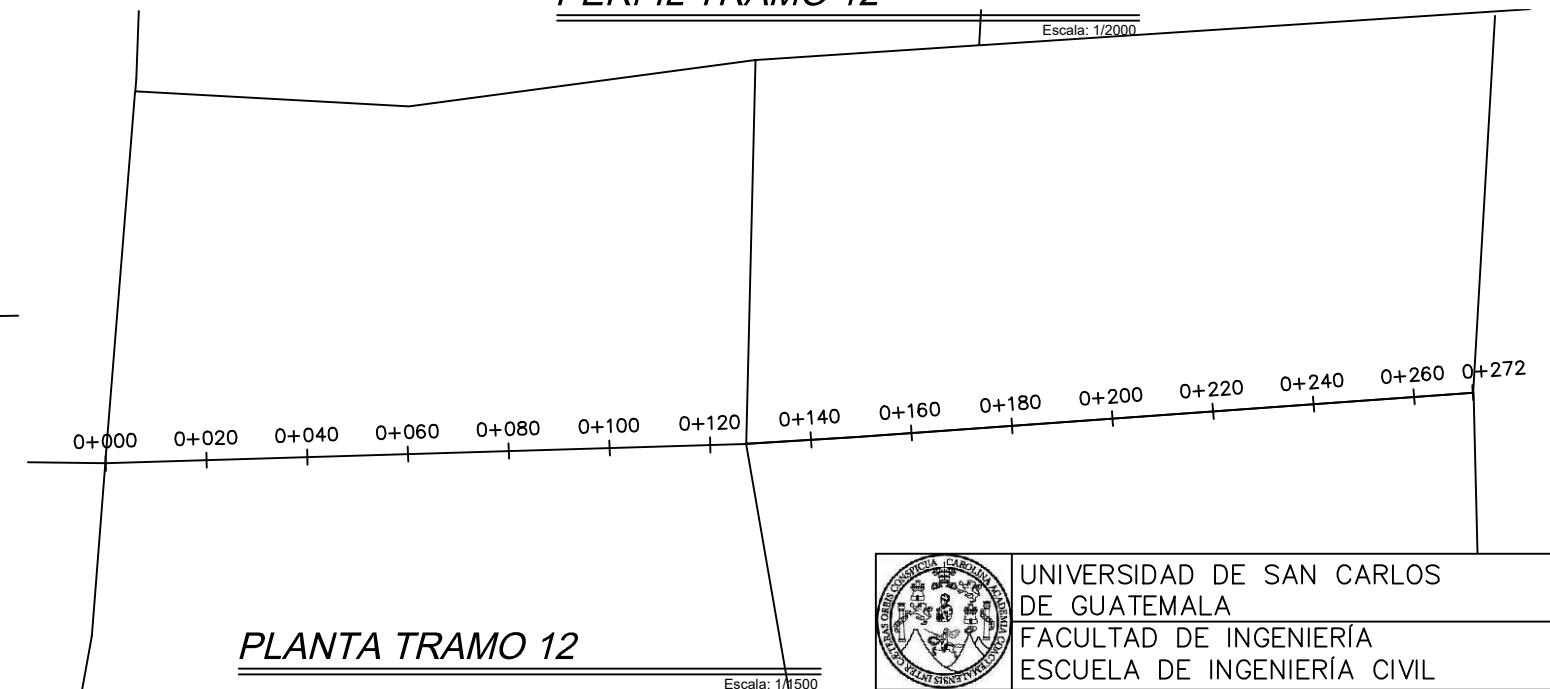
PERFIL TRAMO 12

Escala: 1/2000



PLANTA TRAMO 11

Escala: 1/3000



PLANTA TRAMO 12

Escala: 1/1500



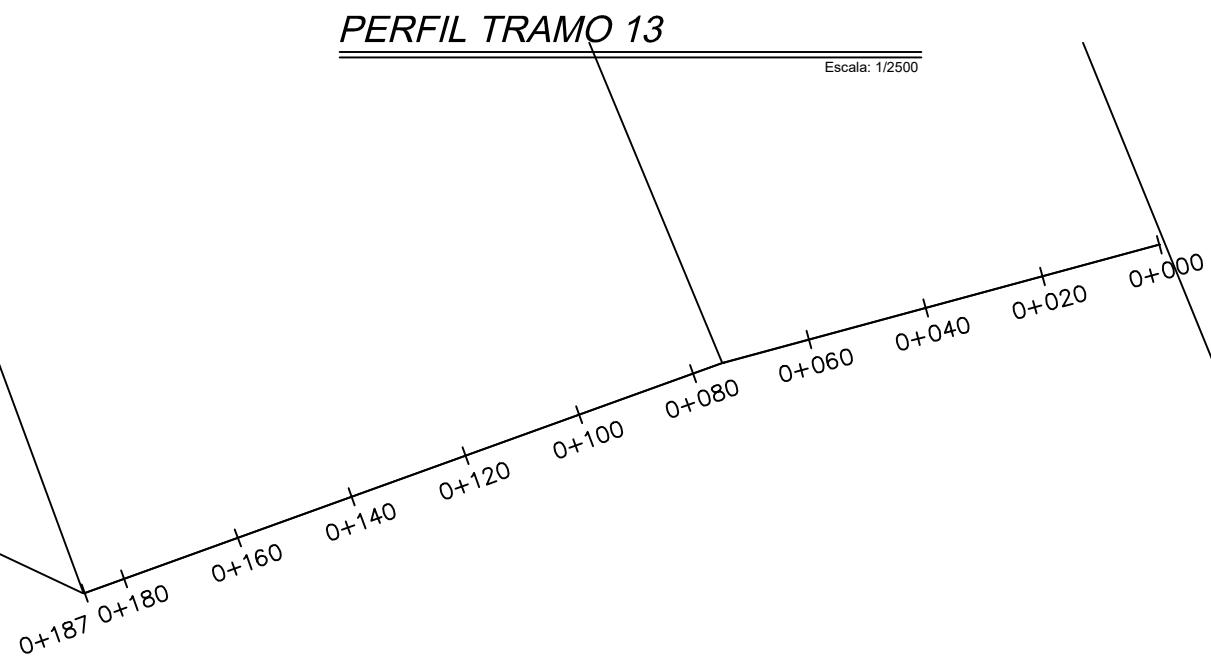
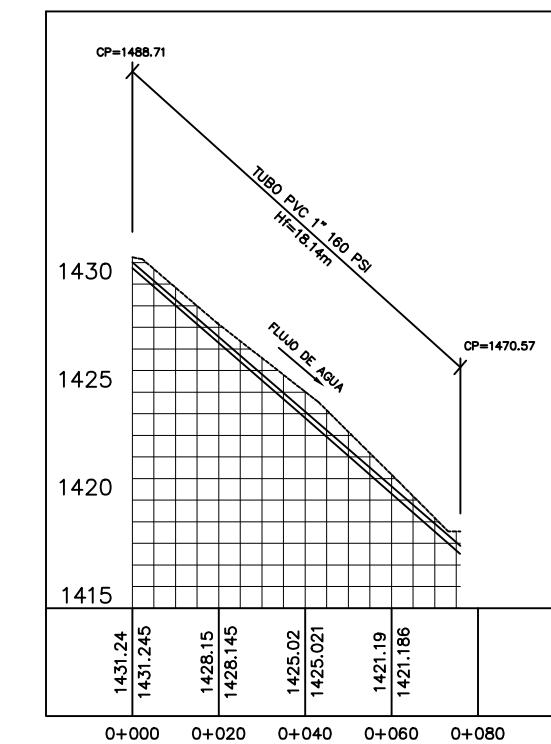
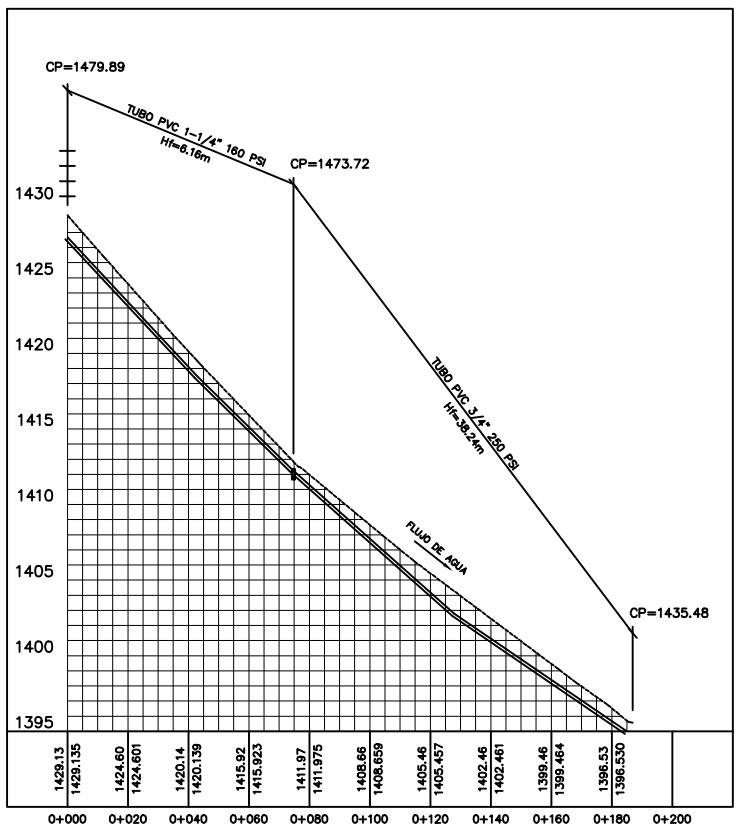
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

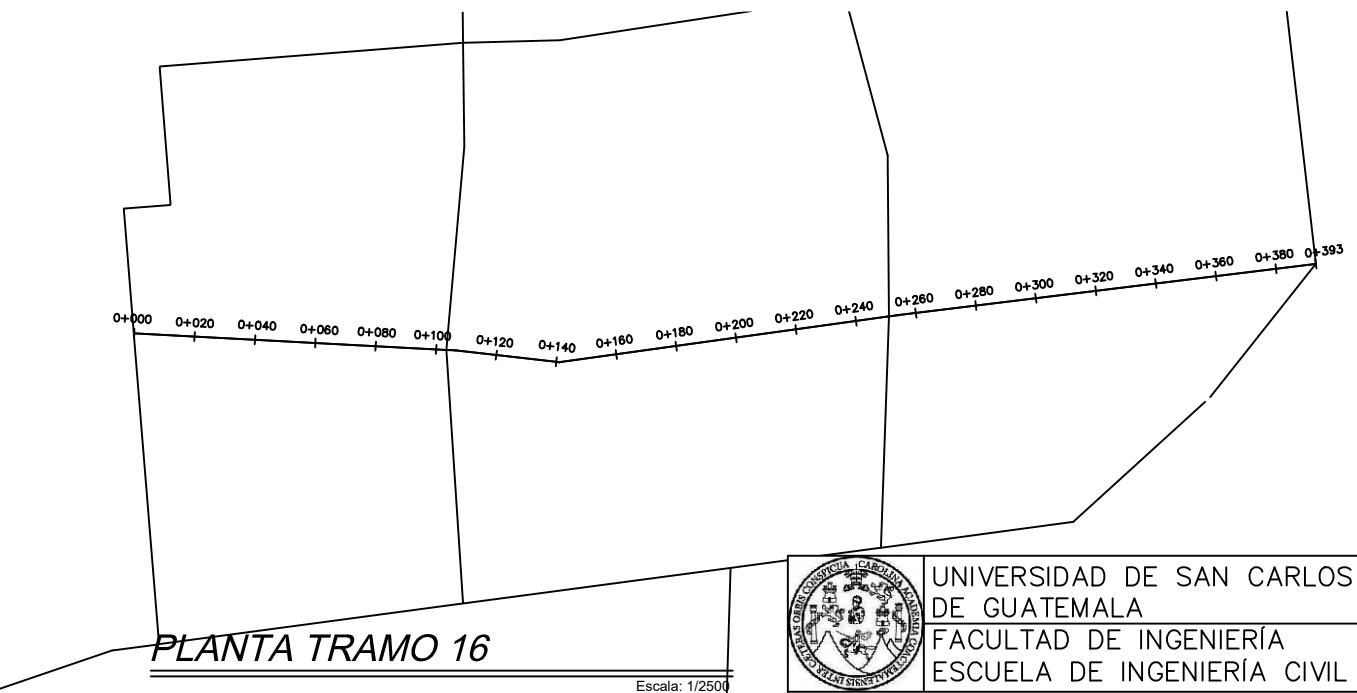
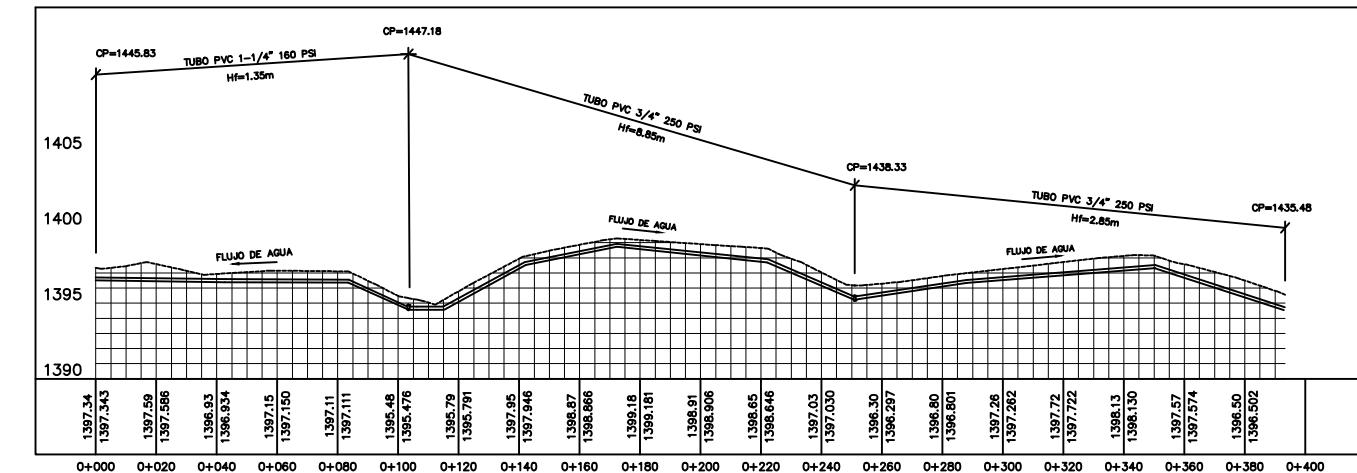
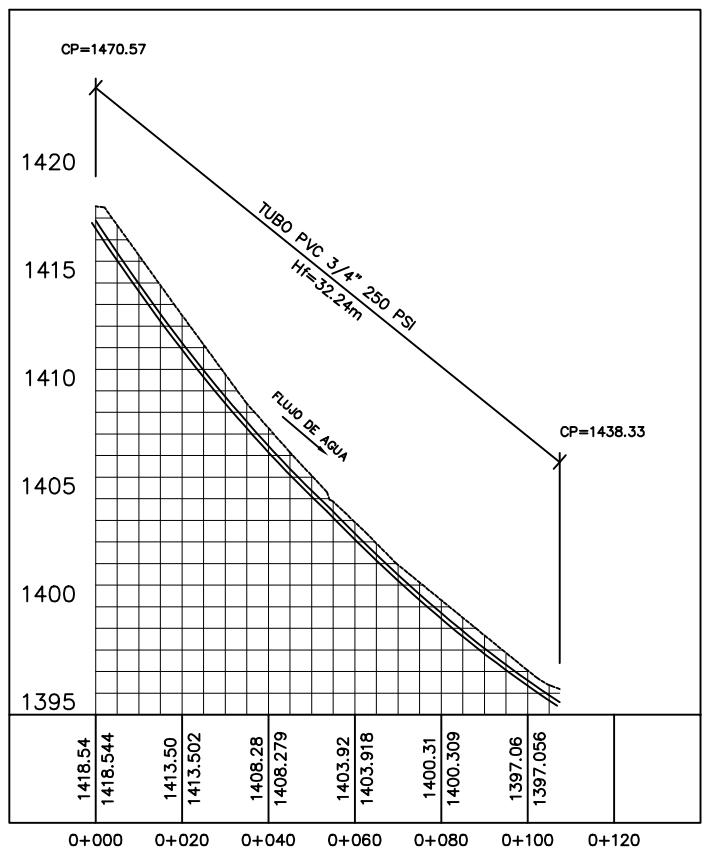
PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 11 Y 12

