



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

**PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO**

Carlos Alberto Serrano Castellanos
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, marzo de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS ALBERTO SERRANO CASTELLANOS
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de agosto de 2017.

Carlos Alberto Serrano Castellanos



Guatemala, 22 de noviembre de 2019
REF.EPS.DOC.816.11.2019

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Alberto Serrano Castellanos, Registro Académico 201213073 y CUI 2304 76872 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTANANGO.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
26 de noviembre de 2019

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Alberto Serrano Castellanos con CUI 2304768720101 Registro Académico No. 201213073, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 15 de enero de 2020

REF.EPS.D.07.01.2020

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTANANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Alberto Serrano Castellanos, CUI 2304 76872 0101 y Registro Académico 201213073**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

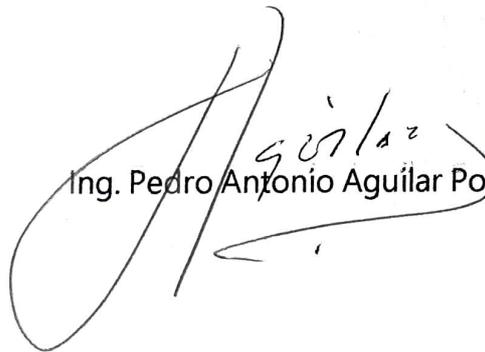
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Alberto Serrano Castellanos titulado **PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, marzo 2020

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

DTG. 121.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Alberto Serrano Castellanos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, marzo de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Ricardo Serrano y Adilia Castellanos. Por su amor, motivación, sacrificio y lecciones de vida que han guiado mis pasos.
Mis hermanos	Ricardo, María José, Gabriela, Fernanda y Erika. Quienes con su cariño me demuestran su apoyo incondicional.
Mis abuelitos	Mario Serrano (q. e. p. d.) y Aurelio Castellanos (q. e. p. d.), en memoria.
Mis abuelitas	Joaquina Villatoro y Gloria Flores por su cariño, apoyo y consejos.
Mis sobrinos	Por el cariño y alegrías que me brindan siempre.
Mis tías y tíos	Por ser una importante influencia en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por permitirme prepararme académicamente, en especial a la Facultad de Ingeniería por brindar las herramientas para ser un profesional.
- Familia Castillo Arévalo** Por la amistad y cariño incondicional.
- Mis amigos de la Facultad** Yessica Barrios, Mariandré Villatoro, Quevin Pichiya, Gustavo Alvarado, Carlos Castillo, David Marroquín, David Pinto y Herberth Ramos por la convivencia y horas de estudio.
- La Municipalidad de Patzún** Por abrirme las puertas de esta institución y de su comunidad para realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado, en especial a la Dirección Municipal de Planificación.
- Ing. Juan Merck** Por compartir desinteresadamente sus conocimientos, para la elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango.	1
1.1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.1.2. Colindancia	3
1.1.1.3. Topografía	3
1.1.1.4. Clima	3
1.1.1.5. Tipo de vivienda y actividad económica	4
1.1.1.6. Población.....	5
1.1.2. Aspectos de infraestructura	5
1.1.2.1. Servicios públicos	6
1.1.2.2. Vías de acceso	7
1.2. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango	7
1.2.1. Descripción de necesidades	8

1.2.2.	Priorización de necesidades.....	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango	9
2.1.1.	Descripción de proyecto	9
2.1.2.	Diagnóstico del sistema en funcionamiento	10
2.1.2.1.	Captación	10
2.1.2.2.	Línea de conducción	10
2.1.2.3.	Tanque de distribución	10
2.1.2.4.	Red de distribución.....	11
2.1.2.5.	Propuesta de mejoras	11
2.1.3.	Localización de nueva fuente de abastecimiento de agua potable.....	12
2.1.4.	Aforo de fuente de abastecimiento.....	12
2.1.5.	Calidad del agua	14
2.1.5.1.	Análisis físico-químico.....	14
2.1.5.2.	Análisis bacteriológico.....	15
2.1.6.	Levantamiento topográfico	15
2.1.6.1.	Planimetría	15
2.1.6.2.	Altimetría	16
2.1.7.	Criterios y parámetros de diseño.....	16
2.1.7.1.	Periodo de diseño	17
2.1.7.2.	Estimación de población futura	17
2.1.7.3.	Dotación	18
2.1.7.4.	Caudal de diseño	18
2.1.7.5.	Caudal medio diario	18
2.1.7.6.	Caudal máximo diario.....	19

2.1.7.7.	Caudal máximo horario.....	20
2.1.7.8.	Caudal instantáneo.....	21
2.1.7.9.	Caudal de bombeo	22
2.1.8.	Diseño hidráulico	22
2.1.8.1.	Captación.....	23
2.1.8.2.	Línea de conducción por bombeo.....	23
2.1.8.2.1.	Diámetro económico.....	24
2.1.8.2.2.	Carga dinámica total.....	30
2.1.8.2.3.	Golpe de ariete.....	33
2.1.8.3.	Determinación de potencia de la bomba.....	36
2.1.8.4.	Selección de tipo de bomba.....	37
2.1.8.5.	Tanque de succión	37
2.1.8.6.	Tanque almacenamiento	55
2.1.8.7.	Red de distribución	72
2.1.8.8.	Tratamiento.....	75
2.1.9.	Obras hidráulicas.....	77
2.1.10.	Válvulas	78
2.1.10.1.	Válvulas de limpieza	78
2.1.10.2.	Válvulas de aire	78
2.1.10.3.	Válvulas de compuerta	79
2.1.10.4.	Válvulas de retención	79
2.1.11.	Propuesta de mantenimiento del sistema.....	79
2.1.12.	Propuesta de sectorización para distribución	81
2.1.13.	Presupuesto.....	81
2.1.14.	Cronograma.....	83
2.1.15.	Propuesta de tarifa	83
2.1.16.	Evaluación socioeconómica.....	85
2.1.16.1.	Valor presente neto	85

2.1.16.2.	Tasa interna de retorno	87
2.1.17.	Evaluación ambiental	87
CONCLUSIONES.....		89
RECOMENDACIONES		91
BIBLIOGRAFÍA.....		93
APÉNDICES.....		95
ANEXOS.....		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango.	2
2.	Optimización de la clase de tubería en línea de impulsión.....	35
3.	Distribución de tubería en línea de impulsión.....	36
4.	Caudales de entrada y salida en depósitos de succión.....	38
5.	Dimensiones losa de tanque de succión	40
6.	Diagrama de momentos	44
7.	Dimensiones de muro	48
8.	Área tributaria.....	49
9.	Viga perimetral	50
10.	Dimensiones losa de tanque de almacenamiento.....	56
11.	Diagrama de momentos	61
12.	Dimensiones de muro	65
13.	Área tributaria.....	66
14.	Viga perimetral	67

TABLAS

I.	Aspectos climáticos de estación Santa Cruz Balanyá.....	4
II.	Aforo nacimiento San Lorenzo 1	12
III.	Aforo nacimiento San Lorenzo 2	13
IV.	Aforo nacimiento La Ciénaga.....	13
V.	Aforo nacimiento El Sitio	13
VI.	Costo mensual de tubería	28

VII.	Costo de energía mensual.....	30
VIII.	Costo total mensual.....	30
IX.	Selección de tipo de bomba.....	37
X.	Cargas y momentos actuantes.....	48
XI.	Resumen de cargas y momentos.....	52
XII.	Cargas y momentos actuantes.....	65
XIII.	Resumen de cargas y momentos.....	69
XIV.	Propuesta de mantenimiento.....	80
XV.	Resumen presupuesto.....	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
H	Altura
H _{sc}	Altura de succión
A	Amortización
Φ	Ángulo de fricción interna
n	Años de diseño
A _s	Área de acero
A _{smin}	Área de acero mínima
b	Base
H _p	Caballos de fuerza
CDT	Carga dinámica total
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
CP	Carga puntual
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
Q _{af}	Caudal de aforo
Q _b	Caudal de bombeo
Q _i	Caudal Instantáneo
Q _{md}	Caudal máximo diario
Q _{mh}	Caudal máximo horario
Q _m	Caudal medio diario

Ga	Celeridad
cm	Centímetros
C	Coeficiente de fricción
Ka	Coeficiente de Rankine
% Cl	Concentración de cloro
Ci	Cota inicial
Cf	Cota final
Cp	Cota piezométrica
CT	Cota de terreno
Ø	Diámetro
Ø_{int}	Diámetro interno
Dot	Dotación
e	Eficiencia
F'c	Esfuerzo a compresión del concreto
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero
S	Espaciamiento
S_{max}	Espaciamiento máximo
t	Espesor de losa
es	Espesor de tubería
ex	Excentricidad
F_{ds}	Factor de deslizamiento
F_{md}	Factor máximo diario
F_{mh}	Factor máximo horario
F_v	Factor de volteo
F_{es}	Fuerza debida al suelo
G	Gramos de cloro
g	Gravedad
T_b	Horas de bombeo
Kg	Kilogramo

Kw	Kilovatio
/	Litros
L	Longitud
m	Metros
m.c.a.	Metros columna de agua
Mm	Milímetros
E	Módulo de elasticidad
Sx	Módulo de sección
M	Momento
Ma	Momento actuante
M_{es}	Momento debido a la fuerza del suelo
Mr	Momento que resiste
Mu	Momento último
D	Peralte efectivo
Ha	Pérdida de carga por accesorios
Hf	Pérdida de carga por fricción
Hfs	Pérdida de carga por succión
Hv	Pérdida de carga por velocidad
γ_c	Peso específico del concreto
γ_s	Peso específico del suelo
W_p	Peso propio
W_{losa}	Peso propio de la losa
W_{viga}	Peso propio de la viga
Pf	Población futura
Po	Población inicial
Pot	Potencia
PD	Presión dinámica
PE	Presión estática
rec	Recubrimiento

s	Segundo
Sc	Sobrecarga
R	Tasa de interés
v	Velocidad
V	Volumen
V_{sc}	Volumen del tanque de succión
V_d	Volumen de agua de la fuente

GLOSARIO

Aforo	Acción de medición del volumen de agua en un determinado tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura para el consumo humano y agradable a los sentidos.
Altimetría	Parte de la topografía que comprende métodos y procedimientos para determinar y representar una altura de una superficie.
Bombeo	Transportar un fluido de un lugar a otro más alto, por medio de una bomba.
Caudal	Volumen de agua que fluye en un punto por unidad de tiempo.
Concreto ciclópeo	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de concreto y piedra de tamaño no mayor de 30 cm.
Consumo	Cantidad de agua usada por un habitante.
Dotación	Cantidad de agua asignada a un habitante, por día para satisfacer sus necesidades.

Fuente	Lugar donde se obtendrá el agua para un acueducto.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Nacimiento	Lugar donde se produce un brote de agua a la superficie.
Periodo de diseño	Tiempo durante el cual la obra dará el servicio satisfactorio para la población de diseño.
Presión estática	Es la presión de un líquido tomada cuando esté en reposo.
Presión dinámica	Es la presión de un líquido tomada cuando se encuentra en movimiento.
PVC	Policloruro de vinilo, material con el cual elaboran las tuberías.
Topografía	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación desarrollado durante el Ejercicio Profesional Supervisado contiene una propuesta para el diseño de mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango. El proyecto busca mejorar las condiciones actuales en cuanto al abastecimiento de agua potable en la aldea y mejorar la calidad de vida de la comunidad.

El capítulo I desarrolla la fase de investigación, en la que se describen aspectos monográficos, de carácter socioeconómico, físicos y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de dicha aldea.

El capítulo II presenta la fase de servicio técnico profesional, en la que se realizó un diagnóstico de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable actual, así como el diseño de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable, que consisten en la incorporación de una nueva fuente de agua a través de una línea de conducción por bombeo y un nuevo diseño de la red de distribución. Se dejó constancia de soluciones propuestas, cálculos, presupuesto, mantenimiento, cronograma. Por último, se presentan conclusiones, recomendaciones y anexos que contiene el diseño hidráulico y planos constructivos del proyecto.

OBJETIVOS

General

Proponer mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, municipio de Patzún, Chimaltenango.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y diagnóstico de necesidades de servicios básicos de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango.
2. Analizar hidráulicamente el funcionamiento de la red existente.
3. Elaborar los planos necesarios para mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable.
4. Realizar presupuesto para mejoras del sistema de abastecimiento de agua potable del área delimitada.

INTRODUCCIÓN

El propósito del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala es aportar soporte técnico y profesional en lugares que carecen de servicios básicos y de infraestructura, para desarrollar y mejorar la calidad de vida de la población en las comunidades del país.

Este Ejercicio Profesional Supervisado se realizó en el municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango, y de acuerdo con la investigación diagnóstica realizada y al análisis de necesidades y prioridades, se decidió atender a la aldea Las Camelias con una propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable. Por ser el agua un elemento vital en la vida del ser humano, tanto para su desarrollo como para su salud, los sistemas de abastecimiento de agua potable son de suma importancia.

En el presente trabajo se incorpora una nueva fuente de agua al sistema de abastecimiento existente, por medio de un sistema por bombeo de aproximadamente 4 km. También se propone el cambio de la red de distribución, para que tengan cobertura todos los pobladores de la aldea y evitar ampliaciones empíricas a la red.

El diseño se basará en parámetros y normas para sistemas de abastecimiento de agua potable de INFOM-UNEPAR.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango.

El municipio de Patzún fundado en el siglo XII; antes de la conquista de los españoles, formó parte del territorio kaqchikel. El 12 de septiembre de 1839, dicho municipio dejó de ser parte del distrito octavo, correspondiente a Sacatepéquez y del circuito denominado Comalapa, por la creación del departamento de Chimaltenango. Por decreto de Asamblea Constituyente entra a formar parte del nuevo departamento. De acuerdo con sus orígenes, el nombre del municipio significa en el idioma kaqchikel *Pa'sum*, que quiere decir lugar de girasoles.

A continuación, se presentan aspectos físicos y de infraestructura de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango para dar a conocer las características y particularidades de la misma.

1.1.1. Aspectos físicos

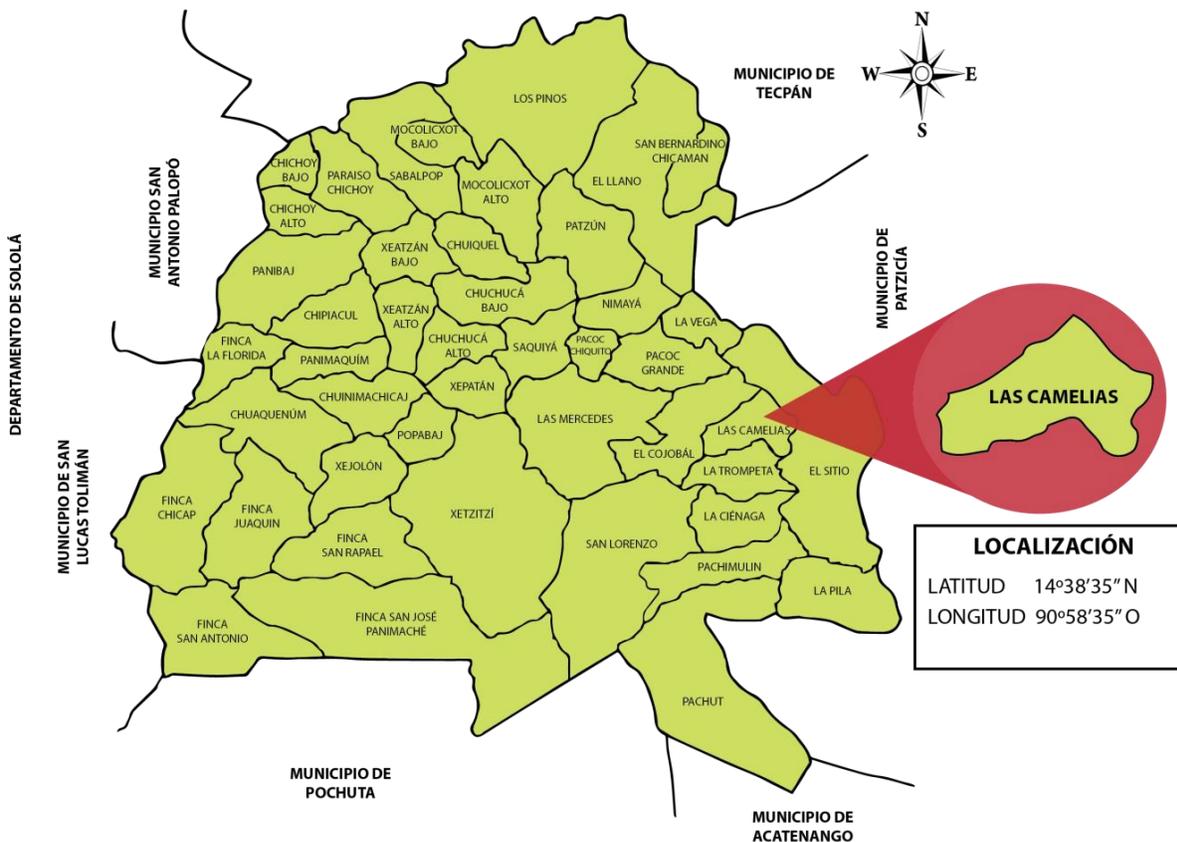
Son todos los aspectos específicos de la comunidad, estos son: ubicación, localización, colindancias, clima, tipo de vivienda, topografía y población.

1.1.1.1. Ubicación y localización

Según la municipalidad de Patzún, el municipio se divide en dos sectores el I y el II. El sector I está conformado por las comunidades que se localizan al sureste del municipio; el sector II está formado por las comunidades que rodean

al centro urbano de Patzún. La aldea Las Camelias se ubica en el sector I, a 12 km de la cabecera municipal de Patzún, con coordenadas latitud 14°38'35" N y longitud 90°58'35" O, alcanzando alturas hasta de 2 315 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Localización de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia, empleando mapa de la municipalidad de Patzún.

1.1.1.2. Colindancia

El municipio de Patzún limita al norte con el municipio de Tecpán, Chimaltenango; al sur con el municipio de Pochuta y Acatenango, Chimaltenango; al este con el municipio de Patzicía, Chimaltenango y al oeste con el municipio de San Antonio Palopó y San Lucas Tolimán, Sololá.

En cuanto a la aldea Las Camelias se encuentra limitada dentro del municipio de Patzún; al norte y al este por la aldea El Sitio; al sur por el caserío La Trompeta y San Lorenzo y al oeste por la aldea Cojobal.

1.1.1.3. Topografía

La topografía del municipio es variada. Una mínima parte del terreno es relativamente plana; la mayor parte presenta una pendiente del 12 % al 32 %, el resto de terreno presenta pendientes entre el 32 % y 45 %.

1.1.1.4. Clima

El clima para el municipio de Patzún, en la mayor parte del territorio, es húmedo y templado boscoso. Tiene de 65 a 127 días de lluvia al año y de 80 a 100 días de calor al año.

La estación meteorológica Santa Cruz Balanyá, ubicada en el municipio de Santa Cruz Balanyá del departamento de Chimaltenango, está a 16 kilómetros de distancia del municipio de Patzún. Es la estación meteorológica, más cercana al municipio.

Con base en datos recabados por INSIVUMEH desde el año 2000, en la siguiente tabla se detalla el resumen de los aspectos climáticos:

Tabla I. Aspectos climáticos de estación Santa Cruz Balanyá

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)	Velocidad de viento (km/h)	Humedad relativa media (%)
2000	21,64	9,00	15,99	940,60	12,88	80,56
2001	22,06	7,89	16,17	1034,70	14,93	81,71
2002	22,43	6,27	16,93	900,40	16,05	79,84
2003	22,74	5,40	16,96	988,00	14,16	81,25
2004	22,82	8,11	16,23	405,80	15,44	77,76
2005	23,10	10,26	17,19	1315,10	16,41	75,81
2006	22,41	10,47	17,02	1275,10	15,36	77,49
2007	22,13	10,59	16,60	860,60	4,34	76,25
2008	21,80	10,34	16,10	1119,20	1,10	77,72
2009	22,23	9,93	16,51	975,70	1,52	77,78
2010	22,52	10,54	16,65	1472,60	1,64	83,17
2011	22,56	10,39	16,29	1037,60	2,02	80,42
2012	22,43	9,91	16,15	787,30	1,91	78,69
2013	23,15	10,70	16,40	1131,60	2,12	81,33
2014	23,44	5,76	16,34	1038,50	2,39	80,01
2015	23,12	7,46	16,81	1128,60	2,30	82,31
2016	22,69	9,78	16,68	839,10	2,36	82,47
2017	22,63	10,47	16,66	850,30	1,74	80,96
2018	22,51	8,24	16,38	810,20	2,04	88,78
Total	22,55	9,03	16,53	995,32	6,88	80,23

Fuente: INSIVUMEH

1.1.1.5. Tipo de vivienda y actividad económica

La tipología de las viviendas de la aldea Las Camelias se caracteriza por construcciones de paredes de block y techo de lámina. Hay viviendas que

cuentan con losa de concreto; existen casas construidas de madera, bajareque y adobe con techo de lámina y algunas tienen cercos de caña.

La mayoría de población de la aldea Las Camelias son agricultores que se dedican a la siembra de aguacate, arveja china, brócoli, coliflor, ejote, frijol, haba, lechuga, maíz, papa, remolacha, repollo, tomate y zanahoria, debido a que consideran esta actividad como la principal fuente de ingresos.

La segunda actividad considerada como fuente de ingresos es la prestación de trabajos asalariados fuera del municipio, así como negocios locales como abarroterías y panaderías.

En cuanto a turismo, en la aldea se puede decir que ésta es una actividad económica con menos importancia, debido a que en el territorio no cuenta con sitios representativos para el desarrollo turístico.

1.1.1.6. Población

La aldea Las Camelias se reporta un total de 3 038 personas, el 49 % hombres y 51 % mujeres, los datos fueron proporcionados por el COCODE.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

Corresponde a las obras públicas que el municipio ofrece para satisfacer las necesidades de la población.

1.1.2.1. Servicios públicos

A continuación, se presentan los servicios públicos que posee y no posee la aldea.

- Agua potable: el agua que abastece a la aldea proviene de tres nacimientos. Es llevada entubada por medio de un sistema por gravedad a los habitantes, pero el recurso es escaso y lamentablemente no alcanza para la demanda de la población.
- Drenaje: la aldea no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario que recolecte las aguas residuales. Actualmente la población utiliza pozo ciego.
- Energía eléctrica: en la aldea, un 97 % cuenta con el servicio eléctrico, el otro 3 %, por estar las viviendas muy retiradas del centro, no cuentan con el mismo.
- Transporte: se cuenta con una línea de transporte extraurbano todos los días a determinadas horas, microbuses y carros de los habitantes de la comunidad, taxis y motocicletas.
- Telefonía: la aldea cuenta con el servicio de comunicación vía celular proporcionado por empresas privadas.
- Extracción de desechos sólidos: la población no cuenta con un servicio de manejo de recolección basura y disposición final de desechos sólidos. Actualmente hay con lugares que se han convertido en vertederos de basura.

- Edificaciones públicas: la aldea posee un puesto de salud, escuela rural mixta, alcaldía auxiliar y salón comunal.
- Educación: en el área de educación, la aldea cuenta con una escuela en el cual es impartida la educación primaria y básica. No cuenta con establecimiento para educación diversificado, lo cual conlleva a que los estudiantes continúen con su educación a nivel diversificado fuera de la aldea y tienen que viajar a otras aldeas o la cabecera municipal.
- Salud: cuenta con un puesto de salud que presta el servicio de primeros auxilios, atendido por un auxiliar de enfermería. Posee unidades mínimas de salud.

1.1.2.2. Vías de acceso

La aldea Las Camelias se encuentra a 12 kilómetros de la cabecera municipal de Patzún; el acceso al municipio desde la capital de Guatemala dista de 84 kilómetros, por la carretera CA-1 occidente hasta llegar al municipio de Patzún. Luego se toma la RN-1 hasta llegar finalmente al municipio de Patzún. La aldea cuenta con algunas vías de acceso desde caminos y veredas que enlazan aldeas y caseríos dentro del municipio.

1.2. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango

El diagnóstico se realizó para determinar la situación actual y necesidades de la comunidad, entre las más comunes son las vías de acceso y la falta o mal funcionamiento de las obras de saneamiento.

1.2.1. Descripción de necesidades

Se presentan las necesidades de la aldea Las Camelias:

- Mejoramiento de sistema de abastecimiento de agua potable: actualmente la aldea cuenta con un sistema de abastecimiento deficiente, ya que no cumple con la demanda de la población por la escasez del recurso y el mal estado en algunas partes del sistema en funcionamiento.
- Sistema de alcantarillado sanitario: la aldea no cuenta con un sistema adecuado para evacuar las aguas servidas que provoca problemas de saneamiento a la población es decir enfermedades y contaminación.
- Adoquinamiento y mejoramiento de caminos: este problema ha afectado a los vecinos en su vida tanto social como económica; principalmente afecta a las actividades de producción, al reducir la oportunidad de comercializar sus productos por el mal estado de las calles. Además genera problemas de traslado de personas que transitan sus calles al provocar desperfectos en sus vehículos.

1.2.2. Priorización de necesidades

La municipalidad y miembros del COCODE priorizaron las necesidades de la siguiente manera:

- Mejoramiento de sistema de abastecimiento de agua potable
- Adoquinamiento y mejoramiento de caminos
- Sistema de alcantarillado sanitario

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango

Después de haber realizado la priorización de necesidades de la aldea Las Camelias, se determinó realizar la propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable que a continuación se detalla.

2.1.1. Descripción de proyecto

El sistema de agua potable que abastece a la población presenta deficiencias, por el crecimiento poblacional, desperfectos en componentes del sistema y que el caudal es limitado a causa de la poca producción de agua en las fuentes.

Este proyecto consta de un diagnóstico de las condiciones en que se encuentran los componentes del sistema existente. Se propone el diseño de la captación de agua de una nueva fuente que será enviada a un tanque de succión de 40 metros cúbicos, que posteriormente será conducida por una línea de bombeo a un tanque de almacenamiento de 40 metros cúbicos a una distancia de 3 911,77 m, con tubería de HG y PVC.

También está conformado por el diseño de la red de distribución que contempla dos sectores con una red abierta para cada sector. Las redes tendrán tubería de PVC con diámetros que oscilarán entre 2 ½" a ¾ de pulgada.

Será distribuida por gravedad y la toma de agua para los hogares se realizará por medio de conexiones prediales.

2.1.2. Diagnóstico del sistema en funcionamiento

El diagnostico se realizó con el objetivo de evaluar la situación actual y estado de los componentes del sistema en funcionamiento.

2.1.2.1. Captación

El sistema consta de tres fuentes de brote definido en ladera; dos provienen de las cercanías del caserío San Lorenzo, con aforos de 0,209 y 0,155 l/s, y la otra fuente del caserío La Ciénaga, con un aforo de 0,251 l/s. Las estructuras de captación son de concreto reforzado con su respectivo sello sanitario, desagüe y válvula de control. Estas estructuras se encuentran en buenas condiciones, sin filtraciones de contaminantes.

2.1.2.2. Línea de conducción

La inspección de las líneas de conducción de las diferentes fuentes da como resultado que no existen fugas y tienen un buen funcionamiento. Esto se determinó realizando aforos al inicio y al final de cada línea. Los miembros del COCODE de la aldea se encargan de darle mantenimiento periódicamente para evitar fugas.

2.1.2.3. Tanque de distribución

El sistema cuenta con dos tanques de distribución: uno, enterrado, con volumen de 20 m³; y el otro, superficial, de 25 m³. Ambos tanques están

conformados por muros de gravedad de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado. Los elementos de los tanques no presentan deterioro, por lo que este componente del sistema no presenta inconvenientes para su funcionamiento y podrán ser aprovechados para este proyecto.

2.1.2.4. Red de distribución

Por la ubicación de las viviendas, la red es del tipo abierta conformada por tubería de PVC de diámetros de 2", 1 1/2", 1" y 3/4". Con el crecimiento poblacional el sistema se modificó y se colocó tubería en forma empírica. Se identificaron los siguientes problemas: la tubería de la red existente no se encuentra enterrada, lo que provoca el deterioro acelerado de la tubería; colocación de tubería sin la resistencia adecuada, conexiones ilícitas que provocan pérdidas de presión y fugas en algunos puntos de la red.

2.1.2.5. Propuesta de mejoras

Dadas las condiciones en que se encuentra el sistema existente, se propone el diseño de lo siguiente: la captación de una nueva fuente de agua conducida por una línea bombeo que conlleva el diseño de un tanque de succión hacia un nuevo tanque de almacenamiento. Se debe hacer un cambio total de la red de distribución existente para evitar desperfectos. El nuevo diseño propone sectorizar el servicio para abastecer a toda la población; dicha sectorización se realizará por medio de dos sectores, aprovechando la ubicación de los tanques existentes, las viviendas y la topografía del terreno.

2.1.3. Localización de nueva fuente de abastecimiento de agua potable

Como parte de las mejoras propuestas para el sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea, se tomará en cuenta para la captación de agua un nacimiento propio de la comunidad. Este se encuentra localizado a una distancia de 3 911,77 m del nuevo tanque de almacenamiento propuesto y una diferencia de altura respecto del mismo de 259,67 m.

2.1.4. Aforo de fuente de abastecimiento

Es el volumen de agua por unidad de tiempo que produce la fuente; en este caso, el aforo se obtuvo por el método volumétrico. Se realizó aforo de las fuentes que llegan al sistema existente y de la fuente nueva que se incorporará al sistema.

Tabla II. Aforo nacimiento San Lorenzo 1

	Tiempo (s)	Volumen (l)
Nacimiento San Lorenzo 1 Fuente existente	90,0	18,9
	91,2	18,9
	90,6	18,9
	90,6	18,9
	90,0	18,9
Promedio	90,48	18,9
Caudal de aforo	0,209 l/s	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Aforo nacimiento San Lorenzo 2**

	Tiempo (s)	Volumen (l)
Nacimiento San Lorenzo 2 Fuente existente	120,6	18,9
	121,8	18,9
	123,6	18,9
	120,6	18,9
	122,4	18,9
Promedio	121,8	18,9
Caudal de aforo	0,155 l/s	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Aforo nacimiento La Ciénaga**

	Tiempo (s)	Volumen (l)
Nacimiento La Ciénaga Fuente existente	74,4	18,9
	75,6	18,9
	76,2	18,9
	75,0	18,9
	75,6	18,9
Promedio	75,36	18,9
Caudal de aforo	0,251 l/s	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Aforo nacimiento El Sitio**

	Tiempo (s)	Volumen (l)
Nacimiento El Sitio Fuente nueva	28,6	18,9
	27,4	18,9
	28,2	18,9
	27,6	18,9
	29,2	18,9
Promedio	28,2	18,9
Caudal de aforo	0,670 l/s	

Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Calidad del agua

En todos los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano es necesario determinar la calidad del agua, para garantizar que es sanitariamente segura; es decir, que está libre de sustancias tóxicas, concentraciones excesivas de minerales y materia orgánica. La calidad del agua para consumo humano depende de características físicas, químicas y bacteriológicas que deben cumplir con parámetros para determinar el tipo de tratamiento que deberá utilizarse o la ausencia del mismo, de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29001 y Acuerdo Gubernativo 178-2009.

