



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA
VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA**

Ricardo Leonel Marroquín Paíz

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, septiembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO
JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA
VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RICARDO LEONEL MARROQUÍN PAÍZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de abril de 2017.

Ricardo Leonel Marroquín Paíz



Guatemala, 24 de agosto de 2017
Ref.EPS.DOC.587.08.17

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ricardo Leonel Marroquín Paíz, Registro Académico 201403839 y CUI 3477 22679 0101**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA.**

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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Asesor-Supervisor de EPS

Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 28 de agosto de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ricardo Leonel Marroquín Paíz, con CUI 3477226790101 Registro Académico No. 201403839, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

... ID Y ENSEÑADA A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 HIDRÁULICA
 USAC

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

/mrrm.





Guatemala, 30 de agosto de 2017
REF.EPS.D.280.08.17

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYTAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ricardo Leonel Marroquín Paíz, Registro Académico 201403839 y CUI 3477 22679 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS



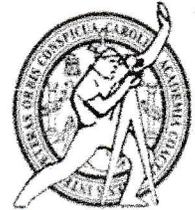
CCdP/ra



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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Ricardo Leonel Marroquín Paíz titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, septiembre
/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 428.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO, JUTIAPA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Ricardo Leonel Marroquín Paíz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Alba Dolores Paiz Recinos y Hugo Leonel
Marroquín Hernández.

Mis hermanos

Hugo Roberto y Carlos Adolfo.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por todo; por darme el amor, apoyo, consejos y recursos necesarios para realizar cualquier actividad de superación propia.
Mis hermanos	Por su enseñanza y apoyo indirecto a lo largo de mi vida, a través de competitividad, crítica, exigencias y discusiones.
Pedro Antonio Chávez Roca	Por su amistad, apoyo, crítica y búsqueda hacia una mejor preparación académica a lo largo de nuestro pregrado. Por enseñarme tanto, haberme hecho una mejor persona, haber compartido tantas experiencias conmigo y ayudarme a obtener este logro de la manera en que lo hice.
Mario Ricardo Mont Ordóñez	Por su amistad, apoyo y compañía en tantas experiencias a nivel personal y académico a lo largo de nuestro pregrado.
Ing. Leonel Estuardo Sánchez Santos	Por su ayuda y asesoría en mi proceso de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Jutiapa, Jutiapa.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Población actual	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Vías de acceso	3
1.1.5. Servicios públicos	4
1.1.6. Origen de la comunidad.....	5
1.1.7. Actividad económica.....	6
1.1.8. Etnia, religión y costumbres.....	7
1.1.9. Alfabetismo	7
1.1.10. Organización comunitaria	7
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas.....	9
2.1.1. Descripción del proyecto	9
2.1.2. Levantamiento topográfico	9

	2.1.2.1.	Planimetría	10
	2.1.2.2.	Altimetría	11
2.1.3.		Fuente de agua	11
2.1.4.		Aforo de fuente.....	11
2.1.5.		Calidad del agua	12
	2.1.5.1.	Análisis físico-químico sanitario	13
	2.1.5.2.	Análisis bacteriológico.....	14
2.1.6.		Parámetros de diseño	14
	2.1.6.1.	Población actual.....	15
	2.1.6.2.	Período de diseño	15
	2.1.6.3.	Estimación de población futura	16
	2.1.6.4.	Dotación	17
	2.1.6.5.	Factor de día máximo.....	17
	2.1.6.6.	Factor de hora máxima	18
2.1.7.		Diseño del sistema	18
	2.1.7.1.	Caudal medio diario	18
	2.1.7.2.	Caudal máximo diario.....	19
	2.1.7.3.	Caudal máximo horario	19
	2.1.7.4.	Presión estática y dinámica.....	20
		2.1.7.4.1. Presión de trabajo	20
	2.1.7.5.	Línea de conducción	21
		2.1.7.5.1. Cálculo hidráulico.....	22
		2.1.7.5.2. Velocidad mínima y máxima.....	23
	2.1.7.6.	Ejemplo de cálculo (línea de conducción).....	24
	2.1.7.7.	Tanque de abastecimiento	28
	2.1.7.8.	Diseño del tanque de abastecimiento ..	28

	2.1.7.8.1.	Losa de concreto reforzado	30
	2.1.7.8.2.	Muros de concreto ciclópeo	36
	2.1.7.9.	Red de distribución	45
	2.1.7.9.1.	Cálculo hidráulico	46
	2.1.7.9.2.	Presión de servicio	47
	2.1.7.9.3.	Velocidad mínima y máxima.....	48
	2.1.7.9.4.	Caudal a distribuir.....	49
	2.1.7.9.5.	Caudal unitario	50
	2.1.7.10.	Ejemplo de cálculo (red de distribución)	51
2.1.8.		Obras de arte.....	54
2.1.9.		Válvulas	54
	2.1.9.1.	Válvula de compuerta	55
	2.1.9.2.	Válvula de limpieza.....	55
	2.1.9.3.	Válvula de aire	55
2.1.10.		Conexión domiciliar	56
2.1.11.		Propuesta de desinfección.....	56
2.1.12.		Operación y mantenimiento del sistema	58
2.1.13.		Propuesta de tarifa	59
	2.1.13.1.	Gastos de operación.....	59
	2.1.13.2.	Gastos de mantenimiento.....	59
	2.1.13.3.	Gastos de desinfección	60
	2.1.13.4.	Gastos de administración	60
2.1.14.		Presupuesto del proyecto	62
	2.1.14.1.	Costos directos.....	62
	2.1.14.1.1.	Materiales.....	62

	2.1.14.1.2.	Mano de obra	62
	2.1.14.1.3.	Herramienta y equipo	63
	2.1.14.1.4.	Transporte y maquinaria	63
	2.1.14.2.	Costos indirectos.....	63
2.1.15.		Cronograma de ejecución	65
2.1.16.		Impacto ambiental	66
2.2.		Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo	69
2.2.1.		Descripción del proyecto	69
2.2.2.		Levantamiento topográfico	69
	2.2.2.1.	Planimetría	70
	2.2.2.2.	Altimetría	70
2.2.3.		Componentes del sistema	71
	2.2.3.1.	Colector	71
	2.2.3.2.	Pozos de visita	71
	2.2.3.3.	Conexiones domiciliars.....	72
		2.2.3.3.1. Candela.....	72
		2.2.3.3.2. Acometida domiciliar	73
2.2.4.		Parámetros de diseño	73
	2.2.4.1.	Población actual	74
	2.2.4.2.	Período de diseño	74
	2.2.4.3.	Estimación de población futura	75
	2.2.4.4.	Dotación	76
	2.2.4.5.	Factor de retorno.....	76
2.2.5.		Determinación del caudal de diseño	76
	2.2.5.1.	Caudal domiciliar	76
	2.2.5.2.	Caudal comercial.....	77
	2.2.5.3.	Caudal de infiltración.....	77

2.2.5.4.	Caudal de conexiones ilícitas	78
2.2.5.5.	Caudal industrial	79
2.2.5.6.	Caudal sanitario	79
2.2.5.7.	Factor de caudal medio	79
2.2.5.8.	Factor de flujo instantáneo (Harmond).....	80
2.2.5.9.	Caudal de diseño	81
2.2.6.	Diseño hidráulico	81
2.2.6.1.	Velocidad a sección llena	81
2.2.6.2.	Caudal a sección llena.....	82
2.2.6.3.	Relaciones hidráulicas.....	82
2.2.6.4.	Velocidad del caudal de diseño	83
2.2.7.	Cotas invert.....	83
2.2.8.	Ancho de zanja	85
2.2.9.	Volumen de excavación.....	86
2.2.10.	Ejemplo de cálculo.....	86
2.2.11.	Paso aéreo (cálculo de anclaje).....	92
2.2.12.	Tratamiento de aguas residuales.....	104
2.2.13.	Presupuesto del proyecto	105
2.2.13.1.	Costos directos	105
2.2.13.1.1.	Materiales	105
2.2.13.1.2.	Mano de obra	105
2.2.13.1.3.	Herramienta y equipo .	106
2.2.13.1.4.	Transporte y maquinaria.....	106
2.2.13.2.	Costos indirectos	106
2.2.14.	Cronograma de ejecución.....	108
2.2.15.	Impacto ambiental	109

CONCLUSIONES..... 113
RECOMENDACIONES 115
BIBLIOGRAFÍA..... 117
APÉNDICES..... 119
ANEXOS..... 173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del municipio de Jutiapa, Jutiapa.....	1
2.	Diagrama de momentos en losa	33
3.	Dimensiones del muro de concreto ciclópeo.....	37
4.	Área tributaria en análisis.....	38
5.	Esquema de anclaje.....	93
6.	Diagrama de cuerpo libre	94
7.	Diagrama de cuerpo libre	96
8.	Sección transversal del perfil	97

TABLAS

I.	Datos de diseño para línea de conducción	24
II.	Área de acero (As)	35
III.	Datos de diseño para ramal 1 (ramal abierto)	51
IV.	Programa de operación y mantenimiento.....	58
V.	Presupuesto del proyecto.....	64
VI.	Cronograma de ejecución físico-financiero	65
VII.	Ancho mínimo de zanja para tubería PVC ASTM F-949.....	85
VIII.	Datos de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario.....	86
IX.	Presupuesto del proyecto.....	107
X.	Cronograma de ejecución físico-financiero	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
As	Área de acero
Asmín	Área de acero mínima
At	Área tributaria
W	Carga distribuida
CM	Carga muerta
Cp	Carga puntual
CU	Carga última
CV	Carga viva
K	Coeficiente de presión de suelo
τ	Esfuerzo cortante
σ	Esfuerzo normal
S	Espaciamiento
t	Espesor
e	Excentricidad
fqm	Factor de caudal medio
Fs	Factor de seguridad
HG	Hierro galvanizado
a	Lado corto de losa
b	Lado largo de losa
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
M	Momento
Mo	Momento de análisis

M(a)-	Momento negativo lado corto
M(b)-	Momento negativo lado largo
Ma	Momento por presión activa
Ms	Momento por suelo
M(a)+	Momento positivo lado corto
M(b)+	Momento positivo lado largo
Mr	Momento resultante
d	Peralte efectivo de losa
hf	Pérdida de carga
X	Perno con rosca excluida
N	Perno con rosca incluida
Pfig	Peso por figura
PP	Peso propio
PVC	Policloruro de vinilo
q	Presión
Pa	Presión activa
q_{máx}	Presión máxima
q_{mín}	Presión mínima
Ps	Presión por suelo
Pr	Presión resultante
Rx	Reacción resultante en X
Ry	Reacción resultante en Y
m	Relación de lado corto y largo
d/D	Relación de tirantes
f'c	Resistencia especificada a la compresión del concreto
fy	Resistencia especificada a la fluencia del acero
Fv	Resistencia nominal a corte
FD	Verificación por deslizamiento
FV	Verificación por volteo

GLOSARIO

Aforo	Medición del caudal de una fuente o corriente.
Altimetría	Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura respecto a un nivel de referencia.
Altitud	Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar.
Análisis estructural	Proceso que determina la respuesta de elementos estructurales ante las acciones de fuerzas externas que se presentan en los mismos.
Anclaje	Elemento que asegura la fijación de una obra o de una parte de la construcción que está sometida a fuerzas externas.
Calidad	Conjunto de propiedades que caracterizan y valoran a un material o servicio con respecto a las restantes de su tipo y con respecto a estándares nacionales o internacionales.
Carga muerta	Carga permanente, debido al peso propio de la estructura y elementos permanentes en esta.

Carga viva	Carga no permanente, varía en el tiempo. Definida por el tipo de uso u ocupación de la edificación.
Caudal	Cantidad de agua por unidad de tiempo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Concreto	Material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla en proporciones determinadas de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
Concreto ciclópeo	Material obtenido de una mezcla entre concreto y piedra bola o piedra de una granulometría relativamente grande (mayor a 4" o 10 cm).
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala.
Espaciamiento	Distancia o intervalo entre elementos estructurales.
Estimación	Valor que se asigna como resultado de un estudio o análisis.
Fricción	Rozamiento entre dos cuerpos en contacto, presentando oposición al desplazamiento.
Losa	Estructura plana de concreto reforzado que separa un nivel de la edificación de otro o que puede servir de cubierta.

Momento	Capacidad producida por una fuerza en algún punto que tiende a realizar un movimiento de rotación en torno al punto de referencia.
Pendiente	Es la inclinación de un cuerpo con respecto a una línea de referencia, generalmente medida en grados.
Planimetría	Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que consisten en proyectar sobre un plano horizontal los puntos a analizar.
Presión	Magnitud física que mide la proyección de la fuerza del fluido por unidad de superficie.
Sedimento	Material fragmentado transportado por el agua desde el lugar de origen, puede estar suspendido o depositado en la conducción de la misma.
Tramo	Longitud comprendida entre dos puntos de análisis de tubería.
Válvula	Dispositivo mecánico con el cual se puede dar inicio, detener, graduar o dividir el flujo.
Voladizo	Estructura que se prolonga horizontal o inclinadamente más allá del elemento que lo soporta.

RESUMEN

El presente informe está desarrollado para solucionar la falta de abastecimiento de agua potable en el caserío Joyitas y la de alcantarillado sanitario en la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo. Consiste en la elaboración de los diseños de los sistemas mencionados.

La fase inicial es una investigación monográfica del municipio de Jutiapa, así como del caserío Joyitas, colonia Linda Vista y aldea Cerro Gordo. Se hace énfasis en las necesidades de agua potable y alcantarillado sanitario, respectivamente.

Para cada uno de los diseños se realizó una visita de campo, levantamiento topográfico, determinación de parámetros de diseño considerando normas competentes, cálculo hidráulico, análisis de laboratorio (agua potable), presupuesto y cronograma de ejecución físico-financiero. Los diseños fueron desarrollados tomando en cuenta aspectos económicos y técnicos conforme a criterio propio, normas, guías de diseño y asesoría profesional.

Finalmente, se incluyen las conclusiones y recomendaciones para que los diseños funcionen y tengan mantenimiento adecuado en el proceso constructivo y en el período de operación. También se incluye, en la sección de apéndices, para cada uno de los diseños, un juego de planos, memoria de cálculo, resultados de laboratorio y demás.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas y el sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo de Jutiapa, Jutiapa.

Específicos

1. Brindar una solución profesional a los problemas diagnosticados mediante el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario.
2. Determinar y seleccionar los parámetros, códigos y normas adecuadas para elaborar los diseños tomando en cuenta las características del lugar y su población.
3. Brindar un juego de planos, presupuesto y cronograma de ejecución físico-financiero para facilitar el proceso constructivo de cada uno de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de Jutiapa existen muchas comunidades que aún no cuentan con los servicios de saneamiento básico, como el caserío Joyitas, la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo.

El programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) busca satisfacer las necesidades de las comunidades en aspectos de infraestructura y saneamiento básico, brindando soluciones a través de diseños profesionales. Es por ello que se decidió realizar los diseños de un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas y un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo.

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable consta de una línea de conducción, un tanque de abastecimiento y red de distribución compuesta por ramales abiertos. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario consta de un colector compuesto por 3 diámetros diferentes, 45 pozos de visita, varios ramales y un desfogue hacia una futura planta de tratamiento de aguas residuales. Ambos proyectos fueron diseñados contemplando guías de diseño del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Con el fin de facilitar el proceso constructivo en los proyectos se elaboró un presupuesto, cronograma de ejecución físico-financiero y un juego de planos considerando especificaciones técnicas y normas que benefician a las comunidades mencionadas y a su población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

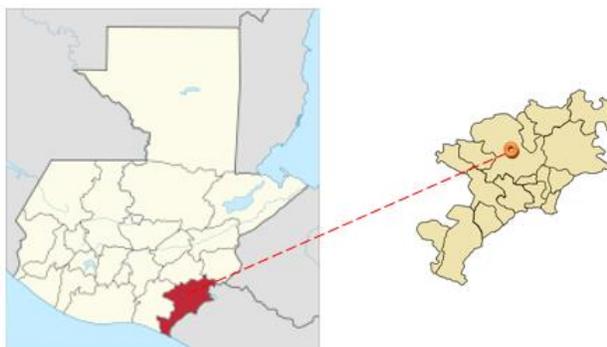
1.1. Monografía del municipio de Jutiapa, Jutiapa

A continuación se presenta los aspectos monográficos del municipio de Jutiapa, Jutiapa, así como del caserío Joyitas, colonia Linda Vista y aldea Cerro Gordo; los aspectos monográficos harán énfasis en la necesidad de los diseños de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, respectivamente.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Jutiapa es parte del departamento de Jutiapa. Este se encuentra a 118 km de la ciudad de Guatemala. Limita al norte con los departamentos de Jalapa y Chiquimula; al sur, con Santa Rosa y el Océano Pacífico; y al este con la República de El Salvador. Sus coordenadas geográficas son: latitud $14^{\circ} 16' 58''$ E y longitud $89^{\circ} 53' 33''$ W.

Figura 1. Localización del municipio de Jutiapa, Jutiapa



Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Jutiapa.

- Caserío Joyitas

El caserío Joyitas es parte de la aldea Apantes, del cantón Valencia. Sus coordenadas geográficas son: latitud 14° 23' 12" N y longitud 89° 52' 39" W. Colinda con el caserío Piletas al norte, con Salto del Arenal al sur, con el caserío Joya Grande al oeste y con El Rosario hacia el este.

- Colonia Linda Vista y aldea Cerro Gordo

La colonia Linda Vista es parte del casco urbano del municipio de Jutiapa, anexa a la aldea Cerro Gordo. Las coordenadas de la aldea Cerro Gordo son: latitud 14° 17' 20" E y longitud 89° 54' 29" W. Colinda con la aldea El Salitre al sur, al oeste con el caserío Cielito Lindo, al norte con Cerro Colorado y al este con el casco urbano, pasando a un costado de la colonia Linda Vista.

1.1.2. Población actual

Según el censo del Instituto Nacional de Estadística (INE) del 2002, en el municipio de Jutiapa existía una población total de 109 910 habitantes. Con datos del INE se ha proyectado una tasa de crecimiento poblacional aproximada de 3,0% por lo que en la actualidad (2017), se estima que la población es de 171 237 habitantes.

La aldea Cerro Gordo posee 3 827 habitantes, según la base de datos de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad, con base en datos del INE. La estimación de la población actual para el caserío Joyitas y la colonia Linda Vista se detalla posteriormente. Estas fueron proyectadas utilizando la misma tasa de crecimiento poblacional.

1.1.3. Clima

El clima en el municipio de Jutiapa es de cálido a templado. De manera técnica, según la estación climatológica más cercana conforme a datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), para el último año reportado se tiene los siguientes datos:

- Altitud 906 msnm
- Temperatura media: 23,5 grados centígrados
- La temperatura media promedio anual es de 29,5 grados centígrados
- La temperatura mínima promedio anual es de 16,2 grados centígrados
- La temperatura máxima absoluta promedio anual es de 34,5 grados centígrados
- La temperatura mínima absoluta promedio anual es de 8,6 grados centígrados
- Días de lluvia promedio anual: 105 días
- Humedad relativa media: 75%
- Velocidad del viento promedio: 3,9 km/h
- Precipitación promedio anual: 1 250 mm
- Nubosidad promedio anual: 3 octas

1.1.4. Vías de acceso

Entre sus principales vías de comunicación se encuentra la carretera Interamericana CA – 1 que por el oeste proviene de Santa Rosa, específicamente por Cuilapa. Aproximadamente 7 km al noroeste enlaza con la ruta nacional 2 o CA – 2, la cual conduce a la cabecera municipal de El Progreso (Jutiapa). Tomando esto como referencia, por la CA – 2, 20 km al este se conduce hacia Asunción Mita y posteriormente hacia el sur, a San Cristóbal Frontera.

Por la ruta nacional 23, por parte de Jutiapa, a 21 km hacia el sureste se dirige al municipio de Jerez, anexo a la frontera con El Salvador.

Respecto al caserío Joyitas, está ubicado en la parte montañosa de Jutiapa. Se puede acceder a él a través del municipio de El Progreso o por la aldea Apantes, la cual tiene su ingreso ubicado al este del casco urbano, aproximadamente a 13 km. La aldea Cerro Gordo se ubica al oeste del casco urbano, también se puede ingresar por la carretera Interamericana CA-1 o por el oeste del casco urbano.

1.1.5. Servicios públicos

En general, el municipio de Jutiapa cubre los servicios de manera parcial con respecto a salud, agua potable, saneamiento básico, infraestructura vial y electricidad.

Con respecto al sector salud, el municipio se abastece del Hospital General Ernestina viuda de Recinos, el cual no está en condiciones para cumplir las responsabilidades que le competen, debido a que su personal es insuficiente para la demanda que la población exige.

En lo pertinente a agua potable, no todas las áreas en el casco urbano cubren con el servicio las 24 horas del día. Muchas reciben el servicio solo ciertos días a la semana; gran parte de las aldeas no tiene acceso a agua potable por medio de tubería. El caserío Joyitas es una comunidad que actualmente no cuenta con este servicio por medio de tubería.

La municipalidad priorizó la necesidad de un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas, debido a solicitudes presentadas.

La infraestructura vial se encuentra en un estado adecuado en el casco urbano; sin embargo, para llegar a los poblados rurales y aldeas, muchas veces solo se cuenta con veredas o rutas de terracería.

Las malas condiciones dificultan el tránsito de vehículos hacia la parte rural del municipio. Por ejemplo, para llegar al caserío Joyitas, la mayor parte de la trayectoria es riesgosa debido al terreno montañoso; si este se encuentra húmedo es imposible la entrada o salida al caserío.

La energía eléctrica es cubierta de una manera aceptable. La empresa eléctrica competente abastece la mayor parte del territorio del municipio. La mayoría de las aldeas cuenta con un sistema básico de energía eléctrica, lo cual reduce la problemática en este tema.

Con respecto a saneamiento, existen comunidades que no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, como la colonia Linda Vista y gran parte de la aldea Cerro Gordo. El tratamiento de aguas residuales es inexistente. El 95 % de las aguas residuales se dirige a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento significativo, por lo que es urgente la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

1.1.6. Origen de la comunidad

La república de Guatemala fue fundada por el gobierno del presidente, capitán general Rafael Carrera, en 1847, para que el hasta entonces Estado de Guatemala pudiera realizar intercambios comerciales libremente con naciones extranjeras. En 1848, la región de Mita fue segregada del departamento de Chiquimula, convertida en departamento y dividida en tres distritos: Jutiapa, Santa Rosa y Jalapa.

Posteriormente, en 1921, Jutiapa fue considerada de villa a ciudad, con fundamento en el Decreto Gubernativo No. 219, publicado el 15 de septiembre de 1878. Así adoptó el nombre de ciudad de Jutiapa y adquirió el rango de cabecera departamental.

Los primeros pobladores de Jutiapa provenían de etnias xincas, descendientes de personas de otros departamentos de Guatemala, pipiles que venían de El Salvador y demás pobladores del norte del país. Actualmente existe una diversidad de etnias en el lugar, siempre predomina la tez blanca en los habitantes.

1.1.7. Actividad económica

El municipio de Jutiapa destaca en la producción agrícola de caña de azúcar, maíz, frijol, tabaco, papa, maicillo y lenteja.

La crianza de ganado vacuno constituye una de las principales ramas de la economía del municipio, de donde obtienen diferentes productos, como los elaborados del cuero y los lácteos. Algunos de sus habitantes se dedican a la elaboración de cerámica tradicional, sombreros, botas, trenzas de palma y cerería.

En el caserío Joyitas, los habitantes se dedican a la agricultura tradicional, principalmente a la siembra de café y maíz. La colonia Linda Vista y aldea Cerro Gordo no tiene una actividad económica definida; generalmente cuenta con comercios como tiendas, algunos hoteles de menor tamaño y autohoteles. Muchos de sus pobladores se dirigen al casco urbano porque tienen un trabajo establecido de distintas denominaciones.

1.1.8. Etnia, religión y costumbres

Entre las religiones predomina el cristianismo. Se encuentran varias iglesias y centros de reunión de régimen católico y protestante. En la parte central de Jutiapa se ubica la mayor parte de edificaciones religiosas.

En general, la población es proveniente de la comunidad xinca. Además, se realizan actividades como ferias de ganadería y otras similares, las cuales tienen fechas o períodos definidos en cada año para su realización.

1.1.9. Alfabetismo

Con base en el censo que realizó el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2002 y mediante las proyecciones realizadas para el año actual, se determinó que el municipio de Jutiapa cuenta con 78 % de alfabetismo y el 22 % de analfabetismo.

En el caserío Joyitas, la comunidad cuenta con una tasa alta de analfabetismo debido a que no tienen una escuela cercana. La mayoría de los habitantes del caserío no acuden a educación primaria. El casco urbano y la aldea Cerro Gordo se encuentran en mejores condiciones respecto a alfabetismo.

1.1.10. Organización comunitaria

En el municipio de Jutiapa, las comunidades (aldeas y caseríos) pertenecen a Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE), definidos por ubicación. Estos poseen carácter jurídico y, por lo tanto, pueden ejercer solicitudes hacia la municipalidad para hacer saber problemáticas acerca de cualquier índole. Este sistema es útil debido a que aporta un orden para los procesos municipales.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por medio de gravedad, para el caserío Joyitas. El sistema se compone de captación de agua, línea de conducción de 1 307 metros lineales, tanque de abastecimiento con capacidad para 36 m³ de agua y red de distribución de 2 215 metros lineales, compuesta por una línea central y ramales abiertos. Se consideró la norma ASTM D-2241 para la tubería, con diámetros de 2", 1 ½", 1 ¼" y 1".

El sistema fue diseñado para abastecer a 848 habitantes futuros. Para el diseño se consideraron aspectos de la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. También se consideraron especificaciones técnicas de los proveedores de tubería y materiales.

2.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es indispensable en cualquier proyecto de ingeniería civil, ya que permite representar gráficamente los puntos físicos de manera conveniente, dependiendo del proyecto de infraestructura a realizar.

En sistemas de abastecimiento de agua potable se establece la ruta por donde se ubicará la tubería a lo largo de la línea de conducción y red de distribución, así como la ubicación del tanque de abastecimiento.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico en el caserío Joyitas fue el siguiente:

- Teodolito digital marca Sokkia modelo DT600
- Estadal
- Cinta métrica
- Plomada
- Estacas de madera
- Pintura de aceite
- Libreta

2.1.2.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que consisten en proyectar sobre un plano horizontal los elementos del terreno a analizar, sin considerar su diferencia de elevación.

Para realizar este procedimiento se realizó un recorrido que definiría una ruta conveniente para la línea de conducción y red de distribución. Se orientó el aparato adecuadamente, se efectuaron radiaciones por azimut y se dio prioridad a la ubicación de las viviendas.

En el caserío Joyitas las viviendas están dispersas y no siguen ningún patrón de ordenamiento, por lo que se definieron ramales abiertos para la red de distribución de agua potable.

2.1.2.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o “cota” de cada punto físico respecto a un nivel de referencia.

Se priorizó determinar la elevación de los puntos a lo largo de la ruta determinada para conducir el agua y distribuirla, considerando la posición de las viviendas. También se determinó la ubicación adecuada del tanque de abastecimiento. Se favoreció el funcionamiento del sistema debido a que es por medio de gravedad.

2.1.3. Fuente de agua

La fuente identificada está ubicada en una zona montañosa, con las coordenadas geográficas latitud 14°23'38" N y longitud 89°52'50" W. Esta fuente consiste en un brote definido y actualmente no es utilizada por los habitantes del lugar debido a la distancia y el terreno que tienen que recorrer para obtener agua. El tipo de fuente y la calidad de agua brindada por esta puede condicionar el nivel del servicio a brindar. La estructura de captación ya está construida.

2.1.4. Aforo de fuente

Es el conjunto de operaciones que sirven para determinar el volumen de agua por unidad de tiempo (caudal) que se obtiene, en este caso, de la fuente que abastecerá el caserío Joyitas. El valor del caudal aforado debe ser mayor que el consumo máximo diario, con la finalidad de cubrir la demanda de la población. Lo ideal es efectuar los aforos en las temporadas críticas de los meses de estiaje (época seca) y de lluvias, para conocer mínimos y máximos.

Existen diferentes tipos de aforo, como: aforo volumétrico, aforo con vertederos, aforo con canales, aforo con flotadores, etc. La precisión de cada uno de los tipos de aforo depende de las condiciones que presente el caudal que se quiera medir.

Para la fuente identificada, se realizó un aforo volumétrico. El método volumétrico consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, para obtener el caudal en l/s. El equipo utilizado fue:

- Recipiente con capacidad para 18,93 litros (5 galones)
- Cronómetro digital

Se realizaron 5 iteraciones para determinar el tiempo promedio en el que el recipiente se llenó, y fue de 11,88 s. El caudal determinado fue 1,59 l/s.

2.1.5. Calidad del agua

El agua que recibirán las viviendas debe ser apta para consumo humano, es decir, potable. El agua potable es sanitariamente segura, no representa riesgo para la salud del consumidor. Por lo tanto, la calidad del agua obtenida de la fuente debe ser evaluada.

En Guatemala, la calidad del agua apta para consumo humano la rige la norma COGUANOR NTG 29001. Esta norma establece los valores de las características que definen el agua potable.

Las características dependen de valores físico-químicos y bacteriológicos. Por lo tanto, se debe realizar los análisis respectivos para determinar si los valores obtenidos están dentro de los límites máximos aceptables o permisibles. Con estos valores se procede a diseñar un sistema de desinfección, si fuese necesario; generalmente, los sistemas convencionales aseguran la potabilidad.

El límite máximo aceptable es el valor de concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, sin que implique un daño a la salud del consumidor. El límite máximo permisible es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.

2.1.5.1. Análisis físico-químico sanitario

Es el análisis que determina los valores de las características relativas a su comportamiento físico y a sustancias contenidas en el agua evaluada. Por lo tanto, permite conocer el aspecto, olor, color, turbiedad, dureza, alcalinidad y pH. Además, determina la concentración de sustancias químicas como magnesio, hierro, flúor, entre otros; el exceso de algunas sustancias químicas puede dañar la salud del consumidor o causar daños a la tubería.

En el proceso de toma de muestras para determinar las características físico-químicas del agua de debe utilizar recipientes limpios de plástico con un volumen mínimo de 3,785 litros (1 galón) y deben ser evaluadas dentro de las 36 horas siguientes.

El análisis físico-químico sanitario de la fuente del caserío Joyitas se adjunta en la sección de anexos.

2.1.5.2. Análisis bacteriológico

Es el análisis que determina los valores de las características relativas a la presencia de bacterias, que miden su calidad. El grupo coliforme total es determinado por este análisis, así como el grupo coliforme fecal y *Escherichia coli*, entre otros.

Los valores obtenidos a partir de este análisis dictan en gran medida el proceso de desinfección que se deba realizar, de ser necesario.

En el proceso de toma de muestras para determinar las características bacteriológicas del agua se debe utilizar recipientes o envases debidamente esterilizados, de boca ancha y con cierre hermético, con un volumen no menor a 100 mililitros. Las muestras deben ser transportadas de manera que la temperatura ambiente no supere los 4 grados Celsius y evaluadas dentro de las 36 horas siguientes.

El análisis bacteriológico de la fuente del caserío Joyitas se adjunta en la sección de anexos.

2.1.6. Parámetros de diseño

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas se realizó contemplando la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. También se utilizaron manuales técnicos de diseño e instalación por parte de empresas en el medio y proveedores. Sin embargo, el criterio propio puede omitir ciertos parámetros o modificar algunos, dependiendo de las condiciones del proyecto.

2.1.6.1. Población actual

La Dirección Municipal de Planificación cuenta con una base de datos poblacionales de las aldeas y caseríos. Sin embargo, no había información actualizada sobre la cantidad de habitantes o viviendas en el caserío Joyitas, por lo que se realizó una estimación para determinar la población actual. El resultado fue de 405 habitantes.

2.1.6.2. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual una obra de infraestructura, en este caso el sistema de abastecimiento de agua potable, prestará un servicio de manera adecuada. Existen diferentes factores que pueden afectar el valor del período de diseño, como:

- Vida útil de los materiales y equipos
- Lo acertado del pronóstico de la población
- Facilidades de ampliación
- Comportamiento del sistema en su etapa inicial
- Costos de conexión, medición y tarifa
- Fuente de agua y caudal
- Gestión económica

La guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable sugiere un valor de 20 años, más 2 años por gestión administrativa.

El período de diseño definido para el sistema de abastecimiento de agua potable es de 25 años, considerando los factores anteriormente mencionados.

2.1.6.3. Estimación de población futura

Existen diferentes métodos para estimar la población futura, tales como el método aritmético, geométrico, parabólico, etc. La precisión de la estimación es de gran importancia en sistemas de abastecimiento de agua potable para comunidades reducidas como el caserío Joyitas, debido a que generalmente estos lugares pueden crecer de una manera más rápida, dependiendo de la distancia hacia el casco urbano y la expansión del mismo.

El método que presenta mayor precisión en la estimación es el método geométrico. Este supone que la población crece a la misma tasa que el último período censal. Considerando que el crecimiento obedece a la siguiente expresión:

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura estimada

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Actualmente, el caserío Joyitas cuenta con 405 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional se obtiene a partir de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Para el municipio de Jutiapa se determinó que tiene un valor de 0,03 (3,00%). Por lo tanto:

$$P_f = 405 * (1 + 0,03)^{25} = 848 \text{ habitantes}$$

2.1.6.4. Dotación

Es la cantidad de agua por día asignada a cada habitante de determinada población. Se expresa en litros/habitante/día. Para estimar la dotación adecuadamente se debe considerar diferentes factores, como clima, nivel de vida, actividad productiva, calidad del agua, educación sanitaria, entre otros.

La dotación estimada y utilizada en el diseño fue de 120 l/hab/día, debido a que la educación sanitaria de los habitantes no es óptima y hay ganado vacuno en algunos predios. Además, el caserío Joyitas ha crecido considerablemente en los últimos años, según pobladores del lugar y autoridades de la municipalidad, por lo que la dotación utilizada es adecuada.

En la municipalidad generalmente se utiliza una dotación entre 100 l/hab/día y 125 l/hab/día para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable.

2.1.6.5. Factor de día máximo

Es el factor que modela el incremento que se presenta en el día de mayor consumo respecto al consumo promedio. Este se define como la relación entre el valor del consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese mismo año. Generalmente, en época seca el consumo de agua por parte de los habitantes incrementa.

El valor del factor oscila entre 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes y 1,2 para mayores a 1 000 habitantes.

En el diseño realizado se utilizó un factor de día máximo de 1,2 debido al tamaño de población y a la dotación estimada, que es relativamente alta.

2.1.6.6. Factor de hora máxima

Es el factor que modela el incremento requerido en las horas de mayor consumo de agua respecto al resto del día. Está directamente relacionado con el tipo de población y actividades de esta. El valor del factor oscila entre 2,0 y 3,0 para poblaciones menores a 1 000 habitantes y de 2,0 para poblaciones futuras mayores a 1 000 habitantes.

En el diseño realizado se utilizó un factor de hora máxima de 3,0 debido al tamaño de la población a abastecer, que es de 848 habitantes futuros.

2.1.7. Diseño del sistema

2.1.7.1. Caudal medio diario

Es el caudal que demanda la población futura considerando la dotación asignada; es el consumo estimado. El caudal medio diario se determina de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{Dot * Pf}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario [l/s]

Dot = dotación [l/hab/día]

Pf = población futura [hab]

Para los 848 habitantes futuros del caserío Joyitas, con una dotación asignada de 120 l/hab/día, se determinó un caudal medio diario de 1,18 l/s.

2.1.7.2. Caudal máximo diario

Es el máximo caudal consumido en un día durante un período de observación de un año. Es utilizado para el diseño de la línea de conducción y depende del factor de día máximo y el caudal medio diario. Se determina de la siguiente manera:

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

Donde:

Q_{md} = caudal máximo diario [l/s]

Q_m = caudal medio diario [l/s]

f_{dm} = factor de día máximo

Utilizando un factor de día máximo de 1,2, con un caudal medio diario de 1,18 l/s se determinó el caudal máximo diario, 1,42 l/s.

2.1.7.3. Caudal máximo horario

Es el máximo caudal producido durante una hora en un período de observación de un año. Es utilizado para diseñar la red de distribución del sistema y depende del factor de hora máxima y el caudal medio diario. Se define como:

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

Donde:

Q_{mh} = caudal máximo horario [l/s]

Q_m = caudal medio diario [l/s]

f_{hm} = factor de hora máxima

Utilizando un factor de hora máxima de 3,0, con un caudal medio diario de 1,18 l/s, se determinó el caudal máximo diario de 3,54 l/s.

2.1.7.4. Presión estática y dinámica

En un fluido, en este caso el agua, que circula por el interior de un conducto (tubería) se manifiestan dos presiones: estática y dinámica. Generalmente se miden en psi.

La estática hace referencia a la presión generada por el fluido en estado de reposo; depende del peso específico y de la altura del nivel del fluido respecto a un nivel de referencia. En la medida que estos factores aumentan, mayor será la presión estática que se ejercerá. La presión dinámica hace referencia a la presión que se origina como consecuencia de la velocidad a la que circula el fluido por la tubería. Esta presión depende de la velocidad y la densidad del fluido.

La tubería es solicitada conforme a la presión de trabajo, término relacionado con los dos anteriores.

2.1.7.4.1. Presión de trabajo

La presión de trabajo de la tubería debe ser seleccionada dependiendo de la mayor diferencia entre cotas en la línea de conducción o ramales, debido a que esto representa la presión estática máxima que se puede tener en el sistema. Esta diferencia puede ser entre la captación y el tanque de abastecimiento o en cualquier otra parte del sistema; es decir, no puede haber una presión estática mayor a la que soporta la presión de trabajo. Si existe una presión mayor, la tubería puede colapsar.

En tuberías de PVC, generalmente se seleccionan presiones de trabajo de 160 psi o 250 psi. Sin embargo, existen presiones de trabajo menores y mayores. Las presiones anteriormente mencionadas equivalen a:

- 160 psi = 112 metros columna de agua (mca)
- 250 psi = 175 metros columna de agua (mca)

Un metro columna de agua es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua de un metro de altura sobre la gravedad terrestre. Es una medida muy útil para dimensionar físicamente el alcance de la presión, especialmente para la red de distribución.

En el diseño realizado se seleccionó tubería PVC con una presión de trabajo de 160 psi (112 mca), debido a que la mayor diferencia de alturas en el sistema es de 89,90 metros.

2.1.7.5. Línea de conducción

Está conformada por la tubería y demás dispositivos encargados de transportar el agua desde el punto de captación hasta el de almacenamiento. La línea de conducción puede ser de régimen libre o forzado. El primero conduce el agua mediante canales o túneles y el forzado la conduce mediante bombeo o por medio de gravedad.

La línea de conducción para el caserío Joyitas es de régimen forzado; funciona por medio de gravedad. La mayor diferencia de cotas se presenta entre la captación y el tanque de abastecimiento, y es de 89,90 metros. Por lo tanto, se seleccionó una tubería con una presión de trabajo de 160 psi, como se mencionó anteriormente.

Para el diseño de la línea de conducción por medio de gravedad es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- La mayor diferencia de altura en cualquier parte del recorrido de la tubería
- Seleccionar la presión de trabajo adecuada para la tubería
- Capacidad económica de la comunidad o ente desarrollador
- La inclusión de obras necesarias en el trayecto de la línea de conducción

El diseño realizado cuenta con 1 307 metros lineales de línea de conducción, compuesta por diámetros de 1 ½" y 1" con una presión de trabajo 160 psi, considerando el cumplimiento de la norma ASTM D-2241.

2.1.7.5.1. Cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico para la línea de conducción se realizó por medio de la ecuación de Hazen-Williams modificada de acuerdo a las dimensionales utilizadas en Guatemala. Esta ecuación establece la pérdida de carga en determinada longitud de tubería de un material, con un diámetro establecido que conduce el caudal asignado para el análisis.

La pérdida de carga tiene que ser menor a la diferencia de elevación entre los puntos (inicial y final) del tramo a analizar considerando la presión de trabajo de la tubería.

En esta etapa de diseño se debe seleccionar el diámetro óptimo en términos técnicos y económicos. La ecuación mencionada es:

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

Donde:

Hf = pérdida de carga [m]

L = longitud de tubería + 5% por inclinación de la misma [m]

Q = caudal de conducción [l/s]

D = diámetro interno de la tubería [in]

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

El coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams depende del material de la tubería y modela la resistencia que este material presenta al flujo. Para tubería PVC tiene un valor de 150.