ELABORA: DIEGO DE LEÓN	FECHA: JUNIO 2023	PLANO: 7/21
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA		

ESCALA: INDICADA	
	Vo.Ba. PROFESIONAL





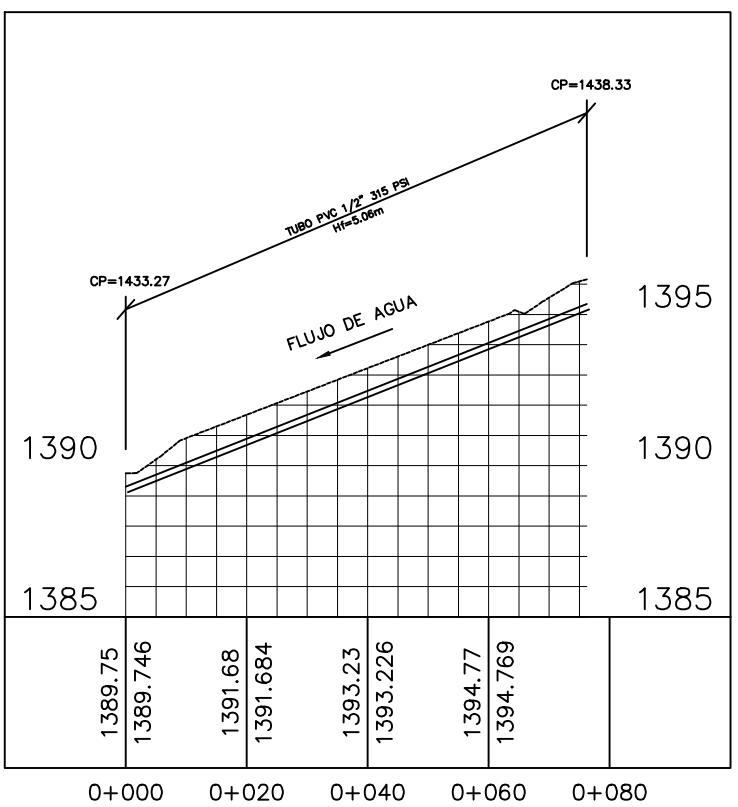
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 15 Y 16

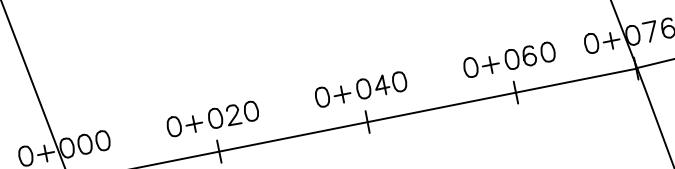
ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: PLANO:
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA JUNIO 2023 9/21