2.1.5.1. Análisis físico-químico

Este análisis determina las características físicas que son percibidas por los sentidos como el olor, color, sabor, potencial de hidrógeno, turbiedad, sólidos totales disueltos, entre otros y las características químicas como la dureza, calcio, zinc, cobre, entre otros.

La muestra para el análisis físico-químico utilizada es un recipiente plástico limpio y esterilizado con capacidad de 1 galón. El procedimiento es lavar el recipiente 3 veces con el agua de la fuente donde se va a tomar la muestra, luego se llena y se cierra con la tapa.

En este caso, el resultado de laboratorio desde el punto de vista físico cumple con la norma y desde el punto de vista químico indica la presencia de compuestos de nitratos que sobrepasan el límite mínimo de contaminación (ver anexos).

2.1.5.2. Análisis bacteriológico

El propósito de este análisis es determinar la presencia de bacterias del grupo coliforme total en la muestra; es decir, materia fecal que indicaría la contaminación del agua y como consecuencia no apta para el consumo humano, ya que podría transmitir enfermedades.

La muestra para el análisis bacteriológico consiste en tomar agua en un envase de vidrio esterilizado con tapón hermético con capacidad de 100 ml. La muestra deberá de ser transportada en condiciones de refrigeración.

Con el resultado obtenido, el agua necesita la aplicación de métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración y desinfección). En este caso, se opta por la aplicación de cloro (ver anexos).

2.1.6. Levantamiento topográfico

Es fundamental la realización de un levantamiento topográfico para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua. A través del levantamiento se hace una representación gráfica de la superficie del terreno. En el levantamiento topográfico se detalla la localización de puntos de importancia del sistema de abastecimiento de agua como: la fuente, obras de captación, línea de conducción, tanque de distribución y red de distribución.

2.1.6.1. Planimetría

Consiste en la representación en planta del terreno mediante mediciones de distancias horizontales entre puntos importantes del sistema de abastecimiento de agua potable. Para este proyecto se realizó un levantamiento

por medio de una poligonal abierta con el método de conservación de azimut; se tomó como referencia el norte magnético (ver resultado en el plano de planta general en anexos). Se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito FOIF DT-105C
- Estadal
- Cinta métrica de 50 metros
- Plomada
- Clavos
- Estacas de madera
- Pintura
- Brújula

2.1.6.2. Altimetría

La altimetría determina la diferencia de altura entre dos puntos del terreno para ser proyectado en un plano vertical. El nivel de referencia siempre es un plano horizontal el cual puede ser arbitrario o el plano de referencia dado por el Instituto Geográfico Nacional y es referido al nivel del mar. Para este proyecto se realizó un levantamiento por medio de taquimetría. Se utilizó el mismo equipo descrito en la planimetría (ver resultado en planos de planta - perfil en anexos).

2.1.7. Criterios y parámetros de diseño

Son parámetros y criterios que se utilizan para dar un grado de seguridad en cuanto al funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable. Para el diseño del sistema se utilizaron parámetros y criterios de la norma de INFOM-UNEPAR.

2.1.7.1. Periodo de diseño

Es el periodo de tiempo en el cual el sistema será funcional para la población; es decir, cumplirá con abastecer de agua a la comunidad de manera eficaz. Para definir este periodo se tomará en cuenta la vida útil de los materiales, costos, población de diseño, entre otros.

Según la norma de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), se recomienda un periodo de 20 años para obras civiles y 5 a 10 años para equipos mecánicos. Para este proyecto se optó por utilizar un periodo de 21 años, un año más para gestiones.

2.1.7.2. Estimación de población futura

Es una proyección de la población con base en el periodo de diseño correspondiente al diseño del sistema. Para este proyecto, según datos tomados en campo de la aldea Las Camelias, el número de habitantes a beneficiar es de 2 765; la tasa de crecimiento que se tomó es de 3,4 % de acuerdo con los registros municipales.

La población futura se calculó mediante el modelo de crecimiento geométrico:

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

Donde:

Pf = población futura

Po= población actual

i = tasa de crecimiento

n= periodo de diseño

Al sustituir datos en la ecuación anterior obtenemos:

$$P_f = 2\,765(1 + 0,034)^{21} = 5\,580 \text{ habitantes}$$

2.1.7.3. Dotación

La dotación es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día; se expresa en litros por habitante por día (l/hab/día). Para fijar la dotación de agua adecuada se deben tener en cuenta los siguientes factores: clima, nivel de vida, calidad y cantidad de agua, tipo de fuente, servicios públicos y otros factores.

Para este caso se consideró el desarrollo social y económico de los habitantes de la aldea, aspectos climáticos de la región, la capacidad de las fuentes que conforman el sistema y la normativa vigente, por lo que se adoptó una dotación de 60 l/hab/día.

2.1.7.4. Caudal de diseño

El caudal de diseño es el que se utiliza para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas, ya sea en la línea de conducción o en la red de distribución, basado en el aforo y población de diseño.

2.1.7.5. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume la población en promedio en un día. Se obtiene mediante el producto de la población futura y la dotación dividido por el número de segundos que contiene un día.

$$Q_m = \frac{Pf * Dot}{86\ 400} = (l/s)$$

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Dot= Dotación (l/hab/día)

Qm= Caudal medio diario

Al sustituir datos en la ecuación anterior obtenemos:

$$Q_m = \frac{5\ 580 * 60}{86\ 400} = 3,88\ l/s$$

2.1.7.6. Caudal máximo diario

Conocido como caudal de conducción, este caudal es el máximo consumo de agua en un día del año, en el caso de que exista un registro; de lo contrario, la norma de UNEPAR recomienda considerar el caudal máximo diario como el producto del caudal medio diario por el factor máximo diario.

- Factor máximo diario: este factor depende de la población a servir; puede variar de 1,2 a 1,5. La norma de UNEPAR recomienda utilizarlo de la siguiente manera:
 - Poblaciones menores de 1 000 habitantes un fmd de 1,4 a 1,5
 - Poblaciones mayores de 1 000 habitantes un fmd de 1,2

El factor máximo diario a utilizar en este proyecto es de 1,2, porque la población futura es mayor a 1 000 habitantes.

Para el cálculo del caudal máximo diario en este proyecto se utilizará las consideraciones de la norma UNEPAR por la falta de un registro del máximo consumo en un día del año.

$$Q_{md} = Q_m * f_{md}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario (l/s)

f_{md} = factor máximo diario

Q_{md} = caudal máximo diario (l/s)

$$Q_{md} = 3,88 * 1,2 = 4,65 \text{ l/s}$$

2.1.7.7. Caudal máximo horario

Conocido como caudal de distribución, este caudal es el máximo consumo de agua en una hora del día, en el caso de que exista un registro; de lo contrario, la norma de UNEPAR recomienda considerar el caudal máximo diario como el producto del caudal medio diario por el factor máximo horario.

- Factor máximo horario: este factor depende de la población a servir. El factor máximo horario puede variar de 2 a 3; la norma de UNEPAR recomienda utilizarlo de la siguiente manera:
 - Poblaciones menores de 1 000 habitantes un fmh de 3
 - Poblaciones mayores de 1 000 habitantes un fmh de 2

El factor máximo horario a utilizar en este proyecto es de 2, porque la población futura es mayor a 1 000 habitantes.

Para el cálculo del caudal máximo horario diario en este proyecto se utilizará las consideraciones de la norma INFOM-UNEPAR, por la falta de un registro del máximo consumo en una hora del día.

$$Q_{mh} = Q_m * f_{mh}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario (l/s)

f_{mh} = factor máximo horario

Q_{mh} = caudal máximo horario (l/s)

$$Q_{mh} = 3,88 * 2 = 7,75 \text{ l/s}$$

2.1.7.8. Caudal instantáneo

Este caudal simula la probabilidad de que se utilice al mismo tiempo de las conexiones. El caudal instantáneo no debe ser menor que 0,20 l/s y se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q_i = caudal instantáneo

K = coeficiente, 0,20 predial y 0,15 llenacántaros

n = número de conexiones o llenacántaros

2.1.7.9. Caudal de bombeo

Este caudal es la cantidad de agua que debe impulsarse desde la fuente hasta el tanque de distribución. El caudal de bombeo se determina multiplicando el caudal máximo diario por veinticuatro horas, dividido el tiempo o el periodo de bombeo al día. La norma INFOM recomienda un periodo entre ocho horas diarias máximo para un motor diésel y dieciocho horas para motores eléctricos.

$$Q_b = \frac{Q_{md} * 24}{T_b} = l/s$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo l/s

Q_{md} = caudal máximo diario

T_b = número de horas de bombeo

$$Q_b = \frac{0,67 * 24}{8} = 2,01 l/s$$

En el cálculo del caudal de bombeo, se sustituyó el caudal máximo diario por el caudal de aforo de la fuente, ya que el caudal de la fuente no cubre con lo que demanda el caudal máximo diario.

2.1.8. Diseño hidráulico

A continuación, se describe el diseño hidráulico de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

2.1.8.1. Captación

Esta obra sirve para recolectar el agua proveniente de fuentes o nacimientos; en el caso de este proyecto, el agua se recolectará de un nacimiento tipo brote definido en ladera.

La estructura de esta obra se compone por muros de concreto ciclópeo, tapadera con sello sanitario de concreto para aislar de la intemperie el nacimiento; un filtro de piedra bola, grava y arena, rebalse, desagüe para limpieza, pichacha y tubería de salida con válvula de control (ver plano de captación en anexos).

2.1.8.2. Línea de conducción por bombeo

Es el conjunto de tuberías trabajando a presión que sale desde la captación o tanque de alimentación al tanque de distribución. Conforme a la topografía del terreno y las características de la fuente, la conducción puede ser por gravedad o por bombeo; en el presente proyecto se trabajará una línea de conducción por bombeo.

La tubería será elegida tomando en cuenta factores como diámetro económico, costo de bombeo, costo de la tubería y sobrepresión conocida como golpe de ariete. Se recomienda que la tubería se coloque en la ruta más directa desde la bomba al punto de descarga y colocar válvulas de limpieza, alivio y aire en puntos donde sea necesario.

De acuerdo con las normas INFOM, la velocidad a la que el caudal debe conducirse en una línea de bombeo como mínimo es de 0,6 m/s y como velocidad máxima será de 2 m/s. Si no se toma en cuenta estos parámetros

puede ocasionar sedimentación en el caso de una velocidad muy baja y erosión en la tubería cuando la velocidad es muy alta.

2.1.8.2.1. Diámetro económico

Para determinar el diámetro de la tubería, no solo se debe considerar el criterio técnico sino también tomarse en cuenta un criterio económico, ya que para diámetros pequeños el costo de la tubería es menor, pero produce pérdidas altas, lo que afecta el costo de bombeo. Para diámetros grandes, el costo de la tubería es mayor, pero el costo de bombeo disminuye.

A continuación, se procede a realizar un análisis económico en el que se calcula el diámetro que produce la menor pérdida y costo de bombeo.

- Se calcula los posibles diámetros a utilizar, se analiza los diámetros comerciales que estén en el rango de las velocidades permitidas con la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{\frac{1,974 * Q_b}{v}}$$

Donde:

ϕ = diámetro (plg)

Q_b = caudal de bombeo (l/s)

v = velocidad (m/s)

Para una velocidad de 0,6 metros sobre segundo se obtiene lo siguiente:

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{1,974 * 2,01}{0,6}}$$

$$\phi_1 = 2,57''$$

Para una velocidad de 2,0 metros sobre segundo se obtiene lo siguiente:

$$\phi_2 = \sqrt{\frac{1,974 * 2,01}{2,0}}$$

$$\phi_2 = 1,41''$$

Se evaluará los diámetros que se encuentren en entre el rango calculado. Los diámetros de 1 ½", 2" y 2 ½" se analizarán a continuación.

- Se procederá a calcular la velocidad, con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{1,974 * Q_b}{\phi_{int}^2}$$

Donde:

ϕ_{int} = diámetro interno (plg)

Q_b = caudal de bombeo (l/s)

v = velocidad (m/s)

$$v_{1\frac{1}{2}''} = \frac{1,974 * 2,01}{1,676^2} = 1,41 \text{ m/s}$$

$$v_{2''} = \frac{1,974 * 2,01}{2,095^2} = 0,90 \text{ m/s}$$

$$v_{2\frac{1}{2}''} = \frac{1,974 * 2,01}{2,537^2} = 0,62 \text{ m/s}$$

Las velocidades calculadas cumplen con el rango permitido.

- Se calcula la pérdida de carga para cada uno de los diámetros, por medio de la ecuación de Hazzen Williams.

$$Hf = \frac{1\,743,811 * l * Q_b^{1,85}}{C^{1,85} * \phi_{int}^{4,87}}$$

Donde:

l = longitud (m)

Q_b = caudal de bombeo (l/s)

C = constante según material

ϕ_{int} = diámetro interno (plg)

Datos:

$l = 3911,77 \text{ m} * 1,03 = 4\,030 \text{ m}$

$Q_b = 2,01 \text{ l/s}$

$C = 150$ para PVC

$$Hf_{1\frac{1}{2}''} = \frac{1\,743,811 * 4\,030 * 2,01^{1,85}}{150^{1,85} * 1,676^{4,87}} = 194,87 \text{ m}$$

$$Hf_2 = \frac{1\,743,811 * 4\,030 * 2,01^{1,85}}{150^{1,85} * 2,095^{4,87}} = 65,73 \text{ m}$$

$$Hf_{2\frac{1}{2}} = \frac{1\,743,811 * 4\,030 * 2,01^{1,85}}{150^{1,85} * 2,537^{4,87}} = 25,88 \text{ m}$$

- Se calculará el costo de la tubería por mes para los diámetros establecidos anteriormente. Para ello hay que determinar la amortización, mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{R * (R + 1)^n}{(R + 1)^n - 1}$$

Donde:

A = amortización

R = tasa de interés

N = número de meses que se desea pagar la tubería

Para este caso se asume una tasa de interés de 15 % anual y 10 años para amortizar la tubería.

$$R = \frac{15 \% \text{ anual}}{12 \text{ meses}} = 0,0125$$

$$n = \frac{10 \text{ años} * 12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 120 \text{ meses}$$

$$A = \frac{0,0125 * (0,0125 + 1)^{120}}{(0,0125 + 1)^{120} - 1} = 0,016$$

A continuación, se determina la cantidad de tubos a utilizar:

$$\#tubos = \frac{longitud}{6}$$

$$\#tubos = \frac{4\,030\,m}{6\,m} = 672\,unidades$$

Luego se calcula el costo mensual de la tubería empleando la siguiente ecuación:

$$C_t = A * C_l$$

Donde:

C_t = costo tubería por mes

A = amortización

C_l = costo por longitud de tubería

Tabla VI. **Costo mensual de tubería**

Diámetro	Amortización	Costo de la tubería	Cantidad de tubos	Costo por mes
1 ½	0,016	Q 50,00	672	Q 537,60
2	0,016	Q 75,00	672	Q 806,40
2 ½	0,016	Q 135,00	672	Q 1 451,52

Fuente: elaboración propia.

- Determinar el costo de energía de bombeo mensual. Para esto se tendrá que calcular la potencia para cada diámetro, horas de bombeo mensual y costo de energía.

A continuación, se determina la potencia para cada uno de los diámetros en caballos de fuerza (HP).

$$Pot = \frac{Hf * Q_b}{76 * e}$$

Donde:

Hf = pérdida por fricción (m)

Q_b = caudal de bombeo (l/s)

e = eficiencia a la que trabaja la bomba (%)

Pot = potencia de la bomba (hp)

$$Pot_{1\frac{1}{2}} = \frac{194,87 * 2,01}{76 * 0,60} = 8,59 \text{ hp}$$

$$Pot_2 = \frac{65,73 * 2,01}{76 * 0,60} = 2,90 \text{ hp}$$

$$Pot_{2\frac{1}{2}} = \frac{25,88 * 2,01}{76 * 0,60} = 1,14 \text{ hp}$$

Se convierte los caballos de fuerza a kilo vatios, 1hp = 0,746 kw:

$$Pot_{1\frac{1}{2}} = 8,59 \text{ hp} * \frac{0,746 \text{ kw}}{1 \text{ hp}} = 6,41 \text{ kw}$$

$$Pot_2 = 2,90 \text{ hp} * \frac{0,746 \text{ kw}}{1 \text{ hp}} = 2,16 \text{ kw}$$

$$Pot_{2\frac{1}{2}} = 1,14 \text{ hp} * \frac{0,746 \text{ kw}}{1 \text{ hp}} = 0,85 \text{ kw}$$

Cálculo de horas de bombeo al mes:

$$T_b = \frac{8 \text{ horas}}{\text{días}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 240 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

Tabla VII. **Costo de energía mensual**

Diámetro	Potencia (kw)	Horas de bombeo	Precio unitario	Costo de energía
1 ½	6,41	240	2,03	Q 3 121,84
2	2,16	240	2,03	Q 1 052,35
2 ½	0,85	240	2,03	Q 414,56

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Costo total mensual**

Diámetro	Costo de tubería	Costo de energía	Costo total
1 ½	Q 537,60	Q 3 121,84	Q 3 659,44
2	Q 806,40	Q 1 052,35	Q 1 805,72
2 ½	Q 1 451,52	Q 414,56	Q 1 866,08

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla VIII, el diámetro económico que se usará es el de 2 pulgadas, ya que tiene el menor costo total mensual de todos los diámetros propuestos.

2.1.8.2.2. **Carga dinámica total**

Es la presión real expresada en metros columna de agua contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido. Se calcula de la siguiente manera:

$$CDT = H_{sc} + H_{fs} + H + H_f + H_v + H_a$$

Donde:

CDT= carga dinámica total

Hsc= altura de succión

Hfs= pérdida de carga en la succión

H= altura de impulsión (diferencia de cotas de terreno entre la cota mayor y la menor.

Hf= pérdida de carga en la línea de impulsión

Hv= pérdida de carga por velocidad

Ha= pérdida por accesorios (10 % Hf)

- Altura de succión:

Para este proyecto se tomará 4 metros como máximo.

- Pérdida de carga en la succión:

$$H_{fs} = \frac{1\,743,811 * l * Q_b^{1,85}}{C^{1,85} * \phi_{int}^{4,87}}$$

Donde:

l= longitud de tubería

Qb= caudal de bombeo

C= coeficiente de fricción (PVC C=150)

ϕ_{int} = diámetro interno ($\phi_{int} 2'' = 2,095$)

$$H_{fs} = \frac{1\,743,811 * 4 * 2,01^{1,85}}{150^{1,85} * 2,095^{4,87}} = 0,07 \text{ m}$$

- Altura de impulsión:

Cota mayor= 1 246,98 m

Cota menor= 987,31 m

$$H = 1\,246,98 - 987,31 = 259,67 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en línea de impulsión:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 4\,030 * 2,01^{1,85}}{150^{1,85} * 2,095^{4,87}} = 65,73 \text{ m}$$

- Pérdida por velocidad:

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V= velocidad

g= gravedad

$$H_v = \frac{0,90^2}{2 * 9,81} = 0,05 \text{ m}$$

- Pérdida por accesorios:

$$H_a = 0,1 * H_f$$

$$H_a = 0,1 * 65,73 = 6,57 \text{ m}$$

Al sustituir valores en la ecuación:

$$CDT = H_s + Hf_s + H + H_f + H_v + H_a$$

$$CDT = 4 + 0,07 + 259,67 + 65,73 + 0,05 + 6,57 = 336,09 \text{ m}$$

2.1.8.2.3. Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que se produce al cerrar una válvula bruscamente. Produce un choque violento del agua contra las paredes de la tubería y crea una sobrepresión que puede dañar todo el sistema hidráulico.

Por lo tanto, es necesario verificar que la tubería sea capaz de soportar esta sobrepresión. También se puede colocar una válvula de alivio para reducir el golpe de ariete. A continuación, se determinará el golpe de ariete.

Para determinar la sobrepresión es necesario calcular la velocidad con la que la sobrepresión se propagará. Esta velocidad se conoce como celeridad y se calcula de la siguiente manera:

$$Ga = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} * \frac{\varnothing_{in}}{es}}}$$

Donde:

Ga= celeridad (m/s)

V= velocidad (m/s)

E= módulo de elasticidad de la tubería (kg/cm²)

K= módulo de elasticidad del agua (kg/cm²)

∅_{in}= diámetro interno de la tubería (pulg)

es= espesor de la pared de la tubería

$$Ga = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \frac{20\,700}{30\,000} * \frac{2,095}{0,14}}} = 421,95 \text{ m/s}$$

Sobrepresión:

$$\Delta H = \frac{Ga * V}{g}$$

Donde:

Ga= celeridad

V= velocidad

g= gravedad

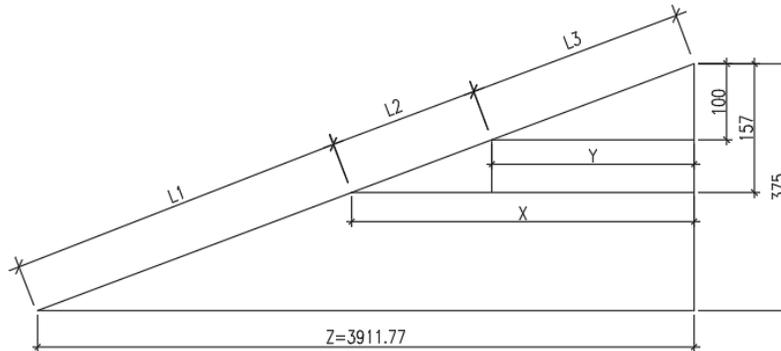
$$\Delta H = \frac{421,95 * 0,90}{9,81} = 38,92 \text{ m}$$

El caso crítico será la sumatoria de la sobrepresión, más la carga dinámica total.

$$\text{Caso critico} = 38,92 + 336,09 = 375,01 \text{ m}$$

El caso crítico es 375,08 m.c.a. por lo que la tubería de 250 psi (175 m.c.a.) no soporta la presión; entonces, será utilizada tubería de Hg con presión de trabajo de 700 psi (490 m.c.a.) donde requiera una mayor presión de 175 m.c.a. Para optimizar la clase de tubería se calcula a través de una relación de triángulos.

Figura 2. Optimización de la clase de tubería en línea de impulsión



Fuente: elaboración propia.

Al hacer relación de triángulos se tiene:

$$\frac{X}{157 \text{ m.c.a}} = \frac{3911,77 \text{ m}}{375 \text{ m.c.a}} \rightarrow x = 1637,37 \text{ m}$$

$$\frac{Y}{100 \text{ m.c.a}} = \frac{3911,77 \text{ m}}{375 \text{ m.c.a}} \rightarrow y = 1043,14 \text{ m}$$

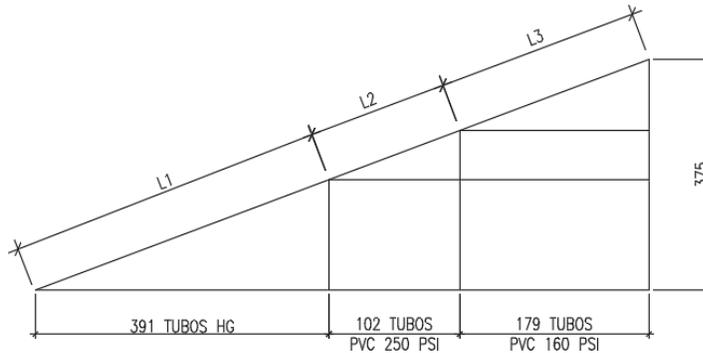
$$L1 = \sqrt{(375 - 157)^2 + (3911,77 - 1637,37)^2} = 2284,82 \text{ m}$$

$$L2 = \sqrt{(157 - 100)^2 + (1637,37 - 1043,14)^2} = 596,96 \text{ m}$$

$$L3 = \sqrt{100^2 + 1043,14^2} = 1047,92 \text{ m}$$

La tubería 160 psi y 250 psi se utilizará al 90 % de la presión de trabajo, lo que equivale a 100 m.c.a para la tubería de 160 psi y 157 m.c.a para la tubería de 250 psi. Entonces la tubería queda distribuida de la siguiente forma:

Figura 3. **Distribución de tubería en línea de impulsión**



Fuente: elaboración propia.

Se recomienda colocar una válvula de retención en el punto donde haya cambio de clase de tuberías para disminuir los efectos del golpe de ariete.

2.1.8.3. **Determinación de potencia de la bomba**

La potencia de la bomba es la fuerza para elevar el caudal a la altura necesaria conocida como carga dinámica total.

Se utiliza la siguiente ecuación:

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

Donde:

CDT= carga dinámica total

Qb= caudal de bombeo

e= eficiencia de la bomba (60 %)

$$Pot = \frac{336,09 * 2,01}{76 * 0,60} = 14,81 Hp$$

2.1.8.4. Selección de tipo de bomba

El diseño de cada equipo de bombeo es diferente según el fabricante y las características, por lo que, para elegir la bomba se toma en cuenta que cumpla con la carga dinámica total y el caudal. En este proyecto, después de ver lo que ofrece el mercado, se propone que el equipo de bombeo debe tener las siguientes características:

Tabla IX. Selección de tipo de bomba

Especificaciones del equipo de bombeo	
Tipo de bomba	Bomba sumergible vertical
Modelo	S4-SS40-50STS+S
Etapas	50
Motor	MS6-20HP 460V 3F STS
Potencia	20 HP
Voltaje	460 v
Conexión	Trifásica
Capacidad	30GPM
Altura de elevación	1105 ft

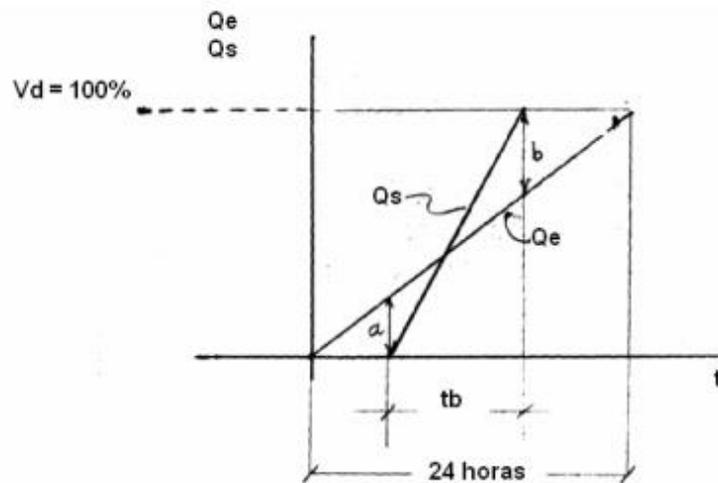
Fuente: elaboración propia.

2.1.8.5. Tanque de succión

El tanque de succión tiene como objetivo almacenar el agua proveniente del nacimiento, para luego ser impulsada por bombeo al tanque de almacenamiento o distribución. El tanque compensa la entrada constante del caudal de la fuente al día y la salida de un caudal durante las horas de bombeo.

El volumen del tanque de succión se establece tomando en cuenta la relación entre el caudal de la fuente y el caudal de bombeo. El cálculo del volumen del tanque se realizó de la siguiente manera:

Figura 4. Caudales de entrada y salida en depósitos de succión



Fuente: AGUILAR, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. p. 110.

El volumen del tanque de succión son las variaciones de lo que entra y sale.

$$V_{sc} = a + b$$

Se relaciona el volumen de agua que produce la fuente al día (vd) y el volumen del tanque de succión mediante semejanza de triángulos.

$$\frac{Vd}{24} = \frac{Vd - (a + b)}{tb}$$

Por lo tanto:

$$\frac{Vd}{24} = \frac{Vd - V_{sc}}{tb}$$

De manera que el volumen de compensación se determina al despejar V_c quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$V_{sc} = V_d \left(1 - \frac{tb}{24}\right)$$

Donde:

V_{sc} = volumen del tanque de succión

V_d = volumen de agua que produce la fuente al día

T_b = horas de bombeo

Se determina el volumen de agua que produce la fuente al día

$$V_d = \frac{0.67 * 3\,600 * 24}{1\,000} = 57,89 \text{ m}^3$$

Al sustituir:

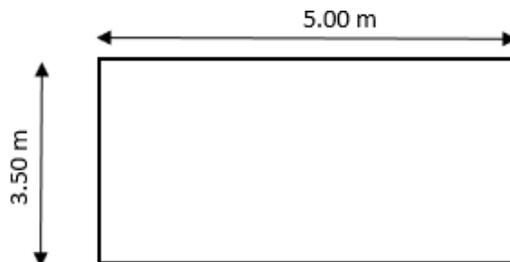
$$V_{sc} = 57,89 * \left(1 - \frac{8}{24}\right) = 38,59 \text{ m}^3$$

Por lo cual se determina que el volumen del tanque de succión será 40 m^3 , con las siguientes dimensiones: 3,50 metros de ancho, 5 metros de longitud y 2,30 de profundidad.

- Diseño de losa del tanque

Para el diseño estructural de la cubierta se deberá usar una losa de concreto reforzado siguiendo criterios del código ACI 318.

Figura 5. **Dimensiones losa de tanque de succión**



Fuente: elaboración propia.

Determinar si la losa trabaja en 1 sentido o en 2 sentidos mediante la relación entre la longitud menor y la longitud mayor de la losa:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

m = relación de longitud menor y mayor de la losa

a = longitud menor de la losa

b = longitud mayor de la losa

Si la relación es menor a 0,5 se diseñará en un sentido, pero si fuera mayor a 0,5 debe diseñarse en dos sentidos.

Se sustituye:

$$m = \frac{3,50 \text{ m}}{5,00 \text{ m}} = 0,7$$

m = 0,7 > 0,5 (trabaja en dos sentidos)

- Espesor de losa:

$$t = \frac{p}{180}$$

Donde:

t = espesor de la losa

p = perímetro de la losa

Al sustituir:

$$t = \frac{2 * (5 + 3,50)}{180} = 0,094 \text{ m}$$

$$t = 9,4 \text{ cm}$$

El espesor de la losa que se utilizará será de 10 centímetros.