La diferencia entre la línea piezométrica trazada por la pérdida de carga producida por la conducción y la cota del terreno determina la presión con la que el fluido llegará al punto analizado. Generalmente de la captación hacia el tanque, se trata de llegar con una presión entre 3 a 8 mca.

2.1.7.5.2. Velocidad mínima y máxima

El cálculo de la velocidad se determina por medio de una ecuación sintetizada a unidades convenientes, y determina la velocidad con la que se conduce el caudal analizado por la tubería con diámetro asignado. La ecuación anteriormente mencionada es la siguiente:

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

Donde:

V = velocidad del fluido [m]

Q = caudal conducido [l/s]

D = diámetro de la tubería [in]

Para líneas de conducción de agua potable, de acuerdo a la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano, las velocidades mínima y máxima a las que se debe conducir el agua por la tubería, son:

- Velocidad mínima = 0,4 m/s
- Velocidad máxima = 3,0 m/s

La velocidad mínima asegura que no se vaya a depositar algún sólido durante la conducción que obstruya el conducto. Con respecto a la velocidad máxima, si se sobrepasa el valor de esta, probablemente la tubería, accesorio o dispositivos en la línea de conducción pueden dañarse.

2.1.7.6. Ejemplo de cálculo (línea de conducción)

A continuación, se muestra el diseño de la línea de conducción.

Tabla I. **Datos de diseño para línea de conducción**

Datos generales	
Período de diseño	25 años
Tasa de crecimiento poblacional	3,00%
Dotación	120 l/hab/día
Factor de día máximo	1,2
Elev. inicial del terreno	1 089,90 m
Elev. de entrada; tanque de abast.	1 000,00 m
Longitud horizontal total	1 245,00 m
Coef. Hazel – Williams (PVC)	150
Presión de trabajo; tubería	160 psi

Fuente: elaboración propia

- Población futura

$$P_f = No. hab * (1 + i)^{período de diseño}$$

$$P_f = 405 hab * (1 + 3\%)^{25 años} = 848 hab$$

- Caudal medio diario

$$Q_m = \frac{Dot * Pf}{86\ 400}$$

$$Q_m = \frac{120 l/hab/día * 848 hab}{86\ 400} = 1,18 l/s$$

- Caudal máximo diario

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

$$Q_{md} = 1,18 l/s * 1,2 = 1,42 l/s$$

- Pérdida de carga

Se asumirá un diámetro para determinar la pérdida de carga con el mismo.
El diámetro es de 2" (nominal); 2,193 (interno).

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

$$H_f = \frac{1\ 743,811 * 1\ 245 * 1,05 * 1,42^{1,85}}{2,193^{1,85} * 150^{1,85}} = 8,97 m$$

La cota piezométrica inicial es igual a la elevación inicial debido a que desde ese punto se empezará a conducir el agua. La cota piezométrica final es la cota inicial menos la pérdida de carga. Por lo tanto:

$$C. \text{piezométrica final} = 1\ 089,90\ m - 8,97\ m = 1\ 080,93\ m$$

La cota del tanque de abastecimiento es 1 000,00 m y la cota piezométrica final es 1 080,93 m, por lo que el agua llegará al tanque con una presión de 80 mca. Esta presión es muy elevada por lo que se tendrá que analizar la conducción con un diámetro menor o dos diámetros diferentes para perder más carga en la trayectoria del fluido.

- Pérdida de carga utilizando dos diámetros

Se asumirán los siguientes diámetros con las siguientes longitudes: 1 ½” (nominal); 1,754” (interno) con una longitud de 770 m y 1” (nominal); 1,195” (interno) con una longitud de 475 m completando así los 1 245 m.

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

$$H_f = \frac{1\ 743,811 * 770 * 1,05 * 1,42^{1,85}}{1,754^{4,87} * 150^{1,85}} = 16,47\ m$$

$$H_f = \frac{1\ 743,811 * 475 * 1,05 * 1,42^{1,85}}{1,195^{4,87} * 150^{1,85}} = 65,85\ m$$

$$C. \text{piezométrica final} = 1\ 089,90\ m - (16,47 + 65,85)m = 1\ 007,58\ m$$

La cota del tanque de abastecimiento es 1 000,00 m y la cota piezométrica final es 1 007,58 por lo que el agua al tanque llegará con una presión de 7,58 mca. Esta presión está en el rango anteriormente mencionado y es adecuada.

- Velocidad

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

$$Vel. \varnothing - 1\ 1/2" = \frac{1,974 * 1,42\ l/s}{(1,754\ in)^2} = 0,91\ m/s$$

$$Vel. \varnothing - 1" = \frac{1,974 * 1,42\ l/s}{(1,195\ in)^2} = 1,96\ m/s$$

- Verificación de parámetro

$$Vel. \varnothing - 1\ 1/2" = [0,40, \mathbf{0,91}, 3,00]\ m/s$$

$$Vel. \varnothing - 1" = [0,40, \mathbf{1,96}, 3,00]\ m/s$$

Si la velocidad de cada uno de los diámetros cumple, la tubería de la línea de conducción funcionará adecuadamente. La tubería no será dañada ni tampoco habrá sólidos retenidos en ella.

Es importante considerar aspectos económicos en esta etapa de diseño, debido a que ahí es optimizada la capacidad de realización del proyecto. El beneficio será dado por un costo menor a la población, independiente de quién o qué institución lo financie.

2.1.7.7. Tanque de abastecimiento

El tanque de abastecimiento, almacenamiento o distribución tiene la finalidad de almacenar el agua para compensar posteriormente las variaciones del caudal requerido por la población, acorde a los consumos que se producen a lo largo del día.

Existen diferentes tipos de tanques de abastecimiento, estos pueden ser: enterrados, semienterrados, elevados y típicos. Cada uno de estos debe ser seleccionado acorde a las condiciones que se presenten en el lugar donde el tanque se ubicará.

En el diseño realizado se consideró un tanque de abastecimiento semienterrado debido al terreno establecido para su ubicación y construcción.

2.1.7.8. Diseño del tanque de abastecimiento

Para diseñar el tanque de abastecimiento es ideal contar con un estudio de demanda, en el cual se establecen los consumos en determinado período de tiempo. Si no se cuenta con un estudio de demanda, la guía sugiere tomar un porcentaje del volumen diario que demanda la población futura. Este porcentaje depende del tipo de conducción al tanque; si es por gravedad se debe utilizar de 25% a 40% y si es por bombeo se debe utilizar de 40% a 65%.

Inicialmente no se contó con un estudio de demanda por lo que se utilizó el 35% del volumen que demanda la población futura con la dotación previamente establecida. Por lo tanto:

$$Volumen = \frac{120 \text{ l/hab/día} * 848 \text{ hab} * 35\%}{1\ 000} = 35,62 \text{ m}^3 \cong 36 \text{ m}^3$$

Para determinar las dimensiones del mismo es necesario establecer una relación entre ancho y largo, asumiendo una altura de agua en el tanque. La relación entre ancho y largo puede ser 1,5 o 2; se consideró 2. Se asumió una altura de agua en el tanque, 2 m, acordado en conjunto con la municipalidad.

Conociendo la altura del agua en el tanque y el volumen del mismo, a partir de la relación seleccionada se determina el ancho y largo de la siguiente manera:

$$\text{Ec 1.} \quad 36 \text{ m}^3 (\text{volumen}) = 2 \text{ m (altura)} * \text{ancho} * \text{largo}$$

$$\text{Ec 2.} \quad \text{Largo} = 2 * \text{ancho}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$36 \text{ m}^3 = 2 * \text{ancho} * \text{largo}$$

$$36/2 = 2 * \text{ancho}^2$$

$$\sqrt{18/2} = \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = 3 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$\text{largo} = 2 * \text{ancho}$$

$$\text{largo} = 2 * 3 \text{ m}$$

$$\text{largo} = 6 \text{ m}$$

Las dimensiones que ocupará el agua en el tanque son 3 m de ancho, 6 m de largo y 2 m de altura. La altura del tanque debe estar por encima de la altura del nivel de agua. En el diseño realizado se contemplaron 30 cm adicionales, por lo que la altura del interior del tanque será de 2,30 m.

El tanque semienterrado para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas se compone de una losa de concreto reforzado y de muros de concreto ciclópeo, los cuales se diseñan como se muestra a continuación.

2.1.7.8.1. Losa de concreto reforzado

Una losa de concreto reforzado es un elemento estructural que, en este caso, sirve como cubierta y protección para el agua. Para el diseño de la losa de concreto reforzado se utilizará el método 3 del reglamento ACI 318S – 11. Este método utiliza coeficientes basados en análisis elástico donde el momento de diseño en cada dirección es menor a cierta cantidad del momento máximo elástico.

- Relación de lado corto (a) y largo (b)

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

$$m = \frac{3 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 0,50$$

Si la relación m es menor a 0,5, la losa se considera en una dirección. Si la relación m es mayor o igual a 0,5, la losa se considera en dos direcciones. La losa del tanque de abastecimiento se considera en dos direcciones, por lo que se procede a calcular su espesor.

- Espesor de losa

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{2 * 3 \text{ m} + 2 * 6 \text{ m}}{180} = 0,10 \text{ m}$$

- Integración de cargas

Para la integración de cargas se considerará la franja unitaria de 1 m.

- Carga muerta (CM): se agregará a esta una sobrecarga de 60 kg/m² por acabados y demás.

$$CM = (2 \text{ 400 kg/m}^3 * 0,10 \text{ m} + 60 \text{ kg/m}^2) * 1 \text{ m} = 300 \text{ kg/m}$$

- Carga muerta (CV): azoteas sin acceso horizontal o inclinadas; acorde a AGIES NSE 2, capítulo 3, sección 3.4, “cargas vivas de uso frecuente”.

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} = 100 \text{ kg/m}$$

- Combinación de Carga Última (CU): resistencia mínima requerida; acorde a ACI 318S – 11, apéndice C, sección C.9.2, “resistencia requerida”.

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU = 1,4 (300 \text{ kg/m}) + 1,7 (100 \text{ kg/m}) = 590 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de momentos

Para el cálculo de momentos se debe utilizar los coeficientes para momentos positivos y negativos del método 3 del reglamento ACI. Estos coeficientes dependen de la continuidad que tenga la losa en todos sus extremos y de la relación de lado corto y largo.

La losa en análisis no cuenta con continuidad en ningún extremo (caso 1 del método 3 del reglamento ACI) y tiene una relación $m = 0,5$. Por lo tanto:

- Momento positivo lado corto (a):

$$M(a)+ = 0,095 * (3m)^2 * 590 \text{ kg/m} = 504,45 \text{ kg} - m$$

- Momento positivo lado largo (b)

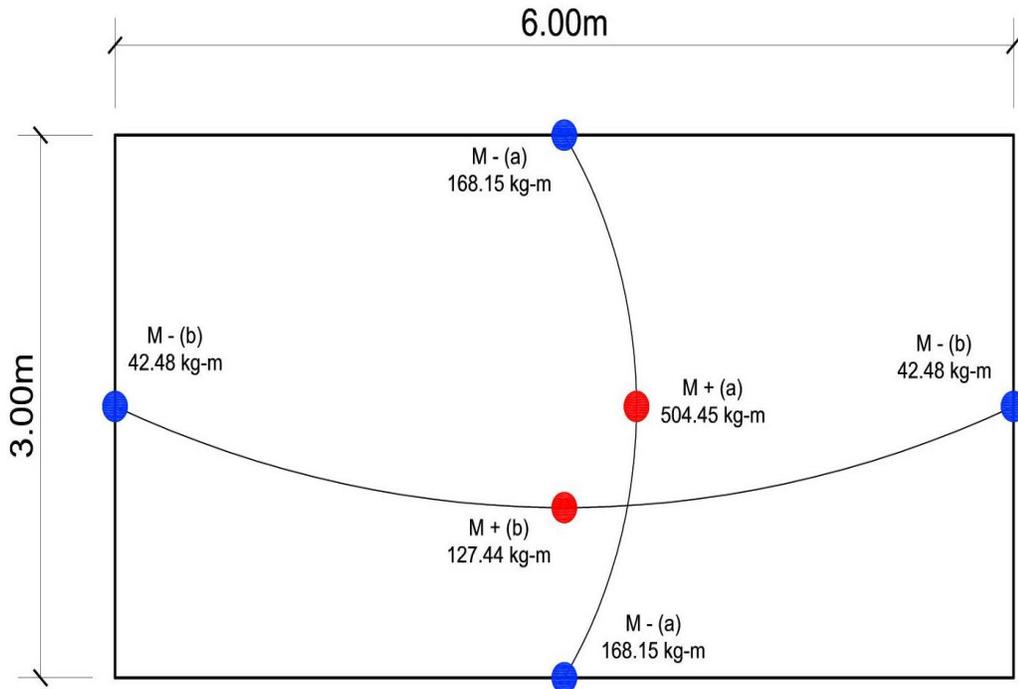
$$M(b)+ = 0,006 * (6m)^2 * 590 \text{ kg/m} = 127,44 \text{ kg} - m$$

Existen casos en los que el coeficiente es diferente en el cálculo de un momento positivo para carga viva y para carga muerta, por lo que se deben dividir las cargas; sus factores de amplificación deben acompañar a cada carga respectivamente. En el cálculo previo se tiene el mismo factor para ambas cargas, por lo que se utilizó la carga última.

Al no tener continuidad en ningún extremo, teóricamente no se cuenta con momentos negativos. Sin embargo, se asumirán como un tercio del momento positivo.

$$M(a)- = 504,45/3 = 168,15 \text{ kg} - m \quad ; \quad M(b)- = 127,44/3 = 42,48 \text{ kg} - m$$

Figura 2. Diagrama de momentos en losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

- Refuerzo mínimo requerido

Para el cálculo de refuerzo mínimo requerido es necesario determinar el peralte efectivo de la losa. Este depende del espesor de la losa, la varilla a utilizar y el recubrimiento. Se consideró varilla núm. 3 y un recubrimiento de 2,5 cm.

$$d = t - rec - \phi/2$$

$$d = 10 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - 0,95/2 = 7,025 \text{ cm}$$

Con el peralte efectivo se procede a calcular el refuerzo mínimo considerando la franja unitaria acorde al reglamento ACI 318S – 11, capítulo 21, sección 21.5.

- Peralte efectivo (d) = 7,025 cm
- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Resistencia a la fluencia del acero (f_y) = 2 810 kg/cm²

$$As \text{ mín} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

$$As \text{ mín} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 7,025 = 3,53 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo requerido por momento de mayor magnitud

De todos los momentos obtenidos, el de mayor magnitud es 504,45 kg-m. Para el cálculo del área de acero se utilizará el método de iteraciones con expresiones del reglamento ACI 318S – 11. Las expresiones son las siguientes:

$$As = \frac{M_o * 100}{0,9 * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

El método relaciona las dos expresiones mediante su área de acero y la distancia “a” asumida, que representa la distancia desde la fibra de deformación unitaria máxima al eje neutro. Acorde a la relación mencionada, se obtiene el área de acero final requerida.

Las iteraciones se realizaron con los siguientes datos:

- Peralte efectivo (d) = 7,025 cm (calculado anteriormente)
- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Resistencia a la fluencia del acero (f_y) = 2 810 kg/cm²
- Resistencia a la compresión del concreto (f'_c) = 210 kg/cm²
- Momento de análisis (M_o) = 504,45 kg-m
- Distancia de fibra de deformación a eje neutro asumida (a) = 5 cm

El valor de A_s convergió en 5 iteraciones, como se muestra a continuación:

Tabla II. **Área de acero (A_s)**

Convergencia (A_s)	
As 1	4,41 cm ²
a 2	0,69 cm
As 2	2,99 cm ²
a 3	0,47 cm
As 3	2,94 cm ²
a 4	0,46 cm
As 4	2,94 cm ²
a 5	0,46 cm
As final	2,94 cm²

Fuente: elaboración propia

El refuerzo requerido para el momento de mayor magnitud es 2,94 cm²; este es menor al valor del refuerzo mínimo requerido según ACI 318S – 11. Por lo tanto, se diseñará la losa con el refuerzo mínimo requerido (3,53 cm²) en ambos sentidos. Es importante reiterar que el valor del refuerzo es por franja unitaria, por lo que son 3,53 cm² por cada metro lineal de losa.

- Espaciamiento requerido

El cálculo del espaciamiento depende de la varilla a utilizar. Para el diseño se consideró varilla No. 3 y se determina de la siguiente manera:

- Área de varilla (A_{var}) = 0,712 cm²
- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Área requerida (A_s) = 3,53 cm²

$$S = \frac{A_{var} * b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,712 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{3,53 \text{ cm}^2} = 20,17 \text{ cm} \cong 20 \text{ cm}$$

La losa diseñada tendrá un espesor de 10 cm, con un refuerzo de acero compuesto por varillas No. 3 a cada 20 cm en ambos sentidos.

2.1.7.8.2. Muros de concreto ciclópeo

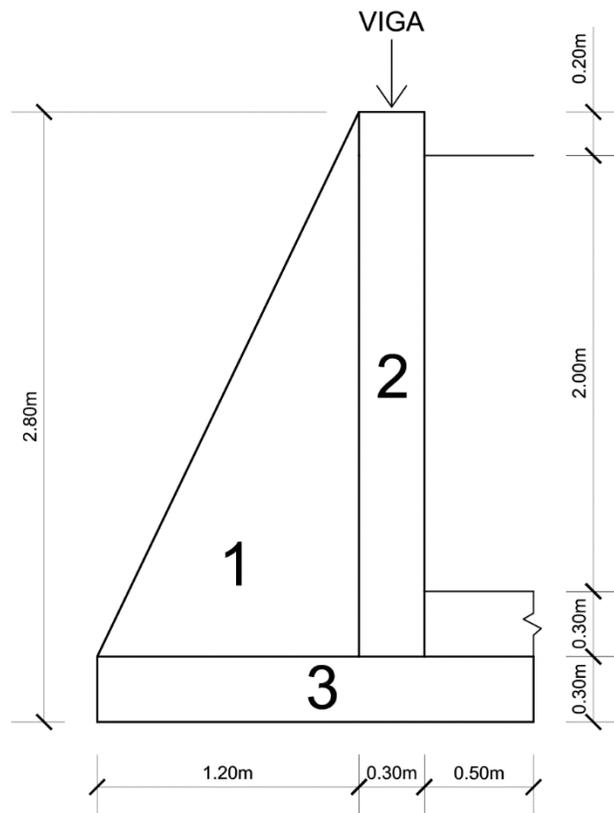
Los muros de concreto ciclópeo serán de tipo voladizo debido a que la geometría de estos se acopla convenientemente a las dimensiones del volumen de agua. Los datos para realizar el diseño son:

- Peso específico del concreto ciclópeo (γ_c) = 2 300 kg/m³
- Peso específico del agua (γ_a) = 1 000 kg/m³
- Peso específico del suelo (γ_s) = 1 709 kg/m³
- Capacidad soporte del suelo (q) = 20 000 kg/m²
- Ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) = 30°

Los datos de capacidad soporte del suelo, ángulo de fricción interna y peso específico del suelo fueron proporcionados por la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad. Estos valores fueron obtenidos de estudios realizados por la misma en sitios aledaños al caserío Joyitas. Para las verificaciones del muro se utilizará un factor de seguridad de 1,5.

Para el muro de concreto ciclópeo, conjunto a la Municipalidad, se consideraron las siguientes dimensiones:

Figura 3. **Dimensiones del muro de concreto ciclópeo**



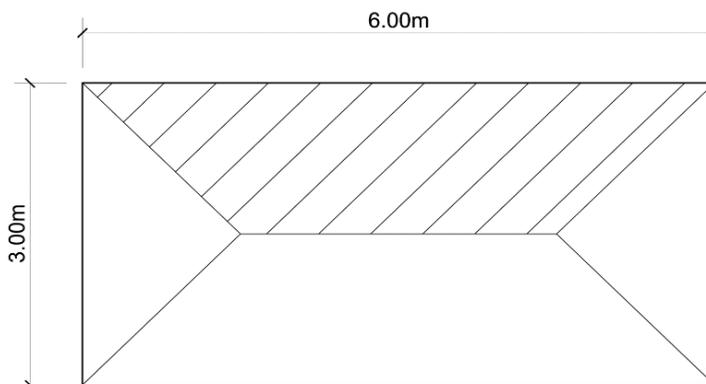
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

Se considera una viga perimetral con dimensiones de 20 cm de alto y 15 cm de base por encima del muro a diseñar. No se realizó un análisis estructural para este elemento debido que está soportada por el muro (no trabaja a flexión). Su función es simplemente soportar la carga de la losa y facilitar el amarre del refuerzo (solera de corona). Sin embargo, se considerará su peso para el diseño del muro, tendrá 4 varillas No. 3 + estribos No. 2 a cada 15 cm como refuerzo.

- Cálculo de carga debido a viga en el muro

Para el análisis se eligió la dimensión mayor (b) porque es la que recibe más carga por parte de la losa. La porción de la carga que ejerce la losa sobre la viga de longitud 6 m depende del área tributaria de esta.

Figura 4. **Área tributaria en análisis**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

$$At = 2 * \left(\frac{1}{2} * 1,5 m * 1,5 m \right) + 3 m * 1,5 m = 6,75 m^2$$

Por lo tanto, el peso debido a cargas de la losa que soporta la viga es:

$$P_{\text{losa}} = 6,75 \text{ m}^2 * 590 \text{ kg/m}^2 = 3\,982,50 \text{ kg}$$

El peso propio de la viga es:

$$PP = 6 \text{ m} * 0,20 \text{ m} * 0,15 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 1,4 = 604,80 \text{ kg}$$

La carga debido a la viga se debe considerar para el análisis estructural. Esta afecta la estabilidad del muro de concreto ciclópeo, debido a que soportará el peso que recae en la viga y la viga propia. Luego se procede a calcular la carga por metro lineal sobre el muro.

$$CU = \frac{3\,982,50 \text{ kg} + 604,80 \text{ kg}}{6 \text{ m}} = 764,55 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de momentos (muro de concreto ciclópeo)

Para determinar los momentos se considerará el punto inferior izquierdo del muro; se considera la franja unitaria. Los momentos a calcular son:

- Momento por carga de viga:

$$M = 764,55 \text{ kg/m} * 1,35 \text{ m} * 1 \text{ m} = 1\,032,14 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento por figura 1:

$$M = \left(\frac{1}{2} * 1,2 \text{ m} * 2,5 \text{ m} \right) * 0,8 \text{ m} * 2\,300 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m} = 2\,760,00 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento por figura 2:

$$M = (0,30 \text{ m} * 2,50 \text{ m}) * 1,35 \text{ m} * 2\,300 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m} = 2\,328,75 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento por figura 3:

$$M = (0,30 \text{ m} * 2 \text{ m}) * 1 \text{ m} * 2\,300 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m} = 1\,380 \text{ kg} - \text{m}$$

- Sumatoria de momentos del muro:

$$M_{\text{muro}} = (1\,032,14 + 2\,760 + 2\,328,75 + 1\,380) \text{ kg} - \text{m} = 7\,500,89 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento externo por presión activa (agua)

La presión activa es la presión que ejerce, en este caso, el agua en dirección horizontal hacia el muro de concreto ciclópeo. Por lo tanto:

$$Pa = \frac{1}{2} * (2 \text{ m})^2 * 1\,000 \text{ kg/m}^3 = 2\,000 \text{ kg/m}$$

La presión activa ejerce un momento contra el muro, por lo que:

$$Ma = 2\,000 \text{ kg/m} * 1,27 \text{ m} * 1 \text{ m} = 2\,540 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento externo por presión pasiva (suelo)

En tanques semienterrados, el suelo ayuda a contener el volumen de agua apoyando estructuralmente al muro de concreto ciclópeo. A la presión generada por el suelo, en este caso, se le denomina presión pasiva.

Se considerará el tanque enterrado a 1 m por encima de la losa inferior. Para determinar la presión del suelo se necesita calcular el coeficiente “K”. Este coeficiente depende del ángulo de fricción interna.

$$K = \frac{1 - \text{sen}(\emptyset)}{1 + \text{sen}(\emptyset)} = \frac{1 - \text{sen}(30^\circ)}{1 + \text{sen}(30^\circ)} = 0,33$$

$$Ps = \frac{1}{2} * (1,60 \text{ m})^2 * 1709 \text{ kg/m}^3 * 0,33 = 721,88 \text{ kg/m}$$

La presión del suelo ejerce un momento contra el muro; este momento es contrario al ejercido por la presión activa, por lo que:

$$Ms = 721,88 \text{ kg/m} * (1/3)(1,6 \text{ m}) * 1 \text{ m} = 385,00 \text{ kg} - m$$

- Presión y momento externo resultante

Las presiones del agua y suelo son contrarias al igual que los momentos ejercidos por estas. La diferencia entre ambos representa la presión y momento externo resultante, respectivamente:

- Presión externa resultante:

$$Pr = (2000 \text{ kg/m}) - (721,88 \text{ kg/m}) = 1278,12 \text{ kg/m}$$

- Momento externo resultante:

$$Mr = (2540 \text{ kg} - m) - (385 \text{ kg} - m) = 2155 \text{ kg} - m$$

- Verificación por volteo

La verificación por volteo depende de los momentos producidos por el muro y el momento externo resultante.

$$FV = \frac{7\,500,89 \text{ kg} - m}{2\,155 \text{ kg} - m} = 3,48$$

El valor obtenido es mayor a 1,5 (factor de seguridad), por lo que la verificación por volteo sí cumple.

- Verificación por deslizamiento

Para realizar la verificación de deslizamiento es necesario determinar el peso del muro más la carga que actúa sobre él (viga). Se considera la franja unitaria, por lo que cada peso es por metro lineal de muro.

$$Pviga = 764,55 \text{ kg/m}$$

El peso por metro lineal de muro de la viga fue determinado anteriormente.

$$Pfig1 = \left(\frac{1}{2} * 1,2 \text{ m} * 2,5 \text{ m}\right) * 2\,300 \text{ kg/m}^3 = 3\,450 \text{ kg/m}$$

$$Pfig2 = (0,3 \text{ m} * 2,5 \text{ m}) * 2\,300 \text{ kg/m}^3 = 1\,725 \text{ kg/m}$$

$$Pfig3 = (2 \text{ m} * 0,3 \text{ m}) * 2\,300 \text{ kg/m}^3 = 1\,380 \text{ kg/m}$$

$$Pmuro = (764,55 + 3\,450 + 1\,725 + 1\,380) \text{ kg/m} = 7\,319,55 \text{ kg/m}$$

La verificación por deslizamiento depende de un coeficiente de deslizamiento (δ_s), el cual está en función del ángulo de fricción interna del suelo. Generalmente, el valor oscila entre 0,35 a 0,65.

$$FD = \frac{P_{muro} * 0,7 \tan(\phi) + P_s}{P_a}$$

$$FD = \frac{7\,319,55 \text{ kg/m} * 0,7 \tan(30^\circ) + 721,88 \text{ kg/m}}{2\,000 \text{ kg/m}} = 1,84$$

El valor obtenido es mayor a 1,5 (factor de seguridad), por lo que la verificación por deslizamiento sí cumple.

- Verificación por capacidad soporte del suelo

Para realizar la verificación por capacidad soporte del suelo es necesario determinar la excentricidad de la siguiente manera:

$$e = \frac{Base}{2} - \frac{M_{muro} - M_r}{P_{muro}}$$

$$e = \frac{2 \text{ m}}{2} - \frac{(7\,500,89 \text{ kg} - m) - (2\,155 \text{ kg} - m)}{7\,319,55 \text{ kg}} = 0,27 \text{ m}$$

Se procede a calcular presiones máximas y mínimas. La presión máxima debe ser menor a la capacidad soporte del suelo para evitar hundimiento y la presión mínima mayor a 0 para no exigir esfuerzos de tensión al suelo. Las presiones se determinan de la siguiente manera:

$$q = \frac{W_{muro}}{Base} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{Base} \right)$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{7\,319,55 \text{ kg/m}}{2 \text{ m}} * \left(1 + \frac{6 * 0,27\text{m}}{2 \text{ m}}\right) = 6\,624,19 \text{ kg/m}^2$$

$$6\,624,19 \text{ kg/m}^2 < 20\,000 \text{ kg/m}^2$$

La presión máxima no excede la capacidad soporte del suelo.

$$q_{\text{mín}} = \frac{7\,319,55 \text{ kg/m}}{2 \text{ m}} * \left(1 - \frac{6 * 0,27\text{m}}{2 \text{ m}}\right) = 695,36 \text{ kg/m}^2$$

$$695,36 \text{ kg/m}^2 > 0 \text{ kg/m}^2$$

La presión mínima no es menor a 0.

Las presiones máxima y mínima cumplen con la condición mencionada por lo que no habrá hundimiento y no se requieren esfuerzos de tensión por parte del suelo.

Por lo tanto, las dimensiones del muro de concreto ciclópeo son adecuadas para el tanque de abastecimiento del caserío Joyitas.

- Losa inferior

La losa inferior será de 30 cm de espesor compuesta por concreto ciclópeo, debido a que no poseerá refuerzo de acero. Generalmente las losas inferiores de los tanques de abastecimiento cuentan con un espesor relativamente grande. También se puede contemplar una losa de 15 cm de concreto ciclópeo y otra de 15 cm de concreto estándar por encima de esta. La losa de concreto estándar puede contener el refuerzo mínimo por temperatura para evitar agrietamiento y posibles filtraciones en la parte inferior del tanque.

2.1.7.9. Red de distribución

La red de distribución es un sistema conformado por tuberías que conducen el agua desde el tanque de abastecimiento o punto de tratamiento (desinfección) hasta los puntos de consumo, en este caso, las viviendas del caserío Joyitas. La función de la red de distribución es abastecer con agua a las viviendas de forma continua, en cantidad suficiente y con una calidad apta para consumo humano (potable).

La red de distribución puede estar conformada por ramales abiertos, cerrados (circuitos) o ambos. La elección del tipo de red depende de algunos factores como:

- Terreno natural
- Distribución de las viviendas o puntos de consumo
- Existencia de redes de distribución aledañas a la comunidad a abastecer
- Posibles puntos de expansión urbana o rural
- Capacidad económica de la comunidad o ente desarrollador

La red de distribución del caserío Joyitas está conformada por ramales abiertos debido a la distribución de las viviendas. Se cuenta con 1 línea central y 5 ramales abiertos que se derivan a partir de la línea central.

La mayor diferencia de cotas en la red de distribución es de 73,11 metros; esta diferencia es del punto inicial del tanque de abastecimiento al punto más bajo de la red. Cuenta con 2 215 metros lineales de tubería PVC de diámetros 2", 1 ½", 1 ¼" y 1" con una presión de trabajo de 160 psi considerando el cumplimiento de la norma ASTM D-2241.

2.1.7.9.1. Cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico para la red de distribución se realizó, al igual que la línea de conducción, por medio de la ecuación de Hazen-Williams modificada acorde a las dimensionales utilizadas en Guatemala. Esta ecuación determina la pérdida de carga en determinada longitud de tubería de determinado material, con un diámetro establecido conduciendo el caudal asignado para el análisis.

La pérdida de carga tiene que ser menor a la diferencia de elevación entre los puntos (inicial y final) del tramo o ramal a analizar, considerando la presión de trabajo de la tubería. En cada ramal se debe determinar cuál será el caudal a conducir debido a que es proporcional a la población del mismo. La ecuación anteriormente mencionada es:

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

Donde:

H_f = pérdida de carga [m]

L = longitud de tubería + 5% por inclinación de la misma [m]

Q = caudal de conducción [l/s]

D = diámetro interno de la tubería [in]

C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

El coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams depende del material de la tubería y modela la resistencia que este material presenta al flujo. La red de distribución del caserío Joyitas está conformada por tubería PVC. Para tubería PVC el coeficiente de rugosidad tiene un valor de 150.

La diferencia entre la línea piezométrica trazada por la pérdida de carga producida por la conducción de agua en el ramal y la cota del terreno determina la presión (presión de servicio) con la que el fluido llegará al punto analizado (vivienda).

2.1.7.9.2. Presión de servicio

La presión de servicio es la presión dinámica producida por el fluido debido a la velocidad con la cual este se conduce por la tubería. Por lo tanto, es la presión con la que llegará a los puntos de consumo (viviendas). La presión de servicio en un punto en cuestión se determina de la siguiente manera:

$$P_s = Cot.P - Cot.T$$

Donde:

P_s = presión de servicio [mca]

Cot. P = cota piezométrica [m]

Cot. T = cota del terreno [m]

Para redes de distribución de agua potable, de acuerdo a la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano, las presiones de servicio mínima y máxima admitidas son:

- Presión de servicio mínima = 10 mca
- Presión de servicio máxima = 60 mca

En la red de distribución del caserío Joyitas las viviendas cuentan con presiones de servicio en el intervalo de 11,35 mca a 32,65 mca, por lo que se cumple con el parámetro de presiones mínima y máxima.

2.1.7.9.3. Velocidad mínima y máxima

El cálculo de la velocidad con la que se conduce el caudal analizado por la tubería con diámetro asignado, al igual que la línea de conducción, se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

Donde:

V = velocidad del fluido [m]

Q = caudal conducido [l/s]

D = diámetro interno de la tubería [in]

Para redes de distribución de agua potable, de acuerdo a la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano, las velocidades mínima y máxima a las que se debe conducir el agua por la tubería son:

- Velocidad mínima = 0,6 m/s
- Velocidad máxima = 3,0 m/s

La velocidad mínima asegura que no se vaya a depositar algún sólido durante la conducción del fluido y que obstruya el conducto. Con respecto a la velocidad máxima, si se sobrepasa el valor de esta, probablemente la tubería, accesorio o dispositivos en la red de distribución se dañarían.

En la red de distribución del caserío Joyitas la velocidad mínima es 0,61 m/s y la velocidad máxima es 1,96 m/s, por lo que se cumple con el intervalo.

2.1.7.9.4. Caudal a distribuir

En la red de distribución, compuesta por ramales abiertos, el caudal se distribuye proporcionalmente a la población. El caudal a distribuir es el caudal máximo horario o el caudal de uso simultáneo, el mayor de estos.

- Caudal máximo horario (determinado anteriormente)

$$Q_{mh} = 3,54 \text{ l/s}$$

- Caudal de uso simultáneo

$$Q_{us} = k * \sqrt{n - 1}$$

Donde:

Q_{us} = caudal de uso simultáneo [l/s]

k = coeficiente de uso simultáneo (0,20 para conexiones prediales)

n = número de viviendas futuras [viviendas]

Con 81 viviendas actuales, se proyectan 170 viviendas futuras con la tasa de crecimiento poblacional anteriormente mencionada (3,00%). Por lo tanto:

$$Q_{us} = 0,20 * \sqrt{170 \text{ viviendas} - 1} = 2,60 \text{ l/s}$$

El caserío Joyitas presenta una distribución dispersa de viviendas y, por lo tanto, los ramales abastecen pocas viviendas. La guía sugiere que el caudal debe ser evaluado por ramal. No se consideró este aspecto, decisión tomada junto a la Municipalidad por motivos de diseño y capacidad de la fuente debido a la cantidad de viviendas por ramal.

El caudal a distribuir en la red de distribución del caserío Joyitas será el caudal máximo horario, 3,54 l/s. Este se distribuirá proporcionalmente conforme a las viviendas actuales (caudal unitario).

2.1.7.9.5. Caudal unitario

Es el caudal que corresponde, acorde al diseño, a cada vivienda de la población. Es útil para la distribución del caudal máximo horario en los ramales de la red. Se determina de la siguiente manera:

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{Viv}$$

Donde:

Q_u = caudal unitario [l/s/vivienda]

Q_{mh} = caudal máximo horario [l/s]

Viv = número de viviendas actuales [viviendas]

Con un caudal máximo horario de 3,54 l/s para el caserío Joyitas, que cuenta con 81 viviendas actuales, se determina el caudal unitario:

$$Q_u = \frac{3,54 \text{ l/s}}{81 \text{ viviendas}} = 0,0437 \text{ l/s/vivienda}$$

El caudal asignado para cada vivienda (caudal unitario) del caserío Joyitas es de 0,0437 l/s/vivienda.

La determinación del caudal unitario se realiza con el fin de abastecer de manera equitativa a las viviendas de la comunidad considerando las variaciones de consumo y demás parámetros previamente mencionados.

2.1.7.10. Ejemplo de cálculo (red de distribución)

A continuación, se muestra el diseño del ramal 1 (ramal abierto) perteneciente a la red de distribución.

Tabla III. Datos de diseño para ramal 1 (ramal abierto)

Datos generales	
Viviendas pertenecientes (ramal)	11 viviendas
Cota piezométrica inicial (ramal)	984,22 m
Cota de terreno inicial	954,28 m
Cota de terreno final	949,42 m
Longitud horizontal total	115,38 m
Coef. Hazel – Williams (PVC)	150
Presión de trabajo; tubería	160 psi
Caudal medio diario	1,18 l/s

Fuente: elaboración propia.

- Caudal máximo horario

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

$$Q_{md} = 1,18 \text{ l/s} * 3,0 = 3,54 \text{ l/s}$$

- Caudal a distribuir en ramal

$$Q = Q_u * \text{viviendas en ramal}$$

$$Q = \frac{3,54 \text{ l/s}}{81 \text{ viviendas}} * 11 \text{ viviendas} = 0,48 \text{ l/s}$$

- Pérdida de carga

Se asumirá un diámetro para determinar la pérdida de carga con el mismo en la longitud del ramal. El diámetro asumido es: 1" (nominal); 1,195" (interno).

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

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 115,38 * 1,05 * 0,48^{1,85}}{1,195^{4,87} * 150^{1,85}} = 2,15 \text{ m}$$

A diferencia de la línea de conducción, la cota piezométrica inicial no coincide con la cota del terreno inicial del ramal, debido a que el agua ya estaba en conducción por la línea central. Por lo tanto, se debe determinar la cota piezométrica al principio y al final del ramal. La cota piezométrica inicial es calculada desde la línea central de la red de distribución.

$$C. \text{piezométrica inicial} = 984,22 \text{ m}$$

$$C. \text{piezométrica final} = 984,22 \text{ m} - 2,15 \text{ m} = 982,07 \text{ m}$$

- Presión de servicio

La presión de servicio debe ser calculada al principio y al final del ramal, debido a que así se asegura si esta cumple con el intervalo toda su longitud.

$$\text{Presión de servicio} = \text{Cota piezométrica} - \text{Cota del terreno}$$

$$\text{Presión de servicio inicial} = 984,22 \text{ m} - 954,28 \text{ m} = 29,94 \text{ m}$$

$$\text{Presión de servicio final} = 982,07 \text{ m} - 949,42 \text{ m} = 32,65 \text{ m}$$

- Verificación de parámetro

$$\text{Presión de servicio inicial} = [10, \mathbf{29, 94}, 60] \text{ mca}$$

$$\text{Presión de servicio final} = [10, \mathbf{32, 65}, 60] \text{ mca}$$

La presión de servicio a través de toda la longitud del ramal cumple con los valores mínimo y máximo. Por lo tanto, las viviendas pertenecientes a este serán abastecidas de manera adecuada en este aspecto. Los valores de presión de servicio del ramal 1 son los más altos de toda la red de distribución del caserío.

- Velocidad

$$V = \frac{1,974 * Q}{D^2}$$

$$\text{Vel. } \emptyset - 1'' = \frac{1,974 * 0,48 \text{ l/s}}{(1,195 \text{ in})^2} = 0,66 \text{ m/s}$$

- Verificación de parámetro

$$\text{Vel. } \emptyset - 1'' = [0,60, \mathbf{0, 66}, 3,00] \text{ m/s}$$

La velocidad cumple, por lo que la tubería del ramal 1 funcionará adecuadamente. La tubería no será dañada ni tampoco habrá sólidos retenidos en ella. Al igual que en la línea de conducción, es importante considerar los aspectos técnicos y económicos debido a que el diseño hidráulico es similar.

2.1.8. Obras de arte

Las obras de arte son componentes del sistema elaborados o contruidos para cumplir alguna función que, por motivos de topografía, condición desfavorable u otra, los componentes comunes no pueden cubrir. Generalmente son utilizadas cuando algún tramo de tubería presenta características especiales como mayor presión de trabajo requerida que la de la tubería seleccionada, paso de tubería por un río o depresión, división compuesta de caudal, etc. Las obras de arte más utilizadas son:

- Caja rompe-presión
- Caja para válvula
- Caja distribuidora de caudales
- Caja unificadora de caudales
- Pasos aéreos

En el diseño realizado no fue necesario emplear ninguna obra de arte, excepto cajas para válvulas. Estas son necesarias para proteger de agentes externos las válvulas para que se accionen solo por el encargado o fontanero.