ESCALA: INDICADA



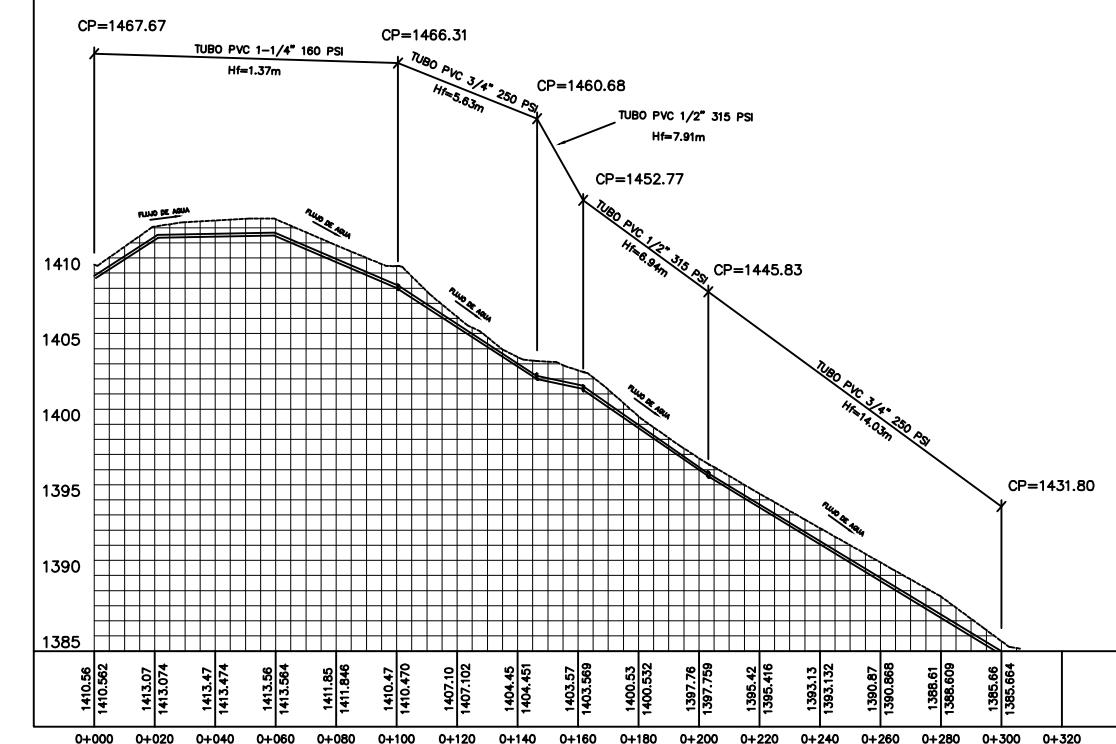
PERFIL TRAMO 17

Escala: 1/1250



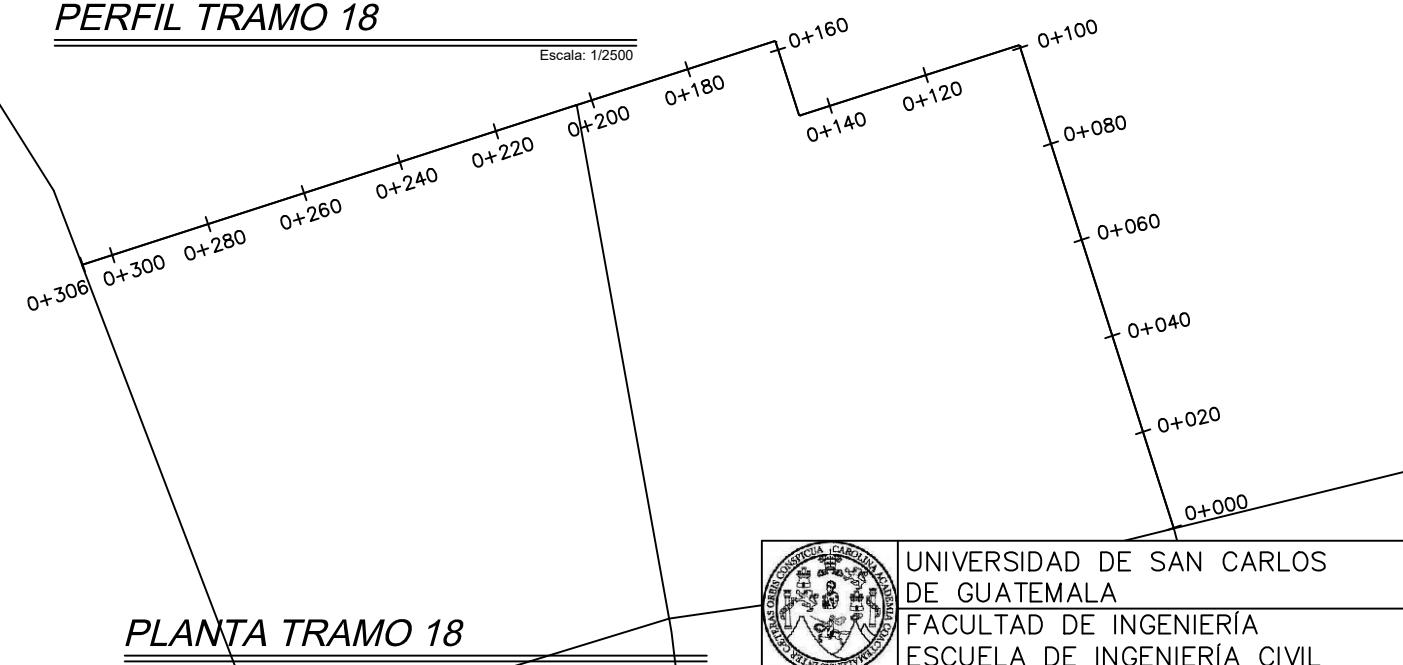
PLANTA TRAMO 17

Escala: 1/1000



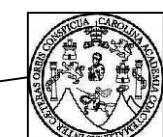
PERFIL TRAMO 18

Escala: 1/2500



PLANTA TRAMO 18

Escala: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

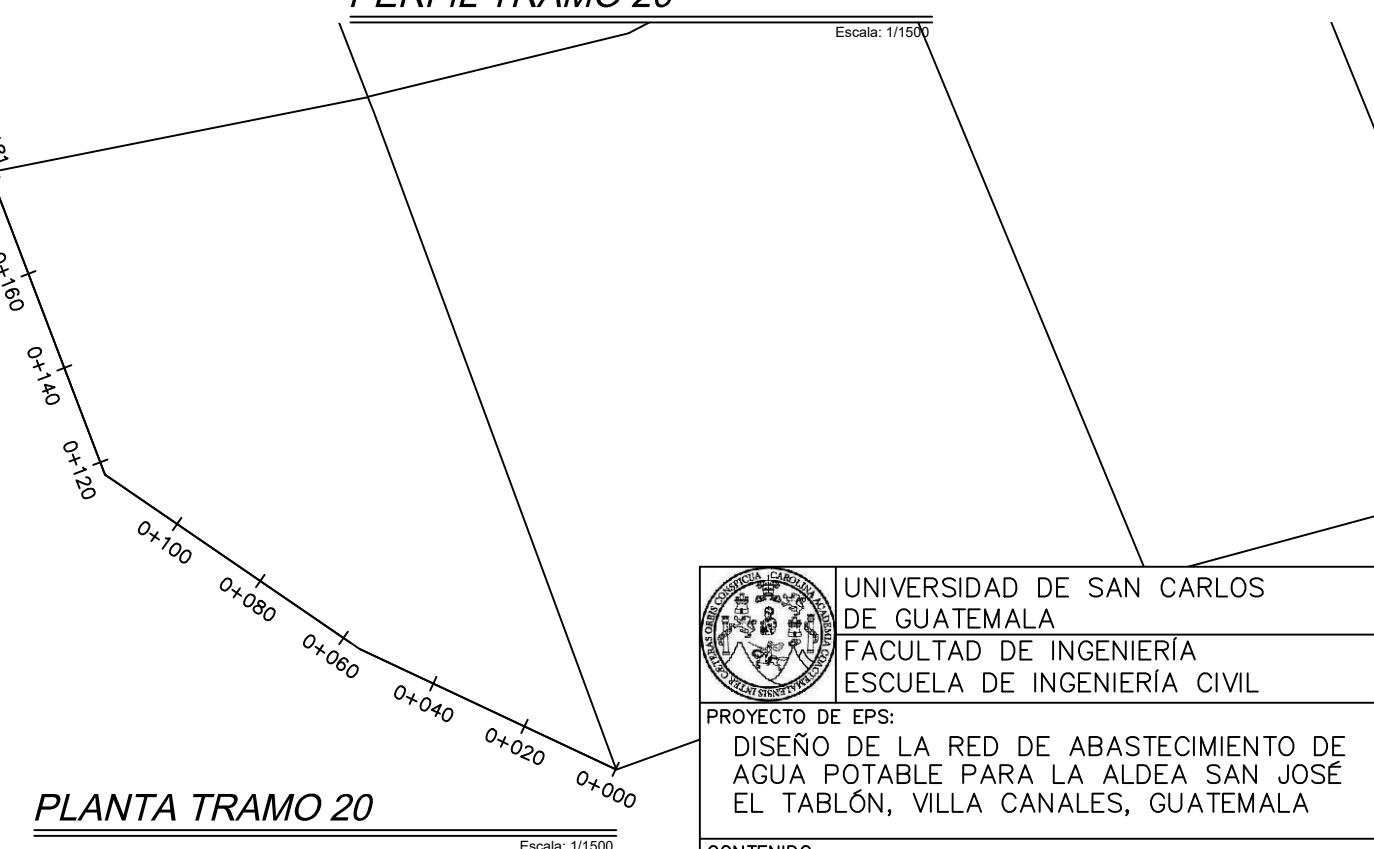
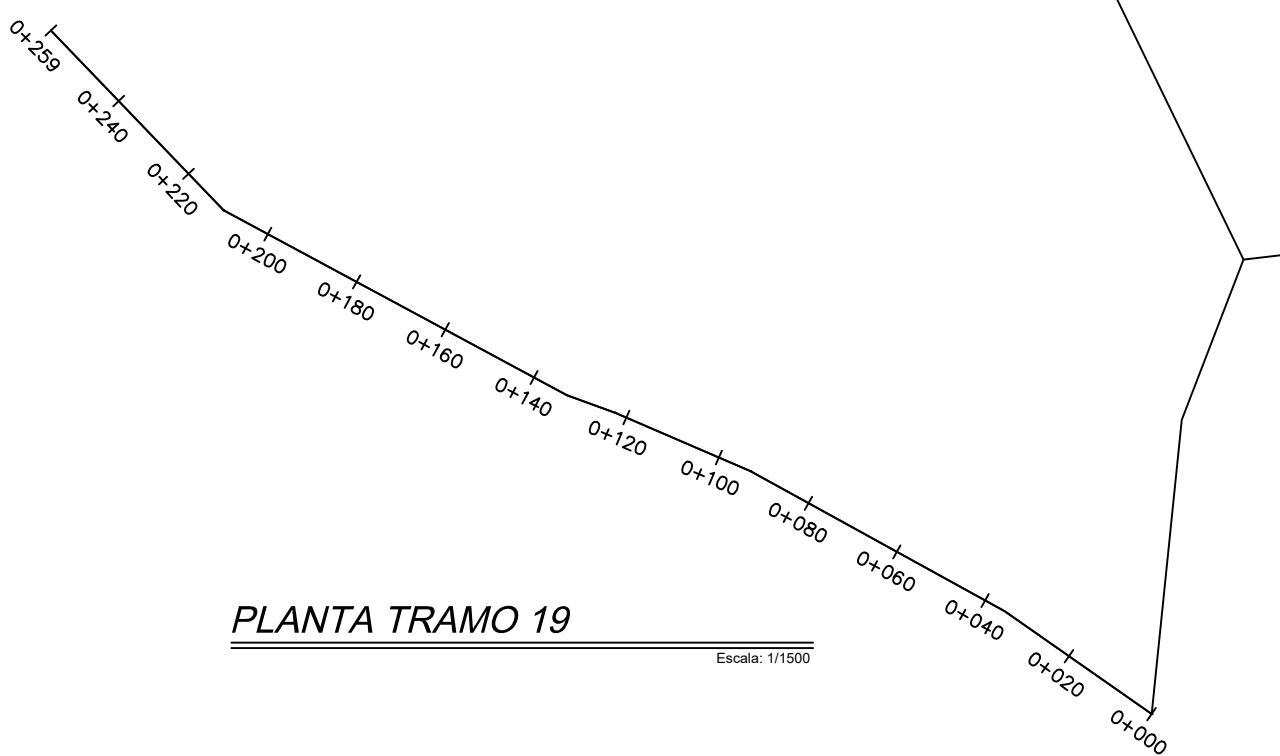
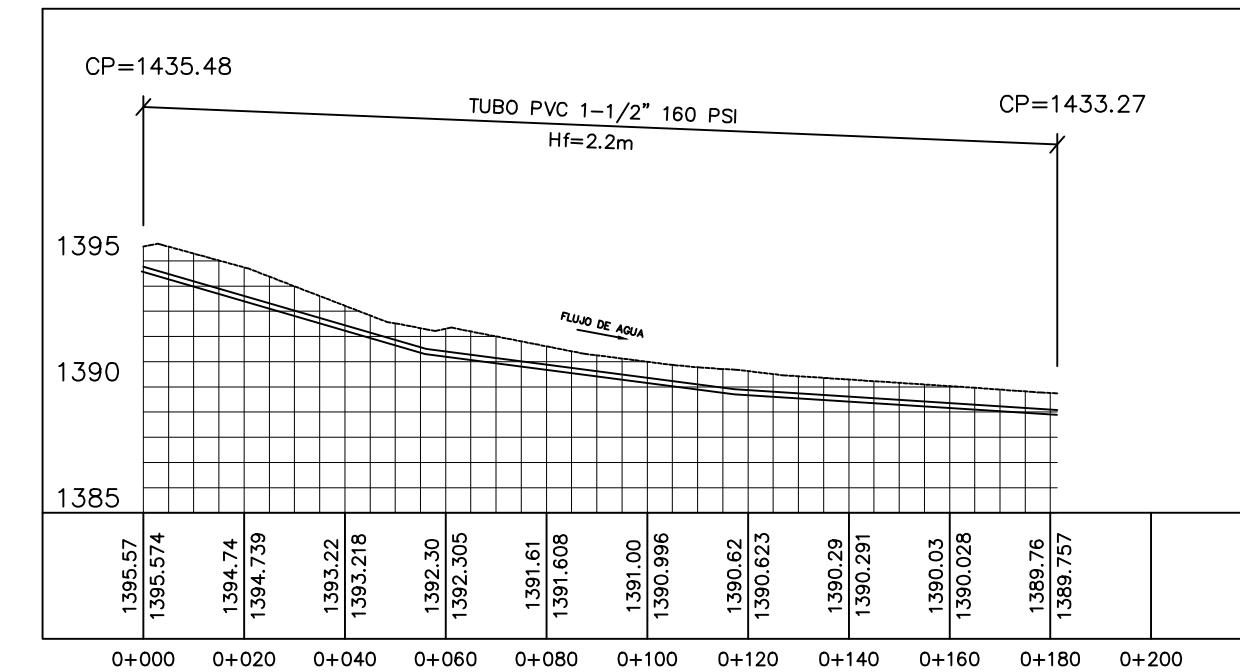
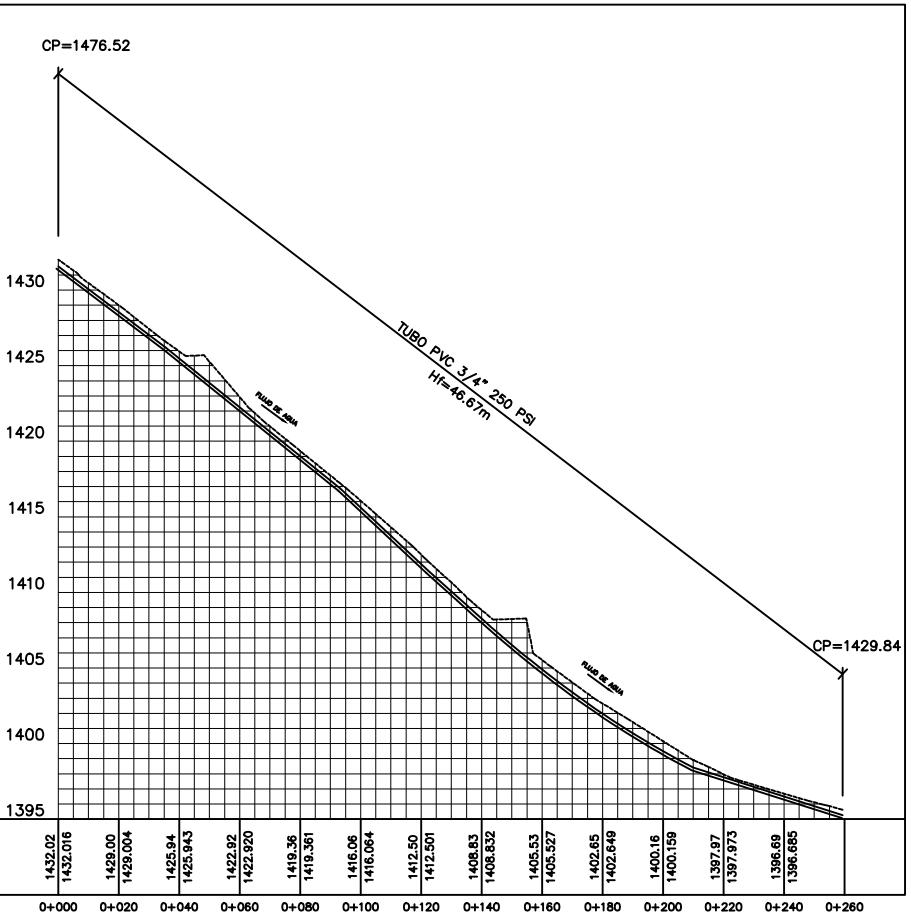
CONTENIDO:

PLANTA – PERFIL TRAMO 17 Y 18

ELABORA: DIEGO DE LEÓN
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA: JUNIO 2023
PLANO: 10/21

ESCALA: INDICADA

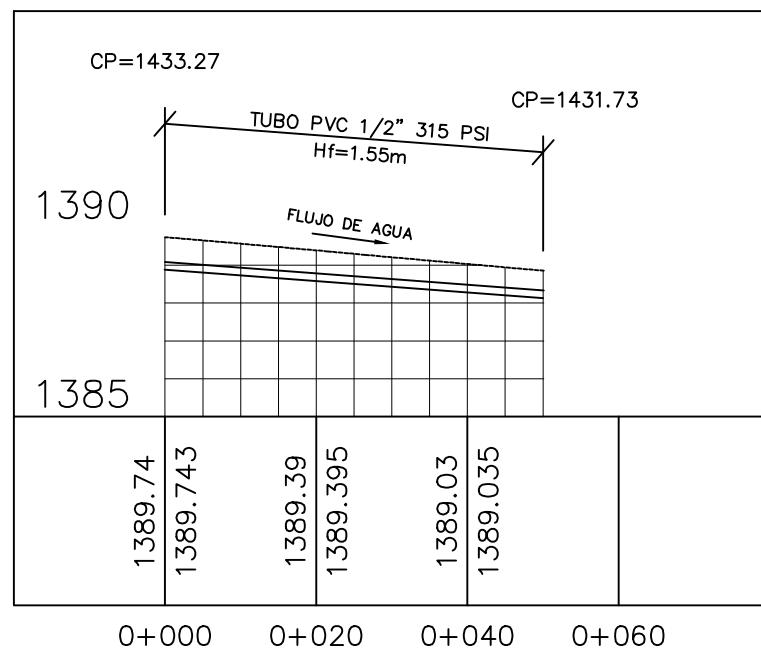


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 19 Y 20

ELABORA: DIEGO DE LEÓN	FECHA: JUNIO 2023	PLANO: 11/21
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA		
ESCALA: INDICADA		



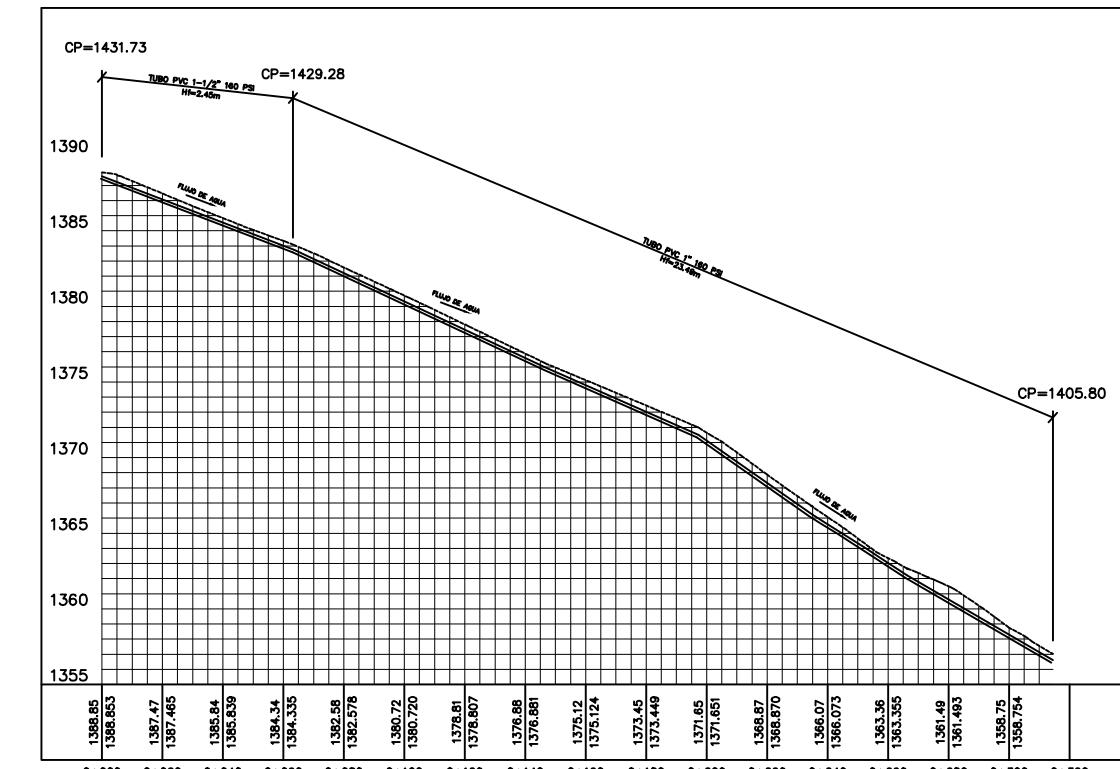
PERFIL TRAMO 21

Escala: 1/1000

0+050 0+040 0+020 0+000

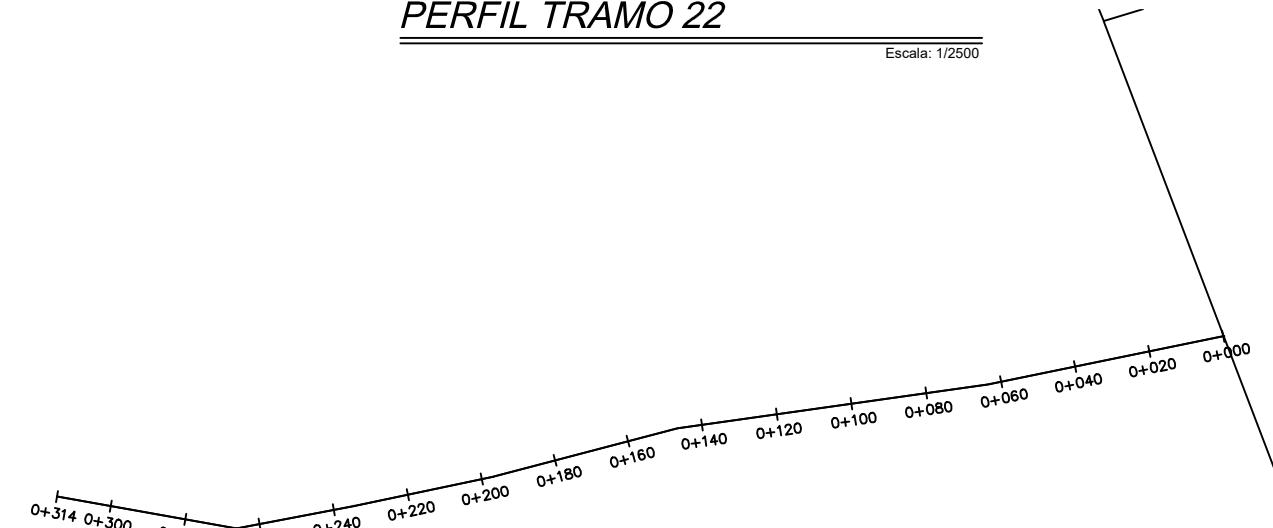
PLANTA TRAMO 21

Escala: 1/1000



PERFIL TRAMO 22

Escala: 1/2500



PLANTA TRAMO 22

Escala: 1/2000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:

PLANTA – PERFIL TRAMO 21 Y 22

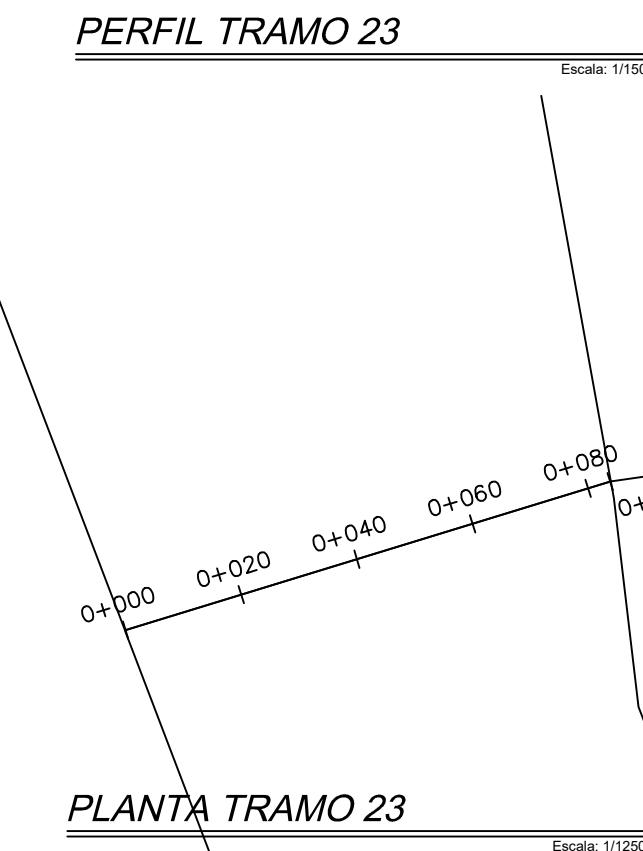
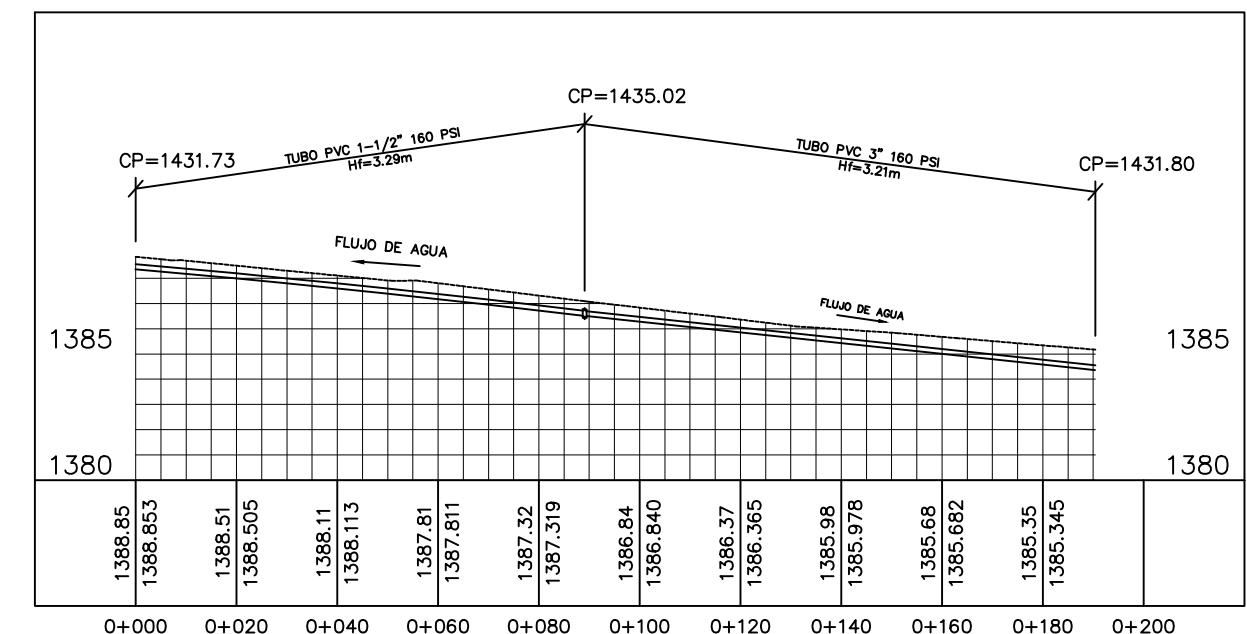
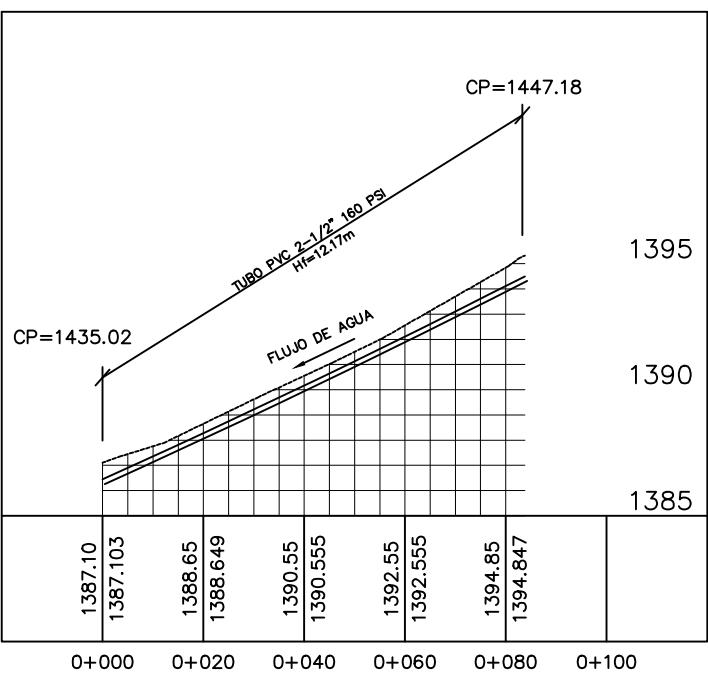
ELABORA: DIEGO DE LEÓN

FECHA:

PLANO:
12/21
JUNIO 2023

ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA

ESCALA: INDICADA



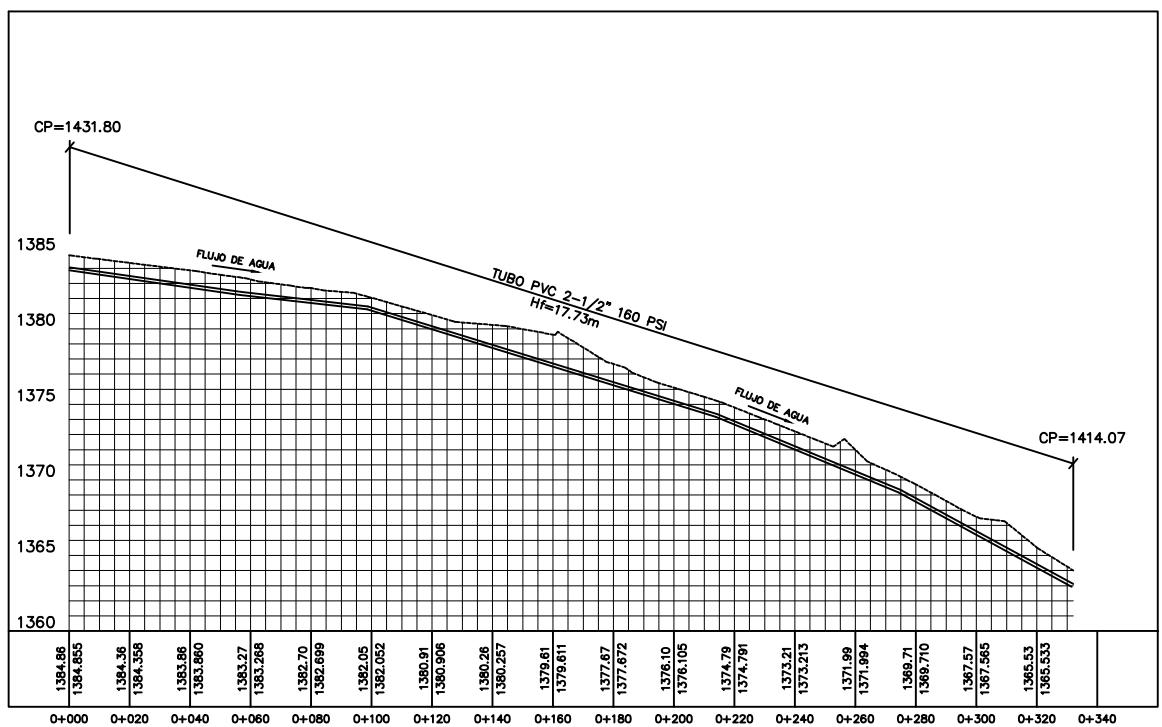
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 23 Y 24

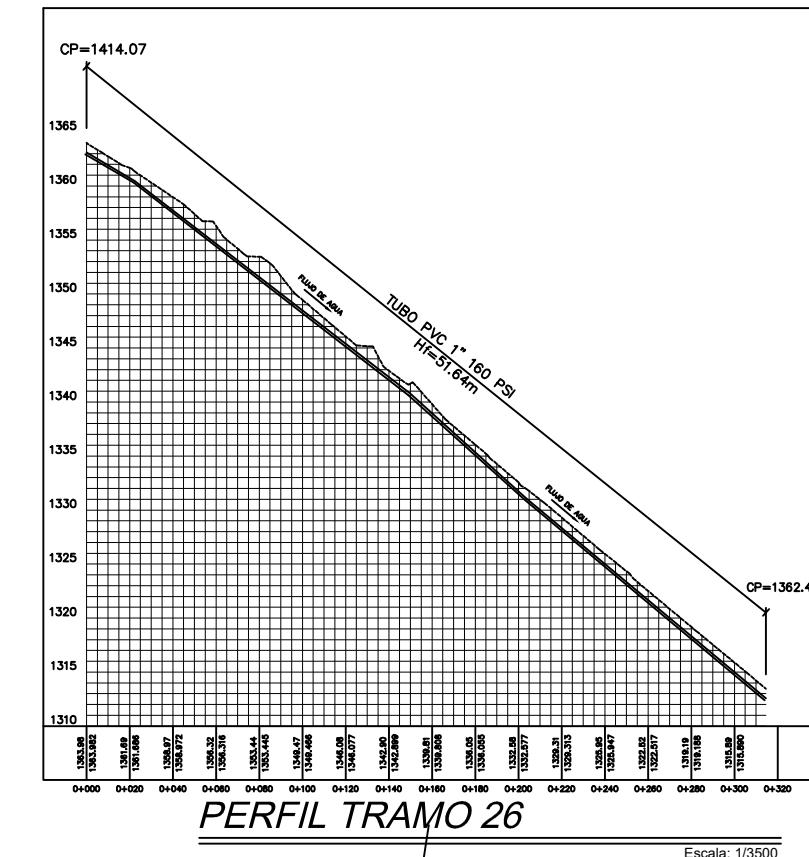
ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: PLANO:
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA JUNIO 2023 13/21

ESCALA: INDICADA



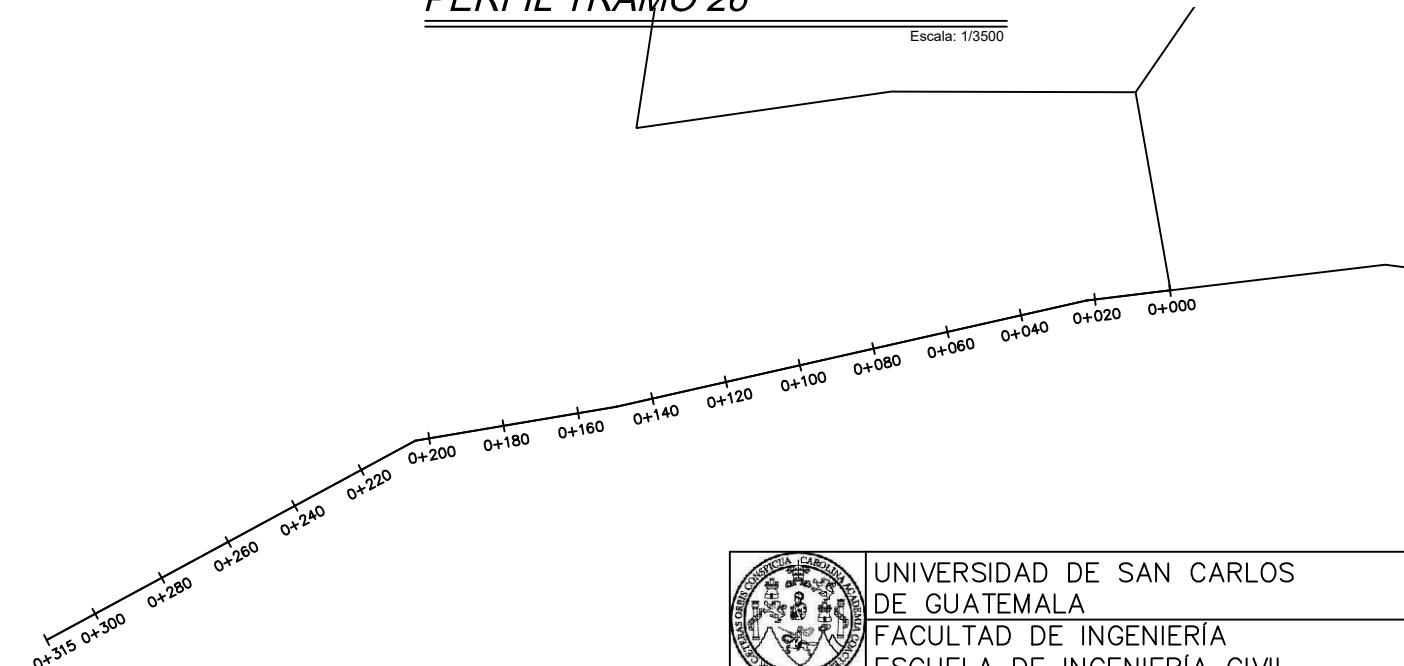
PERFIL TRAMO 25

Escala: 1/2500



PERFIL TRAMO 26

Escala: 1/3500



PLANTA TRAMO 26

Escala: 1/2000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EBSI

DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

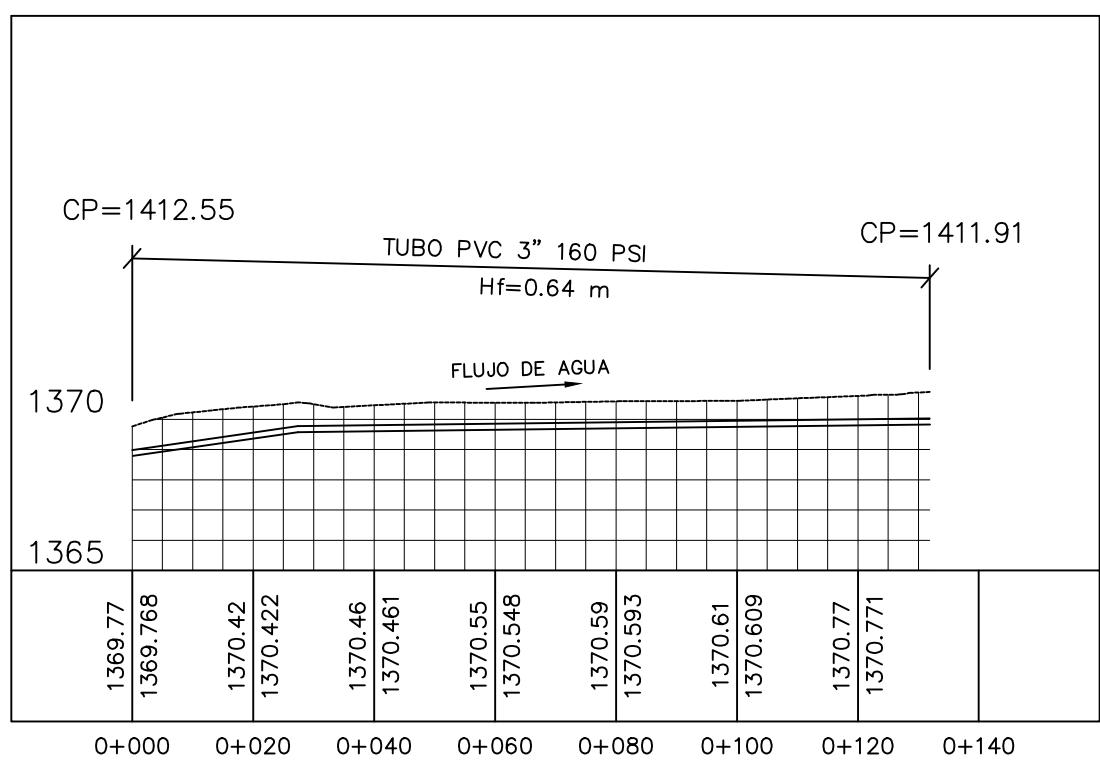
CONTENIDO:

PLANTA = PERFIL TRAMO 25 Y 26

ECO DE LEÓN

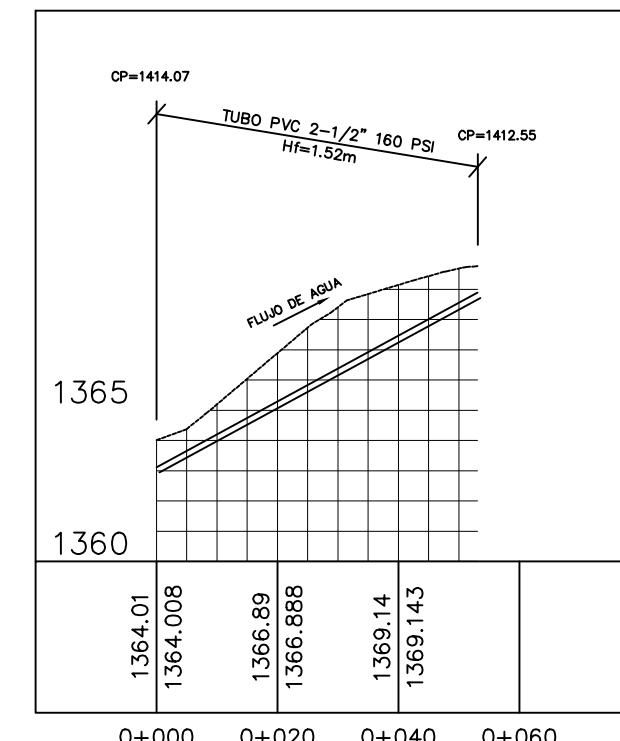
FECHA: JUNIO 2023

ESCALA: INDICADA



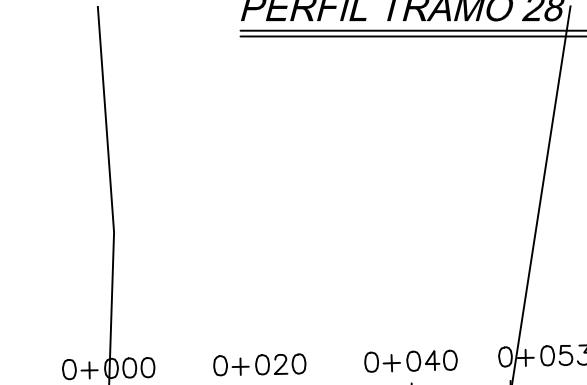
PERFIL TRAMO 27

Escala: 1/1250



PERFIL TRAMO 28

Escala: 1/1250



PLANTA TRAMO 28

Escala: 1/1000



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

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:

PLANTA – PERFIL TRAMO 27 Y 28

ELABORA: DIEGO DE LEÓN

FECHA:

PLANO:
15
/ 21

ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA

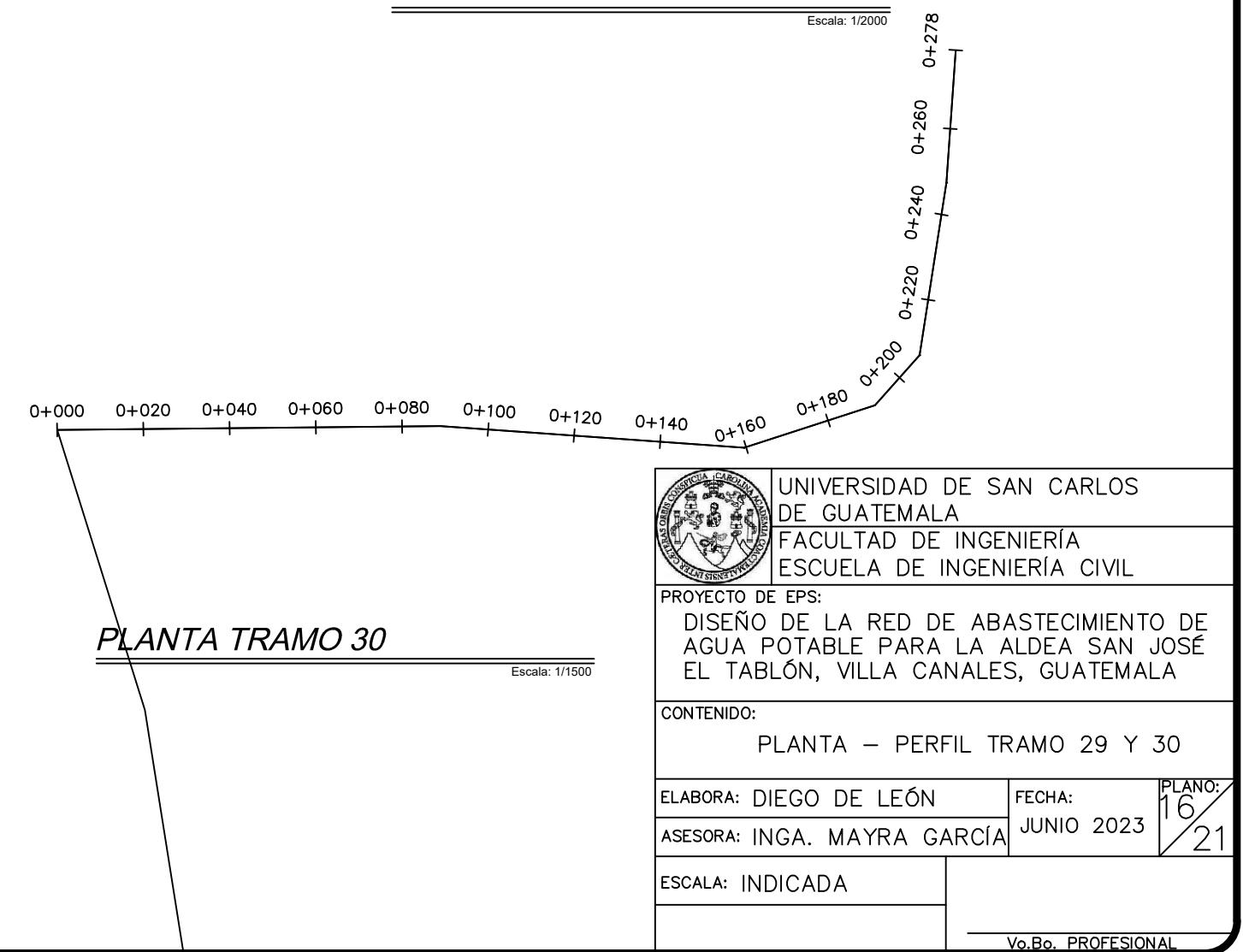
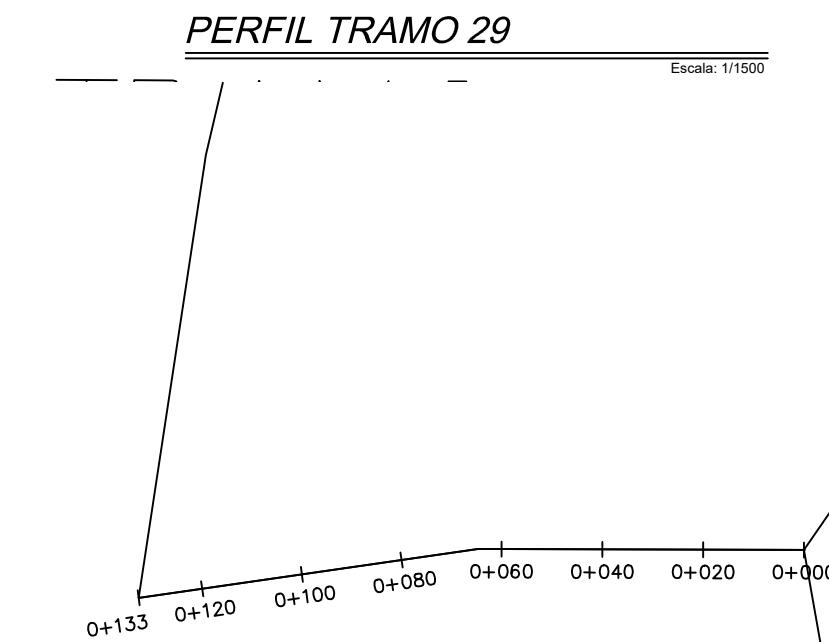
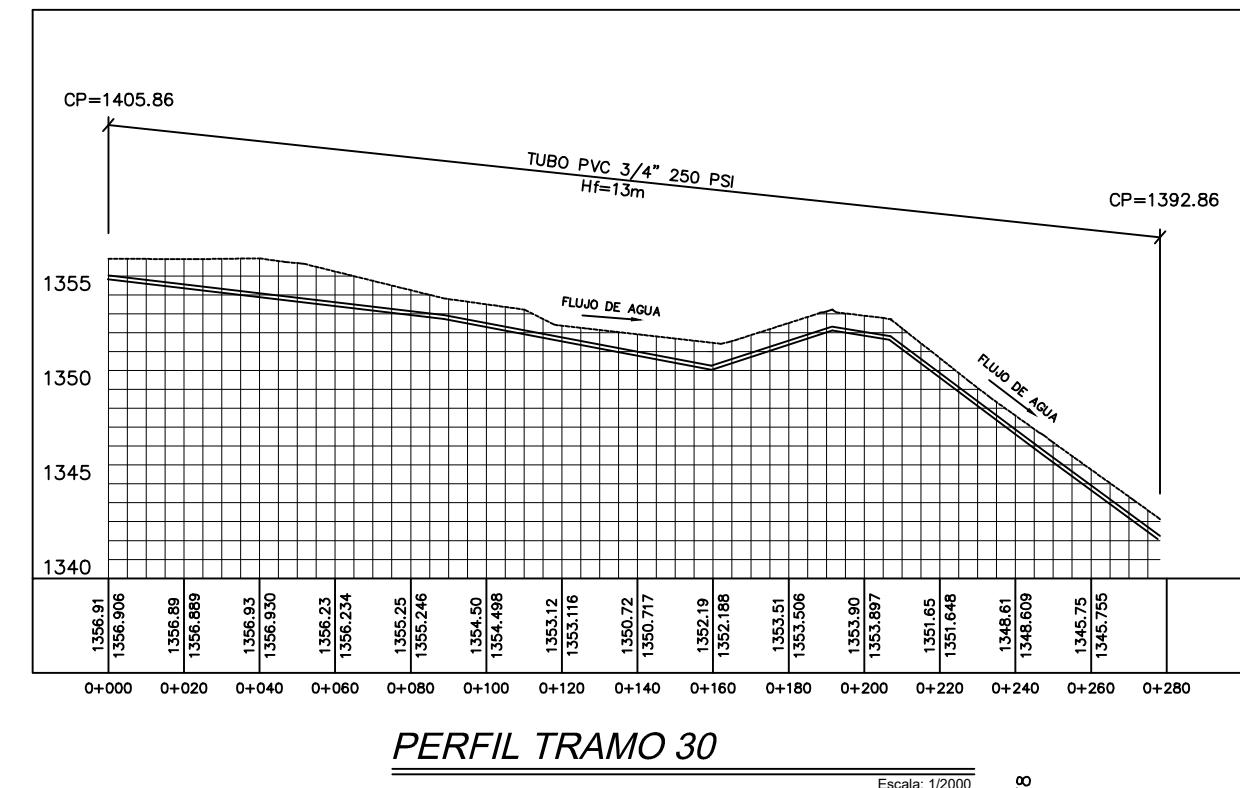
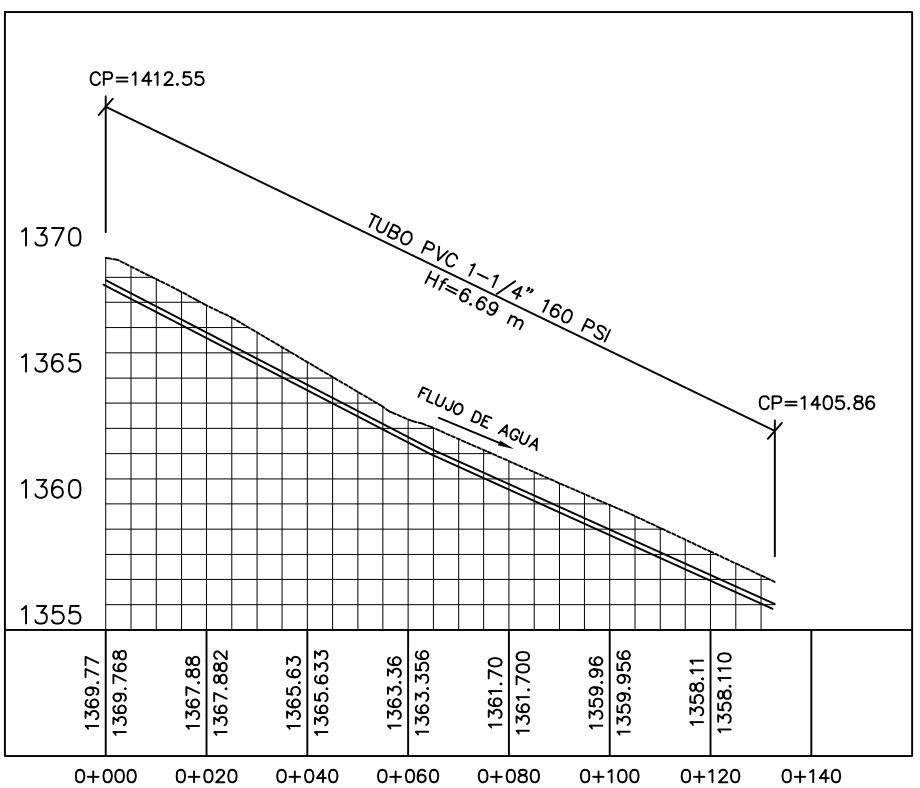
JUNIO 2023