- Integración de cargas

Carga muerta:

$$CM = Wp + Sc$$

Donde:

CM = carga muerta

Wp = peso propio de la losa

Sc = sobre carga en losa

Al sustituir:

$$CM = \left(2\,400 \frac{kg}{m^3} * 0,10\,m \right) + 100 \frac{kg}{m^2} = 340 \frac{kg}{m^2}$$

Carga muerta última:

$$CMU = 1,4 * CM$$

Donde:

CMU = carga muerta última

CM = carga muerta

Al sustituir:

$$CMU = 1,4 * 340 \frac{kg}{m^2} = 476 \frac{kg}{m^2}$$

Carga viva última:

Se considerará una carga viva de 100 kilogramos por metro cuadrado.

$$CVU = 1,7 * CV$$

Donde:

CVU = carga viva última

CV = carga viva

Al sustituir:

$$CVU = 1,7 * 100 \frac{kg}{m^2} = 170 \frac{kg}{m^2}$$

Carga última:

$$CU = CMU + CVU$$

Donde:

CU = carga última

CMU = carga muerta última

CVU = carga viva última

Al sustituir:

$$CU = 476 \frac{kg}{m^2} + 170 \frac{kg}{m^2} = 646 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos

Momentos

$$Ma(+) = (Ca_{dl} * CMU * a^2) + (Ca_{ul} * CVU * a^2)$$

$$Mb(+) = (Cb_{dl} * CMU * b^2) + (Cb_{ul} * CVU * b^2)$$

$$M(-) = \frac{1}{3} * M(+)$$

Donde:

M_a, M_b = momento actuante (positivo y negativo en ambas longitudes).

$C_{a_{dl}}$ = coeficiente de carga muerta (+) en a, según relación a/b y empotramiento.

$C_{b_{dl}}$ = coeficiente de carga muerta (+) en b, según relación a/b y empotramiento.

$C_{a_{ul}}$ = coeficiente de carga muerta (+) en a, según relación a/b y empotramiento.

$C_{b_{ul}}$ = coeficiente de carga muerta (+) en b, según relación a/b y empotramiento.

Al sustituir:

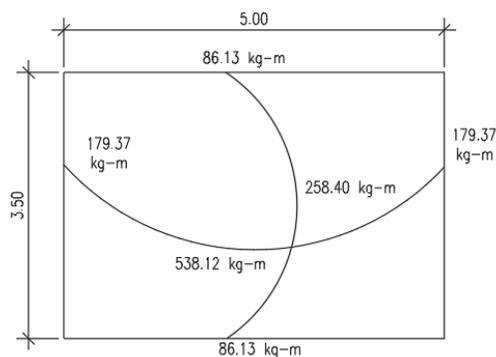
$$M_a(+)=\left(0,068 * 476 \frac{kg}{m^2} * 3,5^2m\right) + \left(0,068 * 170 \frac{kg}{m^2} * 3,5^2m\right) = 538,12 \text{ kg} - m$$

$$M_b(+)=\left(0,019 * 476 \frac{kg}{m^2} * 5^2m\right) + \left(0,019 * 170 \frac{kg}{m^2} * 5^2m\right) = 258,40 \text{ kg} - m$$

$$M_a(-)=\frac{538,12}{3} = 179,37 \text{ kg} - m$$

$$M_b(-)=\frac{258,40}{3} = 86,13 \text{ kg} - m$$

Figura 6. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia.

○ Cálculo de acero de refuerzo

Se determina el peralte efectivo de la losa, para esto se propone utilizar varillas con diámetro de 3/8 de pulgada que en centímetros equivale a 0,952 cm.

$$d = t - rec - \frac{\phi}{2}$$

Donde:

d = peralte efectivo de la losa

t = espesor de losa

rec = recubrimiento (2,5 cm)

Al sustituir:

$$d = 10 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - \frac{0,952}{2} = 7,02 \text{ cm}$$

Acero mínimo:

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

Donde:

$A_{s_{min}}$ = acero mínimo

f_y = esfuerzo de fluencia del acero (2 810 kg/cm²)

b = base (100 cm)

d = peralte efectivo

Al sustituir:

$$As_{min} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,02 = 3,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 3 * t$$

Donde:

S_{max} = espaciamento máximo

t = espesor de losa

Al sustituir:

$$S_{max} = 3 * 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

Espaciamento para el acero mínimo: usando una varilla con diámetro de 3/8 de pulgada.

$$3,52 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

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

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{3,52 \text{ cm}^2} \approx 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto, está dentro del rango; entonces sí se puede utilizar el espaciamento para el acero mínimo.

- Momento último que resiste As_{min}

$$Mu = \phi * \left[As_{min} * fy * \left(d - \frac{As_{min} * fy}{1,7 * f'c * b} \right) \right]$$

Donde:

Mu = momento último

As_{min} = área de acero mínimo

d = peralte efectivo de la losa

fy = esfuerzo de fluencia del acero (2 810 kg/cm²)

f'c = resistencia a compresión del concreto (210 kg/cm²)

φ = factor de reducción de resistencia (0,90)

Al sustituir:

$$Mu = 0,90 * \left[3,52 cm^2 * 2810 \frac{kg}{cm^2} * \left(7,02 cm - \frac{3,52 cm^2 * 2810 \frac{kg}{cm^2}}{1,7 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 100 cm} \right) \right]$$

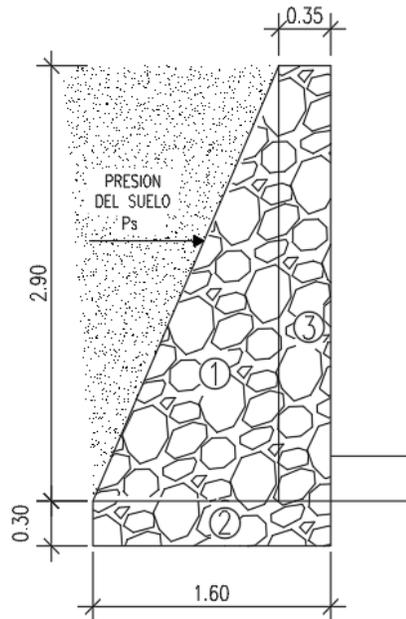
$$Mu = 60 131,08 kg - cm$$

$$Mu = 601,31 kg - m$$

Los momentos actuantes en la losa son menores al momento que resiste el área de acero mínimo, por lo que la losa tendrá un armado con varillas No. 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Diseño de muro

Figura 7. **Dimensiones de muro**



Fuente: elaboración propia.

- Cargas y momentos actuantes en el muro

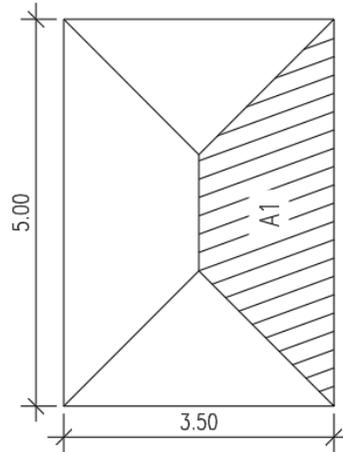
Tabla X. **Cargas y momentos actuantes**

Figura	Área (m ²)	γ_{cc} (kg/m ³)	Carga (Kg/m)	Brazo (m)	Momento Kg-m
1	1,81	2 500	4 231,25	0,83	3 776,04
2	0,48	2 500	1 200	0,80	960,00
3	1,01	2 500	2 537,5	1,43	3 615,94
			8 268,75		8 351,98

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de peso de la losa y de viga perimetral

Figura 8. **Área tributaria**



Fuente: elaboración propia.

$$A_1 = \frac{1}{2} * (5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) * 1,75 \text{ m} = 5,69 \text{ m}^2$$

Peso de la losa:

$$W_{losa} = \frac{CU * A_1}{L}$$

Donde:

W_{losa} = peso de la losa

CU = carga última

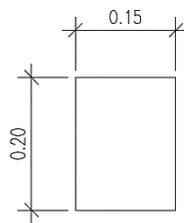
L = longitud del lado mayor

Al sustituir:

$$W_{losa} = \frac{646 \frac{kg}{m^2} * 5,69m^2}{5 m} = 734,83 \frac{kg}{m}$$

Peso de viga perimetral

Figura 9. **Viga perimetral**



Fuente: elaboración propia.

$$W_{viga} = b * h * \gamma_c$$

Donde:

W_{viga} = peso de viga perimetral

b = base de viga

h = altura de viga

γ_c = peso específico del concreto

Al sustituir:

$$W_{viga} = 0,15m * 0,20m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 100,8 \frac{kg}{m}$$

Sumatoria de peso de la losa y viga perimetral:

$$W_{losa+viga} = W_{losa} + W_{viga}$$

$$W_{losa+viga} = 734,83 \frac{kg}{m} + 100,80 \frac{kg}{m} = 835,63 \frac{kg}{m}$$

- Considerando $W_{losa+viga}$ como una carga puntual PC

$$PC = W_{losa+viga} * 1 m$$

$$PC = 835,63 \frac{kg}{m} * 1 m = 835,63 kg$$

- Momento que ejerce la carga PC

$$M_{pc} = PC * brazo$$

$$M_{pc} = 835,63 kg * \left(\frac{0,35}{2}\right) = 146,23 kg - m$$

- Coeficiente de Rankine

$$Ka = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi}$$

Donde:

Ka = coeficiente de Rankine

Φ = ángulo de fricción interna

$$Ka = \frac{1 - \sin 28}{1 + \sin 28} = 0,361$$

- Fuerza debida al suelo

$$F_{es} = \frac{\gamma_s * h_s^2 * K_a}{2}$$

Donde:

F_{es} = fuerza debido al suelo

γ_s = peso específico del suelo

h_s = altura de suelo

Al sustituir:

$$F_{es} = \frac{1\,700 \frac{kg}{m^3} * (3,20\,m)^2 * 0,361}{2} = 3\,142,44 \frac{kg}{m}$$

- Momento debido a la fuerza debida al suelo

$$M_{es} = F_{es} * \frac{H}{3}$$

$$M_{es} = 3\,142,44 \frac{kg}{m} * \frac{(2,9 + 0,3)\,m}{3} = 3\,351,93\,kg - m$$

Tabla XI. **Resumen de cargas y momentos**

Cargas y Momentos			
No.	Brazo (m)	Wr (ton)	Mr (ton-m)
1	0,83	4,531	3,776
2	0,80	1,20	0,96
3	1,43	2,537	3,616
PC	0,175	0,836	0,146
	Total	9,104	8,498

Fuente: elaboración propia.

- Verificación contra volteo

$$F_v = \frac{Mr}{Ma} > 2$$

$$F_v = \frac{8,49}{3,35} = 2,54$$

La verificación contra volteo es aceptable, porque F_s cumple con la condición de ser mayor a 2.

- Verificación contra deslizamiento

Para esta verificación primero se debe considerar un coeficiente de deslizamiento (k_d); este coeficiente está entre el rango de 0,35 a 0,65. En este caso se utilizó un valor de 0,60.

$$F_t = W_r * K_d$$

$$F_t = 9,10 * 0,60 = 5,46$$

$$F_{sd} = \frac{F_t}{F_{es}} > 1,5$$

$$F_{sd} = \frac{5,46}{3,14} = 1,74$$

La verificación contra deslizamiento es aceptable, porque F_{sd} cumple la condición de ser mayor a 1,5.

- Verificación por presión sobre el suelo

Excentricidad:

$$ex = \frac{B}{2} - \frac{M_r - M_{es}}{W_r}$$

$$ex = \frac{1,60}{2} - \frac{8,49 - 3,35}{9,10} = 0,23 \text{ m}$$

Módulo de sección

$$S_x = \frac{B^2}{6} * l$$

Donde:

S_x = módulo de sección

B = base del muro

l = longitud unitaria del muro

$$S_x = \frac{1,6^2}{6} * 1 = 0,43 \text{ m}^3$$

Presión que el muro transmite al suelo:

$$q = \frac{W_r}{A} \pm \frac{W_r * ex}{S_x}$$

$$q_{max} = \frac{9,10}{1,6 * 1} + \frac{9,10 * 0,23}{0,43} = 10,55 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} = \frac{9,10}{1,6 * 1} - \frac{9,10 * 0,23}{0,43} = 0,82 \frac{ton}{m^2}$$

$$q_{max} < 12 \text{ ton}/m^2$$

$$q_{min} > 0$$

El resultado obtenido de q_{max} es aceptable, ya que es menor al valor soporte del suelo. El resultado obtenido de q_{min} también es aceptable porque es mayor a cero.

2.1.8.6. Tanque almacenamiento

El tanque de almacenamiento tiene como objetivo compensar las demandas máximas horarias en el sistema; regular presiones en la red de distribución y almacenar agua durante horas de poco consumo.

Se diseñó un tanque de distribución de concreto ciclópeo, con losa de concreto reforzado, provista de boca de inspección con tapa sanitaria, para efectos de inspección y reparación.

Todo tanque de almacenamiento tiene instalaciones para ventilación, rebalse y limpieza. La tubería de salida contiene una pichacha, colocada a 0,10 m sobre el nivel del piso del tanque.

- Volumen de tanque de almacenamiento

Para estimar el volumen del tanque de distribución se ha tomado en cuenta lo recomendado por las normas INFOM-UNEPAR.

$$Q_B = 2,01 \frac{l}{s}$$

$$T_B = 8 \text{ horas}$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = (Q_B)(T_B)(65 \%)$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = \left(2,01 \frac{l}{s}\right) \left(8 \text{ horas} * \frac{3600 s}{1 \text{ hora}}\right) \left(\frac{1 m^3}{1000 l}\right) (0,65)$$

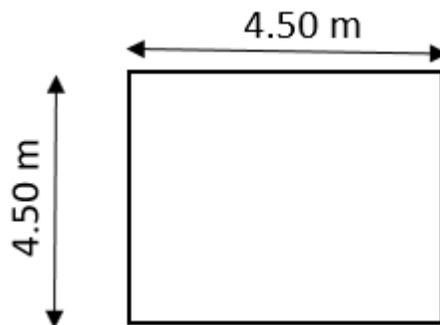
$$\text{Volumen de almacenamiento} = 37,63 m^3$$

Por lo tanto, se utilizará un tanque con capacidad de 40 metros cúbicos que tendrá las siguientes dimensiones: 4,50 metros de ancho, 4,50 metros de longitud y 2,00 metros de altura.

- Diseño de losa del tanque

Para el diseño estructural de la cubierta se deberá usar una losa de concreto reforzado siguiendo criterios del código ACI 318.

Figura 10. **Dimensiones losa de tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

Determinar si la losa trabaja en 1 sentido o en 2 sentidos mediante la relación entre la longitud menor y la longitud mayor de la losa:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

m = relación de longitud menor y mayor de la losa

a = longitud menor de la losa

b = longitud mayor de la losa

Si la relación es menor a 0,5 se diseñará en un sentido, pero si fuera mayor a 0,5 debe diseñarse en dos sentidos.

Al sustituir:

$$m = \frac{4,50 \text{ m}}{4,50 \text{ m}} = 1$$

m = 1 > 0,5 (trabaja en dos sentidos)

- Espesor de losa:

$$t = \frac{p}{180}$$

Donde:

t = espesor de la losa

p = perímetro de la losa

Al sustituir:

$$t = \frac{4 * (4,50)}{180} = 0,10 \text{ m}$$
$$t = 10,0 \text{ cm}$$

El espesor de la losa que se utilizará será de 10 centímetros.

- Integración de cargas

Carga muerta:

$$CM = Wp + Sc$$

Donde:

CM = carga muerta

Wp = peso propio de la losa

Sc = sobre carga en losa

Al sustituir:

$$CM = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,10 \text{ m} \right) + 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga muerta última:

$$CMU = 1,4 * CM$$

Donde:

CMU = carga muerta última

CM = carga muerta

Al sustituir:

$$CMU = 1,4 * 340 \frac{kg}{m^2} = 476 \frac{kg}{m^2}$$

Carga viva última:

Se considerará una carga viva de 100 kilogramos por metro cuadrado.

$$CVU = 1,7 * CV$$

Donde:

CVU = carga viva última

CV = carga viva

Al sustituir:

$$CVU = 1,7 * 100 \frac{kg}{m^2} = 170 \frac{kg}{m^2}$$

Carga última:

$$CU = CMU + CVU$$

Donde:

CU = carga última

CMU = carga muerta última

CVU = carga viva última

Al sustituir:

$$CU = 476 \frac{kg}{m^2} + 170 \frac{kg}{m^2} = 646 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos

Momentos positivos:

$$Ma(+) = (Ca_{dl} * CMU * a^2) + (Ca_{ul} * CVU * a^2)$$

$$Mb(+) = (Cb_{dl} * CMU * b^2) + (Cb_{ul} * CVU * b^2)$$

Momentos negativos

$$M(-) = \frac{1}{3} * M(+)$$

Donde:

Ma, Mb = momento actuante (positivo y negativo en ambas longitudes).

Ca_{dl} = coeficiente de carga muerta (+) en a, según relación a/b y empotramiento.

Cb_{dl} = coeficiente de carga muerta (+) en b, según relación a/b y empotramiento.

Ca_{ul} = coeficiente de carga muerta (+) en a, según relación a/b y empotramiento.

Cb_u = coeficiente de carga muerta (+) en b, según relación a/b y empotramiento.

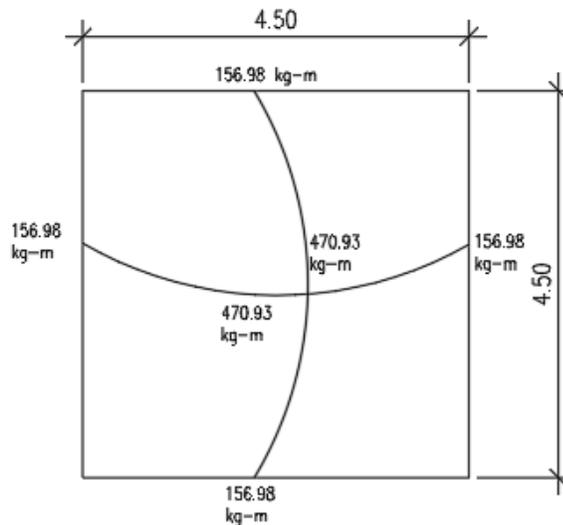
Al sustituir:

$$Ma(+)=\left(0,036*476\frac{kg}{m^2}*4,5^2m\right)+\left(0,036*170\frac{kg}{m^2}*4,5^2m\right)=470,93\text{ kg}-m$$

$$Ma(-)=\frac{470,93}{3}=156,98\text{ kg}-m$$

$$Mb(-)=\frac{470,93}{3}=156,98\text{ kg}-m$$

Figura 11. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia.

○ Cálculo de acero de refuerzo

Se determina el peralte efectivo de la losa. Para esto se propone utilizar varillas con diámetro de 3/8 de pulgada que en centímetros equivale a 0,952 cm.

$$d = t - rec - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

d = peralte efectivo de la losa

t = espesor de losa

rec = recubrimiento (2,5 cm)

Al sustituir:

$$d = 10 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - \frac{0,952}{2} = 7,02 \text{ cm}$$

Acero mínimo:

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

Donde:

$A_{s_{min}}$ = acero mínimo

f_y = esfuerzo de fluencia del acero (2 810 kg/cm²)

b = base (100 cm)

d = peralte efectivo

Al sustituir:

$$As_{min} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,02 = 3,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{max} = 3 * t$$

Donde:

S_{max} = espaciamento máximo

t = espesor de losa

Al sustituir:

$$S_{max} = 3 * 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

Espaciamento para el acero mínimo: usando una varilla con diámetro de 3/8 de pulgada.

$$3,52 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

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

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{3,52 \text{ cm}^2} \approx 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto, está dentro del rango entonces si se puede utilizar el espaciamento para el acero mínimo.

- Momento último que resiste As_{min}

$$Mu = \phi * \left[As_{min} * fy * \left(d - \frac{As_{min} * fy}{1,7 * f'c * b} \right) \right]$$

Donde:

Mu = momento último

As_{min} = área de acero mínimo

d = peralte efectivo de la losa

fy = esfuerzo de fluencia del acero (2 810 kg/cm²)

f'c = resistencia a compresión del concreto (210 kg/cm²)

φ = factor de reducción de resistencia (0,90)

Al sustituir:

$$Mu = 0,90 * \left[3,52 cm^2 * 2 810 \frac{kg}{cm^2} * \left(7,02 cm - \frac{3,52 cm^2 * 2 810 \frac{kg}{cm^2}}{1,7 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 100 cm} \right) \right]$$

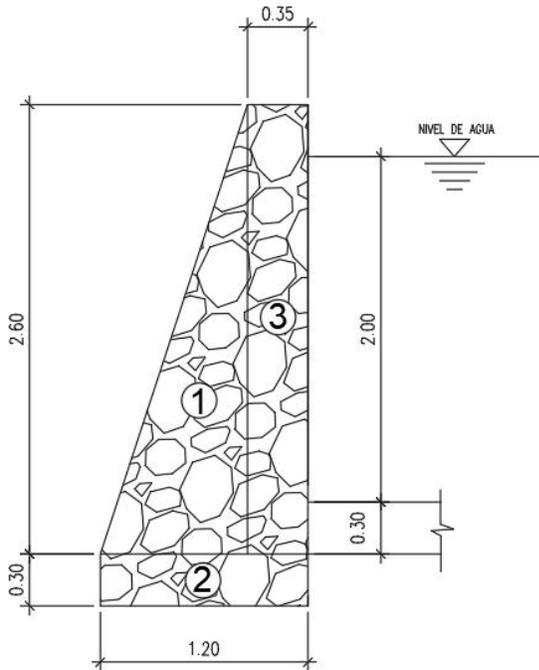
$$Mu = 60 131,08 kg - cm$$

$$Mu = 601,31 kg - m$$

Los momentos actuantes en la losa son menores al momento que resiste el área de acero mínimo, por lo que la losa tendrá un armado con varillas núm. 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Diseño de muro

Figura 12. Dimensiones de muro



Fuente: elaboración propia.

- Cargas y momentos actuantes en el muro

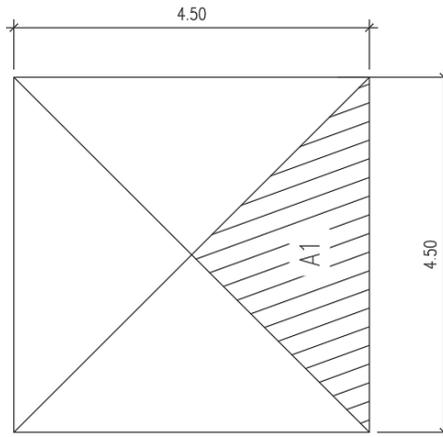
Tabla XII. Cargas y momentos actuantes

Figura	Área (m ²)	γ_{cc} (kg/m ³)	Carga (Kg/m)	Brazo (m)	Momento Kg-m
1	1,11	2 500	2 762,50	0,57	1 565,42
2	0,36	2 500	900,00	0,60	540,00
3	0,91	2 500	2 275,00	1,03	2 331,88
			5 937,50		4 437,30

Fuente: elaboración propia

- Cálculo de peso de la losa y de viga perimetral

Figura 13. **Área tributaria**



Fuente: elaboración propia.

$$A_1 = \frac{1}{2} * (4,5) * 2,25 \text{ m} = 5,06 \text{ m}^2$$

Peso de la losa:

$$W_{losa} = \frac{CU * A_1}{L}$$

Donde:

W_{losa} = peso de la losa

CU = carga última

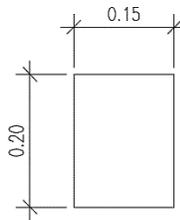
L = longitud del lado mayor

Al sustituir:

$$W_{losa} = \frac{646 \frac{kg}{m^2} * 5,06m^2}{4,5 m} = 726,75 \frac{kg}{m}$$

Peso de viga perimetral:

Figura 14. **Viga perimetral**



Fuente: elaboración propia.

$$W_{viga} = b * h * \gamma_c$$

Donde:

W_{viga} = peso de viga perimetral

b = base de viga

h = altura de viga

γ_c = peso específico del concreto

Al sustituir:

$$W_{viga} = 0,15m * 0,20m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 100,8 \frac{kg}{m}$$

Sumatoria de peso de la losa y viga perimetral:

$$W_{losa+viga} = W_{losa} + W_{viga}$$

$$W_{losa+viga} = 734,83 \frac{kg}{m} + 100,80 \frac{kg}{m} = 827,55 \frac{kg}{m}$$

- Considerando $W_{losa+viga}$ como una carga puntual PC

$$PC = W_{losa+viga} * 1 m$$

$$PC = 827,55 \frac{kg}{m} * 1 m = 827,55 kg$$

- Momento que ejerce la carga PC

$$M_{pc} = PC * brazo$$

$$M_{pc} = 827,55 kg * \left(0,85 + \frac{0,35}{2}\right) = 848,24 kg - m$$

- Fuerza activa

$$F_a = \frac{\gamma_{agua} * H_{agua}^2}{2}$$

Donde:

F_a = fuerza activa

γ_{agua} = peso específico del agua

H_{agua} = altura de agua

Al sustituir:

$$F_a = \frac{1\,000 \frac{kg}{m^3} * (2,00\ m)^2}{2} = 2\,000 \frac{kg}{m}$$

- Momento debido a la fuerza activa

$$M_a = F_a * \frac{H}{3}$$

$$M_a = 2\,000 \frac{kg}{m} * \frac{(2,00 + 0,60)\ m}{3} = 2\,533,33\ kg - m$$

Tabla XIII. **Resumen de cargas y momentos**

Cargas y Momentos			
No.	Brazo (m)	Wr (ton)	Mr (ton-m)
1	0,57	2,76	1,57
2	0,60	0,90	0,54
3	1,03	2,28	2,33
PC	1,03	0,83	0,85
	Total	6,77	5,29

Fuente: elaboración propia.

- Verificación contra volteo

$$F_v = \frac{Mr}{Ma} > 2$$

$$F_v = \frac{5,29}{2,53} = 2,09$$

La verificación contra volteo es aceptable, porque F_s cumple con la condición de ser mayor a 2.

- Verificación contra deslizamiento

Para esta verificación primero se debe considerar un coeficiente de deslizamiento (k_d); este coeficiente está entre el rango de 0,35 a 0,65. En este caso, se utilizó un valor de 0,60.

$$F_t = W_r * K_d$$

$$F_t = 6,77 * 0,60 = 4,06$$

$$F_{sd} = \frac{F_t}{F_a} > 1,5$$

$$F_{sd} = \frac{4,06}{2,00} = 2,03$$

La verificación contra deslizamiento es aceptable, porque F_{sd} cumple la condición de ser mayor a 1,5.

- Verificación por presión sobre el suelo

Excentricidad:

$$ex = \frac{B}{2} - \frac{M_r - M_{es}}{W_r}$$

$$ex = \frac{1,20}{2} - \frac{5,29 - 2,53}{6,77} = 0,19 \text{ m}$$

Módulo de sección:

$$S_x = \frac{B^2}{6} * l$$

Donde:

S_x = módulo de sección

B = base del muro

l = longitud unitaria del muro

$$S_x = \frac{1,2^2}{6} * 1 = 0,24 \text{ m}^3$$

Presión que el muro transmite al suelo:

$$q = \frac{W_r}{A} \pm \frac{W_r * ex}{S_x}$$

$$q_{max} = \frac{6,77}{1,2 * 1} + \frac{6,77 * 0,19}{0,24} = 11,08 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} = \frac{9,10}{1,2 * 1} - \frac{6,77 * 0,19}{0,24} = 0,19 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} < 12 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{min} > 0$$

El resultado obtenido de q_{\max} es aceptable, ya que este es menor al valor soporte del suelo. El resultado obtenido de q_{\min} también es aceptable, ya que es mayor a cero.

2.1.8.7. Red de distribución

Para el diseño de la red de distribución se debe tomar en cuenta las condiciones topográficas del lugar, densidad de vivienda, sectorización y la ubicación del tanque de distribución. A causa de que las viviendas están dispersas se optó por un sistema de ramales abiertos y se abastecerá por medio de conexiones prediales.

El diseño hidráulico de la red de distribución se calcula con la ecuación de Hazen Williams. Se verifica que las velocidades y presiones se encuentren en los rangos establecidos.

Para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua con material en suspensión, sedimentable o erosivo, se consideran los límites de velocidad desde 0,60 m/s hasta 3 m/s máxima. Si se trata de agua sin material no sedimentable o erosivo, no hay límite inferior y se dará lo que resulte del cálculo hidráulico.

De acuerdo con la normativa INFOM se establecen valores de presiones de servicio en la distribución en viviendas en medios rurales, para los cuales se tiene que considerar una presión dinámica mínima de 10 m.c.a.; sin embargo, se puede tener presiones menores siempre que sea justificado. La máxima presión dinámica es de 60 m.c.a.

Además, la máxima presión estática a la que puede estar sometida una tubería por motivos de seguridad está comprendida entre el 90 y 95 % de la presión de trabajo proporcionada por el fabricante.

A continuación, se hará el cálculo del tramo que va del tanque de almacenamiento E-94 a la estación E-115 del sector 1.

Datos:

$$Q_{\text{diseño}} = 4,08 \text{ l/s}$$

$$CT_s = 1\ 246,69 \text{ m}$$

$$CT_{II} = 1\ 171,70 \text{ m}$$

$$l = 969 \text{ m (incluye un factor de 4 \% de ondulación)}$$

Tubería PVC 160 PSI

$$C = 150$$

- Carga disponible

$$Hf_{dis} = CT_s - CT_{II}$$

$$Hf_{dis} = 1\ 246,69 - 1\ 171,69 = 74,69$$

- Cálculo diámetro teórico

De la ecuación de Hazen y Williams se despeja el diámetro:

$$\phi = \left(\frac{1\ 743,811 * l * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \Delta H} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Al sustituir valores se tiene:

$$\varnothing = \left(\frac{1\,743,811 * 969 * 4,08^{1,85}}{150^{1,85} * 74,69} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,99 \text{ pulgadas}$$

Este resultado se aproxima a un diámetro comercial superior e inferior. Con estos valores se calcula la pérdida de carga y se establece el diámetro que mejor se adecue al diseño hidráulico del tramo. En este caso se utilizará un diámetro comercial de 2 pulgadas, puesto que genera menos pérdidas que el diámetro de 1 ½ pulgadas.

- Pérdida de carga real

Se utilizará el diámetro interno del diámetro comercial seleccionado.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * l * Q_b^{1,85}}{C^{1,85} * \varnothing_{int}^{4,87}}$$

Al sustituir valores se tiene:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 969 * 4,08^{1,85}}{150^{1,85} * 2,193^{4,87}} = 46,94 \text{ m}$$

- Cota piezométrica (CP)

$$CP = \text{cota piezométrica inicial} - H_f$$

$$Cp = 1\,246,69 - 46,94 = 1\,199,75 \text{ m}$$

- Presión dinámica (PD)

$$PD_{final} = \text{cota piezométrica final} - \text{cota de terreno}$$

$$PD_{final} = 1\,199,75 - 1\,171,70 = 28,05 \text{ m}$$

- Presión estática (PE)

Es la diferencia de presión, con base en la cota del terreno, que existe entre el tanque de distribución y el punto final del tramo.

$$PE = 1\,246,69 - 1\,171,70 = 74,99 \text{ m}$$

El mismo procedimiento se realizó para calcular los diferentes tramos de la red de cada sector. La tabla con el resumen del diseño se presenta en el apéndice.