2.1.9. Válvulas

Una válvula es un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, regular, detener o graduar la circulación de un fluido. También pueden realizarse otras funciones en casos específicos.

Existen varios tipos de válvulas y estas pueden estar elaboradas de diferentes materiales, como acero, bronce o plástico. A continuación, se describe las válvulas utilizadas en el diseño.

2.1.9.1. Válvula de compuerta

Es utilizada para abrir o cerrar el flujo de agua en las tuberías. Generalmente se ubica en puntos estratégicos que permiten accionar de manera adecuada al personal en caso de posibles fugas o filtraciones. Generalmente no se utiliza para regular el flujo.

En el diseño que se presenta son necesarias 12 válvulas de compuerta, 1 en la línea de conducción, 8 en la red de distribución y 3 en el tanque de abastecimiento.

2.1.9.2. Válvula de limpieza

Es utilizada para la extracción de arena o sedimentos que hayan ingresado a la tubería y que suelen acumularse en las partes bajas de la línea de conducción o red de distribución. Como válvula de limpieza se emplea una válvula de compuerta, de diámetro igual o menor a la tubería anexa.

En el diseño realizado son necesarias 6 válvulas de limpieza.

2.1.9.3. Válvula de aire

Es utilizada para expulsar el aire de la tubería; el agua contiene aire disuelto y este se manifiesta depositándose en los puntos más altos de la línea de conducción o red de distribución. La presencia de aire dentro de la tubería puede causar problemas como impedancia del flujo o reducción de la sección efectiva, daños a piezas internas, cavitación (sistemas de bombeo), etc.

En el diseño realizado son necesarias 4 válvulas de aire.

2.1.10. Conexión domiciliar

La conexión domiciliar tiene la finalidad de llevar el agua potable desde la línea central o ramal hasta los puntos de consumo (viviendas). Esta se compone de una válvula de paso de ½" de diámetro, grifo de ½" de diámetro, anclaje de concreto fundido en sitio, contador y caja de válvulas (protección).

El caserío Joyitas cuenta con 81 viviendas actuales, por lo que serán necesarias 81 conexiones domiciliarias.

2.1.11. Propuesta de desinfección

La desinfección del agua se puede obtener por diferentes procedimientos: por medio de ozono, de rayos ultravioleta o de cloro. El procedimiento más común y económico es el de cloro, de uso generalizado en el país. Se utilizará este procedimiento de desinfección para el sistema.

El agua evaluada del nacimiento del caserío Joyitas puede ser tratada mediante los métodos habituales de desinfección con cloro, debido a que no presentó sustancias en exceso o características especiales que necesiten de algún tratamiento específico. El cloro se encuentra en tres estados físicos: gaseoso, líquido o sólido. El equipo requerido para la dosificación del cloro depende del estado en que este se vaya a dosificar.

El tratamiento propuesto consiste en un hipoclorador que utiliza tabletas de hipoclorito de calcio. Estas proporcionan una solución de cloro al tanque de abastecimiento para así potabilizar el agua. El hipoclorador debe colocarse en la entrada al tanque de abastecimiento, con debida protección y de acceso único para el encargado de mantenimiento.

La cantidad de tabletas necesarias al mes, según especificaciones de proveedores, se determina de la siguiente manera:

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

Donde:

G = dosificación en gramos de tableta

C = miligramos por litro deseados

M = litros de agua a tratarse por día

D = número de días en análisis

Cl = concentración de cloro

Cada tableta pesa 250 gramos, tiene 3" de diámetro, 1" de espesor, con una solución de cloro al 90% (estos valores pueden variar según proveedor). La cantidad de miligramos de cloro por litro a utilizar oscila entre 0,07% y 0,15%. Se utilizará un valor de 0,10% acordado conjunto a la municipalidad. Por lo tanto:

$$G = \frac{0,1\% * (1,42 \text{ l/s} * 86\,400 \text{ s/día}) * 30 \text{ días}}{90\%} = 4\,089,60 \text{ gramos}$$

$$T = \frac{4\,089,60 \text{ g}}{250 \text{ g/tableta}} = 16,35 \text{ tabletas} \cong 16 \text{ tabletas}$$

Son necesarias 16 tabletas por mes para asegurar que la calidad del agua sea apta para consumo humano. Estas deberán ser colocadas por el encargado de mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío Joyitas. Es importante mencionar que esta es una propuesta de desinfección, considerando aspectos económicos y prácticos. Sin embargo, se puede emplear cualquier otro método una vez asegure la potabilidad del agua.

2.1.12. Operación y mantenimiento del sistema

Es importante preservar y mantener en buenas condiciones el equipo y componentes del sistema de abastecimiento de agua potable en todo el período de diseño, para asegurar un servicio de calidad. Esto se logra mediante la correcta operación y las buenas prácticas de mantenimiento. Por lo tanto, se sugiere lo siguiente.

Tabla IV. Programa de operación y mantenimiento

Tarea de operación / mantenimiento	Período de repitencia
Captación	
Revisar la ventilación del tanque y tapadera.	Mensual
Limpiar el área adyacente a la captación, remover maleza, basura y capa vegetal.	Semestral
Revisar válvula y rebalse.	Mensual
Revisar si existen grietas o fugas en el tanque o tubería inicial. De ser encontrada alguna, debe ser reparada inmediatamente.	Semestral
Línea de conducción	
Mantener una brecha adecuada sobre la ruta de la tubería con el fin de facilitar la inspección de la misma.	Semestral
Revisar si existen posibles guaridas de roedores cercanas a la tubería. De ser encontradas, deben ser removidas de manera adecuada sin perjudicarlas.	Semestral
Revisar si existen fugas a través de la ruta de la tubería. Cualquier área húmeda de carácter extraordinario debe ser inspeccionada, buscando posibles fugas.	Mensual
Tanque de abastecimiento	
Revisar válvulas y posibles grietas del tanque.	Trimestral
Realizar el proceso de desinfección de agua.	Mensual
Para la limpieza del tanque, se debe accionar la válvula de entrada para no permitir el flujo. Abrir la válvula de drenaje y esperar a que vacíe. El interior debe ser limpiado con cepillos plásticos.	Anual
Red de distribución	
Inspeccionar la ruta de la tubería a manera de encontrar posibles fugas. De ser encontradas, deben ser reparadas inmediatamente.	Mensual
Revisar las válvulas de la red y su funcionamiento.	Semestral
Revisar las conexiones domiciliarias, verificar contadores y si existen goteos en los grifos.	Trimestral

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Propuesta de tarifa

Una tarifa es un precio fijado de forma oficial por un servicio, en este caso, por el abastecimiento de agua potable. La tarifa que se propone será por usuario. Para la determinación de la misma se consideran gastos de operación, mantenimiento, desinfección y administración.

2.1.13.1. Gastos de operación

En los gastos de operación se incluye la contratación de un operario o fontanero. Este tendrá a cargo la operación del sistema en general, del sistema de desinfección y actividades de mantenimiento.

Conjunto al consejo comunitario de desarrollo (COCODE) del caserío Joyitas, se determinó contratar al operario por servicios profesionales, por lo que no se incluirán prestaciones laborales. Este trabajará un día a la semana, siguiendo el programa de operación y mantenimiento propuesto. El salario acordado fue de cuatrocientos quetzales (Q 400,00) mensuales.

2.1.13.2. Gastos de mantenimiento

Por gastos de mantenimiento se considerarán los gastos debido a compra de materiales necesarios para llevar a cabo adecuadamente las actividades de mantenimiento como tubos por reparación, pegamento, accesorios, llaves, uniones y otros.

El cálculo de estos gastos generalmente se realiza definiendo un porcentaje del monto total del proyecto. Esto debido a que la compra de estos materiales es imprevista y depende de factores como: accidentes, reparaciones, entre otros.

Para la tarifa a proponer se considera un 5% del monto total del proyecto como gastos de mantenimiento, considerando el período de diseño del proyecto. El monto total del proyecto es: Q 600 259,57 (detallado posteriormente). Por lo tanto, el costo mensual es:

$$\text{Gastos de mantenimiento} = \frac{Q\ 600\ 259,57 * 0,05}{25 * 12} = Q\ 100,05$$

2.1.13.3. Gastos de desinfección

Los gastos de desinfección contemplan la compra mensual de las tabletas necesarias para la desinfección y aseguramiento de la potabilidad del agua que será distribuida en las viviendas del caserío Joyitas. Son necesarias 16 tabletas por mes, número determinado anteriormente. El precio por tableta es de Q 14,50, según proveedores. Por lo tanto, el costo mensual es:

$$\text{Gastos de desinfección} = Q\ 14,50 * 16 = Q\ 232,00$$

2.1.13.4. Gastos de administración

Los gastos de administración o administrativos comprenden las actividades de oficina, registro de usuarios, papelería, ordenamiento y supervisión. Si en determinado momento se decide incluir alguna conexión domiciliar adicional, debe ser aprobada por el encargado de administración.

Este aspecto no es de gran importancia en el caserío Joyitas, debido a que la organización de la comunidad es adecuada y el COCODE del caserío ha realizado sus labores de manera responsable. Por lo tanto, el COCODE será el encargado de administrar el sistema de abastecimiento de agua potable, supervisar el registro y cobrar la tarifa a los usuarios.

Se tomará el 20% de los gastos descritos (de operación, mantenimiento y desinfección) como gastos de administración, porcentaje definido en conjunto con la municipalidad y COCODE del caserío Joyitas. Por lo tanto, el costo mensual es:

$$\text{Gastos de administración} = 0,20 * Q (400,00 + 100,05 + 232,00) = Q 146,41$$

Con todos los gastos determinados se procede a calcular el gasto total mensual, de la siguiente manera:

$$\text{Gasto total mensual} = Q (400 + 100,05 + 232,00 + 146,41) = Q 878,46$$

Con el gasto total determinado se calcula la tarifa para los actuales usuarios del caserío Joyitas, de la siguiente manera:

$$\text{Tarifa} = \frac{Q 878,46}{81 \text{ usuarios}} = Q 10,85$$

La tarifa resultante es de Q 10,85. Sin embargo, conjunto al COCODE se determinó que se aplicará una tarifa de Q 10,00 debido a que muchos de los vecinos del caserío son de escasos recursos.

La tarifa será cobrada por las autoridades del lugar, de manera mensual y debe ser recaudada con el fin de cubrir los gastos descritos (operación, mantenimiento, desinfección y administración) para así evitar cualquier tipo de problema social.

Por cada nuevo usuario se debe hacer el análisis económico dependiendo del rendimiento de la tarifa actual en el momento de la conexión al predio, para no afectar el aspecto administrativo.

2.1.14. Presupuesto del proyecto

Para proyectos de infraestructura, un presupuesto se define como el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción del mismo. Este se compone de renglones de trabajo.

Los renglones de trabajo son el resultado de sumar el costo directo más el costo indirecto para llevar a cabo determinada actividad de construcción.

2.1.14.1. Costos directos

Son los costos previstos en los que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en cantidad y tiempo. Contemplan las actividades de construcción, suministro, instalación y rendimiento indispensables para llevar a cabo el proyecto.

2.1.14.1.1. Materiales

Es el costo directo previsto por la adquisición, traslado y utilización de la cantidad de materiales necesaria para ejecutar las diferentes actividades de un determinado renglón de trabajo. Este costo varía debido a las condiciones y ubicación del proyecto.

2.1.14.1.2. Mano de obra

Es el costo directo previsto por el tipo y la cantidad de trabajadores u operarios de la construcción que deberán ser empleados temporalmente para la ejecución de determinado renglón de trabajo. La mano de obra puede variar significativamente según calidad de la misma y ubicación geográfica.

2.1.14.1.3. Herramienta y equipo

Es el costo directo previsto por el tipo y cantidad de herramientas o equipo menor de construcción que deben ser utilizadas para la ejecución de una o más actividades, para determinado renglón de trabajo. Generalmente se toma un porcentaje del costo de materiales debido a que muchas de estas herramientas o equipo son reutilizables y el concepto de cobro es por depreciación.

Generalmente se toma el 5% del costo de materiales del renglón.

2.1.14.1.4. Transporte y maquinaria

Es el costo directo previsto por el tipo y la cantidad de transporte o maquinaria necesaria para movilizar el material, herramientas, equipo o realizar las actividades de determinado renglón. Estos costos generalmente se obtienen acorde a la renta por hora, unidad de medida o viaje del transporte o maquinaria.

2.1.14.2. Costos indirectos

Son los costos previstos en que se debe incurrir de manera global o generalizada para realizar la ejecución del proyecto en un plazo establecido, sin que puedan ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra.

Los costos indirectos generalmente están integrados por: costos de contratación, fianzas, gastos administrativos, supervisión, utilidad, impuestos y servicios especializados. Esta integración puede variar dependiendo del proyecto a ejecutar debido a que la naturaleza del mismo puede demandar gastos extraordinarios.

Para el presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable se tomaron en cuenta tres costos globales, a manera de resumir los costos indirectos. Estos costos son:

- Impuestos
- Imprevistos
- Gastos administrativos, fianzas, supervisión, entre otros.

Es importante mencionar que los costos directos e indirectos fueron regidos por la base de datos de la municipalidad, modificados a criterio propio. A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto.

Tabla V. **Presupuesto del proyecto**

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CASERÍO JOYITAS JUTIAPA, JUTIAPA RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE					
1.00	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	3522.00	ml	Q10.97	Q38,636.34
2.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA	987.00	m3	Q107.73	Q106,329.51
3.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM D-2241 DE 2"	425.00	ml	Q56.61	Q24,059.25
4.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM D-2241 DE 1 1/2"	1165.00	ml	Q41.01	Q47,776.65
5.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM D-2241 DE 1 1/4"	262.00	ml	Q33.12	Q8,677.44
6.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM D-2241 DE 1"	1670.00	ml	Q27.17	Q45,373.90
7.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA	987.00	m3	Q128.92	Q127,244.04
8.00	TANQUE DE ABASTECIMIENTO (36 m³)	1.00	unidad	Q43,981.20	Q43,981.20
9.00	CAJA DE VÁLVULA DE COMPUERTA	12.00	unidad	Q1,456.06	Q17,472.72
10.00	CAJA DE VÁLVULA DE AIRE	4.00	unidad	Q1,066.95	Q4,267.80
11.00	CAJA DE VÁLVULA DE LIMPIEZA	6.00	unidad	Q983.03	Q5,898.18
12.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR	81.00	unidad	Q1,462.34	Q118,449.54
13.00	LIMPIEZA FINAL	1.00	global	Q12,093.00	Q12,093.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO =					Q600,259.57

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Cronograma de ejecución

Tabla VI. Cronograma de ejecución físico-financiero

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO-FINANCIERO		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
1.00	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	Q38,636.34					
2.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA	Q106,329.51					
3.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMIA ASTM D-2241 DE 2"	Q24,059.25					
4.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMIA ASTM D-2241 DE 1 1/2"	Q47,776.85					
5.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMIA ASTM D-2241 DE 1 1/4"	Q8,677.44					
6.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMIA ASTM D-2241 DE 1"	Q45,373.90					
7.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA	Q127,244.04					
8.00	TANQUE DE ABASTECIMIENTO (36 m³)	Q43,981.20					
9.00	CAJA DE VÁLVULA DE COMPUERTA	Q17,472.72					
10.00	CAJA DE VÁLVULA DE AIRE	Q4,267.80					
11.00	CAJA DE VÁLVULA DE LIMPIEZA	Q5,898.18					
12.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR	Q118,449.54					
13.00	ACCESORIOS ADICIONALES Y LIMPIEZA FINAL	Q12,093.00					
INVERSIÓN		Q54,994.73	Q48,642.32	Q128,907.71	Q149,592.71	Q87,579.57	Q130,542.54
PORCENTAJE DE INVERSIÓN		9.16%	8.10%	21.48%	24.92%	14.59%	21.75%
PORCENTAJE DE INVERSIÓN ACUMULADO		9.16%	17.27%	38.74%	63.66%	78.25%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

2.1.16. Impacto ambiental

Todo proyecto de ingeniería civil genera un impacto ambiental, que puede ser bajo, moderado o alto. Para determinar qué tipo de impacto ambiental genera un proyecto y su magnitud se realiza una evaluación de impacto ambiental (EIA).

La evaluación de impacto ambiental busca cumplir la legislación vigente, manteniendo parámetros establecidos de calidad, operación y mantenimiento. Existen categorías de impacto ambiental potencial, las cuales son:

- Categoría A: alto impacto ambiental potencial
- Categoría B1: de alto a moderado impacto ambiental potencial
- Categoría B2: de moderado a bajo impacto ambiental
- Categoría C: de bajo impacto ambiental potencial

Un sistema de abastecimiento de agua potable que funciona por medio de gravedad produce un bajo impacto ambiental, debido a su proceso constructivo y su simplicidad en el funcionamiento. Sin embargo, siempre existen componentes de impacto ambiental negativos para un proyecto como este, por ejemplo:

- Contaminación por uso de materiales o compuestos debido al proceso constructivo y a la necesidad de unir tubos. La mayoría de estos compuestos son cemento hidráulico y cemento solvente para tubería PVC.
- Contaminación por uso de combustibles y gases emanados. Es necesario utilizar maquinaria que depende de estos para transporte y manipulación de los materiales e insumos. También son utilizados para maquinaria de movimiento de tierras.

- Eliminación de vegetación o capas vegetales. Durante el proceso de construcción se eliminan capas vegetales por la instalación de tubería y demás componentes.
- Generación de polvo por la movilización de maquinaria, operarios y equipo. Además, no se cuenta con superficies pavimentadas en el caserío, lo que incrementa este componente.

También existen medidas de mitigación que se pueden aplicar para disminuir los componentes negativos del impacto ambiental y, así, reducir el impacto ambiental potencial, por ejemplo:

- Realizar la excavación de zanja únicamente en lugares donde sea necesario, considerando anchos de zanja mínimos conforme a la ruta en la línea de conducción y red de distribución, respectivamente.
- Mejorar la educación sanitaria de los habitantes mediante diferentes capacitaciones, eventos o campañas por parte de los encargados del proyecto del lugar, como el Consejo Comunitario de Desarrollo.
- Realizar las operaciones de movimiento de tierras cuando se tenga una menor afluencia vehicular y peatonal. Además, humedecer el suelo para evitar la generación y esparcimiento de polvo.
- Monitorear adecuadamente el mantenimiento y operación del sistema, considerando posibles alteraciones y su período de diseño.

Por lo tanto, en el sistema diseñado es necesario tomar en cuenta todas las precauciones necesarias al momento de su ejecución.

La seguridad y salud ocupacional también contribuyen a reducir de una u otra manera el impacto ambiental potencial de componentes negativos; deben estar presentes en el momento de su construcción y mantenimiento.

Así como se mencionaron componentes negativos de impacto ambiental, también existen componentes positivos. Estos generalmente se obtienen en el período de operación del proyecto, debido a que son el propósito del mismo. Para el sistema de abastecimiento de agua potable están los siguientes:

- Abastecimiento de agua apta para consumo humano (potable) para los habitantes del caserío Joyitas durante un período de tiempo adecuado.
- Reducción de la tasa de morbilidad en el caserío Joyitas, principalmente producida por enfermedades de origen hídrico.
- Optimización de tiempo por obtención de agua por parte de los habitantes, debido a que tendrán acceso a agua potable entubada en sus predios.

Con una correcta supervisión en la construcción, operación y mantenimiento se pueden minimizar el impacto ambiental negativo y maximizar el impacto ambiental positivo en el caserío Joyitas, así como en cualquier otro proyecto de infraestructura o saneamiento.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, compuesto de 45 pozos de visita de alturas que varían desde 1,20 m hasta 2,10 m. Son 2 120 metros lineales de colector, de los cuales 2 096 metros son de tubería PVC y 24 metros de tubería HG, con diámetros de 6", 8" y 10" considerando la norma ASTM F-949 para tubería PVC. El sistema fue diseñado para abastecer a 2 516 habitantes futuros.

Para el diseño del sistema se consideraron aspectos de las normas generales para el diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), así como también especificaciones técnicas de los proveedores de la tubería y materiales considerados.

2.2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es indispensable en cualquier proyecto de ingeniería civil, debido a que permite representar gráficamente los puntos físicos de manera conveniente, dependiendo del proyecto de infraestructura que se quiera realizar.

El equipo utilizado para realizar el levantamiento topográfico en la colonia Linda Vista y en la aldea Cerro Gordo fue el siguiente:

- Teodolito digital marca Sokkia modelo DT600
- Estadal

- Cinta métrica
- Plomada
- Estacas de madera
- Pintura de aceite
- Libreta
- Martillo
- Clavos
- Trípode, nivel, etc.

2.2.2.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que consisten en proyectar sobre un plano horizontal los elementos del terreno a analizar, sin considerar su diferencia de elevación.

Para realizar este procedimiento se orientó el aparato adecuadamente y luego se realizaron radiaciones por azimut. Se dio prioridad a la línea central del colector del sistema, la ubicación de las viviendas, así como puntos posibles para pozos de visita y desfogue.

2.2.2.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o “cota” de cada punto físico respecto a un nivel de referencia.

Se priorizó determinar la elevación de los puntos a lo largo de la línea central del colector del sistema y de los posibles puntos para pozos de visita, para así tener mayor precisión en la esquematización de los perfiles del terreno natural.

2.2.3. Componentes del sistema

Es importante reconocer las partes que componen un sistema de alcantarillado y qué función cumple cada una de estas, para así evitar afectar el funcionamiento del mismo desde la fase de diseño.

2.2.3.1. Colector

Es el medio compuesto por tuberías por las que se conducen las aguas residuales. Esta tubería se instala a cierta profundidad respecto al terreno natural. Debe funcionar como canales abiertos, nunca trabajar a sección llena.

El colector del diseño realizado consta de 2 120 metros de tubería, 2 096 metros de tubería PVC y 24 metros de HG. El colector está compuesto por diámetros de 6", 8" y 10", considerando el cumplimiento de la norma F-949 en tubería PVC.

2.2.3.2. Pozos de visita

Son estructuras que sirven para verificar el funcionamiento de la red de colectores, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento. Se pueden construir de cualquier material siempre que sean durables e impermeables dentro del período de diseño.

Generalmente son de sección circular y la parte superior de estos tiene forma de cono truncado. Los pozos de visita se colocan considerando las siguientes condiciones:

- En cambios de diámetro del colector

- En cambios de pendiente del colector
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores a 24”
- En las intersecciones de colectores
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24”
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

El diseño realizado se compone de 45 pozos de visita, con alturas variables desde 1,20 m hasta 2,10 m, compuestos de ladrillo tuyuyo y concreto armado.

2.2.3.3. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar tiene la finalidad de llevar las aguas servidas desde la vivienda o predio hacia el colector. Se componen de una caja o candela y una acometida domiciliar.

El material de fabricación de las conexiones puede variar, generalmente es concreto o PVC, o ambas. Cada vivienda o edificio debe poseer una conexión adecuada acorde al caudal determinado en el diseño.

El diseño realizado consta de 199 viviendas, por lo tanto, son necesarias 199 conexiones domiciliarias; 85 viviendas corresponden a la colonia Linda Vista y 114 a la aldea Cerro Gordo.

2.2.3.3.1. Candela

Es la estructura que tiene como función reunir todas las aguas servidas de la vivienda o predio en un mismo punto para así, dirigitas al colector mediante la acometida domiciliar.

Generalmente es construida de mampostería o tubos de concreto colocados verticalmente. Debe contar con una tapadera para su inspección y debe estar impermeabilizada para evitar filtraciones. El fondo de la candela debe estar compuesto de concreto, alisado y con una pendiente adecuada para favorecer la fluidez.

2.2.3.3.2. Acometida domiciliar

Su función es conectar a la candela con el colector mediante tubería y un accesorio. Debe ser de menor o igual diámetro que el colector y debe llevar una pendiente adecuada. El ángulo aguas abajo entre la acometida y el colector debe permitir la correcta introducción del flujo; generalmente es de 45 grados.

En el diseño se contempló tubería PVC de 4" para la acometida domiciliar y el colector con un accesorio yee de 6" u 8" con reductor a 4" en los puntos necesarios; dependiendo de la situación en campo, el accesorio puede variar o se puede contemplar un codo de 45 grados para mejorar la conexión.

2.2.4. Parámetros de diseño

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo se realizó contemplando las normas generales para el diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), así como manuales técnicos de instalación y diseño por parte de proveedores de materiales. Sin embargo, el criterio propio puede omitir ciertos parámetros o modificar algunos dependiendo de las condiciones del proyecto.

La asesoría por parte del supervisor y de otros profesionales también puede ser de gran utilidad para mejorar la calidad del diseño y, por lo tanto, del servicio.

2.2.4.1. Población actual

La Dirección Municipal de Planificación cuenta con una base de datos poblacionales de las aldeas y caseríos. La parte del sistema de alcantarillado sanitario que pertenece a la aldea Cerro Gordo cuenta con una población de 798 habitantes. Para la colonia Linda Vista, se realizó un censo para estimar la población actual, debido a que no se contaba con datos de población. Se asumió una densidad de vivienda de 7 hab/vivienda, valor acordado conjunto a la municipalidad. La población estimada fue de 595 habitantes para la colonia.

2.2.4.2. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual una obra de infraestructura, en este caso el sistema de alcantarillado sanitario, prestará un servicio de manera adecuada. Existen diferentes factores que pueden afectar el valor del período de diseño, como:

- Vida útil de los materiales y equipos
- Lo acertado del pronóstico de la población
- Facilidades de ampliación
- Comportamiento del sistema en su etapa inicial

El período de diseño definido para el sistema de alcantarillado diseñado es de 20 años (acordado conjunto a la municipalidad); las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM sugieren un valor de 30 a 40 años; sin embargo, se asumió otros factores que contribuyen al incremento poblacional para poder disminuir este valor, como la densidad de vivienda. También muchos de los materiales brindan un servicio adecuado en tiempos menores a 30 años, después de este período el servicio tiende a ser de menor calidad.

2.2.4.3. Estimación de población futura

Existen diferentes métodos para estimar la población futura, como método geométrico, aritmético, entre otros. La precisión de la estimación es de gran importancia en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario debido a que los componentes de diseño dependen de la población a abastecer en el período de tiempo actual y futuro.

El método que presenta mayor precisión en la estimación es el geométrico. Este supone que la población crece a la misma tasa que para el último período censal. Considerando que el crecimiento obedece a la siguiente expresión:

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura estimada

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Actualmente, la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo cuentan con una población de 1 393 habitantes.

La tasa de crecimiento poblacional se obtiene a partir de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Para el municipio de Jutiapa se determinó que tiene un valor de 0,03 (3,00%). Por lo tanto:

$$P_f = 1\,393 * (1 + 0,03)^{20} = 2\,516 \text{ habitantes}$$

2.2.4.4. Dotación

Es la cantidad de agua por día asignada a cada habitante de determinada población; se expresa en litros/habitante/día. Para estimar la dotación adecuadamente se deben considerar diferentes factores, como clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento, calidad de agua, administración del sistema actual de distribución de agua, entre otros.

La dotación estimada y utilizada en el diseño fue de 100 l/hab/día, debido a que la mayoría de viviendas cuentan con conexiones domiciliarias de agua. Los diseñadores de la municipalidad utilizan una dotación entre 90 l/hab/día y 120 l/hab/día.

2.2.4.5. Factor de retorno

Es el porcentaje de agua proveniente de la distribución que después de ser utilizada es recibida por el sistema de alcantarillado. Este porcentaje oscila entre valores de 70% a 95%, dependiendo de factores como las actividades diarias y educación sanitaria de los habitantes. El factor de retorno utilizado fue de 85% tomando en cuenta los factores mencionados.

2.2.5. Determinación del caudal de diseño

2.2.5.1. Caudal domiciliar

Es el proveniente de las viviendas, producto de las actividades cotidianas de los habitantes, como higiene, alimentación, limpieza, etc. Es calculado para cada tramo y se determina de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No. hab * F. R.}{86\ 400}$$

Donde:

Qdom = caudal domiciliar [l/s]

Dot = dotación [l/hab/día]

No. hab = número de habitantes que contribuyen al tramo [hab]

F.R. = factor de retorno

2.2.5.2. Caudal comercial

Es el caudal proveniente de los distintos comercios como restaurantes, hoteles, mercados, etc. Las dotaciones dependerán del tipo de comercio que se esté considerando. Es determinado de la siguiente manera:

$$Q_{com} = \frac{Dot * No}{86\ 400}$$

Donde:

Qcom = caudal comercial [l/s]

Dot = dotación [l/día]

No = número de comercios del mismo tipo

Para el diseño realizado, no se consideró este caudal debido a que no existe ningún comercio en la colonia ni en la aldea.

2.2.5.3. Caudal de infiltración

Es el caudal compuesto por agua del subsuelo que logra penetrar al sistema de alcantarillado. Depende del material que compone a la tubería del sistema y su posición respecto al nivel freático. Esto es debido a que el material y el nivel freático dictan en gran manera cuán permeable es la tubería y cuánta humedad estará sometida en el lugar del proyecto.

Para la estimación del caudal de infiltración, el INFOM sugiere tomar en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería. Para tuberías de PVC y que estarán sobre el nivel freático (como en este diseño), el caudal para cada tramo se determina de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = \frac{0,01 * L * \emptyset}{1\ 000}$$

Donde:

Q_{inf} = caudal de infiltración [l/s]

L = longitud de colector que contribuye al tramo [km]

\emptyset = diámetro del colector [in]

2.2.5.4. Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal proveniente de conexiones extras de carácter pluvial, anexadas de manera ilícita; estas no deben pertenecer al sistema de alcantarillado sanitario.

Para la estimación del caudal de conexiones ilícitas, el INFOM sugiere tomar el 10% como mínimo, del caudal domiciliar. Se utilizará el 20% debido a que la comunidad no cuenta con alcantarillado pluvial. Por lo tanto:

$$Q_{ci} = 0,20 * Q_{dom}$$

Donde:

Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas [l/s]

Q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

2.2.5.5. Caudal industrial

Es el caudal proveniente de las pequeñas, medianas o grandes industrias tales como rastros municipales, fábricas textiles, etc. La estimación de este caudal se efectúa de la misma manera que el caudal comercial.

Para el diseño realizado, no se consideró este caudal debido a que no existe ninguna industria en la colonia ni en la aldea.

2.2.5.6. Caudal sanitario

Es considerado el caudal total, o sea, la suma de todos los caudales que tendrán un aporte al sistema de alcantarillado sanitario (caudales anteriormente descritos). Por lo tanto:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{ci} + Q_{ind}$$

Donde:

Q_{san} = caudal sanitario [l/s]

Q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

Q_{com} = caudal comercial [l/s]

Q_{inf} = caudal de infiltración [l/s]

Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas [l/s]

Q_{ind} = caudal industrial [l/s]

2.2.5.7. Factor de caudal medio

El factor de caudal medio relaciona la contribución de caudal por habitante en el tramo analizado. Se determina de la siguiente manera:

$$f_{qm} = \frac{Q_{san}}{No. hab}$$

Donde:

f_{qm} = factor de caudal medio

Q_{san} = caudal sanitario [l/s]

No. hab = número de habitantes [hab]

El valor del f_{qm} , según INFOM, debe de estar en el rango de [0,002, 0,005]. En el diseño realizado, la mayoría de los valores de f_{qm} eran menores (no distantes) a 0,002, por lo que se utilizó 0,003 como f_{qm} . Este valor es utilizado por algunas instituciones, como EMPAGUA.

2.2.5.8. Factor de flujo instantáneo (Harmond)

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en el tramo analizado.

El factor de Harmond se debe calcular para la población actual y futura, respectivamente. Generalmente se determina de la siguiente manera:

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

Donde:

F.H. = factor de Harmond

P = población acumulada del tramo en análisis [hab]

2.2.5.9. Caudal de diseño

Es el caudal con el cual se procede a diseñar el alcantarillado sanitario, se debe calcular un caudal de diseño actual y futuro, respectivamente. Posteriormente, con estos caudales se define el diámetro de la tubería para cada tramo. El caudal de diseño se determina de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = No. hab * fqm * F.H.$$

Donde:

Q_{dis} = caudal de diseño [l/s]

fqm = factor de caudal medio

F. H. = factor de Harmond

2.2.6. Diseño hidráulico

2.2.6.1. Velocidad a sección llena

Para determinar la velocidad del fluido a sección llena se utiliza la ecuación de Manning debido a que esta modela el comportamiento de canales aplicable a tuberías. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = velocidad a sección llena [m/s]

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Rh = radio hidráulico [m]

S = pendiente de la superficie [m/m]

El coeficiente de rugosidad de Manning depende del material del conducto. Si el material opone más resistencia al flujo, el valor del coeficiente tendrá un mayor valor numérico. Para tubería de PVC el coeficiente de Manning es 0,009 y para tubería HG es 0,016.

2.2.6.2. Caudal a sección llena

El caudal a sección llena modela la cantidad máxima de aguas servidas que permite transportar la tubería analizada; se utiliza como parámetro para establecer relaciones hidráulicas, y así calcular el caudal a sección parcial. Se determina de la siguiente manera:

$$Q = \frac{\pi}{4} * \phi^2 * V * 1000$$

Donde:

Q = caudal a sección llena [l/s]

Ø = diámetro de la tubería [m]

V = velocidad obtenida de la ecuación de Manning [m/s]

2.2.6.3. Relaciones hidráulicas

Con el objetivo de que la tubería del colector funcione adecuadamente, se debe relacionar el caudal a sección llena con el caudal de diseño (q/Q).

La relación mencionada se utiliza para obtener relaciones de velocidades y tirantes, proporcionadas mediante una tabla de cálculo. La tabla de relaciones hidráulicas simplifica el procedimiento de manera significativa.

Las relaciones hidráulicas son las siguientes:

- Relación de caudales (q/Q): modela el porcentaje del caudal de diseño respecto al máximo posible.
- Relación de velocidades (v/V): obtenida a partir de la relación q/Q , modela la velocidad del caudal de diseño respecto al máximo posible.
- Relación de tirantes (d/D): obtenida a partir de la relación q/Q , modela la altura del caudal de diseño respecto a la de la tubería. Debe estar en un rango de $[0,10,0,75]$ para que el colector funcione como un canal abierto durante todo el período de diseño.

2.2.6.4. Velocidad del caudal de diseño

La velocidad del caudal de diseño se obtiene a partir de la relación v/V y de la velocidad a sección llena. Debe estar en un rango de $[0,60,3,00]$ m/s.

Si la velocidad está debajo del valor mínimo es probable que algunos sólidos que transportan las aguas servidas no fluyan de manera adecuada y no exista autolimpieza. Si la velocidad está por encima del valor máximo es probable que la tubería se dañe por algún impacto debido a la alta velocidad.

Los límites mínimos y máximos pueden variar dependiendo los materiales o por consideración técnica en ciertas condiciones.

2.2.7. Cotas invert

Es la elevación o cota de la parte inferior del colector entrando o saliendo de un pozo de visita respecto al terreno natural. La altura de los pozos de visita depende de estas cotas.

Existen diversas maneras de calcular las cotas invert en un diseño de alcantarillado, dependiendo de las condiciones. El criterio es fundamental para definir las mismas debido a que se pueden considerar factores como tipo de suelo, tipo de tráfico o carga viva a soportar, material de la tubería, etc.

El INFOM sugiere que la diferencia entre las cotas invert de la tubería que entra y la tubería que sale de un pozo de visita sea, como mínimo, la carga de velocidad en el tubo de salida. Si las tuberías son del mismo diámetro y están en línea recta, se instalan según la pendiente.

En el diseño realizado la mayoría de tramos obedece a la pendiente del terreno. Sin embargo, muchas cotas invert se modificaron a conveniencia junto a la municipalidad por motivos de preferencia. En general, la mayoría obedece a las siguientes expresiones:

- Para pozo de visita inicial

$$CIS = C.terr - Pi$$

Donde:

CIS = cota invert de salida [m]

Cterr = cota de terreno [m]

Pi = profundidad inicial [m]

- Para pozos de visita siguientes

$$CIE = CIS_{ant} - (DR * S)$$

$$CIS = CIE - (CV \text{ ó } DDC)$$

Donde:

CIE = cota invert de entrada [m]

CIS ant = cota invert de salida de pozo anterior [m]

DR = distancia real entre pozos [m]

S = pendiente de diseño [m/m]

CIS = cota invert de salida [m]

CV = carga de velocidad [m]

DDC = distancia definida a criterio [m]

2.2.8. Ancho de zanja

Es el espacio mínimo que se necesita para realizar el trabajo de instalación del colector del sistema de alcantarillado sin dificultades. Este puede variar dependiendo de la profundidad del pozo, a mayor profundidad puede ser necesario un mayor ancho de zanja.

A continuación, se presenta una tabla con los anchos mínimos de zanja para la instalación de la tubería PVC ASTM F-949:

Tabla VII. Ancho mínimo de zanja para tubería PVC ASTM F-949

Diámetro nominal	Ancho de zanja
4	0,50
6	0,55
8	0,62
10	0,67
12	0,75
15	0,80
18	0,90

Fuente: AMANCO. *Manual técnico de tubosistemas*, p. 107.

2.2.9. Volumen de excavación

Es la cantidad de suelo que se debe remover para la instalación del colector y del sistema en general. Generalmente el volumen removido es mezclado, si es estable mecánicamente, con otro material seleccionado y compactado de manera adecuada. El volumen de excavación es determinado de la siguiente manera:

$$Vol = \left[\frac{(H1 + H2)}{2} * D * A \right]$$

Donde:

Vol = volumen de excavación [m³]

H1 = altura de pozo de visita, principio de tramo [m]

H2 = altura de pozo de visita, final de tramo [m]

D = distancia entre pozos [m]

A = ancho de zanja [m]

2.2.10. Ejemplo de cálculo

A continuación, se muestra el diseño del tramo PV 1 – PV 2.

Tabla VIII. **Datos de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario**

Datos generales	
Período de diseño	20 años
Tasa de crecimiento poblacional	3,00%
Habitantes por vivienda	7 hab/vivienda
Dotación	100 l/hab/día

Fuente: elaboración propia

- Población actual

$$P_o = \text{No. de viviendas} * \text{Hab. por vivienda}$$

$$P_o = 10 \text{ viviendas} * 7 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} = 70 \text{ hab}$$

- Población futura

$$P_f = \text{No. hab} * (1 + i)^{\text{período de diseño}}$$

$$P_f = 70 \text{ hab} * (1 + 3\%)^{20 \text{ años}} = 126 \text{ hab}$$

- Pendiente del terreno

$$S \text{ del terreno (\%)} = \frac{CT \text{ inicio} - CT \text{ final}}{DH} * 100$$

$$S \text{ del terreno (\%)} = \frac{202,95 - 199,07}{70} * 100 = 5,54\%$$

- Caudal sanitario

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{ci} + Q_{ind}$$

$$Q_{san \text{ act}} = \frac{100 * 70 * 0,85}{86 \ 400} + 0 + \frac{0,01 * 0,07 * 6}{1 \ 000} + \left(0,2 * \frac{100 * 70 * 0,85}{86 \ 400} \right) + 0$$

$$Q_{san \text{ act}} = 0,083 \text{ l/s}$$

$$Q_{san fut} = \frac{100 * 126 * 0,85}{86 400} + 0 + \frac{0,01 * 0,07 * 6}{1 000} + \left(0,2 * \frac{100 * 126 * 0,85}{86 400}\right) + 0$$

$$Q_{san fut} = 0,148 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$fqm act = \frac{Q_{san}}{No. hab}$$

$$fqm act = \frac{0,083 \text{ l/s}}{70 \text{ hab}} = 0,001185$$

$$fqm fut = \frac{Q_{san}}{No. hab}$$

$$fqm fut = \frac{0,148 \text{ l/s}}{126 \text{ hab}} = 0,001175$$

Como el valor del fqm actual y futuro es menor al mínimo, se utilizará 0,003. En el sistema de alcantarillado sanitario la mayoría de tramos no cumple con el mínimo, por lo que el valor de 0,003 fue constante.