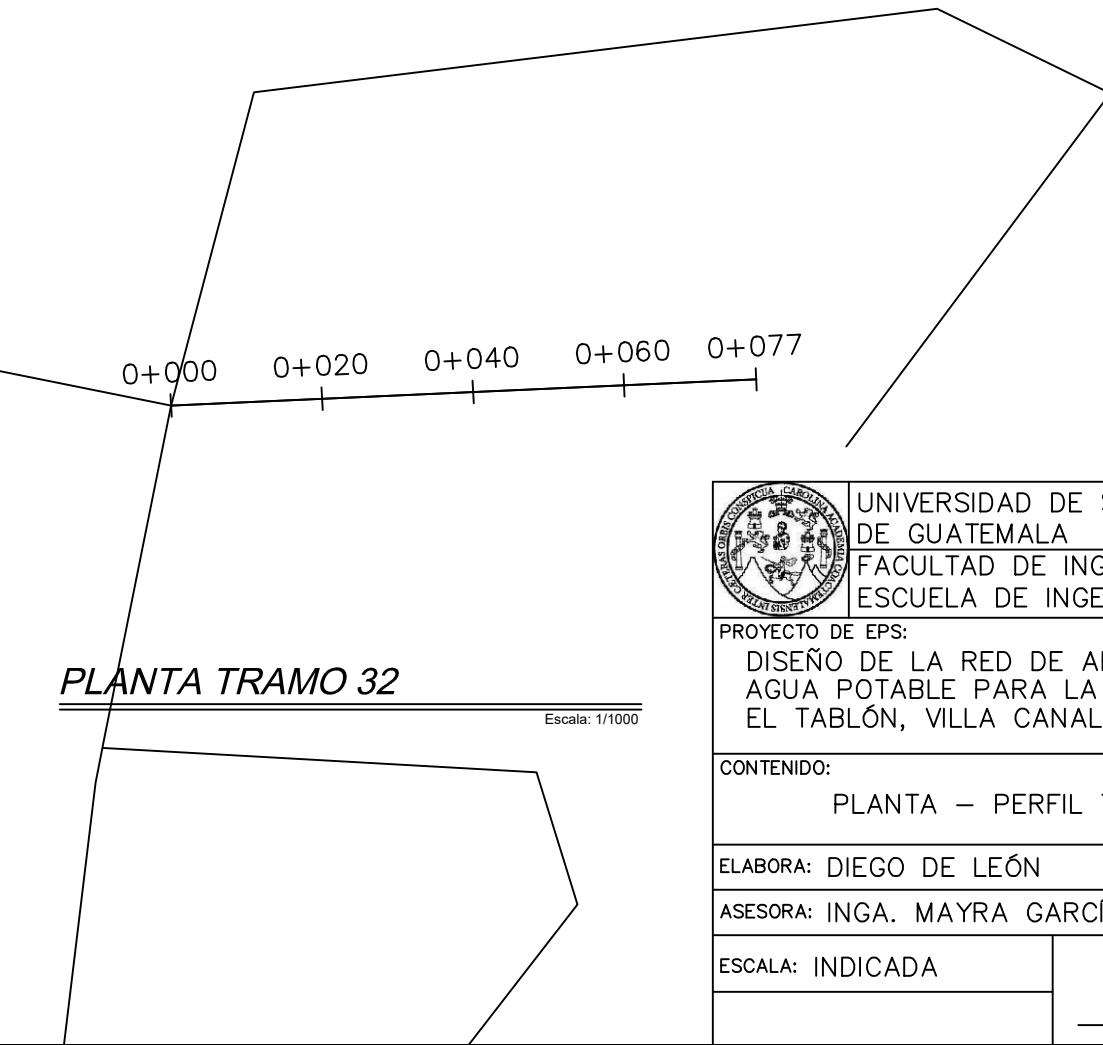
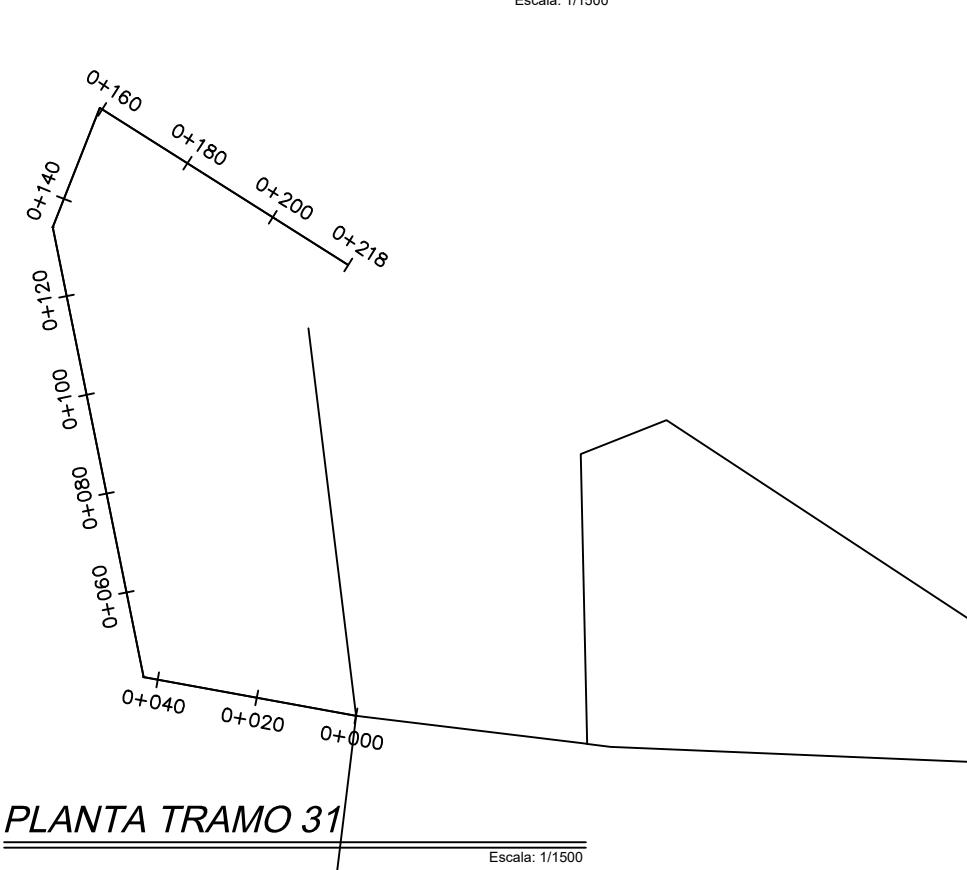
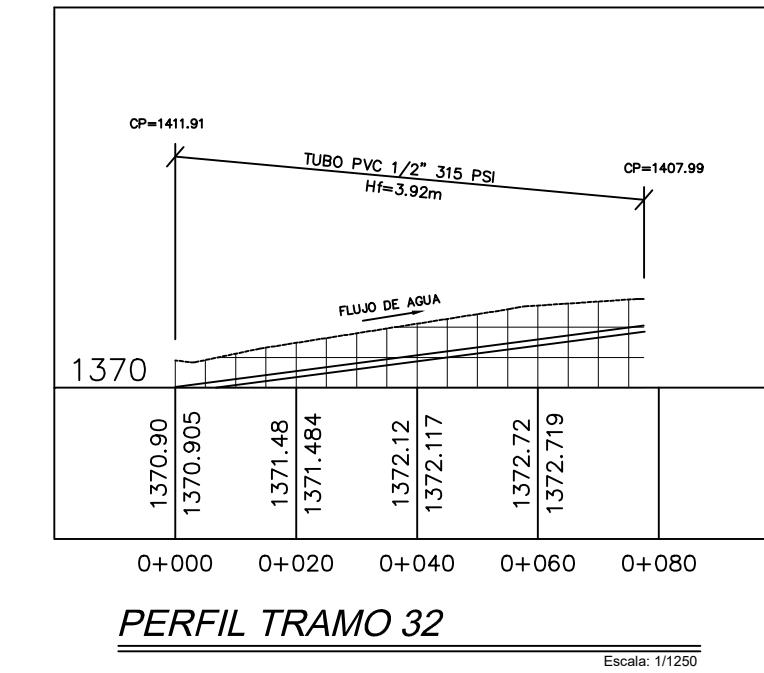
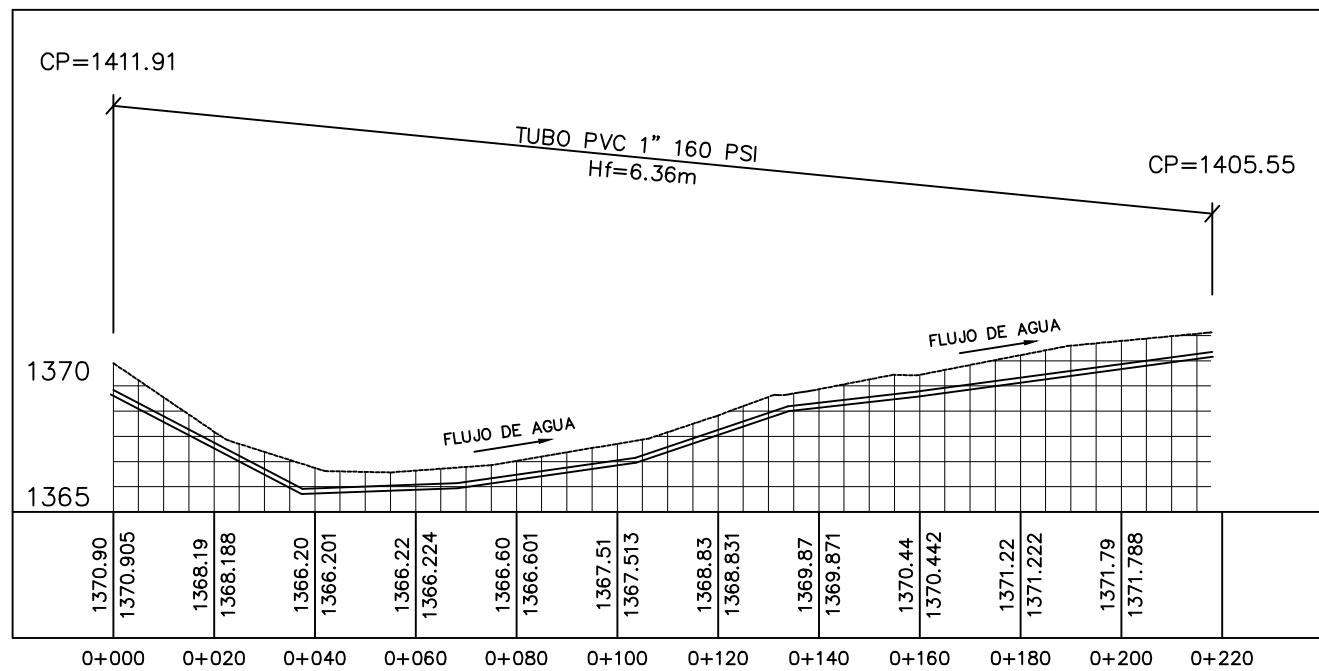
ESCALA: INDICADA

Vo.Ba. PROFESIONAL

PLANTA TRAMO 27

Escala: 1/1250





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

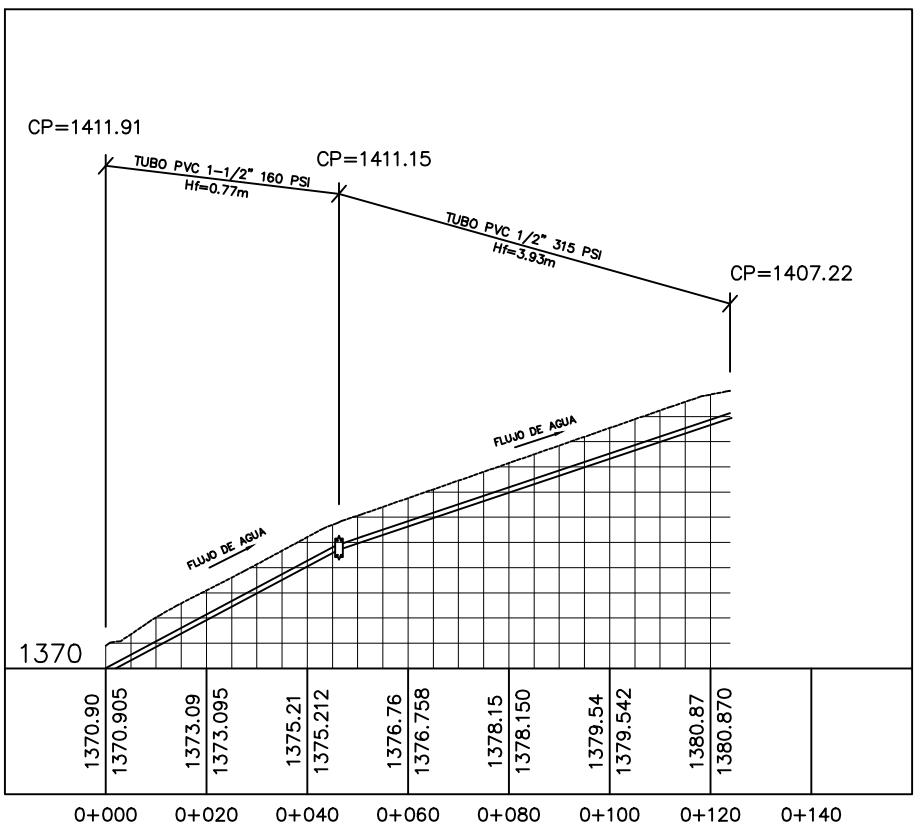
PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA – PERFIL TRAMO 31 Y 32

ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: 17
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA JUNIO 2023 21