2.1.8.8. Tratamiento

El tratamiento obligatorio que debe dársele al agua con el fin de garantizar la potabilidad y asegura la ausencia de microorganismos patógenos es la desinfección. Los métodos para el proceso son los siguientes:

- Desinfección por rayos ultravioleta: se hace pasar el agua en capas delgadas debajo de lámparas con luz ultravioleta. Para lograr que la desinfección sea efectiva, es necesario que el agua sea de muy baja turbiedad, lo cual limita la aplicación.
- Desinfección por medio de ozono: consiste en una elevación de voltaje que, al producir chispas y entrar en contacto con el oxígeno, produce el

ozono. Este método se debe utilizar como una opción complementaria para la desinfección de agua.

- Desinfección por medio de cloro (cloración): este procedimiento es bastante efectivo y es de uso generalizado en América Latina. Además, es el sistema de desinfección más económico que los métodos anteriores. Para que el cloro actúe efectivamente, se debe dejar un tiempo de contacto del cloro con el agua, preferentemente de 15 a 20 minutos.

Para este proyecto se utilizará la desinfección por medio de un alimentador automático de tricloro instalado en paralelo a la tubería de conducción en la parte superior del tanque de almacenamiento. Se usará tabletas de tricloro, las cuales consisten en pastillas de 200 gramos con una solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador.

Para determinar la cantidad de tabletas al mes para clorar el caudal a tratar se hace mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{C * M * D}{\% Cl}$$

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro deseados

M = litros de agua a tratarse por día

% Cl = concentración de cloro

D = días del mes

La cantidad de gramos de tricloro oscila entre 0,07 % y 0,15 %. Para este proyecto el caudal a tratar es de 2,01 l/s durante 8 horas al día, que equivale a 57 888 litros. Se utilizará el valor de 0,1 %, por lo que se tiene:

$$G = \frac{0,001 * 57\ 888 * 30}{0,90} = 1\ 929,6 \text{ gramos}$$

Al calcular la cantidad de tabletas de tricloro que se necesitan para clorar el agua en un mes se tiene:

$$\text{No. Tabletas} = \frac{1\ 929,6g}{200\ g} = 9,65$$

Se necesitan 10 tabletas de tricloro mensuales para que el sistema tenga una desinfección adecuada. Serán colocadas de forma gradual por el encargado.

2.1.9. Obras hidráulicas

Son conocidas también como obras de arte; son aquellos componentes utilizados en el diseño de sistema de abastecimiento de agua potable que permiten mantener el sistema funcionando adecuadamente, ya sea para salvaguardar obstáculos o protección de los elementos del sistema.

- Caja rompe presión: son dispositivos que se utilizan en líneas de conducción y en redes de distribuciones. Sirven para reducir la presión estática y evitar que exceda la presión de trabajo de la tubería. En este proyecto se utilizará dos en la red de distribución, en la E-119.2 y E-131.

- Pasos aéreos y de zanjones: se emplean cuando se necesita salvar una depresión de terreno o atravesar un río. Si la depresión no es muy extensa, se puede salvar mediante un paso de zanjón; en caso contrario se utiliza el paso aéreo. En ambos casos se emplea tubería de HG para atravesar la depresión.
- Caja de válvulas: se utiliza para el resguardo de válvulas que sean necesarias instalar en el sistema, tales como válvulas de aire, de alivio, de compuerta, de limpieza y retención.

2.1.10. Válvulas

A continuación, se describen diferentes tipos de válvulas empleadas para sistemas de abastecimiento de agua potable.

2.1.10.1. Válvulas de limpieza

Se usan para extraer sedimentos que se pueden depositar en las partes bajas de la tubería; se deben colocar en la línea de conducción, ya que en la red de distribución los grifos realizan esta función. Se componen básicamente de una tee colocada en la línea de conducción en la que se conecta un niple, además de una válvula de compuerta que se puede abrir para que a través del agua expulse los sedimentos acumulados en la tubería. Para este diseño no se utilizaron este tipo de válvulas.

2.1.10.2. Válvulas de aire

Su objetivo es expulsar el aire acumulado en la tubería. Esta acumulación reduce la sección de la tubería hasta llegar a impedir completamente la

circulación del agua. Se instala a lo largo de la tubería de descarga, principalmente en puntos altos donde existan quiebres verticales. Para este diseño no se utilizaron estas válvulas.

2.1.10.3. Válvulas de compuerta

Son válvulas que se utilizan para la apertura o cierre del paso de fluido. Permiten realizar reparaciones, inspecciones o mantenimiento en tubería o en obras hidráulicas del sistema; es incorrecto su uso para regular el caudal del fluido. En este diseño se utilizó este tipo de válvulas en los tanques de distribución para sectorizar el servicio (ver plano de distribución de sectores en anexos).

2.1.10.4. Válvulas de retención

Las válvulas de retención se utilizan para evitar la circulación inversa del fluido. Son empleadas en líneas de bombeo para retener la masa de agua cuando se suspende la operación del equipo, por lo que modera los efectos producidos por el golpe de ariete. En este proyecto se utilizaron dos en la línea de bombeo en la estación E-55 y E-68 (ver planos en anexos).

2.1.11. Propuesta de mantenimiento del sistema

El mantenimiento es necesario para que el sistema de agua potable funcione eficientemente durante el periodo de diseño. Se consideran dos tipos de mantenimiento:

- Preventivo: son las actividades que se planifican para que no haya daños en el equipo y componentes del sistema de agua. Se realizan con el fin de prevenir fallas que puedan presentarse.
- Correctivo: comprende todo tipo de reparaciones y remplazo de los componentes del sistema que han sufrido algún daño, como reparación de tuberías por fugas visibles, cambio de válvulas, entre otros.

Para este proyecto se propone un programa de mantenimiento preventivo con el fin de proporcionar conocimientos básicos a la comunidad para el mantenimiento adecuado del sistema.

Tabla XIV. **Propuesta de mantenimiento**

Programa de Mantenimiento	
Frecuencia	Actividad
Captación	
Mensual	Revisar la caja de captación, sello sanitario, muro detectar grietas, filtraciones o tapas quebradas para repararlas.
Mensual	Asegurar el funcionamiento de válvulas.
Trimestral	Lavar el interior de la caja de captación.
Conducción	
Quincenal	Inspeccionar tuberías, anclajes, válvulas para detectar posibles fugas.
Sistema de desinfección	
Cada 4 días	Revisar existencia de cloro para su operación.
Semanal	Revisar válvulas del hipoclorador para detectar posibles fugas.
Mensual	Verificar el dosificador para determinar si está la dosificación establecida.
Tanque de almacenamiento y succión.	
Trimestral	Limpieza y chapeo de área de influencia.
Semestral	Lavado de tanque para eliminar sedimentos y suciedad.
Mensual	Revisión de válvulas para determinar su estado.

Continuación de la tabla XIII

Mensual	Revisión de estructura de los tanques y cajas para prevenir daños.
Red de distribución	
Mensual	Recorrido en red para detectar posibles fugas en tuberías.
Mensual	Reportar conexiones en mal estado y hacer reparaciones.

Fuente: elaboración propia.

2.1.12. Propuesta de sectorización para distribución

Para este proyecto se contempla la sectorización del servicio de distribución, por la cantidad de habitantes en la aldea y al caudal que aportan las fuentes en el sistema. Consiste en la colocación de válvulas de control, las cuales fraccionan en dos sectores la red de distribución. Al final del periodo de diseño los sectores tendrán una población equivalente a: primer sector, 2 854 habitantes; segundo sector, 2 726 habitantes. El abastecimiento de agua para cada sector será de un sector por día, con una duración de 8 horas, que será el tiempo que estará funcionando el equipo de bombeo.

2.1.13. Presupuesto

El presupuesto se compone de costos directos e indirectos. Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en lugares de la región. Para la mano de obra se utilizaron los salarios que maneja la municipalidad para proyectos similares. En cuanto al costo indirecto se aplicó el 30 %.

A continuación, se muestra un resumen del presupuesto general.

Tabla XV. Resumen presupuesto

Propuesta de mejoras para el sistema de abastecimiento de agua potable.
Aldea Las Camelias, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango.

No.	Descripción de renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1,00	Trabajos preliminares				
1,01	Trazo y replanteo topográfico	MI	8 187,17	Q 2,30	Q 18 833,15
2,00	Movimiento de tierras				
2,01	Excavación de zanja	m ³	1 786,94	Q 91,04	Q 162 674,55
2,02	Relleno de zanja	m ³	1 536,17	Q 75,88	Q 116 570,36
3,00	Captación				
3,01	Captación brote definido	Und	1	Q 22 017,82	Q 22 017,82
4,00	Tanque de succión				
4,01	Tanque de succión (40 m ³)	Und	1	Q 174 183,69	Q 174 183,69
4,02	Caseta de bombeo	Und	1	Q 29 611,23	Q 29 611,23
4,03	Bomba sumergible + motor	Global	1	Q 128 024,42	Q 128 024,42
5,00	Línea de conducción por bombeo				
5,01	Tubería HG Ø 2"	MI	2 274,03	Q 105,83	Q 240 661,79
5,02	Tubería PVC 250 psi Ø 2"	MI	594,59	Q 38,74	Q 23 035,37
5,03	Tubería PVC 160 psi Ø 2"	MI	1 043,14	Q 30,72	Q 32 044,90
5,04	Válvula de retención Ø 2" con caja	Und	3	Q 2 668,56	Q 8 005,69
6,00	Tanque de almacenamiento				
6,01	Tanque de almacenamiento (40 m ³)	Und	1	Q 134 578,64	Q 134 578,64
7,00	Sistema de tratamiento				
7,01	Hipoclorador de pastillas	Und	1	Q 12 212,23	Q 12 212,23
8,00	Red de distribución				
8,01	Tubería PVC 160 psi Ø 2 1/2"	MI	304,65	Q 39,81	Q 12 128,15
8,02	Tubería PVC 160 psi Ø 2"	MI	2 699,26	Q 31,38	Q 84 701,83
8,03	Tubería PVC 160 psi Ø 1 1/2"	MI	791,73	Q 26,51	Q 20 987,40
8,04	Tubería PVC 160 psi Ø 1 1/4"	MI	384,24	Q 23,46	Q 9 014,80
8,05	Tubería PVC 160 psi Ø 1"	MI	620,82	Q 21,91	Q 13 604,39
8,06	Tubería PVC 160 psi Ø 3/4"	MI	200,92	Q 20,45	Q 4 108,77
8,07	Caja rompe presión con válvula de flote	Und	2	Q 7 521,87	Q 15 043,75
8,08	Caja de válvula Ø 2 1/2"	Und	1	Q 2 701,78	Q 2 701,78
8,09	Caja de válvula Ø 2"	Und	3	Q 1 885,38	Q 5 656,14
8,10	Conexión domiciliar	Und	397	Q 711,22	Q 282 352,50
9,00	Reposición de adoquín				
9,01	Levantado de adoquín	m ²	839,50	Q 25,25	Q 21 199,47
9,02	Reposición de adoquín	m ²	839,50	Q 74,26	Q 62 337,91
10,00	Limpieza final				
10,01	Limpieza final	Global	1	Q 3 787,88	Q 3 787,88
Total de proyecto					Q 1 640 078,60

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Cronograma

El cronograma físico-financiero muestra las actividades por realizar en la ejecución del proyecto y la cantidad de costo que requerirá en función del tiempo. Para este proyecto se tomaron tiempos aproximados, por lo que pueden estar sujetos a cambios. El cronograma se encuentra en el apéndice al final de este informe.

2.1.15. Propuesta de tarifa

Para que un sistema de abastecimiento de agua potable cumpla su funcionamiento y sea sostenible, es necesario contar con recursos económicos para la operación y mantenimiento preventivo o correctivo, según amerite el caso. Esto implica una inversión mensual para sufragar los gastos de operación y mantenimiento, y establecer una tarifa para las viviendas beneficiadas por el sistema. Se calculará la tarifa contemplando los costos siguientes:

- Gasto por operación (O): contempla el salario mensual de la persona responsable del sistema, la cual se encarga de la revisión de componentes, mantenimiento y operación del sistema de desinfección y bombeo. Para este proyecto se consideró un salario de Q. 2 992,37, que corresponde al salario mínimo que puede devengar una persona en oficios no agrícolas.
- Gasto por mantenimiento (M): se estima que mensualmente se requerirá de un 0,4 % del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0,004 * \text{costo del proyecto}}{12}$$

$$M = \frac{0,004 * Q 1 640 078,60}{12} = Q 546,70$$

- Gasto por tratamiento (T): para el tratamiento se contempla 29 pastillas de tricloro mensual para el funcionamiento del hipoclorador.

$$T = \text{No. Pastillas} * \text{Precio. Pastillas}$$

$$T = 10 * Q 25,50 = Q 255,00$$

- Gasto por administración (AD): considera los gastos para la compra de papelería, mobiliario, entre otros. Se estima un 15 % de la suma de los anteriores.

$$AD = 0,15(O + M + T)$$

$$AD = 0,15(Q 2 992,37 + Q 546,70 + Q 255,00) = Q 569,05$$

- Gasto por energía eléctrica (EE): para el cálculo del gasto de energía eléctrica se considera el uso del equipo de bombeo de 20 Hp durante 8 horas diarias por 30 días; se tiene un consumo de 3 600 kWh, dado que el costo de 1 kWh es de Q 2,03 y el costo fijo de Q 18,95.

$$EE = \text{Costo fijo} + \text{Precio kWh} * \text{Consumo de kWh}$$

$$EE = Q 18,97 + Q 2,03 * 3 600 = Q 7 326,97$$

- Tarifa propuesta (TAR)

$$Tar = \frac{O + M + T + AD + EE}{No. Viviendas}$$

$$TAR = \frac{2\,992,37 + 546,70 + 255,00 + 569,05 + 7\,326,97}{395} = Q\,29,61$$

Se propone una tarifa mínima de Q 30,00 por vivienda para cubrir los gastos de operación mensual. Este valor es accesible para la población, ya que las tarifas que propone la municipalidad oscilan entre Q 30,00 y Q 100,00 mensuales.

2.1.16. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de este proyecto no es un atractivo económico. Sin embargo, es necesario realizar un análisis financiero y determinar su rentabilidad. Para ello, se utilizarán los métodos de valor presente neto y la tasa interna de retorno.

2.1.16.1. Valor presente neto

Este método se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales de un proyecto a un valor presente, para determinar la rentabilidad al término del período de funcionamiento. Para este proyecto la tasa de interés utilizada es del 12 %.

- Cálculo de costo de operación y mantenimiento anual (CA) y valor presente (VP)

$$CA = (O + M + T + AD + EE) * 12$$

$$CA = (2\,992,37 + 546,70 + 391,50 + 589,60 + 7\,326,97) * 12$$

$$CA = Q\,142\,165,68$$

$$VP_{CA} = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

$$VP_{CA} = 142\,165,68 * \left[\frac{(1+0,12)^{21} - 1}{0,12 * (1+0,12)^{21}} \right] = Q\,1\,075\,057,33$$

- Cálculo de tarifa poblacional anual (TPA) y valor presente (VP)

$$TPA = Tarifa * No. viviendas * 12$$

$$TPA = 30 * 395 * 12 = Q\,142\,200$$

$$VP_{TPA} = TPA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

$$VP_{TPA} = 142\,200 * \left[\frac{(1+0,12)^{21} - 1}{0,12 * (1+0,12)^{21}} \right] = Q\,1\,075\,316,86$$

El valor presente neto se determinará con la diferencia entre los ingresos y los egresos que se realizaron durante el periodo de diseño del sistema.

$$VPN = VP_{TPA} - VP_{CA} = 1\,075\,316,86 - 1\,075\,057,33 = Q\,259,53$$

Como se puede observar, la tarifa propuesta para el proyecto podrá cubrir los costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño.

2.1.16.2. Tasa interna de retorno

Este indicador es utilizado para evaluar el rendimiento de una inversión. Ya que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno favorable. Por lo tanto, el análisis que se realiza para este tipo de inversión a nivel municipal es de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \text{inversión inicial} - \text{VPN} \\ \text{Costo} &= Q 1 640 078,60 - Q 259,53 = Q 1 639 819,07 \end{aligned}$$

Beneficio: número de habitantes en el futuro:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{Q 1 639 819,07}{5 580} = Q 293,87/\text{hab}$$

El resultado muestra que el proyecto puede ser considerado favorable para la municipalidad, así como para cualquiera de las instituciones que realizan obras de beneficio social de acuerdo con las disposiciones económicas que posean.

2.1.17. Evaluación ambiental

Para el proyecto de propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias se realizó una evaluación ambiental inicial, a partir de un formato proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. En este se evalúan aspectos sobre daños que pueden ser ocasionados al medio ambiente durante la construcción del proyecto y medidas que estos puedan mitigarse. (Ver anexo 3).

CONCLUSIONES

1. La calidad de vida de la población de la aldea Las Camelias mejorará considerablemente con la implementación de las mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable, ya que podrán obtener agua de forma más continua para satisfacer sus necesidades y evitar enfermedades por el uso de fuentes inadecuadas.
2. El análisis de la infraestructura hidráulica existente tuvo como resultado considerar el cambio total de la red de distribución e implementar un diseño que cumpla con parámetros de ingeniería, para lo cual se aprovecharon los demás componentes del sistema existente y se consideró una fuente de agua adicional.
3. El presupuesto del proyecto se realizó con base en precios unitarios, tomando en cuenta el costo de los materiales y de mano de obra que se manejan en la región, por lo que al momento de ser aprobado el proyecto se deberá actualizar los costos.
4. Se debe analizar la posibilidad de encontrar nuevas fuentes de agua, como por ejemplo la perforación de pozos mecánicos, ya que el caudal disponible sí puede cubrir la demanda de consumo actual, pero no así la futura.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Patzún:

1. Garantizar el mantenimiento preventivo y correctivo de manera permanente, con el fin de evitar el deterioro de cada uno de los componentes del sistema y lograr el funcionamiento adecuado durante el periodo de diseño.
2. Asegurar la supervisión técnica para la construcción del presente proyecto, a través de un profesional de la Ingeniería Civil, para que se cumplan con las especificaciones generales y requerimientos contenidos en los planos.
3. Realizar periódicamente análisis de calidad del agua a través de exámenes bacteriológicos y fisicoquímicos.
4. Realizar campañas de concientización en la comunidad acerca del uso adecuado del agua, para la evitar el consumo exagerado en actividades domésticas.
5. La ejecución del proyecto propuesto debe hacerse en época de verano con el fin de evitar problemas en el traslado de materiales como en la construcción de obra civil.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUÍZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 170 p.
2. American Concret Institute. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentario*. ACI 318S-11. 421 p.
3. Instituto de Fomento Municipal; Ministerio de Salud Pública. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. 2011. 63 p.
4. QUIÑÓNEZ ARIAS, Karla. *Diseño de los sistemas de abastecimientos de agua potable para los caseríos Churunel Central y Mirador, Sololá, Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 79 p.
5. VELÁSQUEZ CASTELLANOS, Javier. *Diseño de la introducción de agua potable para el caserío Patulup segundo centro y mejoramiento de la carretera hacia el caserío Pacamón, municipio de Sacapulas, departamento de Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 41 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Bases de diseño

Bases de Diseño	
Tipo de fuente	Nacimiento
Aforo de fuente	0,67 l/s
Red de distribución	Ramales abiertos
Viviendas actuales	395 viviendas
Densidad de población	7 hab/viv
Población actual	2 765 habitantes
Población actual sector 1	1414 habitantes
Población actual sector 2	1351 habitantes
Tasa de crecimiento	3,40%
Población futura	5 580 habitantes
Población futura sector 1	2 854 habitantes
Población futura sector 2	2 726 habitantes
Periodo de diseño	21 años
Dotación	60 l/hab/día
Factor día máximo	1,2
Factor hora máximo	2
Tubería a utilizar	PVC
Tipo de conexión	Predial
Constante PVC	150
Constante K caudal instantáneo	0,2

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Distribución de caudales**

Fuente: elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

Densidad de vivienda	7	hab/viv
Dotación	60	l/hab/día
Periodo de diseño	21	años
Tasa de crecimiento	3,4	%
Escuela	0,05	l/s
Alcaldía auxiliar	0,01	l/s

PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE												
UBICACIÓN: ALDEA LAS CAMELIAS, MUNICIPIO PATZÚN, DEPARTAMENTO CHIMALTENANGO.												
DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES												
De Est	A Est	Viviendas Actuales	Habitantes Actuales	Viviendas Futuras	Habitantes Futuros	QHM Tramo	Viv Act Acumuladas	Viv Futur Acumulado	Q medio	QHM Acumuladas	Q Instantaneo	Caudal Q Diseño
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1												
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 CON CRP en 119.2												
94	115	126	882	255	1 780	2,47	202	408	2,04	4,08	4,03	4,08
115	119,2	37	259	75	523	0,73	71	144	0,76	1,52	2,39	2,39
119,2	119,5	4	28	9	57	0,08	34	69	0,34	0,67	1,65	1,65
119,5	119,7	2	14	5	28	0,04	26	53	0,26	0,52	1,44	1,44
119,7	119,13	19	133	39	268	0,37	19	39	0,19	0,38	1,23	1,23
RAMALES												
115	115,3	5	35	11	71	0,10	5	11	0,05	0,11	0,63	0,63
119,5	119.5.1	4	28	9	57	0,08	4	9	0,04	0,09	0,57	0,57
119,7	119.7.2	5	35	11	71	0,10	5	11	0,05	0,11	0,63	0,63
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 CON CRP EN 131												
110	117	0	0	0	0	0	193	390	1,90	3,79	3,94	3,94
117	129	51	357	103	720	1,00	193	390	1,90	3,79	3,94	3,94
129	131	7	49	15	99	0,14	122	247	1,20	2,40	3,14	3,14
131	140	45	315	91	636	0,88	115	233	1,13	2,27	3,05	3,05
140	142	10	70	21	141	0,20	60	122	0,59	1,19	2,20	2,20
142	149	31	217	63	438	0,61	40	81	0,39	0,79	1,79	1,79
RAMALES												
129	129,5	20	140	41	283	0,39	20	41	0,20	0,40	1,26	1,26
140	140,2	10	70	21	141	0,20	10	21	0,10	0,20	0,89	0,89
142	142,2	10	70	21	141	0,20	10	21	0,10	0,20	0,89	0,89
149	149,1	4	28	9	57	0,08	4	9	0,04	0,09	0,57	0,57
149	149,2	5	35	11	71	0,10	5	11	0,05	0,11	0,63	0,63
		395	2 765	810	5 580	7,75						

Apéndice 3. **Diseño hidráulico red de distribución**

Fuente: elaboración propia.

DISEÑO HIDRÁULICO

PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

UBICACIÓN: ALDEA LAS CAMELIAS, MUNICIPIO PATZÚN, DEPARTAMENTO CHIMALTENANGO.

RED SECTOR 1																					
Est.	P.O	Dist. Medida (m)	Longitud de diseño	Total tubos	Q diseño (l/s)	CHW	Hf (m)	Clase Tubería	Diferencia de cotas	Ø teórico (plg)	Ø nominal (plg)	Ø Interno (plg)	Cota Terreno		Cota Piezométrica (m)		Presión Dinámica (m)		Presión Estática (m)		V (m/s)
													Inicial	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
	94 TD1													1246,69		1246,69		0		0,00	
94 TD1	115	931,38	968,64	162	4,08	150	46,92	PVC 160 PSI	74,99	1,99	2	2,193	1246,69	1171,70	1246,69	1199,77	0,00	28,07	0,00	74,99	1,68
115	119.2 CRP	324,69	337,68	57	2,39	150	18,02	PVC 160 PSI	22,26	1,68	1 1/2	1,754	1171,70	1149,44	1199,77	1181,74	28,07	32,30	74,99	97,25	1,53
119.2 CRP	119,5	179,95	187,15	32	1,65	150	5,03	PVC 160 PSI	21,07	1,31	1 1/2	1,754	1149,44	1128,37	1149,44	1144,41	0,00	16,04	0,00	21,07	1,06
119,5	119,7	99,83	103,83	18	1,44	150	4,21	PVC 160 PSI	12,14	1,23	1 1/4	1,532	1128,37	1116,23	1144,41	1140,20	16,04	23,97	21,07	33,21	1,21
119,7	119,13	288,57	300,12	51	1,23	150	30,47	PVC 160 PSI	30,95	1,19	1	1,195	1116,23	1085,28	1140,20	1109,73	23,97	24,45	33,21	64,16	1,70
RAMALES																					
115	115,3	58,89	61,25	11	0,63	150	1,80	PVC 160 PSI	7,65	0,89	1	1,195	1171,70	1164,05	1199,77	1197,97	28,07	33,92	74,99	82,64	0,87
119,5	119.5.1	56,70	58,97	10	0,57	150	4,98	PVC 160 PSI	1,54	1,18	3/4	0,926	1128,37	1126,83	1144,41	1139,43	16,04	12,60	21,07	22,61	1,31
119,7	119.7.2	84,78	88,18	15	0,63	150	8,96	PVC 160 PSI	3,61	1,12	3/4	0,926	1116,23	1112,62	1140,20	1131,24	23,97	18,62	33,21	36,82	1,45

TD1 - TD2																					
Est.	P.O	Dist. Medida (m)	Longitud de diseño	Total tubos	Q diseño (l/s)	CHW	Hf (m)	Clase Tubería	Diferencia de cotas	Ø teórico (plg)	Ø nominal (plg)	Ø Interno (plg)	Cota		Cota Piezométrica (m)		Presión Dinámica (m)		Presión Estática (m)		V (m/s)
													Inicial	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
	94 TD1													1246,69		1246,69		0		0,00	
94 TD1	110 TD2	726,50	755,56	126	3,94	150	34,26	PVC 160 PSI	67,37	1,91	2	2,193	1246,69	1179,32	1246,69	1212,43	0,00	33,11	0,00	67,37	1,62

RED SECTOR 2																					
Est.	P.O	Dist. Medida (m)	Longitud de diseño	Total tubos	Q diseño (l/s)	CHW	Hf (m)	Clase Tubería	Diferencia de cotas	Ø teórico (plg)	Ø Nominal (plg)	Ø Interno (plg)	Cota		Cota Piezométrica (m)		Presión Dinámica (m)		Presión Estática (m)		V (m/s)
													Inicial	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	
	110 TD2													1179,32		1179,32		0		0	
110 TD2	117	304,653	316,84	53	3,94	150	5,66	PVC 160 PSI	12,14	2,27	2 1/2	2,655	1179,32	1167,18	1179,32	1173,65	0	6,47	0,00	12,14	1,10
117	129	539,08	560,65	94	3,94	150	25,48	PVC 160 PSI	58,53	1,85	2	2,193	1167,18	1108,65	1173,65	1148,18	6,47	39,53	12,14	70,67	1,62
129	131 CRP	54,34	56,51	10	3,14	150	1,68	PVC 160 PSI	5,20	1,74	2	2,193	1108,65	1103,45	1148,18	1146,49	39,53	43,04	70,67	75,87	1,29
131 CRP	140	448,25	466,18	77	3,05	150	13,13	PVC 160 PSI	27,84	1,88	2	2,193	1103,45	1075,61	1103,45	1090,32	0,00	14,71	0,00	27,84	1,25
140	142	73,29	76,23	13	2,20	150	3,49	PVC 160 PSI	4,49	1,67	1 1/2	1,754	1075,61	1071,12	1090,32	1086,82	14,71	15,70	27,84	32,33	1,41
142	149	284,42	295,81	49	1,79	150	17,86	PVC 160 PSI	28,07	1,40	1 1/4	1,532	1075,61	1047,54	1086,82	1068,97	15,70	21,43	27,84	55,91	1,50
RAMALES																					
129	129,5	213,80	222,36	37	1,26	150	3,63	PVC 160 PSI	3,74	1,74	1 1/2	1,754	1108,65	1104,91	1148,18	1144,54	39,53	39,63	70,67	74,41	0,81
140	140,2	89,90	93,50	16	0,89	150	5,20	PVC 160 PSI	9,06	1,07	1	1,195	1075,61	1066,55	1090,32	1085,11	14,71	18,56	27,84	36,90	1,23
142	142,2	83,58	86,93	15	0,89	150	4,84	PVC 160 PSI	6,45	1,13	1	1,195	1071,12	1064,67	1086,82	1081,99	15,70	17,32	32,33	38,78	1,23
149	149,1	59,45	61,83	11	0,57	150	5,22	PVC 160 PSI	8,22	0,84	3/4	0,926	1047,54	1039,32	1068,97	1063,75	21,43	24,43	55,91	64,13	1,31
149	149,2	99,90	103,90	18	0,63	150	3,05	PVC 160 PSI	3,02	1,20	1	1,195	1047,54	1044,52	1068,97	1065,92	21,43	21,40	55,91	58,93	0,87

Apéndice 4. **Cronograma físico-financiero**

Fuente: elaboración propia.