- Factor de Harmond

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

$$F.H. actual = \frac{18 + \sqrt{\frac{70}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{70}{1000}}} = 4,2828$$

$$F.H. futuro = \frac{18 + \sqrt{\frac{126}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{126}{1000}}} = 4,2147$$

- Caudal de diseño

$$Q_{dis} = No. hab * fqm * F.H.$$

$$Q_{dis act} = 70 * 0,003 * 4,2828 = 0,90 l/s$$

$$Q_{dis fut} = 126 * 0,003 * 4,2147 = 1,59 l/s$$

- Velocidad a sección llena

Se asumirá un tubo PVC de 6", norma ASTM F-949 para comprobar si este cumple o no con los parámetros de diseño.

$$V = 0,03429 * \frac{1}{n} * \phi^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = 0,03429 * \frac{1}{0,009} * 6^{\frac{2}{3}} * 0,0554^{\frac{1}{2}} = 2,9611 m/s$$

- Caudal a sección llena

$$Q = \frac{\pi}{4} * \phi^2 * V * 1000$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * \left(6 * \frac{2,54}{100}\right)^2 * 2,9611 * 1\,000 = 54,02 \text{ l/s}$$

- Relación de caudales

$$q/Q \text{ act} = \frac{0,90}{54,02} = 0,0166$$

$$q/Q \text{ fut} = \frac{1,59}{54,02} = 0,0296$$

- Relaciones hidráulicas

Por tabla de relaciones hidráulicas, se determinan las relaciones v/V y d/D .

$$d/D \text{ act} = 0,101 \quad ; \quad d/D \text{ fut} = 0,118$$

$$v/V \text{ act} = 0,375193 \quad ; \quad v/V \text{ fut} = 0,445252$$

Por lo tanto:

$$v \text{ act} = 0,375193 * 2,9611 = 1,1109 \text{ m/s}$$

$$v \text{ fut} = 0,445252 * 2,9611 = 1,3184 \text{ m/s}$$

- Verificación de parámetros

$$d/D \text{ act} = [0,100, \mathbf{0,101}, 0,75]$$

$$v \text{ act} = [0,60, \mathbf{1,1109}, 3,00] \text{ m/s}$$

$$d/D_{fut} = [0,100, \mathbf{0,118}, 0,75]$$

$$v_{fut} = [0,60, \mathbf{1,3184}, 3,00] \text{ m/s}$$

La relación de tirantes actual y futura cumplen, el colector funcionará como un canal abierto; la sección de la tubería estará parcialmente llena durante todo su período de diseño.

Las velocidades actual y futura cumplen, el colector no será dañado ni tampoco se tendrán sólidos retenidos en los conductos.

- Cotas invert

$$CIS_{PV1} = 202,95 - 1,20 \text{ (mínima profundidad definida)} = 201,75$$

$$CIE_{PV2} = 201,75 - ((70 - 1,2) * 5,54\%) = 197,94$$

$$CIS_{PV2} = 197,94 - 0,04 - 0,03 = 197,87$$

- Volumen de excavación

$$HP_x = CT_x - PIS_x$$

$$HP1 = 202,95 - 201,75 = 1,20 \text{ m}$$

$$HP2 = 199,07 - 197,87 = 1,20 \text{ m}$$

$$Vol = \left[\frac{(H1 + H2)}{2} * D * A \right]$$

$$Vol = \left[\frac{(1,20 + 1,20)}{2} * 70 * 0,55 \right] = 46,20 m^3$$

La tabla de resultados de los cálculos realizados para el diseño del sistema de alcantarillado se presenta en la sección de apéndices.

2.2.11. Paso aéreo (cálculo de anclaje)

A continuación, se muestra el cálculo de anclaje del paso aéreo necesario en el tramo PV 43 – PV 44.

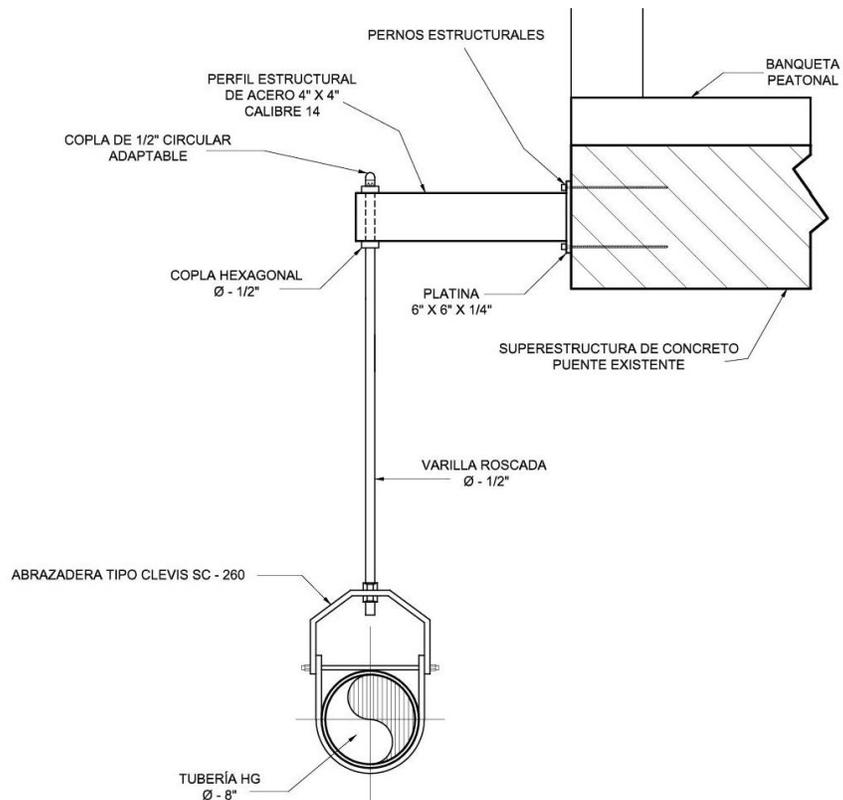
La tubería debe atravesar un zanjón y pasa a un costado del puente calle antigua (determinado en diseño); la longitud del paso aéreo es 15 m, se encuentra aproximadamente a 70 cm por debajo de la parte inferior de la superestructura del puente y a 42 cm lateralmente del mismo.

Para iniciar el cálculo del anclaje, se definió la estructura a anclar. Este proceso se realizó consultando a proveedores y profesionales para así determinar la estructura óptima en términos económicos y prácticos, considerando la disponibilidad de los materiales a utilizar en el mismo. La estructura definida está compuesta por:

- Tubería HG de 8": definida por el diseño hidráulico. Se utilizará hierro galvanizado debido a que está expuesta a agentes externos y el diámetro obedece al diseño del colector correspondiente en el tramo. Este tiene un peso promedio de 368 lb (según proveedores).
- Perfil estructural de acero 4" x 4": se utilizará para soportar la tubería, este perfil será de calibre (chapa) 14, de grado estructural 72. Peso: 49,97 lb.

- abrazadera tipo Clevis SC – 260: se utilizará para unir la tubería a la estructura a anclar, esta se definió por su calidad técnica, versatilidad y disponibilidad en el mercado actual. Peso: 4,45 lb.
- Varilla roscada de $\frac{1}{2}$ " : se utilizará para unir la abrazadera con el perfil estructural mediante coplas y así, hacer un solo miembro estructural.
- Platina 6" x 6" x $\frac{1}{4}$ " : se utilizará para soldar el perfil estructural a esta y mediante pernos estructurales (calculados posteriormente) y así, anclar toda la estructura a la parte lateral del puente.

Figura 5. Esquema de anclaje

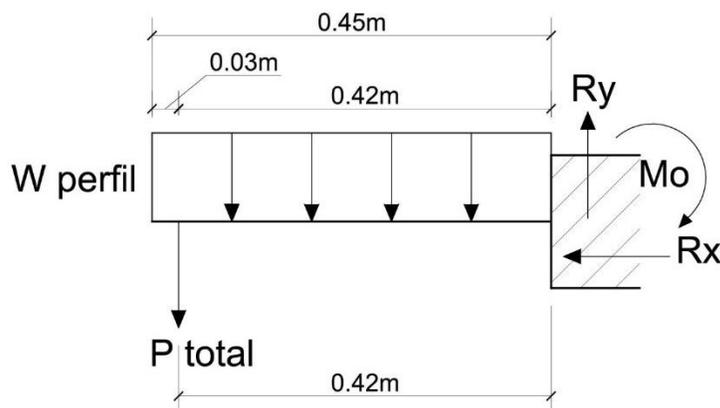


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

Con la estructura a anclar ya definida, es necesario determinar la cantidad de pernos a utilizar para el anclaje o si es necesario utilizar otra estructura. Por lo tanto, se debe realizar un análisis estructural para evaluar la misma. Es importante mencionar que la separación entre anclajes será de 2 m, distancia definida conjunto a la municipalidad.

Para el análisis estructural la estructura se evaluará como un voladizo. Como la estructura estará pernada, es válido considerarla como empotrada en el extremo anclado para el análisis. En esta actuarán dos fuerzas, el peso propio del perfil que será una carga distribuida en la longitud del voladizo y el peso total del resto de la estructura, que será una carga puntual a 42 cm del empotramiento (longitud definida por el diseño hidráulico).

Figura 6. **Diagrama de cuerpo libre**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

Con las reacciones en el empotramiento y con las fuerzas externas (puntual y distribuida) ya identificadas es necesario calcular la magnitud de las mismas. A continuación, se muestran los componentes de estas y el cálculo.

- Carga distribuida: generada por el peso propio del perfil estructural 4" x 4", calibre 14. Su peso es 49,97 lb por unidad (6 m); peso proporcionado por proveedores. Por lo tanto:

$$W_{perfil} = \frac{49,97 \text{ lb}}{6 \text{ m}} * \frac{1 \text{ kg}}{2,204 \text{ lb}} = 3,78 \text{ kg/m} \cong 3,80 \text{ kg/m}$$

- Carga puntual: generada por el peso de 2 m (separación entre anclajes) de tubería HG de 8", peso del caudal futuro en el tramo PV 43 – PV 44, peso por 1 m (longitud vertical máxima) de la varilla roscada de ½", peso de la abrazadera Clevis SC – 260 y peso por demás componentes (coplas y tuercas). Los datos de peso de los elementos fueron proporcionados por proveedores. Por lo tanto:

$$W_{HG} = \frac{364 \text{ lb}}{6 \text{ m}} * \frac{1 \text{ kg}}{2,204 \text{ lb}} * 2 \text{ m} = 55,05 \text{ kg} \cong 56 \text{ kg}$$

$$W_Q = 15,96 \text{ l} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ l}} * \frac{1\,000 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 15,96 \text{ kg} \cong 16 \text{ kg}$$

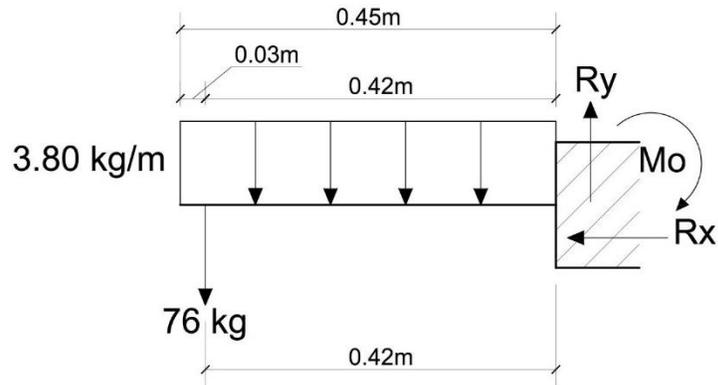
$$W_{var} = \frac{100 \text{ lb}}{1 \text{ qq}} * \frac{1 \text{ kg}}{2,204 \text{ lb}} \frac{1 \text{ qq}}{7,606 \text{ var}} * \frac{1 \text{ var}}{6 \text{ m}} * 1 \text{ m} = 0,99 \text{ kg} \cong 1 \text{ kg}$$

$$W_{abraz} = 4,45 \text{ lb} * \frac{1 \text{ lb}}{2,204 \text{ kg}} = 2,01 \text{ kg} \cong 2 \text{ kg}$$

$$W_{extras} = 1 \text{ kg}$$

$$P_{total} = (56 + 16 + 1 + 2 + 1) \text{ kg} = 76 \text{ kg}$$

Figura 7. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

Con las cargas ya determinadas, se procede a calcular las reacciones en el empotramiento y su momento resultante. Es importante mencionar que el sistema debe estar en equilibrio.

- Reacción en eje X

$$\sum F_x = 0$$

$$R_x = 0$$

- Reacción en eje Y

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - 76 \text{ kg} - (3,80 \text{ kg/m})(0,45 \text{ m}) = 0$$

$$R_y = 76 \text{ kg} + 1,71 \text{ kg} = 77,71 \text{ kg} \cong 78 \text{ kg}$$

- Momento resultante

La sumatoria de momentos será realizada respecto al punto de empotramiento.

$$\sum M_o = 0$$

$$M_o - (76\text{kg})(0,42\text{m}) - \frac{1}{2}(3,80\text{kg/m})(0,45 \text{ m})^2 = 0$$

$$M_o = (31,92 + 0,38)\text{kg} - m = 32,30 \text{ kg} - m$$

Para determinar la cantidad de pernos estructurales necesarios para anclar la estructura propuesta al puente se deben de determinar los esfuerzos actuantes en el punto de empotramiento. Estos esfuerzos serán de corte y normal por flexión. Se considerará la sección del perfil estructural 4" x 4" debido a que este estará soldado a la platina y su sección transversal no es de alma llena.

Figura 8. **Sección transversal del perfil**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

La sección transversal es de 10 cm x 10 cm (parte externa) y de 9,64 cm x 9,64 cm (parte interna) debido a que el espesor de pared es 1,8 mm (0,18 cm).

- Esfuerzo normal por flexión

El esfuerzo normal producido por momento flexionante generalmente es llamado esfuerzo por flexión. La expresión a utilizar indica que el esfuerzo debido a la flexión en cualquier sección es directamente proporcional a la distancia del punto considerado a la línea neutra. La expresión depende de la inercia de la sección (I), el momento flexionante en análisis (M) y la distancia hacia la fibra más lejana del eje neutro (C), debido a que se calculará el esfuerzo máximo.

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma = \frac{(3\,230\text{ kg} - \text{cm}) * (10/2\text{ cm})}{[(1/12 * 10 * 10^3) - (1/12 * 9,64 * 9,64^3)]\text{ cm}^4} = 142,07\text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo actuará en la parte superior e inferior del anclaje, debido a tensión y compresión respectivamente. Se utilizará un factor de seguridad de 3.

$$\sigma = 3 * 142,07\text{ kg/cm}^2 = 426,21\text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzo cortante

Este esfuerzo depende de la ubicación del cortante en análisis, en este caso, el punto de análisis es el empotramiento. El esfuerzo por corte no es constante en toda la sección transversal de un elemento, por lo que se determinará el esfuerzo máximo producido.

La expresión a utilizar depende del momento estático de área (Q), la inercia de la sección (I), la fuerza cortante en el punto de análisis (V) y la base de la sección (b). Se utilizará un factor de seguridad de 3.

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

Determinación del momento estático de área:

$$Q = A * y$$

$$A = (10 * 10/2)cm - (9,64 * 9,64/2)cm = 3,54 \text{ cm}^2$$

$$y = \frac{[(10 * 5^2)/2 - (9,64 * 4,82^2)/2] \text{ cm}^3}{3,54 \text{ cm}^2} = 3,68 \text{ cm}$$

$$Q = 3,54 \text{ cm}^2 * 3,68 \text{ cm} = 13,03 \text{ cm}^3$$

Determinación del esfuerzo cortante máximo:

$$\tau = \frac{(78 \text{ kg}) * (13,03 \text{ cm}^3)}{[(1/12 * 10 * 10^3) - (1/12 * 9,82 * 9,82^3)] \text{ cm}^4 * (0,36 \text{ cm})} = 24,84 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 3 * 24,84 \text{ kg/cm}^2 = 74,52 \text{ kg/cm}^2$$

Con los esfuerzos por flexión y por corte ya determinados, es necesario seleccionar los pernos estructurales adecuados. Los pernos serán sometidos a tracción y corte, principalmente. Por lo tanto, es necesario verificar la resistencia a la tracción y corte, respectivamente.

Para prevenir fallas en la unión, se debe proveer un número adecuado de pernos, con las separaciones adecuadas, distancias a los bordes, longitudes de pernos y demás exigencias geométricas recomendadas por las especificaciones o proveedores.

Tomando en cuenta lo mencionado, se consideró la norma ASTM A – 325 debido a que rige la resistencia de carácter estructural para pernos. Estos pernos tienen cabeza hexagonal con diámetros de ½” a 1 ½”, de acero con mediano contenido de carbono, tratados al calor. Su esfuerzo de fluencia varía dependiendo del diámetro.

Se evaluará un perno de diámetro ½”.

- Resistencia al corte del perno ASTM A – 325

El análisis del anclaje será considerando por falla debido a corte simple, debido a que no existen capas adicionales de material que puedan incrementar los planos de corte.

Según la norma ASTM A – 325 la resistencia de diseño a corte se determina de la siguiente manera:

$$R_{nv} = \phi * (F_v * A_b)$$

Donde:

R_{nv} = resistencia de diseño a corte [kg/cm²]

F_v = resistencia nominal a corte [kg/cm²]

A_b = área nominal del perno [cm²]

ϕ = factor de seguridad de 0,75 para resistencia a corte

Los pernos ASTM A – 325 se pueden especificar con rosca incluida (N) o excluida (X) del plano de corte de la conexión. La resistencia a corte nominal del perno con rosca incluida es menor que la de pernos con rosca excluida; los valores dictados por la norma considerando un empotramiento de 20 cm son:

- Fv Perno ASTM A – 325 (X) = 1 195 kg/cm²
- Fv Perno ASTM A – 325 (N) = 897 kg/cm²

Estos valores dependen del tipo de agujero en el cual se instalarán los pernos; se consideró un agujero estándar. Este consiste en hacer una ranura de mayor diámetro para que el perno entre simétricamente en esta.

Muchos proveedores en el mercado no proveen ambas denominaciones (N y X) por lo que se tomará el perno de menor resistencia a corte para el análisis.

$$R_{nv} = 0,75 * (897 \text{ kg/cm}^2 * 1,27 \text{ cm}^2) = 854,39 \text{ kg/cm}^2$$

La resistencia de diseño a corte es 854,39 kg/cm².

- Resistencia a tracción del perno ASTM A – 325

En el anclaje sugerido, la resistencia a tracción es fundamental y el momento flexionante debido al peso de la estructura es el que dicta la magnitud (calculada anteriormente) del esfuerzo por flexión actuante en el empotramiento.

Según la norma ASTM A – 325 la resistencia de diseño a tracción se determina de la siguiente manera:

$$R_{nt} = \phi * (F_t * A_b)$$

Donde:

R_{nt} = resistencia de diseño a tracción [kg/cm^2]

F_t = resistencia nominal a tracción [kg/cm^2]

A_b = área nominal del perno [cm^2]

ϕ = factor de seguridad de 0,75 para resistencia a tracción

La norma ASTM A – 325 dicta un valor de resistencia nominal a tracción de $6\,330\text{ kg}/\text{cm}^2$, considerando un empotramiento de 20 cm. Por lo tanto:

$$R_{nt} = 0,75 * (6\,330\text{ kg}/\text{cm}^2 * 1,27\text{ cm}^2) = 6\,029,32\text{ kg}/\text{cm}^2$$

La resistencia de diseño a tracción es $6\,029,32\text{ kg}/\text{cm}^2$.

- Número de pernos necesarios por anclaje

Para determinar el número de pernos necesarios para cada anclaje se debe de dividir el esfuerzo actuante entre el esfuerzo de diseño de corte y tracción respectivamente. Se debe tomar el número de pernos mayor obtenido de las relaciones anteriores.

- Pernos necesarios debido a corte

$$n = \frac{74,52\text{ kg}/\text{cm}^2}{854,39\text{ kg}/\text{cm}^2} = 0,087$$

- Pernos necesarios debido a tracción

$$n = \frac{426,21\text{ kg}/\text{cm}^2}{6\,029,32\text{ kg}/\text{cm}^2} = 0,071$$

Es evidente que los esfuerzos actuantes de corte y tracción son demasiado pequeños para los pernos analizados, por lo que se hace necesario 1 perno en la parte inferior y superior de la platina para soportar los esfuerzos. Sin embargo, por motivos estéticos se considerarán dos pernos en la parte superior y dos pernos en la parte inferior de la platina.

Los pernos a instalar deberán estar separados 12 cm (a ejes) simétricamente considerando la parte lateral y superior o inferior (dependiendo del perno) a manera de formar un cuadrado de 12 cm x 12 cm en la platina.

- Consideración por carga de viento

En el análisis previo no se consideró carga de viento en la estructura por lo que se agregará una varilla lisa de $\frac{1}{2}$ " a la parte lateral de la varilla roscada, ubicada a 30 cm de la parte inferior del perfil estructural dirigida a 45 grados hacia el empotramiento (ver sección de apéndices) como factor de seguridad. Esto dará una mayor rigidez al elemento y evitará la oscilación lateral que la estructura pueda tener debido a viento.

- Consideración por condiciones de terreno

El puente calle antigua atraviesa un zanjón, llamado zanjón Salado. El paso de agua por este es nulo en época seca, y en el resto del año es insignificante. Por lo tanto, no existe riesgo de que el paso del agua afecte la estructura del anclaje. Sin embargo, se consideró una crecida máxima de 2 metros sobre el nivel inferior del zanjón. Este parámetro fue acordado conjunto a la municipalidad por medio de datos que la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) proporciona a la misma. Este parámetro de seguridad puede ser útil para futuros proyectos.

La parte más baja del anclaje diseñado pasa 2,20 m arriba de la crecida máxima asumida y 4,15 metros respecto al nivel de la parte inferior del zanjón. Las alturas del anclaje con respecto a la crecida máxima asumida y al nivel inferior del zanjón Salado son adecuadas.

Todos los parámetros anteriores son fundamentales para que el anclaje cumpla con el servicio necesario durante el período de diseño del proyecto (como mínimo). Por lo tanto, el diseño del anclaje propuesto es adecuado y cumple con los parámetros mencionados de resistencia y seguridad.

Como se mencionó, la separación entre anclajes debe ser de 2 m. Por lo tanto, serán necesarios 6 anclajes en total, con una separación adicional de 50 cm al principio y al final del zanjón. Con los valores calculados se podría definir una separación mayor, sin embargo, por motivos de estética visual e instalación se conservará el valor de 2 m.

2.2.12. Tratamiento de aguas residuales

El objetivo del tratamiento de aguas residuales es reducir la contaminación al medio ambiente, principalmente de ríos, lagos, mantos acuíferos, etc. Posterior a este diseño, se ha planificado el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el sitio de desfogue como parte del cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

El acuerdo mencionado establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Por lo tanto, el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales debe ser ejecutado por un ingeniero sanitaria cumpliendo con el acuerdo, demás normas y especificaciones competentes.

2.2.13. Presupuesto del proyecto

Para proyectos de infraestructura, un presupuesto se define como el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción del mismo. Este se compone de renglones de trabajo.

Los renglones de trabajo son el resultado de sumar el costo directo más el costo indirecto para determinada actividad de construcción.

2.2.13.1. Costos directos

Son los costos previstos en los que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en cantidad y tiempo. Contemplan las actividades de construcción, suministro, instalación y rendimiento indispensables para llevar a cabo el proyecto.

2.2.13.1.1. Materiales

Es el costo directo previsto por la adquisición, traslado y utilización de la cantidad de materiales necesaria para ejecutar las diferentes actividades de un determinado renglón de trabajo. Este costo varía debido a las condiciones y ubicación del proyecto.

2.2.13.1.2. Mano de obra

Es el costo directo previsto por el tipo y la cantidad de trabajadores u operarios de la construcción que deberán ser empleados temporalmente para la ejecución de determinado renglón de trabajo. La mano de obra puede variar significativamente según calidad de la misma y ubicación geográfica.

2.2.13.1.3. Herramienta y equipo

Es el costo directo previsto por el tipo y cantidad de herramientas o equipo menor de construcción que deben ser utilizadas para la ejecución de una o más actividades para determinado renglón de trabajo. Generalmente se toma un porcentaje del costo de materiales debido a que muchas de estas herramientas o equipo son reutilizables y el concepto de cobro es por depreciación.

Generalmente se toma el 5% del costo de materiales del renglón.

2.2.13.1.4. Transporte y maquinaria

Es el costo directo previsto por el tipo y la cantidad de transporte o maquinaria necesaria para movilizar el material, herramientas, equipo o realizar las actividades de determinado renglón. Estos costos generalmente se obtienen acorde a la renta por hora, unidad de medida o viaje del transporte o maquinaria.

2.2.13.2. Costos indirectos

Son los costos previstos en que se debe incurrir de manera global o generalizada para realizar la ejecución del proyecto en un plazo establecido, sin que puedan ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra.

Los costos indirectos generalmente están integrados por costos de contratación, fianzas, gastos administrativos, supervisión, utilidad, impuestos y servicios especializados. Esta integración puede variar dependiendo del proyecto a ejecutar debido a que la naturaleza del mismo puede demandar gastos extraordinarios.

Para el presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo se tomaron en cuenta tres costos globales, a manera de resumir los costos indirectos. Estos costos son:

- Impuestos
- Imprevistos
- Gastos administrativos, fianzas, supervisión, entre otros.

Los costos directos e indirectos fueron regidos por la base de datos que tiene la municipalidad, modificados estos a criterio propio. A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto.

Tabla IX. **Presupuesto del proyecto**

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA LINDA VISTA Y ALDEA CERRO GORDO JUTIAPA, JUTIAPA RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO					
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
ALCANTARILLADO SANITARIO					
1.00	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	2120.00	ml	Q8.88	Q18,825.60
2.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA	1712.00	m3	Q90.35	Q154,679.20
3.00	PASTILLA DE MATERIAL SELECTO PARA COLECTOR (t= 0.10 m)	149.00	m3	Q207.81	Q30,963.69
4.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 6"	1896.00	ml	Q168.62	Q319,703.52
5.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 8"	192.00	ml	Q239.29	Q45,943.68
6.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 10"	18.00	ml	Q352.28	Q6,341.04
7.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA	1712.00	m3	Q109.46	Q187,395.52
8.00	CONSTRUCCIÓN DE POZO DE VISITA (h= 1.00 - 1.50 m)	27.00	unidad	Q4,925.07	Q132,976.89
9.00	CONSTRUCCIÓN DE POZO DE VISITA (h= 1.51 - 2.10 m)	18.00	unidad	Q6,428.88	Q115,719.84
10.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PASO AÉREO COMPUESTO DE TUBERÍA HG DE 8"	1.00	global	Q43,494.75	Q43,494.75
11.00	INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CANDELA DOMICILIAR	199.00	unidad	Q787.46	Q156,704.54
12.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIAR	199.00	unidad	Q1,022.21	Q203,419.79
13.00	LIMPIEZA FINAL	1.00	global	Q8,840.40	Q8,840.40
COSTO TOTAL DEL PROYECTO =					Q1,425,008.46

Fuente: elaboración propia.

2.2.14. Cronograma de ejecución

Tabla X. Cronograma de ejecución físico-financiero

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO-FINANCIERO		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
1.00	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	Q18,825.60					
2.00	EXCAVACIÓN DE ZANJA	Q154,679.20					
3.00	PASTILLA DE MATERIAL SELECTO PARA COLECTOR CENTRAL (L= 0.10 m)	Q30,963.69					
4.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 8"	Q319,703.52					
5.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 8"	Q45,943.68					
6.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC NORMA ASTM F-949 DE 10"	Q6,341.04					
7.00	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJA	Q187,395.52					
8.00	CONSTRUCCIÓN DE POZO DE VISITA (h= 1.20 - 1.50 m)	Q132,976.89					
9.00	CONSTRUCCIÓN DE POZO DE VISITA (h= 1.51 - 2.10 m)	Q115,719.84					
10.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PASO AÉREO COMPUUESTO DE TUBERÍA HG DE 8"	Q43,494.75					
11.00	INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE CANDELA DOMICILIAR	Q156,704.54					
12.00	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIAR	Q203,419.79					
13.00	LIMPIEZA FINAL	Q8,840.40					
INVERSIÓN		Q49,761.44	Q281,888.18	Q354,276.93	Q242,855.39	Q333,441.38	Q162,785.14
PORCENTAJE DE INVERSIÓN		3.49%	19.79%	24.86%	17.04%	23.40%	11.42%
PORCENTAJE DE INVERSIÓN ACUMULADO		3.49%	23.27%	48.13%	65.18%	88.58%	100.00%

Fuente: elaboración propia.

2.2.15. Impacto ambiental

Todo proyecto de ingeniería civil genera un impacto ambiental, que puede ser bajo, moderado o alto. Para determinar qué tipo de impacto ambiental genera un proyecto y su magnitud se realiza una evaluación de impacto ambiental (EIA).

La evaluación de impacto ambiental busca cumplir la legislación vigente, manteniendo parámetros establecidos de calidad, operación y mantenimiento. Existen categorías de impacto ambiental potencial, las cuales son:

- Categoría A: alto impacto ambiental potencial
- Categoría B1: de alto a moderado impacto ambiental potencial
- Categoría B2: de moderado a bajo impacto ambiental
- Categoría C: de bajo impacto ambiental potencial

Un sistema de alcantarillado sanitario produce un alto impacto ambiental si las aguas servidas no son tratadas antes de introducirlas a un cuerpo de agua. Si el proyecto contempla la planta de tratamiento de aguas residuales, el impacto es moderado o bajo, dependiendo de la eficacia de la planta.

Los componentes de impacto ambiental negativos para un proyecto de esta naturaleza pueden ser los siguientes:

- Contaminación debido al uso de materiales o compuestos para el proceso constructivo y a la necesidad de unir tubos. La mayoría de estos compuestos son cemento solvente para tubería PVC, cemento hidráulico, entre otros.

- Contaminación por uso de combustibles y gases emanados. Es necesario utilizar maquinaria y transporte para la ejecución del proyecto.
- Eliminación de vegetación o capas vegetales. Durante el proceso de construcción se debe eliminar estas para la instalación de tuberías y demás componentes del sistema.
- Generación de polvo, debido a la movilización de maquinaria, movimiento de tierras, excavación, operarios y actividades constructivas.

También existen medidas de mitigación que se pueden aplicar al proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para disminuir los componentes negativos del impacto ambiental mencionados, y así reducir el impacto ambiental potencial, por ejemplo:

- Excavar la zanja únicamente en lugares donde sea necesario, considerar anchos de zanja mínimos y utilizar maquinaria o equipo adecuado.
- Mejorar la educación sanitaria de los habitantes mediante diferentes capacitaciones, eventos o campañas coordinadas por la municipalidad.
- Realizar las operaciones de movimiento de tierras cuando haya una menor afluencia vehicular y peatonal. Además, humedecer el suelo para evitar la generación y esparcimiento de polvo.
- Monitorear adecuadamente el mantenimiento del sistema, considerar posibles modificaciones y su período de diseño. Cada una de las modificaciones debe ser justificada técnicamente.

- Al construir los pozos de visita, evitar desperdiciar materiales y obstruir posibles rutas o accesos viales.

Por lo tanto, para el sistema diseñado es necesario tomar en cuenta todas las precauciones necesarias al momento de su ejecución y funcionamiento. La seguridad y salud ocupacional también pueden contribuir a reducir de una u otra manera el impacto ambiental potencial; deben estar presentes en el momento de su construcción, instalación y mantenimiento.

Así como se mencionaron componentes negativos de impacto ambiental, también existen componentes positivos. Estos generalmente se obtienen en el período de operación del proyecto porque son el propósito del mismo. Para el sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo son los siguientes:

- Existencia de un sistema adecuado de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo. Todos los habitantes tendrán acceso a una conexión domiciliar; por lo tanto, podrán utilizar artefactos para sus necesidades fisiológicas y ya no letrinas.
- Reducción de la tasa de morbilidad en la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo, principalmente producida por enfermedades de origen hídrico.
- Mayor confortabilidad y bienestar para los habitantes de la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo debido a que la percepción de olores desagradables será menor.

Con una correcta supervisión en la construcción, operación y mantenimiento se pueden minimizar el impacto ambiental negativo y maximizar el impacto ambiental positivo en la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo, así como en cualquier otro proyecto de infraestructura o saneamiento.

CONCLUSIONES

1. Los diseños realizados brindan una posible solución a la municipalidad para la problemática diagnosticada en el caserío Joyitas, colonia Linda Vista y aldea Cerro Gordo. Buscan mejorar las condiciones de vida y disminuir en un futuro la tasa de morbilidad en las comunidades.
2. El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable fue realizado considerando la guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano. Se omitieron algunos parámetros como la profundidad de zanja, de 80 cm a 50 cm en la línea de conducción, y de 80 cm a 70 cm en la red de distribución. Esto debido a que la ruta de la tubería contempla zonas no transitables por peatones ni por vehículos.
3. Para el proyecto de abastecimiento de agua potable, el precio por metro lineal del sistema es de Q 170,50. El valor por metro lineal de sistema para los proyectos de abastecimiento de agua potable que diseña la municipalidad oscila entre Q 205,00 a Q 298,00. Esta variación se debe a que en la mayoría de los proyectos se incluyen sistemas de bombeo, corte de pavimento existente, pasos aéreos, etc. Por lo tanto, el valor obtenido es aceptable debido a que no se contemplan características especiales.
4. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario fue realizado considerando las normas generales para el diseño de alcantarillados. Se omitieron algunos aspectos, como el período de diseño dictado por estas y se utilizó un valor de 20 años, acordado junto a la municipalidad.

5. Para el proyecto de alcantarillado sanitario, el precio por metro lineal del sistema es de Q 672,50. El valor por metro lineal de sistema para los proyectos de alcantarillado sanitario que diseña la municipalidad oscila entre Q 490,00 a Q 770,00. El valor obtenido está dentro del rango, cercano al límite superior. El precio es elevado debido a que se contemplaron distancias entre pozos de visita no cercanas al límite sugerido por la guía (100 m) y un paso aéreo compuesto por tubería HG.

6. Con el fin de facilitar el proceso constructivo se realizó un juego de planos, presupuesto y cronograma de ejecución físico-financiero para cada uno de los proyectos, tomando en cuenta la disponibilidad de los materiales y mano de obra.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Jutiapa, Jutiapa.

1. Garantizar la calidad de la mano de obra, tanto profesional como no profesional, en la ejecución de los proyectos. Esto con el fin de construir adecuadamente cada uno de los proyectos.
2. Instalar la tubería del sistema de alcantarillado sanitario con una supervisión minuciosa, debido a que muchos tramos fueron diseñados con una pendiente relativamente pequeña. La topografía debe tener un alto grado de precisión.
3. Realizar las evaluaciones de calidad en la etapa constructiva, como la prueba de infiltración en la tubería, con el fin de no afectar el funcionamiento posterior de ambos proyectos.
4. Instalar el paso aéreo del sistema de alcantarillado sanitario con una supervisión adecuada y mano de obra calificada, tratando de no modificar la pendiente del tramo y con base estricta en las especificaciones técnicas.
5. Velar por el mantenimiento preventivo y correctivo de la calidad del agua, tanque de abastecimiento, válvulas, pozos de visita, entre otros. Utilizar el programa de operación y mantenimiento propuesto u otro que se adapte mejor a las necesidades del sistema, para asegurar su funcionalidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual técnico de tubosistemas*. 1ª ed. Guatemala: Mexichem, 2010. 107 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S– 11)*. Estados Unidos: Comité 318 ACI, 2011. 419 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala, AGIES NSE 2-10 Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección*. Guatemala: AGIES, 2010. 14 p.
4. ESPINOZA ABREU, Adrián Esteban. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea El Soyate, San Antonio La Paz, El Progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 70 p.
5. GARCÍA RAMOS, Luis Gabriel. *Diseño del sistema alcantarillado sanitario y carretera para Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 46 p.

6. HERNÁNDEZ MICULAX, Edgar Eduardo. *Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial para la comunidad El Durazno, Chimaltenango, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. 169 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM y Ministerio de Salud Pública, 2011. 27 p.
8. _____ . *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 12 p.
9. LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. 2a ed. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2003. 251 p.

APÉNDICES

Apéndice 1.

**Memoria de cálculo del sistema de abastecimiento
de agua potable para el caserío Joyitas**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, CASERÍO JOYITAS

RESULTADOS OBTENIDOS POR MEDIO DE HAZEL - WILLIAMS											COMPARACIÓN DE RESULTADOS (MANUAL - WATERCAD V8i)										
LÍNEA DE CONDUCCIÓN											LÍNEA DE CONDUCCIÓN										
TRAMO EN ANÁLISIS	CP INICIAL (m)	LONGITUD (m)	Ø NOMINAL (in)	Ø INTERNO (in)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDA (m)	CP FINAL (m)	VEL. (m/s)	PRESIÓN DE SERVICIO INICIAL (mca)	PRESIÓN DE SERVICIO FINAL (mca)	TRAMO EN ANÁLISIS	LONGITUD (m)	Ø NOMINAL (in)	Ø INTERNO (in)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDA MANUAL (m)	PÉRDIDA WATERCAD (m)	VAR (%)	VEL. MANUAL (m/s)	VEL. WATERCAD (m/s)	VAR (%)
TRAMO 1	1089.90	770.00	1.50	1.754	1.42	16.47	1073.43	0.91	-	54.43	TRAMO 1	770.00	1.50	1.754	1.42	16.471	16.797	1.98%	0.911	0.915	0.39%
TRAMO 2	1073.43	475.00	1.00	1.195	1.42	65.85	1007.58	1.96	54.43	7.58	TRAMO 2	475.00	1.00	1.195	1.42	65.851	67.030	1.79%	1.963	1.970	0.35%
RED DE DISTRIBUCIÓN											RED DE DISTRIBUCIÓN										
TRAMO EN ANÁLISIS	CP INICIAL (m)	LONGITUD (m)	Ø NOMINAL (in)	Ø INTERNO (in)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDA (m)	CP FINAL (m)	VEL. (m/s)	PRESIÓN DE SERVICIO INICIAL (mca)	PRESIÓN DE SERVICIO FINAL (mca)	TRAMO EN ANÁLISIS	LONGITUD (m)	Ø NOMINAL (in)	Ø INTERNO (in)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDA (m)	PÉRDIDA WATERCAD (m)	VAR (%)	VEL. MANUAL (m/s)	VEL. WATERCAD (m/s)	VAR (%)
TRAMO 1 LÍNEA CENTRAL	1000.00	403.96	2.00	2.193	3.54	15.78	984.22	1.45	-	29.94	TRAMO 1 LÍNEA CENTRAL	403.96	2.00	2.193	3.54	15.778	16.053	1.74%	1.453	1.458	0.34%
TRAMO 2 LÍNEA CENTRAL	984.22	116.66	1.50	1.754	3.06	10.33	973.89	1.96	29.94	23.79	TRAMO 2 LÍNEA CENTRAL	116.66	1.50	1.754	3.06	10.328	10.422	0.91%	1.963	1.967	0.18%
TRAMO 3 LÍNEA CENTRAL	973.89	221.61	1.50	1.754	2.40	12.52	961.38	1.54	23.79	18.80	TRAMO 3 LÍNEA CENTRAL	221.61	1.50	1.754	2.40	12.516	12.696	1.44%	1.540	1.544	0.29%
TRAMO 4 LÍNEA CENTRAL	961.38	247.75	1.25	1.532	1.35	9.33	952.05	1.14	18.80	16.55	TRAMO 4 LÍNEA CENTRAL	247.75	1.25	1.532	1.35	9.329	9.458	1.38%	1.135	1.139	0.27%
RAMAL 1	984.22	115.38	1.00	1.195	0.48	2.15	982.07	0.66	29.94	32.65	RAMAL 1	115.38	1.00	1.195	0.48	2.151	2.172	0.97%	0.664	0.665	0.19%
RAMAL 2	973.89	365.16	1.00	1.195	0.66	12.27	961.63	0.91	23.79	20.65	RAMAL 2	365.16	1.00	1.195	0.66	12.268	12.466	1.61%	0.912	0.915	0.32%
RAMAL 3	961.38	40.46	1.00	1.195	0.44	0.64	960.74	0.61	18.80	19.46	RAMAL 3	40.46	1.00	1.195	0.44	0.642	0.646	0.61%	0.608	0.609	0.12%
RAMAL 4	952.05	331.10	1.00	1.195	0.65	10.81	941.24	0.90	16.55	11.35	RAMAL 4	331.10	1.00	1.195	0.65	10.814	10.982	1.55%	0.899	0.901	0.31%
RAMAL 5	952.05	262.59	1.00	1.195	0.57	6.73	945.32	0.79	16.55	15.28	RAMAL 5	262.59	1.00	1.195	0.57	6.726	6.822	1.43%	0.788	0.790	0.28%

Apéndice 2.