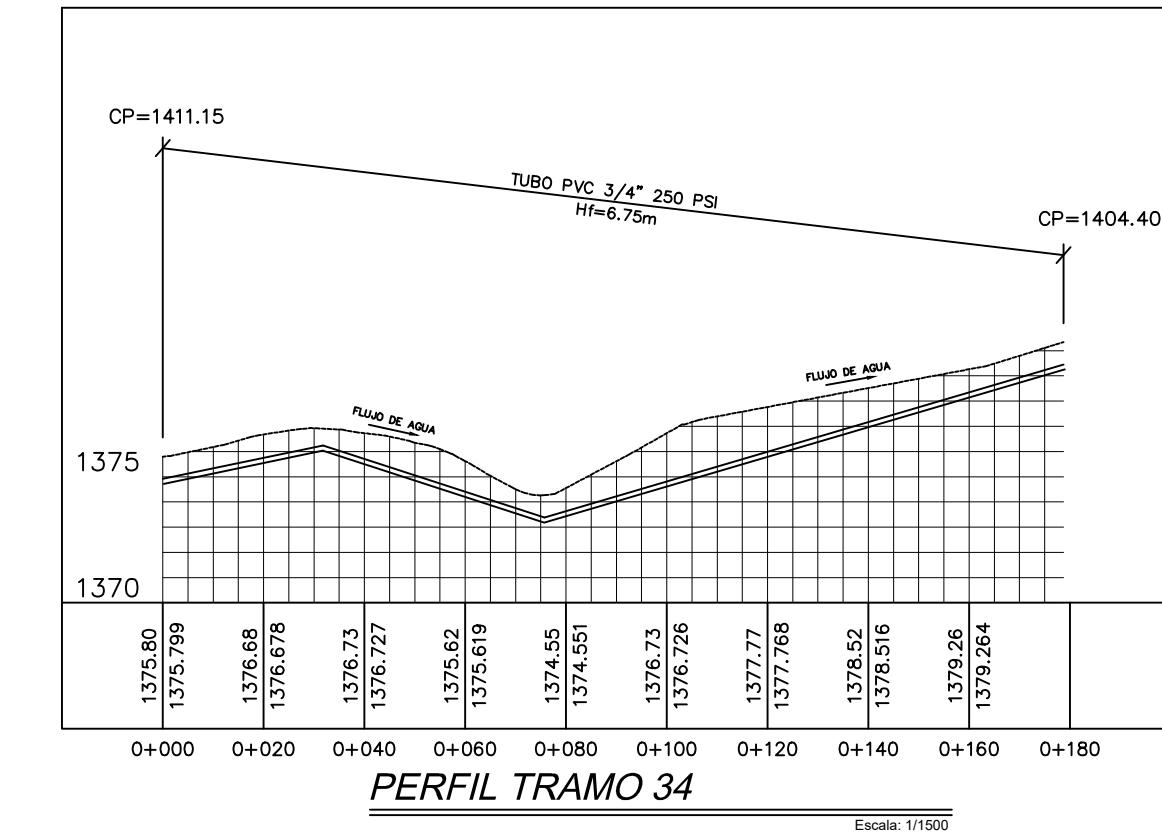
ESCALA: INDICADA

Vo.Ba. PROFESIONAL



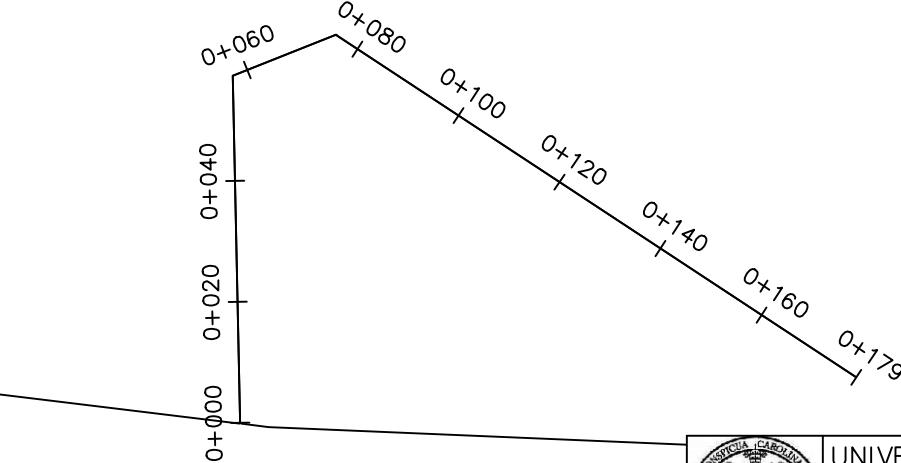
PERFIL TRAMO 33

Escala: 1/1500



PLANTA TRAMO 33

Escala: 1/1500



PLANTA TRAMO 34

Escala: 1/1250



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

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:

PLANTA – PERFIL TRAMO 33 Y 34

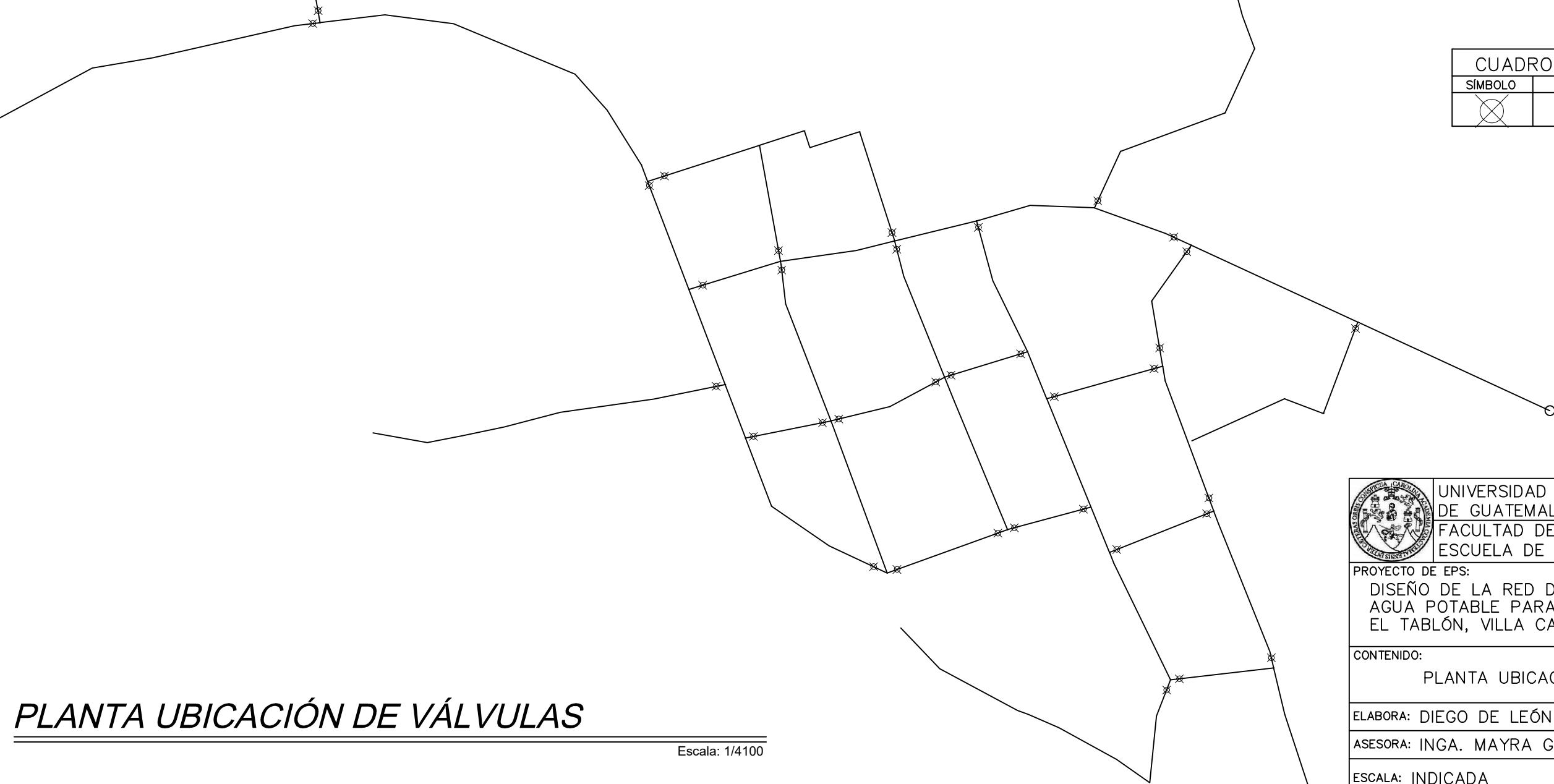
ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: 18
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA JUNIO 2023 21

ESCALA: INDICADA

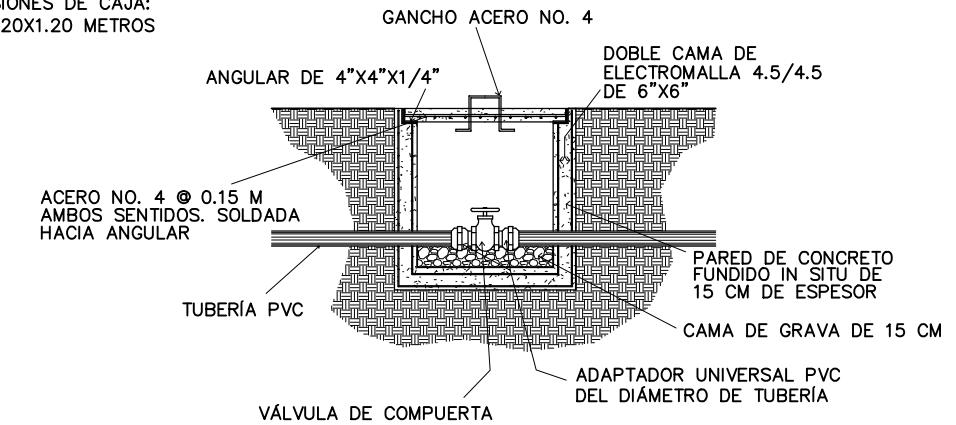
Vo.Ba. PROFESIONAL

PLANTA UBICACIÓN DE VÁLVULAS

Escala: 1/4100



DIMENSIONES DE CAJA:
1.20X1.20X1.20 METROS



DETALLE DE CAJAS PARA VÁLVULAS

Escala: 1/50

CUADRO DE SIMBOLOGÍA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	VÁLVULA DE COMPUERTA	38



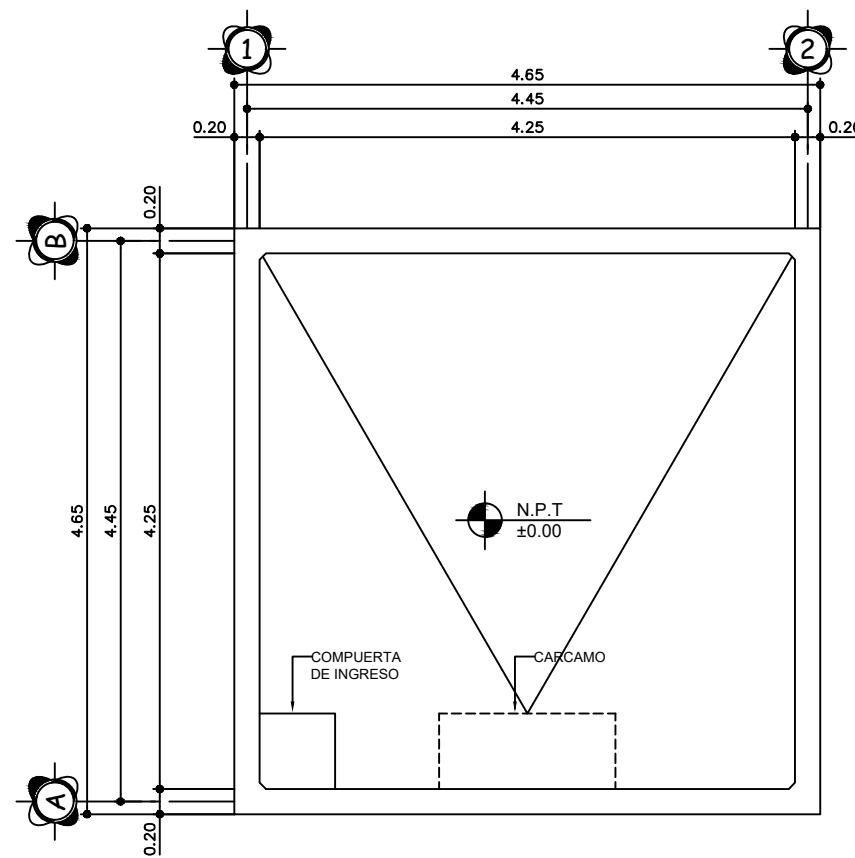
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA UBICACIÓN DE VÁLVULAS

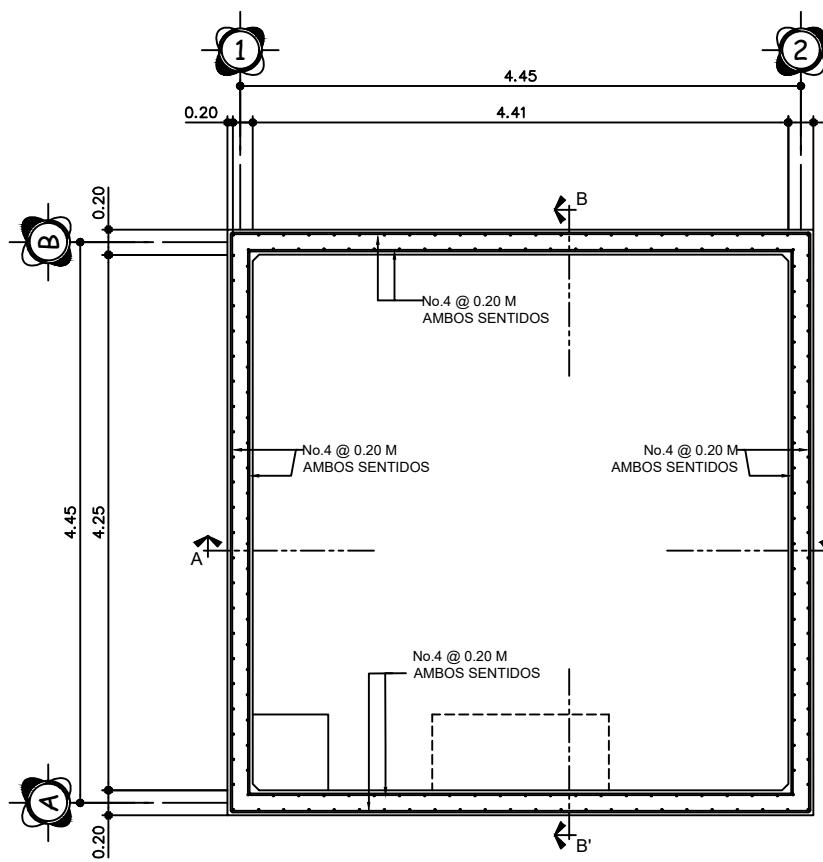
ELABORA: DIEGO DE LEÓN FECHA: 19
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA JUNIO 2023
PLANO:
21