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO

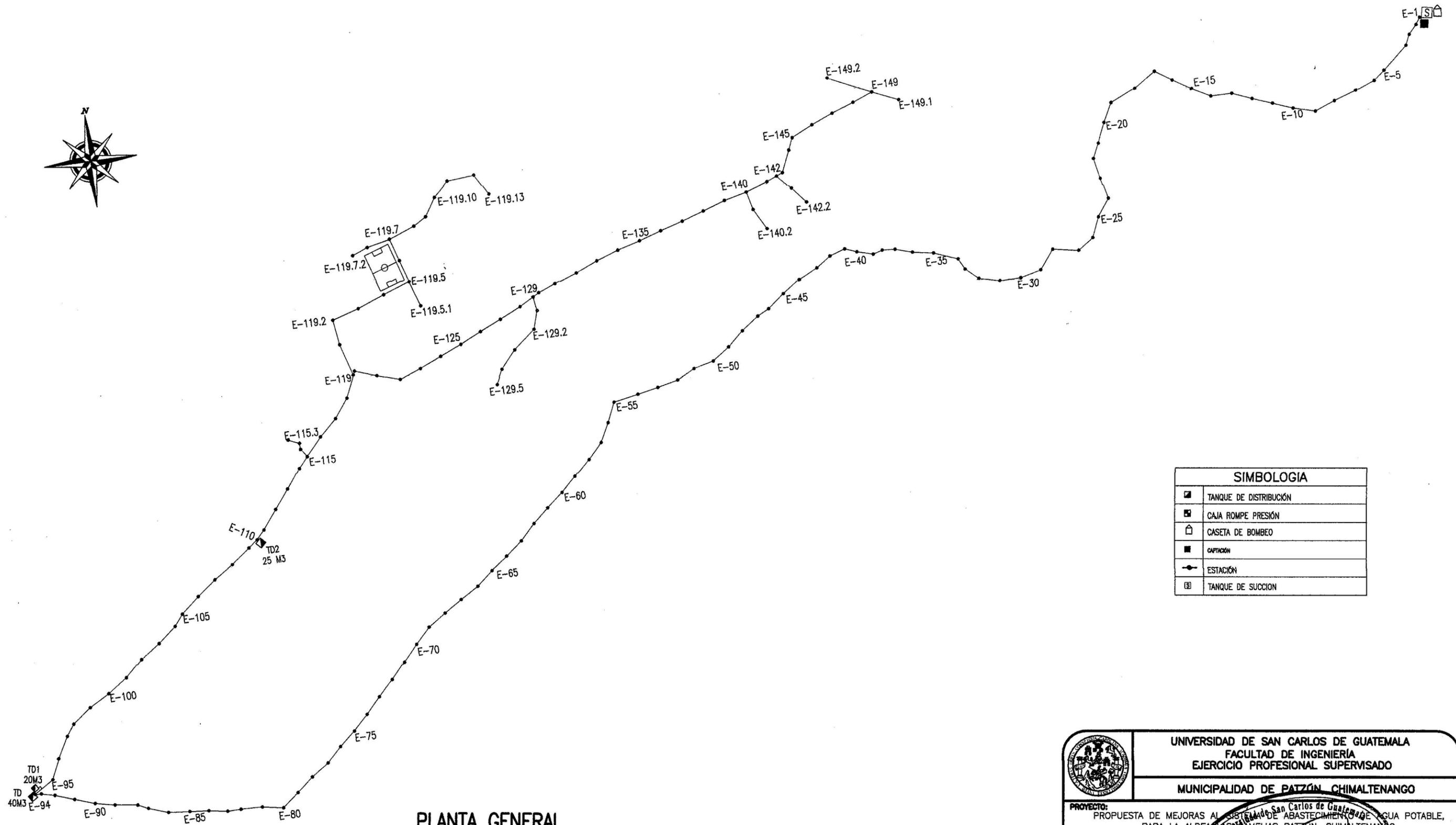
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

COMUNIDAD: ALDEA LAS CAMELIAS, MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

No	Renglon	Monto	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
1	Trabajos Preliminares	Q 18 833,15	■	■	■	■																
2	Movimiento de Tierras	Q 279 244,91							■	■	■	■	■	■			■	■	■			
3	Captación	Q 22 017,82			■	■																
4	Tanque de Succión	Q 331 819,34					■	■	■	■	■	■										
5	Línea Conducción por Bombeo	Q 303 747,74									■	■	■	■	■	■						
6	Tanque Almacenamiento	Q 134 578,64													■	■	■	■				
7	Sistema de Trantamiento	Q 12 212,23															■					
8	Red de Distribución	Q 450 299,50															■	■	■	■	■	■
9	Reinstalación Adoquin	Q 83 537,39																		■	■	■
10	Limpieza Final	Q 3 787,88																		■	■	
Avance financiero mensual			Q 40 850,97				Q 261 105,03				Q 432 781,33				Q 440 399,25				Q 464 942,02			
Avance físico mensual			2,49%				15,92%				26,39%				26,85%				28,35%			
Total			Q 1 640 078,60																			

Apéndice 5. **Planos de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango**

Fuente: elaboración propia.

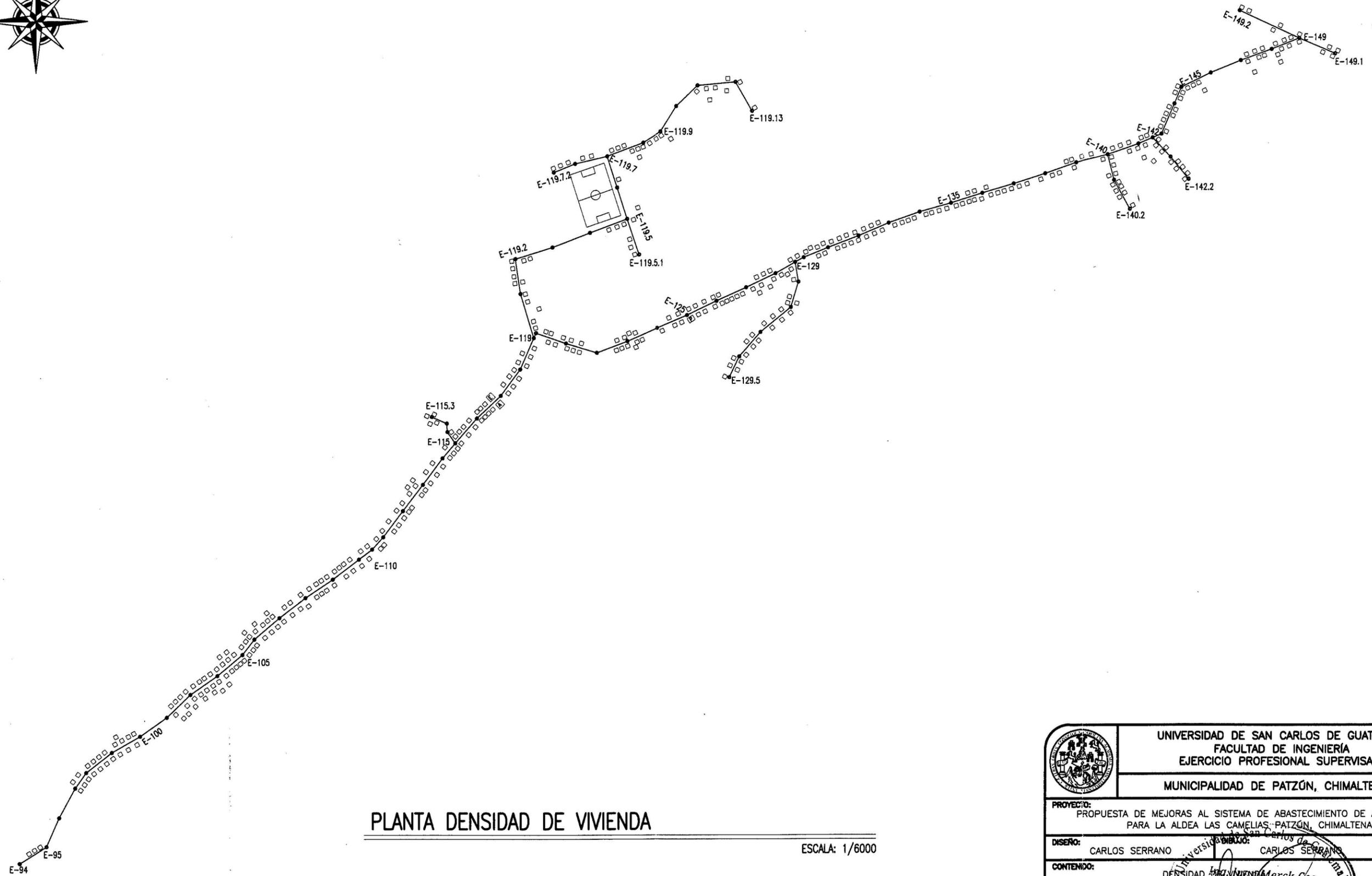


SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCION
	CAJA ROMPE PRESION
	CASETA DE BOMBEO
	CAPTACION
	ESTACION
	TANQUE DE SUCCION

PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/8000

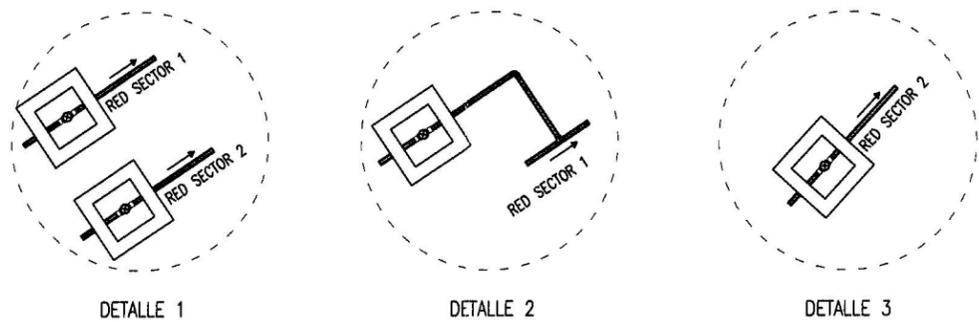
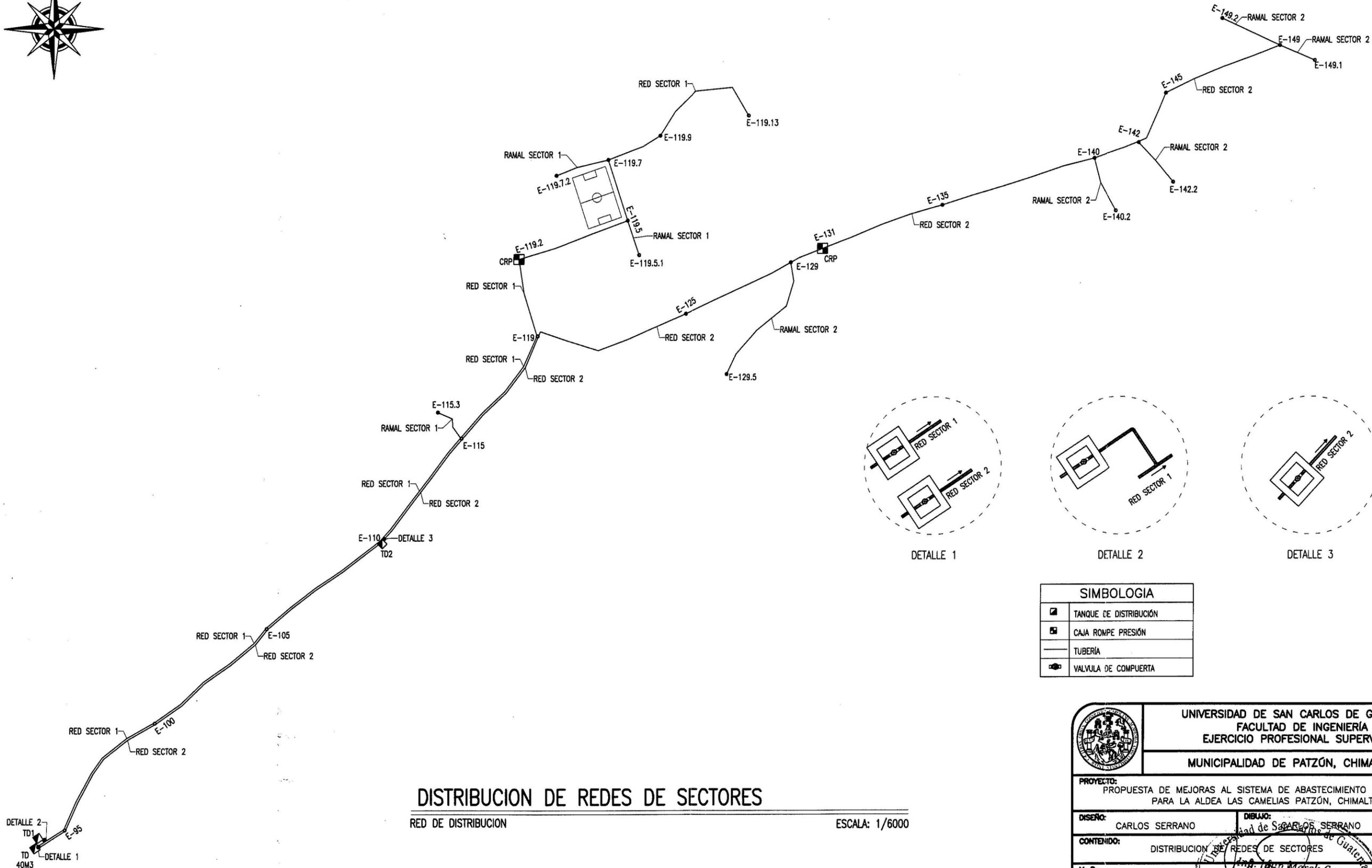
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:	PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS AMELIAS PATZUN, CHIMALTENANGO.	
DISERNO:	CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL	FECHA: OCTUBRE, 2019
Va.Bo.	 ING. JUAN MERCK ASESOR	



PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1/6000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	REVISOR: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDA Merck Cos ASESORÍA SIMBOLICA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK		<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> 2 17 </div>



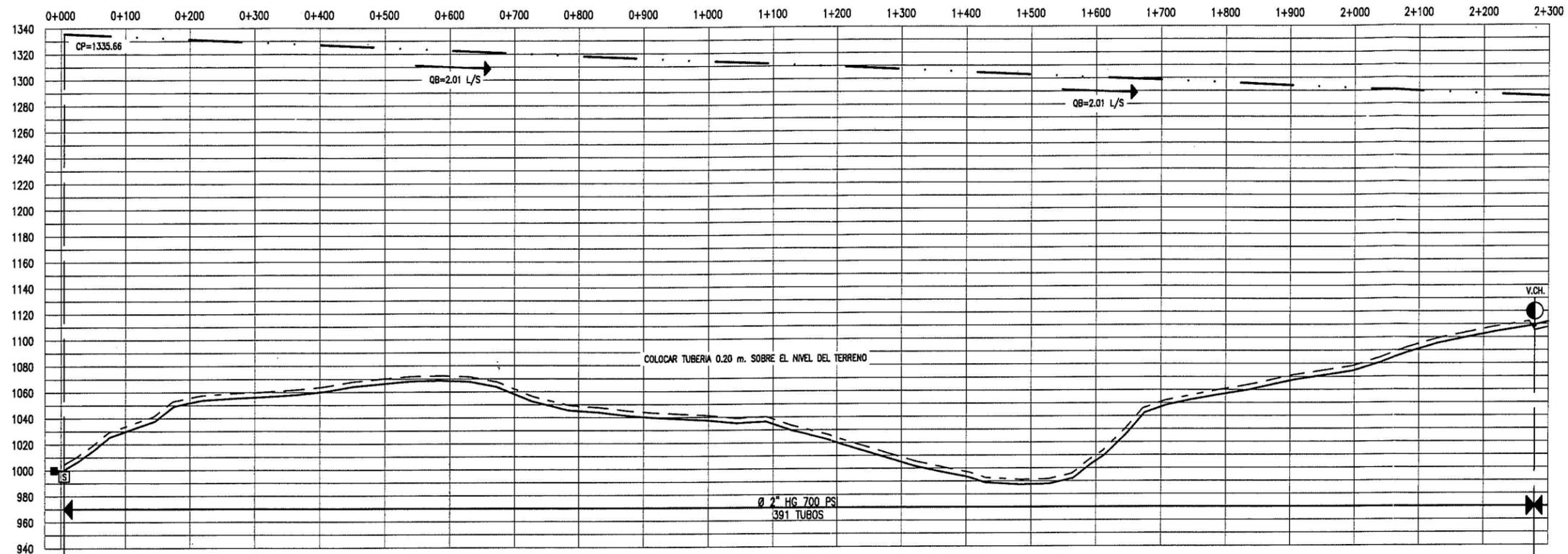
SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	TUBERIA
	VALVULA DE COMPUERTA

DISTRIBUCION DE REDES DE SECTORES

RED DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1/6000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DISTRIBUCION DE REDES DE SECTORES		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK ASESOR		3 / 17



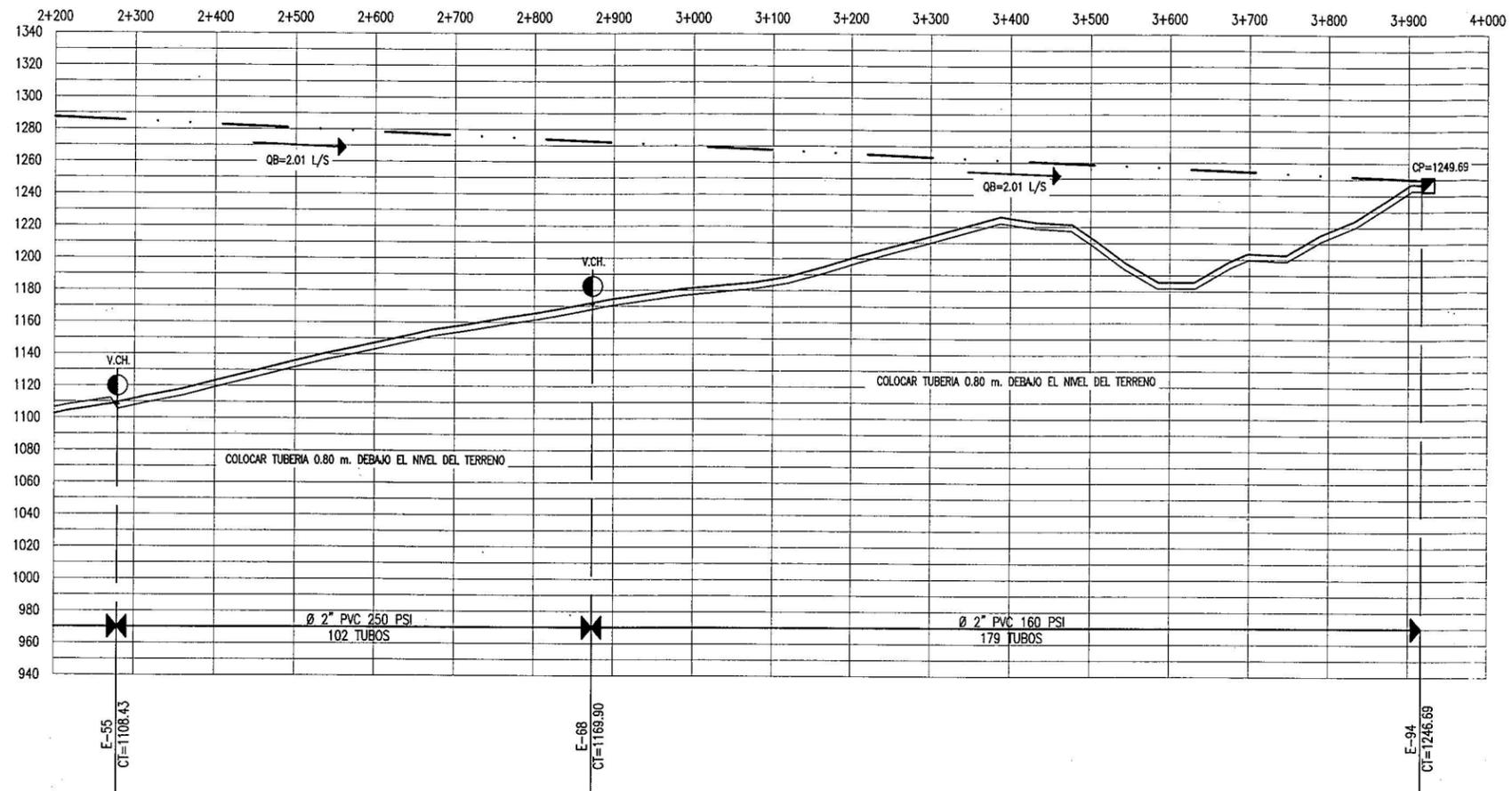
PERFIL LINEA DE CONDUCCION E-0 A E-55
 LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO - TRAMO 0+000 A 2+300 ESCALA: H=1/4000 V=1/2000

SIMBOLOGIA	
☐	TANQUE DE DISTRIBUCION
☐	CAJA ROMPE PRESION
▶	REDUCIDOR BUSHING
☐ (E) (A) (P)	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
■	CAPTACION
☐	TANQUE DE SUCCION
○	ESTACION
---	LINEA PIEZOMETRICA
---	TUBERIA
---	TERRENO
⊕ ⊕ ⊕	VALVULA RETENCION, AIRE, LIMPIEZA
⌂	CASETA DE BOMBEO



PLANTA LINEA DE CONDUCCION E-0 A E-55
 LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO - TRAMO 0+000 A 2+300 ESCALA: 1/6000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTEIDO: LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO E-0 A E-55		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo.		4 17

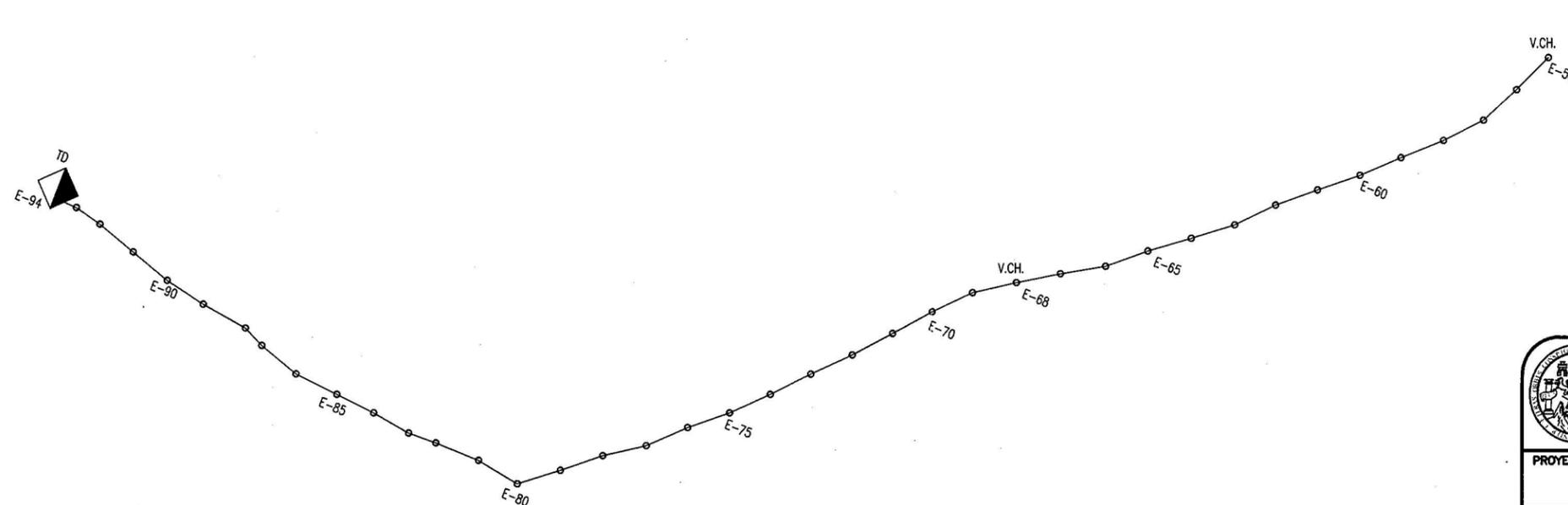


SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA RETENCION, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

PERFIL LINEA DE CONDUCCION E-55 A E-94

LÍNEA DE CONDUCCION POR BOMBEO - TRAMO 0+000 A 4+000

ESCALA: H=1/4000 V=1/2000

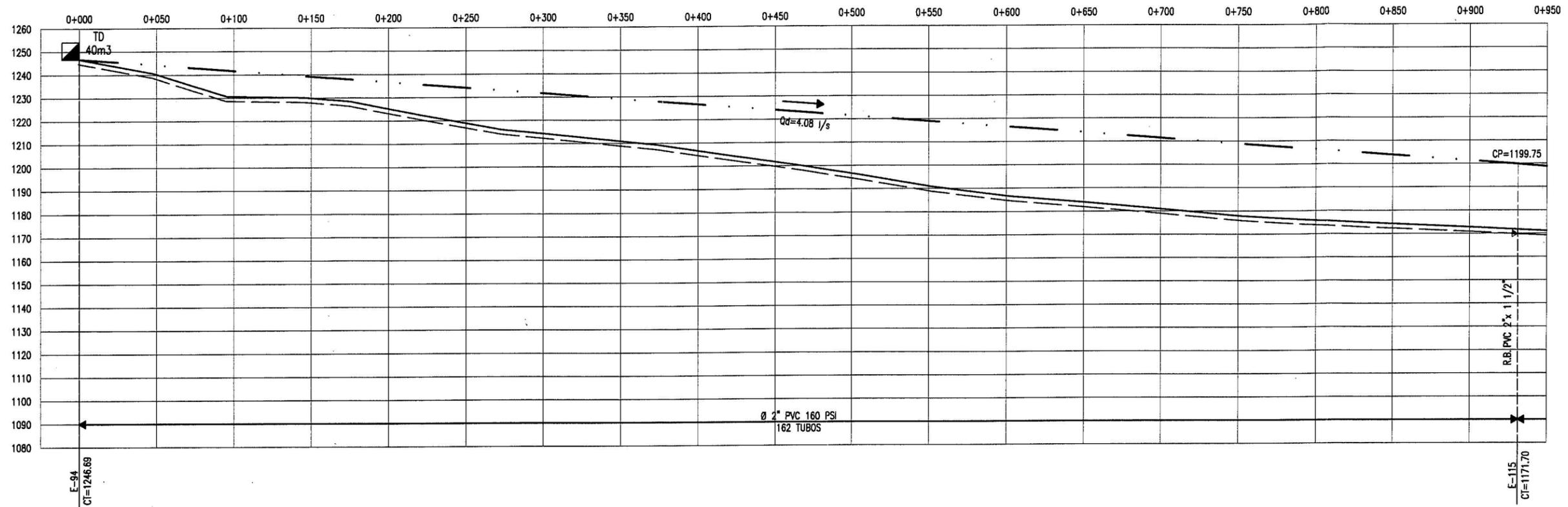


PLANTA LINEA DE CONDUCCION E-55 A E-94

LÍNEA DE CONDUCCION POR BOMBEO - TRAMO 2+200 A 4+000

ESCALA: 1/6000

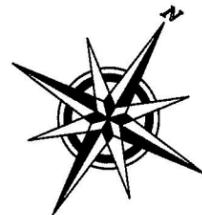
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCION POR BOMBEO E-55 A E-94		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN [Signature]		5 17



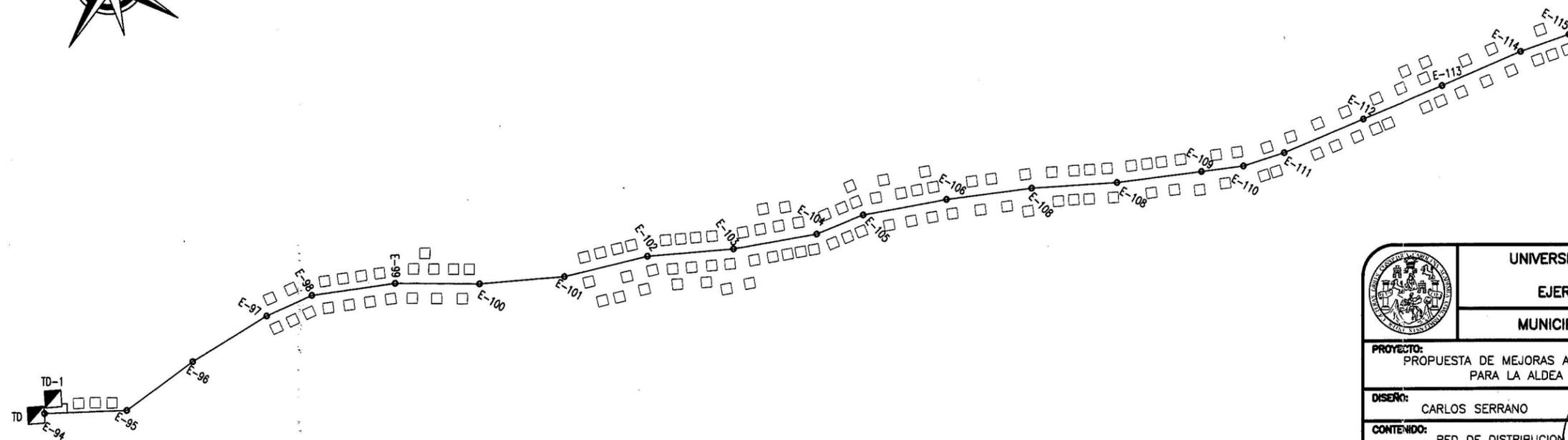
PERFIL RED DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-94 A E-115

LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+950

ESCALA: H=1/1500 V=1/1000



SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LINEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

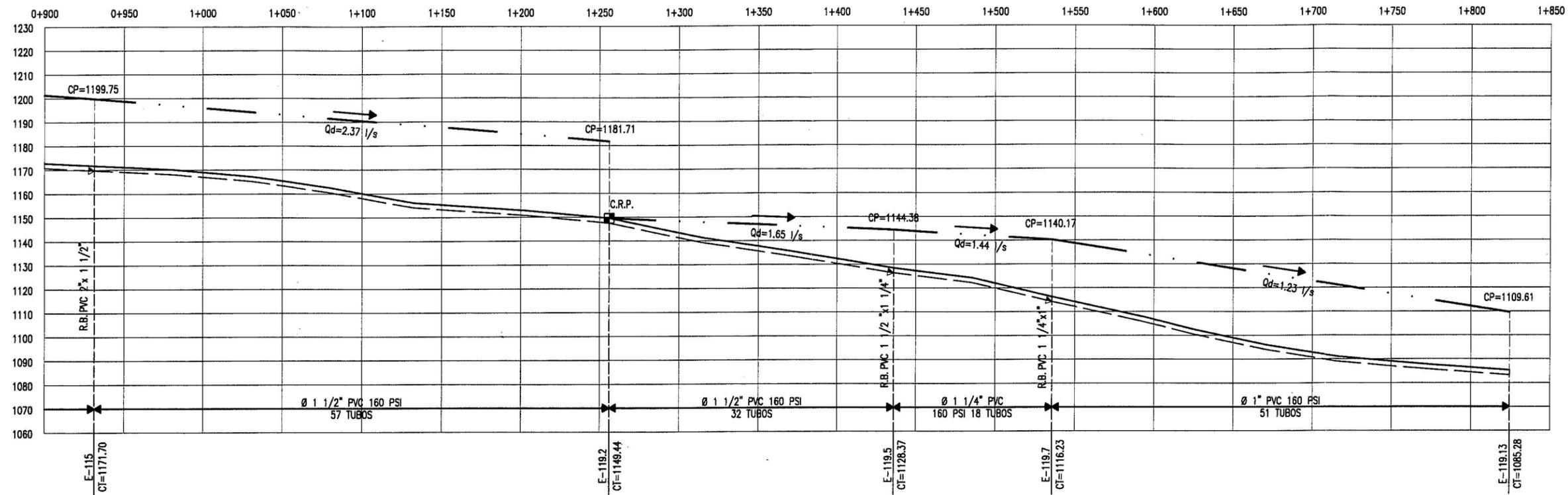


PLANTA RED DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-94 A E-115

LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+950

ESCALA: 1/3000

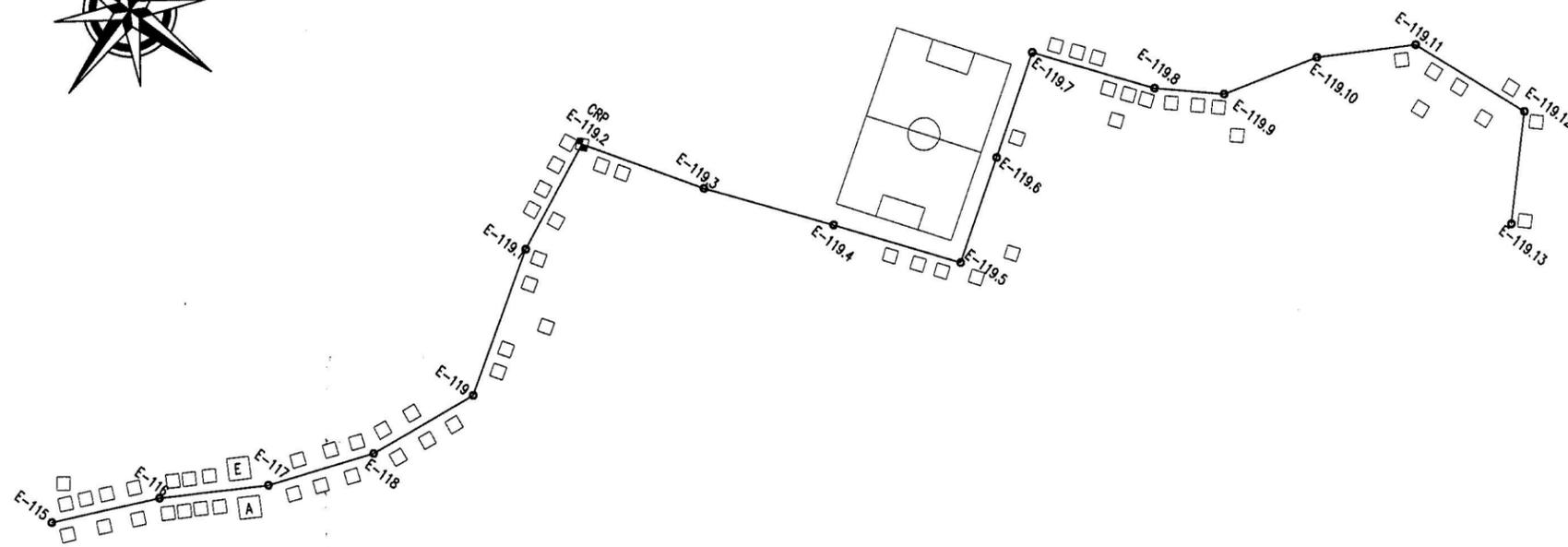
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: RED DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-94 A E-115		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. Ing. Juan Merck Cos ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS ING. JUAN MERCK ASESOR		6 / 17