Memoria de cálculo del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, COLONIA LINDA VISTA																							
DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (m)	S. TERR.	No. DE CASAS		HAB. A SERVIR		FACT. HARMOND		Qd (l/s)		DIÁMETRO (in)	Sec. Llena		V (m/s)		S. MODIF.	COTAS INVERT		ALTURA DE POZO	EXC. (m³)
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO		V (m/s)	Q (l/s)	ACTUAL	FUTURO		ENTRADA	SALIDA		
1	2	202.95	199.07	70.00	5.54%	10	10	70	126	4.28	4.21	0.90	1.60	6	2.96	54.03	1.11	1.32	5.54%	INICIO	201.75	1.20	46.20
2	3	199.07	195.70	60.25	5.59%	8	18	126	228	4.21	4.13	1.59	2.82	6	2.98	54.27	1.32	1.57	5.59%	197.94	197.87	1.20	43.08
3	6	195.70	195.50	39.67	0.50%	3	21	147	265	4.19	4.10	1.85	3.27	6	0.89	16.29	0.60	0.70	0.50%	194.38	194.30	1.40	31.09
4	5	201.50	197.51	60.00	6.65%	10	10	70	126	4.28	4.21	0.90	1.60	6	2.95	53.82	1.11	1.31	5.50%	INICIO	200.10	1.40	46.20
5	6	197.51	195.50	45.93	4.38%	7	17	119	215	4.22	4.14	1.51	2.67	6	2.63	48.01	1.20	1.42	4.38%	196.71	196.11	1.40	36.00
6	9	195.50	194.90	39.64	1.51%	2	40	280	506	4.09	3.97	3.44	6.03	6	1.55	28.23	1.05	1.23	1.51%	194.17	194.05	1.45	32.48
7	8	198.50	196.74	50.00	3.52%	9	9	63	114	4.29	4.23	0.81	1.44	6	2.36	43.06	0.92	1.09	3.52%	INICIO	200.03	1.20	36.03
8	9	196.74	194.90	36.45	5.05%	6	15	105	190	4.24	4.16	1.33	2.36	6	2.83	51.56	1.21	1.44	5.05%	195.57	195.31	1.42	29.57
9	11	194.90	194.74	42.24	0.38%	2	57	399	721	4.02	3.89	4.82	8.40	6	0.93	17.02	0.80	0.93	0.55%	193.56	193.37	1.53	54.13
10	11	198.20	194.74	69.79	4.96%	13	13	91	164	4.25	4.18	1.16	2.06	6	2.80	51.10	1.16	1.37	4.96%	INICIO	196.80	1.40	57.58
11	13	194.74	194.36	37.77	1.01%	3	73	511	923	3.97	3.82	6.09	10.58	6	1.26	23.02	1.07	1.24	1.01%	193.42	193.14	1.60	33.65
12	13	197.00	194.36	54.67	4.83%	8	8	56	101	4.30	4.24	0.72	1.29	6	2.44	44.44	0.91	1.08	3.75%	INICIO	195.60	1.40	45.70
13	14	194.36	194.10	20.00	1.30%	1	82	574	1037	3.94	3.79	6.79	11.79	6	1.43	26.17	1.21	1.40	1.30%	192.78	192.72	1.64	18.37
14	15	194.10	193.69	49.93	0.82%	3	85	595	1075	3.93	3.78	7.02	12.19	6	1.14	20.80	1.03	1.18	0.82%	192.48	192.40	1.70	47.37
15	16	193.69	193.52	10.60	1.60%	0	85	595	1075	3.93	3.78	7.02	12.19	6	1.59	29.06	1.31	1.52	1.60%	192.00	191.94	1.75	10.29
16	17	193.52	192.25	32.92	3.86%	0	85	595	1075	3.93	3.78	7.02	12.19	6	2.47	45.07	1.80	2.10	3.86%	191.79	191.74	1.78	41.46

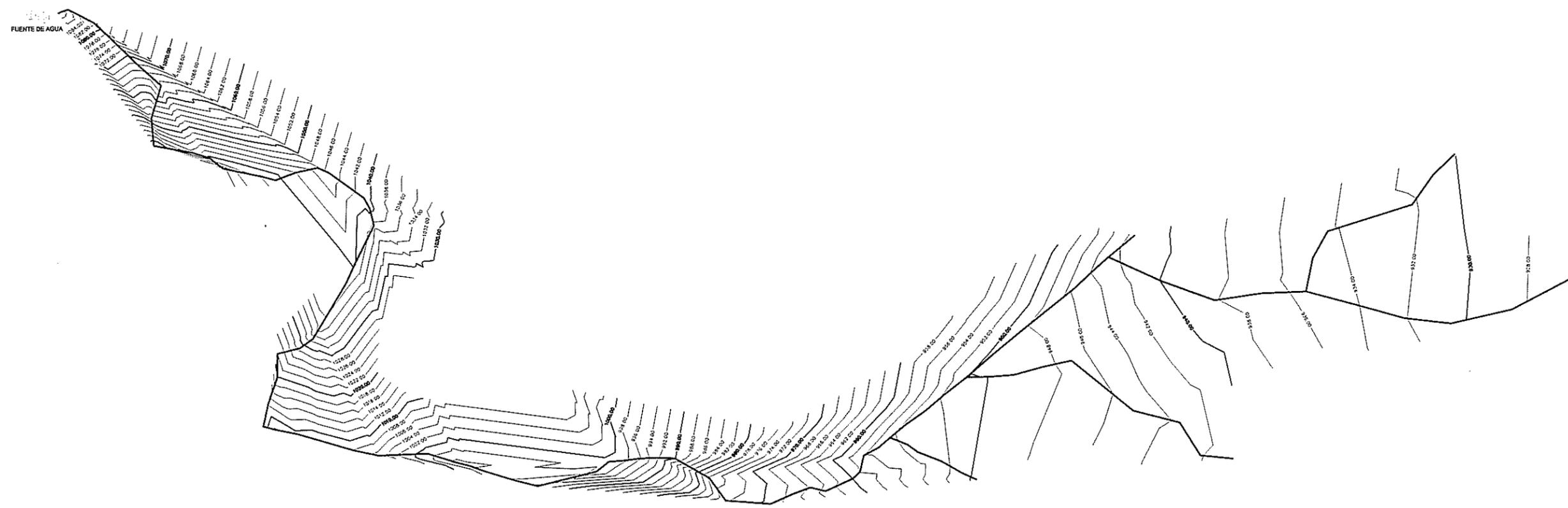
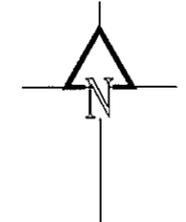
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA CERRO GORDO Y DESFOGUE HACIA PTAR																							
DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (m)	S. TERR.	No. DE CASAS		HAB. A SERVIR		FACT. HARMOND		Qd (l/s)		DIÁMETRO (in)	Sec. Llena		V (m/s)		S. MODIF.	COTAS INVERT		ALTURA DE POZO	EXC. (m³)
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM.	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO		V (m/s)	Q (l/s)	ACTUAL	FUTURO		ENTRADA	SALIDA		
18	19	207.95	206.49	69.48	2.10%	10	10	70	126	4.28	4.21	0.90	1.60	6	1.82	33.27	0.79	0.94	2.10%	INICIO	206.65	1.30	52.54
19	27	206.49	205.19	39.94	3.25%	3	13	91	164	4.25	4.18	1.16	2.06	6	2.27	41.40	0.99	1.18	3.25%	205.22	205.04	1.45	32.73
20	21	207.55	207.15	42	0.95%	7	7	49	88	4.32	4.26	0.63	1.13	6	1.41	25.66	0.60	0.71	1.25%	INICIO	206.35	1.20	28.18
21	22	207.15	206.49	42.5	1.55%	6	13	91	164	4.25	4.18	1.16	2.06	6	1.57	28.60	0.77	0.91	1.55%	205.97	205.91	1.24	29.69
22	23	206.49	206.05	42.5	1.04%	6	19	133	240	4.21	4.12	1.68	2.97	6	1.28	23.35	0.74	0.88	1.04%	205.28	205.19	1.30	32.61
23	27	206.05	205.19	28.96	2.97%	0	19	133	240	4.21	4.12	1.68	2.97	6	2.17	39.55	1.08	1.28	2.97%	204.76	204.56	1.49	24.05
24	26	209.6	207.24	61.18	3.86%	10	10	70	126	4.28	4.21	0.90	1.60	6	2.47	45.07	0.98	1.16	3.86%	INICIO	208.40	1.20	40.38
25	26	207.4	207.24	18.82	0.85%	3	13	91	164	4.25	4.18	1.16	2.06	6	1.16	21.16	0.62	0.74	0.85%	INICIO	206.20	1.20	12.63
26	27	207.24	205.19	70.98	2.89%	11	24	168	303	4.17	4.08	2.10	3.71	6	2.14	39.00	1.14	1.35	2.89%	206.05	206.00	1.24	54.07
27	28	205.19	203.6	49.95	3.18%	3	59	413	746	4.02	3.88	4.98	8.68	6	2.24	40.94	1.52	1.78	3.18%	203.75	203.66	1.53	42.31
28	29	203.6	202.15	60.27	2.41%	3	62	434	784	4.01	3.87	5.21	9.09	6	1.95	35.59	1.40	1.63	2.41%	202.12	202.05	1.55	51.38
29	32	202.15	201.4	79.64	0.94%	2	64	448	809	4.00	3.86	5.37	9.36	6	1.22	22.27	1.01	1.17	0.94%	200.64	200.60	1.55	69.43
30	31	202.73	202.02	61.84	1.15%	9	9	63	114	4.29	4.23	0.81	1.44	6	1.35	24.59	0.62	0.74	1.15%	INICIO	201.53	1.20	44.22
31	32	202.02	201.4	82.44	0.75%	12	21	147	265	4.19	4.10	1.85	3.27	6	1.09	19.90	0.68	0.81	0.75%	200.82	200.62	1.40	68.47
32	33	201.4	200.73	69.86	0.96%	1	86	602	1087	3.93	3.78	7.10	12.32	6	1.23	22.47	1.09	1.26	0.96%	199.87	199.78	1.62	63.40
33	34	200.73	199.99	39.94	1.85%	1	87	609	1100	3.93	3.77	7.18	12.45	6	1.71	31.24	1.39	1.62	1.85%	199.13	199.05	1.68	37.12
34	38	199.99	199.39	39.94	1.50%	0	87	609	1100	3.93	3.77	7.18	12.45	6	1.54	28.13	1.29	1.50	1.50%	198.34	198.29	1.70	40.64
35	36	201.86	201.57	50.01	0.58%	6	6	42	76	4.33	4.27	0.55	0.97	6	1.87	34.04	0.70	0.82	2.20%	INICIO	200.66	1.20	43.32
36	37	201.57	200.2	55.77	2.46%	10	16	112	202	4.23	4.15	1.42	2.52	6	1.97	35.97	0.96	1.14	2.46%	199.89	199.62	1.95	60.12
37	38	200.2	199.39	70	1.16%	10	26	182	329	4.16	4.06	2.27	4.00	6	1.35	24.69	0.85	1.00	1.16%	198.29	198.23	1.97	76.42
38	39	199.39	198.25	49.89	2.29%	1	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	1.52	49.42	1.18	1.36	1.00%	197.44	197.39	2.00	51.64
39	40	198.25	197.2	29.92	3.51%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	2.41	78.14	1.62	1.89	2.50%	196.90	196.80	1.45	23.97
40	41	197.2	196.3	19.75	4.56%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	2.99	96.97	1.89	2.21	3.85%	196.13	195.98	1.22	14.34
41	42	196.3	195.45	22.01	3.86%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	2.99	97.12	1.89	2.21	3.86%	195.18	195.10	1.20	15.85
42	43	195.45	194.15	22.02	5.90%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	2.99	96.97	1.77	2.08	3.85%	194.32	194.25	1.20	14.53
43	44	194.15	194.14	23.77	0.04%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	0.66	21.53	0.64	0.73	0.60%	193.23	193.15	1.00	19.11
44	45	194.14	193.5	21.01	3.05%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	2.66	86.26	1.74	2.03	3.05%	193.04	192.46	1.68	21.93
45	17	193.5	192.25	14.68	8.51%	0	114	798	1441	3.86	3.69	9.24	15.96	8	4.45	144.22	2.49	2.93	8.51%	191.87	191.70	1.80	17.18
17	PTAR	192.25	191.5	15	5.00%	0	199	1393	2516	3.70	3.51	15.47	26.46	10	3.95	200.37	2.34	2.73	5.00%	190.52	190.15	2.10	20.48

Apéndice 3.

**Juego de planos del sistema de abastecimiento de
agua potable para el caserío Joyitas**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TUBERÍA
	CURVA DE NIVEL (2 m)
	CURVA DE NIVEL (10 m)
200.00	ELEVACIÓN CURVA DE NIVEL
	FUENTE DE AGUA



PLANTA GENERAL - CURVAS DE NIVEL ESCALA: 1/5000

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

PROYECTO:
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 PARA EL SERIO JOYITAS

CONTENIDO:
 PLANTA GENERAL - CURVAS DE NIVEL

FECHA:
 2017

ESCALA: 1/5000

HOJAS: 10

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Marvin Alejandro Villalga Ochoa

ASESOR SUPERVISOR

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
E25	NÚMERO DE ESTACIÓN
☼	FUENTE DE AGUA
▨	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
△	BOSQUE ESPESO

LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E1	E2	64°28'45"	3.29	1089.77
E2	E3	72°24'09"	9.22	1089.61
E3	E4	117°58'27"	34.11	1086.12
E4	E5	133°34'24"	9.91	1080.46
E5	E6	133°34'23"	13.23	1080.41
E6	E7	134°34'40"	27.44	1077.14
E7	E8	134°34'37"	24.42	1071.13
E8	E9	131°44'16"	17.71	1067.18
E9	E10	131°44'03"	17.29	1065.08
E10	E11	197°21'42"	7.02	1063.99
E11	E12	197°21'40"	33.75	1064.09
E12	E13	175°13'12"	11.52	1052.76
E13	E14	175°13'38"	17.27	1046.02
E14	E15	175°13'42"	4.16	1039.12
E15	E16	100°42'22"	7.93	1033.33
E16	E17	100°42'21"	7.87	1037.94
E17	E18	100°42'31"	31.15	1039.77
E18	E19	108°19'53"	11.03	1043.11
E19	E20	108°20'05"	10.87	1041.48
E20	E21	128°07'55"	7.07	1039.21
E21	E22	128°07'55"	12.97	1038.54
E22	E23	102°12'04"	10.59	1033.28
E23	E24	102°12'09"	24.46	1035.51
E24	E25	102°12'17"	11.30	1037.93
E25	E26	105°24'45"	17.41	1038.10
E26	E27	68°46'18"	26.34	1039.30
E27	E28	78°37'48"	26.58	1042.02
E28	E29	114°26'19"	14.61	1044.92
E29	E30	126°10'23"	51.83	1045.41
E30	E31	150°18'18"	13.56	1040.90
E31	E32	165°18'29"	18.51	1040.62
E32	E33	176°07'27"	3.77	1037.81
E33	E34	206°35'46"	11.47	1036.44
E34	E35	207°01'25"	39.50	1037.66
E35	E36	205°03'52"	24.71	1040.18
E36	E37	211°29'32"	52.85	1038.94
E37	E38	211°08'17"	9.63	1037.66
E38	E39	212°11'17"	14.86	1036.89
E39	E40	234°37'15"	18.84	1032.78
E40	E41	256°19'31"	27.58	1028.70
E41	E42	181°07'41"	28.19	1022.00
E42	E43	199°42'27"	14.01	1019.83
E43	E44	198°59'15"	19.90	1017.04
E44	E45	192°35'10"	27.05	1012.17
E45	E46	104°10'44"	4.77	1010.19
E46	E47	102°41'45"	35.50	1010.06
E47	E48	281°52'49"	20.51	1009.39
E48	E49	104°12'24"	54.51	1007.67
E49	E50	106°50'10"	43.30	1008.09
E50	E51	101°57'43"	30.71	1007.84

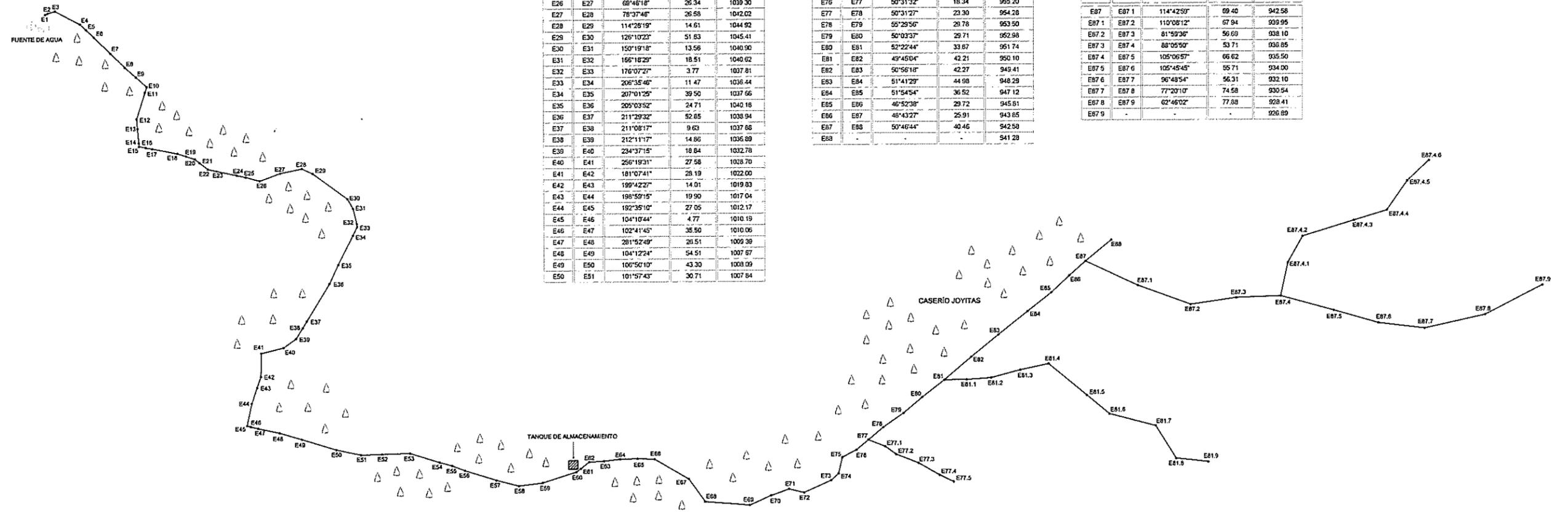
LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E51	E52	88°20'33"	24.58	1005.20
E52	E53	88°20'45"	34.09	1001.78
E53	E54	107°09'22"	37.28	998.68
E54	E55	104°57'20"	15.75	995.35
E55	E56	110°44'22"	16.55	995.37
E56	E57	107°27'51"	39.67	997.04
E57	E58	104°27'34"	26.07	995.74
E58	E59	82°35'30"	29.08	993.64
E59	E60	72°36'57"	42.93	993.77
E60	E61	53°37'00"	6.52	1000.06
E61	E62	51°26'59"	12.63	1000.00
E62	E63	86°26'51"	18.48	999.39
E63	E64	83°21'42"	19.04	998.67
E64	E65	88°18'32"	21.01	996.21
E65	E66	91°57'37"	20.43	992.20
E66	E67	129°10'07"	47.74	990.14
E67	E68	144°27'03"	33.52	975.50
E68	E69	94°33'26"	54.46	972.21
E69	E70	66°17'22"	28.23	969.33
E70	E71	70°17'36"	23.29	967.41
E71	E72	103°54'02"	18.68	965.88
E72	E73	66°20'32"	36.13	963.29
E73	E74	47°31'31"	12.04	959.98
E74	E75	13°16'28"	19.87	957.80
E75	E76	62°33'01"	20.07	956.10
E76	E77	50°31'32"	18.34	955.20
E77	E78	50°31'27"	23.30	954.28
E78	E79	55°29'56"	29.78	953.50
E79	E80	50°03'37"	29.71	952.98
E80	E81	52°22'44"	33.87	951.74
E81	E82	49°45'04"	42.21	950.10
E82	E83	50°56'18"	42.27	949.41
E83	E84	51°41'29"	44.08	948.29
E84	E85	51°54'54"	36.52	947.12
E85	E86	46°52'38"	29.72	945.81
E86	E87	48°43'27"	25.91	943.85
E87	E88	50°46'44"	40.46	942.58
E88	-	-	-	941.28

LIBRETA TOPOGRÁFICA E77				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E77	E77.1	112°04'26"	22.13	954.28
E77.1	E77.2	125°26'43"	15.89	953.65
E77.2	E77.3	111°25'03"	29.20	953.38
E77.3	E77.4	119°45'04"	29.18	952.75
E77.4	E77.5	115°05'21"	18.98	950.98
E77.5	-	-	-	946.42

LIBRETA TOPOGRÁFICA E87.4				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E87.4	E87.4.1	11°51'11"	40.84	935.50
E87.4.1	E87.4.2	29°23'21"	36.46	934.58
E87.4.2	E87.4.3	72°59'51"	64.86	934.25
E87.4.3	E87.4.4	72°59'54"	41.45	933.10
E87.4.4	E87.4.5	35°09'51"	43.29	932.25
E87.4.5	E87.4.6	46°53'06"	35.68	931.05
E87.4.6	-	-	-	930.04

LIBRETA TOPOGRÁFICA E81				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E81	E81.1	80°47'33"	26.81	950.10
E81.1	E81.2	85°56'01"	29.42	949.94
E81.2	E81.3	75°17'19"	36.23	949.13
E81.3	E81.4	77°57'21"	35.02	948.75
E81.4	E81.5	129°18'59"	59.66	947.00
E81.5	E81.6	129°21'06"	35.33	945.10
E81.6	E81.7	104°39'07"	57.63	945.21
E81.7	E81.8	147°49'02"	46.33	943.74
E81.8	E81.9	96°09'29"	33.74	942.10
E81.9	-	-	-	940.98

LIBRETA TOPOGRÁFICA E87				
EST	P O	AZMUT	D. H. (m)	COTA
E87	E87.1	114°42'50"	69.40	942.58
E87.1	E87.2	110°08'12"	57.94	939.95
E87.2	E87.3	81°59'36"	56.69	938.10
E87.3	E87.4	88°05'50"	53.71	936.85
E87.4	E87.5	105°06'57"	66.62	935.50
E87.5	E87.6	105°45'45"	55.71	934.00
E87.6	E87.7	96°48'54"	56.31	932.10
E87.7	E87.8	77°20'10"	74.58	930.54
E87.8	E87.9	62°46'02"	77.88	928.41
E87.9	-	-	-	926.89



PLANTA GENERAL - TOPOGRAFÍA
 ESCALA: 1/5000

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

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO JOYITAS

CONTENIDO: PLANTA GENERAL - TOPOGRAFÍA
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

FECHA: 2017

HOJA NO. 2/10

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TUBERÍA DE DIÁMETRO 2"
	TUBERÍA DE DIÁMETRO 1 1/2"
	TUBERÍA DE DIÁMETRO 1 1/4"
	TUBERÍA DE DIÁMETRO 1"
	SENTIDO DEL FLUJO
	VIVIENDA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	LONGITUD DE TUBERÍA
	DIÁMETRO DE TUBERÍA
	CAUDAL

ESPECIFICACIONES GENERALES

EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS, JUTIAPA, JUTIAPA FUE DISEÑADO CONTEMPLANDO LA GUÍA DE NORMAS SANITARIAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL (INFOM) Y MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.

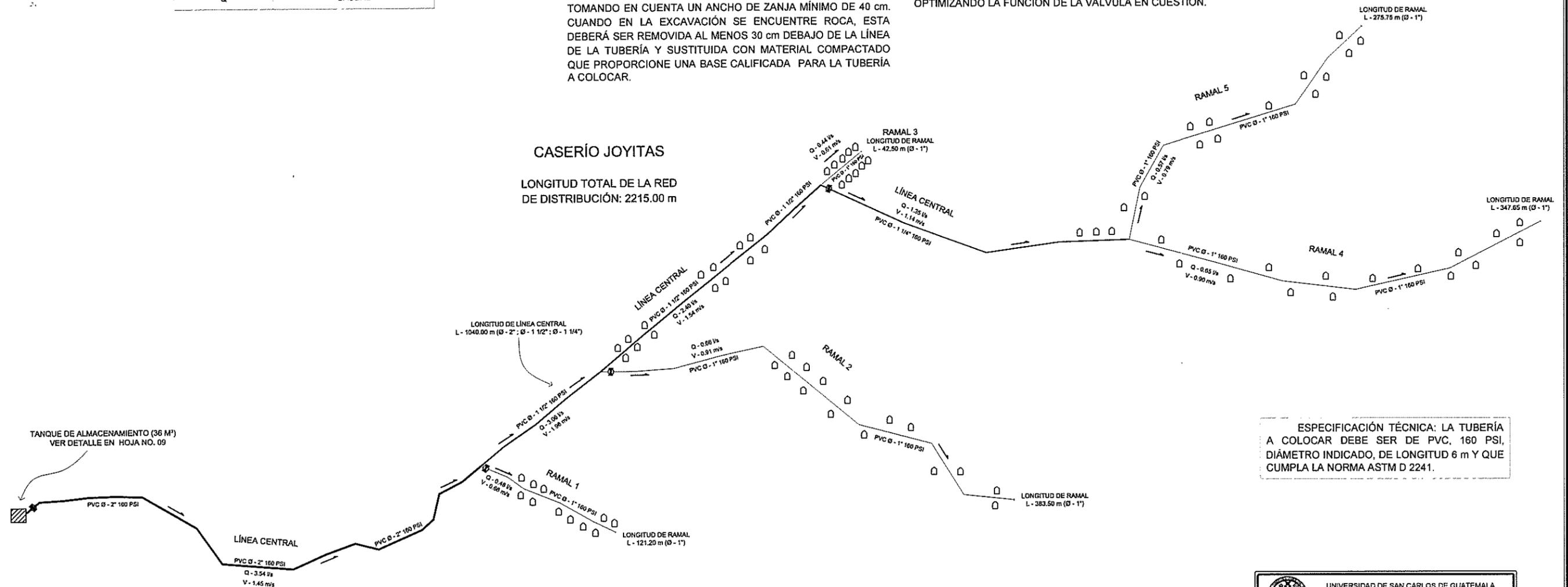
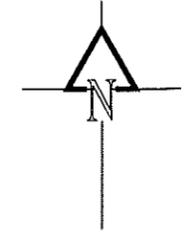
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- LIMPIEZA Y CHAPEO:** SE DEBE REALIZAR EN UN ANCHO ADECUADO, EN LOS LUGARES QUE SEA NECESARIO REMOVER LA CAPA VEGETAL; DE TAL MANERA QUE LA PRÁCTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SEA ADECUADA Y DE FORMA ORDENADA.
- EXCAVACIÓN:** LA EXCAVACIÓN DE ZANJAS SE HARÁ DE ACUERDO A LAS PROFUNDIDADES INDICADAS EN PLANOS, TOMANDO EN CUENTA UN ANCHO DE ZANJA MÍNIMO DE 40 cm. CUANDO EN LA EXCAVACIÓN SE ENCUENTRE ROCA, ESTA DEBERÁ SER REMOVIDA AL MENOS 30 cm DEBAJO DE LA LÍNEA DE LA TUBERÍA Y SUSTITUIDA CON MATERIAL COMPACTADO QUE PROPORCIONE UNA BASE CALIFICADA PARA LA TUBERÍA A COLOCAR.

3. **COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA:** LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC Y CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE LA NORMA ASTM D-2241 RESPETANDO LOS DIÁMETROS INDICADOS EN PLANOS. PARA EVITAR DAÑOS, LOS TUBOS Y ACCESORIOS NO DEBEN SER ARRASTRADOS, GOLPEADOS CONTRA EL SUELO O ARROJADOS HACIA LA ZANJA Y SE DEBEN UTILIZAR HERRAMIENTAS ADECUADAS PARA SU INSTALACIÓN.

4. **ACCESORIOS:** DEBEN SER DE PVC, ADECUADOS PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE Y CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE LA NORMA ASTM D-2466, CÉDULA 40.

5. **VÁLVULAS:** DEBEN SER INSTALADAS SEGÚN PLANOS Y ESTAR CORRECTAMENTE PROTEGIDAS POR MEDIO DE CAJA PARA VÁLVULAS (VER DETALLE EN HOJA NO. 10). SU UBICACIÓN EN EL SISTEMA PUEDE VARIAR SI ASÍ SE DETERMINA DE MANERA TÉCNICA EN CAMPO NO AFECTANDO EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA Y OPTIMIZANDO LA FUNCIÓN DE LA VÁLVULA EN CUESTIÓN.



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, 160 PSI, DIÁMETRO INDICADO, DE LONGITUD 6 m Y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM D 2241.

PLANTA GENERAL - DENSIDAD DE POBLACIÓN Y CONJUNTO HIDRÁULICO
ESCALA: 1:2500

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

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO JOYITAS

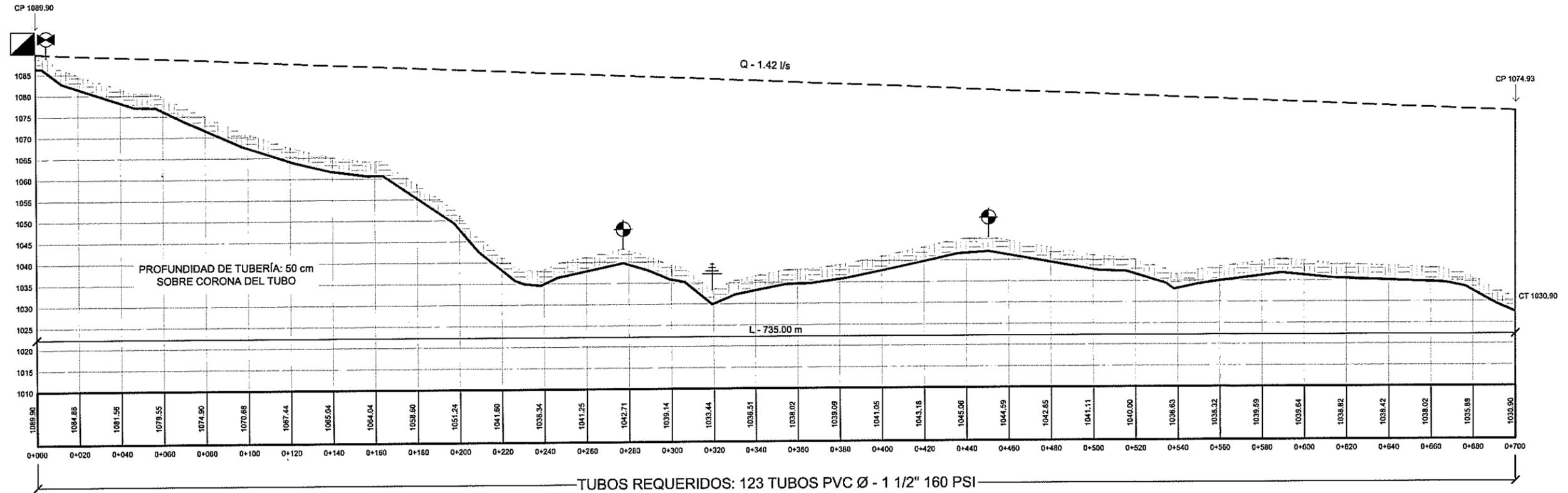
CONTENIDO:
DENSIDAD DE POBLACIÓN Y CONJUNTO HIDRÁULICO

FECHA:
2017

ESCALA:
1:2500

ASESOR SUPERVISADO:
[Signature]

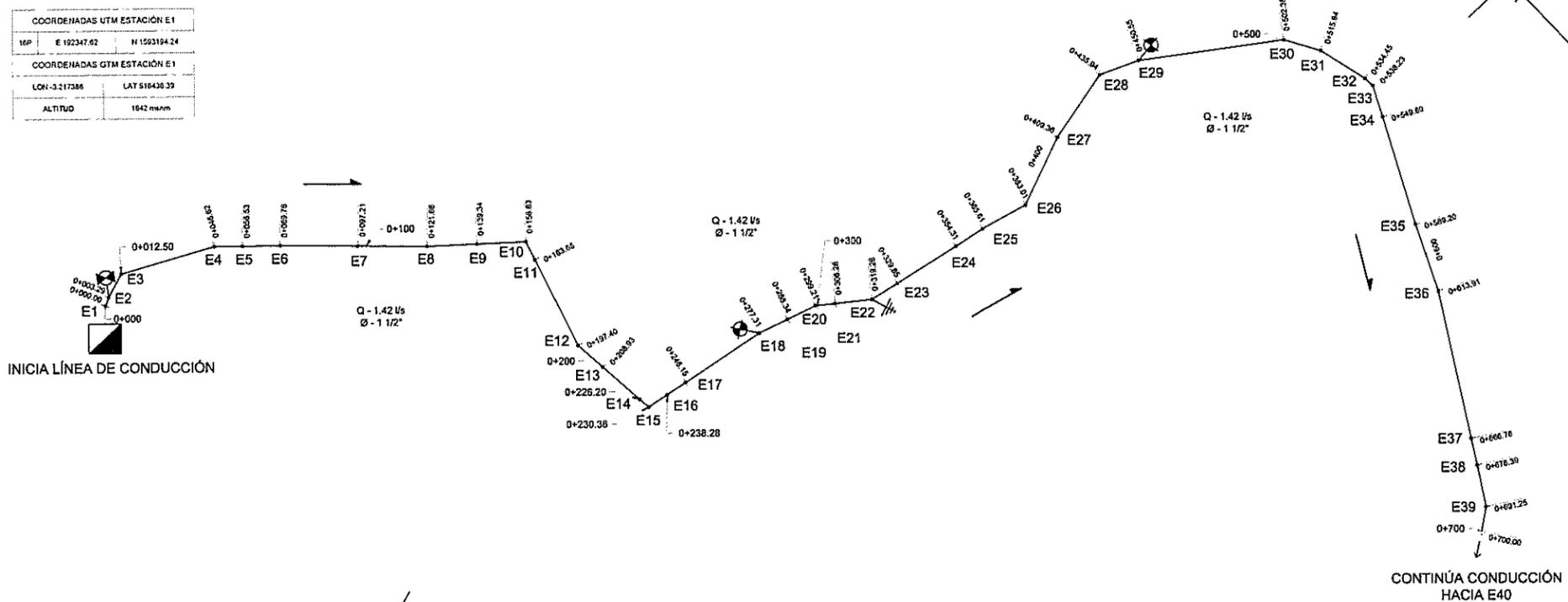
HOJA NO. 3



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN 0+000 - 0+700

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
ESCALA VERTICAL: 1/1000

COORDENADAS UTM ESTACIÓN E1	
EST	E 192347.02 N 1503194.24
COORDENADAS GTM ESTACIÓN E1	
LON	-3 217386 LAT 518436.39
ALTITUD	1842 msnm

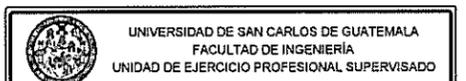


NOMENCLATURA	
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
E20	NÚMERO DE ESTACIÓN
■	CAPTACIÓN DE AGUA
⊕	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊙	VÁLVULA DE AIRE
⊕	VÁLVULA DE LIMPIEZA
—	LÍNEA DE C. PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO
∅	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA
⊕	VIVIENDA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, 160 PSI, DIÁMETRO INDICADO, DE LONGITUD 6 m y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM D 2241.

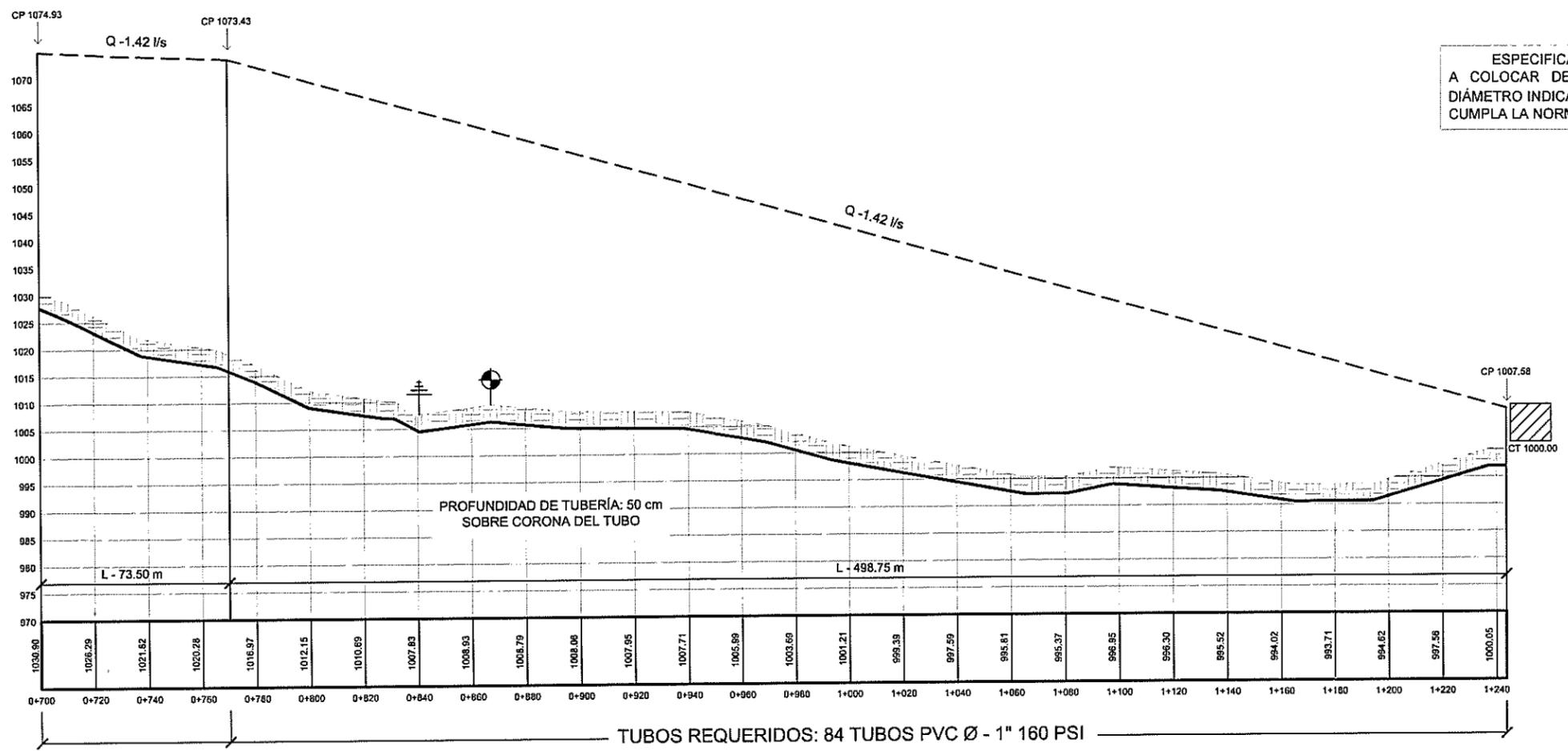
PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN 0+000 - 0+700

ESCALA: 1/2000



PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO DE San Carlos de Guadalupe	
CONTENIDO: PLANTA + PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN	ESCALA: INDICADA
FECHA: 2017	

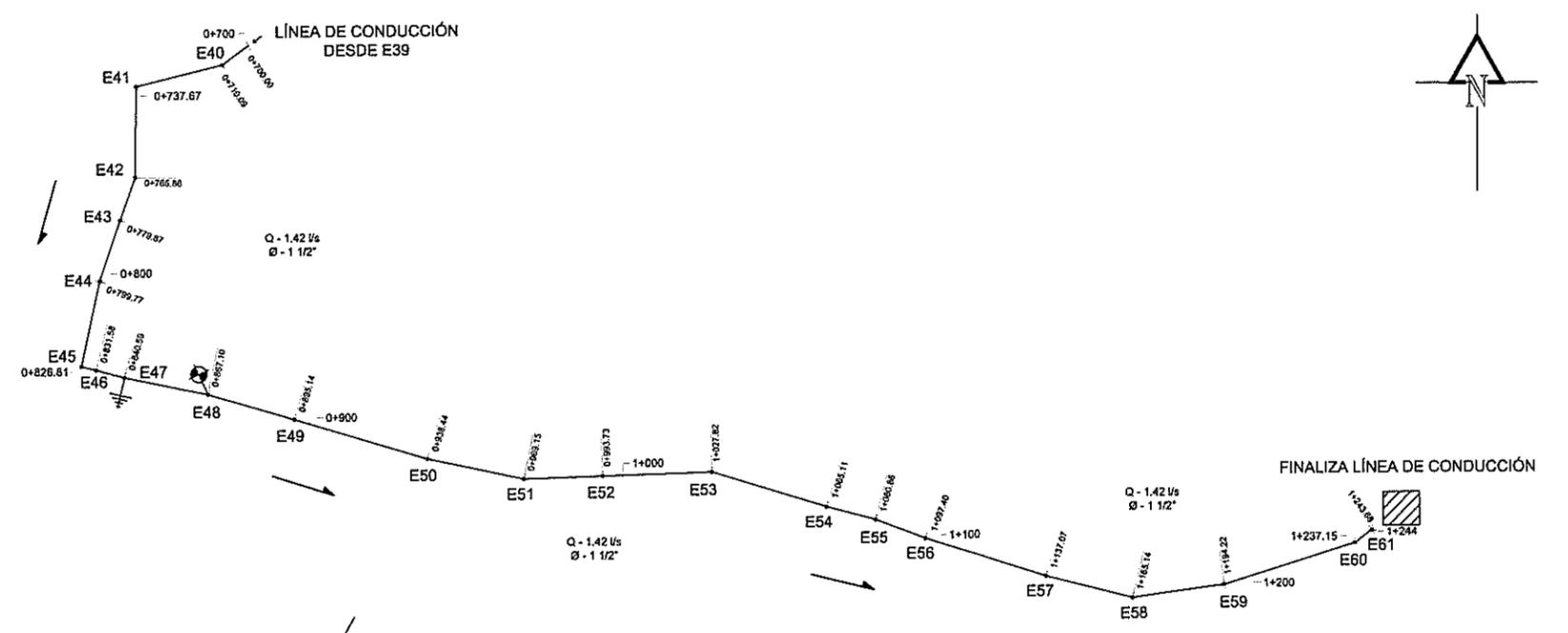
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, 160 PSI, DIÁMETRO INDICADO, DE LONGITUD 6 m Y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM D 2241.