ESCALA: INDICADA



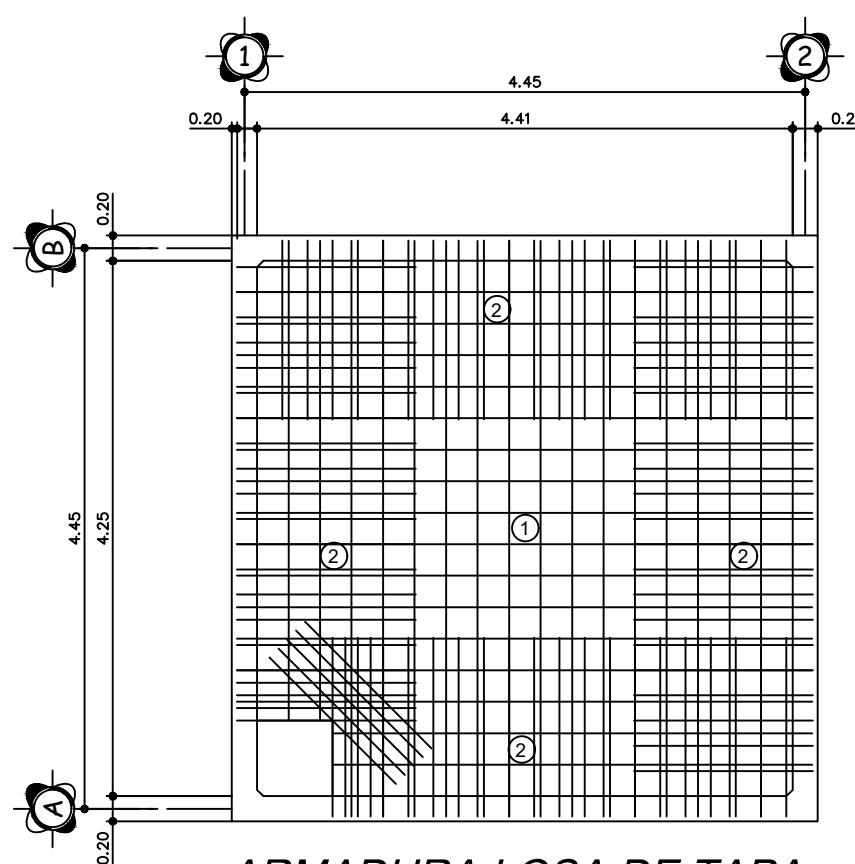
PLANTA

Escala: 1/600



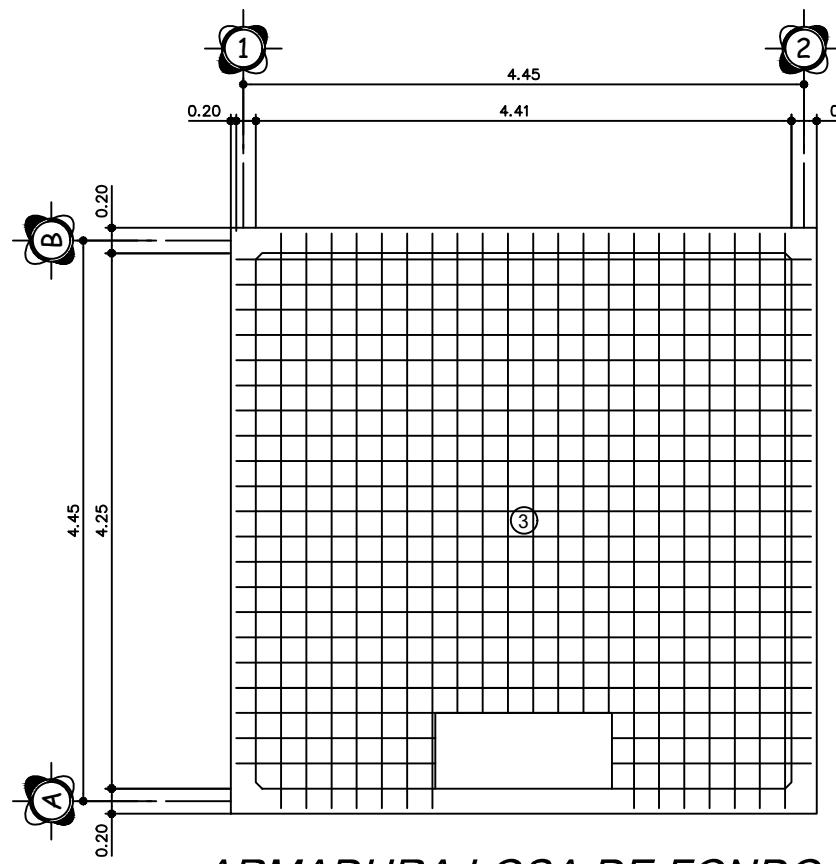
ARMADURA DE MUROS

Escala: 1/600



ARMADURA LOSA DE TAPA

Escala: 1/600



ARMADURA LOSA DE FONDO

Escala: 1/600

ACERO:

SE UTILIZARA ACERO GRADO 40 PARA LA LOSA DE TAPA Y ACERO GRADO 60 PARA LOS MUROS Y LA LOSA DE CIMENTACION

CONCRETO:

SE UTILIZARA UN CONCRETO 3,000 PSI PARA LA LOSA DE TAPA, MUROS Y LOSA DE CIMENTACION.

① CAMA CON VARILLA No.3 @ 0.25 m EN AMBOS SENTIDOS

② BASTON CON VARILLA No.3 @ 0.20 m, L=1.42 m

③ DOBLE CAMA CON VARILLA No.4 @ 0.20 m AMBOS SENTIDOS

NOTA:

SE DEJA PREVISTO UN CARCAMO PARA LA INSTALACION DE TODA LA RED DE BOMBEO, O UN POSIBLE BYPASS. EN DADO CASO DE MODIFICAR LA UBICACION TOMAR EN CUENTA LA ARMADURA CORRESPONDIENTE.

EN EL CASO DE LAS 4 ESQUINAS DE LOS MUROS SI SE DA ALGUN TIPO DE TRASLAPE SE DEBEN CUMPLIR LAS LONGITUDES DE DESARROLLO CORRESPONDIENTES AL DIAMETRO DE VARILLA UTILIZADA.



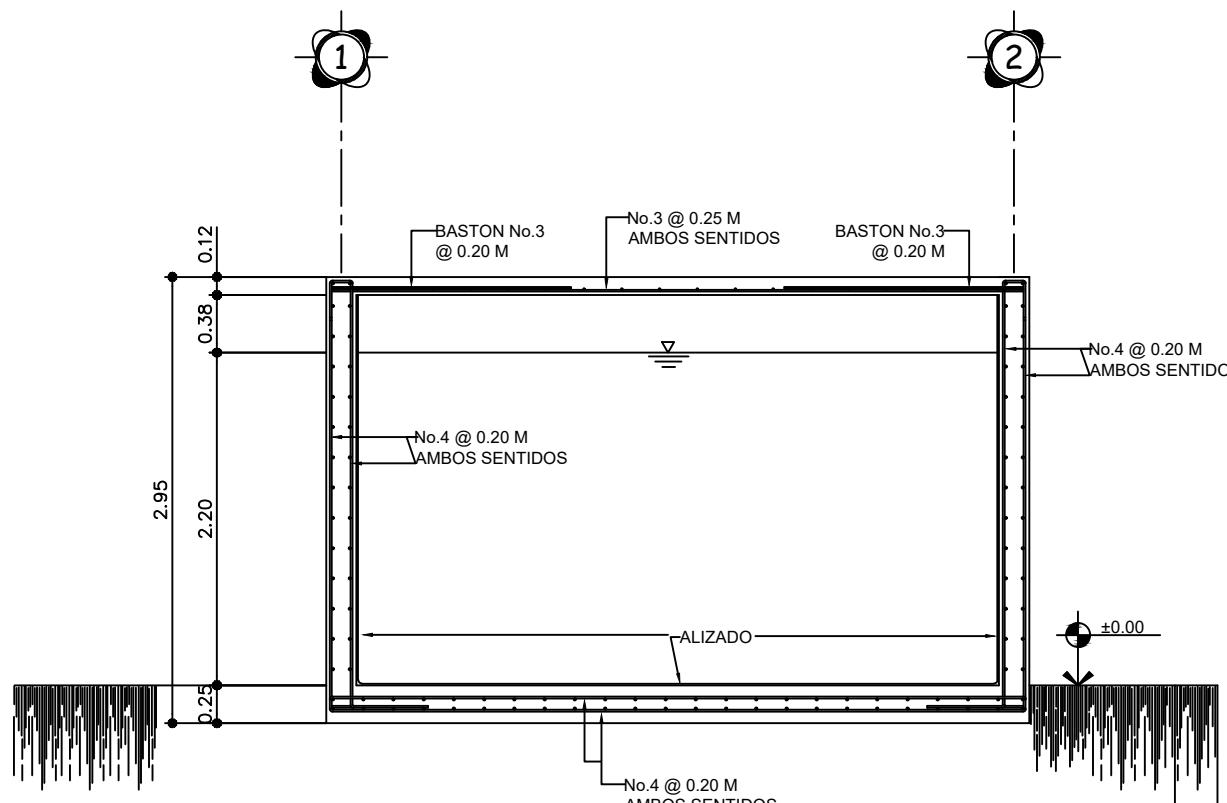
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE EPS:
DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ
EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:
PLANTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO

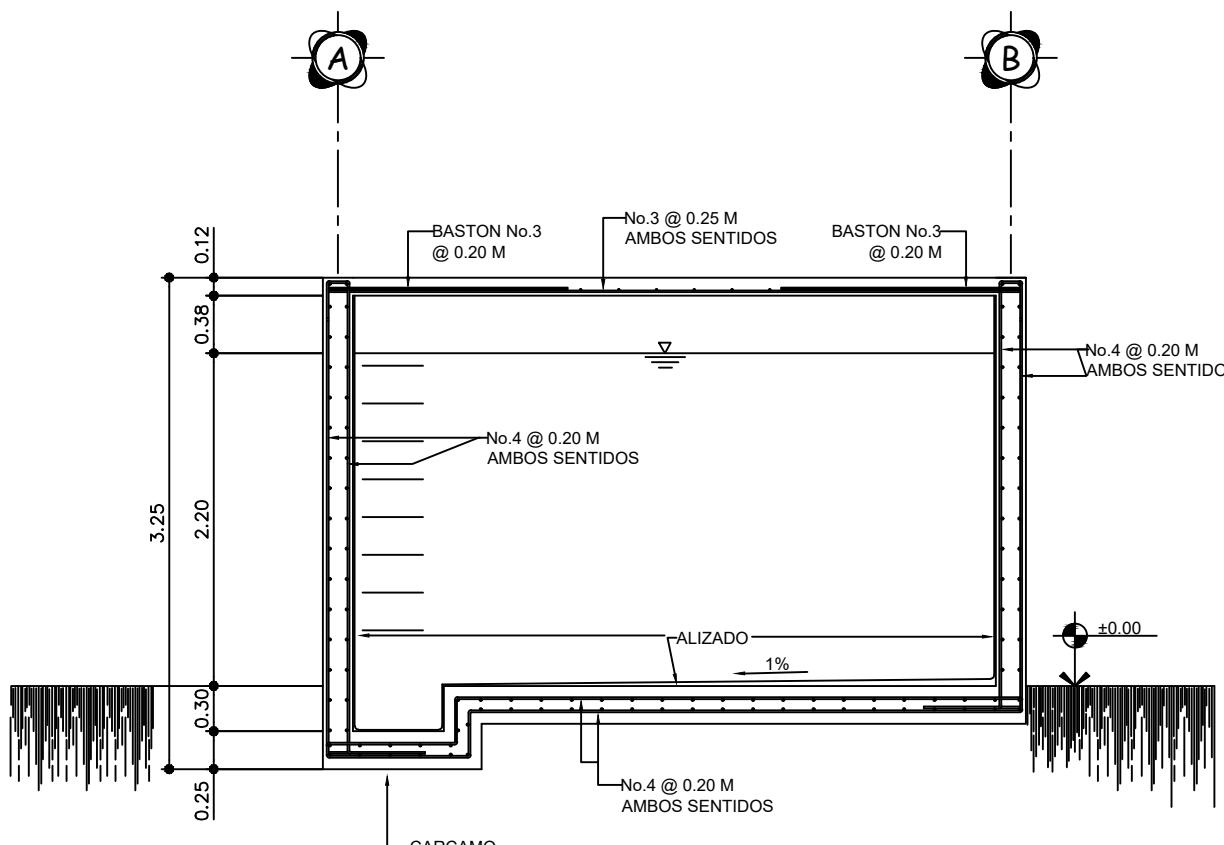
ELABORA: DIEGO DE LEÓN	FECHA: JUNIO 2023	PLANO: 20/21
ASESORA: INGA. MAYRA GARCÍA		

ESCALA: INDICADA



SECCIÓN A-A'

Escala: 1/500



SECCIÓN B-B'

Escala: 1/500

ACERO:

SE UTILIZARA ACERO GRADO 40 PARA LA LOSA DE TAPA Y ACERO GRADO 60 PARA LOS MUROS Y LA LOSA DE CIMENTACION

CONCRETO:

SE UTILIZARA UN CONCRETO 3,000 PSI PARA LA LOSA DE TAPA, MUROS Y LOSA DE CIMENTACION.

- ① CAMA CON VARILLA No.3 @ 0.25 m EN AMBOS SENTIDOS
- ② BASTON CON VARILLA No.3 @ 0.20 m, L=1.42 m
- ③ DOBLE CAMA CON VARILLA No.4 @ 0.20 m
AMBOS SENTIDOS

NOTA:

SE DEJA PREVISTO UN CARCAMO PARA LA INSTALACION DE TODA LA RED DE BOMBEO, O UN POSIBLE BYPASS. EN DADO CASO DE MODIFICAR LA UBICACION TOMAR EN CUENTA LA ARMADURA CORRESPONDIENTE

EN EL CASO DE LAS 4 ESQUINAS DE LOS MUROS SI SE DA ALGUN TIPO DE TRASLAPE SE DEBEN CUMPLIR LAS LONGITUDES DE DESARROLLO CORRESPONDIENTES AL DIAMETRO DE VARILLA UTILIZADA.



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

PROYECTO DE EPS:

DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SAN JOSÉ EL TABLÓN, VILLA CANALES, GUATEMALA

CONTENIDO:

SECCIONES TANQUE DE ALMACENAMIENTO

ELABORA: DIEGO DE LEÓN

FECHA: **PLANC
21**

LEADERS: DIEGO DE LEÓN
ASESORA: INCA MAYRA GARCÍA FECHA: 21/06/2023

ESCALA: INDICADA