PERFIL RED DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-115 A E-119.13

LÍNEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+950 A 1+850

ESCALA: H=1/1500 V=1/1000

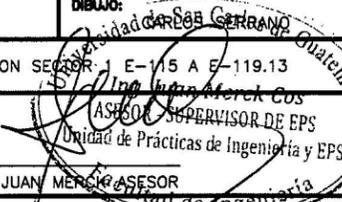


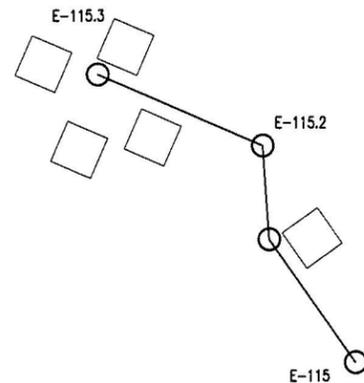
PLANTA RED DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-115 A E-119.13

LÍNEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+950 A 1+850

ESCALA: 1/3000

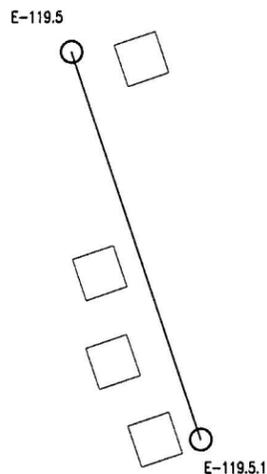
SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO		
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE DISTRIBUCION SECTOR 1 E-115 A E-119.13		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. 		7 17



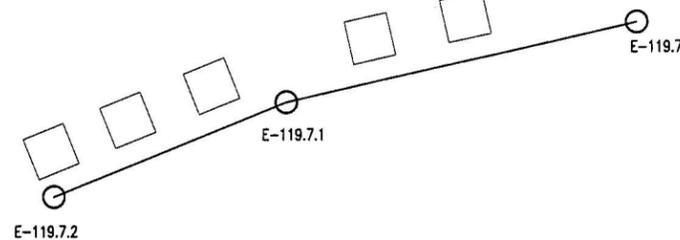
PLANTA RAMAL E-115 A E-115.3

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: 1/1000



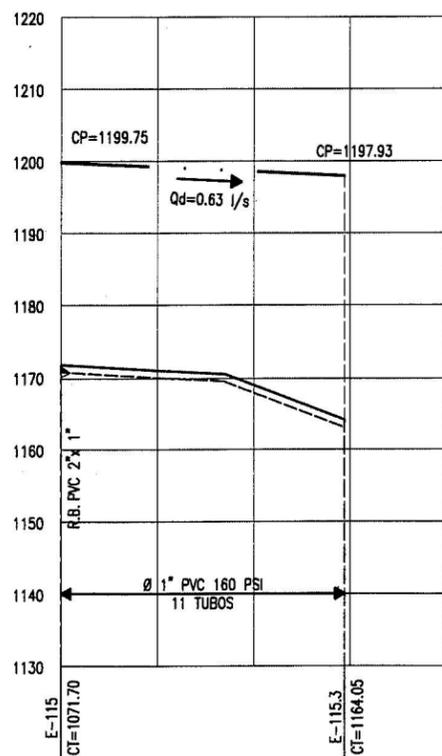
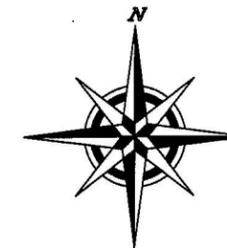
PLANTA RAMAL E-119.5 A E-119.5.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: 1/1000



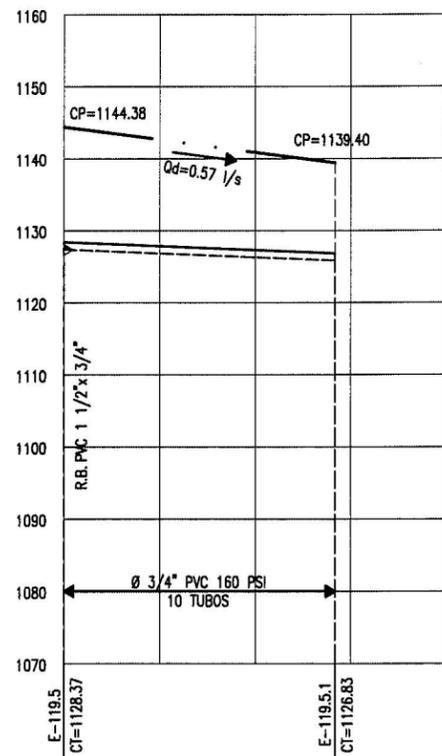
PLANTA RAMAL E-119.7 A E-119.7.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: 1/1000



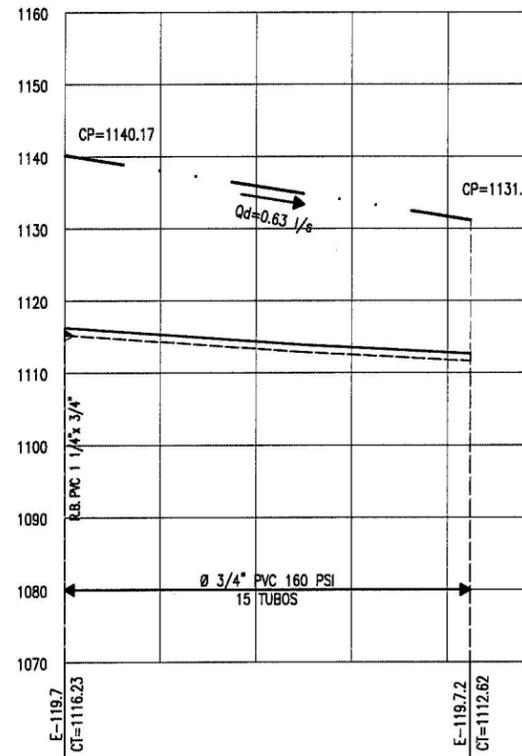
PERFIL RAMAL E-115 A E-115.3

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: H=1/750 V=1/500



PERFIL RAMAL E-119.5 A E-119.5.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: H=1/750 V=1/500

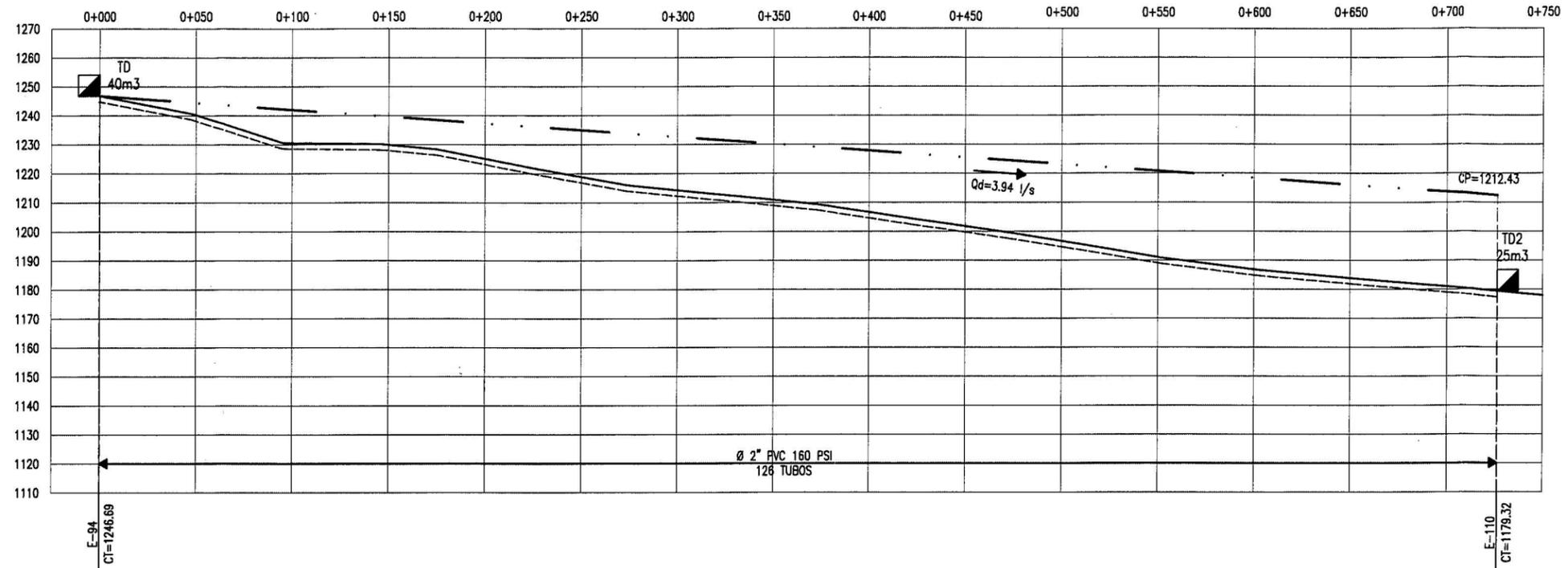


PERFIL RAMAL E-119.7 A E-119.7.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 1 ESCALA: H=1/750 V=1/500

SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

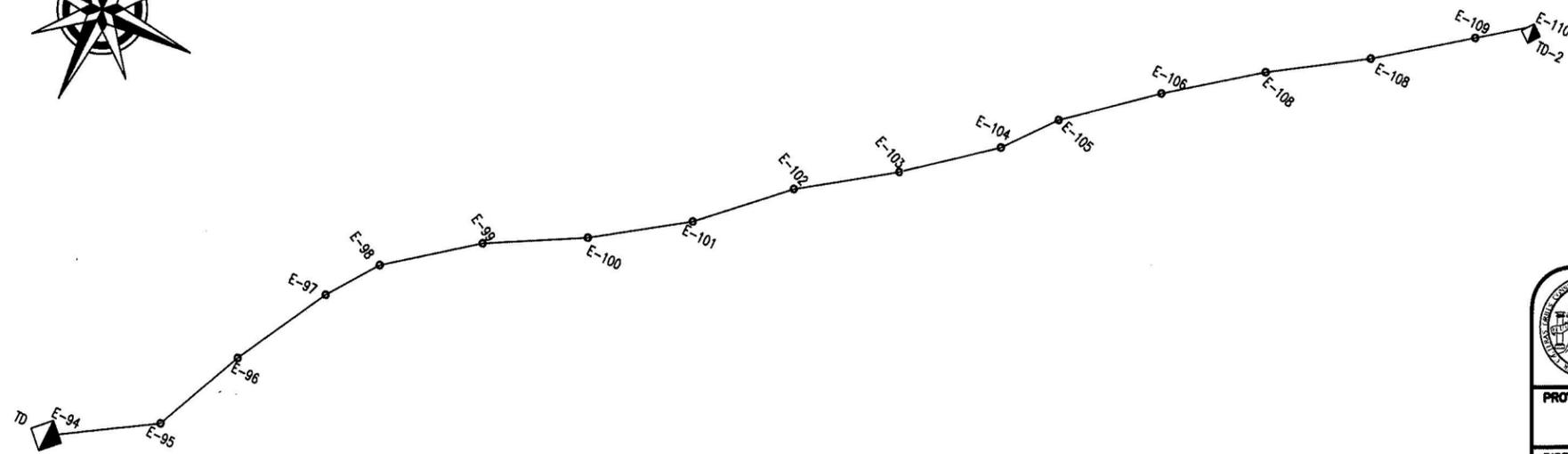
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: RED DE DISTRIBUCIÓN RAMALES SECTOR 1		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK, ASESOR		8 17



PERFIL RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 TD A TD2

LÍNEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+750

ESCALA: H=1/1500 V=1/1000



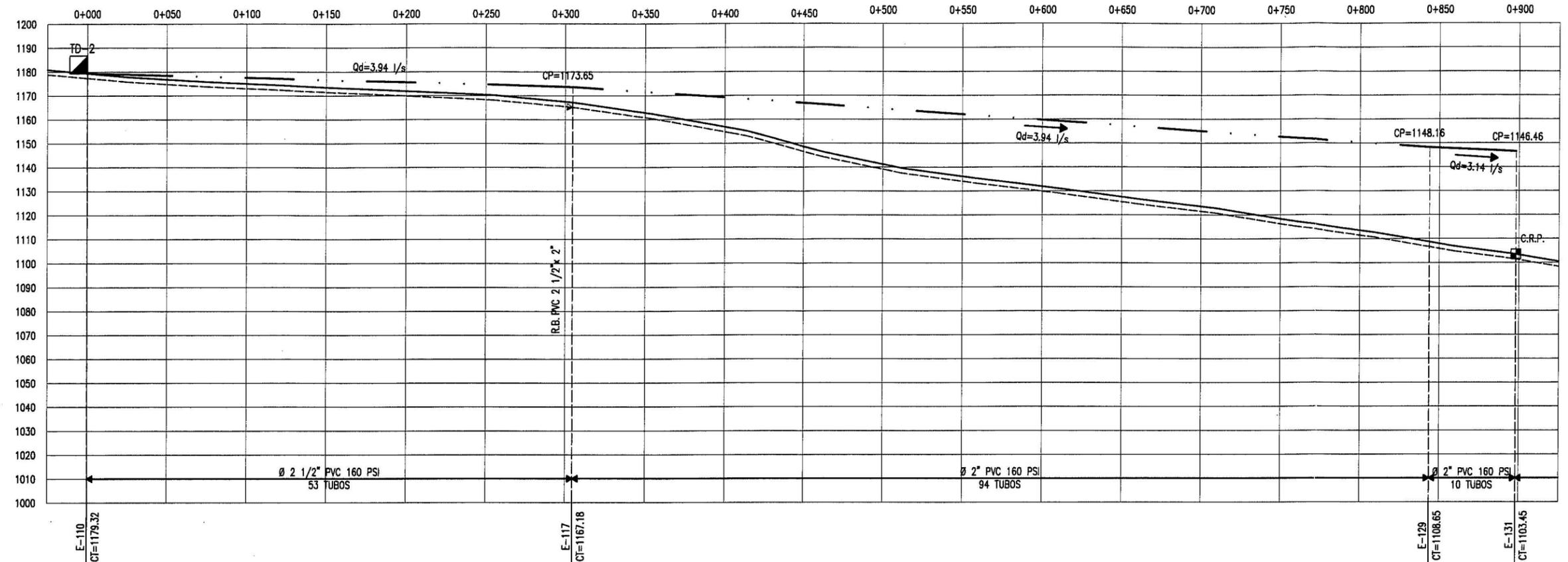
PLANTA RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 TD A TD2

LÍNEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+950

ESCALA: 1/3000

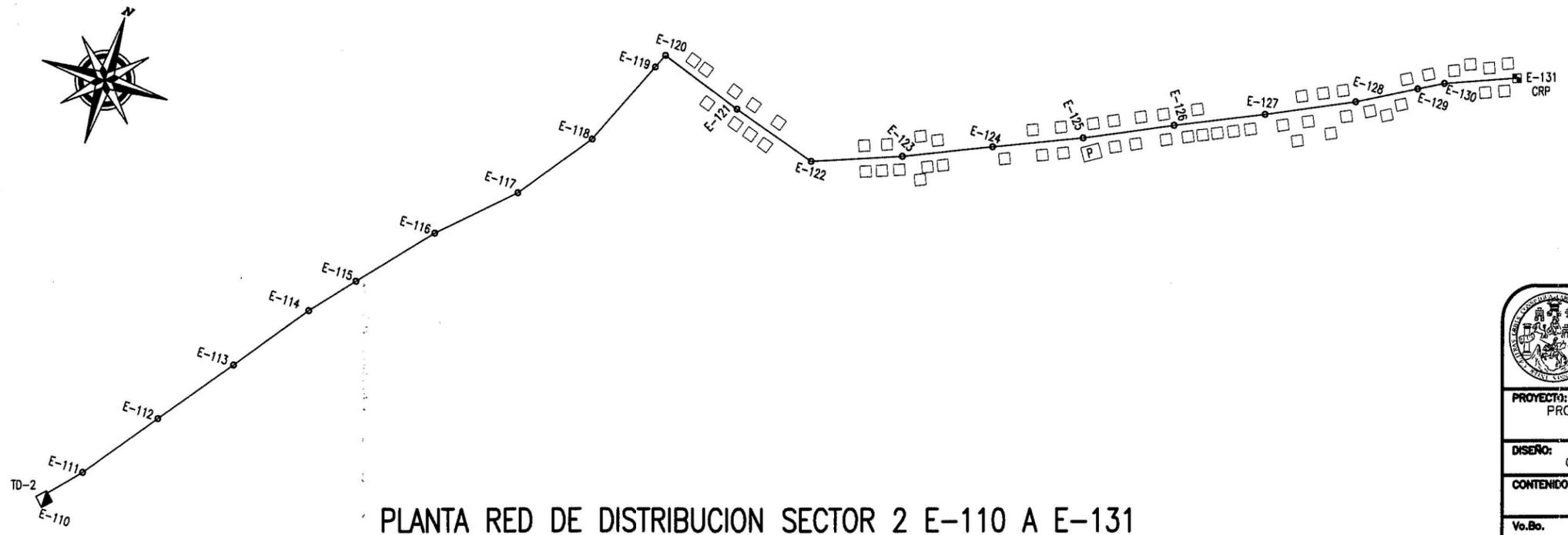
SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2, TD A TD2		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK, ASESOR		9 17



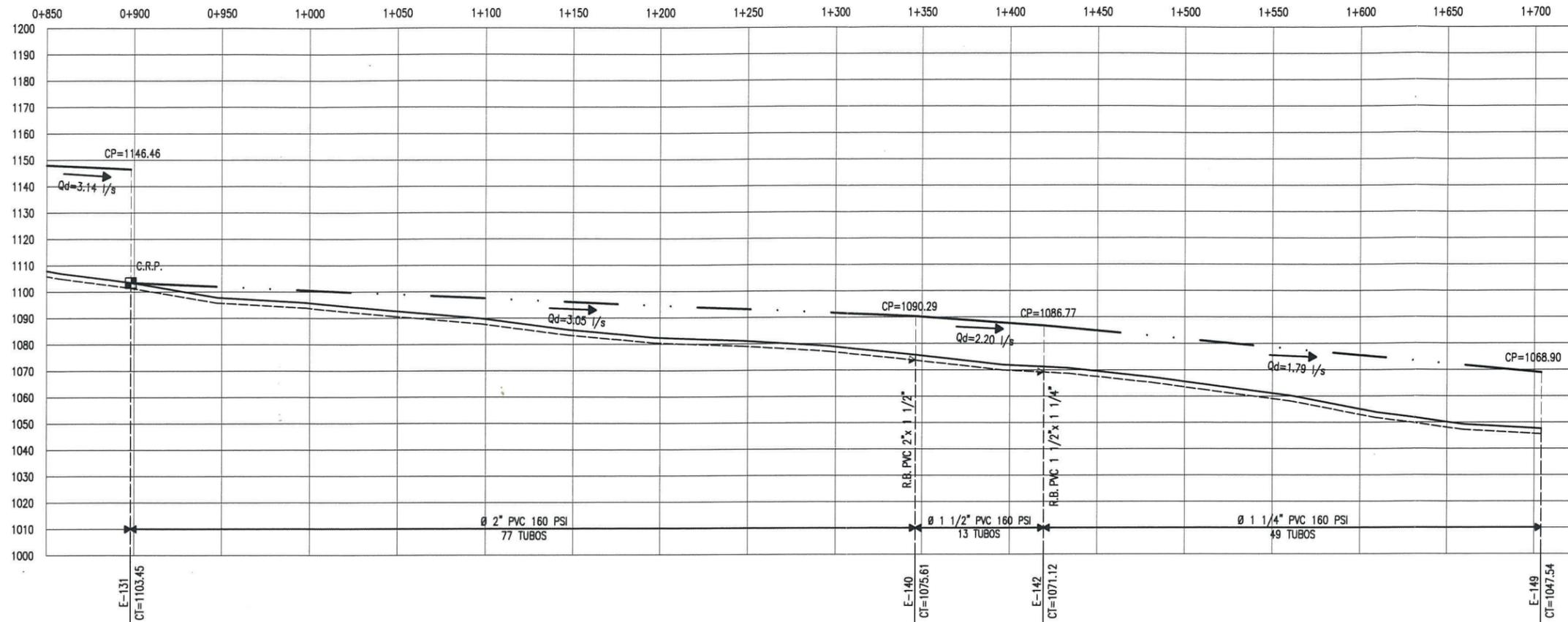
PERFIL RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-110 A E-131
 LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+900 ESCALA: H=1/1500 V=1/1000

SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LINEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO



PLANTA RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-110 A E-131
 LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+000 A 0+900 ESCALA: 1/3000

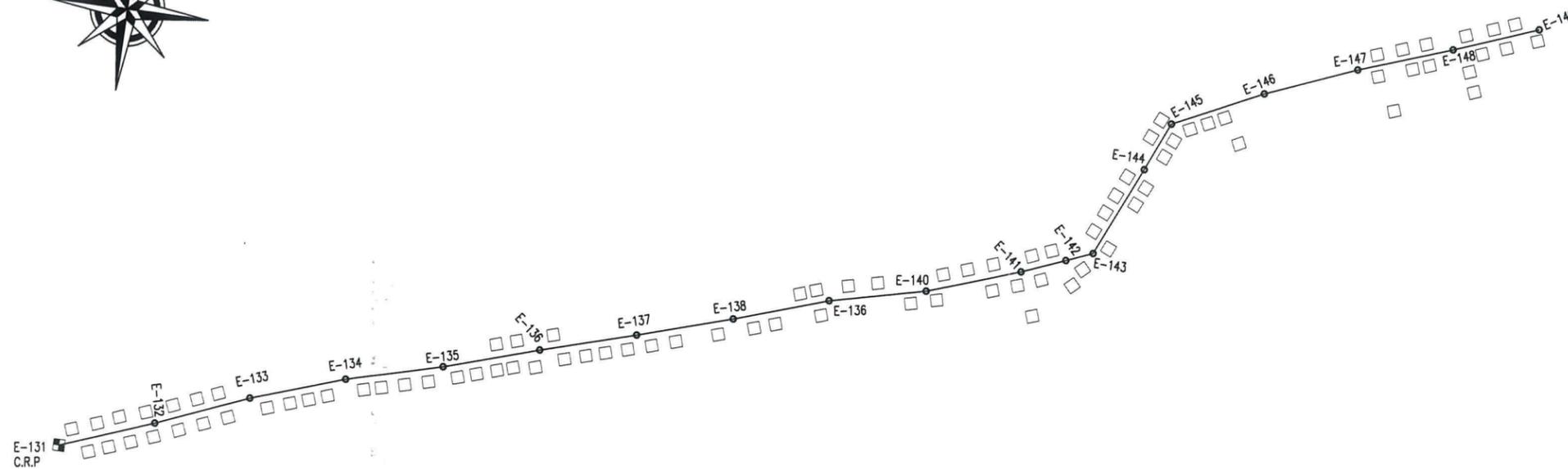
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO:	PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.	
DISEÑO:	CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO:	LINEA DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-110 A E-131	FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo.	 ING. JUAN MERCK ASESOR	



PERFIL RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-131 A E-149

LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+900 A 1+725

ESCALA: H=1/1500 V=1/1000



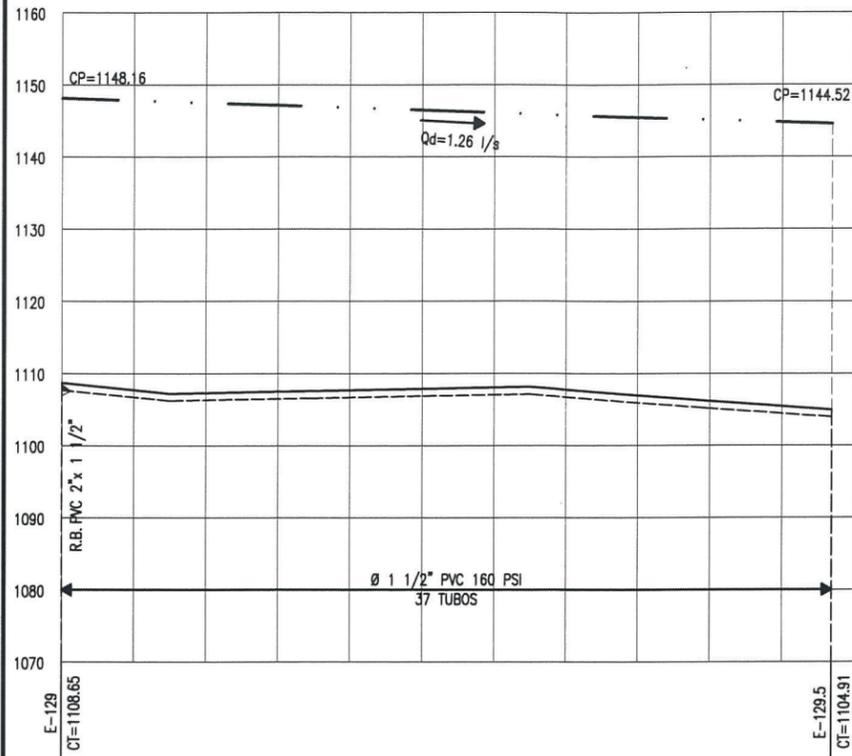
PLANTA RED DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-131 A E-149

LINEA DE DISTRIBUCION - TRAMO 0+900 A 1+725

ESCALA: 1/3000

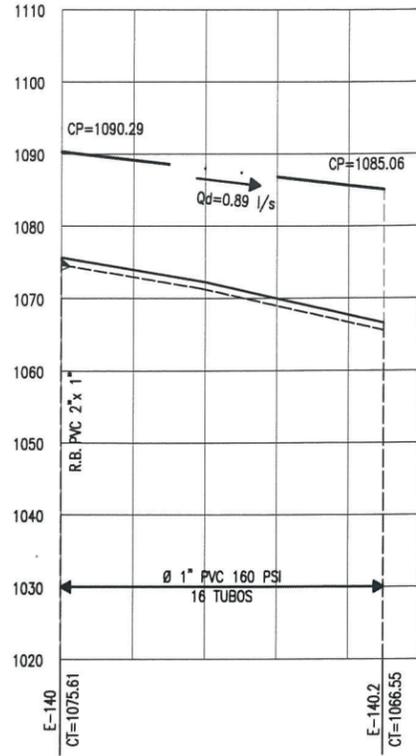
SIMBOLOGIA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LINEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LINEA DE DISTRIBUCION SECTOR 2 E-131 A E-149		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK ASESOR		11 17



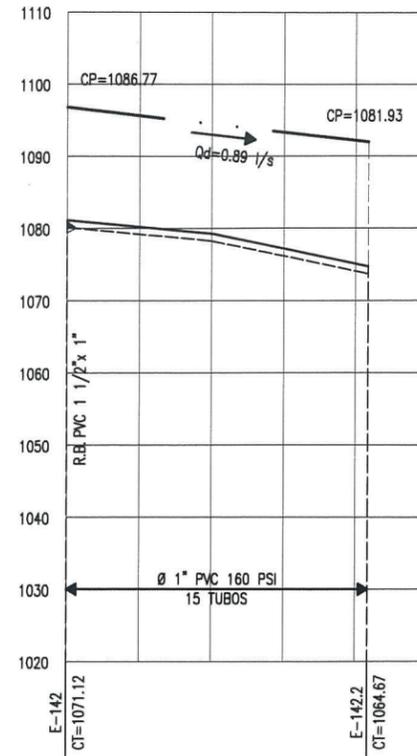
PLANTA RAMAL E-129 A E-129.5

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: H=1/1000
V=1/500



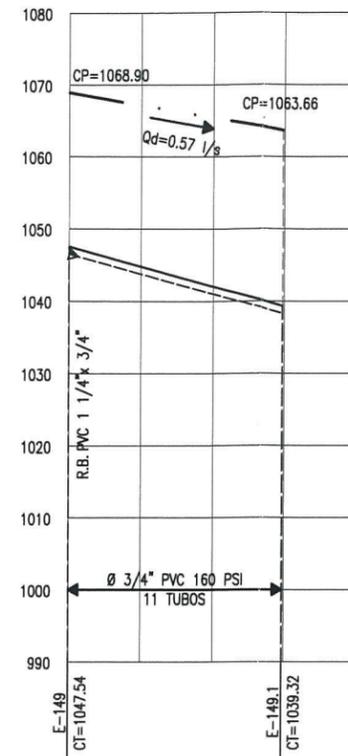
PLANTA RAMAL E-140 A E-140.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: H=1/1000
V=1/500



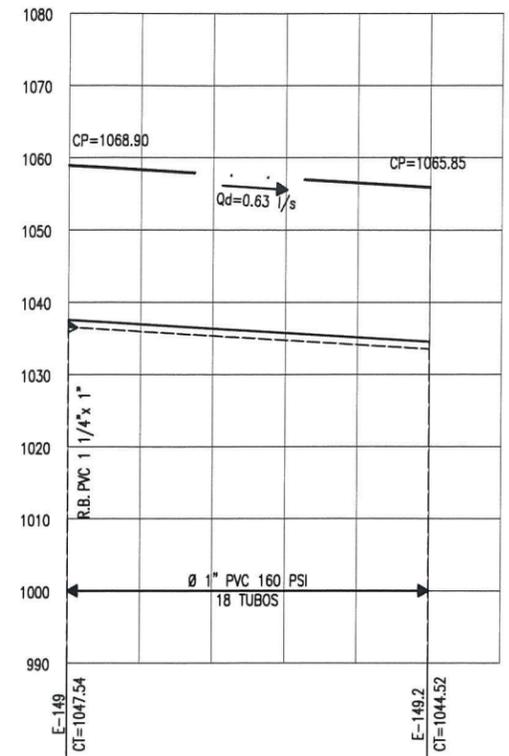
PLANTA RAMAL E-142 A E-142.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: H=1/1000
V=1/500