TUBOS REQUERIDOS: 13 TUBOS PVC Ø - 1 1/2" 160 PSI

PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN 0+700 - 1+245
 ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
 ESCALA VERTICAL: 1/1000

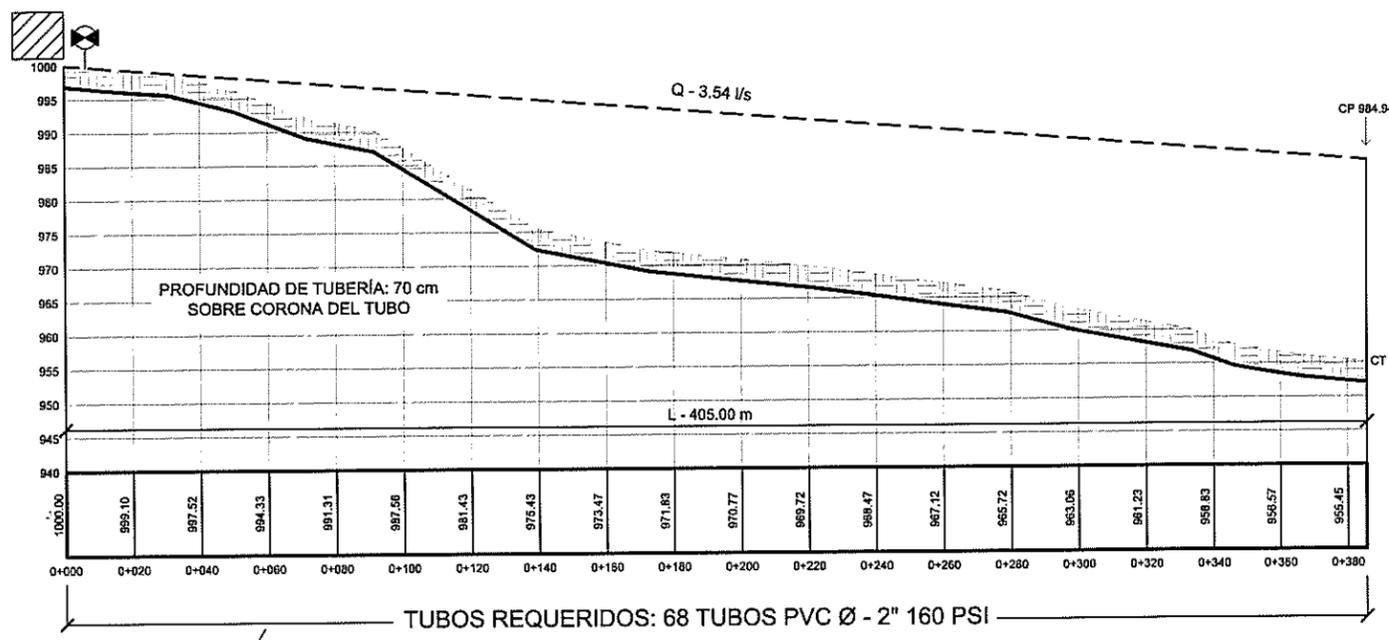
NOMENCLATURA	
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
E20	NÚMERO DE ESTACIÓN
▨	T DE ALMACENAMIENTO
⊕	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊙	VÁLVULA DE AIRE
+	VÁLVULA DE LIMPIEZA
—	LÍNEA DE C. PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA
🏠	VIVIENDA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO



PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN 0+700 - 1+245
 ESCALA: 1/2000

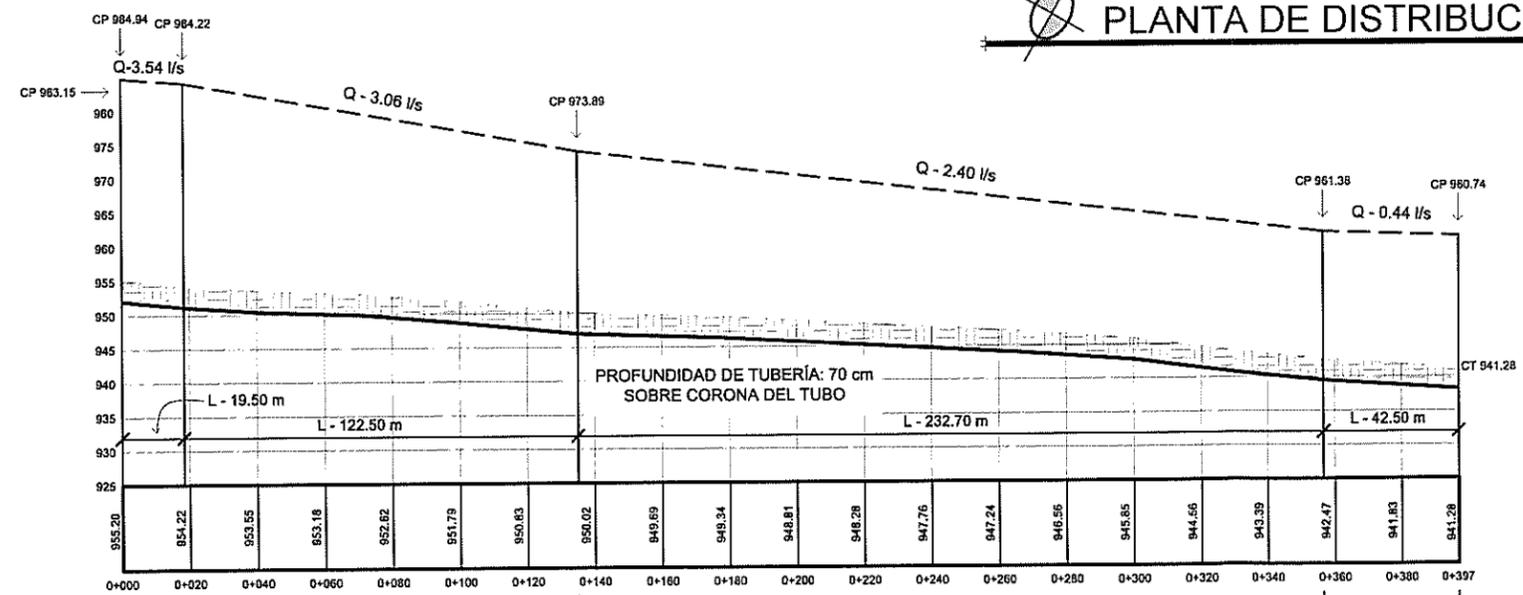
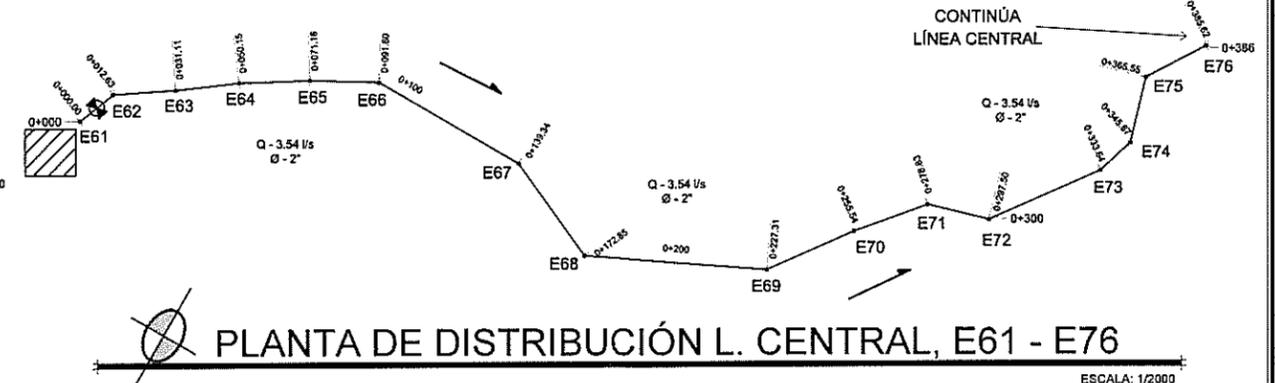
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO SAN CARLOS DE GUATEMALA	
CONTENIDO: PLANTA + PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN	ESCALA: 1/2000
FECHA: 2017	HOJA NO. 5



PERFIL DE DISTRIBUCIÓN L. CENTRAL, E61- E76

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
ESCALA VERTICAL: 1/1000



PERFIL DE DISTRIBUCIÓN LC + RAMAL 3, E76 - E88

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
ESCALA VERTICAL: 1/1000

TUBOS REQUERIDOS: 21 TUBOS PVC Ø - 1 1/2" 160 PSI

TUBOS REQUERIDOS: 39 TUBOS PVC Ø - 1 1/2" 160 PSI

TUBOS REQUERIDOS: 4 TUBOS PVC Ø - 2" 160 PSI

TUBOS REQUERIDOS: 8 TUBOS PVC Ø - 1" 160 PSI

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, 160 PSI, DIÁMETRO INDICADO, DE LONGITUD 6 m Y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM D 2241.

NOMENCLATURA	
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
E20	NÚMERO DE ESTACIÓN
■	T DE ALMACENAMIENTO
⊕	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊙	VÁLVULA DE AIRE
⊕	VÁLVULA DE LIMPIEZA
—	LÍNEA DE C. PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA
□	VIVIENDA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

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

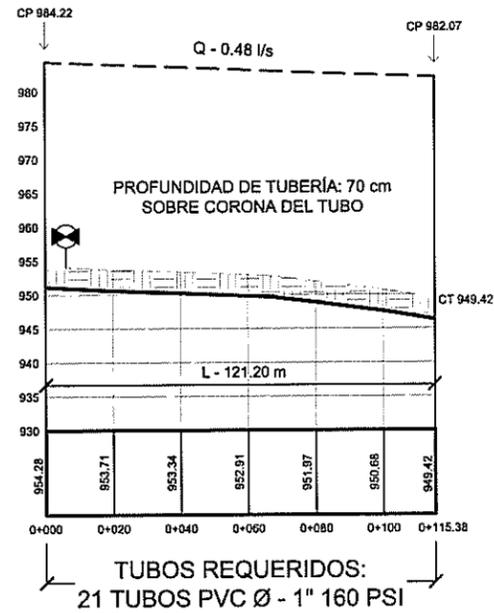
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO JOYITAS

CONTENIDO: PLANTA + PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN INDICADA

FECHA: 2017

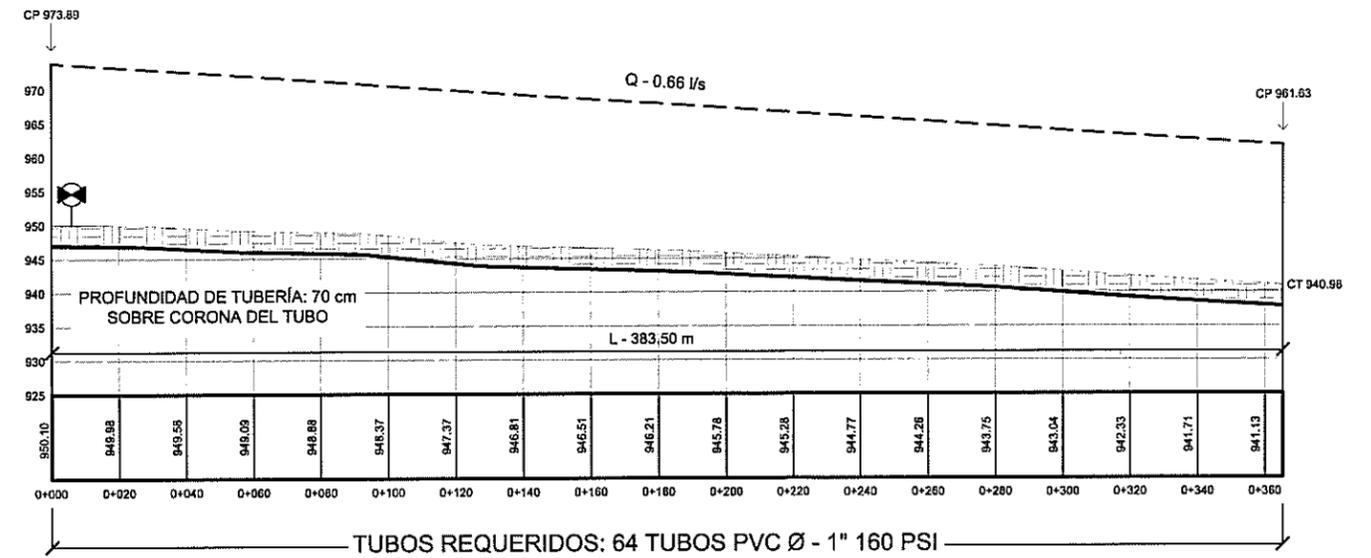
Ing. Manuel Alfredo Arrivado
SUPERVISOR DE EPS

10



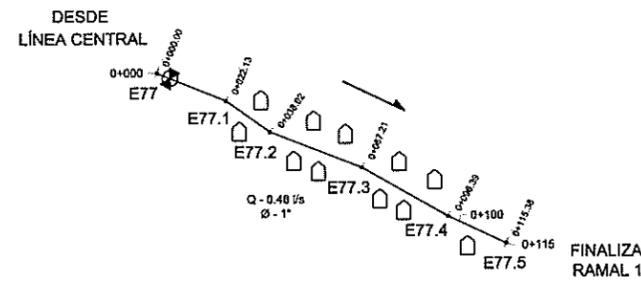
PERFIL DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 1, E77 - E77.5

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
ESCALA VERTICAL: 1/1000



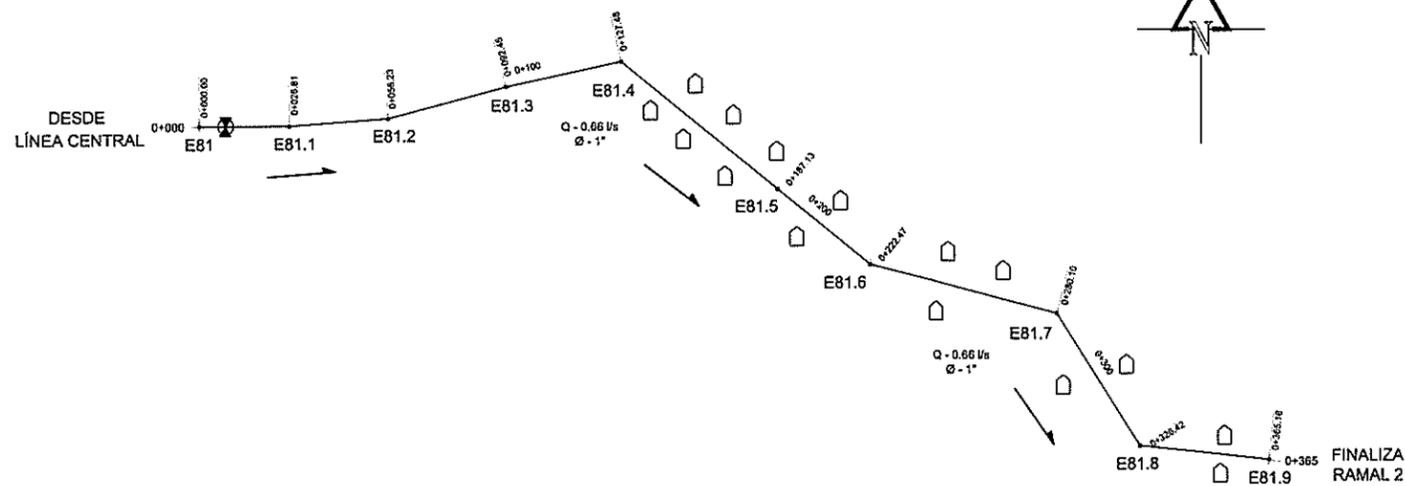
PERFIL DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 2, E81 - E81.9

ESCALA HORIZONTAL: 1/2000
ESCALA VERTICAL: 1/1000



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 1, E77 - E77.5

ESCALA: 1/2000



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 2, E81 - E81.9

ESCALA: 1/2000

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, 160 PSI, DIÁMETRO INDICADO, DE LONGITUD 6 m Y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM D 2241.

NOMENCLATURA	
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
E20	NÚMERO DE ESTACIÓN
▨	T DE ALMACENAMIENTO
⊕	VÁLVULA DE COMPUERTA
⊕	VÁLVULA DE AIRE
⊕	VÁLVULA DE LIMPIEZA
—	LÍNEA DE C PIEZOMÉTRICA
Q	CAUDAL
CP	COTA PIEZOMÉTRICA
CT	COTA DE TERRENO
φ	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD DE TUBERÍA
🏠	VIVIENDA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

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

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO VIVITAS

CONTENIDO:
PLANTA + PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

FECHA:
2017

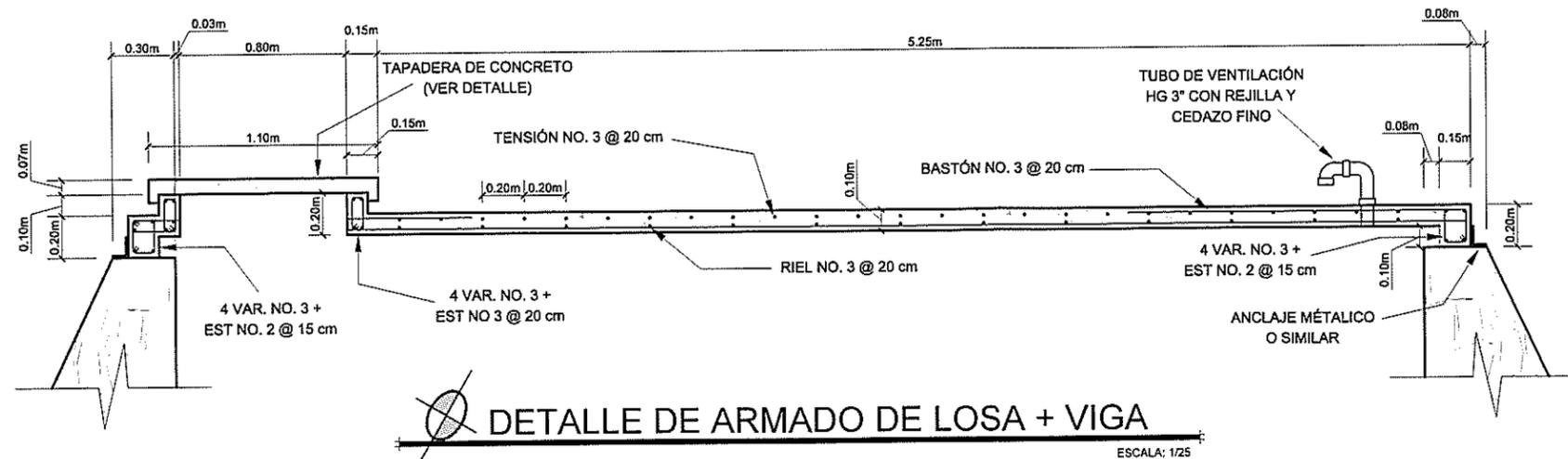
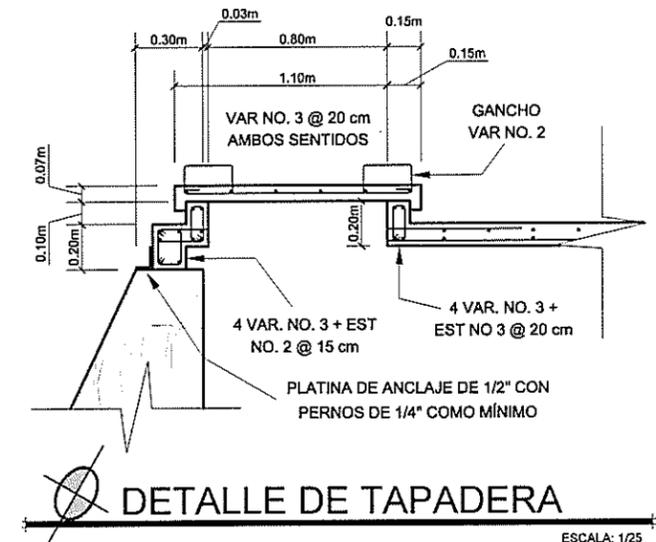
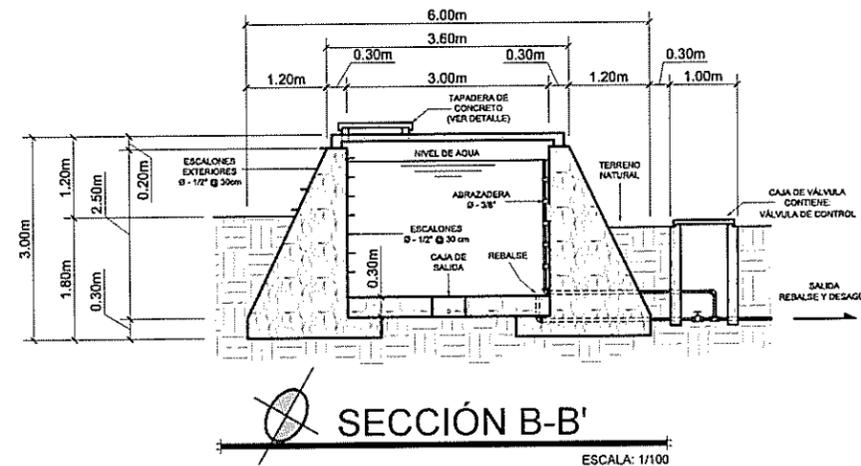
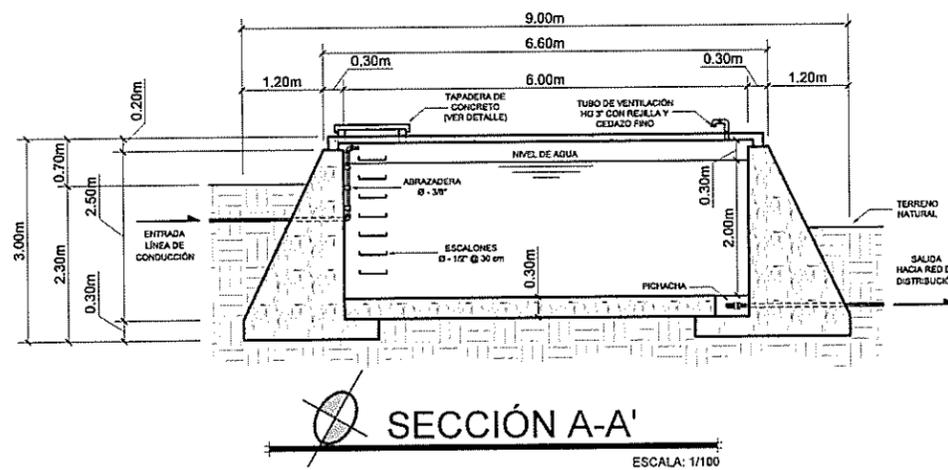
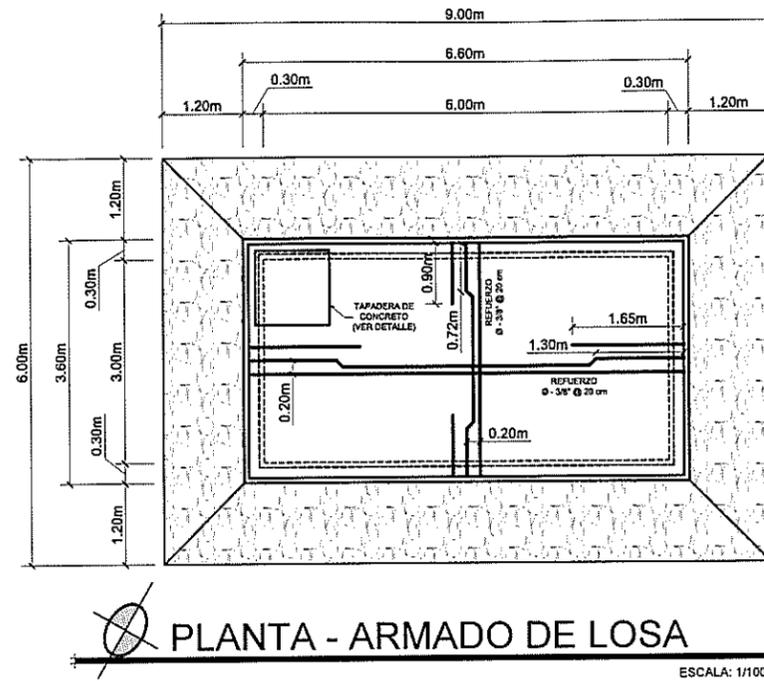
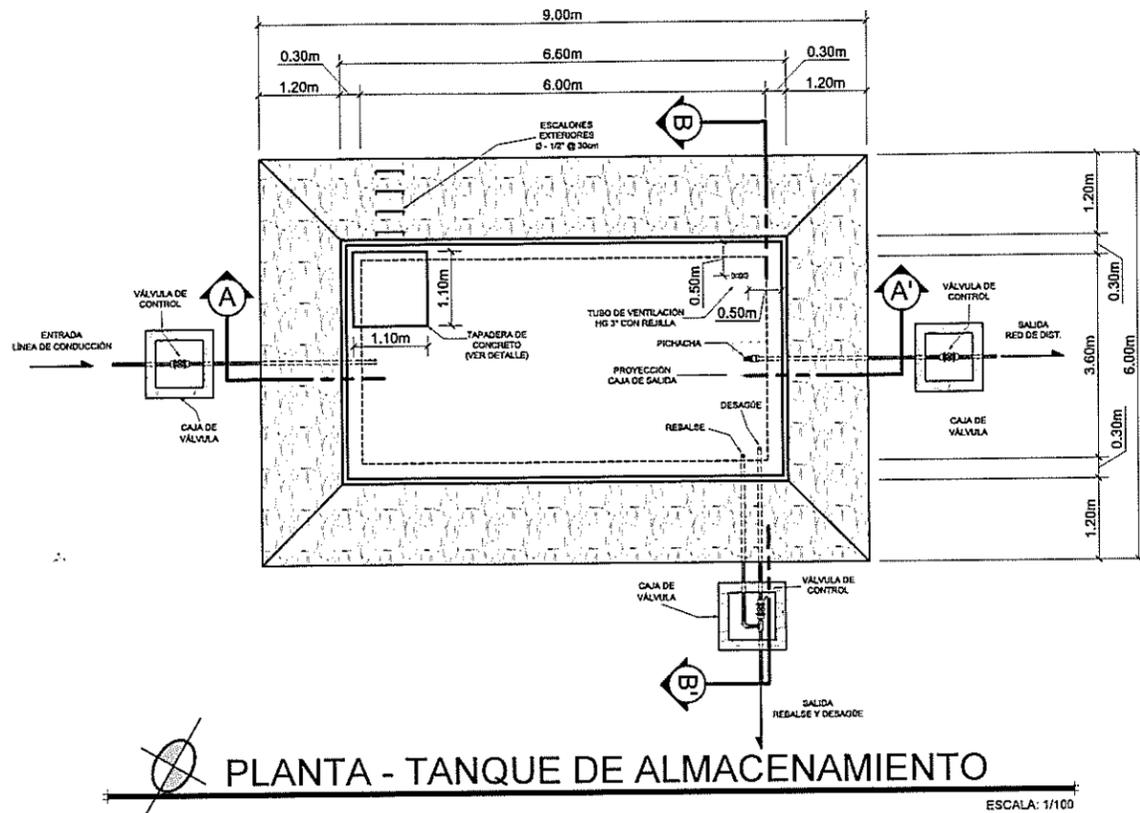
ESCALA:
1/2000

Ing. Manuel Alfredo Arriola
ASESOR SUPLENTE DE EPS
ROJANO
7

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

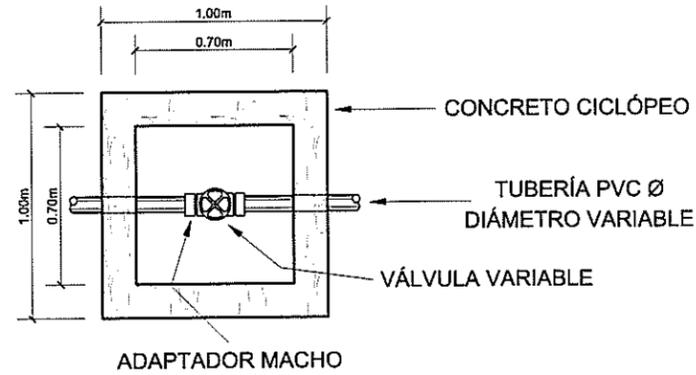
PARA LLEVAR A CABO DE MANERA ADECUADA LA CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA LO SIGUIENTE:

- EL CONCRETO DEBERÁ TENER RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi), CON PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:2:2; 9 SACOS DE CEMENTO, 9 CARRETAS DE ARENA DE RÍO Y 8 CARRETAS DE PIEDRÍN 1/2" POR METRO CÚBICO DE CONCRETO. SE DEBE UTILIZAR 33% DE ESTE Y 67% PIEDRA BOLA DE DIÁMETROS DE 4" (10 cm) HASTA 12" (30 cm).
- EL ACERO (HIERRO) DEBERÁ TENER UN ESFUERZO DE FLUENCIA DE $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ (GRADO 40).
- SE DEBERÁ ALISAR EL INTERIOR DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON MORTERO DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:3; 12 SACOS DE CEMENTO Y 16 CARRETAS DE ARENA DE RÍO POR METRO CÚBICO DE MORTERO.
- LA BASE DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO DEBERÁ TENER UNA PENDIENTE NO MAYOR AL 2% DIRIGIDA AL DRENAJE Y ESTAR ALISADA ADECUADAMENTE CON EL MORTERO MENCIONADO EN EL NUMERAL ANTERIOR.
- EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO SE DEBERÁ ENTERRAR A LA MITAD DEL NIVEL DE AGUA. (1 METRO SOBRE LA LOSA INFERIOR). SIN EMBARGO, PUEDE CONTEMPLARSE UNA MAYOR PROFUNDIDAD SI ASÍ SE DETERMINA EN CAMPO.
- EL TERRENO BAJO LOS MUROS DE CONCRETO CICLÓPEO DEBERÁ SER APISONADO ADECUADAMENTE.
- LA LOSA Y TODA TAPADERA DEBERÁ TENER UN DESNIVEL ADECUADO PARA DRENAR EL AGUA PLUVIAL.



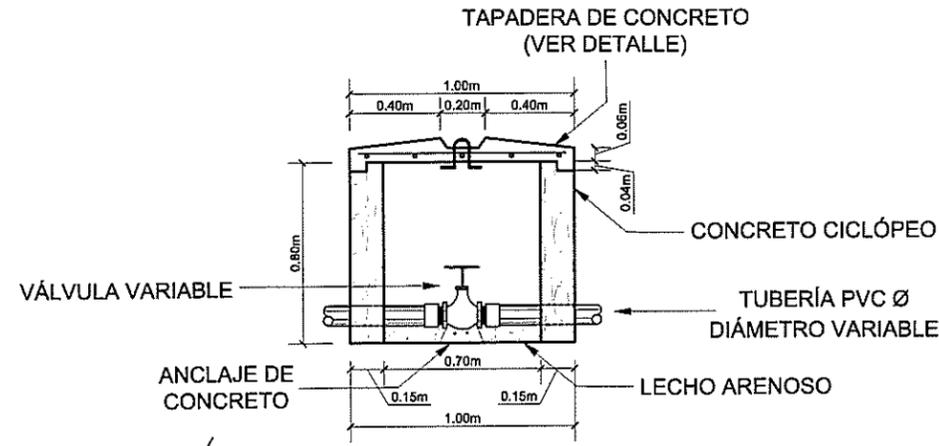
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO JOYITAS		
CONTENIDO:	DETALLES - TANQUE DE ABASTECIMIENTO	INDICADA	INDICADA
FECHA:	2017	HOJA NO. 9	10



ELEVACIÓN- CAJA DE VÁLVULA

ESCALA: 1/25



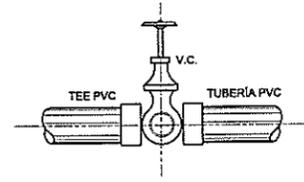
PLANTA - CAJA DE VÁLVULA

ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

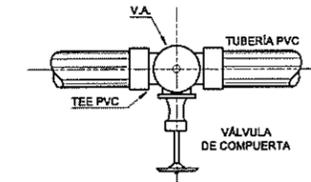
PARA LLEVAR A CABO DE MANERA ADECUADA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA DE VÁLVULAS Y LA INSTALACIÓN DE LAS MISMAS ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA LO SIGUIENTE:

- EL CONCRETO DEBERÁ TENER RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi), CON PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:2:2; 9 SACOS DE CEMENTO, 9 CARRETAS DE ARENA DE RÍO Y 8 CARRETAS DE PIEDRÍN 1/2" POR METRO CÚBICO DE CONCRETO. SE DEBE UTILIZAR 33% DE ESTE Y 67% PIEDRA BOLA DE DIÁMETROS MENORES A 6" (15 cm).
- EL ACERO (HIERRO) DEBERÁ TENER UN ESFUERZO DE FLUENCIA DE $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ (GRADO 40).
- LA DESCARGA DE LA VÁLVULA DE LIMPIEZA DEBERÁ SER DETERMINADA DE MANERA TÉCNICA EN CAMPO HACIA UN DESFOGUE ADECUADO.
- TODA TAPADERA DEBERÁ TENER UN DESNIVEL ADECUADO PARA DRENAR EL AGUA PLUVIAL.



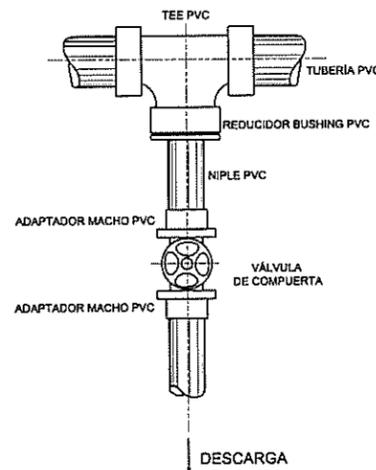
ELEVACIÓN - VÁLVULA DE LIMPIEZA

SIN ESCALA



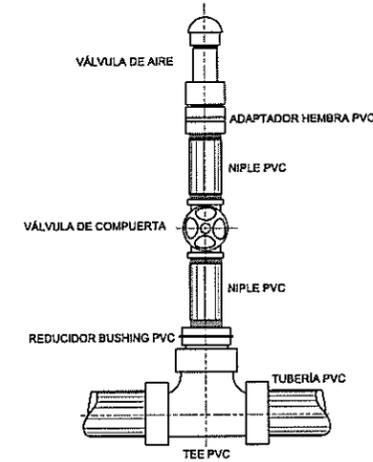
PLANTA - VÁLVULA DE AIRE

SIN ESCALA



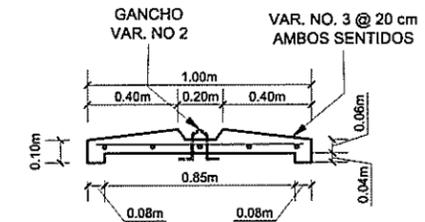
PLANTA - VÁLVULA DE LIMPIEZA

SIN ESCALA



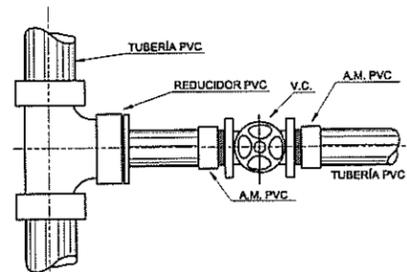
ELEVACIÓN - VÁLVULA DE AIRE

SIN ESCALA



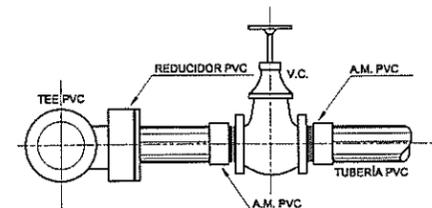
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA: 1/25



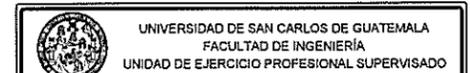
PLANTA - VÁLVULA DE COMPUERTA

SIN ESCALA



ELEVACIÓN - VÁLVULA DE COMPUERTA

SIN ESCALA



PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA EL CASERIO JOYITAS

CONTENIDO:
DETALLES - CAJA DE VÁLVULA

FECHA:
2017

Apéndice 4.

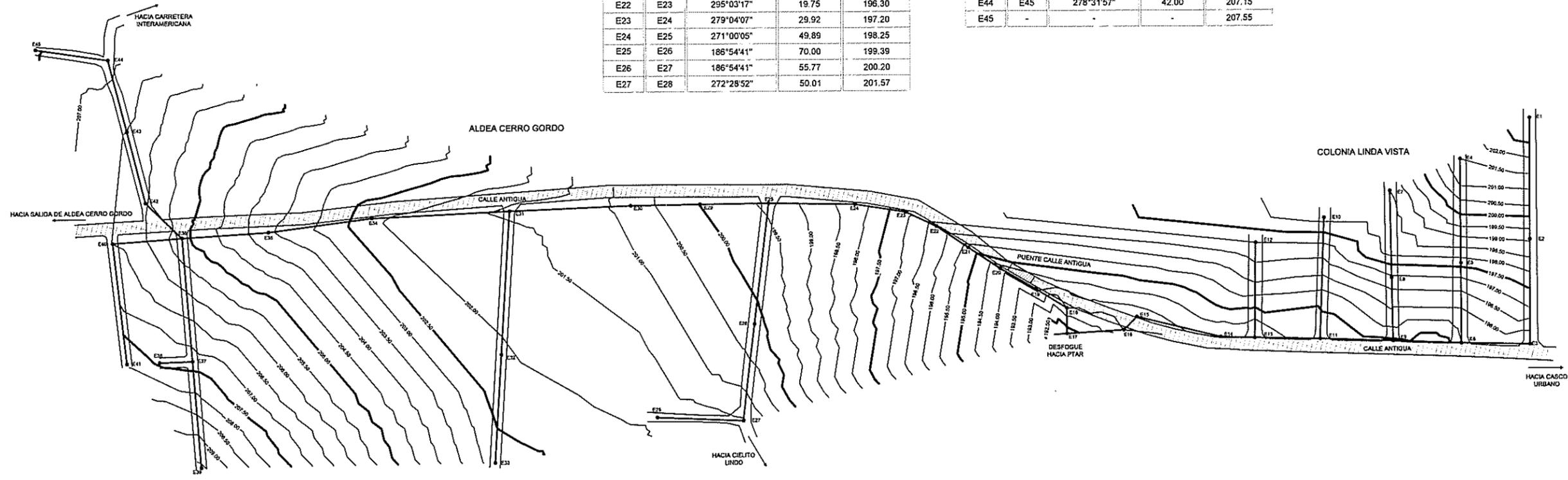
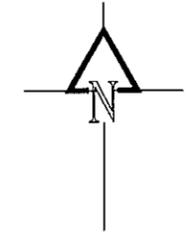
Juego de planos del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2017.