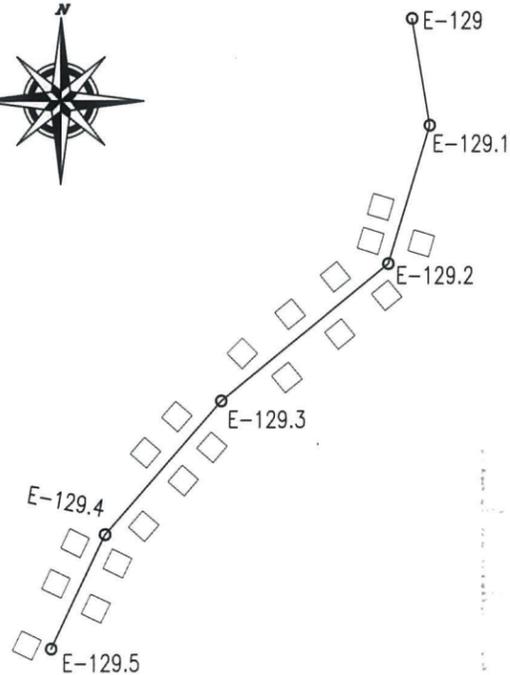
PLANTA RAMAL E-149 A E-149.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: H=1/1000
V=1/500



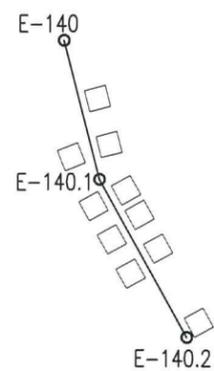
PLANTA RAMAL E-149 A E-149.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: H=1/1000
V=1/500



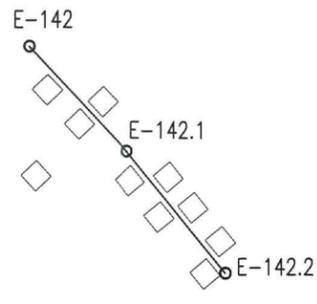
PLANTA RAMAL E-129 A E-129.5

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: 1/1000



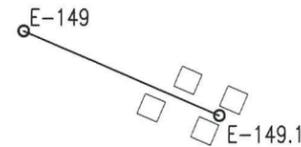
PLANTA RAMAL E-140 A E-140.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: 1/1000



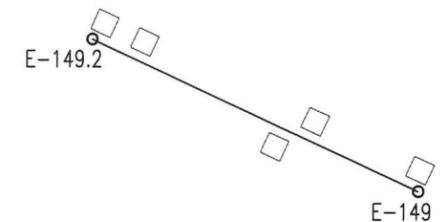
PLANTA RAMAL E-142 A E-142.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: 1/1000



PLANTA RAMAL E-149 A E-149.1

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: 1/1000

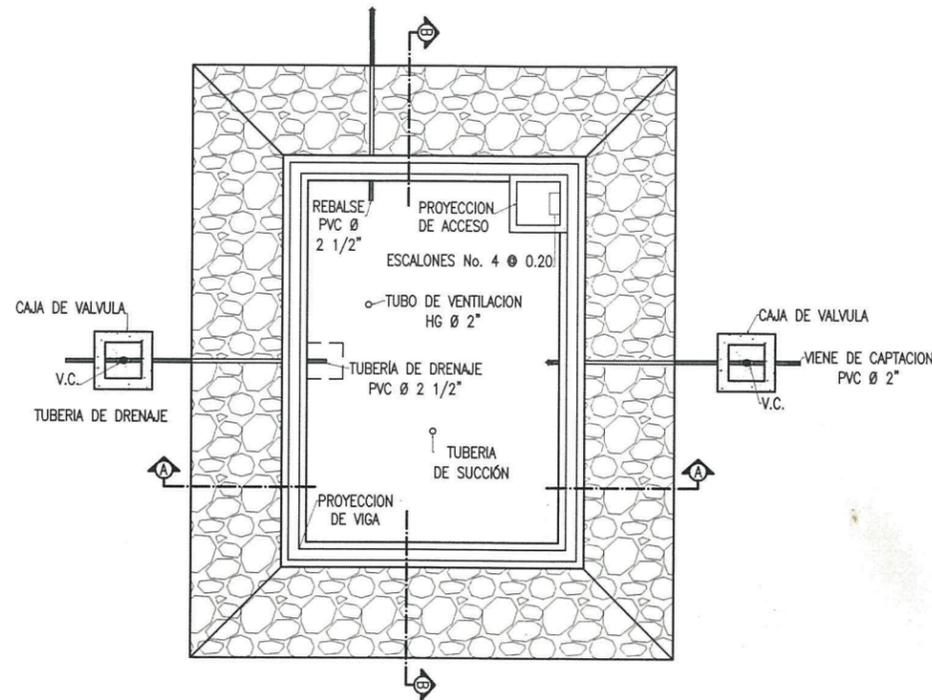


PLANTA RAMAL E-149 A E-149.2

LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN SECTOR 2 ESCALA: 1/1000

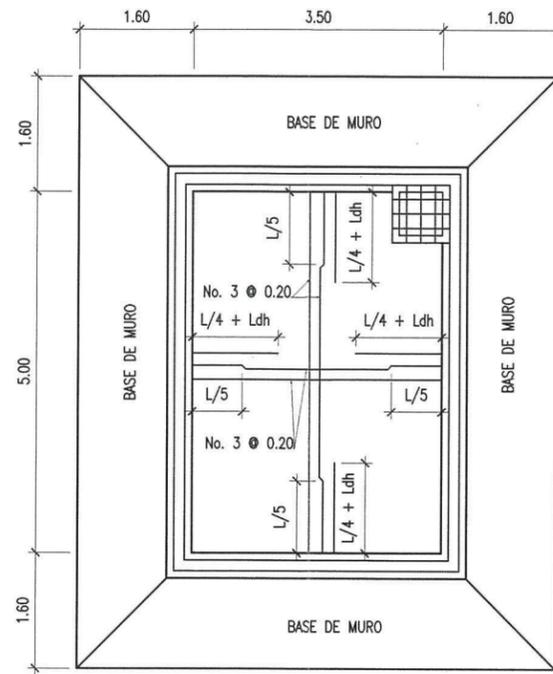
SIMBOLOGÍA	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	REDUCIDOR BUSHING
	CASA, ESCUELA, ALCALDIA, PUESTO DE SALUD
	CAPTACIÓN
	TANQUE DE SUCCION
	ESTACIÓN
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	TUBERÍA
	TERRENO
	VALVULA CHEQUE, AIRE, LIMPIEZA
	CASETA DE BOMBEO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: RED DE DISTRIBUCIÓN RAMALES SECTOR 2		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. ING. JUAN MERCK ASESOR		12 17



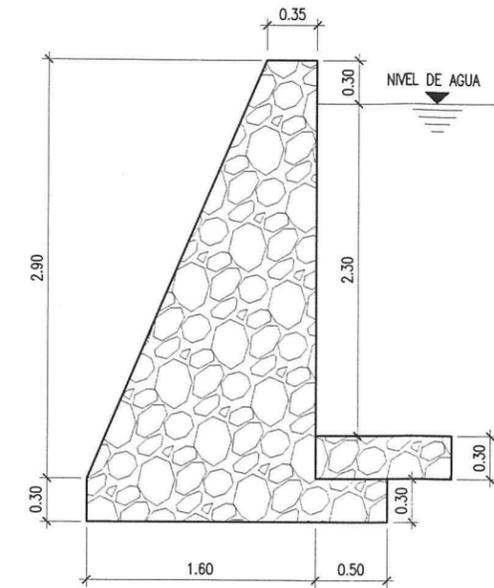
PLANTA DE TANQUE DE SUCCION

ESCALA: 1/100



PLANTA DE ARMADO DE LOSA

ESCALA: 1/100

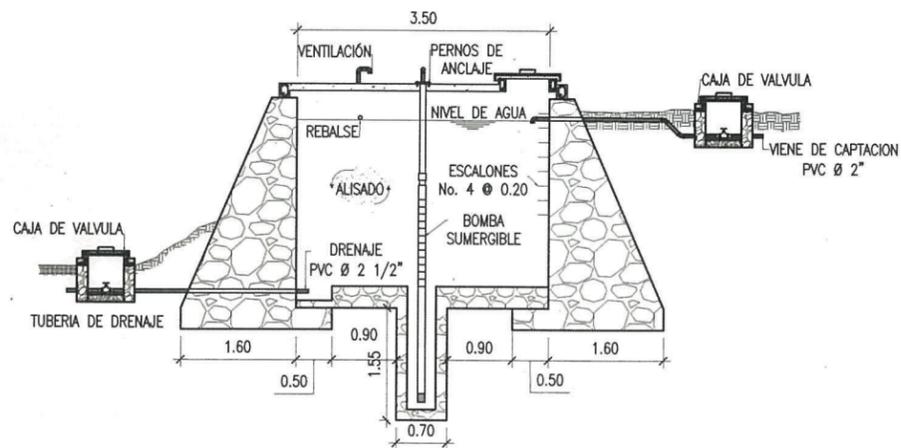


DETALLE DE MURO

ESCALA: 1/50

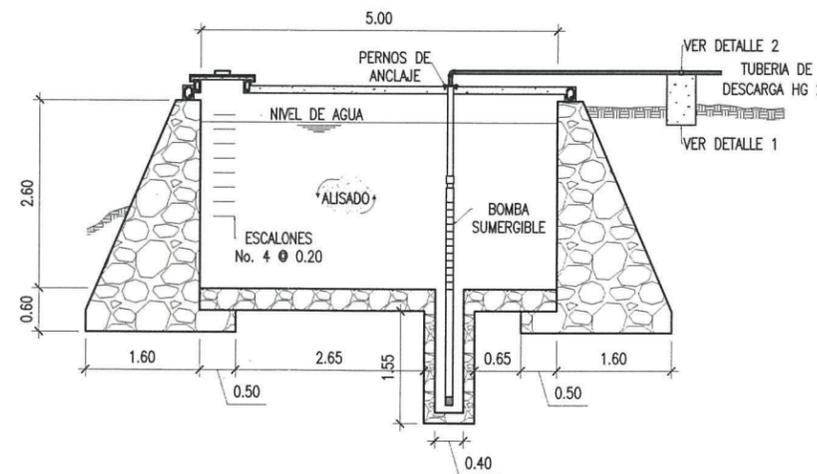
ESPECIFICACIONES

1. CONCRETO F'C 210 Kg/cm² A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO FY 2810 Kg/cm² ESPECIFICACION ASTM A 615.
3. LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE CONCRETO CICLOPEO: 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO.
4. LOS MUROS DE CONCRETO CICLOPEO DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA PROPORCION (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.
5. LA LOSA DEL TANQUE DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
6. PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE CAJAS DE VALVULAS VER DETALLE TIPICO SEGUN DIAMETRO.
6. LONGITUD DE BASTONES L/4+Ldh.
DOBLES DE TENSION L/5
Ldh.= 30 cm.
7. ESPESOR DE LOSA t=10 cm.



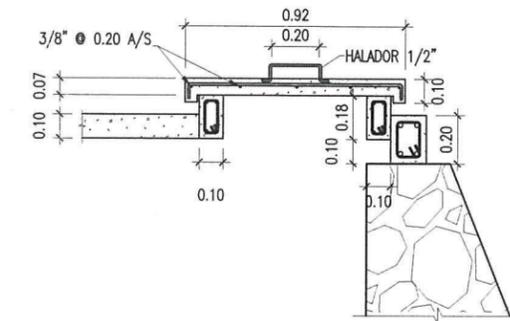
SECCION A-A TANQUE DE SUCCION

ESCALA: 1/100



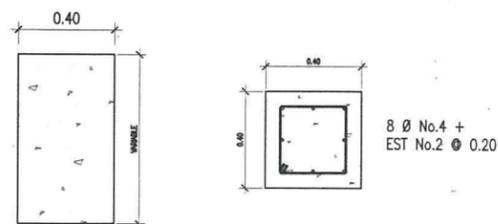
SECCION B-B TANQUE DE SUCCION

ESCALA: 1/100



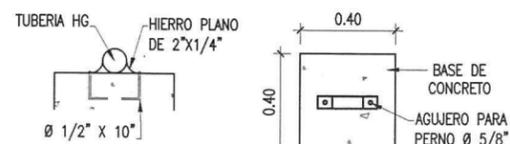
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA: 1/30



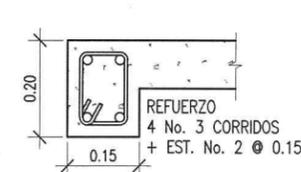
DETALLE 1

ESCALA: 1/30



DETALLE 2

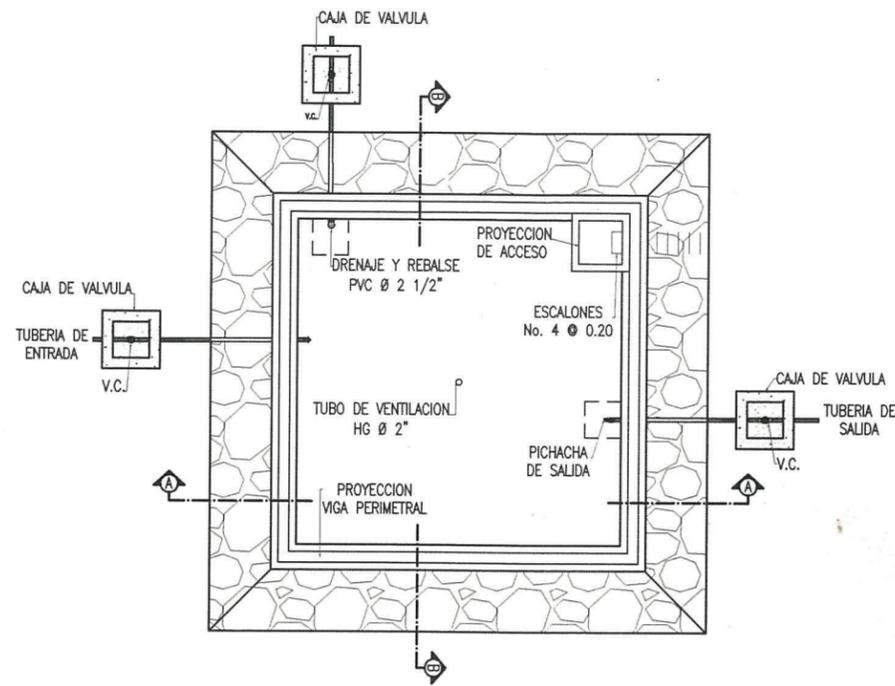
ESCALA: 1/30



DETALLE VIGA PERIMETRAL

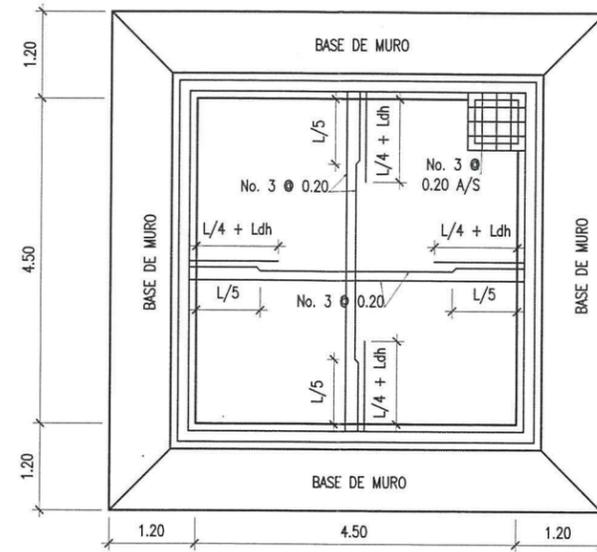
ESCALA: 1/15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
MUNICIPALIDAD DE PATZÓN, CHIMALTENANGO		
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAÑEALAS, PATZÓN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: TANQUE DE SUCCION		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo.		13 17



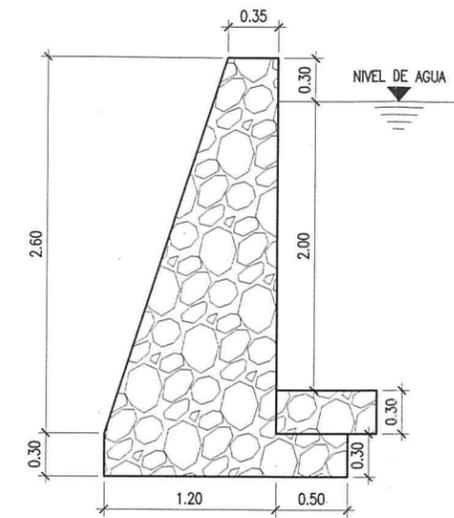
PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1/100



PLANTA DE ARMADO DE LOSA

ESCALA: 1/100

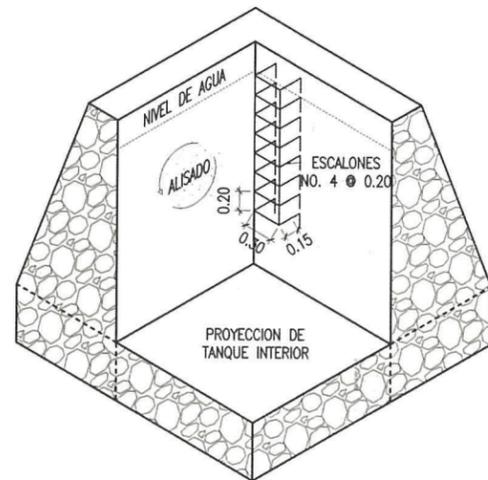


DETALLE DE MURO

ESCALA: 1/50

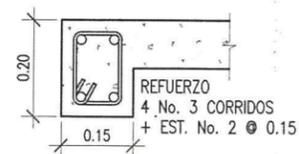
ESPECIFICACIONES

1. CONCRETO F'C 210 Kg/cm² A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO FY 2810 Kg/cm² ESPECIFICACION ASTM A 615.
3. LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE CONCRETO CICLOPEO: 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO.
4. LOS MUROS DE CONCRETO CICLOPEO DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA PROPORCION (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.
5. LA LOSA DEL TANQUE DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
6. PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE CAJAS DE VALVULAS VER DETALLE TIPICO SEGUN DIAMETRO.
6. LONGITUD DE BASTONES L/4+Ldh.
DOBLES DE TENSION L/5
Ldh.= 30 cm.
7. ESPESOR DE LOSA t=10 cm.



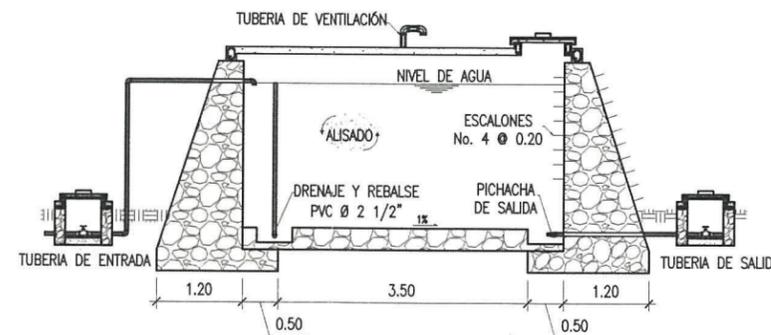
ISOMETRICO TANQUE DISTRIBUCION

ESCALA: 1/75



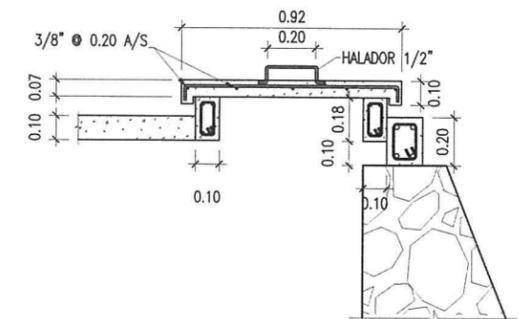
DETALLE VIGA PERIMETRAL

ESCALA: 1/15



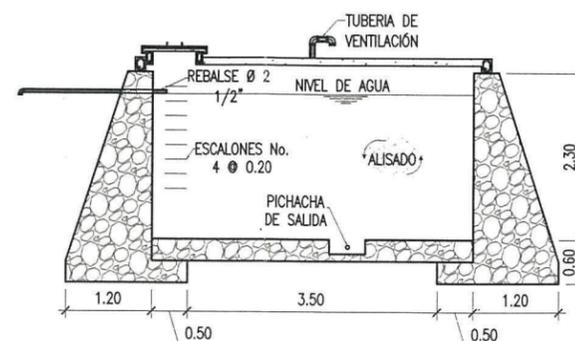
SECCION A-A TANQUE DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1/100



DETALLE DE TAPADERA

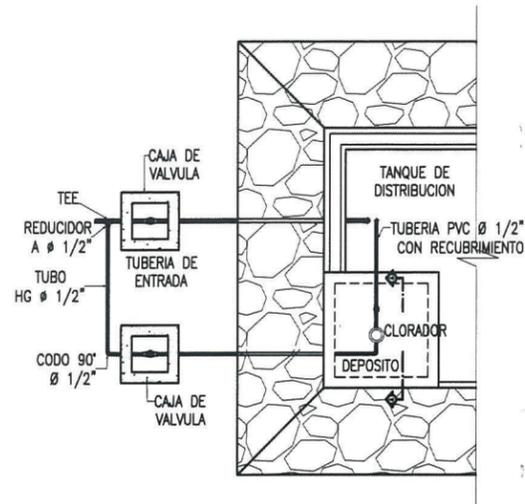
ESCALA: 1/30



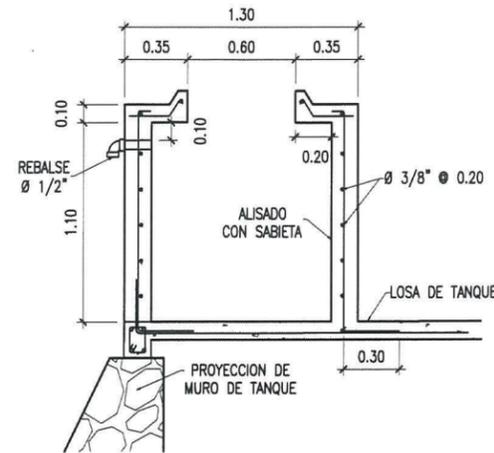
SECCION B-B TANQUE DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1/100

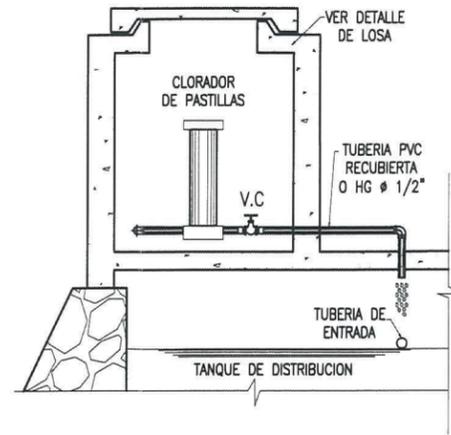
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIDAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.	DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO
CONTENIDO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ASesor SUPERVISOR DIVERS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	ESCALA: INDICADA
Vo.Bo.	ING. JUAN MERCADO	FECHA: OCTUBRE, 2019
		14 17



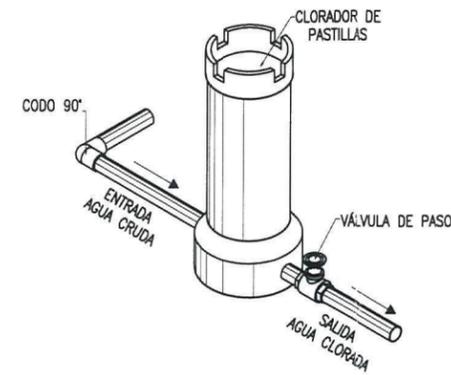
PLANTA HIPOCLORADOR



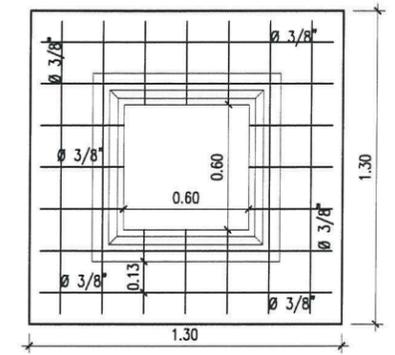
ARMADO DE MUROS



SECCION A-A HIPOCLORADOR



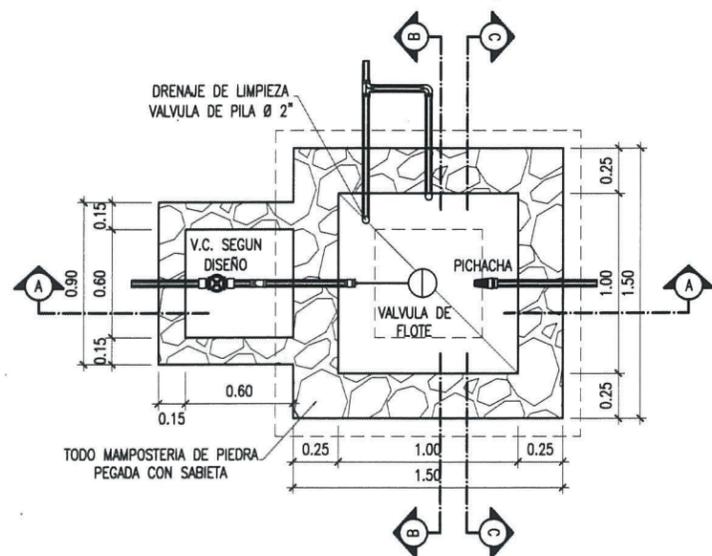
ISOMETRICO HIPOCLORADOR



DETALLE DE LOSA

ESCALA: 1/30

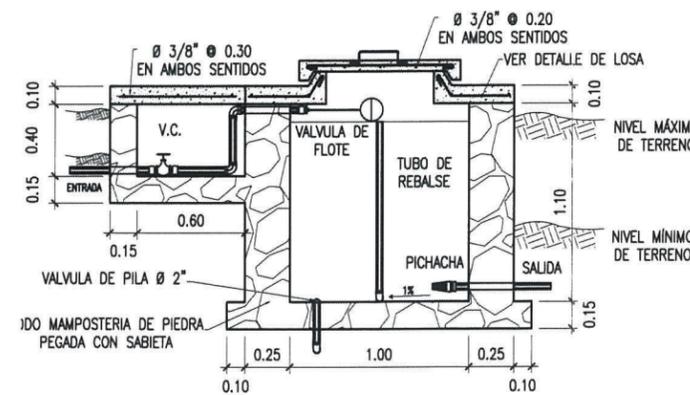
ESCALA: 1/100



PLANTA CAJA ROMPE PRESION

ESCALA: 1/40

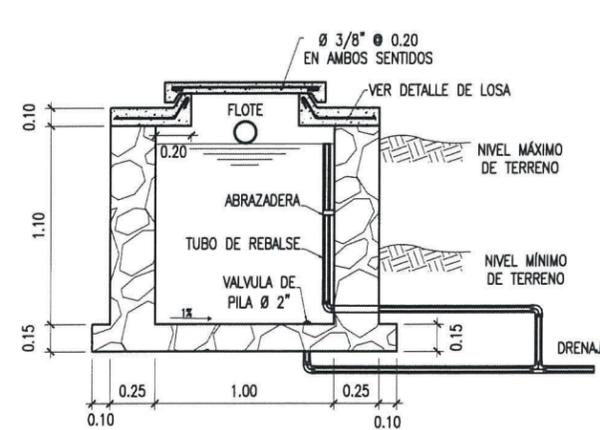
ESCALA: 1/40



SECCION A-A CAJA ROMPE PRESION

ESCALA: 1/40

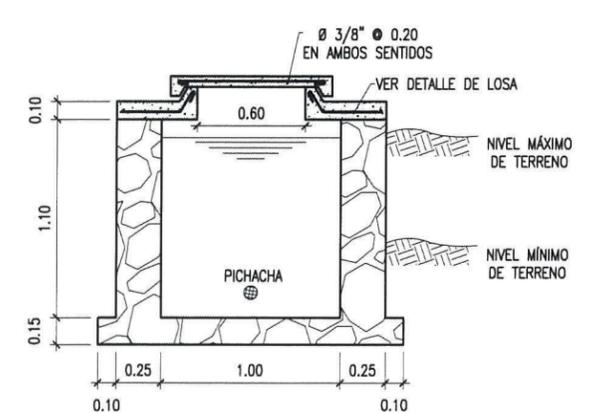
ESCALA: 1/40



SECCION B-B CAJA ROMPE PRESION

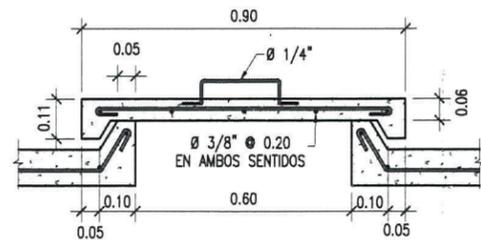
ESCALA: 1/40

ESCALA: 1/40



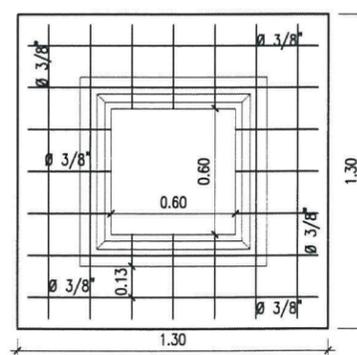
SECCION C-C CAJA ROMPE PRESION

ESCALA: 1/40



DETALLE TIPICO DE TAPADERA

ESCALA: 1/20



DETALLE DE LOSA

ESCALA: 1/30

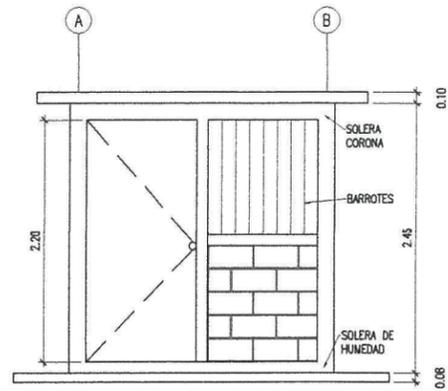
ESPECIFICACIONES

1. CONCRETO F'C 210 Kg/cm² A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO FY 2810 Kg/cm² ESPECIFICACION ASTM A 615.
3. LOS MUROS DE CAJAS SERAN DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA: 67% PIEDRA BOLA, 33% CONCRETO.
4. LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA PROPORCION (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.
5. LA LOSA DE LAS CAJAS DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.