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA
●	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
→	SENTIDO DEL FLUJO
—	CALLE DE TERRACERÍA
—	PUENTE
—	CALLE PAVIMENTADA
200.00	ELEVACIÓN CURVA DE NIVEL
E25	NÚMERO DE ESTACIÓN

LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST.	P. O.	AZIMUT	D. H. (m)	COTA
E1	E2	179°53'20"	70.00	202.95
E2	E3	179°53'20"	60.25	199.07
E3	E6	270°58'04"	39.67	195.70
E4	E5	179°33'59"	60.00	201.50
E5	E6	179°33'59"	45.93	197.51
E6	E9	271°56'09"	39.64	195.50
E7	E8	178°50'38"	50.00	198.50
E8	E9	178°50'38"	36.45	196.74
E9	E11	271°56'14"	42.24	194.90
E10	E11	181°55'08"	69.79	198.20
E11	E13	271°12'41"	37.77	194.74
E12	E13	180°32'05"	54.67	197.00
E13	E14	271°28'44"	20.00	194.36
E14	E15	283°42'33"	49.93	194.10
E15	E16	225°00'00"	10.60	193.69
E16	E17	266°23'33"	32.92	193.52
E17	E18	359°31'02"	14.68	192.25
E18	E19	301°49'34"	21.01	193.50
E19	E20	299°51'50"	23.77	194.14
E20	E21	303°29'54"	22.02	194.15
E21	E22	303°29'54"	22.01	195.45
E22	E23	295°03'17"	19.75	196.30
E23	E24	279°04'07"	29.92	197.20
E24	E25	271°00'05"	49.89	198.25
E25	E26	186°54'41"	70.00	199.39
E26	E27	186°54'41"	55.77	200.20
E27	E28	272°28'52"	50.01	201.57

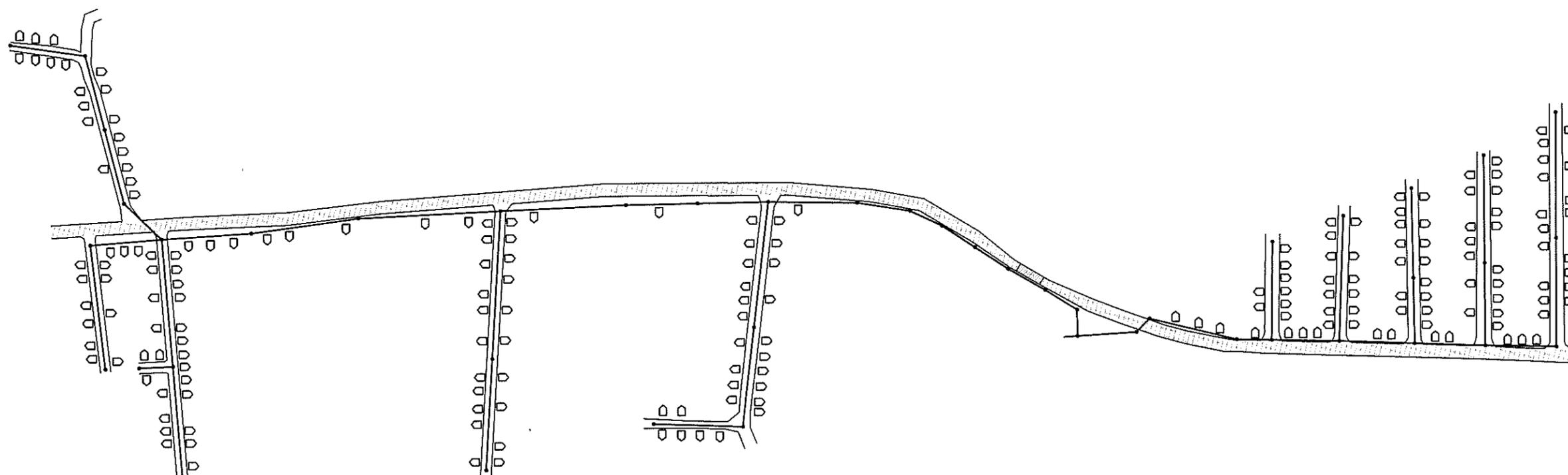
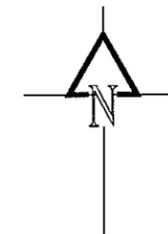
LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST.	P. O.	AZIMUT	D. H. (m)	COTA
E28	-	-	-	201.86
E25	E29	269°16'05"	39.94	199.39
E29	E30	269°16'05"	39.94	199.99
E30	E31	267°44'46"	69.86	200.73
E31	E32	183°33'25"	82.44	201.40
E32	E33	183°33'25"	61.84	202.02
E33	-	-	-	202.73
E31	E34	267°25'18"	79.64	201.40
E34	E35	262°37'07"	60.27	202.15
E35	E36	266°36'05"	49.95	203.60
E36	E37	175°27'58"	70.98	205.19
E37	E38	268°10'26"	18.82	207.24
E38	-	-	-	207.40
E37	E39	175°27'58"	69.18	207.24
E39	-	-	-	209.60
E36	E40	265°50'24"	39.94	205.19
E40	E41	173°33'05"	69.48	206.49
E41	-	-	-	207.95
E36	E42	314°05'40"	28.96	205.19
E42	E43	345°35'22"	42.50	206.05
E43	E44	345°35'22"	42.50	206.49
E44	E45	278°31'57"	42.00	207.15
E45	-	-	-	207.55



PLANTA GENERAL - CURVAS DE NIVEL Y TOPOGRAFÍA
 ESCALA: 1/2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO	
CONTENIDO: PLANTA GENERAL - CURVAS DE NIVEL Y TOPOGRAFÍA ESCALA: 1/2500	
FECHA: 2017	 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa SUPERVISOR DE EPS

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA
●	POZO DE VISITA (PV)
▭	VIVIENDA
—	CALLE DE TERRACERÍA
—	CALLE PAVIMENTADA
—	PUENTE



PLANTA GENERAL - DENSIDAD DE POBLACIÓN
 ESCALA: 1/2500

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO	
CONTENIDO: PLANTA GENERAL - DENSIDAD DE POBLACIÓN DE EPS 1/2500	
FECHA: 2017	HOJA No: 2 / 11

NOMENCLATURA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA
●	POZO DE VISITA (PV)
→	SENTIDO DEL FLUJO
▬▬▬▬	CALLE DE TERRACERÍA
▬▬▬▬▬▬	PUENTE
▬▬▬▬▬▬▬▬	CALLE PAVIMENTADA
L= 69.77	LONGITUD DE TUBERÍA EN METROS
PV 21 195.57	NO. DE POZO Y ELEVACIÓN

ESPECIFICACIONES GENERALES

EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO DE JUTIAPA, JUTIAPA FUE DISEÑADO CONTEMPLANDO LAS NORMAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADOS DEL INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL (INFOM).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. LIMPIEZA Y CHAPEO: SE DEBE REALIZAR EN UN ANCHO ADECUADO, EN LOS LUGARES QUE SEA NECESARIO REMOVER LA CAPA VEGETAL; DE TAL MANERA QUE LA PRÁCTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SEA ADECUADA Y DE FORMA ORDENADA.

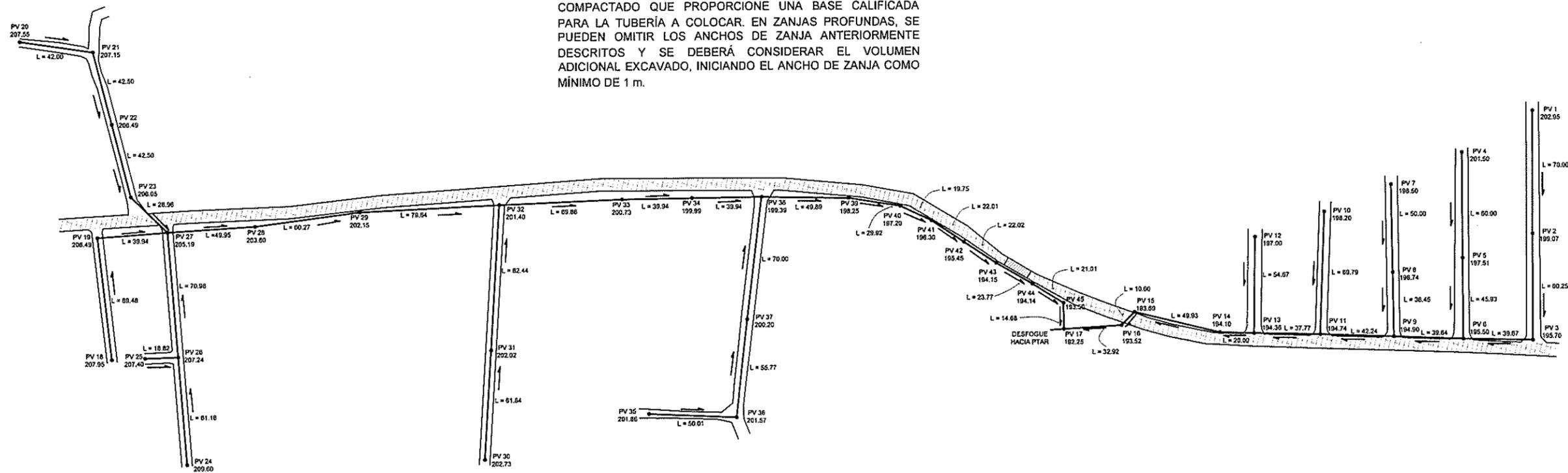
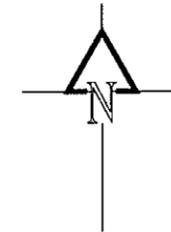
2. EXCAVACIÓN: LA EXCAVACIÓN DE ZANJAS SE HARÁ DE ACUERDO A LAS PROFUNDIDADES INDICADAS EN PLANOS, TENIENDO EN CUENTA LOS ANCHOS MÍNIMOS SIGUIENTES:

DIÁMETRO NOMINAL	ANCHO DE ZANJA
6"	0.55 m
8"	0.62 m
10"	0.67 m

CUANDO EN LA EXCAVACIÓN SE ENCUENTRE ROCA, ESTA DEBERÁ SER REMOVIDA AL MENOS 30 cm DEBAJO DE LA LÍNEA DE PENDIENTE DE LA TUBERÍA Y SUSTITUIDA CON MATERIAL COMPACTADO QUE PROPORCIONE UNA BASE CALIFICADA PARA LA TUBERÍA A COLOCAR. EN ZANJAS PROFUNDAS, SE PUEDEN OMITIR LOS ANCHOS DE ZANJA ANTERIORMENTE DESCRITOS Y SE DEBERÁ CONSIDERAR EL VOLUMEN ADICIONAL EXCAVADO, INICIANDO EL ANCHO DE ZANJA COMO MÍNIMO DE 1 m.

3. COLOCACIÓN DE LA TUBERÍA: LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE LA NORMA ASTM F-949 RESPETANDO LOS DIÁMETROS INDICADOS EN PLANOS. PARA EVITAR DAÑOS, LOS TUBOS Y ACCESORIOS NO DEBEN SER ARRASTRADOS, GOLPEADOS CONTRA EL SUELO O ARROJADOS HACIA LA ZANJA Y SE DEBEN UTILIZAR HERRAMIENTAS ADECUADAS PARA SU INSTALACIÓN.

4. POZOS DE VISITA: INDICADOS EN PLANOS, SI ES NECESARIO DICHA ESTRUCTURA PODRÁ CONSTRUIRSE EN OTRO PUNTO QUE PERMITA LA CONCURRENCIA DE LOS DEMÁS COLECTORES Y SUS NIVELES; NO AFECTANDO EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.



PLANTA GENERAL - CONJUNTO HIDRÁULICO

ESCALA: 1/2500

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

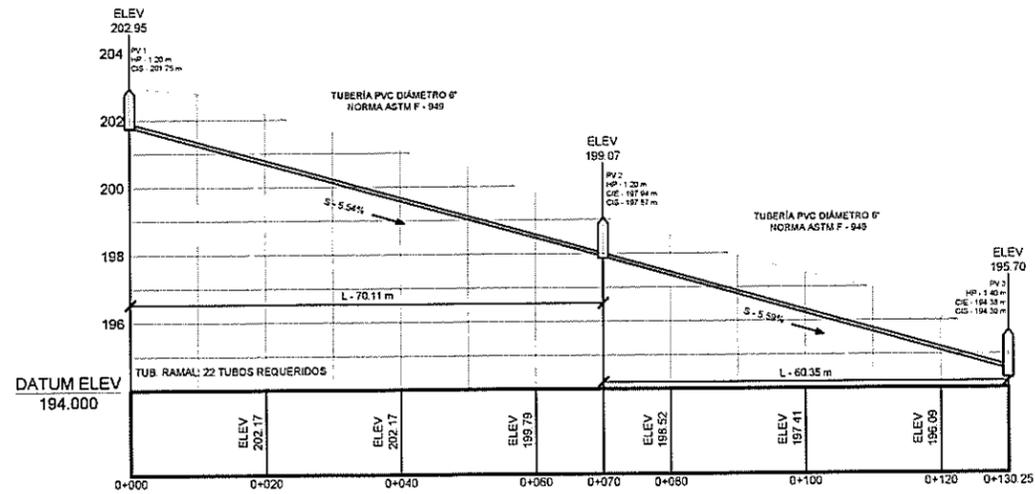
PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

CONTENIDO:
PLANTA GENERAL - CONJUNTO HIDRÁULICO

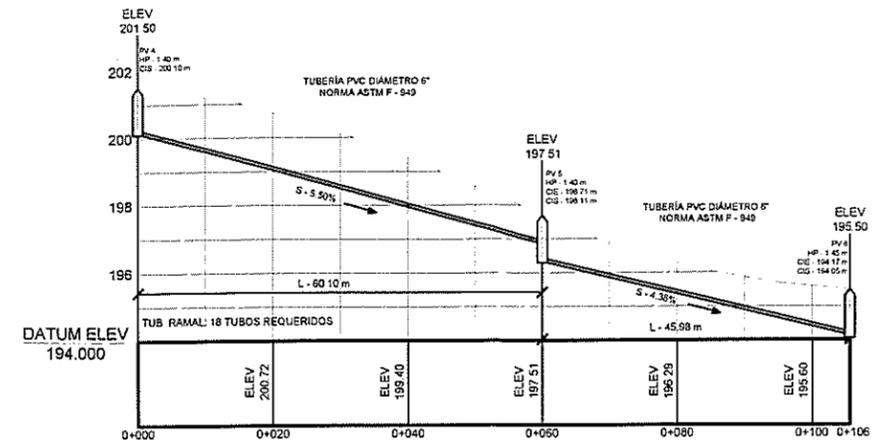
FECHA:
2017

ESCALA:
1/2500

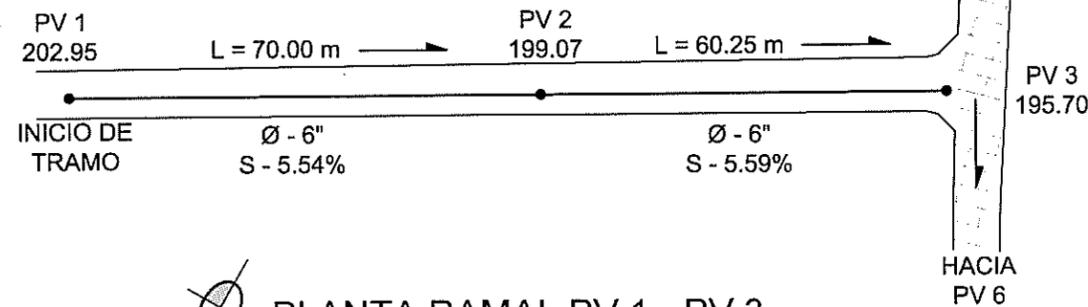
HOJA NO.
3 / 11



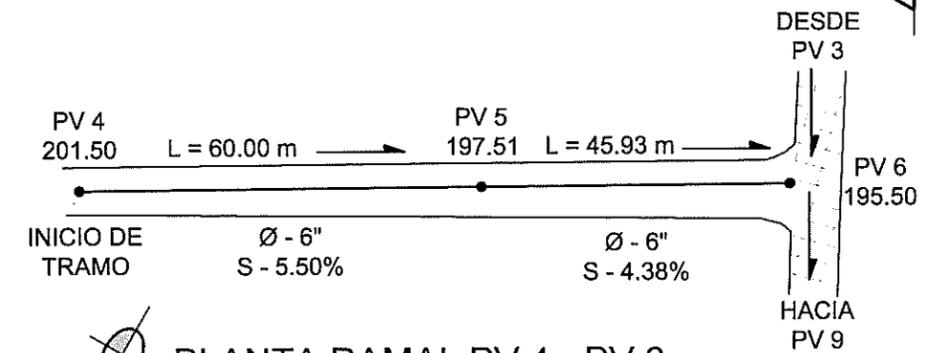
PERFIL RAMAL PV 1 - PV 3
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



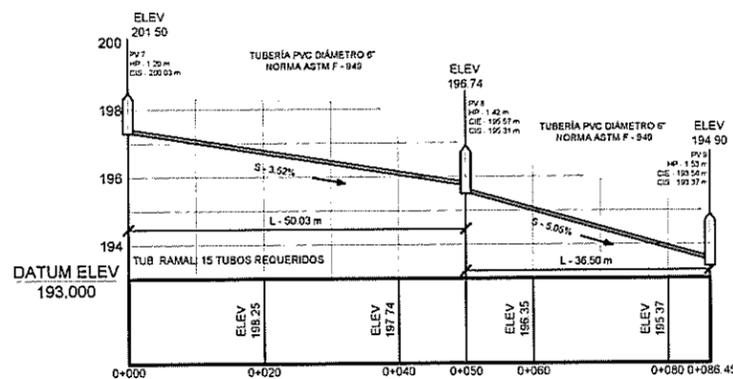
PERFIL RAMAL PV 4 - PV 6
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



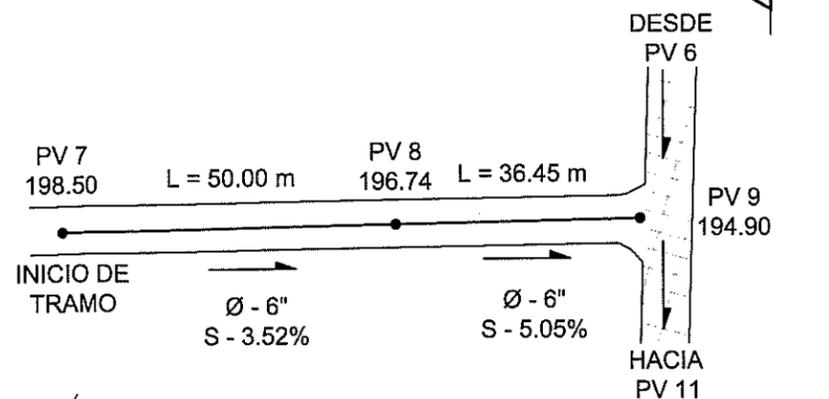
PLANTA RAMAL PV 1 - PV 3
 ESCALA: 1/1000



PLANTA RAMAL PV 4 - PV 6
 ESCALA: 1/1000



PERFIL RAMAL PV 7 - PV 9
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 7 - PV 9
 ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACION DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

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

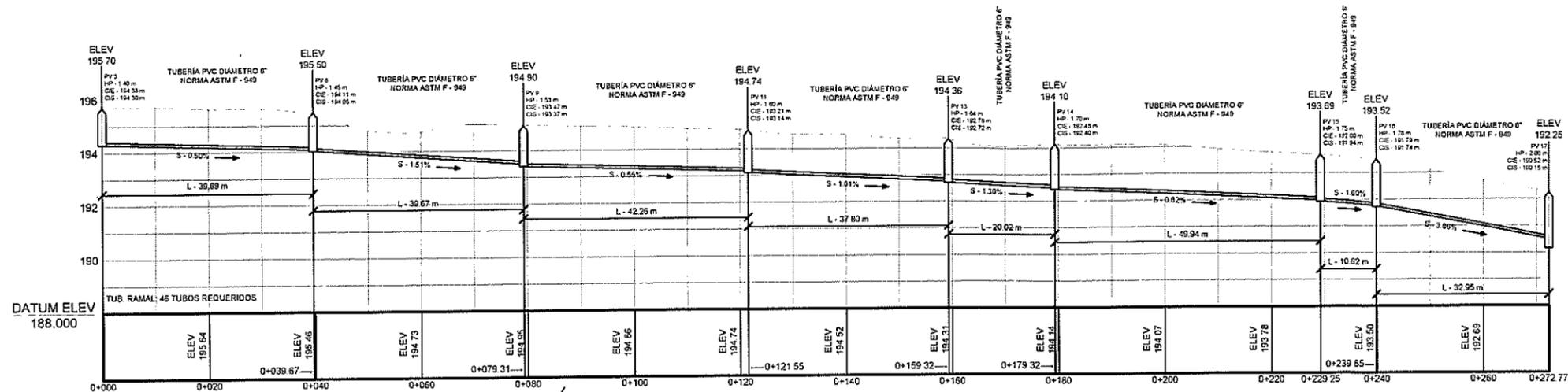
PROYECTO:
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALICATARRILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

CONTENIDO:
 PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE A.C. SANITARIO INDICADA

FECHA:
 2017

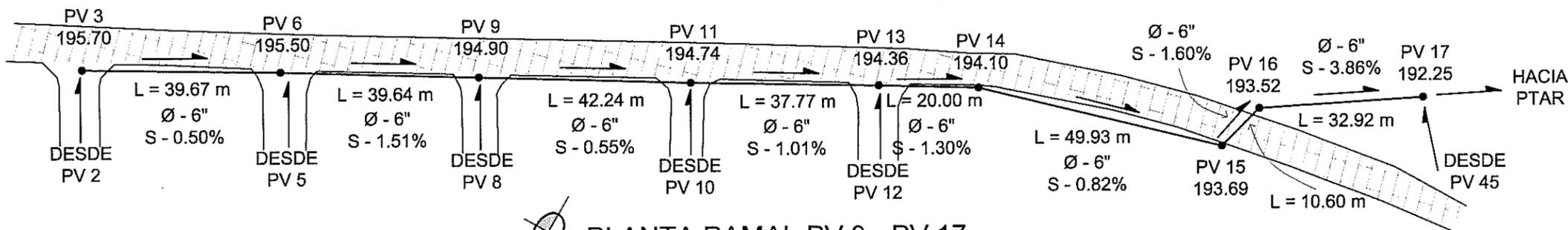
Ing. Manuel Alfredo Arruilla Ochoa
 INGENIERO SUPERVISOR DE EPS

4/11



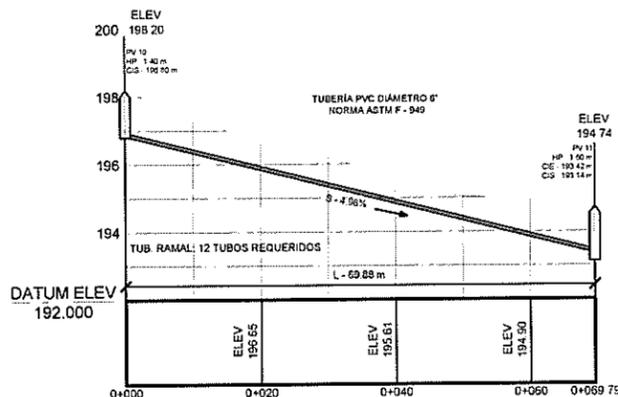
PERFIL RAMAL PV 3 - PV 17

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



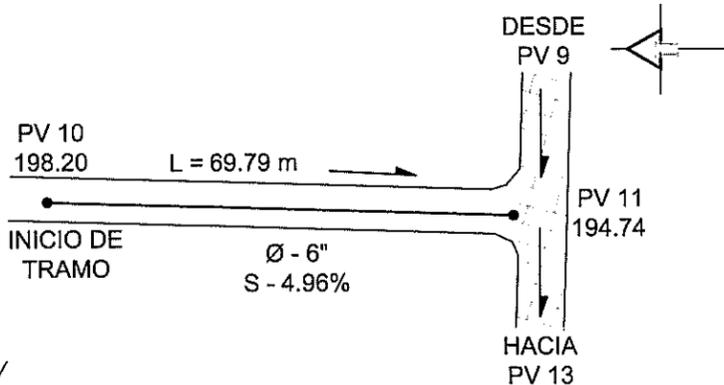
PLANTA RAMAL PV 3 - PV 17

ESCALA: 1/1000



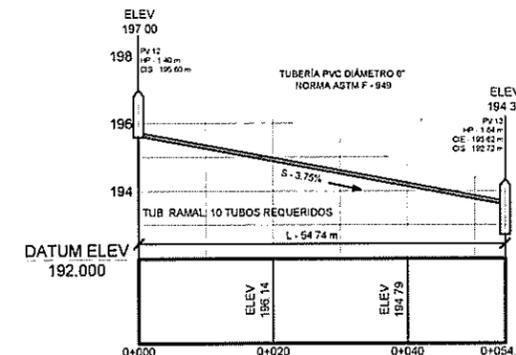
PERFIL RAMAL PV 10 - PV 11

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



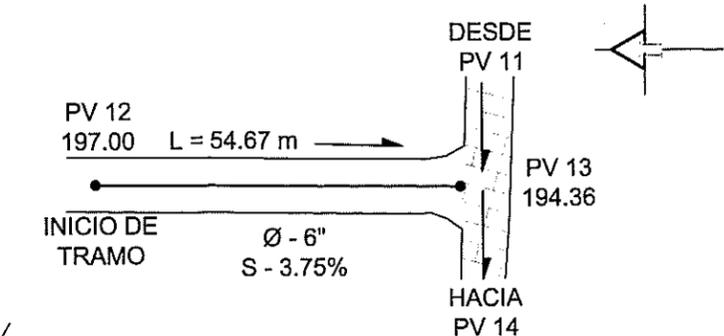
PLANTA RAMAL PV 10 - PV 11

ESCALA: 1/1000



PERFIL RAMAL PV 12 - PV 13

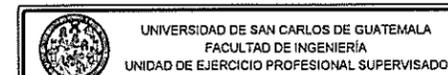
ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 12 - PV 13

ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACIÓN DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

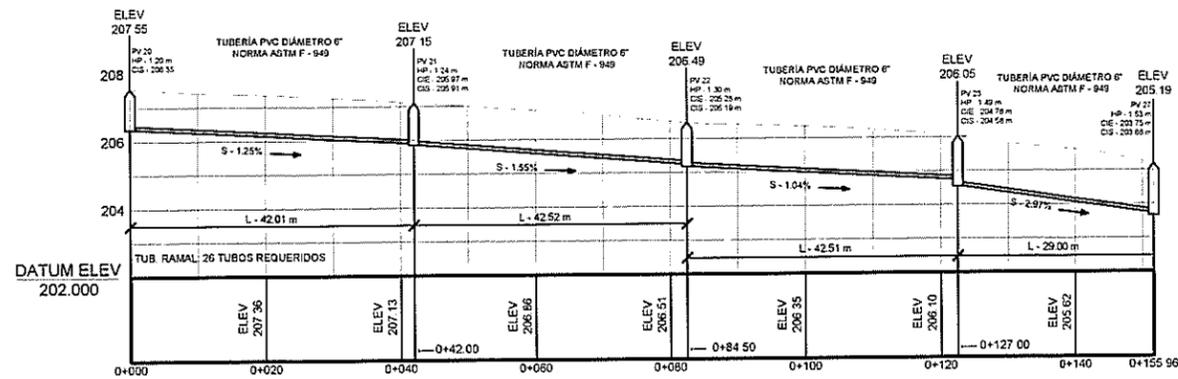


PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALICANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

CONTENIDO: PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO INDICADA

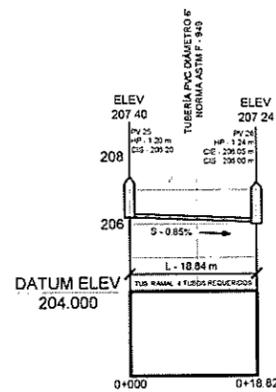
FECHA: 2017

5/11



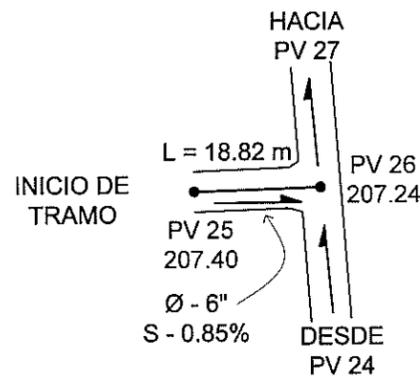
PERFIL RAMAL PV 20 - PV 27

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



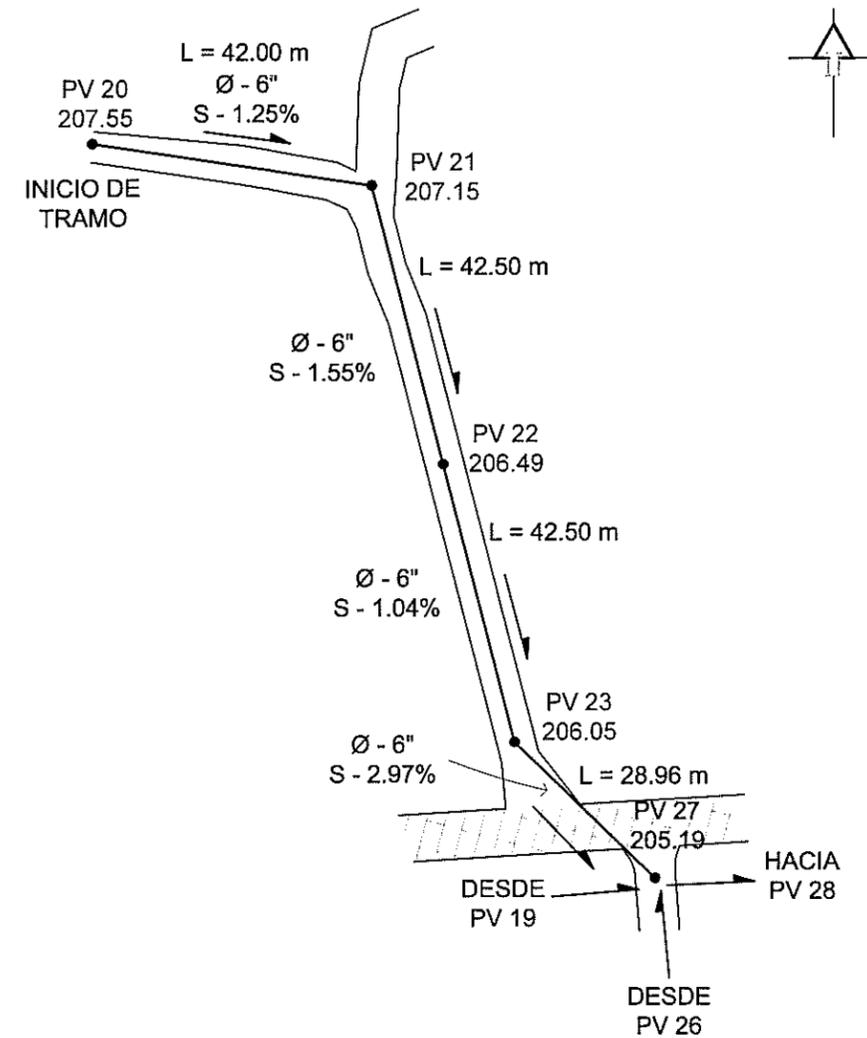
PERFIL RAMAL PV 25 - PV 26

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



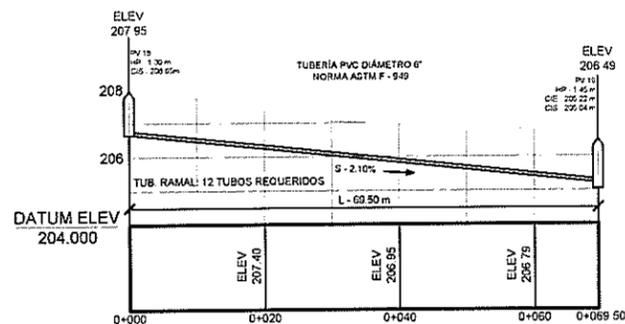
PLANTA RAMAL PV 25 - PV 26

ESCALA: 1/1000



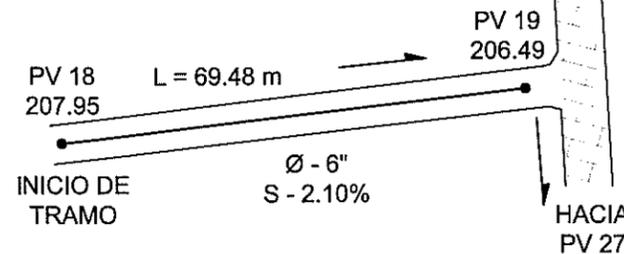
PLANTA RAMAL PV 20 - PV 27

ESCALA: 1/1000



PERFIL RAMAL PV 18 - PV 19

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 18 - PV 19

ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACION DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

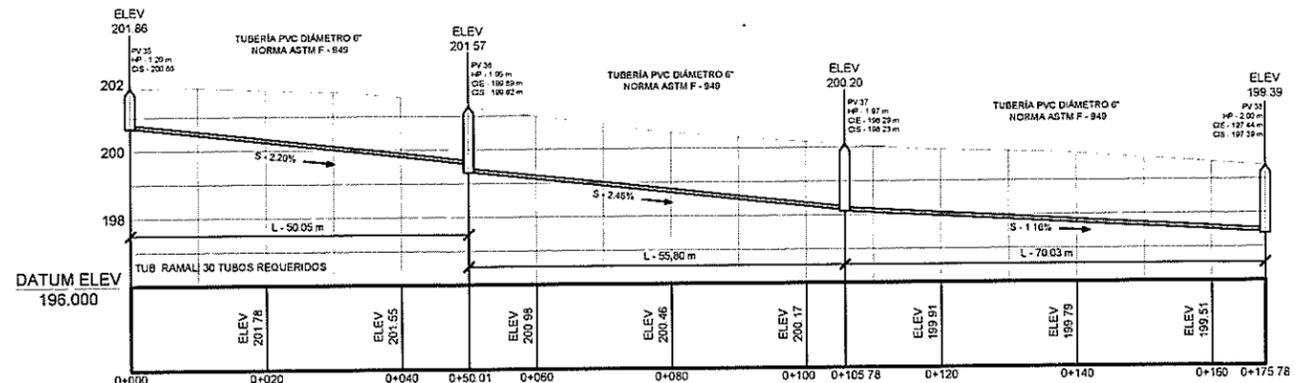
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

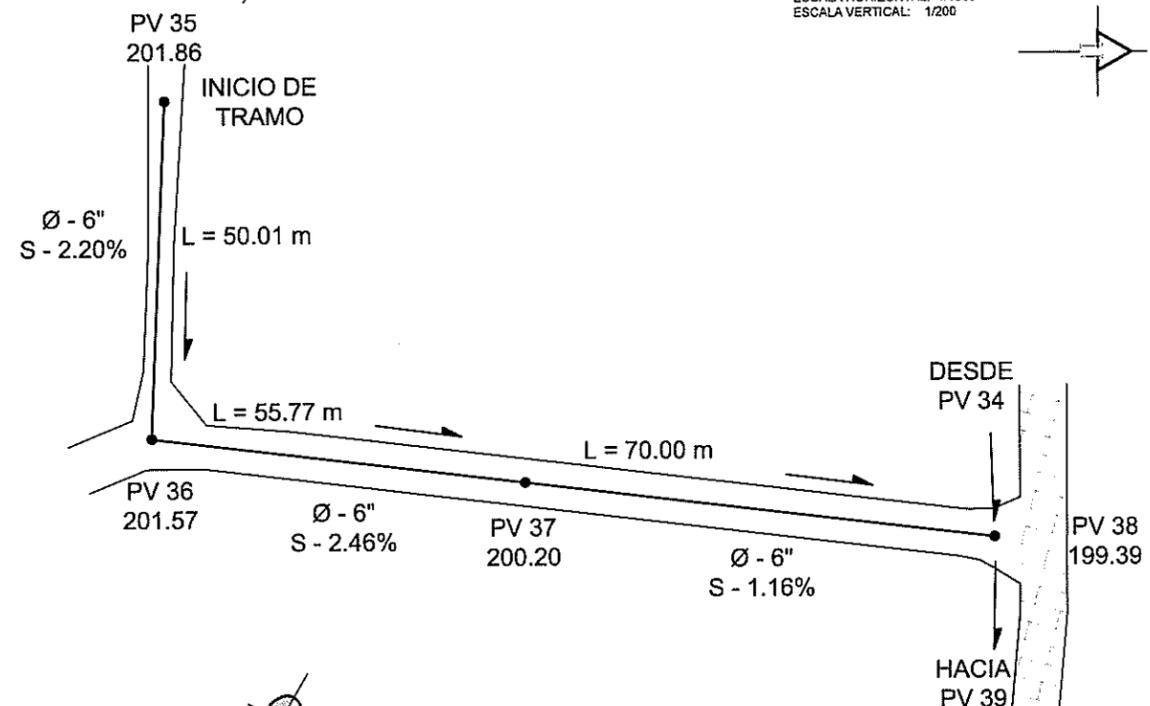
CONTENIDO:
PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE ALC. SANITARIOS INDICADA

FECHA:
2017

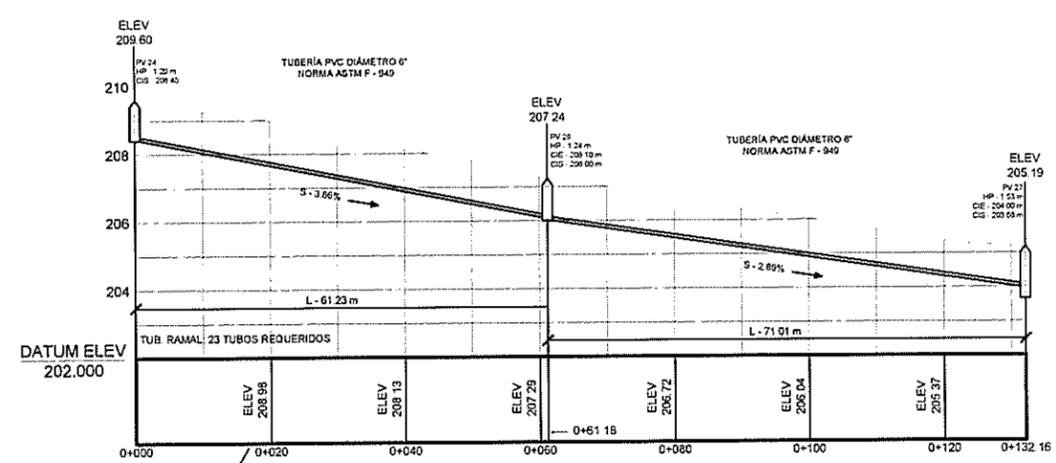
HUANO:
6/11



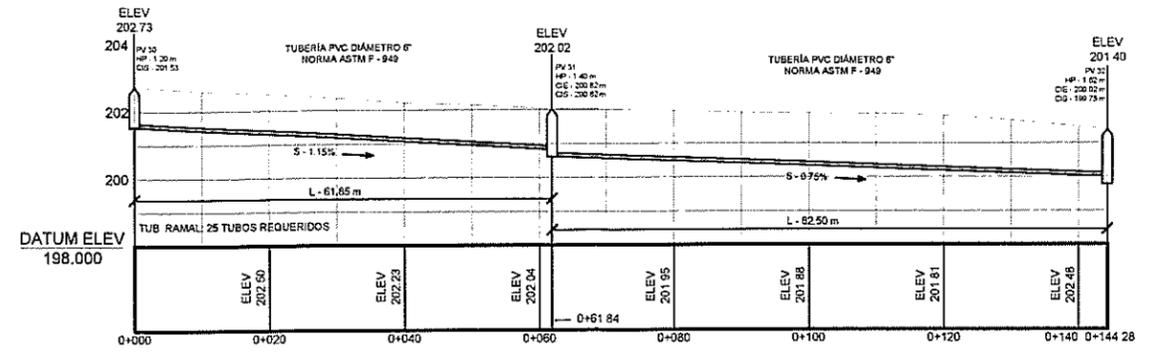
PERFIL RAMAL PV 35 - PV 38
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



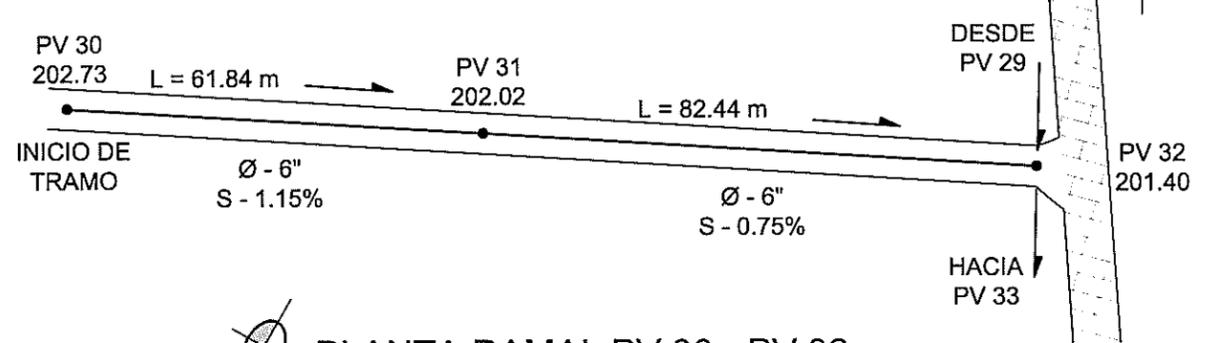
PLANTA RAMAL PV 35 - PV 38
 ESCALA: 1/1000



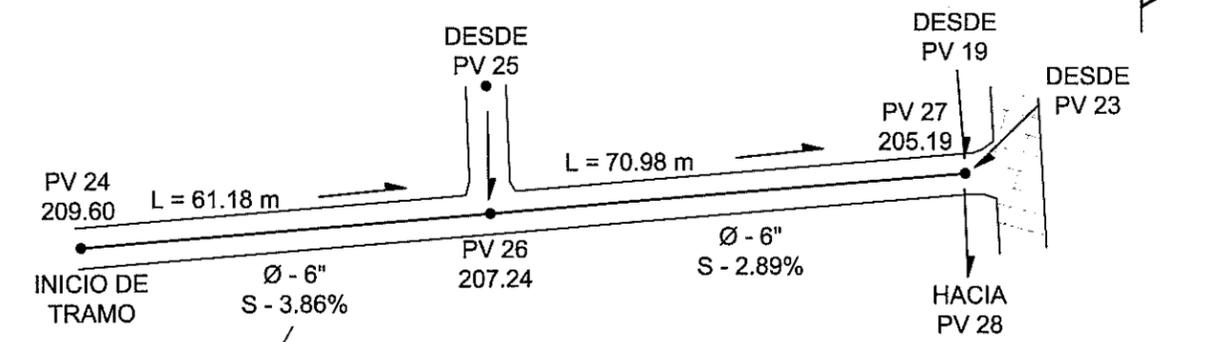
PERFIL RAMAL PV 24 - PV 27
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



PERFIL RAMAL PV 30 - PV 32
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 30 - PV 32
 ESCALA: 1/1000



PLANTA RAMAL PV 24 - PV 27
 ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACION DEL TERRENO
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
L	LONGITUD
→	DIRECCION DEL FLUJO

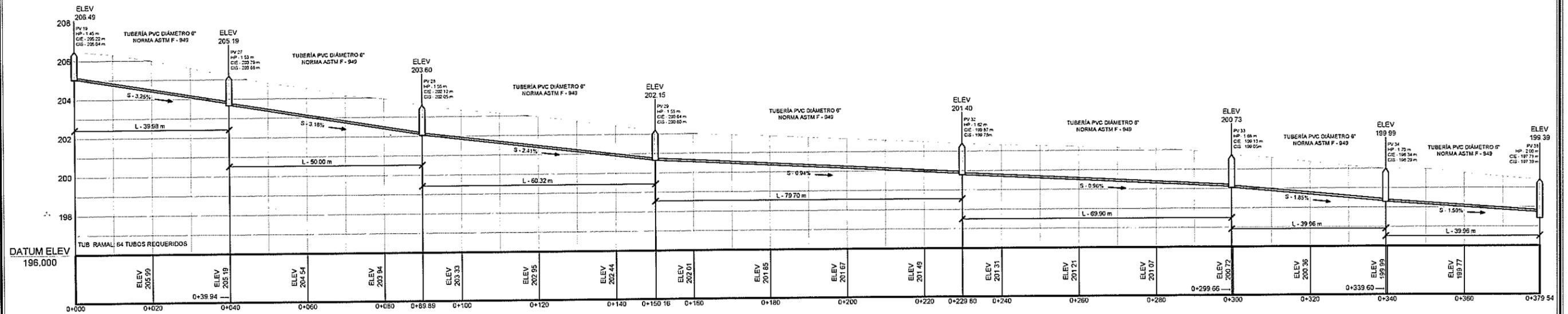
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALICANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

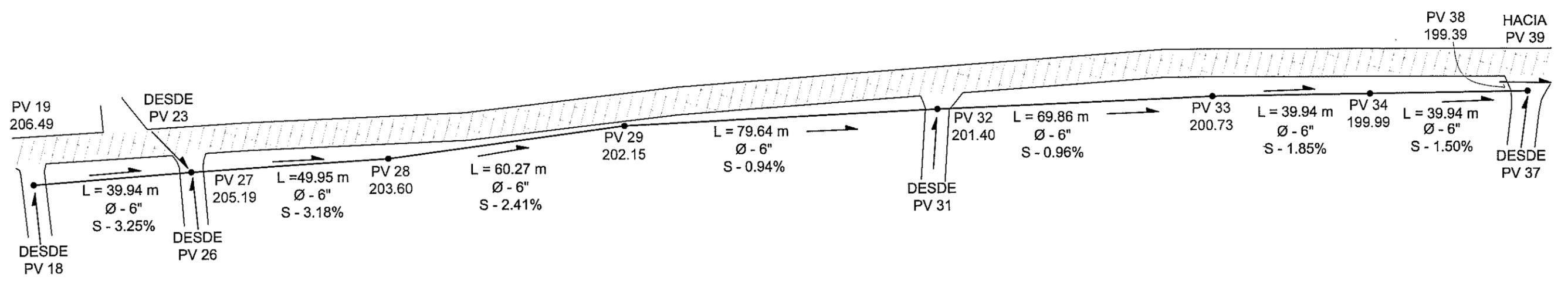
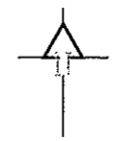
CONTENIDO:
 PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE ALICANTARILLADO INDICADA

FECHA:
 2017

HUENO.
 7/11



PERFIL RAMAL PV 19 - PV 38
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 19 - PV 38
 ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACION DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD
	DIRECCIÓN DEL FLUJO

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

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORIO

CONTENIDO: PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE ALC. SANITARIO INDICADA

FECHA: 2017

HOJA NO. 8 / 11

NOTA

CADA UNO DE LOS PERFILES DE LOS TRAMOS PERTENECIENTES A LOS PLANOS DE PLANTA-PERFIL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO INICIAN DESDE LA LONGITUD 0+000 PARA FACILITAR LA INTERPRETACIÓN DE LOS MISMOS Y AGILIZAR EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO.

LA LONGITUD DE LA PARTE DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PERTENECIENTE A LA COLONIA LINDA VISTA ES: 760.00 m

LA LONGITUD DE LA PARTE DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PERTENECIENTE A LA ALDEA CERRO GORDO ES: 1360.00 m

LA LONGITUD TOTAL DEL PROYECTO ES: 2120.00 m

TUBERÍA A UTILIZAR

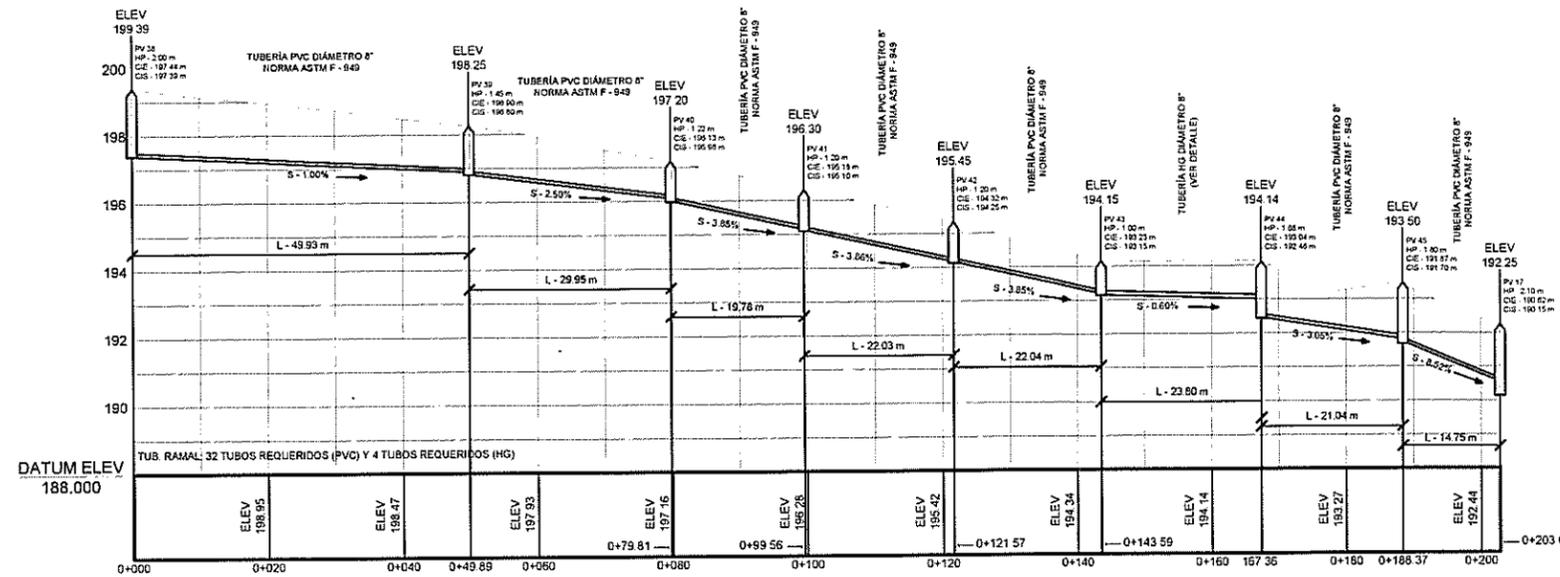
LA TUBERÍA A COLOCAR DEBE SER DE PVC, DE LONGITUD 6 m Y QUE CUMPLA LA NORMA ASTM F-949, EXCEPTO EL TRAMO PV 43 - PV 44, EL CUAL DEBERÁ DE SER DE HG (VER DETALLE). EL NÚMERO DE TUBOS POR RAMAL ESTÁ INDICADO EN LOS PERFILES DE LOS MISMOS.

EL NÚMERO TOTAL DE TUBOS PVC DE Ø - 6": 316 UNIDADES

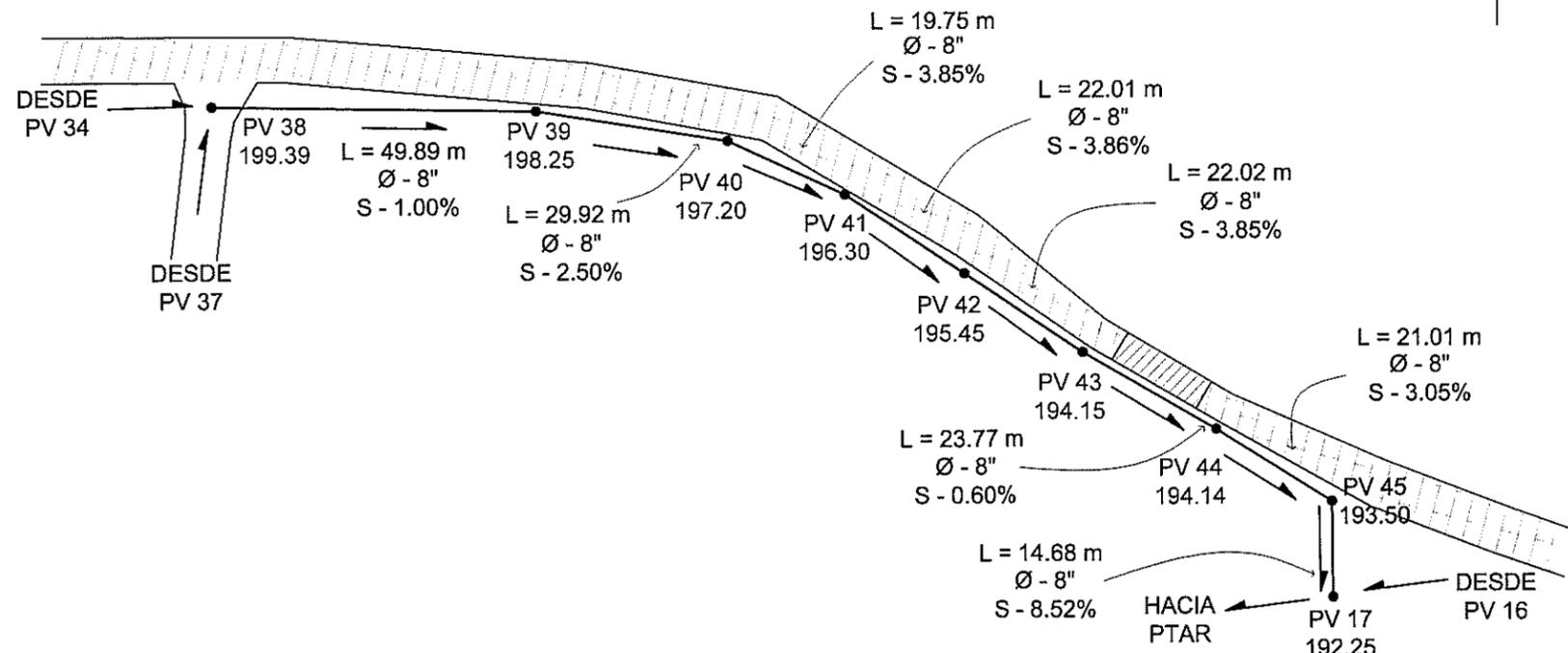
EL NÚMERO TOTAL DE TUBOS PVC DE Ø - 8": 32 UNIDADES

EL NÚMERO TOTAL DE TUBOS PVC DE Ø - 10": 3 UNIDADES

EL NÚMERO TOTAL DE TUBOS DE HG Ø - 8" = 4 UNIDADES



PERFIL RAMAL PV 38 - PV 17
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/200



PLANTA RAMAL PV 38 - PV 17
 ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
PV 25	POZO DE VISITA
HP	ALTURA DE POZO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
S (%)	PENDIENTE DE COLECTOR
ELEV	ELEVACIÓN DEL TERRENO
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA
L	LONGITUD
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO

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

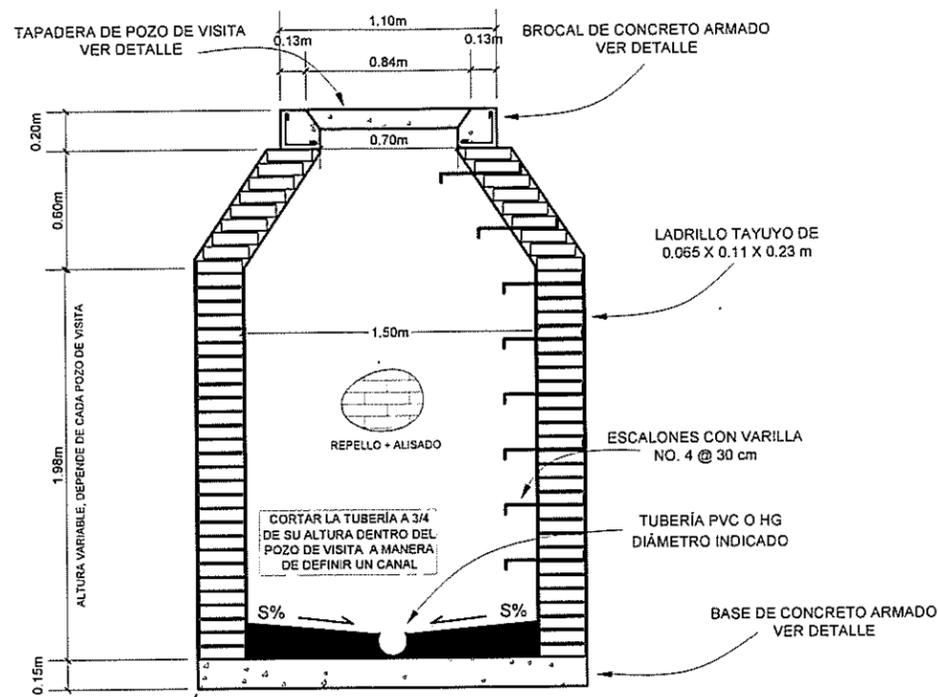
PROYECTO:
 DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA ALDEA CERRO GORDO

CONTENIDO:
 PLANTA + PERFIL DE TRAMOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

FECHA:
 2017

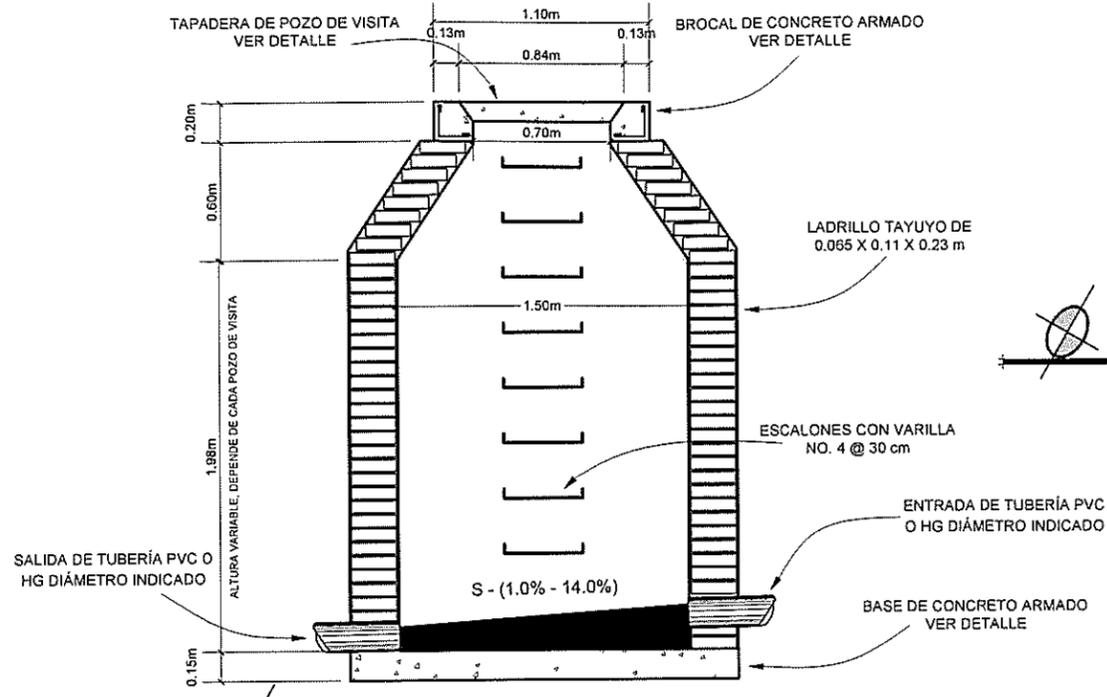
Escalera: INDICADA

Hoja NO. 9 / 11



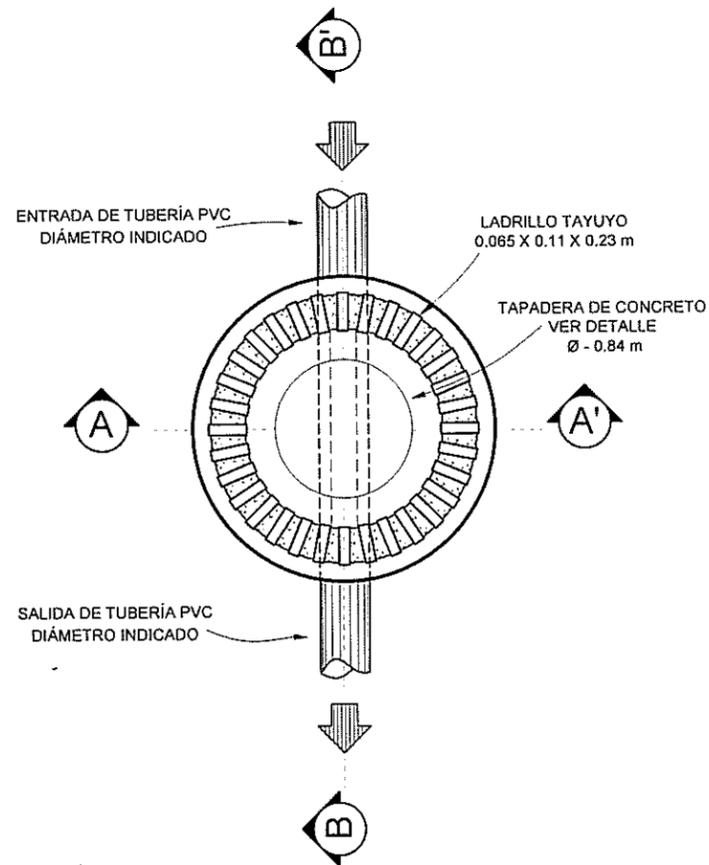
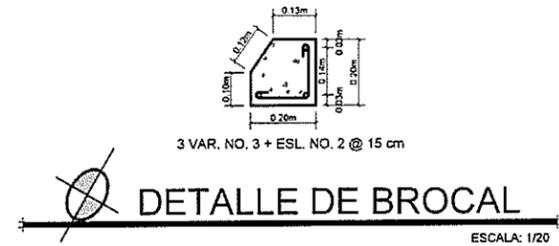
SECCIÓN A - A' POZO DE VISITA

SIN ESCALA



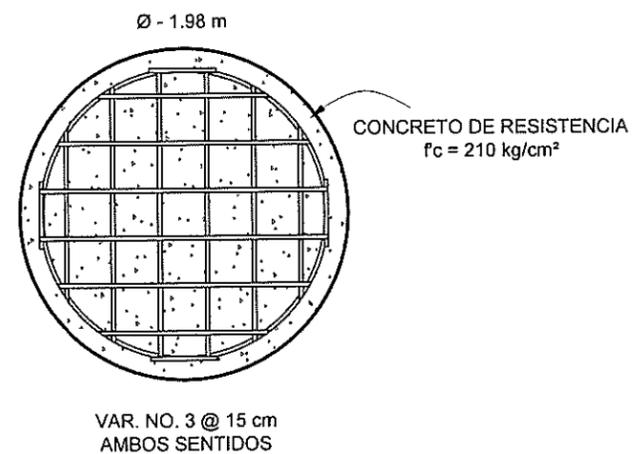
SECCIÓN B - B' POZO DE VISITA

SIN ESCALA



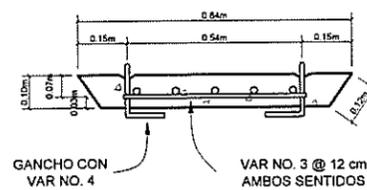
PLANTA - POZO DE VISITA

SIN ESCALA



DETALLE DE BASE

SIN ESCALA



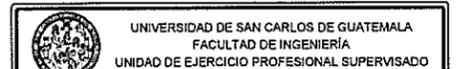
DETALLE DE TAPADERA

ESCALA: 1/20

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARA LLEVAR A CABO DE MANERA ADECUADA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS POZOS DE VISITA ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA LO SIGUIENTE:

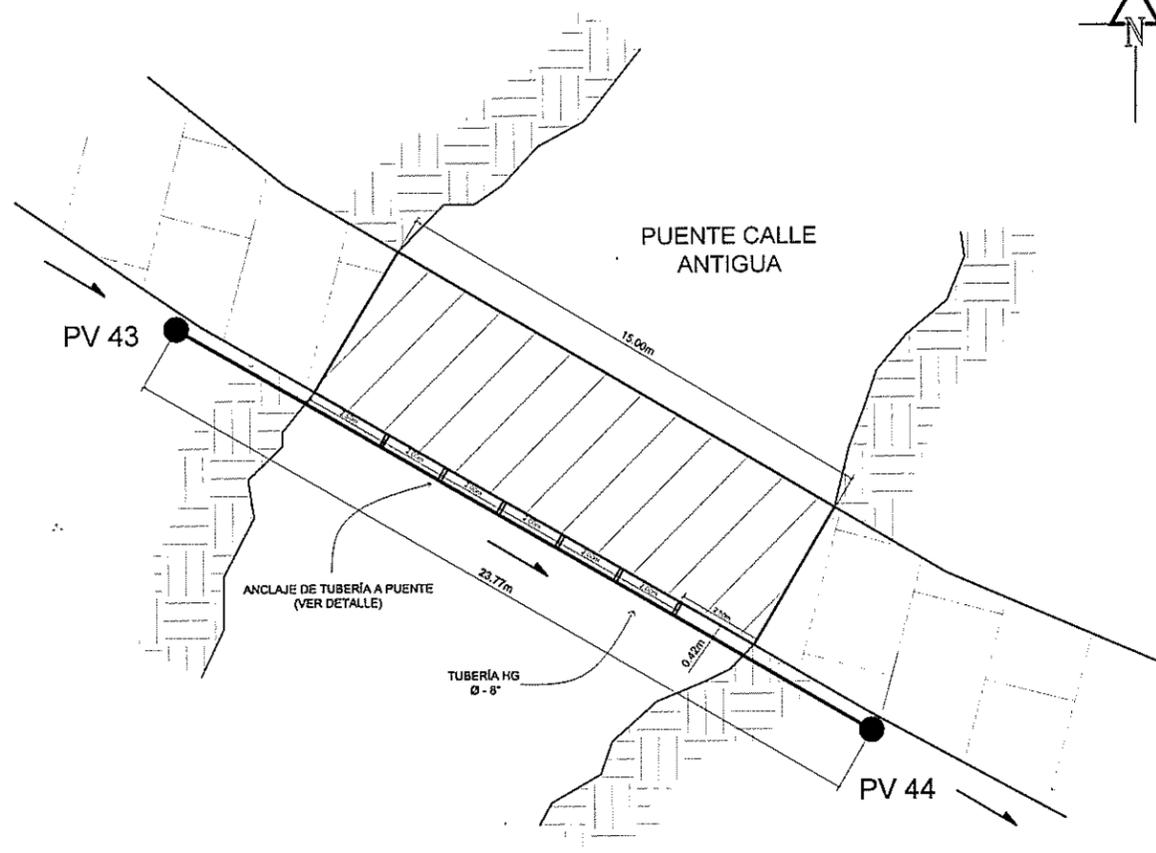
1. EL TIPO DE TUBERÍA A INSTALAR SERÁ DE PVC, QUE CUMPLA LA NORMA ASTM F-949 (EXCEPTO TRAMO PV43 - PV44), DE DIÁMETRO INDICADO.
2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi), CON PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:2:2; 9 SACOS DE CEMENTO, 9 CARRETAS DE ARENA DE RÍO Y 8 CARRETAS DE PIEDRÍN 1/2" POR METRO CÚBICO DE CONCRETO.
3. EL ACERO (HIERRO) DEBERÁ TENER UN ESFUERZO DE FLUENCIA DE $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ (GRADO 40).
4. EL MORTERO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:3; 12 SACOS DE CEMENTO Y 16 CARRETAS DE ARENA DE RÍO POR METRO CÚBICO DE MORTERO.
5. LA BASE DE CADA POZO DE VISITA DEBERÁ ESTAR ALISADA ADECUADAMENTE CON CEMENTO PARA NO AFECTAR LA VELOCIDAD DEL FLUJO Y SU ESPESOR PUEDE VARIAR DEPENDIENDO DE LA ALTURA DEL POZO DE VISITA.



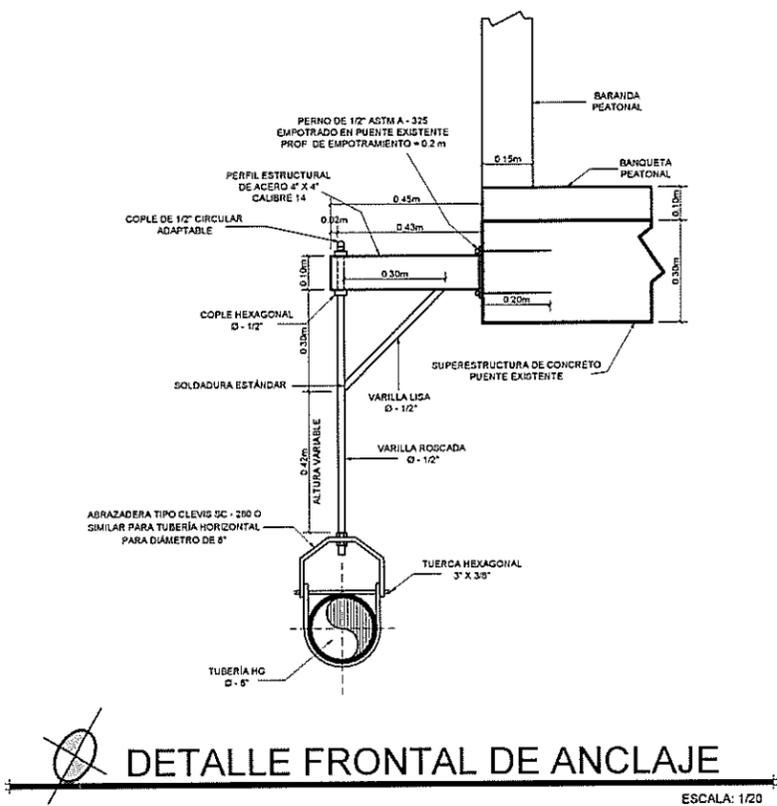
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA PARA ALDEA SAN PEDRO GORDO	
CONTENIDO: DETALLES DE POZO DE VISITA	ESCALA: INDICADA
FECHA: 2017	HEBIA NO. 10/11

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

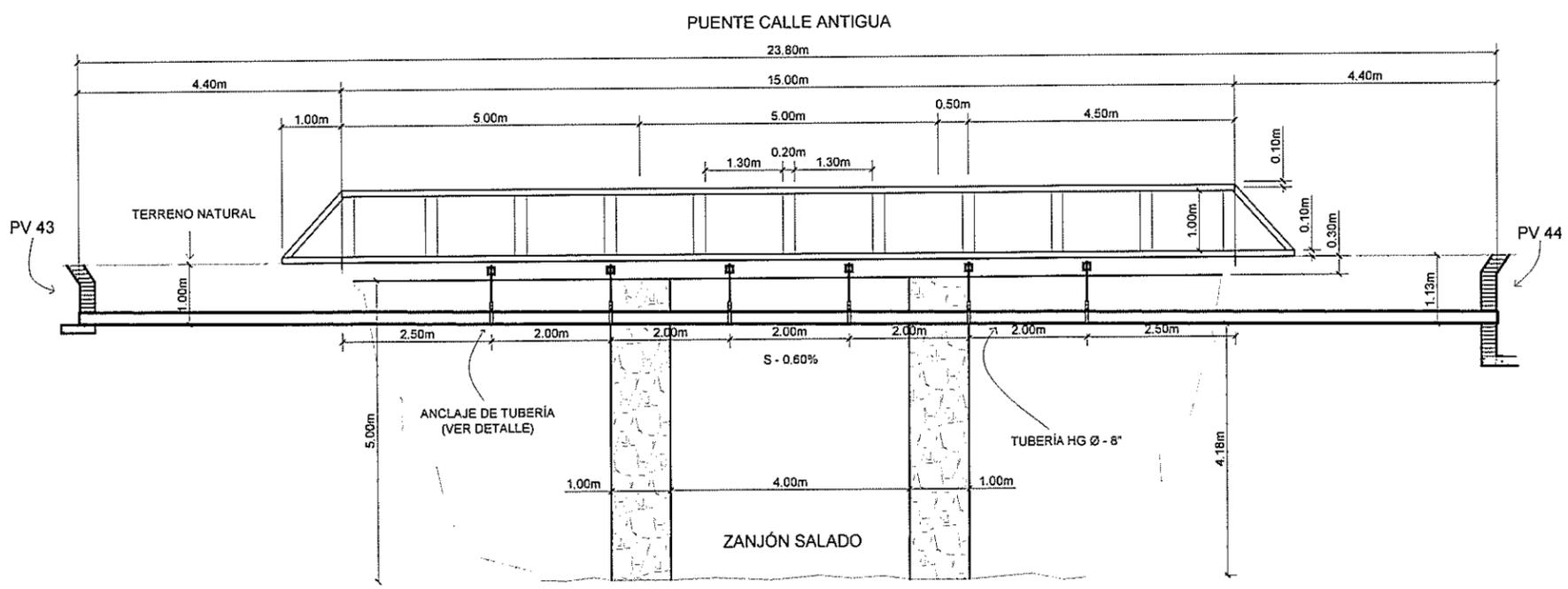
- EL TIPO DE TUBERÍA A INSTALAR SERÁ DE HG, DE DIÁMETRO 8"; SE DEBE INSTALAR BASÁNDOSE ESTRICTAMENTE EN LA PENDIENTE INDICADA, HACIENDO LAS UNIONES DE COPLA Y ROSCA CONVENIENTEMENTE (NO OBSTRUYENDO LOS ANCLAJES).
- SE DEBEN COLOCAR 4 PERNOS DE DIÁMETRO 1/2" POR CADA ANCLAJE, 2 EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PLATINA Y 2 EN LA PARTE INFERIOR DE LA MISMA. LOS PERNOS DEBEN ESTAR SEPARADOS, A EJES, 12 cm ENTRE SÍ SIMÉTRICAMENTE CONSIDERANDO EL CENTRO (SUPERIOR E INFERIOR) DE LA PLATINA. ESTOS DEBEN SER EMPOTRADOS 20 cm DENTRO DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE UTILIZANDO SIKADUR 31 O ALGÚN OTRO ADHESIVO EPÓXICO QUE CUMPLA CON LA NORMA ASTM C-881.
- LA PLATINA A COLOCAR DEBERÁ TENER DIMENSIONES DE 15 cm X 15 cm (6" X 6"), CON UN ESPESOR DE 1/4" COMO MÍNIMO. EL PERFIL ESTRUCTURAL 4" X 4" DEBE SER CALIBRE (CHAPA) 14 DE GRADO ESTRUCTURAL 72, LOS PERNOS DEBEN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM A - 325; SI SE DESEA UTILIZAR PERNOS NO ESTRUCTURALES, DEBE SER CONSULTADO CON EL SUPERVISOR DE OBRA. LA VARILLA LISA Y ROSCADA DEBEN SER DE GRADO 40 COMO MÍNIMO
- EL NÚMERO TOTAL DE ANCLAJES ES 6. LA SEPARACIÓN ENTRE ANCLAJES DEBE SER DE 2 m Y LA SEPARACIÓN DEL ANCLAJE CON LA PARTE INICIAL Y FINAL DEL PUENTE DEBE SER DE 2.5 m.



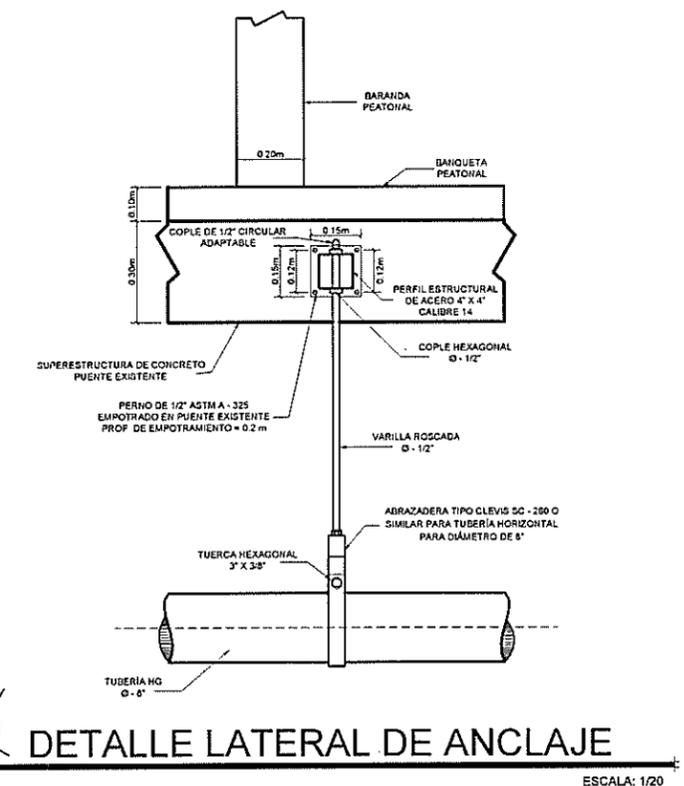
PLANTA TRAMO PV 43 - PV 44
ESCALA: 1/200



DETALLE FRONTAL DE ANCLAJE
ESCALA: 1/20



DETALLE PASO AÉREO TUB. HG
ESCALA: 1/100



DETALLE LATERAL DE ANCLAJE
ESCALA: 1/20

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA COLONIA LINDA VISTA Y LA COLONIA DE CERRO GORDO	
CONTENIDO: DETALLE DE PASO AÉREO TUB. HG	ESCALA: 1/100
FECHA: 2017	Unidad de Prácticas de Ingeniería Facultad de Ingeniería

ANEXOS

Anexo 1.

Análisis físico-químico sanitario del agua para el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas



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



O.T. No. 37 475

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

No. **10171**

INTERESADO: RICARDO LEONEL MARROQUÍN PAIZ Registro Académico 2014 03839		PROYECTO: EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO JOYITAS, JUTIAPA, JUTIAPA"	
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Caserío Joyitas</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-07-20, 15 h 00 min.</u>	
FUENTE: <u>Nacimiento</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2017-07-11, 20 h 21 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>Jutiapa</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u>			

RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>claro</u>	4. OLORES: <u>Indecoloro</u>	7. TEMPERATURA: <u>--</u> (En el momento de recolección)	
2. COLOR: <u>02.00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>525.00 μmb/cm</u>	
3. TURBIDEZ: <u>00.75 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06.29 (unidades)</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>278.00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1. CALCIO (Ca)	37.68	6. CLORUROS (Cl ⁻)	43.00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	0.044	7. MAGNESIO (Mg)	05.32
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	151.30	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	28.00
4. CLORO RESIDUAL	---	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00.06
5. MANGANESO (Mn)	00.006	10. DUREZA TOTAL	116.00
HIDROXIDOS <u>00.00</u> mg/L		ALCALINIDAD TOTAL <u>86.00</u> mg/L	
CARBONATOS <u>00.00</u> mg/L		BICARBONATOS <u>86.00</u> mg/L	

OTRAS DETERMINACIONES: Amoníaco 0.05 mg/L

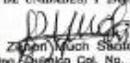
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física, el agua cumple con la norma. Desde el punto de vista de la calidad química, Indecoloro Químico de Constante, AMENIACC, sobrepasa el límite máximo de contaminación, Según Normas de Calidad para los Fuentes de Agua de las Normas Internacionales 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.P. 1995, 21^{ra} EDITION 2005, NORMAS COGUGANR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 1991 (AGUAS POTABLES) SUS DERIVADAS, GUATEMALA.

Guatemala, 2017-07-28

Va. Dn. 

Ing. Francisco Javier Quiroz de la Cruz
DIRECTOR CIQUANAC


Zepherino Such Soto
Ing. Químico Col. No. 420
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria 2014 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-9000 Exts. 89209 y 89221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