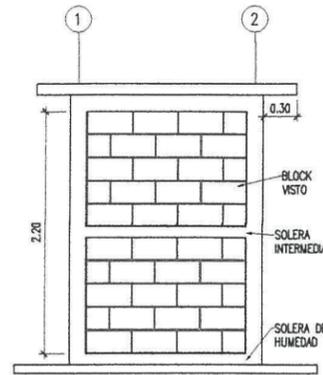
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO

PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.		
DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: de San CARLOS, SERRANO	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: HIPOCLORADOR Y CAJA ROMPE PRESION		FECHA: OCTUBRE, 2019
Vo.Bo. Ing. Juan Merck ASESOR Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS		15 17



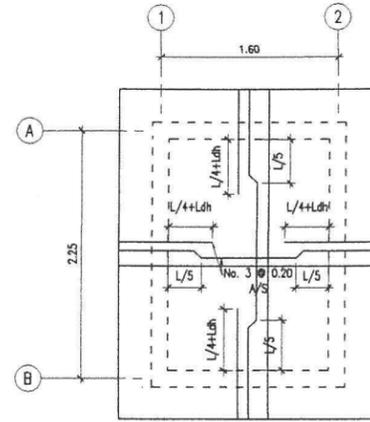
ELEVACION FRONTAL

ESCALA: 1/30



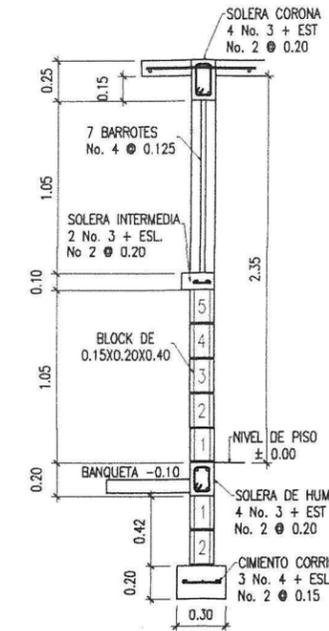
ELEVACION LATERAL

ESCALA: 1/30



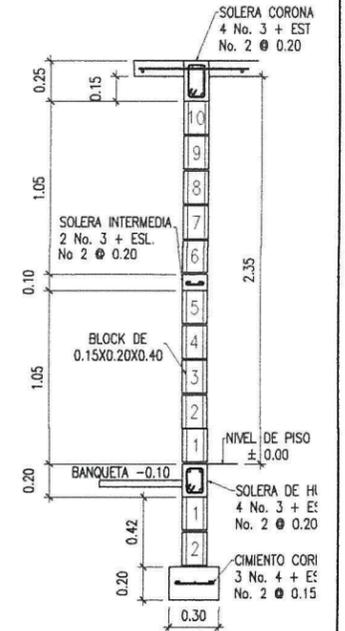
ARMADO DE LOSA

ESCALA: 1/30



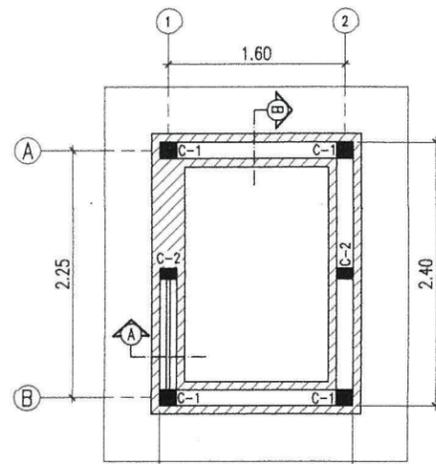
CORTE DE MURO A

ESCALA: 1/20



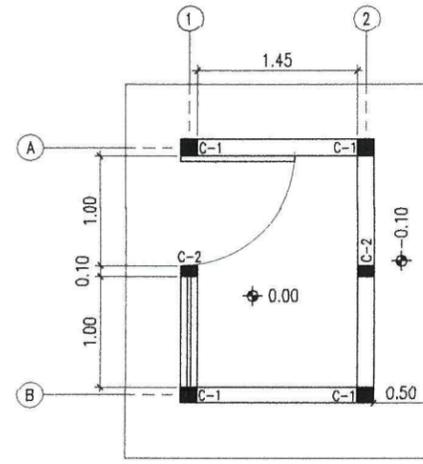
CORTE DE MURO B

ESCALA: 1/20



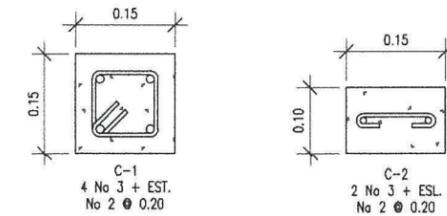
PLANTA DE CIMENTO Y COLUMNAS

ESCALA: 1/30



PLANTA ACOTADA

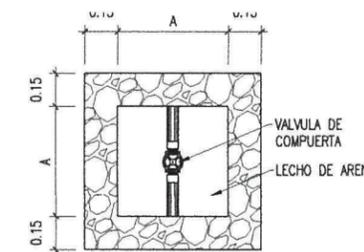
ESCALA: 1/30



DETALLE DE COLUMNAS

ESCALA: 1/30

PLANTILLA DE SOLERAS		
TIPO	MEDIDA	REFUERZO
SOLERA DE HUMEDAD	0.15 X 0.20	4 No.3 + EST. No.2 Ø 0.20
SOLERA INTERMEDIA	0.15 X 0.10	2 No.3 + ESL. No.2 Ø 0.20
SOLERA CORONA	0.15 X 0.25	4 No.3 + EST. No.2 Ø 0.20



PLANTA CAJA DE VALVULAS

ESCALA: 1/15

ESPECIFICACIONES

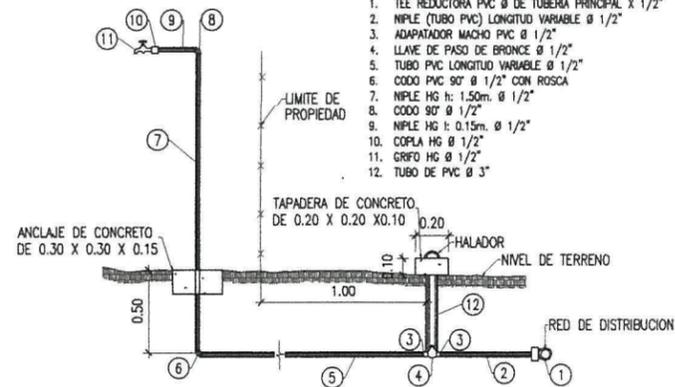
1. CONCRETO FC 210 Kg/cm² A LOS 28 DIAS.
2. ACERO DE REFUERZO FY 2810 Kg/cm² ESPECIFICACION ASTM A 615.
3. TODO LO REFERENTE A LONGITUDES DE ANCLAJES Y TASLAPE DE REFUERZO SE HARA CUMPLIENDO CON LAS NORMAS ACI-318.
4. SE USARA BLOCK NORMADO DE 35 Kg/cm².
5. LA PUERTA DEBERA SER PINTADA CON DOS MANOS DE ANTICORROSIVO Y DOS DE PINTURA DE ACEITE.
6. LONGITUD DE BASTONES L/4+Ldh.
7. DOBLES DE TENSION L/5.
8. Ldh = 30 cm.
9. ESPESOR DE LOSA t=10 cm.

DIMENSIONES DE CAJAS

DIAMETRO	A
1/2"	0.30
1"	0.30
1 1/2"	0.40
2"	0.50
2 1/2"	0.50

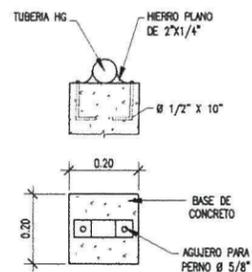
REFERENCIA DE MATERIALES

1. TEE REDUCTORA PVC Ø DE TUBERIA PRINCIPAL X 1/2"
2. NIPLE (TUBO PVC) LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 1/2"
5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
6. CODO PVC 90° Ø 1/2" CON ROSCA
7. NIPLE HG t: 1.50m. Ø 1/2"
8. CODO 90° Ø 1/2"
9. NIPLE HG t: 0.15m. Ø 1/2"
10. COPLA HG Ø 1/2"
11. GRIFO HG Ø 1/2"
12. TUBO DE PVC Ø 3"



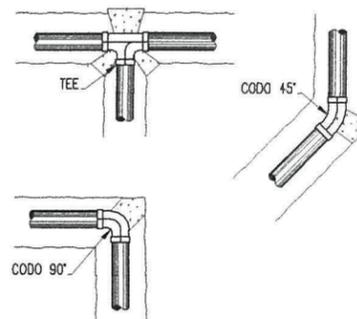
CONEXION DOMICILIAR

ESCALA: 1/20



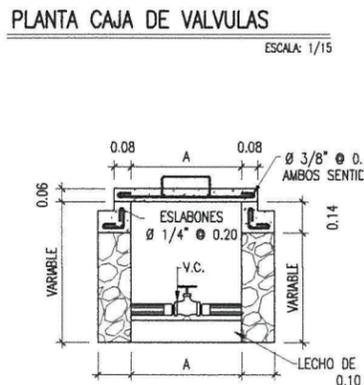
ANCLAJE DE TUBERIA HG

ESCALA: 1/15



ANCLAJE DE ACCESORIOS

ESCALA: 1/15



ELEVACION CAJA DE VALVULAS

ESCALA: 1/15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO

PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.

DISEÑO: CARLOS SERRANO DIBUJO: CARLOS SERRANO ESCALA: INDICADA

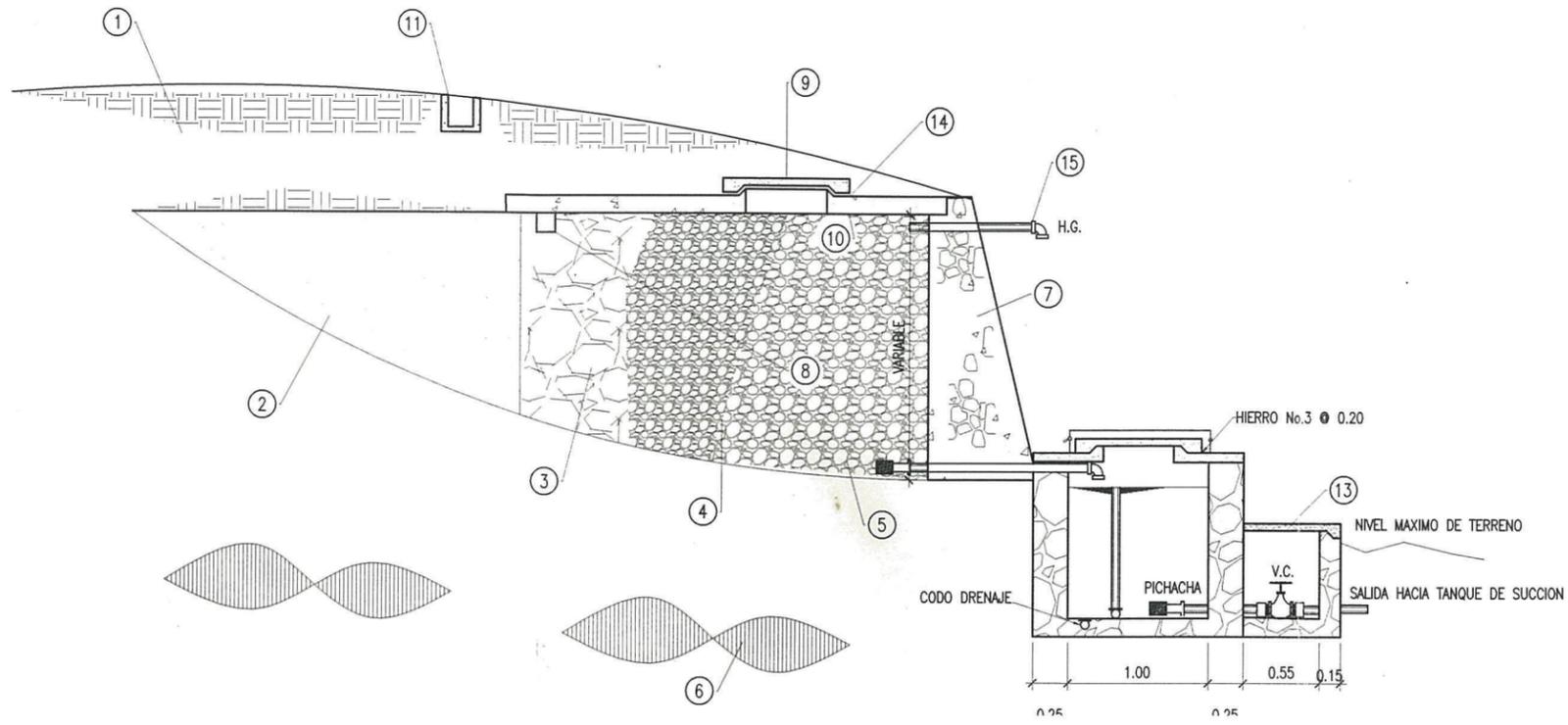
CONTENIDO: CASETA DE BOMBEO, CONEXION DOMICILIAR Y CAJA DE VALVULAS. FECHA: AGOSTO, 2019

Vo.Bo. Unidad de Técnicas de Ingeniería y EPS

ING. CARLOS SERRANO ASESOR

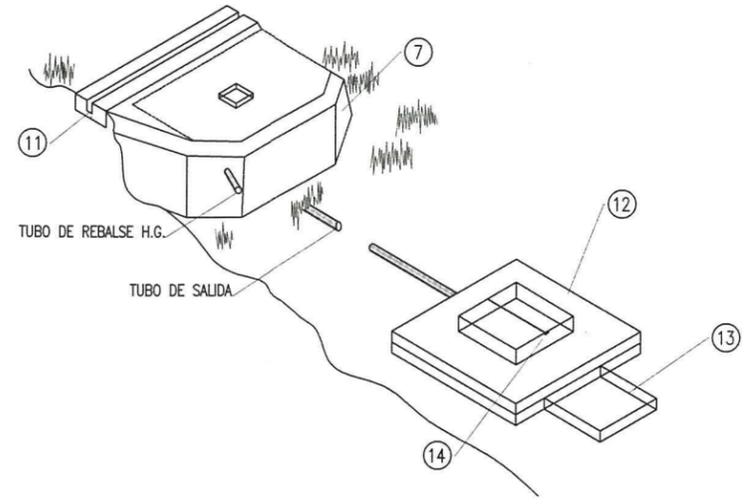
16

17



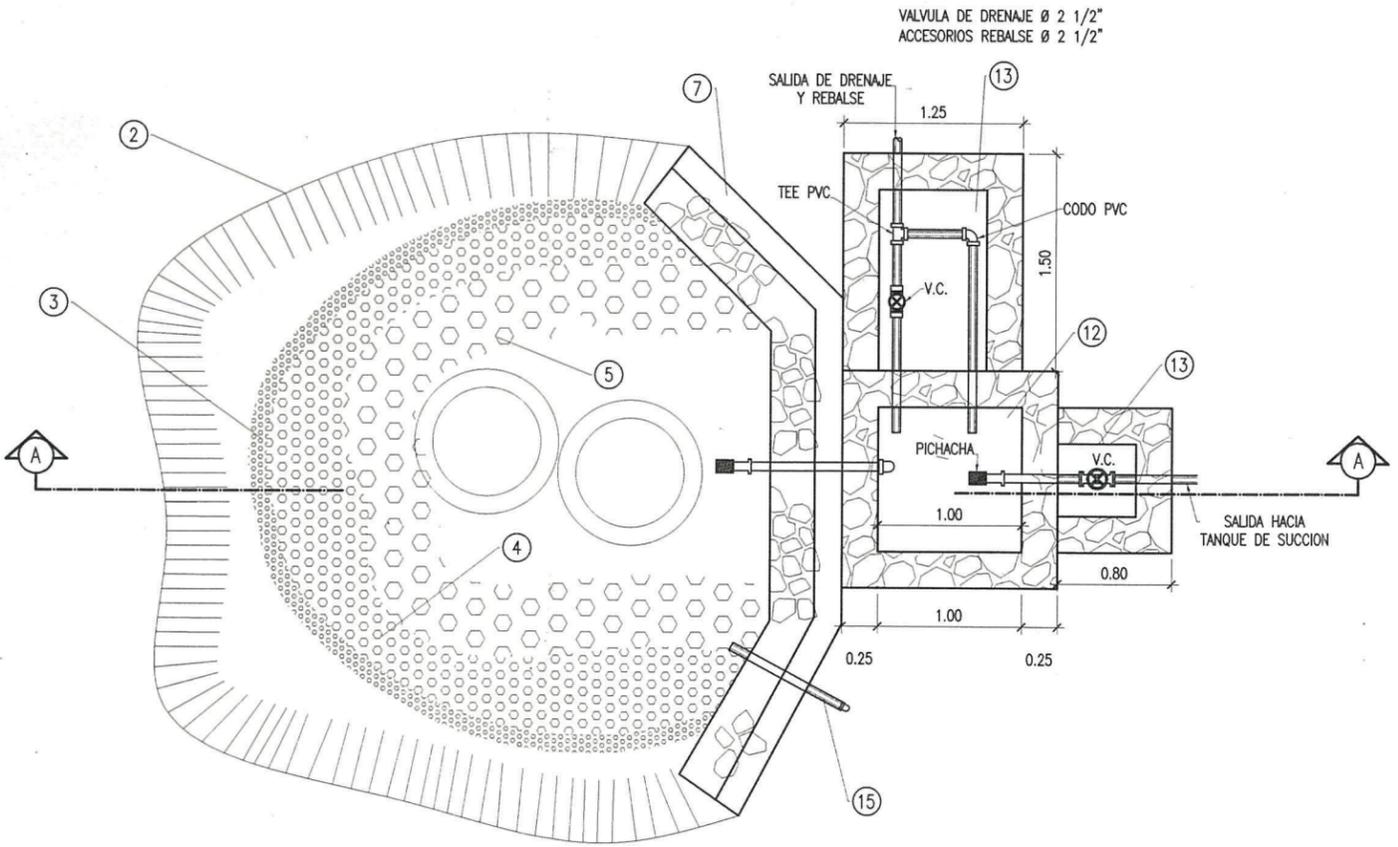
SECCION A-A CAPTACION BROTE DEFINIDO

ESCALA: 1/50



ISOMETRICO CAPTACION DE BORTE DEFINIDO

ESCALA: SIN ESCALA



PLANTA DE CAPTACION BROTE DEFINIDO

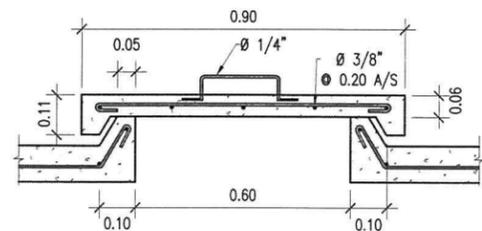
ESCALA: 1/50

SIMBOLOGIA

- | | |
|--|--|
| 1 Terreno natural | 9 Tapadera para inspección |
| 2 Acuífero | 10 Sello sanitario de concreto con espesor de 8 cm |
| 3 Grava de Ø de 1/2" | 11 Contracuneta revestida |
| 4 Grava de Ø de 3" | 12 Caja de captación |
| 5 Piedra bola de Ø 6" a 10" | 13 Caja de válvula de compuerta de mampostería de piedra |
| 6 Manto de roca | 14 Candado de interperie |
| 7 Muro de contención de concreto ciclopeo. | 15 Rebalse |
| 8 Viga 0.20 m x 0.20 m, 4 hierros de Ø 3/8" con estribos de Ø 1/4" Ø 0.20 m. | |

ESPECIFICACIONES

- CONCRETO F'C 210 Kg/cm² A LOS 28 DIAS.
- ACERO DE REFUERZO FY 2810 Kg/cm² ESPECIFICACIÓN ASTM A 615.
- LOS MUROS SERAN DE CONCRETO CICLOPEO: 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO.
- LOS MUROS DE CONCRETO CICLOPEO DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA PROPORCION (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.
- LA LOSA DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE CAJAS DE VALVULAS VER DETALLE TIPICO SEGUN DIAMETRO.



TAPADERA CAPTACION

ESCALA: 1/20

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE PATZÚN, CHIMALTENANGO	
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO.	DISEÑO: CARLOS SERRANO	DIBUJO: CARLOS SERRANO
CONTENIDO: CAPTACION	Vo.Bo.	ESCALA: INDICADA
ING. JUAN ROY ASESOR	FECHA: OCTUBRE, 2019	17 17

ANEXOS

Anexo 1. Resultado análisis bacteriológico



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



No. **10211**

EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 37 693 INF. No. A - 363710

INTERESADO CARLOS ALBERTO SERRANO CASTELLANOS. Registro académico 2012.13073	PROYECTO: EPS "PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZUN, CHIMALTENANGO"
MUESTRA RECOLECTADA POR Interesado	DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERIA, USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: Alden El Sitio	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2017-09-04, 10 h52 min.
FUENTE: Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: 2017-09-05, 09 h25 min.
MUNICIPIO: Patzún	CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeración
DEPARTAMENTO: Chimaltenango	

SABOR: -----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: No hay
ASPECTO: Clara	CLORO RESIDUAL: --
OLOR: Inodora	

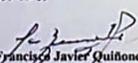
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENOS)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	- + - - -	+	+
01,00 cm ³	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
00,10 cm ³	- - - - -	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm³		10,0	10,0

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

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN II Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección). Según Normas de Calidad para Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable, de la Organización Mundial de la Salud. (O.M.S.).

Guatemala, 2017-09-19

Vo.Bo. 
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC




Zenon Much Santos
 Ing. Químico Col. No. 420
 MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Ext. 86229 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Resultado análisis fisicoquímico sanitario



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



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

O.T. No. 37 693

INF No. 27 151
No. 10210

INTERESADO: CARLOS ALBERTO SERRANO CASTELLANOS, Registro Académico 2012 13073	PROYECTO: EPS: "PROPUESTAS DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS PATZÚN, CHIMALTENANGO"
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldoa El Sitio</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-09-04, 10 h 52 min</u>
FUENTE: <u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2017-09-05, 09 h 25 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Patzún</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Chimaltenango</u>	

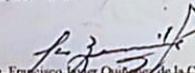
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Claro</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>--</u>	
2. COLOR: <u>04,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>274,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>00,22 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,69 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>129,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
	mg/L		mg/L
1. CALCIO (Ca)	20,04	6. CLORUROS (Cl)	27,50
2. NITRITOS (NO ₂)	0,025	7. MAGNESIO (Mg)	09,24
3. NITRATOS (NO ₃)	112,80	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	10,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,04
5. MANGANESO (Mn)	00,016	10. DUREZA TOTAL	88,00
HIDROXIDOS mg/L		ALCALINIDAD TOTAL mg/L	
00,00		50,00	

OTRAS DETERMINACIONES Amoníaco 0,08 mg/L

OBSERVACIONES: Desde los puntos de vista de las calidades físicas, el agua cumple con la norma. Desde el punto de vista de la calidad química, Compuestos peligrosos para la Salud, NITRATOS sobrepasan el límite mínimo de contaminación. Según Normas de Calidad para las Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR, NGO 4 010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2017-09-19

Vo.Bo. 
 Ing. Emiguel J. Quiroz de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC



Zedon Much Santos
 Ing. Químico Col. No. 430
 MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. **Evaluación ambiental Inicial del proyecto propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Las Camelias, Patzún, Chimaltenango**



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):	
PROPUESTA DE MEJORAS AL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA LAS CAMELIAS, PATZÚN, CHIMALTENANGO.	
1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.	
El proyecto consiste en la construcción de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable, las cuales comprenden la construcción de obra de captación, tanque de succión, caseta de bombeo, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución.	
I.2. Información legal:	
A) Persona Individual: Municipalidad de Patzún	
A.1. Representante Legal: Reyes Patal Yos	
B) De la empresa:	
Razón social: ___N/A___	
Nombre Comercial: Municipalidad de Patzún	
No. De Escritura Constitutiva: ___No Aplica___	
Fecha de constitución: ___N/A___	
Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____	
Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____	
C) De la Propiedad:	
No. De Finca _____ Folio No. ___N/A___ Libro No. _____	
de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
D) De la Empresa y/o persona individual:	
Número de Identificación Tributaria (NIT): ___645220-5___	

Continuación del anexo 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono 78290000		Correo electrónico: dmppatzun@gmail.com
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)		
Aldea Las Camelias del Municipio de Patzún, Departamento de Chimaltenango		
Especificar Coordenadas Geográficas		
<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>		
14°38'35.23" N		
90°58'35.01" O		
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)		
3ª. Calle 5-24 zona 01, Municipio de Patzún, Departamento de Chimaltenango		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo		
MSc. Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar 1. Replanteo topográfico 2. Trazo y estaqueo 3. Zanjeo 4. Retiro de Material 5. Colocación de tubería 6. Compactación 7. Construcción de tanques 8. Construcción de caseta • Insumos necesarios 1. Palas, Piochas, Azadones 2. Equipo topográfico 3. Apisonador 4. Materiales de Construcción 5. Combustibles • Maquinaria 1. Pick Up 2. Camion 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos 1. Accionamiento de equipo de bombeo 2. Mantenimiento de tuberías 3. Mantenimiento de tanques de almacenamiento, succión y captación. 4. Mantenimiento del sistema de cloración. • Materia prima e insumos 1. Carretillas 2. Pastillas de tricloro 3. Palas, piochas y azadanos 4. Pegamento de tubería • Productos y Subproductos (bienes y servicios) 1. Agua potable • Horario de Trabajo Lunes a domingo de 5:00 am a 7:00 pm 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre 1. Debe apagarse el equipo eléctrico bajando los flujos en la caja de controles de la caseta de bombeo. El tanque deberá permanecer vacío y con llave en su compuerta de ingreso. Debe desconectarse la línea trifásica de energía. Toda la comunidad deberá de ser informada con suficiente tiempo de antelación para tomar las acciones pertinentes. Debe realizar un cuadro de caja para determinar los saldos existentes y depositarlos a las autoridades pertinentes. Se debe informar de inmediato a las autoridades municipales antes de realizar este procedimiento.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del anexo 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<ul style="list-style-type: none"> Otros de relevancia Equipo de protección para personal de la construcción, señalización de áreas de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Otros de relevancia 1. Ninguno
---	--

II.3 Área
a) Área total de terreno en metros cuadrados: 3274.87 m²
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 3274.87 m²
Área total de construcción en metros cuadrados: 3274.87 m²



INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE <u>Terrenos Cultivables</u>	SUR <u>Terrenos Cultivables</u>	
ESTE <u>Viviendas</u>	OESTE <u>Viviendas</u>	
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Terrenos cultivables	Norte	Inmediata
Terrenos cultivables	Sur	Inmediata
Vivienda	Este	Inmediata
Vivienda	Oeste	Inmediata
II.5 Dirección del viento:		
Esta al Oeste		
II.6 ¿En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?		
a) inundación ()	b) explosión ()	c) deslizamientos ()
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio () e) Otro ()
Detalle la información El área de la actividad no se encuentra expuesta a ningún tipo de riesgo de los mencionados anteriormente.		
II.7 Datos laborales		
a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____		
b) Número de empleados por jornada <u>15-20</u> Total empleados <u>20</u>		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del anexo 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...

El uso del agua se limitará únicamente para preparar el concreto del tanque de distribución, caseta, tanque de succión y cajas para válvulas.

No se utilizará combustibles, ni lubricantes. Todo el material será transportado al inicio del proyecto por parte de las ferreterías o distribuidoras y de allí al punto de construcción por medio de transporte que provea la comunidad.

INSTRUCCIONES					PARA USO INTERNO DEL MARN		
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	Si	3 pipas	Comunidad	Diferentes fases del proyecto	Utilizar el agua moderadamente	Toneles
	Pozo	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Agua especial	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Superficial	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Combustible	Otro	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Casolina	Si	20 gal/día	Municipalidad	Supervisión de obra	Ninguno	Tanque de vehiculo
	Diesel	Si	75 gal/día	Empresa encargada de la obra	Para vehiculos de transporte de materiales	Para transporte de materiales	Tanque de vehiculos
	Bunker	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Glp	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	Otro	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Lubricantes	Solubles		Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
	No solubles	No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Refrigerantes		No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Otros		No	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Continuación del anexo 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> <p>III. IMPACTO AL AIRE</p> <p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p style="text-align: center;">Se producirá polvo debido a la excavación para la colocación de tubería, tanques y caseta. Humo se producirá debido a los vehículos que transporten el material.</p> <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p style="text-align: center;">Agilizar los trabajos y humedecer el área de excavación.</p>
--

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?	No.
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	N/A
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?	N/A
OLORES	
III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:	N/A
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?	N/A
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?	
<p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p>	
Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado_	

Continuación del anexo 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

No aplica debido a que no se generan aguas residuales

IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios N/A

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
<ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Se dispondrá de una empresa encargada del manejo de desechos, dado que no existe un sistema de tratamiento de aguas residuales en el lugar. 	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior	
N/A	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
La aldea no cuenta con un alcantarillado para la captación de agua de lluvia.	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:	
<input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día <input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día <input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día <input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día	
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):	
Plásticos, papel, orgánicos,	
V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?	
No aplica	
V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado	
No aplica	
V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado	
Pick Up y Carrón.	
V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?	
Servicio recolector de basura municipal	

Continuación del anexo 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)
Basurero Municipal

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kWhr o kW/mes) __N/A__	
VI.2 Forma de suministro de energía a) Sistema público <u>Cuando sea necesario.</u> b) Sistema privado c) generación propia	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO _____ <input checked="" type="checkbox"/>	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? N/A	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen: - Bosques - Animales - Otros _____	
Especificar información	Bosque y terrenos cultivables.
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (x) Por qué? Porque la tubería no requiere la tala de árboles y no afectar los cultivos del área.	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: a) Número de vehículos 4 b) Tipo de vehículo <u>Pick Up, Camiones</u> c) sitio para estacionamiento y área que ocupa __A orilla del camino evitando afectar el paso por el lugar. d) Horario de circulación vehicular <u>Circulación en todo momento</u> e) Vías alternas <u>San Lorenzo</u>	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? <u>Kaqchikel</u>	

Continuación del anexo 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico.	
b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico.	
c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico.	
Ampliar información de la respuesta seleccionada	
ASPECTOS SOCIAL	
IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)	
IX.4 Qué tipo de molestias? No aplica	
IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? Respetar los horarios de trabajo y no extenderse para evitar molestias.	
PAISAJE	
IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?	
No se verá afectado el paisaje, debido a que la tubería será subterránea.	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio	
b) <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores	
c) <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:	
No aplica.	
X.3 riesgos ocupacionales:	
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores	
<input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores	
Ampliar información:	
Ninguna de las actividades representa riesgo para los trabajadores, ya que las actividades serán realizadas con estricta supervisión	
Equipo de protección personal	
X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()	
X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:	
Casco protector, botas punta de acero y chalecos reflectivos	
X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?	
Mantener comunicada a la población sobre los horarios de trabajo y señalización de la obra.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Fuente: MARN